

Сарсенбаева Г.И.¹, Ким А.И.², Бердибеков А.Б.¹

Особенности формирования некротизирующего энтероколита у кардиохирургических пациентов детского возраста

¹«Научный центр педиатрии и детской хирургии» Минздрава Республики Казахстан, 150045, Алматы, Республика Казахстан;²«Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, 121552, Москва, Россия

Введение. Ведущими факторами формирования некротизирующего энтероколита (НЭК) в послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов детского возраста являются уменьшение перфузии органов брюшной полости, обусловленное низким перфузионным давлением во время искусственного кровообращения, и малый сердечный выброс, которые усугубляются симпатической вазоконстрикцией вследствие стрессового ответа на операцию и в связи с введением экзогенных катехоламинов.

Цель работы — определить особенности формирования НЭК у кардиохирургических пациентов детского возраста.

Материалы и методы. Проведён проспективный анализ 30 кардиохирургических пациентов детского возраста с развитием дисфункции желудочно-кишечного тракта после операции. Всем детям были выполнены инструментальные и лабораторные исследования.

Результаты. Среди больных по возрастной структуре было 18 (60%) новорождённых, 10 (33,3%) детей до 6 мес; 2 (6,6%) ребёнка старше 1 года. У 19 (63,3%) больных, в том числе 8 (36,8%) новорождённых, выявлены признаки динамической кишечной непроходимости. Все пациенты были после операции на сердце: 2 больных после сужения лёгочной артерии, 10 детей были прооперированы в условиях искусственного кровообращения. Самой сложной и тяжёлой группой больных после операций на сердце и сосудах были 11 (36,7%) детей с врождёнными пороками сердца, у которых развились признаки НЭК: 10 новорождённых и 1 больной старше 5 лет. Описаны особенности микробиоты, клинических проявлений и рентгеновской картины в зависимости от типа нарушений кишечной функции. Выявлена роль гипоксии, гипоперфузии во время искусственного кровообращения, функционирования открытого артериального протока у «синих» пациентов в формировании рисков развития НЭК. Показано решающее значение на развитие НЭК инфекционно-гипоксических причин, сердечной недостаточности, продолжительности искусственного кровообращения и диастолического обкрадывания сосудов.

Заключение. Дисфункция желудочно-кишечного тракта после операции на сердце у детей — одна из актуальных проблем кардиохирургии. НЭК, возникающий у новорождённых в послеоперационном периоде, часто не распознаётся своевременно, что приводит к неблагоприятным исходам.

Ключевые слова: врождённые пороки сердца; дети; кардиохирургия; кишечная дисфункция; некротизирующий энтероколит; экстракардиальная патология

Для цитирования: Сарсенбаева Г.И., Ким А.И., Бердибеков А.Б. Особенности формирования некротизирующего энтероколита у кардиохирургических пациентов детского возраста. *Российский педиатрический журнал*. 2023; 26(4): 264–270. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2023-26-4-264-270> <https://elibrary.ru/wendsr>

Для корреспонденции: Сарсенбаева Гульжан Искендеровна, канд. мед. наук, кардиохирург, «Научный центр педиатрии и детской хирургии» Минздрава Республики Казахстан, gulzhan75@mail.ru

Участие авторов: Сарсенбаева Г.И. — концепция и дизайн исследования, написание текста, Ким А.И. — редактирование и консультации; Бердибеков А.Б. — сбор и обработка материала. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 30.05.2023
Принята к печати 20.06.2023
Опубликована 31.08.2023

Gulzhan I. Sarsenbayeva¹, Aleksey I. Kim², Almas B. Berdibekov¹

Features of the formation of necrotizing enterocolitis in cardiac surgery children patients

¹Scientific Center of Pediatrics and Pediatric Surgery, Almaty, 150045, Kazakhstan;²A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Introduction. Currently, despite the rapid development of pediatric cardiac surgery, there is a problem of postoperative dysfunction of the gastrointestinal tract (GIT) in patients. Necrotizing enterocolitis (NEC) remains the most complex and least studied problem in pediatrics, including cardiac surgery. In pediatric cardiac surgery, the decrease in perfusion of the internal organs of the abdominal cavity is due to low perfusion pressure during cardiopulmonary bypass, low cardiac output in the postoperative period, aggravation of sympathetic vasoconstriction due to the stress response to surgery, and the introduction of exogenous catecholamines.

Objective: analysis of the features of the development of NEC in cardiac surgery children patients.

Materials and methods. A prospective analysis of thirty cardiac surgery children patients with the development of gastrointestinal dysfunction after surgery was performed. All children underwent standard research methods.

Results. In 63.3% of cases, children showed signs of dynamic intestinal obstruction; 36.7% of newborns have signs of necrotizing enterocolitis of varying degrees. The features of the bacteriological landscape, clinical manifestations and X-ray picture depending on the type of intestinal function disorder are presented. The role of hypoxia, hypoperfusion during cardiopulmonary bypass, the functioning of the open ductus arteriosus in “blue” patients in the formation of the risks of developing necrotizing enterocolitis is

shown. Among the studied patients, according to the age structure, there were newborns — 18 (60%) patients, children under 6 months — 10 (33,3%); older than 1 year — 2 (96,6%). An analysis of clinical manifestations in children in the preoperative and postoperative periods showed 19 cases (63.3%) to have signs of dynamic intestinal obstruction. This group of children consisted of 8 newborns (36.8%) and 12 patients of the postnatal period. All patients were after heart surgery (2 patients after narrowing of the pulmonary artery and 10 cases cc were operated on under cardiopulmonary bypass). The most difficult and severe group of patients after heart and vascular surgery were children with congenital heart defects, who developed signs of NEC — 11 patients (36.6%). 10 children were neonates, 1 patient was over 5 years. It is shown that the development of such complications including infectious and hypoxic causes, heart failure, the duration of cardiopulmonary bypass and diastolic stealing of vessels is of decisive importance.

