

© Коллектив авторов, 2021

УДК 616.134-089.819.5

Успешный опыт эндоваскулярного лечения изолированного отхождения правой подключичной артерии от правой легочной артерии

М.Г. Пурсанов¹, А.В. Бедин¹, М.А. Абрамян^{1, 2}, М.В. Толстых¹, Д.Б. Пардаев¹,
М.М. Курако¹, Ю.Н. Шамрин¹

¹ ГБУЗ города Москвы «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы», 4-й Добрынинский пер., 1/9, Москва, 119049, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, 117198, Российская Федерация

Пурсанов Манолис Георгиевич, доктор мед. наук, врач – рентгенэндоваскулярный хирург;
orcid.org/0000-0002-1421-1795

Бедин Алексей Владимирович, врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0001-8489-6438

Абрамян Михаил Арамович, доктор мед. наук, профессор кафедры педиатрии, заведующий отделением экстренной кардиохирургии и интервенционной кардиологии; orcid.org/0000-0003-4018-6287

Толстых Мария Владимировна, врач – детский кардиолог; orcid.org/0000-0001-8641-4076

Пардаев Давронбек Базоркулович, врач – рентгенэндоваскулярный хирург;
orcid.org/0000-0001-6758-1266

Курако Мария Михайловна, канд. мед. наук, врач функциональной диагностики, врач ультразвуковой диагностики; orcid.org/0000-0002-1100-1506

Шамрин Юрий Николаевич, доктор мед. наук, врач – сердечно-сосудистый хирург;
orcid.org/0000-0002-2260-9533

Аномальное отхождение подключичной артерии от ветвей легочной артерии – редкая патология, как правило встречающаяся при патологическом развитии аорты либо кардиальных аномалиях. При этой патологии подключичная артерия чаще всего отходит от левой легочной артерии, отхождение же от правой легочной артерии встречается крайне редко. В статье представлен ранее не описанный успешный опыт эндоваскулярной коррекции изолированного отхождения правой подключичной артерии от правой легочной артерии у ребенка в возрасте 4 мес, которому трансвенозным доступом было выполнено транскатетерное разобщение правой подключичной артерии с правой легочной артерией с помощью Amplatzer Vascular Plug II 4 мм.

Ключевые слова: аномальное отхождение, окклюдер, легочная артерия, подключичная артерия, эндоваскулярное закрытие.

Для цитирования: Пурсанов М.Г., Бедин А.В., Абрамян М.А., Толстых М.В., Пардаев Д.Б., Курако М.М., Шамрин Ю.Н. Успешный опыт эндоваскулярного лечения изолированного отхождения правой подключичной артерии от правой легочной артерии. *Эндоваскулярная хирургия*. 2021; 8 (1): 99–106. DOI: 10.24183/2409-4080-2021-8-1-99-106

Для корреспонденции: Пурсанов Манолис Георгиевич, e-mail: mpursanov@rambler.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 11.02.2021
Принята к печати 17.02.2021

Successful experience of endovascular treatment isolation of right subclavian artery from right pulmonary artery

M.G. Pursanov¹, A.V. Bedin¹, M.A. Abramyan^{1, 2}, M.V. Tolstykh¹, D.B. Pardaev¹,
M.M. Kurako¹, Yu.N. Shamrin¹

¹ Morozov Children's City Clinical Hospital, Moscow, 119049, Russian Federation

² Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, 117198, Russian Federation

Manolis G. Pursanov, Dr. Med. Sc., Endovascular Surgeon;
orcid.org/0000-0002-1421-1795

Aleksey V. Bedin, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0001-8489-6438

Mikhail A. Abramyan, Dr. Med. Sc., Professor of Chair of Pediatrics, Head of Department of Emergency Cardiac Surgery and Interventional Cardiology; orcid.org/0000-0003-4018-6287

Mariya V. Tolstykh, Pediatric Cardiologist; orcid.org/0000-0001-8641-4076

Davronbek B. Pardaev, Endovascular Surgeon; orcid.org/0000-0001-6758-1266

Mariya M. Kurako, Cand. Med. Sc., Functional Diagnostician, Ultrasonic Diagnostician;
orcid.org/0000-0002-1100-1506

Yuriy N. Shamrin, Dr. Med. Sc., Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-2260-9533

Abnormal discharge of the subclavian artery from the branches of the pulmonary artery is a rare pathology, usually developing in the complex of pathological development of the aorta or cardiac anomalies. In most cases the subclavian artery departs from the left pulmonary artery, but the discharge of the right pulmonary artery is extremely rare. This article presents a recent unreported successful experience of endovascular correction of isolated branching of the right subclavian artery from the right pulmonary artery performed on a 4-month-old child who underwent transcatheter disconnection of the right subclavian artery from the right pulmonary arteries using the Amplatzer Vascular Plug II 4 mm transvenous access.

