

Структурно-функциональное состояние микрососудов кожи верхних конечностей у здоровых нормотензивных лиц трудоспособного возраста в зависимости от индекса массы тела и метаболического статуса

Трунов И.В.¹, Федорович А.А.^{1,2}, Королев А.И.¹, Ососков В.С.¹, Чашин М.Г.¹, Драпкина О.М.¹

¹ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины" Минздрава России. Москва, Россия; ²ФГБУН ГНЦ "Институт медико-биологических проблем" РАН. Москва, Россия

Цель. Изучить структурно-функциональное состояние различных звеньев микрососудистого русла кожи верхних конечностей у здоровых нормотензивных лиц трудоспособного возраста в зависимости от индекса массы тела (ИМТ) и метаболического статуса.

Материал и методы. В исследование были включены 227 здоровых нормотензивных добровольцев (43±6 лет, мужчины/женщины — 120/107), которым проведено комплексное исследование различных отделов сердечно-сосудистой системы неинвазивными методами по принципу "от капилляров до сердца". Исследование микроциркуляции в коже левой верхней конечности проводили методами видеокапилляроскопии (ВКС), 2-канальной лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и фотоплетизмографии на просвет (ФПГ).

Результаты. При разделении на группы по ИМТ — нормальный вес ($18,5 \text{ кг/м}^2 \leq \text{ИМТ} < 25 \text{ кг/м}^2$, $n=114$) и повышенный вес ($25 \text{ кг/м}^2 \leq \text{ИМТ} < 35 \text{ кг/м}^2$, $n=113$) по данным ВКС, ЛДФ и ФПГ различий между группами выявлено не было ни по одному из анализируемых параметров. При разделении испытуемых ($n=227$) на группы по метаболическому статусу, группу с метаболически здоровым фенотипом ожирения (МЗФ) составили 53 (23%) испытуемых, а в группу с метаболически нездоровым фенотипом (МНЗФ) вошли 174 (77%) человека. В группе МЗФ 29 (55%) человек с повышенным весом относительно лиц с нормальными значениями ИМТ ($n=24$, 45%) имели снижение перфузионного вклада эндотелиального (7,15 и 4,53%), нейрогенного (6,12 и 4,12%) и миогенного (5 и 2,97%) механизмов регуляции прекапиллярных артериол, соответственно. В группе с МНЗФ отмечалась противоположная ситуация — испытуемые с нормальным весом ($n=90$, 52%) относительно лиц с избыточной массой тела и ожирением 1 ст. ($n=84$, 48%) имели более высокие показатели вклада регуляторных механизмов в суммарный тонус прекапиллярных артериол со стороны эндотелиального (3,04

и 2,73 пф), нейрогенного (2,9 и 2,51 пф) и миогенного (3,33 и 3,08 пф) тонус-формирующих механизмов регуляции, соответственно.

Заключение. ИМТ, как биомаркер нарушений микроциркуляции при ожирении, демонстрирует логичные/ожидаемые закономерности только у лиц с МЗФ. У здоровых нормотензивных лиц с МНЗФ отмечается противоположное состояние резистивных микрососудов кожи, что требует дальнейших исследований в данном направлении.

Ключевые слова: ожирение, фенотип ожирения, парадокс ожирения, микроциркуляция, видеокапилляроскопия, лазерная доплеровская флоуметрия, фотоплетизмография.

Отношения и деятельность. Работа выполнена в рамках инициативной научно-исследовательской работы (НИР) по результатам материалов государственного задания Минздрава России № АААА-А18-118042890137-6, 2018-2020гг.

Поступила 04/03-2026

Рецензия получена 16/03-2026

Принята к публикации 23/03-2026



Для цитирования: Трунов И.В., Федорович А.А., Королев А.И., Ососков В.С., Чашин М.Г., Драпкина О.М. Структурно-функциональное состояние микрососудов кожи верхних конечностей у здоровых нормотензивных лиц трудоспособного возраста в зависимости от индекса массы тела и метаболического статуса. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2026;25(6):4829. doi: 10.15829/1728-8800-2026-4829. EDN: NKPBVR

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: faa-micro@yandex.ru

[Трунов И.В. — аспирант отдела фундаментальных и прикладных аспектов ожирения, ORCID: 0009-0007-9647-1702, Федорович А.А.* — к.м.н., с.н.с. лаборатории "Микроциркуляции и регионального кровообращения", ORCID: 0000-0001-5140-568X, Королев А.И. — к.м.н., руководитель лаборатории "Микроциркуляции и регионального кровообращения", ORCID: 0000-0001-9830-8959, Ососков В.С. — м.н.с. лаборатории "Микроциркуляции и регионального кровообращения", ORCID: 0009-0005-9678-1378, Чашин М.Г. — к.м.н., руководитель лаборатории "Цифровой медицины и искусственного интеллекта", ORCID: 0000-0001-6292-3837, Драпкина О.М. — д.м.н., профессор, академик РАН, директор, ORCID: 0000-0002-4453-8430].

Адреса организаций авторов: ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины" Минздрава России, Петроверигский пер., д.10, стр.3, Москва, 101990, Россия; ФГБУН ГНЦ "Институт медико-биологических проблем" РАН, Хорошевское шоссе д. 76А, Москва, 123007, Россия.

Addresses of the authors' institutions: National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Petroverigskiy Lane, 10/3, Moscow, 101990, Russia; Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Science, Khoroshevskoe shosse, 76A, Moscow, 123007, Russia.

Structural and functional state of upper limb skin microvessels of healthy normotensive working-age individuals depending on body mass index and metabolic status

Trunov I. V.¹, Fedorovich A. A.^{1,2}, Korolev A. I.¹, Ososkov V. S.¹, Chashchin M. G.¹, Drapkina O. M.¹

¹National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine. Moscow, Russia; ²Institute of Biomedical Problems. Moscow, Russia

Aim. To study the structural and functional state of various components of the upper limb skin microcirculation in healthy normotensive working-age individuals depending on body mass index (BMI) and metabolic status.

Material and methods. The study included 227 healthy normotensive volunteers (43±6 years old, 120/107 men/women). They underwent a comprehensive examination of various cardiovascular system sections using non-invasive methods. Left upper limb skin microcirculation was assessed using videocapillaroscopy, 2-channel laser Doppler flowmetry (LDF), and transmission photoplethysmography (PPG).

Results. When dividing subjects into groups based on BMI (normal weight (18,5 kg/m² ≤ BMI < 25 kg/m², n=114) and overweight (25 kg/m² ≤ BMI < 35 kg/m², n=113) based on videocapillaroscopy, LDF, and PPG revealed no differences between the groups for any of the analyzed parameters. When dividing the subjects (n=227) into groups by metabolic status, the group with a metabolically healthy obesity (MHO) phenotype consisted of 53 (23%) subjects, and the group with a metabolically unhealthy obesity (MUO) phenotype included 174 (77%) individuals. In the MHO group, 29 (55%) overweight individuals relative to individuals with normal BMI values (n=24, 45%) had a decrease in the perfusion contribution of endothelial (7,15 and 4,53%), neurogenic (6,12 and 4,12%) and myogenic (5 and 2,97%) mechanisms of precapillary arteriole regulation, respectively. In the MUO group, the opposite situation was noted — subjects with normal weight (n=90, 52%) relative to individuals with overweight and class 1 obesity (n=84, 48%) had higher values of the contribution of regulatory mechanisms to the total precapillary arteriole tone from the endothelial (3,04 and 2,73), neurogenic (2,9 and 2,51), and myogenic (3,33 and 3,08) tone-forming regulatory mechanisms, respectively.

Conclusion. BMI, as a microcirculation disorder biomarker in obesity, demonstrates logical/expected patterns only in individuals with MUO.

In healthy normotensive individuals with MUO, the opposite state of resistive skin microvessels is observed, which requires further research in this area.

