

УДК 616-056.52

<https://doi.org/10.24884/1682-6655-2026-25-1-30-36>А. П. БЕЗБОРОДОВА, А. В. РЫЖОВ, Л. А. АВТАЙКИНА,  
С. С. МЯКУШИН, Т. И. ВЛАСОВА

## Особенности микроциркуляции у молодых лиц с избыточной массой тела и ожирением I степени при разных значениях триглицерид-глюкозного индекса

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»

430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68

E-mail: apbezbor@gmail.com

Статья поступила в редакцию 14.10.2025 г.; принята к печати 26.12.2025 г.

### Резюме

**Введение.** Жировая ткань продуцирует широкий спектр биологически активных веществ – адипокинов. Нарушения их баланса при ожирении приводит к формированию эндотелиальной дисфункции. В условиях «омоложения» метаболического синдрома особую актуальность приобретают методы раннего прогнозирования и мониторинга риска сосудистых расстройств. В последние годы внимание исследователей привлёк триглицерид-глюкозный индекс (TyG), основанный на определении уровней триглицеридов и глюкозы натощак. **Цель** – изучить особенности микроциркуляции у молодых лиц с избыточной массой тела в зависимости от триглицерид-глюкозного индекса. **Материалы и методы.** 56 участников с избыточной массой тела и ожирением I степени в возрасте от 17 до 26 лет были разделены на две группы в зависимости от индекса TyG. В группу 1 вошли молодые люди, у которых индекс  $TyG \leq 6,29$  ( $n=28$ ), в группу 2 – молодые люди, у которых индекс  $TyG \geq 6,3$  ( $n=28$ ). Антропометрическое исследование: измерение роста, массы тела, расчет индекса массы тела (ИМТ), окружности талии и бёдер индекса талия/бедро (ИТБ). Лабораторная диагностика: определение содержания глюкозы плазмы крови, триглицеридов (ТГ). Изучение функционального состояния сосудистой стенки: метод фотоплетизмографии (ФПГ) и метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). **Результаты.** Оценка полового распределения показала преобладание лиц мужского пола во второй группе с более высоким значением TyG. Анализ ФПГ не показал достоверных различий параметров микроциркуляции между двумя группами. При оценке микроциркуляции методом ЛДФ установлено снижение амплитуды эндотелиальных вазомоций на 38,2% ( $p < 0,05$ ) и миогенных – на 36,06% ( $p < 0,05$ ), амплитуды показателей дыхательного компонента на 36,23 % ( $p < 0,05$ ) во второй группе (с повышенным TyG) относительно первой. **Заключение.** При повышенной массе тела и ожирении I степени, ассоциированными с индексом TyG выше 6,3 у. е., у лиц молодого возраста отмечается снижение влияний эндотелиального и миогенного компонентов механизмов регуляции микроциркуляции периферических тканей.

**Ключевые слова:** метаболический синдром и ожирение, триглицерид-глюкозный индекс, микроциркуляция, фотоплетизмография, лазерная доплеровская флоуметрия

**Для цитирования:** Безбородова А. П., Рыжов А. В., Автайкина Л. А., Мякушин С. С., Власова Т. И. Особенности микроциркуляции у молодых лиц с избыточной массой тела и ожирением I степени при разных значениях триглицерид-глюкозного индекса. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2026;25(1):30–36. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2026-25-1-30-36>.

Anastasia P. BEZBORODOVA, Artem V. RYZHOV,  
Lyubov A. AVTAYKINA, Semyon S. MYAKUSHIN,  
Tatyana I. VLASOVA

## Microcirculatory Characteristics in Young Adults with Overweight and Stage I Obesity at Different Levels of the Triglyceride-Glucose Index

Ogarev National Research Mordovia State University

68, Bolshevistskaya str., Saransk, Russia, 430005

E-mail: apbezbor@gmail.com

Received 14.10.25; accepted 26.12.25

### Summary

**Introduction.** Adipose tissue produces a wide range of biologically active substances known as adipokines. Their imbalance in obesity leads to endothelial dysfunction. Given the «aging down» of metabolic syndrome, methods for early prediction and risk monitoring of vascular disorders are particularly relevant. In recent years, the triglyceride-glucose index (TyG), based on fasting triglyceride and glucose levels, has attracted the attention of researchers. **Aim.** To study the characteris-

