

Determinasi Input Sensorik dan Latihan Keseimbangan Terhadap Risiko Jatuh Lansia: Tinjauan Pustaka Sistematis

Khairina Zulfah¹, Dwi Rosella Komalasari^{2*}, Arif Pristianto³, Safari Wahyu Jatmiko⁴

^{1,2,3}Program Studi Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta

⁴Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Email: drks133@ums.ac.id^{2*}

Abstrak

Latihan keseimbangan telah terbukti efektif dalam menurunkan risiko jatuh pada lansia, namun sebagian besar penelitian masih dilakukan di permukaan datar dan belum merepresentasikan kondisi lingkungan sehari-hari. Keterbatasan ini menimbulkan kesenjangan pengetahuan mengenai peran variasi permukaan lantai dan integrasi input sensorik terhadap kontrol postural lansia. Studi ini bertujuan meninjau secara sistematis bukti ilmiah terkini mengenai pengaruh modifikasi permukaan lantai dan latihan keseimbangan terhadap stabilitas postural serta risiko jatuh pada lansia. Tinjauan pustaka sistematis telah dilakukan melalui PubMed, SAGE, Medline, dan ScienceDirect dengan rentang publikasi 2020–2025. Dari 3.914 artikel yang diidentifikasi, lima studi memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis menggunakan pendekatan PICO. Hasil menunjukkan bahwa latihan keseimbangan pada permukaan bervariasi meningkatkan stabilitas postural, adaptasi neuromuskular, dan menurunkan risiko jatuh secara signifikan. Kebaruan penelitian ini terletak pada sintesis integratif antara faktor sensorik dan kondisi lingkungan nyata yang selama ini jarang dieksplorasi dalam konteks pencegahan jatuh. Secara praktis, temuan ini dapat menjadi dasar pengembangan strategi rehabilitasi berbasis input sensorik yang lebih kontekstual, aplikatif, dan relevan bagi kebutuhan lansia di komunitas.

Keywords: Input sensorik, Lansia, Permukaan lantai, Studi literatur

PENDAHULUAN

Jatuh pada lansia merupakan masalah kesehatan global yang berdampak besar terhadap morbiditas, mortalitas, serta kualitas hidup Taylor *et al.*, 2024). Menurut United Nation (2020), populasi penduduk usia ≥ 65 tahun telah mencapai 727 juta jiwa, dan diproyeksikan meningkat menjadi 1,4 miliar pada 2030. Peningkatan ini juga terlihat di Indonesia, di mana Badan pusat statistik (2023), mencatat lansia mencapai 11,75% dari total populasi. Seiring dengan bertambahnya usia, penuaan akan menyebabkan gangguan keseimbangan yang progresif, termasuk hilangnya fungsi vestibular, proprioseptif dan gangguan integrasi input sensorik yang akan

meningkatkan risiko jatuh pada lansia (Fawzan *et al.*, 2022).

Jatuh tidak hanya menimbulkan cedera fisik, tetapi juga berdampak pada kemandirian dan aspek psikologis lansia seperti kekhawatiran, perasaan cemas, hingga mengakibatkan kualitas hidup yang buruk (Adam *et al.*, 2024; Komalasari *et al.*, 2025). Health Demographic Surveillance System (2016-2021) melaporkan 76,7% lansia membutuhkan perawatan medis akibat jatuh (Almira *et al.*, 2024). Jatuh merupakan hasil interaksi faktor risiko multifaktorial dan kompleks yang memengaruhi kemampuan seseorang dalam menjaga keseimbangan. Faktor risiko ini dapat diklasifikasikan menjadi faktor

ekstrinsik (berkaitan dengan lingkungan), faktor intrinsik (penurunan fungsi atau gangguan), dan faktor situasional (berkaitan dengan aktivitas yang dilakukan) (Hassan *et al.*, 2024). Proses penuaan merupakan salah satu faktor intrinsik utama yang berkontribusi terhadap penurunan kemampuan fisiologis dan sensorimotor pada lansia (Hehl *et al.*, 2020). Penuaan menyebabkan penurunan kemampuan fungsional yang tidak hanya berdampak pada kekuatan otot, tetapi juga pada kemampuan tubuh dalam memproses dan merespons rangsangan dari lingkungan (Boyd *et al.*, 2024). Kondisi ini menimbulkan keterlambatan respons postural serta berkurangnya kemampuan adaptasi terhadap perubahan eksternal, yang pada akhirnya meningkatkan risiko kehilangan keseimbangan dan jatuh (Phu *et al.*, 2022).

