

## ИСКУССТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ МЕТОДОМ УПРАВЛЯЕМОГО ДАВЛЕНИЯ И ГАРАНТИРОВАННОГО ОБЪЕМА У НОВОРОЖДЕННЫХ

И. И. Афуков, С. М. Степаненко, В. А. Михельсон

Российский государственный медицинский университет  
Кафедра хирургических болезней детского возраста, Москва

### Neonatal Pressure Controlled and Guaranteed Volume Ventilation

I. I. Afukov, S. M. Stepanenko, V. A. Mikhelson

Department of Childhood Surgical Diseases, Russian State Medical University, Moscow

**Цель исследования.** Проведен сравнительный анализ искусственной вентиляции легких с управляемым давлением (Pressure controlled ventilation – PCV) и искусственной вентиляции легких с управляемым давлением и гарантированным объемом (VAPS) в послеоперационном периоде. На базе отделения интенсивной терапии ГКБ №13 им. Н. Ф. Филатова изучено 26 новорожденных детей с различной хирургической патологией. Больные в зависимости от используемого вида ИВЛ были разделены на 2 равные группы. Всем детям первой группы проводилась ИВЛ с управляемым давлением и заданным дыхательным объемом (VAPS), а у больных 2-й группы проводилась PCV вентиляция. **Результаты исследования** показали, что при проведении ИВЛ в режиме VAPS для обеспечения нормальных показателей газообмена можно использовать меньшие концентрации кислорода, чем при PCV. При ИВЛ в режиме VAPS среднее давление в дыхательных путях, при котором обеспечивается адекватная вентиляция и удовлетворительный газообмен заметно ниже, чем при PCV.

**Objective.** To comparatively analyze pressure controlled ventilation (PCV) and pressure controlled and guaranteed volume ventilation (VAPS) in the postoperative period. 26 neonatal infants with various surgical diseases treated at the intensive care unit, N. F. Filatov City Clinical Hospital 13, were examined. According to the type of artificial ventilation (AV), the patients were divided into 2 equal groups. Groups 1 and 2 infants received VAPS and PCV, respectively. *The results* indicated that for normal gas exchange, less oxygen concentrations may be used during VAPS than during PCV. The mean airways pressure during VAPS that provides adequate ventilation and satisfactory gas exchange is noticeably less than that during PCV.

ИВЛ у новорожденных — один из сложных методов не только респираторной терапии, но и вообще всех видов лечения в этом возрасте. Он требует от врача хорошей профессиональной подготовки, наличия исправной и адекватной данному возрасту аппаратуры для проведения ИВЛ, возможности контролировать газовый состав крови. Последние достижения в области технологии позволили применить передовые, новейшие режимы и формы ИВЛ в неонатальных отделениях реанимации новорожденных. Эти новейшие режимы и аппараты могут показаться слишком сложными, но в действительности все они основаны на физиологических принципах и служат таким важным задачам, как:

- достижение и сохранение адекватного легочного объема;
- сведение к минимуму риска травмы легких;
- уменьшение работы дыхания, производимой пациентом;
- создание максимально комфортных условий для пациента.

Сегодня существует и применяется в практике неонатологии большое количество разнообразных режимов вентиляции. Идеальным можно считать режим вентиляции, который отвечает следующим требованиям:

- осуществление аппаратного дыхательного цикла, синхронизированного с самопроизвольными дыхательными попытками пациента;
- создание адекватного дыхательного объема и объема минутной вентиляции при низком давлении в дыхательном контуре;
- быстрая реакция на изменение механики легких или на требование пациента;
- гарантия поддержки минимально возможной работы дыхания, производимой пациентом [1].

В течение обычной вентиляции новорожденных (то есть тайм — циклической, ограниченной давлением вентиляции) дыхательный объем зависит от множества факторов, включая объем и податливость контура и податливость легкого, состоятельность эндотрахеальной трубки и ее рези-

стентность. Когда все эти факторы поддерживаются постоянными, то количество воздуха, обмененное за одно дыхание, будет зависеть от начального давления, произведенного в течение вдоха. Пока обычные аппараты для новорожденных требуют, чтобы это начальное (ведущее) давление было выбрано клиническим врачом.

