

Efektivitas Pergerakan Sederhana Ekstremitas Terhadap Penurunan Kadar Glukosa Pasien Diabetes Mellitus Tipe 2

Nurul Hidayah¹ Rifaatul Laila Mahmudah² Nurwidji³ Yuna Annisa Salsabila⁴

¹ Program Studi D3 Keperawatan, Poltekkes Kemenkes Malang

² Program Studi S1 Kebidanan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Majapahit Mojokerto

³ Program Studi S1 Ilmu Keperawatan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Majapahit Mojokerto

⁴ Fakultas Kedokteran, Universitas Jember

Email: nurul_hidayah@potekkes-malang.ac.id

ABSTRACT

Low physical activity contributes to poor glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM). Low-effort, practical exercises that can be taught by nurses can improve short-term glycemia, but evidence for single-session simple limb movements is limited. Objective: To evaluate the acute effects of simple limb movements on capillary blood glucose in patients with T2DM. A quantitative, single-group pre-test-post-test study was conducted using a sequential sample of 15 patients with T2DM. Participants performed seven types of simple limb movements with varying repetitions (3–20 repetitions). Capillary blood glucose was measured immediately before and after each movement using a glucometer (Glucotest). Changes were analyzed using the Wilcoxon signed-rank test; significance was set at $p \leq 0.05$. Results show several movement-repetition combinations produced statistically and clinically significant acute reductions in blood glucose. Specifically, open-hand grip at 10 repetitions showed a mean reduction ($\Delta \approx -9$, $p = 0.012$), and wrist flexion-extension at 16 repetitions produced a greater reduction ($\Delta \approx -37$, $p = 0.043$). Other movements, particularly specific ankle exercises, showed large numerical reductions in some trials but with greater inter-participant variability and inconsistent statistical significance. No major adverse events were reported. Brief, simple extremity movements can produce acute reductions in capillary glucose among some patients with T2DM, suggesting feasibility as a nurse-led intervention that can be implemented in the community. These findings require confirmation through larger randomized trials with continuous glucose monitoring to determine clinical utility and optimal protocols.

Keywords: Diabetes mellitus; movements; blood glucose; physical activity

A. PENDAHULUAN

Hiperglikemia pada diabetes mellitus didefinisikan sebagai kondisi hiperglikemia kronis akibat gangguan sekresi atau kerja insulin; diagnosis medis ditegakkan menurut kriteria standar (mis. glukosa plasma puasa ≥ 126 mg/dL, glukosa 2-jam OGTT ≥ 200 mg/dL, atau HbA1c $\geq 6,5\%$) yang digunakan secara luas dalam pedoman klinis (Johnson et al., 2020). Prevalensi diabetes dewasa global dilaporkan lebih dari 10% pada tahun 2021 dengan sekitar 536–537 juta orang hidup dengan diabetes, dan diproyeksikan meningkat signifikan pada dekade mendatang (Sun et al., 2022). Di Indonesia, survei nasional menunjukkan prevalensi dewasa sekitar 10.9% berdasarkan RISKESDAS

(2018) dan studi proyeksi nasional memperlihatkan tren kenaikan prevalensi dalam beberapa tahun terakhir sehingga menjadi perhatian penting bagi pelayanan primer dan kebijakan pencegahan (Liberty et al., 2024).

Faktor risiko diabetes mellitus tipe 2 meliputi faktor yang tidak dapat diubah, antara lain usia lanjut (≥ 45 tahun), riwayat keluarga derajat pertama dengan diabetes, etnisitas, riwayat kehamilan dengan diabetes gestasional atau melahirkan bayi besar (> 4.000 g), serta riwayat lahir dengan berat badan rendah ($< 2,5$ kg); selain itu terdapat faktor-faktor yang dapat dimodifikasi seperti obesitas ($IMT \geq 25$ kg/m² atau lingkaran pinggang ≥ 80 cm pada wanita dan ≥ 90 cm pada pria), obesitas sentral, pola makan tidak sehat, kurang aktivitas fisik, hipertensi, dan dislipidemia. Faktor lain yang berkontribusi antara lain sindrom metabolik, polycystic ovary syndrome (PCOS), riwayat toleransi glukosa terganggu atau gangguan glukosa puasa sebelumnya, penyakit kardiovaskular, kebiasaan merokok, konsumsi alkohol, serta faktor psikososial seperti stres; perubahan gaya hidup terkait urbanisasi dan pola hidup sedentari juga telah terbukti meningkatkan beban penyakit ini di populasi nasional (Wahidin et al., 2024).