Conclusions. Dysfunction of the gastrointestinal tract after heart surgery in children is one of the urgent problems of cardiac surgery. In the group of severe sick patients undergoing prolonged ventilation, morphine infusion, muscle relaxants, with signs of anasarca, the interpretation of the X-ray picture and the clinic of acute surgical pathology in the abdominal cavity may be difficult. NEC, occurred in newborns over the postoperative period, is often not recognized in a timely manner and leads to an unfavourable outcome.

Keywords: congenital heart defects; children; cardiac surgery; intestinal dysfunction; necrotizing enterocolitis; extracardiac diseases

For citation: Sarsenbayeva G.I., Kim A.I., Berdibekov A.B. Features of the formation of necrotizing enterocolitis in cardiac surgery children patients. *Rossiyskiy Pediatricheskiy Zhurnal (Russian Pediatric Journal)*. 2023; 26(4): 264–270. (In Russian). <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2023-26-4-264-270> <https://elibrary.ru/wendrs>

For correspondence: *Gulzhan I. Sarsenbayeva*, Ph.D. of Medical Sciences, Cardiac surgeon, "Scientific Center of Pediatrics and Pediatric Surgery" of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, gulzhan75@mail.ru

Contribution: Sarsenbayeva G.I. — concept and design of the study, writing the text; Kim A.I. — editing and consulting; Berdibekov A.B. — collection and processing of the material. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Information about the authors:

Sarsenbayeva G.I., <https://orcid.org/0000-0002-7512-3991>

Kim A.I., <https://orcid.org/0000-0003-0065-7419>

Berdibekov A.B., <https://orcid.org/0000-0001-7717-4971>

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

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

Received: May 30, 2023
Accepted: June 20, 2023
Published: August 31, 2023

Введение

Несмотря на бурное развитие детской кардиохирургии существует проблема послеоперационной дисфункции желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) у пациентов [1]. Сложной и недостаточно изученной формой патологии, возникающей преимущественно в послеоперационном периоде у детей, является некротизирующий энтероколит (НЭК) [2–5]. В детской кардиохирургии сниженная перфузия внутренних органов брюшной полости вызывается низким перфузионным давлением во время искусственного кровообращения (ИК), малым сердечным выбросом в послеоперационном периоде, усугубляющейся симпатической вазоконстрикцией вследствие стрессового ответа на операцию, а также введением экзогенных катехоламинов [6–8]. НЭК у детей раннего возраста относится к тяжёлым осложнениям после оперативных вмешательств на сердце [9–11]. НЭК часто своевременно не распознаётся, больной ребёнок не получает необходимого лечения, что может привести к фатальному исходу [12–14].

Цель работы — определить особенности формирования НЭК у кардиохирургических пациентов детского возраста.

Материалы и методы

Проведён проспективный анализ 30 кардиохирургических пациентов детского возраста с развитием дисфункции ЖКТ и формированием НЭК после операции. Среди больных было 18 (60%) новорождённых, 10 (33,3%) детей в возрасте до 6 мес и 2 (6,7%) детей старше 1 года. Всем детям проведены необходимые инстру-

ментальные и клинко-лабораторные исследования: эхокардиография, рентгенография грудной клетки, анализ крови на внутриутробные инфекции, определение содержания прокальцитонина, иммунограмма, ангиокардиография, компьютерная и магнитно-резонансная томография по показаниям, анализ микробиоты мазков и мокроты, обзорная рентгенография брюшной полости. У пациентов с НЭК и клиникой перитонита проводился анализ микробиоты содержимого брюшной полости [15–17]. Всем пациентам после кардиохирургических операций проводили комплексное лечение на основе междисциплинарного подхода с участием невролога, пульмонолога и хирурга-неонатолога, специалистов лучевой диагностики, инфекциониста и нефролога. Среди обследованных больных было 18 (60%) детей с врождённым пороком сердца (ВПС) с обеднением малого круга кровообращения и артериальной гипоксемией («синие» ВПС) и 12 (40%) больных с «бледными ВПС» (табл. 1).

Результаты

Среди изученных нами кардиохирургических пациентов в послеоперационном периоде у 19 (63,4%) детей были выявлены признаки дисфункции ЖКТ и динамической кишечной непроходимости (ДКН), у 11 (36,6%) больных были проявления НЭК различной тяжести [4] (табл. 2).

