



DOI 10.20396/conex.v17i0.8657898

Artigo Original

Utilização de smartphone com sensores inerciais para mensurar o controle postural na paracanoagem: resultados preliminares

Elionaldo Bringel de Lima¹ Hiandra da Silva Pereira¹ Samuel da Silva Lima¹ Débora de Souza Araújo¹ Natanael Pereira Barros¹ Leonardo Gasques Trevisan Costa¹ 

RESUMO

Introdução: O controle postural é um componente motor essencial para o desempenho na paracanoagem. No entanto, os protocolos comumente utilizados para avaliar essa variável possuem elevado custo, dificuldade de aplicação em ambiente de campo e difícil operacionalização. **Objetivo:** analisar a aplicabilidade dos sensores inerciais presente em smartphones para mensurar o controle postural na paracanoagem. **Método:** a amostra foi composta por seis praticantes de paracanoagem do sexo masculino com deficiência motora e faixa etária de $31,3 \pm 7,1$ anos. O protocolo experimental consistiu em acoplar um smartphone na embarcação e, foi utilizado o aplicativo Sensor Kinects Pro para mensurar os valores do giroscópio para registrar os deslocamentos angulares em duas condições: 1) com as mãos em apoio nos membros inferiores e 2) com as mãos segurando um remo de canoagem. **Resultados e discussão:** Os resultados demonstraram elevados valores de rotação de acordo com o comprometimento motor, sendo observado acréscimo dos valores de rotação em todas as classificações de deficiência da amostra quando submetida à posição sem apoio dos membros superiores. **Conclusões:** Os sensores inerciais do aparelho celular apresentaram poder discriminatório para identificar as diferenças de deslocamento angular do eixo X em diferentes condições e classificações funcionais da paracanoagem.

Palavras-chaves: Sensores inerciais. Controle postural. Paracanoagem.

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina – PE, Brasil.

Correspondência:

Elionaldo Bringel de Lima, Universidade Federal do Vale do São Francisco, (UNIVASF), Campus de Petrolina, Av. José de Sá Maniçoba, S/N, CEP 56304917, Petrolina – PE, Email: elion.bringelef@hotmail.com.

Recebido em: 17 dez. 2019

Aprovado em: 19 fev. 2020

Use of smartphone with inertial sensors to measure postural control in paracanoe: preliminary results

ABSTRACT

Introduction: Postural control is an essential motor component for paracanoe performance. However, the protocols commonly used to evaluate this variable have a high cost, the difficulty of application in the field environment and difficult operationalization. **Objective:** to analyze the applicability of inertial sensors of smartphones to measure postural control in paracanoe. **Method:** The sample consisted of 6 male paracanoe practitioners with motor disability and an age range of 31.3 ± 7.1 years. The experimental protocol consisted of attaching a smartphone to the vessel and the Sensor Kinects Pro app was used to measure the values of the gyroscope to record the angular displacements in two conditions: 1) with the hands supporting the lower limbs and 2) with the hands holding a canoeing row. **Results and discussion:** The results showed high rotation values according to motor impairment, with an increase in rotation values in all deficiency classifications of the sample when submitted to the position without the support of the upper limbs. **Conclusion:** Cell phone sensors had discriminatory power to identify differences in angular displacement of the X-axis in different conditions and functional classifications of paracanoe.

Keywords: Inertial sensors. Postural control. Paracanoe

Uso de teléfonos inteligentes con sensores inerciales para medir el control postural en paracanoagem: resultados preliminares

RESUMEN

Introducción: el control postural es un componente motor esencial para el rendimiento en paracanoagem. Sin embargo, los protocolos comúnmente utilizados para evaluar esta variable son costosos, difíciles de aplicar en el entorno de campo y difíciles de operar. **Objetivo:** analizar la aplicabilidad de los sensores inerciales presentes en los teléfonos inteligentes para medir el control postural en paracanoagem. **Método:** La muestra consistió en 06 practicantes de paracanoagem masculino con discapacidad motora y grupo de edad 31.3 ± 7.1 años. El protocolo experimental consistió en acoplar un teléfono inteligente en el bote y la aplicación Sensor Kinects Pro se usó para medir los valores del giroscopio para registrar desplazamientos angulares en dos condiciones: 1) con las manos apoyadas en las extremidades inferiores y 2) con las manos sosteniendo una canoa de remo. **Resultados y discusión:** Los resultados mostraron altos valores de rotación de acuerdo con la deficiencia motora, observándose un aumento de los valores de rotación en todas las clasificaciones de discapacidad de la muestra cuando se presentaron a la posición sin soporte de las extremidades superiores. **Conclusiones:** los sensores del dispositivo celular tenían un poder discriminatorio para identificar las diferencias de desplazamiento angular del eje X en diferentes condiciones y clasificaciones funcionales de paracanoagem.

