

## **СКРИНИНГ САТУРАЦИИ КРОВИ КИСЛОРОДОМ КАК МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ СЕРДЦА У НОВОРОЖДЕННЫХ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ, ПРОБЛЕМЫ, МНЕНИЯ**

*А.Л. Карпова<sup>1</sup>, Е.Л. Бокерия<sup>2</sup>, Т.Н. Николаева<sup>1</sup>, Е.М. Спивак<sup>1</sup>,  
Н.Ю. Карпов<sup>1</sup>, А.В. Мостовой<sup>1</sup>, А.В. Марасина<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> ГБОУ ВПО «Ярославский государственный медицинский университет»  
(ректор – проф. А.В. Павлов) Минздрава России; ул. Революционная, 5,  
г. Ярославль, 150000, Российская Федерация;

<sup>2</sup> ФГБНУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»  
(директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия); Рублевское шоссе, 135,  
Москва, 121552, Российская Федерация;

<sup>3</sup> АНО Медицинский центр «XXI век»; Б. Сампсониевский просп., 45,  
Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

Карпова Анна Львовна, канд. мед. наук, ассистент, неонатолог, анестезиолог-реаниматолог,  
e-mail: anna1409@mail.ru;

Бокерия Екатерина Леонидовна, доктор мед. наук, детский кардиолог;

Николаева Татьяна Никитична, доктор мед. наук, профессор, детский кардиолог;

Спивак Евгений Маркович, доктор мед. наук, профессор, детский кардиолог;

Карпов Николай Юрьевич, акушер-гинеколог;

Мостовой Алексей Валерьевич, канд. мед. наук, ассистент, неонатолог, анестезиолог-реаниматолог;

Марасина Александра Владимировна, кардиохирург

В обзоре представлена информация о скрининге сатурации крови кислородом у новорожденных, об основных целях и задачах данного метода исследования, об актуальности более своевременной диагностики врожденных пороков сердца у детей в раннем неонатальном периоде.

Проведен анализ нескольких последних исследований, в которых представлены данные о чувствительности и специфичности метода. Кроме того, проанализированы преимущества более позднего проведения пульсоксиметрии у новорожденных.

Особое внимание уделено техническим аспектам проведения теста, частоте ложноположительных и ложноотрицательных результатов и способам их снижения. Показана актуальность и важность применения скрининга сатурации крови кислородом у новорожденных детей как одного из методов снижения младенческой смертности.

**Ключевые слова:** новорожденные; сатурация кислорода; врожденные пороки сердца.

## SCREENING OF SATURATION AS A METHOD OF DETECTION OF CONGENITAL HEART DEFECTS IN NEWBORNS: MODERN APPROACHES, PROBLEMS, OPINIONS

*A.L. Karpova<sup>1</sup>, E.L. Bockeria<sup>2</sup>, T.N. Nikolaeva<sup>1</sup>, E.M. Spivak<sup>1</sup>,  
N.Yu. Karpov<sup>1</sup>, A.V. Mostovoy<sup>1</sup>, A.V. Marasina<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Yaroslavl' State Medical University; ulitsa Revolyutsionnaya, 5, Yaroslavl',  
150000, Russian Federation;

<sup>2</sup> A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; Rublevskoe shosse, 135  
Moscow, 121552, Russian Federation;

<sup>3</sup> Medical Center "21st Century"; Bol'shoi Sampsonievskiy prospekt, 45, Saint-Petersburg,  
194044, Russian Federation

Karpova Anna L'vovna, MD, PhD, Neonatologist, Anesthesiologist-Intensivist,  
e-mail: anna1409@mail.ru;

Bockeria Ekaterina Leonidovna, MD, DM, Pediatric Cardiologist;

Nikolaeva Tat'yana Nikitichna, MD, DM, Professor, Pediatric Cardiologist;

Spivak Evgeniy Markovich, MD, DM, Professor, Pediatric Cardiologist;

Karpov Nikolay Yur'evich, obstetrician-gynecologist;

Mostovoy Aleksey Valer'evich, MD, PhD, Neonatologist, Anesthesiologist-Intensivist;

Marasina Aleksandra Vladimirovna, Cardiac Surgeon

The review provides information about the oxygen saturation screening in newborns, basic aims and objectives of this diagnostic method, the importance of early diagnosis of congenital heart disease in infants during the early neonatal period. Analysis of several recent studies was carried out, in which presents data on the sensitivity and specificity of the method. Moreover, analysis of the benefits of a later pulse oximetry screening in newborn infants was made. The special attention given to the technical aspects of the diagnostic test as a screening method, the frequency of false-positive and false-negative results and ways to reduce them. Actuality and importance of using screening saturation in newborns as a method of reducing infant mortality are shown.

**Key words:** newborn infants; oxygen saturation; congenital heart diseases.

Врожденные пороки развития (ВПР) в РФ занимают второе место в структуре младенческой смертности [1]. При этом удельный вес врожденных пороков сердца (ВПС) среди всех ВПР может достигать 39,5–40,0% [2, 3]. Показатель младенческой смертности от аномалий кровообращения в настоящее время составляет 15,1 на 10 000 родившихся живыми [3].

Согласно литературным данным, заболеваемость ВПС варьирует в широких пределах – от 2–4

до 14–15 на 1000 новорожденных (в среднем 8–14 на 1000) [2, 3]. По данным Т.Е. Roberts, в Великобритании она колеблется в пределах 4–10 на 1000 живорожденных детей [4], в Италии – 8–10 на 1000. При этом количество тяжелых форм ВПС составляет 2,4‰ [5].

Существует много классификаций ВПС, подразделяющих пороки по их тяжести, влиянию на гемодинамику в легких, в зависимости от наличия цианоза и по другим критериям [3, 5–7]. В неонатальном

периоде наиболее важным представляется деление ВПС с точки зрения влияния на неонатальную смертность. Общеизвестным является выделение группы критических пороков периода новорожденности, частота встречаемости которых в первые 28 дней жизни составляет от 20 до 30% [3, 8].

