

ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ЗДОРОВЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ В РАННЕМ НЕОНАТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ: ОБСЕРВАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Дегтярева Е. В.¹, Лемешко Ю.И.^{1,2}, Вавринюк Е.О.¹

¹ УЗ «5-я городская клиническая больница»,

² УО «Белорусский государственный медицинский университет»,
Минск, Республика Беларусь

Резюме. *Обоснование:* Изучение особенностей гемодинамического статуса у здоровых новорожденных детей необходимо для выявления патологических изменений при заболеваниях перинатального периода.

Цель работы – изучить показатели гемодинамики у здоровых новорожденных в раннем неонатальном периоде.

Методы исследования: обсервационное проспективное исследование 46 здоровых доношенных новорожденных детей, включающее оценку клинических и инструментальных данных состояния гемодинамики, в том числе данных функциональной эхокардиографии.

Результаты. Сравнительный анализ гемодинамических показателей у здоровых новорожденных детей в 1-е и 3-и сутки выявил статистически значимые различия по следующим показателям: частота сердечных сокращений (в 1-е сутки – $128,72 \pm 12,88$ уд/мин, в 3-и сутки – $123,24 \pm 13,61$ уд/мин; $p=0,01$); сердечный выброс левого желудочка (в 1-е сутки – $190,56 \pm 35,55$ мл/кг/мин, в 3-и сутки – $177,37 \pm 32,38$ мл/кг/мин; $p=0,018$); сердечный индекс (в 1-е сутки – $3,02 \pm 0,56$ л/мин/м², в 3-и сутки – $2,83 \pm 0,49$ л/мин/м²; $p=0,02$); сердечный выброс правого желудочка (в 1-е сутки – $255,93 \pm 50,30$ мл/кг/мин, в 3-е сутки – $235,36 \pm 44,65$ мл/кг/мин; $p=0,007$); приток по верхней полой вене (в 1-е сутки – $114,04 \pm 13,55$ л/мин/м², в 3-и сутки – $137,55 \pm 23,64$ л/мин/м²; $p<0,0001$). Выявлена положительная корреляционная связь ($r=0,65$; $p=0,42$) между показателями среднего артериального давления и величиной общего периферического сосудистого сопротивления. Выявлены статистически значимые изменения объемной скорости кровотока на выводящем отделе правого желудочка и клапане легочной артерии (в 1-е сутки – $11,69 \pm 2,26$ уд/мин, в 3-и сутки – $12,97 \pm 1,99$ см²; $p=0,005$).

Заключение. Полученные данные могут быть использованы для комплексной оценки гемодинамического статуса новорожденных в раннем неонатальном периоде при оказании медицинской помощи новорожденным детям.

Ключевые слова: новорожденные дети, гемодинамика, сердечный выброс, функциональная эхокардиография.

Введение. Адаптация сердечно-сосудистой системы к внеутробной жизни – сложный процесс, имеющий важные последствия для здоровья новорожденного ребенка. Переход от фетального к неонатальному кровообращению начинается с момента рождения при инициации легочного дыхания и прекращении плацентарного кровотока [1]. Известно, что в переходный период от фетального к постнатальному кровообращению происходит ряд значительных гемодинамических изменений, таких как закрытие открытого артериального протока (ОАП) и увеличение легочного кровотока. Наблюдается быстрое и значительное повышение давления в левом желудочке и сопутствующее снижение давления в правом желудочке [2]. Известно, что ОАП обычно закрывается в течение 24–48 часов после рождения у доношенных детей, а окончательное анатомическое закрытие фетальных коммуникаций может занять несколько недель или даже месяцев, следовательно, для завершения процесса адаптации транзитного кровообращения новорожденному ребенку требуется больше времени [3].

У здоровых доношенных новорожденных детей, несмотря на сложность и значительность всех этих процессов, переходный этап протекает без клинических проявлений нарушения кровообращения. Но у новорожденных детей с высоким риском перинатальной патологии данный процесс адаптации является чрезвычайно уязвимым

к воздействиям неблагоприятных перинатальных факторов. Для своевременной целенаправленной терапии важно понимать патогенез изменений гемодинамики у конкретного пациента [1–3].