Keywords: abnormal discharge, occluder, pulmonary artery, subclavian artery, endovascular treatment.

For citation: Pursanov M.G., Bedin A.V., Abramyan M.A., Tolstykh M.V., Pardaev D.B., Kurako M.M., Shamrin Yu.N. Successful experience of endovascular treatment isolation of right subclavian artery from right pulmonary artery. *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2021; 8 (1): 99–106 (in Russ.). DOI: 10.24183/2409-4080-2021-8-1-99-106

For correspondence: Manolis G. Pursanov, e-mail: mpursanov@rambler.ru

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

Received February 11, 2021
Accepted February 17, 2021

Введение

Аномальное отхождение подключичной артерии (ПА) от легочной артерии (ЛА) — редкая аномалия, чаще всего ассоциированная с патологией дуги аорты (правосторонняя дуга аорты, сосудистое кольцо, перерыв дуги аорты) или сочетающаяся с врожденными пороками сердца, такими как тетрада Фалло, общий атриовентрикулярный канал, дефект межпредсердной (ДМПП) и межжелудочковой (ДМЖП) перегородок. Как правило, данный порок выявляется либо во время аутопсии, либо при проведении ангиографии по поводу ведущей патологии сердечно-сосудистой системы.

Согласно эмбриологической модели развития аорты по Эдвардсу [1], аномальное отхождение левой или правой ПА от ветвей ЛА обусловлено сохранением правостороннего или левостороннего дорсального сегмента 6-й дуги с регрессией 4-й дуги, а также перерывом дорсальной дуги дистальнее отхождения 7-й левой или правой межсегментарной артерии (рис. 1). Процессы, приводящие к нарушению закладки сердца и перерыву дуги аорты с одной стороны, параллельно приводят к изменениям на контралатеральной стороне, вызывая аберрантное отхождение подключичной артерии [2, 3]. Важна и роль неврального креста при данной патологии. Его участие в формировании туннельной и конусной частей сердца отражается и в происхождении широкого комплекса мальформаций, в том числе связанных с патологией развития дуги аорты [4].

Клинически данный порок может проявляться разницей цвета кожных покровов, дифференцированным цианозом конечностей из-за

кровоснабжения аномально отходящей ПА венозной кровью из ЛА. Впоследствии, ввиду развития коллатеральных перетоков, кровоснабжение конечности начинает осуществляться через ипсилатеральные сосуды вертебробазилярного бассейна с возможным обкрадыванием церебральной циркуляции и ишемией головного мозга (steal-синдром) [5, 6].

В большинстве публикаций встречается описание аномального отхождения левой ПА от левой ЛА [7–9]. И лишь единичные работы посвящены аномальному отхождению правой ПА от правой ЛА. Еще в 1964 г. J.R. Stewart et al. в своем «Atlas of vascular rings and related malformations of the aortic arch system» для обозначения аномального отхождения ПА предложили термин «isolation», что можно перевести как «оторванность». Данный термин в дальнейшем стал

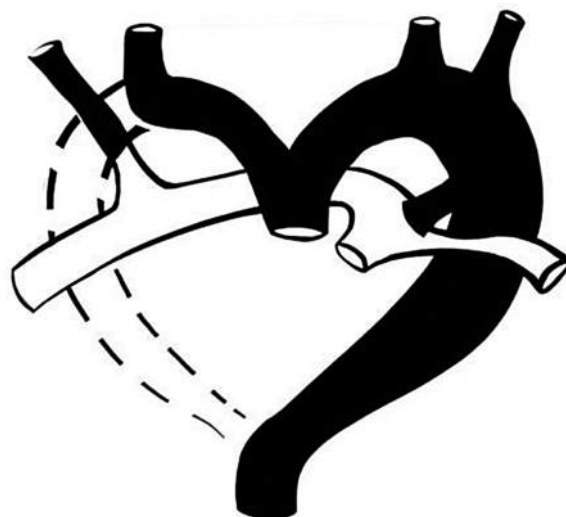


Рис. 1. Схематическое изображение отклонения эмбриологического развития магистральных сосудов по Эдвардсу (изображение авторов)

широко использоваться для этой патологии в англоязычной литературе [10].