Sebuah penelitian memaparkan aktivitas fisik dengan intensitas sedang-tinggi sebagai terapi utama untuk mengendalikan glukosa pada diabetes tipe 2, termasuk rekomendasi gerak rutin atau kombinasi aerobik dan resistensi, yang memang terbukti memperbaiki kontrol glikemik (Syeda et al., 2023). Namun, studi tentang gerakan ekstremitas sederhana seperti jeda aktivitas ringan atau gerakan resistensi sederhana yang bisa dilakukan di tempat duduk masih terbatas meski berpotensi lebih mudah diterapkan di kehidupan sehari-hari pasien yang mungkin sulit melakukan latihan intens. Penelitian lain tahun 2025 oleh Logan dkk. menunjukkan bahwa menginterupsi duduk lama dengan jeda aktivitas ringan atau gerakan resistensi sederhana secara signifikan menurunkan respons GIP pascaprandial pada orang dewasa dengan diabetes tipe 2, menandai bukti awal penting bagi pendekatan gerakan ringan ini (Logan et al., 2025).

Beban ekonomi yang dikeluarkan untuk DM tipe 2 memperkuat urgensi penelitian intervensi sederhana. Sebuah literature melaporkan biaya yang dihabiskan mencapai 56 % di negara berkembang, dan 74% di negara maju. Hal ini menandakan bahwa adanya porsi dan beban yang besar pada biaya sistem kesehatan (Butt et al., 2024). Di Indonesia, kebutuhan biaya yang dikeluarkan untuk komplikasi diabetes melonjak hingga 40-60% untuk populasi di wilayah terpencil (Adnan et al., 2025). Oleh karena itu, intervensi aktivitas fisik sederhana seperti gerakan ekstremitas ringan yang mudah dilakukan di rumah menjadi penting karena berpotensi membantu pengendalian glukosa sekaligus mengurangi beban biaya jangka panjang bagi pasien dan sistem kesehatan.

Pada pasien DM tipe 2, modifikasi gaya hidup, terutama olahraga teratur disertai diet sehat dan pengendalian berat badan menjadi bagian penting dalam pengelolaan penyakit ini. Berbagai studi besar menunjukkan bahwa populasi yang sedentari memiliki insiden DM2 jauh lebih tinggi dibanding yang aktif (Gidudu et al., 2025). Misalnya, kohort 21.271 dokter laki-laki di AS melaporkan pria yang berolahraga ≥ 1 x/minggu memiliki risiko relatif 36% lebih rendah terkena DM2 dibandingkan yang kurang berolahraga (Smith et al., 2016). Hasil dilaporkan wanita yang rutin berjalan kaki santai mengalami penurunan risiko DM2 sekitar 20–30% (Bassin & Srinath, 2023). Studi terbaru di Iran (10.004 partisipan) juga menunjukkan peserta aktif memiliki peluang secara signifikan lebih rendah ($OR \approx 0,65$) mengidap DM2 dibanding peserta sedentary (Dehdari et al., 2025). Keseluruhan bukti ini mendukung rekomendasi agar

pasien DM2 melakukan aktivitas fisik moderat ≥ 150 menit/minggu untuk membantu mengendalikan kadar glukosa darah (Colberg et al., 2016).

Jika kadar gula tidak terkontrol, DM2 dapat menimbulkan komplikasi akut metabolik dan komplikasi vaskular kronis pada berbagai organ vital. Komplikasi diabetes umumnya diklasifikasikan menjadi mikrovaskular, seperti retinopati (kerusakan mata), nefropati (kerusakan ginjal), neuropati (kerusakan saraf) dan makrovaskular seperti penyakit jantung koroner, stroke, dan penyakit pembuluh darah perifer (Antar et al., 2023). Misalnya, retinopati diabetik merupakan penyebab utama kebutaan pada usia kerja, sedangkan diabetes adalah penyebab tersering gagal ginjal akhir (ESRD) dan faktor risiko penting amputasi ekstremitas bawah (Ru et al., 2025). Hiperglikemia kronik merusak saraf dan pembuluh darah sehingga pasien rentan mengalami neuropati perifer, retinopati, nefropati, penyakit iskemik jantung, stroke, dan penyakit vaskular perifer. Karena komplikasi ini berisiko fatal, pedoman klinis terbaru menekankan perlunya kontrol glikemik dan faktor risiko kardiovaskular secara agresif (Crasto et al., 2021). Oleh karena itu, intervensi non-farmakologis (diet sehat, berhenti merokok, dan olahraga rutin) harus diintegrasikan dalam perawatan untuk menurunkan kadar gula darah dan mencegah komplikasi lanjut.

