

Efeito de diferentes tipos de exercício físico sobre o estresse oxidativo e parâmetros bioquímicos no plasma de mulheres após a menopausa

Different exercise approaches on the oxidative stress and biochemical markers of women plasma after menopause

Noler Heyden Flausino; Lorena Rocha Ayres; Stella Maris da Silveira Duarte; Lívia Mara Santos; Maria Fernanda Chiattono; Poliana de Oliveira & Fernanda Borges de Araújo Paula

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito da realização do exercício de força (EF) e de atividades físicas variadas (AFV) sobre parâmetros bioquímicos de rotina, peroxidação lipídica, oxidação de proteínas e a atividade das enzimas antioxidantes, superóxido dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx), catalase de enzimas antioxidantes no plasma de mulheres após a menopausa. A população estudada compreendeu 25 mulheres, com idade entre 55 e 75 anos. Um grupo realizou EF a 50% do índice de repetições máximas e o outro grupo realizou exercícios a 50% da frequência cardíaca máxima, 3 vezes por semana, durante 4 semanas. Os níveis de triglicerídeos diminuíram nos dois grupos. No grupo AFV as concentrações de proteínas totais e de creatinina diminuíram. A peroxidação lipídica, a oxidação de proteínas e a atividade de SOD aumentaram. No grupo EF, as atividades de SOD e de GPx aumentaram. Não houve alteração na peroxidação lipídica e na oxidação protéica. Sugerimos que o protocolo de EF adotado, seria mais indicado para a população idosa, por reduzir os níveis de triglicerídeos e estimular a atividade de enzimas antioxidantes sem alterar os marcadores de estresse oxidativo no plasma.

PALAVRAS-CHAVE - exercício, idoso, estresse oxidativo, qualidade de vida.

SUMMARY - In this sense this work intended to compare two different exercise programs, strenght exercise (EF) and varied physical activities (AFV), on usual biochemical parameters, lipid peroxidation, protein oxidation and activities of the antioxidant enzyme superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx), catalase of women, after their climacteric period. A sample of 25 women (55-75 years old) were divided into two groups. The first group (n=15) carried out EF efforts at 50% of maximum repeats (IRM) while the other group (n=10) executed physical exercises at 50% of maximum heart frequency, three times a week, up to four weeks. Triglyceride plasma levels diminished in both groups. The AFV group presented a reduction in the concentration of total protein and creatinine. Lipoperoxidation, protein oxidation and SOD activity increased after the AFV approach. SOD and GPx activities increased in the EF group, but there was no changes in levels oxidative stress markers. Our results points to the EF protocol better than the AFV one for the elderly people evaluated, as it seems to have reduced triglyceride levels, whereas stimulated antioxidant enzyme activities, and with no changes in oxidative stress markers of the plasma.

KEYWORDS - exercise, aged people, oxidative stress, quality of life.

INTRODUÇÃO

O envolvimento do estresse oxidativo na fisiopatologia de doenças relacionadas ao envelhecimento tais como, diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e neurodegenerativas tem sido demonstrado por diversos autores⁽¹⁾. A adoção de medidas preventivas em relação a estas doenças pode reduzir a mortalidade e morbidade, principalmente na população idosa⁽²⁾.

Alguns autores têm demonstrado que o treinamento físico pode diminuir o estresse oxidativo e aumentar os níveis de antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos em diferentes tecidos de animais e também em humanos⁽³⁻⁷⁾. Sabe-se que durante a contração muscular ocorre aumento do metabolismo no músculo esquelético que resulta na produção de espécies oxidantes, como o ânion radical superóxido, peróxido de hidrogênio e radical hidroxila⁽⁸⁾. Assim muitas células são capazes de responder ao aumento na formação destas espécies oxidantes, induzindo mecanismos de reparo e proteção, levando a adaptação do sistema de defesa antioxidante, para proteger o organismo contra os efeitos deletérios de tais espécies e evitar a lesão celular^(3,4). No entanto, esta resposta do organismo ao exercício físico é altamente dependente de diversos fatores como, o tipo, duração e intensidade do exercício; nível de antioxidantes e

tipo de tecido analisado⁽⁵⁾. Portanto, a identificação do tipo de exercício físico ideal para um determinado grupo de indivíduos, cujas adaptações bioquímicas sejam benéficas à sua saúde pode contribuir não somente para a medicina esportiva como também para a saúde pública, melhorando a qualidade de vida do ser humano. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar as adaptações bioquímicas induzidas por diferentes protocolos de exercício físico, exercício de força e atividades físicas variadas no plasma de mulheres após a menopausa.

