

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ТРИГЛИЦЕРИДНО-ГЛЮКОЗНОГО ИНДЕКСА В ПРОГНОЗЕ СОСТОЯНИЙ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ИНСУЛИНОРЕЗИСТЕНТНОСТЬЮ

Миннигалина Э.Р., Кириченко К.Н., Корнеева Е.В.

БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», Сургут, e-mail: evkorneeva39@rambler.ru

Инсулинорезистентность и сахарный диабет 2 типа связаны с повышенным риском развития множества серьезных заболеваний, включая сердечно-сосудистые заболевания (инфаркты, инсульты, атеросклероз), нефропатии, нейропатии, ретинопатии, неалкогольную жировую болезнь печени. Число людей с этим заболеванием неуклонно растет, и прогнозы неутешительны. В обзоре представлен анализ публикаций, посвященных диагностической и прогностической значимости триглицеридно-глюкозного индекса в развитии клинических состояний, ассоциированных с инсулинорезистентностью. Использованы поисковые системы eLIBRARY.ru, PubMed по ключевым словам: «триглицеридно-глюкозный индекс», «индексы инсулинорезистентности», за период с 1985 по 2025 год. Проанализировано 1314 клинических статей за исключением клинических случаев, лекарственных исследований, повторяющихся статей. Отобрано 20 статей, отвечающих цели исследования. Исследования показывают, что регулярный мониторинг данного индекса может помочь в раннем выявлении преддиабета и других метаболических расстройств. Использование триглицеридно-глюкозного индекса с другими лабораторными показателями поможет более полно оценить метаболическое состояние пациента, а также помочь в разработке более эффективных стратегий лечения и профилактики, направленных на снижение риска развития серьезных осложнений. В отличие от традиционных маркеров, таких как уровень общего холестерина, глюкозы, индекс учитывает как углеводный, так и липидный обмен. Это делает его более универсальным показателем, особенно в популяциях с высоким уровнем инсулинорезистентности.

Ключевые слова: триглицеридно-глюкозный индекс (TyG), инсулинорезистентность, сахарный диабет, сердечно-сосудистый риск, метаболический синдром

DIAGNOSTIC VALUE OF THE TRIGLYCERIDE-GLUCOSE INDEX IN PROGNOSIS OF CONDITIONS ASSOCIATED WITH INSULIN RESISTANCE: A LITERATURE REVIEW

Minnigallina E.R., Kirichenko K.N., Korneeva E.V.

Surgut State University, Surgut, e-mail: evkorneeva39@rambler.ru

Insulin resistance and type 2 diabetes mellitus are associated with an increased risk of developing many serious diseases, including: cardiovascular diseases (heart attacks, strokes, atherosclerosis), nephropathy, neuropathy, retinopathies, non-alcoholic fatty liver disease. The number of people with this disease is steadily increasing, and the prognosis is disappointing. The review presents an analysis of publications devoted to the diagnostic and prognostic significance of the triglyceride-glucose index in the development of clinical conditions associated with insulin resistance. The search engines eLIBRARY.ru, PubMed were used by the keywords: "triglyceride-glucose index", "insulin resistance indices", for the period from 1985 to 2025. 1314 clinical articles were analyzed, excluding clinical cases, drug trials, duplicate articles. 20 articles were selected that met the objective of the study. Studies show that regular monitoring of this index can help in the early detection of prediabetes and other metabolic disorders. The use of the triglyceride-glucose index with other laboratory parameters will help to more fully assess the patient's metabolic state, as well as help in the development of more effective treatment and prevention strategies aimed at reducing the risk of serious complications. Unlike traditional markers such as total cholesterol and glucose levels, the index takes into account both carbohydrate and lipid metabolism. This makes it a more universal indicator, especially in populations with high levels of insulin resistance.

Keywords: triglyceride-glucose index (TyG), insulin resistance, diabetes mellitus, cardiovascular risk, metabolic syndrome

Введение

Инсулинорезистентность (ИР), когда клетки организма становятся менее чувствительными к инсулину, часто является одним из первых признаков, сигнализирующих о возможном развитии СД 2 типа и проблем с сердцем и сосудами. Понимание механизмов, лежащих в основе ИР, позволяет разрабатывать более эффективные стратегии профилактики и лечения. Инсулинорезистентность не возникает изолированно; она часто связана с другими

метаболическими нарушениями, такими как дислипидемия (нарушение липидного профиля крови), повышенное АД и абдоминальное ожирение. Этот комплекс факторов значительно увеличивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний [1; 2].