Palabras Clave: Sensores inerciales. Control postural. Paracanoagem

INTRODUÇÃO

A paracanoagem consiste em remar utilizando um caiaque e equipamentos ou tecnologia assistiva que permitam a participação de pessoas com deficiência (MAGNANINI, 2016). Esse esporte teve a sua estreia como modalidade paralímpica nos jogos Paralímpicos de 2016 com disputas de velocidade em provas de 200 metros para pessoas com deficiência motora. Desde então, tem aumentado o interesse de pesquisas para promover a melhora no desempenho dos atletas (ELLIS *et al.*, 2017).

Segundo Edwards *et al.* (2019), apesar da semelhança com a canoagem de velocidade, a paracanoagem apresenta singularidades devido às características individuais oriundas da deficiência motora que são divididas em três classes funcionais:

- KL1: utilizam apenas membros superiores;
- KL2: capazes de utilizar membros superiores e tronco;
- KL3: capazes de utilizar membros inferiores, superiores e tronco.

Para Pensgaard *et al.* (2002), a manutenção do controle postural ou estabilização da embarcação torna-se mais desafiadora quando realizada por pessoas com deficiência motora devido aos comprometimentos motores. Sendo necessário que o atleta apresente adequado desempenho dessa habilidade quando submetido a fatores ambientais para atingir um rendimento ideal de remada (HAMACHER *et al.*, 2018).

O controle postural é comumente mensurado por meio do centro de pressão (COP) através da plataforma de força. Entretanto, esse equipamento possui elevado custo, baixa especificidade com modalidades esportivas e difícil transporte, o que impossibilita a aplicação em ambientes de campo (HSIEH *et al.*, 2019).

Por outro lado, os sensores inerciais se apresentam como um instrumento portátil, não invasivo, com elevada precisão e que podem ser fixados nos sujeitos ou nos equipamentos para mensurar o controle postural (JOHNSTON *et al.*, 2019). Atualmente, os sensores inerciais estão presentes nas últimas gerações de smartphones e existem aplicativos que permitem utilizar, gravar, transferir e exibir as informações do acelerômetro e do giroscópio, que avaliam variáveis físicas relacionadas ao movimento do corpo e suas medidas podem ser utilizadas para estimar parâmetros temporais, cinemáticos e dinâmicos (PATTERSON *et al.*, 2014).

Com isso, o aparelho celular apresenta elevado potencial para mensurar componentes do movimento humano em contextos clínicos, laboratoriais e de campo. Adicionalmente, têm demonstrado validade para avaliação do desempenho motor no contexto esportivo, sendo de fácil manuseio e financeiramente acessível (CAMOMILLA *et al.*, 2018). Nesse sentido, o objetivo da presente pesquisa foi investigar a aplicabilidade dos sensores inerciais presentes em smartphones para mensurar o controle postural estático de pessoas com deficiência motora praticantes de paracanoagem.

MÉTODO

A presente pesquisa se caracteriza como estudo de caso, descritiva e com delineamento transversal (THOMAS *et al.*, 2012). Para a composição da amostra, adotou-se o critério de conveniência, sendo convidados a participar 06 pessoas com deficiência motora do sexo masculino matriculados no projeto de extensão de paracanoagem ofertado pelo Colegiado de Educação Física da Universidade Federal do Vale do São Francisco, campus Petrolina – Pernambuco.

O presente estudo obedeceu a resolução do Conselho Nacional de Saúde (nº 196/96), inicialmente, foi realizada uma reunião com os participantes para apresentar os objetivos da pesquisa, esclarecer questões éticas, proteção da privacidade dos voluntários e possíveis dúvidas. Depois de extinguir todos os questionamentos, os interessados assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e foram convidados a responder uma anamnese contendo questões de identificação pessoal, sexo, data de nascimento, classificação da deficiência motora, etiologia, tempo de deficiência e de prática da modalidade.

Para avaliar o controle postural por meio de sensores inerciais, um celular Samsung Galaxy 9 (SM-G9600, Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, South Korea) foi acoplado próximo ao cockpit da embarcação (k1 paracanoagem). Este aparelho é equipado com android 9 One UI, processador MSM8998, unidade de monitoramento inercial LSM330DLC com sensores triaxiais de giroscópio.

