

## PREVENÇÃO DA FADIGA EM ATLETAS DE ALTA PERFORMANCE: REVISÃO DE LITERATURA

**Luiz Carlos Giudice de Andrade<sup>1</sup>, Leonardo Alvim Hauck<sup>2</sup>, Thiago dos Santos Maciel<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  
lcganet@hotmail.com, leonardoalvim@msn.com, tsmtjf@gmail.com, rani@univap.br

**Resumo-** Nos últimos anos, mediante os constantes avanços da tecnologia científica, equipamentos e métodos sofisticados para análise de dados são cada vez mais acessíveis aos pesquisadores. Estes permitem, por exemplo, análise do potencial de ação muscular captados na superfície da epiderme mediante a utilização de eletrodos, procedimento denominado de eletromiografia (EMG). A fadiga muscular é tida na literatura científica como sendo um dos fatores centrais responsáveis pela redução da capacidade funcional do sistema neuromuscular de gerar força tanto em atletas como em indivíduos comuns. A prevenção deste evento em atletas pode ser obtida por condicionamento físico gradual, complementação alimentar, eletroterapia, laserterapia e LED terapia. O presente artigo trata-se de uma revisão bibliográfica que aborda a questão da prevenção e combate à fadiga muscular em atletas de alta performance através da utilização da fototerapia a laser de baixa intensidade.

**Palavras-chave:** Fototerapia, Fadiga, Laser de Baixa potência.

**Área do Conhecimento:** Ciências Biológicas

### Introdução

O estudo do corpo humano e o interesse do homem pelo entendimento de como se desenvolve a execução dos movimentos voluntários, a relação do comando do sistema nervoso central e a tarefa de coordenar a contração em diferentes grupamentos musculares tem sido objeto de estudo em inúmeras pesquisas científicas. A compreensão de como este processo se desenvolve e desencadeia, desde a transmissão do estímulo, a contração de diferentes segmentos musculares, transmitindo a força necessária para ossos e articulações resultando na contração muscular, isto é, na produção do movimento desejado, possibilitando que avanços ocorram na ciência do treinamento desportivo (MCARDLE, 2002). Nos últimos anos, mediante os constantes avanços da tecnologia científica, equipamentos e métodos sofisticados para análise de dados são cada vez mais acessíveis aos pesquisadores. Estes permitem, por exemplo, análise do potencial de ação muscular captados na superfície da epiderme mediante a utilização de eletrodos, procedimento denominado de eletromiografia (EMG) (PIZZATO, 2007).

A EMG de superfície vem se constituindo, atualmente, como um dos sistemas de aquisição de sinais mais utilizados em estudos na área da biomecânica, em procedimentos de investigação

científica, como também em diferentes áreas do conhecimento humano (BANDEIRA, 2009). Considerado como um método de análise e aquisição de sinais tecnicamente seguro, eficaz e ao mesmo tempo fácil de realizar a EMG, vem cada vez mais conquistando um grande número de adeptos no que tange o monitoramento da atividade elétrica proveniente dos músculos esqueléticos. Diversos estudos na área de fisiologia do esforço, principalmente fadiga, têm sido desenvolvidos com o emprego da EMG (MORAES, 2003).

É comum encontrar na bibliografia especializada, o conceito de fadiga muscular como sendo uma redução na capacidade funcional do sistema neuromuscular de gerar força, ao mesmo tempo considerado por vários autores como um fenômeno comum em esportes de resistência também presente no cotidiano na realização das tarefas diárias (KUMAR, 2006).

O início da atividade muscular voluntária envolve muitos processos que começam com o controle cortical no cérebro e terminam com a formação das pontes cruzadas dentro da fibra muscular. A fadiga muscular pode, portanto, ocorrer como resultado da falha de qualquer um dos processos envolvidos na contração muscular (FERNANDES, 2008). No voleibol a fadiga pode estar presente em várias situações de treinamento como corrida, agachamento, salto. A prevenção

deste evento em atletas pode ser obtida por condicionamento físico gradual, complementação alimentar, eletroterapia, laserterapia, LED terapia.

