

## ANÁLISE DOS NÍVEIS DE CONCENTRAÇÃO DO LACTATO EM RELAÇÃO A FADIGA MUSCULAR: REVISÃO DE LITERATURA

**Thiago dos Santos Maciel<sup>1</sup>, Leonardo Alvim Hauck<sup>2</sup>, Luiz Carlos  
Giudice de Andrade<sup>3</sup>, Renata Amadei Nicolau<sup>4</sup>**

Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP),  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - IP&D  
Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – S. José dos Campos-S. P.  
Fone: +55 12 3947 1015, Fax: +55 12 3947 1015  
tsmtjf@gmail.com, leonardoalvim@msn.com, lcganet@hotmail.com, rani@univap.br

**Resumo-** A fadiga muscular é caracterizada pela diminuição da força muscular ao realizar algum tipo de atividade física. Durante a atividade intensa, ocorre acúmulo de metabólitos, como o ácido láctico, sendo acompanhado por uma queda de pH onde inicia-se o quadro de fadiga muscular. Já nos exercícios de baixa intensidade, o aporte de oxigênio é adequado para suprir as necessidades metabólicas. O objetivo desse estudo foi realizar uma revisão bibliográfica dos artigos publicados entre os anos de 2009 a 2011, foi analisado os tipos de amostras e as técnicas de coleta de sangue para verificar a concentração de lactato antes e após fadiga induzida por um esforço de alta intensidade. Dos trinta artigos analisados, 67% houve alterações nos níveis de lactato após exercício físico. Sendo assim podemos concluir através desta revisão bibliográfica que os níveis de lactato alteram após uma fadiga induzida.

### Introdução

A fadiga muscular é caracterizada pela diminuição da força muscular ao realizar algum tipo de atividade física, e devido a esse motivo ocorre frequentemente no esporte, onde há uma rotina exaustiva de treinos e exercícios físicos. A fadiga funciona como um mecanismo de defesa do nosso corpo, alertando que as reservas de energia estão escassas. O cansaço muscular ocorre devido às reações bioquímicas locais ao realizar algum tipo de tarefa com um grau intenso de esforço, ou devido à estimulação tetânica (SILVA et al., 2007; LOPES-MARTINS et al., 2006; PAULA, 2004; BERTUZZI et al., 2004; CLEBIS et al., 2001).

O lactato é uma substância produzida naturalmente pelo nosso corpo e funciona como um marcador bioquímico da fadiga muscular, em estado de repouso a concentração de lactato no sangue é de 1 a 2mmol/l. A principal fonte de produção do lactato é o glicogênio. Através da cascata bioquímica o glicogênio se quebra em piruvato ocorrendo à produção de energia anaeróbia, já quando o piruvato se quebra ainda mais com o auxílio do oxigênio e se produz ainda mais energia denomina-se energia aeróbia. Porém quando as células

perdem a capacidade de gerar energia, o piruvato se quebra e se transforma em lactato (GUYTON,2000).

No estado de repouso a concentração de lactato muscular está reduzida, porém ao ser realizado um exercício físico de alta intensidade a demanda de ácido láctico aumenta significativamente. (SPRIET et al,2000). Com a fadiga muscular já instalada, os níveis de ácido láctico e hidrogênio nas células musculares e sanguíneas são aumentadas, ocorrendo uma redução no pH . O acúmulo de lactato pode está associado à baixa quantidade de oxigênio na musculatura. (GRASSI et al,1999) O ácido láctico provoca a inibição dos canais de cálcio, que contribuem para o surgimento da fadiga muscular. (FAVERO et al 1997)

Caso o indivíduo consiga reduzir a produção de lactato ou diminua o tempo necessário para eliminação do lactato, conseqüentemente ele reduz a produção dos íons de hidrogênio que causa a redução do pH. Quando se trata de um atleta bem condicionado fisicamente o corpo reduz os níveis de lactato nas musculaturas recrutadas durante o esforço físico (BROOKS et al, 2000)

A mensuração dos níveis de lactato como marcador bioquímico da fadiga muscular é frequente e é utilizado paralelamente com outros recursos para evidenciar a fadiga, tais como: eletromiografia e isocinético.

Sendo assim o objetivo desse estudo é realizar uma revisão bibliográfica dos artigos publicados recentemente, analisando os tipos de amostras e as técnicas de coleta de sangue para analisar a concentração de lactato antes a após fadiga induzida por um esforço de alta intensidade.

