



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro Biomédico

Instituto de Nutrição

Raphael Corrêa Martins

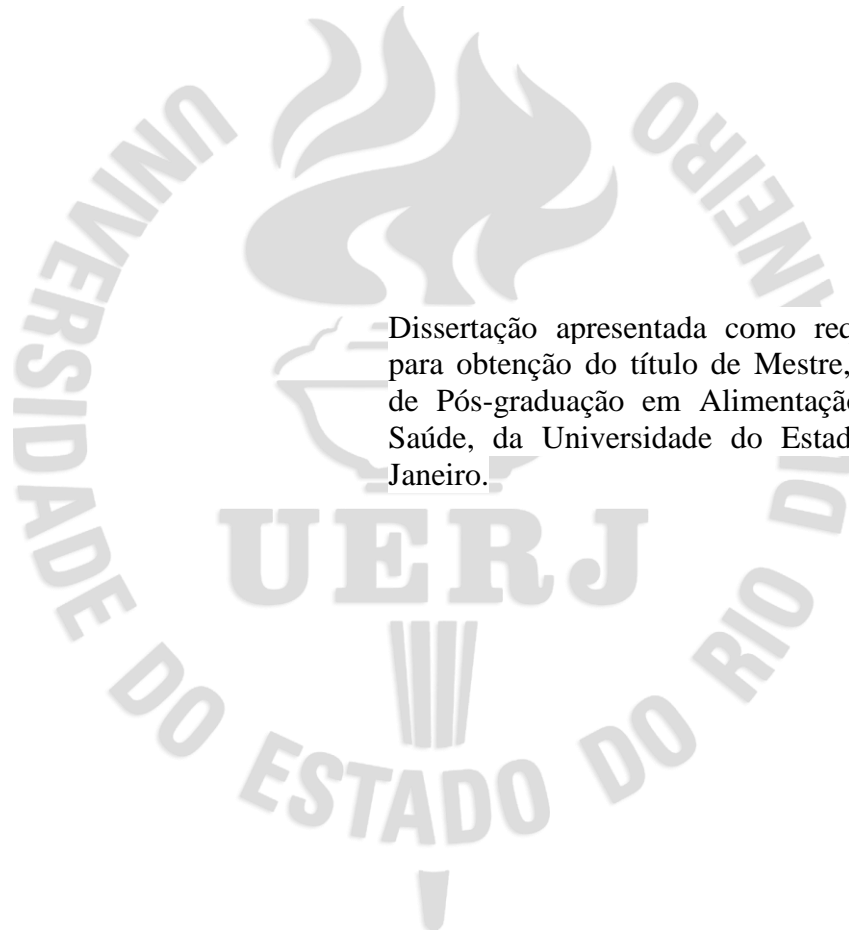
**Influência do treinamento físico intenso sobre fatores relacionados com a  
microcirculação em pentatletas**

Rio de Janeiro

2013

Raphael Corrêa Martins

**Influência do treinamento físico intenso sobre fatores relacionados com a  
microcirculação em pentatletas**



Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Josely Correa Koury

Coorientadora: Caroline Buss

Rio de Janeiro

2013

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/A

M386 Martins, Raphael Corrêa.

Influência do treinamento físico intenso sobre fatores relacionados com a microcirculação em pentatletas / Raphael Corrêa Martins. - 2013.

59f.

Orientadora: Josely Correa Koury.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Nutrição.

1. Atletas - Nutrição – Teses. 2. Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos – Teses. 3. Microcirculação - Pesquisa – Teses. 4. Composição corporal – Teses. I. Koury, Josely Correa. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Nutrição. III. Título.

rc

CDU 612.3:796.071.2

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Raphael Corrêa Martins

**Influência do treinamento físico intenso sobre fatores relacionados com a  
microcirculação em pentatletas**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 19 de agosto de 2013.

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Josely Correa Koury (Orientadora)  
Instituto de Nutrição - UERJ

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Fernanda Kamp  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr Julio Beltrame Daleprane  
Instituto de Nutrição - UERJ

Rio de Janeiro

2013

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu amado Deus, puro *Ágape*, que me capacita, diariamente, conhecendo toda minha pequenez. Sem ele nada faria, nada seria, nada poderia.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Kátia e Ruanito, meu irmão Renato e meus avós, Luzia e Carlos, por todas as palavras de incentivo, pelo carinho e suporte;

Aos amigos que conheci durante as disciplinas de mestrado, pela convivência, aprendizado e companheirismo;

A minha amiga Mariana Gonçalves, por todas as conversas e por ser a esta pessoa sempre solícita;

A todos os queridos amigos do NENFE, a convivência com vocês me fez crescer como pessoa e como profissional. Estarei na torcida pelo sucesso e felicidade de cada um de vocês;

A minha coorientadora Caroline, por todo suporte e conhecimento transmitidos durante nossos encontros;

A minha orientadora Josely, por ter aceitado me orientar. Sempre comprometida em tirar o melhor de seus alunos, suas cobranças e ensinamentos com certeza me lapidaram como um aluno e profissional melhor;

Ao Programa de Pós Graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde do Instituto de Nutrição da UERJ, pela oportunidade concedida.

