

ASOSIASI PROFIL LIPID TERHADAP KADAR HbA1c PADA PASIEN DMT2 DI KOTA SEMARANG

Charlie Kokoh¹, Cynthia², Septin Kamilia Patinggi³

¹Fakultas Kedokteran, UNIKA Soegijapranata, Semarang, Indonesia

²Departemen Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran, UNIKA Soegijapranata, Semarang, Indonesia

³Departemen Anatomi, Fakultas Kedokteran, UNIKA Soegijapranata, Semarang, Indonesia

Korespondensi Penulis:

Nama : Charlie Kokoh

Alamat : Mijen, Kota Semarang Jawa tengah, Indonesia

Nomor Telepon : +6287798050851

Email : charliekokohyahoo@gmail.com

Abstrak

Latar Belakang: Prevalensi diabetes melitus tipe 2 (DMT2) terus meningkat, yaitu 10,5% secara global dan 638.178 kasus di Indonesia menurut SKI 2023, dengan 88.180 kasus di Jawa Tengah. Pasien DMT2 sering mengalami dislipidemia yang dapat memengaruhi kadar HbA1c sebagai indikator *gold standar* kontrol glikemik. Memahami hubungan profil lipid dan HbA1c penting untuk mendukung pengobatan serta pencegahan komplikasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan profil lipid terhadap kadar HbA1c pada pasien diabetes melitus tipe 2 di Puskesmas Mijen Kota Semarang.

Metode: Penelitian ini merupakan studi kuantitatif observasional dengan pendekatan *cross-sectional* menggunakan data sekunder hasil pemeriksaan laboratorium pasien Prolanis tahun 2024. Sampel terdiri dari 81 pasien DMT2 yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi, dipilih dengan metode *consecutive sampling*. Analisis hubungan antara profil lipid dan kadar HbA1c menggunakan uji korelasi Spearman.

Hasil: Analisis bivariat menunjukkan kadar kolesterol total ($p=0,466$) dan LDL ($p=0,758$) tidak memiliki hubungan signifikan dengan kadar HbA1c. Sebaliknya, kadar HDL menunjukkan hubungan signifikan negatif ($p=0,016$; $r=-0,266$), sedangkan trigliserida memiliki hubungan signifikan positif ($p=0,013$; $r=0,276$). Dengan demikian, hanya HDL dan trigliserida yang berhubungan secara signifikan dengan kadar HbA1c.

Kesimpulan: Mayoritas responden perempuan berusia 45-59 tahun dengan IMT kategori obesitas tingkat 1. Hasil analisis menunjukkan tidak terdapat hubungan signifikan antara kolesterol total dan LDL dengan kadar HbA1c, sedangkan HDL berhubungan negatif dan trigliserida berhubungan positif secara signifikan dengan kadar HbA1c pada pasien diabetes melitus tipe 2.

Kata kunci: diabetes melitus tipe 2, HbA1c, profil lipid, HDL, trigliserida, dislipidemia

Pendahuluan

Diabetes melitus (DM) adalah gangguan metabolik jangka panjang yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah akibat kelainan produksi atau fungsi insulin. Salah satu bentuk paling umum adalah diabetes melitus tipe 2 (DMT2)¹. Secara global, prevalensi diabetes terus meningkat. Data International Diabetes Federation (IDF) tahun 2021 menunjukkan 10,5% populasi dewasa (536,6 juta dari 5,1 miliar) hidup dengan diabetes. Angka ini diproyeksikan meningkat menjadi 11,3% (642,7 juta) pada tahun 2030 dan 12,2% (783,2

juta) pada tahun 2045, menjadikan diabetes sebagai beban kesehatan serius di seluruh dunia, termasuk Indonesia².

Di Indonesia, prevalensi diabetes juga meningkat secara signifikan, dari 6,9% pada tahun 2013 menjadi 8,5% pada tahun 2018. Data Survei Kesehatan Indonesia 2023 mencatat 638.178 kasus DM, dengan Jawa Tengah mencapai 88.180 kasus dan berada di peringkat ketiga tertinggi nasional. Selain hiperglikemia, pasien DMT2 juga banyak mengalami dislipidemia dengan prevalensi sebesar 91,4%, yang ditandai oleh peningkatan trigliserida, kolesterol total, LDL, serta penurunan HDL. Kombinasi ini meningkatkan risiko komplikasi kardiovaskular³.