Понятие «критический порок сердца» применяется для обозначения ВПС, сопровождающихся развитием критических состояний в ближайшие часы или сутки после рождения. Критическое состояние новорожденного с ВПС характеризуется острым дефицитом сердечного выброса, быстрым прогрессированием сердечной недостаточности, кислородным голоданием тканей с развитием декомпенсированного метаболического ацидоза и нарушением функций жизненно важных органов [3].

Критические ВПС могут не проявлять себя клинически сразу после рождения, но при закрытии открытого артериального протока (ОАП) наблюдается прогрессирующее ухудшение состояния ребенка. Смертность в подобных случаях выше, чем при других вариантах ВПС. Более 70% детей с критическими ВПС могут быть спасены при точной ранней диагностике, адекватной интенсивной терапии и своевременном хирургическом вмешательстве [3].

Однако, к сожалению, до сих пор около 25% тяжелых ВПС диагностируются только после выписки из родильного дома [5]. По данным ретроспективного исследования, проведенного в Новой Зеландии в 2006–2010 гг., частота поздней диагностики отмечалась в 20% случаев при критических ВПС и в 51% – при некритических ВПС [9]. По данным L. Eckersley et al., смертность при критических ВПС достигает 16% в случае ранней диагностики и 27% – при позднем выявлении ВПС [9].

С целью улучшения исходов и более своевременной диагностики ВПС во всем мире хорошо зарекомендовала себя практика проведения пренатальной диагностики, а также постнатального измерения SpO<sub>2</sub> у новорожденных [4, 9–11]. Пренатальная диагностика основана на морфологическом ультразвуковом скрининге в период до 20-й недели беременности. Однако многочисленные исследования показали, что даже в развитых странах мира своевременное ультразвуковое исследование плода позволяет обнаружить ВПС менее чем в 50% случаев [12–14], а иногда не более чем в 25,2% случаев [7].

Иллюстрацией к данной ситуации может служить статистика по выявлению пренатально ВПР (в том числе, ВПС) в Нидерландах. За период с 1 января 2002 г. по 1 января 2012 г. в связи с внедрением программы скринингового обследования на предмет ВПР количество диагностированных пренатально аномалий выросло на 23,9% – с 35,8 до 59,7%, а изолированных пороков сердца – на 21,4%: с 22,8 до 44,2% [15].

Возможность использования пульсоксиметрии в качестве скринингового теста была впервые подтверждена более 10 лет назад, и с тех пор уже опубликованы данные более чем о 370 000 обследованных детей. Пульсоксиметрией называется измерение степени оксигенации крови – степени насыщения гемоглобина крови кислородом [3, 16].

Существует значительная гетерогенность в ранее опубликованных протоколах скрининга сатурации крови кислородом. При этом также не следует забывать о том, что пульсоксиметрия подразумевает определенную долю субъективизма. Так, по данным P.E. Bickler et al., большее количество темного пигмента кожи может увеличивать показатели SpO<sub>2</sub> при ее низком уровне (менее 70%) примерно на 3% [17].

Однако почти все посвященные скринингу сатурации крови кислородом исследования показывают, что добавление пульсоксиметрии к клиническому обследованию здоровых новорожденных значительно снижает частоту пропущенных ВПС [18–21].

Американская академия педиатрии (AAP) рекомендует пульсоксиметрию, характеризуя ее как простую, неинвазивную и безболезненную методику для оценки величины сатурации крови кислородом (SpO<sub>2</sub>) с целью раннего выделения группы новорожденных, подлежащих углубленному кардиологическому обследованию, в частности эхокардиографии [17, 22, 23]. Основной принцип данной технологии базируется на выявлении гипоксемии, которая характерна для критических ВПС у новорожденных.

Важно отметить, что нередко при тяжелых ВПС симптоматика в раннем неонатальном периоде может быть крайне скудной. Это существенно затрудняет диагностику, основанную только лишь на клиническом осмотре. Видимый цианоз может отсутствовать, шум в сердце, как правило, не дает объективной характеристики тяжести поражения сердечно-сосудистой системы у новорожденных. Так, по данным C. Lundsgaard et al., дети с умеренной гипоксемией и с артериальным насыщением кислородом 80–95% не будут иметь видимый цианоз кожных покровов и слизистых [24]. По данным M.H. Lees, для новорожденных с концентрацией гемоглобина 200 г/л цианоз будет виден только при артериальном насыщении кислородом менее 80%; при концентрации гемоглобина 100 г/л насыщенность для визуализации цианоза должна быть менее 60% [25].

Распространенность шумов в сердце у новорожденных достаточно небольшая и находится в диапазоне 0,6–4,2%. При этом нередко неонатологи ошибочно считают наличие шума в сердце основным знаком патологии сердечно-сосудистой системы, а его отсутствие – отсутствием заболевания [26, 27]. Врожденные пороки сердца, наоборот, часто не сопровождаются в раннем неонатальном

периоде критическими сердечными нарушениями, шум может появляться гораздо позже, только после снижения сопротивления в малом круге кровообращения. Врачи, к сожалению, нередко не обладают должным опытом для дифференцировки шумов. В исследовании J.D. Reich et al. было показано, что обнаружение значимых ВПС в том случае, если эхокардиографию (ЭхоКГ) выполняли только на основании клинического осмотра, составляло не более 15% [28].

При этом важно отметить, что в одном из масштабных исследований, опубликованном в 2012 г. и включавшем в себя 20 055 новорожденных, которые родились в шести крупных акушерских стационарах Великобритании, было показано, что своевременная диагностика благодаря скринингу сатурации крови кислородом в сравнении только лишь с клиническим обследованием без проведения пульсоксиметрии увеличивает выявление дополнительных случаев ВПС почти на 30 на 100 000 живорожденных [4].

В многочисленных исследованиях, проведенных в Швеции [29], Германии [30], Новой Зеландии [5], Китае [31] и других странах, в которых количество включенных в исследование новорожденных составляло от 2114 до 122 738 человек, также были доказаны явная эффективность скрининга SpO<sub>2</sub> [28, 32], высокие чувствительность и специфичность метода (см. таблицу).

Скрининг сатурации крови кислородом привел к существенному снижению смертности новорожденных от ВПС [36], поскольку ранняя диагностика позволяла своевременно выявлять более 90% сложных критических ВПС, в том числе гипоплазию левых отделов сердца, в 85% случаев удавалось вовремя диагностировать транспозицию магистральных сосудов (ТМС) [9].

