



ИСКУССТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ У НОВОРОЖДЕННЫХ

Методические рекомендации

Т.К. Чувакова, Б.Т. Карин



ОБЩЕСТВЕННЫЙ ФОНД
«КОНГРЕСС НЕОНАТОЛОГОВ КАЗАХСТАНА»

Астана 2018

Т.К. Чувакова, Б.Т. Карин. Искусственная вентиляция легких у новорожденных. Методические рекомендации / Общественный фонд «Конгресс неонатологов Казахстана» – Астана, 2018, 30 с.

ISBN 978-601-804436-0-4

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

1. Б.К. Нурмагамбетова – к.м.н., детский врач анестезиолог – реаниматолог Национального научного центра материнства и детства.

2. Г.С. Бердиярова – к.м.н., заведующий отделением анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии Научного центра педиатрии и детской хирургии.

Данные методические рекомендации разработаны по инициативе Благотворительного фонда «АЯЛА». Фонд работает в сфере детской медицины 12 лет и содействует внедрению в практику здравоохранения инновационных методов лечения и профилактики критических состояний у новорожденных детей. Пособие напечатано при финансовой поддержке компании «Шеврон».

Методические рекомендации посвящены принципам проведения интенсивной респираторной поддержки, включающей традиционную искусственную вентиляцию легких, основанной на публикациях и собственном клиническом опыте.

Методические рекомендации предназначены для неонатологов родовспомогательных организаций и отделений патологии новорожденных детских больниц, студентов медицинских вузов, интернов и резидентов.

Методические рекомендации подготовлены доктором медицинских наук, профессором Т.К. Чуваковой и магистром медицинских наук, президентом ОФ «Конгресс неонатологов Казахстана» Б.Т. Кариным.

УДК 616-053.2

ББК 57.3

Ч.

© Т.К. Чувакова, Б.Т. Карин

Содержание:

Список сокращений	1
Введение	2
1 Газообмен и вентиляция легких	2
1.1 Процесс газообмена в легких у новорожденных	2
1.2 Легочные объемы	3
1.3 Сопротивление дыхательных путей новорожденного.....	4
2 Особенности проведения искусственной вентиляции легких у новорожденных	6
2.1 Общие принципы искусственной вентиляции легких у новорожденных	8
2.2 Параметры газообмена и регулирования искусственной вентиляции легких	10
2.3 Регулирование параметров ИВЛ для достижения наилучшего газообмена	12
2.4 Часто встречающиеся клинические ситуации и их решение	13
3 Режимы аппаратов ИВЛ	16
3.1 Режимы ИВЛ, используемые наиболее часто	17

Список сокращений:

АМП	–	анатомическое мертвое пространство
ВВЛ	–	вспомогательная вентиляция легких
ДО	–	дыхательный объем (Tidal volume, Vt)
ЖЕЛ	–	жизненная емкость легких
ИВЛ	–	искусственная вентиляция легких
С	–	мера растяжимости легочной ткани, комплаенс (compliance)
МОД	–	минутный объем дыхания
R	–	сопротивление дыхательных путей (resistance)
Tr	–	устройство, позволяющее улавливать попытки спонтанного дыхания пациента (триггер – trigger)
ФОЕ	–	функционирующая остаточная емкость
ОЕЛ	–	общая емкость легких
Ровд	–	резервный объем вдоха
Ровыд	–	резервный объем выдоха
ОО	–	остаточный объем
ЖЕЛ	–	жизненная емкость легких
ЦНС	–	центральная нервная система
ЧД	–	частота дыхания (frequency)
FIO ₂	–	процентное содержание кислорода во вдыхаемой смеси
Flow insp	–	поток, который задается на вдохе
Flow exp	–	поток, который задается на выдохе
I:E	–	соотношение времени вдоха и выдоха
VA	–	альвеолярная вентиляция
Q	–	кровоток
PEEP	–	положительное давление в конце выдоха
CPAP	–	спонтанное дыхание с постоянным положительным давлением
Flow insp/ Flow exp	–	соотношение потока вдоха/выдоха
Ю	–	индекс оксигенации



ВВЕДЕНИЕ

Искусственная вентиляция легких (ИВЛ) используется как компонент интенсивной терапии и является способом обеспечения адекватного газообмена в альвеолярном пространстве, направленном на поддержание достаточной оксигенации крови и элиминации углекислого газа.

В настоящее время используется целый ряд режимов ИВЛ с управлением по объему, потоку, давлению и времени; широко применяются адаптивные (интеллектуальные) режимы, неинвазивная ИВЛ.

Для большинства клинических ситуаций отсутствует информация, основанная на научных доказательствах о необходимости строгого соблюдения только одной респираторной стратегии и/или какого-либо режима вентиляции. В каждом отделении имеются свои предпочтения, основанные на возможно доступном «парке» респираторов разных поколений с различными режимами, функциями и программами, и этим объясняются изменения в практике специалистов даже в условиях одного отделения.

Приводимые в данных методических рекомендациях принципы проведения ИВЛ у новорожденных не относятся к конкретному оборудованию, и их необходимо адаптировать к имеющемуся местному оборудованию.

1. ГАЗООБМЕН И ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ У НОВОРОЖДЕННЫХ

1.1 Процесс газообмена в легких у новорожденных

Первые дыхательные движения плода обнаруживаются уже на 11-й неделе гестационного периода. Периоды дыхания редко длятся более 10 минут и чередуются с апноэ продолжительностью до 1-2 часов. В третьем триместре беременности продолжительность дыхательных движений у плода достигает нескольких часов в сутки. При переходе от внутри- к внеутробной жизни из альвеол адсорбируется около 30 мл/кг фетальной жидкости.

Первые несколько вдохов характеризуются развитием высокого транспульмонального давления, после чего легкие новорожденного ребенка почти полностью расправляются. У доношенного новорожденного общая емкость легких (ОЕЛ) составляет около 160 мл и примерно половина от этой величины приходится на функциональную остаточную емкость (ФОЕ). Дыхательный объем (VT) новорожденного равен примерно 6 мл/кг, а минутная вентиляция – 200-300 мл/кг/мин. Как известно, не весь воздух, поступающий в легкие, достигает перфузируемых альвеол и принимает участие в газообмене. Часть дыхательного объема (VT), не вступившего в газообмен с кровью, принято называть дыхательным мертвым пространством (VD). Фракция мертвого пространства в дыхательном объеме (VD/VT) примерно одинакова во всех возрастных группах (0,3). Однако малые абсолютные величины мертвого пространства у новорожденных (2 мл/кг) определяют необходимость уделять особое внимание выбору элементов дыхательного контура дыхательной аппа-

ратуры. В отличие от статистических легочных объемов, альвеолярная вентиляция (VA) у новорожденного (100-150 мл/кг/мин) значительно выше, чем у взрослого (60 мл/кг/мин).

Эффективность легочного газообмена зависит не столько от абсолютных значений альвеолярной вентиляции или легочного кровотока, сколько от соотношения этих величин. В первые сутки и даже недели после рождения (в зависимости от гестационного возраста новорожденного) перфузия легких преобладает над вентиляцией. В дальнейшем уровень общего вентиляционно-перфузионного отношения устанавливается такой же, как у взрослых, и составляет 0,8.

Схематически могут быть представлены три варианта распределения вентиляции и кровотока:

1) вентиляция соответствует кровотоку ($VA/Q=0,8$); в этом случае кровь, оттекающая от альвеол, будет иметь нормальный газовый состав;

2) вентиляция преобладает над кровотоком ($VA/Q>0,8$); этот вариант возникает при гипервентиляции нормально перфузируемых альвеол или при нормальной вентиляции и сниженном легочном кровотоке, при этом парциальное давление кислорода в крови остается нормальным, а $PaCO_2$ – будет уменьшаться;

3) вентиляция меньше кровотока ($VA/Q<0,8$); такая ситуация возможна при сниженной вентиляции на фоне сохранившегося кровотока или в случае увеличения кровотока выше нормальных величин; в этих условиях развивается артериальная гипоксемия, а парциальное напряжение углекислого газа длительное время остается нормальным в связи с его высокой диффузионной способностью.

Одной из главных причин, вызывающих изменения как общих, так и регионарных вентиляционно-перфузионных отношений является длительное неподвижное положение больного во время ИВЛ. Примерно через 1-2 часа происходит смещение регионарной вентиляции снизу вверх, в то время как перфузируются преимущественно нижележащие отделы легких. Кроме того, у пациента находящегося в горизонтальном положении, жизненная емкость легких (ЖЕЛ) уменьшается в среднем на 8-10% из-за более высокого стояния купола диафрагмы. Влияние на вентиляционно-перфузионные отношения оказывают также ИВЛ, ингаляции гипероксических дыхательных смесей, действие анестетиков, миорелаксантов и некоторых других лекарственных препаратов.

