

## ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВНУТРИСЕРДЕЧНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ РЕСПИРАТОРНОМ ДИСТРЕСС-СИНДРОМЕ У НОВОРОЖДЕННЫХ

С. А. Перепелица<sup>2</sup>, А. М. Голубев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИ общей реаниматологии им. В. А. Неговского РАМН, Москва

<sup>2</sup> ГУЗ «Перинатальный центр Калининградской области», Калининград

### Echocardiographic Monitoring of Intracardiac Hemodynamics in Neonatal Respiratory Distress Syndrome

S. A. Perepelitsa<sup>2</sup>, A. M. Golubev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

<sup>2</sup> Perinatal Center of the Kaliningrad Region, Kaliningrad

**Цель исследования** — провести ультразвуковое исследование внутрисердечной гемодинамики в раннем неонатальном периоде у недоношенных новорожденных с РДС во время проведения ИВЛ. **Материалы и методы.** В статье представлены результаты ультразвукового исследования внутрисердечной гемодинамики у 51 недоношенного новорожденного. Выделены 2 группы пациентов. Первая группа — «А» — 34 ребенка, с тяжелым течением РДС, получивших в комплексной терапии заболевания экзогенный сурфактант «Куросурф», и вторая группа — «В» — 17 «условно здоровых» недоношенных новорожденных. **Результаты.** Для недоношенных новорожденных с РДС характерна функциональная напряженность сердечно-сосудистой системы. С 1-х суток жизни появляются признаки систолической дисфункции левого желудочка, к 5-м суткам постнатального возраста — признаки дисфункции правого желудочка. В течение 5-и суток жизни отмечаются эхокардиографические признаки нарушения насосной функции обоих желудочков: УО, СИ и МОК. Представленный анализ изменения пиковой скорости кровотока и пикового градиента давления через атриовентрикулярные клапаны правого и левого желудочков показал, что у 17,6% детей в систолическую фазу происходит увеличение пиковой скорости кровотока и градиента давления на трикуспидальном клапане. Наибольшие изменения пиковой скорости кровотока зарегистрированы в стволе легочной артерии. У 29,4% новорожденных к 5-м суткам жизни сохраняются признаки легочной гипертензии в сочетании с гидроперикардом. Установлено, что РДС у недоношенных новорожденных сопровождается повышением соотношения Qp/Qs. Уменьшение признаков дыхательной недостаточности сопровождается снижением показателя. При РДС сброс крови через открытое овальное окно осуществляется преимущественно слева направо, но при разрешении патологического процесса в легких интенсивность сброса уменьшается. Функционирующий ОАП не был гемодинамически значимым ни в одном случае, хирургическое закрытие протока не требовалось. **Заключение.** У недоношенных новорожденных с РДС выявлены изменения внутрисердечной гемодинамики. К 5-м суткам постнатального возраста нормализация основных показателей внутрисердечной гемодинамики не происходит, хотя у большинства новорожденных дыхательная недостаточность разрешается. **Ключевые слова:** недоношенные новорожденные, респираторный дистресс-синдром, искусственная вентиляция легких, внутрисердечная гемодинамика, эхокардиография.

**Objective:** to perform an early neonatal ultrasound study of intracardiac hemodynamics in premature neonates with respiratory distress syndrome (RDS) during mechanical ventilation. **Subjects and methods.** The paper presents the results of ultrasound study of intracardiac hemodynamics in 51 premature neonates. Two patient groups were identified. Group 1 comprised 34 infants with severe RDS who received the exogenous surfactant Curosurf and Group 2 consisted of 17 apparently healthy premature newborn infants. **Results.** Functional tension of the cardiovascular system was characterized for premature neonates with RDS. There were signs of left ventricular systolic dysfunction within the first 24 hours of life and those of right ventricular dysfunction by day 5 of postnatal age. Within 5 days of life, there were echocardiographic signs of pump dysfunction of both ventricles: stroke volume, cardiac index, and blood minute volume. Analysis of changes in peak blood flow velocity and peak pressure gradient across the atrioventricular valves of the right and left ventricles indicated that 17.6% of the children showed increases in peak flow velocity and tricuspid valve pressure gradient in the systolic phase. The greatest peak blood flow velocity changes were recorded in the pulmonary artery trunk. By day 5 of life, signs of pulmonary hypertension concurrent with hydropericardium remained in 29.4% of cases. RDS was shown to be accompanied by higher Qp/Qs ratio in premature neonates. The lower index was attended by the alleviated signs of respiratory failure. In RDS, mainly left-to-right blood shunt was accomplished through the open oval window, but the shunt intensity decreased

Адрес для корреспонденции (Correspondence to):

Перепелица Светлана Александровна  
E-mail: sveta\_perepeliza@mail.ru

when the pathological process was resolved in the lung. The functioning patent ductus arteriosus was hemodynamically significant in none case. **Conclusion.** The premature neonates with RDS were found to have intracardiac hemodynamic changes. By day 5 of postnatal age, there was no normalization of major intracardiac hemodynamic parameters although respiratory failure resolved in most neonates. **Key words:** premature neonates, respiratory distress syndrome, mechanical ventilation, intracardiac hemodynamics, echocardiography.