### Metodologia

Consistiu na busca bibliográfica em livros-texto, artigos científicos nacionais e internacionais, revistas, periódicos e sítios eletrônicos; utilizando como palavras-chave fototerapia, fadiga e laser de Baixa potência.

### Resultados

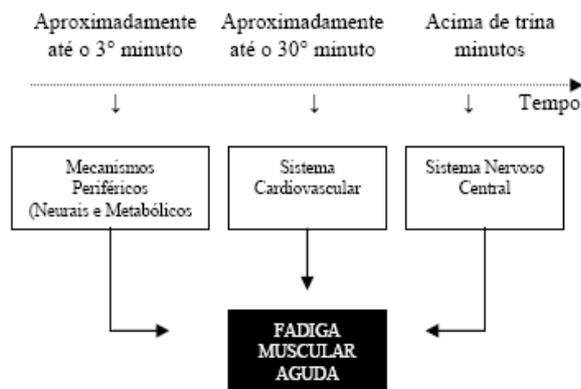
De acordo com estudos realizados por Kelencz et al. (2010) tem sido comprovada a eficiência da terapia laser de baixa intensidade quando aplicada em tecidos biológicos. Esta energia vital é capaz de interagir com a atividade biológica aumentando potencialmente o nível das respostas e reações bioquímicas celulares modulando de forma positiva o processo metabólico dos tecidos.

Para o autor, recentes pesquisas relatam a contribuição e os efeitos benéficos da terapia laser no processo de reabilitação, saúde e para a melhoria da atividade muscular em atletas de alta performance. O processo de instalação da fadiga ocorre muitas vezes durante o treino devido ao desgaste de uma determinada musculatura. Durante o treinamento a musculatura do atleta é levada a realizar esforços extremos e contrações prolongadas.

Devido a complexidade dos eventos que permeiam o processo de instalação da fadiga muscular, vários autores consideram que esta pode ter sua origem em diferentes sistemas fisiológicos envolvidos na ação muscular desde o sistema nervoso central até o maquinário contrátil. Esse fato nos leva à reflexão sobre as diversas possibilidades de interação entre os mecanismos que envolvem o tema em questão. Contudo, a maioria dos estudos apresenta apenas um possível evento fisiológico responsável pelo surgimento da fadiga muscular aguda, que pode ter a sua origem no sistema cardiorrespiratório, no aparato contrátil ou no sistema nervoso central, desprezando assim, as possíveis inter-relações existentes entre esses sistemas (BERTUZZI, 2004).

Para Kumar (2006) a fadiga afeta consideravelmente a reabilitação e ergonomia. Muitas abordagens inerentes a este fenômeno complexo, incluindo fisiológicas e psicológicas, têm sido utilizadas para obter medidas significativas da fadiga. No entanto, nenhum dos métodos descritos na literatura mede diretamente a fadiga. É, portanto de interesse a determinação

de quais dos métodos indiretos melhor representa a condição de fadiga. O autor preconiza, que o processo da fadiga muscular passa por três estágios sutis como apresentado na Figura 1.



**Figura 1** – Apresenta os o processo da fadiga muscular que passa por três estágios sutis **Fonte:** (KUMAR, 2006).

O primeiro estágio ocorre próximo do terceiro minuto da realização do esforço ou tarefa motora e envolvendo os mecanismos periféricos (neurais e metabólicos). Já o segundo estágio tem início aproximadamente até o trigésimo minuto da realização da atividade física e ativando o sistema cardiovascular. Acima de trinta minutos o sistema nervoso central é acionado.

Berne e Levy (2000) relatam que durante o exercício físico de longa duração e baixa intensidade refere-se à interação de alguns neurotransmissores cerebrais. Além dos neurotransmissores, parece que o metabolismo da amônia (NH<sub>3</sub>) também pode influenciar a fadiga central, por causar alterações tanto no metabolismo energético quanto nas funções neurológicas.

Denadai (1999) preconiza que a prescrição de atividade física seja ela treinamento ou reabilitação deve estar necessariamente embasado nas capacidades mecâno-fisiológicas inerentes a cada indivíduo.

