

УДК 616.12-008.46-039-06+616.34-008.64-053.2-07-089
<https://doi.org/10.56871/CmN-W.2025.56.14.013>

Диагностика и коррекция кардиоренального синдрома в неонатальной хирургии

Кристина Владимировна Бударова^{1, 2}, Алексей Николаевич Шмаков^{1, 3},
Станислав Александрович Сергеев⁴, Владимир Николаевич Кохно¹,
Наталья Львовна Елизарьева¹

¹ Новосибирский государственный медицинский университет, 630091, г. Новосибирск, Красный пр., д. 52, Российская Федерация

² Клиническая больница «РЖД-Медицина» Новосибирск, 630003, Владимировский спуск, г. Новосибирск, д. 2а, Российская Федерация

³ Государственная Новосибирская областная клиническая больница, 630087, г. Новосибирск, ул. Немировича-Данченко, д. 130, Российская Федерация

⁴ Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина. 630055, г. Новосибирск, ул. Речкуновская, д. 15, Российская Федерация

Для цитирования: Бударова К.В., Шмаков А.Н., Сергеев С.А., Кохно В.Н., Елизарьева Н.Л. Диагностика и коррекция кардиоренального синдрома в неонатальной хирургии. *Children's Medicine of the North-West*. 2025;13(4):173–183.
<https://doi.org/10.56871/CmN-W.2025.56.14.013>.

Поступила: 22.07.2025

Одобрена: 17.09.2025

Принята к печати: 10.12.2025

РЕЗЮМЕ. Введение. Кардиоренальный синдром (КРС) – достаточно часто встречающийся патологический процесс у детей с врожденными пороками развития (ВПР), находящихся в критическом состоянии, однако диагностика его весьма трудоемка. **Цель исследования** – выявление факторов риска развития КРС у новорожденных с ВПР желудочно-кишечного тракта, нуждающихся в хирургическом вмешательстве. **Материалы и методы.** В период с 2021 по 2023 г. на базе ГБУЗ НСО «Новосибирская областная клиническая больница» выполнено ретроспективное когортное исследование, в котором проведен анализ клинико-лабораторных показателей 111 пациентов с ВПР, прооперированных в раннем неонатальном периоде. Медиана возраста пациентов составила 2 дня (1; 2). Сформированы две группы в зависимости от наличия кардиоренального синдрома, подтвержденного лабораторными данными (тропонин Т, N-терминальный пропептид мозгового натрийуретического пептида (NT-pro-BNP), креатинин крови). **Результаты.** Выявлена сильная корреляционная зависимость между уровнями тропонина Т, NT-pro-BNP, креатинина крови и наличием КРС. На основании сочетанного изменения уровня тропонина Т более 0,1 нг/мл (Se 86%, Sp 83%), NT-pro-BNP более 6000 пг/мл (Se 88%, Sp 82%) и креатинина крови (в перерасчете на сутки жизни по СКФ ≤ 20 мл/м² в минуту (Se 82%, Sp 79%) проведена диагностика КРС. В первые сутки после операции у новорожденных с КРС выявлено увеличение потребности в трансфузии альбумина ($p=0,042$), необходимость в вазопрессорной поддержке статистически незначима ($p=0,060$). К третьим суткам у детей с КРС было статистически значимым применение петлевого диуретика с целью гемодинамической разгрузки ($p=0,029$), недоношенность – независимый фактор риска развития КРС ($p=0,009$). **Заключение.** Максимальная частота развития кардиоренального синдрома отмечается на третьи сутки после операции с регрессированием симптоматики у большинства пациентов к седьмым суткам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кардиоренальный синдром, факторы риска, дети, неонатальная хирургия, полиорганная недостаточность

✉ Кристина Владимировна Бударова. E-mail: bcv@yandex.ru

© Коллектив авторов, 2025

<https://doi.org/10.56871/CmN-W.2025.56.14.013>

Diagnosis and correction of cardiorenal syndrome in neonatal surgery

Kristina V. Budarova^{1, 2}, Alexey N. Shmakov^{1, 3}, Stanislav A. Sergeev⁴, Vladimir N. Kokhno¹, Natalia L. Elizar'eva¹

¹ Novosibirsk State Medical University, 52 Krasny ave., Novosibirsk, 630091, Russian Federation

² Clinical Hospital "RZD-Medicine" Novosibirsk, 2a Vladimirovskiy ramp., Novosibirsk, 630003, Russian Federation

³ State Novosibirsk Regional Clinical Hospital, 130 Nemirovich-Danchenko str., Novosibirsk, 630087, Russian Federation

⁴ Meshalkin National Medical Research Center, 15 Rechkunovskaya str., Novosibirsk, 630055, Russian Federation

For citation: Budarova K.V., Shmakov A.N., Sergeev S.A., Kokhno V.N., Elizar'eva N.L. Diagnosis and correction of cardiorenal syndrome in neonatal surgery. *Children's Medicine of the North-West*. 2025;13(4):173–183. (In Russian). <https://doi.org/10.56871/CmN-W.2025.56.14.013>.