No aparelho celular, foi utilizado o aplicativo *Sensor Kinects Pro* (versão 2.1.2, INNOVENTIONS Inc., Houston, USA) para mensurar os valores do giroscópio que registrou os deslocamentos angulares (graus/s) do eixo X com 25Hz de frequência. O controle do equipamento foi efetuado remotamente através de um computador com a utilização do software *Samsung Flow* (Samsung Electronics Co, Ltd.).

Após a instalação do equipamento na embarcação por meio de um suporte articulado universal para celular, o avaliado foi convidado a manter a posição sentada no cockpit com o tronco a aproximadamente 90°. Posteriormente, foi

orientado a manter posição estática na embarcação durante 60 segundos em duas condições: 1) com as mãos repousando nos membros inferiores e, 2) com os braços elevados e flexão dos cotovelos em aproximadamente 90° com as mãos segurando um remo de canoagem.

Os participantes foram avaliados na condição de olhos abertos e instruídos a manter o olhar em um ponto fixo. Foram realizadas três tentativas em cada posição com intervalo de 2 minutos entre elas, sendo computado o melhor resultado. Para promover maior confiança e segurança aos participantes, foram acoplados dois flutuadores laterais na embarcação (Figura 1).

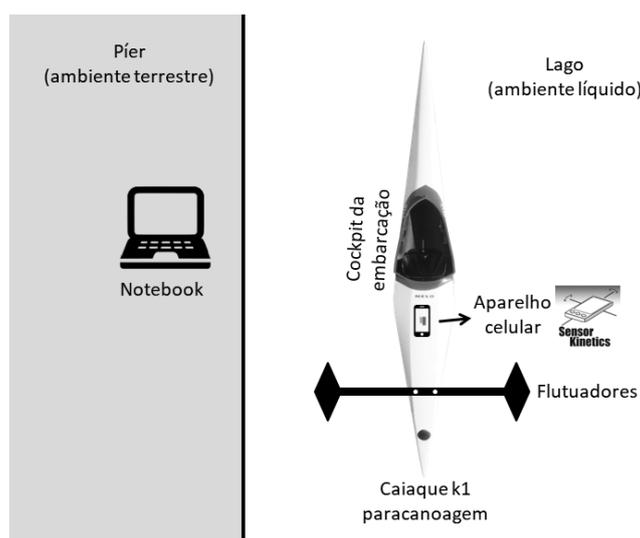


Figura 1 - Demonstração do protocolo de avaliação do controle postural por meio dos sensores inerciais presentes no aparelho celular.

Para análise estatística, os dados do giroscópio obtidos pelos sensores inerciais foram multiplicados por 1.000 devido ao tamanho reduzido dos valores. Posteriormente, recorreu-se a estatística descritiva de tendência central e dispersão. Por fim, adotou-se representação gráfica dos valores do giroscópio categorizados pela classificação da deficiência. Todas as análises foram realizadas por meio do programa *GraphPad Prism*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de caracterização da amostra desse estudo são apresentados na Tabela 1. Participaram 06 pessoas com deficiência motora (n= 02 tetraplegia, n= 02 paraplegia e, n= 02 amputação transfemoral esquerda) do sexo masculino e faixa etária de 31,3±7,1 anos, com 8±6 anos de deficiência adquirida e 2 meses de tempo de prática de paracanoagem.

Tabela 1 - Caracterização da amostra do estudo em relação a classificação da deficiência, faixa etária, tempo de deficiência e experiência com a paracanoagem

Sujeito	Deficiência	Classificação	Idade (anos)	Tempo de deficiência (anos)	Tempo de prática (meses)
01	Tetraplegia	C4 Parcial	33	05	02
02	Tetraplegia	C6 Parcial	25	02	02
03	Paraplegia	T1 Parcial	27	14	02
04	Paraplegia	T6 Parcial	38	14	02
05	AMI	Transfemoral esquerda	24	01	02
06	AMI	Transfemoral esquerda	41	12	02

AMI: Amputação de membros inferiores.

Na Figura 2 são apresentados os valores de deslocamento de rotação do eixo X na posição 1 (com as mãos repousando nas pernas), categorizados pela classificação da deficiência motora. Inicialmente, nota-se que a dispersão dos deslocamentos em graus/segundo apresentou valores positivos e negativos, demonstrando que os sujeitos realizaram deslocamentos laterais tanto para a direita (positivo) quanto para a esquerda (negativo).

