

УДК 616.24-008.4-085.816-092-053.32:612.13

## **Патогенетическая связь некоторых показателей центральной гемодинамики и органного кровотока с продолжительностью искусственной вентиляции лёгких у крайне недоношенных новорожденных**

**Пальянов С.В., Пересторонина М.В., Тонковид А.И., Корпачева О.В.**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
644099, Омск, ул. Ленина, д. 12

**Актуальность.** Крайне недоношенные новорожденные особо долго могут задерживаться в отделении реанимации и интенсивной терапии, одной из основных причин является зависимость пациента от искусственной вентиляции легких.

**Цель.** Определить патогенетические факторы, оказывающие влияние на пролонгированное пребывание крайне недоношенных новорожденных на искусственной вентиляции легких.

**Материал и методы.** Проведено ретроспективное исследование 24 крайне недоношенных новорожденных отделения реанимации и интенсивной терапии по периодам жизни в течение первого месяца. Оценивалась взаимосвязь показателей регионарной и системной гемодинамики, потребности в кислороде, а также влияние указанных показателей на зависимость пациентов от искусственной вентиляции легких.

**Результаты.** Установлена взаимосвязь длительной искусственной вентиляции легких не только с кислородозависимостью, но и с более низкими показателями системной гемодинамики, худшим усвоением энтерального питания и более высокой скоростью диуреза. Прослеживается патогенетическая взаимосвязь с незрелостью функций систем органов и их регуляторных механизмов, усвоением энтерального питания с одной стороны и потребностью в инфузионной и вентиляционной поддержке – с другой, что по итогу приводит к формированию порочных кругов, утяжеляющих состояние пациентов.

**Выводы.** На длительность искусственной вентиляции легких могут влиять как дыхательная недостаточность, так и гемодинамическая нестабильность у крайне недоношенных новорожденных.

**Ключевые слова:** недоношенные новорожденные; искусственная вентиляция лёгких; патогенетические факторы; гемодинамическая нестабильность; кислородозависимость.

**Для цитирования:** Пальянов С.В., Пересторонина М.В., Тонковид А.И., Корпачева О.В. Патогенетическая связь некоторых показателей центральной гемодинамики и органного кровотока с продолжительностью искусственной вентиляции лёгких у крайне недоношенных новорожденных. *Патогенез*. 2025; 23(1): 55–62

**DOI:** 10.25557/2310-0435.2025.01.55-62

**Для корреспонденции:** Пересторонина Мария Вячеславовна, e-mail: mary323@mail.ru

**Финансирование.** Исследование не имеет спонсорской поддержки.

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

**Поступила:** 03.12.2024.

## **Pathogenetic relationship of some indices of central hemodynamics and organ blood flow with duration of artificial ventilation in extremely premature infants**

**Palyanov S.V., Perestoronina M.V., Tonkovid A.I., Korpacheva O.V.**

Omsk State Medical University  
Lenina Str. 12, Omsk 644099, Russian Federation

**Relevance:** Extremely premature infants may have particularly long stays in the intensive care unit, one of the main reasons being the patient's dependence on artificial ventilation.

**Aim.** To determine the pathogenetic factors that influence the prolonged stay of extremely premature infants on artificial ventilation.

**Methods.** This is a retrospective study of 24 extremely preterm infants in the intensive care unit. The newborns were examined during the first month of life. Six periods were allocated for the study. The relationship between regional and systemic hemodynamic parameters and oxygen demand was assessed. The influence of these indicators on patients' dependence on artificial ventilation was also assessed.

**Results.** A relationship has been established between long-term artificial ventilation of the lungs and oxygen dependence, lower indicators of systemic hemodynamics, worse absorption of enteral nutrition and a higher rate of diuresis. There is a pathogenetic relationship between the immaturity of functional regulatory mechanisms, the assimilation of enteral nutrition on the one hand, and the need for infusion and ventilation support on the other. As a result, pathogenetic vicious circles are formed, which worsen the condition of patients.

**Conclusion.** Both respiratory failure and hemodynamic instability may influence the duration of mechanical ventilation in extremely preterm infants.

**Key words:** premature infants; artificial ventilation; pathogenetic factors; hemodynamic instability; oxygen dependence.

**For citation:** Palyanov S.V., Perestoronina M.V., Tonkovid A.I., Korpacheva O.V. [Pathogenetic relationship of some indices of central hemodynamics and organ blood flow with duration of artificial ventilation in extremely premature infants]. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2025; 23(1): 55–62 (in Russian)

**DOI:** 10.25557/2310-0435.2025.01.55-62

**For correspondence:** Perestoronina Maria Vyacheslavovna, e-mail: mary323@mail.ru

**Funding.** The study had no sponsorship.

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

**Received:** 03.12.2024.

## Введение

В настоящее время новорожденные с экстремально низкой массой тела (ЭНМТ) уже не являются редкостью в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТН). При этом тяжесть состояния среди таких пациентов может варьировать в зависимости от ряда факторов. Пациенты с меньшим весом при рождении и меньшим сроком гестации *a priori* имеют менее благоприятный прогноз для жизни и здоровья. Можно предположить, что существует ряд патогенетических факторов, которые вызывают у крайне недоношенных пациентов длительную потребность в искусственной вентиляции легких (ИВЛ), а значит длительное пребывание в ОРИТН.

