

Volume Guarantee

Метод вентиляции с управлением по объему у новорожденных

Яг Алувалия
Колин Морлей
Ханс Георг Вале

Благодарим профессора РНИМУ им. Н.И. Пирогова
Владимира Алексеевича Гребенникова
за неоценимую помощь в подготовке издания на русском языке.

Важное замечание:

Медицинские знания изменяются в результате новых исследований и накопления клинического опыта. Авторы данного Руководства предприняли все усилия, чтобы предоставить информацию на самом современном уровне, в особенности относительно режимов вентиляции и их применения. При этом ответственность за все принимаемые решения несет врач.

Авторы:

Dr. Jag Ahluwalia MA FRCPCH
Consultant Neonatologist and Director,
Neonatal Intensive Care Unit
Rosie Hospital
Cambridge, UK

Professor Colin Morley MD FRCP FRCPCH FRACP
Professor/Director, Neonatal Medicine
The Royal Women's Hospital
132 Grattan Street
Carlton, Victoria
Australia

Hans Georg Wahle Dipl. Ing. BSc Hons
Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53/55
23542 Lübeck, Germany

Все права защищены. Ни одна часть книги
не может быть опубликована, воспроизведена
или размножена любым другим способом без письменного разрешения фирмы
Drägerwerk AG & Co. KGaA.

ISBN 3-926762-49-7

Предисловие

Опция Volume Guarantee уже много лет знакома специалистам по интенсивной респираторной терапии, однако, по моему мнению, остается незаслуженно недооцененным методом, позволяющим реально улучшить результаты лечения новорожденных детей с тяжелой дыхательной недостаточностью. Более того, опцию VG можно рассматривать как один из первых успешных опытов применения элементов искусственного интеллекта в неонатальной практике. Передача аппарату функции контроля и управления целевым дыхательным объемом позволило практически исключить существенные флюктуации показателей вентиляции, а соответственно и газового состава крови, системного и органного кровотока. Как показали многочисленные исследования, внедрение в неонатальную практику опции VG позволило достоверно улучшить результаты лечения детей, особенно недоношенных и младенцев с низкой и экстремально низкой массой тела, сократить продолжительность ИВЛ и время пребывания в отделении интенсивной терапии, снизить летальность, уменьшить частоту возникновения вентилятор-ассоциированных повреждений легких, перивентрикулярных лейкомаляций.

В тоже время, необходимо отметить, что VG, как и все другие методы, имеет свою область применения. Наибольшая эффективность клинического применения функции VG была продемонстрирована при лечении детей с восстанавливающимся респираторным драйвом на триггерных режимах ИВЛ, например, при переходе от управляемой вентиляции к спонтанному дыханию. Не следует также забывать, что, в конечном итоге, выбор и оптимизация параметров вентиляции в соответствии с клинической ситуацией, в том числе и определение целевого дыхательного объема, остается прерогативой врача.

Безусловно, для успешного применения высокотехнологичного метода необходимо детально ознакомиться с особенностями техники его проведения, показаниями, противопоказаниями, потенциальными опасностями и ограничениями. Данное руководство несомненно поможет врачу оценить новые возможности, возникающие при использовании функции VG и успешно использовать их в своей клинической практике.

Профессор В.А.Гребенников

СОДЕРЖАНИЕ

1.0	Введение	06
2.0	Цель искусственной вентиляции легких	07
2.1	Зачем беспокоиться о дыхательных объемах?	09
2.2	Повреждение легких, связанное с дыхательным объемом	09
3.0	Специфические проблемы при искусственной вентиляции легких у новорожденных	12
3.1	Последствия для клинической практики	14
4.0	ИВЛ с управлением по объему (Volume-Controlled Ventilation): концепция, использование и ограничения	16
5.0	Искусственная вентиляция легких с ограничением по давлению (Pressure-limited): концепция, использование, ограничения	19
6.0	Преимущества и недостатки аппаратов искусственной вентиляции легких с управлением по объему и ограничением по давлению	22
7.0	Измерение дыхательного объема у новорожденных – как преодолевает эти трудности аппарат ИВЛ Dräger Babylog?	23
8.0	Volume Guarantee (VG): принцип работы	24
8.1	Параметры тревог и пределы V_T при функции гарантированного объема	29
8.2	Начало вентиляции с опцией VG у новорожденного	31
8.2.1	Принцип, ориентации на дыхательный объем	31
8.2.2	«Традиционный» или ориентированный на давление принцип начала вентиляции с VG в режиме SIPPV	35
8.3	Какие мониторируемые параметры важны при использовании Volume Guarantee?	39
8.3.1	Что делать, когда сработала тревога $<V_T$ низкий	39
8.3.2	Что делать при слишком низком установленном P_{insp}	39
8.3.3	Что делать при слишком низком установленном инспираторном потоке	40
8.3.4	Что делать при слишком коротком времени вдоха	41

СОДЕРЖАНИЕ

9.0	Управление вентиляцией с VG у недоношенных и новорожденных детей	42
9.1	Отлучение от аппарата ИВЛ с применением опции VG	42
9.2	Есть ли новорожденные пациенты, у которых применение VG невозможно?	—
9.2.1	Большие утечки из эндотрахеальной трубки	44
9.2.2	Новорожденные с выраженными попытками спонтанного дыхания	45
10.0	Потенциальные преимущества искусственной вентиляции легких с функцией гарантированного объема	46
11.0	О чем нельзя забывать при использовании функции Volume Guarantee?	47
12.0	Словарь терминов	48
13.0	Сокращения	52
14.0	Случаи из практики	53
15.0	Список литературы	65

1. Введение

Функция Volume Guarantee (VG) является опцией для триггерных режимов искусственной вентиляции легких в аппарате Babylog 8000 plus. Она была разработана для того, чтобы объединить преимущества режимов искусственной вентиляции легких с ограничением по давлению и управлением по объему. И одновременно избежать присущих им недостатков.

При помощи режима VG врач может выбрать желаемый дыхательный объем у новорожденного ребенка, не отказываясь от преимуществ ИВЛ с ограничением по давлению. При каждом вдохе новорожденный должен получать в среднем стабильный дыхательный объем, без колебаний, которые имеются при обычной искусственной вентиляции легких с лимитированным давлением. Лучше всего это можно описать как искусственную вентиляцию легких с ограничением по давлению и постоянным потоком, имеющую своей целью поддержание постоянного дыхательного объема.

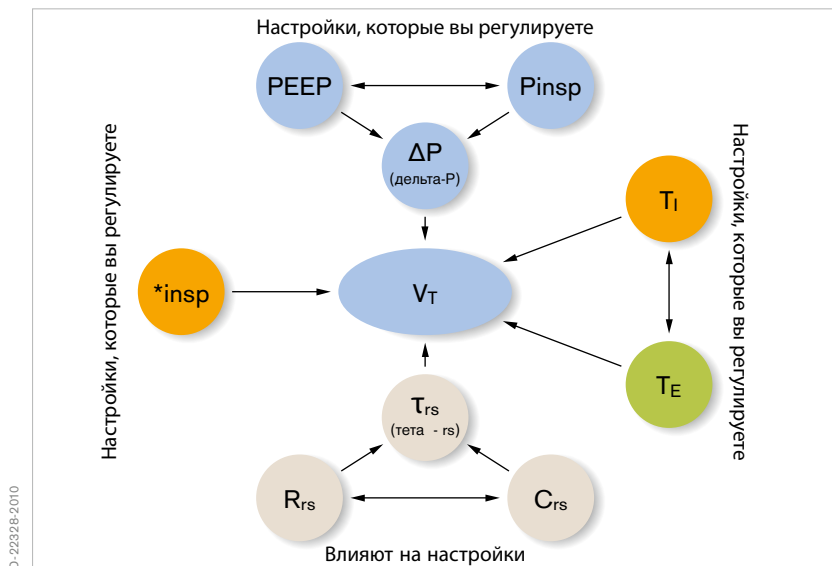
Хотя VG была разработана для триггерных режимов работы аппарата Babylog 8000 plus, ее можно использовать для пациентов с угнетением или отсутствием спонтанного дыхания.

Данная брошюра представляет врачу новую функцию искусственной вентиляции легких – ИВЛ с VG. Теоретические рассуждения по поводу ИВЛ с управлением по давлению, так и по объему, сопровождаются практическими примерами использования функции VG в различных клинических ситуациях. Эти клинические примеры приведены без намерения подчеркнуть превосходство функции VG перед другими режимами вентиляции. Подобные утверждения допустимы только после проведения соответствующих клинических исследований. Хотя данная брошюра и дает рекомендации по применению VG в клинической практике, однако ответственность за применение и возможные осложнения данной методики несет лечащий врач.

2. Цель искусственной вентиляции легких

В конечном счете апноэ является единственным абсолютным показанием для ИВЛ. Прочие показания для проведения искусственной вентиляции легких относительно, и каждый отдельный случай необходимо рассматривать в контексте конкретной клинической ситуации. При достаточном объеме легких, градиенте концентрации кислорода и хорошей перфузии обеспечивается проникновение кислорода из альвеолярного пространства в кровотоки, оксигенация может обеспечиваться, несмотря на временную гиповентиляцию. Такой объем может быть достигнут и поддержан при постоянном раздувании легких давлением, равным или превышающем уровень, необходимый для раскрытия альвеол - так называемое давление открытия. Градиент концентрации кислорода может поддерживаться просто путем увеличения уровня O_2 в потоке свежего газа. Хотя высокое FiO_2 может потребовать интубации трахеи для поддержания необходимого градиента кислорода, эта ситуация не является абсолютным показанием для ИВЛ.

В отличие от оксигенации, для удаления CO_2 требуется постоянное поступление и удаление воздуха из легких. При высоком уровне $P_A CO_2$ и низком $P_A CO_2$, углекислый газ быстро диффундирует из кровотока в альвеолы. Так как парциальное давление CO_2 в кровотоке намного выше, чем в альвеолах (вдыхаемая концентрация CO_2 практически равна нулю) и CO_2 быстро переходит в альвеолярное пространство, то этот градиент быстро исчезает при апноэ. При продолжающемся клеточном метаболизме апноэ ведет к быстрому накоплению углекислого газа в крови, даже если при этом оксигенация остается нормальной. Для сохранения этих диффузионных градиентов требуется постоянное удаление «выдыхаемого» альвеолярного газа и замена его на свежий «вдыхаемый» газ. Чтобы при обычных частотах искусственной вентиляции гарантировать адекватное удаление CO_2 , дыхательный объем должен быть больше, чем суммарный объем механического и анатомического мертвого пространства. Данное положение является одной из основных целей традиционной искусственной вентиляции легких: обеспечить дыхательный объем, достаточный для осуществления адекватной альвеолярной вентиляции.



D-2232B-2010

Рис.1: Факторы, влияющие на дыхательный объем при ИВЛ с постоянным потоком и ограничением по давлению.

При традиционной искусственной вентиляции легких у новорожденных (т.е. вентиляции с ограничением по давлению и переключением по времени) дыхательный объем зависит от многих факторов, среди которых - объем и растяжимость дыхательного контура, податливость легких, утечки через эндотрахеальную трубку и её сопротивление потоку. Если все эти факторы постоянны, то величина дыхательного объема будет зависеть от величины перепада давления (driving pressure), генерируемого в фазе вдоха (Рис.1). Хотя при традиционной вентиляции легких у новорожденных величина driving pressure устанавливается врачом, но фактически эти установки позволяют, с определённой погрешностью, подобрать необходимый дыхательный объем. Таким образом, установка необходимых величин давления требуется для выбора приемлемой величины дыхательного объема.

2.1 ЗАЧЕМ БЕСПОКОИТЬСЯ О ДЫХАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕМАХ?

При постоянных установках вентилятора альвеолярная вентиляция, а с ней и клиренс CO_2 , зависят от дыхательного объема. При вентиляции с традиционной частотой и положительном давлении дыхательный объем, меньший или близкий к общему объему мертвого пространства дыхательной системы, будет приводить к недостаточному обмену альвеолярного газа, независимо от частоты дыхания или от минутной вентиляции. В свою очередь, это приведет к быстрому накоплению CO_2 в крови и возникновению осложнений, связанных с гиперкарбией. Малый дыхательный объем может привести к прогрессирующему ателектазированию, нарушению вентиляционно-перфузионных отношений и, наконец, неадекватной оксигенации.

