

ТРИГЛИЦЕРИД-ГЛЮКОЗНЫЙ ИНДЕКС (TYG-ИНДЕКС) КАК ДОСТУПНЫЙ МАРКЕР ИНСУЛИНОРЕЗИСТЕНТНОСТИ У ЖЕНЩИН С СИНДРОМОМ ПОЛИКИСТОЗНЫХ ЯИЧНИКОВ В ПРАКТИКЕ ПРЕВЕНТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ



Тожиева Ирода Мирсоли кизи

Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр эндокринологии имени акад. Ё.Х. Туракулова, Республика Узбекистан, г. Ташкент

ТУХУМДОН ПОЛИКИСТОЗ СИНДРОМИ БЎЛГАН АЁЛЛАРДА ИНСУЛИНГА РЕЗИСТЕНТЛИКНИНГ АРЗОН БИОМАРКЕРИ СИФАТИДА ТРИГЛИЦЕРИД-ГЛЮКОЗА ИНДЕКСИ (TYG -ИНДЕКСИ)НИ ПРОФИЛАКТИК ТИББИЁТ АМАЛИЁТИДА ҚЎЛЛАШ

Тожиева Ирода Мирсоли кизи

Академик Ё.Х.Туракулов номидаги Республика ихтисослаштирилган эндокринология илмий-амалий тиббиёт маркази, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.

TRIGLYCERIDE-GLUCOSE INDEX (TYG INDEX) AS AN ACCESSIBLE MARKER OF INSULIN RESISTANCE IN WOMEN WITH POLYCYSTIC OVARY SYNDROME IN PREVENTIVE MEDICINE PRACTICE

Tojchieva Iroda Mirsoli kizi

Republican Specialized Scientific-and-Practical Medical Centre of Endocrinology named after academician Yo.Kh.Turakulov, Republic of Uzbekistan, Tashkent

e-mail: i.tojchieva@gmail.com

Резюме. Тухумдон поликистоз синдроми (ТПС) кўпинча инсулинга резистентлик (ИР) билан кечади ва унинг патогенезида муҳим ўрин тутади. Триглицерид-глюкоза индекси (TyG) ИР ни аниқлаш учун оддий ва арзон усул сифатида таклиф этилган, ammo унинг ТПС даги аҳамияти етарлича ўрганилмаган. ТПС бўлган аёлларда TyG -индексининг инсулинга резистентликни аниқлашдаги диагностик қийматини баҳолаш ва уни метаболлик кўрсаткичлар ҳамда НОМА-IR индекси билан боғлиқлигини таҳлил қилиш. 62 нафар ТПС таъхиси қўйилган аёл иштирокида ретроспектив тадқиқот ўтказилди. Глюкоза, триглицерид, инсулин ва SHBG даражалари ўлчанди. НОМА-IR ва TyG индекслари ҳисобланди. Корреляцион, ROC ва гуруҳлараро солиштирма таҳлиллар бажарилди. НОМА-IR > 2.7 бўлган инсулинга резистентлик 72.6% иштирокчиларда аниқланди. TyG НОМА-IR ($p = 0.49$), insulin ($p = 0.44$) ва BMI ($p = 0.38$) билан ишончли корреляцияни кўрсатди. TyG учун AUC = 0.71. TyG ≥ 9 бўлган ҳолатда 100% спецификлик ва 35.6% сезгирлик аниқланди. TyG ≥ 9 бўлган аёлларда метаболлик бузилишлар кўпроқ кузатилди. TyG -индекси ТПС бўлган аёлларда инсулинга резистентликни баҳолашда арзон ва аниқ marker сифатида фойдали бўлиши мумкин, айниқса insulin даражасини ўлчаши имконияти бўлмаган ҳолатларда.

Калим сўзлар: Поликистоз тухумдонлар синдроми, инсулинга резистентлик, TyG индекси, НОМА-IR, профилактик тиббиёт.