Функциональная эхокардиография (Ф-Эхо-КГ) является частью оценки гемодинамического статуса новорожденных в критическом состоянии и представляет собой неинвазивный метод диагностики, позволяющий не только оценить сердечный выброс как основную детерминанту системного потока крови, но и влияние на него преднагрузки, сократимости миокарда и постнагрузки [4, 5]. Применение Ф-Эхо-КГ вместе с другими диагностическими инструментами может помочь в уточнении фенотипа нарушения гемодинамики и таким образом снизить неонатальную заболеваемость и смертность [1, 4]. В то же время методика оценки гемодинамического статуса у новорожденных с помощью Ф-ЭХОКГ изучена недостаточно и требует проведения дальнейших исследований [5]. Это подтверждается тем, что данные, отражающие показатели гемодинамического статуса, определяемого с помощью неинвазивных методик, существенно различаются у разных исследователей [6]. Информации о количественной оценке системного кровотока в течение первых суток внеутробной адаптации и его динамики недостаточно [6]. Недостаточно данных о влиянии открытого артериального протока (ОАП) на системный и легочный кровотоки в период его функционирования. Недостаточно данных о влиянии физиологической легочной гипертензии на системный и легочный кровотоки, мало данных о том, как изменяется преднагрузка и постнагрузка в ранний период адаптации [2, 3]. Изучение особенностей гемодинамического статуса у здоровых новорожденных с помощью Ф-Эхо-КГ необходимо для последующего выявления патологических изменений при заболеваниях у новорожденных детей.

Цель работы – изучение особенностей гемодинамического статуса у здоровых новорожденных в раннем неонатальном периоде.

Материалы и методы исследования. В обсервационное проспективное исследование включены 46 доношенных новорожденных детей, медицинская помощь которым оказывалась в отделении для новорожденных детей учреждения здравоохранения «5-я городская клиническая больница» г. Минска с сентября по декабрь 2024 года. Проведение исследования одобрено этическим комитетом при учреждении образования «Белорусский государственный медицинский университет». Критерии включения: гестационный возраст 37–41 неделя, удовлетворительное состояние при рождении, оценка по шкале Апгар более 8 баллов, течение раннего неонатального периода без патологии, наличие добровольного информированного согласия законных представителей на участие в исследовании. Критерии исключения: гестационный возраст менее 37 недель; наличие патологии перинатального периода, наличие врожденных пороков развития.

Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

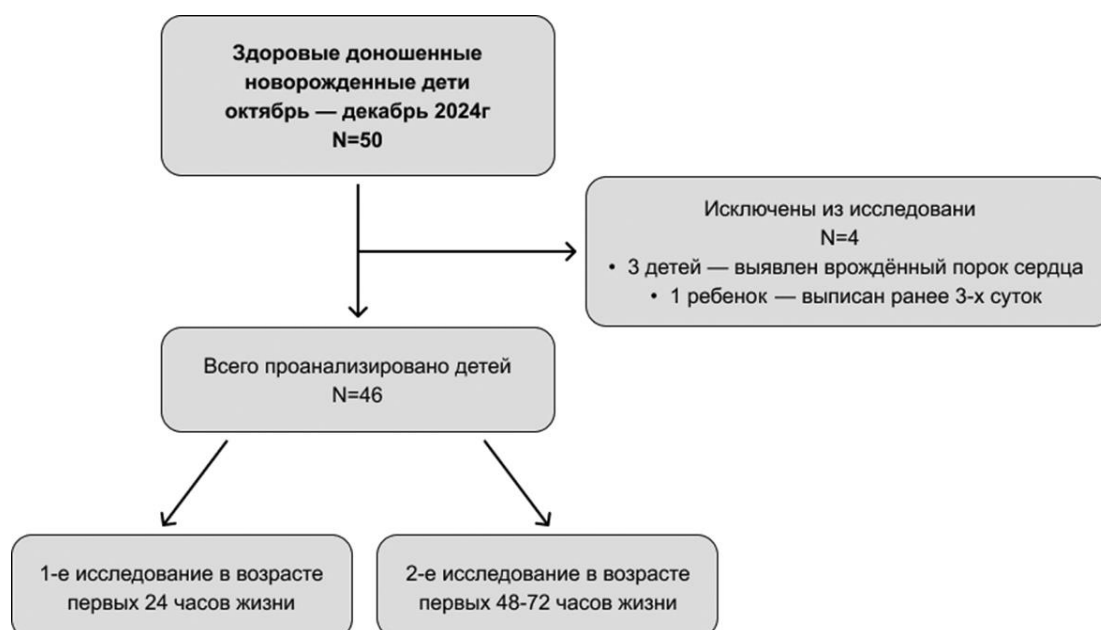


Рисунок 1 – Дизайн исследования

Проанализированы данные историй развития новорожденных (форма 097/у), результаты инструментальных методов исследования. С помощью многофункционального монитора «GARESCAPE B40i» (США) определяли насыщение крови кислородом, показатели неинвазивного артериального давления и частоты сердечных сокращений. Основным методом инструментального исследования являлся метод Ф-Эхо-КГ. Исследование выполнялось с использованием ультразвуковой диагностической системы экспертного класса General Electric LOGIQ E9 (США) секторным датчиком с частотой 4,6 МГц. Первое исследование проводилось через 9±6 часов после рождения, второе – через 48±6 часов после рождения. Эхокардиографические измерения, расчеты и оценка показателей проводились в соответствии с международными рекомендациями по проведению Ф-Эхо-КГ у новорожденных детей [7].