Учитывая данные большой группы исследований и всеобъемлющие доказательства преимуществ обсуждаемых скрининговых стратегий в неонатологии, пульсоксиметрия была рекомендована к включению в скрининговую программу как дополнительный метод для более своевременного выявления тяжелых ВПС у новорожденных в акушерских стационарах, а также и при домашних родах [10, 37].

К сожалению, отечественные работы, посвященные скринингу сатурации крови кислородом в раннем неонатальном периоде, крайне малочисленны [3, 38].

Технология проведения скрининга SpO<sub>2</sub> подробно изложена в различных исследованиях, посвященных данному вопросу, в рекомендациях ААР и включает в себя целый ряд важных аспектов, соблюдение которых будет способствовать получению объективного результата. Согласно требованиям технологии теста, скрининг выполняет либо врач, либо медсестра, либо родители под контролем медицинских работников.

#### Результаты исследований по изучению скрининга сатурации крови кислородом для выявления ВПС у новорожденных

Первый автор, год исследования	Число новорожденных, л	Возраст измерения, ч	Рука (P), нога (H)	Чувствительность, %	Специфичность, %	Ложноположительный результат, %
Hoke T.R., 2002 [32]	2876	< 24	P + H	100	100	1,84
Richmond S., 2002 [19]	5626	11,7	H	69,2	99,8	0,91
Reich J.D., 2003 [28]	2114	> 24	P + H	50,0	99,9	0,09
De Wahl Granelli A. 2005 [33]	40 000	НД*	НД	62,1	99,8	0,17
Meberg A., 2008 [34]	50 008	6	H	НД	НД	0,65
Sendelbach D.M., 2008 [20]	10 976	4	H	0	95,5	4,50
Сенаторова А.С., 2013 [8]	373	24–48	P + H	100	100	НД
Ewer A.K., 2014 [18]	20 055	> 24	P + H	58,3	99,2	0,80
Johnson L.C., 2014 [35]	6838	24–48	P + H	НД	НД	0,52
Zuppa A.A., 2015 [5]	5750	24, 48–72	H	76,5	99,9	0,14

\* НД – нет данных.

Его не следует проводить новорожденным, которым ранее было выполнено качественное ЭхоКГ, он не заменяет сбор анамнеза беременности и физикальное обследование, которые иногда позволяют выявить ВПС до развития гипоксемии [22]. В рекомендациях указывается на необходимость оформления согласия родителей на проведение скрининга, причем данный вопрос, как правило, решается до родов [4].

Большинство авторов сходятся во мнении, что в ходе исследования очень важно соблюдать следующие условия: выполнение скрининга оптимально на вторые сутки жизни (декомпенсация состояния ребенка при закрытии артериального протока в более поздние сроки может привести к ложным результатам), очень важно соблюдение температурного режима (в частности, ножки должны быть равномерно теплыми), оценка показателей проводится при наличии стабильной непрерывной пульсовой кривой (в течение как минимум 3 минут при условии отсутствия артефактов) [5].

Продолжительность измерения, по данным Т.Е. Roberts, может составлять в среднем 6,9 мин (минимум – 1 мин, максимум – 30 мин, в среднем 5 мин) [4].

Проводя измерения, необходимо обязательно убедиться в том, что пульсоксиметр достоверно отслеживает частоту пульса ребенка (используя пальпацию или аускультацию) [10]. В ходе обследования должна осуществляться запись значений, полученных на правой руке и, как правило, левой ноге. В среднем, по данным В.М. Levesque et al., у здоровых новорожденных  $SpO_2$  была равна  $97,3 \pm 1,3\%$  [39].

В отношении области измерения  $SpO_2$  следует отметить, что присутствуют существенные различия в результатах исследований в зависимости от фиксации датчика пульсоксиметра на верхней или нижней конечности. В ряде исследований ранее скрининг сатурации крови кислородом выполнялся только лишь на одной конечности, причем чаще использовалась любая нога ребенка [28, 34].

В последующем было предложено измерять сатурацию крови кислородом у детей в раннем неонатальном периоде не только на ноге, но и на правой руке (в зонах кровоснабжения выше и ниже артериального протока), поскольку у некоторых новорожденных с комплексными ВПС наблюдаются выраженные различия значений сатурации крови кислородом между верхними и нижними конечностями с более низкими показателями на ногах [39]. Например, при некоторых формах пороков, сочетающихся с обструкцией выброса из левых отделов сердца, в частности, при критической коарктации аорты, когда ОАП берет на себя определенную часть системного кровотока, сатурация крови кислородом на нижних конечностях может быть меньше, чем на верхних [32].

Для обсуждаемых ВПС очень характерны различия  $SpO_2$  более чем на 3–4%, и поэтому без оценки градиента сатурации крови кислородом такие ВПС могут быть пропущены. Добавление оценки градиента  $SpO_2$ , по данным А. de Wahl Granelli et al., увеличило чувствительность теста без снижения его специфичности от 89,4 до 92,4% [29]. В среднем, по данным Т.Р. Noke et al., разница  $SpO_2$  между верхними и нижними конечностями у здоровых новорожденных, как правило, составляла не более 1% [32].

По мнению ряда авторов, измерение  $SpO_2$  более чем на одной конечности может увеличивать частоту ложноположительных результатов, а также временные затраты на проведение теста. В данных исследованиях указывается на то, что оценка сатурации крови кислородом только на одной ноге может применяться как метод скрининга ВПС у новорожденных при большом потоке пациентов [22].

