

## **Effectiveness of Wearable Electronic Device for Fall Risk Prevention in Community Elderly: A Literature Review**

### **Efektivitas Wearable Electronic Device untuk Pencegahan Risiko Jatuh Pada Lansia di Komunitas: A Literature Review**

**Kadek Dewi Cahyani<sup>1\*</sup>, Sukihananto<sup>2</sup>, Astuti Yuni Nursasi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Magister Ilmu Keperawatan, Fakultas Ilmu Keperawatan, Universitas Indonesia;

<sup>2,3</sup> Departemen Keperawatan Komunitas, Fakultas Ilmu Keperawatan, Universitas Indonesia;

\*korespondensi: k.dewicahyanil@gmail.com;

**Abstract:** *The increasing incidence of falls in the elderly has become a global health issue. The development of wearable electronic device technology is able to monitor daily activities, measure step counts, physical activity levels, and even sleep patterns of the elderly, while providing early warnings when changes occur that may increase the risk of falls. The aim is to see the effectiveness of using wearable electronic devices in preventing the risk of falls in the elderly in the community. PICO in this study is Population: Community-dwelling elderly, Intervention: wearable electronic device, Comparisons: none, and Outcome: fall prevention. Researchers used 3 search data sources, namely Embase, Pubmed, and Science Direct. The inclusion and exclusion criteria of this study are literature published in electronic data sources from 2018-2023, is a type of quantitative research, the elderly population in the community, English language and available in full text. This literature review includes ten articles that discuss the utilization of wearable electronic device technology, the types of wearable devices used include Inertial Measurement Units (IMU), biosensors, and accelerometers to evaluate the mobility, gait, and balance of the elderly. This literature review shows that wearable electronic device technology can effectively detect falls and motorize the incidence of falls in the elderly.*

**Keywords:** *Elderly; Fall Prevention; Electronic Devices*

**Abstrak:** Peningkatan insiden jatuh pada lanjut usia telah menjadi permasalahan kesehatan global. Perkembangan teknologi perangkat elektronik yang dapat dikenakan (wearable electronic device) perangkat ini mampu memantau aktivitas sehari-hari, mengukur jumlah langkah, tingkat aktivitas fisik, dan bahkan pola tidur para lansia, sambil memberikan peringatan dini ketika terjadi perubahan yang dapat meningkatkan risiko terjatuh. Tujuan adalah untuk melihat efektivitas penggunaan wearable electronic device dalam mencegah risiko jatuh pada lansia di komunitas. PICO dalam penelitian ini yaitu Population: Community-dwelling elderly, Intervention: wearable electronic device, Comparisons: tidak ada, dan Outcome: fall prevention. Peneliti menggunakan 3 sumber data pencarian yaitu Embase, Pubmed, dan Science Direct. Kriteria inklusi dan eksklusi penelitian ini adalah literatur terbit pada sumber data elektronik dari tahun 2018-2023, merupakan jenis penelitian kuantitatif, populasi lansia di komunitas, berbahasa inggris dan tersedia dalam teks lengkap. Literatur review ini mencakup sepuluh artikel yang membahas pemanfaatan teknologi perangkat elektronik yang dikenakan, jenis perangkat wearable yang digunakan meliputi Unit Pengukuran Inersia (IMU), biosensor, dan akselerometer untuk mengevaluasi mobilitas, cara berjalan, serta keseimbangan para lansia. Tinjauan literatur ini menunjukkan bahwa teknologi wearable electronic device secara efektif dapat mendeteksi jatuh dan memotor kejadian jatuh pada lansia.

