

## SISTEMA PARA DETERMINAR ÂNGULOS DOS MOVIMENTOS DO CORPO HUMANO DURANTE O EXERCÍCIO FÍSICO

por

CANAVACI, C.S.<sup>1</sup>; ZIMMERMAN R.L.<sup>2</sup>; GALLO JUNIOR, L.<sup>3</sup>; DE PAULA, E.<sup>2</sup> e NAVAS, E. A.<sup>2</sup>.

**RESUMO** -- O sistema consiste em um aparelho não invasivo, com contatos sem histerese. É composto por um filme com variação de densidade óptica, um fotodiodo que transforma sinal luminoso em sinal elétrico, apresenta saída compatível a digitalização e computação. Este aparelho pode ser utilizado para determinar o deslocamento angular nas articulações dos membros inferiores, membros superiores e tronco. Porém, nosso estudo está sendo limitado a analisar o deslocamento no membro inferior na região da articulação do joelho entre a coxa e perna quando os indivíduos se encontram em atividade na bicicleta ergométrica. Durante o movimento cíclico da perna em relação ao pedal, podemos determinar a cada momento qual o ângulo formado entre a coxa e a perna, contribuindo com mais um parâmetro biofísico na avaliação clínica em estudos fisiológicos.

### INTRODUÇÃO

O corpo humano apresenta-se subdividido em sistemas, cada um responsável por suas funções específicas. Quando o indivíduo submete-se a uma atividade de esforço físico os sistemas cardíacos, respiratório e locomotor estão diretamente relacionados e integrados.

Os efeitos apresentados durante a atividade física podem ser analisados, através do estudo destes sistemas, utilizando transdutores para análise dos sistemas cardíaco, respiratório e motor.

Foi realizado um estudo visando a elaboração de um protótipo instrumental para avaliar o deslocamento angular produzido durante o movimento do corpo humano.

---

<sup>1</sup> - Pós-graduanda do Programa de Bioengenharia Interunidades EESC-FMRP - USP.

<sup>2</sup> - Departamento de Física - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP

<sup>3</sup> - Departamento de Clínica Médica- Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP

## MODELO INSTRUMENTAL

Foi elaborado um aparelho para determinar o deslocamento angular do membro inferior, na região da articulação do joelho, quando o indivíduo está pedalando uma bicicleta ergométrica, como mostrado na figura 1.

Foi escolhido para estudo a bicicleta ergométrica por ser intensamente usada para documentar os efeitos da força muscular como indicado por Sandweis e Wolf (1985)

Chao(1978) mostra um eletrogoniômetro que mede a articulação em três dimensões angulares de movimento através de um sistema mais complexo, porém visando nossas finalidades construímos um sistema mais simples medindo os ângulos em uma única dimensão.

Baseados nos estudos desenvolvidos por Baffa, Pela e De Paula (1988) que mostra um sistema fotoelétrico utilizando filme com variação linear de densidade óptica, desenvolvemos um outro sistema que é composto por um filme que apresenta variação angular da densidade óptica e por um fotodiodo.

Este sistema fotoelétrico é sustentado por quatro barras finas e leves de aço inoxidável, apoiados duas na coxa, sendo uma interna e outra externa, na qual se medindo vinte e cinco centímetros de comprimento e dois centímetros de largura, na qual se sobrepõe o fotodiodo como mostrado na figura 1. As outras duas barras são apoiadas na perna, sendo uma interna e outra externa, medindo trinta centímetros de comprimento e dois centímetros de largura, na qual está fixado o filme com variação de densidade óptica. Estas barras são fixadas na perna com fita adesiva, mantendo o eixo de rotação destas barras próximo ao eixo de rotação da articulação do joelho.

O sistema emissor e detector de luz distancia um centímetro e meio do eixo de rotação das barras. O sistema oferece saída para computador e registrador e é mantido por uma fonte elétrica.