Оценку сердечного выброса с помощью Ф-Эхо-КГ проводили, применяя следующее уравнение: $CB \text{ (мл/кг/мин)} = \pi \times (D/2)^2 \text{ (см}^2) \times VTI \text{ (см)} \times ЧСС \text{ (в мин)}$, где D – диаметр сосуда, на уровне которого определялась объемная скорость кровотока, VTI (velocity time integral) – площадь под кривой средней скорости кровотока через данный сосуд или выводной отдел желудочка, ЧСС – частота сердечных сокращений, π -3,142. С помощью данной формулы определяли ударные объемы и сердечные выбросы левого и правого желудочков. Преднагрузка количественно оценивалась с помощью определения величины притока по верхней полой вене (использовали указанную выше формулу). Регистрации потока на уровне выводного отдела правого желудочка проводилась в парастернальной проекции по короткой оси левого желудочка, для оценки кровотока на уровне выводного отдела левого желудочка использовалась пятикамерная проекция. Для получения интеграла линейной скорости кровотока и определения временных характеристик потока применялся метод импульсной доплерографии. Диаметр устья нижней полой вены и приток определяли из субкостальной бикавальной проекции, значения усреднялись за три-пять сердечных циклов. Линейные размеры камер, сосудов, определяли в В-режиме.

Сердечный индекс оценивался по формуле: $СИ \text{ (л/мин/м}^2) = CB \times ЧСС / ППТ$, где СВ – сердечный выброс, ЧСС – частота сердечных сокращений, ППТ – площадь поверхности тела.

Постнагрузка (общее периферическое сосудистое сопротивление) оценивалась с помощью формулы: $ОПСС \text{ (dynes} \cdot \text{sec} \cdot \text{cm}^{-5}) = 80 \times [АД \text{ среднее} - 5] \text{ (mmHg)} / СВ \text{ (L/min)}$, где – СВ – сердечный выброс, за 5 мм рт. ст. принимали значение давления в правом предсердии, АД среднее – среднее артериальное давление, полученное с помощью осциллометрического метода. Статистический анализ данных проведен с использованием программного обеспечения Analyse-it (Analyse-it-Software, Ltd., Великобритания). Количественные данные с нормальным распределением представлялись в виде среднего арифметического значения и стандартного отклонения; при распределении, отличным от нормального в виде медианы, минимального и максимального значений. При сравнении количественных данных, имеющих нормальное распределение, использовали t-критерий Стьюдента; не имеющих нормального распределения – U-критерий Манна – Уитни. Для оценки корреляционных взаимосвязей между количественными признаками применялся коэффициент корреляции Пирсона. Статистическим уровнем значимости принят уровень $p < 0,05$.

Результаты. Демографические и клинические характеристики изучаемой группы новорожденных детей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Анамнестические данные, показатели физического развития, клинические характеристики новорожденных детей

Параметры	Категории, размерные величины	Количество N (%) значение
Пол	Мужской	22 (47 %)
	Женский	24 (53 %)

Продолжение таблицы 1

Параметры	Категории, размерные величины	Количество N (%) значение
Срок гестации	Median, недели	38–40
Способ родоразрешения	Естественные роды Оперативные роды	31 (67 %) 15 (33 %)
Масса тела	Mean±SD Грамм	3439±448
Длина	Mean±SD, См	52,48±1,96
Площадь поверхности тела	Mean±SD, M2	0,21 ± 0,017
Оценка по шкале Апгар 1-я минута 5-я минута	Median баллы	8 (100 %) 9 (100 %)
Частота дыхания	Mean±SD, дыханий в минуту	42±4,50
Сатурация на правой руке	Mean±SD, %	98±1,99
Отсроченное пережатие пуповины	N (%)	100 %

Всем новорожденным детям было проведено отсроченное пережатие пуповины, которое является стандартом оказания медицинской помощи здоровым детям согласно клиническому протоколу «Оказание медицинской помощи в неонатологии» (Постановление МЗ РБ № 34 от 18 апреля 2022 года).

Неинвазивное измерение артериального давления (АД) является наиболее простым методом мониторинга гемодинамики. Для получения корректных результатов предпочтительно проводить измерения АД на правой руке и использовать правильный размер манжеты [8]. При сравнении результатов измерений АД на первые и третьи сутки жизни статистически значимые различия были получены по диастолическому АД, которое повышалось на третьи сутки по сравнению с первыми (таблица 2). Статистически значимых различий значений АД, измеренных на правой руке и правой ноге, выявлено не было. Выявлена положительная корреляционная связь ($r=0,65$; $p=0,42$) между показателями среднего артериального давления и величиной общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС) и слабopоложительная корреляционная связь ($r=0,20$; $p=0,04$) между показателями систолического давления и сердечного выброса левого желудочка.

