

Якушин М. А.

## ЦИФРОВОЕ ФЕНОТИПИРОВАНИЕ СТАРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н. А. Семашко» Минобрнауки России, 105064, г. Москва

Представлены материалы оригинального исследования по цифровому фенотипированию старения с использованием развернутого спектра системной гемодинамики путем установления корреляций с трендами биологического возраста. Повышение биологического возраста по отношению к фактическому возрасту рассматривалось как признак ускоренного старения, обратное соотношение — как проявление замедленного старения. Подтверждена связь ускоренного старения с повышением ключевых гемодинамических показателей — систолического, пульсового и среднего артериального давления. Получены данные относительно высокой диагностической ценности бокового артериального давления в качестве маркера ускоренного старения. Полученные данные позволяют предположить, что риск ускоренного старения ассоциирован не только с высокими, но и с низкими значениями сердечного индекса, формируя U-образную зависимость. Обнаружена прямая связь между ускоренным старением и снижением эффективности работы сердца, а также обратная зависимость между темпами биологического старения и функциональным резервом миокарда. Установлено, что ускоренное старение ассоциировано со значимым снижением расхода энергии сердца. Зафиксирована абсолютная корреляция ускоренного старения с повышенным общим периферическим сопротивлением сосудов. Пониженное значение этого показателя, напротив, наблюдалось при замедленном старении. Выявленные закономерности могут быть использованы для мониторинга и коррекции оптимального режима функционирования.

**Ключевые слова:** цифровое фенотипирование; артериальное давление; системная гемодинамика; ускоренное старение; замедленное старение; биологический возраст.

**Для цитирования:** Якушин М. А. Цифровое фенотипирование старения с использованием гемодинамических параметров. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2026;34(2):219—226. DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2026-34-2-219-226>

**Для корреспонденции:** Якушин Михаил Александрович, д-р мед. наук, доцент, главный научный сотрудник ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н. А. Семашко» Минобрнауки России, e-mail: [yakushinma@mail.ru](mailto:yakushinma@mail.ru)

Yakushin M. A.

## THE DIGITAL PHENOTYPING OF AGING WITH APPLICATION OF HEMODYNAMIC PARAMETERS

N. A. Semashko National Research Institute of Public Health, 105064, Moscow, Russia

The article presents materials of the original study on digital phenotyping of aging using expanded range of systemic hemodynamic parameters by establishing correlation with trends of biological age. The increasing of biological age with respect to actual age was considered as sign of accelerated aging. The opposite ratio was considered as manifestation of slowed aging.

The relationship of accelerated aging with increasing of such key hemodynamic indicators as systolic, pulse and mean arterial pressure is confirmed. The data regarding relatively high diagnostic value of lateral arterial pressure as marker of accelerated aging were obtained.

The obtained data permit to suppose that risk of accelerated aging is associated not only with high values of cardiac index but also with low ones, forming U-shaped dependence. The direct relationship between accelerated aging and decreasing of efficiency of heart functioning was established. Also inverse relationship between rate of biological aging and functional reserve of myocardium were detected.

It is established that accelerated aging is associated with significant decreasing of heart energy capacity. The absolute correlation between accelerated aging and increased total peripheral vascular resistance was fixed. on the contrary, decreased value of this indicator was observed during slowed aging.

The established regularities can be applied to monitor and to adjust optimal regimen of functioning.

**Keywords:** digital phenotyping; arterial pressure; systemic hemodynamic; accelerated aging; slowed aging; biological age.

**For citation:** Yakushin M. A. The digital phenotyping of aging with application of hemodynamic parameters. *Problemi socialnoi gigieni, zdravookhraneniya i istorii meditsini*. 2026;34(2):219–226 (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2026-34-2-219-226>

**For correspondence:** Yakushin M. A., doctor of medical sciences, associate professor, the Chief Researcher of the Federal State Budget Scientific Institution “The N. A. Semashko National Research Institute of Public Health” of the Minobrnauka of Russia. e-mail: [yakushinma@mail.ru](mailto:yakushinma@mail.ru)

The study had no sponsorship.

**Conflict of interests.** The author declares absence of conflict of interests.

**Acknowledgment.** The study had no sponsor support.

Received 11.10.2025  
Accepted 12.01.2026

### Введение

Население планеты стремительно стареет: к 2030 г. доля людей от 60 лет и старше достигнет  $\frac{1}{6}$  части населения, увеличившись до 1,4 млрд. Про-

гнозы на 2050 г. еще более внушительны: число пожилых людей удвоится (2,1 млрд), а самая старшая возрастная группа (80+) утроит свою численность, достигнув 426 млн<sup>1</sup>. В ответ на этот вызов Органи-

зация Объединенных Наций инициировала глобальную инициативу «Десятилетие здорового старения», создав платформу для консолидации усилий международного сообщества. Среди предлагаемых инновационных подходов — метод цифрового фенотипирования старения (ЦФС).

ЦФС представляет собой методологию определения темпов старения человека, группы людей или популяции путем мониторинга ключевых биологических маркеров, отражающих процессы возрастной дегенерации. К таким маркерам относятся оцифрованные предикторы возрастзависимых заболеваний, коррелирующие с ускоренным или замедленным старением, например повышенное артериальное давление (АД) или низкий уровень оксигенации тканей [1].

Всплеск интереса к ЦФС вызван развитием искусственного интеллекта (ИИ) и так называемых носимых технологий, основанных на анализе показателей датчиков, встроенных в одежду, аксессуаров и предметы обихода. Подобный порядок тестирования позволяет отслеживать множество показателей здоровья в режиме перманентного мониторинга, даже во сне. Наряду с данными со смартфонов о перемещениях и активности человека они формируют его цифровой портрет, отражающий физическое состояние и стереотипы поведения. Специфика и динамика этих показателей позволяют оценить темпы возрастных изменений. Так, нарушение режима сна провоцирует ускоренное старение, а сужение круга интересов и социальной активности указывает на возможный когнитивный дефицит — едва ли не самый частый атрибут старения. ИИ позволяет обработать обширный поток информации, уточнить индивидуальные нормы ключевых параметров организма и разработать персональные рекомендации для их поддержания [1, 2].

Общепринятым критерием темпов старения является динамика биологического возраста (БВ) — интегрального показателя, отражающего степень амортизации тканей и органов. Стабильное превышение БВ над хронологическим (фактическим, паспортным) возрастом указывает на ускоренное (преждевременное) старение, соответствие БВ паспортному возрасту или отставание от него отражает благоприятную динамику старения [3, 4].

Не менее важную роль в оценке темпов старения играют физиологические показатели работы мозга, сердца и эндокринной системы, которые наиболее подвержены возрастной дегенерации. Стойкое повышение АД — доказанный фактор риска сокращения продолжительности жизни [5]. Не менее чувствительными индикаторами являются высокое пульсовое и среднее АД, которые ассоциируются с артериальной гипертензией (АГ) [6, 7].

Многочисленные исследования подтверждают влияние на темпы старения эластичности сосудистой стенки [8, 9]. При ее снижении сосуды теряют

способность эффективно амортизировать ударную волну от сердечного выброса [10]. Это приводит к резким перепадам системного АД, что способствует формированию гипертрофии левого желудочка, снижению насосной функции сердца и формированию сердечной недостаточности — ведущей причины смертности в пожилом возрасте [11].

Целью настоящего исследования стало определение корреляций между показателями системной гемодинамики (СГД) и темпами старения организма.

### Материалы и методы

В observational поперечном (cross-sectional) исследовании приняли участие 905 пациентов (395 мужчин, 510 женщин) в возрасте 1—89 лет, наблюдавшихся у терапевта (педиатра) в 2024—2025 гг. с неинфекционными и неонкологическими заболеваниями. Когорта была сформирована на базе двух клиник: ГБУЗ МО «Московский областной госпиталь для ветеранов войн» (Московская область) и клиники New time medical в Москве.

У всех пациентов определяли расширенный спектр показателей СГД: систолическое (АД<sub>сис</sub>) и диастолическое (АД<sub>диаст</sub>) артериальное давление, сердечный индекс (СИ), частота сердечных сокращений (ЧСС) и общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС), которые в совокупности формируют системное АД. Эти маркеры более чувствительны к патологическим изменениям СГД, их сдвиги наблюдаются задолго до стойкого повышения АД [12]. Дополнительно исследовали пульсовое артериальное давление (АД<sub>п</sub>), боковое артериальное давление (АД<sub>б</sub>), среднее артериальное давление (СрАД), ударное артериальное давление (АД<sub>у</sub>), ударный объем сердца (УО), сердечный выброс (СВ), расход энергии сердца (РЭ), скорость пульсовой волны (СПВ), податливость сосудистой системы (ПСС), скорость пульсового артериального давления (СкПАД), а также ЧСС, СИ и ОПСС. Замеры производили неинвазивным методом компрессионной осциллометрии на отечественном приборе КАП ЦГ-осм «ГЛОБУС» (ООО «Глобус», РУ№ РЗН2017/6582 от 15.12.2017; далее — Прибор).

Критерием темпов старения служили БВ пациента и его динамика. Расчет БВ осуществляли автоматически с помощью Прибора по методике А. А. Горелкина с применением формулы:

$$БВ = 0,4 \times \frac{ИК + 0,78 \times ИПСС}{1000} - 79,4,$$

где ИК (л/мин/м<sup>2</sup>) — индекс кровообращения (минутный объем крови, отнесенный к площади поверхности тела), ИПСС (дин×с/см<sup>-5</sup>/м<sup>2</sup>) — индекс периферического сопротивления сосудов; характеризует тонус и эластичность артериол, рассчитывается по формуле:

$$ИПСС = \frac{СрАД \times 79\,980}{ИК},$$

где СрАД в мм рт. ст. [13].

<sup>1</sup> Документальный центр ВОЗ. Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>

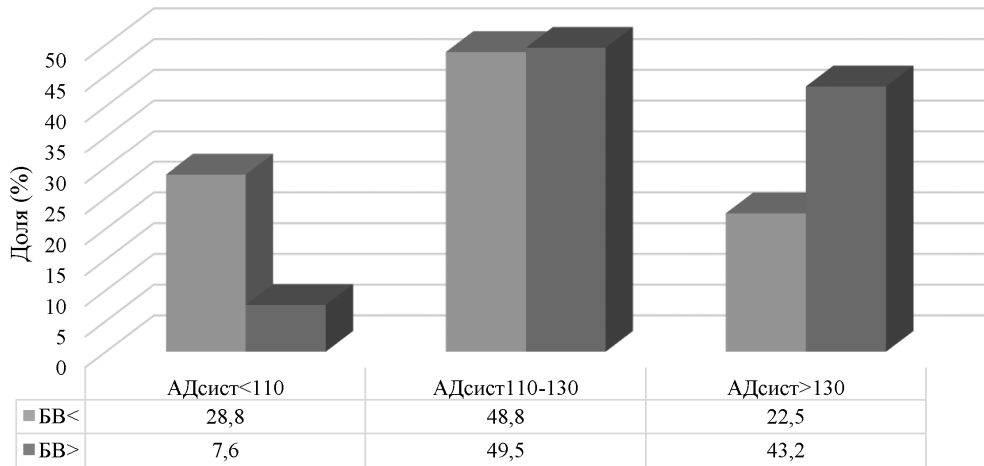


Рис. 1. Соотношение БВ и АД сист.

