



# Стратегии вентиляции

Монография с практическими советами



## Содержание

1	Вентиляция, в каком направлении идет развитие?	4
2	Вентиляция – это искусство	5
3	Показания к вентиляции	10
4	Технологии вентиляции	13
4.1	Режимы вентиляции и технические решения	17
4.1.1	CPAP	17
4.1.2	BiLevel	17
4.1.2.1	Режим S	17
4.1.2.2	Режим ST	18
4.1.2.3	Режим T	18
4.1.2.4	Режим autoST	19
4.1.3	PSV	20
4.1.4	PCV	21
4.1.5	VCV	22
4.1.6	aPCV / aVCV	23
4.1.7	SIMV	24
4.1.8	MPVp / MPVv	25
4.1.9	Принцип TriLevel	26
4.1.10	AirTrap Control	28
4.1.11	Блокировка триггера	34
4.1.12	Снижение давления на выдохе (экспираторный рамп)	38
4.1.13	Компенсация объема	40
4.2	Дополнительный кислород	41
4.3	Увлажнение	42
4.4	Кашель и удаление секрета с функцией LIAM	44
4.5	Интерфейс пациента	52
5	Практические советы по эксплуатации	53
5.1	Случаи хронической респираторной недостаточности	53
5.2	Педиатрические аспекты вентиляции	57
6	Терапевтические решения для вентиляции	55
6.1	Концепция оборудования на примере prisma VENT50	59
6.2	prismaVENT 30 и prismaVENT 40	60
6.3	prismaVENT 50	60
6.4	VENTIlogic LS	60
6.5	prismaTS и prismaTSlab	61
6.6	Диагностика сна с полисомнографом Sonata	62
7	Обзор	63
8	Глоссарий	64
9	Библиография	65
	Благодарность	65



## 1 Вентиляция, в каком направлении идет развитие?

Механическая вентиляция становится все более важным аспектом при лечении респираторных и вентиляционных заболеваний.

Сегодня большинство хронически больных пациентов проходят эффективное лечение при помощи неинвазивной вентиляции, основанной на инновационной технологии вентиляции, проводящейся при помощи масок высокого качества.

В дополнение к классическим показаниям, таким как нейромышечные нарушения и деформация грудной клетки, неинвазивная вентиляция также применяется при лечении пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) и синдром гиповентиляции при ожирении. В медицине сна пограничным случаем является вентиляция пациентов с синдромом периодического дыхания, известного как дыхание Чейна-Стокса (CSR).

Вентиляционная терапия сейчас фокусируется в основном на вентиляционной недостаточности (Гиперкапническая недостаточность, тип II) и затем – на респираторной недостаточности (гипоксемическая недостаточность, тип I).

Специалисты по вентиляции пользуются возможностями новых технологий, которые основаны на адаптивных алгоритмах и современных системах клинического мониторинга и постоянно адаптируют параметры вентиляции к индивидуальным потребностям пациента.

Более того, при помощи технологий вентиляции и электронной обработки данных, профессионалы в области медицины могут оптимизировать рабочий процесс в стационарах – все для блага пациентов.

## 2 Вентиляция – это искусство

Наравне с кровообращением и сознанием, дыхание – это жизненно важная функция, которая необходима для поддержания жизни человека. Расстройство или прекращение функционирования любой из жизнеобеспечивающих функций угрожает жизни.

И неудивительно, что практикующие врачи давно пытались изобрести способ искусственного дыхания. Гиппократ (460-377 до н.э.) и Парацельс (1493-1541 н.э.) оставили записи после экспериментов в данной области. В 1876 французский врач Эжен Йозеф продемонстрировал Французской Академии прототип железного легкого, которое он назвал «спирофор».

Эпидемия полиомиелита в начале 1950х дала толчок значительному развитию в области искусственного дыхания. Среди прочих достижений, в ответ на изменившиеся требования в области медицины в больницах были созданы отделения реанимации (или БИТ, блок интенсивной терапии). В то время анестезиология осуществила неоценимый вклад в дальнейшее развитие сферы механической вентиляции.

Вентиляция оказывает поддержку при слабом дыхании или дополняет естественное дыхание в случаях его прерывания. Пациенты, страдающие гипоксемической дыхательной недостаточностью, например, при отеке легких, нуждаются в вентиляционной поддержке.

Пациенты, которым требуется медицинская вентиляция, теперь могут получить необходимую помощь за стенами больницы, на дому. Более того, так как многие аппараты компактны и просты в использовании, пациенты получают возможность передвигаться.

Потенциал механической вентиляции растет благодаря неинвазивной вентиляции (НИВ). Качество интерфейса в виде разнообразных систем масок играет очень важную роль. В настоящее время многие пациенты с хронической респираторной недостаточностью дыхания или вентиляционной недостаточностью проходят терапию с использованием НИВ.

Таблица 1 представляет сравнительный обзор характеристик неинвазивной (НИВ) и инвазивной вентиляции (ИВ) в острых ситуациях. Противопоказания к НИВ описаны в Таблице 2.

Лечение хронической респираторной недостаточности или вентиляционной недостаточности при помощи технологии вентиляции рассматривается как важный терапевтический способ снизить заболеваемость и смертность среди соответствующей группы пациентов.<sup>2,3,4</sup> Помимо этого, вентиляция оказывает позитивное влияние на качество жизни пациента.<sup>5</sup>

## Принятие решений в трудной ситуации

Характеристики неинвазивной и инвазивной вентиляции

⊖ Отрицательные характеристики    ⊕ Положительные характеристики

Осложнения и клинические аспекты	Инвазивная вентиляция (ИВ)	Неинвазивная вентиляция (НИВ)
Пневмония, связанная с вентилятором или контуром	⊖ Повышается риск начиная с 3 или 4 дня вентиляции	⊕ Редко
Возрастание работы дыхания, связанное с контуром	⊖ Да (во время спонтанного дыхания и при недостаточной компенсации контура)	⊕ Нет
Раннее и позднее повреждение трахеи	⊖ Да	⊕ Нет
Седация	⊖ Часто требуется	⊕ Редко требуется
Периодическое применение	⊖ Возможно	⊕ Часто возможно
Пациент может эффективно кашлять	⊖ Нет	⊕ Да
Пациент может есть и пить	⊖ Затруднительно с трахеостомой, при интубации - нет	⊕ Да
Пациент может говорить	⊖ Затруднительно	⊕ Да
Пациент может сидеть прямо	⊖ Есть ограничения	⊕ Часто возможно
Возникают сложности при отлучении от вентилятора	⊖ В10 - 20% всех случаев	⊕ Редко
Доступ к дыхательным путям	⊕ Прямой	⊖ Затруднительно
Точки давления на лицо	⊕ Отсутствуют при интубации, но могут возникнуть в уголках рта	⊖ Часто
Повторный вдох CO <sub>2</sub> (ребризинг)	⊕ Нет	⊖ Редко
Утечки	⊕ Низкая вероятность	⊖ Более-менее, в зависимости от подбора маски
Аэрофагия	⊕ Низкая вероятность	⊖ Часто

Таблица 1<sup>6</sup>

При анализе характеристик ИВ и НИВ заметно, что в большинстве случаев неинвазивная вентиляция – лучшая альтернатива.