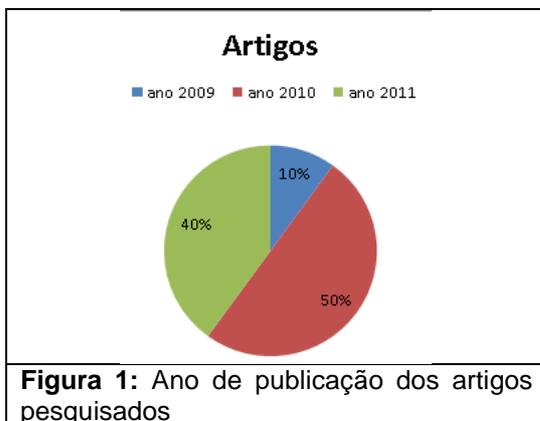
### Metodologia

O protocolo de revisão bibliográfica realizado nesse estudo envolveu as bases de dados: Bireme, Pubmed, medline, ISI web of Science, PEDRO, Sciencedirect entre os anos de 2009 a 2011. Como critérios de inclusão dos artigos citados encontrados foram utilizadas as palavras chaves: lactate, muscle fatigue. Trabalhos cuja metodologia não foi realizada de forma clara foram excluídos do grupo de artigos.

### Resultados

Os resultados abaixo representam o levantamento de trinta artigos pesquisados na revisão de literatura entre os anos de 2009 a 2011 sobre a relação dos níveis de lactato sanguíneo com a fadiga muscular.

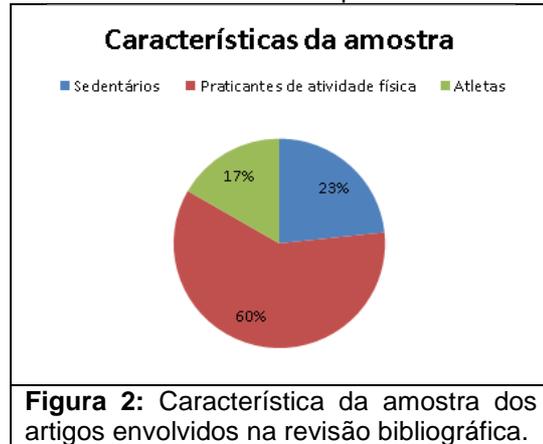
Na figura 1, podemos observar que 50% dos artigos pesquisados foram publicados no ano de 2010, 40% no ano de 2011 e 10% no ano de 2009.



**Figura 1:** Ano de publicação dos artigos pesquisados

A figura 2 representa a característica das amostras dos artigos selecionados na pesquisa bibliográfica, no qual 60% eram

praticantes de atividades físicas, 23% sedentários e 17% atletas profissionais.



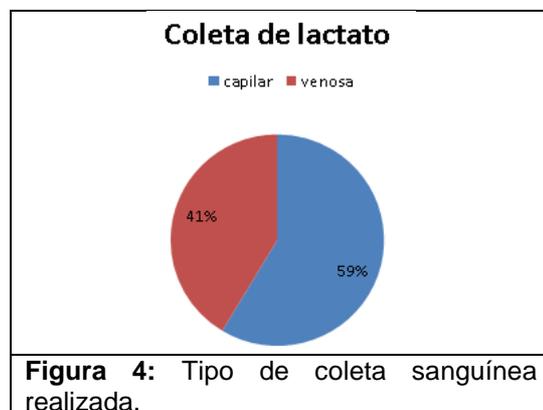
**Figura 2:** Característica da amostra dos artigos envolvidos na revisão bibliográfica.

Na figura 3, é possível observar o tipo de trabalho realizado para induzir a fadiga muscular, onde 30% foram por meio da prática esportiva, 24% utilizando uma bicicleta, e outros 23% na corrida em esteira e exercícios de alta intensidade, envolvendo uma musculatura específica.