**Kata Kunci :** Lansia; Pencegahan Jatuh; Perangkat Elektronik

#### **PENDAHULUAN**

Secara global kejadian jatuh menjadi masalah nomor satu dan merupakan masalah umum yang harus dievaluasi oleh para profesional kesehatan (Strini et al., 2021; WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age, n.d.). Satu dari tiga lansia

yang tinggal dikomunitas berpotensi mengalami kejadian jatuh satu kali dalam setahun. Kejadian jatuh banyak terjadi pada lansia yang berusia 65 tahun dan meningkat sebanyak 40% pada individu yang berusia 85 tahun keatas (Akyol, 2007; Ang et al., 2020; Pengpid & Peltzer, 2018). Jatuh sering

dianggap sebagai masalah kesehatan karena mengakibatkan kecacatan dan berdampak terhadap fungsi kemandirian, kualitas hidup yang berhubungan dengan morbiditas, mortalitas, dan biaya kesehatan (Montero-Odasso et al., 2022; Rodrigues et al., 2022).

Keamanan dan kesejahteraan lansia bisa dikolaborasikan menggunakan teknologi. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi wearable electronic device telah berkembang secara pesat dan membuka peluang baru dalam mencegah risiko jatuh (Chen et al., 2022). Perangkat yang biasa digunakan dengan menggabungkan akselerometer, giroskop, dan barometer dalam mengumpulkan data dan memasukan ke dalam algoritma dalam menentukan kejadian jatuh (Warrington et al., 2021). Penggunaan teknologi dapat memberikan berbagai manfaat yang signifikan dalam menjaga lansia tetap aman di komunitas.

Salah satu manfaat utama dari teknologi wearable dalam pencegahan jatuh pada lansia adalah kemampuannya untuk memantau aktivitas sehari-hari. Perangkat wearable dapat mengukur langkah, tingkat aktivitas fisik, dan bahkan pola tidur lansia (Camp et al., 2020). Data ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola-pola yang berisiko dan memberikan peringatan dini jika terdeteksi adanya perubahan yang dapat menyebabkan risiko jatuh (González-Cañete & Casilari, 2021).

Selain itu, perangkat wearable dapat memberikan pengingat untuk bergerak, atau menjalani latihan fisik, yang dapat membantu lansia menjaga kesehatan mereka (Lee et al., 2021). Review mengenai wearable electronic device untuk mencegah risiko jatuh pada lansia masih terbatas. Berdasarkan permasalahan tersebut

penulis tertarik untuk melakukan literature review, dengan menelaah artikel pengaruh penggunaan wearable electronic device, terhadap pencegahan risiko jatuh pada lansia di komunitas. Tujuan literatur review ini untuk mengetahui efektivitas penggunaan wearable electronic device dalam mencegah risiko jatuh pada lansia di komunitas berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya.

## METODE

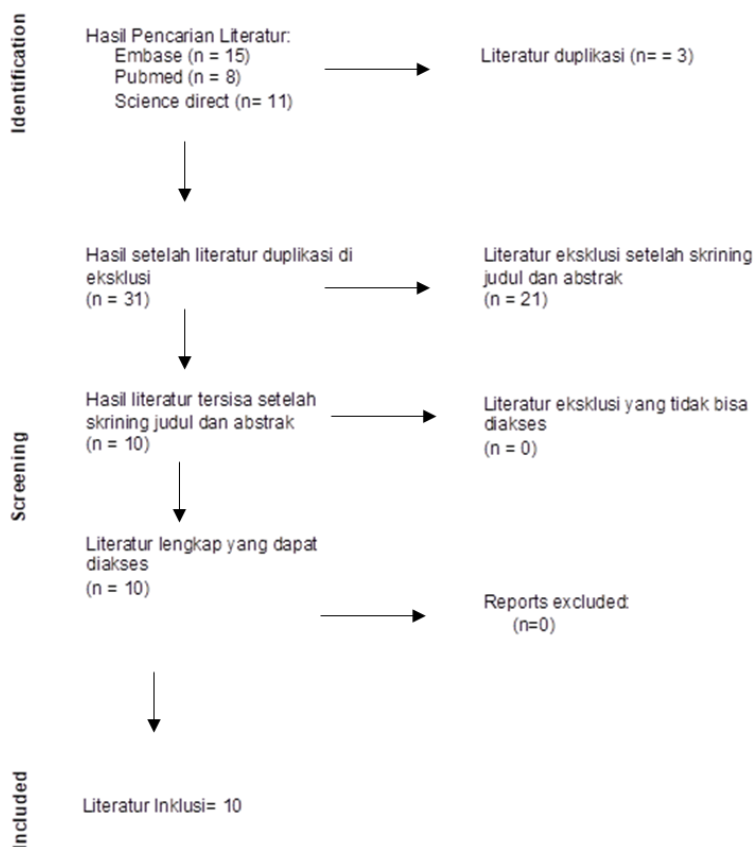
Penelitian ini merupakan penelitian literature review. Penelitian ini memiliki dua jenis variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas yaitu risiko jatuh, dengan variabel terikat yaitu penggunaan wearable electronic device.