Работа системы кровообращения в каждом возрастном периоде имеет свои индивидуальные особенности [1–3]. Самым важным в этом отношении является ранний неонатальный период. После рождения ребенка происходит адаптация к новым условиям жизни: прекращается плацентарный кровоток, и функция газообмена переходит к легким, закрываются активно функционировавшие внутриутробно фетальные коммуникации. Начало легочного дыхания вызывает кардинальные изменения гемодинамики: увеличение сердечного выброса ЛЖ с возрастанием потребления кислорода, становятся последовательными большой и малый круги кровообращения, изменяется сопротивление легочных сосудов [1–3]. Развитие РДС у недоношенного ребенка затрудняет физиологическую перестройку кровообращения [4–6], а проводимая ИВЛ, может оказывать негативное влияние на гемодинамику недоношенного ребенка.

Во время проведения ИВЛ новорожденные, как и другие пациенты, нуждаются в постоянном гемодинамическом мониторинге. У детей старшего возраста и взрослых пациентов наиболее часто используется инвазивный мониторинг центральной гемодинамики: катетеризация легочной артерии катетером Свана-Ганца, современные методики — PICCO plus, VoLEF, LiDCO и другие. Методика PICCO plus — артериальная термодилуция, основана на математическом анализе транспульмонального разведения холодового индикатора, который вводится в магистральную вену. Артериальный катетер фиксирует разницу температуры крови, создавая кривую термодилуции. Метод в режиме реального времени позволяет измерять сердечный индекс (СИ), центральное венозное давление (ЦВД), индексы системного сосудистого сопротивления (ИССС), внутригрудного объема крови, внесосудистой воды в легких (ИВГОК) [7–9]. С помощью VoLEF возможно оценить работу правых и левых отделов сердца, определяя многие показатели гемодинамики. LiDCO™ гемодинамический мониторинг, обеспечивает непрерывную, надежную и точную оценку гемодинамического статуса пациентов, находящихся в критическом состоянии. Это достигается за счет поддержки двух алгоритмов: непрерывного сигнала артериальной системы анализа (PulseCO™) в сочетании с одной точкой литиевого индикатора калибровки системы разрежения (LiDCO™) [9]. Клинические возможности инвазивной оценки состояния гемодинамики у новорожденных по-прежнему остаются ограниченными. В литературе встречаются единичные работы, посвященные применению метода

транспульмональной термодилуции у детей грудного возраста и подростков [10, 11].

Альтернативным методом, который все чаще применяется для оценки гемодинамики у пациентов, находящихся в критическом состоянии, является эхокардиография (ЭХО-КГ) [3, 12–15]. Возможности метода не ограничены. С помощью Эхо-КГ возможна визуализация полостей сердца и клапанного аппарата, количественная оценка систолической и диастолической функций желудочков, определение давления в аорте и легочной артерии и другое. Важным является возможность ранней диагностики врожденных пороков сердца у недоношенных новорожденных, что в значительной степени облегчает дифференциальную диагностику дыхательной недостаточности [16]. ЭХО-КГ не имеет противопоказаний, его использование не вызывает осложнений при высокой диагностической значимости [2, 12, 16, 17].

## Материалы и методы

Проведено комплексное ультразвуковое исследование внутрисердечной гемодинамики у 51 недоношенного новорожденного. Выделено 2 группы пациентов. Первая группа — «А» — 34 ребенка, с тяжелым течением РДС, получивших в комплексной терапии заболевания экзогенный сурфактант «Курсурф», и вторая группа — «В» — 17 «условно здоровых» недоношенных новорожденных.

Критерий исключения из исследования: врожденные пороки сердца.

Лечение новорожденных в обеих группах осуществлялось согласно общепринятому стандарту ведения недоношенного новорожденного.<sup>1</sup>

При рождении у детей группы «А» самостоятельное дыхание было не эффективным, что явилось показанием к интубации трахеи и переводу на ИВЛ. Учитывая малый гестационный возраст, клиническую картину дыхательной недостаточности, высокий риск развития РДС, на 3–5-й минуте после рождения эндотрахеально, согласно методическим рекомендациям, вводили экзогенный сурфактант «Курсурф» в разовой дозе 100–200 мг/кг. Гестационный возраст новорожденных составлял 32,2±2,2 недели, масса тела при рождении — 1949,7±466,3 г, площадь поверхности тела — 0,131 м<sup>2</sup>. Средняя длительность проведения ИВЛ составила 65,0±47,1 часов.

В группе «В» у недоношенных новорожденных при рождении и в периоде ранней адаптации клинических признаков РДС не было, ИВЛ им не проводили. Гестационный возраст новорожденных составлял 33,7±3,0 недели, масса тела при рождении — 2062,2± 439,1 г, площадь поверхности тела — 0,151 м<sup>2</sup>.

Имелись различия в состоянии детей при рождении: в группе «А» оценка по Апгар на 1-й и 5-й минутах жизни достоверно ( $p < 0,05$ ) ниже, чем в группе «В».

Эхокардиографическое (Эхо-КГ) исследование проводили ультразвуковым сканером «Fukuda UF-750 XT (Япония)» с микроконвексным датчиком 5 МГц. Комплексная Эхо-КГ с

<sup>1</sup> «Принципы ведения новорожденных с респираторным дистресс-синдромом (РДС)», Метод. рек. под ред. академика РАМН Н. Н. Володиной, 2008 г.

импульсно-волновой доплерографией проводилась новорожденным в 1-е, 3-и, 5-е сутки после рождения. Применялись стандартные левый парастеральный и субкостальный доступы при положении новорожденного на спине. Исследование проводили в условиях двигательного покоя ребенка.

