



AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE SEGMENTAÇÃO AUTOMÁTICA DE CURVAS DE MOVIMENTOS DO CORPO HUMANO

Henrique Zanette de Souza (PIBITI/CNPq)¹, Hwei Diana Lee^{1,2}, Alexandre Peiter Ferraz¹, Wu Feng Chung (Orientador)^{1,2}

Laboratório de Bioinformática (LABI)/Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)¹, Faculdade de Ciências Médicas (FCM)/Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)²

henrique.souza14@unioeste.br

Objetivos

Implementar e avaliar método para segmentar ciclos de movimento do corpo humano coletados por meio de sensores inerciais.

Métodos e Procedimentos

O método proposto por Wu *et al.* [1], implementado no Sistema de Monitoramento e Análise Remota em Telemedicina (SMMAR-T) [2], propõe a análise de movimentos do corpo humano a partir de dados coletados por sensores inerciais de *smartphones*. Em um dos passos, o especialista define quais períodos do movimento que serão analisadas, indicando pontos de início e final dos ciclos de atividades, descartando períodos irrelevantes. Contudo, caso a quantidade de curvas seja elevada, a seleção de pontos se torna trabalhosa e demorada, dificultando análises e aumentando suscetibilidade de erros. Assim, neste trabalho é proposto o método de seleção automática de pontos dos ciclos do movimento humano. Os dados usados na validação do método foram adquiridos de um sujeito sem lesão na coluna vertebral (CV) utilizando acelerômetro presente em *smartphone* (Samsung/GalaxyA10s/Android 12/2GB RAM) em conjunto com o aplicativo SMMAR-T (Comitê de Ética em Pesquisa CAAE: 35290820.0.0000.0107). Os movimentos realizados foram flexão e hiperextensão do tronco, em posição sentada e ortostática. Cada

atividade foi realizada três vezes totalizando 12 ciclos. Os dados brutos de aceleração vs. tempo (AxT) foram convertidos para ângulo de inclinação vs. tempo (IxT) e processados, automaticamente, pelo SMMAR-T, utilizando-se do filtro de suavização gaussiana. Com isso, um *script* implementado em Python foi utilizado para detectar pontos de início e final do movimento e segmentar os trechos relevantes. A análise do método foi realizada em duas etapas:

- Detecção do valor do parâmetro sigma na suavização gaussiana ($\sigma=2, 3$ ou 5) [3];
- Avaliação das diferenças entre amplitudes e ângulos dos períodos obtidos de modo automático e por dois especialistas.

Os resultados foram analisados utilizando estatística descritiva e analítica com intervalo de confiança de 95%.

Resultados

Na Figura 1 está delineado o gráfico com dados brutos de AxT convertidos para IxT e pontos demarcados pelo profissional, bem como o gráfico que representa dados após suavização gaussiana ($\sigma=2$) com pontos demarcados, automaticamente, pelo *script*. Na Tabela 1 estão apresentados as médias e desvios padrão (DP) da diferença de ângulos definidos pelos especialistas e obtidos automaticamente, assim como o erro em porcentagem da amplitude dos ciclos para $\sigma = 2, 3$ e 5 . Vale ressaltar que os

valores correspondem às médias dos 12 ciclos de atividade realizados.

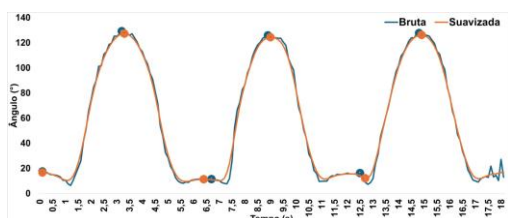


Figura 1: Movimento flexão ortostática da CV com as demarcações automáticas (círculos em laranja) e dos especialistas (círculos em azul).

Tabela 1: Médias e (DP) da diferença de ângulo e erro da amplitude de pontos selecionados.

σ	Diferença Ângulo	Erro da Amplitude em %
2	0,98 (1,46)	1,62 (1,55)
3	0,81 (0,69)	1,44 (1,07)
5	0,77 (0,62)	2,16 (1,64)

O teste de Friedman demonstrou que não há diferença estatisticamente significativa entre os valores de σ tanto na avaliação da diferença dos ângulos demarcados por especialistas com os obtidos automaticamente (p -valor=0,6221), quanto na determinação do erro da amplitude (p -valor=0,0671). No filtro gaussiano, valores maiores de σ resultam em maior suavização com redução dos ruídos que podem influenciar negativamente na detecção, todavia, podem eliminar detalhes importantes das curvas de movimento. Como $\sigma=2$ é o valor que melhor mantém as características das curvas e ainda possibilita a seleção de pontos equivalentes aos demais, esse valor pode ser utilizado como referência padrão. Uma variável relevante para análise dos ciclos é a amplitude, pois podem, como exemplo, ser utilizada na classificação de pacientes hígidos e lesionados [1]. Nesse contexto, foi avaliado se o método de seleção automática era capaz, de modo adequado, determinar a amplitude quando comparado aos especialistas. Como é possível observar na Tabela 1, o erro médio em porcentagem para $\sigma=2$ foi de 1,62%, proporção esta considerada reduzida quando tecidos biológicos são biomecanicamente avaliadas [1,2,3]. Este aspecto pode representar que a seleção automática de pontos é adequada. Vale

ressaltar que o DP elevado das médias ocorreu principalmente devido à escolha dos pontos do movimento flexão ortostática da CV (Figura 1), no qual a variação angular é maior, e mesmo que pontos próximos sejam selecionados, a diferença do ângulo permanecerá elevada. Assim, a avaliação experimental demonstrou que o método proposto é capaz de identificar os pontos a serem selecionados. Este aspecto mostra-se benéfico, pois o uso desse método poderá agilizar o processo de análise de conjuntos de dados volumosos.

Conclusões

Os resultados demonstraram que o método é efetivo e atende ao objetivo proposto. A avaliação experimental revelou que diferentes valores de σ resultam em demarcações automáticas semelhantes das realizadas por especialistas. Os autores atuaram em todas as etapas deste trabalho, aprovam a versão final do resumo e declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa PIC/PIBITI (Edital 03/2024 – PRPPG/Unioeste, Processo 156559/2024).

Referências

- [1] Wu, F.C., Coy, C., Lee, H.D., Maciejewski, N., Ensina, L., Takaki, W., Vicenzi, G., Flauzino, R., Fagundes, J., Ayrizono, M. & Spolaôr, N. (2019). BR INPI 10 2019 015290 7. Método para Monitorar e Analisar Movimentos de Articulações e de Partes do Corpo.
- [2] Coy, C., Lee, H.D., Ensina, L., Rodrigues, M. A., Spolaôr, N., Takaki, W. & Wu, F.C. (2020). BR INPI 51 2020 000583 7. SMMAR-T – Sistema de Monitoramento de Movimentos e Análise Remota em Telemedicina.
- [3] Wolff, C., Steinheimer, P., Warmerdam, E., Dahmen, T., Slusallek, P., Schlinkmann, C., Chen, F., Orth, M., Pohlemann, T. & Ganse, B. (2024). Characteristic Changes of the Stance-Phase Plantar Pressure Curve When Walking Uphill and Downhill: Cross-Sectional Study. *J Med Internet Res* 2, 1-11.