**Цель исследования:** определить патогенетические факторы, оказывающие влияние на пролонгированное пребывание крайне недоношенных новорожденных на ИВЛ.

## Материалы и методы исследования

В ретроспективное исследование включены новорожденные ( $n = 24$ ), поступившие на второй этап выхаживания в ОРИТН БУЗОО Городской клинический перинатальный центр города Омска за период с 2021 по 2023 г. Критерии включения: вес при рождении 800 г и менее, срок гестации 28 недель и менее. Критерии исключения: летальный исход в течение неонатального периода, развитие некротизирующего энтероколита с показаниями к хирургическому лечению в неонатальном периоде.

В связи с тем, что состояние и показатели новорожденных, особенно недоношенных, существенно меняются в течение первого месяца жизни, было выделено 6 периодов наблюдения: 1-й период – с 6-го по 11-й день жизни (в зависимости от времени поступления в стационар), 2-й период – с 12-го по 15-й день жизни; 3-й период – с 16-го по 20-й; 4-й период – с 21-го по 24-й; 5-й период – с 25-го по 28-й; 6-й период – с 29-го по 32-й день жизни.

На первом этапе исследования проведена оценка корреляционной связи максимальных и минимальных значений показателей систолического и диастолического артериального давления (САД макс, САД мин, ДАД макс, ДАД мин), фракции кислорода во вдыхаемой воздушной смеси ( $FiO_2$ ), минимальной сатурации, скорости диуреза (мл/кг/ч), с одной стороны, и объема энтерального питания в пересчете на массу тела, с другой,

с применением непараметрического метода корреляции Спирмена.

На втором этапе исследования выборка была разделена на две группы: в первую включены новорожденные, экстубированные до двухнедельного возраста ( $n = 11$ ), во вторую – пациенты, находившиеся на инвазивной вентиляции лёгких более двух недель от рождения ( $n = 13$ ). Описательные статистики представлены в виде медианы и интерквартильного размаха. Проведено сравнение исследовательских групп по названным показателям, а также по наличию инотропной поддержки. Сравнение двух несвязанных групп проводилось при помощи непараметрического *U*-критерия Манна-Уитни и точного критерия Фишера. Статистическая значимость отличий принималась при  $p < 0,05$ . Исследование проводилось при помощи программного пакета для статистического анализа STATISTICA 10.

Исследование одобрено решением локального этического комитета.

## Результаты исследования

На первом этапе исследования получена положительная корреляционная связь показателя усвоения энтерального питания (в качестве косвенного признака адекватности микроциркуляции, качества спланхнического кровотока и капиллярно-трофической функции периферического кровообращения) с кислородозависимостью, уровнем артериального давления (АД) и диурезом – факторами, отражающими состояние гемодинамики (табл. 1).

Выявлена отрицательная корреляционная связь между объемом энтерального питания и  $FiO_2$ . Статистически значимая корреляция найдена во 2-м, 4-м и 5-м периодах наблюдения; в 3-м периоде корреляция близка к значимой (табл.). При оценке показателей минимальной сатурации статистически значимой связи с усвоением энтерального питания не выявлено.

Установлена положительная корреляционная связь показателя усвоения энтерального питания с уровнем систолического и диастолического АД. При этом наибольшее число корреляционных связей найдено в 5-м периоде наблюдения: по уровню САД макс, САД мин, ДАД макс, ДАД мин. В 4-м периоде корреляционная связь найдена только с уровнем САД мин, в 6-ом периоде наблюдения – с ДАД макс (табл. 1). Полученные

результаты позволяют сделать вывод: чем выше АД, тем больший объём энтерального питания может усвоить новорожденный.

Во 2-м и 5-м периодах наблюдения получен неожиданный результат в виде отрицательной корреляционной связи объема энтерального питания со скоростью диуреза: чем выше диурез, тем меньший объём энтерального питания усваивает пациент (табл. 1).

На втором этапе исследования выборку разделили на две группы. Критерием разделения служила длительность зависимости пациента от аппарата ИВЛ более двух недель. Выбор именно этого срока основан на следующих принятых положениях. Потребность в ИВЛ у недоношенных является проявлением дыхательной недостаточности, а ИВЛ применяется в интенсивной терапии для коррекции гипоксии различного генеза. Таким образом, длительность зависимости от ИВЛ оценивается как интегральный показатель стабильности состояния новорожденного, косвенно указывающий на вероятный прогноз для здоровья и жизни [1]. Основной проблемой функции внешнего дыхания у недоношенных новорожденных является респираторный дистресс синдром (РДСН), который при типичном течении должен разрешиться к концу первой – началу второй недели жизни. К этому возрасту самостоятельное дыхание недоношенных новорожденных становится достаточно эффективным, что связано с созреванием лёгких, выработкой сурфактанта на достаточном уровне [2]. В этой связи следует отметить, что новорожденные, которые не были экстубированы до конца второй недели, задерживались на аппарате ИВЛ значительно дольше. В результате в первой группе длительность ИВЛ составила 11 (8-12) дней, во второй – 23 (22-25) дня,  $p < 0,001$ .

