

© КРЫЛОВ В.В., БОРИСОВА В.А., 2022

Крылов В.В., Борисова В.А.**НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ В КАРДИОХИРУРГИИ:
НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТАРУЮ ПРОБЛЕМУ**ГБУЗ Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им.
М.Ф. Владимирского», 129110, Москва, Россия

В современных условиях для улучшения результатов лечения кардиохирургических больных необходимо учитывать множество факторов, влияющих как на течение основного заболевания, так и на ход послеоперационной реабилитации и отдаленные результаты оперативного лечения. Одним из таких факторов являются неврологические осложнения, ассоциированные с кардиохирургическими вмешательствами. В статье приведена клиническая классификация неврологических осложнений кардиохирургических вмешательств с описанием основных патофизиологических механизмов их развития и обоснованием расширения роли невролога в обследовании и лечении кардиохирургических пациентов. Ранжирование пациентов по степени риска развития неврологических осложнений, разработка индивидуальных протоколов нейропротекции, а также дальнейшее изучение патофизиологических механизмов повреждения нервной ткани с выявлением триггерных точек воздействия для их предупреждения позволят улучшить результаты лечения кардиохирургических пациентов и уменьшить сроки их послеоперационного восстановления.

Ключевые слова: кардиохирургия; неврология; неврологические осложнения; психопатологические синдромы; нейропротекция; послеоперационная реабилитация.

Для цитирования: Крылов В.В., Борисова В.А. Неврологические осложнения в кардиохирургии: новый взгляд на старую проблему. *Клиническая медицина*. 2022;100(11–12):520–526. DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2022-100-11-12-520-526>

Для корреспонденции: Крылов Владислав Викторович — e-mail: malus5@yandex.ru

Krylov V.V., Borisova V.A.**NEUROLOGICAL COMPLICATIONS IN CARDIAC SURGERY:
A NEW VIEW ON AN OLD PROBLEM**

M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research and Clinical Institute, 129110, Moscow, Russia

In modern conditions, it is necessary to take into account many factors that affect both the course of the underlying disease and the course of postoperative rehabilitation and long-term results of surgical treatment to improve the results of treatment in cardiac surgery patients. One of these factors is neurological complications associated with cardiac surgery. The article represents a clinical classification of neurological complications of cardiac surgery with a description of the main pathophysiological mechanisms of their development, and the reasoning of a neurologist's role expansion in the examination and treatment of cardiac surgery patients. Ranging patients according to the risk of developing neurological complications, working out individual protocols of neuroprotection, as well as the further study of pathophysiological mechanisms of nervous tissue damage with the identification of triggers for their prevention, will improve the results of cardiac surgery patients' treatment and reduce the time of their postoperative recovery.

Key words: cardiac surgery; neurology; neurological complications; psychopathological syndromes; neuroprotection; postoperative rehabilitation.

For citation: Krylov V.V., Borisova V.A. Neurological complications in cardiac surgery: a new view on an old problem. *Klinicheskaya meditsina*. 2022;100(11–12):520–526. DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2022-100-11-12-520-526>

For correspondence: Vladislav V. Krylov — e-mail: malus5@yandex.ru

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received 28.09.2022

Следствием активного развития медицины в целом и кардиохирургии в частности явились улучшение диагностики и расширение показаний для кардиохирургических вмешательств у взрослых, а также внедрение новых малоинвазивных кардиохирургических методик, что привело к повышению доступности кардиохирургической помощи и закономерному увеличению количества кардиохирургических вмешательств [1].

Данный факт требует углубленного анализа всех аспектов, связанных с лечением кардиохирургической патологии, поскольку только комплексный подход может гарантировать хорошие отдаленные результаты лечения данной категории пациентов.

Важной проблемой остаются неврологические осложнения кардиохирургических вмешательств, поскольку они не только могут приводить к неблагоприятным клиническим исходам, но и сопровождаются наиболее выраженным снижением качества жизни по сравнению с другими осложнениями [2–4].

Следует отметить, что на сегодняшний день попыток классификации и патофизиологического анализа неврологических осложнений у кардиохирургических больных не предпринималось, а существующие в отечественной литературе сообщения об отдельных типах неврологических осложнений носят ограниченный и несистемный характер. При этом в зарубежной литературе

отмечается возрастающий интерес к данной проблеме [5–8].

Классификация неврологических осложнений в кардиохирургии

Значительное распространение получила классификация неврологических осложнений кардиохирургических операций, предложенная Р. Shaw [9].

Однако в настоящее время с учетом фундаментальных анатомо-физиологических и патогенетических механизмов и новых клинко-диагностических данных неврологические осложнения кардиохирургических вмешательств целесообразно подразделять на центральные нарушения, периферические нарушения и психопатологические синдромы.

Центральные неврологические нарушения

В основе центральных неврологических осложнений лежит повреждение центральной нервной системы (ЦНС) и прежде всего головного мозга.

Острое нарушение мозгового кровообращения

Наиболее тяжелым центральным неврологическим нарушением является развитие острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) с формированием ишемического инсульта. По современным данным литературы, кардиохирургические операции с использованием искусственного кровообращения (ИК) сопровождаются развитием ОНМК в 2–10% случаев [10, 11].

