

© Коллектив авторов, 2021

УДК 616.124.6:616.125.6]-007.253-053.36-089

## Заккрытие открытого артериального протока у недоношенного новорожденного с экстремально низкой массой тела

М.А. Курцер<sup>1</sup>, Т.О. Нормантович<sup>2</sup>, А.М. Григорьян<sup>3✉</sup>, Б.Т. Мкртычян<sup>2</sup>, С.Н. Волков<sup>2</sup>, И.М. Донин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Клинический госпиталь «MD Group», Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Клинический госпиталь «Лапино», Московская область, Российская Федерация

**Курцер Марк Аркадьевич**, д-р мед. наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии, генеральный директор группы компаний «Мать и дитя»;  
orcid.org/0000-0003-0175-1968

**Нормантович Татьяна Олеговна**, главный врач

✉ **Григорьян Ашот Михайлович**, канд. мед. наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения; orcid.org/0000-0001-9226-0130, e-mail: gashot@inbox.ru

**Мкртычян Борис Тигранович**, канд. мед. наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения; orcid.org/0000-0001-6814-8499

**Волков Сергей Николаевич**, заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии новорожденных

**Донин Игорь Михайлович**, заведующий отделением патологии новорожденных и недоношенных детей

### Резюме

Открытый артериальный проток остается одним из самых распространенных врожденных пороков сердца (частота встречаемости – до 10% от всех форм ВПС). Особую опасность он представляет у недоношенных новорожденных с низкой и экстремально низкой массой тела. Частота встречаемости гемодинамически значимого артериального протока обратно пропорциональна гестационному возрасту новорожденного. Естественное течение у недоношенных новорожденных гемодинамически значимого артериального протока может вызывать язвенно-некротический колит, ретинопатию новорожденных, стать причиной сердечной недостаточности и летального исхода. При неэффективности либо противопоказаниях к проведению медикаментозной терапии ингибиторами циклооксигеназы необходимо хирургическое устранение протока посредством клипирования или транскатетерного закрытия. В статье представлен клинический случай транскатетерного закрытия артериальным доступом гемодинамически значимого открытого артериального протока у недоношенного новорожденного с массой тела 1050 г.

**Ключевые слова:** открытый артериальный проток, клипирование протока, недоношенные новорожденные, окклюдер, доставляющая система

**Для цитирования:** Курцер М.А., Нормантович Т.О., Григорьян А.М., Мкртычян Б.Т., Волков С.Н., Донин И.М. Заккрытие открытого артериального протока у недоношенного новорожденного с экстремально низкой массой тела. *Эндоваскулярная хирургия*. 2021; 8 (4): 433–8. DOI: 10.24183/2409-4080-2021-8-4-433-438

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 29.09.2021  
Принята к печати 18.10.2021

## Closure of the patent ductus arteriosus in a premature newborn with extremely low body weight

М.А. Kurtser<sup>1</sup>, Т.О. Normantovich<sup>2</sup>, А.М. Grigoryan<sup>3✉</sup>, Б.Т. Mkrtchyan<sup>2</sup>, С.Н. Volkov<sup>2</sup>, I.M. Donin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Clinical Hospital "MD Group", Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Clinical Hospital "Lapino", Moscow region, Russian Federation

**Mark A. Kurtser**, Dr. Med. Sci., Professor, Academician of RAS, Chief of Chair of Obstetrics and Gynecology, General Director of the Mother and Child Group; orcid.org/0000-0003-0175-1968

**Tat'yana O. Normantovich**, Chief Physycian

✉ **Ashot M. Grigoryan**, Cand. Med. Sci., Head of Interventional Cardiology Department; orcid.org/0000-0001-9226-0130, e-mail: gashot@inbox.ru

**Boris T. Mkrtchyan**, Cand. Med. Sci., Head of Interventional Cardiology Department; orcid.org/0000-0001-6814-8499

**Sergey N. Volkov**, Head of Neonatal Intensive Care Unit

**Igor' M. Donin**, Head of Department of Pathology of Newborns and Premature Babies

**Abstract**

Patent ductus arteriosus (PDA) remains one of the most common congenital heart defects (incidence up to 10% of all forms of CHD). It is particularly dangerous in infants with low and extremely low birth weight, born prematurely. The frequency of occurrence of a hemodynamically significant arterial duct is inversely proportional to the gestational age of the newborn. The natural course of a hemodynamically significant arterial duct in premature newborns can cause ulcerative necrotic colitis, retinopathy of newborns, cause heart failure, and death. In case of ineffectiveness or contraindications to drug therapy with cyclooxygenase inhibitors, surgical removal of the duct by clipping or transcatheter closure is necessary. The article presents a clinical case of transcatheter closure by arterial access of a hemodynamically significant PDA in a premature newborn weighing 1050 grams.