Segundo o autor uma das formas amplamente utilizadas para avaliar o efeito do tipo de contração antes e após um determinado tipo de treinamento ou reabilitação, é através da análise de dados e índices. Dessa forma, o uso da eletromiografia (EMG) apresenta-se como a técnica ideal capaz de fornecer informações relevantes sobre o comportamento do músculo quando submetido ao procedimento de sobrecarga.

Para Vollestad (1997) a eletromiografia (EMG) de superfície é reconhecida por inúmeros pesquisadores como uma técnica fidedigna para avaliação da fadiga muscular por possibilitar uma ampla análise da amplitude do espectro de potencia do sinal dos músculos de superfície.

Para Nicolau (2005) a palavra laser tem seu significado na própria sigla que a denomina, isto é, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ou seja, Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação. A luz laser possui características intrínsecas que a difere das lâmpadas fluorescente e de filamento.

Diversos estudos têm sido desenvolvidos em neurociências buscando caracterizar os efeitos da luz coerente e não coerente sobre atividade neuromuscular. Mobilização iônica, aporte energético, recrutamento muscular, condução nervosa, entre outros eventos são amplamente estudados. Contudo, diversas lacunas ainda são observadas nesta área.

Na pele, a luz vermelha tem ação cicatrizante e antiinflamatória, enquanto a azul possui ação bactericida e de rejuvenescimento. A intensidade dos feixes de luz emitida pelos LEDs na pele é mais baixa que o LASER, já que suas células mantêm uma boa interação com a luz incoerente (RIGAU, 1996).

O LED de cor azul (470nm) apresenta forte ação bactericida, por meio de um processo denominado stress oxidativo - que é a ação do oxigênio removendo os elétrons das camadas externas das moléculas que formam a membrana citoplasmática da bactéria, enquanto que o LASER vermelho (660nm) tem ação antiinflamatória. A luz vermelha emitida por LEDs auxilia na multiplicação celular (Dover, 1989).

Os efeitos biológicos da radiação luminosa resultam de vários mecanismos biofísicos. Pode-se agrupar estes mecanismos nas categorias térmicas, mecânicas, fotoquímicas e fotoablativos. Para as situações de exposição acidental à radiação luminosa predominam as lesões originadas por mecanismos térmicos e fotoquímicos.

## Discussão

Segundo Figueiredo et al. (2006) se a contração muscular for mantida por um período de tempo muito prolongado, a velocidade de propagação de ação das fibras musculares diminuirá gradativamente sendo que a estrutura muscular em questão apresenta como consequência freqüentes contrações involuntárias.

Leal Jr et al. (2009) conceituam que no decorrer de uma atividade física de grande intensidade, a musculatura envolvida no trabalho físico tende a apresentar um declínio progressivo na capacidade de performance, vindo a se recuperar após um intervalo de descanso. Este esforço excessivo é geralmente responsável pelo fenômeno reversível denominado como fadiga do músculo esquelético ocorre devido ao grande

número de séries e a intensidade das repetições que um jogador deve realizar durante uma sessão de treinamento até que se cumpra o objetivo proposto.

Segundo Leal et al. (2008) a fadiga muscular pode ocasionar como consequência: diminuição e perda parcial da musculatura em questão, dano no controle motor e posterior do muscular.

Lopes-Martins et al. (2006) corroboram que são múltiplos os fatores presentes na atividade física que interagem e podem cooperar para o desenvolvimento da fadiga, tais como: os tipos e intensidade do exercício, o músculo os grupos envolvidos e do ambiente bioquímico. Em contra partida os autores preconizam que a prevenção e combate a instalação da fadiga pode ser alcançado através da adoção atitudes saudáveis, tais como complementação alimentar, condicionamento físico programado e gradual.

