

PROPOSTA DE UMA AULA PRÁTICA DE TESTES DE CORRIDA SOB A PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMASJoaquim Maria Ferreira Antunes Neto¹**RESUMO**

Um grande desafio para os professores que ministram cursos na área de Fisiologia do Exercício é executar o módulo sobre a Bioenergética. Em pouco tempo, o profissional precisa abordar todas as dinâmicas que envolvem o metabolismo celular (restringir aqui apenas a fatores associados ao músculo esquelético). Há grandes dificuldades em aprofundar o tema, pois depende tanto da formação de professores e o currículo do instituto. O objetivo deste estudo foi apresentar uma estratégia baseada na indicação de problemas aos alunos, para que a resolução ocorra pelo processo de ensino pré-estabelecidos pelo professor. Como uma situação-problema, apresentar um estudo de estratégia de metabolismo utilizando-se duas formas de competir na pista: corridas de 400 metros intensa e teste de corrida de 12 minutos. Os resultados mostraram que a organização de uma situação, o professor atua como facilitador para o aprendizado - não como uma ferramenta para soluções rápidas para os problemas.

Palavras-chave: Bioquímica, Educação, Fisiologia do Exercício, Metabolismo.

1- Faculdades Integradas Metropolitanas de Campinas - METROCAMP

ABSTRACT

Proposal for a Practical Class of Running Tests under the Perspective of Problem-Based Learning

A major challenge for teachers who teach courses in the area of Exercise Physiology is to execute the module on the Bioenergetics. In a short time, the professional needs to address all the dynamics that involve cellular metabolism (restricting here only to factors related to skeletal muscle). There are great difficulties in deepening the theme, because it depends on both the teacher training and curriculum of the institute. The purpose of this study was to present a strategy based on the indication of problems to students, so that the resolution occurs by the process of teaching pre-set by the teacher. As a problem situation, present a strategy study of metabolism using two forms of racing on the track: racing intense 400-meter dash and running test of 12 minutes. The results showed that the organization of a situation by the teacher acts as facilitator for learning - not as a tool for quick solutions to problems.

Key words: Biochemistry, Education, Exercise Physiology, Metabolism.

Endereço para correspondência:
joaquim_netho@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O ensino do conteúdo “Bioenergética”, em muitas faculdades de Educação Física no Brasil, torna-se, geralmente, um módulo estrutural das disciplinas voltadas à Fisiologia do Exercício. Embora muitos centros de ensino superior já contemplem em seu currículo as disciplinas “Bioquímica do Exercício” ou “Bioquímica da Atividade Física”, a tarefa árdua do ensino do metabolismo celular ainda reside para a Fisiologia do Exercício. Falo em tarefa árdua porque em um único módulo fica uma missão praticamente impossível desenvolver todos os argumentos científicos da bioquímica voltada ao exercício físico e treinamento esportivo.

O ensino deste conhecimento vai além de apresentar a classificação para o aluno do que são os metabolismos anaeróbio e aeróbio. Há toda uma estratégia de regulação dos eventos enzimáticos e moleculares, requerentes nos processos geradores de energia (ATP), que também são interligados a ações complexas das vias de óxido-redução das células. Além disso, o aluno passa a ter uma visão diminutiva dos eventos metabólicos, com uma tendência de classificar a condição metabólica de modalidades esportivas de acordo com o tempo de duração. O movimento corporal, em si, perde relevância na avaliação deste aluno; o contexto e momento de cada situação do jogo ou da modalidade esportiva analisada passam a ficar apenas atrelados ao tempo de duração final; “anaeróbio “dura” até uns dois minutos no máximo... já o aeróbio começa a partir daí...”.

Para isso, há a necessidade de mudanças nos currículos dos cursos de Educação Física, mas, em um primeiro momento, o próprio docente criar situações problemas, simples, de caráter pedagógico, que facilite o processo ensino-aprendizagem (Antunes Neto e Colaboradores, 2006). O aprendizado por situações problemas tornou-se essencial neste processo de possibilitar ao aluno recorrer, diversas vezes, aos seus erros, compreender os mecanismos do que realmente é importante para a aquisição do conhecimento do assunto apresentado e, se possível, vivenciar na prática a situação de estudo que lhe foi proposta. Todo processo de inovação para o conhecimento tem repercussões que podem ser tanto positivas quanto negativas. As positivas ficam aparentes

nos pressupostos e consequências diferenciadas, provocadas pelo discurso e pela prática daqueles que passar a apreciar as novas maneiras de ensinar e aprender, de forma que as negativas sempre surgem pelas resistências naturais às mudanças e também por aqueles que, apressados, fazem suas pequenas adaptações (no caso, o docente) em suas práticas tradicionais (Berbel, 1998).

Pensando o ensino baseado em problemas, para a área da Educação Física, as possibilidades surgem em amplas proporções. Na formação do próprio educador físico, o conceito de práxis é recorrente, onde a todo o momento somos desafiados a termos o conjunto das nossas atividades desempenhadas atreladas a produção novas formas de conhecimento. Cajal (1979), por exemplo, afirma que “as principais fontes de conhecimento seriam a observação, a experimentação e o raciocínio indutivo e dedutivo”. A observação é essencial, mas por si só, e desacompanhada de outros fatores, tão ou mais essenciais, seria incapaz de desencadear o processo de produção de conhecimentos. Na proposta do ensino baseado em situações problemas, o aluno deve se sentir amparado. Portanto, há a necessidade que a observação do processo de resolução de problemas seja controlada, sofra intervenções – preferencialmente indiretas – e que o resultado final, que seria a compreensão da situação problema proposta, tenha capacitado o aluno para novos desafios.

A situação problema lançada para alunos da disciplina “Bioquímica Aplicada à Atividade Física e Esporte” foi o primeiro estudo introdutório do módulo sobre Metabolismo Anaeróbio e Aeróbio. A situação era o desenvolvimento de dois testes de performance: corrida de 400 metros rasos em pista e a realização do teste de corrida de 12 minutos. Houve realização dos testes práticos e coleta de lactato sanguíneo durante os procedimentos. O problema era classificar os eventos quanto ao tipo metabólico requerido, porém relatando as diferenças bioquímicas distintas das situações. Como disse, era um estudo introdutório e a “facilidade” aparente trouxe um certo alívio aos alunos em um primeiro momento. Mas sabia que dificuldades surgiriam e que, nesta hora, torna-se importante o papel do professor interventor – aquele que faz parte da equipe que necessita resolver o problema – e não do tradicionalista

que indica livro, capítulo e página para a resposta (que ficará sem resolução, para muitos, nos “escaninhos” da memória).

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram do estudo 12 voluntários (homens n=6; mulheres n=6), com condições de saúde relatadas como excelentes e dotados com excelente estado de treinamento físico. Características do grupo masculino: $19,8 \pm 3,9$ anos, $72,7 \pm 4,9$ de massa corporal (Kg) e estatura de $1,78 \pm 7,4$ metro; grupo feminino: $20,5 \pm 2,9$ anos, $58,7 \pm 4,9$ de massa corporal (Kg) e estatura de $1,66 \pm 4,4$ metro. Todos os voluntários assinaram um termo livre e esclarecido sobre as implicações da aula, de acordo com o comitê de ética da instituição – METROCAMP.

Corrida de 400 metros rasos

Os voluntários eram estimulados, a cada 100 metros da pista, a desenvolver máxima velocidade de corrida. Deviam parar o teste aquele que, por quaisquer circunstâncias, sentisse necessidade. A frequência cardíaca (FC) foi aferida imediatamente antes do teste (os voluntários ficaram sentados por 15 minutos antes da realização do exercício – repouso: RP) e imediatamente após o teste (IA).