Keywords: obesity, obesity phenotype, obesity paradox, microcirculation, videocapillaroscopy, laser Doppler flowmetry, photoplethysmography.

Relationships and Activities. This study was conducted as part of a research initiative based on the results of the Russian Ministry of Health's State Assignment № AAAA-A18-118042890137-6, 2018-2020.

Trunov I. V. ORCID: 0009-0007-9647-1702, Fedorovich A. A. * ORCID: 0000-0001-5140-568X, Korolev A. I. ORCID: 0000-0001-9830-8959, Ososkov V. S. ORCID: 0009-0005-9678-1378, Chashchin M. G. ORCID: 0000-0001-6292-3837, Drapkina O. M. ORCID: 0000-0002-4453-8430.

*Corresponding author:

faa-micro@yandex.ru

Received: 04/03-2026

Revision Received: 16/03-2026

Accepted: 23/03-2026

For citation: Trunov I. V., Fedorovich A. A., Korolev A. I., Ososkov V. S., Chashchin M. G., Drapkina O. M. Structural and functional state of upper limb skin microvessels of healthy normotensive working-age individuals depending on body mass index and metabolic status. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2026;25(6):4829. doi: 10.15829/1728-8800-2026-4829. EDN: NKPBVR

АВА — артериоло-венулярный анастомоз, АД — артериальное давление, ВКС — видеокапилляроскопия, ГТТ — глюкозотолерантный тест, ИВО — индекс висцерального ожирения, ИМТ — индекс массы тела, ЛВП — липопротеины высокой плотности, ЛДФ — лазерная доплеровская флоуметрия, МЗФ — метаболически здоровый фенотип, МНЗФ — метаболически нездоровый фенотип, МЦР — микроциркуляторное русло, ОБ — окружность бедер, ОТ — окружность талии, ПО — парадокс ожирения, ПОРГ — постокклюзионная реактивная гиперемия, СД — сахарный диабет, СПКС — структурная плотность капиллярной сети, ФПГ — фотоплетизмография, ФПКС — функциональная плотность капиллярной сети, ХС — холестерин, Alp75 — Augmentation Index (индекс аугментации по частоте сердечных сокращений 75 уд./мин), RI — Resistive Index (индекс резистивности), SI — Stiffness Index (индекс артериальной жесткости), SpO₂ — сатурация крови.

Введение

Ожирение является хроническим заболеванием, которое характеризуется избыточным накоплением жировой ткани в организме и не ограничивается только эстетическими проблемами, а приводит к нарушению работы целого ряда систем, существенно повышая риск развития различных патологических состояний. Развитие ожирения является системным метаболическим нарушением, которое рассматривается либо с позиций отклонений в системе микроциркуляции, либо оказывает прямое повреждающее действие на сложно организованную систему микрососудистого русла.

Морфологические нарушения в системе микроциркуляции при ожирении представляют собой целый комплекс изменений капиллярного кровотока, характеризующихся утолщением стенок микрососудов, повышением их проницаемости для

жидкости и белка с преимущественным направлением субстратов из крови в ткань [1], развитием инсулинорезистентности, хронического воспаления, окислительного стресса и дислипидемии [2].

Наиболее удобным и доступным объектом для неинвазивного исследования системы микроциркуляции у человека является кожа. Микроциркуляторное русло (МЦР) кожи имеет сложно организованную (3-звенную) систему, которая включает два микрососудистых сплетения (глубокое и поверхностное) и обменное (капиллярное) звено. Такая сложная организация ангиоархитектоники МЦР обусловлена необходимостью выполнения кожей одной из основных ее функций как органа — поддержание температурного гомеостаза целостного организма.

Сегодня не существует универсального неинвазивного метода исследования, который позволял

Ключевые моменты

Что известно о предмете исследования?

- Ожирение является системным метаболическим процессом, который либо исходно обусловлен нарушениями в системе микроциркуляции, либо оказывает непосредственное повреждающее воздействие на сложно организованную систему микроциркуляторных процессов.

Что добавляют результаты исследования?

- Индекс массы тела не является надежным антропометрическим биомаркером, который определяет нарушения микроциркуляции на ранних стадиях развития ожирения у здоровых лиц.
- У здоровых испытуемых с метаболически здоровым фенотипом ожирения отмечаются увеличение тонуса и снижение перфузионной эффективности регуляторных механизмов резистивных микрососудов кожи, относительно лиц с нормальным весом.
- У здоровых испытуемых с метаболически нездоровым фенотипом ожирения отмечается противоположный результат, который выражается в более низких значениях тонуса регуляторных механизмов на уровне резистивных микрососудов кожи, чем у лиц с нормальным весом.

Key messages

What is already known about the subject?

- Obesity is a systemic metabolic process that is either initially caused by impaired microcirculation system or has a direct damaging effect on the complex microcirculatory system.

What might this study add?

- Body mass index is not a reliable anthropometric biomarker for detecting microcirculation disorders in the early stages of obesity in healthy individuals.
- Healthy subjects with a metabolically healthy obesity phenotype exhibit increased tone and decreased perfusion efficiency of the regulatory mechanisms of skin resistive microvessels, compared to individuals with normal weight.
- In healthy subjects with a metabolically unhealthy obesity, the opposite result is observed — there are lower values of the tone of regulatory mechanisms of resistive skin microvessels than in individuals with normal weight.

бы оценивать структурное и функциональное состояние различных звеньев МЦР одновременно. Для оценки капиллярного русла кожи применяется метод видеокапилляроскопии (ВКС), для оценки функционального состояния прекапиллярных артериол (поверхностное сосудистое сплетение) чаще всего применяется метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), а для оценки состояния крупных распределительных артериол (глубокое сосудистое сплетение) — метод фотоплетизмографии (ФПГ) на просвет [3].

По данным ВКС у пациентов в возрасте 40–75 лет с абдоминальным ожирением и сахарным диабетом (СД) 2 типа отмечаются нарушения структуры капилляров в области ногтевого ложа пальцев кисти — увеличение количества перекрещивающихся и скрученных (штопорообразных) капилляров в зависимости от индекса массы тела (ИМТ) [4, 5]. Похожие нарушения отмечаются у детей и подростков с ожирением на фоне СД 1 типа [6]. Еще в одном исследовании у пациентов с метаболическим синдромом и рассеянным склерозом выявлено достоверное уменьшение диаметров артериального, переходного и венозного отделов капилляров и более низкая функциональная плотность капилляров/мм² относительно группы здоровых добровольцев [7].

При оценке функционального состояния прекапиллярных артериол кожи методом ЛДФ у лиц с ожирением различной степени без сердечно-сосудистой патологии было выявлено, что снижение функции эндотелия микрососудов на фоне увеличения вклада в перфузию пульсовых колебаний микрокровотока сопровождалось снижением общего уровня кожной перфузии. Результаты регрессионного анализа показали взаимосвязь нарушения функции эндотелия микрососудов кожи только с ИМТ [8]. В исследовании на группе здоровых нормотензивных мужчин трудоспособного возраста было продемонстрировано прогрессивное снижение уровня постокклюзионной реактивной гиперемии (ПОРГ) по мере увеличения ИМТ [9]. Прямая взаимосвязь снижения уровня ПОРГ со степенью ожирения отмечается и у подростков на доклинической стадии сердечно-сосудистых заболеваний [10]. Весьма интересными являются результаты реакции МЦР после проведения бариатрических операций у пациентов с морбидной степенью ожирения. Через 6–12 мес. после операции на фоне существенного снижения ИМТ отмечается достоверное увеличение ПОРГ [11, 12].