Abstract. Polycystic ovary syndrome (PCOS) is often associated with insulin resistance (IR), which plays a key role in its pathogenesis. The triglyceride-glucose index (TyG) has been proposed as a simple surrogate marker of IR, but its role in PCOS remains insufficiently studied. The aim of the study was to evaluate the diagnostic value of the TyG index in detecting insulin resistance in women with PCOS and to analyze its associations with metabolic parameters and the HOMA-IR index. A retrospective study was conducted involving 62 women with PCOS. Fasting glucose, triglycerides, insulin, and SHBG levels were measured. HOMA-IR and TyG indices were calculated. Correlation, ROC, and comparative analyses were performed. Insulin resistance (HOMA-IR > 2.7) was identified in 72.6% of participants. TyG significantly correlated with HOMA-IR ($r = 0.49$), insulin ($r = 0.44$), and BMI ($r = 0.38$). The AUC for TyG was 0.71. A cutoff value of ≥ 9 showed 100% specificity and 35.6% sensitivity. Women with TyG ≥ 9 had more pronounced metabolic disturbances. The TyG index can serve as a specific and accessible marker of insulin resistance in women with PCOS, especially when insulin measurements are unavailable.

Keywords: polycystic ovary syndrome, insulin resistance, TyG index, HOMA-IR, preventive medicine.

Введение. Синдром поликистозных яичников (СПКЯ) — одно из наиболее распространённых эндокринных расстройств у женщин репродуктивного возраста [6]. Наряду с нарушениями овуляции и гиперандрогенией, значительную роль в патогенезе СПКЯ играет инсулинорезистентность (ИР), выявляемая более чем у 50–70% пациенток [10]. Ранняя диагностика ИР позволяет своевременно реализовать меры метаболической коррекции и профилактики осложнений, включая нарушение толерантности к глюкозе и сахарный диабет 2 типа.

Золотым стандартом для оценки ИР считается индекс НОМА-IR, однако его использование требует определения уровня инсулина, что не всегда возможно в рутинной практике [4]. В связи с этим растёт интерес к альтернативным биомаркерным подходам, таким как триглицерид-глюкозный индекс (ТyG-индекс), рассчитываемый по значениям триглицеридов и глюкозы натощак [4,5,7].

Исходя из этого цель нашего исследования оценить диагностическую значимость триглицерид-глюкозного индекса (ТyG-индекс) как маркера инсулинорезистентности у женщин с синдромом поликистозных яичников и проанализировать его связь с метаболическими параметрами и индексом НОМА-IR.

Материалы и методы. Проведено одноцентровое ретроспективное исследование, включающее 62 женщины репродуктивного возраста с установленным диагнозом синдрома поликистозных яичников (СПКЯ). Диагноз СПКЯ подтверждён на основании Роттердамских критериев (2003), при наличии как минимум двух из следующих трёх признаков: хроническая ановуляция, клинические и/или биохимические признаки гиперандрогении, а также поликистозная морфология яичников по данным ультразвукового исследования [9].

Критериями включения в исследование являлись возраст от 18 до 40 лет, наличие полной информации о росте, весе, уровне глюкозы, триг-

лицеридов, инсулина и глобулина, связывающего половые гормоны (ГСПГ). Пациентки с диагнозами сахарного диабета, гипотиреоза, синдрома Кушинга и приёма гормональной терапии на момент обследования были исключены из анализа [10].

Все лабораторные исследования проводились натощак в утренние часы. Измерялись концентрации глюкозы (ммоль/л), триглицеридов (ммоль/л), инсулина (мкЕд/мл) и ГСПГ (нмоль/л). Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывался по формуле: масса тела в килограммах, делённая на квадрат роста в метрах.

Инсулинорезистентность определялась по индексу НОМА-IR, рассчитанному по формуле:

$$\text{НОМА-IR} = \text{инсулин} \times \text{глюкоза} / 22.5 \text{ [4].}$$

Пороговое значение НОМА-IR > 2.7 использовалось в качестве критерия наличия инсулинорезистентности [10]. ТyG-индекс (триглицерид-глюкозный индекс) рассчитывался по формуле: $\text{ТyG} = \ln(\text{триглицериды} \times \text{глюкоза} / 2)$, где глюкоза и ТГ были предварительно переведены в мг/дл (глюкоза $\times 18$, ТГ $\times 88.57$) [3,7,8].

Статистический анализ выполнялся в Python. Используются описательные методы, коэффициент Спирмена для корреляций, ROC-анализ для оценки диагностической точности (AUC), критерий Манна-Уитни для сравнения групп ТyG < 9 и ≥ 9 . Уровень значимости — $p < 0.05$.