1.2 Легочные объемы

Различают четыре легочных объема: дыхательный объем (ДО), резервный объем вдоха (РОВд), резервный объем выдоха (РОВвд), остаточный объем (ОО), а также четыре емкости легких (каждая является суммой нескольких объемов): общая емкость легких (ОЕЛ), функциональная остаточная емкость (ФОЕ), жизненная емкость легких (ЖЕЛ), емкость выдоха (Еввд) (табл.1).

Весь объем газа, находящийся в легких у новорожденного ребенка в состоянии максимального вдоха, составляет общую емкость легких (ОЕЛ). После максимального выдоха в легких остается остаточный объем (ОО). Максимальную амплитуду изменений объема легких представляет жизненная емкость легких (ЖЕЛ). Объем воздуха, вдыхаемого и выдыхаемого при каждом дыхательном цикле в покое, называется дыхательный объем (ДО). ДО разделяет ЖЕЛ на РОвд – объем, который образуется после спокойного вдоха, и РОвыд – объем, который образуется после спокойного выдоха. Объем воздуха, содержащийся в легких после спокойного выдоха, представляет ФОЕ – сумма ОО и РОвыд.

Сумма ДО и РОвд называется емкостью вдоха. Ведущую роль в формировании объемов и емкостей легких играют эластические свойства органов дыхания. Исключение составляет ДО, т.к. от его величины зависит

альвеолярная вентиляция. В некоторой степени потребностями газообмена определяется величина ФОЕ, поскольку ее увеличение или уменьшение изменяет площадь газообмена (1).

Таблица 1. Легочные объемы и емкости у доношенного новорожденного

Легочные объемы и емкости	Объем (мл/кг массы тела)
Общая емкость легких	55-70
Жизненная емкость легких	35-40
Остаточный объем	23
Емкость вдоха	33
Функциональная остаточная емкость	30
Дыхательный объем	6-8
Резервный объем выдоха	7

1.3 Сопротивление дыхательных путей новорожденного

Газообмен между альвеолярным воздухом и внешней средой осуществляется вследствие ритмических сокращений дыхательных мышц, в первую очередь диафрагмы – основной дыхательной мышцы. Величина мышечного усилия определяет объем и скорость движения газа. Перемещению воздуха по дыхательным путям противодействует сопротивление двух типов: эластическое и неэластическое (аэродинамическое).

Образования, обладающие эластичностью, под влиянием растягивающей силы изменяют свою длину или объем, а после прекращения действия этой силы возвращаются в исходное положение. Эластические свойства присущи и легкому, и грудной клетке. Сопротивление их тканей растяжению образует эластическое сопротивление, на преодоление которого во время вдоха затрачивается 60-65% работы дыхательных мышц. Мерой эластических свойств служит растяжимость.

Растяжимость грудной клетки составляет у новорожденных приблизительно 10% от растяжимости легких (у взрослых растяжимость грудной клетки составляет около 50% от растяжимости легких).

На растяжимость легких в основном влияют следующие факторы:

- растяжимость альвеолярной ткани, зависящая от содержания эластических и коллагеновых волокон;
- поверхностное натяжение пленки жидкости, выстилающей альвеолы, которая в основном определяется сурфактантом;
- наличие жидкости в интерстициальном пространстве легких и плевральной полости;
- объем крови в сосудах легких.

Аэродинамическое сопротивление (R – resistance) – сопротивление дыханию, возникающее при движении воздуха по дыхательным путям, вследствие трения частиц воздуха о стенки дыхательных путей. У новорожденных аэродинамическое сопротивление равно 20-40 см вод. ст./ (л • с), при интубации обычно увеличивается. На R главным образом влияют:

- длина и диаметр дыхательных путей (в том числе искусственных);
- скорость газового потока;
- плотность, вязкость, влажность газовой смеси.

Аэродинамическое сопротивление выдоху превышает сопротивление вдоху, что связано с увеличением диаметра дыхательных путей во время вдоха. При спонтанном дыхании работу по преодолению эластического и аэродинамического сопротивления выполняет дыхательная мускулатура, при ИВЛ – полностью или частично – вентилятор. Работа увеличивается при различных патологических процессах, приводящих к повышению аэродинамического сопротивления или к снижению растяжимости легочной ткани (иногда в десятки раз), кроме того, дополнительную работу, как правило, «навязывает» дыхательная аппаратура. При избыточной ИВЛ недостаточная работа респираторных мышц может приводить к их атрофии, но, с другой стороны, недостаточный уровень дыхательной поддержки приведет к быстрому утомлению мышц, лактацидозу с возможными в последующем дистрофическими нарушениями.

Оптимальный уровень работы будет поддерживать или даже увеличивать силу мышц. В обычных условиях работа выполняется только в фазу вдоха, выдох – пассивный процесс. В некоторых клинических ситуациях выдох будет требовать участия мускулатуры: различной степени увеличение



аэродинамического сопротивления, минутного объема вентиляции (МОВ), избыточный уровень РЕЕР/СРАР, появление auto РЕЕР. В практической работе обычно желательно снижать работу, «навязанную» оборудованием, неправильно применяемыми режимами дыхательной поддержки другими факторами, включая auto РЕЕР (1,2).

2. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ У НОВОРОЖДЕННЫХ

Для большинства клинических ситуаций отсутствует информация, основанная на научных доказательствах о необходимости строго придерживаться только одного какого-либо режима. В каждом отделении имеются свои предпочтения и этим объясняются изменения в практике специалистов даже одного отделения.

Благодаря достижениям в области медицинских технологий, существует множество возможностей для проведения вентиляции легких у новорожденных. Большинство современных неонатальных вентиляторов обеспечивают вентиляцию с ограничением давления с дополнительными возможностями, чтобы достичь заранее установленного целевого/гарантированного дыхательного объема. Большинство из этих вентиляторов используют высокочувствительный датчик потока, вставленный в дыхательный контур для измерения потока газа внутри и снаружи дыхательных путей, что позволяет рассчитать объем и быстро реагировать для синхронизации с попытками пациента дышать.

Приводимые в данных методических рекомендациях принципы проведения ИВЛ у новорожденных не относятся к конкретному оборудованию, и их необходимо адаптировать к имеющемуся местному оборудованию.

Показания к ИВЛ

Показания к ИВЛ следует определять индивидуально для каждого новорожденного. При этом нужно учитывать тяжесть состояния и характер течения заболевания, гестационный и постнатальный возраст ребенка, клинические проявления дыхательной и сердечно-сосудистой недостаточности, данные рентгенографии, КОС и газовый состав крови (1,2).

Основные клинические показания к ИВЛ у новорожденных:

- апноэ с брадикардией и цианозом;
- рефрактерная (стойкая) гипоксемия;
- чрезмерная работа дыхания/неприемлемая гиперкапния
- острая сердечно-сосудистая недостаточность.

Дополнительными критериями могут служить показатели КОС и газового состава крови:

• $PaO_2 < 50$ мм рт. ст., при $FiO_2 > 0,6$ (если МТР младенца менее 1000 г, при $FiO_2 > 0,4$); если у новорожденного проблемы только с оксигенацией при адекват-

ватной альвеолярной вентиляции, следует начинать с СРАР;

- PaO₂ <50 мм рт. ст. при СРАР >8 см вод. ст.;
- PaCO₂ >60 мм рт. ст. и pH <7,25.

При анализе данных лабораторных исследований принимают во внимание как абсолютные значения, так и динамику показателей. Газовый состав крови может определенное время держаться в допустимых границах нормы за счет напряжения компенсаторных механизмов. Учитывая, что функциональный резерв дыхательной и сердечно-сосудистой систем у новорожденных детей гораздо ниже, чем у взрослых, необходимо решать вопрос о переходе на ИВЛ раньше, чем появятся признаки декомпенсации.

Цель искусственной вентиляции легких – поддержание paO₂ на уровне не менее 55-70 мм рт. ст. (SatO₂ – 90-95%), paCO₂ – 35-50 мм рт. ст., pH – 7,25-7,45.

Параметры ИВЛ

Обычный режим. Стартовые параметры:

• FiO₂ – 0,6-0,8; **(выбор концентрации O₂ основывается на данных мониторинга сатурации O₂, данных газов крови и/или данных транскутанного мониторинга O₂)**

- частота вентиляции (VR) – 30-80 в 1 мин;
- продолжительность вдоха (Ti) – 0,24-0,45 с;
- PIP – 12-25 см вод. ст.;
- РЕЕР – 4-5 см вод. ст.