## Противопоказания неинвазивной вентиляции (НИВ)

Хотя современное развитие медицинских технологий превратило неинвазивную вентиляцию в наилучший способ лечения в большинстве случаев, следует обратить

внимание на некоторые абсолютные и относительные противопоказания, перечисленные ниже:

### Абсолютные противопоказания:

- ▶ Отсутствует спонтанное дыхание
- ▶ Фиксированная или функциональная блокировка дыхательных путей
- ▶ Гастроинтестинальное кровотечение или кишечная непроходимость
- ▶ Кома

### Относительные противопоказания:

- ▶ Гиперкапническая кома
- ▶ Тяжелая гипоксемия или ацидоз (pH < 7,1)
- ▶ Значительное удержание секрета, несмотря на бронхоскопию
- ▶ Гиподинамическая нестабильность (кардиогенный шок, инфаркт миокарда)
- ▶ Ажитация
- ▶ Анатомическая и/или субъективная несовместимость интерфейса
- ▶ Непосредственно после гастроинтестинальной операции

Таблица 2<sup>6</sup> (см. Westhoff M. et al., 2015)

Учитывая противопоказания, можно сделать вывод, что инвазивная вентиляция сохранит значимость. Абсолютные и относительные противопоказания следует использовать как основу для принятия решений о виде терапии.

В исследовании, посвященном анализу использования механической вентиляции в домашних условиях в нескольких европейских странах <sup>7,8</sup> механическая вентиляция присутствовала, по оценкам, в 6,6 случаях на 100 000 жителей. Некоторые эксперты в области медицины утверждают, что распространенность вентиляции в некоторых из данных стран намного выше.

Более того, согласно исследованию <sup>7</sup>, в нескольких странах наблюдаются значительные вариации в распределении по показаниям. Заболевание «классических» категорий подразделяются следующим образом:

■ **Заболевания легких / дыхательных путей (ХОБЛ)**

■ **Искривление грудной стенки (кифосколиоз грудного отдела позвоночника)**

■ **Нейромышечные заболевания**

Перечень этих категорий может быть продолжен и включать синдром гиповентиляции при ожирении <sup>9</sup> и дыхание Чейна-Стокса, хотя последнее, как правило, лечится в рамках медицины сна. Здесь иногда возникает перекрест (например, синдром гиповентиляции при ожирении). Довольно часто диагностика, применяемая в медицине сна, используется для оценки качества вентиляции в ночное время.

С конца 1990-х годов абсолютное число пациентов с нейромышечными заболеваниями и искривлением грудной клетки, использующих механическую вентиляцию, оставалось на сравнительно стабильном уровне, однако число пациентов с ХОБЛ значительно выросло. Резкий рост числа

случаев ожирения вызывает быстрый рост числа людей, использующих вентиляцию, многие из которых страдают синдромом гиповентиляции при ожирении <sup>10</sup>.

Параллельно с развитием медицины сна эффективная концепция вентиляции была применена для лечения пациентов с центральными нарушениями дыхательной системы, например, дыханием Чейна-Стокса <sup>11,12</sup>.

Сейчас эксперты критически относятся к уровню PaCO<sub>2</sub> у пациентов с ХОБЛ, чья гиперкапния не была до конца нормализована при помощи вентиляции. Исследование, проведенное в 2009 <sup>13</sup>, указывает, что неинвазивная вентиляция способствует увеличению продолжительности жизни у пациентов с ХОБЛ и хронической вентиляционной недостаточностью. Однако качество жизни пациентов с НИВ было ниже. Следует отметить, что используемые в то время уровни давления при вентиляции были недостаточны.

Все больше фактов свидетельствует о том, что снижение PaCO<sub>2</sub> при помощи более высокого уровня давления при дыхании может оказать положительный эффект на ожидаемую продолжительность жизни. Оказывается, что один из предикторов продолжительности жизни у пациентов с ХОБЛ – тест шестиминутной ходьбы <sup>15</sup>. Кроме того, пациенты со стабильным гиперкапническим ХОБЛ проявляют лучшую переносимость к высокому давлению при вентиляции, если оно сопровождается большим сокращением PaCO<sub>2</sub> в ночное время <sup>16</sup>.



**Число пациентов, нуждающихся в механической вентиляции, значительно возрастает из-за роста количества пациентов с гиповентиляцией при ожирении и ХОБЛ.**

Качество вентиляции не определяется только технологией. Не менее важна профессиональная поддержка пациента при лечении в домашних условиях, а также помощь членов семьи <sup>8</sup>.

Подробный инструктаж пациента – важнейшее условие для его положительного восприятия терапии. Медицинский персонал должен действовать чутко и понимать, что пациенты, которым требуется вентиляция, часто страдают от нехватки воздуха и клаустрофобии, когда поверх носа или рта помещается маска. Важно быстро обеспечить доверие пациента, его уверенность в терапии и отношение к ней, как к источнику облегчения и защиты.

Современные технологии вентиляции, основанные на интеллектуальных решениях, могут значительно способствовать достижению этой цели.

### 3 Показания к вентиляции

Показания для вентиляции на основании следующих параметров:

- Основное заболевание
- Клиническая картина
- Уровень газов крови

**Показания к неинвазивной и инвазивной вентиляции с целью лечения хронической дыхательной / вентиляционной недостаточности (учитывая решение о терапии в случаях серьезного обострения).**