Sebagai tenaga kesehatan, perawat berperan penting dalam meningkatkan kepedulian penderita diabetes mellitus terhadap aktivitas fisik sebagai upaya pencegahan komplikasi. Peran perawat meliputi konseling dan edukasi untuk menekankan bahwa pengendalian diabetes tidak hanya melalui pengaturan diet dan terapi obat, tetapi juga melalui olahraga yang teratur guna membantu menurunkan kadar glukosa darah. Oleh karena itu, perawat berperan strategis dalam mendorong minat dan kepatuhan pasien terhadap aktivitas fisik. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gerakan sederhana ekstremitas terhadap penurunan kadar glukosa darah pada pasien Diabetes Mellitus Tipe 2.

B. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan desain pre-eksperimental one-group pretest–posttest untuk menilai pengaruh intervensi gerakan sederhana ekstremitas terhadap perubahan kadar glukosa darah. Sampel dipilih secara consecutive sampling dari populasi 30 pasien Diabetes Mellitus Tipe 2 di Desa Sumberporong, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang (periode pengambilan data September–November 2024), sehingga terpilih 15 responden yang memenuhi kriteria inklusi (DM tipe 2, bersedia menjadi responden, mampu membuat keputusan, compos mentis) dan tidak memenuhi kriteria eksklusi (kurang kooperatif, penurunan kesadaran, berhenti sewaktu-waktu, atau dalam fase akut/komplikasi). Variabel independen adalah gerakan sederhana ekstremitas (intervensi), sedangkan variabel dependen adalah kadar glukosa darah yang diukur sebelum dan sesudah intervensi menggunakan alat ukur glukosa darah (Glukotest/Glucosa Stic) dan dicatat dalam lembar observasi/checklist; data tambahan yang relevan dicatat sesuai protokol. Pengumpulan data meliputi pengukuran glukosa pretest dan posttest serta pencatatan observasional terhadap pelaksanaan gerakan oleh responden. Analisis data dilakukan secara deskriptif (proporsi, tabel, diagram batang/garis) untuk menggambarkan perubahan kadar glukosa, dan uji inferensial menggunakan Paired Sample Test untuk menguji perbedaan rata-rata pre–post dengan taraf signifikansi $p \leq 0,05$; apabila

diperlukan pengujian normalitas, akan dipilih uji nonparametrik alternatif. Penyajian hasil meliputi narasi, tabel, dan grafik untuk memudahkan interpretasi. Etika penelitian dipenuhi melalui informed consent tertulis, serta jaminan anonimitas dan kerahasiaan (confidentiality) data responden.

C. HASIL PENELITIAN

Sampel penelitian terdiri dari 15 pasien Diabetes Mellitus Tipe 2 yang memenuhi kriteria inklusi; perbandingan kadar glukosa sebelum dan sesudah setiap perlakuan gerakan dianalisis dengan uji Wilcoxon (pretest–posttest). Data dicatat untuk berbagai jenis gerakan ekstremitas dengan pengulangan dari 3 sampai 20 kali dan disajikan dalam tabel frekuensi dan ringkasan perubahan rata-rata.

Untuk gerakan menggenggam–membuka jari, terdapat beberapa pengulangan yang menunjukkan penurunan glukosa bermakna: 10 kali gerakan menghasilkan penurunan rata-rata sebesar 9 poin dengan $p = 0,012$ (signifikan pada $\alpha = 0,05$), sedangkan 8, 16, dan 18 kali menunjukkan signifikansi pada tingkat kesalahan 10% ($p \approx 0,066$ – $0,068$) dengan penurunan terbesar sebesar 41 poin pada pengulangan 16 kali. Beberapa pengulangan lain tidak menunjukkan perbedaan bermakna, dan ada juga observasi peningkatan glukosa pada beberapa pengulangan kecil yang tidak signifikan.

