

Melhorias evolutivas para representação de dados coletados de sensores inerciais em figuras tridimensionais em um sistema web de telemedicina

Alexandre Peiter Ferraz (PIBIT/CNPq/Unioeste), Huei Diana Lee (Orientadora),
Weber Shoity Resende Takaki, Wu Feng Chung, e-mail:
alexandre.ferraz@unioeste.br

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Engenharia e Ciências
Exatas/Foz do Iguaçu, PR

Área/subárea: Ciências Exatas e da Terra/Ciência da Computação

Palavras-chave: biomecânica, eHealth, reconhecimento de padrões.

Resumo

O estudo e a análise de movimentos do corpo humano são essenciais, uma vez que permitem diagnosticar doenças e lesões, além de possibilitar uma reabilitação mais rápida, acurada e precisa. Entretanto, as abordagens tradicionais de análise, como as que utilizam goniômetro e eletrogoniômetro, e os métodos encontrados na literatura contemplam parcialmente a análise biomecânica destes deslocamentos. Frente a isso, foi desenvolvido o método para monitorar e analisar movimentos de articulações e de partes do corpo, que utiliza dados de sensores inerciais para a identificação de movimentos padrão, além de prover suporte para a extração de atributos relevantes e representativos dessas atividades. Esse método foi automatizado com a implementação de um sistema computacional, o qual permite também aos profissionais da saúde criar planos de atividade personalizados e acompanhar a realização dessas atividades remotamente e em tempo real. Este trabalho teve como objetivo projetar e implementar melhorias evolutivas para representação de dados coletados por meio de figuras tridimensionais e assim aprimorar o sistema. Os resultados obtidos e avaliados pelos especialistas permitem constatar que as novas implementações aprimoram o sistema para análises e coleta de movimentos do corpo humano.

Introdução

O estudo de movimentos do corpo humano é fundamental, tanto para o diagnóstico e a prevenção de doenças e lesões quanto para o acompanhamento do processo de reabilitação. Os métodos tradicionais para realizar a avaliação de deslocamentos do corpo humano envolvem, geralmente, instrumentos como o goniômetro e permitem analisar movimentos em apenas um plano anatômico por vez (Marques, 2003). Contudo, movimentos mais complexos, como os realizados pelo ombro, ocorrem em três planos anatômicos simultaneamente (Moore *et al.*, 2014).

É possível encontrar na literatura especializada métodos que buscam solucionar essa limitação, como as abordagens que empregam sensores inerciais para a coleta e a análise de dados relativos à movimentação do corpo (Carnevale *et al.*, 2019). No entanto, os métodos propostos nesses trabalhos não permitem que especialistas analisem padrões de movimentos, tampouco realizem comparações entre indivíduos lesionados e ou saudáveis.

Frente a isso, Wu *et al.* (2019) propuseram um método para analisar e criar padrões de movimentos de articulações e partes do corpo visando solucionar os problemas descritos anteriormente. Esse método utiliza dados coletados de sensores inerciais para a determinação de movimentos padrão tridimensionais, seja para um único indivíduo ou para um grupo de pessoas, podendo representar um movimento de uma articulação hígida ou com alteração morfofuncional.

O Sistema de Monitoramento de Movimentos e Análise Remota em Telemedicina (SMMAR-T) foi desenvolvido com o objetivo de automatizar as etapas desse método (Ensina *et al.*, 2021). Esse sistema de telemedicina possibilita aos especialistas da saúde criarem planos de atividades personalizados para cada sujeito, além de permitir o acompanhamento dessas atividades remotamente e em tempo real. Ainda, o programa realiza a extração automática de atributos relevantes dessas curvas, como a área e as acelerações máxima e mínima.

Contudo, após reuniões e avaliações de usabilidade do sistema, foram identificadas melhorias importantes a serem adicionadas à aplicação, entre elas a conversão de dados para outras unidades de medidas e orientação de profissionais da saúde e pacientes utilizando figuras tridimensionais. Assim, esse trabalho teve como objetivo projetar e implementar melhorias evolutivas no SMMAR-T, de modo a aprimorar a experiência do usuário.

Material e Métodos

Os principais materiais e tecnologias utilizados compreendem um notebook Lenovo IdeaPad 3 82MF0004BR com sistema operacional Windows 11, além das linguagens Java, JavaScript e *HyperText Markup Language* (HTML) (Mozilla, 2024), e a biblioteca para exibição de figuras tridimensionais Three.js (Three.js, 2024).

Além disso, reuniões periódicas com especialistas da saúde e da computação foram realizadas com o objetivo de definir e avaliar as novas melhorias e funcionalidades adicionadas ao SMMAR-T.