Заболевание	Показания к неинвазивной вентиляции	Показания к инвазивной вентиляции*
<b>Основное нейромышечное заболевание</b>	<p>Альвеолярная гиповентиляция в связи со следующим:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Хроническая гиперкапния (<math>\text{PaCO}_2 \geq 45</math> мм рт.ст.) в течение дня и/или</li> <li>• В ночное время (<math>\geq 50</math> мм рт.ст.) и/или</li> <li>• Нормокапния в течение дня с повышением в <math>\text{PTc CO}_2</math> на <math>\geq 10</math> мм рт.ст. ночью</li> <li>• Или быстрое уменьшение жизненной емкости легких</li> <li>• Пиковый кашлевой поток (PCF) <math>\leq 270</math> л/мин, при этом требуется механическое удаление секрета.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Требуется вентиляция и несмотря на использование аппарата, НИВ не приносит значительной пользы</li> <li>• Дисфагия при повторной пневмонии</li> <li>• НИВ требуется более 16 часов в день</li> </ul>
<b>Искривления грудной клетки (торакальная рестрикция)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Симптомы гиповентиляции</li> <li>• Хроническая гиперкапния в дневное время с <math>\text{PaCO}_2 \geq 45</math> мм рт.ст.</li> <li>• Гиперкапния в ночное время с <math>\text{PaCO}_2 \geq 50</math> мм рт.ст.</li> <li>• Нормокапния в течение дня с увеличением в <math>\text{PTc CO}_2</math> на <math>\geq 10</math> мм рт.ст.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Требуется вентиляция, но в ходе лечения возникает существенное ухудшение уровня газов крови, острый ацидоз (<math>\text{pH} &lt; 7.35</math>)</li> </ul>

\* when wanted by patient

Заболевание	Показания к неинвазивной вентиляции	Показания к инвазивной вентиляции*
<b>Синдром гиповентиляции при ожирении</b>	<p>Ожирение и гиперкапния несмотря на подходящую CPAP-терапию</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\geq 5</math>-минутный рост <math>\text{PTc CO}_2</math></li> <li>• <math>\geq 55</math> мм рт.ст. или <math>\text{PaCO}_2 \geq 10</math> мм рт.ст. по сравнению с состоянием бодрствования или десатурация <math>&lt; 80\% \text{ SaO}_2</math> в течение <math>\geq 10</math> минут</li> <li>• Если по истечении трех месяцев CPAP-терапия не приводит к клиническому улучшению и нормокапнии в течение дня</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Противопоказания к НИВ, например, дисфагия</li> </ul>
<b>ХОБЛ</b>	<p>Симптомы вентиляционной недостаточности и хронической гиперкапнии и ухудшение качества жизни.</p> <p>Индикатор (должен присутствовать хотя бы один из перечисленных критериев):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Хроническая гиперкапния в течение дня с <math>\text{PaCO}_2 \geq 50</math> мм рт.ст.</li> <li>• Гиперкапния в ночное время с <math>\text{PaCO}_2 &gt; 55</math> мм рт.ст.</li> <li>• Стабильная дневная гиперкапния с <math>\text{PaCO}_2 46-50</math> мм рт.ст. и увеличением в <math>\text{PTc CO}_2</math> на <math>&gt; 10</math> мм рт.ст. во время сна</li> <li>• Стабильная дневная гиперкапния с <math>\text{PaCO}_2 46-50</math> мм рт.ст. и по меньшей мере два тяжелых обострения с респираторным ацидозом, требующих госпитализации, в течение предыдущих 12 месяцев</li> <li>• Непосредственно после обострения, в ходе которого понадобилась вентиляция, согласно клинической оценке</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Требуется вентиляция, но в процессе терапии показатели газов крови существенно ухудшились, острый ацидоз (<math>\text{pH} &lt; 7.35</math>)</li> </ul>

Таблица 3<sup>17,2</sup>  
Показания к НИВ или ИВ

## Терапевтические эффекты механической вентиляции

Заболевание	Ожидаемые улучшения при вентиляции
<b>Нейромышечные заболевания</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Улучшение показателей газов крови</li> <li>- Уменьшение респираторных осложнений</li> <li>- Повышение качества сна</li> <li>- Повышение качества жизни</li> <li>- Увеличение ожидаемой продолжительности жизни</li> </ul>
<b>Искривление грудной клетки</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Разгрузка дыхательной мускулатуры</li> <li>- Сокращение дыхательных усилий</li> <li>- Повышение качества сна<sup>18</sup></li> <li>- Уменьшение ателектаз</li> <li>- Уменьшение легочной артериальной гипертензии<sup>18</sup></li> <li>- Повышение качества жизни<sup>5</sup></li> <li>- Увеличение ожидаемой продолжительности жизни</li> </ul>
<b>Синдром гиповентиляции при ожирении</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Нормализация вентиляции в течение дня и ночи</li> <li>- Улучшение показателей газов крови</li> <li>- Повышение качества сна</li> </ul>
<b>ХОБЛ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Снижение гиперкапнии</li> <li>- Повышение качества сна</li> <li>- Увеличение ожидаемой продолжительности жизни</li> </ul>
<b>Дыхание Чейна-Стокса</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Нормализация дыхания в ночное время</li> <li>- Повышение качества сна</li> <li>- Улучшение физических возможностей</li> <li>- Предположения об увеличении ожидаемой продолжительности жизни<sup>19</sup></li> </ul>

Таблица 4

### Эффекты механической вентиляции

Пациенты с нейромышечными заболеваниями или искривлением грудной клетки могут жить в течение многих лет при помощи механической вентиляции. Согласно исследованиям европейских ученых, эти пациенты используют вентиляцию более шести лет<sup>7</sup>. Неинвазивная вентиляция помогает также пациентам с синдромом гиповентиляции при ожирении (OHS) в том, что касается легочной функции и газообмена. Решение в пользу неинвазивной вентиляции основано на наличии гиперкапнии несмотря на проведение CPAP-терапии<sup>9</sup>. Негативные прогностические факторы при ожирении – это гипоксемия и повышенные маркеры воспаления<sup>20</sup>.

## 4 Технологии вентиляции

Перед началом механической вентиляции пациента необходимо найти правильный дыхательный паттерн. Это означает, что следует определить соотношение времени вдоха и выдоха дыхательного цикла, длительность дыхательного цикла с учетом давления, потока и объема. Делается основное различие между режимами с контролем давления и контролем объема.

**Параметры**, которые следует устанавливать на аппарате в режиме контроля давления, включают:

- режим вентиляции
- уровни давления на вдохе и выдохе
- дыхательный объем
- частота дыхания
- дыхательное соотношение (вдох к выдоху, I:E) или время вдоха
- частота поддержки (в режиме S и ST)
- чувствительность триггера
- время повышения давления

Дополнительно следует установить тревоги по давлению и/или по объему.

**Давление вентиляции** зависит от следующих факторов:

- механические характеристики системы легких и грудной клетки (pulmonary-thorax system)
- дыхательный объем
- инспираторный поток

Разница **IPAP** (Inspiratory Positive Airway Pressure, Положительное давление в дыхательных путях на вдохе) и **EPAP/PEEP** (Expiratory Positive Airway Pressure / Positive End-Expiratory Pressure, Положительное давление в дыхательных путях на выдохе и Положительное давление в дыхательных путях в конце выдоха) видна на кривой давления. Разница давлений между IPAP и EPAP/PEEP описывается как эффективное давление вентиляции.