Группу пациентов с развитием ДКН составили 19 больных: 8 (42,1%) новорождённых детей и 11 (57,8%) пациентов постнеонатального периода. Этим больным были проведены следующие вмешательства: сужение лёгочной артерии и операции в условиях ИК и гипотер-

Таблица 1 | Table 1

Нозологическая структура обследованных кардиохирургических пациентов с развитием дисфункции ЖКТ и НЭК в послеоперационном периоде**Nosological structure of the studied cardiac surgical patients with the development of gastrointestinal and NEC dysfunction in the postoperative period**

Нозологическая единица Nosological unit	Код по МКБ-10	Число детей Number of children	
		абс. abs.	%
Единственный желудочек Single ventricle	Q20.4	3	10
Критическая коарктация аорты Critical coarctation of the aorta	Q25.1	3	10
Перерыв дуги аорты Interruption of the aortic arch	Q25.2	5	16,6
Дефект межжелудочковой перегородки с перерывом дуги аорты Interventricular septal defect with coarctation of the aorta	Q21.0	2	6,6
Транспозиция магистральных артерий Transposition of the great arteries	Q20.3	4	13,3
Тотальный аномальный дренаж лёгочных вен Total anomalous pulmonary venous drainage	Q26.2	3	10
Атрезия лёгочной артерии Pulmonary atresia	Q22.0	4	13,3
Тетрада Фалло Tetrad of fallot	Q21.3	4	13,3
Общий артериальный ствол Common arterial trunk	Q20.0	2	6,6

Таблица 2 | Table 2

Формы патологии и частота осложнений у обследованных кардиохирургических пациентов в послеоперационном периоде
The forms of pathology and the frequency of complications in the examined cardiac surgical patients in the postoperative period

Осложнения со стороны ЖКТ Complications from the side of gastrointestinal tract	Число детей Number of children	
	абс. abs.	%
ДКН Dynamic intestinal obstruction	19	63,4
НЭК 1–2 стадии NEC stages 1–2	7	23,3
НЭК 3–4 стадии NEC stages 3–4	4	13,3
Всего In total	30	100

мии. У пациентов с ДКН отмечались клинические симптомы в 1-е сутки после операции в виде умеренного равномерного вздутия живота, скудного «светлого» застойного желудочного отделяемого, выслушивалась вялая перистальтика кишечника. На серии обзорных рентгенограмм брюшной полости этих больных выявлено умеренное газонаполнение кишечных петель. При мониторинге микробиоты у этих пациентов до и после операции в 36,8% случаях была выделена преимущественно условно-патогенная микробиота. Всем этим больным проводилась консервативная терапия послеоперационной ДКН и интенсивная медикаментозная терапия для улучшения перфузии тканей и улучшения микроциркуляции. Лечение было эффективным, что позволило купировать симптомы кишечной дисфункции у

всех пациентов без развития осложнений на 3-и сутки после операции на сердце.

Самой сложной и тяжёлой группой кардиохирургических пациентов после операций на сердце и сосудах были 11 (36,6%) детей с ВПС, у которых развился НЭК различной тяжести [9, 12]. Среди них было 10 (90,9%) больных неонатального возраста и лишь 1 пациент старше 5 лет (после операции Фонтена с тяжёлой полиорганной недостаточностью, находившийся на диализе).

В группе пациентов с развитием НЭК были:

- 1 больной с критической коарктацией аорты, у которого во время операции было произведено длительное пережатие нисходящей аорты, что вызвало критическое уменьшение кровотока в брюшной аорте и брыжеечных артериях;
- 3 пациента с перерывом дуги аорты, дефектом межжелудочковой перегородки с коарктацией аорты;
- 6 больных с «синими» ВПС;
- 1 пациент с единственным желудочком сердца.

Таким образом, в большинстве случаев (63,6%) признаки НЭК развились у пациентов с «синими» ВПС и синдромом артериальной гипоксемии.

У 75% пациентов с НЭК были кардиохирургические операции в условиях длительного ИК (более 60 мин) и гипотермии; в 3 случаях — глубокая гипотермия с циркуляторным арестом). В 2 (25%) случаях (при атрезии лёгочной артерии) была проведена операция без ИК. Послеоперационный период в данной группе пациентов протекал тяжело за счёт развития постперфузионного синдрома, сердечной недостаточности, полиорганной недостаточности. Следует отметить, что в 90% случаях с НЭК — это пациенты неонатального периода.

У 18 (67%) новорождённых в анамнезе была перенесённая тяжёлая гипоксия (по шкале Апгар 5/6 баллов) как значимый фактор риска в предоперационном периоде по развитию осложнений.

У 7 (63,6%) пациентов диагностирован «неосложнённый» НЭК 1 и 2 стадии; у 4 (36,3%) — НЭК с развитием перитонита и перфорации кишечника. Эти пациенты с ВПС, перенёвшие операцию на открытом сердце в условиях ИК и находившиеся больше 7 сут на искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ) в связи с развитием сердечной недостаточности, полиорганных нарушений и реализацией сепсиса.