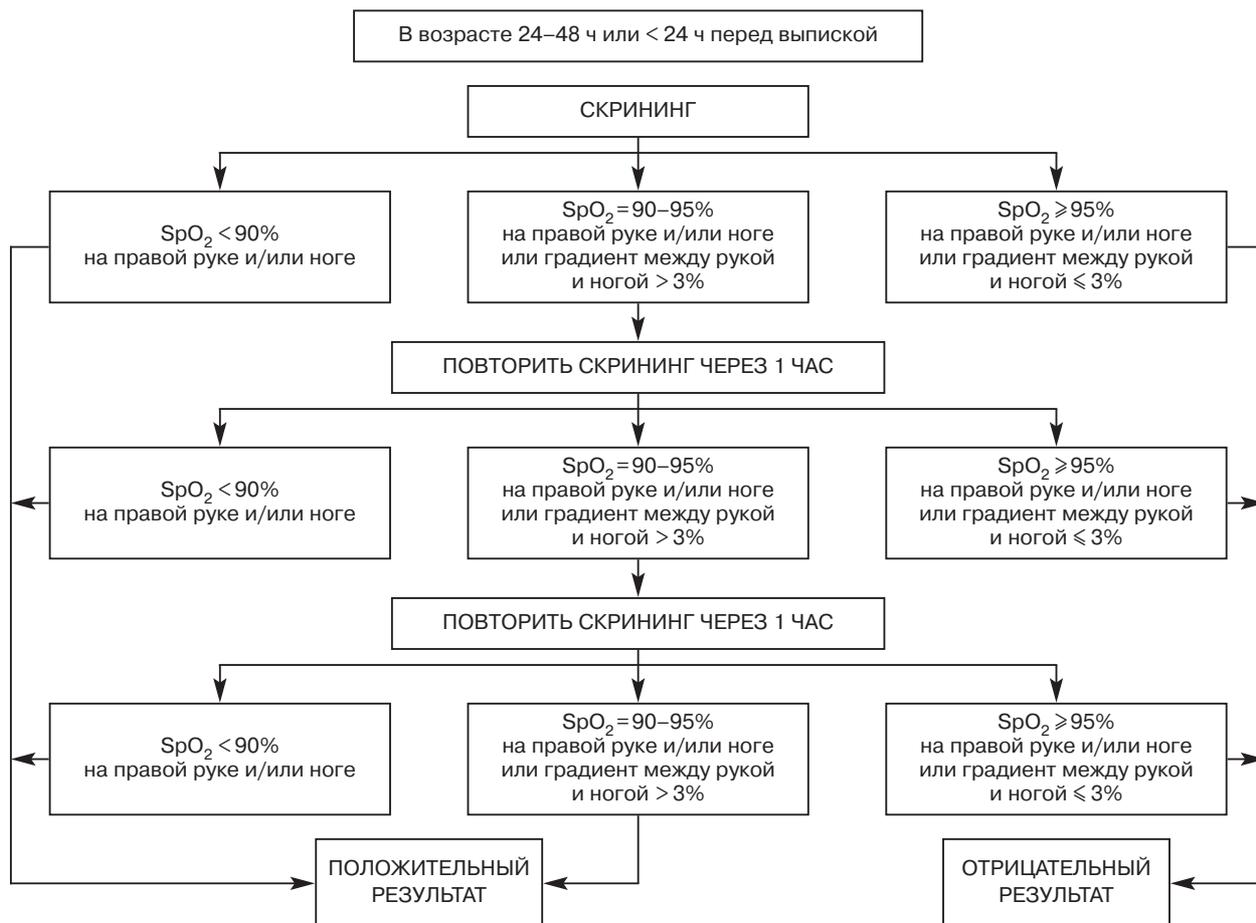
По результатам полученных измерений сатурации крови кислородом осуществляется их интерпретация (см. рисунок). Возможны два варианта: положительный (ребенку требуется дальнейшее обследование) и отрицательный (данных за критический ВПС нет). Тест считается положительным, если любое из измерений  $SpO_2$  менее 90%;  $SpO_2$  90–95% на руке и ноге; разница  $SpO_2$  на руке и ноге более 3%. Тест отрицательный и его можно не повторять, если  $SpO_2$  более 95% с разницей на руках и ногах менее 3% [10]. Младенцам с положительным результатом скрининга показана ЭхоКГ.

Одним из преимуществ пульсоксиметрии является также то, что она помогает выявить не только ВПС, но и другие вторичные причины гипоксемии [40], которые в то же время могут являться причинами ложноположительных результатов теста.

Большое значение для успешного проведения скрининга сатурации крови кислородом у новорожденных имеют собственно пульсоксиметры, которыми осуществляется определение сатурации крови кислородом, в частности применение относительно устаревших моделей может оказывать влияние на полученный результат [5, 16]. Самые последние модели характеризуются меньшими техническими ограничениями и делают поправку на артефакты, связанные с движением.

В исследовании S.J. Barker была проведена сравнительная характеристика 20 пульсоксиметров с целью оценки влияния движений на показатели сатурации крови кислородом [41]. Пульсоксиметр Masimo SET (Signal Extraction Technology (англ.) – технология добычи сигнала) (Masimo Corporation, Irvine, CA) продемонстрировал лучшую общую производительность с индексом работы (процент времени, при котором  $SpO_2$  читается с 7% погрешностью от контрольного значения) 94%.

Кроме того, в исследовании S. Malviya et al. было показано также, что пульсоксиметрия с технологией Masimo SET может иметь больше преимуществ



Интерпретация результатов скрининга [40]

в сравнении с традиционной пульсоксиметрией в снижении случаев потери тревог, равно как и идентификации высокого количества настоящих тревог [42], а также в отношении временных затрат до устойчивого чтения наблюдаемой  $SpO_2$  у критически больных детей [43].

Не следует также забывать о датчиках пульсоксиметрии, от которых зависит не только качество измерения сатурации крови кислородом у новорожденного, но и риск постнатального инфицирования, а также затраты на проведение теста. В исследовании A.R. Kemper et al. было показано, что лучше использовать многоразовые и одноразовые датчики, поскольку применение только одноразовых существенно удорожает проект. Многоразовые датчики при этом должны быть хорошо обработаны после каждого ребенка для предупреждения переноса инфекции [10].

Экономическая эффективность скрининга сатурации крови кислородом по сравнению с только лишь клиническим обследованием составляет примерно около 24 000 фунтов за случай своевременной диагностики в популяции, в которой дородовой скрининг на ВПС уже существует, поэтому пульсоксиметрию следует рассматривать как экономи-

чески эффективную стратегию диагностики ВПС у новорожденных [4].

Снижение ложноположительных результатов достигается путем более позднего измерения  $SpO_2$  (после 48 ч жизни). В нескольких исследованиях было сообщено о низкой частоте регистрации ложноположительных результатов (менее 0,1%), когда измерения были сделаны после 24 ч жизни [10, 11].