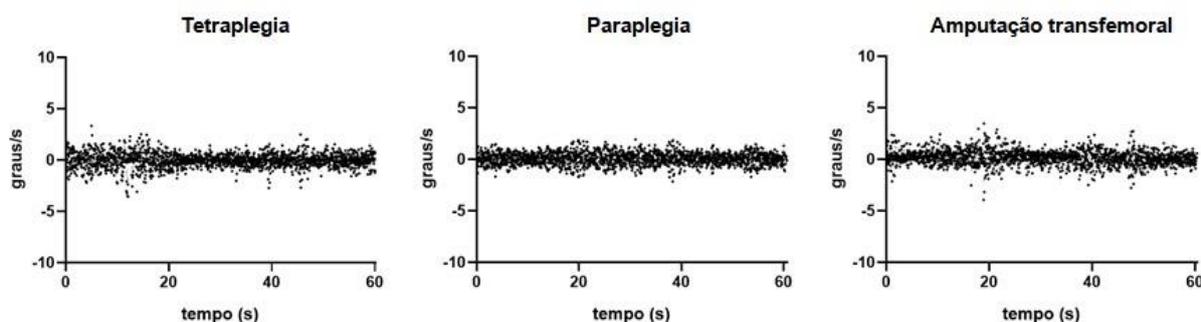


Figura 2 - Valores de dispersão (graus/s) dos deslocamentos do eixo X na condição de mãos repousando nas pernas.

Em relação ao controle postural, observa-se maior simetria no grupo paraplegia, tetraplegia e amputação, respectivamente. Sendo que a categoria paraplegia apresentou menores valores de tendência central e dispersão de deslocamento médio lateral (mínimo: -1,1; máximo: 1,2; amplitude: 2,3) quando comparados a tetraplegia (mínimo: -1,8 máximo: 1,5; amplitude: 3,4) e amputação transfemoral (mínimo: -2,1; máximo: 2,1; amplitude: 4,2).

Sugere-se que o grupo amputação transfemoral apresentou maiores valores de deslocamento na posição 1 devido as avaliações terem sido realizadas sem a utilização de prótese de membros inferiores.

Na Figura 3 são apresentados os valores de tendência central e dispersão dos deslocamentos angulares do eixo X na posição 2 (segurando um remo). Observa-se maior assimetria no controle postural quando comparado a posição 1 (figura 2) para todos os grupos da amostra (tetraplegia, paraplegia e amputação transfemoral).

Milosevic *et al.* (2017) avaliaram o equilíbrio corporal por meio do centro de pressão de pessoas com lesão medular em diferentes posições (com apoio das mãos nos membros inferiores, com os braços cruzados apoiados no tórax e com os braços sem apoio). Os autores observaram maiores valores de oscilação quando os membros superiores não estavam apoiados nos membros inferiores ou no tórax, sugerindo o aumento das demandas para manutenção do controle postural durante posições sem suporte.

Em concordância com os achados do presente estudo, Minkel (2000), em suas considerações sobre assentos e mobilidade, identificou que pessoas com lesão medular no nível cervical (C5-C8) tendem a usar as extremidades superiores do corpo para apoio e, quando elevam os braços, podem perder o controle postural. O que pode explicar a diferença encontrada entre as posições 1 e 2.

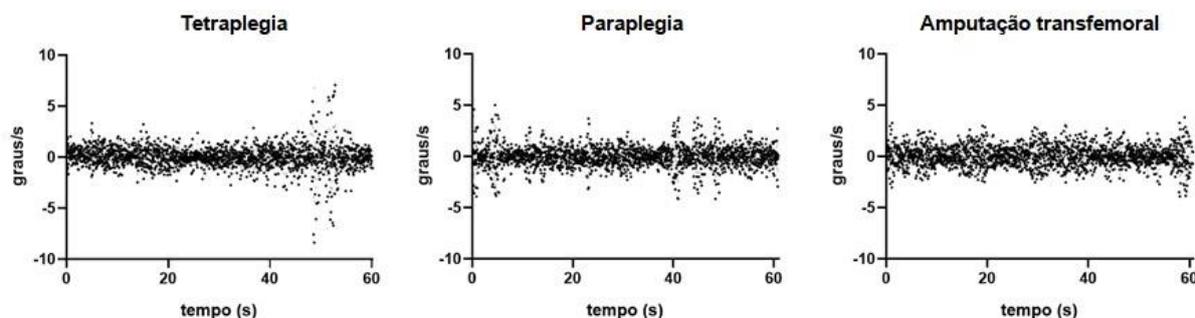


Figura 3 - Valores de dispersão (graus/s) dos deslocamentos do eixo X na condição de mãos segurando um remo de canoagem.