В 1992 г. E. Baudet et al. описали случай хирургического лечения аномально отходящей ПА от правой ЛА при левой дуге аорты. Данная патология явилась случайной находкой при проведении диагностической ангиографии у ребенка 3 лет с подозрением на открытый артериальный проток (ОАП). Авторы из срединного доступа выполнили реимплантацию правой ПА в восходящую аорту, с хорошим гемодинамическим результатом [11]. Еще один клинический случай хирургического лечения 3-летнего ребенка с отхождением правой ПА от правой ЛА в сочетании с ДМЖП, ДМПП и ОАП представили в 1994 г. J. Smith et al., причем данную патологию удалось распознать только после двух этапов коррекции порока. Авторы провели обзор 10 ранее выявленных случаев данной патологии, четверо из этих больных погибли из-за основной патологии сердечно-сосудистой системы [12]. Имеется также описание отхождения правой ПА от правой ЛА в сочетании с перерывом дуги аорты (тип В) [13]. Ребенок был радикально прооперирован на 11-й день жизни. Отмечалось, что макроскопически в области отхождения ПА от ЛА имелись признаки дуктальной ткани. Артерия была реимплантирована в восходящую аорту во время коррекции перерыва дуги аорты.

Особый интерес представляет наблюдение, в котором изолированное отхождение правой ПА было обнаружено только после эндоваскулярного закрытия типично выпадающего ОАП. Было обнаружено, что кровоток по правой ПА осуществлялся из ЛА за счет поддержания повышенного давления функционирующим ОАП. Исходно правая ПА была принята за aberrantную, но после окклюзии ОАП, за счет нормализации давления в ЛА, направление кровотока по ней изменилось на лево-правое (из ПА в ЛА) с развитием признаков steal-синдрома. После выполненной компьютерной томографии с контрастным усилением был выставлен диагноз аномального отхождения правой ПА от правой ЛА. Авторы выбрали наблюдательную тактику, в дальнейшем планируя провести хирургическую реимплантацию изолированной правой ПА в аорту [14].

Доступность и совершенствование методов визуализации при инструментальных способах диагностики способствовали более частому выявлению порока, что также отражено в ряде

публикаций [8, 15, 16]. В этих работах были предложены оптимальные способы коррекции данной патологии. При изолированном аномальном отхождении ПА от ЛА рекомендовано проведение реимплантации артерии в анатомическую позицию либо перевязка «изолированной» артерии. При сочетании аномально отходящей ПА от ЛА с другой врожденной сердечно-сосудистой патологией рекомендована одномоментная коррекция [7, 17]. При такой патологии использование эндоваскулярных окклюдизирующих устройств является очень перспективным. В литературе имеется только одно сообщение, где для лечения данной патологии авторы [18] использовали устройство в виде спирали (Gianturco-Grifka Vascular Occlusion Device), разработанное специально для окклюзии сосудов малого диаметра; с его помощью было успешно выполнено закрытие проксимальной части дуктального отхождения левой ПА от левой ЛА при правом типе дуги аорты.

В нашем клиническом случае мы использовали эндоваскулярный способ лечения редкой сосудистой патологии — аномального дуктального отхождения правой ПА от правой ЛА при отсутствии других сопутствующих аномалий сердца. Предложенный способ лечения данной патологии не обнаружен нами в ранних публикациях.

Описание случая

В отделение кардиохирургии Морозовской ДГКБ на лечение был направлен ребенок в возрасте 4 месяцев, весом 5,2 кг, женского пола, с диагнозом «ВПС: открытый артериальный проток».

Из анамнеза известно, что ребенок из двойни. Мальчик — здоров, развитие без особенностей. Девочка родилась с массой тела 1980 г и ростом 41 см. Состояние при рождении тяжелое, обусловлено острой дыхательной недостаточностью, синдромом двигательных расстройств, неврологической симптоматикой угнетения ЦНС. Ребенок оксигенировался методом СРАР (режим искусственной вентиляции легких с постоянным положительным давлением) с рождения в течение 18 ч. У пациентки имеются множественные стигмы дисэмбриогенеза: антимонголоидный разрез глаз, блефарофимоз, низко расположенные ушные раковины, брахицефалический череп, выраженные лобные бугры, несимметричные углы рта при плаче, атипичные судороги (купированы конвулсией).

