




Universidade de Brasília 50 1962 2012 PGEA
PROFESSORIA DE INSTRUMENTAÇÃO
EM SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

ANÁLISE MULTIDIMENSIONAL DA FADIGA MUSCULAR POR MEIO DE ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE DE ALTA DENSIDADE


Gustavo M. Q. Mendonça, Fabiano A. Soares,
Valdinar A. Rocha Júnior,
Adson F. da Rocha e João L. A. Carvalho



Universidade de Brasília 50 1962 2012 PGEA
PROFESSORIA DE INSTRUMENTAÇÃO
EM SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Eletromiografia de superfície de alta densidade (HD-EMG)


- Matriz de eletrodos
 - Sinais adquiridos paralelamente e perpendicularmente às fibras musculares
- Estimação da fadiga local
 - Aumento da amplitude
 - Deslocamento do espectro para as baixas frequências
- Variação temporal estimada por regressão linear
 - Processo da fadiga não é linear!



Universidade de Brasília 50 1962 2012 PGEA
PROFESSORIA DE INSTRUMENTAÇÃO
EM SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Neste trabalho

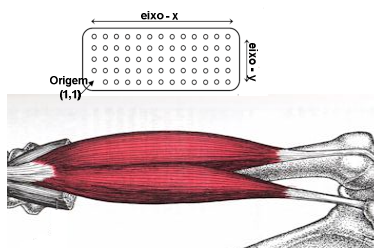
- Sinais adquiridos com matrizes de eletrodos
 - Topologia da fadiga (em 2D)
- Variação temporal estimada para múltiplos intervalos
- Análise multidimensional: x-y-t



Universidade de Brasília 50 1962 2012 PGEA
PROFESSORIA DE INSTRUMENTAÇÃO
EM SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Matriz de aquisição


- Tamanho: 13 × 5 eletrodos
(12 × 5 canais diferenciais ao longo do eixo x)




Universidade de Brasília 50 1962 2012 PGEA
PROFESSORIA DE INSTRUMENTAÇÃO
EM SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Célula de carga

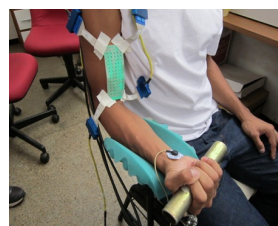
- Proporciona uma aquisição isométrica
- Gráfico da força no monitor
 - Limiares indicados
 - Indivíduo acompanha seu desempenho

Universidade de Brasília 50 1962 2012 PGEA
PROFESSORIA DE INSTRUMENTAÇÃO
EM SISTEMAS ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO

Protocolo de Aquisição

- Imobilização:
 - Ombro (úmero e escápula)
 - Antebraço
 - Cotovelo em 90°
- Pulso reto
- Medida da máxima contração voluntária (MVC) + repouso
- Aquisição com 75% da MVC até a exaustão



Universidade de Brasília 50th PGEA

Análise do sinal: amplitude

- Valor retificado médio (*average rectified value*)

$$ARV = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |x[n]|$$

- Valor eficaz (*root mean squared value*)

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |x[n]|^2}$$

Universidade de Brasília 50th PGEA

Análise do sinal: frequência

- Frequência mediana (*median frequency*)

$$k_{MDF} = \operatorname{argmin}_{k_{MDF}} \sum_{k=0}^{k_{MDF}} |X[k]|^2 - \sum_{k=k_{MDF}}^{N/2-1} |X[k]|^2$$

$$MDF = f_s k_{MDF} / N$$

- Frequência média (*mean frequency*)

$$k_{MNF} = \left(\sum_{k=0}^{N/2-1} k |X[k]|^2 \right) / \left(\sum_{k=0}^{N/2-1} |X[k]|^2 \right)$$

$$MNF = f_s k_{MNF} / N$$

Universidade de Brasília 50th PGEA

Análise do sinal: variação temporal da fadiga

- ARV, RMS, MDF e MNF calculados para janelas de 250 ms (512 amostras)
- Regressão linear p/ segmentos de 20 s:

$$y(t) = at + \beta$$
 - Normalização do coeficiente angular: $C = \alpha/\beta$
 - Sobreposição de 5 segundos entre segmentos

Universidade de Brasília 50th PGEA

Análise do sinal: variação temporal da fadiga

Universidade de Brasília 50th PGEA

Análise de amplitude variação temporal dos estimadores

Universidade de Brasília 50th PGEA

Análise de frequência variação temporal dos estimadores

Universidade de Brasília 50th PGEA

Limite fisiológico de recrutamento

- Indivíduo treinado:
 - Aumento da amplitude até que a maioria das MUs já foram recrutadas
 - A partir daí, amplitude diminui (desrecrutamento devido à fadiga)
- Indivíduos não treinados:
 - Limite não é atingido
 - Estimadores de amplitude crescem linearmente

Universidade de Brasília 50th PGEA

Mapas topológicos: variação espacial (estimador de amplitude)

Universidade de Brasília 50th PGEA

Mapas topológicos: variação espacial (estimador de frequência)

Universidade de Brasília 50th PGEA

Conclusões

- Prova de conceito: poucos indivíduos para uma análise estatística
 - A fadiga nem sempre se comporta de forma linear crescente durante o esforço
 - A fadiga parece se iniciar no centro do músculo e depois se propaga para a periferia
- Abordagem multidimensional mostra potencial para estudo da fadiga, tanto no treinamento de atletas quanto no diagnóstico de miopatias.

Universidade de Brasília 50th 1962 2012 PGEA

GPSIM
Grupo de Processamento de Sinais e Imagens Médicas

Obrigado!

joaoluiz@pgea.unb.br
<http://pgea.unb.br/~joaoluiz>