Внешнее PEEP может использоваться для противостояния внутреннему PEEP пациента (например, в случаях с ХОБЛ).

Эффекты наблюдаются следующие:

- альвеолы с тенденцией к коллапсу поддерживаются в открытом состоянии и таким образом увеличивается площадь, доступная для газообмена
- сокращает уровень внутрилегочного шунта (shunt)
- у пациентов с ХОБЛ: Снижение внутреннего PEEP и таким образом снижение усилия для триггирования
- Влияние на гемодинамику: сокращение наполнения левого желудочка, что может быть неблагоприятным, особенно при отсутствии сокращения предсердий вследствие абсолютной аритмии и недостаточности левого желудочка.



## Управление дыхательным циклом

Переход от фазы вдоха к фазе выдоха значительно влияет на качество вентиляции пациента. Технология вентиляции объединяет механизмы контроля времени смены фаз дыхательного цикла, контроля давления и объема.

Пациент **триггерует** аппарат во время вентиляции с поддержкой. Преимущество триггирования заключается в том, что пациент может самостоятельно инициировать начало вдоха, поддерживаемого аппаратом. Однако для пациентов с ослабленными дыхательными мышцами приложение усилий для активации аппарата может быть недостатком. Таким образом, очень важно настраивать чувствительность триггера в соответствии с потребностями пациента. Это обеспечивает ощутимую разгрузку дыхательных мышц и приносит пациенту существенное облегчение.

*Если чувствительность триггера слишком низка, пациенту требуется приложить чрезмерные усилия для его активации, и таким образом быстро наступает усталость.*

Вентиляция с поддержкой спонтанного дыхания не рекомендуется при тяжелых стадиях нейромышечных заболеваний. При использовании режимов с полным контролем дыхания чрезвычайно важно подавить нежелательную «борьбу» пациента с аппаратом. В данной ситуации пациент «борется» с ритмом дыхания, навязываемого аппаратом. Следовательно, цель полностью снять нагрузку с дыхательных мышц (respiratory pump) пациента не будет достигнута.

### Чувствительность триггера

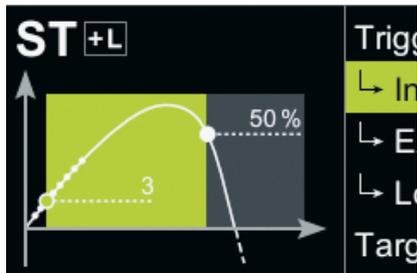


Рисунок 4  
Настройки триггера в Ручном и Автоматическом режиме.  
При правильной настройке чувствительности триггера повышается эффективность вентиляции. Существует восемь уровней настройки триггера вдоха, а настройки триггера выдоха варьируются от 95% до 5% (с шагом в 5%). Чтобы предотвратить возможное ошибочное срабатывание на фазе выдоха, можно также установить блокировку триггера.

## 4.1 Режимы вентиляции и технические решения

Основное различие трех базовых режимов вентиляции – это степень, до которой аппарат контролирует работу по дыханию.

- Контролируемая вентиляция: аппарат полностью берет на себя работу:

### Режимы T-, PCV-, VCV

- Поддерживающая вентиляция: аппарат берет на себя от 50% до 100% работы, в зависимости от выбранных настроек:

### Режимы ST, PSV с частотой поддержки, aPCV, aVCV

- Спонтанное дыхание: пациент получает поддержку по давлению либо объему:

### Режимы CPAP, S и PSV без частоты поддержки

Эти режимы вентиляции объясняются далее.

### 4.1.1 CPAP

Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) – Постоянное положительное давление в дыхательных путях. Индикатор качества – это постоянство давления, которое необходимо поддерживать во время спонтанного дыхания. Чаще всего CPAP используется для лечения обструктивного апноэ сна, гиповентиляция ожирения легкой формы, отека легких и до определенного уровня Дыхание Чейна-Стокса (CSR).

### Использование режима CPAP

*CPAP обеспечивает пневматический шунт в дыхательных путях и помогает улучшить оксигенацию.*

### 4.1.2 BiLevel

Постоянное положительное давление дыхательных путей на двух уровнях. BiLevel – это база для создания целого ряда различных режимов, при которых возможно установить более высокое давление на вдохе (IPAP) и более низкое давление на выдохе (EPAP/PEEP).

#### 4.1.2.1 Режим S

Базовый режим двухуровневой вентиляции BiLevel – это режим S (спонтанное), который подразумевает поддержку давления на вдохе (IPAP) и выдохе (EPAP).

#### 4.1.2.2 Режим ST

Вентиляция BiLevel также может осуществляться в **режиме ST** (спонтанное по времени). Оно сочетает в себе поддержку давлением на вдохе и контролируруемую вентиляцию. Для безопасности пациента в дополнение к терапевтически необходимому уровню давления (IPAP / EPAP) настраивается частота поддержки с фиксированным отношением I:E. Отношение I:E (Ti / T) обычно ниже, чем соотношение при спонтанном дыхании пациента.

Спонтанное дыхание возможно в режимах S и ST. Возможна настройка триггера под специфические потребности пациента для обеспечения оптимальной поддержки попыток спонтанного дыхания пациента.

#### ST Mode Setting

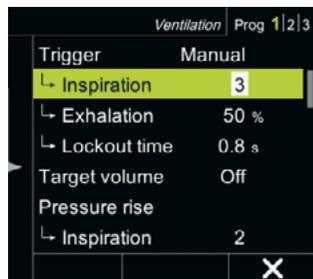


Рисунок 5  
Режим ST. В меню выбрано: IPAP 22.0 гПа и EPAP 5.0 гПа.

*Если давления вентиляции слишком низкие для обеспечения нормальной вентиляции, пациент может страдать от диспноэ.*

#### 4.1.2.3 Режим T

**Режим T** соответствует контролируемой вентиляции. Пациент не может влиять на процесс вентиляции. Настройки включают IPAP и EPAP, дыхательную частоту, отношение I:E и повышение давления на вдохе. Максимальная разгрузка дыхательной системы (respiratory rimp) достигается при условии, что пациент не прилагает никаких усилий. «Квази» режим T может возникнуть в ситуации, когда выбранная в режиме ST частота находится несколько выше частоты спонтанного дыхания. Эта настройка снижает работу по дыханию пациента и допускает максимальную свободу во всем кроме частоты поддержки.

#### T Mode Setting



Рисунок 6  
Режим T (контролируемая вентиляция). В меню выбрано: давление на вдохе 22.0 гПа и EPAP 4.0 гПа. Вентиляция пациента проходит на частоте 18 дыханий в мин и отношением Ti/T – 33%.