Важно отметить, что ИР не всегда проявляется явными симптомами на ранних стадиях. Поэтому регулярные медицинские осмотры, особенно для людей с факторами риска, такими как избыточный вес, семейная история диабета или сердечно-сосудистых

заболеваний, имеют решающее значение. Существуют различные методы диагностики ИР, включая анализ крови на уровень глюкозы и инсулина, а также более сложные тесты, такие как глюкозотолерантный тест [3; 4].

Впервые триглицеридно-глюкозный индекс (TuG) был предложен в 2008 году при проведении популяционного поперечного исследования [5]. Индекс TuG при сравнении с оценкой модели гомеостаза – индекса НОМА (англ., homeostatis model assessment [6]) продемонстрировал чувствительность 84,0% и специфичность 45,0%, вероятность заболевания СД составила 60,5% при положительных результатах [5]. В 2010 году учёные Guerrero-Romero F. и соавторы определили индекс TuG как оптимальный инструмент для оценки ИР [7].

В дальнейшем индекс TuG связывали с развитием метаболического синдрома и СД [8], сердечно-сосудистых заболеваний и неблагоприятными исходами [9; 10]. Например, выяснили, что высокий индекс TuG может прогнозировать неблагоприятные исходы у пациентов с острым инфарктом миокарда и хорошо контролируемым уровнем холестерина [11]. Так, из 599 пациентов с инфарктом миокарда в течение 1 года наблюдения было зарегистрировано 69 пациентов (11,5%) с неблагоприятными сердечно-сосудистыми и цереброваскулярными событиями. У пациентов с высоким индексом TuG (более 9,06) наблюдалась значительно более высокая частота осложнений по сравнению с пациентами с более низким индексом TuG (8,19) (22,1% против 9,9%,

$p = 0,010$). Авторы установили, что индекс TuG был единственным независимым предиктором сердечно-сосудистых осложнений у этих пациентов [11].

В 2024 году в журнале BMC Cardiovascular Diabetology опубликовали результаты метаанализа, в котором учёные определяли диагностическое и прогностическое значение индекса TuG в клинической практике [12].

Цель исследования: анализ литературы, посвященной оценке диагностической значимости триглицеридно-глюкозного индекса в сравнении с другими индексами при расчете сердечно-сосудистого риска состояний, ассоциированных с инсулинорезистентностью.

Материалы и методы исследования

Для поиска литературы были использованы поисковые системы eLIBRARY.ru, PubMed по ключевым словам: «триглицеридно-глюкозный индекс», «индексы инсулинорезистентности», за период с 1985 по 2025 г. Проанализировано 1314 клинических статей за исключением клинических случаев, лекарственных исследований, повторяющихся статей. Отобрано 20 статей, отвечающих цели исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

В таблице представлены данные чувствительности, специфичности и относительный риск развития состояний, ассоциированных с ИР, по данным отечественных и зарубежных исследований.

Индекс TuG – как предиктор состояний, ассоциированных с ИР (по данным публикаций)

Участники	Клинические проявления	Результаты	Ссылка
748 внешне здоровых пациентов (мужчины и небеременные женщины) в возрасте 18–65 лет	Впервые диагностированы гипергликемия и нарушение толерантности к глюкозе (НТГ)	Чувствительность 84,0%, специфичность 45,0%, вероятность СД – 60,5%	[5]
88 пациентов	34 человека с нормогликемией, 22 человека с НТГ, 32 человека с СД	Чувствительность – 96,5%, специфичность – 85,0%	[7]
77 пациентов	Метаболический синдром	Умеренная корреляция с индексом НОМА (г корреляции – 0,25, $p = 0,039$)	[3]
5538 здоровых молодых людей, из них женщин – 3 795 (68,5%) и мужчин – 1 743 (31,5%)	С нормальным весом 3 632 (65,6%), с избытком массы тела – 1355 (24,5%) и с ожирением 551 (9,9%) человек	Наилучшее пороговое значение индекса TuG для диагностики ИР составило 4,55 (чувствительность 68,7%, специфичность 84,4%) для женщин и 4,68 (чувствительность 67,3%, специфичность 90,0%) для мужчин. У лиц с нормальным весом диагностическая корреляция между индексом TuG и НОМА-IR составила 0,934 и 0,915, у лиц с избыточным весом – 0,908 и 0,895, а у лиц с ожирением – 0,916 и 0,950 для мужчин и женщин соответственно	[13]

Окончание табл.