У больных с неосложнённым НЭК 1–2 стадии отмечали неравномерное повышенное вздутие живота, вялую кишечную перистальтику, умеренное выделение застойного дуоденального содержимого из назогастрального зонда, отсутствие стула. При лучевой диагностике выявлено неравномерное газонаполнение ЖКТ. При рентгеноконтрастном исследовании отмечены проявления ДКН и феномен «статичной» петли. При УЗИ брюшной полости установлена неравномерная, умеренно выраженная дилатация петель кишечника, вялая перистальтика или её отсутствие. Все пациенты регулярно осматривались неонатальным хирургом, проводилась консервативная терапия НЭК (адекватная антибиотикотерапия с учётом чувствительности микрофлоры, полное парентеральное кормление с декомпрессией ЖКТ, терапия низкого сердечного выброса, коррекция гипоксемии и электролитного баланса, улучшение микроциркуляции, иммунотерапия), что позволило в динамике купировать признаки НЭК. При анализе микрофлоры мокроты у пациентов в 67% случаев высевались смешанные культуры *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Enterobacter* spp. У 2 больных с сепсисом в микрофлоре преобладал *S. intermedius*, у остальных 5 пациентов гемокультура была чистой. Преобладающей микрофлорой у 4 больных, находившихся в отделении реанимации на ИВЛ, были *Staphylococcus* spp., в основном коагулазаотрицательные и мультирезистентные; у 2 пациентов — *Streptococcus* spp., далее по значимости следовали представители семейства *Eterobacteriaceae* (2 пациента) и грибы рода *Candida* spp. (1 пациент). Из семейства *Eterobacteriaceae* отмечен высев *Klebsiella*, мультирезистентной к антибиотикам.

У 4 (13,3%) больных с НЭК 3–4 стадии развились осложнения в виде предперфорации и перфорации кишечника с перитонитом. Эту тяжёлую группу составили пациенты с «синими» ВПС, поступившие в клинику в очень тяжёлом состоянии с выраженной гипоксемией, сердечной недостаточностью, без инфузии вазопростана на этапе родильного дома. Они перенесли интранатальную гипоксемию (по шкале Апгар 3/5/6 баллов) и внутриутробную пневмонию, матери имели отягощённый акушерский анамнез. В структуре ВПС у этих детей в 75% случаев были транспозиции магистральных сосудов, у 25% — тотальный аномальный дренаж лёгочных вен без дефекта в межпредсердной перегородке. Учитывая дуктус-зависимые формы ВПС и выраженную артериальную гипоксемию [18, 19], после проведения предоперационной подготовки все новорождённые были прооперированы в условиях ИК (длительность более 120 мин) и глубокой гипотермии.

После операции у этих пациентов отмечен тяжёлый постперфузионный синдром: сердечная слабость, дыхательная недостаточность, неврологические нарушения. Все эти больные находились на ИВЛ более 2 нед. У всех детей в 1-е сутки развилась острая почечная недостаточность, в дальнейшем септическое состояние. В 3 случаях сепсис протекал по гиперергическому типу с выраженным лейкоцитозом, повышением уровней прокальцитонина и С-реактивного белка, интоксикацией, а в 1 случае — по гиперергическому типу с лейкопенией, без гипертермии, с умеренным повышением уровня прокальцитонина [20]. У всех пациентов с НЭК 3–4 стадии отмечались выраженное вздутие живота, вялая перистальтика, обильное гастродуоденальное отделяемое из зонда [21]. После операции на фоне острой почечной недостаточности, синдрома «капиллярной утечки» у всех пациентов отмечалась выраженная отёчность мягких тканей передней поверхности живота, и дифференцировать отёк передней брюшной стенки, характерный для перитонита, было невозможно. Все пациенты регулярно осматривались неонатальными хирургами, ежедневно проводился контроль на обзорной рентгенографии брюшной полости для исключения острой хирургической патологии.

В 1 случае у пациента с тотальным аномальным дренажом после операции на сердце диагноз острого НЭК не был выставлен: перфорация и перитонит были найдены при патоморфологическом исследовании. У данного больного после операции на фоне гипоплазии левого желудочка отмечался выраженный низкий сердечный выброс и проводилась терапия высокими дозами катехоламинов, которые в свою очередь вызывают спазм брыжеечных артерий. В 3 случаях у пациентов после артериального переключения был риск реализации НЭК. У этих детей на серии динамичных обзорных рентгенограмм данных за острую патологию со стороны брюшной полости не было. Отмечалось неравномерное повышенное вздутие петель кишечника, данных за пневмоперитонеум не было. При сонографии брюшной полости у пациентов отмечались выраженная гиперпневматизация кишечника, наличие асцита между петлями кишечника, которое было расценено как проявления анасарки при острой почечной и сердечной недостаточности. У 1 больного в динамике развилась картина ограниченного перитонита, этому пациенту первым этапом были проведены лапароцентез и дренирование брюшной полости, однако в динамике, учитывая прогрессирование перитонита, осуществлены лапаротомия и ревизия перфорации кишечника. У 2 больных с риском НЭК во время установки перитонеального дренажа из брюшной полости получено каловое содержимое и диагностирована перфорация кишечника. Однако на этот момент, при проведении рентгенографии брюшной полости во фронтальной и латеральной позициях у этих пациентов признаков острой хирургической патологии, в частности перфорации кишечника, не было [22, 23].

