

Dispositivo para avaliar a força externa produzida pelo sistema músculo-esquelético dos membros superiores

Paulo José Oliveira Cortez, Universidade Estadual Paulista (UNESP) / Departamento de Mecânica, Avenida Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá – SP – CEP: 12.516-410. Centro Universitário de Itajubá – UNIVERSITAS / FEPI, Avenida Dr. Antônio Braga Filho, 687 – Bairro Varginha - Itajubá – MG - CEP: 37501-002, paulojoc@yahoo.com.br

José Elias Tomazini, Universidade Estadual Paulista (UNESP) / Departamento de Mecânica, Avenida Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá – SP – CEP: 12.516-410, tomazini@feg.unesp.br

Introdução

A avaliação precisa do desempenho do sistema musculoesquelético humano tem sido objetivo dos cientistas e dos profissionais de medicina física e reabilitação há muitas décadas (Perrin, 1993).

Segundo Winter (1979) com a evolução tecnológica torna-se cada vez mais possível quantificar o desempenho do ser humano. Deste modo, qualquer avaliação de técnica desportiva, desempenho, capacidade funcional, entre outras, deve ser precedida de medição, descrição e análise.

Segundo Dvir (2002) há escassez de informação sobre as conexões funcionais da cintura escapular bem como os fatores envolvidos na produção de força dessa região. Diante da necessidade da obtenção de dados quantitativos em Biomecânica, percebe-se a necessidade de projetos e desenvolvimentos de equipamentos para medir as forças que interagem com o sistema locomotor. O objetivo do presente estudo foi projetar e construir um dispositivo para medir de forma eficaz a força externa gerada pelo sistema músculo-esquelético dos membros superiores.

Metodologia

A definição do modelo da EMF foi baseada no posicionamento desejado para a realização dos testes de força. O posicionamento permite a avaliação dos esforços (horizontal e vertical) com o sujeito em posição sentada, sendo que a EMF é formada por uma Cadeira Comercial e um Dispositivo de Medição de Esforços (DME).

Dispositivo de Medição de Esforços (DME)

O DME é formado por uma estrutura regulável de apoio para o antebraço, acessório (manetes) para colocação do complexo punho/mão e transdutores. Escolheu-se, como sensor para medir os esforços, extensômetros elétricos de resistência (*strain gauges*) devidamente colados em um tubo de aço e interligados em um circuito elétrico formando uma ponte completa de “Wheatstone”.

Construção do Dispositivo de Medição de Esforços

O Dispositivo de Medição de Esforços (DME) é formado por um tubo de aço instrumentado com 8 (oito) extensômetros, marca Kiowa modelo KFG-3-120-c1-11, sendo 2 (dois) na parte superior e 2 (dois) na parte inferior do tubo para medir os esforços

realizados no sentido vertical (flexão da articulação do cotovelo e do punho). Para medir os esforços realizados no sentido horizontal (rotação medial e lateral da articulação do ombro) foram colados 2 (dois) extensômetros em cada porção lateral do tubo de aço. Os extensômetros foram colados a 200 mm de distância do ponto de aplicação da força pelo sujeito, respeitando os cálculos realizados anteriormente. O Dispositivo de Medição de Esforços (DME) foi dimensionado para suportar uma carga máxima de 500 N com $(\Delta E/V)_{\max} = 0,002$, o tubo de aço apresenta diâmetro externo $d_2 = 21,34$ mm, diâmetro interno $d_1 = 16,11$ mm e espessura $t = 2,74$ mm.

Uma das extremidades do tubo foi engastada em um bloco inteiriço de aço. Na outra extremidade foi colado um conector do tipo cotovelo de ½ polegada com rosca. Este conector possibilitou a utilização do DME para mensurar esforços em diferentes direções através de instrumentos para suporte do complexo punho/mão que serão descritos a diante. Para abrigar os elementos do sensor foi utilizada uma barra de metalon quadrado 50 X 50 mm.

A Figura 1 ilustra os elementos do DME.

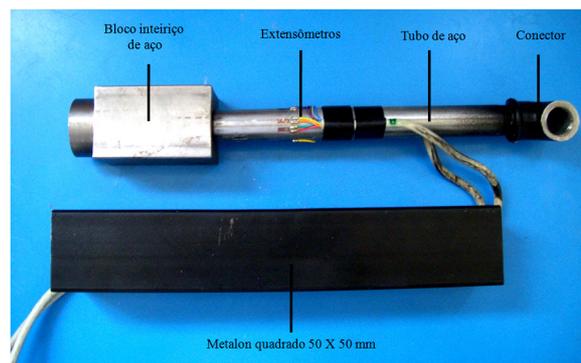


Figura 1 - Detalhe dos elementos do Dispositivo de Medição de Esforços (DME).

