

PRODUÇÃO CIENTÍFICA DO LABORATÓRIO DE FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO E BIOMECÂNICA DA ESCOLA NAVAL

Prof. Roger Gomes Tavares de Mello¹

Prof. Rogério Silva Leite de Mattos²

Prof. Lucenildo Silva Cerqueira³

INTRODUÇÃO

A evolução do treinamento físico e esportivo tem estreita relação com as inovações da ciência em áreas como a Engenharia Biomédica, a Fisiologia do Exercício e a Biomecânica. A Engenharia Biomédica tem o papel de fornecer as ferramentas matemáticas, físicas e computacionais para que a Fisiologia do Exercício e a Biomecânica sejam mais bem investigadas. Métodos de processamento de sinais como a transformada de Fourier podem ser aplicados para estudar fenômenos de tremor característicos de uma coordenação motora deficiente. Ademais, o acoplamento de osciladores fisiológicos como o coração e a respiração pode ser entendido quando são empregados os métodos adequados de tratamento de dados.

O Laboratório de Fisiologia do Exercício e Biomecânica (LaFEB) foi criado em 2009 como uma seção do Departamento de Educação Física e Esportes (DEFE) da Escola Naval. Uma de suas missões é produzir conhecimento relacionado ao esforço físico e contribuir então para o aprimoramento do treinamento físico militar. O LaFEB tem atualmente projetos em convênio com o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O exercício de puxada na barra é assunto do projeto “Eficiência mecânica durante a puxada na barra fixa por meio da força média de tração, análise espectral e dimensão fractal”. Adicionalmente, o controle voluntário da respiração durante a corrida prolongada está sendo estudado no projeto “Acoplamento cardioloomotor: adaptação ao treinamento”.

O objetivo do presente trabalho é relatar os pontos principais de cada projeto, com suas metodologias e resultados preliminares.

EFICIÊNCIA MECÂNICA DURANTE A PUXADA NA BARRA FIXA POR MEIO DA FORÇA MÉDIA DE TRAÇÃO, ANÁLISE ESPECTRAL E DIMENSÃO FRACTAL

Este projeto foi enviado à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ e foi ganhador do auxílio instalação nº E-26/110.837/2012, o qual possibilitou a compra de equipamentos fundamentais para a execução dos experimentos. Além disso, o projeto foi aprovado, de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (CAAE 01530712.9.0000.5282).

O seu objetivo é investigar a influência da eficiência mecânica sobre o desempenho no exercício de puxada na barra fixa. A hipótese do presente trabalho é de que uma coordenação motora precária gera um gasto energético acentuado que reduz a capacidade de execução das puxadas na barra. Desta forma, o alto gasto energético pode ser observado por meio do cálculo da eficiência mecânica (WINTER, 1990; FOSS e KETAYIAN, 1998), ao mesmo tempo em que um tremor fisiológico marcante se apresenta durante o movimento.

Diversos sinais estão sendo coletados durante os experimentos realizados com os voluntários, os quais são oriundos do Corpo de Aspirantes (Figura 1).

As atividades elétricas de seis músculos estão sendo monitoradas para estudar o sinergismo muscular (SNYDER e LEECH, 2009; LUSK *et al.*, 2010) e as possíveis causas do gasto energético apresentado, o

¹ Doutor em Engenharia Biomédica, COPPE/UFRJ.

² Mestrando em Engenharia Biomédica, COPPE/UFRJ.

³ Doutorando em Engenharia Biomédica, COPPE/UFRJ.



Figura 1: Exercício puxado na barra com monitoramento do consumo de oxigênio e das atividades elétricas musculares



Figura 2: Célula de carga em série com a barra

qual é monitorado por um analisador de trocas gasosas respiratórias. Uma célula de carga foi colocada em série com a barra para que a força gerada sobre a mesma fosse medida (Figura 2).