## PARTE EXPERIMENTAL

Consiste de uma avaliação de homens jovens com saúde normal e com alguma atividade esportiva, onde são registrados os parâmetros: cardíacos (eletrocardiograma, frequência cardíaca instantânea), ventilação (volume de ar inspirado), motor (deslocamento angular pelo sistema fotoelétrico) como mostrado na figura 3. Esta fase ainda se encontra em estudo.

## RESULTADOS

O aparelho elaborado para medir o deslocamento angular oferece boas condições para avaliar o movimento da perna, pois fornece dados que podem ser digitalizado e processados por computador, além de oferecer facilidade de aplicação podendo ser adaptado a qualquer parte do corpo humano que se deseja estudar ou avaliar seu movimento. Pode servir para estudos ou acompanhamento na ortopedia, no esporte, na fisioterapia e outras áreas associadas.

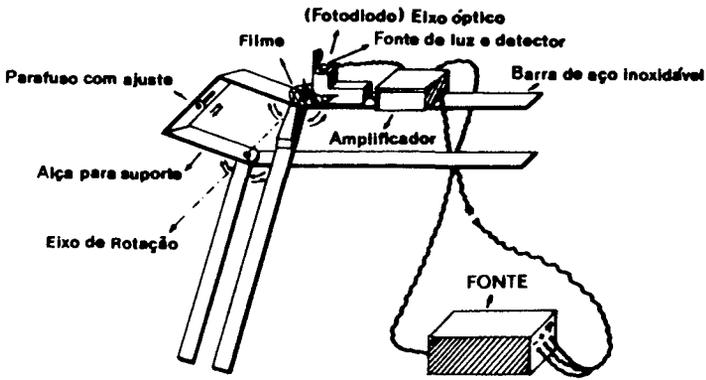


Figura 1. Esquema do Aparelho.

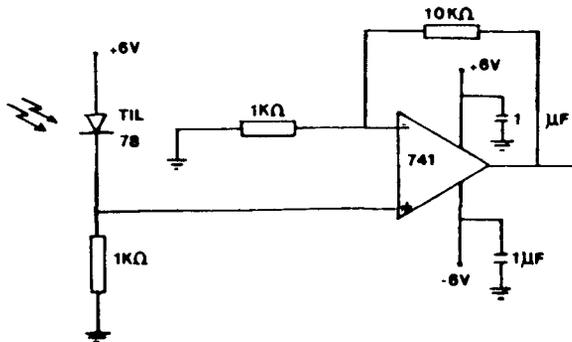


Figura 2. Esquema do Circuito Amplificador.