2.2 ПОВРЕЖДЕНИЕ ЛЕГКИХ, СВЯЗАННОЕ С ДЫХАТЕЛЬНЫМ ОБЪЕМОМ

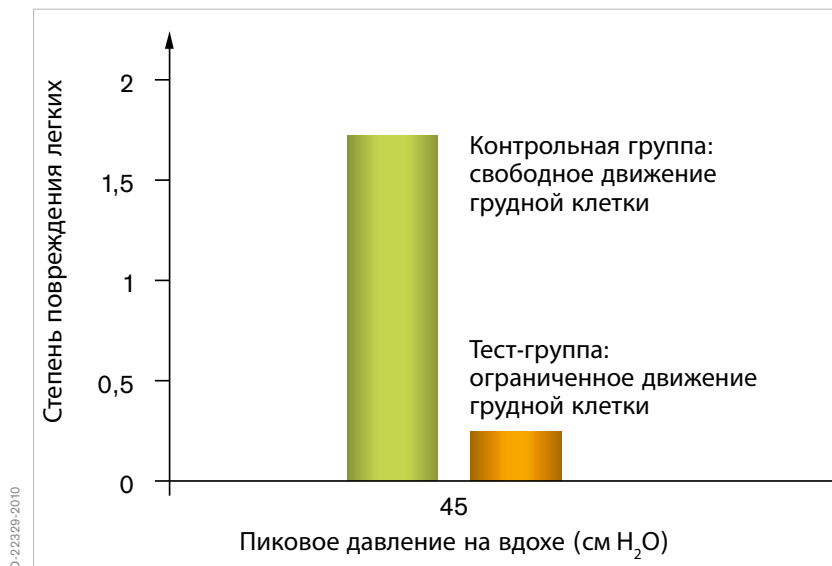
Другая крайность. Слишком большой дыхательный объем может вызвать перерастяжение и стрессовое повреждение альвеол и дыхательных путей. Это может привести к возникновению легочной интерстициальной эмфиземы или к пневмотораксу. В свою очередь, эти синдромы могут сыграть свою роль в развитии бронхолегочной дисплазии. Существует много свидетельств того, что повреждение легких может произойти скорее от прерастяжения, чем от воздействия высокого давления, и что волмотравма важнее баротравмы. Дрейфус показал, что искусственная вентиляция с большим дыхательным объемом ведет к возникновению отека легких [1], и что двухминутное перераздувание может привести к временным изменениям сосудистой проницаемости легких у крыс [2]. Гернандез [3], исследовав влияние вентиляции с повышенным давлением с или без ограничения подвижности грудной клетки у экспериментальных животных, изящно доказал ведущую роль перерастяжения в развитии повреждения легких. На рис. 2 показаны основные результаты исследования Гернандеза.

Кролики с гипсовым корсетом на грудной клетке имели значительно меньшее повреждение легких, чем контрольная группа без корсета.

Обе группы подвергались воздействию идентичного давления и, поэтому, идентичной возможности баротравмы. Однако экскурсия грудной клетки у животных с гипсовым корсетом была значительно ограничена по сравнению с контрольной группой.

Предполагается, что именно это ограничение объема явилось защитой от повреждения легких, несмотря на наличие высокого давления в дыхательных путях.

Бьёркленд и соавторы показали, что перерастяжение легких у новорожденных ягнят во время их рождения ведет к значительным повреждениям [4]. Гипотеза гласит, что перерастяжение легких и дыхательных путей вызывает повреждение легких в большей степени,



D-22329-2010

Рис.2: Степень повреждения легких у кроликов с и без гипсового корсета вокруг грудной клетки при давлении 45/5 см H₂O. Желтая колонка показывает группу с неограниченным движением грудной клетки, оранжевая колонка – животные с ограниченным движением грудной клетки. Степень повреждения легких у группы с ограничением движения отчетливо ниже, чем у контрольной. Адаптировано по Гернандезу ЛА, и др. [3].

чем избыточное давление само по себе. Другие исследования указывают также на неблагоприятный эффект гипокарбии в развитии хронических заболеваний легких и, возможно, неврологических повреждениях, таких как, например, перивентрикулярная лейкомаляция. Данный тезис поддерживается многими исследованиями, включая работы Аверей [5] и Крейбилля [6] и соавторов. Более того, перерастяжение может привести к уменьшению венозного возврата и нарушениям сердечной деятельности, что повышает необходимость поддержки артериального давления на должном уровне.

Резюме: Зачем все же необходимо думать о дыхательном объеме?

- Дыхательный объем меньше или равный объему мертвого пространства дыхательной системы ведет к недостаточной альвеолярной вентиляции.
- Слишком большой дыхательный объем может вызвать перерастяжение альвеол и дыхательных путей, а также привести к стрессовому повреждению легких.
- Перенапряжение и перерастяжение легких является более важным в развитии повреждения легких, чем высокое давление само по себе; волюмотравма так же опасна, как и баротравма.

Нарушенный венозный возврат также может быть одной из причин развития внутрижелудочковых кровоизлияний у недоношенных детей.

Учитывая тот факт, что подходящий дыхательный объем имеет большое клиническое значение для поддержания адекватной альвеолярной вентиляции и предупреждения повреждений легких, вызывает удивление тот факт, что в настоящее время в неонатальной практике стандартным остается режим вентиляции с ограничением по давлению, где установка и доставка дыхательного объема не является главной задачей. Причины, по которым вентиляторы с управлением по объему не играли заметной роли в респираторной терапии новорожденных, являются от части историческими и от части технологическими. Вначале будут обсуждены специфические проблемы мониторинга объема у новорожденных, а затем рассмотрены достоинства и недостатки режимов вентиляции с управлением по давлению и по объему.

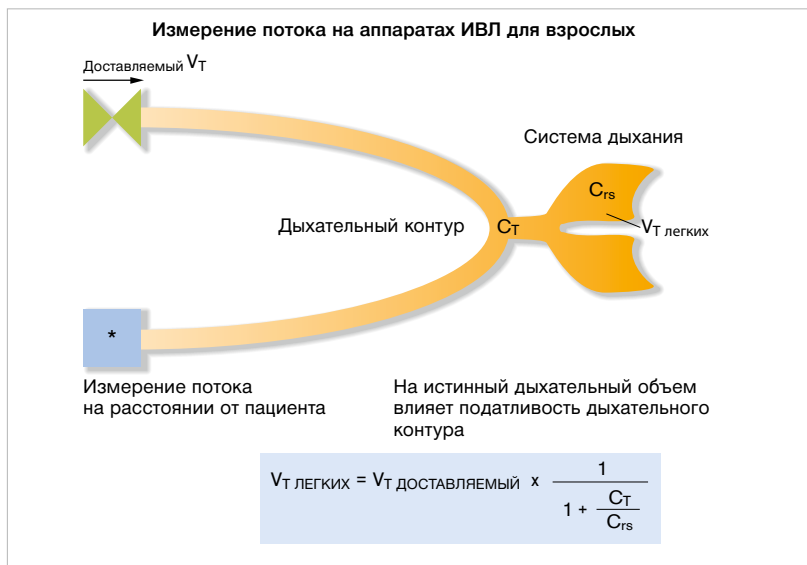
3. Специфические проблемы при искусственной вентиляции легких у новорожденных

Перед тем как мы перейдем к рассмотрению ограничений по существующим на сегодняшний день аппаратам ИВЛ с управлением по давлению и по объему, имеет смысл сначала поговорить о специфических проблемах самой искусственной вентиляции у новорожденных, в особенности у младенцев с пониженной податливостью легких, как, например, при респираторном дистресс-синдроме (РДС).

Искусственная вентиляция легких новорожденных осуществляется через эндотрахеальную трубку без манжеты. Это может привести к различным утечкам вокруг трубки, в зависимости от инспираторного давления, положения шеи и расположения самой трубки. На эту утечку оказывает воздействие давление, которое создает поток газа, причем ощутимее всего она во время вдоха, когда давление в дыхательных путях соответствует P_{insp} , в то время как во время выдоха на давление в дыхательных путях влияет величина РЕЕР.

Если подаваемый дыхательный объем измеряется только лишь во время вдоха, то может быть большая разница между установленным и доставленным V_T , с завышенным значением доставленного объема.

Вторая важная проблема в искусственной вентиляции легких новорожденных связана с пониженной податливостью легких в сравнении с податливостью дыхательного контура. При постоянном инспираторном давлении поступающий в легкие объем может быть намного меньше, чем тот объем, которым заполняется контур. Если доставляемый дыхательный объем измеряется в вентиляторе, то возможна существенная ошибка в определении величины V_T доставленного пациенту, даже если общий дыхательный объем и объем контура рассчитаны правильно (Рис. 3).



D-22330-2010

Рис 3: Схематическое представление дыхательного контура вентилятора с податливостью C_T и системы дыхания пациента с податливостью C_{rs} . Если C_T в сравнении с C_{rs} слишком высока, то фактический дыхательный объем ($V_{T \text{ ЛЕГКИХ}}$), доставляемый в легкие, будет значительно снижен. Если измерить поток вблизи аппарата ИВЛ (голубой квадрат), т.е. далеко от пациента, то $V_{T \text{ ЛЕГКИХ}}$ будет завышен.

3.1 ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Учитывая специфические проблемы при искусственной вентиляции легких недоношенных и новорожденных детей, необходимо измерять выдыхаемый дыхательный объем между Y-образным коннектором и эндотрахеальной трубкой, чтобы зарегистрировать фактически поступивший к пациенту объем (Рис.4).

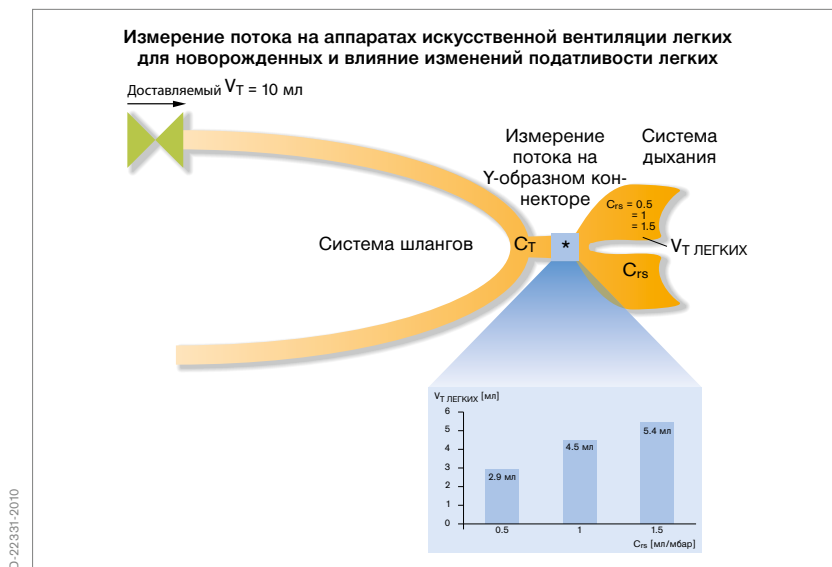


Рис. 4. При измерении объема, которое выполняется вне Y-образного коннектора, общий объем распределяется по системе шлангов и легких пациента (доставляемый V_T). На поправку в легкие часть объема оказывает ощутимое влияние изменение податливости дыхательной системы C_{rs} . Чем ниже C_{rs} при постоянной величине податливости контура, тем большая часть объема остается в дыхательном контуре, и тем меньшая часть поступает к пациенту. Например, при податливости контура 1,2 мл/мбар, C_{rs} составляет 0,5 мл/мбар; из 10 мл объема в системе шлангов теряется 7,1 мл, $V_{T \text{ ЛЕГКИХ}}$ составляет лишь 2,9 мл.

Для сравнения: у взрослых и детей старшего возраста отношение сжимаемого объема контура к объему легких пациента относительно мало. Таким образом, даже при высокой податливости системы шлангов, поступающий к пациенту дыхательный объем относительно велик по сравнению с объемом газа в контуре, что предотвращает возникновение гиповентиляции.

Проблемы утечки из эндотрахеальной трубки и низкой податливости легких у новорожденных усложняются еще и тем, что оба фактора могут варьироваться от вдоха к выдоху и также зависят от изменений, связанных с имеющейся патологией легких.

И в заключение, при проведении респираторной поддержки у взрослых и детей старшего возраста спонтанное дыхание пациента допускается только в процессе отлучения от вентилятора (за исключением режимов VIPAP и AutoFlow на аппарате ИВЛ Evita). Вентиляция же новорожденных часто предполагает сохранение спонтанного дыхания в процессе интенсивной терапии.

4. ИВЛ с управлением по объему (Volume-Controlled Ventilation): концепция, использование и ограничения

Несмотря на появление новых опций, основным функциональным принципом аппаратов ИВЛ с управлением по объему остается подача постоянного, заранее установленного дыхательного объема в каждом дыхательном цикле. В своей простейшей форме респираторы с управляемым объемом дают возможность пользователю настраивать дыхательный объем, частоту (и, соответственно, минутную вентиляцию), а также стандартные установки времени вдоха и выдоха. Респиратор подает заданный V_T в контур пациента, создавая давление, необходимое для достижения этого V_T . Вдох заканчивается, если V_T доставлен или окончилось максимальное время вдоха. Последнее предотвращает чрезмерное удлинение фазы вдоха. В отличие от вентиляторов с постоянным потоком, в аппаратах с управлением по объему обычно нет потока свежего газа во время фазы выдоха: т.е. пациент должен преодолевать большое сопротивление клапана выдоха, чтобы вызвать поступление свежего газа; исключения составляют режимы BiPAP и AutoFlow на аппарате ИВЛ Evita.

Искусственная вентиляция легких с управляемым объемом имеет свои преимущества и недостатки. Основное преимущество состоит в том, что подаваемый в контур дыхательный объем фактически остается постоянным, несмотря на быстро меняющуюся податливость легких, например, в результате сурфактантной терапии, динамику заболевания, положения пациента и т.д. Теоретически это позволяет избежать ситуаций, связанных с недостаточным расправлением альвеол и, следовательно, альвеолярной гиповентиляцией, или перерастяжением и повреждением легких. Более того, V_T и все другие основные вентиляционные параметры могут быть установлены до подключения пациента к вентилятору, и при условии, что все данные

параметры адекватны, можно заранее предсказать реальное значение доставляемого V_T . В этом заключается отличие аппаратов ИВЛ с управляемым объемом от аппаратов с ограничением по давлению: для последних устанавливается давление, а получаемый дыхательный объем можно измерить только во время искусственной вентиляции легких.