Определяли следующие морфометрические показатели:

- конечно-систолический размер (КСР, мм) левого желудочка (ЛЖ) и правого желудочка (ПЖ);
- конечно-диастолический размер (КДР, мм) ЛЖ и ПЖ;
- конечно-систолический объем (КСО, мл) ЛЖ и ПЖ;
- конечно-диастолический объем (КДО, мл) ЛЖ и ПЖ.

I. Глобальную систолическую функцию желудочков оценивали на основании вычисления:

- фракции выброса (ФВ %);
- фракции систолического утолщения (ФСУ %);
- ударного объема ЛЖ и ПЖ (УОлж и УОпж, мл);
- сердечного индекса ЛЖ и ПЖ (СИлж и СИпж, л/мин/м<sup>2</sup>);
- минутного объема кровообращения большого и малого кругов (МОКбк и МОКмк, мл/мин).

II. Аппаратным методом определялись:

- пиковая скорость (V<sub>ро</sub> см/с) и пиковый градиент давления (PG<sub>ро</sub>, мм рт. ст.) на митральном клапане;
- пиковая скорость (V<sub>ра</sub> см/с) и пиковый градиент давления (PG<sub>ра</sub>, мм рт. ст.) в устье аорты;
- пиковая скорость (V<sub>р</sub> см/с) и пиковый градиент давления (PG<sub>р</sub>, мм рт. ст.) на трикуспидальном клапане;
- пиковая скорость (V<sub>рла</sub>, см/с) и пиковый градиент давления (PG<sub>рла</sub>, мм рт. ст.) в стволе легочной артерии.

III. Величину внутрисердечного шунта определяли по общепризнанной формуле [2].

При статистической обработке полученных данных применяли методы дескриптивной и вариационной статистики, непараметрические методы оценки. Отличия считали достоверными при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

**Оценка систолической функции желудочков в М- и В-режимах. При расчетах параметров систолической функции ЛЖ (табл. 1) получены следующие результаты:**

- В течение 3-х суток жизни величина КСР не имела достоверных отличий между группами новорожденных. К 5-м суткам постнатального возраста у новорожденных группы «В» средняя величина показателя увеличилась и была достоверно выше, чем у новорожденных группы «А» ( $p < 0,05$ ).

- Величина КДР у новорожденных группы «А» в течение 5-и суток жизни практически не изменялась. У детей группы «В» к 5-м суткам постнатального возраста средняя величина параметра достоверно увеличилась ( $p < 0,05$ ) по сравнению с 1-и сутками жизни. К этому времени величина КДР была достоверно выше у новорожденных группы «В» по сравнению с детьми группы «А» ( $p < 0,05$ ).

- У новорожденных группы «А» величина КДО в течение 5-и суток жизни не изменялась. У детей группы «В» к 5-м суткам постнатального возраста произошло статистически достоверное увеличение КДО ( $p < 0,05$ ), по сравнению с 1-и сутками жизни. К 5-м суткам жизни КДО был достоверно ниже ( $p < 0,05$ ) у новорожденных группы «А» по сравнению с детьми группы «В».

- Величина КСО в течение 5-и суток жизни у новорожденных обеих групп находилась в пределах физиологических значений и не имела достоверных отличий между группами детей ( $p > 0,05$ ).

**Оценка глобальной систолической функции ЛЖ (табл. 2):**

- Динамика УОлж имела свои особенности: в 1-е сутки жизни у 23,5% новорожденных группы «А» отмечалось снижение УО до 1–2 мл, в 76,5% случаев УО находился в пределах 3–5 мл, при этом средняя величина показателя в группе составляла 2,8±1,2 мл. В группе «В» только у 11,8% новорожденных в 1-е сутки жизни отмечался сниженный УОлж до 2 мл, у остальных 88,2% новорожденных УОлж составил 3–5 мл, средняя величина показателя составляла 3,2±0,9 мл. Не выявлено достоверных отличий ( $p > 0,05$ ) средних величин УОлж в 1-е сутки жизни. К 5-м суткам терапии у новорожденных группы «А» величина УОлж существенно не изменилась и составляла 3,0±1,1 мл. В группе «В» к 5-м суткам жизни средняя величина УОлж достоверно увеличилась ( $p < 0,05$ ) по сравнению с 1-и сутками жизни, и составляла 5,0±1,9 мл. Кроме того, к 5-м суткам постнатального возраста у детей группы «В» величина УОлж была достоверно выше ( $p < 0,05$ ), чем у новорожденных группы «А».

- СИлж у новорожденных обеих групп в течение 3-х суток жизни достоверно не изменялся ( $p > 0,05$ ). К 5-м суткам постнатального возраста, по сравнению с 1-и

