

EFEKTIVITAS INTEGRASI STIMULASI SOMATOSENSORIK DAN SENAM KAKI TERHADAP SENSITIVITAS DAN KESEIMBANGAN DINAMIS PADA PASIEN DIABETES MELITUS TIPE 2: SEBUAH TINJAUAN LITERATUR

Rizqi Lathifa Arum Puspita^{1*}, Ahmad Ikhlasul Amal², Suyanto³, Indah Sri Wahyuningasih⁴

^{1,2,3,4} Magister Keperawatan, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia

*Corresponding author: lathifaarum@gmail.com

Abstrak

Neuropati perifer merupakan komplikasi kronis Diabetes Melitus (DM) Tipe 2 yang menyebabkan penurunan sensitivitas kaki dan gangguan keseimbangan dinamis, sehingga meningkatkan risiko jatuh pada penderita. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas stimulasi somatosensorik dan senam kaki dalam meningkatkan sensitivitas kaki serta keseimbangan dinamis pada pasien DM Tipe 2. Studi ini merupakan tinjauan literatur yang mensintesis data dari berbagai uji klinis acak, tinjauan sistematis, dan meta-analisis terkait intervensi sensorimotor, stimulasi elektrik plantar, dan senam kaki diabetes. Temuan menunjukkan bahwa stimulasi somatosensorik, baik melalui stimulasi elektrik plantar maupun latihan sensorimotor repetitif, secara signifikan meningkatkan stabilitas postural dan plastisitas konektivitas otak. Senam kaki diabetes terbukti efektif meningkatkan sensitivitas saraf tepi sekaligus berkontribusi pada penurunan kadar glukosa darah. Pelatihan proprioseptif juga memberikan dampak positif yang nyata terhadap stabilitas postural pada individu dengan neuropati diabetik. Integrasi stimulasi somatosensorik dan senam kaki merupakan strategi non-farmakologis yang efektif untuk memperbaiki fungsi sensorik dan motorik. Penerapan kedua intervensi ini sangat direkomendasikan dalam manajemen mandiri pasien DM Tipe 2 untuk mencegah risiko jatuh dan komplikasi lebih lanjut.

Kata Kunci: *Diabetes Melitus; Stimulasi Somatosensorik; Senam Kaki; Keseimbangan Dinamis; Neuropati Perifer.*

Abstract

Peripheral neuropathy is a chronic complication of Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) that leads to decreased foot sensitivity and impaired dynamic balance, thereby increasing the risk of falls in patients. This study aims to analyze the effectiveness of somatosensory stimulation and diabetic foot exercises in improving foot sensitivity and dynamic balance among patients with T2DM. This study is a literature review synthesizing data from various randomized controlled trials, systematic reviews, and meta-analyses concerning sensorimotor interventions, plantar electrical stimulation, and diabetic foot exercises. Findings indicate that somatosensory stimulation—delivered through plantar electrical stimulation or repetitive sensorimotor training—significantly enhances postural stability and brain-cerebellar connectivity plasticity. Diabetic foot exercises were found effective in improving peripheral nerve sensitivity while simultaneously contributing to reduced blood glucose levels. Furthermore, proprioceptive training notably impacts postural stability in individuals with diabetic neuropathy. The integration of somatosensory stimulation and diabetic foot exercises serves as an effective non-pharmacological strategy for improving sensory and motor functions. The implementation of both interventions is highly recommended in the self-management of T2DM patients to prevent falls and further complications.

Keywords: *Diabetes Mellitus; Somatosensory Stimulation; Foot Exercises; Dynamic Balance; Peripheral Neuropathy.*

1. PENDAHULUAN

Diabetes Melitus (DM) Tipe 2 telah menjadi tantangan kesehatan global yang memerlukan manajemen standar yang ketat sesuai dengan standar perawatan internasional terbaru Elsayed et al. (2023). Di Indonesia, prevalensi DM yang terus meningkat menuntut implementasi pedoman pengelolaan dan pencegahan terbaru dari PERKENI 2024 untuk meminimalkan beban komplikasi

jangka panjang. Salah satu komplikasi kronis yang paling signifikan dan sering ditemukan adalah neuropati perifer diabetik (DPN), yang ditandai dengan hilangnya sensasi perlindungan pada ekstremitas bawah. Kondisi ini tidak hanya menurunkan sensitivitas saraf tepi tetapi juga secara signifikan memperburuk stabilitas postural dan keseimbangan dinamis pasien, yang pada akhirnya meningkatkan risiko jatuh dan cedera, terutama pada populasi lansia Baigent et al. (2022).