## RESUMO

MARTINS, Raphael Corrêa. *Influência do treinamento físico intenso sobre fatores relacionados com a microcirculação em pentatletas*. 2013. 59f. Dissertação (Mestrado em Alimentação, Nutrição e Saúde) – Instituto de Nutrição, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

A microcirculação é o segmento do sistema circulatório responsável por garantir a oferta de nutrientes, oxigênio e hormônios aos tecidos, além da remoção de produtos provenientes do metabolismo celular e manutenção da temperatura corporal. A atividade física é capaz de alterar a composição corporal e a capacidade antioxidante e ambos são capazes de influenciar os parâmetros da microcirculação. Dentre as técnicas utilizadas para avaliar a microcirculação, a videocapilaroscopia é um método validado utilizado para determinar a morfologia e a funcionalidade dos capilares em diferentes grupos populacionais, entre eles o de atletas. Pouco se sabe sobre as alterações dos parâmetros da microcirculação decorrente do treinamento intenso. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do treinamento físico intenso sobre a composição corporal, indicadores bioquímicos de lesão muscular e estado antioxidante, e seus efeitos sobre parâmetros da microcirculação em pentatletas. Participaram do estudo jovens pentatletas competitivos do sexo masculino (n=8, idade média de  $26,8 \pm 4,8$  anos). As variáveis foram analisadas em dois momentos: o primeiro após descanso (Basal), anterior à competição, e o segundo após 60 dias (T1) de intenso treinamento físico. Os parâmetros da microcirculação foram avaliados por videocapilaroscopia periungeoal. A capacidade antioxidante extracelular foi determinada pelas concentrações plasmáticas de ácido úrico e pelo potencial antioxidante biológico, e a intracelular pela concentração eritrocitária de superóxido dismutase. Como indicador de peroxidação lipídica foi utilizada a concentração plasmática de malondialdeído e de lesão tecidual, as concentrações de creatina quinase total e uréia plasmáticas. A composição corporal total e em segmentos foi determinada por absorciometria de raios-x de dupla energia. Para avaliar a homeostase energética foi avaliada a concentração de leptina. Houve redução da massa gorda total (Basal: 12,3 (7,3 - 14) / T1: 10,1 (7,4 - 14) kg,  $p=0,023$ ), da gordura de braços (Basal: 1,1 (0,7 - 1,5) / T1: 0,9 (0,7 - 1,6) kg,  $p=0,039$ ) e de tronco (Basal: 5,6 (3 - 6,6) / T1: 4,4 (2,9 - 6,3) kg,  $p=0,008$ ). Houve redução nas concentrações de leptina (Basal: 1,95 (1,06 - 2,45) / T1: 1,29 (0,49 - 1,75) ng/mL,  $p= 0,016$ ) e esta não se associou com a redução de massa gorda. Foi observado aumento nas concentrações de creatina quinase plasmática (Basal: 94,50 (69,00 - 141,00) / T1: 137,00 (97,00 - 250,00) UI/L  $p=0,023$ ) e uréia (Basal: 31,50 (26,00 - 51,00) / T1: 36,50 (29,00 - 39,00) mg/dL  $p=0,031$ ) indicando lesão tecidual. As variações percentuais de creatina quinase e densidade capilar funcional correlacionaram-se positivamente ( $r = 0,714$ ;  $p= 0,037$ ). O treinamento físico intenso não alterou o estado antioxidante assim como os parâmetros da microcirculação. Dentre os indicadores estudados somente a concentração plasmática de creatina quinase parece estar envolvida com a redução da densidade capilar funcional em 5 dos 8 atletas.

Palavras-chave: Microcirculação. Estado antioxidante. Composição corporal.

## ABSTRACT

MARTINS, Raphael Corrêa. *Influence of intense physical training on factors associated with microcirculation in pentathletes*. 2013. 59f. Dissertação (Mestrado em Alimentação, Nutrição e Saúde) – Instituto de Nutrição, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

The microcirculation is the segment of the circulatory system responsible for ensure the offer of nutrients, oxygen and hormones to the tissues. Beyond to removing products from cell metabolism and maintenance of body temperature. Physical activity is able to alter the body composition and the antioxidant capacity and the both being able to influence the parameters of microcirculation. Among the techniques used to evaluate microcirculation, the videocapillaroscopy is a validated method used to determine the morphology and functionality of capillaries in different groups, including athletes. Little is known about the changes of microcirculation parameters due to intense training. The aim of this study was to evaluate the influence of intense physical training on body composition, biochemical markers of muscle damage and antioxidant status and their effects on parameters of microcirculation in pentathletes. Participated in this study young male competitive pentathletes (n=8, mean age  $26,8 \pm 4,8$  years) in two moments, the first after resting (Baseline), previous the competition, and the second after 60 days (T1) of intense physical training. The microcirculatory parameters were evaluated by periungueal videocapillaroscopy. The antioxidant extracellular capacity was determined by plasmatic uric acid and biological antioxidant potential concentrations, and the intracellular by erythrocyte superoxide dismutase concentration. As an indicator of lipidic peroxidation was used the plasma malondialdehyde concentration, and for tissue damage plasmatic total creatina kinase and urea. Total and fractions body composition was determined by Dual-energy X-ray absorptiometry. To evaluate the energy homeostasis was measured leptin concentrations. There was reduction in total fat mass (Baseline: 12.3 (7.3 - 14) / T1: 10.1 (7.4 - 14) kg, p=0.023), fat arms (Baseline: 1.1 (0.7 – 1.5) / T1: 0.9 (0.7 – 1.6) kg, p=0.039) and trunk (Baseline: 5.6 (3 – 6.6) / T1: 4.4 (2.9 – 6.3) kg, p=0.008). There was a reduction in leptin concentrations (Baseline: 1.95 (1.06 – 2.45) / T1: 1.29 (0.49 – 1.75) ng/mL, p= 0.016) and this was not associated with a reduction in fat mass. There was observed increase in concentrations of plasma creatina kinase (Baseline: 94.50 (69.00 – 141.00) / T1: 137.00 (97.00 – 250.00) UI/L p=0.023) and urea (Baseline: 31.50 (26.00 – 51.00) / T1: 36.50 (29.00 – 39.00) mg/dL p=0.031) indicating tissue damage. The percentage variations of creatine kinase and functional capillary density were positively correlated ( $r = 0,714$ ,  $p = 0,037$ ). The intense physical training wasn't change the antioxidant status, as well as the microcirculation parameters. Among the indicators studied, only the concentration of plasmatic creatine kinase appears to be involved with the reduction of functional capillary density in 5 of 8 athletes.