При оценке функционального состояния резистивных микрососудов кожи методом ФПГ на про-

	ИМТ <25 кг/м ² МЗФ	ИМТ ≥25 кг/м ² МЗФ	ИМТ <25 кг/м ² МНЗФ	ИМТ ≥25 кг/м ² МНЗФ
КМР	0	1	2	3
ОТ/ОБ	≤0,9 (муж) ≤0,85 (жен)	≤0,9 (муж) ≤0,85 (жен)	>0,9 (муж) >0,85 (жен)	>0,9 (муж) >0,85 (жен)
Мышечная масса	N	N	↓	↓↓
Жировая масса	N	↑ подкожный жир преобладает над висцеральным	↑↑	↑↑↑ висцеральный жир преобладает над подкожным
Индекс ИВО	1	↑	↑↑	↑↑↑
НОМА-IR	<2,52	<2,52	>2,52	>2,52
вчСРБ (мг/л)	<3	<3	>3	>3
Глюкоза крови (ммоль/л)	<5,6	<5,6	≥5,6	≥5,6
Триглицериды (ммоль/л)	<1,7	<1,7	≥1,7	≥1,7
ХС ЛВП (ммоль/л)	>1,04 (муж) >1,3 (жен)	>1,04 (муж) >1,3 (жен)	<1,04 (муж) <1,3 (жен)	<1,04 (муж) <1,3 (жен)
АД (мм рт.ст.)	<130/85	<130/85	≥130/85	≥130/85

Рис. 1 Адаптированная по КМР таблица фенотипов ожирения согласно национальным клиническим рекомендациям по диагностике, лечению и профилактике ожирения и ассоциированных с ним заболеваний [15]. Зеленым цветом выделены параметры, которые при анализе не учитывали. Красным цветом выделен группирующий признак (нормотензия), который также не учитывали.

Примечание: АД — артериальное давление, ИВО — индекс висцерального ожирения, ИМТ — индекс массы тела, КМР — кардио-метаболический риск, МЗФ — метаболически здоровый фенотип, МНЗФ — метаболически нездоровый фенотип, ОБ — окружность бедер, ОТ — окружность талии, вчСРБ — С-реактивный белок, определенный высокочувствительным методом, ХС ЛВП — холестерин липопротеинов высокой плотности, НОМА-IR — индекс инсулинорезистентности. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

свет сегодня применяется только метод контурного анализа пульсовой волны, которая беспрепятственно распространяется в крупные распределительные артериолы глубокого сосудистого сплетения МЦР. Имеющиеся данные демонстрируют увеличение показателя артериальной жесткости у детей с ожирением и обструктивным апноэ сна [13], а также увеличение индекса резистивности у здоровых нормотензивных мужчин трудоспособного возраста с избыточной массой тела и ожирением 1 ст. [14].

В подавляющем большинстве доступных работ исследование микроциркуляции в коже проводилось у пациентов с сопутствующими и/или взаимосвязанными с ожирением патологиями (СД, артериальная гипертензия, метаболический синдром, обструктивное апноэ сна и др.). Работы, в которых состояние МЦР при ожирении исследовалось у условно здоровых людей, носят единичный характер [8, 9]. Комплексный анализ функционального состояния различных звеньев МЦР встречается только в одной работе и только у мужчин [9].

Работы, в которых проводится оценка особенностей микрокровотока в коже в зависимости от метаболического фенотипа ожирения, в доступной литературе выявить не удалось, в связи с чем была сформулирована цель исследования — провести комплексную оценку структурно-функционального состояния всех звеньев МЦР неинвазивными методами у здоровых нормотензивных испытуемых

трудоспособного возраста в зависимости от ИМТ и метаболического фенотипа.

Материал и методы

Анализируемая группа была сформирована в рамках НИР "Сердечно-сосудистый континуум — от капилляров до сердца", в которую входили люди трудоспособного возраста (30-60 лет) без каких-либо жалоб (субъективно здоровые) и отсутствием приема любых фармпрепаратов на постоянной основе, включая оральные контрацептивы у женщин. Для исключения влияния колебания уровня половых гормонов на функциональное состояние микрососудов кожи в зависимости от фазы менструального цикла, женщинам проводили комплексное обследование в первую фазу цикла (3-9 сут. после окончания *menstris*). Исследование проводили в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (GCP) и принципами Хельсинкской декларации. Все испытуемые дали письменное согласие на участие в исследовании. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом (№ 01-01/19 от 12.02.2019г).

Все испытуемые за сутки до исследования воздерживались от интенсивной физической нагрузки, приема алкоголя и работы в ночную смену. За 6 ч до начала исследования исключался прием тонизирующих напитков (чай, кофе и др.), за 2 ч — потребление никотин-содержащей продукции. Исследование начинали натощак в 9:00-10:00 ч в следующем объеме и последовательности: 1) антропометрия (рост, масса тела, окружность талии (ОТ), окружность бедер (ОБ), расчет ИМТ по формуле Кетле); 2) сбор анамнеза и 3-кратное измерение артериального давления (АД)

аускультативным методом; 3) ВКС в положении сидя в области ногтевого ложа пальцев (безымянный или мизинец) левой кисти; 4) 4-манжеточная объемная сфигмография в положении лежа; 5) ЛДФ на левом предплечье и ногтевой фаланге среднего пальца левой кисти и ФПГ в области ногтевой фаланги указательного пальца левой кисти в положении лежа; 6) взятие венозной крови для лабораторных исследований после которого испытуемые сразу принимали 75 г глюкозы (глюкозотолерантный тест — ГТТ); 7) электрокардиография; 8) эхокардиография; 9) ультразвуковое исследование брахиоцефальных и бедренных артерий; 10) определение поток-зависимой вазодилатации в плечевой артерии по методу Целермайера с нижним наложением манжеты; 11) начало проведения суточного мониторирования АД на левой верхней конечности (20 мин — дневные часы, 40 мин — ночные часы); 12) повторное взятие венозной крови (ГТТ).

Все исследования, кроме взятия венозной крови, проводили в лаборатории с постоянно поддерживаемым микроклиматом (температура $+23 \pm 1$ °C; влажность — 40–60%). Общее время всего комплекса инструментальных и лабораторных методов исследований составляло не >4,5 ч.

Критерии включения испытуемых в анализируемую группу: 1) уровень гемоглобина >110 г/л; 2) уровень глюкозы крови <7 ммоль/л; 3) отсутствие нарушений толерантности к глюкозе по данным ГТТ; 4) активность аланинаминотрансферазы и аспаратаминотрансферазы <3 норм; 5) уровень общего холестерина (ХС) <8 ммоль/л и/или ХС липопротеинов низкой плотности $<4,9$ ммоль/л; 6) уровень С-реактивного белка, определенным высокочувствительным методом <5 мг/л; 7) скорость клубочковой фильтрации >60 мл/мин/1,73 м²; 8) сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (CAVI) <9 ; 9) лодыжечно-плечевой индекс $>0,9$; 10) индекс массы миокарда левого желудочка сердца <115 г/м² для мужчин и <95 г/м² для женщин; 11) атеросклеротическое поражение брахиоцефальных и/или бедренных артерий $<25\%$; 12) уровень АД по данным суточного мониторирования АД — среднесуточное АД $<130/80$ мм рт.ст. и/или дневное АД $<135/85$ мм рт.ст. и/или ночное АД $<120/70$ мм рт.ст.

В результате анализа базы данных НИР "Сердечно-сосудистый континуум — от капилляров до сердца" (n=683) была сформирована группа из 227 здоровых нормотензивных добровольцев (43 ± 6 лет, мужчины/женщины — 120/107), которые в научных исследованиях составляют группу контроля/сравнения.

Степень ожирения по ИМТ и метаболический фенотип определяли согласно национальным клиническим рекомендациям по диагностике, лечению и профилактике ожирения и ассоциированных с ним заболеваний от 2017г (рисунок 1) [15].