Pada gerakan fleksi-ekstensi pergelangan tangan, pengujian menunjukkan perbedaan rata-rata signifikan pada 10 kali (penurunan ≈ 13 poin, $p = 0,011$), 16 kali (penurunan ≈ 37 poin, $p = 0,043$) dan 18 kali (penurunan ≈ 11 poin, $p = 0,043$). Untuk sejumlah pengulangan lainnya tidak ditemukan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$). Rata-rata penurunan terbesar tercatat pada pengulangan menengah namun tidak selalu berbanding lurus dengan signifikansi statistik.

Untuk gerakan adduksi–abduksi dengan pengelangan siku (tangan), hasil menunjukkan bahwa 10 kali pengulangan efektif menurunkan glukosa sebesar ≈ 10 poin dan signifikan pada tingkat kesalahan 10% ($p = 0,089$); beberapa pengulangan lain mencatat perubahan besar dalam besaran rata-rata (mis. penurunan 50 poin pada 5 kali), namun perubahan tersebut tidak mencapai signifikansi statistik. Secara keseluruhan, banyak pengulangan pada gerakan ini menunjukkan $p > 0,05$.

Pada gerakan ekstremitas bagian bawah (fleksi-ekstensi dan adduksi-abduksi pergelangan kaki serta fleksi-ekstensi di pergelangan siku kaki) hasil bervariasi: beberapa pengulangan menunjukkan penurunan signifikan pada tingkat 5% atau 10% (contoh: 8 kali fleksi-ekstensi pergelangan siku kaki menurun ≈ 28 poin, $p \approx 0,068$; 14 kali fleksi-ekstensi pergelangan kaki menunjukkan penurunan besar hingga 61 poin yang signifikan pada beberapa catatan), sedangkan banyak pengulangan lain tidak bermakna secara statistik meskipun beberapa mencatat penurunan rata-rata yang besar (contoh: penurunan 66 poin pada 13 kali adduksi-abduksi pergelangan kaki, namun tidak signifikan). Terdapat pula beberapa kasus peningkatan glukosa pasca-gerakan pada beberapa pengulangan yang tidak signifikan; variasi respons individual ini tercantum rinci pada tabel hasil.

Variasi respons antar responden tampak jelas: beberapa peserta menunjukkan penurunan yang konsisten pada banyak pengulangan, sedangkan peserta lain memperlihatkan sedikit perubahan atau bahkan peningkatan sementara kadar glukosa. Penelitian mencatat bahwa faktor subjektif (mis. ketidaknyamanan atau stres saat

melakukan gerakan kaki) dapat mempengaruhi hasil.

Uji yang digunakan adalah Wilcoxon Sign Rank Test untuk membandingkan nilai pra-post setiap pengulangan. Hasil uji menyatakan secara umum adanya pengaruh untuk beberapa kombinasi gerakan, namun kekuatan bukti terbatas oleh ukuran sampel kecil.

Keterbatasan teknis yang tercatat meliputi ukuran sampel ($n = 15$), penggunaan pengukuran glukosa kapiler sekali-waktu (Glukotest) yang memiliki keterbatasan presisi dibanding CGM, dan desain pre-eksperimental tanpa kelompok kontrol sehingga interpretasi kausal perlu hati-hati. Semua keterbatasan ini dicatat dalam laporan.

Dari sisi keselamatan dan kepatuhan, tidak dilaporkan efek samping mayor; namun beberapa responden melaporkan ketidaknyamanan pada gerakan kaki sehingga pelaksanaan evakuasi gerakan harus memperhatikan toleransi individu. Etika (informed consent, anonimitas, confidentiality) dipenuhi selama pelaksanaan studi.

Ringkasan akhir hasil: intervensi gerakan sederhana ekstremitas menghasilkan penurunan kadar glukosa yang bermakna pada kombinasi gerakan-pengulangan tertentu (terutama pengulangan menengah seperti 8–18 kali tergantung gerakan). Efek terbesar secara numerik tercatat pada beberapa pengulangan tangan dan kaki tetapi variabilitas individu tinggi sehingga rekomendasi klinis perlu diuji lebih lanjut dengan RCT dan alat pengukuran glukosa *continue*.