**Keywords:** patent ductus arteriosus, clipping of the ductus arteriosus, premature neonates, occluder, delivery system

**For citation:** Kurtser M.A., Normantovich T.O., Grigoryan A.M., Mkrtchyan B.T., Volkov S.N., Donin I.M. Closure of the patent ductus arteriosus in a premature newborn with extremely low body weight. *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2021; 8 (4): 433–8 (in Russ.). DOI: 10.24183/2409-4080-2021-8-4-433-438

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

Received September 29, 2021

Accepted October 18, 2021

## Введение

Артериальный проток — сосуд, соединяющий устье левой лёгочной артерии и нисходящий грудной отдел аорты. В период внутриутробного развития — составной компонент фетального кровообращения.

Проток у плода остается открытым благодаря высокому уровню циркулирующих простагландинов (PGE<sub>2</sub>), вырабатываемых плацентой и стенкой протока, а также сниженному мышечному тону [1].

У новорождённых с очень низкой и экстремально низкой массой тела часто наблюдается нарушение механизмов закрытия артериального протока, что обусловлено антенатальными и постнатальными факторами, в результате чего проток остается открытым после рождения [2–4].

Функционирующий проток становится причиной нарушения центральной и региональной гемодинамики, и это позволяет характеризовать его как гемодинамически значимый функционирующий артериальный проток (ГЗ ФАП).

Достоверно известно, что частота выявления ФАП находится в обратной зависимости от гестационного возраста и массы тела ребенка. У детей, родившихся ранее 32-й недели беременности, данное состояние наблюдается в 10–20% случаев, у родившихся до 28-й недели — в 25–70% [5–8].

Естественное течение порока сопровождается развитием таких осложнений, как внутричерепное кровоизлияние, ретинопатия новорожденных, сердечная недостаточность, острая почечная недостаточность, легочное кровотечение, некротический энтероколит, лейкомаляция и летальный исход. В зависимости от времени развития эти осложнения подразделяются

на ранние (в первые 7 дней после рождения) и поздние (на 2–4-й неделе жизни) [9–11]. Несвоевременно начатая терапия может стать причиной развития еще одного осложнения — бронхолегочной дисплазии [12].

Традиционно лечение функционирующего гемодинамически значимого артериального протока у новорожденных с низкой массой тела начинается с назначения ингибиторов циклооксигеназы (при отсутствии противопоказаний) [13–15]. Большинство новорожденных с ГЗ ФАП хорошо реагируют на такую терапию. Однако инфекционное заболевание, лечение которого не начато, активное кровотечение в течение последних 24 ч, нарушение функции почек (диурез менее 1 мл/кг/ч за последние 8 ч, уровень креатинина более 140 мкмоль/л, уровень мочевины более 14 ммоль/л), количество тромбоцитов менее  $60 \times 10^9/\text{л}$ , некротизирующий энтероколит или подозрение на его развитие, гипербилирубинемия, требующая заменного переливания крови, геморрагический синдром не позволяют проводить медикаментозную терапию, и именно поэтому в последние годы активно обсуждаются вопросы хирургического лечения артериального протока у недоношенных новорожденных [16].

В случае выявления противопоказаний к медикаментозному лечению артериального протока либо его функционирование, несмотря на два проведенных курса ингибиторами циклооксигеназы, и сохранение гемодинамической значимости возникает необходимость хирургического устранения протока [17].

Клипирование артериального протока, выполняемое, как правило, в палате интенсивной терапии, является одинаково эффективным способом его закрытия, как торакоскопически, так и посредством торакотомии [18, 19].