Keywords: Microcirculation. Antioxidante state. Body composition.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Desenho esquemático da microcirculação .....	13
Figura 2 -	(a) Foto referente à avaliação da microcirculação por videocapilaroscopia periungueal (b) Esquematização da técnica da videocapilaroscopia. (c) Representação gráfica dos parâmetros determinados pela videocapilaroscopia .....	16
Figura 3 -	Desenho experimental .....	25
Tabela 1 -	Valores de referência para o potencial antioxidante biológico (BAP) .....	27
Tabela 2 -	Comparação da composição corporal antes do treinamento (basal) após 60 dias de treinamento intenso (T1) em pentatletas .....	32
Figura 4 -	Comparação dos níveis plasmáticos individuais de leptina antes e após 60 dias de treinamento intenso em pentatletas .....	33
Figura 5 -	Concentração individual plasmática de creatina quinase (A), malondialdeído (B) e uréia (C) antes e após 60 dias de treinamento intenso em pentatletas .....	35
Figura 6 -	Concentração dos antioxidantes plasmáticos, potencial antioxidante biológico (BAP) (A) e ácido úrico (B), e superóxido dismutase eritrocitária (E-SOD) (C) antes e após 60 dias de treinamento físico intenso em pentatletas .....	40
Figura 7 -	Percentual de variação individual, após 60 dias de treinamento intenso, da concentração da superóxido dismutase eritrocitária (E-SOD) e do potencial antioxidante biológico (BAP), ácido úrico e malondialdeído (MDA) plasmáticos .....	41
Figura 8 -	Correlação entre potencial antioxidante biológico (BAP) e malondialdeído plasmático (MDA) após 60 dias treinamento intenso em pentatletas .....	41
Tabela 3 -	Comparação dos parâmetros da microcirculação dos pentatletas antes (basal) e após 60 dias de treinamento intenso (T1) .....	44
Figura 9 -	Comparação individual da densidade capilar funcional (n/mm <sup>2</sup> ) antes e após 60 dias de treinamento em pentatletas .....	44
Figura 10 -	Correlação linear entre as variações percentuais de creatina quinase (CK) e densidade capilar funcional (DCF) após 60 dias de treinamento intenso em pentatletas .....	45

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
1	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	12
1.1	<b>Microcirculação</b> .....	12
1.2	<b>Regulação local do fluxo sanguíneo</b> .....	13
1.3	<b>Videocapilaroscopia Dinâmica</b> .....	15
1.4	<b>Adaptações fisiológicas e bioquímicas causadas pela prática de atividade física</b> .....	17
1.5	<b>Microcirculação e atividade física</b> .....	21
2	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	22
3	<b>OBJETIVO</b> .....	23
3.1	<b>Objetivo geral</b> .....	23
3.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	23
4	<b>METODOLOGIA</b> .....	24
4.1	<b>Participantes</b> .....	24
4.2	<b>Treinamento físico e tático</b> .....	24
4.3	<b>Desenho do estudo</b> .....	24
4.4	<b>Parâmetros da microcirculação</b> .....	25
4.5	<b>Composição corporal</b> .....	26
4.6	<b>Coleta de sangue</b> .....	26
4.7	<b>Análises laboratoriais</b> .....	26
4.7.1	<u>Capacidade antioxidante intracelular e extracelular</u> .....	26
4.7.2	<u>Potencial antioxidante biológico (BAP)</u> .....	27
4.7.3	<u>Malondialdeído (MDA)</u> .....	27
4.7.4	<u>Creatina quinase (CK) e uréia</u> .....	28
4.7.5	<u>Leptina</u> .....	28
4.8	<b>Tratamento estatístico</b> .....	29
5	<b>RESULTADOS / DISCUSSÃO</b> .....	30
6	<b>CONCLUSÃO</b> .....	46
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	47
	<b>APÊNDICE</b> .....	58

## REFERÊNCIAS

Abdalla DSP, Lima ES. Peroxidação lipídica: mecanismos e avaliação em amostras biológicas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas* 37(3), 2001.

Aguiar LG, Villela NR, Bouskela E. Microcirculation in diabetes: implications for chronic complications and treatment of the disease. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 51: 204-211, 2007.

Aguilar-Silva RH, Cintra BB, Milani S, Moraes TP, Tsuji H. Estado antioxidante do sangue como indicador da eficiência do treinamento em nadadores. *Revista Brasileira de Ciências e Movimento* 10(3), 7-11, 2002.

al-Mehdi AB, Dodia C, Jain MK, Fisher AB. A phospholipase A2 inhibitor decreases generation of thiobarbituric acid reactive substance during lung ischemia-reperfusion. *Biochim Biophys Acta* 1167: 56-62, 1993.

Albanese CV, Diessel E, Genant HK. Clinical applications of body composition measurements using DXA. *J Clin Densitom* 6: 75-85, 2003.

Alves RC, Costa RO, Samulski DM. Monitoramento e prevenção do supertreinamento em atletas. *Revista Brasileira de Medicina dos Esportes* 12: 291-296, 2006.

Appell HJ, Soares JM, Duarte JA. Exercise, muscle damage and fatigue. *Sports Med* 13: 108-115, 1992.

Arner P. Regional adiposity in man. *J Endocrinol* 155: 191-192, 1997.

Barber AA, Bernheim F. Lipid peroxidation: its measurement, occurrence, and significance in animal tissues. *Adv Gerontol Res* 2: 355-403, 1967.

Barchetta I, Riccieri V, Vasile M, Stefanantoni K, Comberiat P, Taverniti L, Cavallo MG. High prevalence of capillary abnormalities in patients with diabetes and association with retinopathy. *Diabet Med* 28: 1039-1044, 2011.

Bassyouni IH, Emad Y, Rafaat HA, Dabbous AO. Relationship between nailfold capillary abnormalities and vestibular dysfunction in systemic sclerosis. *Joint Bone Spine* 78: 266-269, 2011.