В ряде публикаций была доказана связь между уровнем среднего АД во время операции и возникновением инсульта и выдвинуто предположение о связи риска ОНМК с продолжительностью гипотензии во время ИК [12, 13]. Другими причинами формирования ишемических инсультов является эмболический синдром [6, 14–17]. При этом у пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство с ИК, данные визуализационных исследований свидетельствуют о более высокой частоте бессимптомных периперационных инсультов по сравнению с инсультами, которые сопровождаются клинической симптоматикой (39 и 6% соответственно). Кроме того, высокий риск развития инсульта с клинической симптоматикой отмечается у пациентов с наличием бессимптомных инсультов в анамнезе (11 и 3% соответственно) [18]. Следовательно, факт наличия бессимптомных инсультов в анамнезе может свидетельствовать о перенесенных ранее эпизодах церебральной ишемии вследствие микроциркуляторных нарушений и служить ценным маркером для прогнозирования риска развития клинического инсульта при кардиохирургических вмешательствах и осуществления мер для его профилактики.

В зависимости от локализации и объема поражения клиническая картина ОНМК значительно варьирует от субклинических проявлений до тяжелого стойкого неврологического дефицита, приводящего к инвалидизации.

Ранняя диагностика и начало комплексного специфического лечения и реабилитационных мероприятий в ряде случаев позволяет уменьшить зону поражения

и добиться хорошего функционального восстановления, однако в целом прогноз при ОНМК остается неблагоприятным.

Когнитивные нарушения

К когнитивным нарушениям после ИК принято относить нарушение памяти, снижение концентрации внимания и потерю профессиональных навыков вследствие нарушения управляющих функций.

По данным литературы, приблизительно у 42% пациентов когнитивный дефицит сохраняется спустя 5 лет и более после кардиохирургических вмешательств. При этом в течение первых 6 мес. отмечалось постепенное улучшение когнитивных функций как у пациентов с наличием ранней послеоперационной когнитивной дисфункции, так и у больных без когнитивных нарушений. У последних совокупный показатель когнитивного индекса через 5 лет возвращался к дооперационному уровню [19, 20–23].

Ряд авторов к факторам, способствующими развитию стойкого когнитивного снижения, относят низкий образовательный уровень, пожилой возраст и клинически значимый исходный когнитивный дефицит [3, 24, 25].

Также существует взаимосвязь между уровнем интраоперационной гипотензии во время ИК и развитием послеоперационных когнитивных нарушений с уменьшением итогового балла по шкале MMSE [26].

Также было доказано негативное влияние на когнитивные функции болевого синдрома, в основном в областях памяти и внимания [15]. Ирландскими исследователями было предложено объяснение механизма развития когнитивных нарушений на фоне хронической боли, основанное на метаболической конкуренции нейронов, нейропластичности и нарушении нейрохимической регуляции [27].

Судорожные припадки

Другой важной проблемой являются судорожные припадки, развивающиеся в послеоперационном периоде. Часто судорожная активность проявляется как периперационные генерализованные тонико-клонические судороги [28, 29], при этом в литературе встречается описание и бессудорожных приступов [15]. Вследствие трудности распознавания длительность бессудорожных припадков часто неизвестна, что в случае большой их продолжительности может приводить к выраженному неврологическому дефициту [15].

Периферические неврологические нарушения

В основе периферических неврологических осложнений лежит повреждение компонентов периферической нервной системы с развитием различных клинических проявлений в зависимости от локализации и объема поражения нервных стволов.

Парез диафрагмального нерва

Одним из частых осложнений при использовании наружного охлаждения сердца является парез диафраг-

мального нерва, обусловленный прямым криповреждением его поверхностно расположенного ствола. Клинически данное состояние проявляется стойким парезом купола диафрагмы на стороне поражения, что ограничивает экскурсию легкого с развитием вентиляционных нарушений и увеличением риска развития гипостатической пневмонии [30]. Чаще развивается односторонний парез диафрагмального нерва, однако в литературе встречаются описания и двустороннего поражения [31].

Следует отметить, что двусторонний парез диафрагмы сопровождается выраженными дыхательными нарушениями и может потребовать выполнения пролонгированной респираторной поддержки в условиях отделения интенсивной терапии.

Плечевая плексопатия

При использовании торакотомии и различных малоинвазивных доступов к сердцу в результате длительного вынужденного положения верхней конечности, компрессии правого плечевого сплетения из-за неправильной укладки пациента, а также вследствие прямого повреждения плечевого сплетения, например, при канюляции подключичных сосудов, может развиваться плексит плечевого сплетения. Клинически данное состояние проявляется стойким болевым синдромом, снижением двигательной активности вплоть до тяжелого пареза и нарушениями поверхностной чувствительности верхней конечности на стороне поражения. Тяжелая форма плексопатии может приводить к полной потере поверхностной чувствительности, атрофии и параличу мышц верхней конечности [32].

Хронический постторакотомический болевой синдром

Следствием интраоперационного повреждения межреберных мышц и нервов, травмы ребер и неоптимальных способов их сопоставления и сведения, а также неадекватного или недостаточного обезболивания в послеоперационном периоде является развитие хронического постторакотомического болевого синдрома. Данное состояние клинически проявляется рецидивирующими или стойкими (в течение 2 мес. и более после оперативного вмешательства) болями в области торакотомного рубца. При этом в механизме формирования хронического постторакотомического болевого синдрома выделяют миофасциальный и нейропатический компоненты [33].

