

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/322649684>

ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE SÉRIES TEMPORAIS DE ELETROMIOGRAFIA E ACELEROMETRIA EM CÃES PARA DETERMINAÇÃO DE PADRÕES DE NORMALIDADE

Conference Paper · January 2018

DOI: 10.29327/cobecseb.78962

CITATIONS

0

READS

14

3 authors, including:



Sheila Rahal

São Paulo State University

246 PUBLICATIONS 996 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Biologia e Morfologia Funcional da Paca (Cuniculus paca) - UNESP [View project](#)



Comparação entre pericárdio bovino preservado em glicerina e malha de poliéster no reparo de falhas da parede abdominal em ratos [View project](#)

ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE SÉRIES TEMPORAIS DE ELETROMIOGRAFIA E ACELEROMETRIA EM CÃES PARA DETERMINAÇÃO DE PADRÕES DE NORMALIDADE

R. R. Negrão*, J. Mesa-Hormaza** e S. C. Rahal*

*Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - UNESP, Botucatu, Brasil

**Instituto de Biociências - UNESP, Botucatu, Brasil

e-mail: robertarocha@fmvz.unesp.br

Resumo: Foi implementado um algoritmo de processamento de sinais eletromiográficos de superfície (sEMG) e de acelerometria, combinado com o cálculo da correlação entre eles, para estabelecer padrões de normalidade em cães saudáveis da raça Golden Retriever. Estes sinais foram obtidos em dois diferentes músculos dos membros posteriores, durante a locomoção em velocidade padronizada. Após processamento e filtragem, foram calculadas as correlações entre os sinais para identificação de estruturas de atividade muscular durante o ciclo de passada, sem necessidade de emprego de plataforma de pressão. Como resultado deste processamento foram obtidos intervalos para as correlações entre cada músculo e o correspondente acelerômetro para cães saudáveis, com potencial aplicação na identificação de doenças como a displasia.

Palavras-chave: Eletromiografia, acelerometria, processamento de sinais.

Abstract: *It was developed an algorithm for the processing of surface electromyographic signals (sEMG) and accelerometry, combined with the calculation of the correlation between them, in order to establish standards of normality in healthy Golden Retriever dogs. These signals were obtained in two different muscles of both hind limb, during standardized speed locomotion. After processing and filtering of signals, the correlation between them in order to identify muscular activity structures during the gait cycle, without the use of a pressure platform, was calculated. As a result of this processing, intervals were established for the correlations between each muscle and the corresponding accelerometer for healthy dogs, with potential application in the identification of diseases such as dysplasia.*

Keywords: *Eletromyography, accelerometry, signal processing.*

Introdução

O andar, ou marcha, é uma das ações mais realizadas pelos cães e por ser tão repetitiva nos aparenta ser uma ação simples. Porém, quando há a necessidade de avaliar a sequência de eventos envolvidos de forma

detalhada, percebe-se que se trata de uma análise não tão fácil, tornando a observação clínica insuficiente[1].

Em humanos, a análise da marcha tem uma importância no estudo e tratamento de patologias que envolvem o aparelho locomotor. Esta então, pode contribuir para o planejamento cirúrgico, prescrição e adequação de órteses, próteses e equipamentos auxiliares de marcha, *biofeedback* e ainda pode ser usado para orientação de desempenho para atletas. A análise da marcha envolve várias áreas como as de pesquisa clínica, medicina física e reabilitação, cirurgia ortopédica, clínica médica, fisioterapia e medicina esportiva. [2].

A eletromiografia de superfície (sEMG) é um recurso importante e confiável para avaliar contrações musculares em seres humanos [1]. A utilização de sEMG em pesquisa animal é inovadora, uma vez que há apenas poucos estudos na literatura.

A captação do sinal sEMG, como medida não invasiva, é um importante método para caracterização biomecânica de sistemas musculares, porém a existência de muitas variáveis pode limitar a sua utilização e a interpretação dos resultados obtidos através da aquisição deste tipo de sinal [3].

Desta forma o objetivo deste estudo é estabelecer um algoritmo de processamento de sinais eletromiográficos de superfície (sEMG) e de acelerômetros obtidos em diferentes músculos em uma raça de cães durante a locomoção em velocidade padronizada, correlacionando ambos sinais para identificação de estruturas de atividade muscular durante o ciclo de passada e identificação de padrões de normalidade, sem o emprego de plataforma de pressão.

Materiais e métodos

Foram utilizados 10 cães da raça Golden Retriever com peso, altura e idade semelhantes.