Способность объемной ИВЛ с внешним РЕ-ЕР раскрывать коллабированные альвеолы отличается от ИВЛ с управляемым давлением и сочетанием внешнего и внутреннего ПДКВ. Этот режим обеспечивает целостность легких путем их раскрытия и удержания в этом состоянии в течение всего дыхательного цикла, используя различные параметры давления, которые зависят от механических свойств легких. Преимуществами данного метода является отсутствие монотонности дыхания, что способствует лучшему распределению газа в легких. Обеспечение заданного дыхательного объема предупреждает развитие альвеолярной гиповентиляции и гиперкапнии [2].

Новым методом, соединяющим в себе преимущества ИВЛ с управляемым давлением и ИВЛ с управляемым объемом, является вентиляция легких с управляемым давлением и заданным дыхательным объемом (VAPS — volume assured pressure support). Этот режим вентиляции объединяет преимущества метода вентиляции, ограниченного по давлению с преимуществами вентиляции, контролируемой по объему, без свойственных недостатков любого из этих методов, когда они используются самостоятельно [3]. При данном режиме врач устанавливает величины ДО (дыхательный объем) и частоты вентиляции, а аппарат, на основании анализа кривой объем — давление предыдущего вдоха, автоматически выбирает такую форму и величину инспираторного потока, чтобы введение заданного дыхательного объема обеспечивалось при минимальном давлении в дыхательных путях. Также, при VAPS начало вдоха может определяться не заданной частотой вентиляции, а инспираторной попыткой пациента [2].

Дыхательное усилие пациента в режиме VAPS вызывает падение Рдп (давление в дыхательных путях) и запуск аппаратного вдоха. Иницированный аппаратный вдох вначале доставляется со снижающейся скоростью потока. Однако, если к «концу» вдоха пациент не получил «гарантированного» ДО, то поток из снижающегося становится постоянным до тех пор, пока не будет достигнут желаемый ДО. В режиме VAPS клиницист устанавливает уровень поддержки давлением, ДО, уровень постоянного потока и частоту аппаратных вдохов. Пациент контролирует скорость инспираторного потока и частоту дыхания (F). Время вдоха (Tin) в режиме VAPS непостоянно. Tin — это сумма Tin1 в течение фазы снижающегося потока (контролируется пациен-

том) и Tin2 периода постоянного потока (контролируется вентилятором) [4].

В последнее время в респираторной поддержке ОРДС все шире используется режим вентиляции по давлению с заданным объемом (VAPS). Однако вопрос о подборе адекватных и безопасных параметров вентиляции в данном режиме остается открытым и требует дальнейшего изучения. При сравнительном анализе с режимом VC (Volume control) при режиме VAPS установлено достоверное снижение Pin (пиковое давление вдоха) на 14,5% и увеличение Clt (растяжимость легких) на 19,5% при сохранении оксигенации и элиминации CO<sub>2</sub> на прежнем уровне [5].

Дыхание, контролируемое по давлению и объему, основано на обратной связи респиратора и пациента. Происходит поддержка давлением с гарантированным объемом при каждом вдохе. При каждом вдохе вентилятор сравнивает, был ли подан заданный объем и, если нужно, начинается поддержка давлением при более высоком потоке газовой смеси. При этом режиме ДО может быть различным: 1 — доставленный дыхательный объем равен установленному; 2 — ДО доставленный меньше установленного; 3 — ДО доставленный больше установленного (рисунок) [6].

## Материалы и методы

Нами было изучено 26 новорожденных детей, имевших хирургическую патологию, и поступивших в реанимационное отделение после экстренных оперативных вмешательств — 7 детей (27%) и после плановых оперативных вмешательств 19 детей (73%).

Общая характеристика новорожденных представлена в табл. 1.

Таблица 1  
Общая характеристика больных (M±m)

Показатель	M±m
Общее количество больных	26
Пол:	
Мальчики	16
Девочки	10
Масса тела при поступлении, гр	2985±207
Гестационный возраст, недель	37,0±0,43

Все больные в зависимости от используемого вида ИВЛ были разделены на 2 равные группы. ИВЛ с управляемым давлением (1 группа) проводилась у 13 детей. У такого же количества детей проводилась ИВЛ с управляемым давлением и заданным ДО (2 группа). В эти группы отбирались больные с одинаковой хирургической патологией, примерно одинаковым состоянием при поступлении, которым проводилась предоперационная подготовка.

Все дети при поступлении в отделение интенсивной терапии после оперативного вмешательства нуждались в респираторной поддержке. Кроме нее детям проводилось антибактериальное лечение, инфузионная терапия и полное или частичное парентеральное питание. Определение стартового объема инфузии проводилось с учетом физиологических потребностей, дефицита ОЦК и имеющихся электролитных и

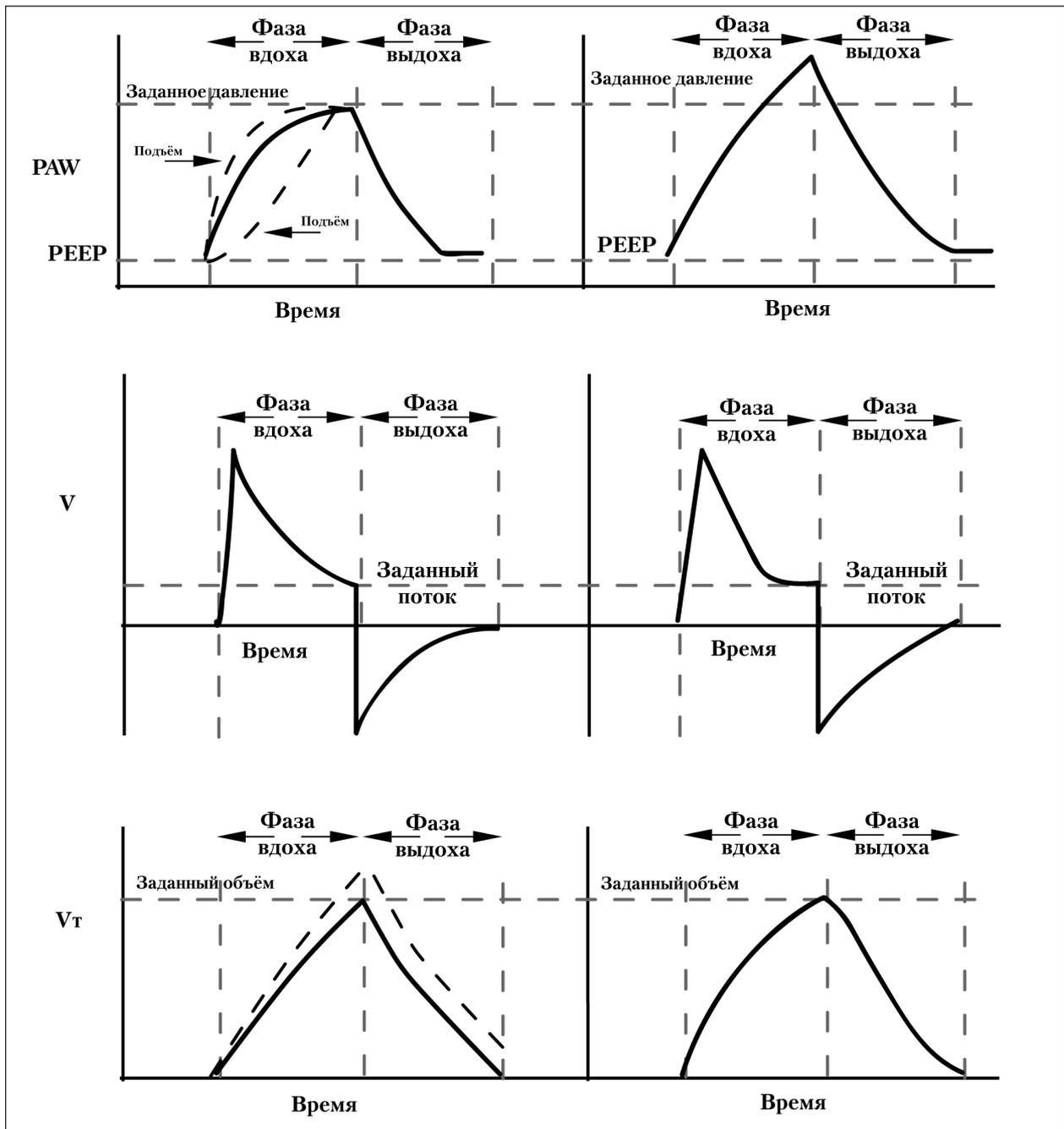


Рис. 1. Изменение давления, потока и объема при вентиляции VAPS.

В левой колонке показана вентиляция с прекращением вдоха после достижения установленной величины потока (установленная величина дыхательного объема достигнута).

Достигнута установленная величина давления. Поток снизился до установленной величины потока. Дыхательный объем достиг (сплошная линия) или превысил (пунктир) установленную величину. Вдох прекращается после достижения установленной величины потока.

В правой колонке показан переход от вентиляции с поддержкой давления к вентиляции, контролируемой по объему. Переход осуществляется, если поток снизился до установленной величины, а дыхательный объем не достиг установленной величины. Достигнута установленная величина давления. Поток снизился до установленной величины. Дыхательный объем не достиг установленной величины. Поток остается постоянным до достижения установленного дыхательного объема. Давление растет, а продолжительность вдоха увеличивается.

биохимических нарушений. При выраженной сердечной недостаточности для улучшения сократительной способности миокарда назначалось введение допамина в дозе 2–10 мкг/кг/мин. Кроме того, всем детям проводилась иммунокорректирующая терапия, назначались витамины и симптоматические средства.

Распределение больных в зависимости от характера основного заболевания представлены в табл. 2.

После операции состояние всех детей оценивалось как тяжелое, а некоторых, как крайне тяжелое. Все новорожденные нуждались в интенсивной дыхательной терапии и ИВЛ, которая проводилась с помощью аппаратов искусственной вентиляции VIP Gold Bird 8400ST (Bird, products corp., USA). У всех новорожденных первой группы проводилась ИВЛ с управляемым давлением (Pressure controlled ventilation – PCV), у всех больных 2-й группы проводилась ИВЛ с управляемым давлением и

**Таблица 2**  
**Распределение больных по характеру заболевания**

Наименование хирургической патологии	Количество больных
Атрезия пищевода. Трахео-пищеводный свищ	7
Перитонит	6
Диафрагмальная грыжа	2
Эмбриональная грыжа пупочного канатика	2
Ущемленная паховая грыжа	1
Синдром Ледда	1
Кишечная непроходимость	5
Стеноз эзофаго-эзофагоанастомоза	1
Киста легкого	1

заданным дыхательным объемом (Volume assured pressure support — VAPS). Начальные параметры вентиляции зависели от объема оперативного вмешательства, основной патологии и состояния ребенка до операции и были следующими:  $FiO_2$  (концентрация кислорода) — 0,6;  $P_{in}$  (пиковое давление вдоха) — 18 см вод. ст.; РЕЕР (положительное давление в конце выдоха) — 3 см вод. ст.;  $T_{in}$  (время вдоха) — 0,35–0,5 сек; F (частота дыхания) — 30–40 в мин; ДО (дыхательный объем) — 6–8 мл/кг массы тела.

Всем детям, находящимся на ИВЛ, осуществлялся контроль гемодинамики (неинвазивное измерение артериального давления, частоты сердечных сокращений), сатурация кислорода, кислотно-основное состояние, графический анализ состояния дыхательных путей. Газовый состав крови оценивался через 30 минут после начала респираторной поддержки и через 15–20 минут после изменения параметров вентиляции.

### Результаты и обсуждение

У 4-х новорожденных 1-й группы (30%), которым проводилась вентиляция в режиме PCV, после контроля газообмена пришлось увеличить  $FiO_2$  до 0,8. Это были дети с перфорацией поперечно-ободочной кишки, каловым перитонитом, эмбриональной грыжей пупочного канатика и один ребенок с атрезией пищевода. При первом контроле газового состава крови у них отмечалась гипоксемия ( $PaO_2$  в среднем  $44,9 \pm 4,2$  мм рт.ст.,  $SaO_2$  —  $92 \pm 1,3\%$ ). У 3 детей (23%)  $FiO_2$  увеличивали до 0,7 (один ребенок был с высокой кишечной непроходимостью, один — с атрезией пищевода и трахео-пищеводным свищом, и новорожденный с перфорацией Меккелева дивертикула и каловым перитонитом). У этих детей было выявлено наличие гипоксемии ( $PaO_2$  —  $52,7 \pm 4,5$  мм рт.ст.,  $SaO_2$  —  $97,3 \pm 0,9\%$ ). У остальных 6-и детей (47%), находящихся на этом режиме вентиляции, первоначальная концентрация кислорода не менялась.

У детей, находящихся на искусственной вентиляции в режиме VAPS, только у одного ребенка (7,6%) с грыжей пупочного канатика повышали  $FiO_2$  до 0,7, так как  $PaO_2$  было 55,4 мм рт.ст., а  $SaO_2$  — 95%. У 3-х детей (23%)  $FiO_2$  увеличивали до 0,65 (один больной со стенозом эзофаго-эзофагоанастомоза и 2-е детей с мембраной 12-перстной кишки). После первого контроля газового состава крови наблюдалась тенденция к

гипоксемии —  $PaO_2$   $58,6 \pm 2,2$  мм рт.ст.,  $SaO_2$  — 99%. У остальных 9 новорожденных (69,4%) после первого контроля газов крови концентрация кислорода не менялась.

Пиковое давление вдоха после начальных параметров искусственной вентиляции у новорожденных, вентилирующихся в режиме PCV, увеличивали до 22 см вод.ст. у 3-х больных (23%), потому что у них отмечалась гипоксемия ( $PaO_2$   $54,5 \pm 1,1$  мм рт.ст.) и гиперкапния ( $52,3 \pm 1,5$  мм рт.ст.). У 2-х из них увеличивали и концентрацию кислорода (ребенок с перфорацией поперечно-ободочной кишки, каловым перитонитом и второй ребенок с атрезией пищевода, носитель эзофаго- и гастростомы). У одного ребенка с атрезией пищевода с шейной эзофагостомой и гастростомой пришлось увеличить давление вдоха до 24 см вод.ст. в связи с тем, что дыхание в легких плохо проводилось по всем легочным полям и была недостаточной экскурсия грудной клетки, а по газовому составу крови отмечалась тенденция к гипоксемии —  $PaO_2$  59,4 мм рт.ст. и к гиперкапнии. У 4-х детей (30,7%) давление вдоха довели до 20 см вод.ст. ( $PaO_2$   $55,7 \pm 5$  мм рт.ст.,  $SaO_2$  95%, и умеренная тенденция к гиперкапнии), 2-м детям (15,3%) — до 19 см вод.ст. (одному из них повышали  $FiO_2$  до 0,8, а второму ребенку до 0,7). У больного с атрезией пищевода и трахео-пищеводным свищом снижали давление вдоха до 16 см вод.ст. ( $PaO_2$  130,1 мм рт.ст.,  $SaO_2$  99%). На прежнем уровне пиковое давление оставили только у 2-х новорожденных (15,3%).

У детей, вентилирующихся в режиме VAPS, ситуация складывалась следующим образом: 2 детям (15,3%) увеличивали пиковое давление до 25 см вод.ст. (ребенок со стенозом эзофаго-эзофагоанастомоза, медиастинитом и ребенок с атрезией пищевода и трахео-пищеводным свищом). В среднем  $PaO_2$  у них было на уровне  $48,1 \pm 2,1$  мм рт.ст., отмечалась тенденция к гиперкапнии, ослабленное дыхание при аускультации, особенно в нижних отделах.

Одному ребенку давление на вдохе увеличивали до 20 см вод.ст. (ребенок с некрозом толстой кишки, перитонитом). По газам крови у него отмечалась гипоксемия ( $PaO_2$  59,7 мм рт.ст.,  $SaO_2$  95%). До 19 см вод.ст. повышали давление на вдохе другому больному в связи со снижением  $PaO_2$  до 64,5 мм рт.ст.

Остальным 9-и новорожденным (69,2%) пиковое давление снижали в среднем до 15 см вод.ст.

Положительное давление в конце выдоха в обеих группах было одинаковым. Максимальное значение составляло 5 см вод.ст., а минимальное значение — 2 см вод.ст. Уровень РЕЕР устанавливали по кривой объем — давление.

После операции в первые часы ИВЛ в режиме VAPS доставляемый дыхательный объем

Анализ средне-суточных параметров искусственной вентиляции легких и показателей газообмена в обеих группах ( $M \pm m$ )

Показатели газообмена	Режим вентиляции		p
	PCV	VAPS	
PaO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	73,7±4,4	94,5±7,6	<0,02
PaCO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	39,5±1,5	30,8±1,6	<0,0001
FiO <sub>2</sub>	0,62±0,01	0,53±0,01	<0,0002
P <sub>in</sub> , см вод. ст.	19,1±0,3	17,9±0,4	<0,02
MAP, см вод. ст.	7,5±0,2	6,9±0,2	<0,09

**Примечание.** PCV (pressure control ventilation) – вентиляция с управляемым давлением; VAPS (volume assured pressure support) – вентиляция с управляемым давлением и заданным дыхательным объемом; PaO<sub>2</sub> – напряжение кислорода в крови; PaCO<sub>2</sub> – напряжение углекислого газа в крови; FiO<sub>2</sub> – концентрация кислорода во вдыхаемой смеси; P<sub>in</sub> – пиковое давление вдоха; MAP – среднее давление в дыхательных путях.

был меньше установленного, при этом сатурация находилась в пределах 98–99%, тахикардия не нарастала, артериальное давление было в пределах нормы. В начале исследования мы увеличивали пиковое давление вдоха для повышения дыхательного объема. Но в дальнейшем, через 30–60 минут отмечали, что дыхательный объем достигал установленного нами уровня и без повышения пикового давления, а уже через несколько часов доставленный дыхательный объем заметно превышал уровень установленного. В результате этих изменений, пиковое давление у пациентов, находящихся на ИВЛ в режиме VAPS, уже через 3–5 часов приходилось снижать на 11–13% от исходного. По кривым объем – давление на графическом мониторе перерастяжения легких отмечено не было. В течение всего периода ИВЛ уменьшалось сопротивление дыханию на вдохе и увеличивалась растяжимость легких.

При сравнении сроков перехода от ИВЛ к вспомогательной вентиляции (ВВЛ) у пациентов была выявлена следующая разница: в среднем переход на ВВЛ в 1-й группе составил 47,9±7,5 часа, а во второй (в режиме VAPS) – 36,6±7,3 часа.

#### Литература

1. Шабалов Н. П. Неонатология: Учебн. пособие в 2 т. М.: МЕДпресс-информ; 2004.
2. Кассиль В. Л., Выжигина М. А., Лескин Г. С. Искусственная и вспомогательная вентиляция легких. М.: Медицина; 2004.
3. Ahluwalia J., Morley C., Wahle H. G. Volume guarantee. New approaches in volume controlled ventilation for neonates Draeger Medizintechnik GmbH. Germany; 2000.
4. Meliones J. N., Cheifetz I. M. In: Wilson B. G., Med. Duke University Medical Center. Использование графического анализа состояния

Был проведен анализ некоторых параметров искусственной вентиляции легких и показателей газообмена в обеих группах (табл. 3).

#### Выводы

1. При проведении ИВЛ в режиме VAPS для обеспечения нормальных показателей газообмена можно использовать меньшие концентрации кислорода, чем при PCV. При ИВЛ в режиме VAPS среднее давление в дыхательных путях, при котором обеспечивается адекватная вентиляция и удовлетворительный газообмен, заметно ниже, чем при PCV.

2. При вентиляции с управляемым давлением и заданным дыхательным объемом аппарат реагирует на изменение механических свойств легких новорожденного изменением пикового давления вдоха и дыхательного объема.

3. Через 3–5 часов после начала ИВЛ в режиме VAPS установленный дыхательный объем обеспечивается меньшими значениями пикового давления.

Все выше перечисленное позволило выявить существенную разницу в значениях PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub> при использовании различных режимов ИВЛ.

дыхательных путей для оптимизации стратегии ИВЛ. Актуальные вопросы медицины критических состояний. Медицина критических состояний республики Карелии/пер. А. В. Николаев. 1998. www.soros.karelia.ru. – 1998.

5. Скоробогатов А. Ю., Грицан Г. В., Грицан А. И. Принципы выбора оптимальных параметров ИВЛ в режиме PRVC по данным графического мониторинга при септическом ОРДС. Красноярск. Россия. www.anesth.medi.ru. – 2003.
6. Jones A. (Ed.). Current topics in mechanical ventilation for adults. www.venttopics\_handout.PDF; 2002.

Поступила 05.03.05