Участники	Клинические проявления	Результаты	Ссылка
298 652 человека (125 025 женщин (41,86%) и 173 627 мужчин (58,14%)) в возрасте 47,08 ± 12,94 года	Метаболический синдром	Распространенность метаболического синдрома увеличивалась в подгруппах с индексом TyG (Q1, TyG <8,30; Q2, 8,30 ≤ TyG <8,83; и Q3, TyG ≥8,83). При анализе линейных кривых индекса TyG и компонентов МС, ИМТ, САД и ДАД показали тенденцию к повышению. Площадь под кривой индекса TyG была наибольшей (AUC = 0,89)	[14]
11 937 взрослых	Ожирение, сердечно-сосудистые заболевания и осложнения	Индекс TyG является наиболее сильным предиктором смертности от ССЗ (риск 1,66, 95% ДИ 1,21-2,29). Индекс TyG лучше коррелировал с риском развития ишемической болезни сердца (риск 2,52, 95% ДИ 1,66-3,83). Показатель TyG-WC лучше всего коррелировал с общим уровнем сердечно-сосудистых заболеваний (риск 2,37, 95% ДИ 1,77-3,17), застойной сердечной недостаточностью (риск 2,14, 95% ДИ 1,31-3,51) и стенокардией (риск 2,38, 95% ДИ 1,43-3,97). TyG-WHtR лучше всего коррелировал с инфарктом миокарда (риск 2,24, 95% ДИ 1,45-3,44)	[9]
43 197 человек	Сахарный диабет 2 типа	Индекс TyG имеет более высокую площадь под кривой (AUC = 0,75, 95% ДИ 0,70–0,81)	[15]
511 человек	Ожирение, АГ	Все показатели висцерального ожирения и параметры, связанные с TyG, были тесно связаны с ИР (p < 0,001), а TyG-BMI имел самый высокий показатель риска – 6,10, 95% ДИ 2,51–14,80	[16]
62 443 человека	АГ, дислипидемия, сахарный диабет	Риск развития сердечно-сосудистых заболеваний повышался с увеличением квартиля изменения индекса TyG, составил 1,37, 95% ДИ 1,21-1,54 для общего числа сердечно-сосудистых заболеваний, риск 1,38, 95% ДИ, 1,19-1,60 при инсульте и риск 1,36, 95% ДИ 1,05-1,76 при инфаркте миокарда	[17]
10 734 человека	Метаболический синдром	Индексы TyG-WC и TyG-WHtR были связаны с сердечно-сосудистой смертностью в популяции МС (TyG-WC: риск = 1,45, 95% ДИ: 1,13-1,85, p = 0,004; TyG-WHtR: риск = 1,50, 95% ДИ: 1,17-1,92, p = 0,002). Три показателя, связанных с TyG, показали устойчивую значимую корреляцию со смертностью от СД (TyG: риск = 4,06, 95% ДИ: 2,81-5,87, p < 0,001; TyG-WC: риск = 2,55, 95% ДИ: 1,82-3,58, p < 0,001; TyG-WHtR: риск = 2,53, 95% ДИ: 1,81-3,54, p < 0,001)	[12]
60 799 человек	Метаболический синдром	Индекс TyG имел наибольшую площадь под кривой (AUC) (AUC 0,930; 95% ДИ 0,928-0,933; p < 0,001) у пациентов мужского пола и TyG-WHtR (AUC 0,916; 95% ДИ 0,913-0,920; p < 0,001) у пациентов женского пола	[18]
11 149 человек	8 362 без ИР и 2 787 с ИР	TyG-WC показал самый высокий показатель риска 16,29, 95% ДИ 13,70-19,38 (p < 0,001), TyG-WHtR – 14,86, 95% ДИ 12,53-17,62 и TyG-BMI – 12,82, 95% ДИ 10,89–15,10	[19]
800 человек	Метаболический синдром	Индекс TyG-WHtR показал самые высокие коэффициенты вероятности для МС риск = 70,07, 95% ДИ: 32,42-151,43, p < 0,001	[20]