Ускоренное старение констатировалось при опережении БВ его фактического значения (ФВ) — БВ > ФВ. Обратная ситуация (БВ < ФВ) расценивалась как позитивный тренд старения.

### Результаты исследования

Полученные результаты подтвердили связь ускоренного старения с повышением ключевых гемодинамических показателей — АД сист, АДп и СрАД. Так, среди лиц с опережающим биологическим возрастом (БВ > ФВ) чаще наблюдалась АГ, тогда как в группе с отстающим трендом БВ (БВ < ФВ) превалировало нормальное или низкое АД ( $p < 0,001$ ; рис. 1).

Связь между негативным трендом биологического возраста (БВ > ФВ) и повышенным АД сист носила возрастзависимый характер: корреляция с систолической гипертензией наблюдалась у лиц старше 45 лет. В то же время в более молодой возрастной группе опережение БВ относительно ФВ регистрировалось даже при нормальных значениях АД сист (рис. 2). Таким образом, по нашим данным, ассоциация ускоренного старения с АГ характерна для среднего, пожилого и старческого возраста.

Аналогичная закономерность зафиксирована и в отношении АДп: между группами с противоположными трендами БВ существовали статистически значимые различия ( $p < 0,001$ ) в распределении значений АДп (рис. 3).

Распределение уровней АДп в группах было полярно противоположным. В группе с позитивным трендом БВ (БВ < ФВ) преобладало пониженное АДп (45,9%), в то время как повышенное значение определялось лишь у 12,4% участников исследования. Напротив, в группе с негативным трендом (БВ > ФВ) наиболее часто регистрировалось повышенное АДп (41,3%), а доля пониженного давления была минимальной (14,5%).

В старших возрастных группах (60+) выявлена стопроцентная ассоциация с повышенным АДп, что дает основание рассматривать данный показатель в качестве достоверного маркера ускоренного старения (рис. 4).

У пациентов с БВ, превышающим фактический (БВ > ФВ), преобладало повышенное СрАД (рис. 5). Напротив, в группе с позитивным трендом (БВ < ФВ) значения СрАД находились преимуще-

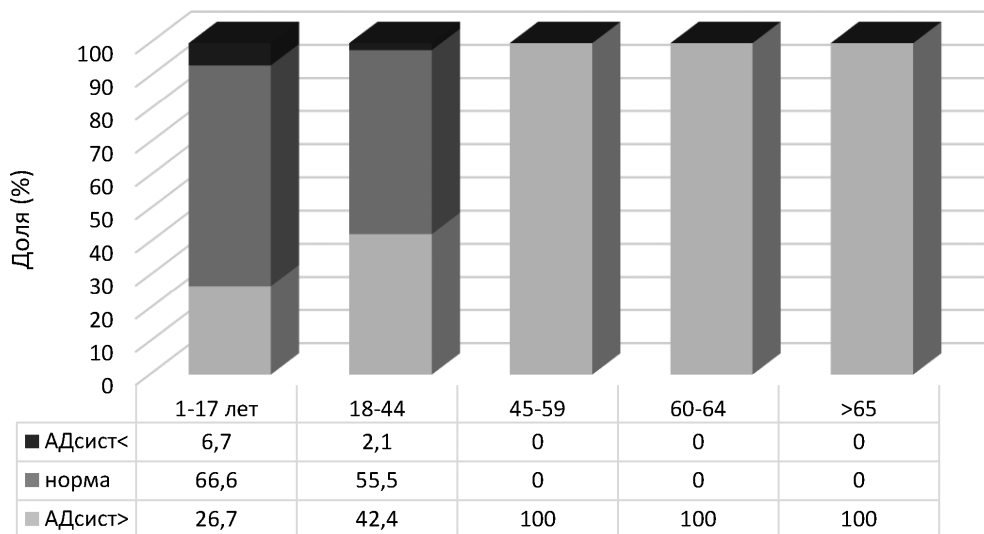


Рис. 2. Возрастная динамика АД сист у пациентов с повышенным БВ.

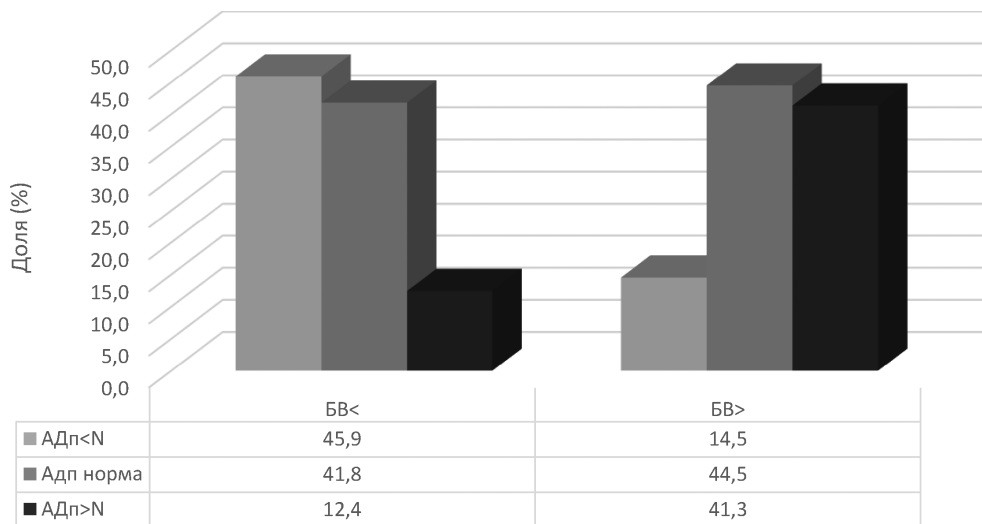


Рис. 3. Корреляция БВ и АДп.