Таблица 2 – Показатели систолического, диастолического, среднего, пульсового артериального давления на 1-е и 3-и сутки жизни

Показатели артериального давления (АД) точка измерения	1-е сутки Mean±SD мм рт. ст.	3-и сутки Mean±SD мм рт. ст.	p-value
Систолическое АД Правая рука Правая нога	72,33±7,5 71,76±8,31	71,46±5,8 71,82±5,63	0,54 0,96
Диастолическое АД Правая рука Правая нога	42,91±5,6 44,07±6,2	45,58±6,9 44,38±5,42	0,04 0,79
Пульсовое АД Правая рука Правая нога	29,32±8,0 27,69±7,0	26,67±6,67 27,49±5,3	0,09 0,88
Среднее АД Правая рука Правая нога	52,50±5,4 53,26±6,1	53,7±4,7 53,7±4,3	0,26 0,68

Линейные размеры структур сердца отражены в таблице 3. При сравнении значений выявлено, что статистически значимые изменения касались лишь выводного отдела правого желудочка, который уменьшался к третьим суткам жизни за счет снижения систолического давления в легочной артерии. У всех новорожденных детей отмечалась положительная респираторная реакция нижней полой вены.

Таблица 3 – Линейные размеры камер сердца, сосудов (М-режим, В-режим)

Линейные размеры камер, сосудов, мм	1-е сутки Mean±SD	3-и сутки Mean±SD	p-value
Конечно-диастолический размер левого желудочка (ЛЖ), мм	17,99±1,44	17,99±2,4	0,45
Конечно-систолический размер ЛЖ, мм	11,78±1,2	11,91±1,21	0,3
Передне-задний размер левого предсердия, мм	12,06±0,97	11,65±1,17	0,64
Размер выводного отдела ЛЖ, мм	7,00±0,50	7,04±0,51	0,71
Размер выводного отдела правого желудочка, мм	8,72±0,79	8,13±0,67	0,0002
Размер нижней полой вены, мм	3,57±0,57	3,58±0,55	0,91
Размер верхней полой вены, мм	4,81±0,47	4,80±0,45	0,96

Основные показатели, характеризующие систолическую функцию сердца, представлены в таблице 4. Из таблицы 4 видно, что эти значения оставались постоянными в течение трех суток постнатальной адаптации, и эти результаты оказались сопоставимы с данными других исследователей [2, 3].

Таблица 4 – Показатели систолической функции левого и правого желудочков

Показатели, характеризующие систолическую функцию желудочков	1-е сутки Mean±SD	3-и сутки Mean±SD	p-value
Фракция укорочения, %	33,5±3,11	33,56±2,92	0,46
Фракция выброса, %	65,60±4,3	65,7±4,0	0,45
Амплитуда систолического смещения латерального края трикуспидального клапана, мм	9,63±1,12	9,22±1,39	0,12

Результаты исследования наличия артериального протока и его размера отражены в таблице 5.

Таблица 5 – Диаметр артериального протока (легочный сегмент, В-режим)

Диаметр открытого артериального протока	Первое измерение N (%)	Второе измерение N (%)
3,5–4,0 мм	2 (4,35)	0 (0)
3,0–3,5 мм	5 (10,87)	0 (0)
2,5–3,0 мм	5 (10,87)	0 (0)
2,0–2,5 мм	12 (26,09)	0 (0)
1,5–2,0 мм	7 (15)	0 (0)
1 мм	5 (10,87)	6 (13,04)
Отсутствует	10 (21,74)	40 (86,96)

Наше исследование показало, что у большинства доношенных детей открытый артериальный проток (ОАП) закрывается в течение 24–48 часов после рождения, что сопоставимо с данными литературы [3]. Как видно из таблицы 5, функционирование ОАП выявлено у 80 % детей при первом исследовании и у 13 % при втором. При изучении характера и направления шунтирования крови по ОАП выявлено, что в течение 12 часов кровоток носил пульсирующий характер (максимальная систолическая скорость более чем в 2 раза превышала диастолическую), а в более поздние часы регистрировался рестриктивный характер кровотока с лево-правым направлением шунтирования во всех случаях.