HbA1c merupakan indikator utama kontrol glikemik jangka panjang yang mencerminkan rata-rata kadar glukosa darah selama 2-3 bulan. Semakin tinggi HbA1c, semakin buruk kontrol gula darah dan semakin besar risiko komplikasi seperti penyakit jantung, stroke, nefropati, dan retinopati⁴. Beberapa penelitian menunjukkan adanya hubungan antara profil lipid (trigliserida dan LDL) dengan HbA1c, namun hasilnya masih tidak konsisten, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut, terutama pada populasi lokal⁸⁻¹¹.

Puskesmas Mijen dipilih sebagai lokasi penelitian karena memiliki cakupan luas dengan 2.231 pasien DM pada tahun 2024 yang tersebar di 10 kelurahan. Mayoritas pasien adalah perempuan usia produktif hingga lanjut usia, banyak di antaranya juga menderita hipertensi dan dislipidemia. Kondisi sosial ekonomi masyarakat yang sebagian besar bekerja sebagai buruh dengan pendidikan menengah dapat memengaruhi pengelolaan penyakit. Dengan karakteristik tersebut, Puskesmas Mijen menjadi lokasi yang representatif untuk meneliti hubungan antara profil lipid dan kadar HbA1c pada pasien DMT2¹².

Metode

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif observasional dengan desain *cross-sectional* yang bertujuan menganalisis hubungan antara profil lipid dan kadar HbA1c tanpa intervensi. Penelitian dilaksanakan di Puskesmas Mijen, Kota Semarang, dengan periode data yang diambil mulai dari Januari-Desember 2024. Proses pengambilan data dilakukan pada 26 September 2025 menggunakan data sekunder dari rekam medis pasien Program Pengelolaan Penyakit Kronis (Prolanis) tahun 2024. Populasi penelitian adalah pasien diabetes melitus tipe 2 (DMT2), dengan sampel sebanyak 81 pasien yang memenuhi kriteria inklusi (memiliki data lengkap profil lipid dan HbA1c) dan eksklusi (tidak menderita thalassemia, peningkatan hemoglobin F, dan anemia). Besar sampel minimal dihitung menggunakan rumus *Lemeshow* dengan prevalensi 3,2% (2.231 dari 69.654 penduduk), tingkat kepercayaan 95% ($Z = 1,96$),

dan margin of error 5% ($d = 0,05$), sehingga diperoleh 48 sampel dan ditambah 10% menjadi 53 sampel minimal.

Variabel independen dalam penelitian ini adalah profil lipid yang meliputi kolesterol total, HDL, LDL, dan trigliserida (mg/dL), sedangkan variabel dependen adalah kadar HbA1c (%). Data dikumpulkan melalui observasi rekam medis dan dianalisis menggunakan SPSS versi 23. Analisis univariat digunakan untuk mendeskripsikan data, sedangkan analisis bivariat dilakukan setelah uji normalitas Kolmogorov-Smirnov ($n > 50$). Karena data trigliserida dan HbA1c tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$), digunakan uji korelasi Spearman dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

Hasil

Analisis univariat bertujuan menggambarkan karakteristik subjek dan variabel secara deskriptif. Data penelitian ini diambil di Puskesmas Mijen Kota Semarang pada September 2025 dengan jumlah subjek penelitian sebanyak 81 subjek. Karakteristik subjek penelitian yang terdiri dari jenis kelamin, usia dan indeks massa tubuh (IMT) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian

No	Variabel	Frek.	%
1.	Jenis Kelamin		
	Pria	31	38.27
	Wanita	50	61.73
Total		81	100
2.	Usia (tahun)*		
	45-59	42	51.85
	60-74	35	43.21
	75-90	4	4.94
	>90	0	0
Total		81	100
3.	IMT**		
	Berat badan kurang	3	3.7

No	Variabel	Frek.	%
	Normal/ideal	20	24.7
	Berat badan berlebih	24	29.6
	Obesitas tingkat 1	25	30.9
	Obesitas tingkat 2	9	11.1
Total		81	100

Keterangan: *45-59 tahun: Middle, 60-74 tahun: Elderly, 75-90 tahun: Old:, >90 tahun: Very Old: >90 tahun¹³. **Berat badan kurang (<18,5 kg/m²), berat badan normal (18,5-22,9 kg/m²), berat badan berlebih (23,0-24,9 kg/m²), obesitas tingkat I (25,0-29,9 kg/m²), dan obesitas tingkat II (≥30,0 kg/m²)¹⁴.

