

KORELASI INDEKS TRIGLISERIDA–GLUKOSA DAN NEUTROPHIL– LYMPHOCYTE RATIO PADA PASIEN DM TIPE 2

CORRELATION BETWEEN THE TRIGLYCERIDE–GLUCOSE INDEX AND NEUTROPHIL–LYMPHOCYTE RATIO IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS

Meri Gita Undayanti¹, Haerani Harun², Imtihanah Amri³, Andi Alfia Muthmainah Tanra⁴,
Muhammad Nur Ikhsan Liwang⁵, Muhammad Azzam Faaz⁶
Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Tadulako, Indonesia
email: merigita003@gmail.com,

Abstrak

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) merupakan penyakit metabolik kronis yang ditandai oleh resistensi insulin dan inflamasi sistemik derajat rendah, di mana indeks *Triglyceride-Glucose* (TyG) digunakan sebagai indikator resistensi insulin dan *Neutrophil-Lymphocyte Ratio* (NLR) sebagai penanda inflamasi sistemik sederhana. Penelitian ini memberikan kontribusi dengan menyajikan data empiris mengenai hubungan antara indeks TyG dan NLR pada pasien DMT2 di tingkat rumah sakit daerah yang masih terbatas pelaporannya dalam literatur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara indeks TyG dan NLR pada pasien DMT2. Metode yang digunakan adalah penelitian analitik observasional dengan desain cross-sectional terhadap 108 pasien DMT2 yang diambil menggunakan teknik consecutive sampling dari rekam medis di Rumah Sakit Anutapura Kota Palu. Hasil penelitian menunjukkan median indeks TyG sebesar 9,66 (8,21–10,91) dan median NLR sebesar 1,81 (0,81–9,47), dengan uji korelasi Spearman yang menunjukkan tidak adanya hubungan bermakna antara keduanya (P -value = 0,615; r = 0,049). Kesimpulannya, indeks TyG dan NLR tidak memiliki hubungan yang signifikan pada pasien DMT2, sehingga keduanya tidak dapat digunakan sebagai indikator tunggal dalam menilai inflamasi, karena hubungan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh berbagai faktor lain.

Kata kunci: Diabetes melitus tipe 2; Indeks TyG; Inflamasi; NLR; Resistensi insulin.

Abstract

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is a chronic metabolic disease characterized by insulin resistance and low-grade systemic inflammation, in which the Triglyceride–Glucose (TyG) index is used as an indicator of insulin resistance and the Neutrophil–Lymphocyte Ratio (NLR) as a simple marker of systemic inflammation. This study contributes by providing empirical data on the relationship between the TyG index and NLR among T2DM patients at the regional hospital level, where such evidence remains limited in the literature. This study aimed to analyze the relationship between the TyG index and NLR in patients with T2DM. The method used was an observational analytic study with a cross-sectional design involving 108 T2DM patients selected through consecutive sampling from medical records at Anutapura Hospital, Palu City. The results showed a median TyG index of 9.66 (8.21–10.91) and a median NLR of 1.81 (0.81–9.47). Spearman correlation analysis indicated no significant relationship between the two variables (p -value = 0.615; r = 0.049). In conclusion, the TyG index and NLR were not significantly associated in T2DM patients, suggesting that they cannot be used as single indicators in assessing inflammation, as this relationship may be influenced by other factors.

Keywords: Type 2 diabetes mellitus; TyG index; Inflammation; NLR; Insulin resistance.

Received: April 5th, 2026; 1st Revised April 13th, 2026;
Accepted for Publication : April 18th, 2026

© 2026 Meri Gita Undayanti, Haerani Harun, Imtihanah Amri, Andi Alfia Muthmainah Tanra,
Muhammad Nur Ikhsan Liwang, Muhammad Azzam Faaz
Under the license CC BY-SA 4.0

1. PENDAHULUAN

Diabetes melitus merupakan salah satu penyakit tidak menular yang prevalensinya terus meningkat dan menjadi masalah kesehatan global karena dapat menyebabkan kerusakan organ hingga kematian. (1). Menurut *International Diabetes Federation* (IDF) tahun 2021, Indonesia menempati peringkat kelima dunia dengan jumlah penderita diabetes mencapai 19,5 juta jiwa dan diproyeksikan meningkat menjadi 28,6 juta jiwa pada tahun 2045. Data ini menunjukkan bahwa diabetes melitus, khususnya tipe 2, menjadi tantangan besar dalam bidang kesehatan masyarakat (2).