Примечание. ТГИ (TyG) = \log (триглицериды, мг/дл x глюкоза плазмы натощак, мг/дл)/2 [16], ТГИ-ИМТ (TyG-BMI) = ТГИ x ИМТ (кг/м²) [17], ТГИ-ОТ (TyG-WC) = ТГИ x ОТ (см) [17], ТГИ-ОТ/рост (TyG-WHtR) = ТГИ x ОТ (см)/рост (см) [17].

Источник: составлено авторами.

Заключение

Таким образом, триглицеридно-глюкозный индекс представляет собой перспективный маркер для оценки сердечно-сосудистого риска благодаря своей способности отражать метаболические нарушения и инсулинорезистентность. Его использование в клинической практике может помочь в более точной идентификации пациентов с высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний и улучшении стратегий профилактики. Актуальность его диагностической значимости в последние годы привлекает внимание исследователей и клиницистов по нескольким причинам: простота измерения, прогностическая ценность и сравнительная эффективность.

Триглицеридно-глюкозный индекс позволяет более точно оценить риск развития метаболического синдрома, который является предшественником сердечно-сосудистых заболеваний. Он может служить дополнительным инструментом для выявления пациентов с высоким риском, особенно у тех, кто имеет нормальные уровни глюкозы и липидов.

В отличие от традиционных маркеров, таких как уровень холестерина ЛПНП или общий холестерин, TyG индекс учитывает как углеводный, так и липидный обмен. Это делает его более универсальным показателем, особенно в популяциях с высоким уровнем инсулинорезистентности.

Список литературы

- Li M., Chi X., Wang Y., Setrerrahmane S., Xie W., Xu H. Trends in insulin resistance: insights into mechanisms and therapeutic strategy // *Signal Transduct Target Ther.* 2022. Vol. 7. № 1. P. 216. DOI: 10.1038/s41392-022-01073-0.
- Демидова Т.Ю., Измайлова М.Я., Белова К.М. Роль триглицеридно-глюкозного индекса в определении сердечно-сосудистого и метаболического прогноза у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа // *Медицинский совет.* 2023. Vol. 17. № 9. С. 47–57. DOI: 10.21518/ms2023-172.
- Мадянов И.В. Косвенные способы оценки инсулинорезистентности при метаболическом синдроме // *Русский медицинский журнал.* 2021. № 2. С. 10-12.
- Ramdas Nayak V.K., Satheesh P., Shenoy M.T., Kalra S. Triglyceride Glucose (TyG) Index: A surrogate biomarker of insulin resistance // *J Pak Med Assoc.* 2022. Vol. 72. № 5. P. 986-988. DOI: 10.47391/JPMA.22-63.
- Simental-Mendía L.E., Rodríguez-Morán M., Guerrero-Romero F. The product of fasting glucose and triglycerides as surrogate for identifying insulin resistance in apparently healthy subjects. *Metab Syndr Relat Disord.* 2008. Vol. 6. № 4. P. 299-304. DOI: 10.1089/met.2008.0034.
- Matthews D.R., Hosker J.P., Rudenski A.S., Naylor B.A., Treacher D.F., Turner R.C. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia.* 1985. Vol. 28. № 7. P. 412-419. DOI: 10.1007/BF00280883.
- Guerrero-Romero F., Simental-Mendía L.E., González-Ortiz M., Martínez-Abundis E., Ramos-Zavala M.G., Hernán-

dez-González S.O., Jacques-Camarena O., Rodríguez-Morán M. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp // *J Clin Endocrinol Metab.* 2010. Vol. 95. № 7. P. 3347-51. DOI: 10.1210/jc.2010-0288.

8. Kurniawan L.B. Triglyceride-glucose index as a biomarker of insulin resistance, diabetes mellitus, metabolic syndrome, and cardiovascular disease: a review. *EJIFCC.* 2024. Vol. 35. № 1. P. 44-51.