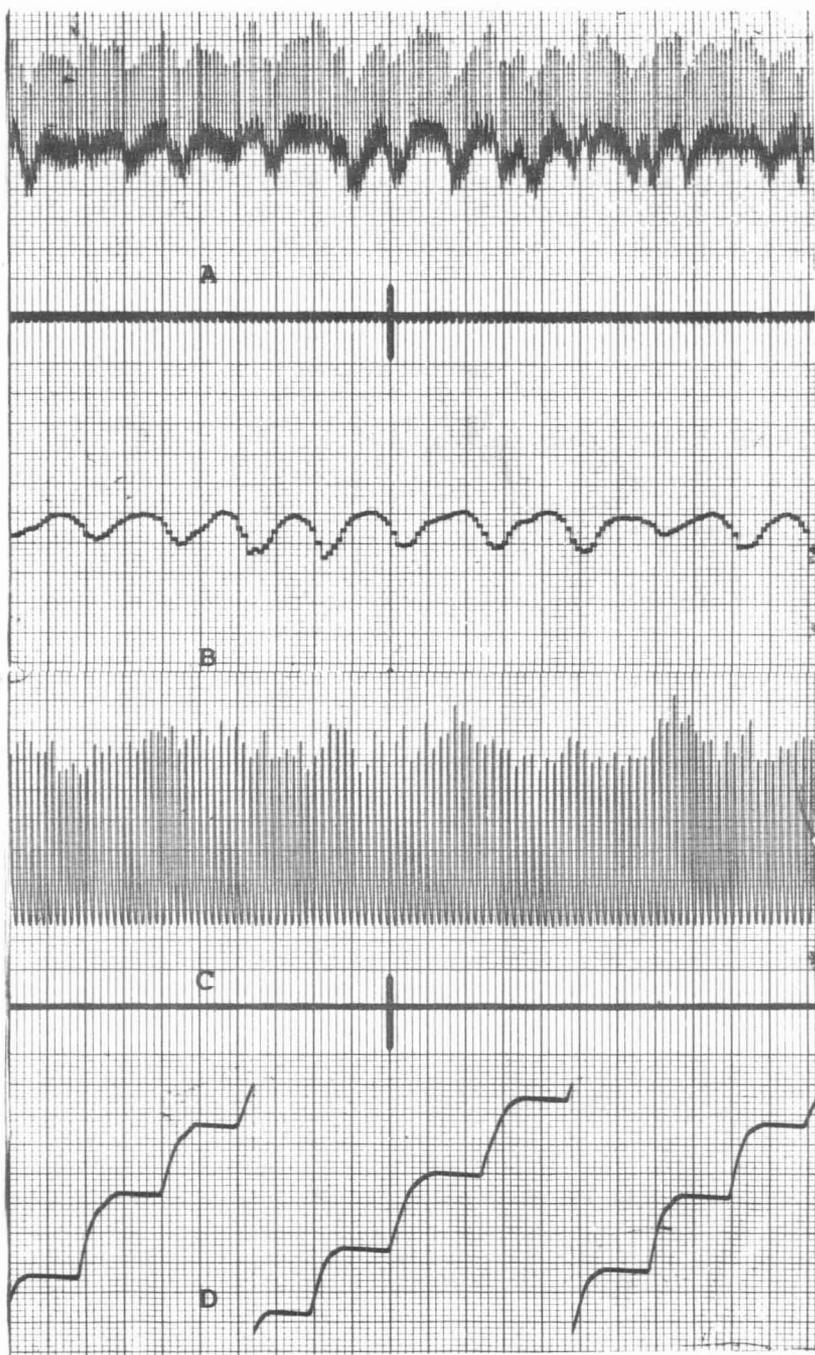


Figura 3. A-Eletrocardiograma. B - Frequência cardíaca instantânea. C - Deslocamento Angular. D - Ventilação(Pneumotocógrafa).

## REFERÊNCIAS

- BAFFA,O., PELA,C.A e de PAULA,E., (1988) - " An Inexpensive Low- Friction and Low- Inertia Displacement Transducer ", Am.J.Phys., volume. 56, número. 7, páginas. 665-667.
- CHAO,E.Y.,(1978) - " Experimental Methods for Biomechanical Measurements of Point Kinematics ", C.R.C. Handbnook of Engineering opm Medicine and Biology, section B - Instruments and Measurements, volume I, páginas. 385-411.
- SANDWEISS,J.H. and WOLF,S.L.,(1985) - " Biofeedback and Sports Science " Plenum Press. New York and London.páginas 1-29.

### SYSTEM TO DETERMINE ANGULAR MOVEMENT OF THE HUMAN BODY DURYNG PHISICAL EXERCISE

**ABSTRACT** – The apparatus described in this paper provides a voltage proportional to the angular displacement of simple joints such as the elbow and knee. The signal is developed from light transmitted to a photodiode through a previously exposed photographic film whose optical density on the optical axis is a linear function of the angle of rotation around another parallel axis. The light source and photodiode are fixed to one member and the film is fixed to the other such that its axis of rotation coincides with that of the joint between the two members. Data wil be shown that correlate knee rotations with the breathing and cardiac rythms of a normal adult on an ergometric bycicle. The output of the angle transducer is digitized with the other physiological data for computer analysis.