tics of microcirculation in young overweight individuals at the different levels of the TyG index. *Materials and Methods.* Fifty-six participants with overweight and stage I obesity, aged 17 to 26 years, were divided into 2 groups based on their TyG index. Group 1 included young adults with a TyG index  $\leq 6.29$  ( $n=28$ ) and group 2 comprised those with a TyG index  $\geq 6.3$  ( $n=28$ ). Anthropometric assessment included measurements of height, body weight, body mass index (BMI), waist and hip circumferences (WHI) and waist-to-hip ratio (WHR). Laboratory diagnostics involved measuring plasma glucose and triglyceride levels. To assess vascular wall function, photoplethysmography (PPG) and laser Doppler flowmetry (LDF) were performed. *Results.* Analysis of gender distribution showed a predominance of males in the second group with higher TyG values. PPG analysis revealed no significant differences in microcirculation parameters between the two groups. LDF assessment revealed a decrease in the amplitude of endothelial vasomotions by 38.2% ( $p<0.05$ ), myogenic vasomotions by 36.06% ( $p<0.05$ ), and the amplitude of respiratory component indicators by 36.23% ( $p<0.05$ ) in the group with increased TyG compared to group 1. *Conclusion.* In young adults with overweight and stage I obesity, associated with a TyG index above 6.3 a.u., there is a decrease in the contribution of endothelial and myogenic components to the regulation of peripheral tissue microcirculation.

**Keywords:** metabolic syndrome and obesity, triglyceride-glucose index, microcirculation, photoplethysmography, laser Doppler flowmetry

**For citation:** Bezborodova A. P., Ryzhov A. V., Avtaykina L. A., Myakushin S. S., Vlasova T. I. Microcirculatory Characteristics in Young Adults with Overweight and Stage I Obesity at Different Levels of the Triglyceride-Glucose Index. *Regional hemodynamics and microcirculation.* 2026;25(1):30–36. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2026-25-1-30-36>.

## Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) продолжают оставаться ведущей причиной преждевременной смертности во всем мире. По данным Всемирной организации здравоохранения, на их долю приходится около трети летальных исходов, при этом избыточная масса тела рассматривается как один из наиболее значимых модифицируемых факторов риска, способствующих развитию ишемической болезни сердца, сердечной недостаточности и тромботических осложнений [1, 2]. Глобальная эпидемия ожирения сохраняет выраженную тенденцию к росту: по оценкам 2025 года, более 1 миллиарда человек имели ожирение, а распространенность избыточной массы тела увеличивается как в развитых, так и в развивающихся странах [3]. Согласно статистическим данным международных и национальных исследований, в Российской Федерации в период с 2018 по 2023 год распространенность ожирения среди мужчин возросла на 3,1 %, а среди женщин – на 4,1 % [4]. В целом для населения Российской Федерации свойственны общемировые тренды: в среднем в популяции значение ИМТ составляет 27,6 кг/м<sup>2</sup>, ожирение более характерно для женщин, доля людей с ожирением, в том числе с абдоминальным, увеличивается с возрастом [5]. Особую настороженность вызывает нарастающая частота метаболических нарушений у молодежи (инсулинорезистентность, дислипидемия, повышение артериального давления (АД)), которые ассоциированы с ранними изменениями микроциркуляции и увеличением риска тромботических и ишемических событий в дальнейшем [2, 3, 6].

Жировая ткань рассматривается как активный эндокринный орган, продуцирующий широкий спектр биологически активных веществ – адипокинов. Нарушения их баланса при ожирении (снижение уровня адипонектина при одновременном росте провоспалительных медиаторов – лептина, резистина и др.) приводят к угнетению активности эндотелиальной NO-синтазы, усилению оксидативного стресса и экспрессии молекул клеточной адгезии, что формирует эндотелиальную дисфункцию и способствует увеличению тромбогенности сосудистой стенки [7, 8].

На уровне миокарда адипокины выступают регуляторами процессов ремоделирования: они модулируют гипертрофию, липидную инфильтрацию, запускают процессы фиброза и апоптоза кардиомиоцитов в условиях метаболического стресса, что приводит к повышению уязвимости сердца к ишемии и аритмиям [7]. В отечественных публикациях подчеркивается значимость дисбаланса адипокинового профиля как звена патогенеза эндотелиальной дисфункции и кардиометаболических осложнений при абдоминальном ожирении [9, 10].