Berbagai intervensi telah dikembangkan untuk mengatasi gangguan keseimbangan dan menurunkan risiko jatuh pada lansia (Komalasari & Perdana, 2024). Salah satu pendekatan yang strategis adalah pemanfaatan stimulasi sensorik untuk mengoptimalkan kontrol postural berupa latihan keseimbangan dan proprioseptif (Fauziah *et al.*, 2022; Ince *et al.*, 2023). Penelitian lain yang dapat diberikan yaitu dengan stimulasi vestibular (Pazhanivel *et al.*, 2025), serta modifikasi lingkungan yang meningkatkan umpan balik sensorik, termasuk aspek visual (Thompson *et al.*, 2020; Bonardet *et al.*, 2023). Dari berbagai penelitian tersebut, sebagian besar

penelitian menelaah peran masing-masing sistem sensorik secara terpisah, sehingga belum mampu menggambarkan secara menyeluruh mekanisme integratif antara sistem visual, vestibular, dan somatosensorik dalam menunjang stabilitas postural dan mengurangi risiko jatuh pada lansia.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan tinjauan pustaka sistematis yang secara komprehensif mengintegrasikan temuan empiris mengenai kontribusi sistem visual, vestibular, dan somatosensorik serta peran latihan keseimbangan terhadap kontrol postural dan risiko jatuh pada lansia. Oleh karena itu, tujuan tinjauan ini adalah untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis bukti ilmiah terkini terkait efektivitas intervensi berbasis input sensorik dan latihan keseimbangan dalam meningkatkan kontrol postural serta menurunkan risiko jatuh pada lansia.

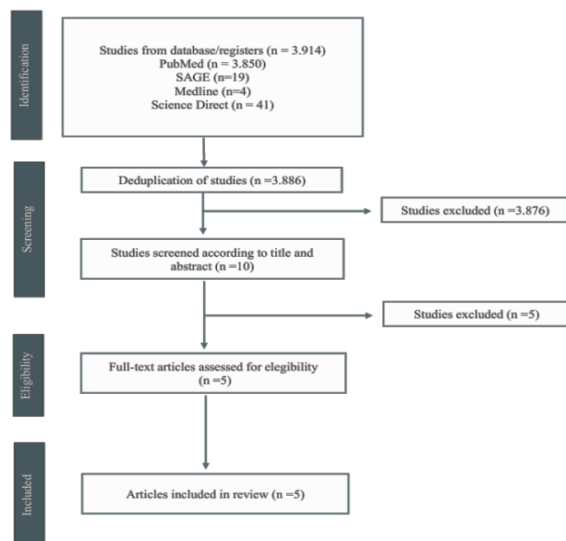
METODE

Desain penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah *literature review* dengan strategi pencarian literatur dari bulan Juli sampai Agustus 2025, dilakukan secara sistematis melalui beberapa basis data daring, yaitu PubMed, SAGE, Medline dan ScienceDirect. Kata kunci disusun dengan pendekatan kombinasi Boolean, meliputi istilah-istilah seperti "*floor surface*" or "*balance*" or "*falls*" or "*adult*" or "*se nsory*" or "*exercise*".

Kriteria inklusi mencakup: (1) artikel penelitian asli dengan desain eksperimental

atau quasi-eksperimental (2) melibatkan populasi lansia (≥ 60 tahun), (3) intervensi atau perlakuan yang melibatkan input sensorik dengan permukaan lantai yang dimodifikasi (4) Artikel bahasa inggris dan *free acces* (5) Artikel yang diterbitkan pada tahun 2020-2025. Sedangkan kriteria eksklusi (1) Tidak *full* teks (2) Jurnal dengan pembahasan penyakit tertentu (3) Duplikasi (4) Jurnal dengan metode *meta-analysis, case-control, retrospective studies, uncontrolled studies*.