#### Использование режима T

*Режим T, или режим контролируемой вентиляции, предоставляет максимальную разгрузку дыхательной мускулатуры пациента.*

#### 4.1.2.4 Режим autoST

С режимом **autoST** (autoST=autoEPAP + autoF) пациенту предоставляется интеллектуальная поддержка, сочетающая в себе корректировку давления (autoEPAP) с постоянно регулируемой частотой поддержки (autoF).

Если в этом режиме выявляются нарушения потока, действует функция выявления обструкций и корректирует уровень EPAP до необходимого пациенту уровня. Коррекция EPAP осуществляется между заданными максимальным и минимальным EPAP при открытых дыхательных путях.

Принимая настройку autoF в качестве базы, аппарат предотвращает возникновение центральных апноэ и десатурацию, принудительно доставляя поток воздуха при отсутствии спонтанного дыхания. Предоставляемый объем отслеживается и частота настраивается в рамках установленного диапазона (от 10 до 20 вдохов в минуту). Пациент может дышать самостоятельно в любое время и таким образом подавить принудительную вентиляцию.

#### autoEPAP и autoF



Рисунок 7  
Индивидуальная настройка между максимальным и минимальным значением EPAP и предустановленная разница давлений (ΔPinsp.) делают возможным автоматическую подстройку давления для устранения обструкций.

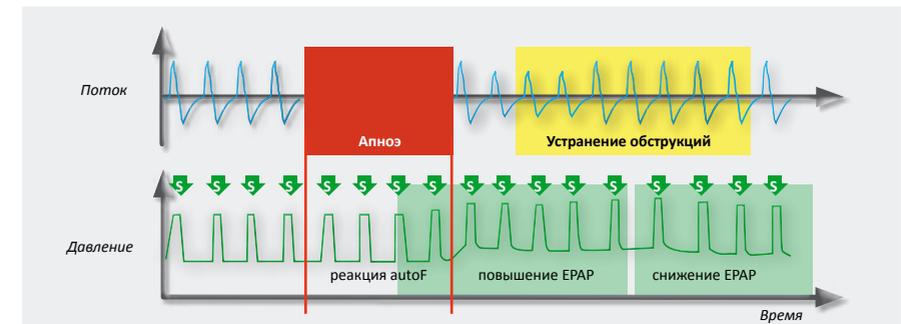


Рисунок 8  
EPAP автоматически повышается для устранения обструкций и происходит постоянная коррекция настроек при открытых дыхательных путях. Поддержка давления остается постоянной.

#### 4.1.3 PSV

При **вентиляции с поддержкой давления (PSV)** спонтанное дыхание сочетается с механической вентиляцией. При попытке вдоха пациента триггирует аппарат. Как только пересекается граница реакции триггера, аппарат повышает инспираторное давление до предустановленного уровня. Если поток снижается до определенной процентной доли пикового потока на вдохе, активируется выдох.

В результате дыхательный объем зависит от:

- установленного уровня разницы давлений
- интенсивности и длительности дыхательного усилия
- комплаенса и резистентности легких.

#### Расслабление дыхательных мышц

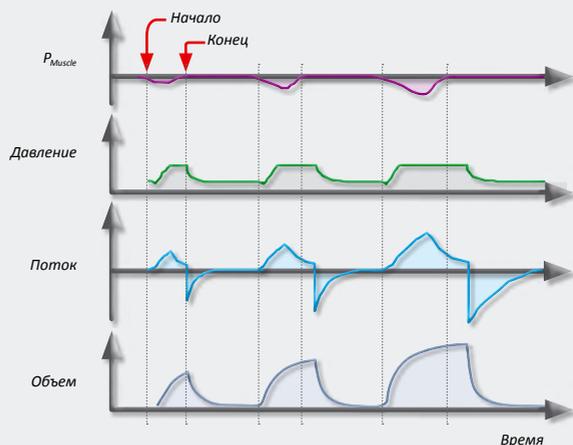


Рисунок 9  
Попытка вдоха пациента активирует (триггирует) повышение давления вентиляции до установленного уровня. Пациент триггирует механическую вентиляцию, которая снижает работу по дыханию.

#### Использование PSV

PSV используется при лечении пациентов без поврежденных дыхательного центра и при достаточной силе дыхательной мускулатуры для активации аппарата.

#### 4.1.4 PCV

PCV означает вентиляцию с контролем давления. В этом контролируемом режиме вдох регулируется на предустановленном уровне давления (IPAP), который поддерживается до окончания вдоха. После этого аппарат

автоматически переходит к выдоху. В отличие от BiLevel, спонтанное дыхание невозможно. Изменения в комплаенсе и сопротивлении легких влияют на дыхательный объем.

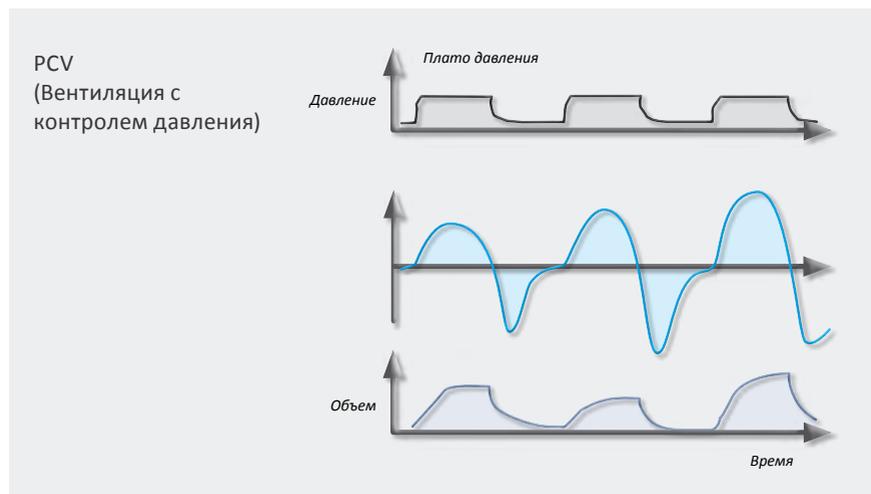


Рисунок 10  
PCV – режим вентиляции, часто используемый при механической вентиляции в домашних условиях

#### Повышение давления

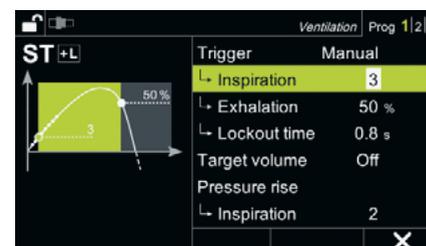


Рисунок 11  
Для каждого пациента можно установить скорость повышения давления для достижения выбранного уровня давления за определенное время. Настройки для фаз вдоха и выдоха можно устанавливать от 1 (резкий подъем) до 4 (плавный).

