

USO DE SINAIS ELETROMIOGRÁFICOS EM MODELO DE INTERAÇÃO HUMANO-EXOESQUELETO NA REABILITAÇÃO DA FLEXÃO E EXTENSÃO DO JOELHO

Luca Borgonovi

Denis Mosconi

Adriano A. G. Siqueira

Universidade de São Paulo

lucaborgonovi@usp.br, denis.mosconi@usp.br, siqueira@sc.usp.br

Objetivos

Os objetivos deste trabalho são desenvolver e analisar um modelo de interação dirigido por sinais eletromiográficos (EMG) para a flexão e extensão do joelho humano acoplado a um exoesqueleto [1]. Assim, pode-se entender melhor o sistema neuromusculoesquelético, relacionando sinais EMG com os torques humanos gerados por um indivíduo acoplado a uma órtese ativa. Além disso, para garantir a funcionalidade do modelo, os resultados são comparados com os obtidos em outro método, o da dinâmica inversa, e com valores experimentais.

Métodos e Procedimentos

Para realizar o procedimento experimental, um indivíduo saudável, homem, com 29 anos de idade, 1,77 m de altura e 84 kg de massa realizou um movimento padronizado de flexão e extensão com seu joelho direito, acoplado a um exoesqueleto realizando torque assistivo, isto é, no mesmo sentido do movimento do sujeito (Figura 1a). Dessa forma, coletou-se as posições angulares com o uso de um atuador elástico em série [3] e também sinais EMG com a utilização de um sistema de coleta de eletromiografia de superfície. Em seguida, os sinais EMG foram convertidos em ativações musculares, usadas para determinar o torque de junta. Além disso, as posições angulares foram utilizadas para gerar um segundo torque de junta fazendo uso de dinâmica inversa.

Por fim, com os valores de torque de junta obtidos pelos dois métodos e parâmetros mecânicos do sistema, pode-se usar o algoritmo da dinâmica direta, num modelo de interação humano-exoesqueleto feito em OpenSim [1, 2] (Figura 1b), para calcular as

posições angulares do sistema e compará-las entre si e também com os dados experimentais.

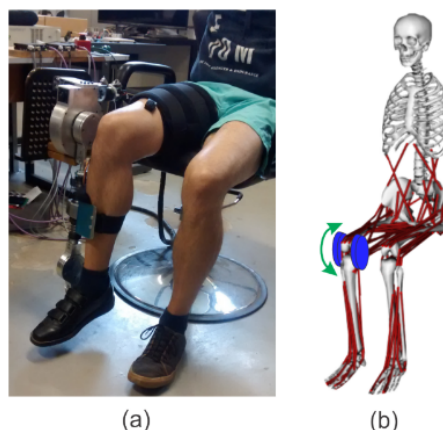


Figura 1: (a) Um usuário vestindo apenas a junta do joelho do exoesqueleto (b) o correspondente modelo de interação do sistema

Resultados

Coletando os sinais EMG dos músculos do indivíduo, pode-se calcular e plotar suas ativações musculares (Figura 2).

Para o exoesqueleto auxiliando o movimento do usuário, obteve-se os torques do ser humano: tanto o gerado pelo método da dinâmica inversa quanto o gerado pelo método de sinais EMG (Figura 3).

Utilizando esses torques, calculou-se as posições angulares com o algoritmo da dinâmica direta (Figura 4).

Sendo, respectivamente, τ_{ID} , τ_{EMG} e τ_R os torques provenientes da dinâmica inversa, dos sinais EMG e o torque da órtese; θ_{ID} , θ_{EMG} e θ_R , respectivamente, as posições angulares oriundas da dinâmica inversa, dos sinais EMG e medidos pelo atuador elástico em série.

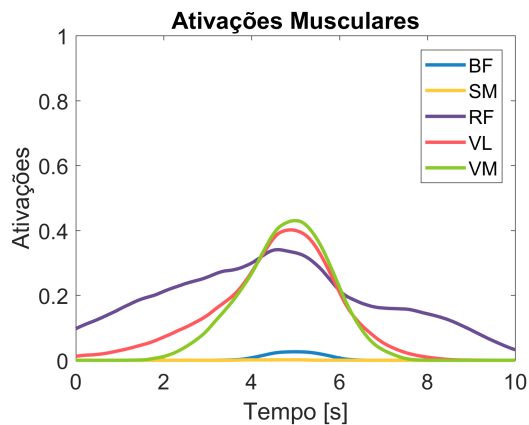


Figura 2: Ativações musculares dos músculos Bíceps Femural (BF), Semitendinoso (SM), Reto Femoral (RF), Vasto Lateral (VL) e Vasto Medial (VM)