PRISMA *flow diagram* dalam *literature review* ini ditampilkan dalam Gambar 1 berikut:



Gambar 1. PRISMA *flow diagram*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagian besar studi yang dianalisis menunjukkan bahwa penggunaan permukaan lantai yang bertekstur atau tidak stabil, terutama bila dikombinasikan dengan stimulasi visual atau vestibular (Ni *et al.*, 2024), dapat secara signifikan meningkatkan kemampuan keseimbangan pada lansia. Temuan ini menegaskan bahwa

pendekatan latihan berbasis integrasi berbagai sistem sensorik berpotensi besar dalam memperkuat stabilitas postural dan menurunkan risiko jatuh.

Sebanyak 3.914 artikel publikasi teridentifikasi dari hasil pencarian pada empat basis data utama. Proses pengambilan dan pemilihan studi ditunjukkan pada Diagram 1 menggunakan diagram PRISMA *flow diagram*. Setelah dilakukan penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, sebanyak 3.876 artikel dieliminasi. Selanjutnya, 5 artikel teks lengkap dievaluasi untuk menilai kelayakannya, dan seluruhnya disertakan dalam sintesis kualitatif deskriptif berdasarkan analisis PICO sebagai berikut:

Tabel 1. Ringkasan Data Penelitian berdasarkan analisis PICO

Penulis	Populasi	Desain penelitian	Perbandingan	Hasil
Ni <i>et al.</i> , (2024)	Lansia komunitas di Zhejiang, Tiongkok dengan total responden 72 orang	A <i>Randomized Study</i> . Latihan keseimbangan statis berbasis sensorik. Durasi: 12 minggu, 3 sesi/minggu, 40 menit/sesi. Kombinasi postur berdiri (dua kaki, satu kaki, semi-tandem, tandem). Variasi permukaan (datar & kantong pasir)	Kelompok kontrol mendapat edukasi kesehatan umum terkait olahraga, 1x/minggu selama 12 minggu, dan tanpa intervensi latihan keseimbangan	<i>sensory-based static balance training</i> meningkatkan keseimbangan dan sikap terhadap penuaan, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap stres pada lansia komunitas.
Lee <i>et al.</i> , (2023)	28 orang lansia yang berada di pusat komunitas wilayah Republik Korea	A <i>randomized controlled trial</i> . Program <i>weight shifting</i> dan <i>gait training</i> pada permukaan tidak stabil (<i>unstable mudflats</i>). Latihan dilakukan 2 sesi per hari selama 5 hari, biasa)	Kelompok kontrol diberikan program latihan serupa namun dilakukan pada permukaan keras/stabil	Latihan berjalan dan keseimbangan di permukaan <i>mudflats</i> terbukti lebih efektif meningkatkan keseimbangan statis dan kekuatan otot tungkai bawah pada

	masing-masing 55 menit.			lansia dibandingkan permukaan keras, tanpa efek samping yang dilaporkan. Namun, tidak ada perubahan signifikan pada skor BBS, TUG, dan 10MWT
Nascimento et al., (2023)	44 orang responden perempuan lanjut usia yang sehat secara kognitif (usia 60–79 tahun) di Brasil, tanpa gangguan neurologis berat, mampu berjalan tanpa alat bantu.	<i>A Randomized Study.</i> Latihan fisik–kognitif dual-task selama 12 minggu, 2x/minggu, 60 menit/sesi, mencakup: (1) Latihan keseimbangan statis dan dinamis (2) Latihan berjalan dengan variasi permukaan & arah (3) Tugas kognitif seperti berhitung mundur, verbal fluency, dan memori	Kelompok kontrol yang hanya mengikuti kegiatan edukatif non-fisik tanpa latihan fisik maupun kognitif	Terjadi peningkatan pada kinerja gait, keseimbangan, kekuatan otot, dan fungsi kognitif pada lansia perempuan yang sehat secara kognitif
Darijani et al., (2024)	60 orang responden pria dewasa lanjut usia (60–70 tahun) dengan gangguan keseimbangan.	<i>A Randomized Study.</i> Program 5 minggu yang menggabungkan neurofeedback dengan latihan somatosensori (NFT+SST).	kelompok kontrol tidak menerima intervensi apapun.	Neurofeedback yang dikombinasikan dengan latihan somatosensori maupun latihan somatosensori saja menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam keseimbangan dan kinerja fisik pada orang dewasa lanjut usia
Freire & Seixas,	56 orang responden lansia	<i>A single-blind randomized controlled</i>	Kelompok kontrol hanya	Latihan sensorimotor efektif