#### 4.1.5 VCV

При вентиляции с контролем объема (VCV) пациент получает указанный дыхательный объем в пределах установленного времени. Давление вентиляции изменяется в зависимости от комплаенса и сопротивления легких. По этой причине необходимо устанавливать тревоги по давлению вентиляции. В этом режиме спонтанное дыхание пациента не поддерживается.

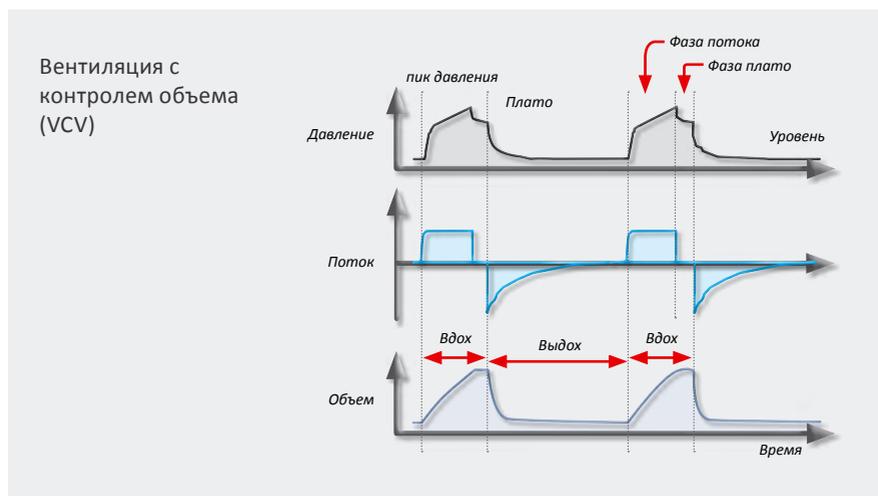


Рисунок 12  
VCV – при высоком инспираторном потоке установленный объем набирается до истечения времени вдоха. Это является причиной паузы, известной как «фаза плато». Фаза плато в конце вдоха должна быть короткой, для этого настраивается соответствующим образом поток.

#### Применение VCV

Пациенты с нейромышечными заболеваниями иногда проходят терапию с VCV, так как подача установленного объема позволяет задерживать в легких запас воздуха, необходимый для удаления секрета.

#### 4.1.6 aPCV / aVCV

Режимы aPCV и aVCV (вспомогательные PCV и VCV) – это виды вентиляции с контролем давления или контролем объема.

Пациент триггерует вдох, поддерживаемый аппаратом. Режимы aPCV и aVCV

позволяют пациенту вдыхать в течение определенного временного отрезка. Время вдоха устанавливается при настройке аппарата. Фактически, это является контролируемой вентиляцией с опцией триггера вдоха.

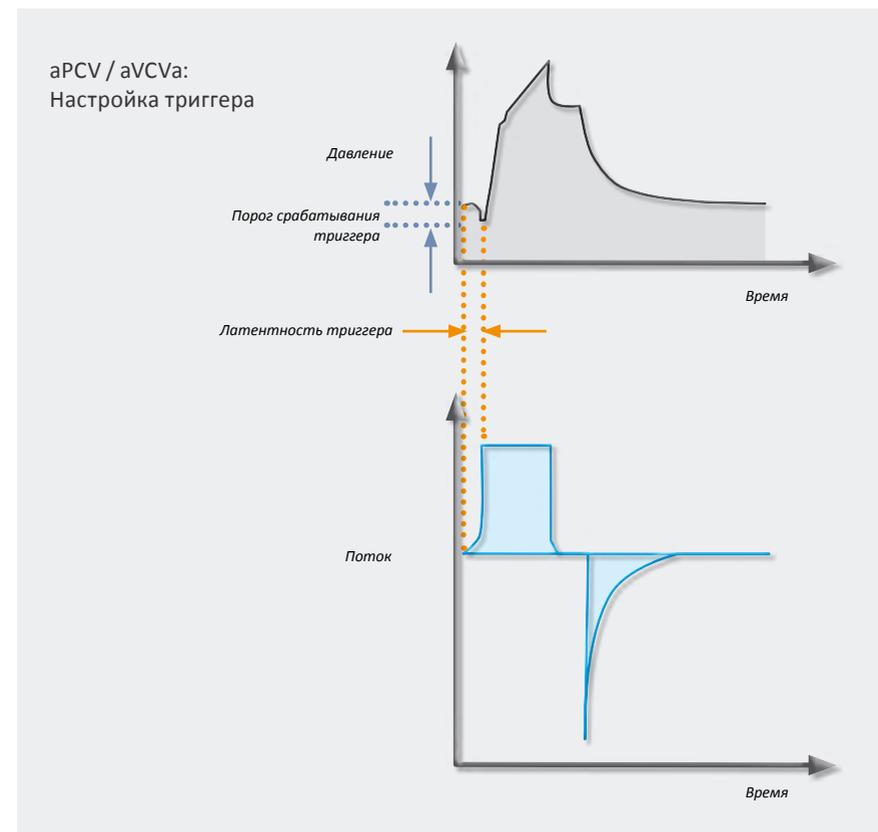


Рисунок 13  
aPCV / aVCV Фиксированная настройка частоты несколько регулируется поддерживаемым вдохом. Критический фактор – настройка чувствительности триггера. Если она слишком низкая, пациент не может активировать вдох. Пациент дышит в условиях контролируемой вентиляции.

#### 4.1.7 SIMV

Режим синхронной прерывающейся принудительной вентиляции (SIMV) сочетает в себе спонтанное дыхание с вентиляцией с контролем объема или давления. Пациент может делать самостоятельные вдохи между принудительными дыхательными

циклами, инициируемыми аппаратом. В режиме SIMV вдохи активируются пациентом кроме случаев апноэ. Однако дыхание может быть инициировано только в определенном временном промежутке.

Если аппарат не обнаруживает спонтанной дыхательной активности в пределах этого промежутка, аппарат подает несинхронизированный вдох. При ошибочной настройке аппарат может вмешиваться в спонтанное дыхание. При тяжелой респираторной

недостаточности дыхательный объем при самостоятельном дыхании может быть настолько мал, что возникает альвеолярная гиповентиляция. SIMV используется только для инвазивной вентиляции и достаточно редко в последнее время.