Из 10 рекомендуемых параметров метаболического фенотипа, в настоящей работе мы использовали только 6. Уровень АД был исключен изначально, как группирующий признак. Мышечную и жировую массу, определяемые биоимпедансным методом, мы не учитывали, т.к. данные параметры не входили в протокол НИР "Сердечно-сосудистый континуум — от капилляров до сердца". Индекс инсулинорезистентности (НОМА-IR — Homeostasis Model Assessment Insulin Resistance), определяемый лабораторным методом, мы также не учитывали, но проводили ГТТ.

При расчете индекса висцерального ожирения (ИВО) и анализе уровня ХС липопротеинов высокой плотности (ЛПВ), мы строго придерживались рекомендуемых гендерных нормативов. ИВО рассчитывали согласно формулам:

Мужчины — $\text{ИВО} = (\text{ОТ}/39,68 + (1,88 \times \text{ИМТ})) \times (\text{ТГ}/1,03) \times (1,31/\text{ХС ЛВП})$;

Женщины — $\text{ИВО} = (\text{ОТ}/36,58 + (1,89 \times \text{ИМТ})) \times (\text{ТГ}/0,81) \times (1,52/\text{ХС ЛВП})$,

где ТГ — триглицериды.

Структурно-функциональное состояние МЦР кожи левой верхней конечности исследовали с помощью трех методов исследования — ВКС, 2-канальной ЛДФ и ФПГ. Методика проведения данных исследований подробно изложена в ранее опубликованной работе [16].

Исследование характеристик капиллярного русла кожи проводили в положении сидя за столом методом ВКС на компьютерном капилляроскопе "Капилляроскан-1" (ООО "Новые Энергетические Технологии", Россия) в области ногтевого ложа безымянного пальца или мизинца левой кисти. Оценивали 4 параметра: 1) размер перикапиллярной зоны (ПЗ) в мкм, который отражает степень гидратации интерстициального пространства и дистанцию кровь-клетка для питательных веществ и продуктов тканевого метаболизма; 2) функциональную плотность капиллярной сети (ФПКС — кап/мм²), которая отражает количество функционирующих капилляров в состоянии покоя в термонеutralных условиях; 3) структурную плотность капиллярной сети (СПКС — кап/мм²) — общее количество имеющихся, включая нефункционирующие, капилляров; 4) коэффициент ФПКС/СПКС — отражает вовлечение капилляров в кровоток для поддержания тканевого гомеостаза кожи в термонеutralных условиях.

Исследование функционального состояния микрососудов поверхностного и глубокого сосудистых сплетений кожи проводили одномоментно в левой верхней конечности в положении лежа на кушетке на протяжении 10 мин [16].

Для оценки функционального состояния прекапиллярных артериол (<50 мкм) из поверхностного сосудистого сплетения, в которых доминирует гуморальный механизм регуляции вазомоторной активности микрососудов, применяли метод ЛДФ. Использовали 2-канальный лазерный анализатор ЛАКК-02 (НПП "ЛАЗМА", Россия) в ближней инфракрасной области спектра (длина волны 1064 нм). ЛДФ проводили в двух различных областях кожного покрова — в коже левого предплечья и волярной поверхности ногтевой фаланги среднего пальца левой кисти. Выбор данных зон обусловлен особенностями ангиоархитектоники МЦР. В коже наружной поверхности предплечья мало артериоло-венулярных анастомозов (АВА), которые залегают глубже относительно области зондирования лазерного луча, поэтому данные ЛДФ в коже предплечья, в основном, отражают нутритивную направленность кожной микроциркуляции. В коже волярной поверхности ногтевой фаланги пальцев много поверхностно расположенных АВА различного диаметра, которые попадают в зону зондирования лазерного луча. Учитывая тот факт, что величина просвета АВА регулируется исключительно симпатической адренергической системой регуляции, показатели ЛДФ в области волярной поверхности кожи пальцев отражает, в основном, шунтовую (терморегуляторную) направленность кожной перфузии.

Таблица 1

Клинико-демографическая характеристика здоровых добровольцев

Показатель, Ме [Q25; Q75]	ИМТ <25 кг/м ² (n=114)	25 ≤ ИМТ <30 кг/м ² (n=83)	30 ≤ ИМТ <35 кг/м ² (n=30)
Пол, м/ж	47/67	57/26	16/14
Возраст (годы)	43 [36; 49]	43 [38; 48]	46 [39,3; 49]
ОТ (см)	80 [72,3; 86]	93 [89; 98]*	106,5 [102; 110]*#
ОБ (см)	96 [94; 101,8]	104 [102; 108]*	113 [110,3; 119]**
САД (мм рт.ст.)	115 [110; 122]	120 [110; 130]*	126 [118; 130]*
ДАД (мм рт.ст.)	72 [70; 80]	80 [70; 80]*	80 [78; 85,5]*
ЧСС (уд./мин)	73 [68; 78,5]	72,5 [67; 79]	72,5 [70; 79,3]
Эритроциты (10 ¹² /л)	4,99 [4,8; 5,2]	4,94 [4,7; 5,2]	4,80 [4,6; 5]
Гемоглобин (г/л)	153,5 [148; 160]	153 [147; 161]	148,5 [141,2; 155,3]
Гематокрит (%)	44,4 [43,1; 46,2]	44 [42,5; 46,2]	44 [41,2; 46,2]
Лейкоциты (10 ⁹ /л)	6,4 [5,7; 7,5]	6,3 [5,4; 7,4]	5,8 [4,9; 6,3]
Тромбоциты (10 ⁹ /л)	208 [183,5; 242]	218 [190; 249,8]	215 [184,3; 248,8]
Общий ХС (ммоль/л)	5,4 [4,8; 6,1]	5,4 [4,9; 6,4]	5,1 [4,65; 6]
ХС ЛВП (ммоль/л)	1,22 [1,1; 1,4]	1,37 [1,2; 1,7]	1,37 [1,2; 1,7]
ХС ЛНП (ммоль/л)	3,47 [2,92; 4,2]	3,52 [2,8; 4,2]	3,01 [2,8; 3,8]
ТГ (ммоль/л)	1,34 [1; 1,9]	1,17 [0,9; 1,8]	1,04 [0,8; 1,2]
МК (мг/дл)	6,1 [5,5; 7,1]	6 [5,2; 6,80]	5,8 [4,9; 7,3]
Креатинин (мкмоль/л)	82 [73; 90]	83 [77; 93]	80,5 [74,8; 93,3]
Глюкоза (ммоль/л)	5,9 [5,5; 6,3]	5,88 [5,6; 6,2]	5,4 [4,9; 6]
АЛТ (ед./л)	24 [18; 33]	24,5 [17; 33]	20,5 [16; 3]
АСТ (ед./л)	21 [18; 25]	20 [17; 24,8]	20,5 [18; 25,8]
вЧСРБ (мг/л)	1,2 [0,6; 2,4]	0,95 [0,5; 2,1]	1,41 [0,7; 2,4]
Фибриноген (г/л)	3,4 [3,1; 3,8]	3,5 [3,1; 3,9]	3,3 [2,9; 3,6]

Примечание: * — $p < 0,005$ относительно ИМТ <25 кг/м²; # — $p < 0,005$ относительно 25 ≤ ИМТ <30 кг/м²; АЛТ — аланинаминотрансфераза, АСТ — аспартатаминотрансфераза, ДАД — диастолическое артериальное давление, ИМТ — индекс массы тела, м/ж — мужчины/женщины, ЛВП — липопротеины высокой плотности, ЛНП — липопротеины низкой плотности, МК — мочевая кислота, ОБ — окружность бедер, ОТ — окружность талии, САД — систолическое артериальное давление, вЧСРБ — С-реактивный белок, определенный высокочувствительным методом, ТГ — триглицериды, ХС — холестерин, ЧСС — частота сердечных сокращений, Ме [Q25; Q75] — медиана [интерквартильный размах].

