Projeto SIREN: uma visão geral e resultados experimentais preliminares

Ana Sofia Machado[1], Autor 2[2], Autor 3[1], Autor 4[2], Autor 5[1]

[1] RISE-Health, Centro de Investigação em Saúde Translacional e Biotecnologia Médica (TBIO), Escola Superior de Saúde, Universidade Técnica do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 400, 4200-072, Porto, Portugalo
[2] CIETI, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Universidade Técnica do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4249-015 Porto, Portugal | Apresentador: Ana Sofia Machado · assm@ess.ipp.pt

Introdução

O projeto SIREN *(Safety & Incident Response for building Emergency Networks*) visa melhorar a resposta a emergências através da integração das tecnologias de Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial (IA) para monitorizar os bombeiros e avaliar a sua fadiga e prontidão operacional. Ao fornecer indicadores do estado fisiológico e biomecânico, espera-se que o sistema a desenvolver permita reduzir a incidência de acidentes e apoie a tomada de decisão pelos postos de comando.
Este primeiro protocolo pretende caracterizar padrões da locomoção e posturais utilizando palmilhas instrumentadas, como um passo preliminar para o desenvolvimento de capacidades de reconhecimento de atividades baseadas em dispositivos vestíveis.



Fig. 1 Integração de Sensores Wearable no Equipamento Proteção Individual (EPI) do bombeiro

Metodologia

- ✓ Aprovado Comissão Ética.
- ✓ Participantes assinaram e compreenderam consentimento informado.
- ✓ Amostra: 55 indivíduos
  - ✓ 36 sexo feminino
  - ✓ 19 sexo masculino
- ✓ Idades: 19 e os 61 anos (média ± DP: 28,64 ± 9,54 anos)
- ✓ Critérios de inclusão:
  - ✓ indivíduos voluntários com idade superior a 18 anos;
  - ✓ sem lesão musculoesquelética recente declarada;
  - ✓ sem patologia cardiovascular e/ou osteoarticular conhecida e/ou declarada pelo participante
- ✓ Monitorização:
  - ✓ *WiseWalk®* (WiseWare Solutions, Aveiro, Portugal) > frequência de aquisição de 100 Hz
  - ✓ *Polar® H10* (Polar Electro, Kempele, Finlândia) > frequência de aquisição de 50 Hz.
- ✓ Dados processados em *Python* para segmentar as atividades em janelas de tempo contínuas de 20 segundos
- ✓ Simulação de tarefas locomotoras com movimentos típicos de operações de resgate urbano dentro de um edifício

Resultados e Discussão

A classificação combinou três variáveis: pressão plantar (ADC, 0–4095), cadência (passos/min) e inclinação do tronco. As posturas foram distinguidas pela combinação destas variáveis; nas tarefas dinâmicas, a cadência diferenciou a marcha normal (40–100), a marcha rápida (100–130) e a corrida (>130 passos/min). As escadas (40–90 passos/min) foram identificadas pelo padrão periódico no eixo vertical da unidade de medição inercial (IMU).
Os resultados demonstram que o tempo de passada e o tempo de apoio diminuíram com o aumento da velocidade, sendo mais curtos na corrida. Nas escadas, os valores foram próximos dos da marcha normal, com maior variabilidade interindividual. As limitações que salientamos foi o ruído ocasional que originou janelas indeterminadas e a semelhança entre alguns padrões que dificulta a distinção entre marcha rápida e escadas.

Tab. 1 Comparação dos parâmetros temporais da marcha entre diferentes tarefas locomotoras simuladas.

Tarefa	Passo ± DP(s)	Postura ± DP(s)	Swing ± DP(s)	LR ± DP (s)	AP ± DP (s)	Passo ± DP (s)	Voo ± DP (s)
Caminhada normal	1.12 ± 0.07	0,70 ± 0,05	0,42 ± 0,03	0,13 ± 0,02	0,27 ± 0,03	0,56 ± 0,04	0,19 ± 0,07
Caminhada rápida	0,99 ± 0,06	0,61 ± 0,04	0,37 ± 0,03	0,11 ± 0,02	0,24 ± 0,03	0,50 ± 0,06	0,17 ± 0,07
Corrida leve	0,75 ± 0,04	0,34 ± 0,05	0,41 ± 0,04	0,07 ± 0,01	0,17 ± 0,03	0,41 ± 0,09	0,10 ± 0,09
Subir/descer escadas	1.08 ± 0.11	0,68 ± 0,08	0,40 ± 0,03	0,15 ± 0,02	0,27 ± 0,04	0,54 ± 0,05	0,18 ± 0,08

Valores apresentados como média ± desvio padrão (segundos). LR: resposta de carga; AP: propulsão ativa. O método de estar em pé, sentado, deitado de costas e agachado foram classificados como posturas estáticas pelo algoritmo.



Fig. 2 Tarefas locomotoras e posturais simuladas

Conclusão

A principal contribuição deste trabalho reside na demonstração prática de que a monitorização biomecânica através da fusão de dados multissensoriais de palmilhas de pressão plantar e IMUs é uma solução *wearable* viável, com precisão e operacionalidade adequadas para a monitorização e classificação automática de tarefas em cenários de emergência. O trabalho demonstra que a aplicação de algoritmos baseados em limiares bem definidos de cadência, magnitude da pressão plantar e inclinação do tronco ultrapassa as limitações das metodologias subjetivas, oferecendo um mapeamento contínuo e em tempo real dos padrões de movimento dos operadores. Além disso, cria uma base metodológica e tecnológica para a futura implementação destes algoritmos diretamente nos microcontroladores de dispositivos *wearable* instrumentados para monitorização de socorristas.
Atualmente apenas se apresentam dados relativos à biomecânica da locomoção, no entanto, em conjunto, estes protocolos estabelecem um quadro experimental para monitorização multimodal e a avaliação futura da fadiga e prontidão operacional dos bombeiros em condições exigentes.

Referências bibliográficas

- *Games, K. E., Winkelmann, Z. K., McGinnis, K. D., McAdam, J. S., Pascoe, D. D., & Sefton, J. M. (2020). Functional performance of firefighters after exposure to environmental conditions and exercise. Journal of Athletic Training, 55(1), 71–79. https://doi.org/10.4085/1062-6050-75-18*
- *Babangida, A. A., Caraballo-Arias, Y., Decataldo, F., & Violante, F. S. (2025). Advancing occupational medicine through wearable technology: A review of sensor systems for biomechanical risk assessment and work-related musculoskeletal disorder prevention. ACS Sensors, 10(8), 5410–5432. https://doi.org/10.1021/acssensors.5c01578*
- *Tudor-Locke, C., Mora-Gonzalez, J., Ducharme, S. W., Aguiar, E. J., Schuna, J. M., Jr., Barreira, T. V., Moore, C. C., Chase, C. J., Gould, Z. R., Amalbert-Birriel, M., Chipkin, S. R., & Staudenmayer, J. (2021). Walking cadence (steps/min) and intensity in 61–85-year-old adults: The CADENCE-Adults study. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 18(1), 129. https://doi.org/10.1186/s12966-021-01199-4*

Financiamento

ITEA 4 COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia