

Патофизиологические особенности вспомогательного кровообращения при использовании биотехнических и медицинских систем у пациентов пожилого и старческого возраста

К.Л. Козлов^{1,2,3}, А.А. Жуков^{1*}, Н.Г. Лукьянов^{1,2}

¹ ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт»; Россия, 195271, г. Санкт-Петербург, пр. Кондратьевский, д. 72, лит. А

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6, лит. Ж

³ ФГБВОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Россия, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7 – 9

*Контактное лицо: Жуков Андрей Анатольевич, e-mail: zhukov163@gmail.com

Аннотация

В обзоре рассмотрены патофизиологические особенности вспомогательного кровообращения у пациентов пожилого и старческого возраста. Основное внимание уделено не техническим характеристикам устройств, а изменениям, происходящим в системе кровообращения при применении временной или длительной механической поддержки. Проанализировано влияние вспомогательного кровообращения на нагрузку левого и правого желудочков, вентрикуло-артериальное сопряжение и пульсатильность кровотока. Отдельно рассмотрены изменения микроциркуляции, гемостаза и воспалительного ответа, а также особенности почечной и церебральной перфузии. У лиц старших возрастных групп эти изменения реализуются на фоне сосудистой жесткости, эндотелиальной дисфункции, хронического воспаления старения, полиморбидности, саркопении, старческой асте-

нии, хронической болезни почек и сниженного когнитивного резерва. Научная новизна обзора состоит в выделении возраст-специфических патофизиологических контуров вспомогательного кровообращения: макрогемодинамического, микроциркуляторно-эндотелиального, правожелудочково-легочного, гемосовместимого, кардиоренального, нейроцеребрального и гериатрического. Показано, что календарный возраст не может быть самостоятельным критерием отказа от технологии; решение должно основываться на обратимости органной гипоперфузии, правожелудочково-легочном резерве, выраженности хрупкости, когнитивном статусе и ожидаемой траектории функционального восстановления. Предложена клинко-патофизиологическая логика оценки пациента перед временной или длительной механической поддержкой кровообращения.

Ключевые слова: вспомогательное кровообращение, механическая поддержка кровообращения, пожилой возраст, левожелудочковые системы вспомогательного кровообращения, экстракорпоральная мембранная оксигенация, микроциркуляция

Для цитирования: Козлов К.Л., Жуков А.А., Лукьянов Н.Г. Патофизиологические особенности вспомогательного кровообращения при использовании биотехнических и медицинских систем у пациентов пожилого и старческого возраста. *Медицина будущего*. 2026;1(2):46-53.

<https://doi.org/10.67666/3033-9057-2026-1-2-46-53>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Поступила 14.07.2026

После доработки 16.09.2026

Принята к публикации 16.09.2026

Pathophysiological features of mechanical circulatory support while using of biotechnical and medical systems in elderly and senile patients

Kirill L. Kozlov^{1,2,3}, Andrey A. Zhukov¹, Nikolay G. Lukyanov^{1,2}

¹ Saint-Petersburg Medico-Social Institute, 72, lit. A, Kondratyevsky ave., St. Petersburg, 195271, Russian Federation

² Military Medical Academy named after S.M. Kirov; 6, Academician Lebedeva str., St. Petersburg, 194044, Russian Federation

³ St. Petersburg State University; 7–9, Universitetskaya Embankment, St. Petersburg, 199034, Russian Federation

*Contact person: Andrey A. Zhukov, e-mail: zhukov163@gmail.com

Abstract

The review discusses pathophysiological features of mechanical circulatory support while using biotechnical and medical systems in elderly and senile patients. The focus is not on technical characteristics of devices, but on systemic circulatory remodeling caused by temporary or durable support: changes in left and right ventricular loading, ventriculo-arterial coupling, pulsatility, microcirculation, hemostasis, inflammatory response, renal function and cerebral perfusion. In older patients these effects occur against the background of vascular stiffness, endothelial dysfunction, chronic inflammation of aging, multimorbidity, sarcopenia, frailty, chronic kidney disease and reduced cognitive reserve.

The scientific novelty of the review is the identification of age-specific pathophysiological contours of mechanical circulatory support: macrohemodynamic, microcirculatory-endothelial, right ventricular-pulmonary, hemocompatibility, cardiorenal, neurocerebral and geriatric. The article presents that calendar age alone should not be used as the criterion for withholding therapy. Decision-making should integrate reversibility of organ hypoperfusion, right ventricular-pulmonary reserve, frailty severity, cognitive status and expected functional recovery. A clinical and pathophysiological logic for assessing a patient before temporary or long-term mechanical circulatory support is proposed.

Keywords: auxiliary circulation, mechanical circulatory support, elderly age, left ventricular auxiliary circulation systems, extracorporeal membrane oxygenation, microcirculation

For citation: Kozlov K.L., Zhukov A.A., Lukyanov N.G. Pathophysiological features of mechanical circulatory support while using of biotechnical and medical systems in elderly and senile patients. *The Future of Medicine*. 2026;1(2):46-53. <https://doi.org/10.67666/3033-9057-2026-1-2-46-53>

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interests.

Financing: the authors declare that there is no funding research.

Received 14.07.2026

Revised 16.09.2026

Accepted 16.09.2026

ВВЕДЕНИЕ

Сердечная недостаточность и кардиогенный шок у пациентов старших возрастных групп представляют собой системную проблему, в которой снижение насосной функции сердца быстро переходит в полиорганную дисфункцию. Современные рекомендации по сердечной недостаточности и кардиогенному шоку подчеркивают необходимость раннего распознавания продвинутой стадии заболевания, своевременной маршрутизации и обсуждения методов механической поддержки кровообращения [1, 2, 3]. Однако у пожилого пациента вопрос о вспомогательном кровообращении выходит за рамки сугубо кардиологической задачи, поскольку вмешательство изменяет не только сердечный выброс, но и всю систему органной перфузии.

В англоязычной литературе вспомогательное кровообращение обычно обозначаются термином Mechanical Circulatory Support (MCS). Оно включает временные методы поддержки, такие как внутриаортальная баллонная контрпульсация, микроаксиальные насосы, веноартериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО), а также имплантируемые левожелудочковые системы вспомогательного кровообращения (ЛЖСВК) длительного использования, в англоязычной литературе чаще обозначается термином Left Ventricular Assist Device (LVAD). Разные технологии имеют различную гемодинамическую логику: одни преимущественно уменьшают постнагрузку и улучшают коронарную перфузию, другие разгружают левый желудочек, третьи обеспечивают системный кровоток и газообмен,

четвертые формируют длительный искусственный контур циркуляции [4, 5, 6].

При этом одна и та же технология у пожилого и у молодого пациента не является патофизиологически эквивалентной. У лиц старших возрастных групп механическая поддержка функционирует в условиях повышенной жесткости аорты, нарушенной эндотелиальной реактивности, сниженного барорефлекторного ответа, частого атеросклеротического поражения периферических артерий, хронического воспаления, полиморбидности и сниженного мышечного резерва. Поэтому достижение приемлемого среднего артериального давления или сердечного индекса не всегда означает восстановление тканевой перфузии и функционального прогноза.

Согласно 16-му ежегодному отчету Межведомственного реестра механической поддержки кровообращения (МПК) Общества торакальных хирургов STS InterMACS за 2025 год, представлены данные о 28 029 имплантированных устройствах непрерывного потока для поддержки левого желудочка в период с 2015 по 2024 год. Выживаемость всей когорты пациентов остается отличной при использовании полностью магнитно-левитируемых LVAD (HeartMate 3™ — центрифужная система длительного использования с непрерывным потоком и алгоритмом искусственной пульсации). Выживаемость через 1 год — 85,9%, через 5 лет — 60,2%, через 7 лет — 51,8%. В центре внимания — подгруппа пациентов в возрасте > 65 лет, она также демонстрирует отличные результаты в отношении выживаемости (однолетняя выживаемость — 80,6%, пятилетняя выживаемость — 51,1%) [7], но при этом показатели хуже, чем у молодой группы.

Целью настоящего обзора является анализ патофизиологических механизмов, определяющих эффективность и риск вспомогательного кровообращения у пациентов пожилого и старческого возраста, с выделением возраст-специфических контуров, которые должны учитываться при выборе временной или длительной механической поддержки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен нарративный обзор публикаций, индексированных в PubMed за 2021–2026 гг. Использованы ключевые слова: mechanical circulatory support, ventricular assist device, left ventricular assist device, cardiogenic shock, elderly, older adults, frailty, renal outcomes, hemocompatibility, right ventricular failure. Приоритет отдавался рекомендациям профессиональных обществ, систематическим обзорам, регистровым исследованиям и работам, в которых специально рассматривались пожилой возраст, старческая астения, органные осложнения или гемосовместимость устройств. Под пожилым возрастом в статье понимаются преимущественно лица 60–74 лет, под старческим возрастом — лица 75 лет и старше; при обсуждении международных данных используется более широкая категория older adults.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА

Научная новизна обзора заключается в том, что вспомогательное кровообращение у лиц старших возрастных групп рассматривается не как изолированная технология увеличения сердечного выброса, а как системное патофизиологическое вмешательство, формирующее новый искусственный режим взаимодействия сердца, сосудистого русла, крови и органов-мишеней. В статье предложено сместить оценку пожилого пациента от вопроса «Какое устройство можно установить?» к вопросу «Какой обратимый патофизиологический контур может быть компенсирован данным устройством без утраты функционального резерва?».

В качестве авторской аналитической рамки выделены семь взаимосвязанных контуров: 1) макрорегуляторно-динамический — разгрузка или замещение насосной функции; 2) вентрикуло-артериальный — взаимодействие устройства с жесткой аортой и периферическим сосудистым сопротивлением; 3) микроциркуляторно-эндотелиальный — диссоциация между системным потоком и капиллярной перфузией; 4) правожелудочково-легочный — способность правого желудочка принять измененный венозный возврат; 5) гемосовместимый — тромбозы, кровотечения, гемолиз и приобретенный дефект фактора фон Виллебранда; 6) кардиоренальный и нейроцеребральный — почечная и мозговая перфузия на фоне венозного застоя, анемии и колебаний давления; 7) гериатрический — хрупкость, саркопения, когнитивный статус, делирий и реабилитационный потенциал.

Такой подход позволяет рассматривать старческую астению, саркопению и когнитивное снижение не как внешние «сопутствующие» признаки, а как патофизиологические модификаторы переносимости механической поддержки. Новизна практического вывода состоит в том, что исход MCS у пожилого пациента должен оцениваться не только по выживанию и гемодинамическим показателям, но и по сохранению автономности, возможности ранней мобилизации и предотвращению перехода к необратимой зависимости от ухода.

ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОНТУРЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Патофизиологический смысл вспомогательного кровообращения заключается в перераспределении работы между собственным сердцем и техническим устройством. Внутриаортальная баллонная контрпульсация усиливает диастолическое давление в аорте и умеренно снижает постнагрузку. Микроаксиальный насос перемещает кровь из левого желудочка в аорту и уменьшает давление наполнения левого желудочка. Веноартериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация обеспечивает системный кровоток и оксигенацию, но может увели-

Таблица 1. Возраст-специфические патофизиологические контуры вспомогательного кровообращения
Table 1. Age-specific pathophysiological pathways of mechanical circulatory support

Контур	Патофизиологический механизм	Особенности пожилого и старческого возраста	Клиническое значение
Макрогемодинамический	Разгрузка или замещение насосной функции сердца; изменение пред- и постнагрузки	Диастолическая дисфункция, жесткая аорта, ограниченный барорефлекс	Гемодинамический успех не равен восстановлению тканевой перфузии
Микроциркуляторно-эндотелиальный	Диссоциация между системным потоком и капиллярным обменом	Эндотелиальная дисфункция, воспаление, анемия, микротромбоз	Нужен контроль лактата, диуреза, сознания, кожной перфузии
Правожелудочково-легочный	Рост венозного возврата и зависимость от резерва правого желудочка	Легочная гипертензия, фиброз миокарда, ХОБЛ, перенесенные инфаркты	Риск венозного застоя, почечной и печеночной дисфункции
Гемосовместимый	Сдвиговые нагрузки, контакт крови с искусственными поверхностями	Анемия, ХБП, полипрагмазия, ангиодисплазии, риск падений	Нестабильный баланс кровотечения и тромбоза
Нейроцеребральный	Колебания перфузии, микроэмболизация, воспаление, гипоксия	Цереброваскулярное поражение, когнитивная хрупкость, риск делирия	Даже краткий делирий может привести к стойкой утрате автономности
Гериатрический	Взаимодействие устройства с функциональным резервом	Саркопения, нутритивная недостаточность, старческая астения	Исход должен оцениваться по функции, а не только по выживанию

чивать постнагрузку левого желудочка. Устройства поддержки левого желудочка длительного использования формируют хронический искусственный контур выброса и меняют нормальную пульсатильность кровотока [4, 5, 8]. Однако стоит отметить, что на сегодняшний день существуют и широко применяются современные LVAD-устройства длительного использования, с искусственной пульсацией потока, благодаря которой в значительной степени улучшается гемосовместимость и снижаются нежелательные явления по сравнению с устройствами без искусственной пульсации [9].