MATERIAL E MÉTODOS

Casuística: foram selecionadas 25 mulheres com idade entre 55 e 75 anos integrantes da UNATI (Unifal aberta à terceira idade), residentes em Alfenas-MG. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos da Universidade Federal de Alfenas e, antes de assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido, as participantes foram informadas dos objetivos, procedimentos, possíveis desconfortos, riscos e benefícios do estudo. As participantes foram submetidas a avaliação clínica e apresentaram atestado médico antes de iniciar os protocolos de exercício físico propostos neste estudo. Foi realizada anamnese para avaliação do grau de instrução, estilo de vida e nível de atividade física (IPAQ)⁽⁶⁾. A composição corporal foi avaliada segundo Tran & Weltman⁽⁹⁾.

Recebido em 20/02/2009

Aprovado em 26/02/2010

Universidade Federal de Alfenas - Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas, Alfenas - MG.

Determinação do consumo de oxigênio (VO₂ máx): o teste de VO₂, foi avaliado pelo protocolo de Rockport apud Fenstermarker⁽¹⁰⁾, também conhecido como teste da milha, teste submáximo de campo desenvolvido pelo Rockport Walking Institute⁽¹¹⁾, indicado para pessoas sedentárias e idosos. A verificação da frequência cardíaca e do tempo de execução da caminhada foi realizada logo após o seu término⁽¹²⁾. Junto com o teste de milha, foi aplicada a escala de Borg⁽¹³⁾, que tem como objetivo avaliar os índices de percepção de esforço.

Protocolo de exercício: a população em estudo foi dividida em 2 grupos. O grupo exercício de força (EF) foi composto por 12 mulheres com idade entre 55 e 75, que realizaram exercícios a 50% do índice de reações máximas (IRM), três vezes por semana, durante um período de quatro semanas. O grupo atividades físicas variadas (AFV) foi formado por 13 mulheres com idade entre 55 e 75, que realizaram exercícios a 50% da frequência cardíaca máxima, com duração de 30 minutos, três vezes por semana durante um período de quatro semanas.

Obtenção das amostras: o sangue periférico foi colhido por punção venosa, antes e após a prática do exercício, sendo uma parte da amostra utilizada para obtenção de soro e outra parte colhida com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) para obtenção de plasma.

Avaliação dos marcadores de estresse oxidativo: a peroxidação lipídica foi estimada através da determinação da concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)⁽¹⁴⁾ e a oxidação de proteínas foi avaliada através do conteúdo de grupos carbonil⁽¹⁵⁾, em espectrofotômetro Genesys 10 UV, utilizando reagentes da marca Sigma. A concentração de TBARS foi expressa em Êmol de malonaldeído por g de proteína plasmática.

Determinação dos parâmetros bioquímicos de rotina: a concentração de glicose, colesterol total e frações, ácido úrico, uréia, creatinina, proteínas totais e albumina, assim como a atividade de aspartato aminotransferase (AST) foram determinadas por métodos colorimétricos⁽¹⁶⁾, utilizando-se espectrofotômetro Genesys 10 UV e reagentes da marca Labtest.

Determinação da atividade das enzimas antioxidantes: As atividades de superóxido dismutase (SOD), glutatona peroxidase (GPx) e catalase (CAT) foram determinadas em espectrofotômetro Genesys 10 UV, utilizando reagentes da marca Sigma, pelos métodos descritos por foi determinada segundo Oyanagui⁽¹⁷⁾, Sinet *et al.*⁽¹⁸⁾ e Machely & Chance⁽¹⁹⁾, respectivamente. Os resultados foram expressos em relação à concentração de proteína plasmática.