Из отделения патологии новорожденных ребенок выписан в 3 недели жизни (в весе прибавила 470 г, выросла на 5 см).

В дальнейшем ребенок дважды находился на лечении в 8-м инфекционном отделении ДГКБ № 9 им. Г.Н. Сперанского с диагнозом: Внебольничная полисегментарная пневмония. Кишечная инфекция неясной этиологии. Острый инфекционный энтероколит, тяжелое состояние. Анемия тяжелой степени. Острая респираторная вирусная инфекция. Там же впервые был выставлен диагноз «ВПС (открытый артериальный проток)» по результатам проведенной эхокардиографии (ЭхоКГ). После консультации кардиолога назначена терапия: дигоксин 0,01 мг/кг/сут в 2 приема, верошпирон 3 мг/кг 2 раза. Наблюдалась у кардиолога по месту жительства, направлена в Морозовскую ДГКБ для уточнения диагноза и определения тактики лечения.

При физикальном осмотре: рост 55 см, масса тела 5,2 кг. Пациентка в сознании, беспокойна, реагирует двигательной и эмоциональной активностью. Отмечаются признаки морфофункциональной незрелости. Стигмы дисэмбриогенеза: антимонголоидный разрез глаз, блефарофимоз, брахицефалический череп, выраженные лобные бугры, несимметричные углы рта при плаче, короткая шея. Кожные покровы бледно-розовые, чистые от инфекционной и геморрагической сыпи, видимых отеков нет. При беспокойстве отмечается акроциноз. Подкожно-жировой слой развит слабо, распределен равномерно. Грудная клетка цилиндрической формы. Кашля нет. Одышка при плаче, резком беспокойстве до 60 в минуту. Перкуторно над легкими — ясный легочный звук, аускультативно дыхание проводится равномерно, хрипы не выслушиваются. Частота дыхания в покое 42–46 в минуту, насыщение артериальной крови кислородом на руках и ногах равно 98%. Тоны сердца ясные, ритмичные, выслушивается систолический шум 2/6 над всей областью сердца. Границы сердца перкуторно не расширены. Пульсация на периферических артериях: на правой верхней конечности пульс меньшего напряжения и наполнения, чем на левой. Неинвазивное артериальное давление: правая рука — 88/46 мм рт. ст., левая рука — 95/50 мм рт. ст., правая нога — 93/53 мм рт. ст. Живот округлой формы, участвует в акте дыхания, при пальпации мягкий, безболезненный. Аускультативно перистальтика выслушивается активная. Пе-

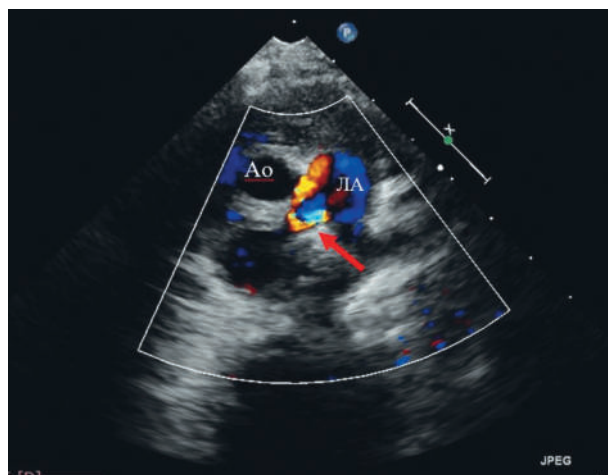


Рис. 2. Трансторакальная ЭхоКГ, короткая ось аорты. В правой ЛА лоцируется систолидиастолический поток (стрелка)

чень на 2 см выступает из-под края реберной дуги, селезенка не пальпируется.