У пожилого пациента эта перестройка происходит в сосудистой системе с повышенной ригидностью, сниженной способностью к вазодилатации и частым поражением периферических артерий. Отсюда возникает первый ключевой механизм — макро-микроциркуляторная диссоциация. Аппарат способен создать приемлемый системный поток, но капиллярный обмен может оставаться ограниченным вследствие эндотелиальной дисфункции, воспаления, отека, анемии, микротромбоза и вазопрессорной вазоконстрикции. Поэтому для оценки эффективности поддержки недостаточно ориентироваться только на давление, поток насоса или сердечный индекс; необходима динамическая оценка лактата, диуреза, уровня сознания, температуры и перфузии конечностей.

ВОЗРАСТ-АССОЦИИРОВАННЫЕ МОДИФИКАТОРЫ РИСКА

Ключевая особенность старших возрастных групп — неоднородность физиологического резерва. Два пациента одного возраста могут радикально различаться по мышечной массе, когнитивному статусу, автономности, нутритивному резерву и способности

переносить интенсивную терапию. В связи с этим календарный возраст должен рассматриваться только как исходный ориентир, но не как самостоятельный критерий отказа от механической поддержки. В современных обзорах по пожилым пациентам подчеркивается необходимость гериатрического компонента оценки, включающего старческую астению, цели лечения, лекарственные взаимодействия и социальную поддержку [10, 11].

Старческая астения является интегральным индикатором снижения физиологического резерва. Она повышает риск инфекций, кровотечений, длительной искусственной вентиляции легких, падений, делирия и невозможности полноценной реабилитации. Вместе с тем хрупкость у больных с терминальной сердечной недостаточностью не всегда необратима. У части пациентов слабость, низкая толерантность к нагрузке и саркопения связаны с хронической гипоперфузией, венозным застоем и вынужденной гиподинамией; после успешной разгрузки сердца они могут частично регрессировать. Поэтому практическая задача состоит не в формальном выявлении хрупкости, а в разделении потенциально обратимого и необратимого компонента [12, 13].

Саркопения и нутритивная недостаточность усиливают неблагоприятные эффекты вспомогательного кровообращения. Операционная травма, воспалительная активация, гемолиз, кровопотеря, катаболизм и иммобилизация быстро уменьшают мышечную массу. Для старческого пациента потеря даже небольшого объема мышечной ткани может означать переход от самостоятельности к зависимости. Поэтому при планировании длительного устройства поддержки левого желудочка необходимо оценивать не только прогноз выживаемости, но и вероятность сохранения или восстановления повседневной активности.

ПРАВОЖЕЛУДОЧКОВО-ЛЕГОЧНАЯ И КАРДИОРЕНАЛЬНАЯ ОСИ

Правожелудочковая недостаточность является одним из наиболее значимых механизмов неблагоприятного исхода при временной и длительной механической поддержке. Разгрузка левого желудочка увеличивает венозный возврат к правым отделам сердца, а изменение давления в малом круге кровообращения требует адекватного правожелудочкового резерва. У пожилых пациентов этот резерв часто ограничен вследствие легочной гипертензии, диастолической дисфункции, фиброза миокарда, хронических заболеваний легких и перенесенных инфарктов. Недооценка скрытой правожелудочковой дисфункции приводит к сохранению венозного застоя, ухудшению функции печени и почек, росту потребности в вазопрессорах и невозможности ранней мобилизации [14].

Особую роль играет взаимодействие правого желудочка с почками. При повышении центрального венозного давления почечная перфузия ухудшается даже на фоне приемлемого среднего артериального давления. Это объясняет ситуацию, когда аппаратная поддержка улучшает системный поток, но не приводит к ожидаемому восстановлению диуреза. У пожилых больных с хронической болезнью почек такая диссоциация имеет высокую прогностическую значимость и требует раннего анализа обратимости кардиоренального синдрома [15, 16].

ГЕМОСОВМЕСТИМОСТЬ, КРОВОТЕЧЕНИЯ И ТРОМБОЗЫ

Контакт крови с искусственными поверхностями и высокими сдвиговыми нагрузками запускает активацию тромбоцитов, повреждение эритроцитов, изменение фактора фон Виллебранда, комплемент-опосредованное воспаление и риск гемолиза. Современные магнитно-левитирующие устройства уменьшили частоту тромбоза насоса и ряда гемосовместимых осложнений, однако кровотечения, инсульты и необходимость точной антикоагуляции сохраняют клиническое значение [9, 17, 18].