9. Dang K., Wang X., Hu J., Zhang Y., Cheng L., Qi X., Liu L., Ming Z., Tao X., Li Y. The association between triglyceride-glucose index and its combination with obesity indicators and cardiovascular disease: NHANES 2003-2018. *Cardiovasc Diabetol.* 2024. Vol. 23. № 1. P. 8. DOI: 10.1186/s12933-023-02115-9.

10. Tao L.C., Xu J.N., Wang T.T., Hua F., Li J.J. Triglyceride-glucose index as a marker in cardiovascular diseases: landscape and limitations // *Cardiovasc Diabetol.* 2022. Vol. 21. № 1. P. 68. DOI: 10.1186/s12933-022-01511-x.

11. Zhao H.W., Wang Y., Wang C.F., Meng Q.K. Association between triglyceride glucose index and adverse clinical outcomes in patients with acute myocardial infarction and LDL-C ≤ 1.8 mmol/L who underwent percutaneous coronary intervention: a prospective cohort study // *Front. Endocrinol.* 2024. Vol. 14. P. 1323615. DOI: 10.3389/fendo.2023.1323615.

12. Wei X., Min Y., Song G., Ye X., Liu L. Association between triglyceride-glucose related indices with the all-cause and cause-specific mortality among the population with metabolic syndrome // *Cardiovasc Diabetol.* 2024. Vol. 23. № 1. P. 134. DOI: 10.1186/s12933-024-02215-0.

13. Guerrero-Romero F., Villalobos-Molina R., J. Rafael Jiménez-Flores J.R., Luis E. Simental-Mendía L.E., Méndez-Cruz R., Murguía-Romero M., Rodríguez-Morán M. Fasting triglycerides and glucose index as a diagnostic test for insulin resistance in young adults // *Archives of Medical Research.* 2016. Vol. 47. P. 382-387. DOI: 10.1016/j.arcmed.2016.08.012.

14. Jiang M., Li X., Wu H., Su F., Cao L., Ren X., Hu J., Tatenda G., Cheng M., Wen Y. Triglyceride-Glucose Index for the Diagnosis of Metabolic Syndrome: A Cross-Sectional Study of 298,652 Individuals Receiving a Health Check-Up in China // *Int J Endocrinol.* 2022. Vol. 2022. P. 3583603. DOI: 10.1155/2022/3583603.

15. Simental-Mendía L.E., Guerrero-Romero F. The correct formula for the triglycerides and glucose index // *Eur J Pediatr.* 2020. Vol. 179. № 7. P. 1171. DOI: 10.1007/s00431-020-03644-1.

16. Er L.K., Wu S., Chou H.H., Hsu L.A., Teng M.S., Sun Y.C., Ko Y.L. Triglyceride glucose-body mass index is a simple and clinically useful surrogate marker for insulin resistance in nondiabetic individuals // *PLoS One.* 2016. Vol. 11. № 3. P.e0149731. DOI: 10.1371/journal.pone.0149731.

17. Wang A., Tian X., Zuo Y., Chen S., Meng X., Wu S., Wang Y. Change in triglyceride-glucose index predicts the risk of cardiovascular disease in the general population: a prospective cohort study // *Cardiovasc Diabetol.* 2021. Vol. 20. № 1. P. 113. DOI: 10.1186/s12933-021-01305-7.

18. Zhang W., Chen C., Li M., Yan G., Tang C. Sex Differences in the associations among insulin resistance indexes with metabolic syndrome: a large cross-sectional study // *Int J Endocrinol.* 2024. Vol. 2024. P. 3352531. DOI: 10.1155/2024/3352531.

19. Lim J., Kim J., Koo S.H., Kwon G.C. Comparison of triglyceride glucose index, and related parameters to predict insulin resistance in Korean adults: An analysis of the 2007-2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey // *PLoS One.* 2019. Vol. 14. № 3. P. e0212963. DOI: 10.1371/journal.pone.0212963.

20. Bayatian A., Jangi A., Pargar F., Bazayr H., Aghamohammadi V. Investigating the efficiency of novel indicators in predicting risk of metabolic syndrome in the Iranian adult population // *J Educ Health Promot.* 2024. Vol. 1. P. 385. DOI: 10.4103/jehp.jehp_1137_23.