Em relação aos valores máximos de tendência central e dispersão, verifica-se acréscimo de acordo com o comprometimento motor, sendo os maiores registros para tetraplegia (mínimo: -6,9; máximo: 9,8; amplitude: 13,8), paraplegia (mínimo: -2,7; máximo: 3,0; amplitude: 5,7) e amputação transfemoral (mínimo: -2,3; máximo: 2,3; amplitude: 4,7), respectivamente.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com a literatura que demonstra melhor controle postural de pessoas com lesão medular baixa quando comparadas a sujeitos com lesão medular alta. Chen *et al.* (2003) analisaram o controle postural estático e dinâmico de 30 pessoas de ambos os sexos com lesão medular (torácica 3 a 12) com faixa etária média de $33,9 \pm 10$ anos e 7 anos de deficiência adquirida, utilizando um dispositivo portátil (Balance Performance Monitor), que avalia o status do suporte de peso de um sujeito sentado em uma placa de força. Os autores verificaram que indivíduos com lesão

medular baixa apresentam melhor controle postural estático e dinâmico quando comparado com aqueles que possuem lesão medular alta.

Shin e Sosnoff (2013) analisaram o controle postural estático de 18 pessoas de ambos os sexos com lesão medular, 11 indivíduos com lesão baixa (T11 a L4) e sete indivíduos com lesão alta (T10 a T4), com faixa etária variando dos 19 aos 27 anos de idade. Para mensurar o controle postural, os autores utilizaram uma plataforma de força para avaliar o centro de pressão. Os resultados demonstraram que as pessoas com lesão medular alta atingiram maior instabilidade postural em relação as pessoas com lesão medular baixa. Isso pode ocorrer devido ao fato de pessoas com lesão medular alta, recorrerem a novas estratégias para manterem o controle do equilíbrio corporal, utilizando somente as musculaturas preservadas e não convencionais para a manutenção da postura (GRIGORENKO *et al.*, 2004; GRANGEON *et al.*, 2012).

De acordo com os resultados do presente estudo, observa-se que os sensores inerciais apresentaram sensibilidade para mensurar as diferenças de controle da embarcação conforme a classificação da deficiência motora e em diferentes condições. Han *et al.* (2016), avaliaram a confiabilidade de medição da capacidade de equilíbrio dinâmico através do aplicativo *Sensor Kinetics Pro* (Ver.2.1.2, INNOVENTIONS Inc., EUA 2015), e concluíram que seus resultados com o uso de aplicativos para smartphones têm potencial necessário para a medição do controle postural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle postural é uma das variáveis que podem influenciar o desempenho motor dos atletas de paracanoagem. No entanto, os protocolos comumente utilizados para mensurar o controle postural possuem elevado custo de material e dificuldade de aplicação em ambientes de campo. Com isso, o objetivo do presente estudo foi investigar a aplicabilidade dos sensores inerciais presentes em smartphones para mensurar o controle postural estático de pessoas com deficiência motora praticantes de paracanoagem.

Conclui-se que o protocolo experimental de avaliação do controle postural adotado nessa investigação teve poder discriminatório para identificar as diferenças de deslocamento angular do eixo X em diferentes condições e classificações funcionais da deficiência motora.

Além disso, demonstrou ser de fácil operacionalização, baixo custo e elevada proximidade com a realidade da prática esportiva, evidenciando ser uma nova ferramenta para auxiliar nas avaliações, planejamento e acompanhamento do desempenho de atletas da paracanoagem.

AGRADECIMENTOS

Apoio financeiro da Pró-reitoria de Extensão da Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Diretoria da Paracanoagem da Confederação Brasileira de Canoagem pelo apoio na execução da modalidade em Petrolina – PE.