Teste de corrida de 12 minutos

Os voluntários foram estimulados a caminhar 12 minutos a maior distância possível. Não era permitido correr, mas sim desenvolvê-la na sua maior intensidade de caminhada. O objetivo não era calcular índices de consumo máximo de oxigênio.

Coleta de Lactato Sanguíneo

Antes e após os procedimentos de corrida, níveis de pressão arterial, frequência cardíaca (aparelho POLAR® S820) e concentração sanguínea de lactato (aparelho ACCUTREND® Lactato) foram coletados. A medição da pressão arterial não constou como resultado, mas apenas como um controle de avaliação da integridade física do sujeito. A coleta de lactato ocorreu por intermédio de

punção no dedo indicador e captação do sangue total por capilar ($32\mu\text{L}$). As análises de lactato ocorreram em repouso (RP), imediatamente após o esforço (IA), 30 minutos após o esforço (T30min) e 1 hora após o esforço (T1h) para ambos os protocolos. O objetivo era realizar uma cinética de acúmulo e remoção da concentração do lactato, para posteriores investigações.

Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram feitas através do programa GraphPad InStat® (San Diego, CA). Utilizamos o teste ANOVA para amostras pareadas e, como pós-teste, foi adotado o teste de Tukey. Valores de $P < 0.05$ foram considerados significativos.

RESULTADOS

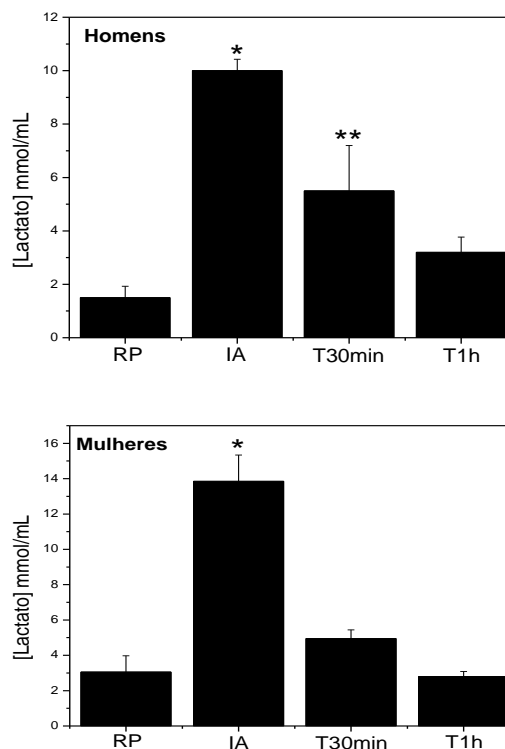


Figura 1. Valores da concentração sanguínea de lactato (mmol/mL) e tempo de remoção após 30 minutos (T30min) e 1 hora (T1h) em voluntários homens e mulheres obtidos por execução de corrida de 400 metros rasos. Homens: * <0.001 aos grupos RP e T1h; ** <0.01 em relação ao grupo RP. Mulheres: * $p < 0.001$ em relação aos grupos RP, T30min e T1h.