На практике аппараты ИВЛ с управлением по объему имеют и существенные недостатки при использовании их у недоношенных и новорожденных детей. В основном это связано с тем, где и как в этих вентиляторах измеряется доставляемый дыхательный объем. Обычно это происходит в контуре выдоха респиратора, на расстоянии от Y-образного коннектора. Это приводит к ошибочным измерениям доставляемого дыхательного объема по вышеперечисленным причинам: утечка из эндотрахеальной трубки и низкая податливость легких, по сравнению с дыхательным контуром. Другие ограничения вентиляции, управляемой по объему, связаны с низкой точностью измерения при очень низких значениях дыхательного объема, применяемых при вентиляции новорожденных и недоношенных детей. До последнего времени не удавалось обеспечить необходимую точность измерения V_T , особенно при высокой частоте вентиляции, используемой у новорожденных. Первые аппараты ИВЛ с управлением по объему не обеспечивали доставку пациенту свежего газа, если он совершал попытки вдоха между дыхательными циклами. Другая серьезная проблема, связанная с этими устройствами, возникла из убеждения, что высокое давление в дыхательных путях приводит к повреждению легких.

Так как врач не имел возможности контролировать инспираторное давление при искусственной вентиляции легких с управлением по объему, это привело к разработке новых аппаратов с ограничением по давлению; объемной вентиляции стали уделять меньше внимания.

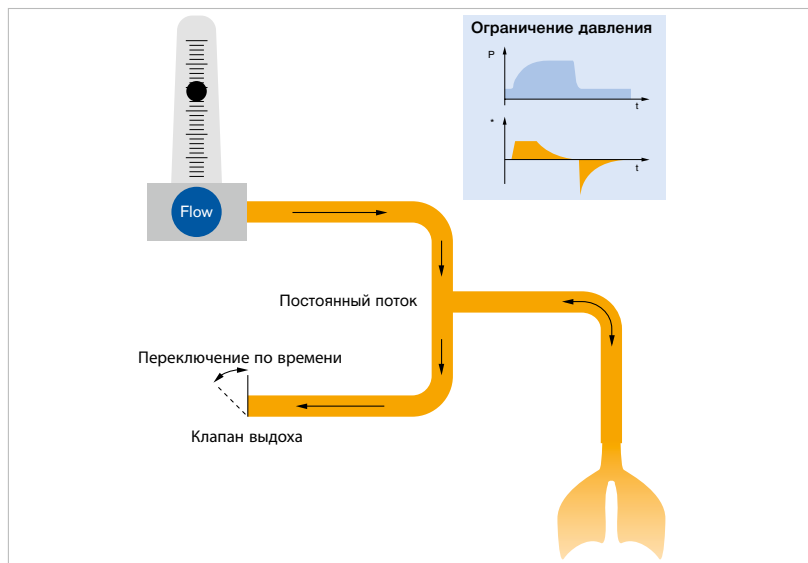
Резюме: ИВЛ с управлением и переключением по объему

- Аппараты ИВЛ с управлением и переключением по объему подают постоянный, заранее установленный дыхательный объем при каждом дыхательном цикле.
- В своей простейшей версии респиратор подает установленный V_T в контур, создавая давление, необходимое для достижения этого V_T .
- Фаза вдоха завершается, когда достигается установленный V_T или истекло максимальное время вдоха.
- Во время аппаратного выдоха нет постоянного потока свежего газа; на некоторых аппаратах пациент должен преодолеть сопротивление клапана, чтобы получить свежую дыхательную смесь (исключение составляют режимы ВІРАР и AutoFlow на аппарате Evita).
- Основное преимущество: при быстро меняющейся податливости легких, например, вследствие сурфактантной терапии, или из-за изменений характера заболевания, реальный доставляемый в контур пациента дыхательный объем остается постоянным;
- Основной недостаток: доставляемый дыхательный объем обычно измеряется у вентилятора на расстоянии от Y-образного коннектора. Если такой метод применяется у новорожденных, то это приводит к ошибке в измерении доставляемого дыхательного объема из-за утечек через эндотрахеальную трубку и низкой податливости легких, по сравнению с растяжимостью контура.

5. Искусственная вентиляция легких с ограничением по давлению (Pressure-limited): концепция, использование, ограничения

Современным стандартом ИВЛ у новорожденных является вентиляция с перемежающимся положительным давлением (IPPV), переключением по времени, с ограничением по давлению и постоянным потоком.

Аппарат для такой ИВЛ можно упрощенно представить в виде источника потока с T-образным контуром и с одним клапаном, который определяет давление в системе. Упрощенная схема показана на рис.5.



D-22382-2010

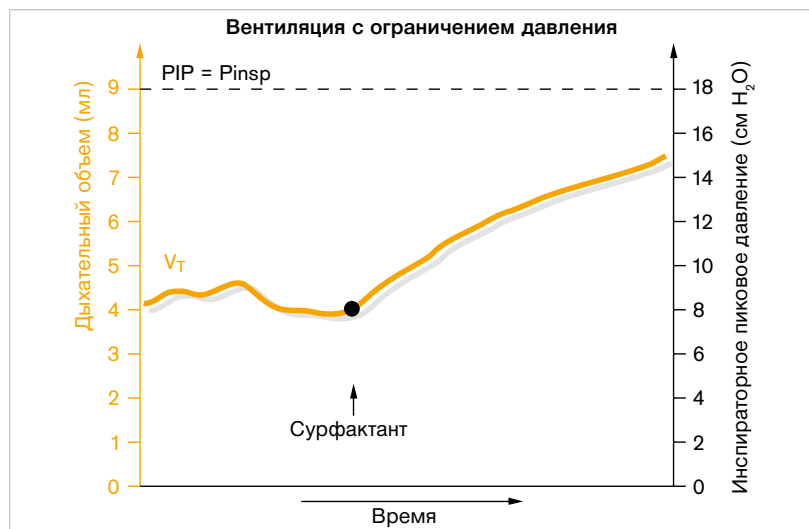
Рис. 5. Принцип работы аппарата ИВЛ с ограничением по давлению, переключением по времени и постоянным потоком.

В простейших вариантах этих аппаратов ИВЛ врач может настроить T_I , T_E , P_{insp} , $PEEP$, скорость потока и FiO_2 . Во время фазы вдоха клапан закрыт, газ поступает в дыхательный контур и легкие пациента под давлением, возрастающим до установленного значения P_{insp} . Насколько быстро будет возрастать это давление, зависит от податливости легких пациента и дыхательного контура, скорости потока и утечки газа из эндотрахеальной трубки. Большие утечки, низкий поток и высокая податливость контура и легких приводят к более медленному повышению давления в контуре, по сравнению с малыми утечками, низкой податливостью контура и легких, и высокой скоростью потока. После окончания T_I клапан снова открывается, позволяя давлению в контуре снижаться до уровня $PEEP$. На уровне $PEEP$ клапан остается открытым до тех пор, пока не завершится T_E ; затем он закрывается, и цикл начинается заново с генерации давления. Газ поступает в дыхательный контур постоянно - как во время T_I , так и T_E .

Эти вентиляторы решают некоторые проблемы, связанные с ИВЛ в режиме Volume-Control: пользователь может контролировать давление в дыхательных путях, а изменяющиеся утечки из эндотрахеальной трубки не препятствуют нарастанию давления в дыхательных путях (при достаточно высоком потоке). Это стабильное давление распространяется по всему легкому и теоретически должно способствовать лучшему распределению газа. Поток свежего газа доступен для пациента во время фазы выдоха, без необходимости преодоления высокого сопротивления клапана (как на вентиляторах с управлением по объему, за исключением режимов $VPAP$ и $AutoFlow$ на аппарате *Evita*).

Однако, поскольку величина дыхательного объема изначально не устанавливается, то колебания податливости легких приводят к изменению дыхательного объема. Если при существующем максимальном инспираторном давлении податливость уменьшится вдвое, то и доставляемый V_T тоже уменьшится вдвое. В ситуациях с частично и полностью obturированной эндотрахеальной трубкой или при активном выдохе пациента во время аппаратной фазы вдоха, может быть достигнуто максимальное инспираторное давление, но при этом, подаваемый дыхательный объем не превысит величину анатомического мертвого пространства дыхательной системы. Противоположная ситуация, вероятно, вызывает даже больше опасений.

Существенное увеличение податливости легких, например, вследствие сурфактантной терапии, приведет к пропорциональному увеличению доставляемого V_T , хотя давление на входе уменьшится (рис.6).



D-22333-2010

Рис.6: Влияние сурфактантной терапии и улучшения податливости легких на дыхательный объем при постоянном инспираторном пиковом давлении 18 см H₂O. Улучшение состояния пациента после введения сурфактанта осталось незамеченным, и давление не было снижено. В результате повышения податливости легких легких увеличился дыхательный объем. Это наглядно показывает опасность непостоянного мониторинга дыхательного объема.

Таким образом, искусственная вентиляция легких с ограничением давления создает стабильное пиковое инспираторное давление, но при этом возможна высокая вариабельность дыхательного объема, который может стать меньше объема мертвого пространства и вызывать альвеолярную гиповентиляцию; или существенно увеличиться и явиться причиной перерастяжения и повреждения легких.

6. Преимущества и недостатки аппаратов искусственной вентиляции легких с управлением по объему и ограничением по давлению

В таблице 1 представлены преимущества и недостатки вентиляторов с управлением по объему и аппаратов с ограничением по давлению. Преимущества выделены светло-голубым шрифтом.

Таблица 1

Проблема	Эффекты при использовании вентиляторов с управлением по объему.	Эффекты при использовании вентиляторов с ограничением по давлению и постоянным потоком.
Вариабельные утечки из эндотрахеальной трубки	Измерение потока производится в аппарате ИВЛ	Измерение потока производится у Y-образного коннектора
Высокая податливость контура, сопоставимая с податливостью легких	Ребенок получает не постоянный дыхательный объем	Давление и дыхательный объем стабильны (если все остальные факторы остаются постоянными)
Быстрое увеличение податливости легких, например, после применения сурфактанта или, санации ТБД	Дыхательный объем поступает в одинаковой степени как в дыхательный контур, так и к пациенту	Стабильное давление в дыхательных путях и стабильный дыхательный объем пациента
Спонтанное дыхание между принудительными вдохами	Доставляется стабильный дыхательный объем при автоматически сниженном пиковом давлении	Подается избыточный дыхательный объем, если врач не уменьшит пиковое давление
Баротравма	Поток свежего газа поступает к пациенту только при увеличении работы дыхания. Исключение: AutoFlow на Evita	Поток свежего газа доступен в любое время
Волюмотравма	Возможна при ухудшении податливости легких	Маловероятна при установленных пределах давления
Ателектаз легких	Маловероятна, если выбран подходящий дыхательный объем	Возможна, если податливость легких увеличивается без соответствующего снижения пикового давления
	Дыхательный объем будет поступать только в наиболее податливые отделы легких	Снижающийся поток позволяет передать давление в наименее податливые отделы легких

7. Измерение дыхательного объема у новорожденных – как преодолевает эти трудности аппарат ИВЛ Dräger Babylog?

На аппарате Babylog 8000 plus дыхательный объем измеряется при помощи термоанемометра на Y-образном коннекторе пациента. Это маленький, высокоточный сенсор с небольшим мертвым пространством и разрешением до 0,1 мл. Более того, для определения доставленного дыхательного объема Babylog измеряет выдыхаемый дыхательный объем, а не вдыхаемый. Т.е. Babylog регистрирует фактически доставленный пациенту дыхательный объем, а не общий объем, поступивший в контур, и таким образом не происходит завышение объема за счет утечки через эндотрахеальную трубку. Эти и другие специфические особенности, связанные с дыхательным объемом при ИВЛ новорожденных и их решения в аппарате Babylog 8000 plus, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Проблема	Решение в вентиляторе Babylog 8000 plus
Утечка из эндотрахеальной трубки	Измерение экспираторного дыхательного объема для определения фактически поступившего V_T
Автоматическое переключение цикла из-за утечки газа	Снижено, поскольку используется расчетный уровень утечки газа для перенастройки чувствительности триггера
Податливость контура выше, чем у легких	Измерение V_T проводится на уровне Y-образного коннектора пациента
Небольшие дыхательные объемы	Сенсор потока с высоким разрешением
Высокая частота спонтанного дыхания	Быстро реагирующий сенсор потока
Низкие дыхательные объемы пациента	Сенсор потока с малым объемом мертвого пространства

8. Volume Guarantee (VG): принцип работы

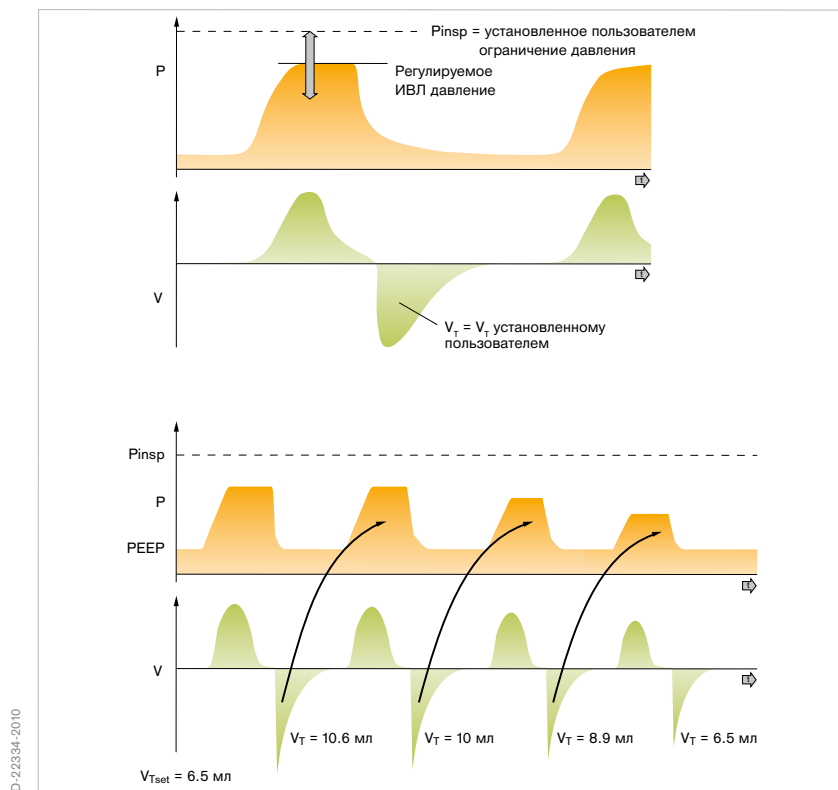
Volume Guarantee (VG) является функцией, которая объединяет преимущества вентиляции с ограничением по давлению, переключением по времени, постоянным потоком и традиционной вентиляции, управляемой по объему. Применение VG в аппаратах ИВЛ Babylog возможно при всех режимах триггерной вентиляции. Функция VG – результат единственной в своем роде комбинации точного измерения дыхательного объема у Y-образного коннектора и высокотехнологичных программных алгоритмов контроля изменений свойств легких.