Received: 22.07.2025

Revised: 17.09.2025

Accepted: 10.12.2025

ABSTRACT. Introduction. Cardiorenal syndrome (CRS) is a fairly common pathological process in children with congenital malformations (CM) who are in critical conditions. Its diagnosis is difficult. **The purpose** is the identification risk factors for the cardiorenal syndrome's development in newborns with the gastrointestinal tract congenital malformations requiring surgical intervention. **Materials and methods.** A retrospective cohort study was conducted in the ICU "Regional Clinical Hospital" in Novosibirsk in 2021–2023. The study included 111 patients after surgery in the early neonatal period. The median patients' age was 2 days (1; 2). Depending on the presence of cardiorenal syndrome confirmed by laboratory data (troponin T, NT-pro-BNP, blood creatinine) two groups were formed. **Results.** The levels of troponin T, NT-pro-BNP, blood creatinine had the high correlation. Based on the combined changes in troponin T levels – more than 0,1 ng/ml (Se 86%, Sp 83%), NT-pro-BNP more than 6000 pg/ml (Se 88%, Sp 82%) and blood creatinine (calculated per days of life according to glomerular filtration rate ≤ 20 ml/m²/min (Se 82%, Sp 79%) diagnostics were carried out. Newborns with cardiorenal syndrome had an increased need for albumin transfusion ($p=0,042$), the need for vasopressor support was statistically insignificant ($p=0,060$) on the 1st day after surgery. On the 3rd day, using loop diuretic for hemodynamic unloading was statistically significant in children with CRS ($p = 0,029$), prematurity is an independent risk factor for the development of CRS ($p=0,009$). **Conclusion.** The maximum incidence of cardiorenal syndrome is noted on the third day after surgery with regression of symptoms in most patients by the seventh day.

KEYWORDS: cardiorenal syndrome, risk factors, children, neonatal surgery, multiple organ failure

✉ Kristina V. Budarova. E-mail: bcv@yandex.ru

© by the authors', 2025

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная терапия новорожденных с врожденными пороками развития (ВПР) желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), требующими хирургического лечения, невозможна без комплексного мультидисциплинарного подхода, приобретает характеристики медицины «4П»: персонализированная, предсказательная, превентивная, партнерская.

В настоящее время разработаны два протокола периоперационного ведения новорожденных [1, 2]. Унифицирован алгоритм обеспечения анестезии и интенсивной терапии, основанный на принципах Safetots (безопасная анестезия для каждого малыша), где указаны цели, задачи, тактика достижения [1]. Протокол Enhanced Recovery After Surgery, 2020, разработанный для снижения послеоперационных осложнений, сокращает время восстановления новорожденных после хирургического лечения ВПР ЖКТ [2].

В приведенных протоколах большое внимание уделяется мониторингу, стабилизации гемодинамики, достижению нормоволемии, нормотензии, нормокардии с целью снижения риска гипо- и реперфузионных осложнений. Одним из таких осложнений является кардиоренальный синдром (КРС; *cardiorenal syndrome, CRS*), реализующий патогенетическую взаимосвязь между нарушениями сократительной функции миокарда и гипоперфузионным повреждением почек.

Кардиоренальный синдром (P. Ledoux, 1951) в источниках литературы обозначается как «кардиоренометаболический синдром» (L. Palaniappan et al., 2003), «кардиоренальный анемический синдром» (D.S. Silverberg, 2003) и «кардиоренальный континуум» (V.J. Dzau et al., 2005) [3], широко освещен в литературе у взрослых с патологией почек и сердца, при длительно текущих заболеваниях (артериальная гипертензия, сахарный диабет) [4–6], однако публикации, посвященные этой проблеме у детей, весьма малочисленны.

В 1990 г. A. Guyton представил кардиоренальные взаимосвязи в виде гемодинамической модели, а в 2011 г. I. Muhlberger и соавт. выявили 280 протеинов, ассоциированных с КРС, значимая доля отводилась генам ренин-ангиотензиновой системы [3, 7]. Нарушения нейрогуморальной регуляции возникают на различных уровнях с последующими структурными изменениями в виде кардиоваскулярного ремоделирования.

На согласительной конференции Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI, Инициатива качественного

острого диализа, 2008), посвященной определению критериев и тактики ведения пациентов с почечной недостаточностью, была представлена классификация КРС с выделением пяти его типов, у детей в 80% случаев встречается 1-й тип – острый КРС [6, 8]. Отмечена эффективность мультимаркерной стратегии в диагностике КРС на доклинической стадии. Выбор маркеров основывается на принципах концепции SMART (специфичный/чувствительный, измеряемый, доступный, воспроизводимый, своевременный) [9].

КРС отождествляют с полиорганной недостаточностью (ПОН), однако в предлагаемых шкалах оценки тяжести органной дисфункции у новорожденных клинические критерии занимают ведущую позицию [10, 11]. В 2017 г. была представлена упрощенная неонатальная шкала SOFA (*Sequential Organ Failure Assessment*) [12], рассматриваемая нами как вариант скрининговой оценки витальных функций. В педиатрической шкале SOFA оценка сердечно-сосудистой системы близка к адаптированной к периоду новорожденности шкале SOFA, почечная функция оценивается по креатинину с расчетом скорости клубочковой фильтрации (СКФ) [7, 13]. Таким образом, КРС может рассматриваться как промежуточное звено между нормальным функционированием органов и развитием полиорганной недостаточности.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – выявление факторов риска развития кардиоренального синдрома у новорожденных с врожденными пороками развития желудочно-кишечного тракта, нуждающихся в хирургическом вмешательстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено ретроспективное сравнительное исследование на базе детского отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) Государственной Новосибирской областной клинической больницы (ГНОКБ) в период с 2021 по 2023 гг. в рамках протокола этического комитета ГНОКБ № 1 от 09.03.2021 г.

Критерии включения: новорожденные до 7 дней жизни, врожденные пороки ЖКТ, требующие срочного и неотложного хирургического лечения, необходимость проведения интенсивной терапии в условиях ОРИТ в течение 5–7 дней и более.

Критерии не включения: наличие критических врожденных пороков сердца (ВПС), состояние

после перенесенной тяжелой асфиксии, искусственная вентиляция легких с фракцией кислорода в инспираторном газе (FiO_2) более 0,8.

Критерии исключения: летальный исход в течение 7 дней с момента поступления, перевод в другой стационар в течение 7 дней с момента поступления.