Липидный спектр крови играет ведущую роль в оценке сердечно-сосудистого риска уже на ранних возрастных этапах. Повышение уровня триглицеридов, увеличение концентрации липопротеинов низкой плотности и одновременное снижение липопротеинов высокой плотности ассоциируются с нарушениями эндотелиальной функции, увеличением толщины комплекса интима–медиа и ростом артериальной жесткости у молодых пациентов [11]. Поскольку в литературе описано, что гипертриглицеридемия ассоциирована с ухудшением показателей микроциркуляции (снижением тканевой перфузии, редукцией капиллярной сети), а также определена прогностическая роль гипертриглицеридемии в развитии артериальной гипертензии и атеросклероза [12, 13], можно рассматривать микроциркуляцию как ранний и чувствительный индикатор сосудистых последствий дислипидемий у лиц молодого возраста с избыточной массой тела.

В условиях «омоложения» метаболического синдрома особую актуальность приобретают методы раннего прогнозирования и мониторинга факторов риска. Традиционно наиболее точной методикой оценки инсулинорезистентности считается эугликемический гиперинсулинемический клэмп, а также расчетные индексы HOMA-IR и QUICKI [14, 15]. Однако их практическое применение ограничено сложностью выполнения и экономическими затратами. В последние годы внимание исследователей привлечено триглицерид-глюкозный индекс (TyG), основанный на определении уровней триглицеридов и глюкозы натощак. Показано, что более высокие значения TyG

**Антропометрические и базовые гемодинамические показатели у молодых лиц с избыточной массой тела и ожирением I степени в зависимости от уровня TyG**

Table 1

**Anthropometric and baseline hemodynamic indicators in young adults with overweight and stage I obesity based on TyG index levels**

Показатель	TyG		P
	Группа 1 (менее 6,29)	Группа 2 (более 6,3)	
TyG (M±SD)	4,19±1,06	8,42±2,15	<0,001
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> (M±SD)	29,49±2,06	31,21±2,23	0,159
САД, мм рт. ст. Ме [IQR],	117,00 [116,50; 120,00]	120,00 [120,00; 122,50]	0,238
ДАД, мм рт. ст. (M±SD)	72,29±6,78	75,29±8,85	0,490
ЧСС, уд/мин (M±SD)	81,57±11,19	74,71±2,69	0,161
ИТБ (M±SD)	0,81±0,06	0,85±0,09	0,343
Пол, абс. (%)	Женский	24 (85,7%)	12 (42,9%)
	Мужской	4 (14,3%)	16 (57,1%)

Примечание: TyG – триглицерид-глюкозный индекс; ИМТ – индекс массы тела; САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений; ИТБ – индекс талия/бедро.

у молодых лиц ассоциированы с увеличением риска инфаркта миокарда, инсульта, сердечной недостаточности и общей смертности в будущем [16, 17]. При этом отмечают межпопуляционные различия и отсутствие универсальных пороговых значений, что пока препятствует стандартизации данного показателя. В то же время индекс TyG рассматривается как перспективный инструмент стратификации риска, особенно в исследованиях, посвященных когорте молодых людей, и может использоваться для дополнительной оценки сосудистой дисфункции [16, 18].

**Цель** исследования – изучить особенности микроциркуляции у молодых лиц с избыточной массой тела в зависимости от триглицерид-глюкозного индекса.

#### Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» и включало 56 участников с избыточной массой тела и ожирением I степени (36 женщин и 20 мужчин), возраст которых варьировал от 18 до 26 лет (среднее значение – 20,3±0,1 года). Всех участников исследования разделили на две группы в зависимости от индекса TyG, рассчитанного по формуле:

$$\text{TyG} = \ln(\text{триглицериды (мг/дл)} \times \text{глюкоза натощак (мг/дл)} : 2),$$

где ln – натуральный логарифм.

Распределение данных TyG соответствовало закону нормального распределения, и среднее значение (M±SD) составило 6,30±2,73. Таким образом, в группу 1 вошли молодые люди, у которых индекс TyG≤6,29 (n=28), в группу 2 – молодые люди, у которых индекс TyG≥6,3 (n=28). Критерии невключения: наличие эндокринной патологии, аутоиммунных заболеваний, ожирения II степени и выше, артериальной гипертензии, наследственной дизлипидемии.