Альтернатива клипированию артериального протока — транскатетерное закрытие. Ранее мы описывали историю развития транскатетерного лечения открытого артериального протока у недоношенных новорожденных [20]. В настоящей статье мы представляем впервые выполненный в России случай успешного транскатетерного закрытия открытого артериального протока у недоношенного новорожденного с экстремально низкой массой тела.

### Описание случая

В Клиническом госпитале «MD Group» (ГК «Мать и дитя») на сроке 30 нед гестации произошли роды монохориальной двойней. У первого плода проток уже после рождения был небольшого диаметра, ЭхоКГ-критерии гемодинамической значимости отсутствовали. В то же время у второго плода при рождении артериальный проток имел диаметр 3,5 мм и отсутствовала тенденция к его самопроизвольному закрытию.

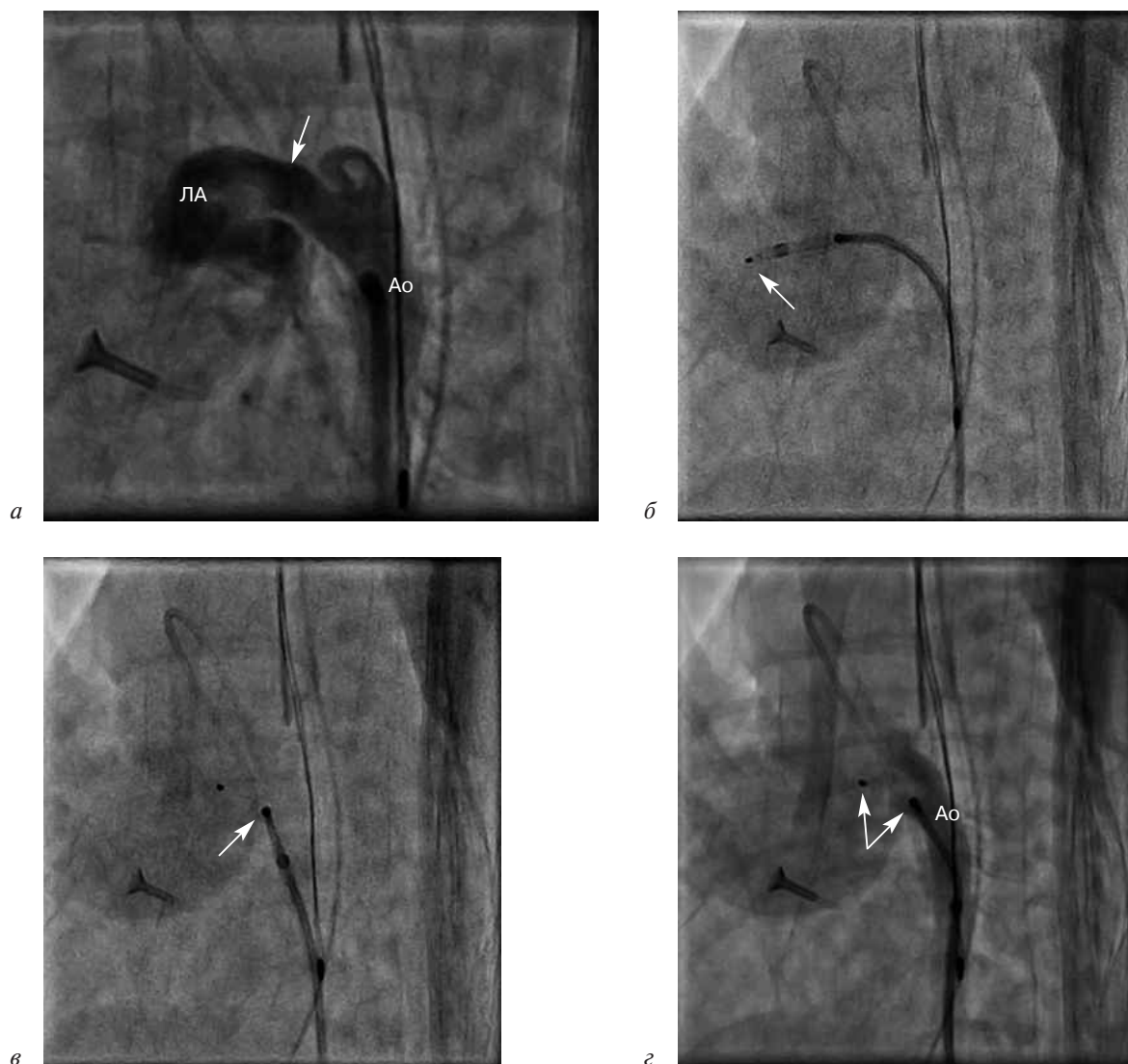
Масса тела второго плода при рождении составляла 880 г. С учетом сроков рождения и тяжести состояния ребенок с рождения находился на искусственной вентиляции легких. Результаты проводимой лабораторной диагностики указывали на имеющиеся признаки инфекционного процесса. В общем анализе крови отмечались лейкоцитоз (уровень лейкоцитов составлял  $23,98 \times 10^9/\text{л}$ ), тромбоцитопения ( $60 \times 10^9/\text{л}$ ). По данным биохимического анализа крови, показатель прокальцитонина составлял 0,760 нг/мл, что подтверждало наличие инфекционного процесса. В том же биохимическом анализе крови была отмечена тенденция нарастания почечных и печеночных ферментов (мочевина 7,6 ммоль/л, креатинин 89,2 мкмоль/л, общий билирубин 193,6 мкмоль/л, прямой билирубин 16,6 мкмоль/л, непрямого билирубин 177,0 мкмоль/л). При выполнении инструментальных методов исследования было отмечено развитие синдрома обкрадывания головного мозга, почек, кишечника. По данным ультразвукового исследования органов брюшной полости были выявлены застой в системе полых вен, свободная жидкость в межпечерном пространстве, обедненный кровоток в почках, признаки венозного полнокровия печени, ослабленная перистальтика кишки. По данным нейросонографии — гипоксически-ишемические изменения головного мозга наряду с изменениями показателей гемодинамики и скорости кровотока по средней мозговой артерии.