Однако скрининг сатурации крови кислородом может сопровождаться и ложноотрицательными результатами. Так, в исследовании J.J. Lhost et al. из 432 наблюдений был зафиксирован один ложноотрицательный результат, когда оказалась пропущенной коарктация аорты в сочетании с дефектом межжелудочковой перегородки [37]. Подобные данные также опубликованы E. Özalkaya et al., где было показано, что скрининг пульсоксиметрии у новорожденных в первые 24–48 ч после рождения чаще пропускает коарктацию аорты, выявление которой при помощи данного метода не превышает 25% [44]. В исследовании L.C. Johnson, в котором скрининг выполнен 6838 новорожденным в возрасте 24–48 ч, также был обнаружен один ложноотрицательный скрининг у ребенка с перерывом дуги аорты [35]. Снижение ложноотрицательных

результатов достигается путем повторного скрининга SpO<sub>2</sub> [35, 44].

### Заключение

Таким образом, пульсоксиметрия является реальным и надежным методом выявления ВПС у новорожденных детей. Этот простой, неинвазивный, безболезненный и безопасный тест, выполненный в раннем неонатальном периоде с соблюдением всех необходимых условий, позволяет существенно повысить качество и своевременность диагностики ВПС, снизить младенческую смертность и улучшить прогноз при тяжелых заболеваниях сердечно-сосудистой системы у детей, поэтому скрининг сатурации крови кислородом рекомендуется к внедрению во всех родильных домах. При этом важно помнить о том, что пульсоксиметрию с целью улучшения выявляемости ВПС у новорожденных необходимо повторять перед выпиской из стационара.

Новорожденные с подозрением на ВПС, возникшем на основании данных скрининга сатурации крови кислородом и/или клинической картины, не могут быть выписаны домой из неонатального отделения без верификации диагноза, то есть без проведения ЭхоКГ. Новорожденные с выявленными ВПС не могут быть выписаны домой без консультации кардиолога и решения вопроса о тактике дальнейшего наблюдения.

### Литература

1. Стародубов В.И., Суханова Л.П. Репродуктивные проблемы демографического развития России. М.: ИД «Менеджер здравоохранения»; 2012: 320.
2. Володин Н.Н. (ред.) Неонатология: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2009: 848.
3. Неонатальный скрининг с целью выявления критических врожденных пороков сердца: методические рекомендации (№ 12). Сост.: М.А. Школьников, Е.Л. Бокерия, Е.А. Дегтярева, В.Н. Ильин, Е.С. Шарыкин. М.: ООО «М-Арт»; 2012: 36.
4. Roberts T.E., Barton P.M., Auguste P.E., Middleton L.J., Furnston A.T., Ewer A.K. Pulse oximetry as a screening test for congenital heart defects in newborn infants: a cost-effectiveness analysis. *Arch Dis Child*. 2012; 97 (3): 221–6. DOI: 10.1136/archdischild-2011-300564.
5. Zuppa A.A., Riccardi R., Catenazzi P., D'Andrea V., Cavani M., D'Antuono A., Lafisco A., Romagnoli C. Clinical examination and pulse oximetry as screening for congenital heart disease in low-risk newborn. *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.* 2015; 28: 7–11.
6. Dolk H., Loane M., Garne E., and a European Surveillance of Congenital Anomalies (EUROCAT) Working Group. Congenital Heart Defects in Europe Prevalence and Perinatal Mortality, 2000 to 2005. *Circulation*. 2011; 123: 841–9.
7. Rossier M.C., Mivelaz Y., Addor M.C., Sekarski N., Mejjboom E.J., Vial Y. Evaluation of prenatal diagnosis of congenital heart disease in a regional controlled case study. *Swiss Med. Wkly*. 2014; 144: w14068.
8. Сенаторова А.С., Гончарь М.А., Пугачёва Е.А. Роль пульсоксиметрии как скринингового метода выявления кардиальной патологии у новорожденных. Современная кардиология и кардиохирургия – путь от проблем к решению: материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти кардиохирурга Л.Н. Сидоренко (Судак, 7–8 октября 2013 г.). Судак; 2013: 246.
9. Eckersley L., Sadler L., Parry E., Finucane K., Gentles T.L. Timing of diagnosis affects mortality in critical congenital heart disease. *Arch Dis Child*. 2015. PII: archdischild-2014-307691. DOI: 10.1136/archdischild-2014-307691.
10. Kemper A.R., Mahle W.T., Martin G.R., Cooley W.C., Kumar P., Morrow W.R., Kelm K., Pearson G.D., Glidewell J., Grosse S.D., Howell R.R. Strategies for implementing screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics*. 2011; 128: 1259–67.
11. Mahle W.T., Newburger J.W., Matherne G.P., Smith F.C., Hoke T.R., Koppel R., Gidding S.S., Beekman R.H., III, Grosse S.D. Role of pulse oximetry in examining newborns for congenital heart disease: a scientific statement from the AHA and AAP. *Pediatrics*. 2009; 124: 823–36.
12. Acharya G., Sitras V., Maltau J.M., Dahl L.B., Kaaresen P.I., Hanssen T.A., Lunde P. Major congenital heart disease in Northern Norway: shortcomings of pre- and postnatal diagnosis. *Acta Obstet. Gynecol. Scand*. 2004; 83: 1124–9.
13. Hunter S., Heads A., Wyllie J., Robson S. Prenatal diagnosis of congenital heart disease in the northern region of England: benefits of a training programme for obstetric ultrasonographers. *Heart*. 2000; 84: 294–8.
14. Westin M., Saltvedt S., Bergman G., Kublickas M., Almström H., Grunewald C., Valentin L. Routine ultrasound examination at 12 or 18 gestational weeks for prenatal detection of major congenital heart malformations? A randomised controlled trial comprising 36,299 fetuses. *BJOG*. 2006; 113: 675–82.
15. Van Velzen C., Clur S., Rijlaarsdam M., Bax C., Pajkrt E., Heymans M., Bekker M., Hruda J., de Groot C., Blom N., Haak M. Prenatal detection of congenital heart disease—results of a national screening programme. *BJOG*. 2015. DOI: 10.1111/1471-0528.13274.
16. Антонов А.Г., Рындин А.Ю. Транскутанный мониторинг газов крови: клиническое руководство. Под ред. Е.Н. Байбаринной. М.; 2010: 24.
17. Bickler P.E., Feiner J.R., Severinghaus J.W. Effects of skin pigmentation on pulse oximeter accuracy at low saturation. *Anesthesiology*. 2005; 102: 715–9.
18. Ewer A.K. Evidence for CCHD screening and its practical application using pulse oximetry. *Early Hum. Dev.* 2014; 90 (Suppl. 2): 19–21. DOI: 10.1016/S0378-3782(14)50006-0.
19. Richmond S., Reay G., Abu Harb M. Routine pulse oximetry in the asymptomatic newborn. *Arch Dis. Child. Fetal. Neonatal. Ed.* 2002; 87: 83–8.
20. Sendelbach D.M., Lai S., Jackson G.J., Fixler D., Stehel E.K., Engle W.D. Pulse oximetry (POx) screening of term and late preterm neonates at 4 hours postnatal (PN) to detect cyanotic congenital heart disease (CCHD). Presented at: Pediatric Academic Societies; Honolulu, Hawaii; May 2–6, 2008. Abstract E-PAS2008:5896.2.
21. US Preventive Services Task Force. Universal screening for hearing loss in newborns: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *Pediatrics*. 2008; 122 (1): 143–8.
22. Mahle W.T., Martin G.R., Beekman R.H., III, Morrow W.R., Rosenthal G.L., Snyder C.S., Minich L.L., Mital S., Towbin J.A., Tweddell J.S. Endorsement of health and human services recommendation for pulse oximetry screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics*. 2012; 129: 190–3.
23. Ramjattan K., Allen P.J. Pulse oximetry screening for critical congenital heart disease in the newborn. *Pediatr. Nurs.* 2013; 39 (5): 250–3.
24. Lundsgaard C., Van Slyke D.D. Cyanosis. *Medicine*. 1923; (2): 1–76.
25. Lees M.H. Cyanosis of the newborn infant: recognition and clinical evaluation. *J. Pediatr.* 1970; 77: 484–98.