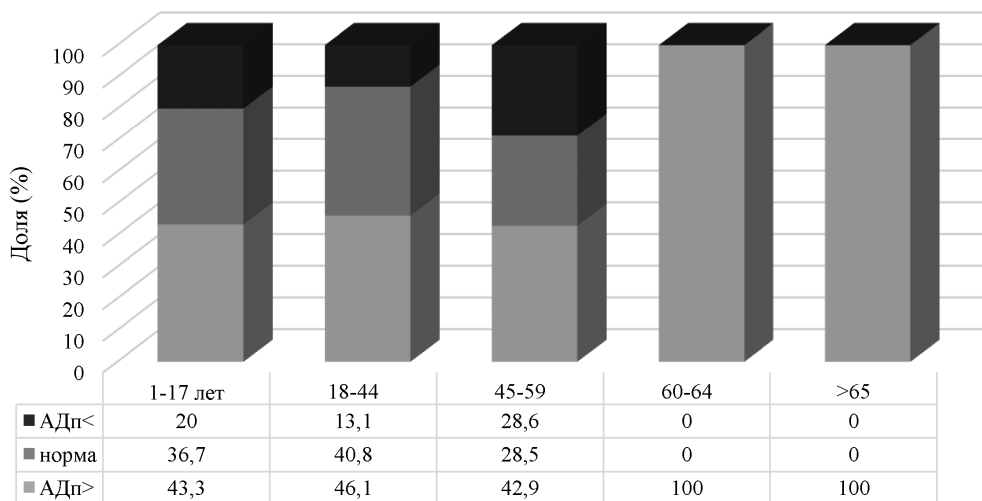


Рис. 4. Возрастная динамика АДп у пациентов с повышенным БВ.

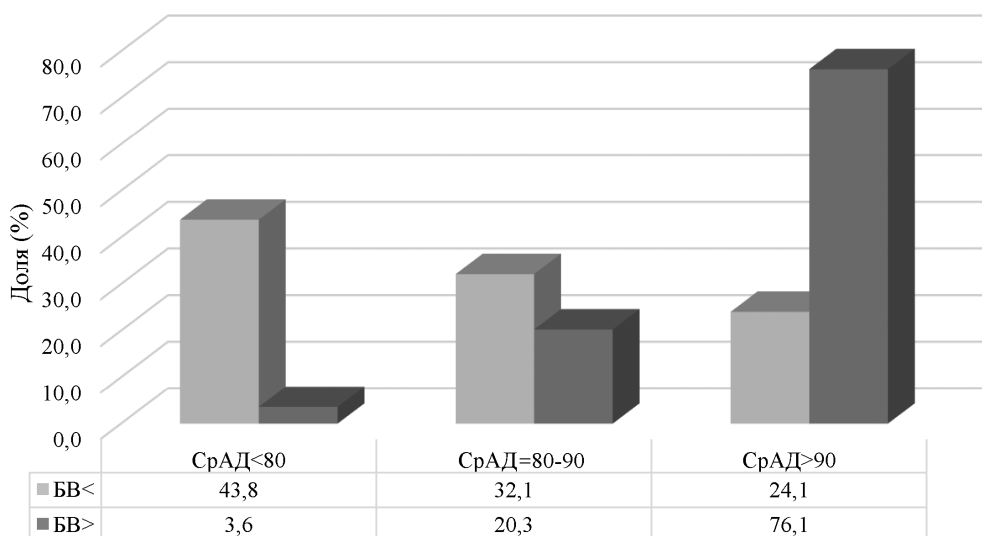


Рис. 5. Соотношение БВ и СрАД.

Здоровье и общество

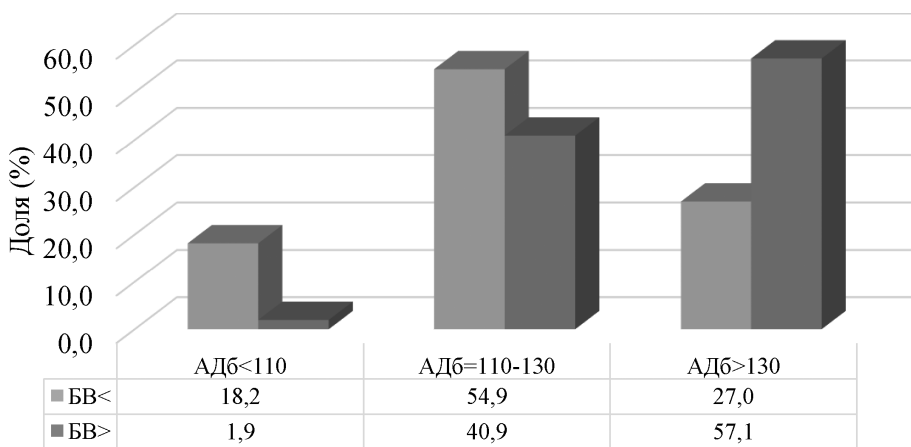


Рис. 6. Соотношение БВ и АДб.