Dois acessórios (manetes) foram construídos para fornecer apoio ao complexo punho e mão dos indivíduos que seriam submetidos aos testes de força. A forma dos manetes respeita a conformação anatômica das mãos e a direção do esforço aplicado. Um dispositivo de apoio com contornos anatômicos para o antebraço foi colocado sobre a estrutura que abriga o tudo de aço. Tal dispositivo fazia parte de um

apoio para antebraço de uma cadeira comercial. Em sua parte posterior foi fixada uma calha que permitia o deslocamento horizontal e um parafuso para fixar o apoio. Este poderia ser utilizado na avaliação da força muscular tanto do membro superior esquerdo quanto do membro superior direito.

Para permitir um deslocamento horizontal do DME, um sistema com cantoneira de abas iguais de duas polegadas foi fixado lateralmente na base de sustentação da Estação de Medição de Força (EMF). Ajustes na posição vertical foram possíveis graças a um sistema tubular telescópico. O tubo fixado na cantoneira lateral (tudo fixo) apresenta diâmetro externo = 44 mm e diâmetro interno $d_1 = 38,5$ mm enquanto que o tubo base do DME (tudo móvel) apresenta um diâmetro externo $d_2 = 38$ mm.

Calibração do Dispositivo

Os sinais elétricos provenientes do circuito em ponte de "Wheatstone" formados pelos extensômetros foram transmitidos para um sistema de condicionamento de sinais, modelo Spider 8 (HBM, Darmstadt, Alemanha) e processado por software - *Catman* (versão 3.1, release 3, 1997-2000). A calibração foi efetuada de maneira estática através de cargas pré-definidas aplicadas no pegador/manete do DME, respeitando a direção dos esforços (vertical e horizontal). Os valores de calibração ($\Delta E/V$) foram inseridos no programa *Catman* de forma que os resultados dos testes foram convertidos automaticamente em Força (N). Na extremidade livre do tudo de aço do DME, foram aplicadas as massas de 1,98 [kg], 9,59 [kg], 17,22 [kg], 24,85 [kg], 32,45 [kg], 40,07 [kg], 47,68 [kg] e 55,31 [kg] as quais foram medidas em uma balança com precisão de cargas, correspondendo respectivamente às forças de 19,42 [N], 94,08 [N], 168,93 [N], 243,78 [N], 318,38 [N], 393,09 [N], 467,74 [N] e 542,59 [N].

Resultados e Discussão

A Figura 2 a seguir ilustra o sistema de aquisição em sua fase final.



Figura 2 - Detalhe dos elementos do Dispositivo de Medição de Esforços (DME).

A Figura 3 ilustra o resultado da calibração para esforços verticais, a equação da calibração e o valor R-

quadrado. Observa-se ótima linearidade entre o sinal elétrico e as cargas aplicadas.

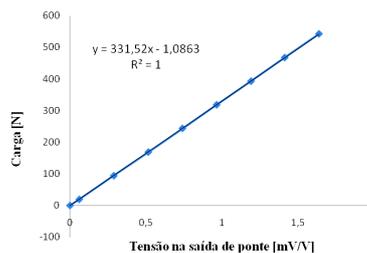


Figura 3 - Calibração do dispositivo de medição para esforços no sentido vertical.

A Figura 4 ilustra o resultado da calibração para esforços horizontais, a equação da calibração e o valor R-quadrado. Observa-se excelente linearidade entre o sinal elétrico e as cargas aplicadas. Os valores negativos indicam alteração no sentido do esforço.

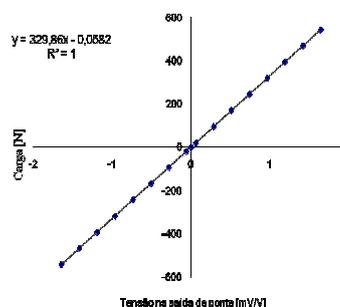


Figura 4 - Calibração do dispositivo para esforços no sentido horizontal.

Conclusão

O projeto, a construção e a calibração do dispositivo foram etapas concluídas a contento, satisfazendo as expectativas dos pesquisadores e a EMF está em fase de testes de adaptabilidade, eficiência e ensaios experimentais.

Referências bibliográficas

- Dvir, Z. Isocinética dos Músculos do Ombro. In: ____. **Isocinética – Avaliações Musculares, Interpretações e Aplicações Clínicas**. São Paulo: Manole, 2002. p.171-191.
- Garner, B.A.; Shim, J. Isometric shoulder girdle strength of healthy young adults. **Clinical Biomechanics**, Oxford, v. 23, n. X, p.30–37, 2008.
- Memberg, W.D. et al. A transducer to measure isometric elbow moments. **Clinical Biomechanics**, Oxford, v.16, p. 918 – 920, 2001.
- Perrin, D.H. Assessment of Human Muscle Performance. In: ____. **Isokinetic Exercise and Assessment**. Champaign: Human Kinetics, 1993. p.2-9.
- Winter, D.A. Biomechanics as an Interdiscipline. In: ____. **Biomechanics of human movement**, New York: John Wiley & Sons, 1979.p. 1-8.