26. Ainsworth S., Wyllie J.P., Wren C. Prevalence and clinical significance of cardiac murmurs in neonates. *Arch. Dis. Child. Fetal. Neonatal. Ed.* 1999; 80: 43–5.
27. Patton C., Hey E. How effectively can clinical examination pick up congenital heart disease at birth? *Arch. Dis. Child. Fetal. Neonatal. Ed.* 2006; 91: 263–7.
28. Reich J.D., Miller S., Brogdon B., Casatelli J., Gompf T.C., Huhta J.C., Sullivan K. The use of pulse oximetry to detect congenital heart disease. *J. Pediatr.* 2003; 142: 268–72.
29. De Wahl Granelli A., Wennergren M., Sandberg K. et al. Impact of pulse-oximetry screening on the detection of duct-dependent congenital heart disease: a Swedish prospective screening study in 39,821 newborns. *BMJ.* 2009; 338: a3037.
30. Riede F.T., Wörner C., Dähnert I., Möckel A., Kostelka M., Schneider P. Effectiveness of neonatal pulse oximetry screening for detection of critical congenital heart disease in daily clinical routine: results from a prospective multicenter study. *Eur. J. Pediatr.* 2010; 169 (8): 975–81.
31. Zhao Q., Ma X., Ge X., Liu F., Yan W., Wu L., Ye M., Liang X., Zhang J., Gao Y., Jia B., Huang G. The neonatal congenital heart disease screening group. Pulse oximetry with clinical assessment to screen for congenital heart disease in neonates in china: a prospective study. *Lancet.* 2014; 384: 747–54.
32. Hoke T.R., Donohue P.K., Bawa P.K., Mitchell R.D., Pathak A., Rowe P.C., Byrne B.J. Oxygen saturation as screening test for critical congenital heart disease: a preliminary study. *Pediatr. Cardiol.* 2002; 23: 403–9.
33. De Wahl Granelli A., Mellander M., Sunnegardh J., Sandberg K., Ostman-Smith I. Screening for duct-dependant congenital heart disease with pulse oximetry: a critical evaluation of strategies to maximize sensitivity. *Acta Paediatr.* 2005; 94: 1590–6.
34. Meberg A., Brüggmann-Pieper S., Due R., Jr., Eskedal L., Fagerli I., Farstad T., Frøisland D.H., Sannes C.H., Johansen O.J., Keljalic J., Markestad T., Nygaard E.A., Røsvik A., Silberg I.E. First day of life pulse oximetry screening to detect congenital heart defects [published correction appears in *J. Pediatr.* 2009; 154: 629]. *J. Pediatr.* 2008; 152: 761–5.
35. Johnson L.C., Lieberman E., O'Leary E., Geggel R.L. Prenatal and newborn screening for critical congenital heart disease: findings from a nursery. *Pediatrics.* 2014; 134 (5): 916–22. DOI: 10.1542/peds.2014-1461.
36. Therell B., Lorey F., Eaton R. et al. Impact of expanded newborn screening: United States, 2006. *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.* 2008; 57 (37): 1012–5.
37. Lhost J.J., Goetz E.M., Belling J.D., van Roojen W.M., Spicer G., Hokanson J.S. Pulse oximetry screening for critical congenital heart disease in planned out-of-hospital births. *J. Pediatr.* 2014; 165 (3): 485–9. DOI: 10.1016/j.jpeds.2014.05.011.
38. Карпова А.Л., Спивак Е.М., Пыханцева А.Н. Диагностическое значение определения величины сатурации кислорода у доношенных новорожденных. *Пермский медицинский журнал.* 2014; 33 (5): 6–10.
39. Levesque B.M., Pollack P., Griffin B.E., Nielsen H.C. Pulse oximetry: what's normal in the newborn nursery? *Pediatr. Pulmonol.* 2000; 30: 406–12.
40. Kemper A.R., Knapp A.A., Metterville D.R., Comeau A.M., Green N.S., Perrin J.M. Weighing the evidence for newborn screening for hemoglobin H disease. *J. Pediatr.* 2011; 158 (5): 780–3.
41. Barker S.J. «Motion-Resistant» pulse oximetry: a comparison of new and old models. *Anesth. Analg.* 2002; 95 (4): 967–72.
42. Malviya S., Reynolds P.I., Voepel-Lewis T., Siewert M., Watson D., Tait A.R., Tremper K. False alarms and sensitivity of conventional pulse oximetry versus the masimo set technology in the pediatric postanesthesia care unit. *Anesth. Analg.* 2000; 90 (6): 1336–40.
43. Baquero H., Alviz R., Castillo A., Neira F., Sola A. Avoiding hyperoxemia during neonatal resuscitation: time to response of different SpO<sub>2</sub> monitors. *Acta Paediatr.* 2011; 100 (4): 515–8.
44. Özalkaya E., Akdağ A., Şen I., Cömert E., Melek Yaren H. Early screening for critical congenital heart defects in asymptomatic newborns in Bursa province. *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.* 2015; 22: 1–3.