Análise Estatística: os dados obtidos foram comparados através do teste t de Student ou pelo teste ANOVA one-way, seguidos pelo teste de Tukey quando p < 0,05.

RESULTADOS

Para caracterização da amostra e aplicação do protocolo de exercícios foi realizada a anamnese, avaliação da composição corporal e o teste de VO₂. Nenhuma diferença significativa foi observada entre os dois grupos analisados (tabela 1). Na tabela 2, observa-se que os níveis de triglicerídios diminuíram significativamente após a realização dos dois tipos de exercício físico por um período de quatro semanas. No grupo de mulheres que praticaram atividades físicas variadas, os níveis séricos de creatinina, proteínas totais e colesterol VLDL diminuíram quando comparados com os valores obtidos antes de iniciar tais atividades.

A realização de atividades físicas variadas induziu um

aumento nos níveis de TBARS e na concentração de grupos carbonil quando comparados aos níveis obtidos antes da realização destas atividades enquanto que nenhuma alteração significativa foi observada no grupo que praticou exercício de força (figura 1).

Observou-se um aumento na atividade de superóxido dismutase no plasma das mulheres pertencentes aos diferentes grupos estudados. A atividade da enzima glutatona peroxidase foi significativamente maior no grupo que realizou exercício de força quando comparada ao grupo que realizou atividades físicas variadas, porém nenhuma altera-

TABELA I
Características descritivas da população estudada.

Variáveis	Exercício de Força	Atividades Físicas Variadas
	Média ± EPM	Média ± EPM
Altura (cm)	164 ± 1,4	162 ± 1,1
Peso (kg)	63 ± 1,4	62 ± 2,0
Idade (anos)	68 ± 1,5	65 ± 1,6
Composição Corporal (%)	28 ± 0,9	28 ± 0,9

Resultados descritos como média e erro padrão da média (EPM). Comparação pelo teste t de Student.

TABELA II
Efeito do exercício de força e das atividades físicas variadas sobre os parâmetros bioquímicos no soro de mulheres na terceira idade antes e após a realização dos diferentes protocolos de exercícios.

Parâmetros Bioquímicos	Exercício de Força (EF)		Atividades Físicas Variadas (AFV)	
	Inicial (EF1)	Final (EF2)	Inicial (AFV1)	Final (AFV2)
Creatinina (mg/dL)	0,97 ± 0,03	0,78 ± 0,04	1,17 ± 0,08 ^a	0,75 ± 0,09 ^b
Triglicérides (mg/dL)	144 ± 22 ^a	72 ± 13 ^b	178 ± 22 ^a	79 ± 14 ^b
Proteínas totais (g/dL)	6,5 ± 0,1	6,7 ± 0,1	7,5 ± 0,1 ^a	6,5 ± 0,2 ^b
Albumina (g/dL)	4,1 ± 0,17	3,7 ± 0,07	3,4 ± 0,13	3,4 ± 0,13
Colesterol Total (mg/dL)	176 ± 13	139 ± 20	198 ± 16	222 ± 15
Colesterol HDL (mg/dL)	55 ± 4,1	60 ± 5,6	61 ± 3,1	59 ± 4,0
Colesterol VLDL (mg/dL)	31 ± 7,1	17 ± 4,2	36 ± 4,5 ^a	16 ± 2,7 ^b
Colesterol LDL (mg/dL)	89 ± 12	61 ± 15	104 ± 15	147 ± 11
Glicose (mg/dL)	86 ± 7,7	100 ± 5,8	61 ± 9,4	81 ± 5,1
AST (U/L)	16 ± 2,4	20 ± 2	33 ± 3,8	22,4 ± 2,7
Ac. Úrico (mg/dL)	5,2 ± 0,3	4,2 ± 0,2	5,8 ± 1,0	3,8 ± 0,3

Resultados descritos como média e erro padrão da média (EPM). Comparação pelo teste t de Student (EF1 X EF2 e AFV1 X AFV2). Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os resultados obtidos antes e após a realização do exercício físico (p < 0,05).