D-202215-2010

Лучше всего описать VG как искусственной вентиляции легких с ограничением по давлению с гарантированным или целевым дыхательным объемом

VG дает врачу полный контроль над давлением в дыхательных путях, но при этом вентилятор может мониторить состояние дыхательной функции пациента и соответствующим образом изменять пиковое давление от вдоха к вдоху – до установленного максимального значения, и таким образом достигать заданного V_T . Пиковое давление, устанавливаемое аппаратом ИВЛ варьируется между заданным врачом значением P_{insp} и РЕЕР. За счет этого должен стабилизироваться



доставляемый дыхательный объем, чтобы он не колебался, как это случается, когда используется обычный вентилятор с ограничением по давлению или вентилятор с управлением по объему (VC).

В режиме VG аппарат Babylog 8000 plus непрерывно измеряет поток для контроля за попытками спонтанных вдохов пациента и сравнивает доставленный (экспираторный) дыхательный объем с установленным значением. Эти данные используются при следующем вдохе, чтобы настроить инспираторное пиковое давление на таком уровне, который обеспечил бы доставку дыхательного объема, близкого к установленному V_T . (рис.7).

Таким образом, вентилятор Babylog 8000 plus выбирает наиболее низкое инспираторное пиковое давление, которое обеспечивает нужный дыхательный объем. Благодаря точному контролю за вентиляцией аппарат ИВЛ старается подстроить объем каждого вдоха под изменяющиеся потребности пациента, вместо того, чтобы использовать неизменные установочные значения. На рисунке 8 представлен алгоритм применения функции VG на вентиляторе Babylog 8000 plus.

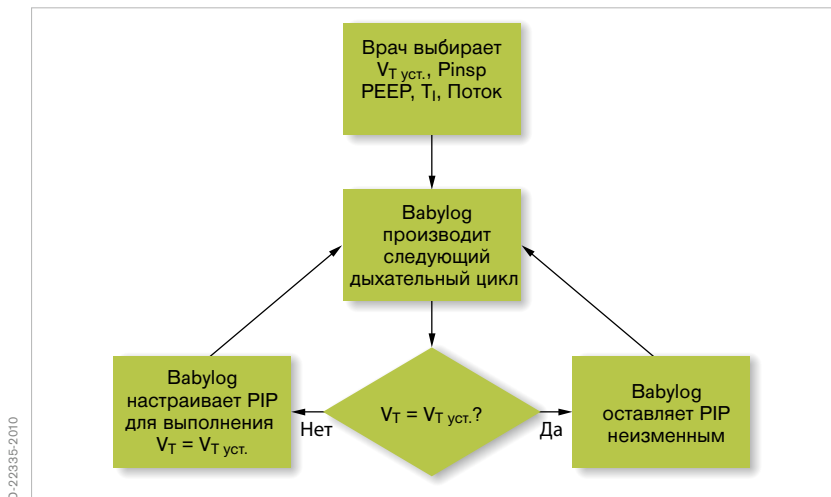


Рис.8: Программный алгоритм функции Volume Guarantee

Так как аппарат Babylog 8000 plus измеряет поток у Y-образного коннектора и работает по специальному алгоритму, разработанному для неонатологии, то VG не имеет ограничений, характерных для режимов с регулировкой по давлению и управлением по объему при вентиляции новорожденных на аппаратах для взрослых пациентов.

Ограничения:

Режимы с регулировкой по давлению и управлением по объему при вентиляции новорожденных на аппаратах для взрослых пациентов:

- Измерение дыхательного объема в экспираторной части контура приводит к ошибочному измерению реального дыхательного объема из-за утечки газа в области эндотрахеальной трубки при низкой податливости легких, в сравнении с системной податливостью контура.
- Регулирование инспираторного пикового давления на основе объема вдоха вместо объема выдоха ведет к переоценке доставленного V_T .
- В системе, которая регулирует давление на основе инспираторного дыхательного объема, при повышающейся утечке газа из эндотрахеальной трубки автоматически будет уменьшаться давление и падать дыхательный объем.

Если у ребенка отсутствуют спонтанные респираторные усилия во время аппаратного вдоха, то вентилятор ИВЛ будет использовать необходимое пиковое давление, вплоть до установленного максимального P_{insp} , с тем, чтобы дыхательный объем максимально приблизился к заданному V_T . При высокой податливости легких и отсутствии активного выдоха пациента во время аппаратного вдоха, применяемое респиратором инспираторное пиковое давление может быть ниже установленного P_{insp} . Если податливость легких изменяется и отсутствуют попытки спонтанного дыхания пациента, то от вдоха к вдоху инспираторное пиковое давление будет соответственно меняться, причем противоположно величине податливости. Максимальное пиковое давление всегда будет ограничено предустановленным значением P_{insp} (рис.9).

Основной задачей вентиляции с применением VG является автоматический выбор давления на вдохе (в безопасных пределах), необходимого для достижения целевого дыхательного объема для конкретного пациента.

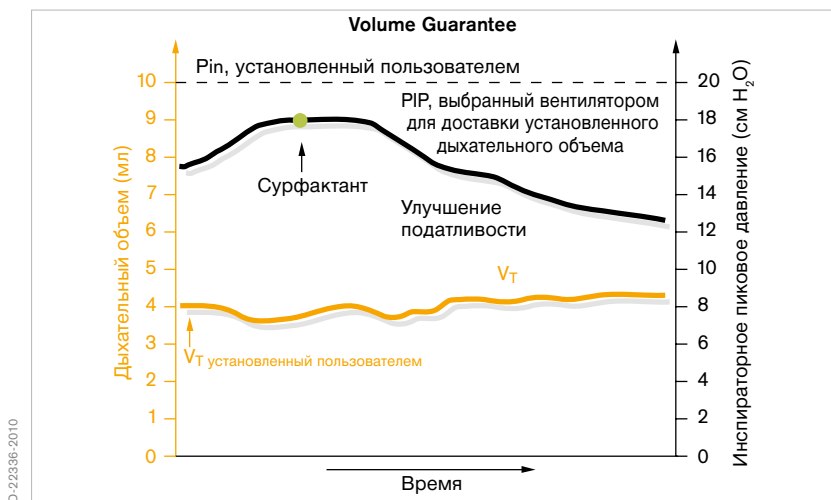


Рис.9: Кривая динамики дыхательного объема, при использовании VG. Установлен целевой дыхательный объем – 4 мл и P_{insp.} – 20 см H₂O. Непрерывно осуществлялась регистрация V_T и инспираторного пикового давления. Каждое изменение V_T приводило к автоматической перенастройке инспираторного пикового давления. При улучшении податливости легких в результате сурфактантной терапии увеличение V_T приводило к автоматическому снижению PIP. Таким же образом, при снижении респираторной активности пациента и уменьшении V_T вентилятор повышает PIP, чтобы поддержать V_T на уровне 4 мл.

8.1 ПАРАМЕТРЫ ТРЕВОГ И ПРЕДЕЛЫ V_T ПРИ ФУНКЦИИ ГАРАНТИРОВАННОГО ОБЪЕМА

При VG ребенок может спонтанно вдыхать во время фазы аппаратного вдоха. Аппарат Babylog 8000 plus учитывает эти дыхательные усилия при определении дыхательного давления. Если спонтанный V_T пациента велик, то аппарату ИВЛ остается только добавить остаток объема: т.е. требуется подать незначительное давление, чтобы достигнуть необходимого заданного V_T . Если общий доставленный дыхательный объем превысит заданное значение более чем на 30%, то откроется клапан выдоха, чтобы газ больше не поступал в легкие пациента. В этой ситуации аппарат Babylog 8000 plus использует измерение инспираторного дыхательного объема для того, чтобы избежать перерастяжения легких.

Тем не менее, благодаря постоянному потоку газа в контуре пациент может в любое время дышать спонтанно. Это предотвращает подачу вентилятором избыточного дыхательного объема, позволяет использовать минимальные значения пикового давления, а ребенку выполнять дополнительные вдохи. При этом, если дыхательные усилия ребенка варьируются, то существенно изменяется и доставляемый V_T . На аппаратах Babylog 8000 plus подача целевого V_T достигается не сразу, а в течение нескольких дыхательных циклов. Чтобы избежать гиповентиляции при низком значении V_T , после окончания установленного времени задержки аварийного сигнала включается тревога (рис. 10).

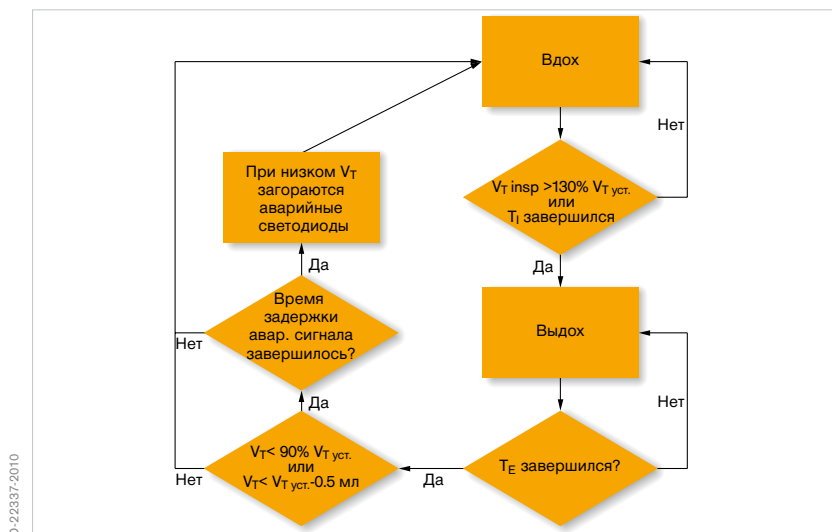




Рис.10: Алгоритм тревожной сигнализации и безопасные границы V_T при Volume Guarantee. Если подаваемый V_T менее 90% от заданного или отличается от него более, чем на 0,5 мл, тогда активируется аварийная сигнализация. Если подобное состояние сохраняется дольше заданного времени задержки аварийного сигнала, тогда включается сигнал тревоги. Инспираторный объем может подняться только до 130% от установленного значения, иначе инспираторная фаза будет прервана для защиты от перераздувания легких.

8.2 НАЧАЛО ВЕНТИЛЯЦИИ С ОПЦИЕЙ VG У НОВОРОЖДЕННОГО

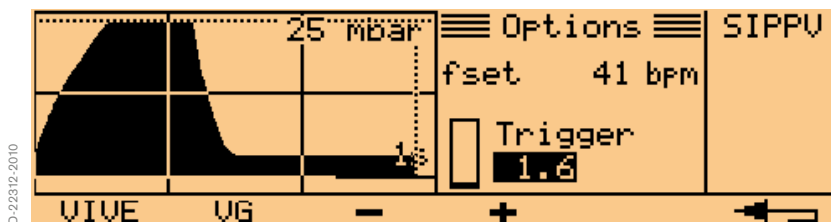
Функция VG может использоваться только в комбинации с триггерными режимами искусственной вентиляции аппарата Babylog 8000 plus, а именно: с Synchronized Intermittent Positive Pressure Ventilation (SIPPV) или Assist/Control (A/C), Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation (SIMV) и Pressure Support Ventilation (PSV). Запуск всегда один и тот же. Соответствующие изменения в установочных параметрах основываются на показателях газов крови и могут существенно различаться в зависимости от выбранного триггерного режима. Сейчас мы обсудим особенности применения VG при SIPPV. В принципе существуют два подхода к началу вентиляции в режиме SPPV с функцией VG.

8.2.1 ПРИНЦИП ОРИЕНТАЦИИ НА ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ОБЪЕМ

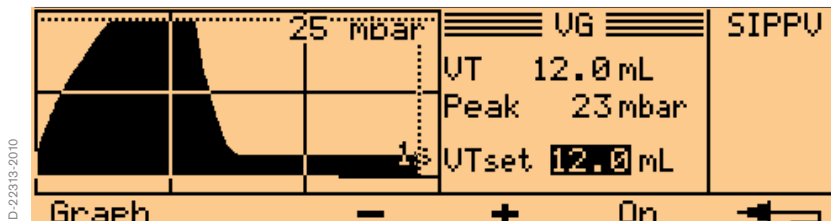
Приоритетной целью является гарантированная доставка заранее установленного V_T , и в меньшей степени контроль пикового давления в дыхательных путях. Перед подключением вентилятора к пациенту необходимо провести калибровку датчика потока на модели легкого.