Proses pemilihan artikel terdiri dari beberapa tahapan, yaitu identification, screening, dan eligibility (Gambar 1). Tahap pertama yaitu melakukan identifikasi dengan menentukan PICO dan pertanyaan penelitian. PICO dalam penelitian ini yaitu Population: Community-dwelling elderly, Intervention: wearable electronic device, Comparisons: tidak ada, dan Outcome: fall prevention. Pertanyaan dari penelitian ini yaitu 'Bagaimana efektivitas penggunaan wearable electronic device dalam mencegah risiko jatuh pada lansia di komunitas?'. Peneliti menggunakan 3 sumber data pencarian yaitu Embase, Pubmed, dan Science Direct.

Tahap kedua yaitu screening berupa penyaringan literatur. Semua literatur dikaji dan disaring berdasarkan judul, abstrak, dan isi dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi dan eksklusi penelitian ini adalah literatur terbit pada sumber data elektronik dari tahun 2018-2023, merupakan jenis penelitian kuantitatif, populasi lansia di komunitas, berbahasa inggris dan tersedia dalam teks lengkap. Berdasarkan penyaringan didapatkan

sebanyak 21 literatur dieksklusi karena tidak sesuai dengan kriteria inklusi yang dimaksud. Tahap selanjutnya adalah eligibility yaitu tahap penyaringan kembali literatur yang dapat diakses secara bebas/tidak

berbayar. Berdasarkan pencarian literatur yang eligible adalah sebanyak tujuh literatur dengan kategori open access, sehingga dalam tahap akhir yaitu sebanyak tujuh literatur yang digunakan peneliti.



Gambar 1. Prisma Flow Diagram

**HASIL**

Hasil ekstraksi 10 artikel ditampilkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil penelusuran literatur, rata-rata usia responden adalah lansia berusia 60 tahun keatas yang tinggal di komunitas. Terdapat sepuluh artikel yang melihat efektivitas penggunaan wearable device dalam mencegah kejadian jatuh pada lansia. Lima dari sepuluh artikel menemukan bahwa accelerometer efektif dalam mengidentifikasi, mengukur, dan

memprediksi kejadian jatuh pada lansia di komunitas (Chan et al., 2023; Ganz et al., 2021; Rosenberg et al., 2021; Urbanek et al., 2023; Yu et al., 2021).

Tiga artikel menggunakan wearable device dengan inertial measurement sensors (IMUs) untuk melihat algoritma, mendeteksi, dan mengumpulkan data untuk menentukan risiko jatuh pada lansia dan dapat digunakan dalam praktik klini (Hauth et al., 2021; Lockhart et al., 2021; Qiu et

al., 2018). Sementara terdapat satu artikel yang menggunakan Balance Tracking System (BT TrackS) yang digunakan sebagai alat ukur dalam memantau keseimbangan dalam mencegah kejadian jatuh pada lansia di komunitas (Levy et al., 2018).