(2024)	institusional (rata-rata usia 84,6 ± 8,4 tahun), tidak aktif secara fisik, dengan kemampuan mobilitas mandiri	<i>study.</i> Program latihan sensorimotor selama 12 minggu, 3 sesi per minggu. Latihan meliputi empat bentuk aktivitas berbasis koordinasi sensorimotor (seperti lintasan warna, lempar bola dari step karet, dan rintangan jalan)	menjalani latihan pemanasan dan penguatan otot tanpa tambahan latihan sensorimotor.	meningkatkan keseimbangan dan kepercayaan diri lansia dalam aktivitas sehari-hari, dan merupakan intervensi yang murah serta mudah diterapkan
--------	---	---	---	---

Penuaan menyebabkan penurunan fungsi sensorimotor yang berdampak pada melemahnya kemampuan tubuh dalam menjaga stabilitas postural (Yoshimura et al., 2020). Pendekatan yang menstimulasi berbagai sistem sensorik terbukti dapat meningkatkan koordinasi dan adaptasi gerak pada lansia. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa kombinasi latihan sensorik dan modifikasi permukaan lantai efektif dalam meningkatkan keseimbangan dinamis dan statis pada lansia.

Integrasi Input Sensorik terhadap Keseimbangan Lansia

Integrasi berbagai input sensorik memiliki kontribusi signifikan terhadap peningkatan stabilitas postural lansia (Zhang et al., 2020). Latihan yang memadukan stimulasi dari sistem visual, vestibular, dan somatosensorik terbukti memperkuat koordinasi neuromuskular dan memperbaiki respons tubuh terhadap perubahan posisi. Beberapa studi, seperti Ni et al., (2024) dan Lee et al., (2023), menegaskan bahwa pemberian rangsangan input sensorik melalui latihan keseimbangan statis, modifikasi permukaan, dan gangguan visual dapat meningkatkan kemampuan adaptif

sistem kontrol postural. Respons tubuh menjadi lebih efisien dalam mempertahankan posisi stabil ketika menghadapi gangguan eksternal (Asghari *et al.*, 2025). Dengan demikian, pendekatan berbasis integrasi sensorik tidak hanya efektif memperbaiki keseimbangan, tetapi juga memperkuat strategi adaptasi gerak yang diperlukan dalam aktivitas fungsional sehari-hari lansia.

Hal ini sejalan dengan penelitian oleh (Khurshid *et al.*, 2025) juga mendukung pendekatan serupa. Mereka menemukan bahwa latihan multisistem yang menggabungkan berbagai input sensorik menghasilkan peningkatan signifikan dalam keseimbangan, stabilitas postural, mobilitas, dan kecepatan berjalan pada pasien dengan neuropati perifer diabetik, dibandingkan dengan latihan konvensional. Selain itu penelitian dari Çekok & Anaforoğlu, (2025), yang menunjukkan bahwa latihan reaksi visual berbasis keseimbangan efektif meningkatkan waktu reaksi dan kinerja fisik pada lansia. Studi tersebut menekankan bahwa latihan yang melibatkan stimulasi visual dapat memperbaiki waktu reaksi dan kinerja fisik pada lansia.

Peran Stimulasi Sensorik terhadap Fungsi Sistem Proprioseptif pada Lansia

Stimulasi sensorik berperan penting dalam mempertahankan dan meningkatkan fungsi sistem proprioseptif pada lansia. Stimulasi sensorik berkontribusi signifikan terhadap peningkatan fungsi proprioseptif lansia. Darijani *et al.*, (2024) melaporkan bahwa kombinasi latihan somatosensorik dengan *neurofeedback* mampu memperkuat

integrasi sensorimotor, meningkatkan kontrol postural, serta memperbaiki performa fisik lansia. Sementara itu, reire & Seixas, (2024), menemukan bahwa program latihan sensorimotor terstruktur selama 12 minggu secara signifikan meningkatkan keseimbangan, koordinasi, dan persepsi posisi tubuh. Kedua temuan tersebut menegaskan bahwa aktivasi berulang terhadap input sensorik dapat mengoptimalkan respons proprioseptif dan adaptasi neuromuskular, sehingga mendukung stabilitas postural serta menurunkan risiko jatuh pada populasi lansia.