- Нажать кнопку  и выбрать SIPPV. Помните, что последующее нажатие «ON» активирует ранее выбранный режим.
- Установить максимальную чувствительность триггера (1 – максимальная чувствительность, 10 – минимальная чувствительность). Регулировка обычно проводится, когда пациент подключен к аппарату. (Это необходимо, чтобы уменьшить автотриггирование, обусловленное утечкой; аппарат Babylog 8000 plus в значительной степени автоматически компенсирует утечку из эндотрахеальной трубки).
- Нажать кнопку <  >, чтобы вернуться на главный экран
- Нажать кнопку <values>
- Нажать <Set 1>
- Нажать кнопку T_I , T_E (они определяют резервную частоту при апноэ), FiO_2 , PIP, PEEP и скорость потока

– Нажать кнопку  , чтобы можно было выбрать опцию:



– Нажать кнопку <VG>, чтобы перейти к следующему VG-экрану:



– Кнопками «+» и «-» установите желаемый V_T . В литературе имеется немного рекомендаций по выбору необходимого V_T для искусственной вентиляции новорожденных и, особенно, недоношенных детей. Обычно мы начинали с 4-6 мл/кг [7, 8] и это стартовое значение затем корректировали на основании анализа газов крови. Естественно, требуемый V_T зависит от общего объема мертвого пространства и от желаемого $P_A\text{CO}_2$. Учитывая, что выбор V_T зависит, как правило, от массы тела, то постоянный объем мертвого пространства у детей старшего возраста имеет меньшее значение, чем у маленьких детей.

– Нажать <ON>. SIPPV с VG теперь активирован. В той же последовательности можно запустить VG и при SIMV или PSV. Теперь можно подключить пациента к аппарату ИВЛ.


- Проверьте доставляемый V_T и пиковое давление, создаваемое аппаратом Babylog 8000 plus, чтобы доставить этот V_T . Для этого есть много возможностей, среди прочих - через страничку экрана <Measure 1> или через страничку <VG>, как описано в п.8. Дыхательный объем стабилизируется в течение примерно 6-8 дыхательных циклов; как долго это будет длиться - зависит от реальной частоты дыхания.
- Если применяемое пиковое инспираторное давление, необходимое для достижения требуемого V_T , на несколько сантиметров водного столба (или mbar) ниже установленного P_{insp} (P_{insp} – максимально допустимое давление), то установленное значение P_{insp} может оставаться неизменным. Это «дополнительное» пиковое давление может использоваться аппаратом ИВЛ, если податливость легких снизится (или возрастет сопротивление дыхательных путей, утечка из эндотрахеальной трубки или станут слабее дыхательные усилия пациента).
- Если используемое аппаратом Babylog 8000 plus инспираторное пиковое давление будет равно или почти равно установленному P_{insp} , то рекомендуется увеличить P_{insp} минимум на 4-5 mbar. Тогда у аппарата ИВЛ будет больше возможности, чтобы подать необходимый V_T даже при падающей податливости. Если врач решит не увеличивать первоначально установленное значение P_{insp} , то через некоторое время это может привести к тому, что доставляемый V_T станет ниже установленного (например, если податливость легких снизится). Однако в других ситуациях доставляемый V_T может быть равным или близким по значению к установленному V_T . В любом случае, величина V_T будет более стабильной при использовании режима VG.
- Если доставляемый V_T равен или больше 90% от установленного значения, то активизации тревожной сигнализации не произойдет. При этом необходимо не забывать, что аварийные сигналы минутной вентиляции нужно настраивать как обычно. Это гарантирует, что врач обратит внимание на низкий минутный объем, даже тогда, когда отдельные дыхательные циклы адекватны – например, в случае прекращения спонтанного дыхания ребенка на фоне установленной слишком низкой частоты принудительного дыхания.
- Если V_T менее 90% установленного значения, то после окончания установленного времени задержки аппарат Babylog включит аварийный сигнал < V_T low >. Затем загорятся зеленые светодиоды на трех вращающихся ручках, которые управляют P_{insp} , T_I и скоростью потока.

Что необходимо делать в этой ситуации, разъяснено в следующем разделе.



Резюме: Принцип ориентации на дыхательный объем при включении опции Volume Guarantee:

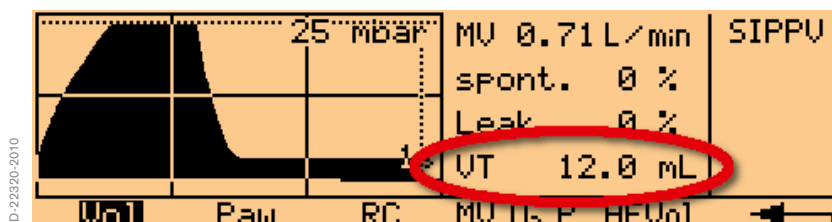
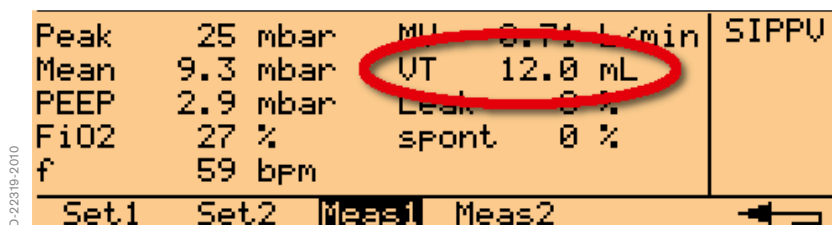
Откалибровать датчик потока и подключить аппарат Babylog к модели легкого. Характеристики искусственного легкого могут существенно отличаться от легкого пациента.

- Нажать кнопку  и выбрать необходимый режим триггерной вентиляции (SIMV, SIPPV, или PSV).
- Установить максимальную чувствительность триггера.
- Настроить T_i , T_e , (а также и резервную частоту на случай остановки дыхания), FiO_2 , P_{insp} , PEEP, и скорость потока.
- Нажать кнопку <VG>, и кнопками + и - настроить V_T (начальное значение 4-мл/кг [7, 8]).
- Подключить пациента к аппарату Babylog.
- Выбрать страничку экрана <Meas 1> или <VG>.
- Проверить V_T ; проверить фактический PIP, который требуется аппарату ИВЛ для достижения желаемого V_T .
- Подстроить P_{insp} (максимально допустимое давление) в соответствии с фактическим пиковым давлением.

8.2.2 ТРАДИЦИОННЫЙ ПРИНЦИП ОРИЕНТАЦИИ НА ДАВЛЕНИЕ

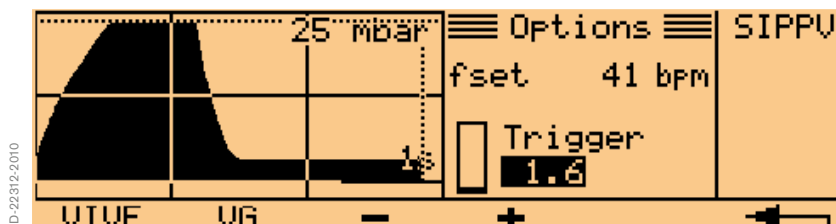
В данном случае аппарат ИВЛ подготавливают как обычно для SIPPV (или SIMV или PSV): в режиме SIPPV врач настраивает P_{insp} , PEEP, T_I , резервную частоту, поток и FiO_2 . Значения P_{insp} и PEEP выбирают таким образом, чтобы экскурсия грудной клетки была достаточной. При установке начальных значений часто ориентируются на существующие протоколы стационара и клинические рекомендации, соответственно регулируя их в зависимости от показателей газов крови.

- На аппарате Babylog 8000 plus настроить страничку экрана <Meas 1> или страничку <Vol>.

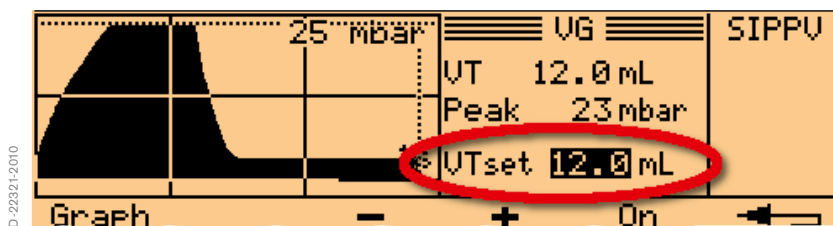


- Появляются значения доставляемого дыхательного объема. Они могут колебаться от вдоха к вдоху ввиду вышеописанных причин. Когда значение V_T будет стабильным и будет оценено как «типичное» V_T , необходимо запомнить его величину.

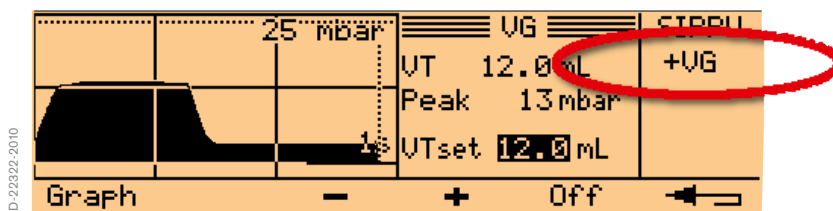
- Нажать кнопку  и появится следующее изображение:



- Нажать кнопку опции VG: появится следующее изображение:




- Задаваемое значение V_T выбрать кнопками «+» и «-». V_T можно настроить на предыдущее «типичное» значение.
- Активировать функция VG. На страничке экрана VG нажать кнопку <ON>. Аппарат Babylog 8000 plus теперь будет проводить искусственную вентиляцию с VG в режиме SIPPV.



Используя данный метод при запуске VG придерживались обычных клинических алгоритмов относительно выбора P_{insp} и PEEP, причем PIP был таким же, как при SIPPV без VG. Для врачей, которые только приобретают первый опыт применения VG, данный принцип последовательности выполнения операций может быть полезным; однако существенный недостаток состоит в том, что акцент делается преимущественно на давление, а не на дыхательный объем. Несмотря на это, SIPPV с установленной опцией VG будет обеспечивать более стабильный дыхательный объем, нежели SIPPV без VG. При использовании данного метода врач постоянно должен принимать решение: достаточно ли установленное давление для обеспечения желаемого дыхательного объема.

Резюме: Принцип ориентации на давление при включении опции Volume Guarantee:

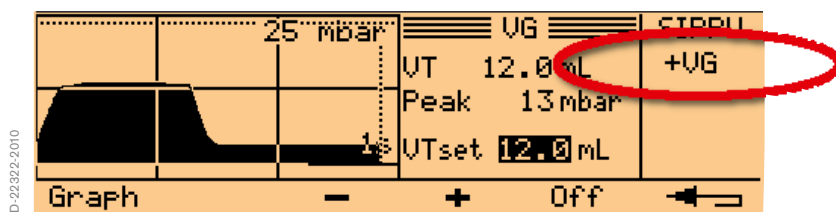
Аппарат Babylog 8000 plus подключить к пациенту и подготовить для искусственной вентиляции в режиме SIPPV (A/C), SIMV или PSV.

- Настроить T_I , T_E , (а также и резервную частоту на случай остановки дыхания), FiO_2 , P_{insp} , PEEP и поток, как обычно в соответствии с протоколами отделения.
- Выбрать страничку экрана <Meas 1> или страничку <Vol.>.
- Запомнить дыхательный объем V_T .
- Нажать кнопки  и <VG >.
- Настроить желаемое значение для V_{T_p} используя кнопки «+» и «-» до величины, указанной в п.3.
- Нажать кнопку <ON> для активации опции VG.
- Проверить V_T ; проверить фактический PIP, который требуется аппарату ИВЛ для доставки заданного V_T .
- Подстроить P_{insp} (максимально допустимое давление) в соответствии с фактическим пиковым давлением.

8.3 КАКИЕ МОНИТОРИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВАЖНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ VOLUME GUARANTEE?

8.3.1 ЧТО ДЕЛАТЬ, КОГДА СРАБОТАЛА ТРЕВОГА <V_T НИЗКИЙ>

Данный сигнал срабатывает тогда, когда либо установлено недостаточное (слишком низкое) значение P_{insp}, либо T_I (инспираторное время) слишком коротко или если поток установлен на слишком низком уровне и поэтому не достигается V_T. Рекомендуемый выход:



Проверить пиковое давление на страничке экрана <Meas 1> или <VG>. Также проверить давление в дыхательных путях и кривые потока.

8.3.2 ЧТО ДЕЛАТЬ ПРИ СЛИШКОМ НИЗКОМ УСТАНОВЛЕННОМ P_{INSP}

Если используемое пиковое давление близко по значению или равно установленному P_{insp} или давлению плато, то вероятно максимального PIP будет недостаточно, чтобы доставить установленный V_T. Повышайте P_{insp} до тех пор, пока аварийный сигнал не выключится: зеленые светодиоды больше не будут гореть, аварийное сообщение исчезнет с экрана, а доставляемый V_T приблизится к заданному значению.



8.3.3 ЧТО ДЕЛАТЬ ПРИ СЛИШКОМ НИЗКОМ УСТАНОВЛЕННОМ ИНСПИРАТОРНОМ ПОТОКЕ

Если используемое пиковое давление не равно и не приближается по значению к установленному P_{insp} , а также не определяется фаза плато на графике давления, то, вероятно, T_i слишком коротко, а поток слишком низок для достижения, установленного P_{insp} . Понаблюдайте за кривой давления и потока: если восходящая часть кривой давления наклонная (не крутая), не формируется плато, и поток не снижается к концу фазы вдоха (т.н. постоянный профиль потока), то установленная скорость потока слишком низкая. Это особенно важно при большой утечке из эндотрахеальной трубки. Тогда нужно установить больший поток, что позволит вентилятору быстрее достигать установленный уровень P_{insp} .