Tabel 1. Rangkuman Pengaruh Gerakan Sederhana Ekstremitas terhadap Penurunan Kadar Glukosa Darah pada Pasien Diabetes Mellitus Tipe 2

No	Gerakan (kode)	Pengulangan efektif (yang dilaporkan)	Selisih rata-rata setelah perlakuan (poin)	p-value	Tingkat sign.
1	Menggenggam – membuka jari (X1)	8; 10; 16; 18	–7 ; –9 ; –41 ; –8	0.066 ; 0.012 ; 0.068 ; 0.068	10% ; 5% ; 10% ; 10%
2	Fleksi-ekstensi pergelangan tangan (X2)	10; 16; 18	–13 ; –37 ; –11	0.011 ; 0.043 ; 0.043	5% ; 5% ; 5%
3	Adduksi-abduksi (siku tangan melipat) (X4)	10	–10	0.089	10%
4	Fleksi-ekstensi pergelangan kaki (X5)	14 (catatan: beberapa pengulangan lain dievaluasi)	–61 (nilai terbesar tercatat pada 14 kali)	(nilai p tercatat signifikan menurut laporan)	signifikan (lap.)
5	Adduksi-abduksi pergelangan kaki (X6)	8; 18	–15 ; –9	0.068 ; 0.068	10% ; 10%
6	Fleksi-ekstensi pergelangan siku kaki (X7)	8; 18	–28 ; –8.5	0.068 ; 0.068	10% ; 10%

D. PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bouts pendek gerakan sederhana ekstremitas dapat menurunkan kadar glukosa darah secara akut pada pasien DM tipe 2, tetapi efeknya bergantung pada tipe gerakan dan jumlah pengulangan; beberapa perlakuan (mis. 10–16 pengulangan pada tangan dan 8–18 pada kaki) menghasilkan penurunan yang signifikan atau mendekati signifikan. Temuan ini sejalan dengan bukti bahwa sesi tunggal aktivitas fisik termasuk latihan resistensi ringan dan kegiatan fisik singkat dapat menurunkan glukosa darah secara akut melalui peningkatan pengambilan glukosa otot dan aktivasi jalur transduksi sinyal terkait insulin (lihat tinjauan sistematis terbaru). Studi meta-analisis dan tinjauan sistematis melaporkan bahwa satu sesi latihan (aerobik atau resistensi) menurunkan glikemia segera setelah latihan, dan efek ini lebih nyata untuk protokol tertentu serta segera pasca-latihan (de Almeida et al., 2024).

Mekanisme yang mungkin menjelaskan pengurangan glukosa setelah gerakan sederhana meliputi: (1) peningkatan pengangkutan glukosa ke otot rangka melalui mekanisme insulin-independen (mis. translocasi GLUT4 akibat kontraksi otot), (2) peningkatan penggunaan glukosa oleh otot sebagai substrat energi, dan (3) perbaikan singkat sensitivitas insulin pasca-kontraksi (Richter, 2020). Bukti terkini juga menunjukkan bahwa memecah waktu duduk dengan gerakan ringan sepanjang hari memperbaiki kontrol glikemik jangka pendek, yang relevan untuk intervensi sederhana yang dapat dilakukan di rumah oleh perawat dan pasien (Yu et al., 2025).

Keterbatasan studi ini perlu diperhatikan saat menginterpretasi hasil. Desain pre-eksperimental tanpa kelompok kontrol, sampel kecil ($n = 15$), dan variasi respons individual (termasuk laporan subjektif stres/respon terhadap gerakan kaki) membatasi generalisasi hasil dan kekuatan inferensial. Beberapa pengurangan besar tidak mencapai signifikansi yang konsisten, mengindikasikan variabilitas efek antar peserta. Selain itu, pengukuran menggunakan alat glukosa kapiler (Glukotest/Glucosa Stic) memberikan data praktis untuk setting komunitas tetapi memiliki keterbatasan presisi dibandingkan monitoring kontinu (CGM).