Описанные выше изменения не позволяли рассматривать вопрос медикаментозного закрытия артериального протока в качестве приоритетного вида лечения. С учетом наличия в клинике службы рентгенэндоваскулярной диагностики и лечения было решено выполнить транскатетерное закрытие артериального протока.

На момент выполнения операции возраст ребенка составлял 32 нед, масса тела — 1050 г. По данным ЭхоКГ, диаметр ОАП составлял 3,2 мм, длина — 7,1 мм. Также была отмечена перегрузка правых камер сердца (конечный диастолический размер правого желудочка 10,2 мм). В рентгенооперационную ребенок был подан в системе по сбережению тепла NeoHelp (Vygon, Франция).

Доступом через бедренную артерию в области перешейка аорты установлен катетер типа Judkins right 4 F. Выполнена аортография. Визуализирован широкий открытый артериальный проток (см. рисунок а). С учетом данных ангиографии закрытие протока было решено выполнить с применением окклюдера ADO II AS (Abbott) размером  $3,0 \times 5,0$  мм. Из аорты через артериальный проток выполнена катетеризация легочной артерии. Доставляющая система 4 F проведена и установлена в легочной артерии. В просвете легочной артерии раскрыт дистальный диск окклюдера; система подтянута к легочному концу протока и в просвете аорты раскрыт аортальный диск окклюдера (см. рисунки б, в). Полнота окклюзии протока и отсутствие сужения перешейка аорты было подтверждено посредством ангиографии (см. рисунок г), а отсутствие компрессии легочной артерии — по данным интраоперационно выполненной ЭхоКГ.

Помимо ангиографических и эхокардиографических критериев эффективность закрытия артериального протока оценивалась по критериям, предложенным В. Banieghbal [21]. Согласно этим критериям, повышение среднего артериального давления на 20–60% от исходного свидетельствует об эффективно проведенном закрытии артериального протока. В нашем случае среднее давление возросло с 28 до 37 мм рт. ст. Полученные данные позволили отсоединить окклюдер от доставляющего катетера. Выполнен гемостаз. Спустя 54 мин после подачи ребенка в операционную операция была завершена. Время флюороскопии составило 5 мин, объем контрастного вещества — 4 мл. Ребенок



Закрытие открытого артериального протока у недоношенного новорожденного:

*а* — при введении контрастного вещества в нисходящем отделе аорты (Ao) отмечается его поступление из аорты через расширенный открытый артериальный проток (стрелка) в легочную артерию (ЛА); *б* — в просвете легочной артерии раскрыт дистальный диск окклюдера (стрелка); *в* — раскрытие аортального (стрелка) диска окклюдера; *г* — при ангиографии из грудного отдела аорты отсутствует поступление контрастного вещества через имплантированный в артериальный проток окклюдер (стрелки) в легочную артерию

переведен в детскую реанимацию. После мануального гемостаза пульсация на бедренной артерии, определенная интраоперационно, была сохранена и в последующие дни. Спустя 7 сут после операции, по достижении нормализации лабораторных показателей, свидетельствующих об отсутствии инфекционного процесса и синдрома обкрадывания, о нормализации дыхания, ребенок был экстубирован. В общем анализе крови было отмечено нарастание уровня тромбоцитов до  $243 \times 10^9/\text{л}$ . Несмотря на сохраняющийся лейкоцитоз (уровень лейкоцитов составлял  $27,3 \times 10^9/\text{л}$ ), показатель прокальцитонина снизился в 2 раза от исходного и достиг 0,328 нг/мл, что свидетельствовало о сниже-

нии инфекционного процесса. Азотовыделительная функция почек нормализовалась: мочевины 6,33 ммоль/л, креатинин 37,1 мкмоль/л. Также отмечена нормализация функции печени: общий билирубин 43,0 мкмоль/л, прямой билирубин 17,9 мкмоль/л, непрямого билирубина 25,1 мкмоль/л. По данным УЗИ органов брюшной полости отмечена нормализация диаметра печеночных вен, кровотоков по почечным артериям прослеживается до коркового слоя, свободной жидкости в брюшной полости нет, перистальтика кишки прослеживается во всех отделах. Согласно данным нейросонографии, сохраняются гипоксически-ишемические изменения головного мозга, что обусловлено рожде-



нием на раннем сроке. Однако скоростные показатели кровотока по средней мозговой артерии находились в пределах нормы. По данным ЭхоКГ, отсутствует систолидиастолический поток на ветвях легочной артерии, размеры правого желудочка соответствуют возрастной норме, кровоток по дуге аорты и перешейку не изменен. Спустя еще 7 сут ребенок, достигнув веса 1150 г, был переведен в отделение патологии новорожденных. По прошествии 3 мес пребывания в клинике, набрав массу тела 3100 г, ребенок был выписан в удовлетворительном состоянии.

### Обсуждение

В настоящее время в мировой и отечественной практике нет единого подхода к лечению артериального протока у недоношенных новорожденных. Выбор между хирургическим клипированием или эндоваскулярным закрытием протока, при неэффективности медикаментозной терапии, а также наличии противопоказаний, остается дискуссионным. В 2018 г. В.В. Алекси-Месхишвили и др. опубликована статья о возможностях хирургического (включая эндоваскулярный метод) закрытия артериального протока у недоношенных новорожденных. Однако и в этой работе не было дано однозначного ответа о предпочтительности того или иного способа устранения протока [22]. Альтернатива клипированию артериального протока – транскатетерное закрытие. Несмотря на достигнутые успехи в эндоваскулярном устранении артериального протока у детей старшего возраста, данная группа пациентов долгое время оставалась без помощи ввиду размеров как самих окклюдеров, так и доставляющих систем [23]. В мировой литературе не так часто описываются случаи закрытия ОАП в период новорожденности. По имеющимся публикациям можно сделать вывод, что большинство авторов предпочитают, во избежание проблем с бедренной артерией, закрывать проток доступом через бедренную вену. Используя венозный доступ, как правило, не прибегают к проведению ангиографии для оценки размеров ОАП, положения доставляющей системы. Визуализация достигается посредством интраоперационного ЭхоКГ-исследования.

В представленном нами случае закрытие ОАП планировалось осуществить доступом через бедренную вену. Однако, выполнив пункцию бедренной артерии с первого раза, учитывая малый вес ребенка, интраоперационно бы-

ло принято решение использовать все же этот доступ, чтобы избежать длительных попыток пункции вены и связанного с этим риска охлаждения ребенка.