Таблица 1

**Показатели систолической функции желудочков у недоношенных новорожденных (M±σ)**

Показатель	Значения показателей в группах на этапах исследования, сутки							
	«А»		«В»		«А»		«В»	
	1-е		3-и		5-е			
КСРлж, мм	6,3±1,7	7,1±1,7	6,1±1,9	7,0±1,5	6,4±2,0 <sup>#</sup>	8,3±2,2 <sup>#</sup>		
КДРлж, мм	11,8±1,9	12,8±1,3*	12,3±1,7	13,2±1,6	12,1±1,5 <sup>#</sup>	15,0±1,7*, <sup>#</sup>		
КДОлж, мл	3,4±1,4	4,1±1,1*	3,8±1,2	4,4±1,6	3,9±1,1 <sup>#</sup>	6,0±1,4*, <sup>#</sup>		
КСОлж, мл	0,6±0,6	1,0±0,6	0,7±0,7	0,8±0,7	0,8±0,7	1,0±0,9		
КДРпж, мм	11,9±2,0	12,2±1,3*	12,0±1,8 <sup>#</sup>	13,2±1,2 <sup>#</sup>	12,0±1,5 <sup>#</sup>	14,4±1,5*, <sup>#</sup>		
КСРпж, мм	6,4±1,7	6,7±1,3	5,7±2,0 <sup>#</sup>	7,4±1,1 <sup>#</sup>	5,7±1,5 <sup>#</sup>	7,4±0,9 <sup>#</sup>		
КДОпж, мл	3,6±1,3	3,6±0,9*	3,3±1,4	4,4±1,0	3,6±1,2 <sup>#</sup>	5,6±1,9*, <sup>#</sup>		
КСОпж, мл	0,7±0,5*	0,8±0,5	0,6±0,5 <sup>#</sup>	1,0±0,6 <sup>#</sup>	0,4±0,5*, <sup>#</sup>	1,0±0,3 <sup>#</sup>		

**Примечание.** \* —  $p < 0,05$ , достоверность отличий в группе по сравнению с 1-и сутками жизни; # —  $p < 0,05$ , достоверность отличий между группами новорожденных на 3-и сутки жизни; ## —  $p < 0,05$ , достоверность отличий между группами новорожденных на 5-е сутки жизни.

Параметры глобальной систолической функции желудочков у недоношенных новорожденных ( $M \pm \sigma$ )

Показатель	Значения показателей в группах на этапах исследования, сутки					
	«А»		«В»		«В»	
	1-е	3-и	3-и	5-е	5-е	5-е
ЧСС, уд-1	133±11,8	137±9,0	137±13,7	136±6,2	140±11,1	132±5,9
УОлж, мл	2,8±1,2	3,2±0,9*	3,1±1,2	3,5±1,7	3,0±1,1##	5,0±1,9*,##
УОпж, мл	2,9±1,2	2,8±1,1*	2,9±1,2	3,4±1,1	3,1±1,1	4,2±2,2*
ФВлж, %	67±6,8	71±4,3	73,7±1,1	69±9,9	69,8±5,4	76,2±14,5
ФВпж, %	77,4±12,9	79±11,6	82,4±13,6	78,6±9,5	84,7±9,5	79,8±8,2
ФСУлж, %	35,2±5,8	38±3,9	40,0±4,9	37,8±8,2	36,1±3,9	44,8±9,9
ФСУпж, %	46,3±13,5	44,8±10,2	50,6±17,9	44,3±9,2	51,9±12,9	46,6±8,5
СИлж, л/мин/м <sup>2</sup>	2,9±1,1	2,9±0,8*	3,1±1,5	3,1±1,3	3,5±1,3##	4,2±1,5*,##
СИпж, л/мин/м <sup>2</sup>	3,1±1,5	2,6±1,0*	3,2±1,6	3,1±1,2	3,6±1,6	3,9±1,7*
МОКбк, мл/мин	377,3±158,2	437,3±140,2*	404,5±209,8	475,6±219,6	421,1±156,2##	665,2±245,4*,##
МОКмк, мл/мин	392,6±168,5	389,3±147,9*	399,8±175,1	468,1±153,9	445,3±171,6	555,6±264,7*
Qp/Qs	1,2±0,8	1,0±0,5	1,0±0,4	1,2±0,7	1,1±0,2##	0,8±0,3##
ООО, мм	1,6±0,4	1,58±0,2	1,6±0,4	1,58±0,13	1,6±0,3	1,58±0,1

**Примечание.** \* —  $p < 0,05$ , достоверность отличий в группе по сравнению с 1-и сутками жизни; ## —  $p < 0,05$ , достоверность отличий между группами новорожденных на 5-е сутки жизни.

сутками жизни, у новорожденных группы «А» СИлж увеличился на 17,1%, у детей группы «В» — на 31%, таким образом, СИлж был достоверно выше у новорожденных группы «В» ( $p < 0,05$ ).

- Средние значения ФВлж у всех новорожденных, включенных в исследование, находились в пределах физиологических значений и не имели статистически достоверных отличий ( $p > 0,05$ ).

- Средние величины ФСУлж у новорожденных обеих групп в 1-е сутки жизни находились в пределах физиологических значений и не имели статистически достоверных отличий ( $p > 0,05$ ).

Важным моментом является оценка систолической функции ПЖ, т. к. после рождения кардинально изменяется гемодинамика ребенка: резко возрастает легочный кровоток, перераспределяется сердечный выброс, меняется нагрузка на желудочки.

**Показатели систолической функции ПЖ были следующими (табл. 1):**

- В течение 5-и суток жизни величина КСР у новорожденных группы «А» практически не изменялась. У новорожденных группы «В» к 3-м суткам постнатального возраста величина КСР увеличилась на 10,4%. С 3-х суток жизни у новорожденных группы «А» КСР достоверно ниже ( $p < 0,05$ ) по сравнению с детьми группы «В». Эта закономерность сохранилась до 5-х суток жизни.

- Величина КДР у новорожденных группы «А» в течение 5-и суток жизни была стабильной. У детей группы «В» средняя величина параметра к 3-м суткам постнатального возраста увеличилась на 8,2%, к 5-м суткам постнатального возраста КДР возрос на 15,3%. С 3-х суток жизни между группами новорожденных появились статистически достоверные различия ( $p < 0,05$ ) средних величин КДР. Эта закономерность сохранилась до 5-х суток жизни.