Полинейропатии

Полинейропатия характеризуется диффузным поражением периферических нервных волокон, входящих в состав различных нервов, и клинически может проявляется периферическим парезом, арефлексией, нарушением чувствительности и вегетативной дисфункцией. При этом полинейропатия чаще дебютирует сенсорными расстройствами с последующим присоединением двигательных и вегетативных нарушений [34].

По данным отечественной и зарубежной литературы, полинейропатия, развивающаяся после кардиохирургических вмешательств, не является уникальной по своему

механизму и обусловлена прежде всего длительным временем оперативного вмешательства и обширной операционной травмой. В то же время описанные выше механизмы повреждения нервной ткани при ИК справедливы и для периферической нервной системы, что обуславливает более высокую частоту развития данных осложнений у кардиохирургических пациентов [7, 8].

Психопатологические синдромы

В отдельную группу следует выделить различные психопатологические реакции, в основе которых лежат функциональные нарушения работы ЦНС под влиянием интраоперационной гипоперфузии головного мозга [35].

При этом существование фона в виде предшествующей цереброваскулярной болезни, сопровождающейся длительной хронической ишемией головного мозга различной степени, может способствовать увеличению длительности и выраженности данных состояний [35].

Хроническая послеоперационная гипертермия

Данная реакция является следствием нарушения работы центра терморегуляции в результате преходящей ишемии гипоталамо-гипофизарной зоны. Клинически проявляется наличием стойкой субфебрильной температуры в послеоперационном периоде при отсутствии каких-либо соматических причин. Следует отметить, что в литературе описание данного синдрома встречается крайне редко, несмотря на умеренную частоту встречаемости у кардиохирургических пациентов [36, 37].

Расстройства сна

Данная психопатологическая реакция проявляется нарушением засыпания, изменением циркадных ритмов, нарушением структуры сна и преобладанием кошмарных тягостных сновидений. При этом пациенты не чувствуют себя отдохнувшими, несмотря на общую удовлетворительную продолжительность сна, что существенно ухудшает качество жизни. Похожие расстройства сна наблюдаются у пациентов, длительно находящихся в отделениях интенсивной терапии, а также после тяжелых черепно-мозговых травм с повреждением головного мозга [38, 39].

Кардиопротезный психопатологический синдром

Данный психопатологический синдром впервые был описан В.А. Скуминым и соавт. и заключается в болезненной фиксации внимания пациентов, перенесших кардиохирургическую операцию, на субъективных соматических ощущениях, в частности работе механических протезов клапанов сердца. При этом, несмотря на объективную положительную динамику соматического статуса, пациенты заявляют об ухудшении самочувствия и высказывают сомнение в успешности проведенной операции, что существенно снижает приверженность к лечению и замедляет послеоперационное восстановление [40].

Данная психопатологическая реакция, по мнению авторов, обусловлена прежде всего состоянием психоло-

гической дестабилизации, связанной с необходимостью согласиться на хирургическое лечение с возможной перспективой восстановления здоровья, но одновременно несущее непосредственную угрозу жизни, или отказаться от лечения, при этом осознавая неизбежность прогрессирования болезни, что в будущем может обусловить невозможность хирургической коррекции вследствие развития необратимых нарушений.

Послеоперационная депрессия

Более распространенным психопатологическим осложнением кардиохирургических вмешательств является послеоперационная депрессия. Клинически ее симптомокомплекс идентичен таковому при типичном депрессивном синдроме и складывается из триады симптомов: снижения настроения (гипотимии), замедления мышления (ассоциативная заторможенность) и двигательной заторможенности. При этом ключевым синдромообразующим признаком является именно снижение настроения.

В зависимости от степени тяжести послеоперационная депрессия может значительно затруднять осуществление лечебных мероприятий в рамках послеоперационной реабилитации, а в особенно тяжелых случаях при отсутствии специфической помощи провоцировать отказ от дальнейшего лечения [35, 41, 42]. Наличие депрессии усиливает выраженность хронического болевого синдрома и расстройств сна [43].

Несмотря на то что некоторые авторы до сих пор ассоциируют причину данного осложнения с дооперационной дисциркуляторной энцефалопатией [41, 44], в основе послеоперационной депрессии у кардиохирургических пациентов, по всей видимости, также лежит состояние психологической дестабилизации с неясностью дальнейших задач и жизненных перспектив. Наибольшей выраженности такая депрессия достигает именно при высоком уровне критического мышления, что подтверждает ведущую роль психологической дестабилизации в генезе данной психопатологической реакции.

Следует отметить, что частота развития послеоперационной депрессии достоверно выше у пациентов с наличием депрессивных расстройств в анамнезе [41].

Послеоперационная депрессия тесно связана с расстройствами сна. В группе пациентов, имеющих различные расстройства сна, послеоперационная депрессия была исходно более выраженной. Также важно отметить, что бессонница является фактором риска развития послеоперационной депрессии, а длительная бессонница увеличивает риск рецидива депрессии [45].

Послеоперационный делирий

Не менее частым осложнением у кардиохирургических пациентов является развитие делириеподобных реакций. Делирий представляет собой острый психоз с помрачением сознания, сопровождающийся иллюзиями и сценopodobными галлюцинациями, нарушением ориентировки в месте, времени и ситуации при сохранении восприятия собственной личности и резким психо-

моторным возбуждением. Продолжительность делирия варьирует от 2 до 5 сут. Основной причиной послеоперационного делирия у кардиохирургических пациентов является церебральная ишемия, обусловленная гипоперфузией головного мозга и дисрегуляцией сосудистого тонуса во время ИК, а также последующей реперфузией головного мозга [46, 47].