Accelerometer banyak digunakan di punggung bawah (Ganz et al., 2021; Qiu et al., 2018), pinggang (Rosenberg et al., 2021; Yu et al., 2021), pergelangan tangan (Chan et al., 2023;

Urbanek et al., 2023) untuk menilai risiko jatuh pada lansia. Berbeda dengan sensor inertial yang ditempelkan pada tulang dada, mediolateral, anterior posterior, dan longitudinal axes untuk melakukan tes gerakan dan berjalan untuk melihat algoritma aktivitas sehari-hari lansia dalam mencegah jatuh (Hauth et al., 2021; Lockhart et al., 2021; Qiu et al., 2018).

**Tabel 1.** Hasil ekstraksi artikel (n=10)

Penulis dan Judul	Desain Penelitian	Setting	Responden	Wearabel device	Hasil
<b>Ganz, N et al., (2021)</b>	Corss-sectional	Chicago, Amerika Serikat	Lansia dikomun rata-rata berusi: 78,69	3D <i>accelerometer</i> dipasang di punggung bawah.	Penggunaan 3D Accelerometer saat melakukan mengkaji independ dengan tandem walking bisa berpotensi untuk menjadi alat ukur mobility, disability yang biasanya digunakan untuk mengukur risiko jatuh.
<b>Hauth, J., et al. (2021)</b>	Pilot study	Amerika Serikat	Lansia di komunitas yang berisiko jatuh, terdiri dari 3 perempuan dan 5 laki-laki yang berusia 69-82 tahun dengan kemampuan ambulance independen di komunitas, tidak ada permasalahan fisik	Inertial measurement sensors (IMUs) dipasang di mediolateral, (y-axis), anterior posterior (x-axis), dan longitudinal (z-axis) axes.	Penggunaan IMUs menunjukkan algoritma mendeteksi <i>lost of balance</i> (LOB) secara otomatis mengumpulkan data aktivitas sehari-hari untuk mengurangi risiko jatuh.
<b>Lockhart, T.E., et al., (2021)</b>	Eksperimen	Virginia Utara, Dale City, Woodbridge, Leesburg, dan Manassas, Amerika Serikat	Orang lanjut usia yang tinggal di komunitas rentang usia 56-90 tahun	IMU (Intertial Measurement Unit) ditempelkan pada tulang dada dan melakukan gerakan 10 m tes berjalan. Penelitian dilakukan selama 6 bulan	IMU dapat dikenakan sebagai alat sensor untuk mengidentifikasi pengaturan risiko jatuh rawat jalan di komunitas dan dapat digunakan menentukan risiko pencegahan risiko jatuh.