Результаты. В ретроспективное исследование были включены 62 пациентки с диагностированным СПКЯ. Средний возраст пациенток составил $25,3 \pm 4,5$ лет. Средние значения глюкозы и триглицеридов составили $5,04 \pm 0,57$ ммоль/л и $1,49 \pm 0,88$ ммоль/л соответственно. Средний уровень инсулина — $20,5 \pm 11,7$ мкЕд/мл, медианный ИМТ — $29,9 \text{ кг/м}^2$, НОМА-IR — $4,61 \pm 2,70$. Индекс ТyG-индекс составил $8,55 \pm 0,55$, медиана SHBG — $25,0$ нмоль/л.

Инсулинорезистентность по критерию НОМА-IR > 2.7 была выявлена у 45 из 62 пациенток, что составляет 72,6% выборки (табл. 1.).

Таблица 1. Демографические и метаболические характеристики пациенток с СПКЯ

Показатель	Среднее \pm СК	Медиана (IQR)	Мин–Макс
Возраст	25.29 ± 4.51	24.50 (22.00–28.00)	18.00 – 37.00
ИМТ	29.77 ± 6.05	29.92 (25.92–33.88)	18.78 – 46.09
Глюкоза	5.04 ± 0.57	5.10 (4.60–5.38)	4.00 – 6.10
Триглицериды	1.49 ± 0.88	1.16 (0.84–1.99)	0.42 – 5.73
Инсулин	20.52 ± 11.74	17.36 (11.50–25.52)	5.61 – 54.40
НОМА-IR	4.61 ± 2.70	3.77 (2.59–5.72)	1.40 – 12.57
Индекс ТyG-индекс	8.55 ± 0.55	8.49 (8.09–9.00)	7.42 – 10.08
ГСПГ	33.49 ± 29.83	24.95 (18.29–33.25)	6.25 – 191.20

Примечание: НОМА-IR - индекс инсулинорезистентности; ИМТ - Индекс массы тела; ГСПГ - Глобулин, связывающий половые гормоны; ТyG-индекс- триглицерид-глюкозный индекс.

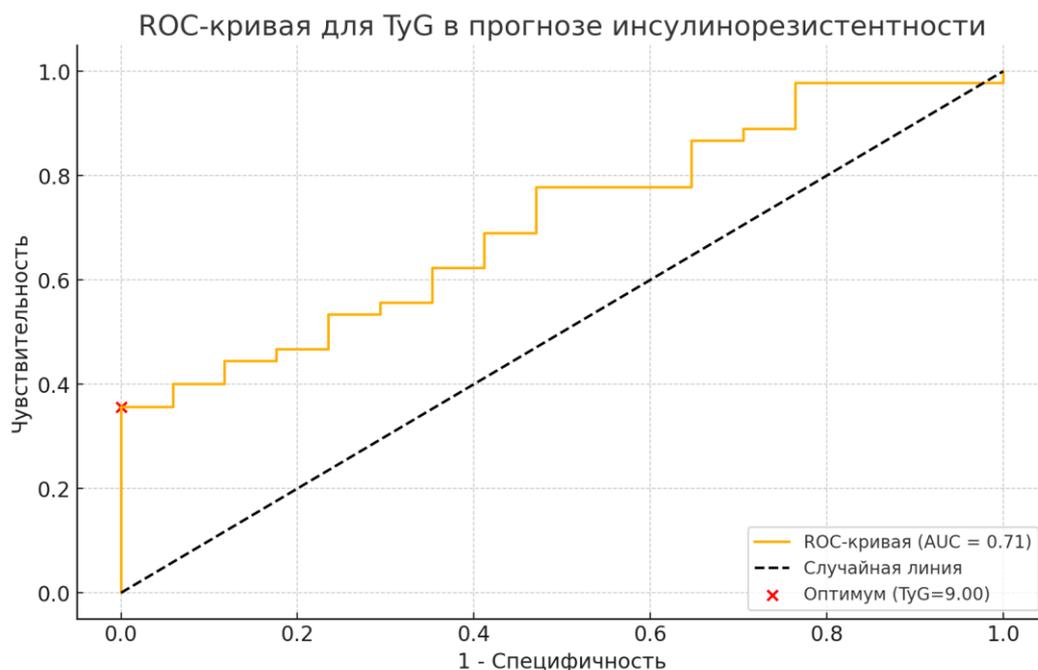


Рис. 1. ROC-кривая для TuG-индекса

Таблица 2. Сравнение метаболических показателей между группами TuG-индекс < 9 и TuG-индекс \geq 9