При этом наличие бессимптомных инсультов в анамнезе повышает вероятность развития делириеподобных реакций на 16%, а наличие предоперационной депрессии — в 6 раз, что позволяет отнести данные факторы к дополнительным факторам риска [18].

Также развитие послеоперационного делирия является независимым предиктором стойких когнитивных нарушений в послеоперационном периоде [14, 15].

Основные механизмы повреждения нервной ткани при кардиохирургических вмешательствах

На основании приведенной выше классификации можно выделить основные патофизиологические механизмы повреждения компонентов центральной и периферической нервной системы. При этом данные механизмы можно разделить на 2 группы:

- неспецифические механизмы, обусловленные влиянием анестезии и операционной травмы;
- специфические механизмы, связанные с особенностями кардиохирургических вмешательств и воздействием ИК.

Неспецифические механизмы повреждения нервной ткани

1. Длительная анестезия с угнетением сознания [48].
2. Обширная операционная травма с активацией провоспалительных цитокинов и развитием синдрома системной воспалительной реакции [48].
3. Интраоперационная кровопотеря и гемодилюция с развитием гемической гипоксии [49–51].

Специфические механизмы повреждения нервной ткани

1. Контакт форменных элементов крови с внешним контуром аппарата ИК, вызывающий активацию системы комплемента, тромбоцитов, лейкоцитов и эндотелиальных клеток с повышением концентрации провоспалительных цитокинов (ИЛ-6, ИЛ-8, ИЛ-10, ФНО-альфа), что приводит к повышению проницаемости гематоэнцефалического барьера с развитием отека [51–53].
2. Системная гипоперфузия нервной ткани, связанная с необходимостью снижения АД при манипуляциях на аорте. Нарушение перфузии нервной ткани на фоне артериальной гипотонии может усугубляться наличием диффузного поражения артерий мелкого калибра, эндотелиальной дисфункцией и нарушением ауторегуляции сосудистого тонуса. Как правило, большинство пациентов нормально переносят среднее АД на уровне 50 мм рт. ст., однако наличие у больного признаков нарушения механизмов ауторегуляции

требует поддержания среднего АД на уровне 60 мм рт. ст. и выше для профилактики гемодинамически значимой церебральной гипоперфузии [13, 51–53].

3. Реперфузионное повреждение нервной ткани после снятия аортального зажима. Реперфузия провоцирует продукцию активных форм кислорода в митохондриях и пероксисомах нейронов, которые в свою очередь, вступая в реакцию с оксидом азота, обуславливают повышение уровня пероксинитрита, индуцирующего повреждение цепей ДНК. При этом репарация поврежденной ДНК осуществляется группой специфических поли(АДФ-рибоза)-полимераз (PARP), которые связывают участки поврежденной ДНК с поли-АДФ-рибозой (PAR), что является сигналом для ДНК-лигаз и полимераз. Однако несмотря на инициацию процессов репарации ДНК, все энергетические запасы нейронов быстро истощаются, что в дальнейшем на фоне сверхактивации PARP приводит к активации апоптоза и гибели клетки. На основании вышеописанных механизмов в современной литературе высказывается мнение, что ингибирование PARP может способствовать повышению устойчивости нервной ткани к реперфузии [54].
4. Повреждение мембран нейронов при системной гипотермии и ишемии с нарушением их проницаемости и развитием электрической нестабильности, что может проявляться рецидивирующим судорожным синдромом в послеоперационном периоде [49–51].
5. Эмболический синдром, при этом эмболизирующими агентами могут выступать тромботические массы (локализующиеся в полости левого предсердия при длительно существующей фибрилляции предсердий либо в полости левого желудочка при тромбоэндокардите или тромбированной постинфарктной аневризме левого желудочка), фрагменты атероматозных бляшек при манипуляциях на аорте (канюляции и деканюляции аорты, наложении зажима и проксимальных анастомозов аутовенозных шунтов) и сонных артериях, кальцинаты и фрагменты хирургических материалов при манипуляциях на сердечных клапанах, а также воздушные пузырьки при вмешательствах, сопровождающихся вскрытием полостей сердца [47, 55].

Таким образом, основные механизмы повреждения нервной ткани при кардиохирургических вмешательствах являются общими как для центральных, так и для периферических неврологических осложнений. Следовательно дальнейшее изучение способов профилактики, основанных на воздействии на триггерные точки вышеуказанных механизмов, позволит предотвратить развитие большинства неврологических расстройств у кардиохирургических пациентов.

Роль невролога в комплексном лечении кардиохирургических пациентов

Большое значение в профилактике послеоперационных неврологических осложнений имеет комплексное обследование пациентов с целью выявления факторов риска. При этом необходимо расширение протоколов до-

операционного неврологического обследования у пациентов с отягощенным неврологическим анамнезом.

Целесообразно внедрение в клиническую практику новых функциональных проб и шкал, позволяющих определить функциональное состояние (реактивность и лабильность) нервной системы, а также разработка методов инструментальной оценки резервов мозгового кровотока с целью ранжирования пациентов по степени риска развития неврологических осложнений в послеоперационном периоде и разработки индивидуального протокола профилактических мероприятий.