Подключив ребёнка к респиратору, в первую очередь обращают внимание на экскурсию грудной клетки и её симметричность (**субъективная оценка**). Обязательна аускультация лёгких (оценка проводимости и симметричности дыхательных шумов может быть затруднительна у новорожденных с ОНМТ, ЭНМТ, при массивной мекониальной аспирации, внутриутробной пневмонии, ригидности грудной клетки). Если экскурсия грудной клетки недостаточна, то через каждые несколько вдохов увеличивают PIP на 1-2 см вод. ст., пока она не станет удовлетворительной (если в респираторе отсутствует контроль VT) или под контролем VT, пока она не достигнет 4-8 мл/кг. Обязателен контроль интубационной трубки в углу рта пациента и рентгенконтроль!

Ребёнку обеспечивают комфортное состояние, устранив внешние раздражители (прекращают манипуляции, выключают яркий свет, поддерживают нейтральный температурный режим).

Через 10-15 мин или как можно раньше, после начала ИВЛ необходимо проконтролировать газовый состав крови и, возможно, провести коррекцию параметров вентиляции. Гипоксемию устраняют повышением среднего давления в дыхательных путях доступными средствами в различных комбинациях (увеличением частоты аппаратных вдохов, увеличением ПДКВ (РЕЕР), увеличением инспираторного давления, и, возможно времени вдоха, а так же повышением концентрации O₂ в подаваемой смеси), а гиповентиляцию – увеличением дыхательного объема и/или увеличением частоты аппаратных дыхательных.



Внимание: после постановки на аппарат ИВЛ обязателен рентген-контроль органов грудной клетки с целью оценки динамики вентиляции и местоположения интубационной трубки (возможно повторно)!

Режим «допустимой гиперкапнии» – терапию «малыми дыхательными объёмами» устанавливают, если высок риск развития или прогрессирования баротравмы и волюмотравмы. Основное условие – формирование низкого ДР (разница между PIP – ПДКВ/РЕЕР – как правило, не более 10 см H₂O или индивидуально).

Ориентировочные показатели газообмена:

- р CO₂ – 45-60 мм рт. ст.,
- рН >7,2,
- VT- 3,5-4,5 мл/кг,
- SpO₂ – 86-90 мм рт. ст.

Гиперкапния противопоказана при внутрижелудочковых кровоизлияниях, сердечно-сосудистой нестабильности (**при слабости сердечного выброса**) и лёгочной гипертензии, доказанной по данным ЭХО-КГ).

«Отучение» от ИВЛ начинают при улучшении состояния газообмена и стабилизации гемодинамики. В нашем отделении принята практика постепенного снижения FiO₂ до <0,25, PIP <20 см вод. ст., РЕЕР >5 см вод. ст., VR <15 в мин (в режиме SIMV или SIMV/PSV, при устойчивом темпе и частоте спонтанных дыхательных попыток). После этого ребенка экстубируют и переводят на СРАР/неинвазивную респираторную поддержку доступными режимами – NCPAP/NIMV/NSIMV/NSiPAP через носовые канюли/носовую маску (применимо для недоношенных детей с ЭНМТ, ОНМТ и МТ более 1500 г). Доношенные новорожденные, как правило, не требуют дополнительной неинвазивной респираторной поддержки, иногда с дотацией кислорода через воронку с регулируемой концентрацией O₂.

2.1 Общие принципы искусственной вентиляции легких у новорожденных

Для проведения искусственной вентиляции легких у новорожденных используется интубационная трубка без манжеты, имеющая соответствующий гестационному возрасту ребенка внутренний диаметр, вставленная на оптимальную глубину (на уровне 2-3 грудных позвонков), чтобы минимизировать утечку подаваемой газовой смеси и риск развития некроза стенки давлением (Таблица 2).

Искусственная вентиляция легких наиболее эффективна при ее направленности на поддержание функциональной остаточной емкости легких, что предупреждает коллапс легких, обеспечивая нормальные показатели газов крови, при условии, что перфузия является адекватной. Функциональная остаточная емкость легких поддерживается положительным давлением в конце выдоха (ПДКВ/РЕЕР).

Таблица 2. Оптимальная глубина введения и диаметр интубационной трубки в зависимости от массы тела

	Внутренний диаметр интубационной трубки (мм.)	Оптимальная глубина введения интубационной трубки (см.)
До 1000 г	2,5	7
От 1001 до 2000 г	3,0	8
От 2001 до 3000 г	3,5	9
От 3000 г и выше	3,5-4,0	10

Адекватность респираторной поддержки подтверждается отсутствием втяжения податливых отделов грудной клетки, ее приемлемой экскурсией с обеих сторон, с дыхательным объемом (ДО) 4-8 мл/кг и минимальным объемом минутной вентиляции (МОВ) 200 – 300 мл/кг (у детей с ЭНМТ и ОНМТ оптимальная минутная вентиляция может быть меньше – 120 – 180 мл).

Современные вентиляторы используют высокочувствительные периферические датчики потока различных типов (проходного типа, по давлению, потоку, объёму, универсальные термоанемометры – универсальные приборы для одновременного измерения и контроля давления и температуры), которые обеспечивают точное измерение ДО и МОВ и некоторых расчётных показателей, например, растяжимость, сопротивление и др.). Они должны использоваться в комплексе с результатами клинического наблюдения для первоначальной настройки и дальнейшего регулирования параметров вентиляции. Только тщательное клиническое наблюдение даст возможность своевременно определить технический сбой аппарата ИВЛ, чтобы обеспечить безопасность пациента (3).

- Все новорожденные с массой тела менее 1250 г, находящиеся в режиме ИВЛ, должны получить кофеин с первых суток с последующим переходом на поддерживающую дозу (см. протокол по лечению РДС) (17).

- Следует избегать рутинного применения анестетиков, анксиолитиков (транквилизаторы), миорелаксантов, если существует вероятность экстубации новорожденного в ближайшее время.

- После достижения удовлетворительного газообмена и при наличии спонтанного дыхания следует рассмотреть возможность прекращения МВ.

- Важно помнить о необходимости поддержания легочного и системного кровообращения для обеспечения адекватной перфузии тканей.

2.2 Параметры газообмена и регулирования искусственной вентиляции легких

А. Оксигенация определяется уровнем среднего давления в дыхательных путях (MAP – Mean Airway Pressure) и концентрацией подаваемого кислорода (FiO_2). MAP – регулируется через следующие параметры (1,2):

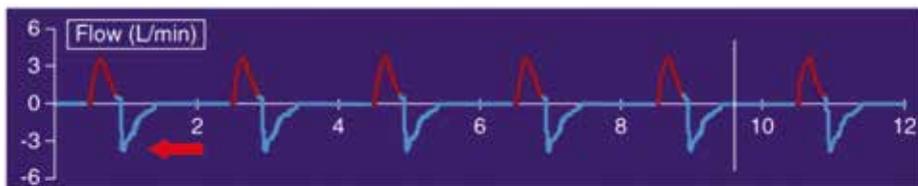
- пиковое давление (Peak Inspiratory pressure (PIP)) – чем выше пиковое давление, тем выше среднее давление в дыхательных путях, т.е. тем выше оксигенация; при этом следует помнить, что повышение PIP на 1 см H₂O увеличивает MAP на величину около 1 см H₂O (зависит от частоты аппаратных и поддержанных/синхронизированных вдохов);

- увеличение РЕЕР (положительное давление в конце выдоха) повышает MAP, тем самым улучшает оксигенацию, вовлекая больше альвеол для газообмена, при условии, что нет гиперинфляции (чрезмерного наполнения) легких; при этом следует помнить, что повышение РЕЕР на 1 см H₂O повышает MAP также на 1 см H₂O, но при неизменности частоты дыхательных циклов снижает дыхательный объем. Следовательно, параметр РЕЕР выполняет более важную роль в поддержании ФОЕ и оксигенации;

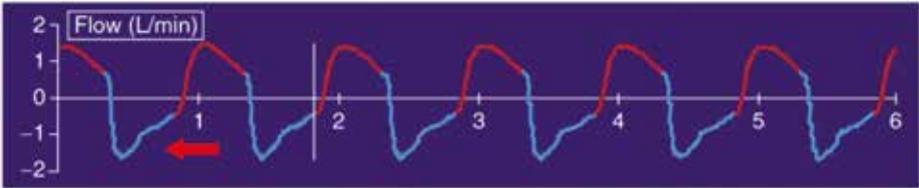
- время вдоха (Ti) – увеличение времени вдоха повышает среднее давление в дыхательных путях, и тем самым улучшается оксигенация, при условии отсутствия гиперинфляции;

- поток воздушно-кислородной смеси – повышение потока улучшает MAP и оксигенацию благодаря быстрому достижению пикового давления. Неадекватно высокий поток может вызвать повреждение легких (неравномерность распределения газовой смеси) и повысить резистентность дыхательных путей из-за возможного формирования турбулентного потока, особенно при узкой интубационной трубке. Неадекватный поток может не позволить достичь желаемого PIP в течение установленного времени вдоха и увеличивает дискомфорт пациента от потокового голода (см. рис. 3).