Dampak klinis dari neuropati ini sangat kompleks, gangguan pada jalur somatosensorik menyebabkan pasien kehilangan kemampuan untuk merasakan posisi tubuh mereka di ruang angkasa (proprioepsi), yang krusial untuk mobilitas yang aman. Meskipun diagnosis dini sangat penting, akurasi alat diagnostik umum seperti tes monofilamen terus dievaluasi efektivitasnya dalam praktik klinis untuk memastikan deteksi neuropati yang tepat waktu. Tanpa intervensi yang tepat, penurunan fungsi sensorik dan motorik ini akan berdampak pada penurunan kualitas hidup pasien secara drastis Jimenez-Mazuelas et al. (2024).

Upaya rehabilitasi non-farmakologis untuk mengatasi gangguan ini melibatkan berbagai teknik stimulasi dan latihan fisik. Stimulasi somatosensorik muncul sebagai pendekatan inovatif yang bekerja dengan cara menginduksi plastisitas pada konektivitas otak-serebelar dan meningkatkan keterampilan imajinasi motorik melalui stimulasi aferen yang repetitif Villar Ortega et al. (2024). Metode seperti stimulasi elektrik plantar telah terbukti efektif dalam meningkatkan sensasi kaki dan keseimbangan postural pada individu dengan neuropati diabetik. Selain itu, senam kaki diabetes merupakan intervensi fisik yang diakui secara luas dapat meningkatkan sensitivitas saraf tepi. Selain manfaat sensorik, senam kaki juga berperan penting dalam kontrol metabolik dengan membantu penurunan kadar glukosa darah melalui aktivitas fisik terstruktur (Sabilla and Sari., 2025). Berbagai bentuk pelatihan proprioseptif dan latihan sensorimotor secara sistematis juga telah dilaporkan memberikan dampak positif terhadap stabilitas postural pada penyandang DM Tipe 2.

Meskipun penelitian mengenai stimulasi somatosensorik dan senam kaki telah banyak dilakukan secara terpisah, masih terdapat keterbatasan dalam literatur mengenai sintesis komprehensif yang mengintegrasikan kedua pendekatan ini secara simultan. Kebanyakan studi cenderung fokus pada mekanisme Tunggal baik itu plastisitas saraf pusat melalui stimulasi somatosensorik atau perbaikan sirkulasi perifer melalui latihan fisik tanpa mengeksplorasi potensi sinergi antara keduanya dalam satu kerangka intervensi. Padahal, integrasi antara stimulasi sensorik dan latihan motorik perifer sangat penting untuk memberikan hasil yang optimal bagi pasien dengan defisit ganda. Oleh karena itu, tinjauan literatur ini bertujuan untuk menganalisis dan mensintesis efektivitas integrasi stimulasi somatosensorik dan senam kaki terhadap peningkatan sensitivitas serta keseimbangan dinamis pada pasien DM Tipe 2. Diharapkan hasil tinjauan ini dapat memberikan rekomendasi berbasis bukti bagi tenaga kesehatan dalam menyusun program rehabilitasi diabetes yang lebih holistik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan tinjauan literatur dengan pendekatan sintesis naratif-integratif. Fokus utama adalah menganalisis secara mendalam berbagai intervensi fisik dan sensorik terhadap sensitivitas kaki serta keseimbangan dinamis pada pasien Diabetes Melitus (DM) Tipe 2 berdasarkan data ilmiah terbaru.