Показатель	Медиана (TuG-индекс < 9)	Медиана (TuG-индекс \geq 9)	p-значение
НОМА-IR	3.07	5.7	0.0002
Инсулин	14.15	23.75	0.0006
ИМТ	29.55	33.61	0.1186
ГСПГ	24.85	25.9	0.2775
Возраст	24.0	25.0	0.4482
Глюкоза	4.98	5.31	0.0131
Триглицериды	0.98	2.32	0.0

Примечание: НОМА-IR - индекс инсулинорезистентности; ИМТ - Индекс массы тела; ГСПГ - Глобулин, связывающий половые гормоны; TuG-индекс- триглицерид-глюкозный индекс.

Таблица 3. Корреляция TuG-индекса с показателями инсулинорезистентности и метаболизма

Показатель	Коэффициент Спирмена (r)	p-значение
НОМА-IR	0.492	0.0
Инсулин	0.436	0.0004
ИМТ	0.38	0.0023
ГСПГ	-0.156	0.2271

Примечание: НОМА-IR - индекс инсулинорезистентности; ИМТ - Индекс массы тела; ГСПГ - Глобулин, связывающий половые гормоны; TuG-индекс- триглицерид-глюкозный индекс.

Для предсказания инсулинорезистентности (НОМА-IR > 2.7), ROC-анализ показал AUC = 0.71 для TuG-индекса. Оптимальный диагностический порог, определённый по индексу Юдена, составил 9.00. При этом чувствительность составила 35,6%, специфичность — 100,0% (рис. 1).

В рамках сравнительного анализа были сформированы две группы пациенток с синдромом поликистозных яичников (СПКЯ) в зависимости от уровня триглицерид-глюкозного индекса (табл. 2).

Пациентки с более высоким уровнем TuG-индекса (\geq 9) имели достоверно более высокие значения НОМА-IR, инсулина натощак, ИМТ, уров-

ня глюкозы и триглицеридов по сравнению с группой с TuG-индекс <9. В то же время уровень глобулина, связывающего половые гормоны (ГСПГ), был ниже, хотя различия не достигли статистической значимости. Возраст не различался между группами.

Spearman-корреляция показала умеренную положительную связь TuG-индекс с НОМА-IR ($r = 0.49$), уровнем инсулина ($r = 0.44$) и ИМТ ($r = 0.38$). С ГСПГ выявлена слабая отрицательная связь ($r = -0.16$) (табл. 3).

Обсуждение. Результаты настоящего исследования подтверждают, что триглицерид-глюкозный индекс (TuG-индекс) может служить

полезным суррогатным маркером инсулинорезистентности у женщин с синдромом поликистозных яичников (СПКЯ) [4,5,7]. В выборке 62 пациенток с СПКЯ инсулинорезистентность по критерию НОМА-IR > 2.7 была выявлена у 72,6% участниц, что соответствует данным литературы о высокой метаболической уязвимости данной популяции [6,10].

ROC-анализ показал, что индекс ТуG-индекс обладает удовлетворительной диагностической точностью для выявления инсулинорезистентности (AUC = 0.71) [1,7]. Оптимальный диагностический порог, определённый по индексу Юдена, составил 9.00, при этом специфичность достигала 100%, тогда как чувствительность — лишь 35,6%. Это означает, что он эффективно выявляет пациенток с выраженной инсулинорезистентностью, но пропускает значительное число случаев с умеренными нарушениями. Подобная характеристика ограничивает его применимость как единственного инструмента скрининга, особенно на ранних стадиях метаболических нарушений [5,7]. Тем не менее, ТуG-индекс может быть полезен в ряде клинических ситуаций:– в первичном звене здравоохранения при отсутствии доступа к анализу инсулина [8];– при массовых обследованиях в популяциях с высоким риском метаболических нарушений (ожирение, СПКЯ, предиабет) [6,10];– в ретроспективных исследованиях и эпидемиологических проектах, где доступны только глюкоза и триглицериды [3,7].