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) merupakan gangguan metabolik kronis yang ditandai oleh resistensi insulin dan gangguan sekresi insulin oleh sel β pankreas. Kondisi ini menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah secara kronis yang berujung pada berbagai komplikasi, baik mikrovaskular maupun makrovaskular. Komplikasi tersebut meliputi retinopati, nefropati, neuropati, serta penyakit kardiovaskular yang menjadi penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada pasien DMT2 (3). Oleh karena itu, diperlukan parameter yang mampu mendeteksi perubahan metabolik dan inflamasi sejak dini untuk mencegah perkembangan komplikasi yang lebih berat.

Salah satu indikator yang banyak digunakan adalah indeks trigliserida–glukosa indeks TyG. Parameter ini merupakan biomarker yang dihitung dari kombinasi kadar trigliserida dan glukosa puasa, yang keduanya sering meningkat pada kondisi resistensi insulin. Indeks TyG dinilai efektif sebagai

penanda tidak langsung resistensi insulin karena berkorelasi dengan metode *gold standard*. Selain itu, indeks ini mudah diperoleh, relatif murah, dan dapat digunakan secara luas dalam praktik klinis maupun penelitian epidemiologi (4).

Secara teoritis, indeks TyG merupakan indikator yang dapat menggambarkan resistensi insulin karena dihitung berdasarkan kadar trigliserida dan glukosa darah puasa (5). Kondisi hipertrigliseridemia mencerminkan gangguan metabolisme lipid yang erat kaitannya dengan resistensi insulin (6). Selain itu, peningkatan trigliserida juga dapat menyebabkan disfungsi lipoprotein dan meningkatkan risiko inflamasi serta penyakit kardiovaskular (7). Oleh karena itu, Indeks TyG sering digunakan sebagai marker sederhana untuk menilai resistensi insulin.

Pada pasien DMT2, selain gangguan metabolik juga terjadi inflamasi kronis tingkat rendah (*chronic low-grade inflammation*). Kondisi ini dipicu oleh hiperglikemia kronis dan akumulasi jaringan lemak visceral yang mengaktifkan sel imun serta meningkatkan produksi sitokin proinflamasi seperti *tumor necrosis factor- α* (TNF- α), *interleukin-6* (IL-6), dan *C-reactive protein* (CRP). Inflamasi ini berperan dalam memperburuk resistensi insulin, meningkatkan stres oksidatif, serta mempercepat terjadinya komplikasi vaskular pada pasien DMT2 (8).

Salah satu parameter sederhana yang dapat digunakan untuk menilai inflamasi sistemik adalah NLR. NLR diperoleh dari perbandingan jumlah neutrofil dan limfosit

dalam darah perifer yang mencerminkan keseimbangan antara respons inflamasi dan regulasi imun. Peningkatan NLR menunjukkan adanya proses inflamasi sistemik dan telah dikaitkan dengan berbagai kondisi penyakit kronis, termasuk DMT2. Parameter ini mudah diperoleh melalui pemeriksaan darah rutin sehingga memiliki nilai praktis dalam evaluasi klinis (9–11). NLR diketahui berkaitan dengan komplikasi makrovaskular dan mikrovaskular pada pasien DMT2 (12).