Cada animal foi pesado e o correspondente tamanho corpóreo determinado a partir do comprimento (com auxílio de fita métrica) dos membros torácicos (altura) em posição anatômica, aferido da borda escapular dorsal até o solo; do comprimento dos membros pélvicos em posição anatômica, aferido do trocânter maior ao solo; do comprimento corpóreo e do aspecto cranial da articulação escapulo-umeral até o aspecto caudal da tuberosidade isquiática.

Os cães foram submetidos ao exame clínico geral, ortopédico específico e radiográfico. Este último incluiu as articulações dos membros pélvicos e torácicos, conforme necessário.

Antes da coleta dos sinais, os animais foram ambientados e treinados a locomoverem-se na esteira GAIT4Dog, para garantir uma maior regularidade nos dados.

Foi estabelecida experimentalmente a velocidade de caminhada e foram coletados os sinais provenientes dos músculos bíceps femoral, vasto lateral, dos membros posteriores esquerdo e direito de cada indivíduo.

Os sinais foram coletados por meio do sistema eletromiográfico de superfície com acelerômetro acoplado da DELSYS com oito canais do Myomonitor III, que transmitem sinais por telemetria.

Para fixação dos eletrodos de superfície, a pele foi tricotomizada e limpa para reduzir a impedância do conjunto eletrodo-pele. O critério inicial para posicionamento dos sensores foi baseado na proposta de Bockstahler [4], sendo aplicado sempre por uma única pessoa.

Nas Figura 1 e 2 apresentamos, a modo de exemplo, um sinal típico de sEMG e os dados do respectivo acelerômetro.

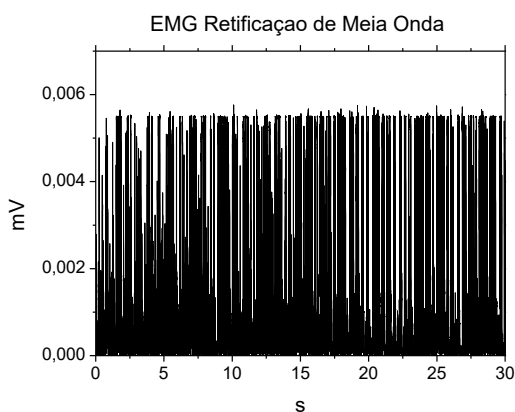


Figura 1: Exemplo de sinal obtido de sEMG com retificação de meia onda.

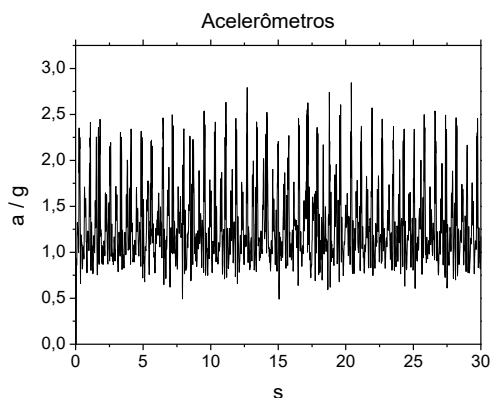


Figura 2: Exemplo de sinal obtido do respectivo acelerômetro.

Estes sinais foram obtidos para um cão andando com eletrodos posicionados no membro posterior direito.

Através de uma rápida verificação visual, podemos identificar que os instantes e intervalos de tempo de alguns pulsos relacionados com contrações musculares, coincidem temporalmente com as correspondentes respostas do acelerômetro.

Para ambos sinais foram aplicados uma retificação de meia onda e filtro Butterworth de segunda ordem passa-banda entre 0,8Hz e 5Hz. Após esta filtragem, é o processo de identificação de estruturas relacionadas com atividade muscular no sinal sEMG é mais simples, como pode ser observado nas figuras 3 e 4.

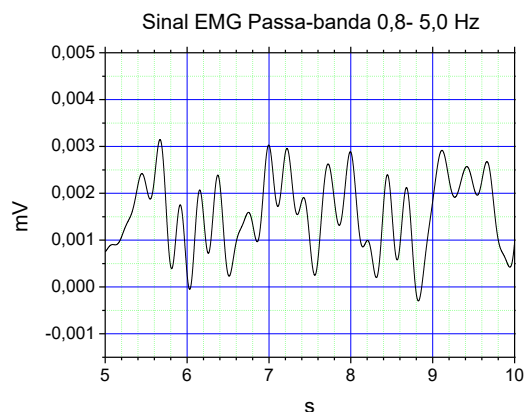


Figura 3: Sinal de sEMG filtrado com Butterworth passa-banda de 0,8 a 5 Hz.