Для оценки влияния ОАП на системный и легочный кровоток мы сравнили значения сердечного выброса для каждого желудочка как при функционировании ОАП, так и без него и не выявили статистически значимых отличий. Ожидается, что шунтирование крови слева-направо по ОАП должно приводить к увеличению притока по легочным венам к левому предсердию и, соответственно, к увеличению сердечного выброса левого желудочка. Однако наше исследование показало, что наличие ОАП как на первые, так и на третьи сутки не влияло на сердечный выброс обоих желудочков. Вероятно, это связано с тем, что в первые сутки, когда регистрировались наибольшие размеры ОАП, наблюдался пульсирующий кровоток по нему и не весь объем крови направлялся в артериальную систему малого круга, а на третьи сутки размер ОАП был настолько мал, что несмотря на то, что весь объем шунтируемой крови напрямую попадал в малый круг кровообращения, размер протока был слишком мал, чтобы вызвать значимые гемодинамические изменения.

Можно предположить, что несмотря на то, что окончательное анатомическое закрытие фетальных коммуникаций может занять несколько недель или даже месяцев, они не влияют на величину сердечного выброса у здоровых новорожденных детей.

При сравнении доплерометрических показателей кровотока выявлены выраженные динамические изменения объемной скорости кровотока на выводном отделе правого желудочка и клапане легочной артерии. Данные изменения связаны со снижением легочного сосудистого сопротивления и увеличением объема крови в малом круге кровообращения. К третьим суткам было выявлено снижение максимальной скорости как волны Е, так и волны А трансмитрального потока, в то же время объемная скорость кровотока в выводном отделе левого желудочка оставалась постоянной. Волна Е характеризует фазу пассивного наполнения левого желудочка, а волна А – фазу систолы левого предсердия. Вероятно, данные изменения были связаны с возрастанием давления в левом желудочке и левом предсердии. В литературе не описаны аналогичные находки, что требует дальнейшего изучения данного вопроса.

Таблица 6 – Основные доплерометрические показатели кровотока на полулунных клапанах, выводных отделах желудочков

Допплерометрические показатели	1-е сутки Mean±SD	3-и сутки Mean±SD	p-value
Объемная скорость кровотока на выводном отделе левого желудочка, см ²	13,21±2,27	12,7±2,0	0,26
Объемная скорость кровотока на выводном отделе правого желудочка, см ²	11,69±2,26	12,97±1,99	0,005
Объемная скорость кровотока в верхней полой вене, см ²	18,49±1,71	22,27±2,67	<0,0001
Макс. скорость волны Е митрального клапана, м	0,67±0,09	0,61±0,08	0,0014
Макс. скорость волны А митрального клапана, м	0,65±0,09	0,57±0,08	<0,0001
Время ускорения кровотока на клапане легочной артерии, м/сек	65,60±15,25	84,38±19,02	<0,0001
Время изгнания на клапане легочной артерии, м/сек	211,72±23,96	222,33±25,66	0,04

При сравнении расчетных гемодинамических показателей обнаружено статистически значимое снижение средней частоты сердечных сокращений, сердечного выброса обоих желудочков, а также сердечного индекса, что отражено в таблице 7. При этом величина ударного объема обоих желудочков оставалась постоянной, несмотря на изменения доплерометрических показателей кровотока, представленные ранее в таблице 6. Полученные нами результаты сопоставимы с результатами других исследователей. Также было выявлено статистически значимое увеличение преднагрузки за счет увеличения притока по верхней полой вене. Несмотря на данные литературы о постепенном повышении постнагрузки в течение неонатального периода, в нашем исследовании не было выявлено статистически значимого увеличения общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС) к третьим суткам жизни. Абсолютные величины показателей гемодинамики, полученные нами, были сравнимы с результатами других исследователей [2, 3, 8].

Таблица 7 – Основные расчетные гемодинамические показатели

Основные расчетные гемодинамические показатели	1-е сутки Mean±SD	3-и сутки Mean±SD	p-value
Частота сердечных сокращений, уд/мин	128,72±12,88	123,24±13,61	0,01
Ударный объем левого желудочка, мл	5,08±1,11	5,00±1,06	0,7
Ударный объем правого желудочка, мл	6,85±1,51	6,7±1,46	0,62
Сердечный выброс левого желудочка, мл/кг/мин	190,56±35,55	177,37±32,38	0,018
Сердечный индекс л/мин/м ²	3,02±0,56	2,83±0,49	0,02
Сердечный выброс правого желудочка, мл/кг/мин	255,93±50,30	235,36±44,65	0,007
Приток по верхней полой вене	114,04±13,55	137,55±23,64	<0,0001
Общее периферическое сосудистое сопротивление, дин • с • см-5	6123,4±1463,1	6567,8±1264,4	0,12

При изучении отношения легочного кровотока к системному выявлено, что у всех здоровых новорожденных наблюдается преобладание сердечного выброса правого желудочка над сердечным выбросом левого желудочка даже в первые часы жизни, и это преобладание сохраняется к третьим суткам. Лишь при отсутствии шунтирования крови по обоим фетальным коммуникациям наблюдается статистически значимое уменьшение этого соотношения (1,20±0,10 в сравнении с 1,39±0,16, p=0,01). Обобщенные данные о влиянии фетальных коммуникаций на соотношение системного и легочного кровотока отражены в таблице 8.