8.3.4 ЧТО ДЕЛАТЬ ПРИ СЛИШКОМ КОРОТКОМ ВРЕМЕНИ ВДОХА

Если на графике потока видно, что в конце T_I в легкие все еще поступает газ (т.е. в конце T_I поток не возвращается к нулевой отметке) и восходящая часть кривой давления не пологая из-за низкого пикового давления и низкого V_T , то, вероятно, T_I слишком коротко. T_I (инспираторное время) необходимо увеличить для достижения адекватного пикового давления и V_T . Однако необходимо помнить, что условием для эффективного срабатывания триггера является настройка T_P , близкая по значению к времени спонтанного вдоха ребенка. Это позволяет предотвратить активный выдох ребенка во время фазы вдоха вентилятора. Последняя ситуация возникает тогда, когда заданное T_I значительно длиннее спонтанного времени вдоха.



D-22317-2010

Наиболее часто встречающейся причиной активизации тревоги $\langle V_T \text{ low} \rangle$ является установка низкого P_{insp} . Тревога $\langle V_T \text{ low} \rangle$ может возникнуть в процессе проведения респираторной терапии при изменениях податливости и сопротивления дыхательных путей у пациента. В этих ситуациях необходима повторная регулировка P_{insp} .

9. Управление вентиляцией с VG у недоношенных и новорожденных детей

В начале ИВЛ новорожденных с применением VG мы предлагаем установить стартовые значения для дыхательного объема 4-6 мл/кг [7, 8]. Естественно, у некоторых детей эти значения впоследствии нужно будет изменить, чтобы поддержать клинически приемлемые значения газов крови. Нужно будет регулировать установленный V_T и P_{insp} , чтобы учесть вариации объема мертвого пространства, меняющиеся спонтанные дыхательные усилия и частоту спонтанного дыхания. Врачу необходимо учитывать эти аспекты, особенно в начале искусственной вентиляции легких, когда идет процесс настройки режимов ИВЛ в соответствии с индивидуальными потребностями пациента. Если специфические для данного пациента значения определены, то искусственная вентиляция с VG должна обеспечить стабильный V_T в пределах установленных границ давления. Важнейшим для определяемых значений является верхняя граница установленного значения V_T и также P_{insp} . Если в дальнейшем состояние легких ребенка улучшится, то, теоретически, это должно привести к автоматическому уменьшению инспираторного пикового давления, необходимого для достижения стабильного V_T .

9.1 ОТЛУЧЕНИЕ ОТ АППАРАТА ИВЛ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОПЦИИ VOLUME GUARANTEE

Теоретически, после определения подходящего дыхательного объема, отлучение от ИВЛ должно происходить автоматически при всех режимах искусственной вентиляции с VG. По мере улучшения состояния ребенка уровень давления, создаваемого вентилятором для достижения заданного V_T , будет падать. Если используемое пиковое давление достигло очень низкого уровня, то ребенок может быть экстубирован. В этой ситуации PIP будет выше РЕЕР лишь на ту величину, которая требуется для преодоления сопротивления эндотрахеальной трубки. Единственная проблема состоит в том, что зачастую аппарат ИВЛ будет откликаться на респираторные попытки пациента, даже если поддерживающее давление слишком низкое. Эту проблему клиницистам еще предстоит решить.

В ходе выздоровления врач должен вмешаться, когда исследования газов крови выявят гипервентиляцию. Это может произойти, так как недоношенные дети не могут регулировать частоту спонтанного дыхания и дыхательные усилия так, чтобы сохранить нормокапнию. Вид настройки при отлучении от аппарата зависит от первичных режимов ИВЛ, с которыми был применен VG, т.е. SIPPV (Assist/Control), SIMV или PSV. Поддержку дыхания можно регулировать как за счет частоты дыхания, так и за счет установленного V_T . При PSV с VG это происходит напрямую через V_T . Первый шаг к отлучению необходимо сделать, прежде всего, самому врачу (например, уменьшить V_T , чтобы получить $P_A\text{CO}_2$, которое будет стимулировать попытки спонтанного дыхания пациента для восстановления нормокапнии) и затем до принятия следующих мер проследить реакцию пациента. Если пациент компенсирует снижение V_T усилением спонтанных дыхательных усилий, то процесс отлучения можно продолжить. Установленный V_T не нужно дальше уменьшать, так как чем больше пациент увеличит работу дыхания, тем меньше он получит поддержки от аппарата. Но если уменьшение V_T приводит к тому, что пациент начинает дышать с напряжением, устает и дыхание останавливается, а аппарат увеличивает давление в дыхательных путях до P_{insp} , то процесс отлучения явно необходимо прекратить. В противоположной ситуации, когда спонтанное дыхание ребенка становится полностью адекватным, только полное прекращение вентиляционной поддержки может предотвратить гипервентиляцию.

9.2 ЕСТЬ ЛИ НОВОРОЖДЕННЫЕ ПАЦИЕНТЫ У КОТОРЫХ ПРИМЕНЕНИЕ VG НЕВОЗМОЖНО?

9.2.1 БОЛЬШИЕ УТЕЧКИ ИЗ ЭНДОТРАХЕАЛЬНОЙ ТРУБКИ

Если утечки из эндотрахеальной трубки слишком велики, более чем на 65%, то точное измерение дыхательного объема может стать невозможным. В подобных ситуациях, даже при низком давлении в дыхательных путях в экспираторной фазе, выдыхаемый газ не будет полностью проходить через сенсор потока, так как часть его утечет. Следствием этого будет ошибочное занижение выдыхаемого V_T по сравнению с доставляемым в легкие. В этой ситуации преимущества искусственной вентиляции с VG перед традиционной вентиляцией с ограничением по давлению проявляются в меньшей степени. Однако, поскольку утечки непостоянны, некоторые значения доставляемого V_T могут быть очень близки к установленному, а максимальное пиковое давление остается под контролем врача.

9.2.2 НОВОРОЖДЕННЫЕ С АКТИВНЫМИ ПОПЫТКАМИ СПОНТАННОГО ДЫХАНИЯ

Так как при использовании VG вентилятор пытается постоянно подавать стабильный V_T , то для маленьких детей с активными попытками спонтанного дыхания, у которых установленный V_T постоянно меньше спонтанного дыхательного объема, эта функция не подходит. Данная ситуация может возникнуть по разным причинам. Установленный V_T может быть слишком низким, в результате чего пациент будет интенсивно дышать только потому, что хочет получить адекватный дыхательный объем. Чрезмерные респираторные усилия, дыхание типа «гаспинг» и повышенное $P_A\text{CO}_2$ – вот возможные клинические признаки этой ситуации. Необходимо увеличивать целевой V_T пока респираторная картина не улучшится, а параметры газов крови не нормализуются.

Выздоровливающие пациенты могут дышать настолько активно, что их спонтанный дыхательный объем может превышать установленный V_T . Эти дети не имеют нарушений дыхания, и газы крови должны быть в порядке. В данном случае целесообразен полный отказ от искусственной вентиляции, особенно если используемое пиковое давление намного меньше, чем максимальное установленное P_{insp} .

10. Потенциальные преимущества искусственной вентиляции легких с гарантией объема

Volume Guarantee – многообещающая опция искусственной вентиляции легких у новорожденных. Данная функция была специально разработана для решения некоторых проблем традиционной для новорожденных искусственной вентиляции легких с ограничением по давлению. Несмотря на то, что преимущества опции VG еще нуждаются в клинических доказательствах, она может быть полезна в следующих ситуациях:

- VG может обеспечить стабильный дыхательный объем, несмотря на изменения податливости, сопротивления и утечки из эндотрахеальной трубки. Это, в свою очередь, должно привести к стабильному $P_A\text{CO}_2$ и снижению вероятности развития гипер- и гипокпапнии.
- Меньшая вероятность возникновения повреждений легких из-за их чрезмерного растяжения и, таким образом, сокращение волюмотравмы.
- Участие пациента в поддержании дыхательного объема способствует снижению величины пикового давления, что существенно снижает риск баротравмы.
- Автоматическое отучение: если состояние легких пациента улучшается и податливость увеличивается, например, после сурфактантной терапии, VG будет автоматически снижать пиковое давление для поддержания установленного V_T .
- Автоматическая подстройка пикового давления при изменении величины РЕЕР.
- В комбинации с Pressure Support Ventilation могут возникнуть новые преимущества, в частности, уменьшении частоты активного выдоха ребенка во время фазы аппаратного вдоха.

11. О чем нельзя забывать при использовании режима Volume Guarantee?

Volume Guarantee представляется многообещающим новым средством для неонатальной вентиляции, которое было разработано, чтобы помочь преодолеть некоторые из проблем обычной вентиляции новорожденных с ограничением давления. В то время как его преимущества пока еще не доказаны клиническими данными, тем не менее, мы можем предположить, что это может быть полезно в следующих областях:

- Опция Volume Guarantee позволяет объединить преимущества вентиляции с ограничением по давлению, управлением по времени и с постоянным потоком, с преимуществами вентиляции, управляемой по объему.
- VG комбинируется со всеми триггерными режимами искусственной вентиляции аппарата Babylog 8000 plus.
- Лучше всего VG можно описать как искусственную вентиляцию с ограничением по давлению с доставкой целевого дыхательного объема.
- Максимальное пиковое давление P_{insp} остается под контролем врача, но аппарат может устанавливать различные значения пикового давления между P_{insp} и РЕЕР, чтобы доставить V_T . Цель VG – стабилизация среднего доставляемого дыхательного объема.
- VG не является вентиляцией с управлением или переключением по объему.
- Искусственная вентиляция с VG не имеет ограничений, связанных с утечками из эндотрахеальной трубки и высокой податливостью дыхательного контура при изменяющейся податливости легких пациента, что характерно для режимов ИВЛ с регулировкой по давлению и управлением по объему.

12 Словарь терминов

Автоматическая компенсация утечки

Постоянная, автоматическая регулировка триггерной чувствительности на аппарате Babylog 8000 plus, компенсирующая фактическую утечку из эндотрахеальной трубки. Вмешательство пользователя не требуется.

Время задержки аварийного сигнала

Задержка сигналов тревоги “MV low” and “VT low” на аппарате Babylog 8000 plus. Регулируется между 0 и 30 секундами.

Дыхательный объем (V_T)

Объем газа, подаваемый в легкие за один дыхательный цикл. Он может быть измерен как инспираторный или как экспираторный дыхательный объем. Аппарат Babylog 8000 plus измеряет экспираторный объем и берет это значение за основу для дальнейших расчетов. Обычно дыхательный объем выражается в мл или в мл/кг.

Мертвое пространство (V_D)

Под объемом мертвого пространства понимают ту часть объема дыхательных путей, которая не принимает участия в альвеолярном газообмене. V_D имеет анатомический, физиологический и механический (например, коннектор эндотрахеальной трубки) компоненты. Анатомическое мертвое пространство у новорожденного равно приблизительно 2,0 мл/кг. Изменение мертвого пространства сказывается на альвеолярной вентиляции. ($alv. MV = (V_T - V_D) \times f$).

Максимальное инспираторное давление (P_{insp})

Устанавливается врачом. Отражает самое высокое давление в контуре, которое допустимо в фазе вдоха вентилятора. Уровень давления выше данной величины обычно приводит к срабатыванию тревожной сигнализации и открытию предохранительного клапана, что позволяет давлению в контуре оставаться в пределах установленного PIP.

Минутный объем (MV)

Минутный объем описывает общий объем, который поступает в легкие или выходит из них в течение одной минуты. При утечке из эндотрахеальной трубки теряется в основном инспираторный газ; поэтому общепринятым является измерение экспираторного минутного объема. Если пациент абсолютно пассивен (т.е. расслаблен), то минутный объем рассчитывается из следующего уравнения:

Минутный объем = Частота искусственной вентиляции x Дыхательный объем;

Минутный объем выражается, как правило, в литрах в минуту или - л/кг/мин. Понятия минутный объем и минутная вентиляция взаимозаменяемы.

Податливость

Податливость (compliance) описывает «растяжимость» легких или дыхательной системы; рассчитывается из соотношения изменения объема на единицу изменения давления. Измеряемая во время искусственной вентиляции податливость называется динамической податливостью. Податливость выражается в мл/мбар или мл/см H₂O [9].

Обычные значения:

Нормальные легкие новорожденного ребенка: C = 3 – 5 мл/см H₂O

Новорожденный ребенок с RDS: C = 0,1 – 1 мл/см H₂O

Пиковое инспираторное давление (PIP)

Максимальное давление, достигаемое в течение одного дыхательного цикла.

На величину PIP оказывают влияние динамические свойства легких и установки вентилятора. PIP является высшей точкой кривой давление-время.

Положительное давление в конце выдоха (PEEP)

Минимальное давление в контуре во время экспираторной фазы. Давление кратковременно может быть ниже установленного PEEP, если пациент вдыхает больше газа, чем подает сам аппарат ИВЛ; тогда временно падает давление в контуре.

Режим с управлением по объему

Большинство аппаратов ИВЛ могут комбинировать параметры для определения начала выдоха. На аппаратах ИВЛ с управлением по объему выдох начинается тогда, когда подан заданный дыхательный объем или истекло установленное время вдоха.

Среднее давление в дыхательных путях (MAP)

Среднее давление в дыхательных путях рассчитывается как площадь, лежащая под кривой давления – время, деленное на время одного дыхательного цикла.