- У новорожденных группы «А» величина КДО на протяжении 5-и суток жизни не изменялась. У детей группы «В» к 5-м суткам постнатального возраста величина КДО достоверно увеличилась ( $p < 0,05$ ) по сравнению с 1-и сутками жизни. К 5-м суткам жизни КДО был

достоверно ниже ( $p < 0,05$ ) у новорожденных группы «А», по сравнению с детьми группы «В».

- В начале исследования средняя величина КСО между группами новорожденных не отличалась. У детей группы «В» величина КСО практически не изменялась. С 3-х суток жизни у новорожденных группы «А» величина параметра достоверно ниже ( $p < 0,05$ ) по сравнению с детьми группы «В». В группе «А» к 5-м суткам жизни величина КСО снизилась на 42,9%, данные изменения статистически достоверны ( $p < 0,05$ ). Достоверность отличий сохранялась до 5-х суток жизни.

**Оценка глобальной систолической функции ПЖ (табл. 2):**

- При определении УОпж выявлено, что в 1-е сутки жизни в 35,3% случаев новорожденных группы «А» и в 41,2% случаев группы «В» величина параметра находилась в пределах 1–2 мл, среднее значение УОпж составляло, соответственно, 2,9±1,2 мл и 2,8±1,1 мл. В течение 5-и суток жизни средняя величина УОпж у новорожденных группы «А» не изменялась. Иная ситуация отмечена у новорожденных группы «В»: к 5-м суткам постнатального возраста УОпж увеличился на 70% и составлял 4,2±2,2 мл, данные изменения статистически достоверны ( $p < 0,05$ ).

- СИпж у всех новорожденных, включенных в исследование, в течение 3-х суток жизни не изменялся. К 5-м суткам жизни в группе «А» произошло увеличение средних величин показателя на 13,9%, изменения статистически не достоверно ( $p > 0,05$ ). В группе «В» величина СИпж достоверно ( $p < 0,05$ ) увеличилась на 33,4%.

- Средние значения ФВпж у всех новорожденных, включенных в исследование, находились в пределах физиологических значений и не имели статистически достоверных отличий ( $p > 0,05$ ).

- Средние величины ФСУпж у новорожденных обеих групп в течение 5-и суток жизни находились в пределах физиологических значений и не имели статистически достоверных отличий ( $p > 0,05$ ).

В начале исследования и к 3-м суткам жизни у новорожденных обеих групп достоверных различий

Изменения пикового градиента давления (PGp) и пиковой скорости кровотока (Vp) на клапанах сердца и магистральных сосудах у новорожденных обеих групп (M±σ)

Показатель	Значения показателей в группах на этапах исследования, сутки					
	«А»	«В»	«А»	«В»	«А»	«В»
	1-е		3-и		5-е	
PGpo, мм Hg	18,7±8,0*	17,7±3,9	20,1±5,7	19,5±6,9	23,9±6,8*##	17,5±4,3##
Vpo, см/с	203,1±45,1	202±31	204,7±43,7	219,0±40,1	219±38,7	214,7±35,9
Pgra, мм Hg	18±7,6*	19,2±6,1*	20,8±6,9	14,0±6,9*	26,9±10,6*##	13±4,8*##
Vpa, см/с	214,5±44,3#	182,8±30,8#	209,2±54,7	184,0±40,5	228,8±58,6##	178,2±31,7##
PGpla, мм Hg	29,7±13,8#	21,2±6,5#	27,3±8,8	21,2±14,1	30,8±10,6##	19,2±10,6##
Vpla, см/с	249,0±60,8#	214,4±36,2#	247,7±59,3	258,5±68,8	250,3±59,1	233,4±26,1
PGp, мм Hg	21,7±9,8	20,0±8,2	19,3±6,9	21,2±10,5	23,1±7,7	20,2±8,9
Vp, см/с	218,2±45,6	221,6±42,8	212,3±43,7	219,2±48,6	226,0±42,3	214±44,6

**Примечание.** # —  $p < 0,05$ , достоверность отличий между группами новорожденных в 1-е сутки жизни; \* —  $p < 0,05$ , достоверность отличий в группе по сравнению с 1-и сутками жизни; ## —  $p < 0,05$ , достоверность отличий между группами новорожденных на 5-е сутки жизни.

( $p > 0,05$ ) средних величин МОКбк и МОКмк не выявлено. К 5-м суткам постнатального возраста у новорожденных группы «В» величина МОКбк увеличилась на 34,3%, МОКмк — на 30%, по сравнению с 1-и сутками жизни, данное различие статистически достоверно ( $p < 0,05$ ). К этому времени у новорожденных группы «А» МОКбк увеличился на 10,5 и был на 37% ниже, по сравнению с детьми группы «В», данное различие статистически значимое ( $p < 0,05$ ). МОКмк у новорожденных группы «А» к 5-м суткам жизни увеличился на 11,7%.

ЧСС у всех новорожденных, включенных в исследование, на протяжении 5-и суток жизни была стабильной, нарушений частоты сердечного ритма не выявлено.