Data sekunder dikumpulkan melalui penelusuran sistematis pada pangkalan data elektronik bereputasi, termasuk PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, Frontiers, dan MDPI. Kata kunci yang digunakan adalah "Diabetes Mellitus Type 2", "Somatosensory Stimulation", "Diabetic Foot Exercise", dan "Dynamic Balance". Proses seleksi literatur dilakukan secara teliti dan bertahap melalui skrining judul, abstrak, hingga telaah teks lengkap untuk menjamin kualitas serta relevansi artikel yang direview agar memenuhi standar bukti klinis. Kriteria inklusi mencakup artikel yang dipublikasikan antara tahun 2017 hingga 2025 yang membahas intervensi pada pasien neuropati perifer.

Data dikumpulkan dengan mengekstraksi temuan utama terkait parameter sensitivitas dan keseimbangan. Analisis dilakukan tidak hanya dengan merangkum hasil setiap studi, tetapi melalui sintesis kritis yang membandingkan hasil dari berbagai sumber berbeda. Peneliti melakukan perbandingan antara modalitas stimulasi somatosensorik, seperti stimulasi elektrik plantar dan stimulasi serebelar, dengan intervensi fisik aktif berupa senam kaki diabetes. Selain itu, analisis ini membandingkan efektivitas pelatihan proprioseptif dan latihan sensorimotor dalam memulihkan

stabilitas postural dibandingkan dengan kelompok kontrol atau perawatan standar. Seluruh temuan ini kemudian disintesis dan diselaraskan dengan Pedoman PERKENI 2024 serta standar asuhan diabetes internasional untuk menghasilkan kesimpulan yang komprehensif bagi praktik klinis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis terhadap literatur yang dikumpulkan, hasil penelitian dikelompokkan menjadi tiga tema utama: efektivitas stimulasi somatosensorik terhadap keseimbangan, pengaruh latihan fisik terhadap sensitivitas kaki, dan dampak metabolik sekunder (kadar glukosa darah). Ringkasan temuan utama disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintesis Temuan Intervensi pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2

No.	Penulis & Tahun	Judul Artikel & Jurnal	Jenis Intervensi / Fokus Utama	Temuan Utama & Manfaat Klinis
1	Abdullah, K., Ardi, Y. G., & Tsabita, J. (2021)	<i>Pengaruh Stimulasi Somatosensorik Pada Kaki Terhadap Perubahan Keseimbangan Dinamis Lansia</i> (Jurnal Ilmiah Keperawatan)	Stimulasi Somatosensorik Kaki	Berpengaruh secara signifikan terhadap perbaikan dan peningkatan keseimbangan dinamis pada populasi lansia.
2	Dros, J., Wewerinke, A., Bindels, P. J., & Van Weert, H. C. (2019)	<i>Accuracy of monofilament testing to diagnose peripheral neuropathy: A systematic review</i> (Annals of Family Medicine)	Skrening / Diagnosis Neuropati (Monofilamen)	Evaluasi sistematis mengenai tingkat akurasi tes monofilamen sebagai instrumen standar deteksi dini neuropati perifer dalam praktik klinis.
3	Elsayed, N. A., et al. (2023)	<i>Introduction and Methodology: Standards of Care in Diabetes—2023</i> (Diabetes Care)	Standar Asuhan & Metodologi Diabetes Internasional	Menyediakan metodologi dan pedoman standar global dalam tata laksana diabetes melitus serta pencegahan komplikasi kronis.
4	Ginatempo, F., et al. (2024)	<i>A Novel Paired Somatosensory-Cerebellar Stimulation Induces Plasticity on Cerebellar-Brain Connectivity</i> (Cerebellum)	Stimulasi Pasangan Somatosensorik-Serebelar	Menginduksi neuroplastisitas pada konektivitas otak-serebelar yang mendukung pemulihan dan kontrol fungsi motorik-sensorik.