Генеральная совокупность исследовательской выборки до применения критериев исключения составила 119 пациентов, после — 111 пациентов, из них 69 мальчиков, 42 девочки. В 83% случаев новорожденные доношенные, в 17% ($n=19$) имели I и II степени недоношенности. В 24% ($n=27$) диагностирована задержка внутриутробного развития. Нозологическая характеристика группы: пороки, связанные с высокой кишечной непроходимостью (атрезия пищевода, мембрана (атрезия) двенадцатиперстной кишки), — 45 (40%); пороки, связанные с низкой кишечной непроходимостью (атрезия тощей и подвздошной кишки, аноректальная мальформация, аномалия ротации и фиксации кишечника, болезнь Гиршпрунга), — 46 (41%); врожденная левосторонняя диафрагмальная грыжа — 6 (5%); омфалоцеле (средних и больших размеров) — 7 (7%); гастрошизис — 7 (7%). Оценка ПОН проведена по шкале aSOFA (адаптированная, adaptive) [10] на этапах: 1-й — 5 баллов (2; 7), 2-й — 9 баллов (3; 11), 3-й — 4 балла (3; 8), 4-й — 3 балла (2; 4).

В исследование были включены маркеры миокардиальной ишемии (тропонин Т, креатинкиназа МВ, миоглобин), кардиоваскулярного моделирования (NT-pro-BNP), почечного повреждения (мочевая кислота, креатинин крови, альбумин в моче), нейрогуморальная регуляция оценена неинвазивным методом (кардиоинтервалография) и представлена значениями индекса напряжения как мерой симпатовагального баланса.

Исследуемые показатели регистрировали на четырех этапах: при поступлении в ОПИТ (1-е сутки), в 1-е, 3-и, 7-е сутки после хирургического лечения.

Биохимический профиль крови определяли с помощью анализаторов Mindray BS-800 (Китай), COBAS H232 (Hitachi, Япония), концентрацию альбумина в моче — прибором DCA Vantage (Siemens HD, США).

Статистическая обработка материала выполнена с применением программы Microsoft Office Excel 2010, SPSS 23.0, применяли методы непараметрической статистики. Результаты представлены в виде медианы (Me), 25-го и 75-го перцентилей. Группировка показателей на этапах выполнена факторным анализом на основании метода глав-

ных компонент, вариант вращения — варимакс с нормализацией Кайзера и мерой адекватности Кайзера–Майера–Олкина (КМО). Для сравнения двух связанных выборок использовали Т-критерий Уилкоксона, для межгрупповых показателей — U-критерий Манна–Уитни, χ^2 Пирсона. Прогностическую ценность показателя в группах оценивали с помощью ROC-анализа с выделением точки отсечения по Индексу J, сбалансированного по чувствительности (Se) и специфичности (Sp). Нулевая гипотеза отвергалась при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Диагностика КРС проведена с включением трех показателей, вошедших в первую компоненту факторного анализа (табл. 1). Связи между показателями устойчивые, однонаправленные на всех этапах, наибольшей теснотой характеризовались 1-й и 3-й этапы.

С помощью метода бинарной классификации и определения точек отсечения для выявленных маркеров (тропонина Т более 0,1 нг/мл (Se 86%, Sp 83%), NT-pro-BNP более 6000 пг/мл (Se 88%, Sp 82%) и креатинина крови (в перерасчете на сутки жизни по СКФ ≤ 20 мл/м² в минуту (Se 82%, Sp 79%), рассчитанную по клиренсу креатинина в формуле Schwartz (1976)) дети были разделены на две группы в зависимости от наличия КРС на каждом этапе: 1-я группа — новорожденные с КРС, 2-я группа — без КРС (табл. 2).

Встречаемость КРС в раннем послеоперационном периоде возросла в три раза с этапа поступления со снижением частоты к 7-м суткам. Представлены значения и динамика кардиомаркеров в выделенных двух группах и всей выборке в целом (табл. 3).

Значимые устойчивые отличия ($p < 0,05$ на всех этапах) определены для кардиомаркеров (тропонин Т и NT-pro-BNP) и концентрации креатинина в крови, представленной расчетом скорости клубочковой фильтрации. При поступлении у новорожденных значимых отличий по СКФ не выявлено, в группе 1 устойчивое снижение расчетного показателя сохранялось 3 суток послеоперационного периода, к 7-м суткам значения выросли более чем в 1,5 раза от 1-х суток. В группе 1 отмечен подъем концентрации тропонина Т на 1-е сутки с дальнейшим регрессом к 3-м суткам, концентрация NT-pro-BNP возрастала на всех этапах. В обеих группах значимые отличия по остальным показателям, представленным в таблице 2, не определены, за исключением

Таблица 1. Матрица компонент факторного анализа на этапах**Table 1.** Matrix of factor analysis components at stages

Этап Stage	Количество компонент Number of components	1
1	Тропонин Т, нг/мл Troponin T, ng/ml	0,914
	NT-pro-BNP, пг/мл / pg/ml	0,912
	Креатинин крови, мкмоль/л Serum creatinine, $\mu\text{mol/l}$	0,894
КМО=0,683, $p=0,000$, совокупность дисперсии 81% КМО=0,683, $p=0,000$, dispersion set 81%		
2	Тропонин Т, нг/мл Troponin T, ng/ml	0,815
	Креатинин крови, мкмоль/л Serum creatinine, $\mu\text{mol/l}$	0,798
	NT-pro-BNP, пг/мл / pg/ml	0,766
КМО=0,591, $p=0,000$, совокупность дисперсии 72% КМО=0,591, $p=0,000$, dispersion set 72%		
3	NT-pro-BNP, пг/мл / pg/ml	0,981
	Креатинин крови, мкмоль/л Serum creatinine, $\mu\text{mol/l}$	0,977
	Тропонин Т, нг/мл Troponin T, ng/ml	0,847
КМО=0,553, $p=0,000$, совокупность дисперсии 65% КМО=0,553, $p=0,000$, dispersion set 65%		
4	NT-pro-BNP, пг/мл / pg/ml	0,830
	Тропонин Т, нг/мл Troponin T, ng/ml	0,776
	Креатинин крови, мкмоль/л Serum creatinine, $\mu\text{mol/l}$	0,726
КМО=0,64, $p=0,000$, совокупность дисперсии 66% КМО=0,64, $p=0,000$, dispersion set 66%		

Примечание: КМО — мера адекватности Кайзера–Майера–Олкина.