Urgensi klinis penelitian ini terletak pada potensi penggunaan indeks TyG dan NLR sebagai parameter sederhana yang dapat merepresentasikan dua mekanisme utama dalam patogenesis diabetes melitus tipe 2, yaitu resistensi insulin dan inflamasi. Keduanya mudah diperoleh dari pemeriksaan laboratorium rutin, sehingga berpotensi digunakan dalam praktik klinis sehari-hari untuk membantu skrining, penilaian risiko, serta monitoring kondisi metabolik dan inflamasi pasien secara lebih praktis, terutama di fasilitas kesehatan dengan sumber daya terbatas.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kombinasi keduanya dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi metabolik dan inflamasi pasien. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran indeks TyG dan nilai NLR serta menganalisis hubungan antara keduanya pada pasien diabetes melitus tipe 2 sebagai upaya untuk meningkatkan deteksi dini dan evaluasi klinis secara lebih efektif.

2. METODE

Penelitian ini merupakan studi analitik observasional dengan pendekatan cross-sectional yang bertujuan menilai hubungan antara indeks TyG dan NLR pada pasien diabetes melitus tipe 2. Penelitian dilaksanakan pada April–Mei 2026 di Rumah Sakit Anutapura, Kota Palu, sebagai rumah sakit rujukan dengan cakupan pasien yang luas sehingga meningkatkan representativitas hasil. Data diperoleh dari rekam medis pasien periode 2023–2025, meliputi pemeriksaan glukosa puasa, trigliserida, neutrofil, limfosit, dan HbA1c. Populasi penelitian adalah seluruh pasien DMT2 yang melakukan medical check up, dengan sampel sebanyak 108 orang yang diambil menggunakan teknik *consecutive sampling* sesuai kriteria inklusi dan eksklusi.

Kriteria inklusi meliputi pasien usia ≥ 18 tahun, terdiagnosis DMT2, dan memiliki persetujuan (*informed consent*), sedangkan kriteria eksklusi mencakup kehamilan, infeksi aktif atau inflamasi akut, penyakit ginjal stadium lanjut, penggunaan obat tertentu, serta data laboratorium yang tidak valid. Variabel perancu seperti durasi diabetes, penggunaan obat, dan IMT (Indeks Massa Tubuh) belum dapat dikontrol secara optimal karena keterbatasan data. Indeks TyG dihitung dari kadar trigliserida dan glukosa puasa, sedangkan NLR dari rasio neutrofil terhadap limfosit, dengan analisis hubungan menggunakan uji Spearman. Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komite Penelitian Kedokteran dan Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako dengan nomor

3055/UN28.10KL/2026, serta menjamin kerahasiaan identitas subjek.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 1. Karakteristik Responden (n = 108)

Variabel	Kategori	n (%)	Median (Min-Max)
Jenis Kelamin	Laki-laki	44 (40,7%)	-
	Perempuan	64 (59,3%)	-
Kategori Umur	Dewasa	14 (13,0%)	-
	Lansia	56 (51,9%)	-
	Lansia tua	38 (35,2%)	-
Umur (tahun)			55,00 (28-83)
GD2PP (mg/dL)	-	-	277,50 (138-547)
GDP (mg/dL)	-	-	186,50 (88-370)
HbA1c (%)	-	-	10,40 (6,13-16,30)
Trigliserida (mg/dL)	-	-	170,00 (40-547)
Limfosit (%)	-	-	32,90 (9,20-49,60)
Neutrofil (%)	-	-	59,00 (39,80-87,10)
TyG Index	-	-	9,66 (8,21-10,91)
NLR	-	-	1,81 (0,81-9,47)

Sumber: Data Sekunder, 2025

Berdasarkan tabel karakteristik responden, penelitian ini didominasi oleh kelompok usia lanjut, yaitu lansia dan lansia tua, yang menunjukkan bahwa sebagian besar sampel berada pada kelompok dengan risiko tinggi terhadap diabetes melitus tipe 2.

Berdasarkan parameter klinis, median kadar glukosa darah puasa (GDP) adalah 186,50 mg/dL (88-370) dan kadar glukosa darah 2 jam post prandial (GD2PP) sebesar 277,50 mg/dL (138-547). Median kadar HbA1c sebesar 10,40% (6,13-16,30) menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki kontrol glikemik yang kurang baik. Selain itu, median

kadar trigliserida sebesar 170,00 mg/dL (40-547) menunjukkan adanya dislipidemia pada responden.