Таблица 8 – Соотношение легочного и системного кровотока в зависимости от наличия фетальных коммуникаций

Наличие фетальных коммуникаций	Первое измерение N (%)	Второе измерение N (%)	Qp/Qs Mean±SD
ОАП и открытое овальное окно (ООО) открыты	36	5	1,35±0,25
ОАП закрыт ООО открыто	7	32	1,39±0,16
ОАП и ООО закрыты	3	9	1,20±0,10

Примечание: Qp/Qs – отношение сердечного выброса правого желудочка к сердечному выбросу левого желудочка.

Выявлено, что у мальчиков значительно выше ударные объемы желудочков, а частота сердечных сокращений статистически значимо ниже, что отражено в таблице 9. Однако, с учетом однонаправленного влияния этих величин на сердечный выброс, итоговые показатели минутного объема крови для обоих кругов кровообращения статистически значимо не отличались.

Таблица 9 – Основные гендерные отличия показателей системного и легочного кровотока

Основные гемодинамические показатели	Мальчики Mean±SD	Девочки Mean±SD	p-value
Частота сердечных сокращений, уд/мин	121,52±11,94	130,08±12,86	0,0014
Ударный объем левого желудочка, мл	6,63±1,5	4,75±0,96	0,0013
Ударный объем правого желудочка, мл	7,12±1,57	6,46±1,33	0,031
Сердечный выброс левого желудочка, мл/кг/мин	180,45±40,14	188,39±28,73	0,28
Сердечный индекс, л/мин/м ²	2,91±0,60	2,96±0,48	0,69
Сердечный выброс правого желудочка, мл/кг/мин	239,52±54,64	259,29±41,41	0,20

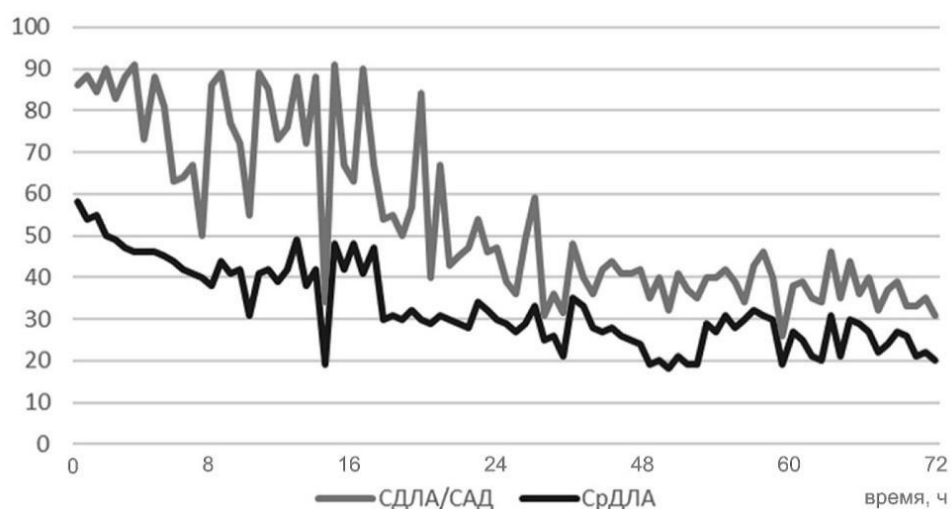


Рисунок 2 – Динамика показателей систолического и среднего давления в легочной артерии

Примечание: Ось X – временная шкала, серая линия – отношение систолического давления в легочной артерии к системному, выраженное в процентах, черная линия – среднее давление в легочной артерии в абсолютных значениях, выраженное в мм рт. ст.

Известно, что уменьшение легочного сосудистого сопротивления происходит в течение всего неонатального периода. Для оценки легочной гипертензии принято сопоставлять расчетную величину систолического давления в легочной артерии с системным, чаще всего исследователями используется именно величина систолического давления как суррогат легочного сосудистого сопротивления. Однако ЭХО-КГ позволяет определить как систолическое, так и среднее давление в легочной артерии. Мы изучили эти показатели у исследуемой группы детей и установили, что в течение первых 24 часов жизни отмечается значительное снижение этих показателей. Выявлено, что в течение первых 12 часов систолическое давление в легочной артерии (СДЛА) все еще могло оставаться высоким (у некоторых детей до 90 %), в то же время среднее давление в легочной артерии (СрДЛА) уже на 3-м часу жизни не превышало 2/3 от системного. Темп снижения давления был различным у разных детей, однако после 24 часов жизни снижение СДЛА происходило более медленно и к 3-м суткам у всех детей СДЛА составило менее 30 % от системного, а расчетная величина СрДЛА не превышала 20 мм рт. ст. На рисунке 2 отражена динамика показателей систолического и среднего артериального давления

в легочной артерии. Анализируя представленные данные, мы задались вопросом, почему у детей, у которых было зарегистрированы высокие значения СДЛА в первые часы жизни, отсутствовали клинические проявления персистирующей легочной гипертензии.