У пожилого пациента баланс кровотечения и тромбоза особенно нестабилен. Часто присутствуют анемия, хроническая болезнь почек, полипрагмазия, прием антиагрегантов или антикоагулянтов по поводу фибрилляции предсердий, хрупкость слизистых, ангиодисплазии желудочно-кишечного тракта и повышенный риск падений. Поэтому стандартные шкалы кровотечений, разработанные для более молодых или менее полиморбидных групп, могут быть недостаточно точными; внешняя валидация таких шкал показывает ограниченность их переноса на всех реципиентов устройств поддержки [19].

Церебральные осложнения являются прямым продолжением гемосовместимой проблемы. Микроэмболизация, артериальная гипертензия, колебания перфузии, анемия, инфекция и воспаление повыша-

ют риск инсульта и делирия. Контроль артериального давления у пациентов с длительными устройствами поддержки левого желудочка имеет отдельное значение, поскольку взаимодействие насоса и собственного сердца меняет обычные давление-поток отношения [20]. Для старческого пациента даже транзиторный делирий может приводить к стойкому снижению автономности.

СОСУДИСТЫЙ ДОСТУП, ПЕРИФЕРИЧЕСКАЯ ИШЕМИЯ И МИКРОЦИРКУЛЯТОРНАЯ ДИССОЦИАЦИЯ

Сосудистый доступ является самостоятельным патофизиологическим фактором риска у пациентов пожилого и старческого возраста. При временной механической поддержке чаще используются крупнокалиберные артериальные и венозные канюли, а у пожилых больных периферические артерии нередко имеют кальциноз, извитость, стенозы и сниженный вазодилатационный резерв. В результате риск ишемии конечности, кровотечения, псевдоаневризмы и нарушения заживления выше, чем у пациентов без выраженного периферического атеросклероза. Эта проблема не является только технической: ишемия конечности усиливает системное воспаление, повышает потребность в обезболивании, ограничивает раннюю мобилизацию и может запускать каскад функционального ухудшения.

Для геронтологической практики принципиально, что осложнение сосудистого доступа способно перечеркнуть гемодинамический успех. Пациент может выйти из кардиогенного шока, но потерять способность к самостоятельному перемещению из-за боли, ишемического повреждения, нейропатии или длительной иммобилизации. Поэтому до установки устройства необходима предварительная оценка артериального русла: пальпация пульса недостаточна, особенно при сахарном диабете и хронической болезни почек. Практически значимы ультразвуковое картирование, оценка диаметра и кальциноза бедренных артерий, анализ риска кровотечения и обсуждение альтернативного доступа.

Микроциркуляторная нагрузка сохраняет значение и после успешной канюляции. Непульсирующий или малопульсирующий поток, анемия, вазопрессоры и воспалительный ответ могут поддерживать капиллярную гипоперфузию даже при формально удовлетворительном системном давлении. У пациентов пожилого возраста предпочтительна стратегия раннего выявления микроциркуляторной диссоциации и своевременной деэскалации поддержки, когда цель временного устройства достигнута [3, 4, 5].

ПОЧЕЧНАЯ, ИММУННАЯ И ИНФЕКЦИОННАЯ УЯЗВИМОСТЬ

Почки чувствительны как к гипоперфузии, так и к венозному застою. После имплантации устройства

Таблица 2. Структура оценки пожилого пациента перед механической поддержкой кровообращения
Table 2. Design of assessment of the elder patient before using of mechanical circulatory support therapy

Блок оценки	Что необходимо оценить	Патофизиологический смысл
Сердечно-сосудистый	Фенотип шока, правый желудочек, легочное сосудистое сопротивление, клапаны, сосудистый доступ	Понимание, какой контур кровообращения нуждается в поддержке
Органный	Лактат, диурез, функция печени и почек, коагуляция, анемия, инфекция	Отделение обратимой гипоперфузии от необратимой полиорганной недостаточности
Гемосовместимый	Гемолиз, тромбоциты, антикоагуляция, кровотечения, тромботические события	Оценка баланса кровотечения и тромбоза у полиморбидного пациента
Гериатрический	Хрупкость, саркопения, нутритивный статус, когнитивный статус, риск делирия	Оценка физиологического резерва и переносимости интенсивного лечения
Реабилитационный	Исходная автономность, ходьба, способность к ранней мобилизации, поддержка ухода	Прогноз восстановления функции, а не только выживания
Этико-организационный	Цели пациента, информированное согласие, семья, амбулаторное наблюдение	Соответствие технологии ожидаемому качеству жизни

поддержки левого желудочка нередко наблюдается раннее улучшение расчетной скорости клубочковой фильтрации, однако этот эффект может быть непостоянным и не всегда сохраняется в течение года. Современные исследования показывают неоднородность почечных траекторий после имплантации: у части пациентов функция почек улучшается, у части стабилизируется, у части прогрессивно снижается [15, 16]. У пожилых больных это требует не только предоперационной оценки креатинина, но и анализа хронической болезни почек, венозного застоя, диабета, нефротоксичных препаратов и вероятности потребности в заместительной почечной терапии.