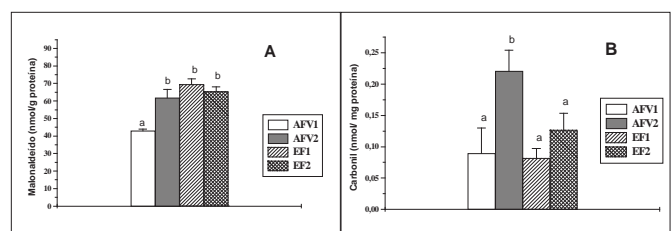


Figura 1: Efeito do exercício de força (EF) e das atividades físicas variadas (AFV) sobre os marcadores de estresse oxidativo no plasma de mulheres após a menopausa, antes (EF1, AVF1)) e após (EF2, AFV2) a prática mesmos. A figura 1A representa a média e o erro padrão da média estimados como concentração de malonaldeído (MDA) para cada grupo estudado. A figura 1B representa a média e o erro padrão da média e o erro padrão da média estimados como grupamento carbonil para cada grupo estudado. Comparação pelo teste t de Student (EF1 X EF2 e AFV1 X AFV2). Letras diferentes em um determinado grupo indicam diferença significativa entre os resultados obtidos antes e após a realização do exercício físico (p < 0,05).

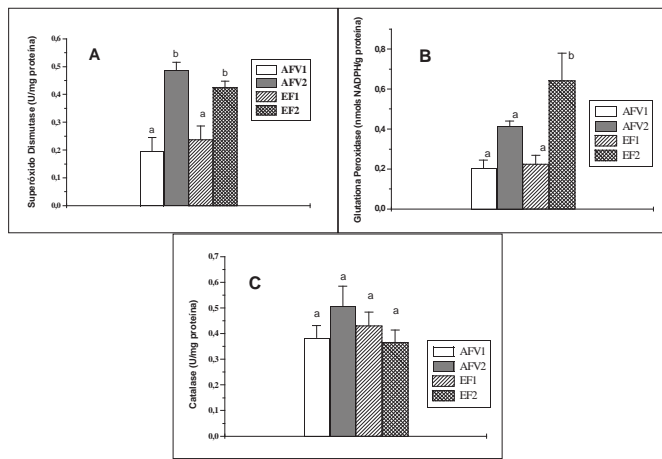


Figura 2: Efeito do exercício de força e das atividades físicas variadas sobre a atividade de enzimas antioxidantes, superóxido dismutase (SOD), glutathiona peroxidase (GPx) e catalase (CAT) no plasma de mulheres na terceira idade, antes (EF1, AVF1) e após (EF2, AVF2) a prática mesmos. As figuras 2A, 2B, 2C representam as médias e os erros padrões das médias estimados como atividade de SOD, GPx e CAT para cada grupo estudado. Comparação pelo teste t de Student (EF1 X EF2 e AVF1 X AVF2). Letras diferentes em um determinado grupo indicam diferença significativa entre os resultados obtidos antes e após a realização do exercício físico ($p < 0,05$).

ção significativa foi observada na atividade de catalase quando os dois grupos foram comparados entre si (figura 2).

DISCUSSÃO

O envelhecimento tem sido associado ao aumento do estresse oxidativo, redução na atividade do sistema de defesa antioxidante e à presença de mutações no DNA mitocondrial. A literatura aponta que o exercício regular resulta em adaptações na capacidade antioxidante, as quais protegem as células contra os efeitos deletérios do estresse oxidativo. Assim, o treinamento físico em idosos poderia compensar as diminuições na capacidade antioxidante e o aumento no estresse oxidativo decorrentes do avanço da idade, induzir hipertrofia muscular e reduzir a mortalidade e morbidade nesta população^(20, 21).

Apesar de já terem sido identificadas as possíveis adaptações bioquímicas responsáveis por estes benefícios, a contribuição de cada uma delas sobre a modulação dos eventos celulares relacionados ao processo de envelhecimento, ainda não está totalmente esclarecida. Além disso, sabe-se que a realização de exercício físico acima da intensidade ideal pode conduzir a mudanças significativas na suscetibilidade de macromoléculas ao estresse oxidativo⁽³⁾. Desta forma, o uso de marcadores sanguíneos sensíveis, pode ajudar no estabelecimento de protocolos de exercícios físicos mais adequados à população idosa, objeto de estudo do presente trabalho.