Межгрупповое сравнение показателей массы тела при рождении значимого различия не выявило. Так в первой группе масса тела при рождении состави-

ла 750 (690-760) г, во второй группе – 690 (600-720) г,  $p = 0,35$ . Однако новорожденные второй группы имели достоверно ( $p = 0,02$ ) меньший срок гестации, чем новорожденные первой группы: 25,7 недель (25-26 недель) и 27,1 недель (26-27,57 недель) соответственно.

Значения  $FiO_2$  были выше у новорожденных второй группы практически во все изучаемые периоды жизни (рис. 1).

Подтвердилась уже отмеченная ранее связь более высоких значений диуреза у более тяжелых пациентов (рис. 2).

Отмечено лучшее усвоение энтерального питания и более быстрая динамика прироста объема энтерального питания у группы новорожденных, экстубированных до двухнедельного возраста (рис. 3).

Более низкие значения показателя САД мин, который может служить эквивалентом эпизодов падения АД и нестабильности гемодинамики пациентов, также отмечены в группе недоношенных новорожденных с длительной ИВЛ (рис. 4).

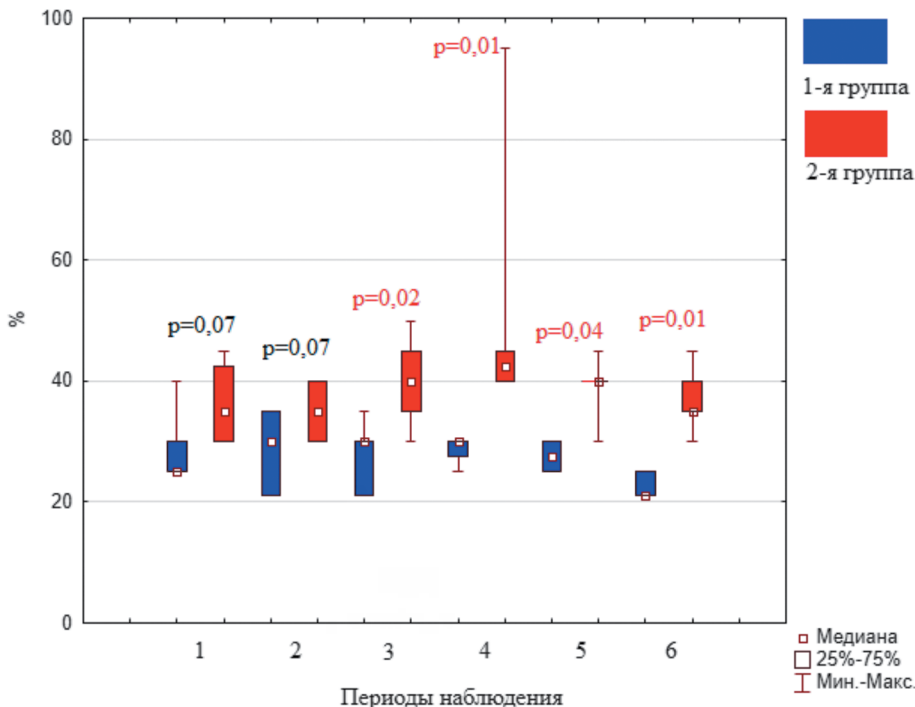
Для более корректной оценки микроциркуляции проведено сравнение частоты применения инотропной поддержки в двух исследуемых группах. Отмечено статистически более частое применение дофамина (9 из 9 против 2 из 10,  $p = <0,001$ ) и добутамина (6 из 9 против 0 из 10,  $p = 0,003$ ) во второй группе новорожденных. Всем пациентам, получавшим дофамин, максимальные дозы (от 13,5 до 2,2 мкг/кг/мин) применяли в 1-м возрастном периоде. Инотропную поддержку дофамином во 2-м периоде исследования потребовали только 4 пациента из второй группы (в дозе от 5,0 до 3,3 мкг/кг/мин), в 3-м и 4-м периодах – только два пациента (доза около 3 мкг/кг/мин). В дальнейшем потребности в инотропной поддержке у пациентов обеих групп не было. Дозы добутамина в первом возрастном периоде составили от 13,3 до 4,5 мкг/кг/мин, в более старшем возрастном периоде добутамин не использовался.

Таблица 1

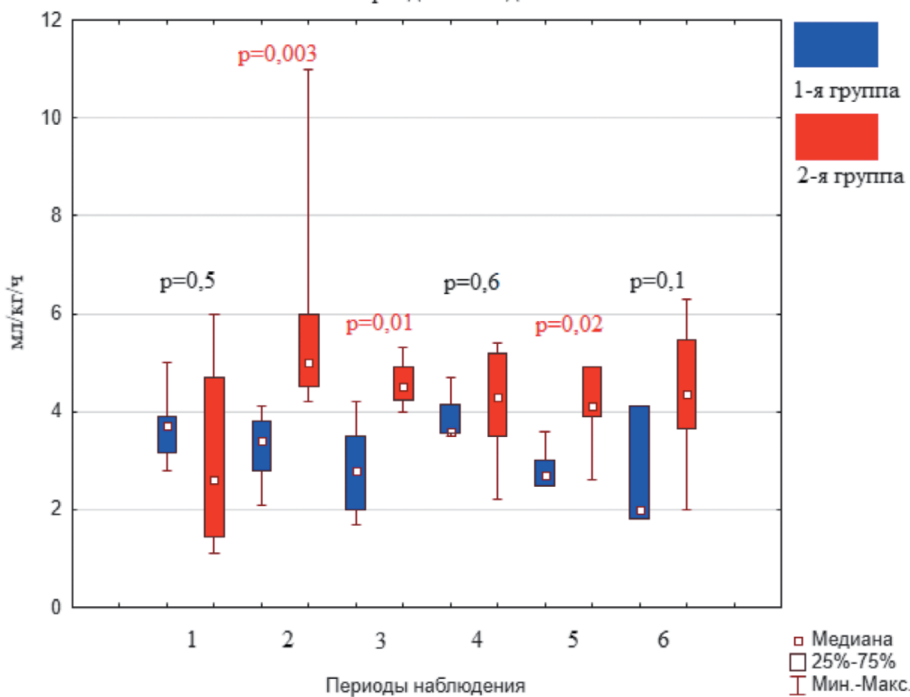
Значения коэффициента корреляции (верхняя строка) и статистическая значимость связи (нижняя строка) между объёмом энтерального питания и клинически значимыми показателями центральной гемодинамики у крайне недоношенных новорожденных

Показатели	Периоды наблюдения					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
САД max	-0,53; 0,07	-0,09; 0,70	-0,18; 0,60	0,44; 0,20	0,65; 0,02	0,32; 0,30
САД min	-0,23; 0,50	0,42; 0,20	0,05; 0,90	0,64; 0,04	0,63; 0,03	-0,28; 0,40
ДАД max	-0,33; 0,30	-0,14; 0,60	-0,05; 0,90	0,09; 0,80	0,66; 0,02	0,77; 0,01
ДАД min	-0,35; 0,30	0,22; 0,40	0,15; 0,70	0,48; 0,09	0,55; 0,04	-0,37; 0,20
Диурез	0,1; 0,8	-0,61; 0,03	-0,54; 0,07	-0,1; 0,80	-0,63; 0,03	-0,26; 0,40
FiO2	-0,02; 0,90	-0,56; 0,05	-0,48; 0,10	-0,94; <0,001	-0,697; 0,01	-0,25; 0,40

Примечание: статистически значимые показатели корреляционной связи (коэффициенты корреляции Спирмена) выделены красным шрифтом.



**Рис. 1.** Содержание кислорода во вдыхаемой воздушной смеси у двух групп новорожденных по периодам жизни. Группы детей на этом и последующих рисунках: 1 – группа новорожденных, экстубированных до двухнедельного возраста; 2 – группа новорожденных, экстубированных после двухнедельного возраста.

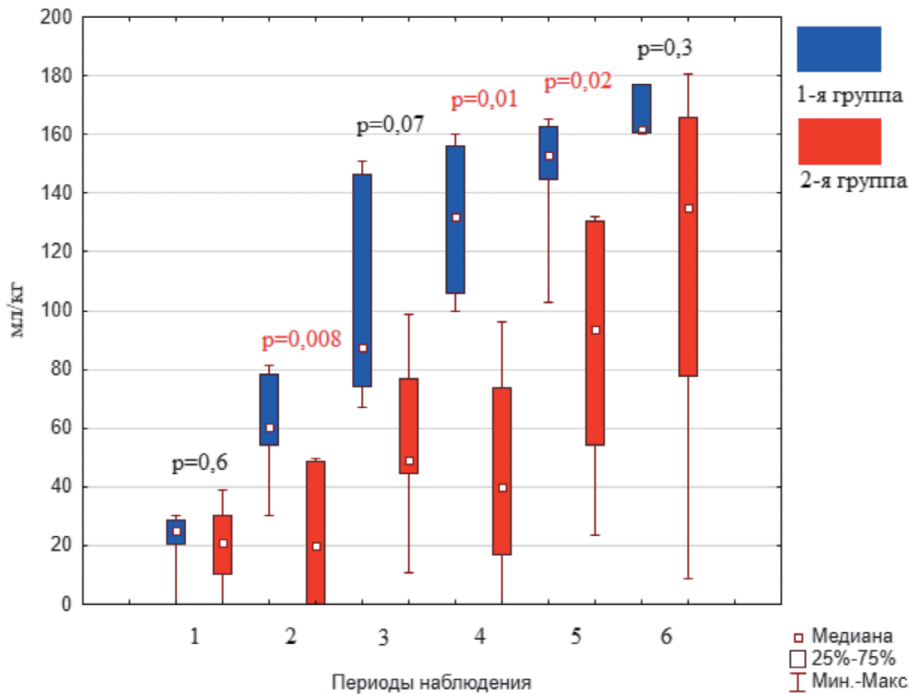


**Рис. 2.** Скорость диуреза у двух групп новорожденных по периодам жизни.

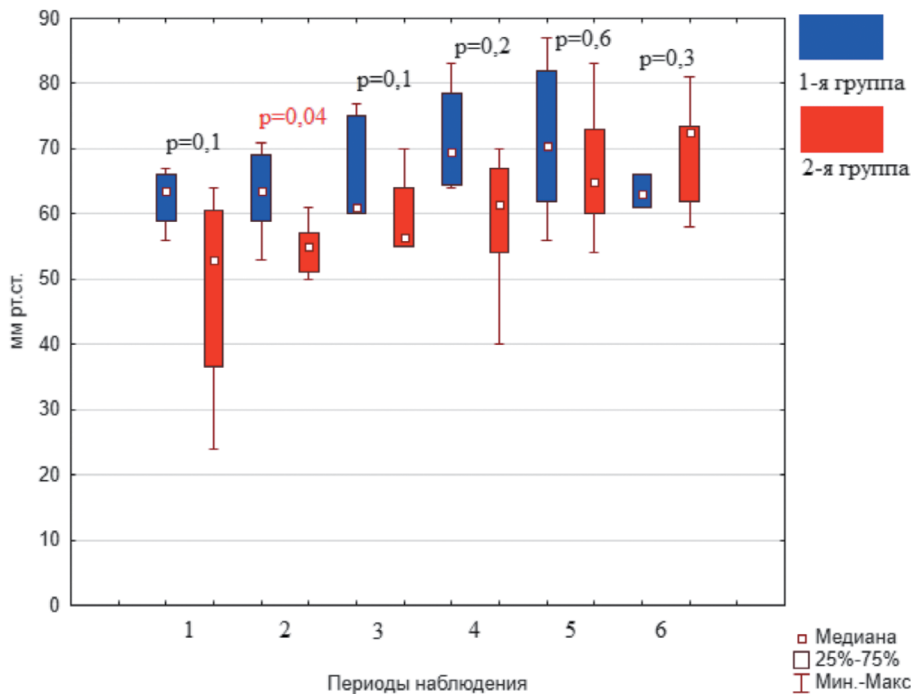
### Обсуждение

Недоношенные новорожденные являются сложной для выхаживания группой пациентов вследствие их морфофункциональной незрелости. У таких детей быстро снижается сократительная способность миокарда в результате незрелости кардиомиоцитов [3]. Фетальные коммуникации сохраняются в течение более длительного срока, что со временем может привести к декомпенсации кровообращения. Паренхима лёгких у не-

доношенных новорожденных развита недостаточно, а количество сурфактанта, необходимого для адекватного газообмена, снижено. Эти особенности дыхательной системы приводят к образованию ателектазов, которые, в свою очередь, усугубляют нарушения гемодинамики [4]. Перечисленные факторы приводят к тому, что такие дети могут длительное время оставаться пациентами ОРИТН. Однако время нахождения недоношенных новорожденных в реанимации, в частности на ИВЛ, значительно варьирует.



**Рис. 3.** Объем энтерального питания у двух групп новорожденных по периодам жизни.



**Рис. 4.** Уровень минимального систолического давления за период у двух групп новорожденных.

Одним из главных патогенетических факторов, имеющих связь с продолжительностью ИВЛ, по результатам выполненного исследования, оказался объём энтерального питания, который зависит от уровня зрелости желудочно-кишечного тракта, его ферментных систем, а также от состояния гемодинамики и наличия сопут-

ствующих патологий. Чем выше уровень энтерального питания у недоношенного новорожденного, тем быстрее происходит созревание желудочно-кишечного тракта и становление его ферментативной функции. При оптимальном уровне энтерального питания в организм поступает достаточное количество энергетиче-

ского и пластического материала, что способствует росту и развитию ребенка [5]. Таким образом, пониженное усвоение энтерального питания может предрасполагать к более длительной потребности в ИВЛ у данной категории пациентов.

При анализе полученных данных выявлена обратная корреляция между энтеральным питанием и  $\text{FiO}_2$ , однако корреляции между энтеральным питанием и сатурацией не было получено. Это объясняется тем, что сатурация – целевой показатель, который достигается за счет увеличения  $\text{FiO}_2$ . Потребность в дополнительном кислороде для достижения целевых значений сатурации крови можно рассматривать как показатель тяжести состояния, а с учетом связи данного показателя с усвоением энтерального питания – как косвенный показатель нестабильности гемодинамики и смешанного вида гипоксии у крайне недоношенных пациентов [6].

Сравнительная оценка зависимости от кислорода показала, что значения показателя в группе недоношенных новорожденных, длительно находившихся на ИВЛ, выше, чем в группе недоношенных новорожденных, экстубированных в течение первых двух недель жизни, при этом статистическая значимость отличий нарастает с возрастом пациентов (рис. 1). Нарастание отличия связано с тем, что при более длительном использовании ИВЛ повреждение лёгких увеличивается, развивается одно из наиболее частых осложнений – бронхолегочная дисплазия (БЛД). В результате формирования БЛД снижается эффективность газообмена в лёгких, и для поддержания адекватного уровня сатурации требуются более высокие значения  $\text{FiO}_2$  [1, 2]. Следует отметить, что во второй группе срок гестации недоношенных новорожденных был достоверно ниже, чем в первой группе, что свидетельствует о большей незрелости детей второй группы. Однако встает вопрос: с чем связан изначально более высокий процент кислорода во вдыхаемой смеси и более длительная зависимость от ИВЛ – только лишь с незрелостью и большим повреждением лёгких, или в данной группе пациентов были другие патогенетические факторы, ухудшающие их состояние, например, нарушение гемодинамики?