#### Режимы для контура с утечкой и контура с клапаном

Режимы для контура с утечкой		
Сокращение	Название	Применение
CPAP	Постоянное положительное давление	Обструктивное апноэ сна или достаточно компенсированная гиповентиляция ожирения
S	Спонтанное	Отсутствие комплаенса с CPAP, высокие давления в CPAP
ST	Спонтанная с контролем времени	ARI (острая респираторная недостаточность) и CVI (хроническая вентиляторная недостаточность) при слабой приемлемости режима T
autoST	Автоматическая спонтанная с контролем времени	Во время фаз центрального апноэ и/или при риске обструкций
T	Контроль по времени	CVI
Режимы для контура с утечкой и контура с клапаном		
PSV	Вентиляция с поддержкой давления	Гиперкапническое ARI, отлучение от вентилятора
aPCV	Вспомогательная вентиляция с поддержкой давления	При слабой приемлемости PCV, отлучение от вентилятора
PCV	Вентиляция с контролем давления	Отлучение, когда состояние пациента улучшается
aVCV	Вспомогательная вентиляция с контролем объема	При слабой приемлемости VCV
VCV	Вентиляция с контролем объема	Более приемлемо для пациентов с нейромышечными заболеваниями и искривлением грудной клетки; нет компенсации утечек
MPVp	Вентиляция при помощи мундштука с контролем объема	Для пациентов с нейромышечными заболеваниями и искривлением грудной клетки
MPVv	Вентиляция при помощи мундштука с контролем объема	Для пациентов с нейромышечными заболеваниями и искривлением грудной клетки
Режимы для контура с клапаном		
SIMV	Синхронизированная прерывающаяся принудительная вентиляция	Для инвазивной вентиляции в лечебном учреждении

Таблица 5  
Возможные применения различных комбинаций режимов

#### 4.1.8 MPVp/MPVv

Вентиляция через мундштук может проводиться в двух различных режимах: с контролем давления (MPVp) и с контролем объема (MPVv). Чаще всего поставляются значительные объемы (от 800 до 1500 мл) для того, чтобы пациенту было легче говорить, кашлять и использовать техники задержки воздуха или задержки дыхания. Мундштук прикрепляется к креслу или кровати в пределах доступа пациента. В отличие от неинвазивной вентиляции через маску или инвазивной вентиляции при помощи трахеальной канюли, вентиляция через мундштук не подразумевает прямой связи между аппаратом и пациентом.

Следовательно, пациент обладает полной свободой движений и возможность использовать мундштук для получения вдоха, подаваемого аппаратом. Вентиляция через мундштук:

- упрощает разговор, питание и питье
- повышает качество жизни, давая пациенту большую свободу и комфорт во время терапии.

Вентиляция при помощи мундштука в особенности рекомендована пациентам с нейромышечными заболеваниями и искривлениями грудной клетки, такими как:

- Мышечная дистрофия (например, Дюшена)
- Амiotрофический латеральный склероз (АЛС)
- Атрофия спинных мышц I, II, III степени
- Нарушения опорно-двигательного аппарата (например, кифосколиоз)



Рисунок 14 демонстрирует гибкую конструкцию, закрепленную на инвалидном кресле, которая держит мундштук и контур пациента.

#### 4.1.9 Принцип TriLevel

Вентиляция TriLevel – это опциональная функция, используемая для лечения пациентов с потребностью в высоком давлении или в случаях комплексных путей, предоставляя дополнительную поддержку, которая делает выдох более комфортным для пациента. Показания к терапии включают дыхание Чейна-Стокса и другие нарушения дыхания центрального характера, возможны сочетания с обструкциями в верхних дыхательных путях.

Название “TriLevel” отражает использование трех уровней давления: IPAP, EPAP и EEPAP. В режиме BiLevel аппарат предоставляет IPAP во время вдоха и EPAP во время начала выдоха. В режиме TriLevel в конце выдоха, когда верхние дыхательные пути склонны смыкаться применяется EEPAP (положительное давление в дыхательных путях в конце выдоха). Разница между IPAP и EEPAP представляет собой адаптивную механическую поддержку дыхания (PDIFF). Функцией

EEPAP является такая же функция как и у CPAP, а именно предотвращение возникновения обструкций верхних путей, предоставляя дополнительную поддержку, которая делает выдох более комфортным для пациента.

Такой терапевтический подход доказал свою эффективность для пациентов, которым требуется респираторная поддержка и пневматический шунт, чтобы сохранять верхние дыхательные пути открытыми и предотвращать возникновение обструкций. TriLevel доступна как опция в аппаратах линейки prismaLINE. Для лечения дыхания Чейна-Стокса – особого вида периодического дыхания в сочетании с гипервентиляцией – применяется антициклический алгоритм. Он подразумевает, что в фазе гипервентиляции принудительная респираторная поддержка снижается до PDIFF=0 и автоматически повышается в фазах гиповентиляции.

#### Как работает режим TriLevel

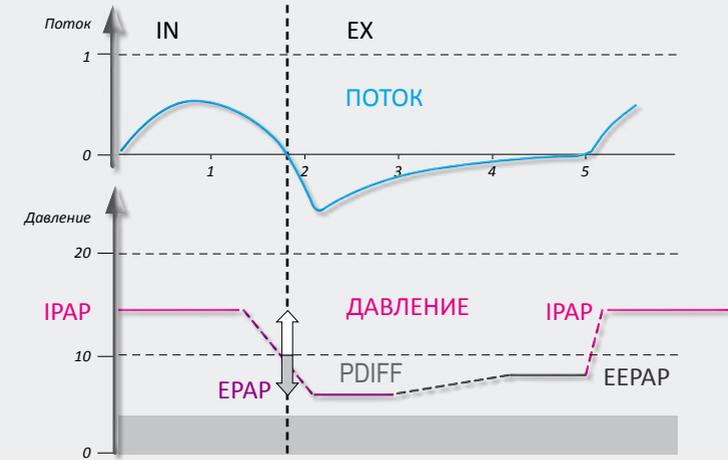


Рисунок 15  
Режим TriLevel в prismaCR – в течение дыхательного цикла три уровня давления автоматически подстраиваются под текущие потребности пациента. Антициклическая модулированная вентиляция (ACMV или ASV) стабилизирует дыхание пациента. В конце выдоха – в фазе, когда наиболее вероятен коллапс дыхательных путей – неблагоприятные события своевременно предотвращаются благодаря EEPAP (выполняет функцию autoCPAP).

Рисунок 16  
prismaCR



#### Применение TriLevel

Опциональная функция TriLevel сочетает адаптивную поддержку дыхания (PDIFF) с функцией autoCPAP и предоставляет комфортную респираторную поддержку пациенту, которому требуется и поддержка дыхания, и шунт для поддержания верхних дыхательных путей открытыми.