При проведении предоперационного обследования по данным ЭхоКГ была заподозрена нетипичная для ОАП анатомия — отмечался систолидиастолический поток по протяженному извитому сосуду в правую ЛА при левом типе дуги аорты (рис. 2). Это явилось показанием к дополнительному обследованию ребенка — мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с внутривенным контрастным усилением. КТ осуществлялась на 268-срезовом компьютерном томографе с выполнением артериальной и венозной фаз контрастирования препаратом ультравист 370. По результатам обследования сердце правостороннее леворасположенное. Дуга аорты расположена типично. От дуги отходит правая общая сонная артерия (ОСА) диаметром 5 мм, левая ОСА — 3,5 мм, левая ПА — 4,3 мм. Выявлена aberrantная правая ПА, устье которой расположено на нижней стенке правой ветви легочного ствола. При наличии дуктального отхождения правая ПА имеет выражено непостоянный диаметр: в устье 3 мм, в проксимальном отделе сужена до 1,7 мм, далее постстенотически расширена до 5,7 мм. Прослеживаются множественные артериальные коллатерали с позвоночными артериями. Диаметр ствола ЛА 10 мм, правой ветви на уровне устья — 6 мм, левой ветви на уровне устья — 8 мм (рис. 3). Имеются также инфильтративные, эмфизематозные изменения в обоих легких.

Учитывая анамнез, анатомию порока и отсутствие других кардиальных аномалий, ребен-

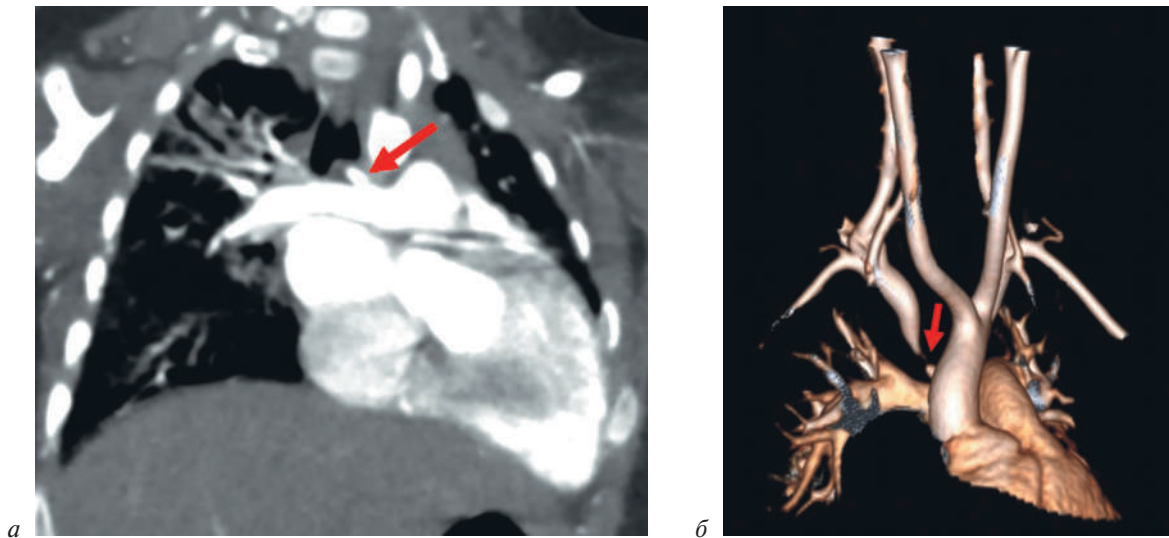


Рис. 3. Результаты МСКТ:

а — фронтальный срез, отхождение правой подключичной артерии от правой ветви легочной артерии (указано стрелкой); *б* — 3D-реконструкция, хорошо визуализируется отхождение правой ПА от правой ветви ЛА, проксимальный отдел сужен (стрелка)

нок спустя четверо суток после комплексного обследования был взят в рентгенооперационную для подтверждения диагноза и окклюзии устья дуктально отходящей правой подключичной артерии. Под общей анестезией была пунктирована правая общая бедренная вена, установлен интродьюсер 4 F. Давление в ЛА составило 24/12 мм рт. ст. При ангиопульмонографии через легочную артерию прямого контрастирования anomalно отходящего сосуда от правой ЛА не получено. В фазу левограммы отмечается поступление контрастного вещества из системы правой позвоночной артерии в правую ЛА. Однако точно судить об анатомии сосуда и его размерах не представляется возможным. В связи с этим решено выполнить аортографию.