Всем детям была проведена по экстренным показаниям лапаротомия с резекцией и выведением кишечной стомы. Интраоперационно при лапаротомии диагностирован разлитой каловый перитонит с перфорацией кишечника, гистологически подтверждённый, взяты пробы на анализ микрофлоры. По имеющимся дан-

ным, частой причиной НЭК становится инфицирование *K. pneumonia*, *Escherichia coli*, *Clostridium difficile*, *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp. и грибы рода *Candida* [24–26]. При этом важно отметить, что у пациентов в отделении реанимации и интенсивной терапии бактериальная колонизация кишечника протекает крайне агрессивно и сопровождается выраженными нарушениями кишечной микробиоты [27–29]. Такие больные осматриваются хирургом уже на стадии перитонита или перфорации кишки, по факту случившейся «катастрофы» в брюшной полости. У наблюдавшихся нами больных микробиота содержимого брюшной полости 1 пациента содержала *K. pneumonia*. В 2 случаях была условно-патогенная микробиота. У 1 больного с внутриутробной пневмонией при поступлении выявлена бактериемия с высеvom *Staphylococcus* spp., которая после операции на сердце в условиях ИК осложнила течение и привела к развитию перитонита. Все эти дети получали интенсивную терапию, включающую антибиотики широкого спектра, иммуномодуляторы, парентеральное кормление, терапию низкого сердечного выброса, длительную ИВЛ более 3 нед. Несмотря на проводимое лечение, все пациенты с развившимся перитонитом и перфорацией кишечника имели летальный исход.

Обсуждение

После хирургических вмешательств у новорожденных в условиях ИК и гипотермии опасность развития осложнений существует после каждой операции на сердце [30]. Высокая частота таких осложнений наблюдается после оперативного лечения сложных цианотичных или сочетанных ВПС [11, 12]. В нашем исследовании это были пациенты с ВПС с артериальной гипоксемией. Следует отметить, что более 80% наших пациентов перенесли операцию в условиях ИК и гипотермии. Решающее влияние на частоту развития осложнений токсического и ишемического генеза оказывали сепсис, полиорганная и сердечная недостаточность, превышение времени операции с ИК. Непульсирующий кровоток во время ИК, послеоперационный синдром низкого сердечного выброса, использование прямых и непрямых антикоагулянтов, катехоламинов у кардиохирургического больного раннего возраста являются значимыми провоцирующими факторами развития осложнений, в том числе со стороны ЖКТ, с формированием ДКН и НЭК разной степени тяжести и ишемических повреждений кишечника [18, 21, 31]. В 60% случаев проявления НЭК и ДКН развивались у пациентов неонатального периода [32–34]. Именно эта группа новорожденных является самой уязвимой, где провоцирующие факторы могут вызвать тяжёлые осложнения [10, 26].

НЭК новорожденных в период после кардиохирургических операций является сложным полиэтиологическим осложнением [8, 12, 35]. Ведущими патогенетическими факторами являются гипоксия и ишемия в перинатальном периоде, нерациональное питание новорожденных и выраженные нарушения микробиоты кишечника, коррекция которых была явно недостаточной и несвоевременной, особенно учитывая наличие грудного молока и пробиотиков направленного действия [36–38]. В наших наблюдениях у пациентов с тяжёлыми проявлениями НЭК отмечено, что все они поступали из родильного

дома в тяжёлом состоянии на фоне интранатальной гипоксемии и внутриутробной пневмонии, которая усугубилась после операции в условиях ИК и гипотермии. В случаях с «синими» ВПС с наличием открытого артериального протока происходит диастолическое обратывание кровотока брыжеечных артерий, что также служит фактором ишемии кишечника [19, 21]. Что касается влияния катехоламинов на организм новорожденных детей, то известно, что они вызывают спазм сосудов органов брюшной полости. В наших случаях все пациенты получали экзогенные катехоламины: адреналин, норадреналин, допамин. У больных с низким сердечным выбросом кардиотоническая поддержка осуществлялась высокими дозами катехоламинов, что в свою очередь является фактором гипоперфузии кишечника по брыжеечным артериям [22]. У кардиохирургических пациентов в послеоперационном периоде выявляется высокая летальность у новорожденных детей с НЭК, которая может достигать 36,5%. Наши данные в 2,7 раза меньше указанных цифр. При этом обычно указывается, что факторами риска развития НЭК были сердечно-лёгочная реанимация в первые 48 ч после операции, синдром полиорганной недостаточности и исходная тяжесть состояния на момент операции. НЭК развивался у 48% пациентов с обструкцией системного кровотока и у 30% детей с артериальной гипоксемией. Авторы отметили, что необходимо диагностировать НЭК на 1–2 стадиях, т.к. дальнейшее его прогрессирование с развитием перфорации кишечника и перитонита имеет серьёзный прогноз [9, 12], что также отмечено в нашей работе.

Заключение

Анализ формирования НЭК у кардиохирургических больных раннего возраста показал, что типичные клинические признаки перфорации кишечника и развития перитонита у «синих» или «отёчных» пациентов, находившихся длительно на инфузиях миорелаксантов и морфина в раннем послеоперационном периоде, маскируются другими общими проявлениями. Клиническая картина острой хирургической патологии в брюшной полости у обследованных нами больных отличалась клиническими и диагностическими особенностями и нивелировалась общим тяжёлым состоянием новорожденных и детей раннего возраста после операции на сердце в условиях ИК. При этом нужно обязательно учитывать особенности ВПС и проявления сердечной недостаточности [7, 11, 31].