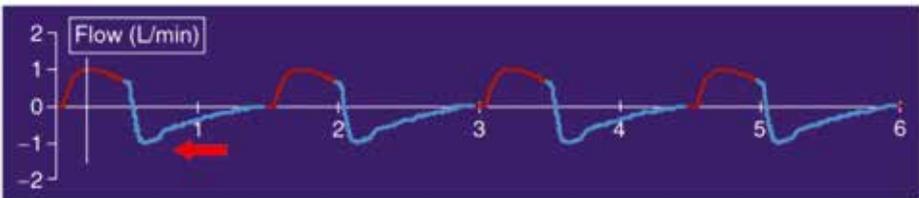
Рисунок 3.



а. Кривая потока показывает выдох в полном объеме. Заметьте, что кривая выдоха (красная стрелка) полностью достигла основной линии.



б. Кривая потока показывает выдох в неполном объеме. Заметьте, что кривая выдоха доходит не до конца основной линии до начала следующего вдоха.



в. На этом рисунке кривой потока показана высокая резистентность. На данный момент отсутствует «воздушная ловушка», но при медленном возвращении линии потока выдоха может привести к «воздушной ловушке» при учащении частоты дыханий.

Объем легких, вырабатываемый MAP, в свою очередь зависит от следующих моментов:

- **растяжимость (комплайнс) легких** – зависит от наличия патологии легких и при РДС, улучшается после терапии поверхностно-активным веществом (сурфактантом);
- **резистентность легких** (сопротивление дыхательных путей) зависит от размера и длины интубационной трубки, наличия секретов в дыхательных путях, калибра и спазма мелких дыхательных путей. Для нивелирования этого эффекта следует проводить вентиляцию с помощью интубационной трубки соответствующего гестационному возрасту ребенка размера, которая не вызывает травмы или некроза вследствие давления трубки на слизистую трахей; сокращением длины наружной части интубационной трубки достигается минимизация мертвого пространства, что облегчает работу дыхания.

Б. Вентиляция и поддержание нормального уровня pCO_2 :

- определяется **минутным объемом вентиляции (МОВ), зависящим от дыхательного объема и частоты дыхания:**

$МОВ = \text{ДО} \times \text{ЧД}$ (чем выше МОВ, тем выше выведение CO_2).

• **ДО** зависит от дельта Р – разницы пикового давления и положительно-го давления в конце выдоха ($\Delta P = PIP - PEEP$): чем больше показатель ΔP , тем больше дыхательный объем и большее поступление углекислого газа (CO_2) в легкие и выше его выведение.

2.3 Регулирование параметров ИВЛ для достижения наилучшего газообмена:

управление настройками параметров вентилятора проводится комплексной оценкой клинического состояния ребенка, ДО, МОВ и MAP (3).

Целевой ДО – для недоношенного ребенка 4-6 мл/кг и до 8 мл/кг для доношенного/почти доношенного ребенка (до 37 недель).

Целевой МОВ – 200-300 мл/кг

Если показатели ДО и МОВ недоступны или считаются клиницистами ненадежными (часто из-за большой утечки подаваемых газов, составляющей более 20%), необходимо провести клиническую оценку больного и корректировку по показателям доступной информации (например, КОС, R-грамма).

Целевые значения (14,15):

	Сатурация	pH	pCO ₂ (мм.рт.ст.)
Недоношенный ребенок, первая неделя жизни	91-95%	>7,22	35 – 56
Недоношенный ребенок, после первой недели жизни	91-95%	>7,2	>35
Доношенный ребенок с риском развития персистирующей легочной гипертензии	91-95%	7,3 - 7,4	35-48

Величина регулирования параметров проводится постепенно, прибавляя или убавляя показатели **не более одного** из них:

- PIP – 1-2 см H₂O
- PEEP – 1 см H₂O
- T_i – 0,05 сек.
- Частота – 5-10 в минуту

Большие и частые изменения могут быть предприняты опытными врачами при использовании респираторов высокого класса и лучше ориентироваться на объемные измерения (ДО и МОВ).

Для лучшего понимания принципов ИВЛ, предлагаемые изменения желательно применять в режиме ИВЛ А/С (синхронизированная-принудительная вентиляция), а также в режиме SIMV (синхронизированная перемежающаяся вентиляция), где контроль со стороны пациента минимален, но сохранён. Для других режимов вентиляции, где пациент имеет больший контроль над определенными параметрами, например, частота дыхания при SIPPV, предпочтительно корректировать альтернативные параметры (4).

Если уровни газов в крови находятся за пределами желаемых границ, сначала следует проверить:

1. Надежность результатов КОС

- Надежен ли результат газов крови? (венозная или артериальная кровь, температура конечностей, из которых была взята кровь и др.)
- Было ли внезапное неожиданное изменение в предыдущих анализах газов в крови?
- Содержал ли капилляр воздушный пузырь?
- Получен ли образец крови из конечности с нарушенной перфузией?

2. Состояние новорожденного

- Адекватна ли экскурсия грудной клетки?
- Прослушиваются ли дыхательные шумы с обеих сторон легких?

3. Вентилятор и трубки

- Есть ли синдром утечки воздуха (СУВ) (подумайте о проведении трансиллюминации/R-граммы, чтобы исключить пневмоторакс)?
- Какой уровень ДО?
- Значительно ли отличаются измеряемые показатели вентиляции от установленных?
- Происходит ли большая утечка газов (> 20%)?

Причины острого ухудшения состояния ребенка на вентиляторе (DOPE – для лучшего запоминания):

- **Displacement** – смещение интубационной трубки;
- **Obstruction** – обструкция дыхательных путей;
- **Pneumothorax** – пневмоторакс;
- **Equipment failure** – сбой оборудования.

2.4. Часто встречающиеся клинические ситуации и их решение

1. Низкая оксигенация и высокий уровень CO₂ – наиболее вероятной причиной является недостаточный объем легких: низкий уровень MAP, ДО и МОВ.



Решение:

- исключить такие состояния, как пневмоторакс и обструкция/смещение интубационной трубки;
- улучшить комплайнс легкого (например, при ранней стадии РДС) с помощью сурфактанта; эффективность оценить характером петли «объем – давление» на экране аппарата ИВЛ или по результатам рентген-снимка грудной клетки;
- следует рассмотреть изменения, которые влияют как на MAP, так и на ДО.

Первым выбором может быть увеличение PIP для улучшения MAP и ΔP. Если на аппарате доступно измерение дыхательного объема, следует настроить параметры давления вручную, чтобы достичь ДО не менее 4 мл/кг, и, если этот параметр уже достигнут, подумайте об увеличении до 6 мл/кг, чего можно достичь, используя режим вентиляции гарантированного по объему (VG), если он доступен (см. ниже).

Если в легких проявляются признаки ателектаза или снижения объема легких, увеличение PEEP является оптимальным выбором, но следует убедиться, что показатель дельта P (PIP-PEEP) не снижен.

Если PEEP превышает 6 см H₂O:

- возможно потребуется увеличение FiO₂ и частоты дыхания по мере необходимости (чтобы достичь целевой MOV) после обеспечения достаточно-го расправления легких и дыхательного объема;
- следует рассмотреть применение высокочастотной вентиляции легких (HFOV) при недостаточном ответе, или когда настройки параметров ИВЛ считаются слишком агрессивными.

2. Низкая оксигенация и низкий или нормальный уровень pCO₂ (нормальный уровень MOV, возможно, нормальный уровень ДО, следовательно, происходит нарушение соотношения вентиляции/перфузии (VQ).