Иммунное старение сочетает хроническое низкоинтенсивное воспаление и снижение эффективности противомикробной защиты. При длительных устройствах поддержки особое значение имеет инфекция места выхода driveline. Систематический обзор протоколов ухода показывает, что стандартизированная обработка, хлоргексидин, серебросодержащие повязки и надежная фиксация кабеля могут снижать частоту инфекционных осложнений, хотя единый универсальный протокол пока не сформирован [21]. Для старческого пациента профилактика инфекции должна рассматриваться как элемент сохранения функционального статуса, а не только как локальная хирургическая проблема.

КЛИНИКО-ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРЕД ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ КРОВООБРАЩЕНИЕМ

Выбор технологии должен начинаться с определения фенотипа шока или терминальной сердечной недостаточности. Изолированная левожелудочковая декомпенсация требует разгрузки левого желудочка; бивентрикулярная недостаточность — обсуждения комбинированной поддержки; выраженная дыхательная недостаточность — учета оксигенационного компонента; хроническая терминальная сердечная недостаточность — оценки пригодности для длительного устройства поддержки. Стадирование

SCAI SHOCK помогает стандартизировать тяжесть кардиогенного шока, но у пожилого пациента его необходимо дополнять гериатрической и органной оценкой [3, 4].

Практически такая оценка может быть представлена как пять последовательных блоков. Первый блок — сердечно-сосудистый: фенотип шока, фракция выброса, давление наполнения, легочное сосудистое сопротивление, правожелудочковая функция, клапанные пороки и анатомия сосудистого доступа. Второй блок — органный: лактат, диурез, функция почек и печени, церебральная перфузия, признаки инфекции, анемия и коагулопатия. Третий блок — гериатрический: хрупкость, саркопения, нутритивный статус, когнитивные нарушения, риск делирия, депрессия, падения и исходная автономность. Четвертый блок — реабилитационный: вероятность ранней мобилизации, возможность восстановления ходьбы и самообслуживания. Пятый блок — этико-организационный: цели лечения, ожидаемое качество жизни, поддержка семьи, способность пациента и окружения выполнять требования амбулаторного ведения.

ОБСУЖДЕНИЕ

Современное вспомогательное кровообращение развивается от технологии спасения жизни к инструменту персонализированного управления траекторией тяжелой сердечной недостаточности. Для пациентов старших возрастных групп это особенно важно, поскольку выигрыш от поддержки определяется не только выживанием, но и сохранением автономности. Данные регистров и обзоров показывают, что пожилые пациенты могут получать значимое улучшение функциональной способности и качества жизни после имплантации ЛЖСВК длительного использования, но риск осложнений и конкурирующая смертность при этом остаются [6, 9, 10, 11].

Кроме того, стоит отметить, что применение МПК, в частности имплантация ЛЖСВК длительного использования у пациентов пожилого и старческого

возраста с хронической сердечной недостаточностью в зависимости от тяжести заболевания является единственным возможным решением ввиду имеющихся ограничений, в том числе возрастных, свойственных трансплантации сердца. Тем более что современные устройства, в частности ЛЖСВК с полной магнитной левитацией HeartMate 3™ с высокой доказательной базой на основании международных регистров, рандомизированных многоцентровых клинических исследований, показывают сравнимые результаты с трансплантацией сердца при длительном использовании таких устройств в качестве конечной терапии.

Главный патофизиологический парадокс состоит в том, что пожилые пациенты одновременно имеют высокий риск осложнений и потенциально высокую цену успешного восстановления кровотока. Устранение хронической гипоперфузии может уменьшать одышку, слабость и органную дисфункцию; однако хирургическая травма, антикоагуляция, инфекция, делирий или сосудистые осложнения могут разрушить функциональный резерв. Поэтому решение о механической поддержке должно приниматься мультидисциплинарной командой с участием кардиолога, кардиохирурга, реаниматолога, нефролога, гериатра, специалиста по реабилитации и, при необходимости, специалиста по паллиативной помощи.