Важным вопросом остается выбор оптимального протокола нейропротекции в ходе оперативного вмешательства, позволяющего нивелировать негативные патофизиологические эффекты ИК и увеличить устойчивость нервных структур к ишемии [56–58]. При этом планирование нейропротекции должно осуществляться с учетом индивидуальных особенностей пациента и его дооперационного неврологического статуса.

Подходы к фармакотерапии неврологических осложнений на сегодняшний день также отличаются полиморфностью и требуют дальнейшего изучения и совершенствования с учетом появления новых данных о патофизиологических и патобиохимических механизмах повреждения нервной ткани [59].

Таким образом, включение осмотра и консультации невролога в алгоритмы обследования и лечения кардиохирургических пациентов на этапе дооперационной подготовки и в раннем послеоперационном периоде позволит предупредить или диагностировать в кратчайшие сроки большинство специфических неврологических осложнений, и, соответственно, как улучшить общее качество жизни пациентов, так и уменьшить сроки послеоперационного восстановления [60, 61].

Заключение

С целью дальнейшего эффективного исследования структуры и механизмов неврологических осложнений после кардиохирургических операций и разработки эффективных методов их коррекции и профилактики целесообразно создание единого регистра таких осложнений, объединяющих базы пациентов различных кардиохирургических подразделений с применением принципов ранжирования и классификации, описанных выше. Также перспективным представляется сравнение такого регистра с аналогичными регистрами неврологических осложнений у хирургических пациентов других категорий (абдоминальная и торакальная хирургия, травматология и ортопедия, нейрохирургия).