Bays H, Blonde L, Rosenson R. Adiposopathy: how do diet, exercise and weight loss drug therapies improve metabolic disease in overweight patients? *Expert Rev Cardiovasc Ther* 4: 871-895, 2006.

Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76, 1996.

Bloomer RJ, Goldfarb AH. Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. *Can J Appl Physiol* 29: 245-263, 2004.

Boegli Y, Gremion G, Golay S, Kubli S, Liaudet L, Leyvraz PF, Waeber B, Feihl F. Endurance training enhances vasodilation induced by nitric oxide in human skin. *J Invest Dermatol* 121: 1197-1204, 2003.

- Borges NC, Vasconcellos RS, Canola JC, Paula FJA, Carciofi AC, Pereira GT. Precisão da técnica de absorciometria de raios-x de dupla energia na determinação da composição corporal em gatos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 60: 263-266, 2008.
- Bouix D, Peyreigne C, Raynaud E, Monnier JF, Micallef JP, Brun JF. Relationships among body composition, hemorheology and exercise performance in rugbymen. *Clin Hemorheol Microcirc* 19: 245-254, 1998.
- Branchet MC, Boisnic S, Frances C, Robert AM. Skin thickness changes in normal aging skin. *Gerontology* 36: 28-35, 1990.
- Breban S, Chappard C, Jaffre C, and Benhamou CL. Hypoleptinaemia in extreme body mass models: the case of international rugby players. *J Sci Med Sport* 13: 479-484, 2010.
- Brun JF. Exercise hemorheology as a three acts play with metabolic actors: is it of clinical relevance? *Clin Hemorheol Microcirc* 26: 155-174, 2002.
- Brun JF, Varlet-Marie E, Cassan D, Raynaud de ME. Blood rheology and body composition as determinants of exercise performance in female rugby players. *Clin Hemorheol Microcirc* 49: 207-214, 2011.
- Brun JF, Varlet-Marie E, Connes P, Aloulou I. Hemorheological alterations related to training and overtraining. *Biorheology* 47: 95-115, 2010.
- Brunsgaard H. Physical activity and modulation of systemic low-level inflammation. *J Leukoc Biol* 78: 819-835, 2005.
- Bunout D, Rueda E, Aicardi V, Hidalgo C, Kauffmann R. Influence of body fat and its distribution on cardiovascular risk factors in healthy subjects. *Rev Med Chil* 122: 123-132, 1994.
- Burns TW, Langley PE, Terry BE, Bylund DB, Hoffman BB, Tharp MD, Lefkowitz RJ, Garcia-Sainz JA, Fain JN. Pharmacological characterizations of adrenergic receptors in human adipocytes. *J Clin Invest* 67: 467-475, 1981.
- Buss C, Kraemer-Aguiar LG, Maranhao PA, Marinho C, de SM, Wiernsperger N, Bouskela E. Novel findings in the cephalic phase of digestion: a role for microcirculation? *Physiol Behav* 105: 1082-1087, 2012.
- Cepinskas G, Wilson JX. Inflammatory response in microvascular endothelium in sepsis: role of oxidants. *J Clin Biochem Nutr* 42: 175-184, 2008.
- Chance B, Sies H, Boveris A. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. *Physiol Rev* 59: 527-605, 1979.
- Child RB, Wilkinson DM, Fallowfield JL, Donnelly AE. Elevated serum antioxidant capacity and plasma malondialdehyde concentration in response to a simulated half-marathon run. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1603-1607, 1998.
- Claessens AL, Hlatky S, Lefevre J, Holdhaus H. The role of anthropometric characteristics in modern pentathlon performance in female athletes. *J Sports Sci* 12: 391-401, 1994.

Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil* 81: S52-S69, 2002.

Coggan AR, Spina RJ, King DS, Rogers MA, Brown M, Nemeth PM, Holloszy JO. Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 72: 1780-1786, 1992.

Confederação Brasileira de Pentatlo Moderno. 2012. Acesso em 7/5/2012.

Connes P, Bouix D, Py G, Prefaut C, Mercier J, Brun JF, Caillaud C. Opposite effects of in vitro lactate on erythrocyte deformability in athletes and untrained subjects. *Clin Hemorheol Microcirc* 31: 311-318, 2004.

Córdova A, Navas FJ. Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício: papel dos antioxidantes. *Revista Brasileira de Medicina dos Esportes* 6(5), 204-208, 2000.

Correa MJ, Perazzio SF, Andrade LE, Kayser C. Quantification of basal digital blood flow and after cold stimulus by laser doppler imaging in patients with systemic sclerosis. *Rev Bras Reumatol* 50: 128-140, 2010.

Coyle EF, Martin WH, III, Sinacore DR, Joyner MJ, Hagberg JM, Holloszy JO. Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *J Appl Physiol* 57: 1857-1864, 1984.

da Mota GR, Zanesco A. Leptin, ghrelin, and physical exercise. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 51: 25-33, 2007.

de Jongh RT, Ijzerman RG, Serne EH, Voordouw JJ, Yudkin JS, de Waal HA, Stehouwer CD, van Weissenbruch MM. Visceral and truncal subcutaneous adipose tissue are associated with impaired capillary recruitment in healthy individuals. *J Clin Endocrinol Metab* 91: 5100-5106, 2006.

Despres JP, Moorjani S, Lupien PJ, Tremblay A, Nadeau A, Bouchard C. Regional distribution of body fat, plasma lipoproteins, and cardiovascular disease. *Arteriosclerosis* 10: 497-511, 1990.

Djordjevic DZ, Cubrilo DG, Puzovic VS, Vuletic MS, Zivkovic VI, Barudzic NS, Radovanovic DS, Djuric DM, Jakovljevic VL. Changes in athlete's redox state induced by habitual and unaccustomed exercise. *Oxid Med Cell Longev* 2012: 805-850, 2012.