Антропометрическое обследование включало измерение роста, массы тела, окружности талии и

бедер. На основании полученных данных рассчитывали индекс массы тела (ИМТ) и индекс талия/бедро (ИТБ). Артериальное давление и частота сердечных сокращений определялись в утренние часы с помощью автоматического тонометра «Omron M2 Basic». Для каждого участника проводили три последовательных измерения на обеих руках, один раз в неделю в течение шести недель. Оценка показателей выполнялась в соответствии с клиническими рекомендациями «Артериальная гипертензия у взрослых» [19].

Лабораторная диагностика включала биохимический анализ крови: определение содержания глюкозы плазмы, триглицеридов (ТГ).

Для изучения функционального состояния сосудистой стенки применялся метод фотоплетизмографии (ФПГ). Запись осуществлялась при положении пациента сидя, датчик фиксировался на II пальце правой кисти, продолжительность регистрации составляла 2 минуты. Использовался прибор AngioCode-301 с программным обеспечением «AngioCode Professional» (ООО «АльмаКод», Россия). В процессе анализа определяли индекс аугментации (AIp, %), индекс аугментации, скорректированный по ЧСС 75 уд./мин (AIp75, %), абсолютную продолжительность систолы (ED, мс.), индекс отражения (RI).

Состояние микроциркуляции оценивалось также методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Регистрацию выполняли с ладонной поверхности III пальца в течение 5 минут при помощи портативного прибора ЛАЗМА-ПФ (НПП «Лазма», Россия) с использованием программного обеспечения «ЛАЗМА-ПФ\_2.0». Анализ включал определение уровня базальной перфузии (M), который отражает динамическую характеристику микрокровотока, среднее квадратическое отклонение (σ, флакс), которое характеризует среднее колебание перфузии относительно среднего значения потока крови, коэффициент вариации (Kv, %), косвенно характеризующий

Параметры микроциркуляции по данным ФПГ и ЛДФ у молодых лиц с избыточной массой тела  
в зависимости от уровня TyG

Table 2

Microcirculatory parameters assessed by PPG and LDF in young adults with overweight  
by TyG level

Показатель	TyG		p
	Группа 1 (менее 6,29)	Группа 2 (более 6,3)	
TyG (M±SD)	4,19±1,06	8,42±2,15	< 0,001*
AIp, %, (M±SD)	-21,66±7,82	-27,39±18,54	0,466
AIp75, %, (M±SD)	-13,20±7,68	-23,59±18,71	0,199
RI, %, (M±SD)	32,03±6,52	23,60±12,49	0,139
ED, мс, (M±SD)	268,14±21,90	264,14±17,15	0,710
M, (M±SD)	28,24±3,56	25,60±7,86	0,434
σ, (M±SD)	11,48±2,73	10,56±2,41	0,513
Kv, % (M±SD)	41,71±12,74	45,16±16,42	0,669
Аэ, пф. ед. (M±SD)	2,38±0,48	1,47±0,18	0,015*
Ан, пф. ед. Me [IQR]	1,73 [1,54; 2,15]	1,02 [0,96; 1,52]	0,096
Ам, пф. ед. (M±SD)	1,22±0,28	0,78±0,11	0,016*
Ад, пф. ед. (M±SD)	0,69±0,12	0,44±0,17	0,009*
Ас, пф. ед. Me [IQR]	0,63 [0,61; 0,71]	0,66 [0,49; 0,68]	0,564

Примечание: TyG – триглицерид-глюкозный индекс; AIp – индекс аугментации; AIp75 – индекс аугментации, скорректированный по ЧСС 75 уд./мин; ED – абсолютная продолжительность систолы; RI – индекс отражения; M – уровень базальной перфузии; σ (флак) – среднеквадратическое отклонение; Kv – коэффициент вариации; амплитуда вазомоций (А): эндотелиальных (Аэ), нейрогенных (Ан), миогенных (Ам); амплитуда показателей дыхательного компонента микроциркуляции (Ад); амплитуда показателей сердечного компонента микроциркуляции (Ас).

напряженность регуляторных систем микроциркуляторного русла. Для изучения механизмов регуляции микроциркуляции применялся вейвлет-анализ с выделением максимальных амплитуд различных частотных компонентов кровотока. Определяли амплитуду вазомоций (А, пф. ед.): эндотелиальных (Аэ), нейрогенных (Ан), миогенных (Ам); амплитуду показателей дыхательного компонента микроциркуляции (Ад); амплитуду показателей сердечного компонента микроциркуляции (Ас).