В целом, углубленное исследование патофизиологических механизмов развития неврологических осложнений и выявление триггерных точек воздействия для их предупреждения позволят улучшить результаты лечения кардиохирургических пациентов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Глушенко В.А., Иркин Е.К. Сердечно-сосудистая заболеваемость — одна из важнейших проблем здравоохранения. *Медицина и организация здравоохранения*. 2019;4(1):56–63. [Glushchenko V.A., Irklien E.K. Cardiovascular morbidity is one of the most important public health problems. *Meditsina i organizatsiia zdravookhraneniia*. 2019;4(1):56–63. (In Russian)].
2. Бокерия Л.А., Голухова Е.З., Полунина А.Г., Брескина Н.Ю. Методы оценки неврологических исходов в кардиохирургии. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2005;2:8–14. [Bockeria L.A., Golukhova E.Z., Polunina A.G., Breskina N.Yu. Methods for evaluating neurological outcomes in cardiac surgery. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2005;2:8–14. (In Russian)].
3. Шрадер Н.И., Шайбакова В.Л., Лихванцев В.В. и др. Неврологические осложнения аортокоронарного шунтирования. *Журнал неврологии и психиатрии*. 2012;3:76–81. [Shrader N.I., Shaibakova V.L., Likhvantsev V.V. et al. Neurological complications of coronary artery bypass grafting. *Journal of Neurology and Psychiatry*. 2012;3:76–81. (In Russian)].
4. Шабалова А.В., Джибладзе Д.Н., Казаков Э.Н. и др. Неврологические осложнения аортокоронарного шунтирования: виды, патогенез, профилактика. *Нервные болезни*. 2004;4:9–13. [Shabalova A.V., Dzhibladze D.N., Kazakov E.N. et al. Neurological complications of coronary artery bypass grafting: types, pathogenesis, prevention. *Nervnyye bolezni*. 2004;4:9–13. (In Russian)].
5. Raffa G., Agnello F., Occhipinti G. et al. Neurological complications after cardiac surgery: a retrospective case-control study of risk factors and outcome. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2019;14(23):1–9. DOI: 10.1186/s13019-019-0844-8
6. McDonagh D.L., Berger M., Mathew J.P. et al. Neurological complications of cardiac surgery. *The Lancet Neurology*. 2014;13(5):490–502. DOI: 10.1016/S1474-4422(14)70004-3
7. Shah M.P. Chapter 3 — Neurologic Complications of Cardiac Surgery. In book: Aminoff's Neurology and General Medicine, 6th ed. M.J. Aminoff, S.A. Josephson eds. Academic Press, 2021:43–52. DOI: 10.1016/B978-0-12-819306-8.00003-4
8. Gerster P.A., Klesse A., Chang J. et al. Neurological complications in cardiac surgery. *Current Anesthesiology Reports*. 2019;9:223–233. DOI: 10.1007/s40140-019-00344-x
9. Shaw P.J. Neurological complications of cardiovascular surgery: ii. Procedures involving the heart and thoracic aorta. *International Anesthesiology Clinics*. 1986;24(4):159–200. DOI: 10.1097/00004311-198602440-00010
10. Bucerius J., Gummert J.F., Borger M.A. et al. Stroke after cardiac surgery: a risk factor analysis of 16,184 consecutive adult patients. *Ann. Thorac. Surg.* 2003;75:472–478.
11. Wei S., Cao Y.-R., Liu D.-X. et al. Cerebral infarction after cardiac surgery. *Ibrain*. 2022;8:190–198. DOI: 10.1002/ibra.12046
12. Lee V.H., Wijdicks E.F.M. Neurologic Complications of Cardiac Surgery. *CONTINUUM Lifelong Learning in Neurology*. 2008;14(1):145–164. DOI: 10.1212/01.CON.0000299990.24695.06
13. Sun L.Y., Chung A.M., Farkouh M.E. et al. Defining an intraoperative hypotension threshold in association with stroke in cardiac surgery. *Anesthesiology*. 2018;129(3):440–447. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002298
14. Kapoor M.C. Neurological dysfunction after cardiac surgery and cardiac intensive care admission: A narrative review part 1: The problem; nomenclature; delirium and postoperative neurocognitive disorder; and the role of cardiac surgery and anesthesia. *Annals of Cardiac Anaesthesia*. 2020;23(4):383–390. DOI: 10.4103/aca.ACA_138_19
15. Kapoor M.C. Neurological dysfunction after cardiac surgery and cardiac intensive care admission: A narrative review part 2: Cognitive dysfunction after critical illness; potential contributors in surgery and intensive care; pathogenesis; and therapies to prevent/treat perioperative neurological dysfunction. *Annals of Cardiac Anaesthesia*. 2020;23(4):391–400. DOI: 10.4103/aca.ACA_139_19
16. Tarakji K.G., Sabik J.F. 3rd, Bhudia S.K. et al. Temporal onset, risk factors, and outcomes associated with stroke after coronary artery bypass grafting. *JAMA (The Journal of the American Medical Association)*. 2011;305(4):381–390. DOI: 10.1001/jama.2011.37
17. Bergui M., Castagno D., D'Agata F. et al. Selective vulnerability of cortical border zone to microembolic infarct. *Stroke*. 2015;46(7):1864–1869. DOI: 10.1161/STROKEAHA.114.008194