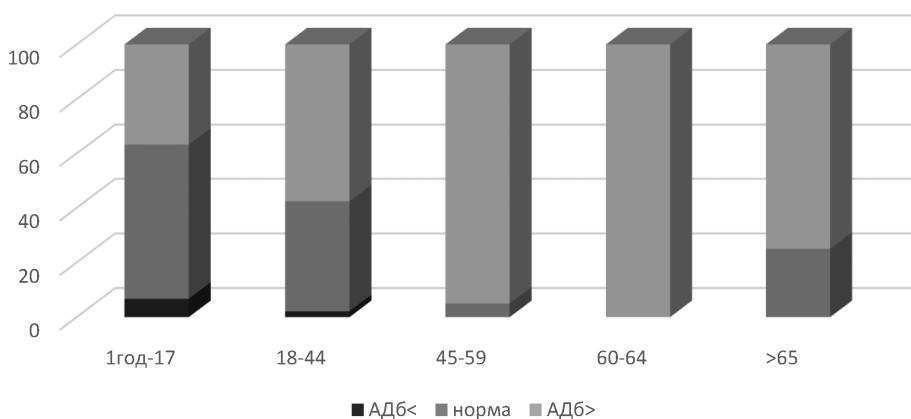


Рис. 7. Возрастная динамика АДб у пациентов с повышенным БВ.

ственно в пределах оптимального диапазона. При этом связь повышенного БВ со СрАД оказалась статистически более сильной, чем с АДдиаст, что свидетельствует о большей чувствительности СрАД как маркера ускоренного старения и связанного с ним риска развития возрастзависимой патологии.

Анализ альтернативных показателей СГД выявил статистически значимую ( $p < 0,00001$ ) связь между уровнем АДб и направлением сдвига биологического возраста (рис. 6). У пациентов с БВ ниже паспортного достоверно чаще наблюдалось пониженное и нормальное АДб (<90 и 90—110 мм рт. ст.). В группе с превышением БВ над фактическим возрастом повышенное АДб (>110 мм рт. ст.) встречалось в 3 раза чаще.

Анализ данных показал, что повышенное АДб достоверно чаще регистрировалось именно в старших возрастных группах исследуемой выборки (рис. 7).

Полученные результаты дают основание считать повышенное АДб достоверным маркером ускоренного старения.

Определенные закономерности были выявлены при анализе сердечной деятельности в контексте СГД. Установлена статистически значимая ( $p < 0,00001$ ) связь между величиной СИ и трендом БВ (рис. 8).

Повышенный СИ оказался избыточно связан с негативным трендом БВ у пациентов пожилого и старческого возраста, что позволяет отнести его к возраст-специфичным маркерам ускоренного старения. В то же время у 25% лиц с негативным трендом БВ был зафиксирован низкий СИ. Это дает основание полагать, что не только высокие, но и низкие значения СИ ассоциированы с риском ускоренного старения (см. рис. 8).

В ходе исследования была обнаружена сильная и высоко достоверная ( $p < 0,001$ ) связь БВ с РЭ — интегральным параметром эффективности сердечной деятельности. Поскольку РЭ напрямую зависит от потребления сердцем кислорода, он является важным индикатором оценки функционального состояния миокарда (рис. 9).

Как и ожидалось, в группе пациентов с БВ ниже фактического

(БВ < ФВ) у большинства наблюдаемых регистрировался условно нормальный уровень расхода энергии сердца (в диапазоне 9—12,7 Вт). Доли пациентов с низким РЭ (<9 Вт) и высоким РЭ (>12,7 Вт) были существенно меньше и составляли 9 и 15% соответственно.

Распределение показателей в группе с БВ > ФВ оказалось обратным: 52,4% пациентов имели высокий РЭ, а низкие значения практически отсутствовали (рис. 9). Данный результат служит дополнительным подтверждением взаимосвязи ускоренного

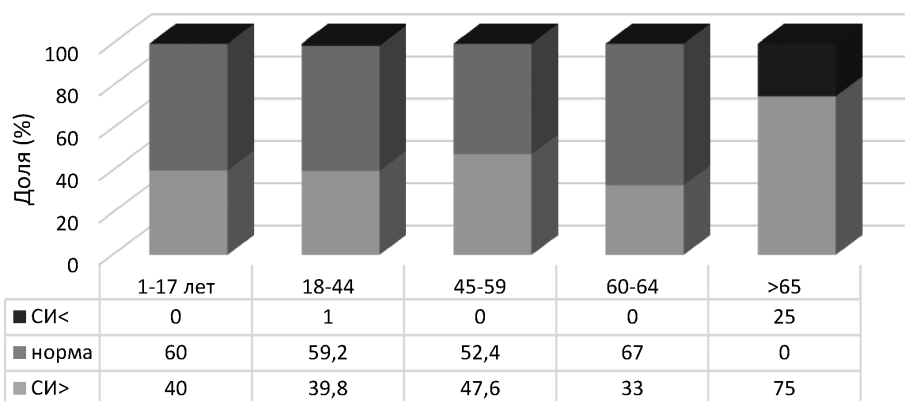


Рис. 8. Возрастная динамика АДб у пациентов с повышенным БВ.