Все обследуемые предоставили письменное информированное согласие, а протокол исследования был одобрен на заседании локального этического комитета при медицинском институте ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» от 28.02.2025 (протокол № 137).

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.11 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха Me [IQR] при распределении, не соответствующем закону нормального распределения, и среднего арифметического и стандартного отклонения (M±SD) – при нормальном распределении. Сравнение двух групп по количественному показателю при условии равенства дисперсий выполнялось с помощью t-критерия Стьюдента, при неравных дисперсиях – с помощью t-критерия Уэлча. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого от-

личалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна – Уитни. Различия считались статистически значимыми при p<0,05.

### Результаты исследования и их обсуждение

Антропометрические и некоторые гемодинамические показатели представлены в табл. 1. Анализ базовых гемодинамических показателей показал, что систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД) в 1-й группе соответствовали критериям установления оптимального АД, а во 2-й группе САД и ДАД в среднем соответствовали критериям установления нормального АД. Оценка пологого распределения показала преобладание лиц мужского пола во второй группе с более высоким значением TyG.

Параметры микроциркуляции по данным ФПГ и ЛДФ у молодых лиц с избыточной массой тела и ожирением I степени в зависимости от уровня TyG представлены в табл. 2. Анализ ФПГ не показал достоверных различий параметров микроциркуляции между двумя группами.

При оценке микроциркуляции методом ЛДФ установлено некоторое снижение уровня базальной перфузии во 2-й группе на 9,3 % относительно 1-й группы, статистической значимости выявлено не было. Амплитуда эндотелиальных вазомоций и амплитуда миогенных вазомоций были достоверно

меньше у молодых людей 2-й группы относительно 1-й на 38,2 % и 36,06%. Влияние системных механизмов регуляции микроциркуляции продемонстрировало снижение амплитуды показателей дыхательного компонента на 36,23 % во второй группе относительно первой ( $p < 0,05$ ). Амплитуда показателей влияния сердечного компонента регуляции микроциркуляции показала тенденцию к повышению при увеличении индекса TyG.

Базовые гемодинамические показатели в исследуемых группах не показали статистически значимых различий (САД, ДАД, ЧСС сохранялись в пределах нормы). Существенное различие в исследуемых группах относительно индекса TyG (в 2-й группе почти вдвое выше,  $p < 0,001$ ) указывает на выраженное различие метаболического статуса субъектов, что согласно работам K. Dang et al. может быть предиктором развития метаболического синдрома у молодых людей с более высоким индексом TyG [20].

Параметры ФПГ не выявили статистически значимых отличий между группами. Как известно, более высокий TyG и связанная с ним инсулинорезистентность играют важную роль в развитии эндотелиальной дисфункции [21]. При ожирении и метаболическом синдроме хроническое воспаление способствует нарушению регуляции эффектов продуктов адипоцитов, обладающих эндотелиотоксичностью и способствующих нарушению вазодилатационной эндотелиальной функции [22]. Наряду с этим, уровень TyG коррелирует с маркерами артериальной жесткости и служит предиктором кардиометаболического риска [23]. Таким образом, при ожирении и метаболическом синдроме следует ожидать нарушения эндотелиального и миогенного механизмов регуляции вазомоторной активности. Возможности ФПГ позволяют регистрировать функциональный статус относительно крупных артериол из глубокого сосудистого сплетения кожи и терминальных отделов магистральных сосудов мышечного типа, в которых доминирует нейрогенный механизм регуляции вазомоторной активности, что отчасти объясняет полученные результаты [24].

Показатели ЛДФ демонстрируют более выраженные отличия между группами. Во 2-й группе отмечено незначимое снижение базальной перфузии и флкса, отражающих объем микрокровотока и вариабельности капиллярного кровотока. Выявлено достоверное уменьшение амплитуд эндотелиального и миогенного компонентов регуляции микроциркуляции, что ассоциировано с увеличением индекса TyG. Снижение дыхательного компонента микроциркуляции также сопряжено с более высоким индексом TyG. Напротив, увеличение амплитуды сердечного компонента микроциркуляции может отражать компенсаторное увеличение пульсовой составляющей при снижении других регуляторных механизмов. Исследования E. Fusco et al. [25] и R. T. de Jongh et al. [26] также показали, что при ожирении возникает доклиническое поражение сосудов, характеризующееся снижением эндотелиально-зависимой вазодилатации и нарушением микроциркуляции в коже.