Для научной геронтологии важна дальнейшая разработка возраст-специфических предикторов исходов. Наиболее перспективны интегральные модели, объединяющие гемодинамику, правожелудочково-легочные показатели, маркеры гемосовместимости, почечные траектории, шкалы хрупкости, нутритивный статус, когнитивный профиль и показатели реабилитационного потенциала. Такие модели позволяют точнее определять пациентов, у которых вспомогательное кровообращение является мостом к восстановлению, оценивать эффективность применения устройств длительной механической поддержки кровообращения в качестве целевой, конечной терапии у пациентов пожилого и старческого возраста, в том числе ввиду невозможности выполнения у таких пациентов трансплантации сердца по возрастным или клиническим ограничениям, а также выявлять пациентов, у которых

вспомогательное кровообращение лишь продлевает траекторию необратимой органной недостаточности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вспомогательное кровообращение у пациентов пожилого и старческого возраста является не только методом гемодинамической поддержки, но и вмешательством в сложную систему возраст-ассоциированных изменений. Его эффект определяется взаимодействием устройства с сосудистой жесткостью, микроциркуляцией, правым желудочком, гемостазом, почками, иммунным ответом, головным мозгом и функциональным резервом пациента.

Наиболее важными возрастными модификаторами исходов являются старческая астения, саркопения, нутритивная недостаточность, хроническая болезнь почек, цереброваскулярное поражение, полиморбидность, полипрагмазия и ограниченная способность к реабилитации. Календарный возраст не должен быть самостоятельным критерием принятия решения по использованию той или иной технологии поддержки кровообращения, но он требует более строгой клинко-функциональной стратификации. Оптимальная стратегия состоит в том, чтобы выбирать не только устройство вообще, а устройство под конкретный обратимый патофизиологический контур и ожидаемый функциональный результат. Но при этом выбор устройства ввиду наличия различных конструктивных особенностей, влияющих в том числе на гемосовместимость, надежность, удобство в эксплуатации в повседневной жизни пациента, особенно при длительном использовании в качестве конечной, целевой терапии, напрямую влияет на эффективность, результат лечения, продолжительность и качество жизни пациента, особенно пожилого и старческого возраста.

Предложенное выделение патофизиологических контуров позволяет усилить персонализацию решения о временной или длительной механической поддержке у лиц старших возрастных групп. Практическая ценность такого подхода заключается в раннем выявлении тех состояний, при которых аппаратная коррекция кровообращения способна привести не только к выживанию, но и к сохранению автономности, мобильности и приемлемого качества жизни.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

А.А. Жуков, Н.Г. Лукьянов осуществляли сбор и обработку данных. Все авторы проводили анализ и интерпретацию данных. К.Л. Козлов, Н.Г. Лукьянов обеспечивали административную поддержку. Все авторы принимали участие в подготовке рукописи. Все авторы утвердили окончательную версию публикации. Все авторы разработали концепцию и дизайн.