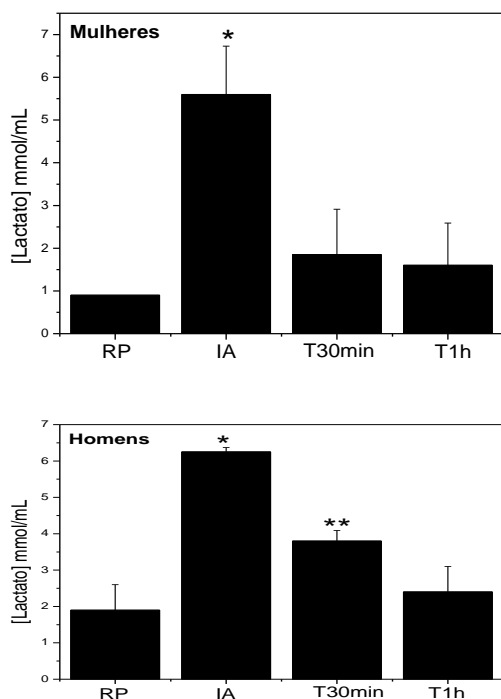


Figura 2. Valores da concentração sanguínea de lactato (mmol/mL) e tempo de remoção após 30 minutos (T30min) e 1 hora (T1h) em voluntários homens e mulheres obtidos por execução de corrida de 12 minutos. Homens: * $p < 0.001$ aos grupos RP e T1h; * $p < 0.01$ em relação ao grupo RP. Mulheres: * $p < 0.001$ em relação ao grupo RP; ** $p < 0.05$ em relação aos grupos RP, IA e T1h.

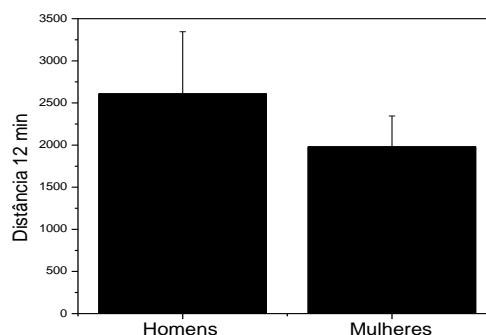
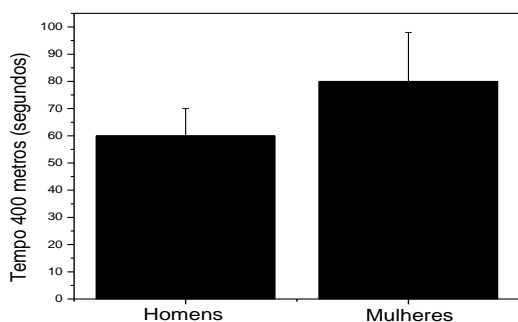


Figura 3. Tempos obtidos pelos voluntários homens e mulheres, em segundos, após corrida de 400 metros rasos. Distâncias obtidas pelos voluntários homens e mulheres, em metros, após corrida de doze minutos. Dados para efeito de comparação, sem perspectiva de análise estatística.

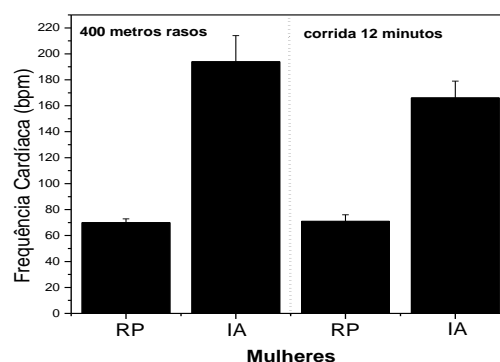
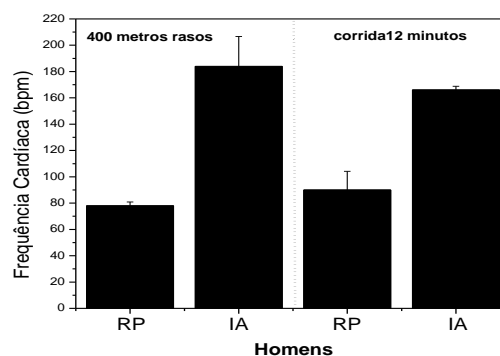


Figura 4. Valores de frequência cardíaca obtidos nos voluntários homens e mulheres, nas corridas de 400 metros rasos e teste de 12 minutos, em situação de repouso (RP), IA (imediatamente após o exercício). Os valores apresentaram significância de $p < 0.001$ considerando dados para homens e mulheres nas duas condições de testes.