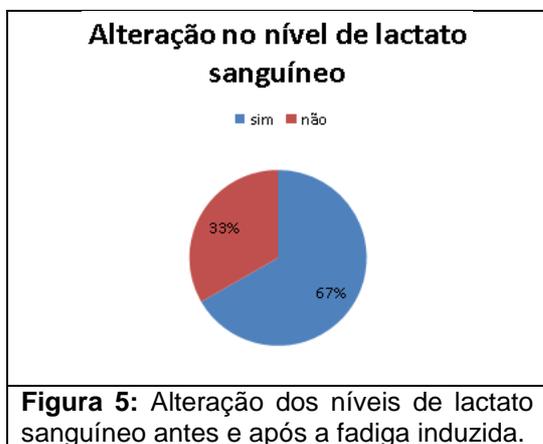
**Figura 3:** Exercícios para indução da fadiga muscular.

A figura 4 representa o tipo de coleta sanguínea que foi realizada, sendo 59% venosa e 41% capilar.



**Figura 4:** Tipo de coleta sanguínea realizada.

A figura 5 representa os resultados quanto às alterações nos níveis de lactato sanguíneo, onde pode ser observado que em 67% dos artigos pesquisados houve modificações significativas e 33% não teve alterações.



**Tabela 1:** Levantamento dos artigos envolvendo a fadiga muscular e a concentração de lactato sanguíneo entre os anos de 2009 e 2011

Faixa Etária	Amostra	Local de coleta	TEMPO PRE/POS	Alteração dos níveis de lactato	Tipo de exercício	FONTE
41 + 3	sedentários	Veia anticubital	Pré (Imediatamente) / Pós (Imediatamente) e 1 hora a Pós	Sim	Bicicleta ergométrica	Nakajima et al 2010
29,9 ± 6,3	Praticante de atividades físicas	Dedo (capilar)	Pré (Imediatamente) / Pós (3 min)	Sim	Esteira (corrida)	Oliveira et al 2010
19 ± 3,9	Atletas	Capilar	Pré (2 min) / Pós (3min)	Não	Prática esportiva (natação)	Parouty et al 2010
18 a 35	sedentários	Orelha (capilar)	Pré (30min) / Pós (1, 3 e 5 min)	Não	corrida	Pelicer et al 2011
18 a 34	sedentários	Veia anticubital	Pré (Imediatamente) / Pós (imediatamente) durante (10 min) / Pós (imediatamente)	Não	Bicicleta	Rasmussen et al 2010
15+ 1	Atletas	Capilar	Durante jogo (15,30,45,60,75 e 90 min)	Sim	Prática esportiva (futebol)	Russell et al 2011
34 + 9	atletas	Veia (anticubita)	Pós (3 min)	Sim	Prática esportiva (ciclismo)	Schlader et al 2011
	atletas	Veia anticubital	Pré (imediatamente) / Pós (15, 25 min)	Sim	Exercício de alta intensidade (anaeróbio)	Seo et al 2011
25+ 3	atletas	Orelha (capilar)	Pré (imediatamente) / Pós (imediatamente, 1, 4, 7, 10 e 15 min)	Não	Bicicleta ergométrica	Sperlich et al 2010
22+ 2,9	atletas	Orelha (capilar)	Pré (imediatamente) / Pós (3 e 5 min)	Sim	Prática esportiva (natação)	Strin et al 2011
21 +2	atletas	Veia anticubital	Pré (imediatamente) / Pós (imediatamente)	Sim	Prática esportiva (tênis)	Wu et al 2010
25,9 + 4,8	sedentários	Veia anticubital	Pré (imediatamente) / Pós (imediatamente, 1, e 15 min)	Sim	Exercício de alta intensidade (Rosca bíceps)	Yasuda et al 2010
24+ 3	Praticante de atividades físicas	Dedo (capilar)	Pré (imediatamente) / Pós (5 min)	Sim	Exercício de alta intensidade (Flexão/extensão de joelho)	Zafeindis, 2010
23,3+ 1	Atletas	Dedo (capilar)	durante	Não	Corrida	Chmura & Nazar, 2010
21 a 38	Atletas	Veia anticubital	Pré (5 min) / durante / Pós (a cada 5min)	Não	Bicicleta	Tenan et al 2011

**Tabela 2:** Levantamento dos artigos envolvendo a fadiga muscular e a concentração de lactato sanguíneo entre os anos de 2009 e 2011. (Continuação)