5	Giri, H. S., & Borkar, P. (2021)	<i>Effects of sensory stimulation on balance and postural control in diabetic neuropathy: systematic review</i> (Int. J. Health Sci. Res.)	Stimulasi Sensorik & Kontrol Postural	Pembuktian sistematis bahwa stimulasi sensorik efektif meningkatkan stabilitas postural dan keseimbangan pada neuropati diabetik.
6	Jimenez-Mazuelas, M. J., et al. (2024)	<i>Somatosensory and dynamic balance improvement in older adults with DPN through sensorimotor exercise: A multisite RCT</i> (J. Bodyw. Mov. Ther.)	Latihan Sensorimotor (Multisite RCT)	Latihan sensorimotor terstruktur meningkatkan fungsi somatosensorik dan keseimbangan dinamis secara signifikan pada lansia dengan DPN.
7	Kusano, K., Hayashi, M., Iwama, S., & Ushiba, J. (2024)	<i>Improved motor imagery skills after repetitive passive somatosensory stimulation</i> (Frontiers in Neural Circuits)	Stimulasi Somatosensorik Pasif Repetitif	Meningkatkan keterampilan imajinasi motorik (<i>motor imagery skills</i>) melalui penguatan persepsi dan input saraf aferen.
8	Magfirlah, S., Susanto, A. D., & Fuadah, S. (2024)	<i>Penerapan Intervensi Terapi Senam Kaki Diabetes Dalam Upaya Penurunan Kadar Gula Darah Pasien DM Tipe II</i> (J. Ilmu Kesehatan Mandira Cendekia)	Terapi Senam Kaki Diabetes (Aplikasi Klinis)	Penerapan senam kaki terbukti efektif membantu penurunan kadar glukosa darah sewaktu pada pasien DM Tipe 2 di lingkungan rumah sakit.
9	Najafi, B., et al. (2017)	<i>Using Plantar Electrical Stimulation to Improve Postural Balance and Plantar Sensation among Patients with DPN</i> (J. Diabetes Sci. Technol.)	Stimulasi Elektrik Plantar (<i>Plantar Electrical Stimulation</i>)	Meningkatkan sensasi plantar dan keseimbangan postural secara nyata pada pasien dengan neuropati perifer diabetik.
10	Roy, G. J., Khan, A. F., Saeed, F., & Parveen, U. (2025)	<i>Proprioceptive training's impact on postural stability in diabetic neuropathy individuals</i> (Int. J. Adv. Acad. Stud.)	Pelatihan Proprioseptif (<i>Proprioceptive Training</i>)	Berdampak positif yang nyata terhadap perbaikan stabilitas postural pada individu yang mengalami neuropati diabetik.
11	Sasaki, R., Kojima, S., Saito, K., & Onishi, H. (2025)	<i>Somatosensory training: a systematic review and meta-analysis with methodological considerations and clinical insights</i> (J. NeuroEng. Rehabil.)	Pelatihan Somatosensorik (Meta-Analisis)	Menyediakan bukti meta-analitik yang kuat mengenai efektivitas dan wawasan klinis pelatihan somatosensorik untuk rehabilitasi fungsional.
12	Siska Pindi, T., Enikmawati, A., & Yuli, W. (2022)	<i>Pengaruh Senam Kaki Diabetes Terhadap Sensitivitas Kaki Pasien Diabetes Mellitus</i> (Jurnal Rumpun Ilmu Kesehatan)	Senam Kaki Diabetes	Berpengaruh secara signifikan dalam meningkatkan sensitivitas perifer/kaki pada penderita diabetes melitus.

13	Soelistijo, S. A., & Suastika, K. (2024)	<i>Pedoman Pengelolaan Dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Di Indonesia 2024</i> (PERKENI)	Pedoman Nasional Pengelolaan DM Tipe 2 (PERKENI 2024)	Menjadi standar acuan nasional utama di Indonesia untuk pencegahan, penatalaksanaan, dan kontrol komplikasi diabetes melitus.
14	Trihandayani, Y., et al. (2024)	<i>Senam Kaki untuk Penurunan Kadar Glukosa Darah pada Pasien Diabetes Melitus (Literatur Review)</i> (<i>J. Vocat. Health Sci.</i>)	Senam Kaki Diabetes (Literatur Review)	Peninjauan literatur mengonfirmasi efektivitas senam kaki dalam menurunkan kadar glukosa darah melalui aktivasi pemanfaatan glukosa oleh otot.
15	Zheng, W., et al. (2025)	<i>Effects of Exercise on Dynamic Balance in People with Type 2 DM: A Systematic Review and Meta-Analysis of RCTs (Life)</i>	Latihan Fisik & Keseimbangan Dinamis (Meta-Analysis)	Membuktikan secara meta-analitik bahwa latihan fisik terstruktur meningkatkan keseimbangan dinamis pada pasien DM Tipe 2.

Sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1, stimulasi somatosensorik pada kaki memberikan pengaruh nyata terhadap perubahan keseimbangan dinamis, terutama pada lansia. Penggunaan teknologi stimulasi elektrik plantar secara spesifik terbukti efektif dalam memperbaiki sensasi sensorik pada pasien neuropati perifer. Di sisi lain, intervensi manual berupa senam kaki diabetes secara konsisten dilaporkan meningkatkan sensitivitas saraf tepi serta berkontribusi pada penurunan kadar gula darah pada pasien DM Tipe 2.

Temuan utama dari berbagai studi menunjukkan bahwa stimulasi somatosensorik pada kaki memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan keseimbangan dinamis, terutama pada populasi lansia. Secara spesifik, penggunaan stimulasi elektrik plantar terbukti secara efektif meningkatkan sensasi plantar serta keseimbangan postural pada pasien dengan neuropati perifer diabetik. Di sisi lain, intervensi senam kaki diabetes secara konsisten dilaporkan memiliki pengaruh positif terhadap peningkatan sensitivitas kaki sekaligus berkontribusi langsung pada penurunan kadar glukosa darah sewaktu pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2. Selain itu, latihan sensorimotor dan pelatihan proprioseptif ditemukan berdampak pada perbaikan stabilitas postural dan kemampuan imajinasi motorik melalui induksi plastisitas pada konektivitas otak.

Temuan mengenai efektivitas stimulasi somatosensorik dalam meningkatkan keseimbangan dinamis sejalan dengan penelitian oleh Abdullah et al. (2021) yang menyatakan adanya pengaruh signifikan stimulasi tersebut terhadap stabilitas postural lansia. Hal ini diperkuat oleh studi Najafi et al. (2017) yang menggunakan teknologi spesifik berupa plantar electrical stimulation untuk meningkatkan sensasi kaki dan keseimbangan pada pasien neuropati. Secara mekanistik, Ginatempo et al. (2024) menjelaskan bahwa stimulasi somatosensorik mampu menginduksi plastisitas pada konektivitas otak-serebelar, sementara Kusano et al. (2024) menambahkan bahwa stimulasi pasif repetitif dapat meningkatkan keterampilan imajinasi motorik. Temuan ini dikomparasikan dengan tinjauan sistematis oleh (Giri and Borkar.,2021) serta meta-analisis dari Sasaki et al. (2025) yang mengonfirmasi bahwa pelatihan sensorimotor memberikan wawasan klinis penting dalam perbaikan kontrol postural.

Dalam aspek intervensi manual, efektivitas senam kaki diabetes dalam meningkatkan sensitivitas saraf tepi dilaporkan oleh Siska Pindi et al. (2022). Menariknya, studi Magfirlah et al. (2024) dan tinjauan literatur oleh Trihandayani et al. (2024) memperluas temuan ini dengan menunjukkan bahwa senam kaki tidak hanya memperbaiki fungsi sensorik tetapi juga berkontribusi langsung pada penurunan kadar glukosa darah sewaktu. Hasil tersebut selaras dengan meta-analisis terbaru dari Zheng et al. (2025) yang menegaskan dampak positif latihan fisik terhadap keseimbangan dinamis pasien DM Tipe 2.

Selain itu, efektivitas intervensi ini harus didukung oleh diagnosis yang tepat; namun, Dros et al. (2019) memberikan perspektif kritis bahwa akurasi tes monofilamen untuk mendiagnosis neuropati masih perlu dievaluasi dalam praktik klinis. Seluruh komparasi penelitian ini mendukung implementasi strategi non-farmakologis yang komprehensif sebagaimana diatur dalam Pedoman

PERKENI (2024) di Indonesia dan standar internasional Standards of Care in Diabetes. Pelatihan proprioseptif, seperti yang diteliti oleh Roy et al. (2025), menjadi elemen pelengkap yang krusial dalam memperkuat stabilitas postural individu dengan neuropati diabetik dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada kontrol glikemik saja.