Implikasi praktis dari temuan ini adalah bahwa intervensi sederhana berbasis gerakan telah bergasil diajarkan oleh perawat dan dapat dipraktikkan di fasilitas primer atau rumah, berpotensi menjadi strategi tambahan untuk menurunkan glukosa secara akut dan meningkatkan aktivitas fisik pasien DM tipe 2. Rekomendasi penelitian lanjutan: uji dengan rancangan randomisasi terkontrol (RCT), sampel lebih besar, periode intervensi lebih panjang, dan penggunaan CGM untuk mengukur respons glikemik real-time juga perlu mengevaluasi durasi efek pasca-latihan dan kombinasi dengan intervensi nutrisi atau waktu latihan terhadap waktu makan. Bukti dari literatur 2020–2025 mendukung bahwa latihan teratur dan bahkan sesi-sesi pendek berulang memberi manfaat pada kontrol glikemik dan menunjukkan dasar biologis untuk hasil yang dilaporkan pada penelitian ini.

E. PENUTUP

Berdasarkan penelitian pada 15 responden dengan DM Tipe 2 yang menerima tujuh jenis gerakan sederhana pada ekstremitas, beberapa Gerakan, khususnya fleksi-ekstensi pergelangan tangan pada 10 pengulangan ($p = 0,011$)—menunjukkan perubahan rata-rata glukosa yang bermakna, sementara gerakan lain menunjukkan perbedaan yang

tidak konsisten atau tidak signifikan; hal ini menunjukkan bahwa lokasi dan intensitas gerakan memengaruhi respons glukosa, dan gerakan pada ekstremitas bawah cenderung dirasakan lebih berat sehingga berpotensi menimbulkan stres dan peningkatan glukosa. Oleh karena itu, rekomendasi praktis adalah memilih latihan yang nyaman, bertahap, dan mudah diulang agar kepatuhan pasien meningkat dan dampak terhadap glukosa lebih stabil; untuk penelitian selanjutnya disarankan memperbesar sampel, memvariasikan jenis, frekuensi, dan durasi gerakan, serta mengevaluasi faktor subjektif (beban/ketidaknyamanan) yang memengaruhi respons metabolik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Y., Hadju, V., Mallongi, A., & Ali, M. S. S. (2025). The Economic Cost of Type 2 Diabetes in Indonesia: A Systematic Review. *Iranian Journal of Public Health*, 54(10), 2139. <https://doi.org/10.18502/IJPH.V54I10.20118>
- Antar, S. A., Ashour, N. A., Sharaky, M., Khattab, M., Ashour, N. A., Zaid, R. T., Roh, E. J., Elkamhawy, A., & Al-Karmalawy, A. A. (2023). Diabetes mellitus: Classification, mediators, and complications; A gate to identify potential targets for the development of new effective treatments. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 168, 115734. <https://doi.org/10.1016/J.BIOPHA.2023.115734>
- Bassin, S. R., & Srinath, R. (2023). The Impact of Physical Activity in Patients With Type 2 Diabetes. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 19(1), 147. <https://doi.org/10.1177/15598276231180541>
- Butt, M. D., Ong, S. C., Rafiq, A., Kalam, M. N., Sajjad, A., Abdullah, M., Malik, T., Yaseen, F., & Babar, Z. U. D. (2024). A systematic review of the economic burden of diabetes mellitus: contrasting perspectives from high and low middle-income countries. *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice*, 17(1), 2322107. <https://doi.org/10.1080/20523211.2024.2322107>
- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Yardley, J. E., Riddell, M. C., Dunstan, D. W., Dempsey, P. C., Horton, E. S., Castorino, K., & Tate, D. F. (2016). Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*, 39(11), 2065. <https://doi.org/10.2337/DC16-1728>
- Crasto, W., Patel, V., Davies, M. J., & Khunti, K. (2021). Prevention of Microvascular Complications of Diabetes. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, 50(3), 431–455. <https://doi.org/10.1016/J.ECL.2021.05.005>
- de Almeida, J. A., Batalha, A. P. D. B., Santos, C. V. de O., Fontoura, T. S., Laterza, M. C., & da Silva, L. P. (2024). Acute effect of aerobic and resistance exercise on glycemia in individuals with type 2 diabetes: Systematic review and meta-analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 29(1), 101146. <https://doi.org/10.1016/J.BJPT.2024.101146>
- Dehdari, T., Shahraki-Sanavi, F., Nasiri, A., Nouri, R., Moghaddam, A. A., & Mohammadi, M. (2025). Relationship Between Physical Activity Levels and Type 2 Diabetes in Adults: Zahedan Adult Cohort Study, Iran. *Health Science Reports*, 8(4), e70658. <https://doi.org/10.1002/HSR2.70658>
- Gidudu, M., Nandutu, L., Ankunda, R., Eputai, J., Lulenzi, J., Ssenyonga, L. V. N., Gavamukulya, Y., & Nabirye, R. C. (2025). Factors affecting lifestyle modification among adults with type II diabetes mellitus attending care at Mbale Regional Referral