Tabel 1 menunjukkan karakteristik dari 81 responden dengan mayoritas berjenis kelamin wanita sebanyak 50 orang (61,73%), berada pada kelompok usia 45-59 tahun (*middle*) sebanyak 42 orang (51,85%), serta mayoritas memiliki Indeks Massa Tubuh (IMT) pada kategori obesitas tingkat 1 sebanyak 25 orang (30,9%). Selanjutnya, analisis deskriptif variabel profil lipid dan HbA1c dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Analisis Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Mean	Median (min-maks)	± Std. Deviation
Kolesterol total	216.46		±36.91
HDL	46.19		±12.68
LDL	135.28		±33.63
Trigliserida		137 (69-1088)	±144.11
HbA1c		7.2 (5.4-13.6)	±2.31

Tabel 2. menunjukkan hasil analisis deskriptif kadar profil lipid dan HbA1c pada responden penelitian. Nilai rata-rata atau *mean* kadar kolesterol total sebesar 216,46 mg/dL dengan standar deviasi (SD) ±36,91 mg/dL. Nilai rata-rata kadar HDL sebesar 46,19 mg/dL dengan SD ±12,68 mg/dL. Nilai rata-rata kadar LDL sebesar 135,28 mg/dL dengan SD ±33,63

mg/dL. Sedangkan nilai median kadar trigliserida sebesar 137 mg/dL dengan SD ±144,11 mg/dL dan median HbA1c sebesar 7,2% dengan SD ±2,31.

Tabel 3. Hasil Analisis Bivariat Menggunakan Uji Korelasi Spearman

Variabel independen	Variabel dependen	<i>p-value/ Sig. (2-tailed)</i>	<i>Spearman's rho (r)</i>
Kolesterol total		0.466	0.082
HDL	HbA1c	0.016	-0.266
LDL		0.758	0.035
Trigliserida		0.013	0.276

Berdasarkan Tabel 3. hasil analisis bivariat menggunakan uji korelasi Spearman, diketahui bahwa hubungan antara profil lipid dan kadar HbA1c pada pasien Diabetes Melitus tipe 2 menunjukkan variasi yang berbeda untuk setiap komponen lipid. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar kolesterol total memiliki nilai *p-value* sebesar 0,466 ($p \geq 0,05$), yang berarti tidak terdapat hubungan signifikan. Begitu pula kadar LDL yang memiliki *p-value* sebesar 0,758 ($p \geq 0,05$), juga menunjukkan tidak terdapat hubungan signifikan dengan HbA1c.

Sementara itu, kadar HDL menunjukkan nilai *p-value* sebesar 0,016 ($p < 0,05$) dengan nilai koefisien korelasi (*r*) sebesar -0,266, yang menandakan adanya hubungan signifikan dengan arah negatif dan kekuatan hubungan lemah. Sedangkan kadar trigliserida memiliki *p-value* sebesar 0,013 ($p < 0,05$) dengan nilai korelasi (*r*) sebesar 0,276, yang berarti terdapat hubungan signifikan dengan arah positif dan kekuatan hubungan lemah. Dengan demikian, dari keempat komponen profil lipid, hanya HDL dan trigliserida yang menunjukkan hubungan bermakna terhadap kadar HbA1c pada pasien diabetes melitus tipe 2.

Diskusi

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik responden didominasi oleh perempuan, kelompok usia paruh baya hingga lanjut, serta memiliki status gizi *overweight* hingga obesitas. Temuan ini konsisten dengan berbagai studi sebelumnya yang menyatakan bahwa perempuan memiliki risiko lebih tinggi terhadap DMT2, terutama akibat pengaruh hormonal, kehamilan, serta perubahan metabolik pascamenopause yang berkontribusi terhadap

peningkatan resistensi insulin. Selain itu, faktor psikososial seperti stres, depresi, dan kecemasan juga diketahui berperan dalam patogenesis DMT2 melalui aktivasi aksis HPA yang meningkatkan kadar kortisol dan memperburuk kontrol glikemik^{15,16}. Dari segi usia, dominasi kelompok usia 45-74 tahun sejalan dengan teori bahwa proses penuaan menyebabkan penurunan fungsi sel β pankreas, peningkatan lemak viseral, serta resistensi insulin akibat perubahan metabolik dan inflamasi kronik derajat rendah¹⁶. Status gizi responden yang sebagian besar berada pada kategori overweight dan obesitas juga memperkuat bukti bahwa akumulasi jaringan adiposa berperan dalam meningkatkan resistensi insulin melalui mekanisme inflamasi dan lipotoksitas^{17,18}.