Median kadar limfosit adalah 32,90% (9,20-49,60) dan neutrofil sebesar 59,00% (39,80-87,10). Median indeks trigliserida-glukosa (TyG index) sebesar 9,66 (8,21-10,91) menunjukkan adanya kecenderungan resistensi insulin pada responden. Sementara itu, median neutrophil-lymphocyte ratio (NLR) sebesar 1,81 (0,81-9,47) menggambarkan adanya variasi respons inflamasi pada pasien diabetes melitus tipe 2.

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Responden Berdasarkan Kelompok Indeks TyG

Variabel	TyG Rendah (< 9,66) n (%) / Median (Min-Max)	TyG Tinggi (≥ 9,66) n (%) / Median (Min-Max)
Jenis Kelamin	Laki-laki	18 (34,6) / 26 (47,3)
	Perempuan	34 (65,4) / 29 (52,7)
Kategori Umur	Dewasa	33 (63,5) / 41 (74,5)
	Lansia	16 (30,8) / 14 (25,5)

Variabel	TyG Rendah (< 9,66) n (%) / Median (Min–Max)	TyG Tinggi (≥ 9,66) n (%) / Median (Min–Max)
Lansia tua	3 (5,8)	0 (0,0)
Umur (tahun)	55 (28-83)	55 (34-72)

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan Tabel 2, responden dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan indeks TyG, yaitu kelompok TyG rendah (< 9,66) dan TyG tinggi (≥ 9,66). Pada karakteristik jenis kelamin, sebagian besar responden pada kelompok TyG rendah adalah perempuan, yaitu sebanyak 34 orang (65,4%), sedangkan laki-laki sebanyak 18 orang (34,6%). Pada kelompok TyG tinggi, jumlah laki-laki lebih banyak dibandingkan kelompok rendah, yaitu 26 orang (47,3%), sedangkan perempuan sebanyak 29 orang (52,7%).

Berdasarkan kategori umur, mayoritas responden pada kedua kelompok berada pada

kategori dewasa. Pada kelompok TyG rendah, responden dewasa sebanyak 33 orang (63,5%), lansia 16 orang (30,8%), dan lansia tua 3 orang (5,8%). Sementara itu, pada kelompok TyG tinggi, responden dewasa sebanyak 41 orang (74,5%), lansia 14 orang (25,5%), dan tidak terdapat responden pada kategori lansia tua.

Untuk umur (tahun) sebagai variabel numerik, median umur pada kedua kelompok relatif sama, yaitu 55 tahun. Namun, rentang umur pada kelompok TyG rendah lebih luas (28–83 tahun) dibandingkan kelompok TyG tinggi (34–72 tahun).

Tabel 3. Hubungan Indeks TyG dengan NLR

TyG Index	NLR	P-value*
9,66 (8,21–10,91)	1,81 (0,81–9,47)	0,615

Sumber; Data Primer, 2025 *Uji Spearman

Berdasarkan Tabel 2 median Indeks TyG sebesar 9,66 (8,21–10,91), sedangkan median NLR sebesar 1,81 (0,81–9,47). Hasil uji Spearman menunjukkan nilai p sebesar 0,615, yang berarti tidak terdapat hubungan yang bermakna antara Indeks TyG dan NLR. Rentang nilai NLR pada penelitian ini cukup lebar (0,81–9,47), yang menunjukkan adanya kemungkinan nilai ekstrem (outlier). Untuk memastikan hal tersebut, dilakukan evaluasi distribusi data. Hasil analisis menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal, sehingga digunakan uji non-parametrik (Spearman) yang lebih robust terhadap keberadaan outlier. Selain itu, nilai-nilai ekstrem tetap dipertahankan

karena masih berada dalam batas biologis yang dapat diterima dan mencerminkan variasi klinis respon inflamasi pada pasien diabetes melitus tipe 2. Dengan demikian, keberadaan outlier tidak secara signifikan mempengaruhi hasil analisis.