Катетер через открытое овальное окно проведен из правого предсердия в левое, а затем в левый желудочек и далее в аорту. Выполнена аортография из перешейка аорты и левой ПА. От нисходящей грудной аорты патологических сосудов, идущих к легким, нет. Из системы левой позвоночной артерии отмечается сеть коллатеральных сосудов, сообщающихся с правой позвоночной артерией. Также наблюдается ретроградное заполнение правой позвоночной артерии через Виллизиев круг с anomalным сосудом (дуктальное отхождение правой ПА), впадающим в правую ЛА, при этом ПА дистальнее позвоночной артерии не контрастируется (рис. 4, *а*). Решено выполнить селективную катетеризацию anomalно отходящей ПА из правой ЛА. Многочисленные попытки катете-

ризации из ЛА, со сменой нескольких катетеров разных типов, оказались безуспешными из-за угла и проксимального отхождения сосуда. В связи с этим решено сменить бедренный доступ на трансъюгулярный. Была выполнена пункция внутренней яремной вены с установкой интродьюсера 4 F. С помощью многоцелевого катетера удалось катетеризовать устье дуктально отходящей правой ПА (рис. 4, *б*) и провести катетер в правую позвоночную артерию. При ангиографии отмечается, что ПА берет начало от правой ЛА, сужена в проксимальном участке на протяжении до 1,5–2,0 мм, при этом хорошо контрастируется вся правая ПА (рис. 4, *в*).

Решено выполнить закрытие проксимального отдела правой ПА с помощью Amplatzer Vascular Plug II 4 мм. По проводнику диагностический катетер сменили на систему доставки 4 F, предназначенную для использования Amplatzer Duct II. Через последний в ПА проведен Plug окклюдер и под ангиографическим контролем через боковой порт доставляющего катетера имплантирован в проксимальном отделе правой ПА (рис. 4, *г*). Отмечено оптимальное расположение устройства на контрольной ангиограмме, окклюдер не выступает в просвет правой ЛА (рис. 4, *д*). Таким образом было выполнено разобщение сообщения между правой ЛА и правой ПА. Проведенные пульсоксиметрия и измерение неинвазивного АД на обеих верхних конечностях не показали разницы в цифровых значениях.