Sussai et al. (2010) conceitua com base em estudos recentes que a prática de exercícios extenuantes pode acarretar danos musculares, tanto em animais como em seres humanos. Preconiza que estes são danos característicos inerentes a atividade física intensiva e pode causar lesão, desarranjo das fibras musculares, diminuição da capacidade de performance, liberação da proteína muscular para a fase de plasma, resposta aguda imune, diminuição do desempenho muscular, esgotamento da adenosina trifosfato (ATP), perturbações na homeostase, isto é, na capacidade do corpo para manter um equilíbrio estável das reservas de Cálcio a despeito das alterações exteriores, etc.

Rossini et al. (2000) afirma que a inflamação intersticial e apoptose, ou seja, relaxamento dos ligamentos de uma determinada articulação pode ocorrer durante exercícios intensos de curta duração. Isto se deve ao aumento significativo de espécies reativas de oxigênio sustentado pela hiperemia, isto é, pelo aumento do fluxo sanguíneo que acompanha e que se segue durante atividade física muscular. Com a diminuição ou interrupção da atividade física, a hiperemia ainda esta presente, mas o aumento fluxo de oxigênio não é utilizado nos processos metabólicos.

Dessa forma, o aparecimento da fadiga ocorrer devido à incapacidade do músculo em sustentar um nível particular de rendimento durante a realização de um trabalho físico prolongado ou intensivo.

Leal et al. (2009) conceitua ser muito difícil estabelecer um procedimento de avaliação tanto no caso da recuperação muscular quanto de uma lesão, após uma atividade física de alta intensidade. Alguns fatores despontam como inibidores para adoção destes procedimentos, tais como, o alto custo e complexidade das análises e

exames clínicos diretos, só possíveis através de biopsia muscular ou ressonância magnética, ambos de questionável precisão.

A fadiga muscular pode ser definida como a incapacidade do músculo esquelético em gerar elevados níveis de força ou manter esses níveis por um determinado tempo (ASCENSÃO, 2003). Já para Santos (2003), fadiga é a incapacidade apresentada pelo músculo em manter um certo nível de potência e também uma deficiência em sustentar um determinado nível de performance durante um exercício físico.

Segundo Garrett Jr e Kirkhendall (2003), existem dois exemplos de fadiga que se diferem pela sua zona de ação, a primeira seria a fadiga central que é aquela que atua nos mecanismos dentro do cérebro e da medula espinhal e a segunda seria a fadiga periférica que atua nos neurônios motores e nas fibras musculares.

Abou-Hala et al. (2007) constatou em experimento realizado com quinze ratos Wistar divididos em três grupos (GI - Controle, GII - Irradiados DE=0,5J/cm<sup>2</sup> e GIII – DE=1,0J/cm<sup>2</sup>) e tempo de irradiação 300 segundos. Foi investigado neste estudo o efeito da irradiação da lâmpada infravermelha (Lâmpada de Infravermelho 780-1400nm) durante o processo de fadiga muscular. Os animais irradiados receberam uma irradiação em um ponto, diretamente no músculo tibial, após a primeira contração tetânica de um total de seis, com um intervalo entre cada tetania. Os dados obtidos foram registrados em eletrofisiógrafo e analisado a intensidade da força de contração em gramas. Neste estudo constatou-se que o Grupo I - Controle apresentou uma redução na intensidade da força de contração, já os grupos irradiados conseguiram mantê-la, sendo mais evidente no caso do Grupo II irradiado com densidade de energia (DE) de 0,5J/cm<sup>2</sup>. Dessa forma, conclui-se que a utilização da irradiação da lâmpada infravermelha é eficaz na resistência a fadiga muscular.

Nicolau et al. (2004) relata que em estudo realizado com ratos lesionados, após a irradiação com laser de baixa intensidade (LLLT) no qual foi empregado comprimentos de onda ( $\lambda$ ) específicos os resultados indicaram que após o tratamento foi mantida a atividade eletrofisiológica do nervo periférico, impossibilitou que ocorressem alterações degenerativas nos neurônios motores no contexto da medula espinhal e cooperou com o processo de regeneração do nervo lesado.

Plens (2007) corrobora com o discurso de outros autores ao preconizar que os LED's emitem uma fonte de luz invisível próxima do infravermelho.