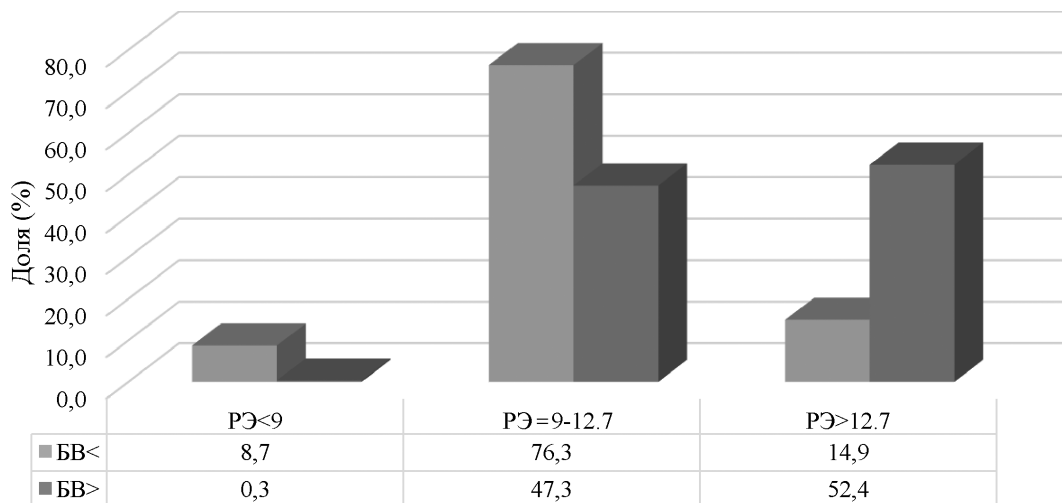


Рис. 9. Соотношение БВ и РЭ.

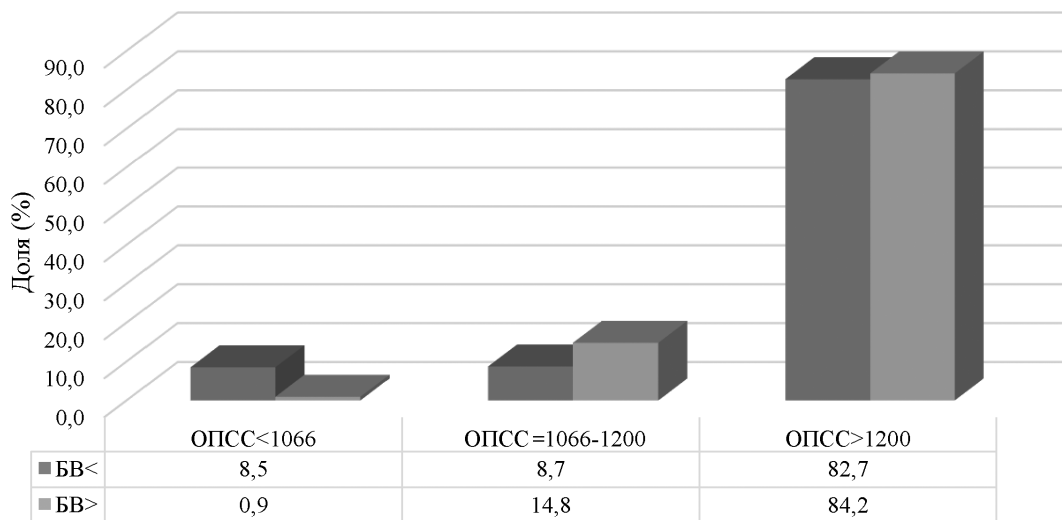


Рис. 10. Соотношение БВ и ОПСС.

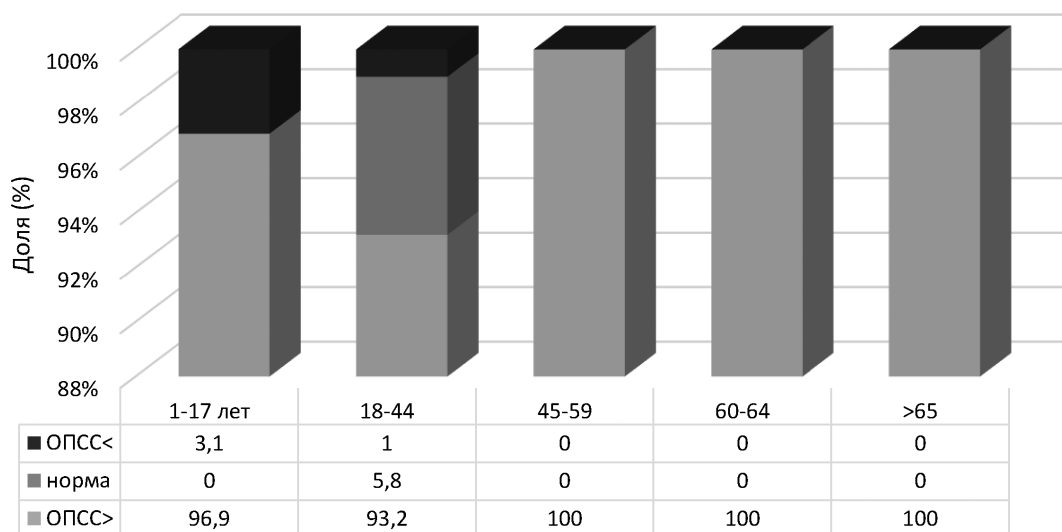


Рис. 11. ОПСС у пациентов с повышенным БВ.

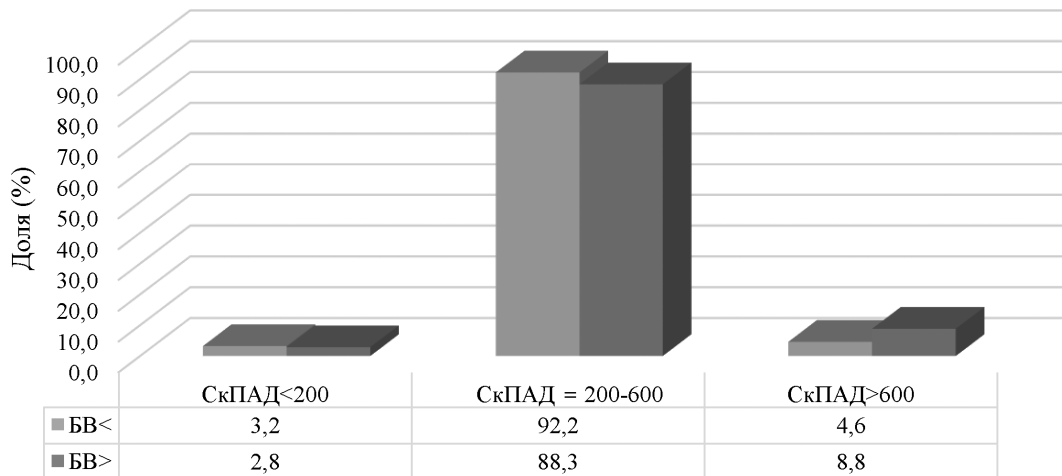


Рис. 12. Соотношение БВ и СкПАД.