Note: КМО — Kaiser–Meyer–Olkin adequacy measure.

Таблица 2. Частота встречаемости кардиоренального синдрома в группах на этапах исследования**Table 2.** Frequency of occurrence of cardiorenal syndrome in groups at study stages

Этап Stage	1	2	3	4
Кардиоренальный синдром — да Cardiorenal syndrome — yes	7 (6%)	24 (22%)	17 (15%)	10 (9%)
Кардиоренальный синдром: нет Cardiorenal syndrome — no	104 (94%)	87 (78%)	94 (85%)	101 (91%)
Количество Quantity	111 (100%)	111 (100%)	111 (100%)	111 (100%)

индексов напряжения при поступлении, миоглобина на 3-и сутки. В двух группах значения приближены к показателям всей выборки, выявлен однотипный подъем острофазовых маркеров кардиальной группы в прямой корреляционной связи с индексом напряжения и маркерами острого почечного повреждения — альбуминурия и мочева кислота.

Проведена оценка частоты развития КРС от наличия зависимых и независимых факторов. В 1-е сутки после операции группы значительно отличались по потребности в трансфузии альбумина (выше у новорожденных с КРС), разница по потребности в инфузии катехоламина (допамин более 8 мкг/кг в минуту, эпинефрин более

Таблица 3. Значение и динамика показателей почечной и кардиальной дисфункций**Table 3.** The value and dynamics of indicators of renal and cardiac dysfunction

Показатель Indicator	Этап Stage	1-я группа 1st group	2-я группа 2nd group	Динамика в двух группах Dynamics in two groups	p, U-критерий p, U-criteria
тропонин T, нг/мл troponin T, ng/ml	1	0,14 (0,12; 0,2)	0,08 (0,05; 0,1)	0,09 (0,05; 0,14)	0,003
	2	0,17 (0,12; 0,2)	0,08 (0,06; 0,11)	0,1 (0,07; 0,20)*	0,001
	3	0,12 (0,1; 0,16)	0,06 (0,04; 0,08)	0,08 (0,06; 0,10)**	0,009
	4	0,05 (0,04; 0,08)	0,04 (0,04; 0,05)	0,04 (0,04; 0,06)***	0,036
NT-про-BNP, пг/мл NT-pro-BNP, pg/ml	1	7780 (6400; 9489)	4120 (2700; 5680)	5895 (3705; 6989)	0,002
	2	9580 (5700; 9900)	7640 (4100; 9000)	7640 (4100; 9000)*	0,004
	3	9787 (6323; 10000)	7600 (4860; 9000)	7987 (3823; 9100)	0,022
	4	9856 (7450; 9970)	4140 (2910; 5650)	4381 (2470; 6770)***	0,001
креатини- наза MB, нг/ мл creatinine kinase MB, ng/ml	1	5,4 (4,9; 6,3)	6,4 (4,2; 8,6)	5,6 (4,4; 9,1)	0,891
	2	7,3 (6,6; 13,5)	8,9 (5,9; 12)	8,4 (5,4; 11,7)*	0,115
	3	8,2 (7,6; 12,7)	5,9 (4,6; 7,5)	6,1 (4,30; 7,95)**	0,635
	4	6,5 (3,9; 13)	4,4 (2,7; 6,4)	4,3 (2,8; 6,7)***	0,350
миоглобин, нг/мл myoglobin, ng/ml	1	76 (42; 91)	45 (35; 67)	49 (39; 74)	0,541
	2	102 (55; 121)	93 (72; 104)	94 (59; 112)*	0,876
	3	67 (39; 104)	35 (32; 52)	38 (30; 62)**	0,003
	4	47 (30; 56)	31 (30; 35)	30 (30; 39)***	0,341
альбумин мочи, мг/л albumin urea, mg/l	1	42 (25; 89)	22 (17; 46)	22 (13; 65,0)	0,891
	2	94 (67; 145)	71 (45; 101)	87 (58; 106)*	0,542
	3	61 (22; 101)	38 (9; 77)	56 (18; 89)**	0,499
	4	33 (12; 73)	14 (5; 36)	15,6 (5; 44)***	0,770
мочевая кислота, мкмоль/л uric acid, μm/l	1	285 (163; 362)	223 (177; 332)	234 (154; 310)	0,799
	2	261 (138; 333)	246 (193; 319)	246 (172; 354)	0,941
	3	148 (126; 241)	151 (119; 238)	154 (120; 247)**	0,880
	4	129 (98; 206)	112 (91; 135)	116 (103; 145)***	0,764
СКФ, мл/мин/1,73м ² GFR, ml/min/1.73m ²	1	25 (22; 31)	29 (23; 40)	28 (22; 37)	0,645
	2	24 (20; 28)	29 (25; 39)	26 (21; 37)	0,000
	3	22 (17; 36)	40 (29; 47)	38 (27; 43)**	0,001
	4	31 (15; 31)	42 (34; 52)	43 (34; 53)***	0,002
индекс напряжения, усл. ед. stress index, cur.un.	1	2103 (1233; 2709)	1340 (1077; 1911)	1988 (989; 2413)	0,799
	2	2370 (1895; 2689)	1823 (1209; 2475)	2510 (1410; 2920)*	0,941
	3	1304 (1104; 1923)	907 (681; 1564)	898 (607; 1804)**	0,329
	4	789 (404; 1059)	405 (298; 961)	379 (294; 1137)***	0,764

Примечание: * — значимое отличие этапов 1–2 критерия Уилкоксона, $p < 0,05$; ** — значимое отличие этапов 2–3 критерия Уилкоксона, $p < 0,05$; *** — значимое отличие этапов 3–4 критерия Уилкоксона, $p < 0,05$. СКФ — скорость клубочковой фильтрации.