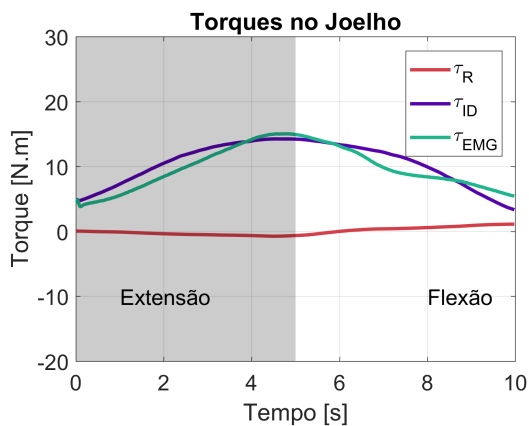


Figura 3: Torques no joelho, sendo τ_{ID} , τ_{EMG} e τ_R , respectivamente, os torques provenientes da dinâmica inversa, dos sinais EMG e da órtese

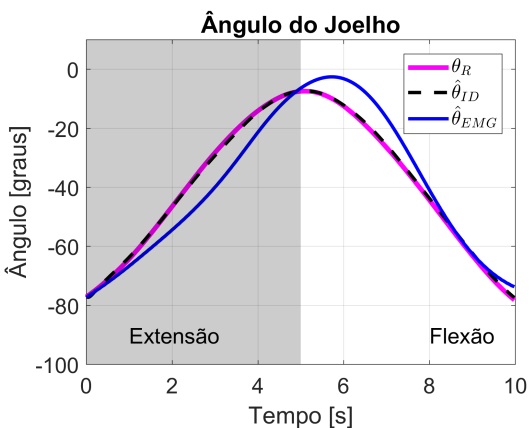


Figura 4: posições angulares, sendo θ_{ID} , θ_{EMG} e θ_R , respectivamente, as posições angulares oriundas da dinâmica inversa, dos sinais EMG e medidas experimentalmente

Observa-se que os valores de τ_R foram quase nulos. Isso se explica pelo fato de que o

indivíduo do experimento é saudável, e a órtese pouco teve que fazer para auxiliar o seu movimento.

Nota-se que, embora o comportamento qualitativo dos sinais EMG seja parecido com o do método da dinâmica inversa, seus valores destoam dos experimentais. Isto ocorre devido à coleta dos sinais EMG ser feita apenas em músculos mais externos e graças à dinâmica direta ser a operação contrária à dinâmica inversa.

Conclusões

Neste trabalho, apresentou-se o desenvolvimento e a análise de um modelo de interação humano-exoesqueleto dirigido por sinais EMG, equipado com uma órtese ativa e realizando o movimento de flexão e extensão do joelho.

Analisando os resultados, constatou-se que esse método é promissor, pois já apresenta o mesmo aspecto qualitativo que os dados experimentais, confirmando a primeira hipótese feita. Contudo, não possui valores tão próximos aos experimentais quanto o da dinâmica inversa, contrariando a segunda hipótese.

Nesse contexto, para trabalhos futuros, pode-se melhorar os resultados medindo-se sinais EMG não apenas dos músculos citados, os quais são mais externos, mas sim de outros internos também com o uso de eletromiografia de agulha.

Referências Bibliográficas

- [1] Peña, G.G., Consoni, L.J., dos Santos, W.M. and Siqueira, A.A.G., 2019. "Feasibility of an optimal emg-driven adaptive impedance control applied to an active knee orthosis". *Robotics and Autonomous Systems*, No. 112, pp. 98–108. doi:10.1016/j.robot.2018.11.011.
- [2] Luca Borgonovi, Denis Mosconi, Adriano A. G. Siqueira. EMG-DRIVEN HUMAN-EXOSKELETON INTERACTION MODEL FOR KNEE FLEXION AND EXTENSION REHABILITATION. 26th ABCM International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2021), November 22-26, 2021, Florianópolis, SC, Brazil.
- [3] dos Santos, W.M., Caurin, G.A.P. and Siqueira, A.A.G., 2017a. "Design and control of an active knee orthosis driven by a rotary series elastic actuator". *Control Engineering Practice*, Vol. 58, pp. 307–318.