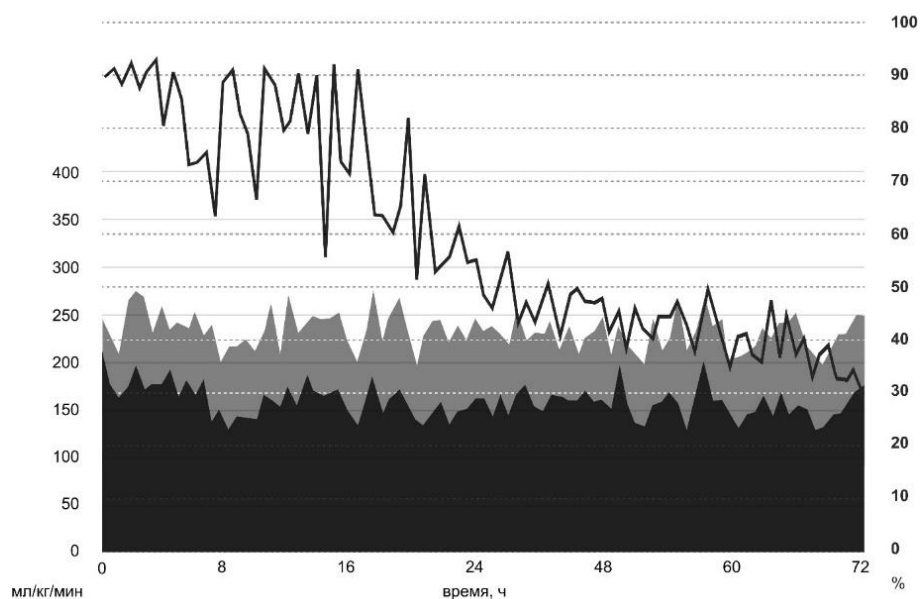


Рисунок 3 – Изменение сосудистого сопротивления, сердечного выброса правого и левого желудочков в течение раннего неонатального периода

Примечания: Ось Y – величина сердечного выброса, мл/кг/мин, ось Y'' – соотношение систолического давления в легочной артерии к системному, выраженное в процентах (черная линия), ось X – временная шкала. Черная область – сердечный выброс левого желудочка. Серая область – сердечный выброс правого желудочка.

При проведении корреляционного анализа мы выявили очень слабую положительную связь ($r=0,1801$, $p=0,03$) между сердечным выбросом правого желудочка и систолическим давлением в легочной артерии, что отражено на рисунке 3. Это свидетельствует о том, что физиологическая легочная гипертензия у новорожденных детей не сопровождается снижением легочного кровотока, как это происходит при патологической острой легочной артериальной гипертензии, а связана в том числе с повышенным объемным кровотоком малого круга кровообращения. Кроме того, ни у одного из новорожденных исследуемой группы не было выявлено право-левого направления шунтирования по ОАП, что объясняет отсутствие цианоза и разницы преддуктальной и постдуктальной сатурации.

Заключение. В раннем неонатальном периоде сердечно-сосудистая система ребенка претерпевает значительные изменения, связанные со снижением легочного сосудистого сопротивления и закрытием фетальных коммуникаций. Несмотря на это, у здоровых новорожденных, вне зависимости от наличия фетальных коммуникаций, величина системного и легочного кровотока сохраняется относительно постоянной. Отмечается незначительное, но статистически значимое снижение сердечного выброса и сердечного индекса на третьи сутки за счет снижения частоты сердечных сокращений, при этом ударный объем желудочков значительно не изменяется. Несмотря на эхокардиографические признаки высокого систолического давления в легочной артерии в течение первых часов жизни, у здорового новорожденного ребенка отсутствуют клинические проявления персистирующей легочной гипертензии за счет сохранения объемного кровотока в легочной артерии. Отмечаются значительные колебания величин, характеризующих преднагрузку и постнагрузку левого желудочка, что требует дальнейшего изучения данного вопроса.