Os achados deste estudo demonstraram que o grupo que realizou atividades físicas variadas foi mais susceptível às alterações bioquímicas, quando comparado ao grupo que realizou o exercício de força. Observamos que a resposta do organismo aos dois protocolos adotados foi benéfica em relação ao perfil lipídico, levando à redução significativa nos níveis séricos de triglicérides, sugerindo assim um efeito anti-aterogênico para ambos. Estes resultados estão de acordo com a literatura, uma vez que o exercício físico aumenta o catabolismo de lipídios tais como, colesterol, triglicérides e lipoproteínas, que são consumidos para pro-

dução de energia, diminuindo assim suas concentrações no sangue e músculo⁽²²⁾.

Por outro lado, a realização de atividades físicas variadas induziu aumento nos níveis plasmáticos de TBARS e de grupamentos carbonil além de reduzir a concentração sérica de proteínas e de creatinina em comparação com os níveis basais.

Sabe-se que a realização de exercício físico pode aumentar o catabolismo e a excreção urinária de creatinina e proteínas, favorecendo a redução de seus níveis sanguíneos⁽²²⁾. A deficiência de proteínas pode impedir a síntese de enzimas antioxidantes e reduzir a concentração de antioxidantes não enzimáticos nestes tecidos resultando, portanto em um comprometimento do sistema de defesa antioxidante. Além disso, tem sido sugerido que em indivíduos com deficiência proteica, pode haver um aumento na concentração de ferro livre como resultado de baixas concentrações de suas proteínas transportadoras ou armazenadoras como, transferrina, lactoferrina e ferritina; o que poderia favorecer reações de peroxidação lipídica levando ao estresse oxidativo⁽²³⁾. Desta forma, a redução na concentração das proteínas séricas poderia contribuir o desenvolvimento de um processo de estresse oxidativo, por alterar a atividade do sistema de defesa antioxidante.

As principais enzimas antioxidantes são a SOD (EC. 1.15.1.1), GPx (EC. 1.11.1.9) e catalase (EC 1.11.1.6), que constituem a primeira linha de defesa do organismo contra espécies reativas de oxigênio geradas *in vivo*. No entanto ainda existem muitas controvérsias quanto aos efeitos do envelhecimento e do exercício físico sobre a atividade destas enzimas^(20, 24, 25). Dados da literatura têm demonstrado que o envelhecimento pode levar à diminuição na atividade de enzimas antioxidantes em diferentes órgãos, enquanto que outros autores têm relatado aumento ou até mesmo nenhuma alteração na atividade enzimática em resposta ao envelhecimento^(24, 25). Apesar dos benefícios induzidos pelo exercício físico sobre a saúde humana, e especialmente em relação à população idosa, os dados obtidos até momento sobre alterações na atividade de enzimas antioxidantes, em resposta à realização de diferentes protocolos de exercício físico ainda são divergentes^(20, 26, 27). No presente trabalho observou-se um aumento na atividade de SOD nos dois grupos estudados, porém a atividade da glutathiona peroxidase aumentou apenas após a realização do exercício de força e nenhuma alteração significativa foi observada na atividade da catalase após a realização dos dois tipos de exercício.

O aumento na atividade e expressão de SOD tem sido observado no músculo esquelético de ratos após a realização de exercício físico^(7, 20). Embora a SOD seja um importante fator de proteção contra o estresse oxidativo, sabe-se que esta enzima é capaz de acelerar a formação de peróxido de hidrogênio. Assim, tem sido sugerido que o aumento de SOD sem um aumento proporcional na atividade de peroxidases, na presença de metais de transição, poderia contribuir para a formação de radical hidroxila, e aumentar o estresse oxidativo^(7, 28). Portanto, para uma defesa efetiva contra o estresse oxidativo é necessário um aumento equilibrado na atividade do sistema de defesa antioxidante e este não pode ser necessariamente fornecido pelo aumento na atividade de uma única enzima.