Hasil ini sejalan dengan penelitian terbaru oleh Tanaka *et al.*, (2025), yang melaporkan bahwa pelatihan stimulasi taktil pada tubuh dan telapak kaki selama 10 minggu secara signifikan meningkatkan sensitivitas getaran serta keseimbangan dinamik pada lansia. Selain itu, studi oleh (Nieto-Guisado *et al.*, 2024), juga menemukan bahwa program pelatihan kognitif-motorik selama delapan minggu berpengaruh positif terhadap proprioepsi dan kontrol postural, meskipun peningkatannya tidak berbeda signifikan dibanding latihan konvensional. Perbandingan ini menunjukkan bahwa stimulasi sensorik, baik melalui pendekatan taktil, somatosensorik, maupun sensorimotor, memberikan kontribusi nyata terhadap optimalisasi fungsi proprioseptif dan keseimbangan pada lansia.

Optimalisasi Integrasi Sensorimotor melalui Kombinasi Intervensi terhadap Risiko Jatuh pada Lansia

Pendekatan rehabilitatif pada lansia kini menekankan pentingnya kombinasi intervensi yang mampu mengaktifkan berbagai sistem sensorik dan motorik secara bersamaan (Claußen *et al.*, 2025). Optimalisasi integrasi multisistem ini juga dapat dicapai melalui intervensi yang menggabungkan aspek fisik dan kognitif. Nascimento *et al.*, (2023), melaporkan bahwa program latihan *dual-task* fisik–kognitif selama 12 minggu secara signifikan meningkatkan kemampuan berjalan, keseimbangan, kekuatan otot ekstremitas bawah, serta fungsi kognitif pada lansia perempuan yang sehat secara mental. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi latihan fisik dan kognitif mampu menstimulasi integrasi sensorimotor secara lebih luas, karena melibatkan koordinasi antara sistem motorik, persepsi sensorik, dan proses eksekutif otak. Penelitian dari Lee *et al.*, (2023) juga menunjukkan bahwa latihan berjalan di permukaan tidak stabil efektif menstimulasi sistem proprioseptif dan meningkatkan keseimbangan statis pada lansia.

Temuan Mak *et al.*, (2023), memperkuat bukti bahwa pendekatan kombinasi yang melibatkan aspek fisik dan kognitif mampu meningkatkan integrasi sensorimotor dan mengurangi risiko jatuh pada lansia. Melalui perbandingan tiga jenis pelatihan *single-task*, *dual-task*, dan *analogy training* penelitian tersebut menunjukkan bahwa strategi berbasis

pemaknaan gerak dan perhatian ganda menghasilkan peningkatan terbesar dalam keseimbangan, kontrol postural, dan efisiensi berjalan.

Tinjauan ini memperkuat pemahaman tentang peran stimulasi sensorik terhadap kontrol keseimbangan pada lansia. Namun, keterbatasan desain jangka pendek belum sepenuhnya menggambarkan proses adaptasi motorik jangka panjang sesuai teori *motor control*. Selain itu, kajian mengenai mekanisme *sensory reweighting* masih terbatas. Variasi metode latihan dan karakteristik peserta menunjukkan potensi pengembangan penelitian yang lebih luas, terutama pada lansia dengan gangguan sensorimotor

KESIMPULAN

Intervensi berbasis integrasi input sensorik dan modifikasi permukaan lantai terbukti efektif meningkatkan stabilitas postural dan menurunkan risiko jatuh pada lansia. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi penerapan program rehabilitasi yang menekankan integrasi multisensorik dalam konteks lingkungan nyata. Penelitian lanjutan disarankan untuk menelusuri mekanisme *sensory reweighting* dan efek jangka panjang terhadap adaptasi motorik lansia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Universitas Muhammadiyah Surakarta atas dukungan akademik dan penyediaan fasilitas yang menunjang penyusunan artikel ini.