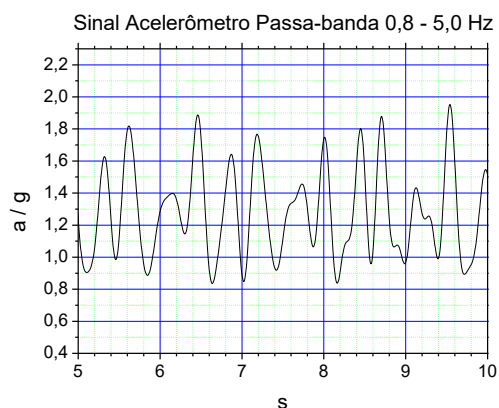


Figura 4: Sinal do acelerômetro filtrado com Butterworth passa-banda de 0,8 a 5 Hz.

Em trabalhos convencionais de identificação de tempos e ciclos de passada, é empregada uma plataforma de pressão. Desta forma, o processo de identificação de estruturas e/ou etapas do ciclo como contração e balanço fica relativamente simples de efetuar. No nosso caso substituímos a informação fornecida pela plataforma de pressão, pelo sinal dos acelerômetros acoplados ao eletrodo do sistema DELSYS.

Para aproveitar a informação fornecida por estes dois sinais, definimos uma função de correlação entre eles, determinada pela seguinte expressão:

$$R = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{(\sum x_i^2)(\sum y_i^2)}} \quad (1)$$

Onde x_i e y_i são respectivamente, as series temporais de sEMG e do acelerômetro para cada músculo, com $i = 0, 1, 2, \dots, N-1$. Esta função permite estabelecer a semelhança entre duas curvas como um escalar entre 0 e 1. Assim, é possível definir um intervalo de normalidade para cães saudáveis a partir do valor médio e do desvio padrão desta função de correlação de cada músculo com o acelerômetro a partir de medidas em indivíduos saudáveis. Desta forma, espera-se que para cães displásicos, as correlações de um ou ambos membros estejam fora desse intervalo de normalidade, permitindo o diagnóstico da doença.

Para verificar a inclusão dos membros esquerdo e direito no cálculo foi utilizada a expressão de assimetria:

$$ASX = \frac{(x_d - x_e)}{(x_d + x_e)} \quad (2)$$

Os valores de x_d e x_e são as correlações obtidas de cada músculo com o acelerômetro para os lados direito e esquerdo, respectivamente.

A partir dessa expressão, para cães saudáveis, espera-se valores próximos de 0 e com pouca dispersão, enquanto que para cães displásicos os valores devem ser diferentes de 0 e muito dispersos.

Resultados

A função de correlação normalizada foi calculada até $N = 30000$, o que contempla um conjunto válido de ciclos de passada para cada indivíduo.

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados o intervalo adotado como normal para os valores de função de correlação entre os sinais sEMG dos músculos vasto lateral e bíceps femoral e os acelerômetros em cães saudáveis a partir do seu valor médio e a incerteza estimada como o desvio padrão da média. Este intervalo de normalidade fica delimitado pelas duas linhas tracejadas. Também aparecem as funções de correlação calculadas nos membros direito e esquerdo de três cães displásicos, identificados pelos índices 1, 2 e 3.

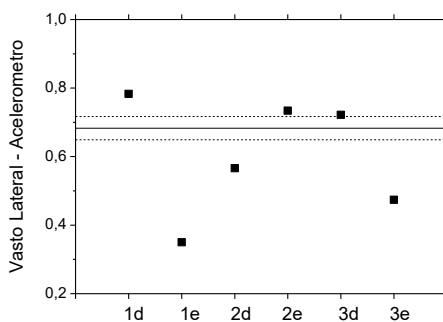


Figura 5: Função de correlação entre o sinal sEMG do músculo vasto lateral e do acelerômetro de cães saudáveis (linhas) e displásicos (pontos).

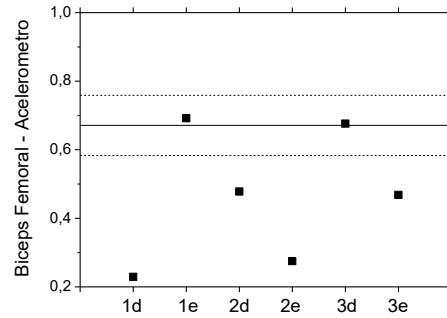


Figura 6: Função de correlação entre o sinal sEMG do músculo bíceps femoral e do acelerômetro de cães saudáveis (linhas) e displásicos (pontos).