Penulis dan Judul	Desain Penelitian	Setting	Responden	Wearabel device	Hasil
<b>Qiu, H., et al (2018)</b>	Kohort	Korea	196 wanita usia lanjut yang tinggal di komunitas. N1= 82 (jatuh) N2= 114 (tidak jatuh)	Penggunaan khusus baterai uji dengan 5 sensor inersia yang dipasang di punggung bawah, 2 tungkai atas, dan 2 tungkai bawah untuk menilai risiko jatuh.	Sistem berbasis sensor inersia yang dapat dipakai melihat risiko jatuh pada lansia dapat diterapkan dalam praktik klinis dan mengidentifikasi individu yang berisiko jatuh serta mencegah kejadian jatuh.
<b>Urbanek, J.K., et al (2023)</b>	Randomize clinical trial	Amerika Serikat	688 partisipan dengan 300 wanita. Dengan kriteria inklusi 70 tahun atau lebih, memiliki pengalaman jatuh paling tidak 2 kali pada saat perekrutan responden.	Akselerometri dengan Actigraphs (GT9X) yang dikenakan dipergelangan tangan selama 7 hari.	Data akselerometer dapat memberikan indikator yang lebih sensitif dibandingkan pemeriksaan diklinik terutama dikalangan lansia yang memiliki risiko jatuh tinggi.
<b>Chan, L.L.Y., et al (2023)</b>	Studi kohort longitudinal berbasis populasi	Inggris	Lansia berusia diatas 65 tahun keatas (n=32.619)	Akselerometer yang dikenakan di pergelangan tangan hingga 7 hari.	Kecepatan, kuantitas dan kualitas gaya berjalan dalam kehidupan sehari-hari melalui sensor akselerometer yang dikenakan dipergelangan tangan dapat memprediksi kejadian jatuh secara signifikan orang lanjut usia.
<b>Levy, S., (2018)</b>	Eksperimen	California Selatan, Amerika Serikat	Lansia di komunitas Sampel 1: N= 49 Perempuan (n=26) Laki-laki (n=23) Dengan usia rata-rata 71,3. Sampel 2: N=47 Perempuan (n=31) Laki-laki (n=16) Usia rata-rata 75,8.	Balance Tracking System (BT TrackS)	BTrackS merupakan alat ukuran keseimbangan obyektif yang dapat digunakan untuk memantau keseimbangan lansia yang tinggal di komunitas untuk mencegah jatuh.
<b>Rosenberg, D.E., et al (2021)</b>	Desain studi prospektif	Amerika Serikat	Lansia perempuan (N=5.545 usia rata-rata 79 tahun)	Akselerometer yang dipasang dipinggul mengumpulkan ukuran waktu duduk harian dan rata-rata durasi latihan duduk dan dilaporkan kejadian jatuh di kalender	Pemasangan akselerometer pada lansia perempuan dapat digunakan untuk melaporkan kejadian jatuh pada mereka .

Penulis dan Judul	Desain Penelitian	Setting	Responden	Wearabel device	Hasil
				bulanan.	
Yu, L., et al (2021)	Eksperimental	Taiwan	85 orang lanjut usia yang tinggal dikomunitas rata-rata 72,12 tahun	Penggunaan sinyal akselerometer yang dipasang dipinggang sementara peserta melakukan tes time up and go	Akselometer layak untuk menilai fungsi keseimbangan secara akurat, baik secara kuantitatif, terukur dan dapat digunakan menilai risiko jatuh pada lansia di tempat perawatan atau di rumah.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelusuran literatur, secara keseluruhan responden rata-rata berusia 60 tahun keatas dan tinggal di komunitas. Hal ini sejalan dengan penelitian (Montero-Odasso et al., 2022) menyatakan kejadian jatuh banyak terjadi pada lansia usia diatas 74 tahun dan sering terjadi pada pada perempuan (Gale et al., 2016). Kriteria responden mampu melakukan aktivitas secara mandiri.

Terdapat 2 artikel (Chan et al., 2023) yang memiliki kriteria inklusi riwayat jatuh pada lansia dan 1 artikel (Hauth et al., 2021) dengan kriteria lansia berisiko jatuh. Oleh karena itu penggunaan wearable device dapat digunakan dalam memonitor risiko jatuh baik pada lansia yang memiliki riwayat jatuh dan tidak. Secara garis besar penggunaan wearable elektronik dapat digunakan untuk mengumpulkan data mobilitas dan keseimbangan responden, mengontrol, mengklasifikasikan gaya berjalan, menilai risiko jatuh pada lansia.

Sebagian besar artikel menggunakan akselerometer dalam mengukur risiko jatuh secara kuantitatif pada lansia yang ada dikomunitas. Hal ini sejalan dengan penelitian (Yu et al., 2021) tentang penilaian keseimbangan fungsional dan mobilitas lansia melalui analisis akselerometer bahwa dalam menilai keseimbangan fungsi mobilitas secara obyektif dan dapat digunakan di

lingkungan rumah dan dapat digunakan dalam pemantauan jangka waktu yang lama. Sementara pada IMU sangat relevan dalam menilai kecepatan berjalan/lari, waktu melangkah, persentase bejalan yang digunakan dalam mendiagnosis risiko jatuh (Ruiz-Ruiz et al., 2021).