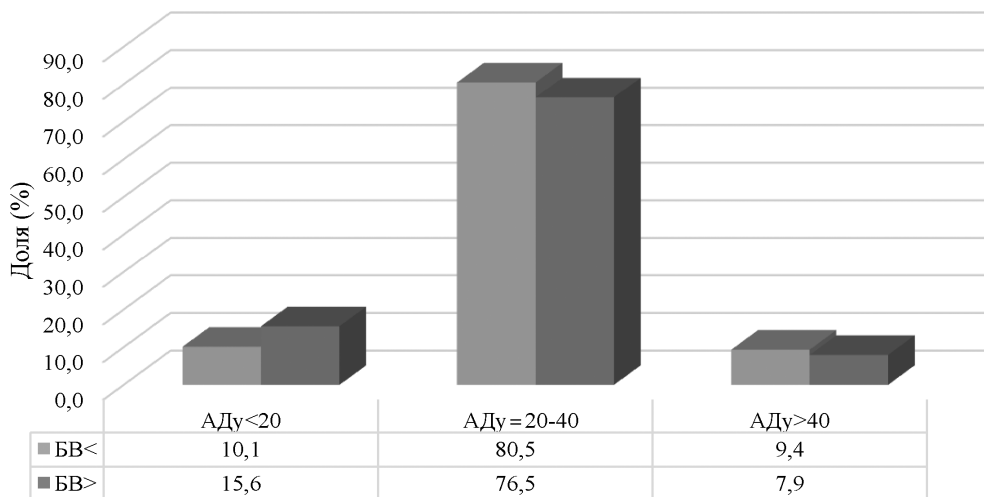


Рис. 13. Соотношение БВ и АДу.

старения со снижением эффективности работы сердца.

Полученные результаты выявили высоко достоверную ( $p < 0,001$ ) связь БВ с уровнем ОПСС (рис. 10), причем наиболее заметная связь проявлялась при низком ОПСС ( $< 1066 \text{ дин} \times \text{см}^{-5}/\text{с}$ ): в группе с БВ  $<$  ФВ таких пациентов было в 9 раз больше (8,5% против 0,9%). Таким образом, низкое ОПСС можно отнести к благоприятным прогностическим признакам замедленного старения.

В возрастной категории 45 лет и старше у пациентов с БВ выше фактического была зафиксирована абсолютная корреляция с повышенным ОПСС. Данный факт позволяет включить повышенный уровень ОПСС в перечень маркеров ускоренного старения (рис. 11).

Проведенный статистический анализ не подтвердил наличие достоверной ( $p > 0,05$ ) связи между БВ и показателями, характеризующими жесткость артериальной стенки (СПВ, ПСС). Эти параметры входят в золотой стандарт оценки состояния артерий и в рекомендации по оценке сердечно-сосудистого риска, но в нашей выборке их вклад в интегральный показатель БВ оказался статистически незначимым.

Анализ соотношения СкПАД и АДу в зависимости от тренда БВ также оказался статистически недостоверным (рис. 12). Подавляющее большинство пациентов в обеих группах (с повышенным и со сниженным уровнем БВ) имели значения данных параметров в пределах нормального диапазона, без существенных межгрупповых различий (рис. 13).

### Заключение

Проведенный анализ подтвердил наличие ранее выявленной ассоциации между ускоренными темпами старения и ростом значений АДсист, СрАД и АДп [14]. Аналогичная закономерность выявлена по отношению к АДб. В результате исследования обнаружена прямая корреляция СИ с ускоренным старением; данная связь носила нелинейный характер: негативная тенденция сопровождалась отклонением показателя в сторону как увеличения, так и снижения от оптимального диапазона. У большинства обследованных выявлена устойчивая ассоциация ускоренного старения с повышенным ОПСС. Интересно, что обратная картина — снижение ОПСС — чаще наблюдалась при замедленном старении (БВ  $<$  ФВ), что указывает на потенциально дву-

направленную связь данного гемодинамического параметра с полярностью дегенеративных процессов. Обнаруженные зависимости позволяют контролировать и при необходимости корректировать оптимальный режим жизнедеятельности отдельных пациентов и различных конгломератов.