Интересная, с точки зрения патогенеза, находка выполненного исследования – отрицательная корреляционная связь объёма энтерального питания со скоростью диуреза. Диурез принято считать показателем гемодинамического благополучия, однако у наших пациентов высокий уровень диуреза связан с худшим усвоением питания.

Понимание данного феномена мы нашли, когда провели сравнение групп пациентов с разной зависимостью от ИВЛ. Оказалось, что почти во всех периодах скорость диуреза значимо выше во второй группе. В 1-м периоде более высокие значения скорости диуреза можно было бы связать с применением инотропной поддержки у пациентов второй группы, но значимых отличий по диурезу как раз в этот возрастной период не выявлено. Значимое отличие по скорости диуреза

между двумя группами прослеживается во все периоды, когда уже ни один из пациентов второй группы не получал препараты с инотропным эффектом, а также диуретики не использовались. При этом медиана диуреза во второй группе исследования варьировала от 4,5 до 5,0 мл/кг/ч, что можно расценить как полиурию даже в неонатальном периоде [7].

Возможно, более высокая скорость диуреза связана с повышенной секрецией группы натрийуретических пептидов (НУП) у новорожденных, длительно зависимых от ИВЛ [8, 9]. Объяснений этому предположению, с нашей точки зрения, может быть несколько. Во-первых, при использовании ИВЛ в дыхательных путях поддерживается постоянное положительное давление. Это давление передается и на правые отделы сердца, что приводит к снижению эффективности «грудной помпы». Таким образом, снижается заполнение правых отделов сердца, то есть происходит уменьшение преднагрузки. Это же положительное давление передается на сосуды лёгких, что приводит к повышению постнагрузки в результате раздувания легочной ткани, уменьшению просвета лёгочных капилляров при повышенном (по сравнению со спонтанным дыханием) давлении в грудной полости [10]. Усугублять процесс нарастания лёгочной гипертензии может формирующаяся БЛД у больного с незрелой сурфактантной системой и другими факторами повреждения легких [1].

Во-вторых, увеличение диуреза и натрийуреза в этой ситуации может быть обусловлено особенностями проведения инфузионной терапии у больных с энтеральной недостаточностью. Чем меньше усвоение энтерального питания, тем неизбежно больше объём инфузионной терапии. Даже при полном контроле за объёмом поступающей жидкости (в соответствии с возрастной нормой) при внутривенном введении жидкостей происходит неизбежное переполнение венозного русла и перегрузка правых отделов сердца. В сочетании с вышеописанными изменениями давления в грудной клетке и лёгочной ткани это может способствовать усиленной выработке НУП кардиомиоцитами правого предсердия и желудочка, что и объясняет более высокую скорость диуреза во второй группе новорожденных [8, 9].

В-третьих, новорожденным с глубокой степенью незрелости недоступно увеличение продукции антидиуретического гормона (АДГ) вследствие незрелости гипоталамических структур, где у пациентов более старшего возраста АДГ в этой ситуации мог бы вырабатываться для поддержания объёма циркулирующей крови [7]. Однако все приведенные объяснения не совсем подходят для 2-го периода исследования, в котором на ИВЛ могли оставаться пациенты из обеих групп, а инотропная поддержка уже не могла существенно повлиять на отличия в группах. Наличие неудовлетворительной гемодинамики у пациентов второй группы подтверждается потребностью в инотропной поддержке, а также более низкими по сравнению с пациентами первой груп-

пы значениями САД мин, особенно во 2-м периоде исследования, где эти различия имеют статистическую значимость (рис. 4). Возможно, вследствие незрелости нейроэндокринной регуляции гемодинамики и объёма циркулирующей крови, показатели САД мин во второй группе остаются достоверно более низкими. И именно этот период (конец второй недели жизни) является значимым в прогнозе отлучения от ИВЛ. Таким образом, гемодинамические нарушения могли сыграть ключевую роль в формировании тяжести состояния и зависимости от ИВЛ этой категории пациентов [11, 12].

В-четвертых, жидкость, вводимая парентерально, даже в объёме физиологической потребности, с учетом дефицита энтерального питания, поступает, прежде всего, в малый круг кровообращения, резервная ёмкость сосудистого русла которого по сравнению с большим кругом значительно меньше. Накопление или даже ускоренное поступление жидкости в микроциркуляторное сосудистое русло малого круга кровообращения приводит к «оводнению» интерстициального пространства лёгких, утолщению аэрогематического барьера и ухудшению скорости диффузии дыхательных газов. Как следствие, сохраняется гипоксемия, гиперкапния и зависимость от респираторной поддержки, в том числе от ИВЛ с более высокой  $\text{FiO}_2$  (что четко прослеживается во второй группе) с формированием порочного круга.

Наличие статистически значимых корреляционных связей АД недоношенных с объемом энтерального питания в 5-м периоде наблюдения может служить ещё одним подтверждением нарушений микроциркуляции. Статистически значимо более низкие значения САД мин во второй группе пациентов найдены на 2-м периоде исследования, но тенденция к более низким значениями САД (или эпизодам падения АД) прослеживается во все периоды наблюдения у данной группы пациентов.