Menurut (Warrington et al., 2021) efektivitas penggunaan wearable device tergantung pada jenis perangkat dan penempatannya karena memelukan keakuratan pada saat dipasang pada orang lanjut usia.

## KESIMPULAN

Wearabel electronic device seperti akselerometer, IMU (Intertial Measurement Unit) efektif dalam mencegah risiko jatuh pada lansia yang ada di komunitas. Perlu dilakukan review lebih lanjut dalam pengaplikasian intervensi penggunaan wearable device pada lansia karena lansia belum terbiasa menggunakan teknologi tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akyol, A. D. (2007). Falls in the elderly: What can be done? *International Nursing Review*, 54(2), 191–196. <https://doi.org/10.1111/j.1466-7657.2007.00505.x>
- Ang, G. C., Low, S. L., & How, C. H. (2020). Approach to falls among the elderly in the community. *Singapore Medical Journal*, 61(3), 116–121. <https://doi.org/10.11622/smedj.2020029>
- Camp, N., Lewis, M., Hunter, K., Johnston, J., Zecca, M., Di Nuovo, A., & Magistro, D.

- (2020). Technology Used to Recognize Activities of Daily Living in Community-Dwelling Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 163. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010163>
- Chan, L. L. Y., Arbona, C. H., Brodie, M. A., & Lord, S. R. (2023). Prediction of injurious falls in older adults using digital gait biomarkers extracted from large-scale wrist sensor data. *Age and Ageing*, 52(9), afad179. <https://doi.org/10.1093/ageing/afad179>
- Chen, M., Wang, H., Yu, L., Yeung, E. H. K., Luo, J., Tsui, K.-L., & Zhao, Y. (2022). A Systematic Review of Wearable Sensor-Based Technologies for Fall Risk Assessment in Older Adults. *Sensors*, 22(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/s22186752>
- Gale, C. R., Cooper, C., & Aihie Sayer, A. (2016). Prevalence and risk factors for falls in older men and women: The English Longitudinal Study of Ageing. *Age and Ageing*, 45(6), 789–794. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw129>
- Ganz, N., Gazit, E., Giladi, N., Dawe, R. J., Mirelman, A., Buchman, A. S., & Hausdorff, J. M. (2021). Automatic Quantification of Tandem Walking Using a Wearable Device: New Insights Into Dynamic Balance and Mobility in Older Adults. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 76(1), 101–107. <https://doi.org/10.1093/gerona/glaa235>
- González-Cañete, F. J., & Casilari, E. (2021). A Feasibility Study of the Use of Smartwatches in Wearable Fall Detection Systems. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(6), 2254. <https://doi.org/10.3390/s21062254>
- Hauth, J., Jabri, S., Kamran, F., Feleke, E. W., Nigusie, K., Ojeda, L. V., Handelzalts, S., Nyquist, L., Alexander, N. B., Huan, X., Wiens, J., & Sienko, K. H. (2021). Automated Loss-of-Balance Event Identification in Older Adults at Risk of Falls during Real-World Walking Using Wearable Inertial Measurement Units. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(14), 4661. <https://doi.org/10.3390/s21144661>
- Lee, W.-J., Peng, L.-N., Lin, M.-H., Loh, C.-H., & Chen, L.-K. (2021). Active wearable device utilization improved physical performance and IGF-1 among community-dwelling middle-aged and older adults: A 12-month prospective cohort study. *Aging*, 13(15), 19710–19721. <https://doi.org/10.18632/aging.203383>
- Levy, S. S., Thralls, K. J., & Kviatkovsky, S. A. (2018). Validity and Reliability of a Portable Balance Tracking System, BTrackS, in Older Adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 41(2), 102. <https://doi.org/10.1519/JPT.00000000000000111>
- Li, J., Ma, Q., Chan, A. HS., & Man, S. S. (2019). Health monitoring through wearable technologies for older adults: Smart wearables acceptance model. *Applied Ergonomics*, 75, 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.10.006>
- Lockhart, T. E., Soangra, R., Yoon, H., Wu, T., Frames, C. W., Weaver, R., & Roberto, K. A. (2021). Prediction of fall risk among community-dwelling older adults using a wearable system. *Scientific Reports*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00458-5>
- Montero-Odasso, M., van der Velde, N., Martin, F. C., Petrovic, M., Tan, M. P., Ryg, J., Aguilar-Navarro, S., Alexander, N. B., Becker, C., Blain, H., Bourke, R., Cameron, I. D., Camicioli, R., Clemson, L., Close, J., Delbaere, K., Duan, L., Duque, G., Dyer, S. M., ... Masud, T. (2022). World guidelines for falls prevention and management for older adults: A global initiative. *Age and Ageing*, 51(9), afac205. <https://doi.org/10.1093/ageing/afac205>
- Pengpid, S., & Peltzer, K. (2018). Prevalence and Risk Factors Associated with Injurious Falls among Community-Dwelling Older Adults in Indonesia. *Current Gerontology and Geriatrics Research*, 2018, 5964305. <https://doi.org/10.1155/2018/5964305>
- Qiu, H., Rehman, R. Z. U., Yu, X., & Xiong, S. (2018). Application of Wearable Inertial Sensors and A New Test Battery for Distinguishing Retrospective Fallers from Non-fallers among Community-dwelling Older People. *Scientific Reports*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34671-6>
- Rodrigues, F., Domingos, C., Monteiro, D., & Morouço, P. (2022). A Review on Aging, Sarcopenia, Falls, and Resistance Training in Community-Dwelling Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 874. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020874>