Исследование не имело спонсорской поддержки.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Zhang Y., Wang J., Zong H., et al. Comprehensive clinical benefits of digital phenotyping: from wide implementation to full effect. *npj Digit. Med.* 2025;8:196.
- Hackett K., Xu S., McNiff M., Paglia L., Barnett I., Giovannetti, T. Smartphone mobility-based digital phenotypes for unobtrusive capturing of daily cognition, mood, and community life-space in older adults: a feasibility, acceptability, and preliminary validity study. *JMIR Hum. Factors.* 2024;11:e59974.
- Алхутова Н. А., Дрыгина Л. Б., Калинина Н. М., Зыбина Н. Н., Давыдова Н. И. Анализ биологического возраста и причин ускорения темпов старения участников ликвидации последствий аварии на черномобильской АЭС. *Медицинская радиология и радиационная безопасность.* 2007;52(5):26–35.
- Ильницкий А. Н., Ивко О. М., Трофимова С. В., Трофимов А. В., Гаврилова А. А., Бушуева А. О., Химченко Ю. В. Реверсия биологического возраста путем коррекции циркадных ритмов. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики.* 2024;(3):377–88.
- Чернышева Е. Н., Панова Т. Н., Абдрашитова А. Т. Особенности суточного профиля артериального давления у пациентов с преждевременным старением в рамках метаболического синдрома. *Бюллетень сибирской медицины.* 2013;12(6):82–7.
- Asmar R., Rudnichi A., Blacher I., et al. Pulse pressure and aortic pulse wave are markers of cardiovascular risk in hypertensive populations. *Am. J. Hypertens.* 2001;14 (2):91–7.
- Staessen J. A. Пульсовое давление: определение нового фактора риска при проведении клинических исследований. *Международные направления в исследовании артериальной гипертензии.* 2001;(2):1–2.
- Терегулов Ю. Э., Терегулов А. Э. Жесткость артериальной системы, как фактор риска сердечно-сосудистых осложнений: методы оценки. *Практическая медицина.* 2011;(4):133–7.
- Yu S., McEniery C. M. Central versus peripheral artery stiffening and cardiovascular risk. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2020;40(5):1028–33.
- London G. M. Cardiovascular disease in chronic renal failure: pathophysiologic aspects. *Semin. Dial.* 2003;16(2):85–94.
- Watanabe H., Obtsuka S., Kakibana M., et al. Coronary circulation in dogs with an experimental decrease in aortic compliance. *J. Am. Col. Cardiol.* 1993;21(6):1497–506.
- Близнюк Е. Г., Котова А. А., Куликов Д. А., Пивоварова О. А., Якушин М. А. Выявление предрасположенности к развитию артериальной гипертензии у студентов при исследовании показателей системной гемодинамики. *Ремедиум.* 2025;29(2):124–8.
- Дегтярев В. А., Дорошев В. Г. Использование ЭВМ для автоматического измерения некоторых физиологических параме-

тров. *Космическая биология и авиакосмическая медицина.* 1981;(4):70.

- Брин В. Б., Зонис Б. Я. Физиология системного кровообращения. Формулы и расчеты. Ростов-на Дону: Изд-во Ростовского университета; 1984. 88 с.

Поступила 11.10.2025  
Принята в печать 12.01.2026

#### REFERENCES

- Zhang Y., Wang J., Zong H., et al. Comprehensive clinical benefits of digital phenotyping: from wide implementation to full effect. *npj Digit. Med.* 2025;8:196.
- Hackett K., Xu S., McNiff M., Paglia L., Barnett I., Giovannetti, T. Smartphone mobility-based digital phenotypes for unobtrusive capturing of daily cognition, mood, and community life-space in older adults: a feasibility, acceptability, and preliminary validity study. *JMIR Hum. Factors.* 2024;11:e59974.
- Alkhotova N. A., Drygina L. B., Kalinina N. M., Zybina N. N., Davydova N. I. Analysis of biological age and causes of accelerated aging rates in participants of the Chernobyl nuclear power plant accident liquidation. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'.* 2007;52(5):26–35 (in Russian).
- Il'nitskii A. N., Ivko O. M., Trofimova S. V., Trofimov A. V., Gavrilo A. A., Bushueva A. O., Khimchenko Yu. V. Reversal of biological age by correction of circadian rhythms. *Sovremennye problemy zdoravookhraneniya i meditsinskoj statistiki.* 2024;(3):377–88 (in Russian).
- Chernysheva E. N., Panova T. N., Abdrashtova A. T. Features of the 24-hour blood pressure profile in patients with premature aging in the context of metabolic syndrome. *Byulleten' Sibirskoi meditsiny.* 2023;12(6):82–7 (in Russian).
- Asmar R., Rudnichi A., Blacher I., et al. Pulse pressure and aortic pulse wave are markers of cardiovascular risk in hypertensive populations. *Am. J. Hypertens.* 2001;14 (2):91–7.
- Staessen J. A. Pulse pressure: defining a new risk factor in clinical trials. *International Directions in Arterial Hypertension Research.* 2001;(2):1–2 (in Russian).
- Teregulov Yu. E., Teregulov A. E. Arterial system stiffness as a risk factor for cardiovascular complications: assessment methods. *Prakticheskaya meditsina.* 2011;4(52):133–7 (in Russian).
- Yu S., McEniery C. M. Central versus peripheral artery stiffening and cardiovascular risk. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2020;40(5):1028–33.
- London G. M. Cardiovascular disease in chronic renal failure: pathophysiologic aspects. *Semin. Dial.* 2003;16(2):85–94.
- Watanabe H., Obtsuka S., Kakibana M., et al. Coronary circulation in dogs with an experimental decrease in aortic compliance. *J. Am. Col. Cardiol.* 1993;21(6):1497–506.
- Bliznyuk E. G., Kotova A. A., Kulikov D. A., Pivovarova O. A., Yakushin M. A. Identifying predisposition to the development of arterial hypertension in students by studying systemic hemodynamics parameters. *Remedium.* 2025;29(2):124–8 (in Russian).
- Degtyarev V. A., Doroshev V. G. The use of computers for automatic measurement of some physiological parameters. *Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina.* 1981;(4):70 (in Russian).
- Brin V. B., Zonis B. Ya. Physiology of systemic circulation. Formulas and calculations. Rostov-on-Don: Rostov University Publishing House; 1984. 88 p. (in Russian).