В процессе динамического ультразвукового исследования с использованием цветового доплеровского картирования установлено, что у всех новорожденных до 5-х суток жизни функционировали фетальные коммуникации: открытое овальное окно (ООО) и открытый артериальный проток (ОАП). В течение 5-и суток жизни у новорожденных обеих групп размеры ООО не превышали физиологических значений и достоверно не отличались ( $p > 0,05$ ). Ни в одном случае функционировавший ОАП не был гемодинамически значимым, поэтому не проводили медикаментозное или хирургическое закрытие ОАП.

Важным моментом является определение величины внутрисердечного шунта (Qp/Qs). Величина Qp/Qs у новорожденных группы «А» в первые сутки жизни составляла  $1,2 \pm 0,8$ , и к 5-м суткам постнатального возраста сохранялась в пределах  $1,1 \pm 0,2$ , т. е. в течение всего времени лечения у новорожденных сохранялся сброс через фетальные коммуникации слева направо. У детей группы «В» в течение 3-х суток жизни величина показателя составляла  $1,0 \pm 0,5$ , данная ситуация свидетельствовала о наличии двунаправленного сброса через фетальные коммуникации, к 5-м суткам жизни Qp/Qs снизился до  $0,8 \pm 0,3$ , данное изменение статистически достоверно ( $p < 0,05$ ).

**Изменения пиковой скорости кровотока и пикового градиента давления на клапанах сердца и в магистральных сосудах.** Динамика пикового градиента давления (PGp) и пиковой скорости кровотока (Vp) на клапанах сердца и магистральных сосудах представлена в табл. 3.

Анализ значений пикового градиента давления (PGpo) и пиковой скорости кровотока (Vpo) на митральном клапане (МК) показал, что в течение 3-х суток жизни средние значения параметров достоверно не отличались. К 5-м суткам у новорожденных группы «А» произошло достоверное ( $p < 0,05$ ) увеличение PGpo. К 5-м суткам постнатального возраста средняя величина PGpo была достоверно выше у новорожденных группы «А», по сравнению с детьми группы «В». У новорожденных группы «В» в течение 5-и суток жизни величины Vpo и PGpo не изменялись и находились в пределах физиологических значений.

В течение 5-и суток жизни у большинства новорожденных группы «А» значения Vp и PGp через ТКК не имели патологических значений. Однако у 17,6% новорожденных выявлены нарушения кровотока на ТКК: увеличение PGp до 30–40 мм рт. ст., с одновременным увеличением Vp до 266–301 см/с. К 5-м суткам постнатального возраста у 11,8% детей нормализация этих показателей не произошла.

У большинства новорожденных группы «В» средние значения Vp и PGp через ТКК также находились в пределах физиологических значений. В этой группе у 23,5% детей отмечались индивидуальные изменения показателей: при физиологическом PGp регистрировалось повышение Vp до 268–277 см/с. К 5-м суткам постнатального возраста у 5,9% детей сохранялись повышенные PGp до 40 мм рт. ст. и Vp — 312 см/с.

При оценке кровотока в аорте получены следующие данные: в 1-е сутки жизни у новорожденных группы «А» средние значения Vpa и Pgra не имели патологических значений, но величина Vpa была достоверно выше ( $p < 0,05$ ), чем у детей группы «В». Это обусловлено тем, что у 8,8% новорожденных группы «А» при нормальном PGp отмечалось повышение Vpa до 272–298 см/с. В группе «В» к 3-м суткам жизни среднее значение PGp снизилось и было достоверно ( $p < 0,05$ ) ниже, чем у детей группы «А». Дальнейшее Эхо-КГ исследование показало, что к 5-м суткам жизни у новорожденных группы «А» Pgra и Vpa достоверно ( $p < 0,05$ ) увеличились, по сравнению с 1-и сутками жизни, это обусловлено тем, что у 26,5% новорожденных сохранялся повышенный PGp до 30–50 мм рт. ст. и Vpa — 285–360 см/с. К 5-м

суткам постнатального возраста между группами новорожденных достоверные ( $p < 0,05$ ) отличия средних величин  $V_{pl}$  и  $PG_{pl}$  сохранялись.

В результате исследования изучаемых параметров в стволе легочной артерии с 1-х суток жизни выявлены достоверные отличия средних значений  $V_{pl}$  и  $PG_{pl}$  между группами детей: в группе «А» данные показатели были достоверно ( $p < 0,05$ ) выше, чем у детей группы «В». Эти отличия обусловлены тем, что у 29,4% у новорожденных группы «А» зарегистрированы патологические изменения гемодинамики, характерные для легочной гипертензии: повышение  $V_{pl}$  до 286–340 см/с и  $PG_{pl}$  до 30–50 мм рт. ст. В группе «В» к 3-м суткам жизни только у 11,8% новорожденных отмечено повышение  $PG_{pl}$  до 40–50 мм рт. ст. с одновременным увеличением  $V_{pl}$  до 380 см/с. Данные изменения у них сохранялись до 5-х суток постнатального возраста.

К 5-м суткам постнатального возраста сохранялись достоверные различия между значениями  $PG_{pl}$ : у детей группы «А» достоверно ( $p < 0,05$ ) выше, чем в группе «В». Выявленные различия обусловлены тем, что у 29,4% детей группы «А» сохранялись эхокардиографические признаки легочной гипертензии. Кроме того, у 11,8% детей группы «А» регистрировали регургитацию на клапане легочной артерии, у новорожденных группы «В» регургитационный поток через клапан не обнаружен.

У 88,2% детей группы «А» отмечена положительная динамика в клиническом статусе, появилось эффективное спонтанное дыхание и они были экстубированы. Однако, у 11,8% продолжалась ИВЛ, в связи с тяжелым течением РДС, осложненного гидроперикардом.