Dalam analisis hubungan profil lipid terhadap HbA1c, penelitian ini menemukan bahwa kadar kolesterol total tidak memiliki hubungan signifikan dengan HbA1c. Hasil ini sesuai dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa HbA1c lebih merefleksikan kontrol glukosa jangka panjang dibandingkan profil lipid. Namun demikian, terdapat juga penelitian lain yang menunjukkan hubungan positif antara kolesterol total dan HbA1c, sehingga perbedaan hasil ini kemungkinan dipengaruhi oleh variasi karakteristik responden seperti pola makan, aktivitas fisik, dan durasi penyakit. Hal ini menunjukkan bahwa metabolisme lipid dan glukosa memiliki jalur regulasi yang berbeda meskipun saling berkaitan¹⁹⁻²⁴.

Sebaliknya, kadar HDL menunjukkan hubungan negatif yang signifikan dengan HbA1c, meskipun dengan kekuatan korelasi yang lemah. Temuan ini memperkuat teori bahwa HDL memiliki peran protektif dalam metabolisme glukosa melalui peningkatan sensitivitas insulin, efek antiinflamasi, serta peningkatan adiponektin. Dengan demikian, kadar HDL yang lebih tinggi berkaitan dengan kontrol glikemik yang lebih baik. Hasil ini konsisten dengan berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa HDL berperan dalam menjaga homeostasis metabolik dan mengurangi risiko komplikasi diabetes²⁵⁻²⁸.

Sementara itu, kadar LDL tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan HbA1c. Secara teori, LDL berperan dalam resistensi insulin melalui akumulasi lipid toksik dan gangguan jalur sinyal insulin. Namun, tidak signifikannya hasil penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh pengukuran LDL total, bukan LDL teroksidasi yang lebih berperan dalam proses inflamasi dan stres oksidatif. Selain itu, faktor lain seperti penggunaan obat, pola hidup, serta kondisi komorbid seperti gangguan fungsi hati juga dapat mempengaruhi hasil, sehingga hubungan antara LDL dan HbA1c menjadi tidak terlihat secara statistik²⁹⁻³².

Berbeda dengan parameter lipid lainnya, kadar trigliserida menunjukkan hubungan positif yang signifikan dengan HbA1c. Temuan ini mendukung teori bahwa resistensi insulin

meningkatkan lipolisis dan pelepasan asam lemak bebas yang kemudian diubah menjadi trigliserida di hati. Kondisi ini tidak hanya meningkatkan kadar trigliserida, tetapi juga memperburuk resistensi insulin dan fungsi sel β pankreas melalui mekanisme lipotoksisitas dan stres oksidatif. Hasil ini juga sejalan dengan berbagai penelitian yang menyatakan bahwa hipertrigliseridemia berkaitan dengan buruknya kontrol glikemik dan peningkatan HbA1c^{7,33,34}.

Penelitian ini memiliki beberapa kekuatan, di antaranya penggunaan data laboratorium yang terstandar, jumlah sampel yang memadai, serta metode analisis yang sesuai dengan karakteristik data. Namun demikian, terdapat keterbatasan seperti desain cross-sectional yang tidak dapat menjelaskan hubungan kausalitas, serta penggunaan data sekunder yang tidak memungkinkan pengendalian variabel perancu seperti kepatuhan terapi, pola makan, aktivitas fisik, dan penggunaan obat-obatan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, mayoritas responden berjenis kelamin wanita (61,73%), berada pada kelompok usia 45-59 tahun (51,85%), dan memiliki IMT kategori obesitas tingkat 1 (30,9%). Hasil analisis hubungan menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kolesterol total dengan kadar HbA1c ($p = 0,466$) serta antara LDL dengan HbA1c ($p = 0,758$), karena nilai $p > 0,05$. Sebaliknya, terdapat hubungan yang signifikan antara HDL dengan HbA1c ($p = 0,016$) dan antara trigliserida dengan HbA1c ($p = 0,013$), karena nilai $p < 0,05$.