Dolny DG, Lemon PW. Effect of ambient temperature on protein breakdown during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 64: 550-555, 1988.

Duarte O. História dos Esportes. Senac. 403-406, 2004.

Duren DL, Sherwood RJ, Czerwinski SA, Lee M, Choh AC, Siervogel RM, Cameron CW. Body composition methods: comparisons and interpretation. *J Diabetes Sci Technol* 2: 1139-1146, 2008.

Erdogan C, Unlucerci Y, Turkmen A, Kuru A, Cetin O, Bekpinar S. The evaluation of oxidative stress in patients with chronic renal failure. *Clin Chim Acta* 322: 157-161, 2002.

Evora PR, Pearson PJ, Rodrigues AJ, Viaro F, Schaff HV. Endothelium-dependent relaxation in response to poly-L-arginine in canine coronary arteries: implications about hyperpolarization as a mechanism of vasodilatation. *Arq Bras Cardiol* 80: 626-630, 2003.

Ferreira AL, Matsubara LS. Free radicals: concepts, associated diseases, defense system and oxidative stress. *Rev Assoc Med Bras* 43: 61-68, 1997.

Ferreira F, Ferreira R, Duarte JA. Stress oxidativo e dano oxidativo muscular esquelético: influência do exercício agudo inabitual e do treino físico. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 7(2), 257-275, 2007.

Finaud J, Lac G, Filaire E. Oxidative stress : relationship with exercise and training. *Sports Med* 36: 327-358, 2006.

Franzoni F, Galetta F, Morizzo C, Lubrano V, Palombo C, Santoro G, Ferrannini E, Quinones-Galvan A. Effects of age and physical fitness on microcirculatory function. *Clin Sci (Lond)* 106: 329-335, 2004.

Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, Evans WJ. Strength training and determinants of VO<sub>2</sub>max in older men. *J Appl Physiol* 68: 329-333, 1990.

Gates PE, Tanaka H, Graves J, Seals DR. Left ventricular structure and diastolic function with human ageing. Relation to habitual exercise and arterial stiffness. *Eur Heart J* 24: 2213-2220, 2003.

Gleeson M, Bishop NC, Stensel DJ, Lindley MR, Mastana SS, Nimmo MA. The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nat Rev Immunol* 11: 607-615, 2011.

Gomes AC. Treinamento Desportivo: estruturação e periodização. *Artmed*, 2002,

Goncalves MC, Bezerra FF, Eleutherio EC, Bouskela E, Koury J. Organic grape juice intake improves functional capillary density and postocclusive reactive hyperemia in triathletes. *Clinics (Sao Paulo)* 66: 1537-1541, 2011.

Goto C, Higashi Y, Kimura M, Noma K, Hara K, Nakagawa K, Kawamura M, Chayama K, Yoshizumi M, Nara I. Effect of different intensities of exercise on endothelium-dependent vasodilation in humans: role of endothelium-dependent nitric oxide and oxidative stress. *Circulation* 108: 530-535, 2003.

Green DJ, O'Driscoll G, Joyner MJ, Cable NT. Exercise and cardiovascular risk reduction: time to update the rationale for exercise? *J Appl Physiol* 105: 766-768, 2008.

Green DJ, Spence A, Halliwill JR, Cable NT, Thijssen DH. Exercise and vascular adaptation in asymptomatic humans. *Exp Physiol* 96: 57-70, 2011.

Guyton AC, Hall JE. A microcirculação e o sistema linfático: trocas de líquido no capilar, líquido intersticial e fluxo da linfa. In: *Tratado de Fisiologia Médica*, edited by Guyton, A.C. and Hall, J.E. (Eds.) Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

Halliwell B. Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). *Free Radic Res* 31: 261-272, 1999.

Hartmann U, Mester J. Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc* 32: 209-215, 2000.

Haugen F, Drevon CA. The interplay between nutrients and the adipose tissue. *Proc Nutr Soc* 66: 171-182, 2007.

Hellsten Y, Richter EA, Kiens B, and Bangsbo J. AMP deamination and purine exchange in human skeletal muscle during and after intense exercise. *J Physiol* 520 Pt 3: 909-920, 1999.

Hermsdorff HHM, Monteiro JBR. Gordura visceral, subcutânea ou intramuscular: onde está o problema? *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia* 48(6), 803-811, 2004.

Heyward V. ASEP METHODS RECOMMENDATION: BODY COMPOSITION ASSESSMENT. *Journal of Exercise Physiology on line* 4: 1-12, 2001.

Hickson JF, Jr., Wolinsky I, Rodriguez GP, Pivarnik JM, Kent MC, Shier NW. Failure of weight training to affect urinary indices of protein metabolism in men. *Med Sci Sports Exerc* 18: 563-567, 1986.

Hollander J, Fiebig R, Gore M, Ookawara T, Ohno H, Ji LL. Superoxide dismutase gene expression is activated by a single bout of exercise in rat skeletal muscle. *Pflugers Arch* 442: 426-434, 2001.

Holowatz LA, Thompson-Torgerson CS, Kenney WL. The human cutaneous circulation as a model of generalized microvascular function. *J Appl Physiol* 105: 370-372, 2008.

Horowitz JF. Fatty acid mobilization from adipose tissue during exercise. *Trends Endocrinol Metab* 14: 386-392, 2003.

Houben AJ, Eringa EC, Jonk AM, Serne EH, Smulders YM, Stehouwer CD. Perivascular Fat and the Microcirculation: Relevance to Insulin Resistance, Diabetes, and Cardiovascular Disease. *Curr Cardiovasc Risk Rep* 6: 80-90, 2012.

Houston ME, Bentzen H, Larsen H. Interrelationships between skeletal muscle adaptations and performance as studied by detraining and retraining. *Acta Physiol Scand* 105: 163-170, 1979.