Resultados e Discussão

As melhorias identificadas e incorporadas ao SMMAR-T compreendem dois conjuntos: (1) Conversão da aceleração, em metros por segundo (m/s^2), para ângulo, em graus ($^\circ$); (2) Representação da posição sensor por meio de modelo tridimensional.

O uso da unidade ângulo da articulação do indivíduo durante a realização dos deslocamentos como parâmetro de análise mostra-se mais próximo da utilizada em clínicas médicas, uma vez que corresponde à mesma unidade obtida utilizando instrumentos como goniômetro. Assim, de modo a facilitar o entendimento por parte de profissionais da saúde, para o primeiro conjunto de melhorias, foi adicionado o botão de alternância que permite alterar a representação do gráfico de aceleração para ângulo nas telas de “Consulta de Movimento Padrão” (Figura 1-A) e “Acompanhamento de Movimentos em Tempo Real” (Figura 2-A).

A principal vantagem dessa conversão está no fato de que, diferente do goniômetro que só mensura a diferença entre os ângulos da posição final e inicial do deslocamento para um único plano, com essa funcionalidade é possível visualizar a variação do ângulo para cada instante de tempo nos três eixos (Marques, 2003).

Outro aspecto, é que, atualmente, o acompanhamento remoto de movimentos é realizado utilizando gráficos de linhas. Contudo, esse modo de apresentação pode dificultar a visibilização e a identificação da atividade que está ocorrendo, principalmente para os profissionais que não estão habituados ao funcionamento dos sensores inerciais. Assim, no segundo conjunto de melhorias, foi adicionada ao sistema a funcionalidade que permite ao profissional acompanhar a realização da

atividade a partir da representação visual da posição do sensor por meio de um modelo tridimensional do *smartphone*, apresentado na Figura 2-B. Por sua vez, na tela de realização de plano de atividade (Figura 2-C), é apresentado para o paciente um avatar tridimensional que indica o posicionamento adequado do celular. O posicionamento correto do *smartphone* permite que as coletas de dados sejam padronizadas para todos os movimentos realizados por um ou mais indivíduos que apresentem características semelhantes, com eixos possuindo mesma direção e sentido. Isso possibilita a construção de movimentos padrão utilizando dados de diferentes indivíduos coletados em sessões distintas.



Figura 1 – Consulta de Movimento Padrão.



Figura 2 – Acompanhamento de atividade e orientação de posição de sensor.

Conclusões

As reuniões com especialistas da área de saúde e computação envolvidos no projeto permitiram constatar que a apresentação da nova medida dos dados em



Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

6 a 8
Nov

Estratégias Sustentáveis
Para Combater as Mudanças Climáticas



ângulo é relevante para análise de movimentos do corpo humano e proporciona uma melhor compreensão para profissionais da área da saúde. Além disso, a orientação do posicionamento do *smartphone* auxilia o indivíduo na correta coleta de dados, possibilitando que avaliações mais precisas e acuradas sejam realizadas. Portanto, avalia-se que os resultados obtidos validam que o objetivo proposto foi atendido.

Agradecimentos

Ao CNPq – bolsa PIC/PIBITI (Edital n.º 08/2023 PRPPG/Unioeste – Processo 145594/2023).

Referências

Carnevale, A., Longo, U.G., Schena, E., Massaroni, C., Presti, D.L., Berton, A., Candela, V. & Vincenzo, D. (2019). Wearable systems for shoulder kinematics assessment: a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders* 20, 546-570.

Ensina, L.A., Lee, H.D., Maciel, M., Spolaôr, N, Takaki, W.S.R, Coy, C.S.R. & Wu, F.C. (2020). Sistema Computacional Web para o Monitoramento de Movimentos em Tempo Real. *Journal of Health Informatics* 12, 189-195.

Marques, A.P. (2003). Manual de goniometria, 2 ed. Barueri: Manole.

Mozilla (2024). Mozilla. <https://developer.mozilla.org/>. Acesso em 25 de setembro de 2024.

Moore, K.L., Dalley, A.F. & Agur, M.R. (2014). Anatomia Orientada para A Clínica, 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Three.js (2024). Three.js. <https://threejs.org/>. Acesso em 25 de setembro de 2024.

Wu, F.C., Coy, C.S.R., Lee, H.D., Maciejewski, N.R., Ensina, L.A., Takaki, W.S.R., Vicenzi, G., Flauzino, R.A., Fagundes, J.J., Ayrizono, M.L.S. & Spolaôr N. (2019). BR Patente INPI 10 2019 015290 7.