Persetujuan Etik

Penelitian ini dilaksanakan di Puskesmas Mijen dan telah memperoleh persetujuan kelayakan etik dari Komisi Bioetika Penelitian Kedokteran/Kesehatan (KBPK) Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung dengan nomor 425/VIII/2025/Komisi Bioetika.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, khususnya Fakultas Kedokteran dan Program Studi Kedokteran, atas dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada dosen pembimbing dan dosen penguji atas bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga dalam proses penyusunan penelitian ini. Selain itu, penulis turut mengucapkan terima kasih kepada seluruh tenaga kesehatan dan tenaga medis di UPTD

Puskesmas Mijen atas bantuan yang diberikan dalam proses pengumpulan data. Tidak lupa, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman atas dukungan, doa, dan motivasi yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

1. Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (PERKENI). Pedoman Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Dewasa di Indonesia 2021. Jakarta: PB PERKENI;2021.
2. Magliano DJ, Boyko EJ; IDF Diabetes Atlas 10th edition scientific committee. IDF Diabetes Atlas [Internet]. 10th ed. Brussels: International Diabetes Federation; 2021 [cited 2025 Apr 24]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK581940/>
3. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Survei Kesehatan Indonesia 2023 dalam Angka. Jakarta: Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan; 2024. Bab 7, Penyakit Tidak Menular; hlm. 232–255
4. Sherwani SI, Khan HA, Ekhzaimy A, Masood A, Sakharkar MK. Significance of HbA1c test in diagnosis and prognosis of diabetic patients. *Biomark Insights*. 2016;11:95–104. doi:10.4137/BMI.S38440
5. Kunutsor SK, Balasubramanian VG, Zaccardi F, et al. Glycaemic control and macrovascular and microvascular outcomes: a systematic review and meta-analysis of trials investigating intensive glucose-lowering strategies in people with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab*. 2024;26(6):2069–2081. doi:10.1111/dom.15511.
6. Quran TMA, Bataineh ZA, Al-Mistarehi AH, Alaabdin AMZ, Allan H, Qura'an AA, et al. Prevalence and Pattern of Dyslipidemia and Its Associated Factors Among Patients with Type 2 Diabetes Mellitus in Jordan: A Cross-Sectional Study. *International Journal of General Medicine* [Internet]. 2022 Oct 1;Volume 15:7669–83. Available from: <https://doi.org/10.2147/ijgm.s377463>
7. Kalra S, Raizada N. Dyslipidemia in diabetes. *Indian Heart J*. 2024 Mar;76(Suppl 1):S80–S82. doi:10.1016/j.ihj.2023.11.002.
8. Priya S, Begum N. Correlation of lipid profile with duration of diabetes and HbA1c levels in type 2 diabetes mellitus patients: a descriptive cross-sectional study. *SBV Journal of Basic, Clinical and Applied Health Science*. 2020;3(1):6–9.
9. Shaimaa H. Ali, Al-Kaabi M, Al-Kaabi A. The Correlation Study Between Lipid Profile Parameters and HbA1c in Type 2 Diabetic Patients Compared with Healthy Persons in Babylon Province. *Clin Med Health Res J*. 2021;1(1):1–5.
10. Sholeha R, Mustopa R, Karwiti W, Garini A, Edyansyah E. HbA1C dan Profil Lipid sebagai Prediktor Komplikasi Penyakit Jantung pada Pasien Diabetes Mellitus. *J Telenursing (JOTING)*. 2024;6(2):2512–9.
11. Julianto E, Silitonga HA, Siahaan JM. Does HBA1C Correlate with Lipid Profile in Type 2 Diabetes Mellitus? A New Evidence from Medan, North Sumatera. *Indonesian Journal of Medicine*. 2018;2(3):207–12.