Решение:

- повысить FiO₂, определить причину низкой оксигенации (пневмония/ПЛГН/ухудшение РДС). Обратить внимание на уровень ДО.
- Если после повышения FiO₂ путем титрования, его прирост высокий, а оксигенация остается низкой – увеличить MAP без существенного изменения ДО, для этого:
 - увеличить оба параметра PIP и PEEP, чтобы поддерживать ΔP на прежнем уровне, например, при начальном уровне PEEP 5 см H₂O, PIP 20 см H₂O, величина ΔP не изменится (15), если увеличим PEEP до 6 см H₂O и PIP 21 см H₂O. Того же эффекта можно достичь, используя режим, гарантированный по объему (VG) при текущем дыхательном объеме, но увеличивая PEEP. Это правило не сработает, если потребуется большее увеличение указанных параметров, например > 1-2 см H₂O. Следует помнить, что увеличение PEEP и

PIP на более 1-2 см H₂O может вызвать гиперинфляцию (чрезмерное расширение) легких;

– увеличить время вдоха (T_i), но убедиться, что время вдоха не превышает время выдоха ($T_i > T_e$), поскольку это приведет к развитию воздушных ловушек;

- настроить частоту дыхания, чтобы изменить МОВ;
- если настройки аппарата ИВЛ слишком агрессивные или отмечается плохой ответ, рассмотрите применение HFOV/оксид азота согласно протоколу.

3. Нормальная/высокая оксигенация и низкий уровень рCO₂ (гипервентиляция – вероятно, высокий уровень MAP, ДО и МОВ)

Решение:

• снизить давление на вдохе – PIP в качестве первого выбора, но не пытайтесь уменьшать PIP до уровня, при котором ДО менее 4 мл/кг. Использовать режим VG, если он доступен с ДО 4 мл/кг, если отмечается высокий дыхательный объем.

• Возможно придется рассмотреть вопрос о снижении PEEP, если легкие чрезмерно расправлены.

• Снизить FiO₂ до соответствующего уровня.

• Можно снизить частоту дыхания, если МОВ остается высоким или если такая информация недоступна, а рCO₂ все еще остается низким. Эта рекомендация не будет работать в режимах SIPPV/PSV, если частота дыхания пациента превышает установленную на аппарате – исключить автоциклирование!

4. Нормальный или высокий уровень оксигенации, но высокий уровень рCO₂ (вероятной причиной является низкий МОВ, но при нормальном MAP и ДО)

Решение:

• исключить частичную обструкцию интубационной трубки/повышенное выделение секрета – по индексу резистентности, который при этом превышает нормальный показатель (50-150 см H₂O/л/сек) или по петле поток/объем при наличии возможности.

• По возможности увеличить частоту дыхания, чтобы достичь желаемого уровня МОВ. Однако следует помнить, что значительное увеличение частоты дыхания (выше 60 в минуту и при времени вдоха 0,4 сек.) может привести к обратному соотношению времени I:E и вызвать задержку CO₂. Можно рассмотреть возможность одновременного снижения T_i , при условии, что T_i выше 0,3 сек.

• Рассмотреть снижение PEEP, если легкие достаточно расправлены (это будет снижать MAP, но увеличивать Дельта P). Не снижать PEEP менее 3 см H₂O, так как это может способствовать спадению альвеол и снижению площади газообмена.



Минимизируйте вентилятор индуцированного повреждения легких путем избегания чрезмерного и субоптимального дыхательного объема. Всегда в первую очередь следует уходить с самого опасного параметра ИВЛ.

Повышайте условия, обеспечивающие комфортность для ребенка

- Это в целом достигается за счет синхронизации аппаратного дыхания с попытками ребенка дышать.
- В некоторых ситуациях необходимо рассмотреть применение седативных препаратов и обеспечить комфортное положение ребенка в «гнезде».
- Синхронизация аппаратного дыхания с попытками вдоха ребенка достигается в режимах SIMV или SIPPV, но более высокий контроль над дыханием может быть обеспечен ребенку дополнительной синхронизацией на выдохе в режиме PSV или на протяжении всего дыхательного цикла (пропорциональный вспомогательный режим) (1,2).

3. РЕЖИМЫ АППАРАТОВ ИВЛ

Аббревиатура, часто используемая для описания режимов ИВЛ

CMV – Continuous Mandatory Ventilation

SIPPV – Synchronised Intermittent Positive Pressure Ventilation

AC – Assist Control (тот же, что и SIPPV)

PTV – Patient triggered ventilation (тот же, что и SIPPV)

PSV – Pressure Support Ventilation

VG – Volume Guarantee Ventilation

Все режимы аппаратов ИВЛ классифицируются по следующим характеристикам:

1. Триггер – иницирование дыхания:

- **по времени** – здесь дыхание иницируется заданным временем, определяемым установленной частотой дыхания на аппарате, но при этом аппарат не учитывает дыхательные усилия пациента (вентиляция **не синхронизированная с дыханием** ребенка), классический пример CMV;
- **по потоку** – это самый распространенный и чувствительный тип триггера в современных вентиляторах, при которых обнаруживается поток газа к пациенту, иницированный его дыхательным усилием, с последующей **синхронизацией с дыханием** ребенка, например SIMV, SIPPV/AC/ PTV или PSV;
- **по объему** – аппаратное дыхание запускается, когда обнаруживается заданный объем газового потока, направленного к пациенту (полученного из потока во времени);
- **по давлению** – аппаратное дыхание иницируется отрицательным давлением, создаваемым спонтанным усилием пациента, но это менее чувствительный вид триггера, который может использоваться для синхронной вентиляции, если датчик потока недоступен – SIMV/SIPPV.

2. Ограничение – установление максимальной величины параметра во время вдоха:

- **по давлению/объему** – аппарат ИВЛ прекращает подавать дыхание при достижении заданного давления или предела объема.

3. Завершение вдоха (Cycle) – переключение вдоха на выдох:

• **по времени** – вдох заканчивается в конце установленного времени (SIMV/SIPPV);

• **по потоку** – вдох прекращается, когда поток подаваемого газа ослабевает (это может занять различное время из-за балансирующего эффекта внутреннего потока вентилятора и желания пациента выдохнуть) до установленной доли максимального инспираторного потока – обычно 5-15%; поэтому пациент контролирует время вдоха, которое меняется от дыхания к дыханию, классическим примером является режим PSV.

3.1 Режимы ИВЛ, используемые наиболее часто

3.1.1 Непрерывная принудительная вентиляция (CMV) – триггер по времени, ограниченный по давлению, вентиляция с временным циклом без учета дыхательных усилий пациента. CMV не следует использовать в качестве первичного режима вентиляции. Этот режим в основном используется во время транспортировки новорожденных из-за технического ограничения транспортных вентиляторов. В целом этот режим не рекомендуется, т.к. было доказано, что несинхронизированные режимы вентиляции продлевают время пребывания на ИВЛ.

Однако необходимо помнить, что у пациентов в состоянии комы или глубокой седации, с отсутствием самостоятельного дыхания и находящихся на синхронизированном режиме ИВЛ (что эквивалентно CMV режиму) имеется дополнительное преимущество спонтанной синхронизации, когда пациенты просыпаются или улучшается их состояние и у них появляются попытки самостоятельных вдохов.

Синхронизированная перемежающая принудительная вентиляция (SIMV) – аппаратная вентиляция, синхронизированная с самостоятельным дыханием пациента – триггер по потоку/объему/давлению, ограничение по давлению, вентиляция с временным циклом с учетом дыхательных усилий пациента. Установленное на аппарате количество вдохов поддерживается в соответствии с резервной частотой (частотой установленной врачом). Вентилятор делит минуту на установленные окна на основе резервной частоты. Если в этом окне не появляется спонтанное дыхание, подходящее для запуска, происходит принудительное дыхание. Любые дополнительные спонтанные вдохи пациента не поддерживаются. Например, если ребенок делает 30 самостоятельных вдохов, а врач установил на аппарате 60 дыханий в мину-

ту, то аппаратом поддерживается 30 дыханий, а остальные 30 принудительно. Другой вариант: если на аппарате установлено 60 дыханий в минуту, а ребенок делает 80 самостоятельных вдохов, то аппарат будет поддерживать 60 дыханий, а остальные 20 ребенок дышит самостоятельно (4).

Синхронизированная прерывистая вентиляция с положительным давлением (SIPPV)/Вспомогательное управление (АС)/Вентиляция с триггером пациента (PTV) – триггер по потоку/объему/давлению, ограничение по давлению, вентиляция с временным циклом с учетом дыхательных усилий пациента. Все спонтанные вдохи пациента поддерживаются, если они удовлетворяют установленному порогу триггера. Например, если на аппарате установлено 60 дыханий в минуту, а ребенок дышит 80, то все 80 дыханий будут поддерживаться, несмотря на установленные на аппарате 60 дыханий. При этом необходимо помнить, что при значительном учащении самостоятельных дыханий пациента будет нарушаться соотношение времени вдоха к выдоху, так как время вдоха останется на заданном уровне, а время выдоха сократится.