10 à 27	Praticante de atividades físicas	Dedo (capilar)	Pré (imediatamente) / Pós (3 min)	Sim	Exercício de alta intensidade (Flexão/ Extensão de joelho)	Dipla, 2009
24,9 + 4,7	Praticante de atividades físicas	Dedo (capilar)	Pré (imediatamente) / Pós (21 dias)	Sim	Comida	Jordan, 2010
31,2+ 5,5	Sedentários	Dedo (capilar)	Pré (30 min) / durante / Pós (imediatamente 15, 30, 60 min)	Sim	Exercício de alta intensidade (Extensão de joelho)	Adayel et al, 2010
22,1+ 1,3	Atletas de elite	Veia anticubital	Pré (1 semana) / Pós (1ª a 5ª semana)	Sim	Prática esportiva (Luta Greco-romana)	Barbas et al, 2011
<26 anos	Atletas de elite	Veia anticubital	Pré (imediatamente) / Pós (imediatamente)	Não	comida	Koehler, 2011
24+ 0,7	Praticante de atividades físicas	Dedo (capilar)	Pré (imediatamente) / Pós (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180min)	Sim	Bicicleta	Goto et al 2011
19,3+ 0,3	Atletas de elite	Orelha (capilar)	Pré (imediatamente) / Pós (imediatamente)	Sim	Prática esportiva (futebol)	Mohr et al 2010.
26,5 + 5,6	Atletas	Dedo (capilar)	Pré (imediatamente) / Pós (imediatamente)	Não	Prática esportiva (Vôlei)	Edwards et al 2009
17 à 25	Atletas	Veia anticubital	Pré (imediatamente) / Pós (3, 10, 20 min)	Sim	Bicicleta	Junior et al 2011
30 à 48	sedentários	Veia anticubital	Pré (imediatamente) / Pós (imediatamente)	Sim	Comida	Aptekmann & Cesar 2010
26 + 5,2	atletas		Pré (imediatamente) / Pós (30, 60 e 90 min)	Sim	Prática esportiva (futebol)	Gardiner et al 2011
14,5 + 1,5	Atletas	Dedo (capilar)	Pré (imediatamente) / Pós (imediatamente e 15 min)	Não	Exercício de alta intensidade (Saltos laterais)	Oliveira & Ribeiro, 2010
16 + 1	Atletas	Dedo (capilar)	Pré (imediatamente) / Pós (3, 15 e 25 min)	Não	Bicicleta	Baroni et al 2010
21,5 + 4,6	Atletas	Veia anticubital	Pré (imediatamente) / Pós (1 hora e 24 hrs)	Sim	Exercício de alta intensidade (Extensão de joelho)	Poumot et al. 2011
24 + 4,5	Sedentários	capilar	Pós (imediatamente)	Sim	Comida	Baron et al 2009

As tabelas 1 e 2 mostram o perfil dos artigos pesquisados tendo como parâmetros: a idade, o tipo de amostra, o local onde foi coletado o sangue, o tempo de coleta sanguínea pré/pós a indução da fadiga, o tipo de exercício envolvido na indução da fadiga, as alterações quanto ao nível de lactato, e suas respectivas fontes bibliográficas.

### Discussão

O presente estudo avaliou os níveis de concentração de lactato em relação à fadiga muscular. Como principais resultados, foi possível observar que grande parte dos estudos analisados obtiveram alguma alteração nesses níveis. Essa variação ocorre porque durante alguma atividade física intensa, há o acúmulo de metabólitos, como o ácido láctico, sendo acompanhado por uma queda de pH tecidual (GLADDEN, 2000).

Durante o repouso, as concentrações de lactato sanguíneos estão reduzidas. Já nos exercícios de baixa intensidade, o aporte de oxigênio é adequado para suprir as necessidades metabólicas (SPRIET et al., 2000). Depois de instalado o quadro de fadiga muscular, observa-se o aumento dos níveis de ácido láctico e íons de hidrogênio nas células musculares e sanguíneas, ocorrendo uma diminuição no pH (GRASSI et al., 1999). O ácido láctico provoca inibição nos canais de cálcio, que contribui para o surgimento da fadiga muscular (FAVERO et al., 1997).

Entretanto, sugere-se que, ao passo que uma técnica de recuperação aumenta a remoção deste subproduto da glicólise, aumenta também a remoção de outras substâncias decorrentes do processo. Logo, quanto maior a taxa de remoção destas substâncias pela circulação sanguínea, mais rapidamente o músculo retorna ao seu estado basal, o que

teoricamente o torna mais apto para realizar uma nova atividade com máximo desempenho.