## Заключение

При повышенной массе тела и ожирении I степени, ассоциированными с индексом TyG выше 6,3 у. е., у лиц молодого возраста отмечается изменение механизмов регуляции микроциркуляции периферических тканей со снижением влияния эндотелиального и миогенного компонентов. Полученные данные представляют интерес в аспекте предикции кардиометаболических расстройств у лиц молодого возраста и нуждаются в дальнейшем изучении.

## Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare that they have no conflict of interest.

## Литература / References

1. World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs) – Fact sheet. Available at: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)) [Accessed 6 September 2025].
2. World Health Organization. Global report on hypertension: the race against a silent killer. Available at: <https://www.who.int/docs/default-source/ncds/ncd-surveillance/hypertension-profiles-2023.pdf> [Accessed 6 September 2025].
3. World Obesity Federation. World Obesity Atlas 2025. London: World Obesity Federation; 2025. Available at: <https://data.worldobesity.org/publications/?cat=23> [Accessed 13 December 2025].
4. Юсенко С. П., Зубкова Т. С., Сорокин А. С., Халтурина Д. А. Ожирение в России: динамика распространенности и половозрастная структура с конца XX века // *Общественное здоровье*. 2024. Т. 4, № 3. С. 17–29. [Yusenko SR, Zubkova TS, Sorokin AS, Khaltourina DA. Obesity in Russia: prevalence dynamics and sex and age structure since the end of the 20th century. *Public health*. 2024;3(4):17–29. (In Russ.)]. Doi: 10.21045/2782-1676-2024-4-3-17-29.
5. Бондарева Э. А., Трошина Е. А. Ожирение. Причины, типы и перспективы // *Ожирение и метаболизм*. 2024. Т. 21, № 2. С. 174–187. [Bondareva EA, Troshina EA. Obesity. Reasons, features and prospects. *Obesity and metabolism*. 2024;21(2):174–187. (In Russ.)]. Doi: 10.14341/omet13055.
6. Мякушин С. С., Рыжов А. В., Шутов М. В. и др. Гендерные особенности состояния сосудистой стенки у лиц молодого возраста с избыточной массой тела. *Профилактическая медицина*. 2025. Т. 28, № 11. С. 52–58. [Myakushin SS, Ryzhov AV, Shutov MV, et al. Gender features of the vascular wall condition in young people with the body weight excess. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2025;28(11):52–58. (In Russ.)]. Doi: 10.17116/profmed20252811152.
7. Yan Y, Wang L, Zhong N, et al. Multifaced roles of adipokines in endothelial cell function. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2024 Nov 4;15:1490143. Doi: 10.3389/fendo.2024.1490143. PMID: 39558976; PMCID: PMC115 70283.
8. Luo J, He Z, Li Q, et al. Adipokines in atherosclerosis: unraveling complex roles. *Front Cardiovasc Med*. 2023 Aug 14;10:1235953. Doi: 10.3389/fcvm.2023.1235953. PMID: 37645520; PMCID: PMC10461402.
9. Шевченко Е. А., Потемина Т. Е., Успенский А. Н. Роль адипонектина и лептина в развитии метаболического синдрома и связанных с ним ожирением и сахарным диабетом II типа // *Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье*. 2022. Т. 12, № 1. С. 29–37. [Shevchenko EA, Potemina TE, Uspensky AN. Role of adiponektin and leptin in the development of metabolic