Резервное обязательное дыхание происходит, если спонтанное дыхание пациента ниже, чем установленная резервная частота. Например, если ребенок делает 30 самостоятельных вдохов, а врач установил на аппарате 60 дыханий в минуту, то аппаратом поддерживается 30 дыханий, а остальные 30 принудительно.

Вентиляция с поддержкой по давлению (PSV) – триггер по потоку/объему, ограничение по давлению, вентиляция с циклом потока с учетом дыхательных усилий пациента. Установленные время вдоха (T_i) и частота дыхания являются переменными, так как могут изменяться независимо от установленных показателей. Например, при установленной на аппарате частоте дыхания 60 в минуту, если ребенок дышит 80, то аппаратом будут поддерживаться все 80, но при этом в отличие от SIPPV время вдоха (T_i) будет определяться самим аппаратом, благодаря чему не будет нарушаться желаемое соотношение продолжительности вдоха к выдоху.

Резервное дыхание включается, если спонтанное дыхание пациента ниже, чем установленная резервная частота дыхания. Например, если на аппарате установлено 60 дыханий в минуту, а ребенок самостоятельно дышит 40 в минуту, то остальные 20 поддерживаются аппаратом.

SIMV + Поддержка по давлению (комбинированный режим ИВЛ) – часто используется во время отлучения от аппарата ИВЛ и перехода на более низкую частоту аппаратного дыхания. Спонтанно вызванные вдохи усиливаются дополнительным давлением в дыхательных путях с помощью аппарата ИВЛ до предварительно установленной пропорции PIP, а переключение вдоха на вы-

дох осуществляется потоком. В периоды отсутствия дыхания/апноэ, дыхание ребенка поддерживается ограниченным по давлению с временным циклом дыхания вплоть до заданного значения PIP и частоты дыхания.

Гарантированный по объему (VG) – аппарат постоянно определяет минимальное достаточное давление для доставки целевого дыхательного объема. Режим используется в ситуациях, когда происходит быстрое изменение комплайенса легких. При этом программа респиратора тестирует дыхательный объем выдоха (с учётом возможных утечек помимо ИТ). Объем ограничивается установленным дыхательным объемом с допустимым диапазоном по минимальной и максимальной границе. При этом гарантия по объему не принимается во внимание, если превышает максимально установленное давление (ограничение по объему для части дыханий и ограничение по давлению для некоторых дыханий – гибридный режим! Может использоваться в комбинации с CMV, SIMV, SIPPV/AC или PSV, а также в режиме ВЧ ИВЛ в некоторых современных высокочастотных респираторах) (5)

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ОБЫЧНЫМ РЕЖИМАМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Выбор режима вентиляции

Важно и гораздо более полезно использовать тот режим, который наиболее понятен врачу с хорошими практическими навыками.

В практике большинства отделений отдается предпочтение использованию режима SIPPV, особенно у младенцев с ОНМТ при рождении, чтобы максимизировать у них поддержку каждого вдоха. Это обязывает постоянно следить за возможной утечкой подаваемого газа и присутствием воды в дыхательном контуре, наличие которых аппарат может ошибочно принять за попытки самостоятельного дыхания пациентом и осуществлять их автоматическую поддержку (автоциклирование). Для новорожденных с учащенным дыханием требуется соответствующее изменение настроек, чтобы избежать гипервентиляции и гипокании (6).

Следует отметить, что все режимы с триггерной или синхронизированной вентиляцией уменьшают продолжительность нахождения ребенка на аппарате ИВЛ по сравнению с CMV (принудительной вентиляцией).

PSV – превосходный режим для детей с хорошим дыхательным усилием, относительно нетяжелым течением болезни легких, предпочтительно применяемый при «отлучении» от аппарата ИВЛ. Однако это не всегда достаточно хорошо срабатывает у детей с «жесткими» легкими, например, при БЛД.

SIMV – очень популярный режим вентиляции, более подходящий для детей с относительно большей массой тела и в более стабильном состоянии, а также перед «отлучением» от аппарата ИВЛ. Существует меньший риск ги-

перинфляции и гипервентиляции при автоциклировании, но повышен риск развития ателектаза легких и повышения работы дыхания при установлении более низкой частоты аппаратного дыхания (6).

В недавнем Кохрейновском обзоре было показано, что использование режима, гарантированного по объему, уменьшает показатель смертности и хронических заболеваний легких (БЛД), а также снижает риск развития гипокпапии, пневмоторакса, продолжительности нахождения на ИВЛ и реализации ПВЛ или тяжелого внутрижелудочкового кровоизлияния. Гарантированный по объему режим следует рассматривать, когда комплаинс легкого быстро меняется, или существует высокий риск ателектаза из-за «жестких» легких и повышенной резистентности дыхательных путей. Его можно использовать в сочетании с другими способами синхронной вентиляции (7).

СИНХРОННАЯ ПРЕРЫВИСТАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ С ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ (SIPPV). ЭТОТ РЕЖИМ ТАКЖЕ ИЗВЕСТЕН КАК ASSIST CONTROL (AC) ИЛИ PATIENT TRIGGERED VENTILATION (PTV)

- Триггер по потоку – ограничение по давлению – вентиляция с временным циклом
 - Поддерживаются все спонтанные вдохи до порога заданного триггера
 - Установленная частота будет обеспечивать резервную частоту дыхания в периоды апноэ
 - Может использоваться с режимом гарантированного по объему

ОБЩАЯ НАСТРОЙКА

Поток – 5-8 литров в минуту достаточен для большинства недоношенных новорожденных (более высокий поток может потребоваться для поддержания MAP в настройках с очень коротким временем вдоха, высокой PIP и ЧД). Очень высокий поток может повредить незрелые легкие и увеличить сопротивление дыхательных путей. Некоторые вентиляторы имеют заранее установленные потоки и не требуют специальной установки.

Установка порога триггера – для маленьких детей удерживайте триггерный порог ближе к самому низкому уровню, чтобы позволить включение самостоятельного дыхания. Следует избегать наиболее чувствительных порогов триггера, так как это увеличивает риск автоциклирования из-за воды в дыхательном контуре, утечки и колебания дыхательного контура. Если на аппарате имеется графический дисплей легких, следует установить порог срабатывания чуть ниже потока, генерируемого во время спонтанных вдохов пациента.

PEEP – стартовым уровнем является 4-5 см H₂O. Более высокий PEEP может быть использован при более «жестких» легких, отеке легкого при ОАП и при значительном вздутии живота пациента. Более низкий PEEP может быть

использован при синдроме утечки воздуха, но следует помнить об угрозе развития ателектаза при низких уровнях РЕЕР. Руководством для настройки РЕЕР может быть уровень расправленного легкого на рентгеновском снимке органов грудной клетки (8-9-е ребро).

PIР – стартовым уровнем является 18 см H₂O, отрегулированного в соответствии с показаниями дыхательного объема – 4-4,5 мл/кг. При необходимости PIP постепенно увеличивают на 2 см H₂O. Наиболее часто используется диапазон 14-26 см. Если требуется PIP выше 26 см H₂O – рассматривается необходимость перевода на HFOV режим.

Время вдоха (Ti) – устанавливают на 0,3-0,4 секунды. Более высокий уровень времени вдоха может быть использован для детей с БЛД и «жесткими» легкими, но при этом следует не забывать о риске развития воздушных ловушек при более высокой частоте спонтанного дыхания.

Резервная (устанавливаемая) частота дыхания устанавливается на уровне 40-50/мин, чтобы обеспечить адекватную частоту дыхания в периоды усталости и апноэ. Резервная ЧД не должна быть слишком высокой, поскольку уменьшает окно триггера для ребенка.

Если вы используете режим, гарантированный по объему – PIP устанавливается на максимальном объеме, что позволит обеспечить желаемый дыхательный объем.

Для каждого вентилятора и пациента устанавливаются соответствующие предельные значения тревоги, которые позволяют своевременно провести коррекцию. Изменения МОВ значительно зависят от дыхательных усилий пациента, что требует установления широкого диапазона тревог в начале вентиляции ($\pm 30\%$) и более узкого диапазона, когда ребенок «войдет» в ритм (7).

Проблемы:

триггер не срабатывает, причины:

- ребенок чрезмерно загружен седативными препаратами или он находится в тяжелом состоянии
- ребенок в состоянии гипервентиляции с низким уровнем PCO₂
- слишком высокая частота резервного дыхания, отсутствует «окно» для начала спонтанного дыхания – необходимо уменьшить частоту резервного дыхания, поддерживая минимальный объем вентиляции и регулируя параметры, которые увеличивают количество дыхательного объема.