### Заключение

Представленный нами случай весьма актуален для многих перинатальных центров страны. Имеющиеся противопоказания к применению препаратов ингибиторов циклооксигеназы либо их неэффективность зачастую ставят неонатологов и детских реаниматологов перед дилеммой: где, когда и, главное, каким образом выполнить безопасное устранение протока. Появление на рынке, в том числе в России, нового поколения окклюдеров и доставляющих систем позволяет безопасно устранить артериальный проток, не прибегая к катетеризации бедренной артерии, с минимальными объемами контрастного вещества (иногда и вовсе без него) и временем флюороскопии. Однако, несмотря на всю привлекательность методики эндоваскулярного лечения гемодинамически значимого артериального протока у недоношенных новорожденных, остается ряд нерешенных вопросов. В частности, необходимо сохранять температурный режим на всех этапах лечения, в том числе при транспортировке новорожденного. И именно это не позволяет рекомендовать выполнение данного вида вмешательства в иных лечебных учреждениях, кроме роддома и/или перинатального центра, где родился ребенок, оснащенных передвижным ангиографическим комплексом.

### Литература/References

1. Reller M.D., Rice M.J., McDonald R.W. Review of studies evaluating ductal patency in the premature infant. *J. Pediatr.* 1993; 122: 59–62 DOI: 10.1016/s0022-3476(09)90044-0
2. Schneider D.J., Moore J.W. Patent ductus arteriosus. *Circulation.* 2006; 114 (17): 1873–82. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.592063
3. Clyman R.I. Mechanisms regulating the ductus arteriosus. *Biol. Neonat.* 2006; 89 (4): 330–5. DOI: 10.1159/000092870
4. Yokoyama U., Minamisawa S., Ishikawa Y. Regulation of vascular tone and remodeling of the ductus arteriosus. *J. Smooth Muscle Res.* 2012; 46 (2): 77–87. DOI: 10.1540/jsmr.46.77
5. Van Overmeire B., Van de Broek H., Van Laer P., Weyler J., Vanhaesebrouck P. Early versus late indomethacin treatment for patent ductus arteriosus in premature infants with respiratory distress syndrome. *J. Pediatr.* 2001; 138 (2): 205–11. DOI: 10.1067/mpd.2001.110528
6. Hamrick S.E., Hansmann G. Patent ductus arteriosus of the preterm infant. *Pediatrics.* 2010; 125 (5): 1020–30. DOI: 10.1542/peds.2009-3506
7. Марасина А.В., Горелик Ю.В., Шихранов А.А., Цытко А.Л., Анцыгин Н.В., Мостовой А.В., Мовсесян Р.Р. Хирургическое лечение открытого артериального протока у недоношенных детей с низкой массой тела. *Детские болезни сердца и сосудов.* 2012; 9 (1): 55–7.