Penelitian ini dilaksanakan secara independen tanpa memperoleh pendanaan dari lembaga manapun.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, C. E., Fitzpatrick, A. L., Leary, C. S., Ilango, S. D., Phelan, E. A., & Semmens, E. O. (2024). The impact of falls on activities of daily living in older adults: A retrospective cohort analysis. *PLOS ONE*, 19(1), e0294017. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0294017>
- Almira, A. S., Gizela, B. A., & Pratiwi, W. R. (2024). Prevalensi Cedera Akibat Jatuh Pada Kelompok Lanjut Usia dan Pra-Lanjut Usia. *Medical Journal of Soeradji*, 1(1), 46–60. <https://doi.org/10.70605/CQ6FYM45>
- Asghari, M., Elali, K., & Toosizadeh, N. (2025). The effect of age on ankle versus hip proprioceptive contribution in balance recovery: application of vibratory stimulation for altering proprioceptive performance. *Biomedical Engineering Letters*, 15(2), 337–347. <https://doi.org/10.1007/s13534-024-00451-7>
- Badan pusat statistik. (2023). Statistik Penduduk Lanjut Usia 2023, 20, 6 (diakses 28 Agustus 2025)
- Bonardet, N., Chapus, J., Lefaucheur, J.-P., Lampire, N., Créange, A., & Sorel, M. (2023). Impact of five floor coverings on the orthostatic balance of healthy subjects. *Experimental Brain Research*, 241, 2499–2508. <https://doi.org/10.1007/s00221-023-06698-3>
- Boyd, M. C., Burdette, J. H., Miller, M. E., Lyday, R. G., Hugenschmidt, C. E., Jack Rejeski, W., Laurienti, P. J. (2024). Association of physical function with connectivity in the sensorimotor and dorsal attention networks: why examining specific components of physical function matters. *GeroScience*, 46(5), 4987–5002. <https://doi.org/10.1007/s11357-024-01251-8>
- Çekok, F. K., & Anaforoğlu, B. (2025). Effects of balance-based visual reaction time exercises on cognitive and physical performance in older adults: a randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-20418-7>
- Claußen, L., Groß, J., & Kibele, A. (2025). Effects of metastable resistance training with strength and balance requirements compared to traditional resistance and balance training on cognitive performance in older adults : a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 25(777). <https://doi.org/10.1186/s12877-025-06438-y>
- Darijani, S. S., Sahebozamani, M., Eslami, M., Babakhanian, S., Alimoradi, M., & Iranmanesh, M. (2024). The effect of neurofeedback and somatosensory exercises on balance and physical performance of older adults: a parallel single-blinded randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74980-7>
- Fauziah, E., Zulfah, K., & Eva Oktaviani, Y. (2022). Penatalaksanaan Fisioterapi untuk Meningkatkan Keseimbangan Dinamis Lansia dengan Teknik Core Stability Exercise dan Tandem Walking Exercise. *FISIO MU*, 3(1), 16–22. <https://doi.org/10.23917/fisiomu.v3i1.14126>
- Fawzan, S., Kozou, H., Baki, F., & Asal, S. (2022). Fall risk assessment and effect of vestibular rehabilitation in the elderly population. *Egyptian Journal of Otolaryngology*, 38(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/S43163-022-00277-Z/TABLES/19>
- Freire, I., & Seixas, A. (2024).