Sendo assim, as diferenças nas concentrações de TBARS e de grupos carbonil observadas entre os diferentes grupos analisados, poderiam ser atribuídas à resposta do organismo em relação à ativação das enzimas antioxidantes, SOD e GPx.

De acordo com os dados obtidos neste estudo, concluímos

que os dois tipos de exercício apresentaram efeitos benéficos sobre o perfil lipídico, porém o grupo que realizou atividades físicas variadas demonstrou ser mais susceptível ao estresse oxidativo, enquanto que o grupo que realizou exercício de força apresentou melhores respostas adaptativas. Neste contexto, podemos sugerir que um programa de exercício físico adotando o protocolo de exercício de força descrito neste trabalho, seria mais indicado para a população em estudo quando comparado ao protocolo de atividades físicas variadas, por não aumentar a peroxidação lipídica e estimular a atividade de SOD e GPx concomitantemente, no plasma de mulheres após a menopausa. Vale ressaltar que futuras investigações para avaliar o efeito da realização do protocolo de exercício de força em longo prazo sobre as adaptações bioquímicas são necessárias, não somente para confirmar a eficácia da prescrição deste protocolo, como uma estratégia para proporcionar a manutenção dos níveis TBARS e de grupos carbonil no plasma, mas também para avaliar a contribuição efetiva do papel das peroxidases e de outros antioxidantes plasmáticos na proteção do organismo contra o estresse oxidativo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapemig pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1- YANG, J.; WEISSM, L.; BORH, V. A.; MATTSON, M. P. Mitochondrial DNA damage and repair in neurodegenerative disorders. *DNA repair*, 7: 1110-1120, 2008.
- 2- LEE, I.; PAFFENBERGER, R. S. Associations of light, moderate, and vigorous intensity physical activity with longevity. *Am. J. Epidemiol.*, 151:293-299, 2000.
- 3- GANDRA, P. G.; MACEDO, D. V.; ALVES, A. A. Fontes de espécies reativas de oxigênio na musculatura esquelética durante o exercício. *Revista Brasileira de Ensino em Bioquímica e Biologia Molecular*, 02(06): c1-c11, 2006.
- 4- SLUPPHANG, G.; KAVLI, B.; KROKAN, H. E. The interacting pathways for prevention and repair of oxidative DNA damage. *Mutat. Res.*, 531: 231-251, 2003.
- 5- LIU, J.; YEO, H. C.; ÖVERVIK-DOUKI, E.; HAGEN, T.; DONIGER, S. J.; CHU, D. W. Chronically and acutely exercised rats: biomarkers of oxidative stress and endogenous antioxidants. *J. Appl. Physiol.*, 89:21-28, 2000.
- 6- PARISE, G.; BROSE, A. N.; TARNOPOLSKY, M. A. Resistance exercise training decreases oxidative damage to DNA and increases cytochrome oxidase activity in older adults. *Exp. Gerontol.*, 40:173-180, 2005;
- 7- RADÁK, Z.; CHUNG, H. Y.; GOTO, S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radic. Biol. Med.*, 44: 153-159, 2007.
- 8- PARDINI, R.; MATSUDO, S. A. , MATSUDO, V.; ANDRADE, E.; BRAGGION, G.; ANDRADE, D. R. Validação do questionário internacional do nível atividade física (IPAQ-versão 6) Estudo piloto em adultos jovens brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 9(3):45-51, 2001.
- 9- TRAN, Z. V.; WELTMAN, A. Generalized equation for predicting body density of women from girth measurements. *Med. Sci. Sport Exer.*, 21(1): 4-14, 1989.
- 10- FEENSTERMAKER, K. L.; PLOWMAN, S. A.; LOONEY, M. A. Validation of the Rockport Fitness Walking Test in females 65 years and older. *Res. Q. Exerc. Sport*, 63(3): 322-327, 1992.