- Marasina A.V., Gorelik Yu.V., Shikhranov A.A., Tsytko A.L., Antsygin N.V., Mostovoy A.V., Movsesyan R.R. Surgical treatment of patent ductus arteriosus in premature infants with low body weight. *Children's Heart and Vascular Diseases*. 2012; 9 (1): 55–7 (in Russ.).
8. Koch J., Hensley G., Roy L., Brown S., Ramaciotti C., Rosenfeld C.R. Prevalence of spontaneous closure of the ductus arteriosus in neonates at a birth weight of 1000 grams or less. *Pediatrics*. 2006; 117 (4): 1113–21. DOI: 10.1542/peds.2005-1528
9. Noori S., Seri I. Hemodynamic antecedents of peri/intraventricular hemorrhage in very preterm neonates. *Semin. Fetal Neonatal Med.* 2015; 20 (4): 232–7. DOI: 10.1016/j.siny.2015.02.004
10. Tauzin L., Joubert C., Noel A.C., Bouissou A., Moulies M.E. Effect of persistent patent ductus arteriosus on mortality and morbidity in very low-birthweight infants. *Acta Paediatr.* 2012; 101 (4): 419–23. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2011.02550.x
11. Janz-Robinson E.M., Badawi N., Walker K., Bajuk B., AbdelLatif M.E. Neurodevelopmental outcomes of premature infants treated for patent ductus arteriosus: a populationbased cohort study. *J. Pediatr.* 2015; 167 (5): 1025–32.e3. DOI: 10.1016/j.jpeds.2015.06.054
12. Skinner J. Diagnosis of patent ductus arteriosus. *Semin. Neonatol.* 2001; 6 (1): 49–61. DOI: 10.1053/siny.2000.0037
13. Johnston P.G., Gillam-Krakauer M., Fuller M.P., Reese J. Evidence-based use of indomethacin and ibuprofen in the neonatal intensive care unit. *Clin. Perinatol.* 2012; 39 (1): 111–36. DOI: 10.1016/j.clp.2011.12.002
14. Irmesi R., Marcialis M.A., Anker J.V., Fanos V. Non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in the management of patent ductus arteriosus (PDA) in preterm infants and variations in attitude in clinical practice: a flight around the world. *Curr. Med. Chem.* 2014; 21 (27): 3132–52. DOI: 10.2174/0929867321666140304095434
15. Oncel M.Y., Erdevi O. Safety of therapeutics used in management of patent ductus arteriosus in preterm infants. *Curr. Drug. Saf.* 2015; 10 (2): 106–12. DOI: 10.2174/1574886309999141030142847
16. Paciffici G.M. Clinical pharmacology of indomethacin in preterm infants: implications in patent ductus arteriosus closure. *Paediatr. Drugs*. 2013; 15: 363–76. DOI: 10.1007/s40272-013-0031-7
17. Malviya M.N., Ohlsson A., Shah S.S. Surgical versus medical treatment with cyclooxygenase inhibitors for symptomatic patent ductus arteriosus in preterm infants. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2013; 3: CD003951. DOI: 10.1002/14651858
18. Козлов Ю.А., Новожилов В.А., Ежова И.В., Медведев В.Н., Медведев А.В., Ярошевич А.В. и др. Торакотомия и торакоскопия в лечении открытого артериального протока у детей с массой тела менее 2500 г. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2014; 1: 64–72. Kozlov Iu.A., Novozhilov V.A., Ezhova I.V., Medvedev V.N., Medvedev A.V., Iaroshevich A.V. et al. Thoracotomy and thoracoscopy in the treatment of patent arterial duct in infants weighing less than 2500 g. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2014; 1: 64–72 (in Russ.).
19. Stankowski T., Aboul-Hassan S.S., Jakub Marczak J., Szymanska A., Augustyn C., Cichon R. Minimally invasive thoracoscopic closure versus thoracotomy in children with patent ductus arteriosus. *J. Surg. Res.* 2017; 208: 1–9. DOI: 10.1016/j.jss.2016.08.097
20. Григорьян А.М., Амбарцумян Г.А. Лечение открытого артериального протока у новорожденных с экстремально низкой массой тела. *Эндоваскулярная хирургия*. 2019; 6 (2): 107–15. DOI: 10.24183/2409-4080-2019-6-2-107-115 Grigor'yan A.M., Ambartsumyan G.A. Treatment of patent ductus arteriosus in extremely preterm infants. *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2019; 6 (2): 107–15 (in Russ.). DOI: 10.24183/2409-4080-2019-6-2-107-115
21. Banieghbal B. Physiological marker and surgical ligation of patent ductus arteriosus in neonates. *Afr. J. Paediatr. Surg.* 2016; 13: 109–13. DOI: 10.4103/0189-6725.187796
22. Алекси-Месхишвили В.В., Козлов Ю.А. Хирургическое лечение открытого артериального протока у недоношенных детей. *Детская хирургия*. 2018; 22 (3): 148–54. DOI: 10.18821/1560-9510-2018-22-3-148-154 Aleksi-Meskhishvili V.V., Kozlov Yu.A. Surgical treatment of open ductus arteriosus in premature infants. *Pediatric Surgery*. 2018; 22 (3): 148–54 (in Russ.). DOI: 10.18821/1560-9510-2018-22-3-148-154
23. Forsey J., Kenny D., Morgan G., Hayes A., Turner M., Tometzki A., Martin R. Early clinical experience with the new Amplatzer ductal occluder II for closure of the persistent arterial duct. *Catheter Cardiovasc. Interv.* 2009; 74: 615–23. DOI: 10.1002/ccd.22055