Очевидно, что значимыми особенностями формирования таких грозных осложнений после кардиохирургических операций у детей раннего возраста, как ДКН и НЭК, являются прежде всего фоновая патология, отягощённый анамнез, выраженная интранатальная гипоксия (по шкале Апгар 5/6 баллов), неадекватная интенсивная терапия на уровне родильных домов. Формы патологии сердца у детей, в особенности с «синими», дуктус-зависимыми ВПС, также являются значимыми факторами риска развития осложнений после операции в условиях ИК и гипотермии, в том числе формирования НЭК [18–20].

При обследовании детей группы высокого риска по развитию НЭК и перфорации кишечника после операции на сердце необходимо проводить своевременную

визуализацию средствами лучевой диагностики. Наличие гиперпневматизации и секвестрации жидкости между петлями кишечника при сонографии брюшной полости можно расценивать как предиктор развития тяжёлого НЭК и перитонита. При тяжёлом течении послеоперационного периода у больных раннего возраста, находящихся на длительной ИВЛ, инфузиях морфина и миорелаксантов, с признаками анасарки интерпретация рентгеновской картины и клиники острой хирургической патологии в брюшной полости может быть затруднена. У этих больных в послеоперационном периоде следует использовать систему коррекции питания и нарушений микробиоты кишечника с использованием современных рекомендаций для эффективной профилактики НЭК [39–41].

Литература

(п.п. 1; 3–8; 10; 11; 14–19; 21–31; 34–41 см. References)

- Арапова А.В., Ольхова Е.Б., Шитинин В.Е. Язвенно-некротический энтероколит у новорожденных. *Детская хирургия*. 2003; (1): 11–5. <https://elibrary.ru/oiwuev>
- Адкин Д.В., Баринштейн Д.Б., Нефедова И.Е., Барышников И.Ю., Бершвили Д.О. Некротический энтероколит у новорожденных с врожденными пороками сердца в послеоперационном периоде. *Детские болезни сердца и сосудов*. 2016; 13(4): 208–15. <https://elibrary.ru/xclqfh>
- Бирюкова С.Р., Мокрушина О.Г., Ильин В.Н. Эффективность хирургической помощи новорожденным и младенцам с врожденными пороками сердца и сочетанной экстракардиальной патологией в многопрофильной детской клинической больнице. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2021; 14(1): 5–10. <https://doi.org/10.17116/kardio2021140115> <https://elibrary.ru/wsyuvi>
- Хворостов И.Н., Смирнов И.Е., Дамиров О.Н., Кучеренко А.Г., Шрамко В.Н., Синицын А.Г. и др. Прогнозирование течения и исходов язвенно-некротического энтероколита у новорожденных. *Российский педиатрический журнал*. 2014; 17(2): 10–4. <https://elibrary.ru/sfrvdf>
- Шишкина Т.Н., Смирнов И.Е., Кучеренко А.Г., Кучеров Ю.И., Рехвиашвили М.Г. С-реактивный белок, прокальцитонин и сывороточный кальпротектин при некротическом энтероколите у недоношенных детей. *Российский педиатрический журнал*. 2016; 19(4): 217–22. [https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19\(4\)-217-222](https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19(4)-217-222) <https://elibrary.ru/wrlfpt>
- Хворостов И.Н., Дамиров О.Н., Смирнов И.Е., Кучеренко А.Г., Петрашова Е.С., Шрамко В.Н. и др. Кальпротектин и матриксные металлопротеиназы при язвенно-некротическом энтероколите у новорожденных детей. *Российский педиатрический журнал*. 2013; (6): 37–44. <https://elibrary.ru/ruyqhf>
- Смирнов И.Е., Шишкина Т.Н., Кучеренко А.Г., Кучеров Ю.И. Цитокины и матриксные металлопротеиназы при некротическом энтероколите у недоношенных детей. *Российский педиатрический журнал*. 2016; 19(6): 343–50. [https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19\(6\)-343-350](https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19(6)-343-350) <https://elibrary.ru/xwvnhn>
- Bell M.J., Ternberg J.L., Feigin R.D., Keating J.P., Marshall R., Barton L., et al. Neonatal necrotizing enterocolitis. Therapeutic decisions based upon clinical staging. *Ann. Surg.* 1978; 187(1): 1–7. <https://doi.org/10.1097/0000658-197801000-00001>
- Epelman M., Daneman A., Navarro O.M., Morag I., Moore A.M., Kim J.H., et al. Necrotizing enterocolitis: review of state-of-the-art imaging findings with pathologic correlation. *Radiographics*. 2007; 27(2): 285–305. <https://doi.org/10.1148/rq.272055098>
- Meister A.L., Doheny K.K., Travagli R.A. Necrotizing enterocolitis: It's not all in the gut. *Exp. Biol. Med. (Maywood)*. 2020; 245(2): 85–95. <https://doi.org/10.1177/1535370219891971>