Os sinais oriundos da célula de carga estão sendo processados no domínio da frequência por meio da transformada discreta de Fourier (SHIAVI, 1999; MERLETTI e PARKER, 2004). Esta análise está possibilitando separar os indivíduos quanto ao desempenho com base nas bandas de frequências do sinal de força (Figura 3). Os sujeitos que apresentam um

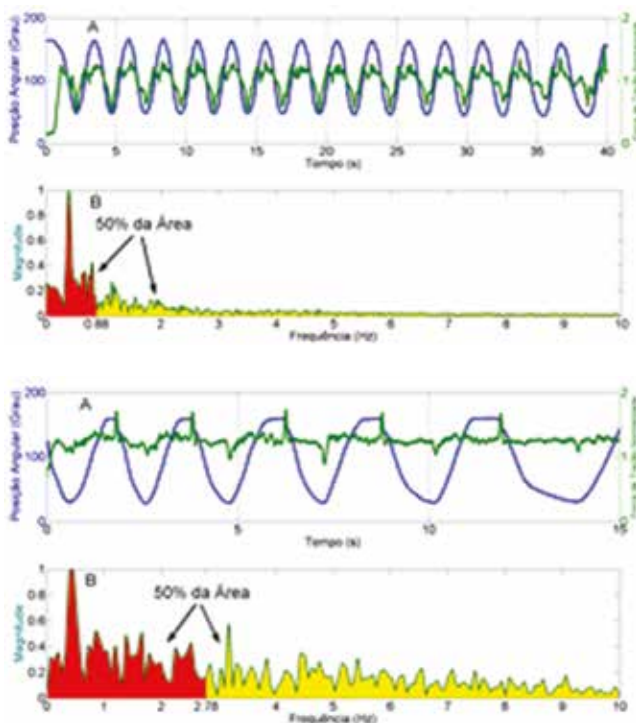


Figura 3: Dois exemplos de sinais de posição angular e força de tração sobre a barra com o respectivo espectro de frequências do sinal de força. Percebe-se que o sujeito que executou mais repetições (esquerda) possui o sinal de força com banda estreita, o que mostra menos tremor, portanto maior coordenação motora.

maior tremor realizam um número reduzido de repetições. Sendo assim, parece que a coordenação motora é fundamental para uma eficaz execução deste exercício (FOSS e KETEVIAN, 1998). O gasto energético e as atividades elétricas musculares estão sendo analisados para buscar a confirmação deste resultado.

ACOPLAMENTO CARDIOLOCOMOTOR: ADAPTAÇÃO AO TREINAMENTO

Apesar da carência de evidências científicas, é comum a prática do controle rítmico voluntário da respiração durante as corridas esportivas e recreacionais. Os defensores desta estratégia argumentam que uma cadência adequada da respiração pode sincronizar tanto a respiração quanto a frequência cardíaca com as passadas. Do ponto de vista fisiológico, este sincronismo poderia facilitar o retorno de sangue venoso dos membros inferiores (NOMURA *et al.*, 2006), tendo como consequência uma maior e mais eficiente remoção de metabólitos causadores da fadiga. A partir de tais observações, o presente projeto (Acoplamento cardiocomotor: adaptação ao treinamento) foi proposto como tese de doutorado em convênio com o Programa de Engenharia Biomédica da COPPE/UFRJ. O mesmo foi submetido para avaliação quanto à ética em pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da UFRJ.

Os experimentos piloto já tiveram início e os sinais de ventilação pulmonar, eletrocardiografia e eletromiografia estão sendo coletados dos Aspirantes voluntários (Figura 4).



Figura 4: Corrida durante o experimento de sincronismo cardiocomotor

Conforme esperado, alguns sujeitos mostraram um sincronismo entre os batimentos cardíacos e as passadas (KIRBY *et al.*, 1989; NIIZEKI, 2005) (Figura 5).