Очень высокая частота аппаратного дыхания, причины:

- низкий дыхательный объем, надо обеспечить оптимальный ДО, не менее 4 мл/кг.
- Автоциклирование – вентилятор воспринимает артефакты как триггер для инициирования дыхания вентилятора:



- проверить наличие воды в дыхательном контуре
- проверить наличие значительной утечки подаваемого газа
- если все еще сохраняется высокая частота аппаратного дыхания, несмотря на выполнение вышеперечисленных мероприятий, следует увеличить порог триггера или провести седацию.

Младенец, «борющийся» с вентилятором, причины:

- асинхронность – проверить проходимость интубационной трубки, продолжительность времени вдоха, наличие воды в дыхательном контуре, неадекватную резервную частоту дыхания.

Отлучение от аппарата ИВЛ:

- постепенно уменьшать PIP на 1-2 см H₂O (и/или PEEP), но **не частоту дыхания**, за исключением ситуации, когда у ребенка более замедленные спонтанные дыхательные усилия, чем резервная частота дыхания и уход от аппаратной ИВЛ вызывает сомнения
 - экстубация проводится при постоянном запуске триггера при PIP 16 см H₂O
 - не уходить от аппаратной ИВЛ при низком уровне давления у детей с хроническим заболеванием легких, поскольку это способствует развитию ателектаза легких и неудачной экстубации.

Синхронная прерывистая принудительная вентиляция (SIMV):

- триггер по потоку, ограничение по давлению, вентиляция с временным циклом;
- поддерживается только предварительно установленное количество спонтанных вдохов до установленного порога триггера. Любые дополнительные спонтанные вдохи вентилятор не поддерживает. Например, если установлена ЧД 60/минуту, а ребенок дышит 70/минуту, 10 вдохов в минуту не будут поддерживаться;
- установленная частота будет обеспечивать резервную частоту при приступах апноэ;
- может использоваться с режимом гарантированным по объему;
- не использовать у очень маленьких детей с узкой интубационной трубкой.

Параметры, требующие установки в SIMV

Поток – подобно режиму SIPPV

Триггер – подобно режиму SIPPV

PIP и PEEP – аналогичны режиму SIPPV

Время вдоха (Ti) – 0,3-0,4 сек. – маловероятно развитие воздушных ловушек из-за частых спонтанных дыханий

Частота дыхания: для начала лучшей синхронизации используется 60/мин. После этого проводится коррекция по мере необходимости для достижения целевой МОВ, при этом будет поддерживаться только определенное количество вдохов.

Тревоги. Тот же принцип, что и при SIPPV, за исключением того, что ограничения намного легче установить, так как ожидаемый МОВ легче вычислить по формуле: установленная частота дыхания × ДО.

При использовании режима гарантированного по объему устанавливается максимальный уровень PIP.

Регулирование:

аналогично, как и при SIPPV режиме, за исключением того, что регулирование частоты дыхания может использоваться для контроля МОВ и рСО₂. В некоторых вентиляторах предусмотрен дополнительный режим поддержки давления, чтобы избежать ателектаза легкого при низкой резервной частоте дыхания. Это обеспечивается предварительно установленной дополнительной поддержкой давления для каждого синхронизированного спонтанного дыхания (обычно на несколько см выше уровня PEEP, но ниже, чем установленный PIP). Уровень поддержки по давлению постепенно уменьшается, когда пациент готов к экстубации (11-13).

Проблемы:

аналогичные, что и при SIPPV режиме. Автоциклирование маловероятно и риск гиперинфляции снижен.

Триггер не срабатывает, причины:

- ребенок получил седативные препараты или тяжесть состояния ребенка не позволяет дыхательному центру обеспечить вдох
- ребенок с учащенным дыханием и с низким уровнем PCO₂
- слишком высокая частота резервного дыхания не оставляет «окно» для спонтанного дыхания. Следует уменьшить резервную частоту дыхания и поддерживать минутный объем, регулируя параметры, увеличивающие ДО
- младенец слишком устал из-за повышенной работы дыхания, обусловленной узким диаметром интубационной трубки, вторичной по отношению к недостаточной частоте резервного дыхания.

Младенец, «бьющийся» с вентилятором:

- асинхронность – проверить проходимость интубационной трубки, продолжительность времени вдоха, наличие воды в дыхательном контуре, местную резервную частоту.

Отлучение от аппаратной ИВЛ:

- уменьшить оба вида давления, влияющие на ДО (PIP, PEEP) и частоту дыхания. Однако большинство клиницистов предпочитают сначала снижать давление;
- не следует снижать частоту аппаратного дыхания менее 30 в минуту. Только в случаях крайней необходимости использовать низкую частоту дыхания с минимальной продолжительностью. Это объясняется тем, что более низкая частота аппаратного дыхания, используемая в течение длительного

периода, вынуждает ребенка с более высокой частотой спонтанного дыхания бороться с аппаратным дыханием вследствие узкого диаметра интубационной трубки, тем самым утомляя его и способствуя развитию ателектаза.

ВЕНТИЛЯЦИЯ С ПОДДЕРЖКОЙ ПО ДАВЛЕНИЮ (PSV)

- Триггер по потоку, ограничение по давлению, вентиляция с циклическим потоком.
- Сопровождается с синхронизацией вдоха и выдоха.
- Время вдоха и частота дыхания меняются и контролируются пациентом.
- Поддерживаются все спонтанные дыхания выше или до установленного порога триггера.
- Установленная частота будет обеспечивать резервную частоту дыхания в периоды апноэ и может использоваться совместно с режимом гарантированного по объему.

Как это работает?

- Вентилятор контролирует поток с помощью датчика на эндотрахеальной трубке в режиме реального времени, при этом:
 - регистрируется максимальный инспираторный поток;
 - при достижении фактического потока 5% от максимального инспираторного уровня, поддержка вдоха прекращается, и давление снижается до давления выдоха;
 - пациенту позволяется сделать выдох сразу же после того, как достигается дыхательный объем;
 - если фактический поток превышает 5% от максимального потока вдоха, дыхание циклируется по времени (давление снижается до давления выдоха, когда время вдоха завершается).
- Установленное время вдоха (T_i) определяет верхнюю границу продолжительности вдоха:
 - реальная продолжительность вдоха зависит от спонтанного усилия пациента, механики легких и максимального потока вдоха;
 - инспираторный поток становится решающим параметром в контроле продолжительности давления вдоха и графической кривой вдоха.

Преимущества:

- индивидуальное контролируемое пациентом время вдоха позволяет избежать плато на вдохе и уменьшает чрезмерное растяжение легких;
- обеспечивает комфорт;
- лучше всего подходит при болезни легких легкой степени и во время отучения от аппаратного дыхания.

Недостатки:

- регулировка соответствующего потока является важнейшим элемен-

том, который требует тщательного клинического наблюдения и опыта. Не следует использовать этот режим, если не знакомы с принципами его применения;

- в клинической практике этот режим может не сработать при очень жестких, зависимых от давления/объема легких, со значительным нарушением соотношения V/Q и при повышении сопротивления в дыхательных путях, например, при тяжелой БЛД.

Установка параметров:

- PIP, PEEP, триггерный порог, частота резервного дыхания и FiO₂ устанавливаются на общепринятых стандартных уровнях;
- максимальное время вдоха – T_i можно установить на уровне 0,4 сек.;
- когда режим PSV включен – следует наблюдать в динамике за состоянием пациента, работой дыхания и уровнем его комфортности;
- инспираторный поток следует отрегулировать так, чтобы свести к минимуму работу дыхания;
- продолжительность спонтанного времени вдоха должна быть между 0,20 и 0,35 сек.;
- если спонтанное время вдоха находится вне указанного диапазона, повторно оцените работу дыхания и установите поток вдоха;
- при сочетанном использовании данного режима с VG следует установить желаемый дыхательный объем и на максимально допустимом уровне PIP.

Режим PSV + VG позволяет ребенку контролировать почти все аспекты вентиляции и автоматически отлучаться от аппаратной ИВЛ.

РЕЖИМ ВЕНТИЛЯЦИИ С ГАРАНТИРОВАННЫМ ПО ОБЪЕМУ (VG)

Триггер по потоку регулируется по объему (хотя на самом деле имеет место ограничение по давлению), вентиляция по циклу потока или по времени в зависимости от режима, который используется (8).

Может использоваться с любыми режимами – SIPPV, PSV, SIMV

Как это работает?

Вместо стандартно устанавливаемого PIP для каждого дыхания, при данном режиме на вентиляторе устанавливается дыхательный объем (ДО). В таком случае вентилятор будет обеспечивать предписанный дыхательный объем при наименьшем уровне давления. Это достигается аппаратным анализом объема каждого предыдущего дыхания пациента, и регулированием PIP для увеличения или уменьшения дыхательного объема для следующего вдоха (9).