Acquisition and processing of data: Andrey A. Zhukov and Nikolay G. Lukyanov. Analysis and interpretation of data: all authors. Administrative support: Kirill L. Kozlov and Nikolay G. Lukyanov. Approval of the final version for publication: all authors. Drafting of the manuscript: all authors. Concept and design: all authors.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Heidenreich P.A., Bozkurt B., Aguilar D., et al. 2022 AHA/ACC/HFSA guideline for the management of heart failure. *Circulation*. 2022; 145(18): e895-e1032.
2. McDonagh T.A., Metra M., Adamo M., et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur. Heart J.* 2021;42(36):3599–3726.
3. Naidu S.S., Baran D.A., Jentzer J.C., et al. SCAI SHOCK stage classification expert consensus update: a review and incorporation of validation studies. *J. Soc. Cardiovasc. Angiogr. Interv.* 2022;1(1):100008.
4. Geller B.J., Sinha S.S., Kapur N.K., et al. Escalating and de-escalating temporary mechanical circulatory support in cardiogenic shock: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2022;146(6): e50–e68.
5. Low C.J.W., Ling R.R., Lau M.P.X.L., et al. Mechanical circulatory support for cardiogenic shock: a network meta-analysis of randomized controlled trials and propensity score-matched studies. *Intensive Care Med.* 2024;50(2):209–221.
6. Varshney A.S., DeFilippis E.M., Cowger J.A., et al. Trends and outcomes of left ventricular assist device therapy: JACC focus seminar. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2022;79(11):1092–1107.
7. Nayak A., Cascino T.M., DeFilippis E.M., et al. The Society of Thoracic Surgeons Intermacs 2025 Annual Report: Focus on Outcomes in Older Adults. *Ann. Thorac. Surg.* 2026;121(1):15–38.
8. Alonso-Fernandez-Gatta M., Merchan-Gomez S., Toranzo-Nieto I., et al. Short-term mechanical circulatory support in elderly patients. *Artif. Organs.* 2022;46(5):867–877.
9. Mehra M.R., Goldstein D.J., Cleveland J.C. Jr., et al. Five-year outcomes in patients with fully magnetically levitated vs axial-flow left ventricular assist devices in the MOMENTUM 3 randomized trial. *JAMA*. 2022;328(12):1233–1242.
10. Emerson D., Chikwe J., Catarino P., et al. Contemporary left ventricular assist device outcomes in an aging population: an STS INTERMACS analysis. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2021;78(9):883–894.
11. Patel B., Davis R.P., Saatee S. Mechanical circulatory support devices in the older adults. *Clin. Geriatr. Med.* 2025;41(1):51–63.
12. Costa C., Arjomandi Rad A., Yu Y.T., et al. Impact of frailty in patients with continuous-flow left ventricular assist device therapy in end-stage heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Artif. Organs.* 2025;49(9):1367–1379.
13. Denfeld Q.E., Jha S.R., Fung E., et al. Assessing and managing frailty in advanced heart failure: an International Society for Heart and Lung Transplantation consensus statement. *J. Heart Lung Transplant.* 2024;43(5):676–694.
14. Rodenas-Alesina E., Magouliotis D.E., Tryposkiadis K., et al. Prediction, prevention, and management of right ventricular failure after left ventricular assist device implantation: a comprehensive review. *Front. Cardiovasc. Med.* 2022;9:1027451.
15. Baker L.W., Jarmi T., Mao M.A., et al. Kidney outcomes in patients with advanced heart failure treated with ventricular assist devices. *Kidney Med.* 2025;7(9):101027.
16. Walther C.P., Benoit J.S., Lamba H.K., et al. Distinctive kidney function trajectories following left ventricular assist device implantation. *J. Heart Lung Transplant.* 2022;41(12):1798–1807.
17. Mehra M.R., Netuka I., Uriel N., et al. Aspirin and hemocompatibility events with a left ventricular assist device in advanced heart failure: the ARIES-HM3 randomized clinical trial. *JAMA*. 2023;330(22):2171–2181.
18. Nascimbene A., Bark D., Smadja D.M. Hemocompatibility and biophysical interface of left ventricular assist devices and total artificial hearts. *Blood*. 2024;143(8):661–672. DOI: 10.1182/blood.2022018096
19. van der Horst S.F.B., de Jong Y., van Rein N., et al. Performance of risk scores in predicting major bleeding in left ventricular assist device recipients: a comparative external validation. *Res. Pract. Thromb. Haemost.* 2024;8(4):102479.
20. Eisen H.J., Flack J.M., Atluri P., et al. Management of hypertension in patients with ventricular assist devices: a scientific statement from the American Heart Association. *Circ. Heart Fail.* 2022;15(5): e000074.
21. Koken Z.O., Yalcin Y.C., van Netten D., et al. Driveline exit-site care protocols in patients with left ventricular assist devices: a systematic review. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2021;60(3):506–515.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Козлов Кирилл Ленарович — д.м.н., профессор, профессор кафедры профессионального образования и довузовской подготовки; заведующий кафедрой рентгеноваскулярных методов диагностики и лечения ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3660-5864>

Жуков Андрей Анатольевич — аспирант кафедры внутренних болезней им. профессора Шулуто Б.И. ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт».

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0139-3910>

Лукьянов Николай Георгиевич — к.м.н., доцент, доцент кафедры медико-социальной реабилитации и эрготерапии ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4916-2911>

Kirill L. Kozlov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Professor of the Department of Professional Education and Pre-University Training; Head of the Department of Endovascular Diagnostic and Treatment Methods Saint-Petersburg Medico-Social Institute.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3660-5864>

Andrey A. Zhukov — PhD student, Department of Internal Diseases named after Professor B.I. Shulutko Saint-Petersburg Medico-Social Institute.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0139-3910>

Nikolay G. Lukyanov — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Medical Social Rehabilitation and Occupational Therapy Saint-Petersburg Medico-Social Institute.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4916-2911>