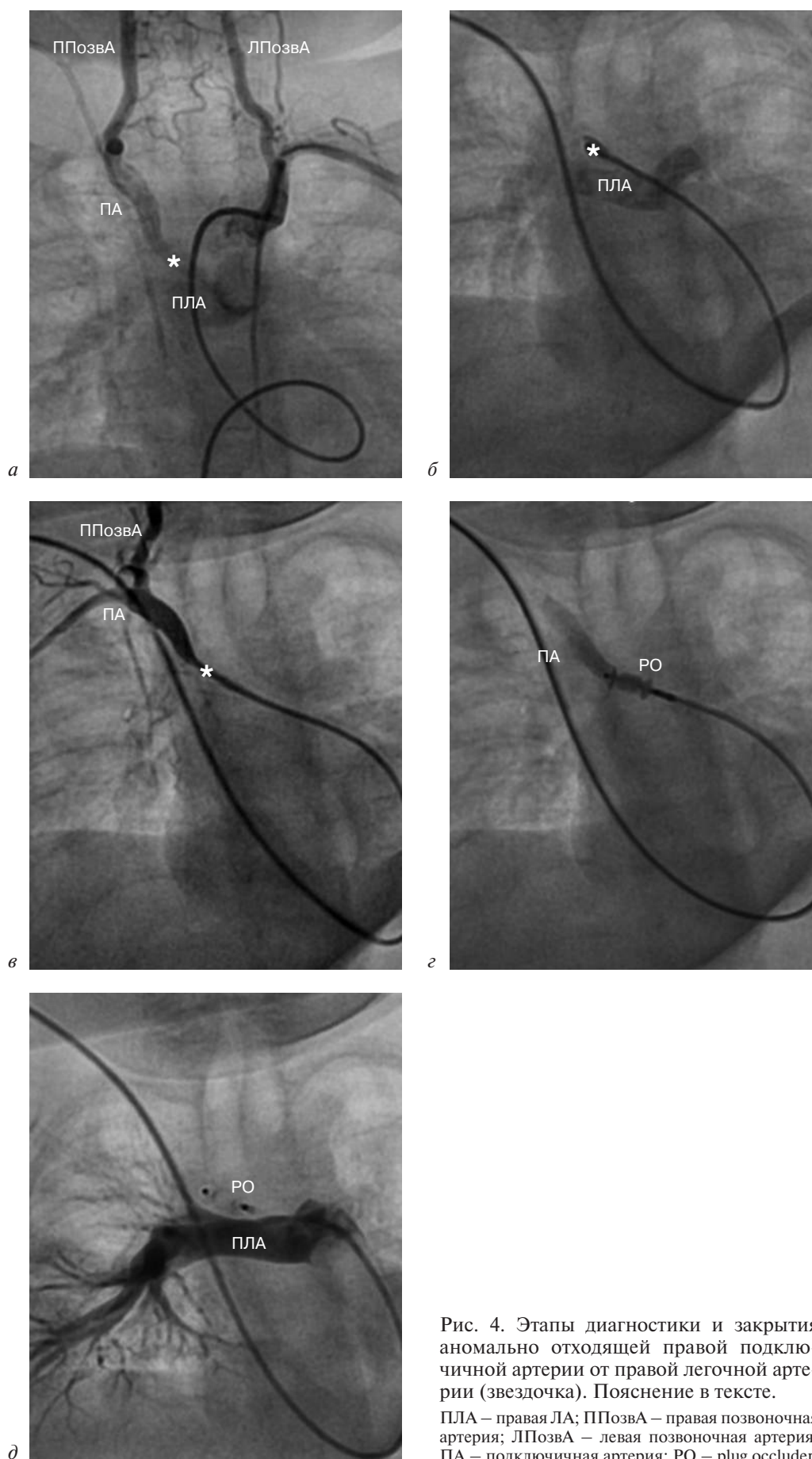


Рис. 4. Этапы диагностики и закрытия аномально отходящей правой подключичной артерии от правой легочной артерии (звездочка). Пояснение в тексте.

ПЛА – правая ЛА; ППозвА – правая позвоночная артерия; ЛПозвА – левая позвоночная артерия; ПА – подключичная артерия; РО – plug occluder

Операция завершена без осложнений, пациентка выписана из стационара на 4-е сутки после хирургического вмешательства с референсными значениями лабораторных показателей, отсутствием аномального кровотока в ЛА при ЭхоКГ с доплерографией и равным артериальным давлением на верхних конечностях.

Обсуждение

Изолированное дуктальное отхождение правой ПА от правой ЛА встречается крайне редко, особенно при нормальной дуге аорты и в отсутствие сопутствующих аномалий. Диагностика этой патологии зачастую бывает случайной, и только использование КТ и ангиокардиографии позволяет точно определить ее наличие, уровень отхождения и размеры. Опасность этой патологии заключается прежде всего в обкрадывании головного мозга за счет steal-синдрома. Так как давление в ЛА меньше системного, происходит лево-правый сброс, характерный для ОАП. В нашем случае проведение тщательного дооперационного диагностического обследования позволило своевременно распознать редкую аномалию и успешно спрогнозировать тактику лечения. Представленный случай демонстрирует также необходимость проведения оценки сообщающихся кровотоков через систему вертебробазиллярного бассейна и рисков развития неврологических осложнений. При диагностировании «нетипичного» ОАП, особенно в сочетании с правой дугой аорты либо аберрантными брахиоцефальными сосудами, необходимо помнить о спектре патологий развития магистральных сосудов, чтобы избежать хирургических ошибок.

Хирургическое лечение данной патологии предусматривает различные подходы в зависимости от клинических проявлений, степени развития коллатерального кровотока, выраженности артерий-доноров для подключичной артерии, наличия steal-синдрома и сопутствующих патологий. Это может быть как перевязка ПА, ее реимплантация в общую сонную артерию, так и предложенный нами способ коррекции. Использование эндоваскулярных методов коррекции может быть очень перспективным, так как позволяет быстро и без серьезной травмы устранить патологию. Для этого могут быть использованы как спирали, так и окклюдеры.

Эндоваскулярное закрытие аномального отхождения ПА от ЛА имеет свои особенности и трудности, в частности в младенческом возра-

сте. В нашем случае катетеризировать ПА удалось только после смены феморального доступа на югулярный. Это позволило провести проводник из устья правой ЛА в ПА, так как при этом образовался «упор» на верхушке правого желудочка и относительно прямой ход из ЛА, который способствовал успешной катетеризации. Это первое наблюдение, когда удалось разбошить изолированное отхождение правой ПА от правой ЛА с использованием окклюдера.

Заключение

Эндоваскулярное разобщение кровотока между правой ПА и правой ЛА с помощью Amplatzer Vascular Plug позволило выполнить успешную коррекцию крайне редкой врожденной патологии магистральных сосудов без использования традиционных, более травматичных открытых вмешательств у ребенка с массой тела 5,2 кг.