## References

1. Starodubov V.I., Sukhanova L.P. Reproductive problems of demographic development of Russia. Moscow: Menedzher zdavookhraneniya; 2012: 320 (in Russian).
2. Volodin N.N. (ed.) Neonatology: national guideline. Moscow: GEOTAR-Media; 2009: 848 (in Russian).
3. Neonatal screening in order to identify critical congenital heart disease: methodical recommendations (№ 12). Compilers: M.A. Shkol'nikova, E.L. Bockeria, E.A. Degtyareva, V.N. Il'in, E.S. Sharykin Moscow: M-Art; 2012: 36. (in Russian).
4. Roberts T.E., Barton P.M., Auguste P.E., Middleton L.J., Furnston A.T., Ewer A.K. Pulse oximetry as a screening test for congenital heart defects in newborn infants: a cost-effectiveness analysis. *Arch Dis Child.* 2012; 97 (3): 221–6. DOI: 10.1136/archdischild-2011-300564.
5. Zuppa A.A., Riccardi R., Catenazzi P., D'Andrea V., Cavani M., D'Antuono A., Lafisco A., Romagnoli C. Clinical examination and pulse oximetry as screening for congenital heart disease in low-risk newborn. *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.* 2015; 28: 7–11.
6. Dolk H., Loane M., Garne E., and a European Surveillance of Congenital Anomalies (EUROCAT) Working Group. Congenital Heart Defects in Europe Prevalence and Perinatal Mortality, 2000 to 2005. *Circulation.* 2011; 123: 841–9.
7. Rossier M.C., Mivelaz Y., Addor M.C., Sekarski N., Meijboom E.J., Vial Y. Evaluation of prenatal diagnosis of congenital heart disease in a regional controlled case study. *Swiss Med. Wkly.* 2014; 144: w14068.
8. Senatorova A.S., Gonchar' M.A., Pugacheva E.A. The role of pulseoximetry as a screening method to identify cardiac disease in newborns. Modern cardiology and cardiac surgery – a way to solve the problems: Proceedings of the scientific-and practical conference with international participation, dedicated to the memory cardiac surgeon L.N. Sidorenko (Sudak, 7–8 october, 2013). *Sudak;* 2013: 246 (in Russian).
9. Eckersley L., Sadler L., Parry E., Finucane K., Gentles T.L. Timing of diagnosis affects mortality in critical congenital heart disease. *Arch Dis Child.* 2015. PII: archdischild-2014-307691. DOI: 10.1136/archdischild-2014-307691.
10. Kemper A.R., Mahle W.T., Martin G.R., Cooley W.C., Kumar P., Morrow W.R., Kelm K., Pearson G.D., Glidewell J., Grosse S.D., Howell R.R. Strategies for implementing screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics.* 2011; 128: 1259–67.
11. Mahle W.T., Newburger J.W., Matherne G.P., Smith F.C., Hoke T.R., Koppel R., Gidding S.S., Beekman R.H., III, Grosse S.D. Role of pulse oximetry in examining newborns for congenital heart disease: a scientific statement from the AHA and AAP. *Pediatrics.* 2009; 124: 823–36.
12. Acharya G., Sitras V., Maltau J.M., Dahl L.B., Kaaresen P.I., Hanssen T.A., Lunde P. Major congenital heart disease in Northern Norway: shortcomings of pre- and postnatal diagnosis. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* 2004; 83: 1124–9.
13. Hunter S., Heads A., Wyllie J., Robson S. Prenatal diagnosis of congenital heart disease in the northern region of England: benefits of a training programme for obstetric ultrasonographers. *Heart.* 2000; 84: 294–8.
14. Westin M., Saltvedt S., Bergman G., Kublickas M., Almström H., Grunewald C., Valentin L. Routine ultrasound examination at 12 or 18 gestational weeks for prenatal detection of major congenital heart malformations? A randomised controlled trial comprising 36,299 fetuses. *BJOG.* 2006; 113: 675–82.
15. Van Velzen C., Clur S., Rijlaarsdam M., Bax C., Pajkrt E., Heymans M., Bekker M., Hruđa J., de Groot C., Blom N.,