Note: * — significant difference between stages 1–2 Wilcoxon test, $p < 0,05$; ** — significant difference between stages 2–3 Wilcoxon test, $p < 0,05$; *** — significant difference between stages 3–4 Wilcoxon test, $p < 0,05$. GFR — glomerular filtration rate.

Таблица 4. Зависимость частоты развития кардиоренального синдрома от наличия факторов в первые сутки после операции (этап 2)

Table 4. Dependence of the frequency of development of cardiorenal syndrome (on factors in the first day after surgery (stage 2)

Факторы Factors	Показатель Indicator	КРС_да CRS_yes (n=24)	КРС_нет CRS_no (n=87)	χ^2	р, точный критерий Фишера p, Fisher's exact test	ОШ OR	95% ДИ 95% CI
Зависимые Dependent	Трансфузия альбумина, n Albumin transfusion, n	7 (44%)	9 (56%)	5,4	0,042	3,6	(1,3; 9,9)
	Гемо- (плазмо-) трансфузии, n Hemo- (plasma-) transfusion, n	4 (36%)	7 (64%)	1,6	0,241	2,3	(0,6; 8,5)
	Инфузия катехоламина, n Catecholamine infusion, n	10 (36%)	18 (64%)	4,4	0,060	2,8	(1,2; 7,1)
	Перегрузка жидкостью + диуретики, n Fluid overload + diuretics, n	2 (25%)	6 (75%)	0,1	0,682	1,3	(0,3; 6,5)
	Диуретики, n Diuretics, n	7 (17%)	35 (83%)	1,3	0,263	1,8	(0,7; 5,1)
Независимые Independent	Врожденный порок (торакальный), n Congenital defect (thoracic), n	9 (73%)	18 (27%)	2,9	0,109	2,3	(0,9; 6,1)
	Врожденный порок (торакальный) + порок сердца, n Congenital defect (thoracic) + heart defect, n	6 (40%)	9 (60%)	3,5	0,089	2,9	(0,9; 9,1)
	Задержка внутриутробного развития, n Intrauterine growth retardation, n	9 (33%)	18 (67%)	2,9	0,112	2,3	(0,9; 6,1)
	Недоношенность, n Prematurity, n	6 (31%)	13 (69%)	1,3	0,357	1,9	(0,6; 5,7)

Примечание: ДИ — доверительный интервал; КРС — кардиоренальный синдром; ОШ — отношение шансов (здесь и далее в таблицах).

Note: CI — confidence interval; CRS — cardiorenal syndrome; OR — odds ratio (here and further in the tables).

Таблица 5. Зависимость частоты развития кардиоренального синдрома от наличия факторов на третьи сутки после операции (этап 3)

Table 5. Dependence of the frequency of development of cardiorenal syndrome on the presence of factors on the third day after surgery (stage 3)

Факторы Factors	Показатель Indicator	КРС_да CRS_yes (n=24)	КРС_нет CRS_no (n=87)	χ^2	р, точный критерий Фишера p, Fisher's exact test	ОШ OR	95% ДИ 95% CI
Зависимые Dependent	Трансфузия альбумина, n Albumin transfusion, n	10 (24%)	32 (76%)	3,8	0,062	2,8	(0,96; 7,9)
	Инфузия катехоламина, n Catecholamine infusion, n	3 (30%)	7 (70%)	1,8	0,180	2,7	(0,6; 11,5)
	Диуретики, n Diuretics, n	8 (29%)	19 (71%)	5,6	0,029	3,5	(1,2; 10,3)
	Гемо- (плазмо-) трансфузии, n Hemo- (plasma-) transfusion, n	3 (16%)	16 (84%)	0,05	0,984	1,1	(0,3; 4,0)
	Перегрузка жидкостью + диуретики, n Fluid overload + diuretics, n	3 (38%)	5 (62 %)	3,3	0,102	3,2	(0,7; 13,1)
Независимые Independent	Недоношенность, n Prematurity, n	7 (37%)	12 (63%)	8,2	0,009	4,8	(1,5; 14,1)
	Врожденный порок (торакальный), n Congenital defect (thoracic), n	7 (26%)	20 (74%)	3,1	0,121	2,6	(0,9; 7,6)
	Врожденный порок (торакальный) + порок сердца, n Congenital defect (thoracic) + heart defect, n	2 (25%)	6 (75%)	0,6	0,353	1,9	(0,4; 10,6)
	Задержка внутриутробного развития, n Intrauterine growth retardation, n	4 (15%)	23 (85%)	0,07	0,956	0,95	(0,3; 3,2)

0,05 мг/кг в минуту) определена, но статистически незначима (табл. 4).

На 3-и сутки фактор потребности в гемодинамической разгрузке за счет включения петлевого диуретика приобрел статистическую значимость (табл. 5). Недоношенность — значимый независимый фактор в группе новорожденных с КРС.