DISCUSSÃO

Após a coleta dos dados, os alunos, receberam as seguintes instruções para compreensão da análise dos experimentos: organizar os dados em planilhas (ficava a critério de cada grupo formado – não mais que 4 integrantes – estruturar suas próprias planilhas). Afinal de contas, o grupo necessitava chegar num consenso sobre os resultados de forma independente, porém com o olhar “lançado” do docente; formular questões e hipóteses que explicavam os resultados obtidos; explicar, sob o conhecimento da bioquímica básica, os mecanismos empregados na geração de ATP.

Como já era esperado pelo docente, as concentrações mais elevadas de lactato ocorreram durante a corrida de 400 metros rasos (Figura 1). A maioria dos grupos já havia lançado essa hipótese, pois já tinham um conhecimento prévio daquele acadêmico de que o lactato indicava fadiga muscular e também “dor muscular no dia seguinte”. Coube ao docente anotar essa primeira hipótese: a relação entre lactato x fadiga muscular x dor muscular tardia. Como essa foi a primeira questão surgida, o recomendado foi que os grupos buscassem respaldos, seja quaisquer as fontes, sobre a hipótese. Vale ressaltar que eles já haviam passado por um módulo curto introdutório sobre metabolismo, mas que, a grande diferença que busquei para esse procedimento pedagógico, foi deixá-los despidos de argumentos facilitadores. Portanto, como o provedor do processo, solicitei que retomassem o conhecimento básico e vissem a função ou formas de manifestação das seguintes estruturas: coenzimas, microlesões celulares e formação do piruvato. Neste momento, tudo poderia ser perdido, pois foi incorporado ao montante das atividades já desenvolvidas outros conceitos e temas, os quais eles acharam, nesse instante, sem relação prévia com tudo o que já vinha sendo estudado.

Mas é surpreendente quando o conhecimento teórico é vivenciado na prática. Sobre a questão da formação do piruvato e da função das coenzimas, poucos grupos, é verdade, chegaram a um consenso sobre a origem elevada de lactato no sangue (até porque eles ficaram inquietos em estudar no sangue um produto que é formado na célula muscular, principalmente. Novamente surgem

as inquietações: quem foi o transportador do lactato para o sangue?).

Quando os grupos levaram as primeiras hipóteses (lactato x fadiga muscular x dor muscular tardia) para discussão em seminário, todos já estavam embasados sobre fatores precursores de piruvato, lactato e origem de dor muscular (na disciplina de Biologia Geral, foi dado grande enfoque às contrações excêntricas e eventos pós-inflamatórios) (Antunes Neto e Colaboradores, 2011a; Antunes Neto e Colaboradores, 2011b).

Partimos, então, para as discussões: qual o papel das coenzimas para a formação do lactato? O importante aqui era que eles percebessem que só tem formação de lactato se houver produção elevada de piruvato; e para tal, as coenzimas participam ativamente como aceptoras dos elétrons desvinculados da glicose. Mas o ponto que seria o diferencial para compreensão da temática foi o questionamento da formação de lactato mesmo durante o teste de corrida de 12 minutos (Figura 2), já que era considerado um evento aeróbio. Eles tinham o pressuposto que o lactato era indicativo de esforço anaeróbio.

Surge então a parte que mais era esperada: os alunos conseguiram perceber que o metabolismo é um processo integrado e que a formação de lactato não tem relação tão direta com o tipo metabólico – exercício anaeróbio – mas sim com a intensidade do esforço. Com isso, já avançaram para a discussão de que há um componente anaeróbio também no esforço do teste de corrida de 12 minutos, pois necessita-se de “energia adicional” em determinadas etapas do teste. Portanto, concluíram, para esta etapa, que o lactato é um metabólito final dos eventos ditos glicolíticos anaeróbios. O produto final pode ser tanto o lactato (se a demanda de esforço e intensidade geradora de ATP forem elevadas) ou o piruvato, o que manterá um rendimento mitocondrial estável e aeróbio. A função das coenzimas (NAD⁺), no citossol, é colaborar com o processo de “desmontagem” da glicose, transportando ou aceptando os íons H⁺ até a mitocôndria. Tal como uma bomba, a mitocôndria, abastecida pelos elétrons transportados até ela e retirados por ela, conseguirá, no final da etapa da cadeia de transporte de elétrons gerar a quantidade de ATPs necessária para a nossa sobrevivência (Marzocco, Torres, 2009; Houston, 1995).