Pembahasan

Pada penelitian ini tidak ditemukan hubungan yang bermakna antara indeks TyG dengan NLR pada pasien diabetes melitus tipe 2 ($p = 0,615$). Nilai koefisien korelasi yang sangat lemah ($r = 0,049$) menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel hampir tidak bermakna secara statistik.

Secara patofisiologi, resistensi insulin

dapat memicu terjadinya inflamasi kronis derajat rendah melalui peningkatan produksi sitokin proinflamasi seperti tumor necrosis factor- α (TNF- α) dan interleukin-6 (IL-6). Sitokin ini berperan dalam aktivasi sel imun, peningkatan jumlah neutrofil, serta penurunan relatif limfosit, sehingga secara teori akan meningkatkan nilai NLR (13). Hal ini menunjukkan adanya keterkaitan antara resistensi insulin dan inflamasi.

Namun, hasil penelitian ini tidak menunjukkan hubungan yang bermakna antara Indeks TyG dan NLR. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, inflamasi pada diabetes melitus tipe 2 merupakan proses multifaktorial yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kontrol glikemik, durasi penyakit, terapi yang digunakan, serta adanya infeksi atau penyakit penyerta. Kedua, NLR merupakan marker inflamasi yang lebih sensitif terhadap kondisi inflamasi akut, seperti infeksi, dibandingkan inflamasi kronis derajat rendah yang terjadi pada diabetes melitus tipe 2 (14).

Ketiga, variasi individu dalam respon imun dan metabolisme juga dapat mempengaruhi nilai NLR, sehingga hubungan dengan indeks TyG tidak selalu terlihat secara langsung. Keempat, penelitian lain menunjukkan hasil yang bervariasi. Wang et al. (15) menemukan adanya hubungan antara Indeks TyG dan NLR pada populasi umum, namun perbedaan populasi, metode, dan karakteristik sampel dapat menyebabkan perbedaan hasil dengan penelitian ini.

Tidak ditemukannya hubungan antara

indeks TyG dan NLR dapat dijelaskan oleh perbedaan mekanisme biologis yang mendasari kedua parameter tersebut, di mana indeks TyG mencerminkan resistensi insulin melalui gangguan metabolisme glukosa dan lipid, sedangkan NLR merefleksikan respon inflamasi sistemik yang dipengaruhi oleh aktivasi sel imun. Perbedaan jalur ini menyebabkan kedua parameter tidak selalu meningkat secara paralel pada pasien diabetes melitus tipe 2.

Meskipun tidak ditemukan hubungan yang bermakna antara indeks TyG dan NLR, temuan ini tetap memiliki kontribusi ilmiah dengan memperkaya literatur bahwa hubungan antara resistensi insulin dan inflamasi tidak selalu bersifat langsung pada pasien diabetes melitus tipe 2, serta memberikan gambaran bahwa indeks TyG dan NLR tidak dapat digunakan sebagai indikator tunggal dan perlu dikombinasikan dengan parameter lain dalam menilai kondisi metabolik dan inflamasi.

4. KESIMPULAN

Proses inflamasi pada diabetes melitus tipe 2 bersifat kompleks dan tidak dapat dijelaskan hanya melalui satu parameter saja. Tidak ditemukannya hubungan yang signifikan antara indeks TyG dan NLR menunjukkan bahwa kedua indikator tersebut tidak dapat saling menggantikan dalam menilai kondisi inflamasi, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih komprehensif dalam evaluasi klinis pasien DMT2. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan variabel lain yang berpotensi memengaruhi, seperti durasi penyakit, indeks massa tubuh, dan terapi yang digunakan, serta menggunakan desain