Huber-Abel FA, Gerber M, Hoppeler H, Baum O. Exercise-induced angiogenesis correlates with the up-regulated expression of neuronal nitric oxide synthase (nNOS) in human skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol* 112: 155-162, 2012.

Ijzerman RG, de Jongh RT, Beijk MA, van Weissenbruch MM, Delemarre-van de Waal HA, Serne EH, Stehouwer CD. Individuals at increased coronary heart disease risk are characterized by an impaired microvascular function in skin. *Eur J Clin Invest* 33: 536-542, 2003.

Inal M, Akyuz F, Turgut A, Getsfrid WM. Effect of aerobic and anaerobic metabolism on free radical generation swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 33: 564-567, 2001.

Irving RJ, Walker BR, Noon JP, Watt GC, Webb DJ, Shore AC. Microvascular correlates of blood pressure, plasma glucose, and insulin resistance in health. *Cardiovasc Res* 53: 271-276, 2002.

Jagiello W, Kalina RM, Jagiello M. Differentiation of the Body Composition in the Polish National Team Pentathletes. *Baltic Journal of Health and Physical Activity* 3: 105-111, 2011.

Joussellin E, Handschuh R, Barrault D, Rieu M. Maximal aerobic power of French top level competitors. *J Sports Med Phys Fitness* 24: 175-182, 1984.

Jurimae J, Maestu J, Jurimae T. Leptin as a marker of training stress in highly trained male rowers? *Eur J Appl Physiol* 90: 533-538, 2003.

Jurimae J, Maestu J, Jurimae T, Mangus B, von Duvillard SP. Peripheral signals of energy homeostasis as possible markers of training stress in athletes: a review. *Metabolism* 60: 335-350, 2011.

Khassaf M, Child RB, McArdle A, Brodie DA, Esanu C, Jackson MJ. Time course of responses of human skeletal muscle to oxidative stress induced by nondamaging exercise. *J Appl Physiol* 90: 1031-1035, 2001.

Kimura K, Tsuda K, Baba A, Kawabe T, Boh-oka S, Ibata M, Moriwaki C, Hano T, Nishio I. Involvement of nitric oxide in endothelium-dependent arterial relaxation by leptin. *Biochem Biophys Res Commun* 273: 745-749, 2000.

Kjaer M, Magnusson P, Krogsgaard M, Boysen MJ, Olesen J, Heinemeier K, Hansen M, Haraldsson B, Koskinen S, Esmarck B, Langberg H. Extracellular matrix adaptation of tendon and skeletal muscle to exercise. *J Anat* 208: 445-450, 2006.

Klyszcz T, Junger M, Jung F, Zeintl H. Cap image - a new kind of computer-assisted video image analysis system for dynamic capillary microscopy. *Biomed Tech (Berl)* 42: 168-175, 1997.

Kohrt WM. Body composition by DXA: tried and true? *Med Sci Sports Exerc* 27: 1349-1353, 1995.

Koppo K, Larrouy D, Marques MA, Berlan M, Bajzova M, Polak J, Van d, V, Bulow J, Lafontan M, Crampes F, Langin D, Stich V, de G, I. Lipid mobilization in subcutaneous adipose tissue during exercise in lean and obese humans. Roles of insulin and natriuretic peptides. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 299: E258-E265, 2010.

Koury JC, de Olilveria AVJ, Portella ES, de Olilveria CF, Lopes GC, Donangelo CM. Zinc and copper biochemical indices of antioxidant status in elite athletes of different modalities. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 14: 358-372, 2004.

Koury JC, de Oliveira CF, Portella ES, Oliveira AV, Jr, Donangelo CM. Effect of the period of resting in elite judo athletes: hematological indices and copper/ zinc-dependent antioxidant capacity. *Biol Trace Elem Res* 107: 201-211, 2005.

Koury JC, de Oliveira KJ, Lopes GC, de Oliveira AVJ, Portella ES, de Moura EG, Donangelo CM. Plasma zinc, copper, leptin, and body composition are associated in elite female judo athletes. *Biol Trace Elem Res* 115: 23-30, 2007.

Kraemer-Aguiar LG, Maranhao PA, Sicuro FL, Bouskela E. Microvascular dysfunction: a direct link among BMI, waist circumference and glucose homeostasis in young overweight/obese normoglycemic women? *Int J Obes (Lond)* 34: 111-117, 2010.



Kvernmo HD, Stefanovska A, Kirkeboen KA, Osterud B, Kvernebo K. Enhanced endothelium-dependent vasodilatation in human skin vasculature induced by physical conditioning. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 79: 30-36, 1998.

Kyriazis T, Terzis G, Karampatsos G, Kavouras S, Georgiadis G. Body composition and performance in shot put athletes at preseason and at competition. *Int J Sports Physiol Perform* 5: 417-421, 2010.

Lau DC, Dhillon B, Yan H, Szmitko PE, Verma S. Adipokines: molecular links between obesity and atherosclerosis. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 288: H2031-H2041, 2005.

Lee JH, Reed DR, Price RA. Leptin resistance is associated with extreme obesity and aggregates in families. *Int J Obes Relat Metab Disord* 25: 1471-1473, 2001.

Lewandowski P, Hübner-Woźniak E. Effects of competitive pentathlon training on the antioxidant defence components. *Biomedical Human Kinetics* 2: 78-80, 2010.

Li C, Ford ES, Zhao G, Balluz LS, Giles WH. Estimates of body composition with dual-energy X-ray absorptiometry in adults. *Am J Clin Nutr* 90: 1457-1465, 2009.

Lonnqvist F, Wahrenberg H, Hellstrom L, Reynisdottir S, Arner P. Lipolytic catecholamine resistance due to decreased beta 2-adrenoceptor expression in fat cells. *J Clin Invest* 90: 2175-2186, 1992.

Lubbe AS. Heat shock attenuates endothelium-dependent vasodilation in skeletal muscle microcirculation. *Shock* 2: 179-184, 1994.