Muitos estudos vêm sendo realizados a respeito dos efeitos da LILT no tratamento de um grande número de patologias. Podemos citar entre

eles: aceleração na cicatrização de feridas, melhor regeneração e remodelação óssea, atenuação dos processos dolorosos, regulação do sistema imune, estimulação da liberação de endorfina, entre outros (BLAY, 2001).

Chow et al. (2006) após avaliar um grupo de 90 pacientes e constatou que o tratamento a laser mostrou-se eficaz e indolor. Outra característica observa foi facilidade para administrar o tratamento e a baixa incidência de efeitos adversos e desfavoráveis.

## Conclusão

Com base no discurso dos autores e de posse dos dados científicos que permeiam este estudo constata-se que a Terapia Laser de Baixa Intensidade tem sua eficácia comprovada a medida que trabalhos com humanos com diferentes comprimentos de onda são elaborados principalmente no caso de atletas de alto nível.

## Referências

- ABOU-HALA, A. Z.; BARBOSA, D. G.; MARCOS, R. L.; PACHECO-SOARES, C.; SILVA, N. S. Effects of the infrared lamp illumination during the process of muscle fatigue in rats. **Braz. arch. biol. technol.** vol.50 no.3 Curitiba May 2007
- ASCENÇÃO, A.; MAGALHÃES, J.; OLIVEIRA, J.; DUARTE, J. e SOARES, J. Fisiologia da fadiga muscular: delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, 2003, vol. 3, nº 1 [108–123]
- BANDEIRA, C. C. A.; BERNI, K. C. S.; RODRIGUES-BIGATON, D. Análise eletromiográfica e força do grupo muscular extensor do punho durante isquemia induzida. Rev Bras Fisioter, São Carlos, v. 13, n. 1, p. 31-7, jan./fev. 2009.
- BERTUZZI, R. C. M.; FRANCHINI, E. e KISS, M. A. P. M. Fadiga muscular aguda: uma revisão dos sistemas fisiológicos e suas possíveis relações. **MOTRIZ** vol. 10, n.1, p. 45-54, jan.-mar. 2004.
- BLAY, A. Efeitos da radiação laser em baixa intensidade no mecanismo de osseointegração de implantes: "in vivo". 2001. Disponível em: <http://www.ipen.br/conteudo/upload/200712071932040.MPLO%202001%20dissertacao%20Alberto%20Blay.pdf>. Acesso em: 10.09.2010.
- CHOW, R. T.; HELLER, G. Z.; BARNESLEY, L. The effect of 300 mW, nm laser on chronic neck pain: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. Pain. 2006. Disponível

em:

- <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1529-8027.2007.00114.pdf>. Acesso em: 10.09.2010.
- DENADAI, B. S. Índices de avaliação aeróbica: conceitos e aplicações. Ribeirão Preto: B. S. D., 1999, p. 76.
  - DOVER, J. S.; PHILLIPS, T. J.; ARNDT, K. Cutaneous effects and therapeutic
  - FERNANDES, A. L.; LUZ, E. F. L.; DINIZ, M. C. C. Atuação do potássio na fadiga muscular. 2008. - Livro de Memórias do VI Congresso Científico Norte-nordeste - CONAFF
  - FIGUEIREDO, C.; MOREIRA, F. B. G.; NICOLAU, R. A.; KELENCZ, C. A.; MUÑOZ, I. S. S.; ZANGARO, R. A. Efeito do led sobre a atividade eletromiográfica em músculo masseter fadigado. 2006. Disponível em: [http://www.univap.br/univap/pro\\_reitorias/cultura\\_divulgacao/revista/RevistaUnivap24.pdf](http://www.univap.br/univap/pro_reitorias/cultura_divulgacao/revista/RevistaUnivap24.pdf). Acesso em: 02 dez. 2010.
  - GARRETT JR.; WILLIAM, E.; KIRKENDALL, D. T. A ciência do exercício e dos esportes. São Paulo: Artmed, 2003.
  - KUMAR, S. Fadiga muscular localizada: revisão de três estudos. 2006. **Rev. bras. fisioter**;10(1):9-28, jan.-mar. 2006.
  - LEAL JUNIOR, E. C., LOPES-MARTINS, R. A.; DALAN, F.; FERRARI, M.; SBABO, F. M.; GENEROSI, R. A.; BARONI, B. M.; PENNA, S. C.; IVERSEN, VV.; BJORDAL, J. M. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Photomed Laser Surg** 2008 Oct 26(5) 419-24
  - LOPES-MARTINS, R. A. B.; LABAT, R. M.; LEONARDO, P. S.; PRIANTI JR, A. C.; MUSCARA, M. N.; AIMBIRE, F.; FRIGO, L.; IVERSEN, V. V. BJORDAL, J. M. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. **Journal of Applied Physiology** July 2006 vol. 101 no. 1 283-288
  - MCARDLE, W. D.; KATCH F. I.; KATCH, V. I. Fundamentos de fisiologia do exercício. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, 4 ed.
  - MORAES, A. C.; BANKOFF, A. D. P.; OKANO, A. H.; SIMÕES, E. C.; RODRIGUES, C. E. B. Análise eletromiográfica do músculo reto femoral durante a execução de movimentos do joelho na mesa extensora. **Revista Brasileira Ciência e Movimento Brasília** vol. 11 n. 2 p. 19-23 junho 2003
  - NICOLAU, R. A. Efecto de los láseres de arseniuro de galio-aluminio (655 y 830 nm) a baja potencia sobre la neurotransmisión en la unión neuromuscular. 2005 (Tese de Doutorado Ciências Experimentais Aplicadas a Biomedicina Unidade de Histologia e Neurologia) Departamento de Ciências Médicas Básicas – Universitat Rovira i Virgili, Reus, 2005. Disponível

- em:[http://www.tesisenxarxa.net/TDX/TDX\\_URV/TE SIS/AVAILABLE/TDX-0922105140431/TesisDoctoralRenata.A.Nicolau\\_Marzo2005.pdf](http://www.tesisenxarxa.net/TDX/TDX_URV/TE SIS/AVAILABLE/TDX-0922105140431/TesisDoctoralRenata.A.Nicolau_Marzo2005.pdf). Acesso em: 2 nov. 2010.
- NICOLAU, R. A.; MARTINEZ, M. S.; RIGAU, J.; TOMÁS, J. Efeito da irradiação de 655 nm de baixa potência do laser de diodo sobre as junções neuromusculares do músculo diafragma de rato. 2004. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lsm.20006/pdf>. Acesso em: 11 nov. 2010.
  - PIZZATO, L. M.; ARAKAKI, J. C. Análise da frequência mediana do sinal eletromiográfico de indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior em exercícios isométricos de cadeia cinética aberta e fechada. **Rev Bras Med Esporte** vol.13 no.1 Niterói Jan./Feb. 2007
  - PLENS, C. M.; BARBOSA, A. M.; RIBEIRO, S. R.; CARDOSO, L. E.; CECILO, R.A.F.; SANTOS, L. L.; BALDEZ, A. A. e NICOLAU, R. A. Estudo do efeito da ação do led na diminuição do edema induzido por carragenina em pata de camundongo. 2007.
  - ROSSI, L.; TIRAPEGUI, J. Aspectos atuais sobre exercício físico, fadiga e nutrição. *Rev Paul Educ Fís.* 13:67-82, 1999.
  - SANTOS, M. G.; DEZAN, V. H.; SERRAF. T. A. Bases metabólicas da fadiga muscular. *Rev. Bras Ciênc Mov.*11(1):7-12, 2003.
  - SUSSAI, D. A.; CARVALHO, P. T. C.; DOURADO, D. M.; BELCHIOR, A. C. G.; REIS, F. A.; PEREIRA, D. M. Low-level laser therapy attenuates creatine kinase levels and apoptosis during forced swimming in rats. 2009. **Lasers in Medical Science** Volume 25, Number 1, 115-120, 2010.
  - VOLLESTAD, N. K. Measurement of human muscle fatigue. **Journal of Neurocience Methods**, Amsterdam, v.74, n. 2, p. 219-227, Jun 1997. **Academy of Dermatology**, 1989.