Это измерение автоматически производится аппаратом Babylog 8000 plus.

Способ переключения вентилятора

Отражает параметры, по которым осуществляется переключение, или способ, который использует вентилятор, чтобы определить конец инспираторной фазы (и, соответственно, начало экспираторной). Так, в аппаратах, переключаемых по времени, переключение от вдоха к выдоху основано на истечении заранее установленного отрезка времени. В вентиляторах с переключением по объему вдох завершится после того, как в легкие будет доставлен определенный объем газа, после чего начнется выдох. Давление и поток также могут использоваться как параметры для переключения.

Сопrotивление потоку (Resistance)

Сопrotивление отражает внутреннее свойство воздухоносных путей (верхних дыхательных путей и эндотрахеальной трубки) оказывать сопротивление потоку воздуха. Сопrotивление выражается в мбар/л/сек. или см H₂O/л/сек. [9].

Обычные значения следующие:

Нормальные легкие новорожденного ребенка: R = 25 – 50 см H₂O/л/сек.

Интубированный новорожденный ребенок: R = 50 – 100 см H₂O/л/сек.

Триггерная искусственная вентиляция (вентиляция, инициируемая пациентом). (Patient Triggered Ventilation = PTV)

Сборное понятие для всех форм искусственной вентиляции легких, при которых аппаратные дыхательные циклы возникают в ответ на определенную вентилятором дыхательную попытку пациента. Таким образом, дыхательные усилия пациента являются включающим механизмом (т.е. триггером) для инициации механического вдоха.

Утечка из эндотрахеальной трубки

Этот термин отражает разницу между подаваемым дыхательным объемом и реально поступившем в легкие. Разница возникает из-за утечки вокруг эндотрахеальной трубки без манжеты. Утечка выражается либо в абсолютных величинах, либо в процентах от доставляемого объема в минуту.

13 Сокращения

A/C	Вспомогательная управляемая вентиляция (Assist Control Ventilation)
C_{rs}	Податливость дыхательной системы
C_T	Податливость дыхательного контура
ETT	Эндотрахеальная трубка
f	Частота вентиляции
FiO_2	Фракционная концентрация O_2 на вдохе
kg	Единица массы тела
LED	Светодиод
MAP	Среднее давление в дыхательных путях
MV	Минутный объем
PEEP	Положительное давление в конце выдоха (Positive End Expiratory Pressure)
P_{insp}	Установленное максимальное давление искусственной вентиляции
PIP	Пиковое инспираторное давление (Peak Inspiratory Pressure)
PSV	ИВЛ с поддержкой давлением (Pressure Support Ventilation)
PTV	Триггерная вентиляция (Patient Triggered Ventilation)
R_{rs}	Сопротивление дыхательной системы
RDS	(Respiratory Distress Syndrome) Респираторный дистресс-синдром
SIMV	(Synchronised Intermittent Mandatory Ventilation)
	Синхронизированная перемежающаяся принудительная вентиляция
SIPPV	(Synchronised Intermittent Positive Pressure Ventilation)
	Синхронизованная вентиляция под перемежающимся положительным давлением
T_E	Время выдоха
T_I	Время вдоха
VG	(Volume Guarantee) вентиляции с гарантированным дыхательным объемом
V_{insp}	Установленный инспираторный поток для ИВЛ
V_T	(Tidal Volume) Дыхательный объем
V_{Tset}	Установленный дыхательный объем для VG
T_{rs}	Постоянная времени дыхательной системы

14 Случаи из практики

Первый случай:

Ребенок М. родился на 27 неделе гестации в результате спонтанных родов, с массой тела 1050 г. Состояние при рождении оценено как удовлетворительное. В течение первых трех часов респираторная поддержка проводилась с помощью назального СРАР при давлении 6 см H₂O, 40%-м кислородом. Сначала газовый состав артериальной крови был стабильным, но затем он стал постепенно ухудшаться, при этом нарастали признаки дыхательной недостаточности. В возрасте трех часов ребенок был интубирован и переведен на ИВЛ в режиме SIPPV (стрелка 1 на графике).

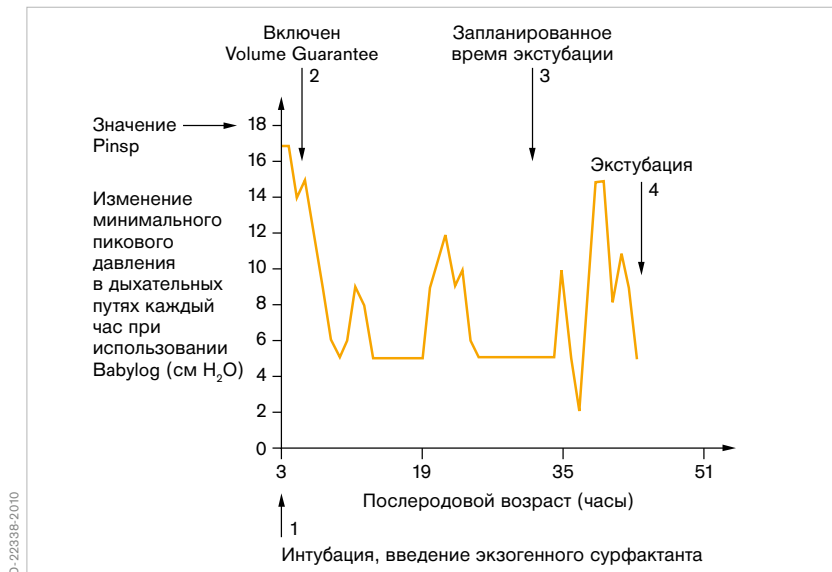
Начальные настройки аппарата

Режим ИВЛ	SIPPV
P _{insp}	20 см H ₂ O, затем снижено до 18 см H ₂ O
PEEP	5 см H ₂ O
Резервная частота	80 в 1 мин
T _i	0,32 с
FiO ₂	0,3

При этих настройках средний дыхательный объем составлял примерно в 6 мл, что отражено на экране аппарата Babylog.

Газы крови через 1 час после начала SIPPV

pH	7,30
P _A CO ₂	5,8 кПа
PaO ₂	6,6 кПа
HCO ₃	20,1 ммоль/л
BE	-5,2 ммоль/л



D-2233B-2010

График 1: В возрасте примерно 5 часов был переведен на режим SIMV с опцией VG, установлен V_T – 6 мл, что соответствует 6 мл/кг массы тела (стрелка 2). Pinsp оставлен без изменений на уровне 18 см H_2O , так как это было первичной настройкой с SIPPV. Вентиляция в режиме SIMV + VG с установленным объемом 6 мл проводилась около 2 дней до экстибуации (стрелка 4). За время вентиляции в режиме SIMV частота была уменьшена до 20 в мин. В течение этих двух дней газы крови находились в приемлемых пределах. Pinsp оставался без изменений на уровне 18 см H_2O .

График показывает минимальное пиковое давление, которое требовалось аппарату Babylog в течение каждого часа для доставки заданного V_T . Данные были взяты из измерений, которые записаны в аппарате Babylog и в программе Babyview. Отчетливо видно, что пиковое давление, обеспечивающее дыхательный объем в 6 мл, довольно быстро падало в течение первых 24-х часов после начала ИВЛ, что отображает растущую дыхательную активность пациента и улучшающуюся податливость легких. Непосредственной причиной снижения пикового давления является VG, а не решения персонала изменить Pinsp. Установленный Pinsp на всем протяжении времени

был равен 18 см H₂O. Когда было принято решение об экстубации пациента в возрасте примерно 36 часов (стрелка 3), пиковое давление аппарата Babylog было немного выше РЕЕР. К этому времени пациенту потребовался центральный венозный доступ и в связи с возникшими сложностями дежурный врач принял решение перенести экстубацию на следующее утро (стрелка 4). Во временном интервале между стрелкой 3 и 4 видно, что пиковое давление еще раз кратковременно увеличивалось. С полной уверенностью нельзя сказать, что явилось тому причиной, можно предположить, что это было связано с усталостью пациента. Наверное, было бы даже лучше, если бы пациент был экстубирован примерно в возрасте 15 часов, когда пиковое давление составляло 8-10 см H₂O и аппарат ИВЛ создавал только дополнительное давление для преодоления сопротивления эндотрахеальной трубки.

Данный пример отчетливо показывает, как опция VG по мере улучшения состояния пациента автоматически уменьшает пиковое давление, необходимое для поддержания желаемого дыхательного объема.

Данный пример напоминает еще и о том, что новорожденные дети с очень низкой массой тела, лечение которых долгое время осуществлялось с помощью эндотрахеального СРАР, могут быстро уставать от дополнительной дыхательной работы, связанной с преодолением высокого сопротивления эндотрахеальной трубки.

Второй случай:

Новорожденный С. родился на 29 неделе гестации с массой тела 1440 г. При рождении частота сердцебиения составляла 60 ударов в минуту, спонтанное дыхание отсутствовало. В возрасте 3 минут он был интубирован и получил дозу экзогенного синтетического сурфактанта. Вторую дозу сурфактанта ввели в возрасте 90 минут. Максимальные настройки ИВЛ при SIPPV были следующими:

P _{insp}	18 см H ₂ O
PEEP	5 см H ₂ O
T _I	0,32 сек.
T _E	0,43 сек.
Частота	80 в 1 мин
FiO ₂	0,21

Отучение от ИВЛ прошло быстро, и в возрасте 10 часов ребенок был экстубирован и переведен на назальный CPAP.

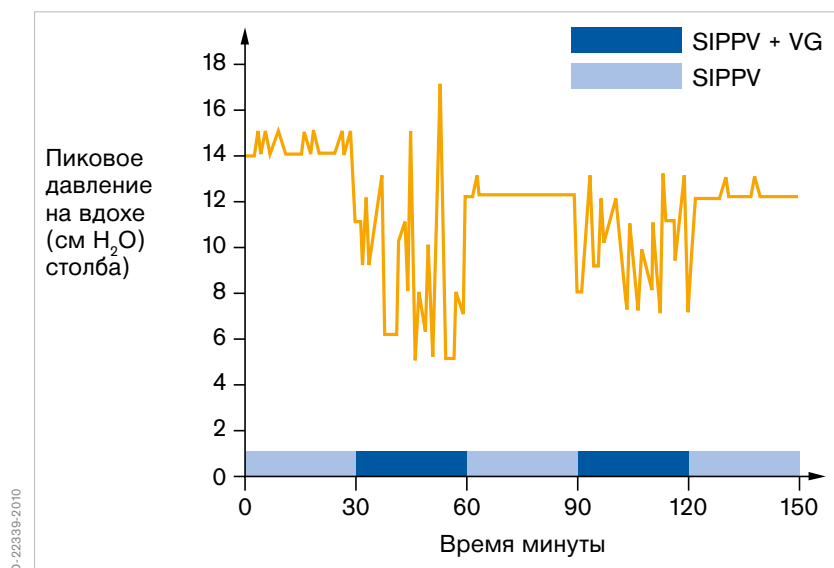
В процессе ИВЛ у пациента была хорошая и порой выраженная спонтанная дыхательная активность. Искусственная вентиляция при SIPPV проводилась переменнно с и без VG. Данные постоянно фиксировались. Результаты приведены в таблице ниже.

При вентиляции в режиме SIPPV было два периода с опцией VG и три периода без VG. Каждый период продолжался полчаса. Дыхательный объем V_T во время SIPPV с VG, был выбран таким, чтобы он был близок к типичному дыхательному объему при SIPPV. Во время первого периода с SIPPV P_{insp} было 14 см H₂O, в последующем – 12 см H₂O (между первым и вторым периодами P_{insp} уменьшался из-за улучшившихся показателей газов крови). В течение обоих периодов SIPPV + VG P_{insp} сохранялся на уровне 17 см H₂O, чтобы дать аппарату ИВЛ свободный промежуток в 5 см H₂O. Прочие настройки аппарата в течение времени исследования были идентичными. Показатели регистрировались в интервале одной минуты. Данные вентиляции поступали от аппарата Babylog через программу BabyView. Показатели газов крови измеряли с помощью транскутанного монитора CO₂ и O₂ (фирмы «Радиометр»).

	без VG			с VG		
	среднее	медиана	SD	среднее	медиана	SD
Пиковое давление (см H ₂ O)	12,8	12	1,1	9,3	9,0	2,7
Частота ИВЛ (в 1 мин)	67	66	10	72	71	12
Дыхательный объем (мл)	6,4	6,5	1,7	6,1	5,7	3,5
Минутный объем (л/мин)	0,4	0,4	0,1	0,4	0,4	0,2
CO ₂ (кПа)	4,17	4,2	0,3	4,4	4,4	0,18
O ₂ (кПа)	8,8	8,9	0,8	8,9	9,0	0,49

Таблица 3: Как представлено в таблице, среднее пиковое давление при одинаковом дыхательном и минутном объеме при SIPPV + VG было ниже (9,3 см H₂O), чем при SIPPV без VG (12,8 см H₂O); и это несмотря на то, что P_{insp} при SIPPV + VG было установлено на 17 см H₂O, в сравнение с 12 или 14 см H₂O при SIPPV. При SIPPV + VG был статистически достоверный, но, вероятно, с клинической точки зрения незначительный, рост транскутанного CO₂. Показатели O₂ при использовании двух режимов ИВЛ оставались неизменными.