Mas quando a exigência é intensa, tal como nos testes (Figura 4)? Os alunos perceberam que há uma única saída (tal como tudo na vida, segundo um deles): acelera aí! Mas o outro grupo retrucou dizendo que a quantidade de coenzimas é limitada e que o acúmulo dos H^+ levaria a uma acidose celular e consequente aumento na formação de lactato. Por isso a estratégia de divisão de grupos – e surgimento de idéias novas o tempo todo – é motivador. Um terceiro grupo, que se informou sobre remoção de lactato, apresentou o mecanismo desta remoção por meio das proteínas transportadoras de monocarboxilato (TMC) (Garcia e Colaboradores, 1995; Jackson e Colaboradores, 1994, 1995; Roth, Brooks, 1990, Bonen, 2000). Mostraram que é uma classe de proteínas especializadas em restabelecer o pH celular e, para isso, necessita transportar o excesso de lactato para o sangue, o qual pode chegar a uma via chamada gliconeogênese e se metabolizar novamente em glicose (já que o piruvato é um “primo-irmão” do piruvato e glicose). Pronto: as metas começaram a ser atingidas, pois viram que há toda uma estratégia metabólica, interligada entre vias anaeróbias e aeróbias, para manutenção da homeostasia celular.

Quanto ao H^+ acumulado, eles logo perceberam que, quando houvesse redução de lactato celular e atividade normalizada das coenzimas, os níveis deste íon voltariam ao normal. O tempo de remoção de todos os metabólitos foi mostrado nas dosagens feitas, T30min e T1h. Uma discussão que surgiu foi que o excesso de H^+ poderia funcionar como elemento inibitório para transmissão de impulso nervoso, inibição de enzimas glicolíticas e até mesmo capturação de cálcio intracelular. O mecanismo de fadiga estaria relacionado a tais eventos (Lee e Colaboradores, 2002; Miles, Clarkson, 1994).

Sobre a dor muscular tardia, retomamos os estudos das microlesões celulares, As microlesões acometidas pelo estresse mecânico causam liberação de enzimas sarcoplasmáticas na circulação, sendo as principais encontradas a creatina quinase, lactato desidrogenase, aspartato aminotransferase e mioglobina (Dolezal e Colaboradores, 2000), o que sugere refletir uma significativa mudança na estrutura e permeabilidade do sarcolema. Por isso, dosagens plasmáticas dessas proteínas, em

especial a creatina quinase, são utilizadas como biomarcadores de alteração muscular (Hayward e Colaboradores, 1999). As rupturas nas fibras musculares levam a formação de fragmentações protéicas que, em um período de 24 a 72 horas, atingem um pico de acúmulo no interstício celular e promovem a sensação da DMT (Rowlands e Colaboradores, 2001). A sensação de dor é causada pela pressão do acúmulo das fragmentações ativando as terminações nervosas livres nos músculos (Pyne, 1994), estas que são responsáveis pelas captações de alterações dos compartimentos químicos celulares e da pressão, que produzem a sensação de dor, sensibilidade à temperatura (calor), propriocepção e tato grosseiro (Antunes Neto e Colaboradores, 2011a).