12. Dinas Kesehatan Kota Semarang. *Profil Kesehatan Puskesmas Mijen Tahun 2024* [Internet]. Semarang: Dinas Kesehatan Kota Semarang; 2024 [cited 2025 Apr 24]. Available from: https://dinkes.semarangkota.go.id/asset/upload/Mijen/2024_MIJEN_PROFIL%20KESEHATAN%20TAHUN%202024.pdf
13. Sabilla M, Sukma F, Arum Ariasih R, Efendi R, Febrianti T. Community services in pandemic situation: preparing quality of in middle age group through social media education “Kulwap” (Kuliah Whatsapp). *International Conference on Health Science (ICH)*. 2020 Oct 26; p. 20–5.
14. Okawa Y, Mitsuhashi T, Tsuda T. The Asia-Pacific Body Mass Index Classification and New-Onset Chronic Kidney Disease in Non-Diabetic Japanese Adults: A Community-Based Longitudinal Study from 1998 to 2023. *Biomedicines*. 2025;13(2):373. doi:10.3390/biomedicines13020373.
15. Shi F, Zhao Q, Yang Y, Liu L, Zhang X, Kim HJ, et al. *Global burden of diabetes in women from 1990 to 2021, with projections to 2050: population-based study*. *BMC Med*. 2025;23(538):1–16. doi:10.1186/s12916-025-04361-y.
16. Kautzky-Willer A, Leutner M, Harreiter J. *Sex differences in type 2 diabetes*. *Diabetologia*. 2023;66(5):986–1002. doi:10.1007/s00125-023-05891-x.
17. Hotamisligil GS. Inflammation, Metaflammation and Immunometabolic Disorders. *Nature*. 2017;542(7640):177–85.
18. Ye J. Mechanisms of Insulin Resistance in Obesity. *Frontiers of Medicine*. 2013;7(1):14–24.
19. Muraliswaran P, Balamurugan M. A correlative study of HbA1c and lipid profile parameters among type 2 diabetic population in a rural hospital in Puducherry. *IOSR J Dent Med Sci*. 2016;15(9):59–63.
20. Hasan M, Kadic D, Karic E. Association between unfavorable lipid profile and glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus. *Med Arch*. 2019;73(1):36–39. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29259633/>
21. Gopal N, Rajput D, Patel P. Correlation between glycosylated hemoglobin and serum lipid profile in patients with type 2 diabetes mellitus: a cross-sectional analysis. *GAIMS J Med Sci*. 2024;4(1):161–167. Available from: <https://gjms.gaims.ac.in/index.php/gjms/article/view/161>
22. Kraus WE, Houmard JA, Duscha BD, Knetzger KJ, Wharton MB, McCartney JS, et al. Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med*. 2002;347(19):1483–92. doi:<https://doi.org/10.1056/nejmoa020194>
23. Kim KB, Park J, Lee J, Park S. Effects of exercise and dietary interventions on lipid profiles in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Prog Cardiovasc Dis*. 2020;63(5):655–662. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32014479/>
24. Lau DT, Nau DP, Adams AL. The change in HbA1c associated with initial adherence and subsequent change in adherence among diabetes patients newly initiating metformin

- therapy. *J Diabetes Res.* 2016;2016:1–7.
Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27579326/>
25. Drew BG, Rye KA, Duffy SJ, Barter P, Kingwell BA. The emerging role of HDL in glucose metabolism. *Nat Rev Endocrinol.* 2012;8(4):237–245. doi:10.1038/nrendo.2011.235.
 26. Siebel AL, Heywood SE, Kingwell BA. HDL and glucose metabolism: current evidence and therapeutic potential. *Front Pharmacol.* 2015;6:258. doi:10.3389/fphar.2015.00258.
 27. Huang R, Yan L, Lei Y. The relationship between high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) and glycosylated hemoglobin in diabetic patients aged 20 or above: a cross-sectional study. *BMC Endocr Disord.* 2021;21:198. doi:10.1186/s12902-021-00863-x.
 28. Poochanasri S, Chattipakorn SC, Chattipakorn N. The association between serum high-density lipoprotein cholesterol (HDL) and glycemic control in type 2 diabetes mellitus patients. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews.* 2024;18(3):104247. doi:10.1016/j.dsx.2024.104247.
 29. Samuel VT, Shulman GI. The pathogenesis of insulin resistance: integrating signaling pathways and substrate flux. *J Clin Invest.* 2016;126(1):12–22.
 30. Petersen MC, Shulman GI. Mechanisms of insulin action and insulin resistance. *Physiol Rev.* 2018;98(4):2133–2223.
 31. Chavez JA, Summers SA. Lipid oversupply, selective insulin resistance, and lipotoxicity: molecular mechanisms. *Biochim Biophys Acta.* 2010;1801(3):252–265.
 32. Bonilha IM, Hajdich E, Luchiari B, Nadruz W, Le Goff W, Sposito AC. The reciprocal relationship between LDL metabolism and type 2 diabetes mellitus. *Metabolites.* 2021;11(12):807.
 33. Haque SM, Kumar V, Kumar R, Kumari U. Correlation of lipid profile with period of diabetes and HbA1c levels in type 2 diabetes mellitus patients: a descriptive cross-sectional study. *Int J Pharm Clin Res.* 2024;16(4):1172-1176.
 34. Ma M, Liu H, Yu J, He S, Li P, Ma C, et al. Triglyceride is independently correlated with insulin resistance and islet beta cell function: a study in population with different glucose and lipid metabolism states. *Lipids Health Dis.* 2020;19(1):121. doi:10.1186/s12944-020-01303-w.