Противопоказания к использованию режима VG:

- возможна утечка подаваемого газа >40%, поскольку измерения дыхательного объема ненадежны;
- следует использовать с осторожностью при утечке 25-40%.

Преимущества:

- обеспечивает установленный объем легких с учетом их комплайенса, например, при РДС после применения препарата сурфактанта;
- при правильном использовании этого режима предупреждаются баротравма, волюмотравма и коллапс легких (9).

Установка параметров:

- поток, порог триггера, PEEP, Ti, FiO2 устанавливаются на общепринятых стандартных уровнях (см. Руководство SIPPV / SIMV / PSV);
- начальный показатель PIP устанавливается на уровне, при котором достигается желаемый ДО 4-6 мл/кг, так же, как и при обычном режиме по ограничению давления (см. ниже);
- объем (4-5 мл/кг) обычно используется при РДС, а более высокие объемы 5-6 мл/кг при БЛД;
- при режиме VG начальный показатель PIP, по сути, это максимальный его уровень, позволяющий обеспечивать желаемый ДО, что является пределом тревоги;
- после активации VG переустановите уровень PIP на 20% выше (обычно 4-6 мбар), чем требуется для обеспечения желаемого ДО;
- при установке PIP на уровне близком к текущему, достижение желаемого ДО будет невозможно по причине обтурации дыхательных путей секретом или ухудшения механики легкого (ателектаз, РДС, пневмония), что вызовет учащение сигналов системы тревоги аппарата;
- однако следует быть готовым к установлению более высокого давления для достижения ДО, если клиническое состояние пациента и информация, предоставляемая вентилятором на экране идентичны;
- резервная частота дыхания устанавливается на том уровне, который обеспечивает предполагаемый МОВ (200-300 мл/кг);
- пределы сигналов тревоги МОВ рекомендуется установить на $\pm 30\%$ от стандартного значения, чтобы предотвратить частые аварийные сигналы, которые могут стать причиной неуместного прекращения режима VG.

Мониторинг:

- наблюдение в динамике за уровнем: сатурации, сердцебиений, перфузии, АД и газов крови. Следить за уровнем расправления легких по рентгенограмме;
- следить не только за установленным уровнем PIP, но и за измеряемым уровнем аппаратного PIP.

Коррекция и отлучение:

- следует время от времени проводить корректировку PIP в ответ на изменения механики легких;
- при возникновении необходимости увеличения уровня гарантированного ДО может потребоваться увеличение PIP;
- при постоянно удерживающейся изначально выставленной концентрации O₂ следует подумать о повышении PEEP, при условии, что ДО адекватен;
- если у новорожденного постоянно удерживается тахипное (ЧД > 80):
 - при нормальных рН и рСО₂ – следует рассмотреть необходимость увеличения целевого объема;
 - при низком рСО₂ – следует рассмотреть необходимость применения седативного препарата.
- Отлучение от аппарата должно быть основано на объеме. Если имеет место чрезмерное вздутие легких, следует постепенно уменьшать ДО на 0,5 мл/кг, но не ниже 4 мл/кг.
- При использовании комбинированного режима (+ PSV или + SIPPV), нет смысла менять частоту аппаратной вентиляции, если частота дыхания ребенка превышает аппаратную. При режиме +SIMV снижение аппаратной ЧД уменьшит количество поддерживаемых вспомогательных вдохов, что может увеличить работу дыхания.
- Не следует снижать PIP без уменьшения установленного ДО, так как это приведет к срабатыванию сигнала тревоги.
- Следует экстубировать ребенка, когда ДО поддерживается на следующих уровнях параметров:
 - PIP 14-18 см H₂O
 - FiO₂ < 0,35
 - хорошие спонтанные дыхательные усилия.



АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ ИВЛ У НЕДОНОШЕННЫХ ДЕТЕЙ

Новорожденный со сроком гестации менее 28 недель, который нуждается в механической вентиляции
 Уложите ребенка в пластиковый мешок
 Раннее применение сурфактанта
 По мере возможности применение низких уровней давления с PEEP 4-5 см H₂O
 Начинать с воздуха, уровень FiO₂ регулировать согласно уровню сатурации

При поступлении в ОРИТН
 Триггерная вентиляция с коротким T_i, идеально режим VG с ДО 4-6 мл/кг
 Определение газового состава крови
 Мониторинг за артериальным давлением
 По мере возможности избегать применения опиатов
 Ввести кофеин
 Рассмотреть постановки центрального сосудистого доступа

FiO₂ < 30% и/или IO 5

FiO₂ 30-50% и/или IO 5-10

FiO₂ > 50% и/или IO > 10

23-25 нед.

Не применять опиаты
 Продолжать вентиляцию в мягком режиме до готовности к экстубации

Продолжать CV + VG
 Продолжать мониторинг VT
 Рассмотреть применение опиатов
 Убедиться в оптимальном уровне давления

Рассмотреть:
 положение интубационной трубки
 Тяжесть РДС
 Наличие пневмоторакса
 Пневмоний
 Гипоплазий
 ПЛГН

26-27 нед.

Не применять опиаты
 Рассмотреть экстубацию и перевод в режим CPAP/BIPAP/NIPPV

Рассмотреть 2-ю дозу сурфактанта при FiO₂ > 40% и MAP > 8

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Steven M. Donn., Sunil K. Sinha. Manual of neonatal respiratory care. 2012.
2. Manual of Neonatal Respiratory Care – 3rd Edition, 2012 Ed. Donn S.M., Sinha S.K., Springer, New York.
3. Assisted Ventilation of the Neonate – 5th Edition, 2010 – Ed. Jay P. Goldsmith, Edward Karotkin, Saunders Elsevie.
4. Greenough A., Dimitriou G., Prendergast M., Milner A.D. Synchronized mechanical ventilation for respiratory support in newborn infants. Cochrane Database of Systematic Reviews 2008, Issue 1. Art. No: CD000456. DOI: 10.1002/14651858. CD000456.pub3.
5. Bernstein G., Mannino F.L., Heldt G.P. et al. Randomized multicenter trial comparing synchronized and conventional intermittent mandatory ventilation in neonates. The Journal of Paediatrics 1996; 128(4):453-56.
6. Baumer J.H. International randomised controlled trial of patient triggered ventilation in neonatal respiratory distress syndrome. Archives of Disease in Childhood 2000; 82: F5-F10.
7. Wheeler K.I., Davis P.G., Kamlin C.O. et al. Assist control volume guarantee ventilation during surfactant administration. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2009; 94:5 F336- 38.
8. Cheema I.U., Sinha A.K., Kempley S.T. et al. Impact of volume guarantee ventilation on arterial carbon dioxide tension in newborn infants: A randomised controlled trial. Early Human Development 2007;83:183-89.
9. Wheeler K.,Klingenberg C.,McCallion N.,Morley C.J.,Davis P.G. Volumetargeted versus pressure-limited ventilation in the neonate. Cochrane Database of Systematic Reviews 2010, Issue 11. Art. No.: CD003666. DOI: 10.1002/14651858. CD003666.pub3.
10. Cools F., Henderson-Smart D.J., Offringa M., Askie L.M. Elective high frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for acute pulmonary dysfunction in preterm infants. Cochrane Database of Systematic Reviews 2009, Issue 3. Art. No.: CD000104. DOI: 10.1002/14651858.CD000104. pub3.
11. De Paoli A.G, Clark R.H, Bhuta T., Henderson-Smart D.J. High frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for infants with severe pulmonary dysfunction born at or near term. Cochrane Database of Systematic Reviews 2009, Issue 3. Art. No.: CD002974. DOI: 10.1002/14651858.CD002974. pub2.
12. Courtney S. E, Durand D. J, Asselin J. M. et al Neonatal ventilation study group. HFO versus conventional mechanical ventilation for VLBW infants. N Engl J Med 2002. 347643–652.652. [PubMed].



-
13. Johnson A. H, Peacock J. L., Greenough A. et al High frequency oscillatory ventilation for the prevention of chronic lung disease of prematurity. *N Engl J Med* 2002. 347:633–642.
 14. Stenson B., Brockelhurst B. Increased 36-Week Survival with High Oxygen Saturation Target in Extremely Preterm Infants. *N. Engl. J. Med.* 2011; 364:1680 – 1682.
 15. Target ranges of oxygen saturation in extremely preterm infants. SUPPORT study. *E. Engl. J. Med.* 2010; 362 1959-1969.
 16. European Consensus Guidelines on the management of neonatal respiratory Distress Syndrome in Preterm Infant-2016 Update.