Поскольку пациенты второй группы имеют меньший срок гестации, зрелость органов и систем у них также может отставать. Незрелость почек как эффекторных органов, и особенности нейроэндокринной регуляции могут выражаться в снижении концентрационной функции почек, что объясняет полиурию в данной группе пациентов [7]. Эти факторы могут обуславливать потребность в инотропных препаратах и сохраняющуюся смешанную (циркуляторную и дыхательную) гипоксию, из-за которой не удается отлучить пациентов от вентиляционной поддержки.

### Заключение

Результаты исследования позволяют заключить, что пролонгированная ИВЛ у крайне недоношенных новорожденных ассоциирована не только с более высокой кислородозависимостью, но и с более низкими показателями системной гемодинамики (САД мин), более низким уровнем усвоения энтерального питания и бо-

лее высокой скоростью диуреза. Сам факт отсутствия успешной экстубации этих пациентов к концу второй недели жизни может быть предиктором длительной зависимости от ИВЛ.

Показатели центральной гемодинамики и косвенные признаки состоятельности спланхического кровотока, включая наиболее уязвимые органы желудочно-кишечного тракта и почки, являются зависимыми, с одной стороны, от оксигенации в тканях, и, с другой стороны, от соотношения энтерально и парентерально поступающей в организм жидкости. Преобладание инфузионной терапии над энтеральным объёмом является следствием незрелости желудочно-кишечного тракта, ферментных систем, однако неизбежная в определенный возрастной период зависимость от инфузионной терапии вносит свой вклад в зависимость от респираторной поддержки. Гипоксия, которая формируется у данной категории больных, ограничивает адаптационные возможности системы кровообращения и эффективность микроциркуляторного русла. Борьба с гипоксией с помощью ИВЛ, в свою очередь, может привести к повреждению незрелой системы внешнего дыхания и формированию порочного круга. Для более глубокого патофизиологического анализа особенностей течения периода новорожденности у глубоко недоношенных новорожденных необходимы исследования связи уровней ионов натрия, объема циркулирующей крови, фракции выброса левого желудочка, НУП типа В.

### Список литературы

1. Межинский С.С., Шилова Н.А., Харламова Н.В., Чаша Т.В., Андреев А.В. Роль агрессивных факторов респираторной поддержки в формировании бронхолегочной дисплазии у глубоко недоношенных новорожденных. *Неонатология: новости, мнения, обучение*. 2019; 7(1): 12–20. DOI: 10.2441U2308-2402-2019-11002
2. Shukla V.V., Ambalavanan N. Recent Advances in Bronchopulmonary Dysplasia. *Indian J. Pediatr.* 2021; 88(7): 690–695. DOI: 10.1007/s12098-021-03766-w
3. Solís-García G., Bravo M.C., Pellicer A. Cardiorespiratory interactions during the transitional period in extremely preterm infants: a narrative review. *Pediatr. Res.* 2024; 23: 1–9. DOI: 10.1038/s41390-024-03451-6
4. Овсянников Д.Ю., Кршенинская И.В., Даниэл-Абу М.И., Карпенко М.А. Рентгенодиагностика бронхолегочной дисплазии: обзорная рентгенография грудной клетки. *Неонатология: новости, мнения, обучение*. 2020; 8(3): 39–49. DOI: 10.33029/2308-2402-2020-8-3-39-49
5. Shama S., Asbury M.R., Kiss A., Bando N., Butcher J., Comelli E.M., Copeland J.K., Greco A., Kothari A., Sherman P.M., Stintzi A., Taibi A., Tomlinson C., Unger S., Wang P.W. Mother's milk microbiota is associated with the developing gut microbial consortia in very-low-birth-weight infants. *Cell Rep. Med.* 2024; 5(9): 101729. DOI: 10.1016/j.xcrm.2024.101729
6. Фарейтор Е.В., Литвинова А.М., Захарова С.Ю., Пестряева Л.А. Состояние газового гомеостаза и кислородтранспортной функции крови у детей первого года жизни с очень низкой и экстремально низкой массой тела при рождении. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2015; 60(2): 57–65.
7. Степанова О.А. Поддержание водно-электролитного баланса. *Вестник современной клинической медицины*. 2016; 9(2): 85–92. DOI: 10.20969/VSKM.2016.9(2).85-92
8. Kozhevnikova M.V., Belenkov Y.N. Biomarkers in Heart Failure: Current and Future. *Kardiologiya*. 2021; 61(5): 4–16. DOI: 10.18087/cardio.2021.5.n1530
9. Драпкина О.М., Шепель Р.Н., Джиеова О.Н. Натрийуретические пептиды: новые задачи - новые решения. *Кардиова-*