Lukaski HC, Hoverson BS, Gallagher SK, Bolonchuk WW. Physical training and copper, iron, and zinc status of swimmers. *Am J Clin Nutr* 51: 1093-1099, 1990.

Luscher TF, Boulanger CM, Dohi Y, Yang ZH. Endothelium-derived contracting factors. *Hypertension* 19: 117-130, 1992.

Maestu J, Jurimae J, Jurimae T. Effect of heavy increase in training stress on the plasma leptin concentration in highly trained male rowers. *Horm Res* 59: 91-94, 2003a.

Maestu J, Jurimae J, Jurimae T. Hormonal reactions during heavy training stress and following tapering in highly trained male rowers. *Horm Metab Res* 35: 109-113, 2003b.

Manolopoulos KN, Karpe F, Frayn KN. Gluteofemoral body fat as a determinant of metabolic health. *Int J Obes (Lond)* 34: 949-959, 2010.

Matsuzawa Y. The role of fat topology in the risk of disease. *Int J Obes (Lond)* 32 Suppl 7: S83-S92, 2008.

McCall GE, Byrnes WC, Dickinson A, Pattany PM, Fleck SJ. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J Appl Physiol* 81: 2004-2012, 1996.

Mistry AM, Swick AG, Romsos DR. Leptin rapidly lowers food intake and elevates metabolic rates in lean and ob/ob mice. *J Nutr* 127: 2065-2072, 1997.

- Mitchell JA, Ali F, Bailey L, Moreno L, Harrington LS. Role of nitric oxide and prostacyclin as vasoactive hormones released by the endothelium. *Exp Physiol* 93: 141-147, 2008.
- Monteiro MF, Filho DCS. Exercício físico e o controle da pressão arterial. *Revista Brasileira de Medicina dos Esportes* 10(6), 517-519, 2004.
- Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *Br J Sports Med* 41: 674-678, 2007.
- Norman B, Sabina RL, Jansson E. Regulation of skeletal muscle ATP catabolism by AMPD1 genotype during sprint exercise in asymptomatic subjects. *J Appl Physiol* 91: 258-264, 2001.
- Nosaka K, Newton M. Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. *J Strength Cond Res* 16: 117-122, 2002.
- Padilla J, Simmons GH, Bender SB, Arce-Esquivel AA, Whyte JJ, Laughlin MH. Vascular effects of exercise: endothelial adaptations beyond active muscle beds. *Physiology (Bethesda)* 26: 132-145, 2011.
- Pasqui AL, Puccetti L, Di RM, Bruni F, Camarri A, Palazzuoli A, Biagi F, Servi M, Bischeri D, Auteri A, Pastorelli M. Structural and functional abnormality of systemic microvessels in cardiac syndrome X. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 15: 56-64, 2005.
- Payne GA, Borbouse L, Kumar S, Neeb Z, Alloosh M, Sturek M, Tune JD. Epicardial perivascular adipose-derived leptin exacerbates coronary endothelial dysfunction in metabolic syndrome via a protein kinase C-beta pathway. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 30: 1711-1717, 2010.
- Perusse L, Collier G, Gagnon J, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Wilmore JH, Nadeau A, Zimmet PZ, Bouchard C. Acute and chronic effects of exercise on leptin levels in humans. *J Appl Physiol* 83: 5-10, 1997.
- Pesic S, Jakovljevic V, Djordjevic D, Cubrilo D, Zivkovic V, Jorga V, Mujovic V, Djuric D, Stojimirovic B. Exercise-induced changes in redox status of elite karate athletes. *Chin J Physiol* 55: 8-15, 2012.
- Petibois C, Cazorla G, Poortmans JR, Deleris G. Biochemical aspects of overtraining in endurance sports: a review. *Sports Med* 32: 867-878, 2002.
- Petrofsky JS, McLellan K, Bains GS, Prowse M, Ethiraju G, Lee S, Gunda S, Lohman E, Schwab E. Skin heat dissipation: the influence of diabetes, skin thickness, and subcutaneous fat thickness. *Diabetes Technol Ther* 10: 487-493, 2008.
- Pialoux V, Brugniaux JV, Rock E, Mazur A, Schmitt L, Richalet JP, Robach P, Clottes E, Coudert J, Fellmann N, a Mounier R. Antioxidant status of elite athletes remains impaired 2 weeks after a simulated altitude training camp. *Eur J Nutr* 49: 285-292, 2010.
- Pigozzi F, Rizzo M, Fagnani F, Parisi A, Spataro A, Casasco M, Borriore P. Endothelial (dys)function: the target of physical exercise for prevention and treatment of cardiovascular disease. *J Sports Med Phys Fitness* 51: 260-267, 2011.

Pinho RA, Araujo MC, Ghisi GL, Benetti M. Coronary heart disease, physical exercise and oxidative stress. *Arq Bras Cardiol* 94: 549-555, 2010.

Potter CM, Lundberg MH, Harrington LS, Warboys CM, Warner TD, Berson RE, Moshkov AV, Gorelik J, Weinberg PD, Mitchell JA. Role of shear stress in endothelial cell morphology and expression of cyclooxygenase isoforms. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 31: 384-391, 2011.

Powers SK, Nelson WB, Hudson MB. Exercise-induced oxidative stress in humans: cause and consequences. *Free Radic Biol Med* 51: 942-950, 2011.

Reiser S, Powell AS, Scholfield DJ, Panda P, Fields M, Canary JJ. Day-long glucose, insulin, and fructose responses of hyperinsulinemic and nonhyperinsulinemic men adapted to diets containing either fructose or high-amylose cornstarch. *Am J Clin Nutr* 50: 1008-1014, 1989.

Ross D, Moldeus P. Antioxidant defense systems and oxidative stress. In: VIGO-PELFREY, C. (Ed): *Membrane lipid oxidation*. Boca Raton: CRC Press 1, 151-170, 1991.