- Haak M. Prenatal detection of congenital heart disease—results of a national screening programme. *BJOG*. 2015. DOI: 10.1111/1471-0528.13274.
16. Antonov A.G., Ryndin A.Yu. Transcutaneous blood gas monitoring: clinical guideline. E.N. Baybarina (ed.). Moscow; 2010: 24 (in Russian).
  17. Bickler P.E., Feiner J.R., Severinghaus J.W. Effects of skin pigmentation on pulse oximeter accuracy at low saturation. *Anesthesiology*. 2005; 102: 715–9.
  18. Ewer A.K. Evidence for CCHD screening and its practical application using pulse oximetry. *Early Hum. Dev.* 2014; 90 (Suppl. 2): 19–21. DOI: 10.1016/S0378-3782(14)50006-0.
  19. Richmond S., Reay G., Abu Harb M. Routine pulse oximetry in the asymptomatic newborn. *Arch. Dis. Child. Fetal. Neonatal. Ed.* 2002; 87: 83–8.
  20. Sendelbach D.M., Lai S., Jackson G.J., Fixler D., Stehel E.K., Engle W.D. Pulse oximetry (POx) screening of term and late preterm neonates at 4 hours postnatal (PN) to detect cyanotic congenital heart disease (CCHD). Presented at: Pediatric Academic Societies; Honolulu, Hawaii; May 2–6, 2008. Abstract E-PAS2008:5896.2.
  21. US Preventive Services Task Force. Universal screening for hearing loss in newborns: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *Pediatrics*. 2008; 122 (1): 143–8.
  22. Mahle W.T., Martin G.R., Beekman R.H., III, Morrow W.R., Rosenthal G.L., Snyder C.S., Minich L.L., Mital S., Towbin J.A., Tweddell J.S. Endorsement of health and human services recommendation for pulse oximetry screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics*. 2012; 129: 190–3.
  23. Ramjattan K., Allen P.J. Pulse oximetry screening for critical congenital heart disease in the newborn. *Pediatr. Nurs.* 2013; 39 (5): 250–3.
  24. Lundsgaard C., Van Slyke D.D. Cyanosis. *Medicine*. 1923; (2): 1–76.
  25. Lees M.H. Cyanosis of the newborn infant: recognition and clinical evaluation. *J. Pediatr.* 1970; 77: 484–98.
  26. Ainsworth S., Wyllie J.P., Wren C. Prevalence and clinical significance of cardiac murmurs in neonates. *Arch. Dis. Child. Fetal. Neonatal. Ed.* 1999; 80: 43–5.
  27. Patton C., Hey E. How effectively can clinical examination pick up congenital heart disease at birth? *Arch. Dis. Child. Fetal. Neonatal. Ed.* 2006; 91: 263–7.
  28. Reich J.D., Miller S., Brogdon B., Casatelli J., Gompf T.C., Huhta J.C., Sullivan K. The use of pulse oximetry to detect congenital heart disease. *J. Pediatr.* 2003; 142: 268–72.
  29. De Wahl Granelli A., Wennergren M., Sandberg K. et al. Impact of pulse-oximetry screening on the detection of duct-dependent congenital heart disease: a Swedish prospective screening study in 39,821 newborns. *BMJ*. 2009; 338: a3037.
  30. Riede F.T., Wörner C., Dähnert I., Möckel A., Kostelka M., Schneider P. Effectiveness of neonatal pulse oximetry screening for detection of critical congenital heart disease in daily clinical routine: results from a prospective multicenter study. *Eur. J. Pediatr.* 2010; 169 (8): 975–81.
  31. Zhao Q., Ma X., Ge X., Liu F., Yan W., Wu L., Ye M., Liang X., Zhang J., Gao Y., Jia B., Huang G. The neonatal congenital heart disease screening group. Pulse oximetry with clinical assessment to screen for congenital heart disease in neonates in china: a prospective study. *Lancet*. 2014; 384: 747–54.
  32. Hoke T.R., Donohue P.K., Bawa P.K., Mitchell R.D., Pathak A., Rowe P.C., Byrne B.J. Oxygen saturation as screening test for critical congenital heart disease: a preliminary study. *Pediatr. Cardiol.* 2002; 23: 403–9.
  33. De Wahl Granelli A., Mellander M., Sunnegardh J., Sandberg K., Ostman-Smith I. Screening for duct-dependant congenital heart disease with pulse oximetry: a critical evaluation of strategies to maximize sensitivity. *Acta Paediatr.* 2005; 94: 1590–6.
  34. Meberg A., Brüggmann-Pieper S., Due R., Jr., Eskedal L., Fagerli I., Farstad T., Froisland D.H., Sannes C.H., Johansen O.J., Keljalic J., Markestad T., Nygaard E.A., Røsvik A., Silberg I.E. First day of life pulse oximetry screening to detect congenital heart defects [published correction appears in *J. Pediatr.* 2009; 154: 629]. *J. Pediatr.* 2008; 152: 761–5.
  35. Johnson L.C., Lieberman E., O'Leary E., Geggel R.L. Prenatal and newborn screening for critical congenital heart disease: findings from a nursery. *Pediatrics*. 2014; 134 (5): 916–22. DOI: 10.1542/peds.2014-1461.
  36. Therrell B., Lorey F., Eaton R. et al. Impact of expanded newborn screening: United States, 2006. *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.* 2008; 57 (37): 1012–5.
  37. Lhost J.J., Goetz E.M., Belling J.D., van Roojen W.M., Spicer G., Hokanson J.S. Pulse oximetry screening for critical congenital heart disease in planned out-of-hospital births. *J. Pediatr.* 2014; 165 (3): 485–9. DOI: 10.1016/j.jpeds.2014.05.011.
  38. Karpova A.L., Spivak E.M., Pykhantseva A.N. Diagnostic significance of determining oxygen saturation value in full-term newborn infants. *Permskiy meditsinskiy zhurnal*. 2014; 33 (5): 6–10 (in Russian).
  39. Levesque B.M., Pollack P., Griffin B.E., Nielsen H.C. Pulse oximetry: what's normal in the newborn nursery? *Pediatr. Pulmonol.* 2000; 30: 406–12.
  40. Kemper A.R., Knapp A.A., Metterville D.R., Comeau A.M., Green N.S., Perrin J.M. Weighing the evidence for newborn screening for hemoglobin H disease. *J. Pediatr.* 2011; 158 (5): 780–3.
  41. Barker S.J. «Motion-Resistant» pulse oximetry: a comparison of new and old models. *Anesth. Analg.* 2002; 95 (4): 967–72.
  42. Malviya S., Reynolds P.I., Voepel-Lewis T., Siewert M., Watson D., Tait A.R., Tremper K. False alarms and sensitivity of conventional pulse oximetry versus the masimo set technology in the pediatric postanesthesia care unit. *Anesth. Analg.* 2000; 90 (6): 1336–40.
  43. Baquero H., Alviz R., Castillo A., Neira F., Sola A. Avoiding hyperoxemia during neonatal resuscitation: time to response of different SpO<sub>2</sub> monitors. *Acta Paediatr.* 2011; 100 (4): 515–8.
  44. Özalkaya E., Akdağ A., Şen I., Cömert E., Melek Yaren H. Early screening for critical congenital heart defects in asymptomatic newborns in Bursa province. *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.* 2015; 22: 1–3.

Поступила 15.11.2015