- скулярная терапия и профилактика. 2021; 20(7): 3102. DOI: 10.15829/1728-8800-2021-3102
10. Межинский С.С., Карпова А.Л., Мостовой А.В., Шилова Н.А., Харламова Н.В. Влияние искусственной вентиляции легких на гемодинамику у новорожденных. *Неонатология: новости, мнения, обучение*. 2020; 8(4): 43–51. DOI: 10.33029/2308-2402-2020-8-4-43-51
  11. Ping P., Yu B., Xu R., Zhao P., He S. Monitoring and evaluation of hypotension in the extremely preterm. *Front. Cardiovasc. Med.* 2024; 11(2): 1477337. DOI: 10.3389/fcvm.2024.1477337
  12. Wu T.W., Noori S. Recognition and management of neonatal hemodynamic compromise. *J. Pediatr. Neonatol.* 2021; 62(1): 22–29. DOI: 10.1016/j.pedneo.2020.12.007
  5. Shama S., Asbury M.R., Kiss A., Bando N., Butcher J., Comelli E.M., Copeland J.K., Greco A., Kothari A., Sherman P.M., Stintzi A., Taibi A., Tomlinson C., Unger S., Wang P.W. Mother's milk microbiota is associated with the developing gut microbial consortia in very-low-birth-weight infants. *Cell Rep. Med.* 2024; 5(9): 101729. DOI: 10.1016/j.xcrm.2024.101729
  6. Fareitor E.V., Litvinova A.M., Zakharaova S.Yu., Pestryaeva L.A. [Blood gas homeostasis and oxygen-transport function in very low and extremely low birth weight infants during the first year of life]. *Rossiiskii Vestnik Perinatologii i Pediatrii [Russian Bulletin of perinatology and pediatrics]*. 2015; 60(2): 57–65. (in Russian)
  7. Stepanova O.A. [Maintenance of fluid and electrolyte balance in preterm infants with very low and extremely low birth weight]. *Vestnik sovremennoi klinicheskoi meditsiny [Bulletin of Modern Clinical Medicine]*. 2016; 9(2): 85–92. DOI: 10.20969/VSKM.2016.9(2).85-92 (in Russian)
  8. Kozhevnikova M.V., Belenkov Y.N. Biomarkers in Heart Failure: Current and Future. *Kardiologiya*. 2021; 61(5): 4–16. DOI: 10.18087/cardio.2021.5.n1530
  9. Drapkina O.M., Shepel R.N., Dzhioeva O.N. Natriuretic peptides: new challenges — new solutions. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika [Cardiovascular Therapy and Prevention]*. 2021; 20(7): 3102. DOI: 10.15829/1728-8800-2021-3102 (In Russian)
  10. Mezhinsky S.S., Karpova A.L., Mostovoy A.V., Shilova N.A., Kharlamova N.V. Impact of mechanical ventilation on haemodynamic in neonate. *Neonatologiya: novosti, mneniya, obuchenie [Neonatology: News, Opinions, Training]*. 2020; 8(4): 43–51. DOI: DOI: 10.33029/2308-2402-2020-8-4-43-51 (in Russian)
  11. Ping P., Yu B., Xu R., Zhao P., He S. Monitoring and evaluation of hypotension in the extremely preterm. *Front. Cardiovasc. Med.* 2024; 11(2): 1477337. DOI: 10.3389/fcvm.2024.1477337
  12. Wu T.W., Noori S. Recognition and management of neonatal hemodynamic compromise. *J. Pediatr. Neonatol.* 2021; 62(1): 22–29. DOI: 10.1016/j.pedneo.2020.12.007

## References

1. Mezinsky S.S., Shilova N.A., Kharlamova N.V., Chasha T.V., Andreev A.V. [The role of aggressive factors of respiratory support in the formation of bronchopulmonary dysplasia in preterm infants]. *Neonatologiya: novosti, mneniya, obuchenie [Neonatology: News, Opinions, Training]*. 2019; 7(1): 12–20. DOI: 10.24411/2308-2402-2019-11002. (in Russian)
2. Shukla V.V., Ambalavanan N. Recent Advances in Bronchopulmonary Dysplasia. *Indian J. Pediatr.* 2021; 88(7): 690–695. DOI: 10.1007/s12098-021-03766-w
3. Solis-García G., Bravo M.C., Pellicer A. Cardiorespiratory interactions during the transitional period in extremely preterm infants: a narrative review. *Pediatr. Res.* 2024; 23: 1–9. DOI: 10.1038/s41390-024-03451-6
4. Ovsyannikov D.Yu., Krsheminskaya I.V., Daniel-Abu M.I., Karpenko M.A. [Radiodiagnosis in bronchopulmonary dysplasia: projection radiograph of the chest]. *Neonatologiya: novosti, mneniya, obuchenie [Neonatology: News, Opinions, Training]*. 2020; 8(3): 39–49. DOI: 10.33029/2308-2402-2020-8-3-39-49 (in Russian)

## Сведения об авторах:

**Пальянов Сергей Владимирович** — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры патофизиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; <https://orcid.org/0000-0001-7755-4157>

**Пересторонина Мария Вячеславовна** — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры патофизиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; <https://orcid.org/0000-0002-1247-7864>

**Тонковид Анастасия Игоревна** — студентка 5 курса педиатрического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; <https://orcid.org/0009-0007-1582-4183>

**Корпачева Ольга Валентиновна** — доктор медицинских наук, профессор, проректор по научно-исследовательской работе, заведующая кафедрой патофизиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; <https://orcid.org/0000-0001-6110-3933>