- Rosenberg, D. E., Rillamas-Sun, E., Bellettiere, J., LaMonte, M., Buchner, D. M., Di, C., Hunt, J., Marshall, S., Stefanick, M., Zhang, Y., & LaCroix, A. Z. (2021). Accelerometer-Measured Sedentary Patterns are Associated with Incident Falls in Older Women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 69(3), 718–725.  
<https://doi.org/10.1111/jgs.16923>
- Ruiz-Ruiz, L., Jimenez, A. R., Garcia-Villamil, G., & Seco, F. (2021). Detecting Fall Risk and Frailty in Elders with Inertial Motion Sensors: A Survey of Significant Gait Parameters. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(20), 6918.  
<https://doi.org/10.3390/s21206918>
- Strini, V., Schiavolin, R., & Prendin, A. (2021). Fall Risk Assessment Scales: A Systematic Literature Review. *Nursing Reports*, 11(2), Article 2.  
<https://doi.org/10.3390/nursrep11020041>
- Urbanek, J. K., Roth, D. L., Karas, M., Wanigatunga, A. A., Mitchell, C. M., Juraschek, S. P., Cai, Y., Appel, L. J., & Schrack, J. A. (2023). Free-Living Gait Cadence Measured by Wearable Accelerometer: A Promising Alternative to Traditional Measures of Mobility for Assessing Fall Risk. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 78(5), 802–810.  
<https://doi.org/10.1093/gerona/glac013>
- Warrington, D. J., Shortis, E. J., & Whittaker, P. J. (2021). Are wearable devices effective for preventing and detecting falls: An umbrella review (a review of systematic reviews). *BMC Public Health*, 21(1), 2091.  
<https://doi.org/10.1186/s12889-021-12169-7>
- WHO global report on falls prevention in older age. (n.d.). Retrieved October 23, 2023, from <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241563536>
- Yu, L., Zhao, Y., Wang, H., Sun, T.-L., Murphy, T. E., & Tsui, K.-L. (2021). Assessing elderly's functional balance and mobility via analyzing data from waist-mounted tri-axial wearable accelerometers in timed up and go tests. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21(1), 108.  
<https://doi.org/10.1186/s12911-021-01463-4>