REFERÊNCIAS

- CAMOMILLA, Valentina; BERGAMINI, Elena; FANTOZZI, Silvia; VANNOZZI, Giuseppe. Trends supporting the in-field use of wearable inertial sensors for sport performance evaluation: a systematic review. *Sensors*, v. 18, n.3, p. 1-50, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/3/873>.
- CHEN, Chiung-Ling; YEUNG, Kwok-Tak; BIH, Liu-Ing; WANG, Chun Hou; CHEN, Ming-L; CHIEN, Jung. Chung. The relationship between sitting stability and functional performance in patients with paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil*, v. 84, n. 9, p. 1276-81, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003999303002004>.
- EDWARDS, John; BJERKEFORS, Anna; ROSEN, Johanna; TARASSORA, Olga. Paracanoe. *Handbook Of Sports Medicine And Science*, [s.l.], p.106-115, 18 jan. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/9781119097198.ch9>
- ELLIS, Shelley; CALLAWAY, Andrew; DYER, Bryce. The influence of lowerlimb prostheses technology on Paracanoeing time-trial performance. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, v.13, n.6, p. 568-574, 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17483107.2017.1357052>
- GRANGEON, Murielle; GAGNON, Dany; GAUTHIER, Cindy; JACQUEMIN, Géraldine; MASANI, Kei; POPOVIC, Milos R. Effects of upper limb positions and weight support roles on quasi-static seated postural stability in individuals with spinal cord injury. *Gait & Posture*, v. 36, n. 3, p. 572-579, jul. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636212001658>
- GRIGORENKO, Anatoli; BJERKEFORS, Anna; ROSDAHL, Hans G.; HULTLING, Claes; ALM, Marie; THORSTENSSON, Alf. Sitting balance and effects of kayak training in paraplegics. *Journal Of Rehabilitation Medicine*, v. 36, n. 3, p. 110-116, 2004. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Sitting-balance-and-effects-of-kayak-training-in-Grigorenko-Bjerkefors/2b823da0ccbaea6457029388d24b65f7b99447a2>
- HAMACHER, Daniel; KREBS, Tobias; MEYER, Guido; ZECH, Astrid. Does local dynamic stability of kayak paddling technique affect the sports performance? A pilot study. *European Journal of Sport Science*, v. 18, n. 4, p. 491-496, 2018. doi:10.1080/17461391.2018.1435726. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17461391.2018.1435726>
- HAN, Seulki; LEE, Daehee; LEE, Sangyong. A study on the reliability of measuring dynamic balance ability using a smartphone. *Journal Of Physical Therapy Science*, [s.l.],

v. 28, n. 9, p. 2515-2518, 2016. Disponível em:

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/28/9/28_jpts-2016-346/article/-char/ja/.

HSIEH, Katherine L.; ROACH, Kathleen L.; WAJDA, Douglas A.; SOSNOFF, Jacob J. Smartphone technology can measure postural stability and discriminate fall risk in older adults. *Gait & Posture*, v. 67, p. 160-165, 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636218304521>

JOHNSTON, William; O'REILLY, Martin; ARGENT, ROB; CAULFIELD, Brian. Reliability, Validity and Utility of Inertial Sensor Systems for Postural Control Assessment in Sport Science and Medicine Applications: A Systematic Review. *Sports Medicine*, v. 59, n. 5, p. 783-818, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40279-019-01095-9>

MAGNANINI, Angela. Inclusive sport possibilities: educational study on Paracanoe. *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, v. 2, n. 1, p. 170-177, 2016. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/intjces/issue/25669/270738>

MILOSEVIC, Matija; GAGNON Dany H.; GOURDOU, Philippe; NAKAZAWA, Kimitaka. Postural regulatory strategies during quiet sitting are affected in individuals with thoracic spinal cord injury. *Gait & Posture*, v. 58, p. 446-452, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966636217308883>

MINDEL, Jean L. Seating and Mobility Considerations for People With Spinal Cord Injury. *Physical Therapy*, [s.l.], p. 701-709, 1 jul. 2000. Disponível em:

<https://academic.oup.com/ptj/article/80/7/701/2842522>

PATTERSON, Jeremy, A.; AMICK, Ryan Z.; THUMMAR, Tarunkumar; ROGERS Michael E. Validation of measures from the smartphone sway balance application: a pilot study. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, v. 9, n. 2, p. 135-139, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4004118/>

PENSGAARD, Anne Marte; SORENSEN, Marit. Empowerment through the sport prostheses technology on Paracanoeing time-trial performance. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, v. 13, n. 6, p. 568-574, 2017. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17483107.2017.1357052>

SHIN, Sunghoon; SOSNOFF, Jacob J. Spinal cord injury and time to instability in seated posture. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2013, v. 94, n. 8, p. 1615-1620. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003999313001330>

THOMAS, Jerry R.; NELSON, Jack K.; SILVERMAN, Stephen J. *Métodos de pesquisa em atividade física*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.