Таблица также показывает, что некоторые значения дыхательного объема при ИВЛ с VG отчетливо больше, чем установленный V_T (стандартное отклонение 3,5 мл). Это с большой вероятностью можно связать с очень активными вдохами пациента. В случае, если эти вдохи превысят установленный дыхательный объем более чем на 30%, то аппарат Babylog в целях безопасности прекратит вдох и начнет выдох. При этом пациент и дальше может активно дышать, если этого желает. Если эти попытки вдоха продолжатся, то опция VG более не сможет стабилизировать V_T. В подобной ситуации применение VG является нецелесообразным.



D-22339-2010

График 2: Изменения пикового давления в дыхательных путях. График показывает, что при ИВЛ с VG показатели PIP отчетливо ниже установленного P_{insp} в 17 см H₂O. Колебания давления отражают меняющуюся дыхательную активность пациента.

Данный случай отчетливо показывает, как VG учитывает спонтанную дыхательную активность ребенка и уменьшает пиковое давление.

Если состояние пациента стабильно, и он дышит с нормальным дыхательным усилием, то VG должна минимизировать пиковое давление и одновременно обеспечить желаемый дыхательный объем.

Третий случай:

Ребенок В., гестация 39 недель, масса тела при рождении 2990 г. В возрасте 6 часов пациент был переведен на ИВЛ из-за возрастающей дыхательной недостаточности, предположительно вследствие сепсиса и, возможно, аспирации мекония. В отделении интенсивной терапии новорожденных был переведен на ИВЛ с нижеследующими параметрами.

Начальные настройки аппарата

Режим	IPPV
P _{insp}	27 см H ₂ O
PEEP	4 см H ₂ O
Частота	74 в мин.
T _i	0,40 с
T _e	0,41 с
FiO ₂	0,37

Показатели газов артериальной крови

pH	7,42
P _A CO ₂	4,48 кПа
PaO ₂	6,8 кПа
HCO ₃	21,6 ммоль/л
BE	-2,6 ммоль/л

В отделении P_ACO₂ пациента снизилось до 3,8 кПа. Он был переведен на ИВЛ в режиме SIPPV с давлением 19/5 см H₂O. Это позволило достигнуть дыхательного объема в 13 мл (4,3 мл/кг). Чтобы оценить эффект от опции VG вентиляции в режиме SIPPV проводили переменную с и без VG. Постоянно измерялись V_T, инспираторное пиковое давление и транскутанное CO₂. Показания давления и объема на аппарате Babylog 8000 plus фиксировали с помощью программного обеспечения BabyView; P_ACO₂ регистрировался через калиброванный транскутанный CO₂-датчик. Оба варианта SIPPV исследовались дважды по 30 минут каждый. Корректировка настроек аппарата при SIPPV + VG была следующей:

Режим ИВЛ	SIPPV + VG
P _{insp}	24 см H ₂ O, т.е. предыдущее PIP + 5 см H ₂ O
PEEP	5 см H ₂ O
T _i	0,32 с
Резервная частота	60
V _T set	13 мл (4,35 мл/кг)
FiO ₂	0,30

При этих настройках данные газов артериальной крови были следующими:

pH	7,36
P _A CO ₂	4,9 кПа
PaO ₂	7,8 кПа
HCO ₃	21,2 ммоль/л
BE	-4,2 ммоль/л

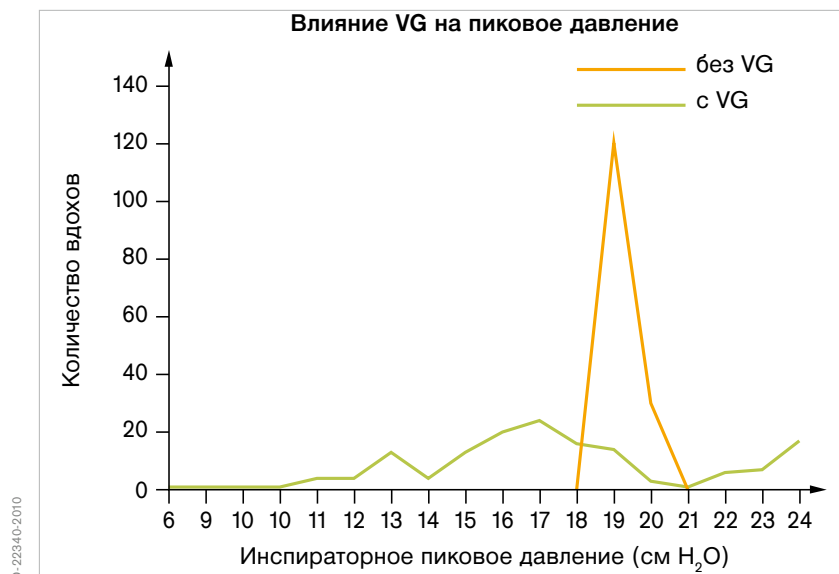


График 3: Пиковое давление в дыхательных путях при VG и без него. Только во время SIPPV без VG величина PIP четко соответствовала установленному P_{insp} и составляла 19 см H₂O для подавляющего большинства вдохов. При SIPPV + VG аппарат мог свободно регулировать пиковое давление в зависимости от дыхательных усилий пациента, чтобы получить целевой V_T. При этом отмечалось много вдохов, при которых пиковое давление было значительно ниже установленного P_{insp} и даже ниже установленных при SIPPV 19 см H₂O.

Данный случай демонстрирует потенциальное преимущество VG: снижение колебаний доставляемого дыхательного объема (а потому и значений CO₂), а также снижение пикового давления до самого низкого уровня, обеспечивающего установленный дыхательный объем.

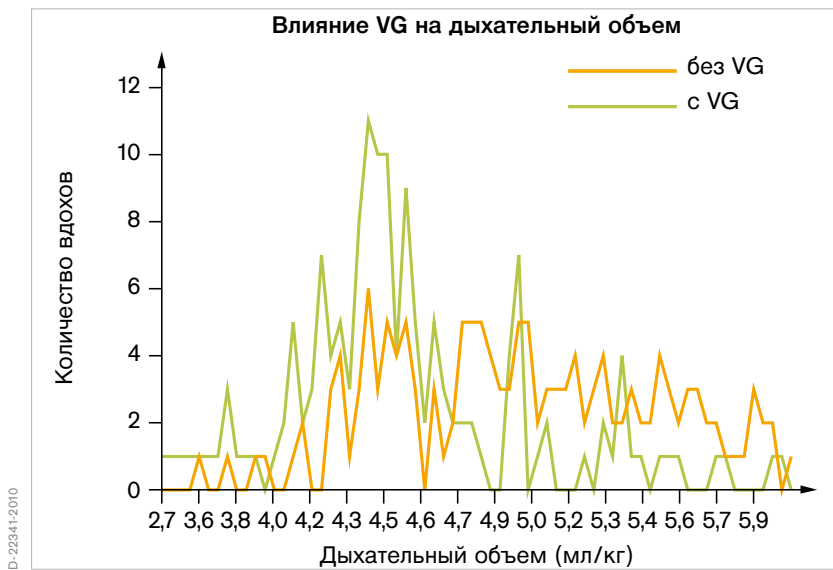


График 4: Показывает частотный график доставляемых V_T при SIPPV и SIPPV + VG. При SIPPV больше вдохов, превышающих установленный V_T – 4,35 мл/кг, чем с SIPPV + VG.

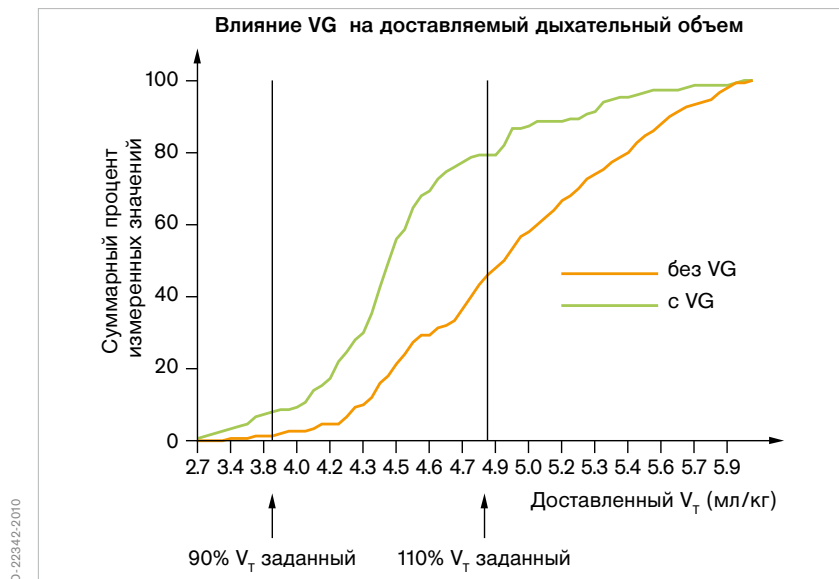


График 5: По тем же данным построены графики взаимоотношений доставленных объемов V_T (ось X) и суммарный процент вдохов (ось Y). Опорные линии ограничивают область значений $V_{T, set} + 10\%$ и $V_{T, set} - 10\%$, или 4,8 мл и 3,9 мл. При SIPPV + VG больше вдохов располагаются в 10% диапазоне колебаний установленного дыхательного объема V_T , чем при SIPPV. Почти 80% вдохов при SIPPV + VG достигали 110% от установленной величины V_T по сравнению с 40% на SIPPV. Это основная цель VG: обеспечить более стабильный дыхательный объем, учитывая изменяющуюся дыхательную активность ребенка.

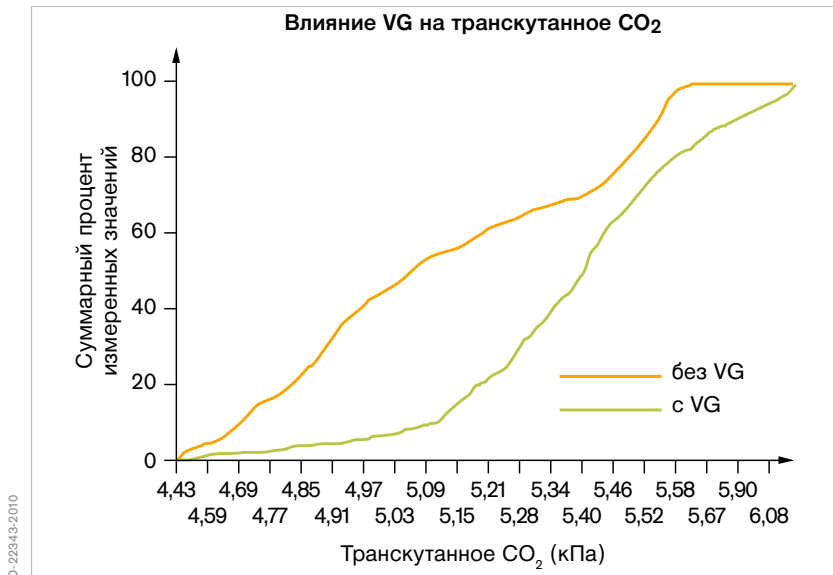


График 6: Влияние чрезкожного CO₂ с и без ГО, представленное в накопительной форме. Здесь мы видим более широкий разброс значений CO₂ при SIPPV без VG, чем при SIPPV с VG. То, что разница здесь довольно мала, связано с тем, что настройки SIPPV были уже оптимизированы. В ином случае, вероятно, можно было бы увидеть более заметное колебание значений CO₂ при SIPPV без VG, чем при SIPPV с VG.

15 Список литературы

- [1] Dreyfuss D, Saumon G.
Role of tidal volume, FRC, and end-expiratory volume in the development of pulmonary edema following mechanical ventilation.
Am Rev Respir Dis 1993; 1485(5): 1194 -1203
- [2] Dreyfuss D, Soler P, Saumon G.
Spontaneous resolution of pulmonary edema caused by short periods of cyclic overinflation.
J Appl Physiol 1992; 72(6): 2081-2089
- [3] Hernandez LA, Peevy KJ, Muise AA et al.
Chest wall restriction limits high airway pressure-induced injury in young rabbits.
J Appl Physiol 1989; 66: 2364
- [4] Bjorkland L, Curstedt T, et al.
Manual ventilation with a few large breaths at birth compromises the therapeutic effect of subsequent surfactant replacement in immature lambs.
Ped Res 1997; 42(3): 348-355
- [5] Avery M, Tooley WH, Keller JB et al.
Is chronic lung disease in low birth weight infants preventable? A survey of eight centers.
Pediatrics 1987; 79: 26-30
- [6] Kraybill EN, Runyan DK, Bose CL, Khan JH.
Risk factors for chronic lung disease in infants with birth weights of 750 to 1000 grams.
J Pediatr 1989; 115(1): 115-120

- [7] Reiterer F, Sivieri E, Abbasi S, Bhutani VK. Evaluation of Pulmonary Functions During Pressure-Limited Manual Ventilation in Preterm Neonates. *Pediatr Pulmonol* 1993; 15: 117-121
- [8] Veness-Meehan K, Richter S, Davis J. Pulmonary Function Testing Prior to Extubation in Infants With Respiratory Distress Syndrome. *Pediatr Pulmonol* 1990; 9: 2-6
- [9] Boynton, Carlo, Jobe. *New Therapies for Neonatal Respiratory Failure*. Cambridge University Press 1994; p135

ШТАБ-КВАРТИРА

Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck, Германия

www.draeger.com

РОССИЯ

ООО «Дрегер»
107061, Москва,
Преображенская площадь, д. 8
Бизнес Центр ПРЕО8, блок «Б», 12 этаж
Тел. +7 495 775 15 20
Факс +7 495 775 15 21
info.russia@draeger.com

ПРОИЗВОДИТЕЛЬ:

Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck, Германия

Официальный сервисный центр

109052, Москва,
Новохохловская ул., д. 23 стр. 1