Кроме того, ТуG-индекс может эффективно дополнять другие скрининговые подходы. Его интеграция с ИМТ, окружностью талии, уровнем АЛТ или индексом НОМА-IR (если инсулин доступен) позволяет повысить чувствительность многокомпонентных моделей [5]. Он также может быть включён в прогнозные алгоритмы или комбинированные шкалы (например, в рамках стратификации риска метаболического синдрома или СД2) [1,2], особенно у женщин с СПКЯ, у которых фенотипическая гетерогенность затрудняет интерпретацию одиночных маркеров [6].

Сравнительный анализ между группами ТуG-индекс <9 и ТуG-индекс ≥ 9 подтвердил наличие более выраженной метаболической дисфункции у женщин с высоким ТуG-индексом. В этой группе достоверно выше были значения инсулина, НОМА-IR, глюкозы и триглицеридов. Несмотря на отсутствие статистической значимости для различий по SHBG и возрасту, тенденция к ухудшению профиля у пациенток с высоким ТуG-индексом указывает на его клиническую значимость.

Полученные данные согласуются с результатами других исследований, демонстрирующих роль ТуG-индекса как индикатора риска метаболического синдрома, сахарного диабета 2 типа и

сердечно-сосудистых заболеваний [1,5,7]. Его простота расчёта, основанная на рутинных биохимических анализах, делает ТуG-индекс удобным инструментом для первичной диагностики и стратификации риска у женщин с СПКЯ, особенно в условиях ограниченного доступа к определению инсулина [8].

Установлена достоверная положительная связь ТуG-индекс с основными метаболическими показателями — НОМА-IR ($r = 0.49$), уровнем инсулина ($r = 0.44$) и ИМТ ($r = 0.38$), что подтверждает его патофизиологическую обоснованность как индикатора инсулинорезистентности [5,8]. Отрицательная, но слабая корреляция ТуG-индекс с SHBG ($r = -0.16$) может отражать влияние гиперинсулинемии на снижение связывающей способности глобулина, что, однако, требует дальнейших уточнений.

Тем не менее, результаты следует интерпретировать с учётом ограничений: ретроспективный характер исследования, относительно небольшая выборка, отсутствие учёта данных о питании, физической активности и гормональной терапии. Будущие проспективные исследования с включением более широкой популяции пациенток и дополнительных биомаркеров могли бы расширить понимание прогностической ценности ТуG-индекса в данной клинической группе.

Заключение. ТуG-индекс продемонстрировал клиническую значимость как простой, доступный и воспроизводимый маркер инсулинорезистентности у женщин с синдромом поликистозных яичников. Установлены достоверные ассоциации между ТуG-индексом и ключевыми метаболическими показателями — НОМА-IR, уровнем инсулина, ИМТ, а также диагностическая точность индекса в выявлении инсулинорезистентности с использованием ROC-анализа.

Определённый порог ТуG-индекс ≥ 9 может рассматриваться как специфичный критерий выраженных форм ИР, особенно при отсутствии доступа к прямому определению инсулина. Полученные данные подтверждают применимость ТуG-индекса в клинической практике для первичной стратификации риска и мониторинга метаболического профиля у пациенток с СПКЯ.

Тем не менее, необходимы дальнейшие проспективные исследования с включением более широкой популяции и оценкой прогностической ценности ТуG-индекса в долгосрочном наблюдении.

Литература:

1. Rani R, Priyanka P, Yadav R, Bajal N, Mandal BS, Kumar A. Polycystic Ovary Syndrome (PCOS): From Diagnosis to Treatment. IJEAB [Internet]. 2024;9(4):031–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab.94.5>