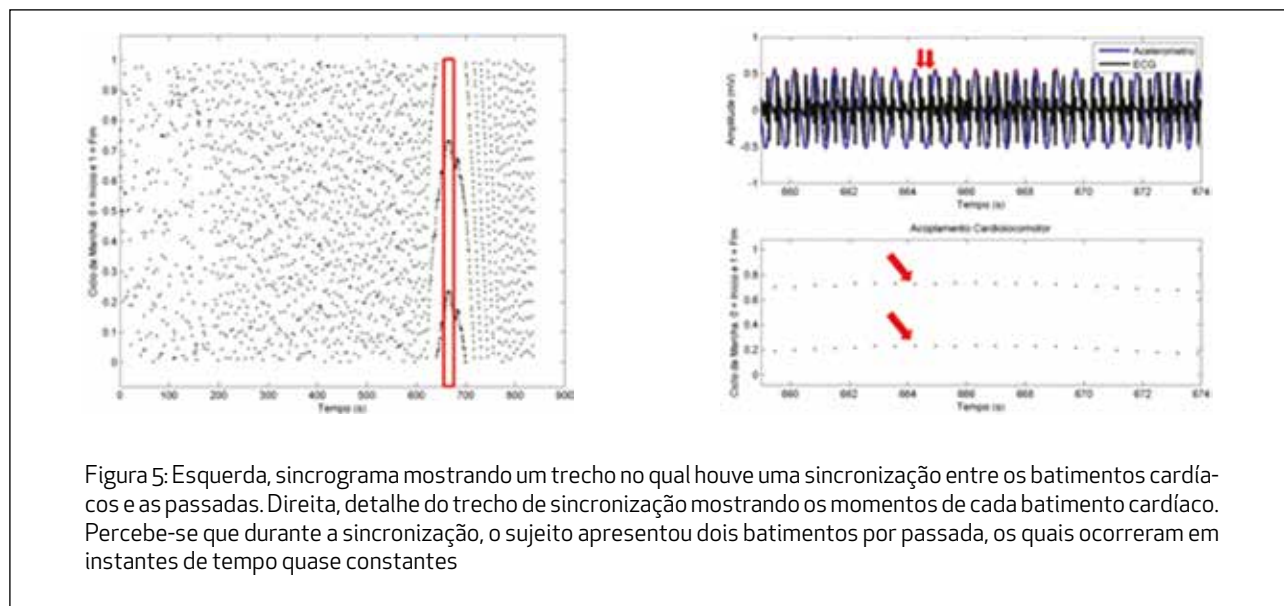


Figura 5: Esquerda, sincrograma mostrando um trecho no qual houve uma sincronização entre os batimentos cardíacos e as passadas. Direita, detalhe do trecho de sincronização mostrando os momentos de cada batimento cardíaco. Percebe-se que durante a sincronização, o sujeito apresentou dois batimentos por passada, os quais ocorreram em instantes de tempo quase constantes

Entretanto, não há um padrão de sincronização e parece que o sincronismo ocorre em intensidades relativamente altas, o que poderia descartar a hipótese de interação fisiológica entre os sistemas cardiovascular e locomotor. Isto se deve ao fato de que em exercício

anaeróbico os batimentos cardíacos tornam-se altos e regulares. Consequentemente, o sincronismo poderia ser coincidente e não fisiológico. Novos experimentos serão realizados para responder a estas perguntas.

BIBLIOGRAFIA

FOSS, M.L., KETEYIAN, S.J., 1998, *Fox's Physiological Basis for Exercise and Sport*, 6th ed., Dubuque: William C Brown Pub.

KIRBY, R.L., NUGENT, S.T., MARLOW, R.W., MACLEOD, D.A., MARBLE, A.E., 1989, "Coupling of cardiac and locomotor rhythms", *Journal of Applied Physiology*, v. 66, pp. 323-329.

LUSK, S.J., HALE, B.D., RUSSELL, D.M., 2010, "Grip width and forearm orientation effects on muscle activity during the lat pull-down", *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 24, pp. 1895-1900.

MERLETTI, R., PARKER, P., 2004, *Electromyography: Physiology, Engineering, and Non-Invasive Applications*, Piscataway: Wiley-IEEE Press.

NIIZEKI, K., 2005, "Intramuscular pressure-induced inhibition of cardiac contraction: implications for cardiac-locomotor synchronization", *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, v. 288, pp. 645-650.

NOMURA, K., TAKEI, Y., YOSHIDA, M., YANAGIDA, Y., 2006, "Phase-dependent chronotropic response of the heart during running in humans", *European Journal of Applied Physiology*, v. 97, pp. 240-247.

SHIAVI, R., 1999, *Introduction to Applied Statistical Signal Analysis*, San Diego: Academic Press.

SNYDER, B.J., LEECH, J.R., 2009, "Voluntary increase in latissimus dorsi muscle activity during the lat pull-down following expert instruction", *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 23, pp. 2204-2209.

WINTER, D.A., 1990, *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*, 2nd ed., New York: John Wiley & Sons.