No estudo, pode-se observar que 59% das coletas de sangue foram por via capilar e 41% por via venosa. As diferentes técnicas de monitoramento sanguíneo podem ser classificadas em laboratorial (via venosa) ou portáteis (via capilar). A primeira opção é mais confiável, entretanto, por gerar maiores custos, seu uso fica restrito aos laboratórios de análises clínicas e hospitais (PICA et al., 2003). Outra desvantagem observada é a necessidade de maiores volumes de sangue (três mililitros) para realizar o teste (GROSS et al., 2002). Com o intuito de facilitar a realização do teste, existem monitores portáteis de lactato oferecem uma série de benefícios em relação aos analisadores laboratoriais. Eles são pequenos, portáteis, fáceis de manusear e requerem o uso de uma pequena quantidade de sangue (FOSTER et al., 1999; COHN et al., 2000; WESS e REUSCH 2000ab). Outras vantagens são a velocidade com que os resultados são obtidos e o fato do teste ser menos oneroso (WESS; REUSCH, 2000ab; PICA et al., 2003).

Grande parte das coletas foram realizadas antes e após a indução da fadiga, sendo que em grande parte dos estudos, após a realização do exercício foram tomadas outras medições, onde supostamente a concentração de lactato diminuiria, o que em grande parte dos experimentos não ocorreu.

## Conclusão

A resposta do lactato sanguíneo ao exercício tem sido utilizada para identificar parâmetros de aptidão aeróbia, como o limiar de lactato, o limiar anaeróbio individual, o lactato mínimo e a máxima fase estável de lactato. Esses parâmetros podem ser utilizados como referência para prescrição e controle de intensidades do treinamento físico e diferentes protocolos de avaliação têm sido utilizados. No entanto, a aplicabilidade e confiabilidade da análise do lactato sanguíneo é um método relativamente barato, de fácil manuseio e averiguação.

## Referências

- ALDAYEL A. et al. Comparison between alternating and pulsed current electrical muscle stimulation for muscle and systemic acute responses. **J. Appl Physiol** 109: 735–744, 2010.
- ALI A. et al. Fluid balance, thermoregulation and sprint and passing skill performance in female soccer players. **J Med Sci Sports**: 21: 437–445, 2011.
- APTEKMANN N. P; CESAR T. B. Orange juice improved lipid profile and blood lactate of overweight middle-aged women subjected to aerobic training. *Maturitas* 67, 343–347, 2010.
- BARBAS I. et al. Physiological and performance adaptations of elite Greco-Roman wrestlers during a one-day tournament. **Eur J Appl Physiol** 111:1421–1436, 2011.
- BARONI B. M. et al. Effect of immersion cryotherapy on blood lactate clearance after exercise. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 12(3):179-185, 2010.
- BERTUZZI R. C. M et al. Fadiga muscular aguda: uma breve revisão dos sistemas fisiológicos e suas possíveis relações motriz, Rio Claro, 10:1:45-54, 2004.
- BROOKS G. A et al. Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Application. 3. Ed. California: Mayfield Publishing Company, 2000.
- CHMURA J; NAZAR K. Parallel changes in the onset of blood lactate accumulation (OBLA) and threshold of psychomotor performance deterioration during incremental exercise after training in athletes. **International Journal of Psychophysiology** 75, 287–290, 2010.
- DIPLA K. et al. Fatigue resistance during high-intensity intermittent exercise from childhood to adulthood in males and females. *Eur J Appl Physiol*, 106:645–653, 2009.
- EDWARDS S. et al. Does a drop landing represent a whole skill landing and is this moderated by fatigue? **J Med Sci Sports**: 20: 516–523, 2010.
- FAVERO T. G et al. Lactate inhibits Ca<sup>2+</sup>-activated Ca<sup>2+</sup>-channel activity from skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. **J. Appl. Physiol.**, v.82, n.2, p.447-452, 1997.
- GRASSI B et al. Blood lactate accumulation and muscle deoxygenation during incremental exercise. **J. Appl. Physiol.**, v.87, p.348-355, 1999.
- GUYTON, A. C; HALL, J.E. Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças. 9ed. Rio de Janeiro; Guanabara Koogan, 2000.