- Voddapelli S.K., Murki S., Rao V.P. Neonatal multisystem inflammatory syndrome (MIS-N) presenting as necrotizing enterocolitis and cardiac dysfunction. *Indian Pediatr.* 2022; 59(6): 502–3. <https://doi.org/10.1007/s13312-022-2544-z>
- Adkin D.V., Barinshteyn D.B., Nefedova I.E., Baryshnikova I.Yu., Berishvili D.O. Necrotizing enterocolitis in neonates with congenital heart disease after cardiac surgery. *Detskie bolezni serdtsa i sosudov*. 2016; 13(4): 208–15. <https://elibrary.ru/xclqfh> (in Russian)
- Rose A.T., Patel R.M. A critical analysis of risk factors for necrotizing enterocolitis. *Semin. Fetal Neonatal Med.* 2018; 23(6): 374–9. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2018.07.005>
- Kelleher S.T., McMahon C.J., James A. Necrotizing enterocolitis in children with congenital heart disease: a literature review. *Pediatr. Cardiol.* 2021; 42(8): 1688–99. <https://doi.org/10.1007/s00246-021-02691-1>
- Biryukova S.R., Mokrushina O.G., Il'in V.N. Efficiency of surgical care for neonates and infants with congenital heart disease and extracardiac comorbidities in a multi-field children's clinical hospital. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2021; 14(1): 5–10. <https://doi.org/10.17116/kardio2021140115> <https://elibrary.ru/wsyuvi> (in Russian)
- Khvorostov I.N., Smirnov I.E., Damirov O.N., Kucherenko A.G., Shramko V.N., Sinitsyn A.G., et al. Features of the prediction of the course and outcomes of necrotizing enterocolitis in newborn infants. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2014; 17(2): 10–4. <https://elibrary.ru/sfrvdf> (in Russian)
- Neu J. Prevention of necrotizing enterocolitis. *Clin. Perinatol.* 2022; 49(1): 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2021.11.012>
- Brook I. Microbiology and management of neonatal necrotizing enterocolitis. *Am. J. Perinatol.* 2008; 25(2): 111–8. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1040346>
- Cassir N., Simeoni U., La Scola B. Gut microbiota and the pathogenesis of necrotizing enterocolitis in preterm neonates. *Future Microbiol.* 2016; 11(2): 273–92. <https://doi.org/10.2221/fmb.15.136>
- Maheshwari A., Traub T.M., Garg P.M., Ethawi Y., Buonocore G. Necrotizing enterocolitis: clinical features, histopathological characteristics, and genetic associations. *Curr. Pediatr. Rev.* 2022; 18(3): 210–25. <https://doi.org/10.2174/1573396318666220204113858>
- Choi G.J., Song J., Kim H., Huh J., Kang I.S., Chang Y.S., et al. Development of necrotizing enterocolitis in full-term infants with duct dependent congenital heart disease. *BMC Pediatr.* 2022; 22(1): 174. <https://doi.org/10.1186/s12887-022-03186-5>
- Ruoss J.L., Bazacliu C., Giesinger R.E., McNamara P.J. Patent ductus arteriosus and cerebral, cardiac, and gut hemodynamics in premature neonates. *Semin. Fetal Neonatal Med.* 2020; 25(5): 101120. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2020.101120>
- Shishkina T.N., Smirnov I.E., Kucherenko A.G., Kuchеров Yu.I., Rekhviashvili M.G. Serum calprotectin, C-reactive protein and procalcitonin in preterm infants with necrotizing enterocolitis. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2016; 19(4): 217–22. [https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19\(4\)-217-222](https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19(4)-217-222) <https://elibrary.ru/wrlfpt> (in Russian)
- Lau P.E., Cruz S.M., Ocampo E.C., Nuthakki S., Style C.C., Lee T.C. Necrotizing enterocolitis in patients with congenital heart disease: A single center experience. *J. Pediatr. Surg.* 2018; 53(5): 914–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2018.02.014>
- Gong X., Chen X., Wang L., Zhang M., Nappi F., Zampi J.D., et al. Analysis of clinical features of neonates with congenital heart disease who develop necrotizing enterocolitis: a retrospective case-control study. *Ann. Transl. Med.* 2022; 10(16): 879. <https://doi.org/10.21037/atm-22-3248>
- Kırlı E.A., Ekinci S. Intestinal perforation in necrotizing enterocolitis: Does cardiac surgery make a difference? *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2021; 27(6): 662–7. <https://doi.org/10.14744/tjtes.2020.80930>