18. Browne A., Spence J., Power P. et al. Perioperative covert stroke in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *JTCVS Open*. 2020;21(4):1–11. DOI: 10.1016/j.xjon.2020.08.008
19. Newman M.F., Kirchner J.L., Phillips-Bute B. et al. Longitudinal Assessment of Neurocognitive Function after Coronary-Artery Bypass Surgery. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. 2001;12(2):57. DOI: 10.1097/01823246-200112020-00007
20. Голухова Е.З., Полунина А.Г. Дисциркуляторная энцефалопатия после операций с искусственным кровообращением: выраженность симптомов в раннем и отдаленном послеоперационных периодах. *Креативная кардиология*. 2011;1:80–91. [Golukhova E.Z., Polunina A.G. Dyscirculatory encephalopathy after operations with cardiopulmonary bypass: the severity of symptoms in the early and late postoperative periods. *Kreativnaya kardiologiya*. 2011;1:80–91. (In Russian)].
21. Алексеева Т.М., Портник О.А., Топузова М.П. Постгипоксическая энцефалопатия у пациентов после кардиохирургических вмешательств: этиологические, патогенетические и клинические аспекты (обзор литературы). *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2018;10(3):121–128. [Aleksееva T.M., Portik O.A., Topuzova M.P. Posthypoxic encephalopathy in patients after cardiac surgery: etiological, pathogenetic, and clinical aspects (a literature review). *Nevrologiya, neyropsikhiatriya, psikhosomatika*. 2018;10(3):121–128. (In Russian)]. DOI: 10.14412/2074-2711-2018-3-121-12
22. Selnes O.A., Gottesman R.F., Grega M.A. et al. Cognitive and neurologic outcomes after coronary-artery bypass surgery. *The New England Journal of Medicine*. 2012;366(3):250–257. DOI: 10.1056/NEJMra1100109
23. Morimoto Y. Postoperative cognitive dysfunction after cardiac surgery. *Anaesthesia, Pain and Intensive Care*. 2016;20(1):S146–S149.
24. Koshewitz L., Lambarth J., Nadeemullah T. Functional impact of cognition after cardiac surgery. *The American journal of occupational therapy* (official publication of the American Occupational Therapy Association). 2021;75(2):7512505193p1. DOI: 10.5014/ajot.2021.75S2-RP193
25. Belinsky A.V., Rasputina L.V., Mostovoy Y.M. et al. Cognitive disorders in patients after cardiac surgery. *Biomedical and Biosocial Anthropology*. 2021;40:26–32. DOI: 10.31393/bba40-2020-04
26. Gottesman R.F., Hillis A.E., Grega M.A. et al. Early postoperative cognitive dysfunction and blood pressure during coronary artery bypass graft operation. *Archives of neurology*. 2007;64(8):1111–1114. DOI: 10.1001/archneur.64.8.noc70028
27. Moriarty O., McGuire B.E., Finn D.P. The effect of pain on cognitive function: a review of clinical and preclinical research. *Progress in Neurobiology*. 2011;93(3):385–404. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2011.01.002
28. Goldstone A.B., Bronster D.J., Anyanwu A.C. et al. Predictors and outcomes of seizures after cardiac surgery: a multivariable analysis of 2,578 patients. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2011;91(2):514–518. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2010.10.090
29. Pataria E., Jung R., Aull-Watschinger S. et al. Seizures After Adult Cardiac Surgery and Interventional Cardiac Procedures. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2018;32(5):2323–2329. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.12.036
30. Kaufman M.R., Ferro N., Paulin E. Phrenic nerve paralysis and phrenic nerve reconstruction surgery (Chapter 14). In book: Handbook of Clinical Neurology. Editor(s): Chen R., Patrice G. Guyenet P.G. Elsevier Saunders, 2022:271–292. DOI: 10.1016/B978-0-323-91532-8.00003-3
31. Aydin H., Kandemir O., Yorgancioglu C., Zorlutuna Y. Bilateral phrenic nerve paralysis after cardiac surgery: A case report. *Chirurgia*. 2006;19(1):45–47.
32. Waldman S.D. Brachial Plexopathy (Chapter 22). In book: Atlas of Common Pain Syndromes? 4th ed. Elsevier Saunders, 2019:82–85. DOI: 10.1016/B978-0-323-54731-4.00022-0
33. Тимербаев В.Х., Лесник В.Ю., Генев П.Г. Хронический болевой синдром после операций на грудной клетке. *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. 2014;VIII(1):14–20. [Timerbayev V.H., Lesnik V.Yu., Genov P.G. Chronic pain syndrome after chest surgery. *Regionarnaya anesteziya i lecheniye ostroy boli*. 2014;VIII(1):14–20. (In Russian)].
34. Давидов Н.Р., Виноградов О.И., Кузнецов А.Н. Полиневропатия после кардиохирургических операций: причины, диагностика, подходы к лечению и профилактике. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2015;10(4):117–121. [Davidov N.R., Vinogradov O.I., Kuznetsov A.N. Polyneuropathy after cardiac operations: causes, diagnosis, approaches to treatment and prevention. *Vestnik Nacionalnogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.Y. Pirogova*. 2015;10(4):117–121. (In Russian)].