Peneliti mensintesis bahwa integrasi antara stimulasi somatosensorik berbasis teknologi (elektrik/pasif) dan latihan fisik manual (aktif/senam kaki) menciptakan sinergi yang optimal bagi pemulihan fungsional pasien Diabetes Melitus Tipe 2. Asumsinya adalah bahwa stimulasi teknologi berperan sebagai akselerator untuk mengaktifkan kembali jalur saraf aferen yang dorman dan meningkatkan plastisitas otak, sementara senam kaki manual berperan dalam memperkuat sistem eferen motorik serta menjaga kontrol metabolik melalui penurunan glukosa darah. Oleh karena itu, pendekatan holistik yang menggabungkan kedua modalitas ini dipandang jauh lebih efektif daripada intervensi tunggal dalam meminimalkan risiko jatuh dan mencegah komplikasi luka pada kaki, sehingga sangat direkomendasikan untuk diimplementasikan sebagai bagian dari standar asuhan keperawatan dan manajemen mandiri pasien sesuai dengan Pedoman PERKENI 2024.

4. KESIMPULAN

Integrasi stimulasi somatosensorik dan senam kaki diabetes merupakan strategi intervensi yang sangat efektif dalam meningkatkan sensitivitas kaki serta keseimbangan dinamis pada pasien Diabetes Melitus (DM) Tipe 2. Stimulasi somatosensorik, baik melalui teknologi elektrik plantar maupun stimulasi serebelar, terbukti secara signifikan menginduksi plastisitas saraf dan memperbaiki stabilitas postural pada individu dengan neuropati perifer. Di sisi lain, intervensi manual berupa senam kaki tidak hanya efektif dalam meningkatkan sensitivitas saraf tepi, tetapi juga memberikan manfaat tambahan berupa penurunan kadar glukosa darah sewaktu. Sinergi antara stimulasi pasif berbasis teknologi dan latihan motorik aktif memberikan hasil yang lebih komprehensif dalam meminimalkan risiko jatuh dibandingkan dengan intervensi Tunggal.

Implikasi klinis temuan ini memiliki implikasi penting bagi praktik keperawatan dan manajemen diabetes di Indonesia. Implementasi kombinasi kedua modalitas ini sangat disarankan untuk diadopsi sebagai standar asuhan keperawatan mandiri bagi pasien diabetes, sejalan dengan Pedoman PERKENI 2024 dan Standards of Care in Diabetes. Pemanfaatan stimulasi somatosensorik dapat menjadi akselerator dalam proses rehabilitasi sensorik, sementara senam kaki menjadi pilar utama dalam pemeliharaan fungsi motorik dan kontrol metabolik pasien secara berkelanjutan.

Saran penelitian selanjutnya mengingat sebagian besar data dalam tinjauan ini berasal dari studi yang terpisah antara intervensi teknologi dan manual, maka disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk melakukan penelitian primer eksperimental (RCT) yang secara khusus menguji protokol integrasi simultan antara stimulasi somatosensorik elektrik dan senam kaki diabetes. Selain itu, diperlukan evaluasi lebih lanjut mengenai efektivitas jangka panjang dari intervensi kombinasi ini terhadap penurunan insidensi ulkus kaki diabetes serta peningkatan kualitas hidup pasien pada berbagai tingkat keparahan neuropati yang didiagnosis melalui tes monofilamen yang akurat.

5. REFERENSI

- Abdullah, K., Ardi, Y. G., & Tsabita, J. (2021). Pengaruh stimulasi somatosensorik pada kaki terhadap perubahan keseimbangan dinamis lansia. *Jurnal ilmiah keperawatan (Scientific journal of nursing)*, 7(2), 220–225. (2021). <https://doi.org/10.33023/jikep.v7i2.769>
- Dros, J., Wewerinke, A., Bindels, P. J., & Van Weert, H. C. (2009). Accuracy of monofilament testing to diagnose peripheral neuropathy: a systematic review. *Annals of family medicine*, 7(6), 555–558. (2009). <https://doi.org/10.1370/afm.1016>
- ElSayed, N. A., Aleppo, G., Aroda, V. R., Bannuru, R. R., Brown, F. M., Bruemmer, D., ... & Gabbay, R. A. (2023). Introduction and methodology: standards of care in diabetes—2023. *Diabetes care*, 46(Suppl. 1), S1–S4. (2023). <https://doi.org/10.2337/dc23-Sint>
- Ginatempo, F., Manzo, N., Spampinato, D. A., Loi, N., Burgio, F., Rothwell, J. C., & Deriu, F. (2024). A novel paired somatosensory-cerebellar stimulation induces plasticity on cerebellar-brain