- JORDAN T. et al. Effect of beta-alanine supplementation on the onset of blood lactate accumulation (OBLA) during treadmill running: Pre/post 2 treatment experimental design. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, 7:20 – 2010.
- KOEHLER K. et al. Iron status in elite young athletes: gender-dependent influences of diet and exercise. **Eur J Appl Physio**. DOI 10.1007/s00421-011-2002-4.
- KOTO K. et al. A single versus multiple bouts of moderate-intensity exercise for fat metabolism. **Clin Physiol Funct Imaging** - 31, pp215–220, 2011.
- LEAL JR, E. C. et al. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes—preliminary results. **Lasers Med Sci**, 26:493–501, 2011.
- LIMA E. S. et al. Suporte Ventilatório na Capacidade Funcional de Pacientes com Insuficiência Cardíaca: Estudo Piloto. **Arq Bras Cardiol**;96(3):227-232, 2011.
- LOPES-MARTINS, R. A. B. Et al. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. **Journal of Applied Physiology**, 101: 283–288, 2006.
- NAKAJIMA T. et al. Pentraxin3 and high-sensitive C-reactive protein are independent inflammatory markers released during high-intensity exercise. **J Appl Physiol**, 110:905–913, 2010.
- OLIVEIRA A. S. C. et al. Kineanthropometric and Physiological Relations During Incremental Treadmill Exercise. **Rev Bras Med Esporte** – Vol. 16, No 4 – Jul/Ago, 2010.
- OLIVEIRA P; RIBEIRO S. M. L. Effets of carbohydrate intake on indicators of fatigue in a group of adolescent futsal soccer players. **Brazilian Journal of Sports and Exercise Research**, 1(1): 64-68, 2010.
- PAROUTY J. et al. Effect of cold water immersion on 100-m sprint performance in well-trained swimmers. **J Appl Physiol**: 109:483–490, 2010.
- PAULA A. H. A fadiga no esporte; Revista digital, 10:70,2004
- PELICER F. R. et al. Influence of Neuromuscular Fatigue and Metabolic Acidosis on the 400-Meter Race. **Rev Bras Med Esporte** – Vol. 17, No 2 – Mar/Abr, 2011.
- POURNOT H. et al. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise. **J Appl Physiol**, 111:1287–1295, 2011.
- RASMUSSEN P. et al. Effects of erythropoietin administration on cerebral metabolism and exercise capacity in men. **J Appl Physiol** 109: 476–483, 2010.
- RUSSELL M. et al. An Exercise Protocol that Replicates Soccer Match-Play. **J Sports Med**; 32: 511 – 518, 2011.
- SCHLADER Z. J. et al. Exercise modality modulates body temperature regulation during exercise in uncompensable heat stress. **J Appl Physiol**, 111:757–766, 2011.
- SEO B. et al. The Effect of Electrical Stimulation on Blood Lactate after Anaerobic Muscle Fatigue Induced in Taekwondo Athletes. **J. Phys. Ther. Sci.** Vol. 23, No. 2, 2011.
- SILVA S. R. D; GONÇALVES M. Comparação de Protocolos para Verificação da Fadiga Muscular pela Eletromiografia de Superfície. **Laboratório de Biodinâmica da UNESP, Rio Claro SP Motriz**, Rio Claro, 13:3:225-235,2007.
- SPERLICH B. et al. Pre-exposure to hyperoxic air does not enhance power output during subsequent sprint cycling. **J Appl Physiol**, 110:301–305, 2010.
- SPRIET I.I et al. An enzymatic approach to lactate production in human skeletal muscle during exercise. **Med Sci Sport Exerc.**, p.756-763, 2000.
- STIRN I. et al. Evaluation of muscle fatigue during 100-m front crawl. **J Appl Physiol**, 111:101–113, 2011.
- TENAN M. S. et al. The relationship between blood potassium, blood lactate, and electromyography signals related to fatigue in a progressive cycling exercise test. / **Journal of Electromyography and Kinesiology** 21, 25–32, 2011.
- WU C. L. et al. Sodium bicarbonate supplementation prevents skilled tennis performance decline after a simulated match. **Journal of the International Society of Sports Nutrition** - 7:33, 2010.
- YASUDA T. et al. Venous blood gas and metabolite response to low-intensity muscle contractions with external limb compression. **Metabolism Clinical and Experimental** 59, 1510–1519, 2010.
- ZAFEIRIDIS A. et al. Muscle fatigue during intermittent exercise in individuals with mental retardation. **Research in Developmental Disabilities** 31, 388–396, 2010.