- syndrome and related obesity and type II diabetes mellitus. Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ". Rehabilitation, Doctor and Health. 2022;12(1):29–37. (In Russ.)]. Doi: 10.20340/vmi-rvz.2022.1.CLIN.3.*
10. Кузнецова Л. А. Метаболический синдром: влияние адипокинов на L-аргинин-NO-синтаза-NO сигнальный путь // *Acta Biomedica Scientifica*. 2021. Т. 6, № 2. С. 22–40. [Kuznetsova LA. Metabolic syndrome: the influence of adipokines on the L-arginine-NO synthase-nitric oxide signaling pathway. *Acta biomedica scientifica*. 2021;6(2):22–40. (In Russ.)]. Doi: 10.29413/ABS.2021-6.2.3.
11. Zeng X, Han D, Zhou H, et al. Triglyceride-glucose index and homeostasis model assessment-insulin resistance in young adulthood and risk of incident congestive heart failure in midlife: the coronary artery risk development in young adults study. *Front Cardiovasc Med*. 2022 Jun 30;9:944258. Doi: 10.3389/fcvm.2022.944258. PMID: 35845059; PMCID: PMC9279654.
12. Веденская С. С., Вишнева Е. М., Курьндина А. А. и др. Взаимосвязь показателей липидного спектра, системы гемостаза и маркеров воспаления у пациентов с артериальной гипертензией и мультифокальным атеросклерозом // *Российский кардиологический журнал*. 2024. Т. 29, № 12S. С. 61–69. [Vedenskaya SS, Vishneva EM, Kuryndina AA, et al. Relationship between lipid profile parameters, coagulation system and inflammation markers in patients with hypertension and multifocal atherosclerosis. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(12S):61–69. (In Russ.)]. Doi: 10.15829/1560-4071-2024-6169. EDN: XNVUXK.
13. Бубнова М. Г., Ежов М. В., Аронов Д. М. и др. Гипертриглицеридемия (триглицерид-богатые липопротеины и их ремнанты): роль в развитии атеросклеротических сердечно-сосудистых заболеваний и стратегия контроля. Заключение Комитета экспертов Российского кардиологического общества (РКО), Национального общества по изучению атеросклероза (НОА), Российского общества кардиосоматической реабилитации и вторичной профилактики (РосОКР) // *Российский кардиологический журнал*. 2025. Т. 30, № 5. С. 63–64. [Bubnova MG, Ezhov MV, Aronov DM, et al. Hypertriglyceridemia (triglyceride-rich lipoproteins and their remnants): role in the development of atherosclerotic cardiovascular diseases and control strategy. Opinion of the Expert Committee of the Russian Society of Cardiology, the National Atherosclerosis Society, and the Russian Society of Cardiac and Somatic Rehabilitation and Secondary Prevention. *Russian Journal of Cardiology*. 2025;30(5):63–64. (In Russ.)]. Doi: 10.15829/1560-4071-2025-6364. EDN: VNFGFQ.
14. Мадянов И. В. Косвенные способы оценки инсулинорезистентности при метаболическом синдроме // *Русский медицинский журнал*. 2021. № 2. С. 10–12. [Madyanov IV. Indirect methods for assessing insulin resistance in metabolic syndrome. *RMJ*. 2021;(2):10–12. (In Russ.)].
15. Guerrero-Romero F, Simental-Mendia LE, Gonzalez-Ortiz M, et al. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp. *J Clin Endocrinol Metab*. 2010;95(7):3347–51. Doi: 10.1210/jc.2010-0288.
16. Xu X, Huang R, Lin Y, et al. High triglyceride-glucose index in young adulthood is associated with incident cardiovascular disease and mortality in later life: insight from the CARDIA study. *Cardiovasc Diabetol*. 2022 Aug 12;21(1):155. Doi: 10.1186/s12933-022-01593-7. PMID: 35962377; PMCID: PMC9375240.
17. Cho YK, Han KD, Kim HS, et al. Triglyceride-glucose index is a useful marker for predicting future cardiovascular disease and mortality in young Korean adults: a nationwide population-based cohort study. *J Lipid Atheroscler*. 2022 May;11(2):178–186. Doi: 10.12997/jla.2022.11.2.178. Epub 2022 Apr 21. PMID: 35656153; PMCID: PMC9133778.
18. Feng B, Zhao Y, Xu W, et al. Triglyceride-glucose index as a novel prognostic biomarker for coronary artery disease: evidence from a large-scale prospective cohort study. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2025 Sep 11;16:1653948. Doi: 10.3389/fendo.2025.1653948. PMID: 41019316; PMCID: PMC12460115.
19. Артериальная гипертензия у взрослых: [клинические рекомендации]. 2024. [Arterial hypertension in adults: [clinical guidelines]. 2024. (In Russ.)].
20. Dang K, Wang X, Hu J, et al. The association between triglyceride-glucose index and its combination with obesity indicators and cardiovascular disease: NHANES 2003/2018. *Cardiovasc Diabetol*. 2024;23(1):8. Doi: 10.1186/s12933-023-02115-9.
21. Шишкин А. Н., Князева А. И. Эндотелиальная дисфункция у больных с ожирением // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2022. Т. 21, № 3. С. 4–11. [Shishkin AN, Kniazeva AI. Endothelial dysfunction in patients with obesity. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2022;21(3):4–11. (In Russ.)]. Doi: 10.24884/1682-6655-2022-21-3-4-11.
22. Чусова Н. А. Роль эндотелиальной дисфункции при ожирении // *Международный студенческий научный вестник*. 2019. Т. 5, № 2. С. 67. [Chusova NA. The role of endothelial dysfunction in obesity. *International Student Scientific Herald*. 2019;5(2):67. (In Russ.)].
23. Lee SB, Ahn CW, Lee BK, et al. Association between triglyceride glucose index and arterial stiffness in Korean adults. *Cardiovasc Diabetol*. 2018 Mar 21;17(1):41. Doi: 10.1186/s12933-018-0692-1. PMID: 29562908; PMCID: PMC5863385.
24. Федорович А. А., Королев А. И., Ососков В. С. и др. Новые тренды развития направления по неинвазивному исследованию микроциркуляции в коже человека: описательный обзор // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2025. Т. 24, № 6. С. 44–12. [Fedorovich AA, Korolev AI, Ososkov VS, et al. New trends in non-invasive study of human skin microcirculation: a descriptive review. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2025;24(6):44–12. (In Russ.)]. Doi: 10.15829/1728-8800-2025-4412. EDN: XFFGNI.
25. Fusco E, Pesce M, Bianchi V, et al. Preclinical vascular alterations in obese adolescents detected by Laser-Doppler Flowmetry technique. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2020 Feb 10;30(2):306–312. Doi: 10.1016/j.numecd.2019.09.007. Epub 2019 Sep 13. PMID: 31653517.
26. de Jongh RT, Serné EH, IJzerman RG, et al. Impaired microvascular function in obesity: implications for obesity-associated microangiopathy, hypertension, and insulin resistance. *Circulation*. 2004 Jun 1;109(21):2529–35. Doi: 10.1161/01.CIR.0000129772.26647.6F. Epub 2004 May 10. PMID: 15136505.