- connectivity. *Cerebellum*, 23(3), 1121–1127. (2024). <https://doi.org/10.1007/s12311-023-01622-5>
- Giri, H. S., & Borkar, P. (2021). Effects of sensory stimulation on balance and postural control in diabetic neuropathy: systematic review. *International journal of research in medical sciences*, 9(7), 2090–2098. (2021). <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20212531>
- Jimenez-Mazuelas, M. J., Gonzalez-Perez de Villar, N., De Casas-Albendea, S., Martinez-Gimeno, L., Jimenez-Gonzalez, S., & Angulo-Carrere, M. T. (2024). Somatosensory and dynamic balance improvement in older adults with diabetic peripheral neuropathy through sensorimotor exercise: a multisite randomized controlled trial. *Journal of bodywork and movement therapies*, 40, 2062–2073. (2024). <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2024.10.041>
- Kusano, K., Hayashi, M., Iwama, S., & Ushiba, J. (2024). Improved motor imagery skills after repetitive passive somatosensory stimulation: a parallel-group, pre-registered study. *Frontiers in neural circuits*, 18, 1510324. (2024). <https://doi.org/10.3389/fncir.2024.1510324>
- Magfirlah, S., Susanto, A. D., & Fuadah, S. (2024). Penerapan intervensi terapi senam kaki diabetes dalam upaya penurunan kadar gula darah pada pasien diabetes melitus tipe II di Rumah Sakit An-Nisa Kota Tangerang. *Jurnal ilmiah kesehatan mandira cendikia*, 3(8), 74–78. (2024). <https://journal.mandiracendikia.com/index.php/JIK-MC/article/view/1307>
- Najafi, B., Talal, T. K., Grewal, G. S., Menzies, R., Armstrong, D. G., & Lavery, L. A. (2017). Using plantar electrical stimulation to improve postural balance and plantar sensation among patients with diabetic peripheral neuropathy: a randomized double blinded study. *Journal of diabetes science and technology*, 11(4), 693–701. (2017). <https://doi.org/10.1177/1932296817695338>
- Roy, G. J., Khan, A. F., Saeed, F., & Parveen, U. (2025). Proprioceptive training's impact on postural stability in diabetic neuropathy individuals. *International journal of advanced academic studies*, 7(1), 170–175. (2025). <https://www.allstudyjournal.com>
- Sasaki, R., Kojima, S., Saito, K., & Onishi, H. (2025). Somatosensory training: a systematic review and meta-analysis with methodological considerations and clinical insights. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 22(1), 43. (2025). <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01579-y>
- Siska Pindi, T., Enikmawati, A., & Yuli, W. (2022). Pengaruh senam kaki diabetes terhadap sensitivitas kaki pasien diabetes mellitus. *Jurnal rumpun ilmu kesehatan*, 2(2), 95–99. (2022). <https://doi.org/10.55606/jrik.v2i2.739>
- Soelistijo, S. A., & Suastika, K. (2024). Pedoman pengelolaan dan pencegahan diabetes melitus tipe 2 di Indonesia 2024. Perkumpulan endokrinologi Indonesia (PERKENI). (2024). <https://pbperkeni.or.id>
- Trihandayani, Y., Asy-Syifa, Rohmah, U., Listiani, D. P., Wijaya, S. M., Budiman, A., & Puspanegara, C. (2024). Senam kaki untuk penurunan kadar glukosa darah pada pasien diabetes melitus (literatur review). *Journal of vocational health science*, 3(1), 134–144. (2024). <https://doi.org/10.55927/jvhs.v3i1.8210>
- Zheng, W., Su, H., Han, B., Chen, Z., Liu, X., Lv, Y., & Yu, L. (2025). Effects of exercise on dynamic balance in people with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Life*, 15(6), 913. (2025). <https://doi.org/10.3390/life15060913>