CONCLUSÃO

Concluindo, para se chegar nesta fase de conclusões de hipótese, posso dizer que não é um processo tranquilo. A inquietação pelo conhecimento, por parte do aluno, ainda mais quando se tratam de vários grupos inquietos, pode trazer dificuldades operacionais deste processo baseado em situações problemas. Seria importante, o docente formar uma equipe de monitores, que pudessem ganhar a confiança do grupo e tê-los como referências. Um aluno que se torna referência de outro é algo maravilhoso dentro do magistério. O docente que se torna referência dos seus alunos pode considerar-se preparado para a sua prática. Mas nunca conhecedor de tudo. O tudo é subjetivo... o conhecimento é história.

REFERÊNCIAS

- 1- Antunes Neto, J. M. F.; Vilarta, R. Fadiga muscular e exercício excêntrico: revisão dos eventos moleculares. *Lecturas, Educación Física y Deportes*, Num. 156. 2011a.
- 2- Antunes Neto, J.M.F.; Vilarta, R. Contração muscular excêntrica: processos indutores de microlesão celular e síntese de proteínas miofibrilares. *Lecturas, Educación Física y Deportes*, Num. 15. 2011b.
- 3- Berbel, N.A.N. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos.

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

Interface- Comunicação, Saúde, Educação.
Vol. 02. Num. 02. 1998. p. 1-16.

4- Bonen, A. Lactate transporters (MCT proteins) in heart and skeletal muscles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Num. 32. 2000. p. 778-789.

5- Cajal, S.R.: Regras e Conselhos sobre a Investigação Científica, T.A. Queiroz Ed. Ltda, São Paulo, 1979 (tradução).

6- Dolezal, B.A.; Potteiger, J.A.; Jacobsen, D.J.; Benedict, S.H. Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. Num. 32. 2000. p. 1202-1207.

7- Garcia, C.K.; Brown, M.S.; Pathak, R.K.; Goldstein, J.L. cDNA Cloning of MCT2, a second monocarboxylate transporter expressed in different cells than MCT1. *Journal of Biology and Chemistry*. Num. 270. 1995. p. 1853-1849.

8- Hayward, R.; Ferrington, D. A.; Kochanowski, L. A.; Miller, L. M.; Jaworsky, G. M.; Schineider, C. M. Effects of dietary protein on enzyme activity following exercise-induced muscle injury. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. Num. 31. 1999. p. 414-420, 1999.

9- Houston, M.E. *Biochemistry Primer for Exercise Science*. Champaign: Human Kinetics, 1995.

10- Jackson, V.N.; Price, N.T.; Halestrap, A.P. cDNA cloning of MCT1, a monocarboxylate transporter from rat skeletal muscle. *Biochemistry and Biophysics, Acta*. Num. 1238. 1995. p. 193-196.

11- Jackson, C.K.; Li, X.; Luna, J.; Francke, U. cDNA cloning of the human monocarboxylate transporter 1 and chromosomal localization of the SLC16A1 locus to 1p13.2-p12. *Genomics*. Num. 23. 1994. p. 500-503.

12- Lee, J.; Goldfarb, A.H.; Rescino, M.H.; Hegde, S.; Patrick, S.; Apperson, K. Eccentric exercise effect on blood oxidative-stress markers and delayed onset of muscle

soreness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Num. 34. 2002. p. 443- 448.

13- Marzzoco, A.; Torres, B.A. *Bioquímica Básica, segunda edição*, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

14- Miles, M.P.; Clarkson. P.M. Exercise-induced muscle pain, soreness, and cramps. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Num. 34. 1994. p. 203-216.

15- Pyne, D.B. Exercise-induced muscle damage and inflammation: a review. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 26, 49-58. 1994.

16- Roth, D.A.; Brooks, G.A. Lactate transport is mediated by a membrane-bound carrier in rat skeletal sarcolemmal vesicles. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. Num. 279. 1990. p. 377-385 .

17- Rowlands, A. V.; Eston, R. G.; Tilzey, C. Effect of stride length manipulation on symptoms of exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect. *Journal of Sports Science*. Num. 19. 2001. p. 333-340.

Recebido para publicação em 15/10/2011
Aceito em 20/12/2011