35. Миербеков Е.М., Артыкбаев Ж.Т., Еспенбетов Е.Б. Неврологические нарушения и нейропсихологические нарушения у больных, оперированных на сердце в условиях искусственного кровообращения. *Хирургия Узбекистана*. 2011;3:142. [Mierbekov E.M., Artykbaev G.T., Espenbetov E.B. Neurological disorders and neuropsychological disorders in patients operated on the heart under cardiopulmonary bypass. *Khirurgiya Uzbekistana*. 2011;3:142. (In Russian)].
36. Licker M., Ralley F.E., Donati F. Shivering and thermoregulation after cardiac surgery. *Anesthesiology*. 1989;71(3A):A201. DOI: 10.1097/0000542-198909001-00201
37. Griffiths C. Fundamentals of perioperative thermoregulation. In book: *Fundamentals of Operating Department Practice*. D. Rodger, K. Henshaw, P. Rawling, S. Miller Eds. Cambridge: Cambridge University Press, 2022:311–321. DOI: 10.1017/9781108876902.029
38. Checinski, P.J., Watson, P.L. Characteristics of sleep in critically ill patients: part i: sleep fragmentation and sleep stage disruption. In book: *Sleep in Critical Illness*. Weinhouse G.L., Devlin J.W. eds. Springer, Cham, 2022. DOI: 10.1007/978-3-031-06447-0_1
39. Esterov D., Schultz B. Sleep dysfunction and fatigue (Chapter 37). In book: *Brain Injury Medicine*. Eapen B.C., Cifu D.X. eds. Elsevier Saunders, 2020:258–261.e2. DOI: 10.1016/B978-0-323-65385-5.00046-9
40. Бендет Я.А., Морозов С.М., Скумин В.А. Психологические аспекты реабилитации больных после хирургического лечения пороков сердца. *Кардиология*. 1980;20(6):45–51. [Bendet Ya.A., Morozov S.M., Skumin V.A. Psychological aspects of the rehabilitation of patients after the surgical treatment of heart defects. *Kardiologiya*. 1980;20(6):45–51. (In Russian)].
41. Голухова Е.З., Полунина А.Г. Психоэмоциональный статус и когнитивная дисфункция после операций с искусственным кровообращением. В книге: *Пограничные психические расстройства: фундаментальные, клинические и социальные аспекты*. Под ред. Гусева Е.И., Гехт А.Б., Аведисовой А.С., Гуляевой Н.В. М.: ФЦОЗ, 2014:407–424. [Golukhova E.Z., Polunina A.G. Psychoemotional status and cognitive dysfunction after operations with cardiopulmonary bypass. In book: *Borderline mental disorders: fundamental, clinical and social aspects*. Guseva E.I., Gekht A.B., Avedisova A.S., Gulyaeva N.V. eds. Moscow: FCOZ, 2014:407–424. (In Russian)].
42. Kornfeld D.S., Zimberg S., Malm J.R. Psychiatric complications of open-heart surgery. *The New England Journal of Medicine*. 1965;273(6):287–292. DOI: 10.1056/nejm196508052730601
43. Doering L.V., Chen B., McGuire A. et al. Persistent depressive symptoms and pain after cardiac surgery. *Psychosomatic Medicine*. 2014;76(6):437–444. DOI: 10.1097/PSY.0000000000000074
44. Doering L.V., Chen B., Bodán R. et al. Early cognitive behavioral therapy for depression after cardiac surgery. *The Journal of Cardiovascular Nursing*. 2013;28(4):370–379. DOI: 10.1097/JCN.0b013e31824d967d
45. Waterman L.A., Belnap B.H., Gebara M.A. et al. Bypassing the blues: Insomnia in the depressed post-CABG population. *Annals of Clinical Psychiatry*. 2020;32(1):17–26.
46. Thorsteinsdóttir S.A., Sveinsdóttir H., Snædal J. Óráð eftir opna hjartaaðgerð: kerfisbundin samantekt á algengi, áhættuþáttum og afleiðingum [Delirium after open cardiac surgery: systematic review of prevalence, risk factors and consequences]. *Laeknabladid*. 2015;101(6):305–311. DOI: 10.17992/lbl.2015.06.31
47. Bokeria L.A., Golukhova E.Z., Polunina A.G. Postoperative delirium in cardiac operations: microembolic load is an important factor. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2009;88(1):349–350. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2009.02.031
48. Шевченко Ю.Л., Гороховатский Ю.И., Азизова О.А. и др. Системный воспалительный ответ при экстремальной хирургической агрессии. Москва: РАЕН, 2009:273. [Shevchenko Yu.L., Gorokhovatsky Yu.I., Azizova O.A. et al. Systemic inflammatory response in extreme surgical aggression. Moscow: RAYEN, 2009:273. (In Russian)].
49. Kumar V., Abbas A., Fausto N., Aster J. eds. Robbins and cotran pathologic basis of disease, professional edition. 8th ed. Elsevier Saunders, 2009:1464
50. Pathophysiology of heart disease: a collaborative project of medical students and faculty, 5th ed. L.S. Lilly eds. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010:461.
51. Войнов В.А. Патофизиология сердца и сосудов. Учебное пособие. Москва: Издательский дом БИНОМ, 2017:208. [Voynov V.A. Pathophysiology of the heart and blood vessels. Tutorial. Moscow: Izdatelskiy dom BINOM, 2017:208. (In Russian)].
52. Лекции по сердечно-сосудистой хирургии, 3-е издание, переработанное и дополненное. Под ред. Л.А. Бокерия. Москва: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2013:764. [Cardiovascular Surgery Lectures, 3rd ed., revised and expanded. Bokeria L.A. eds. Moscow: NCSSH im. A.N. Bakuleva RAMN, 2013:764. (In Russian)].
53. Kouchoukos N.T., Blackstone E.H., Hanley F.L., Kirklin J.K. Barratt-boyes cardiac surgery: morphology, diagnostic criteria, natural history, techniques, results, and indications, 4th ed, 2-Volume set. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2013:1–2:256.
54. Isabelle M., Morel X., Gagné J.P. et al. Investigation of PARP-1, PARP-2, and PARG interactomes by affinity-purification mass spectrometry. *Proteome Science*. 2010;8:22. DOI: 10.1186/1477-5956-8-22
55. Бокерия Л.А., Полунина А.Г., Бегачев А.В. и др. Ишемическое повреждение головного мозга в кардиохирургии: морфологические корреляты и этиологическая значимость микроэмболов и гипоперфузии. *Креативная кардиология*. 2008;1:103–114. [Bokeria L.A., Polunina A.G., Begachev A.V. et al. Ischemic brain injury in cardiac surgery: morphological correlates and etiological significance of microemboli and hypoperfusion. *Kreativnaya kardiologiya*. 2008;1:103–114. (In Russian)].
56. Суслина З.А., Фоякин А.В., Гераскина Л.А. Кардионеврология: современное состояние и перспективные направления. *Вестник РАМН*. 2012;2:4–10. [Suslina Z.A., Fonyakin A.V., Geraskina L.A. Cardioneurology: the up-to-date key positions and the future prospects. *Vestnik RAMN*. 2012;2:4–10. (In Russian)].
57. Суслина З.А., Бокерия Л.А., Пирадов М.А. и др. Нейропротекция в кардиохирургии. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2009;3(1):4–8. [Suslina Z.A., Bokeria L.A., Piradov M.A. et al. Neuroprotection in cardiac surgery. *Annaly klinicheskoy i eksperimentalnoy neurologii*. 2009;3(1):4–8. (In Russian)].
58. Цейтлин А.М., Лубнин А.Ю. и др. Ишемическое preconditioning мозга. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2010;3:14–22. [Tsaitlin A.M., Lubnin A.Yu. et al. Ischemic preconditioning of the brain. *Pathology of blood circulation and cardiac surgery*. 2010;3:14–22. (In Russian)].
59. Комаров Р.Н., Винокуров И.А. Фармакотерапия неврологических осложнений после операций на сердце. *Общие вопросы сердечно-сосудистой хирургии*. 2016;1:20–24. [Komarov R.N., Vinokurov I.A. Pharmacotherapy of neurological complications after cardiac surgery. *Obshchiye voprosy serdechno-sosudistoy khirurgii*. 2016;1:20–24. (In Russian)]. DOI: 10.17116/kardio20169120-24
60. Charlesworth M., Klein A. Enhanced recovery after cardiac surgery. *Anesthesiology Clinics*. 2022;40(1):143–155. DOI: 10.1016/j.anclin.2021.11.007
61. Romaniuk T.V., Moroz V.S., Maslii S.M. et al. Rehabilitation of patients after cardiac surgery. *International Journal of Medicine and Medical Research*. 2022;7(2):47–50. DOI: 10.11603/ijmmr.2413-6077.2021.2.12556

Поступила 28.09.2022

Информация об авторах/Information about the authors

Крылов Владислав Викторович (Krylov Vladislav V.) — канд. мед. наук, врач — сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения для взрослых и отделения экстренной и плановой консультативной медицинской помощи ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», <https://orcid.org/0000-0002-2706-3496>
Борисова Виктория Анатольевна (Borisova Victoria A.) — врач-невролог, ассистент кафедры неврологии ФУВ ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», <https://orcid.org/0000-0001-9473-5179>