На 3-и сутки методом логит-регрессии продемонстрирована возможность расчета вероятности развития КРС:

$$p = 1 / (1 + e^{-z}),$$

$$z = -6,9 + 10^{-3} \cdot X_1 + (19,2 \cdot X_2 - 0,08 \cdot X_3),$$

где X_1 — NT-pro-BNP, пг/мл; X_2 — тропонин Т, нг/мл, X_3 — скорость клубочковой фильтрации, мл/мин/1,73 м²

Характеристика модели R^2 Nagelkerke = 58%, $\chi^2=44,6$, $p=0,000$.

ОБСУЖДЕНИЕ

Диагностика кардиоренального синдрома рассматривается как важная часть персонифицированного подхода к ведению детей с сочетанными пороками развития сердца и почек. Т.М. Первунина и соавт. представили алгоритм пренатальной диагностики КРС, подготовки к родоразрешению, постнатального контроля и совершенствования методов хирургической коррекции [14]. В структуре ВПС наиболее значимыми для формирования КРС считаются: дефект межжелудочковой и межпредсердной перегородок, открытый артериальный проток. По нашим данным, сочетание ВПР торакальной области (атрезия пищевода, свищевая форма, левосторонняя диафрагмальная грыжа) и сердца (открытый артериальный проток, открытое овальное окно, дефекты межжелудочковой или межпредсердной перегородок) не оказало значимого влияния на встречаемость КРС у новорожденных, прооперированных по поводу ВПР ЖКТ. Результаты подтверждают значимость недоношенности ($p=0,009$) как фактора риска и реализации КРС [14]. Диагностированный КРС имел транзиторный характер в рамках полиорганной дисфункции, нарастающей у новорожденных в ранние сроки послеоперационного периода, что можно интерпретировать как следствие воздействия комплекса повреждающих периоперационных факторов: хирургический стресс, прямое мышечное повреждение, нарушение термогенеза, медикаментозно индуцируемая кардиодепрессия. По мере разрешения нейрогуморального перенапряжения (снижение индекса кардиоинтервалограммы) от-

мечено однонаправленное значимое снижение показателей кардиоренальной дисфункции. Миокардиальное перенапряжение (транзиторная ишемия миокарда с риском развития кардиогенного шока) в раннем неонатальном периоде первично относительно почечного повреждения, что сопоставимо с данными других авторов [15, 16]. М.В. Эрман и соавт. утверждали, что частота развития острого почечного повреждения вследствие перинатальной гипоксии у новорожденных различного гестационного возраста высока и составляет 15,6–38,0%, а у оперированных по поводу ВПС — 62–64% [17]. Более быстрая динамика тропонина Т и устойчивость концентрации NT-pro-BNP на этапах и влияние значимых составляющих интенсивной терапии: трансфузия альбумина ($p=0,042$) на 1-е сутки, диуретическая терапия ($p=0,029$) на 3-и сутки подтверждали важность контроля объема и состава инфузионной терапии для предотвращения экстракапиллярной утечки плазмы вследствие снижения коллоидно-осмотического давления в капиллярах, гиперволемии [18, 19]. Прогностические значения концентрации креатинина в крови у больных с ПОН относительно одиночных или комбинированных конечных точек подтверждены многочисленными международными метаанализами и российскими исследованиями: СКФ и увеличение концентрации креатинина за исследуемые периоды времени госпитализации являются независимыми предикторами тяжести почечной недостаточности, общей и сердечно-сосудистой смертности (выше, чем функциональный класс сердечной недостаточности и фракция выброса левого желудочка) [4]. Доказана высокая прогностическая способность в отношении неблагоприятного исхода и развития почечной недостаточности при наличии альбуминурии [14, 20]. Таким образом, комплексный подход, основанный на маркерной стратегии, полезен для ранней диагностики и динамической оценки кардиоренального синдрома у новорожденных с хирургическими врожденными пороками развития ЖКТ.

ВЫВОДЫ

1. Кардиоренальный синдром у новорожденных с ВПР, нуждающихся в хирургическом лечении, — транзиторный патологический процесс с максимальной частотой клинических проявлений на 3-и сутки после операции с последующим регрессированием к 7-м суткам.

2. Недоношенность — независимый фактор риска развития кардиоренального синдрома у ново-

рожденных с врожденными пороками развития ЖКТ, перенесших хирургические вмешательства.

3. Потребность в коррекции гипоальбуминемии в 1-е сутки после операции и применении петлевых диуретиков на 3-и сутки — маркеры наличия кардиоренального синдрома у новорожденных с аномалиями развития органов брюшной полости.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию.

Авторы получили письменное согласие законных представителей пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors' made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors' declare that they have no competing interests.

Funding. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from legal representatives of the patients for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