2. Zhao H, Zhang J, Cheng X, Nie X, He B. Insulin resistance in polycystic ovary syndrome across various tissues: an updated review of pathogenesis, evaluation, and treatment. *J Ovarian Res.* 2023 Jan 11;16(1):9. doi: 10.1186/s13048-022-01091-0. PMID: 36631836; PMCID: PMC9832677.
3. Gounden V, Devaraj S, Jialal I. The role of the triglyceride-glucose index as a biomarker of cardiometabolic syndromes. *Lipids Health Dis.* 2024 Dec 23;23(1):416. doi: 10.1186/s12944-024-02412-6. PMID: 39716258; PMCID: PMC11664894.
4. Sánchez-García A, Rodríguez-Gutiérrez R, Mancillas-Adame L, González-Nava V, Díaz González-Colmenero A, Solís RC, Álvarez-Villalobos NA, González-González JG. Diagnostic Accuracy of the Triglyceride and Glucose Index for Insulin Resistance: A Systematic Review. *Int J Endocrinol.* 2020 Mar 10;2020:4678526. doi: 10.1155/2020/4678526. PMID: 32256572; PMCID: PMC7085845.
5. Simental-Mendía LE, Guerrero-Romero F. The correct formula for the triglycerides and glucose index. *Eur J Pediatr.* 2020 Jul;179(7):1171. doi: 10.1007/s00431-020-03644-1. Epub 2020 May 15. PMID: 32415336.
6. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, et al. Homeostasis model assessment. *Diabetologia.* 1985;28(7):412–419.
7. The Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group. Revised 2003 consensus on diagnostic criteria and long-term health risks related to polycystic ovary syndrome. *Hum Reprod.* 2004;19(1):41–47.
8. Kurniawan LB. Triglyceride-Glucose Index As A Biomarker Of Insulin Resistance, Diabetes Mellitus, Metabolic Syndrome, And Cardiovascular Disease: A Review. *EJIFCC.* 2024 Apr 11;35(1):44-51. PMID: 38706737; PMCID: PMC11063788.
9. Park HM, Lee HS, Lee YJ, Lee JH. The triglyceride-glucose index is a more powerful surrogate marker for predicting the prevalence and incidence of type 2 diabetes mellitus than the homeostatic model assessment of insulin resistance.

Diabetes Res Clin Pract. 2021 Oct;180:109042. doi: 10.1016/j.diabres.2021.109042. Epub 2021 Sep 17. PMID: 34506839.

10. Chen Z, Wen J. Elevated triglyceride-glucose (TyG) index predicts impaired islet β -cell function: A hospital-based cross-sectional study. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2022 Sep 30;13:973655. doi: 10.3389/fendo.2022.973655. PMID: 36246870; PMCID: PMC9563389.

ТРИГЛИЦЕРИД-ГЛЮКОЗНЫЙ ИНДЕКС (ТУГ-ИНДЕКС) КАК ДОСТУПНЫЙ МАРКЕР ИНСУЛИНОРЕЗИСТЕНТНОСТИ У ЖЕНЩИН С СИНДРОМОМ ПОЛИКИСТОЗНЫХ ЯИЧНИКОВ В ПРАКТИКЕ ПРЕВЕНТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

Тожиева И.М.

Резюме. Синдром поликистозных яичников (СПКЯ) часто сопровождается инсулинорезистентностью (ИР) и играет важную роль в его патогенезе. Триглицеридно-глюкозный индекс (ТГИ) предложен как простой и недорогой метод определения ИР, однако его значение при СПКЯ изучено недостаточно. Оценка диагностической ценности индекса TyG при определении инсулинорезистентности у женщин с СПКЯ и анализ его связи с метаболическими показателями и индексом НОМА-ИР. Проведено ретроспективное исследование с участием 62 женщин с диагнозом СПКЯ. Измеряли уровни глюкозы, триглицеридов, инсулина и ВПГ. Рассчитывались индексы НОМА-ИР и TyG. Проведены корреляционный, ROC и межгрупповой сравнительный анализ. Инсулинорезистентность с НОМА-ИР > 2.7 выявлена у 72,6% участников. TyG показал достоверную корреляцию с НОМА-ИР ($r=0,49$), инсулином ($r=0,44$) и ИМТ ($r=0,38$). Для TyG AUC = 0,71. При TyG ≥ 9 выявлена 100% специфичность и 35,6% чувствительность. Метаболические нарушения чаще наблюдались у женщин с TyG ≥ 9 . Индекс TyG может быть полезен в качестве недорогого и точного маркера при оценке резистентности к инсулину у женщин с СПКЯ, особенно в тех случаях, когда невозможно измерить уровень инсулина.

Ключевые слова: Синдром поликистозных яичников, инсулинорезистентность, индекс TyG, НОМА-ИР, профилактическая медицина.