References

- Ghanayem N.S., Dearani J.A., Welke K.F., Béland M.J., Shen I., Ebels T. Gastrointestinal complications associated with the treatment of patients with congenital cardiac disease. *Cardiol. Young.* 2008; 18(Suppl. 2): 240–4. <https://doi.org/10.1017/S1047951108002989>
- Arapova A.B., Ol'khova E.B., Shchitinin V.E. Ulcer necrotic enterocolitis in the newborns. *Detskaya khirurgiya*. 2003; (1): 11–5. <https://elibrary.ru/oiwuev> (in Russian)
- Hackam D., Caplan M. Necrotizing enterocolitis: Pathophysiology from a historical context. *Semin. Pediatr. Surg.* 2018; 27(1): 11–8. <https://doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2017.11.003>
- Eaton S., Rees C.M., Hall N.J. Current research on the epidemiology, pathogenesis, and management of necrotizing enterocolitis. *Neonatology*. 2017; 111(4): 423–30. <https://doi.org/10.1159/000458462>

24. Mercer E.M., Arrieta M.C. Probiotics to improve the gut microbiome in premature infants: are we there yet? *Gut Microbes*. 2023; 15(1): 2201160. <https://doi.org/10.1080/19490976.2023.2201160>
25. Baranowski J.R., Claud E.C. Necrotizing enterocolitis and the preterm infant microbiome. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2019; 1125: 25–36. https://doi.org/10.1007/5584_2018_313
26. Pammi M., Cope J., Tarr P.I., Warner B.B., Morrow A.L., Mai V., et al. Intestinal dysbiosis in preterm infants preceding necrotizing enterocolitis: a systematic review and meta-analysis. *Microbiome*. 2017; 5(1): 31. <https://doi.org/10.1186/s40168-017-0248-8>
27. Thänert R., Keen E.C., Dantas G., Warner B.B., Tarr P.I. Necrotizing enterocolitis and the microbiome: current status and future directions. *J. Infect. Dis.* 2021; 223(12 Suppl. 2): 257–63. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa604>
28. Kargl S., Maier R., Gitter R., Pumberger W. Necrotizing enterocolitis after open cardiac surgery for congenital heart defects – a serious threat. *Klin. Padiatr.* 2013; 225(1): 24–8. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1331724>
29. Sampath V., Martinez M., Caplan M., Underwood M.A., Cuna A. Necrotizing enterocolitis in premature infants – A defect in the brakes? Evidence from clinical and animal studies. *Mucosal Immunol.* 2023; 16(2): 208–20. <https://doi.org/10.1016/j.mucimm.2023.02.002>
30. Bakker M.K., Bergman J.E.H., Krikov S., Amar E., Cocchi G., Cragan J., et al. Prenatal diagnosis and prevalence of critical congenital heart defects: an international retrospective cohort study. *BMJ Open*. 2019; 9(7): e028139. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028139>
31. Bell D., Suna J., Marathe S.P., Perumal G., Betts K.S., Venugopal P. Feeding neonates and infants prior to surgery for congenital heart defects: systematic review and meta-analysis. *Children (Basel)*. 2022; 9(12): 1856. <https://doi.org/10.3390/children9121856>
32. Khvorostov I.N., Damirov O.N., Smirnov I.E., Kucherenko A.G., Petrasheva E.S., Shramko V.N., et al. Calprotectin and matrix metalloproteinases in ulcerative-necrotizing enterocolitis in newborn infants. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2013; (6): 37–44. <https://elibrary.ru/ruyqhf> (in Russian)
33. Smirnov I.E., Shishkina T.N., Kucherenko A.G., Kucherov Yu.I. Cytokines and matrix metalloproteinases in premature infants with necrotizing enterocolitis. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2016; 19(6): 343–50. [https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19\(6\)-343-350](https://doi.org/10.18821/1560-9561-2016-19(6)-343-350) <https://elibrary.ru/xwvnhn> (in Russian)
34. Khvorostov I.N., Smirnov I.E. Serum matrix metalloproteinases MMP-9 and MMP-2 and tissue inhibitors TIMP-2 in necrotizing enterocolitis. *J. Pediatr. Neonatal. Care*. 2021; 11(2): 27–8. <https://doi.org/10.15406/jpnc.2021.11.00438>
35. Moschino L., Verlato G., Duci M., Cavicchiolo M.E., Guiducci S., Stocchero M., et al. The metabolome and the gut microbiota for the prediction of necrotizing enterocolitis and spontaneous intestinal perforation: a systematic review. *Nutrients*. 2022; 14(18): 3859. <https://doi.org/10.3390/nu14183859>
36. Monzon N., Kasahara E.M., Gunasekaran A., Burge K.Y., Chaaban H. Impact of neonatal nutrition on necrotizing enterocolitis. *Semin. Pediatr. Surg.* 2023; 32(3): 151305. <https://doi.org/10.1016/j.sempedsurg.2023.151305>
37. Killion E. Feeding practices and effects on transfusion-associated necrotizing enterocolitis in premature neonates. *Adv. Neonatal Care*. 2021; 21(5): 356–64. <https://doi.org/10.1097/ANC.0000000000000872>
38. Masi A.C., Embleton N.D., Lamb C.A., Young G., Granger C.L., Najera J., et al. Human milk oligosaccharide DSLNT and gut microbiome in preterm infants predicts necrotising enterocolitis. *Gut*. 2021; 70(12): 2273–82. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2020-322771>
39. Murphy K., Ross R.P., Ryan C.A., Dempsey E.M., Stanton C. Probiotics, prebiotics, and synbiotics for the prevention of necrotizing enterocolitis. *Front. Nutr.* 2021; 8: 667188. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.667188>
40. Alsharairi N.A. Therapeutic potential of gut microbiota and its metabolite short-chain fatty acids in neonatal necrotizing enterocolitis. *Life (Basel)*. 2023; 13(2): 561. <https://doi.org/10.3390/life13020561>
41. Itriago E., Trahan K.F., Massieu L.A., Garg P.M., Premkumar M.H. Current practices, challenges, and recommendations in enteral nutrition after necrotizing enterocolitis. *Clin. Perinatol.* 2023; 50(3): 683–98. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2023.04.009>

Сведения об авторах:

Ким Алексей Иванович, доктор мед. наук, проф., зам. директора по лечебной работе с детьми грудного и раннего возраста, «Национальный научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России; **Бердибеков Алмас Бекбулатович**, кардиохирург, зав. отд-нием детской кардиохирургии и интервенционной кардиологии, «Научный центр педиатрии и детской хирургии» Минздрава Республики Казахстан.