- Weiss M., Vutskits L., Hansen T.G., Engelhardt T. Safe anesthesia for every tot — the SAFETOTS initiative. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2015;28(3):302–307. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000186>.
- Brindle M.E., McDiarmid C., Short K., Miller K., MacRobbie A. et al. Consensus Guidelines for Perioperative Care in Neonatal Intestinal Surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Society Recommendations. *World J Surg.* 2020;44(8):2482–2492. <https://doi.org/10.1007/s00268-020-05530-1>.
- Нежданов К.С., Милованова Л.Ю., Стрижаков А.А., Краснова Т.Н. Кардиоренальные синдромы: история и современность. *Терапевтический архив.* 2023;95(6):521–525. <https://doi.org/10.26442/00403660.2023.06.202234>.
- Rangaswami J., Bhalla V., Blair J.E., Chang T.I., Costa S., Lentine K.L. et al. Cardiorenal syndrome: Classification, pathophysiology, diagnosis, and treatment strategies: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2019;139(16):e840–e878. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000664>.
- Ronco C., Di Lullo L. Cardiorenal Syndrome in western countries: epidemiology, diagnosis and management approaches. *Kidney Dis (Basel).* 2017;2(4):151–163. <https://doi.org/10.1159/000448749>.
- Ronco C., Haapio M., House A.A., Anavekar N., Bellomo R. Cardiorenal syndrome. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52(19):1527–1539. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.07.051>.
- Muhlberger I., Moensk K., Bernthaler A., Matzinger C. Integrative bioinformatics analysis of proteins associated with the cardiorenal syndrome. *Int J Nephrol.* 2011(2090-214X):809378. <https://doi.org/10.4061/2011/809378>.
- Pradhan S.K., Adnani H., Safadi R., Yerigeri K., Nayak S., Raina R., Sinha R. Cardiorenal syndrome in the pediatric population: A systematic review. *Ann Pediatr Cardiol.* 2022;15(5-6):493–510. https://doi.org/10.4103/apc.apc_50_22.
- Kumar M., Sarin S.K. Biomarkers of diseases in medicine. *Current Trends in Science. Platinum Jubilee Special.* 2009: 403–417.
- Шмаков А.Н., Кохно В.Н. Критические состояния новорожденных (технология дистанционного консультирования и эвакуации). Новосибирск; 2007: 64–68.
- Janota J., Simak J., Stranak Z., Matthews T., Clarke T., Corcoran D. Critically ill newborns with multiple organ dysfunction: assessment by NEOMOD score in a tertiary NICU. *Irish J Med Sci.* 2008;177(1):11–17. <https://doi.org/10.1007/s11845-008-0115-5>.
- Wynn J.L., Kelly M.S., Benjamin D.K., Clark R.H., Greenberg R., Benjamin Jr. D.K., Smith P.B. Timing of multiorgan dysfunction among hospitalized infants with fatal fulminant sepsis. *Am J Perinatol.* 2017;34(7):633–639. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1597130>.
- Matics T.J., Sanchez-Pinto L.N. Adaptation and validation of a pediatric sequential organ failure assessment score and evaluation of the Sepsis-3 definitions in critically ill children. *JAMA Pediatr.* 2017;171(10):e172352. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.2352>.

14. Первунина Т.М., Васичкина Е.С., Эрман М.В. Персонализированный подход в ведении детей с кардиоренальным синдромом (сочетанные врожденные пороки сердца и почек). *Российский журнал персонализированной медицины*. 2023;3(2):77–81. <https://doi.org/10.18705/2782-3806-2023-3-2-77-81>.
15. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Волемическая поддержка при критических состояниях у детей. СПб.: СПбГПМУ; 2019.
16. Li Y., Wang J., Bai Z., Chen J., Wang X., Pan J., Li X., Feng X. Early fluid overload is associated with acute kidney injury and PICU mortality in critically ill children. *Eur J Pediatr*. 2015;175(1):39–48. <https://doi.org/10.1007/s00431-015-2592-7>.
17. Эрман М.В., Первунина Т.М. Кардиоренальный синдром у детей. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. 2012;91(5):27–31.
18. Александрович Ю.С., Воронцова Н.Ю., Гребенников В.А., Диордиев А.В., Жиркова Ю.В., Кочкин В.С., Лазарев В.В., Лекманов А.У., Матинян Н.В., Пшениснов К.В., Степаненко С.М., Цыпин Л.Е., Щукин В.В., Хамин И.Г. Рекомендации по проведению инфузионно-трансфузионной терапии у детей во время хирургических операций. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2018;15(2):68–84. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2018-15-2-68-84>.
19. Прометной Д.В., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Перегрузка жидкостью как предиктор летального исхода у детей в критическом состоянии. *Общая реаниматология*. 2019;15(1):12–26. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2019-1-12-26>.
20. Батрак Г.А., Бродовская А.Н. Мониторинг факторов риска и микроальбуминурии как методы профилактики развития хронической болезни почек. *Consilium Medicum*. 2015;17 (7):33–36.
4. Rangaswami J., Bhalla V., Blair J.E., Chang T.I., Costa S., Lentine K.L. et al. Cardiorenal syndrome: Classification, pathophysiology, diagnosis, and treatment strategies: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2019;139(16):e840–e878. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000664>.
5. Ronco C., Di Lullo L. Cardiorenal Syndrome in western countries: epidemiology, diagnosis and management approaches. *Kidney Dis (Basel)*. 2017;2(4):151–163. <https://doi.org/10.1159/000448749>.
6. Ronco C., Haapio M., House A.A., Anavekar N., Bellomo R. Cardiorenal syndrome. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52(19):1527–1539. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.07.051>.
7. Muhlberger I., Moens K., Bernthaler A., Matzinger C. Integrative bioinformatics analysis of proteins associated with the cardiorenal syndrome. *Int J Nephrol*. 2011(2090-214X):809378. <https://doi.org/10.4061/2011/809378>.
8. Pradhan S.K., Adnani H., Safadi R., Yerigeri K., Nayak S., Raina R., Sinha R. Cardiorenal syndrome in the pediatric population: A systematic review. *Ann Pediatr Cardiol*. 2022;15(5-6):493–510. https://doi.org/10.4103/apc.apc_50_22.
9. Kumar M., Sarin S.K. Biomarkers of diseases in medicine. *Current Trends in Science. Platinum Jubilee Special*. 2009: 403–417.
10. Shmakov A.N., Kokhno V.N. Critical conditions of newborns (remote consultation and evacuation technology). Novosibirsk; 2007: 64–68. (In Russian).
11. Janota J., Simak J., Stranak Z., Matthews T., Clarke T., Corcoran D. Critically ill newborns with multiple organ dysfunction: assessment by NEOMOD score in a tertiary NICU. *Irish J Med Sci*. 2008;177(1):11–17. <https://doi.org/10.1007/s11845-008-0115-5>.
12. Wynn J.L., Kelly M.S., Benjamin D.K., Clark R.H., Greenberg R., Benjamin Jr. D.K., Smith P.B. Timing of multiorgan dysfunction among hospitalized infants with fatal fulminant sepsis. *Am J Perinatol*. 2017;34(7):633–639. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1597130>.
13. Matics T.J., Sanchez-Pinto L.N. Adaptation and validation of a pediatric sequential organ failure assessment score and evaluation of the Sepsis-3 definitions in critically ill children. *JAMA Pediatr*. 2017;171(10):e172352. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.2352>.
14. Pervunina T.M., Vasichkina E.S., Erman M.V. Personalized approach in the management of children with cardiorenal syndrome (combined congenital heart and kidney defects). *Russian Journal for Personalized Medicine*. 2023;3(2):77–81. (In Russian). <https://doi.org/10.18705/2782-3806-2023-3-2-77-81>.
15. Aleksandrovich Yu.S., Pshenisnov K.V. Volemic support in critical conditions in children. Saint Petersburg: SPbSPMU; 2019. (In Russian).