Литература/References

1. Edwards J.E. Anomalies of the derivatives of the aortic arch system. *Med. Clin. North. Am.* 1948; 33: 925–49.
2. Van Mierop L.H.S., Kutsche L.M. Interruption of the aortic arch and coarctation of the aorta: pathogenetic relations. *Am. J. Cardiol.* 1984; 54: 829–34.
3. Hayabuchi Y., Inoue M., Sakata M., Ohnishi T., Kagami S. Subclavian and pulmonary artery steal phenomenon in a patient with isolated left subclavian artery and right aortic arch. *J. Clin. Ultrasound.* 2013; 41 (4): 265–8. DOI: 10.1002/jcu.21874
4. Kirby M.L., Waldo K.L. Role of neural crest in congenital heart disease. *Circulation.* 1990; 82 (2): 332–40.
5. Pieroni D.R., Brodsky S.T., Rowe R.D. Congenital subclavian steal: report of a case occurring in a neonate and review of the literature. *Am. Heart J.* 1972; 84: 801–7.
6. Engleman D.A., Mortazavi A. Congenital subclavian steal syndrome in an adult with a left aortic arch. *Tex. Heart Inst. J.* 1998; 25 (3): 216–7.
7. Russell J., Smallhorn J., Black M., Hornberger L. Isolated origin of the left subclavian artery from the left pulmonary artery. *Cardiol. Young.* 2000; 10 (2): 120–5. DOI: 10.1017/S1047951100006570
8. McElhinney D.B., Silverman N.H., Brook M.M., Reddy V.M., Hanley F.L. Rare forms of isolation of the subclavian artery: echocardiographic diagnosis and surgical considerations. *Cardiol. Young.* 1998; 8 (03).
9. Ming-Ren Chen, Kun-Shan Cheng, Yu-Ching Lin. Isolation of the subclavian artery: 4 cases report and literature review. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2007; 23: 463–7.
10. Stewart J.R., Kincaid O.W., Edwards J.E. Malformations with left aortic arch (group II). “Isolation” of the right subclavian artery from aorta. In: Stewart J.R. (Ed.) An atlas of vascular rings and related malformations of the aortic arch system. 1st ed. Springfield, IL: Charles C. Thomas; 1964: 76–9.
11. Baudet E., Roques X.F., Guibaud J.-Ph., Laborde N., Chousat A. Isolation of the right subclavian artery. *Ann. Thorac. Surg.* 1992; 53 (3): 501–3.
12. Smith J., Hirschklau M., Reitz B. An unusual presentation of isolation of the right subclavian artery. *Cardiol. Young.* 1994; 4 (2): 181–3. DOI: 10.1017/S1047951100002171
13. Law Y., Smallhorn J., Adatia I. Echocardiographic delineation of anomalous origin of the right subclavian artery from the right pulmonary artery. *Cardiol. Young.* 1997; 7 (3): 328–30. DOI: 10.1017/S1047951100004236

14. Crystal M.A., Rivenes S.M., Ing F.F. Unmasking of an isolated right subclavian artery from the pulmonary artery after device occlusion of a patent arterial duct. *Catheter Cardiovasc. Interv.* 2013; 82 (4): 581–4. DOI: 10.1002/ccd.24514
15. Sun A.M., Alhabshan F., Branson H., Freedom R.M., Yoo S.J. MRI diagnosis of isolated origin of the left subclavian artery from the left pulmonary artery. *Pediatr. Radiol.* 2005; 35 (12): 1259–62. DOI: 10.1007/s00247-005-1569-5
16. Marin C., Sanchez M.L., Fernandez-Velilla M., Ruiz Y., Maroto E., Delgado J. MR imaging of isolated right subclavian artery. *Pediatr. Radiol.* 2008; 38: 216–9. DOI: 10.1007/s00247-007-0629-4
17. Abe M., Isobe T., Atsumi N. Right aortic arch with isolation of the left subclavian artery and bilateral patent ductus arterioses. *Pediatr. Cardiol.* 2000; 21: 497–9.
18. Jones T.K., Garabedian H., Grifka R.G. Right aortic arch with isolation of the left subclavian artery, moderate patent ductus arteriosus, and subclavian steal syndrome: a rare aortic arch anomaly treated with the Gianturco-Grifka vascular occlusion device. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 1999; 47: 320–2.