penelitian longitudinal agar dapat menggambarkan hubungan kausal secara lebih mendalam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan selama proses penelitian terutama pihak Rumah Sakit Anutapura, Kota Palu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Israwati WO, Salma WO. Analisis Faktor Risiko Kejadian Penyakit Diabetes Melitus Tipe 2 pada Pasien Rawat Inap di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) dr. HLM Baharuddin M. Kes Kabupaten Muna Tahun 2025. *J Kendari Kesehat Masy.* 2025;4(3):294–301.
2. Apriani W. Profil Kesehatan Provinsi Sulawesi Tengah 2024. Palu: Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Tengah; 2024.
3. Zega AI, Tanjung R, Nasution SZ. Rebusan Daun kelor Sebagai Terapi Herbal Untuk Menurunkan Kadar Gula Darah Pada Penderita Diabetes Melitus: Literature Review. *J Ners.* 2025;9(2):2751–7.
4. Tampubolon MI, Sumarny R, Sumiyati Y. KORELASI ANTARA HIGH SENSITIVITY C-REACTIVE PROTEIN DENGAN KADAR GLUKOSA DARAH DAN PROFIL LIPID PADA MAHASISWA OBESITAS FAKULTAS FARMASI UNIVERSITAS PANCASILA. *J Syntax Lit.* 2022;7(1).
5. Selvi NMK, Nandhini S, Sakthivadivel V, Lokesh S, Srinivasan AR, Sumathi S. Association of triglyceride-glucose index (TyG index) with HbA1c and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus. *Maedica (Buchar).* 2021;16(3):375–81.
6. Liang H, Zhang Q, Hu Y, Liu G, Qi R. Hypertriglyceridemia: a neglected risk factor for ischemic stroke? *J stroke.* 2022;24(1):21–40.
7. Meneses RRC, Damasceno NRT, Cartolano FDC, Verde SMML, Lira LG, Dantas MB, et al. Hypertriglyceridemia promotes dysfunctions in high-density lipoprotein increasing the cardiovascular risk. *Brazilian J Pharm Sci.* 2022;58:e20488.
8. Cahyaningtyas U, Werdiningsih R. Analisis faktor lama penyembuhan kaki diabetes/ulkus diabetikum pada pasien dm tipe 2. *J Media Adm.* 2022;7(1):28–39.
9. Sinurat TR, Dinutanayo WW, Aditya AA, Purnomo A. Perbandingan derajat keparahan terhadap jumlah neutrofil, limfosit dan Neutrophile to Lymphocyte Ratio (NLR) pada Pasien COVID-19. *J Vokasi Kesehat.* 2022;8(2):134–9.
10. Wikanningtyas TA, Farhan F, Maulana A. Hubungan Neutrophil Lymphocyte Ratio, Absolute Lymphocyte Counts, Absolute Monocyte Counts dengan C-reactive Protein pada Penderita COVID-19. *eJournal Kedokt Indones.* 2022;246–50.
11. Afrizal TW. Pengaruh Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio (NLR) Sebagai Marker Inflamasi Sistem Imun dalam

- Risiko Diabetes Melitus Tipe 2 pada Dewasa di Puskesmas Senen. *Jr Med J.* 2025;3(5):716–22.
12. Hasanah FH, Wahyuni S, Primartati DM, Fatmariza AR, Sari F. Analisis Korelasi Neutrophil-Lymphocyte Ratio (NLR) dengan Indikator Komplikasi Makrovaskular dan Mikrovaskular pada Diabetes Melitus Tipe 2. *Biocaster J Kaji Biol.* 2025;5(3):359–66.
13. Gustia R, Muchyar MS, Ashar M, Imaduddin UK, Intan SA, Oktora MZ. Subcorneal pustular dermatosis dengan diabetes melitus tipe 2 dan dislipidemia: Sebuah laporan kasus. *SCIENA.* 2026;5(1).
14. Anggraini D, Nirmala N, Triyana R. Rasio Neutrofil Limfosit Pada Pasien Demam Tifoid Di Rumah Sakit Islam Siti Rahmah Padang Tahun 2023. *Nusant Hasana J.* 2025;4(12):229–36.
15. Wang Y, Gu C, Chen B, Qiu B, Yu J. The association between triglyceride-glucose index and neutrophil-lymphocyte ratio and all-cause mortality in the general US population: NHANES 2001–2018. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2024;15:1513543.