- Effectiveness of a sensorimotor exercise program on proprioception, balance, muscle strength, functional mobility and risk of falls in older people. *Frontiers in Physiology*, 15(April), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1309161>
- Hassan, D. A. A., Chivese, T., Syed, M. A., & Alhussaini, N. W. Z. (2024). Prevalence and factors associated with falls in older adults in a Middle Eastern population: a retrospective cross-sectional study. *Public Health*, 233, 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2024.04.011>
- Hehl, M., Swinnen, S. P., & Cuypers, K. (2020). Alterations of hand sensorimotor function and cortical motor representations over the adult lifespan. *Aging*, 12(5), 4617–4640. <https://doi.org/10.18632/aging.102925>
- Khurshid, S., Saeed, A., Kashif, M., Nasreen, A., & Riaz, H. (2025). Effects of multisystem exercises on balance, postural stability, mobility, walking speed, and pain in patients with diabetic peripheral neuropathy: a randomized controlled trial. *BMC Neuroscience*, 26(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s12868-024-00924-6>
- Komalasari, D. R., Jalayondeja, C., Jalayondeja, W., & Romadon, Y. A. (2025). Predictors of Quality of Life Among Older Residents in Rural and Urban Areas in Indonesia: An Approach Using the International Classification of Functioning, Disability, and Health. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 58(2), 199–207. <https://doi.org/10.3961/jpmph.24.423>
- Lee, J., Chun, M. H., & Lee, J. (2023). The effect of a gait and balance training program on an unstable mudflats surface in older adults: A randomized controlled pilot study. *Medicine (United States)*, 102(12), E33272. <https://doi.org/10.1097/MD.000000000000033272>
- Mak, T. C. T., Capio, C. M., & Wong, T. W. L. (2023). Effects of Single-Task, Dual-Task and Analogy Training during Gait Rehabilitation of Older Adults at Risk of Falling: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph20010315>
- Nascimento, M. de M., Maduro, P. A., Rios, P. M. B., Nascimento, L. D. S., Silva, C. N., Kliegel, M., & Ihle, A. (2023). The Effects of 12-Week Dual-Task Physical-Cognitive Training on Gait, Balance, Lower Extremity Muscle Strength, and Cognition in Older Adult Women: A Randomized Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph20085498>
- Ni, Y., Li, S., Lv, X., Wang, Y., Xu, L., Xi, Y., Li, Y. (2024). Efficacy of sensory-based static balance training on the balance ability, aging attitude, and perceived stress of older adults in the community: a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 24(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/S12877-023-04596-5/TABLES/5>
- Nieto-Guisado, A., Solana-Tramunt, M., Cabrejas, C., & Morales, J. (2024). The Effects of an 8-Week Cognitive–Motor Training Program on Proprioception and Postural Control Under Single and Dual Task in Older Adults: A Randomized Clinical Trial. *Healthcare (Switzerland)*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/healthcare1222297>
- Pazhanivel, P., Umaiorubagam, G. S., & Ravikumar, M. (2025). Vestibular Rehabilitation Therapy with and

- Without Conventional Regimen on Balance for Adult with Hearing Impairment: Pilot Study. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 18(1), 921–928.
<https://doi.org/10.13005/bpj/3140>
- Phu, S., Sturnieks, D. L., Lord, S. R., & Okubo, Y. (2022). Impact of ageing, fall history and exercise on postural reflexes following unpredictable perturbations: A systematic review and meta-analyses. *Mechanisms of Ageing and Development*, 203(January), 111634.
<https://doi.org/10.1016/j.mad.2022.111634>
- Komalasari, D., & Saputra Perdana, S. (2024). Efektifitas Home Program untuk Meningkatkan Kekuatan Otot Ekstremitas Bawah dan Resiko Jatuh Bagi Lanjut Usia di Posyandu Lanjut Usia Dusun Plosokerep, Bendosari, Sukoharjo. *Warta LPM*, 27(1), 114–124.
<https://doi.org/10.23917/WARTA.V27I1.1878>
- Tanaka, T., Maeda, Y., & Miura, T. (2025). Effects of Tactile Sensory Stimulation Training of the Trunk and Sole on Standing Balance Ability in Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(1).
<https://doi.org/10.3390/jfmk10010096>
- Taylor, E., Goodwin, V. A., Ball, S., Clegg, A., Brown, L., & Frost, J. (2024). Older Adults' Perspectives of Independence Through Time: Results of a Longitudinal Interview Study. *Gerontologist*, 64(2), 1–9.
<https://doi.org/10.1093/GERONT/GNAD073>
- Thompson, L. A., Savadkoohi, M., Velluto de Paiva, G., Augusto Renno Brusamolin, J., Guise, J., Suh, P., & Guerrero, P. S. (2020). Sensory integration training improves balance in older individuals. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2020-July, 3811–3814.
<https://doi.org/10.1109/EMBC44109.2020.9175715>
- United Nation. (2020). *World population ageing 2020 Highlights: living arrangements of older persons*. United Nations (diakses 28 Agustus 2025)
- Yoshimura, N., Tsuda, H., Aquino, D., Takagi, A., Ogata, Y., Koike, Y., & Minati, L. (2020). Age-related decline of sensorimotor integration influences resting-state functional brain connectivity. *Brain Sciences*, 10(12), 1–14.
<https://doi.org/10.3390/brainsci10120966>
- Zhang, S., Xu, W., Zhu, Y., Tian, E., & Kong, W. (2020). Impaired multisensory integration predisposes the elderly people to fall: A systematic review. *Frontiers in Neuroscience*, 14(April).
<https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00411>