11. AMERICAM COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Canadá, 2000. 6nd ed.
- 12- POLLOCK, M.; WILMORE, J. H. Exercícios na saúde e na doença: avaliação e prescrição para prevenção e reabilitação. 2a ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1993, 718 p.
- 13- BORG, G. Escalas de Borg para dor e o esforço percebido. São Paulo: Manole, 2000, 126 p.
- 14- WINTERBOURN, C. C.; GUTTERIDGE, J. M.; HALLIWELL, B. Doxorubicin dependent lipid peroxidation at low partial pressures of O2. *Free Radic. Biol. Med.*, 2: 1119-1122, 1981.
- 15- LEVINE, R. L.; GARLAND, D.; OLIVER C. N.; AMICI, A.; CLIMENT, I.; LENZ, A. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods Enzymol.*, 186: 464-478, 1990.
- 16- BURTIS, C. A.; ASHWOOD, E. R. Tietz Textbook of Clinical Chemistry. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1999, 1917p.
- 17- OYANAGUI, Y. Reevaluation of assay methods and establishment of kit for superoxide dismutase activity. *Anal. Biochem.*, 142: 290-296; 1984.
- 18- SINET, P. M.; MICHELSON, A. M.; BAZIN, A.; LEJEUNE, J.; JEROME, H. Increase in glutathione peroxidase activity in erythrocytes from trisomy 21 subjects. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 67: 910-915; 1975.
- 19- MACHELY, A. C.; CHANCE, B. The assay catalases and peroxidases. *Methods Biochem. Anal.*, 1: 357-359, 1954.
- 20- PARISE, G.; BROSEA, A. N.; TARNOPOLSKYB, M. A. Resistance exercise training decreases oxidative damage to DNA and increases cytochrome oxidase activity in older adults. *Exp. Gerontol.*, 40: 173-180, 2005.
- 21- JI, L. L. Modulation of skeletal muscle antioxidant defense by exercise: Role of redox signaling. *Free Radic. Biol. Med.*, 44:142-152, 2007.
- 22- LAC, G.; MASO, F. Biological markers for the follow-up of athletes throughout the training season. *Pathol. Biol.*, 52:43-49, 2004.
- 23- GENESTRA, M. Oxyl radicals, redox-sensitive signalling cascades and antioxidants. *Cell Signal.*, 19:1807-1819, 2007.
- 24- HATAO, H.; OH-ISHI, S.; ITOH, M.; LEEUWENBURGH, C.; OHNO, H.; OOKAWARA, T. Effects of acute exercise on lung antioxidant enzymes in young and old rats. *Mech. Ageing. Dev.*, 127: 384-390, 2006.
- 25- GÜNDÜZ, F.; SENTÜRK, Ü. K.; KURU, O.; AKTEKIN, B.; AKTEKIN, M. R. The effect of 1 year's swimming exercise on oxidant stress and antioxidant capacity in aged rats. *Physiol. Res.*, 53:171-176; 2004.
- 26- RAO, G.; XIA, E.; RICHARDSON, A. Effect of age on the expression of antioxidant enzymes in male Fischer F344 rats. *Mech. Ageing Dev.*, 53: 49-60, 1990.
- 27- PINHO, R. A.; ANDRADES, M. E.; OLIVEIRA, M. R.; PIROLA, A. C.; ZAGO, M. S.; SILVEIRA, P. C. L. Imbalance in SOD/CAT activities in rat skeletal muscles submitted to treadmill training exercise. *Cell Biol. Int.*, 30(10): 848-853, 2006.
- 28- ITOH, M.; OH-ISHI, S.; HATAO, H.; LEEUWENBURGH, C.; SELMAN, C.; OHNO, H. Effects of dietary calcium restriction and acute exercise on the antioxidant enzyme system and oxidative stress in rat diaphragm. *Am. J. Physiol.*, 287: R33-R38, 2004.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Profa. Dra. Fernanda Borges de Araújo Paula
 Universidade Federal de Alfenas -
 Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700. Centro
 CEP: 37130-000 Alfenas, MG.
 E-mail: fernanda@unifal-mg.edu.br

CPG - SBAC

Centro de Pós-Graduação da Sociedade Brasileira de Análises Clínicas

www.sbac.org.br

cursos@sbac.org.br

(21)2187-0800

Inscrições
Abertas