По данным ЛДФ анализировали следующие параметры:

1) средний уровень перфузии (М) на протяжении 10 мин;

2) среднеквадратичное отклонение колебания перфузии (σ), которое характеризует временную изменчивость перфузии относительно среднего потока крови и отражает интенсивность функционирования всех механизмов регуляции микрокровотока;

3) усредненную по времени амплитуду вазомоторных механизмов модуляции микрокровотока по максимальным значениям (A_i) в соответствующих частотных диапазонах — эндотелиальный ($A_{\text{Э}}$) — 0,0095–0,02 Гц, нейрогенный ($A_{\text{Н}}$) — 0,021–0,052 Гц, миогенный ($A_{\text{М}}$) — 0,052–0,145 Гц, веноулярный ($A_{\text{В}}$) — 0,145–0,6 Гц, кардиальный ($A_{\text{С}}$) — 0,6–2,0 Гц;

4) перфузионную эффективность каждого регуляторного механизма (A_i/M), которую рассчитывали по формуле — $(A_i/M) \times 100\%$;

5) вазомоторную эффективность основных тонусформирующих механизмов (эндотелиального, нейрогенного, миогенного), которая отражает вклад данного механизма в суммарный тонус прекапиллярных артериол ($\sigma/A_{\text{Э}}$, $\sigma/A_{\text{Н}}$, $\sigma/A_{\text{М}}$).

Параметры М, σ , A_i , σ/A_i оценивали в условных перфузионных единицах (пф).

Для оценки вазомоторной активности крупных распределительных артериол из глубокого сосудистого сплетения кожи, где доминирует нейрогенный механизм регуляции вазомоторной активности микрососудов, использовали метод ФПГ на просвет. Исследование проводили с помощью программно-аппаратного комплекса "Ангиоскан-01" (ООО "Ангиоскан", Россия). В данном приборе в качестве источников излучения применяются светодиоды с двумя длинами волн — в красной области спектра (660 нм) и ближней инфракрасной (940 нм). Использование двух длин волн позволяет определять уровень сатурации крови (SpO_2) на основе анализа разницы поглощения света оксигенированным (940 нм) и дезоксигенированным (660 нм) гемоглобином (принцип работы стандартного пульсоксиметра).

Кроме SpO_2 по результатам контурного анализа пульсовой волны анализировали следующие гемодинамические параметры: 1) Augmentation Index (AI_{p75}) — расчетный индекс аугментации, скорректированный по частоте сердечных сокращений 75 уд./мин, который характеризует вклад давления отраженной пульсовой волны в пульсовое АД в %; 2) Stiffness Index (SI) — индекс жесткости, который отражает среднюю скорость распространения пульсовой волны по крупным эластическим сосудам в м/сек; 3) Resistive Index (RI) — индекс отражения (резистивности), который используется для оценки

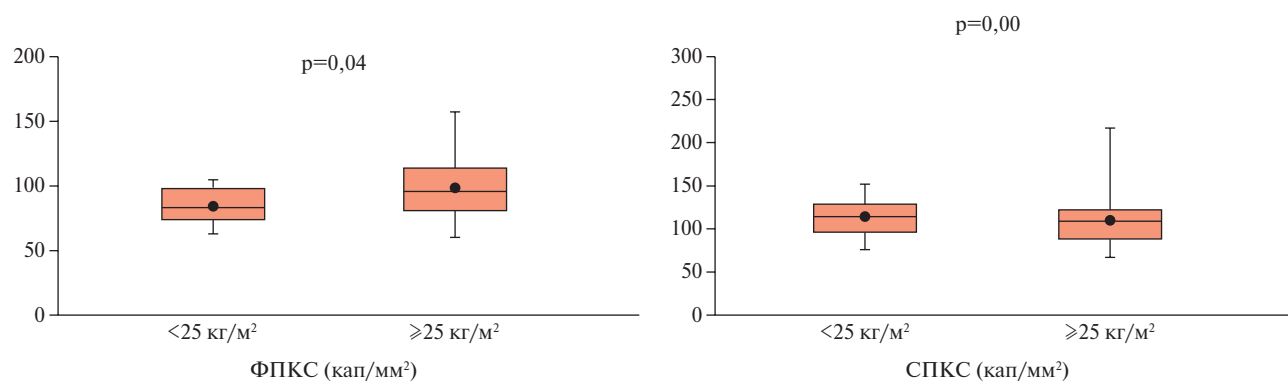


Рис. 2 Группа МЗФ. Показатели ФПКС и СПКС в 1 мм² кожи (кап/мм²) по данным ВКС в области ногтевого ложа безымянного пальца или мизинца левой кисти.

Примечание: ВКС — видеокапилляроскопия, МЗФ — метаболически здоровый фенотип, СПКС — структурная плотность капиллярной сети, ФПКС — функциональная плотность капиллярной сети; кап/мм² — капилляров/мм².

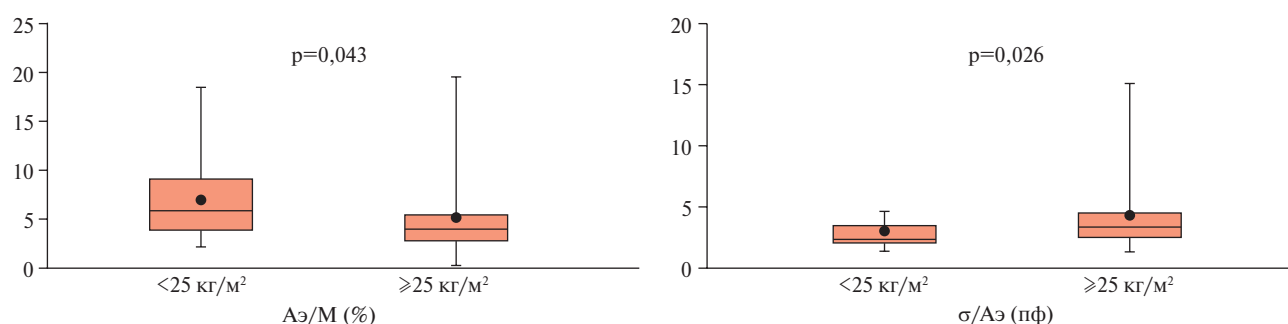


Рис. 3 Группа МЗФ. ЛДФ в коже предплечья.

Примечание: ЛДФ — лазерная доплеровская флоуметрия, МЗФ — метаболически здоровый фенотип, Аэ/М — перфузионный вклад эндотелиального механизма регуляции микрокровотока в %, σ/Аэ — вклад эндотелиального механизма в суммарный тонус прекапиллярных артериол в пф.

вклада отраженного компонента в пульсовую волну и характеризует тонус гладкомышечных клеток резистивных артериоларных микрососудов в %.

Статистический анализ. Статистическую обработку выполняли с помощью программы Statistica 10.0 ("Stat-Soft Inc.", США). Для оценки вида распределения признака использовали критерий Шапиро-Уилка. Исходя из данного критерия, для определения различий показателей между группами использовали критерий Манна-Уитни. Различия считали достоверными при значениях $p < 0.05$.

Результаты

По величине ИМТ здоровые нормотензивные добровольцы распределилась следующим образом — нормальный ИМТ (18,5-24,99 кг/м²) выявлен у 114 (50%) человек, избыточная масса тела (25-29,99 кг/м²) — у 83 (37%) испытуемых, ожирение 1 ст. (ИМТ 30-34,99 кг/м²) — у 30 (13%) человек. Лица с ожирением ≥2 ст. среди здоровых нормотензивных испытуемых в базе НИР выявлены не были. Клинико-демографические характеристики вошедших в исследование испытуемых приведены в таблице 1. Из всех приведенных параметров статистически значимые различия между группами лиц,

различающихся по ИМТ, выявляются только по показателям офисного АД и окружности талии и бедер.