Эхокардиографические признаки легочной гипертензии у 29,4% новорожденных группы «А» сохранялись в течение всего времени лечения.

После рождения, вследствие начала эффективного легочного дыхания, у новорожденных группы «В», несмотря на малый гестационный возраст, произошла физиологическая перестройка кровообращения. Расправление легких вызвало увеличение легочного кровотока, и усиление возврата крови по легочным венам к левому предсердию. У новорожденных этой группы признаков снижения сократимости миокарда не было: показатели КСО и ФВ находились в пределах физиологических значений, а изменения средней величины ФСУ статистически не значимо. Остальные показатели гемодинамики: КДР, КСР, КДО и КСО к 5-м суткам постнатального возраста достоверно увеличились и обеспечивали нормальное системное кровообращение.

Систолическая функция обоих желудочков сохранена. Основные гемодинамические параметры обоих кругов кровообращения, отражающие насосную функцию сердца — УО, СИ, МОК к 5-м суткам постнатального возраста достоверно увеличились, тем самым обеспечив стабильную гемодинамику раннего неонатального периода. В результате проведенного исследования выяснено, что патологических изменений пиковой скорости кровотока и пикового градиента давления на митральном клапане, аорте и ее клапане у новорожденных группы «В» нет. В

11,8% случаев имели место эхокардиографические признаки легочной гипертензии. Выявленные изменения носили транзиторный характер и не сопровождалось клиническими признаками дыхательной недостаточности и легочной гипертензии. У недоношенных новорожденных при отсутствии клинических проявлений РДС период ранней адаптации протекает благоприятно.

Ранний неонатальный период у недоношенных новорожденных не всегда характеризуется полноценным началом легочной вентиляции, нормализацией легочного кровотока и физиологическим снижением сопротивления легочных сосудов, перераспределением сердечного выброса. У новорожденных группы «А» с 1-х суток жизни зарегистрированы признаки систолической дисфункции ЛЖ: сниженные показатели КДР и КДО по сравнению с детьми группы «В». В течение 3-х суток жизни систолическая функция ПЖ была удовлетворительной, но к 5-м суткам постнатального возраста появились признаки его дисфункции — сниженный КДР и КДО по сравнению с новорожденными группы «В». К 5-м суткам жизни не произошло нормализации вышеназванных показателей, т. е. признаки систолической дисфункции обоих желудочков сохранялись дольше.

Также в течение всего времени наблюдения отмечались эхокардиографические признаки нарушения насосной функции обеих желудочков: УО, СИ и МОК не имели тенденции к увеличению. СИ является интегральным показателем работы сердца, зависящим от сократительной функции миокарда и ЧСС. Снижение СИ у новорожденных с РДС свидетельствует о сниженной сократимости миокарда.

ЧСС у всех новорожденных, включенных в исследование, на протяжении 5-и суток жизни была стабильной, нарушений частоты сердечного ритма не выявлено.

Представленный анализ изменения пиковой скорости кровотока и пикового градиента давления через атриовентрикулярные клапаны правого и левого желудочков показал, что они изменяются у новорожденных с тяжелым течением РДС. Изменения гемодинамики у новорожденных группы «А» характеризовались увеличением в систолическую фазу пиковой скорости кровотока и градиента давления на трикуспидальном клапане и на клапанах магистральных сосудов: аорты и легочного ствола: у 17,6% детей эти параметры значительно изменяются на трикуспидальном клапане, и в 8,8% случаев при нормальной пиковой скорости кровотока имеет место повышение пикового градиента давления на аортальном клапане. Наибольшие изменения пиковой скорости кровотока у новорожденных группы «А» зарегистрированы на клапане легочной артерии. Это обусловлено нарушением микроциркуляции в легких, высоким легочным сосудистым сопротивлением, которое характерно для РДС. В результате проводимого лечения к 5-м суткам жизни у 88,2% новорожденных появилась положительная динамика в клиническом статусе: уменьшились признаки дыхательной недостаточности, появилось эффективное самостоятельное дыхание и они были экстубированы. При этом у 29,4% новорожденных этой груп-

пы сохранялись признаки легочной гипертензии в сочетании с гидроперикардом.

В результате ультразвукового исследования установлено, что функционировали открытое овальное окно и открытый артериальный проток. У новорожденных обеих групп размеры ОО не превышали физиологических значений и достоверно не отличались между группами детей. У всех новорожденных, включенных в исследование, через ОО отмечался билатеральный сброс крови между предсердиями, что необходимо для обеспечения внутрисердечной гемодинамики и предотвращения дилатации камер сердца избыточным объемом крови. Кроме того, билатеральный сброс свидетельствует о равном градиенте давления между предсердиями.

Важным гемодинамическим параметром является соотношение легочного и системного кровотока —  $Q_p/Q_s$ . Развитие РДС у недоношенных новорожденных сопровождается повышением соотношения  $Q_p/Q_s$ . При уменьшении признаков дыхательной недостаточности происходит снижение показателя, кроме того, величина шунта указывает направление сброса через фетальные коммуникации. При РДС сброс крови осуществляется преимущественно слева направо, но при разрешении патологического процесса в легких интенсивность сброса уменьшается. У детей группы «В» в течение 3-х суток жизни величина  $Q_p/Q_s$  свидетельствовала о наличии двунаправленного сброса через фетальные коммуникации. Сложившаяся ситуация, как правило, не вызывает тяжелых гемодинамических нарушений. Полученные данные свидетельствуют о том, что функционирующий ОАП не был гемодинамически значимым ни в одном случае, хирургическое закрытие протока не требовалось.