Roubenoff R, Kehayias JJ, Dawson-Hughes B, Heymsfield SB. Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body-composition studies: not yet a "gold standard". *Am J Clin Nutr* 58: 589-591, 1993.

Schaser KD, Bail HJ, Schewior L, Stover JF, Melcher I, Haas NP, Mittlmeier T. Acute effects of N-acetylcysteine on skeletal muscle microcirculation following closed soft tissue trauma in rats. *J Orthop Res* 23: 231-241, 2005.

Schneider CD, Oliveira AR. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. *Revista Brasileira de Medicina dos Esportes* 10(4), 308-313, 2004.

Selamoglu S, Turgay F, Kayatekin BM, Gonenc S, Yslegen C. Aerobic and anaerobic training effects on the antioxidant enzymes of the blood. *Acta Physiol Hung* 87: 267-273, 2000.

Sevanian A, Davies KJ, Hochstein P. Serum urate as an antioxidant for ascorbic acid. *Am J Clin Nutr* 54: 1129S-1134S, 1991.

Simsch C, Lormes W, Petersen KG, Baur S, Liu Y, Hackney AC, Lehmann M, Steinacker JM. Training intensity influences leptin and thyroid hormones in highly trained rowers. *Int J Sports Med* 23: 422-427, 2002.

Siqueira LO, Muccini T, Dall A, I, Filla L, Tibbolla P, Luvison A, Costa L, Moreira JC. [Serum chemistry test and urinalysis parameter analysis in half marathon athletes]. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 53: 844-852, 2009.

Smith JA. Exercise, training and red blood cell turnover. *Sports Med* 19: 9-31, 1995.

Smith LL. Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? *Med Sci Sports Exerc* 23: 542-551, 1991.

Souza Jr TPS, Oliveira RO, Pereira B. Exercício físico e estresse oxidativo. Efeitos do exercício físico intenso sobre a quimioluminescência urinária e malondialdeído plasmático. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 11(1), 97-101, 2005.

- Souza MHL. Fundamentos da Circulação Extracorpórea. Centro Editorial Alfa Rio, 2006.
- St-Amant J, Yoshioka M, Nishida Y, Tobina T, Shono N, Tanaka H. Effects of mild-exercise training cessation in human skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol* 112: 853-869, 2012.
- Stewart AD, Hannan WJ. Prediction of fat and fat-free mass in male athletes using dual X-ray absorptiometry as the reference method. *J Sports Sci* 18: 263-274, 2000.
- Strazzullo P, Puig JG. Uric acid and oxidative stress: relative impact on cardiovascular risk? *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 17: 409-414, 2007.
- Subudhi AW, Davis SL, Kipp RW, Askew EW. Antioxidant status and oxidative stress in elite alpine ski racers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 11: 32-41, 2001.
- Szygula R. The changes in cutaneous microcirculation in judo athletes before the preparation period and in the competition period. *Medicina Esportiva* 12(1), 8-13, 2008.
- Terzis G, Spengos K, Manta P, Sarris N, Georgiadis G. Composição das fibras tipo e densidade capilar em relação ao número de repetições submáximo em exercícios de resistência. *Journal of Strength & Conditioning Research* 22(3), 845-850, 2008.
- Tirapegui J. Nutrição, metabolismo e suplementação na atividade física. *Atheneu*. 247-257, 2012,
- Torjman MC, Zafeiridis A, Paolone AM, Wilkerson C, Considine RV. Serum leptin during recovery following maximal incremental and prolonged exercise. *Int J Sports Med* 20: 444-450, 1999.
- Tuominen JA, Ebeling P, Laquier FW, Heiman ML, Stephens T, Koivisto VA. Serum leptin concentration and fuel homeostasis in healthy man. *Eur J Clin Invest* 27: 206-211, 1997.
- Vaisse C, Halaas JL, Horvath CM, Darnell JE, Jr., Stoffel M, Friedman JM. Leptin activation of Stat3 in the hypothalamus of wild-type and ob/ob mice but not db/db mice. *Nat Genet* 14: 95-97, 1996.
- Vasconcellos SML, Goulart MOF, Moura JBF, Benfato MMF, Kubota LT. Espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: Principais métodos analíticos para sua determinação. *Quimica Nova* 30(5), 1323-1338, 2007.
- Villela NR, Kramer-Aguiar LG, Bottino DA, Wiernsperger N, Bouskela E. Metabolic disturbances linked to obesity: the role of impaired tissue perfusion. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 53: 238-245, 2009.
- Wahrenberg H, Lonnqvist F, Hellmer J, Arner P. Importance of beta-adrenoceptor function in fat cells for lipid mobilization. *Eur J Clin Invest* 22: 412-419, 1992.
- West SG. Effect of diet on vascular reactivity: an emerging marker for vascular risk. *Curr Atheroscler Rep* 3: 446-455, 2001.
- Willoughby DS, McFarlin B, Bois C. Interleukin-6 expression after repeated bouts of eccentric exercise. *Int J Sports Med* 24: 15-21, 2003.

Yalcin O, Erman A, Muratli S, Bor-Kucukatay M, Baskurt OK. Time course of hemorheological alterations after heavy anaerobic exercise in untrained human subjects. *J Appl Physiol* 94: 997-1002, 2003.

Yang R, Barouch LA. Leptin signaling and obesity: cardiovascular consequences. *Circ Res* 101: 545-559, 2007.

Zanella AM, Nakazone MA, Pinhel MA, Souza DR. Lipid profile, apolipoprotein A-I and oxidative stress in professional footballers, sedentary individuals, and their relatives. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 55: 121-126, 2011.

Zuo L, Christofi FL, Wright VP, Bao S, Clanton TL. Lipoxygenase-dependent superoxide release in skeletal muscle. *J Appl Physiol* 97: 661-668, 2004.