REFERENCES

1. Weiss M., Vutskits L., Hansen T.G., Engelhardt T. Safe anesthesia for every tot – the SAFETOTS initiative. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2015;28(3):302–307. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000186>.
2. Brindle M.E., McDiarmid C., Short K., Miller K., MacRobie A. et al. Consensus Guidelines for Perioperative Care in Neonatal Intestinal Surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Society Recommendations. *World J Surg*. 2020;44(8):2482–2492. <https://doi.org/10.1007/s00268-020-05530-1>.
3. Nezhdanov K.S., Milovanova L.Y., Strizhakov L.A., Krasnova T.N. Cardiorenal syndromes: historical aspects and current challenges. *Terapevticheskii arkhiv*. 2023;95(6):521–525. (In Russian). <https://doi.org/10.26442/00403660.2023.06.202234>.

16. Li Y., Wang J., Bai Z., Chen J., Wang X., Pan J., Li X., Feng X. Early fluid overload is associated with acute kidney injury and PICU mortality in critically ill children. *Eur J Pediatr*. 2015;175(1):39–48. <https://doi.org/10.1007/s00431-015-2592-7>.
17. Erman M.V., Pervunina T.M. Cardiorenal syndrome in children. *Pediatrics named after G.N. Speransky*. 2012;91(5):27–31. (In Russian).
18. Aleksandrovich Yu.S., Vorontsova N.Yu., Grebennikov V.A., Diordiev A.V., Zhirkova Yu.V., Kochkin V.S., Lazarev V.V., Lekmanov A.U., Matinyan N.V., Pshenishnov K.V., Stepanenko S.M., Tsypin I.E., Schukin V.V., Khamin I.G. Recommendations on infusion-transfusion therapy in children undergoing surgery. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*. 2018;15(2):68–84. (In Russian). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2018-15-2-68-84>.
19. Prometnoi D.V., Aleksandrovich Yu.S., Pshenishnov K.V. Fluid Overload as a Predictor of Lethal Outcome in Critically-Ill Children. *General Reanimatology*. 2019;15(1):12–26. (In Russian). <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2019-1-12-26>.
20. Batrak G.A., Brodovskaya A.N. Monitoring risk factors and microalbuminuria as methods of preventing the development of chronic kidney disease. *Consilium Medicum*. 2015;17 (7):33–36. (In Russian).

Об авторах

✉ **Кристина Владимировна Бударова** — д.м.н., доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии лечебного факультета ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России; врач — анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации № 1 Центра анестезиологии и реанимации ЧУЗ КБ «РЖД-Медицина» Новосибирск.
E-mail: bcv@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-9265-978X>; SPIN: 3386-9873

Алексей Николаевич Шмаков — д.м.н., профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии лечебного факультета. E-mail: alsmakodav@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-6041-7607>; SPIN: 7387-8304

Станислав Александрович Сергеев — к.м.н., врач — анестезиолог-реаниматолог, заведующий отделением анестезиологии-реанимации для детей с палатами реанимации и интенсивной терапии. E-mail: faustas@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-8166-9424>; SPIN: 7711-5153

Владимир Николаевич Кохно — д.м.н., профессор, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии лечебного факультета. E-mail: kair2007@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-5965-2594>; SPIN: 7233-7080

Наталья Львовна Елизарьева — д.м.н., профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии лечебного факультета. E-mail: lisa.nataly@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-0852-0372>; SPIN: 4005-7684

Authors' info

✉ **Kristina V. Budarova** — Dr. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of general medicine faculty, Novosibirsk State Medical University of the Ministry of Health of Russia; Anesthesiologist and Intensivist of the Department of Anesthesiology and Intensive Care Unit No. 1 of the Anesthesiology and Intensive Care Center of the Clinical Hospital "RZD-Medicine" Novosibirsk. E-mail: bcv@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-9265-978X>; SPIN: 3386-9873

Alexey N. Shmakov — Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of general medicine faculty. E-mail: alsmakodav@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-6041-7607>; SPIN: 7387-8304

Stanislav A. Sergeev — Cand. Sci. (Med.), Anesthesiologist and Intensivist, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care for children. E-mail: faustas@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-8166-9424>; SPIN: 7711-5153

Vladimir N. Kokhno — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of general medicine faculty. E-mail: kair2007@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-5965-2594>; SPIN: 7233-7080

Natalia L. Elizar'eva — Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of general medicine faculty. E-mail: lisa.nataly@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-0852-0372>; SPIN: 4005-7684