## Выводы

Ранний неонатальный период у недоношенных новорожденных с РДС характеризуется изменениями

внутрисердечной гемодинамики: появляются признаки систолической дисфункции ЛЖ, нарушения насосной функции обеих желудочков, увеличение в систолическую фазу пиковой скорости кровотока и градиента давления на трикуспидальном клапане. Наибольшие изменения пиковой скорости кровотока у новорожденных с РДС зарегистрированы в стволе легочной артерии

Развитие РДС у недоношенных новорожденных сопровождается повышением соотношения  $Q_p/Q_s$ . При этом функционирующий ОАП не был гемодинамически значимым ни в одном случае.

У новорожденных с РДС к 5-м суткам постнатального возраста нормализации основных показателей внутрисердечной и системной гемодинамики не происходит, хотя у большинства новорожденных дыхательная недостаточность разрешается.

У недоношенных новорожденных при отсутствии клинических проявлений РДС ранний неонатальный период протекает благоприятно. К 3-м суткам жизни у части новорожденных отмечаются эхокардиографические признаки напряженной гемодинамической адаптации. Выявленные изменения являются инструментальной находкой, так как клинических признаков нарушения гемодинамики и дыхательной недостаточности у новорожденных не было.

Кроме того, важными факторами, способствующими развитию нарушений внутрисердечной гемодинамики, являются малый гестационный возраст новорожденных и морфологическая незрелость миокарда и сосудов. У недоношенных новорожденных физиологическое снижение резистентности легочных сосудов происходит медленнее и нормализация давления в легочной артерии происходит, в основном, к 7-м суткам постнатального возраста.

Недоношенные новорожденные, независимо от особенностей течения раннего неонатального периода, нуждаются в эходоплерокардиографическом мониторинге для оценки внутрисердечной гемодинамики.

## Литература

1. Барабанов С. В., Евлахов В. И., Пуговкин А. П. и соавт. Физиология сердца. С-Пб.: СпецЛит; 2001.
2. Шарыкин А. С. Перинатальная кардиология. М.: Волшебный фонарь; 2007.
3. Прахов А. В., Егорская Л. Е. Внутрисердечное кровообращение у недоношенных новорожденных детей с тяжелым перинатальным поражением ЦНС и синдромом дыхательных расстройств. Педиатрия 2008; 1 (87): 28.
4. Жданов Г. Г., Хижняк Д. Г. Роль нарушений гемодинамики в течение респираторного дистресс-синдрома новорожденных. Тез. докладов. 3-й Росс. Конгресс «Педиатрическая анестезиология и интенсивная терапия». 2005. 152.
5. Jurko F. Jr. Echokardiographic evaluation of left ventricle postnatal growth in newborn and infants. Bratisl. Lek. Lysty 2004; 105 (2): 678–685.
6. Лебедева О. В. Особенности состояния гемодинамики у новорожденных с респираторным дистресс-синдромом. Мат. Межрегиональной науч.-практич. конф. «Актуальные проблемы кардиологии детей и взрослых — 2007». Астрахань; 2007. 90–94.
7. Мороз В. В., Голубев А. М. Принципы диагностики ранних проявлений острого повреждения легких. Общая реаниматология 2006; II (4): 5–6.
8. Суборов Е. В., Кузьков В. В., Собхез М. и соавт. Метиленовый синий при вентилятор-индуцированном повреждении легких (экспериментальное исследование). Общая реаниматология 2007; III (3): 45–46.
9. Hofer C. K., Cecconi M., Marx G., della Rocca G. Minimally invasive haemodynamic monitoring. Eur. J. Anaesthesiol. 2009; 26 (12): 996–1002.
10. Schiffmann H., Erdlenbruch B., Singer D. et al. Assessment of cardiac output, intravascular volume status, and extravascular lung water by transpulmonary indicator dilution in critically ill neonates and infants. J. Cardiothorac. Vasc. Anesth. 2002; 16 (5): 592–597.
11. Egan J. R., Festa M., Cole A. D. et al. Clinical assessment of cardiac performance in infant and children following cardiac surgery. Intensive Care Med. 2005; 31 (4): 568–573.
12. Струтынский А. В. Эхокардиограмма: анализ и интерпретация. М.: МЕДпресс-информ; 2007.
13. Teixeira L. S., McNamara P. J. Enhanced intensive care for the neonatal ductus arteriosus. Acta Paediatr. 2006; 95 (4): 394–403.
14. Cavalli C., Dorizzi R. M., Lanzoni L. et al. How much and for how long does the neonatal myocardium suffer from mild perinatal asphyxia? J. Matern. Fetal Neonatal Med. 2005; 17 (1): 85–86.
15. Jensen M. B., Sloth E., Larsen K. M., Schmidt M. B. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. Eur. J. Anaesthesiol. 2004; 21 (9): 700–707.
16. Ультразвуковая диагностика в неонатологии. Дворяковский И. В., Яцук Г. В. (ред.). М.: Атмосфера; 2009.
17. Рыбакова М. К., Мутьков В. В., Платова М. А. Комплексная эхокардиографическая оценка систолической и диастолической дисфункции левого и правого желудочков в норме. Ультразвуковая и функциональная диагностика 2005; 4: 64.

Поступила 17.01.10