- Hospital in Mbale City, Eastern Uganda: A Mixed Methods Study. *Journal of Public Health Research*, 14(4), 22799036251395268. <https://doi.org/10.1177/22799036251395268>
- Johnson, E. L., Feldman, H., Butts, A., Chamberlain, J., Collins, B., Doyle-Delgado, K., Dugan, J., Leal, S., Rhinehart, A. S., Shubrook, J. H., & Trujillo, J. (2020). Standards of Medical Care in Diabetes—2020 Abridged for Primary Care Providers. *Clinical Diabetes: A Publication of the American Diabetes Association*, 38(1), 10. <https://doi.org/10.2337/CD20-AS01>
- Liberty, I. A., Kurniawan, F., Wijaya, C. N., Soewondo, P., & Tahapary, D. L. (2024). The Impact of Lifestyle Changes on the Prevalence of Prediabetes and Diabetes in Urban and Rural Indonesia: Results from the 2013 and 2018 Indonesian Basic Health Research (RISKESDAS) Survey. *Diabetology*, 5(6), 537–553. <https://doi.org/10.3390/DIABETOLOGY5060039/S1>
- Logan, B. K., Larsen, R., Sacre, J. W., Cohen, N. D., Lambert, G. W., Wheeler, M. J., Owen, N., Kingwell, B. A., Dunstan, D. W., & Dempsey, P. C. (2025). Interrupting prolonged sitting reduces postprandial GIP but not GLP-1 responses in type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity & Metabolism*, 27(11), 6771. <https://doi.org/10.1111/DOM.70046>
- Richter, E. A. (2020). Is GLUT4 translocation the answer to exercise-stimulated muscle glucose uptake? *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 320(2), E240. <https://doi.org/10.1152/AJPENDO.00503.2020>
- Ru, E., Ec, O., & Gi, M. (2025). Complications Associated with Type 2 Diabetes Mellitus, Pathophysiology, Diagnosis and Management: A Concise Review of Current Literature. *Saudi J Biomed Res*, 10(7), 201–244. <https://doi.org/10.36348/sjbr.2025.v10i07.001>
- Smith, A. D., Crippa, A., Woodcock, J., & Brage, S. (2016). Physical activity and incident type 2 diabetes mellitus: a systematic review and dose–response meta-analysis of prospective cohort studies. *Diabetologia*, 59(12), 2527–2545. <https://doi.org/10.1007/S00125-016-4079-0>
- Sun, H., Saeedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B. B., Stein, C., Basit, A., Chan, J. C. N., Mbanya, J. C., Pavkov, M. E., Ramachandaran, A., Wild, S. H., James, S., Herman, W. H., Zhang, P., Bommer, C., Kuo, S., Boyko, E. J., & Magliano, D. J. (2022). IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 183. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109119>
- Syeda, U. S. A., Battillo, D., Visaria, A., & Malin, S. K. (2023). The importance of exercise for glycemic control in type 2 diabetes. *American Journal of Medicine Open*, 9, 100031. <https://doi.org/10.1016/J.AJMO.2023.100031>
- Wahidin, M., Achadi, A., Besral, B., Kosen, S., Nadjib, M., Nurwahyuni, A., Ronoatmodjo, S., Rahajeng, E., Pane, M., & Kusuma, D. (2024). Projection of diabetes morbidity and mortality till 2045 in Indonesia based on risk factors and NCD prevention and control programs. *Scientific Reports 2024 14:1*, 14(1), 5424-. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54563-2>
- Yu, H. J., Hong, D., Kim, K., Heo, J. H., Cho, D. H., Hashimoto, Y., & Yun, J. S. (2025). Optimizing Physical Activity Strategies for Older Adults with Diabetes. *Diabetes & Metabolism Journal*, 49(6), 1178. <https://doi.org/10.4093/DMJ.2025.0967>