Учитывая малое количество людей с 1 ст. ожирения, испытуемые были разделены на две равные группы. Первую группу составили 114 испытуемых с нормальным ИМТ (<25 кг/м²), вторую 113 человек с избыточной массой тела и ожирением 1 ст. (25 кг/м² ≥ ИМТ <35 кг/м²). При анализе показателей структурно-функционального состояния микрососудистого русла кожи по данным ВКС, ЛДФ и ФПГ достоверных различий выявлено не было ни по одному из анализируемых параметров.

На втором этапе все испытуемые были разделены на 2 группы по метаболическому фенотипу — метаболически здоровый фенотип (МЗФ) и метаболически нездоровый фенотип (МНЗФ). Критерием отнесения участника в группу МНЗФ было наличие ≥2 из 6 анализируемых признаков, согласно национальным клиническим рекомендациям (рисунок 1) [15]. И здесь мы получили несколько неожиданный результат — группу МЗФ составили всего 53 человека, что составляет менее четверти (23%) от всех здоровых нормотензивных добровольцев, а 174 человека (77%) имели МНЗФ.

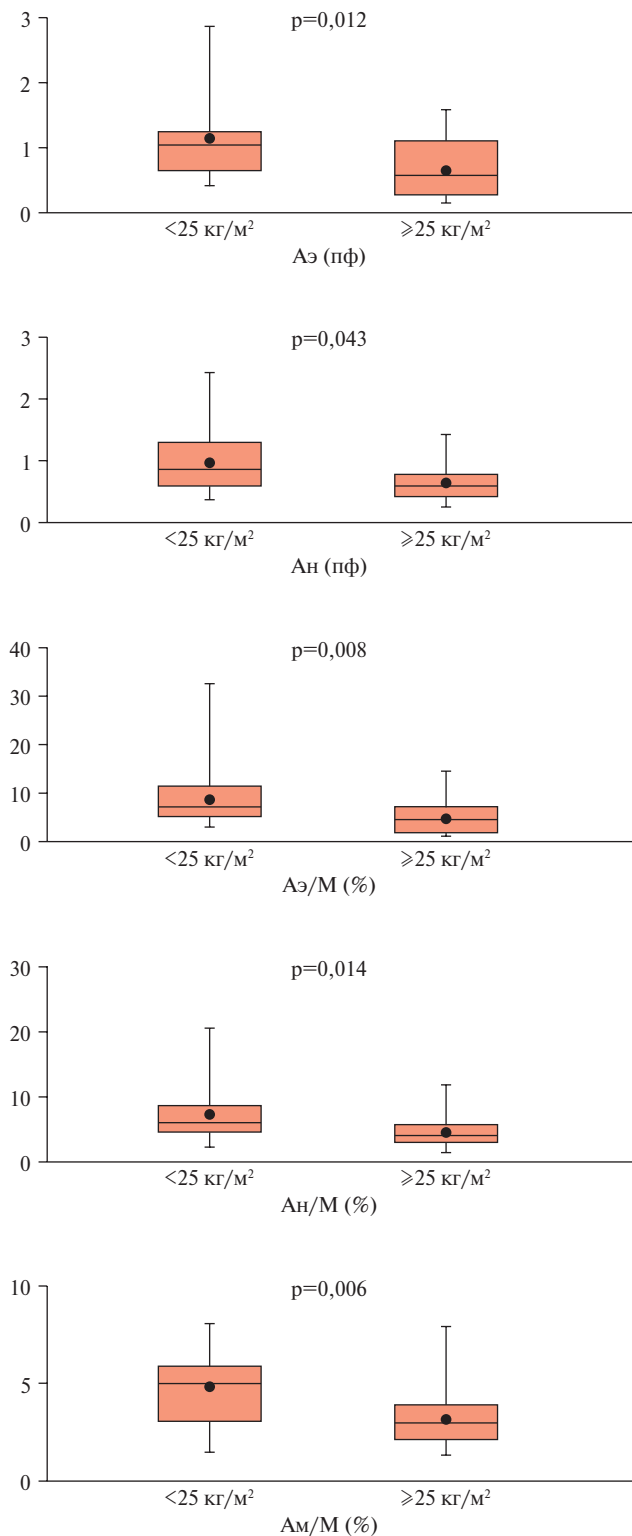


Рис. 4 Группа МЗФ. ЛДФ в области волярной поверхности ногтевой фаланги среднего пальца левой кисти.

Примечание: ЛДФ — лазерная доплеровская флоуметрия, МЗФ — метаболически здоровый фенотип, Аэ — усредненная по времени амплитуда эндотелиальных вазомоций в пф, Ан — усредненная по времени амплитуда нейрогенных вазомоций в пф, Аэ/М — перфузионный вклад эндотелиального механизма регуляции в %, Ан/М — перфузионный вклад нейрогенного механизма регуляции в %, Ам/М — перфузионный вклад миогенного механизма регуляции микрокровотока в %.

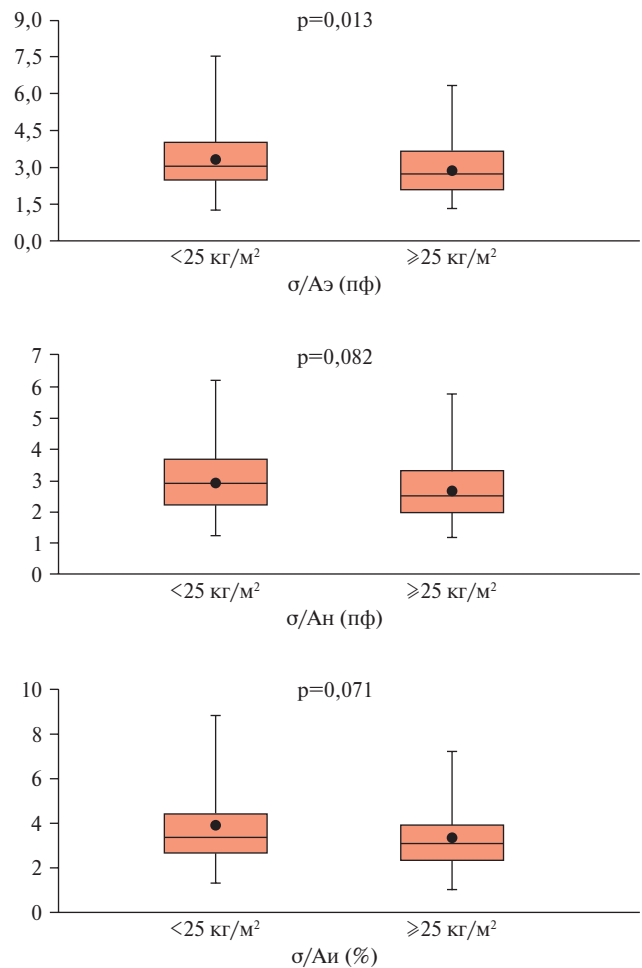


Рис. 5 Группа МНЗФ. ЛДФ в коже предплечья.

Примечание: ЛДФ — лазерная доплеровская флоуметрия, МНЗФ — метаболически нездоровый фенотип, σ/Аэ — вклад эндотелиального механизма в суммарный тонус прекапиллярных артериол в пф, σ/Ан — вклад нейрогенного механизма регуляции в суммарный тонус прекапиллярных артериол в пф, σ/Ам — вклад миогенного механизма в суммарный тонус прекапиллярных артериол в пф.

В дальнейшем каждую группу метаболического фенотипа (МЗФ и МНЗФ) анализировали отдельно, исходя из показателей ИМТ (<25 кг/м² и ≥25 кг/м²). При распределении участников по величине ИМТ в группе МЗФ с нормальным весом было 24 (45%) человека и 29 (55%) с избыточной массой тела и ожирением 1 ст.