### Информация об авторах

**Безбородова Анастасия Павловна** – ординатор 1-го года обучения по специальности «Кардиология», ассистент кафедры нормальной и патологической физиологии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, г. Саранск, Россия, e-mail: apbezbor@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0394-7609.

**Рыжов Артем Владимирович** – аспирант 4-го года обучения по специальности «Патологическая физиология», ассистент кафедры нормальной и патологической физиологии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, г. Саранск, Россия, e-mail: artyom3690@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-5350-1744.

**Автайкина Любовь Алексеевна** – студент 6 курса специальности «Лечебное дело», Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, г. Саранск, Россия, e-mail: lavtaykina02@gmail.com, ORCID: 0009-0002-3473-5200.

**Семен Сергеевич Мякушин** – студент 5 курса специальности «Лечебное дело», Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, г. Саранск, Россия, e-mail: smyakushin@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2466-7681.

**Власова Татьяна Ивановна** – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой нормальной и патологической физиологии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, г. Саранск, Россия, e-mail: v.t.i@bk.ru, ORCID: 0000-0002-2624-6450.

### Authors information

**Bezborodova Anastasia P.** – Cardiology Resident, Assistant, Department of Normal and Pathological Physiology, Medical

Institute, Ogarev Mordovian State University, Saransk, Russia, e-mail: apbezbor@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0394-7609.

**Ryzhov Artem V.** – Fourth-year Postgraduate Student in Pathological Physiology; Assistant, Department of Normal and Pathological Physiology, Medical Institute, Ogarev Mordovian State University, Saransk, Russia, e-mail: artyom3690@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-5350-1744.

**Avtaykina Lyubov A.** – Sixth-year Medical Student, Medical Institute, Ogarev Mordovian State University, Saransk, Russia, e-mail: lavtaykina02@gmail.com, ORCID: 0009-0002-3473-5200.

**Myakushin Semyon S.** – Fifth-year Medical Student, Medical Institute, Ogarev Mordovian State University, Saransk, Russia, e-mail: smyakushin@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2466-7681.

**Vlasova Tatyana I.** – Dr. Sci. Med, Professor; Head, Department of Normal and Pathological Physiology, Medical Institute, Ogarev Mordovian State University, Saransk, Russia, e-mail: v.t.i@bk.ru, ORCID: 0000-0002-2624-6450.