Литература

1. Chakkarapani, A. Transitional circulation and hemodynamic monitoring in newborn infants / A. Chakkarapani, C. Roehr, S. Hooper [et al.] // *Pediatr Res.* – 2024. – Vol. 96. – № 3. – P. 595–603. – <https://doi.org/10.1038/s41390-022-02427-8>.
2. Doni, D. Evaluation of hemodynamics in healthy term neonates using ultrasonic cardiac output monitor / D. Doni, S. Nucera, C. Rigotti [et al.] // *Ital J Pediatr.* – 2020. – Vol. 46. – № 1. – P. 112. – <https://doi.org/10.1186/s13052-020-00872-x>.
3. McNamara, P. Guidelines and Recommendations for Targeted Neonatal Echocardiography and Cardiac Point-of-Care Ultrasound in the Neonatal Intensive Care Unit: An Update from the American Society of Echocardiography / P. McNamara, J. Amish., A. El-Khuffash [et al.] // *Journal of the American Society of Echocardiography.* – 2024. – Vol. 37. – № 2. – P. 171. – 215. – <https://doi.org/10.1016/j.echo.2023.11.016>.
4. Рудакова, А.А. Возможности и ограничения применения эхокардиографии врачом интенсивной терапии в отделении реанимации и интенсивной терапии новорожденных / А.А. Рудакова // *Неонатология: новости, мнения, обучение.* – 2022. – Том 10. – № 4. – С. 54–62.
5. Montoya Claramunt, I. Functional echocardiography and its clinical applications in neonatology / I. Montoya Claramunt, C. Sánchez Ramírez, R. Nachar Hidalgo [et al.] // *J. Andes Pediatr.* – 2021. – Vol. 92. – № 1. – P. 122–130. – <https://doi.org/10.32641/andespediatr.v92i1.2493>.
6. Dionne, J. Method of Blood Pressure Measurement in Neonates and Infants: A Systematic Review and Analysis / J. Dionne, S. Bremner, S. Baygani [et al.] // *J Pediatr.* – 2020. – Vol. 221. – P. 23–31. – <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2020.02.072>.
7. Ha, K. Chronological Echocardiographic Changes in Healthy Term Neonates within Postnatal 72 Hours Using Doppler Studies / K. Ha, B. Choi, E. Lee [et al.] // *J Korean Med Sci.* – 2018. – Vol. 33. – № 22. – P. 155. – <https://doi.org/10.3346/jkms.2018.33.e155>.

HEMODYNAMIC PARAMETERS IN HEALTHY NEWBORNS IN THE EARLY NEONATAL PERIOD: AN OBSERVATIONAL STUDY

Degtyareva E.V.¹, Lemeshko Yu.I.^{1,2}, Vavrinyuk E.O.¹

¹ *Health care institution «5th City Clinical Hospital»,*

² *Belarusian State Medical University,
Minsk, Republic of Belarus*

Studying the hemodynamic status in healthy newborns is necessary for identifying pathological changes in perinatal diseases. We investigate the hemodynamic status in healthy newborns during the early neonatal period. Methods: An observational prospective study of 46 healthy full-term newborns was conducted. It included an assessment of clinical and instrumental hemodynamic data, including functional echocardiography. A comparative analysis of hemodynamic parameters revealed statistically significant differences in the following indicators: Heart Rate (on day 1: 128.72 ± 12.88 bpm; on day 3: 123.24 ± 13.61 bpm; $p=0.01$); Left Ventricular Cardiac Output (on day 1: 190.56 ± 35.55 ml/kg/min; on day 3: 177.37 ± 32.38 ml/kg/min; $p=0.018$); Cardiac Index (on day 1: 3.02 ± 0.56 L/min/m²; on day 3: 2.83 ± 0.49 L/min/m²; $p=0.02$); Right Ventricular Cardiac Output (on day 1: 255.93 ± 50.30 ml/kg/min; on day 3: 235.36 ± 44.65 ml/kg/min; $p=0.007$); Superior Vena Cava Flow (on day 1: 114.04 ± 13.55 ml/kg/min; on day 3: 137.55 ± 23.64 ml/kg/min; $p<0.0001$). A positive correlation ($r=0.65$; $p=0.42$) was found between Mean Arterial Pressure and Systemic Vascular Resistance. Statistically significant changes were found in the volumetric flow rate at the right ventricular outflow tract and pulmonary valve (on day 1: 11.69 ± 2.26 cm/s; on day 3: 12.97 ± 1.99 cm/s; $p=0.005$). The obtained data can be used for a comprehensive assessment of the hemodynamic status in newborns during the early neonatal period when providing medical care.

Keywords: newborns, hemodynamics, cardiac output, functional echocardiography.

Поступила 30.09.2025

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Государственное учреждение
РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
«МАТЬ И ДИТЯ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРИНАТАЛЬНЫЕ
МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ
ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Основан в 2008 году

Выпуск 18

Минск
2025