По данным ВКС у лиц с избыточным весом и ожирением 1 ст. отмечаются более высокие значения ФПКС и СПКС (рисунок 2).

Функциональное состояние прекапиллярных артериол в коже предплечья по данным ЛДФ продемонстрировало признаки вазомоторной дисфункции эндотелия микрососудов в группе испытуемых с повышенным ИМТ, которая выражается в более низких значениях перфузионного вклада эндотелиального механизма регуляции (Аэ/М) и в более высоком значении его вклада в суммарный тонус

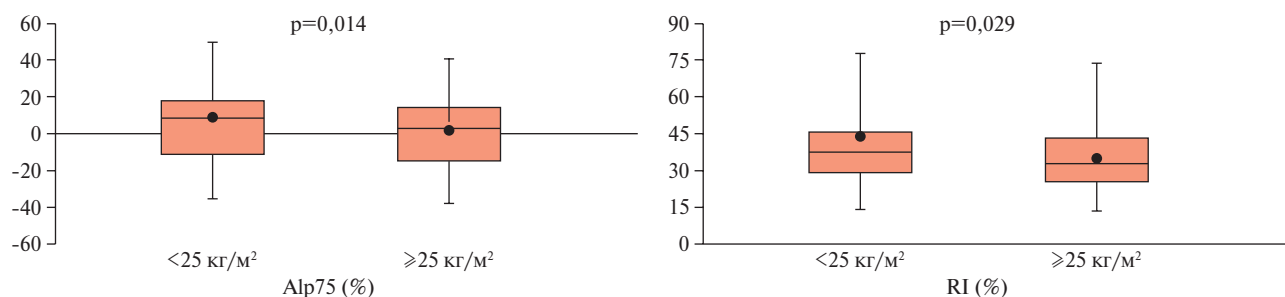


Рис. 6 Группа МНЗФ. Данные ФПГ в ногтевой фаланге указательного пальца левой кисти.

Примечание: МНЗФ — метаболически нездоровый фенотип, ФПГ — фотоплетизмография, Alp75 — индекс аугментации, скорректированный по частоте сердечных сокращений в %, RI — индекс резистивности в %.

прекапиллярных артериол (σ/A_e) относительно лиц с нормальным ИМТ (рисунок 3).

По данным ЛДФ в коже пальца (рисунок 4) в группе с избыточной массой тела и ожирением 1 ст. отмечается достоверное снижение амплитуды (A_i) эндотелиальных и нейрогенных вазомоций со снижением вклада в общий уровень кожной перфузии (A_i/M) всех трех тонус-формирующих механизмов (эндотелиального, нейрогенного и миогенного).

По данным ФПГ у испытуемых с МЗФ достоверных различий между группами по ИМТ ни по одному из анализируемых параметров выявлено не было.

В группе испытуемых с МНЗФ распределение по ИМТ выглядело следующим образом — 90 (52%) человек имели нормальную массу тела, а 84 (48%) — избыточную или ожирение 1 ст.

По данным анализа ВКС между группами достоверных различий не выявлено. По данным ЛДФ в коже предплечья отмечается снижение вклада всех трех тонус-формирующих механизмов модуляции микрокровотока в суммарный тонус прекапиллярных артериол (σ/A_i) у лиц с избыточной массой тела и ожирением (рисунок 5). Вклад нейрогенного и миогенного механизмов регуляции не достиг заданных статистически значимых значений, но полученные результаты указывают на наличие тренда к меньшему их вкладу в формирование суммарного тонуса прекапиллярных артериол (снижение тонуса), чем в группе с нормальным значением ИМТ. По данным ЛДФ в коже пальца достоверных различий между группами выявлено не было.

По данным ФПГ лица с избыточной массой и ожирением 1 ст. имеют статистически значимо более низкие значения Alp75 и RI (рисунок 6) и более высокие ($p=0,012$) значения SpO_2 (95,6 и 94,9%, соответственно).

Обсуждение

Полученные нами результаты указывают на то, что у лиц без метаболических нарушений отмечается вполне логичная закономерность — чем выше ИМТ, тем хуже функциональное состояние резистивных

микрососудов кожи, за исключением обменного (капиллярного) русла. Примечательно, что в группе здоровых нормотензивных испытуемых с МНЗФ выявленные различия носят противоположный и, с позиции микрогемодинамических процессов, парадоксальный характер — чем выше ИМТ, тем функциональное состояние резистивных микрососудов кожи лучше.

Чем можно объяснить такие различия в структурно-функциональном состоянии МЦР? Теоретически можно провести параллель с таким феноменом, как "Парадокс ожирения" (ПО), который сегодня широко обсуждается научным сообществом [17]. Суть ПО заключается в том, что лица, страдающие несколькими хроническими заболеваниями на фоне повышенного ИМТ, имеют более благоприятный прогноз выздоровления относительно лиц с нормальным или сниженным ИМТ [18]. Попытка объяснить феномен ПО привела к появлению концепции "липопротекции", в основе которой лежат различные молекулярные механизмы позитивного влияния умеренных стадий ожирения (секреция противовоспалительных адипокинов, накопление и утилизация липофильных соединений, продукция циркулирующих прогениторных клеток, более низкий уровень тромбосана A_2 , более высокая чувствительность к грелину и др.) [19]. Но параллель с ПО выявляется не только у "возрастных" коморбидных пациентов, но и у лиц молодого возраста. В работе Евсеевой М. Е. и др. (2024) на большой группе молодых ($21,4 \pm 1,3$ лет) условно здоровых испытуемых по данным 4-манжеточной объемной сфигмографии было показано, что лица с повышенным ИМТ имеют более низкие значения сердечно-лодыжечного сосудистого индекса (CAVI), что указывает на более низкие значения сосудистой жесткости при повышении ИМТ [20].

При обсуждении ПО многие эксперты указывают на то, что ИМТ представляет собой неточный и ненадежный антропометрический биомаркер, который не учитывает таких важных показателей, как относительное количество жировой ткани, со-

стояние питания, тренированность сердечно-сосудистой системы, распределение жира в организме и др., которые могут оказывать существенное влияние на риск развития осложнений сердечно-сосудистых заболеваний и смерти [21].

В настоящем исследовании данные параметры не учитывали, включая соотношение мышечной и жировой массы тела и их распределения (подкожный или висцеральный), которые можно выявить с помощью биоимпедансного метода исследования, что можно отнести к ограничениям данной работы. Основной акцент нами был сделан на ИМТ, как основном биомаркере нарушений микроциркуляторных процессов на ранних стадиях развития ожирения у здоровых лиц трудоспособного возраста, который продемонстрировал весьма неоднозначные результаты и зависимость от метаболического статуса испытуемых.

Заключение

При анализе структурно-функционального состояния трех звеньев микрососудистого русла кожи неинвазивными методами у здоровых нормотензивных лиц трудоспособного возраста, которые во всех научных исследованиях составляют группу контроля/сравнения, исходя из параметра ИМТ, никаких различий между лицами с нормальным и повышенным ИМТ обнаружено не было.

Различия по ИМТ выявляются только при разделении испытуемых на группы по метаболическому статусу. В группе испытуемых с МЗФ выявлены

ожидаемые/логичные различия в системе МЦР, которые проявляются нарушением функции эндотелиального и нейрогенного механизмов регуляции микрососудов на уровне прекапиллярных артериол кожи у лиц с повышенным ИМТ. Выявленные нарушения приводят к повышению вклада данных механизмов в суммарный тонус резистивных прекапиллярных артериол на фоне снижения их вклада в тканевую перфузию.