Nas Figuras 7 e 8 são apresentados o intervalo adotado como normal para a assimetria entre as correlações dos sinais de sEMG dos músculos com acelerômetros em cães saudáveis, a partir do seu valor médio e a incerteza estimada como o desvio padrão da média. Este intervalo de normalidade fica delimitado pelas duas linhas tracejadas. Também aparecem as funções de assimetria entre os membros direito e esquerdo de três cães displásicos, identificados pelos índices 1, 2 e 3.

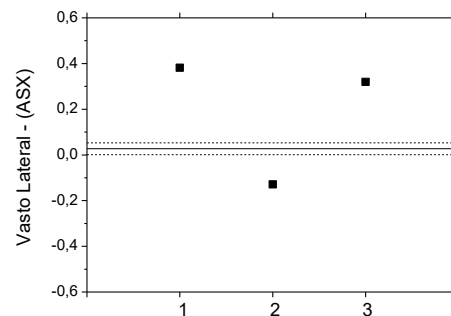


Figura 7: Função de assimetria entre os membros para a correlação entre o sinal de sEMG do músculo vasto lateral e o acelerômetro de cães saudáveis (linhas) e displásicos (pontos).

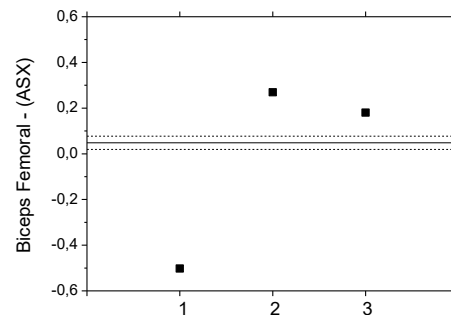


Figura 8: Função de assimetria entre os membros para a correlação entre o sinal de sEMG do músculo bíceps femoral e o acelerômetro de cães saudáveis (linhas) e displásicos (pontos).

Discussão

Em cães saudáveis, deve existir uma diferença de fase praticamente constante entre os sinais de sEMG (associado com a sinalização da contração muscular) e do acelerômetro (vinculado com a efetivação do movimento). Isto permite estabelecer valores médios com desvio padrão das médias pequenos e intervalos de normalidade bem definidos. Já em cães displásicos, essa diferença de fase deve mudar ao longo do tempo, tanto para os membros doentes, quanto para os sadios, gerando valores de correlação entre os sinais muito dispersos.

O intervalo de normalidade obtido para a função de correlação entre sinal de sEMG e acelerômetro foi menor para o músculo vasto lateral, do que para o bíceps femoral. Para este último músculo, os cães displásicos apresentaram um comportamento onde ao menos um dos membros ficava fora da região estabelecida como "normal". Já para o vasto lateral, todas as correlações ficaram fora da região de normalidade.

As funções de assimetria calculadas para cães displásicos ficaram bem afastadas do intervalo de normalidade e muito dispersas, com valores positivos ou negativos. Este resultado era esperado, já que a presença de displasia altera o padrão de resposta muscular em membros que apresentam a doença e também em membros sadios devido à sobrecarga.

Conclusão

Foi verificada a eficácia de emprego da função de correlação entre sinais sEMG dos músculos vasto lateral e bíceps femoral em cães saudáveis da raça Golden Retriever para estabelecimento de padrões de normalidade e identificação de doenças como a displasia.

Agradecimentos

Trabalho parcialmente financiado pelas agências FAPESP, CNPq e CAPES.

Referências

- [1] Cram J, Kasman GS. The Basics of Electromyography. In: Criswell E. Cram's Introduction to Surface Electromyography. 2ª edição. Massachusetts: Jones and Bartlett Publishers; 2011. p.35-61.
- [2] De Luca C. J. "The Use of Surface Electromyography in Biomechanics". *J. Appl. Biomech.* 1997; 13 (2):135-163.
- [3] Bogey R A, Barnes L A and Perry J. "Computer algorithms to characterize individual subject EMG profiles during gait". *Arch. Phys. Med. Rehab.* 1992. 73: 835–841.
- [4] Bockstahler B; Krautler C; Holler P; Kotschwar A; Vobornik A; Peham C. Pelvic limb kinematics and

- surface electromyography of the vastus lateralis, biceps femoris, and gluteus medius muscle in dogs with hip osteoarthritis. *Vet. Surg*; 2012;(41):54-62.
- [5] Wren T A L; Patrick Do K, Rethlefsen S A, Healy B. Cross-correlation as a method for comparing dynamic eletromiography signals during gait. *Jornal of Biomec*; 2006: (39): 2714-18.