В группе с МНЗФ выявлена противоположная картина. Пациенты с повышенным ИМТ имеют более низкие значения тонуса регуляторных механизмов микрососудов в прекапиллярных артериолах, более низкие значения периферического сопротивления на уровне крупных распределительных артериол и более высокие показатели эластичности магистральных сосудов мышечного типа относительно лиц с нормальным ИМТ.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что ИМТ, как биомаркер нарушения микроциркуляции в коже, проявляется только у лиц с МЗФ ожирения. У нормотензивных людей с МНЗФ ожирения отмечается противоположная ситуация, что диктует необходимость дальнейших исследований в данном направлении.

Отношения и деятельность. Работа выполнена в рамках инициативной научно-исследовательской работы (НИР) по результатам материалов государственного задания Минздрава России № АААА-А18-118042890137-6, 2018-2020гг.

Литература/References

1. Zelinsky BA, Sokur SA. Pathophysiology of the microcirculatory bed in obesity. *Problems of Endocrinology*. 1995;41(4):21-3. (In Russ.) Зелинский Б.А., Сокур С.А. Патопфизиология микроциркуляторного русла при ожирении. *Проблемы Эндокринологии*. 1995;41(4):21-3. doi:10.14341/probl11458.
2. 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;109(21):2529-35. doi:10.1161/01.CIR.0000129772.26647.6F.15136505.
3. Fedorovich AA, Korolev AI, Ososkov VS, et al. New trends in the development of the direction of non-invasive study of microcirculation in human skin. Descriptive review. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2025;24(6):4412. (In Russ.) 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;24(6):4412. doi:10.15829/1728-8800-2025-4412.
4. Shikama M, Sonoda N, Morimoto A, et al. Association of abdominal obesity with crossing capillaries in the finger nailfold in type 2 diabetes mellitus. *Diabetol Int*. 2021;12(3):260-7. doi:10.1007/s13340-020-00480-4.
5. Shikama M, Suga S, Tajima T, et al. Association between maximum lifetime body mass index and nailfold capillary changes in patients with type 2 diabetes mellitus. *Cureus*. 2024;16(12):e75411. doi:10.7759/cureus.75411.
6. Bogusz-Górna K, Polańska A, Dańczak-Pazdrowska A, et al. Non-invasive detection of early microvascular changes in juveniles with type 1 diabetes. *Cardiovasc Diabetol*. 2023;22(1):285. doi:10.1186/s12933-023-02031-y.
7. Kraemer-Aguilar LG, Laflor CM, Bouskela E. Skin microcirculatory dysfunction is already present in normoglycemic subjects with metabolic syndrome. *Metabolism*. 2008;57(12):1740-6. doi:10.1016/j.metabol.2008.07.034.
8. Andreieva IO, Riznyk OI, Myrnyi SP, Surmylo NN. State of cutaneous microcirculation in patients with obesity. *Wiad Lek*. 2021;74(9cz1):2039-43. doi:10.36740/WLek202109103.
9. Korolev AI, Fedorovich AA, Gorshkov AYU, et al. Skin microvascular change in men with normal arterial pressure depending on body mass index. *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2020;23(5):144-51. (In Russ.) Королев А.И., Федорович А.А., Горшков А.Ю. и др. Особенности микроциркуляции в коже в зависимости от индекса массы тела у мужчин с нормальным артериальным давлением. *Профилактическая медицина*. 2020;23(5):144-51. doi:10.17116/profmed202023051144.
10. 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;30(2):306-12. doi:10.1016/j.numecd.2019.09.007.

11. Ministrini S, Fattori C, Ricci MA, et al. Microcirculatory improvement induced by laparoscopic sleeve gastrectomy is related to insulin sensitivity retrieval. *Obes Surg.* 2018;28(10):3151-8. doi:10.1007/s11695-018-3290-0.
12. Gryglewska B, Głuszeńska A, Zarzycki B, et al. Post-occlusive reactive hyperemic response of skin microcirculation among extremely obese patients in the short and long term after bariatric surgery. *Microcirculation.* 2020;27(3):e12600. doi:10.1111/micc.12600.
13. Walter LM, Tamanyan K, Limawan AP, et al. Overweight and obese children with sleep disordered breathing have elevated arterial stiffness. *Sleep Med.* 2018;48:187-93. doi:10.1016/j.sleep.2018.05.007.
14. Dadaeva VA, Korolev AI, Fedorovich AA, et al. The condition of the vascular wall in overweight and obese men. *The Russian Journal of Preventive Medicine.* 2021;24(6):85-9. (In Russ.) Дадаева В. А., Королев А. И., Федорович А. А. и др. Состояние сосудистой стенки у мужчин с избыточной массой тела и ожирением. *Профилактическая медицина.* 2021;24(6):85-9. doi:10.17116/profmed20212406185.
15. Shlyakhto EV, Nedogoda SV, Konradi AO, et al. The concept of novel national clinical guidelines on obesity. *Russian Journal of Cardiology.* 2016;(4):7-13. (In Russ.) Шляхто Е. В., Недогода С. В., Конради А. О. и др. Концепция новых национальных клинических рекомендаций по ожирению. *Российский кардиологический журнал.* 2016;(4):7-13. doi:10.15829/1560-4071-2016-4-7-13.
16. Omelyanenko KV, Gorshkov AYU, Fedorovich AA, et al. Sex features of cutaneous microvasculature in healthy working-age people. *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2021;20(8):3111. (In Russ.) Омеляненко К. В., Горшков А. Ю., Федорович А. А. и др. Гендерные особенности микроциркуляторного русла кожи у здоровых лиц трудоспособного возраста. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2021;20(8):3111. doi:10.15829/1728-8800-2021-3111.
17. Romantsova TI, Ostrovskaya EV. Metabolically healthy obesity: definitions, protective factors, clinical relevance. *Almanac of Clinical Medicine.* 2015;(S1):75-86. (In Russ.) Романцова Т. И., Островская Е. В. Метаболически здоровое ожирение: дефиниции, протективные факторы, клиническая значимость. *Альманах клинической медицины.* 2015;(S1):75-86.
18. Fursov RA, Ospanov OB. The obesity paradox: new facts as an example of reverse epidemiology. *Rusmed Journal.* 2019;3(1-1):16-20. (In Russ.) Фурсов Р. А., Оспанов О. Б. Парадокс ожирения: новые факты как пример обратной эпидемиологии. *РМЖ. Медицинское обозрение.* 2019;3(1-1):16-20.
19. Zaikina MP, Kapustina VA, Savel'ev SI. Obesity paradox in patients with cardiovascular diseases and diabetes mellitus type 2 (analytical review). *Health care of the Russian Federation.* 2021;65(2):135-42. (In Russ.) Заикина М. П., Капустина В. А., Савельев С. И. Парадокс ожирения при сердечно-сосудистых заболеваниях и сахарном диабете (аналитический обзор). *Здравоохранение Российской Федерации.* 2021;65(2):135-42. doi:10.47470/0044-197X-2021-65-2-135-142.
20. Evseeva ME, Sergeeva OV, Rusidi AV, et al. Youth obesity paradox from the perspective of vascular stiffness, blood pressure and metabolic status. *Russian Journal of Cardiology.* 2024;29(5):5739. (In Russ.) Евсеева М. Е., Сергеева О. В., Русиди А. В. и др. Молодежный "парадокс ожирения" с позиций сосудистой жесткости, уровня артериального давления и метаболического статуса. *Российский кардиологический журнал.* 2024;29(5):5739. doi:10.15829/1560-4071-2024-5739. EDN: BIOOTS.
21. Svarovskaya AV, Garganeeva AA. Anthropometric obesity indices and cardiometabolic risk: is there an association? *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2021;20(4):2746. (In Russ.) Сваровская А. В., Гарганеева А. А. Антропометрические индексы ожирения и кардиометаболический риск: есть ли связь? *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2021;20(4):2746. doi:10.15829/1728-8800-2021-2746.