#### 4.1.10 AirTrap Control

В механической вентиляции положительное давление в конце выдоха (РЕЕР) генерируется так, чтобы держать открытыми альвеолы и предотвратить коллапс дыхательных путей. Неблагополучными последствиями, с другой стороны, может быть внутреннее РЕЕР (также известное как autoРЕЕР). Оно может возникнуть, когда в настройках вентиляции установлена слишком высокая частота или установленное время выдоха слишком мало для осуществления полноценного выдоха.

Это заметно на кривой потока, когда поток не опускается до нулевого уровня. В частности, у пациентов с ХОБЛ развивается автоматическое

или внутреннее РЕЕР, которое, в свою очередь, может привести к динамической гиперинфляции<sup>26</sup>.

Дыхательные пути пациентов с ХОБЛ имеют следующие патофизиологические характеристики:

- бронхиальная обструкция
- нестабильность малых дыхательных путей (например, как результат изменений, вызванных воспалительными процессами)
- повышенная секреция с кашлем и воспалением.

Как следствие, во время форсированного выдоха происходит коллапс дыхательных путей, и часть воздуха остается в альвеолах.



Рисунок 17  
Патофизиология ХОБЛ



Рисунок 18  
Дыхательные пути пациентов с ХОБЛ склонны к коллапсу во время выдоха



#### Пациенты с ХОБЛ имеют тенденцию к динамической гиперинфляции

Остаточная функциональная емкость (FRC) растет за счет жизненного объема, сдвига положения при спокойном выдохе и развития внутреннего РЕЕР<sup>27,28</sup>.

Следствие: возникает динамическая гиперинфляция<sup>29</sup>. Дыхание смещается в верхнюю область дыхательных путей с меньшей эластичностью. Далее дыхательная мускулатура функционирует в неблагоприятной зоне кривой длины-напряжения (length-tension curve).

В этих условиях достаточная вентиляция легких возможна только при увеличении дыхательных усилий<sup>30</sup>. Характерной чертой у подобных пациентов является грудное дыхание при участии вспомогательных дыхательных мышц. Если с течением болезни дыхательная мускулатура истощается, пациент будет страдать от остановок дыхания, что проявляется в повышенном уровне PaCO<sub>2</sub> в крови.

У пациентов с ХОБЛ высок риск динамической гиперинфляции. Это

следует предотвращать по следующим причинам:

1. ограничена эффективность дыхательной мускулатуры;
2. значительно увеличивается работа по дыханию (WOB).

Клинические признаки динамической гиперинфляции включают диспноэ и ограничение физической емкости<sup>31</sup>. Также ограничивается газообмен.

Внутреннее РЕЕР – это нежелательное состояние во время механической вентиляции. Если пациент хочет триггеровать аппарат, ему приходится создавать положительное внутригрудное давление, прежде чем он сможет создать негативное внутригрудное давление, которое, в свою очередь, будет являться сигналом для триггирования вентилятора (т.е. подачи машинного вдоха с давлением IPAP). Нередко у пациента нет возможности осуществить дыхательное усилие, необходимое для триггирования аппарата<sup>32</sup>.

## Объемы легких



Рисунок 19  
У пациентов с ХОБЛ остаточная функциональная емкость увеличивается вследствие внутреннего РЕЕР.

Для уменьшения внутреннего РЕЕР применяется множество разных подходов. В их числе – применение бронхолитических препаратов, сокращение дыхательного минутного объема и снижение отношения времени вдоха к времени выдоха<sup>33</sup>; кроме того, высокие давления на вдохе, управление внешним РЕЕР или снижение частоты дыхания.

Функция AirTrap Control – это новый подход, позволяющий эффективно справиться с динамической гиперинфляцией. Принцип AirTrap Control включает в себя постоянное измерение дыхательного потока во время выдоха. Для проведения этого измерения необходима информация об идеальной частоте дыхания пациента. При неизменном времени вдоха время выдоха пациента будет адаптироваться к его потребностям (при помощи сокращения частоты дыхания). Это

приводит к снижению внутреннего РЕЕР и смещению положения при спокойном выдохе к нормальному состоянию. В результате достигается эффективная вентиляция, и возможно – снижение эффективного давления вентиляции.

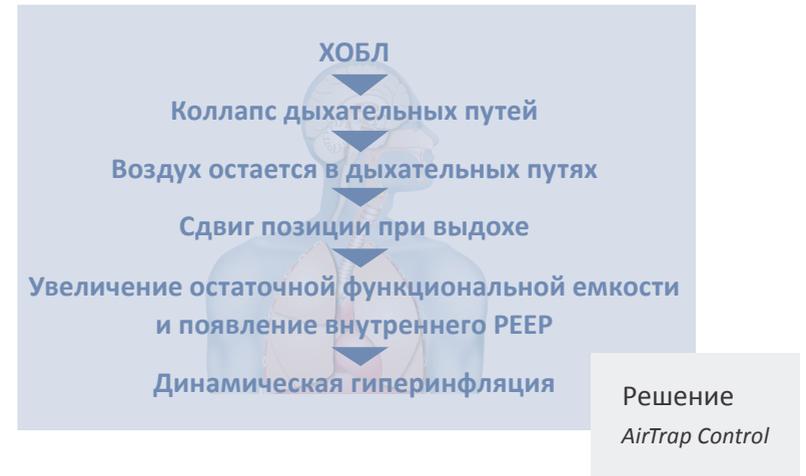


Рисунок 20  
Используйте AirTrap Control, когда возникает динамическая гиперинфляция

## Как работает AirTrap Control

AirTrap Control мониторирует процесс вентиляции на предмет возникновения воздушных ловушек и реагирует, когда требуется предотвратить перераздувание легких или динамическую гиперинфляцию. Эта функция особенно подходит для лечения пациентов с ХОБЛ.

Как только кривые объема и комплаенса указывают на возникновение воздушных ловушек и рост внутреннего РЕЕР, частота снижается. Время вдоха остается неизменным.

Для того чтобы гарантировать, что вентиляция пациента всегда достаточна функция AirTrap Control снабжена минимальными необходимыми требованиями

к безопасности. Ограничения относятся к максимальной продолжительности времени выдоха – до 50% (дополнительно к исходному) или 0,8 секунд. Когда функция AirTrap Control активирована, аппарат отзывается на дыхательные усилия пациента, переключаясь на стадию вдоха, чтобы предотвратить диспноэ или асинхронность между пациентом и аппаратом (борьбу с вентилятором).

Следует контролировать ключевые показатели, чтобы оценить эффективность терапии во время вентиляции.

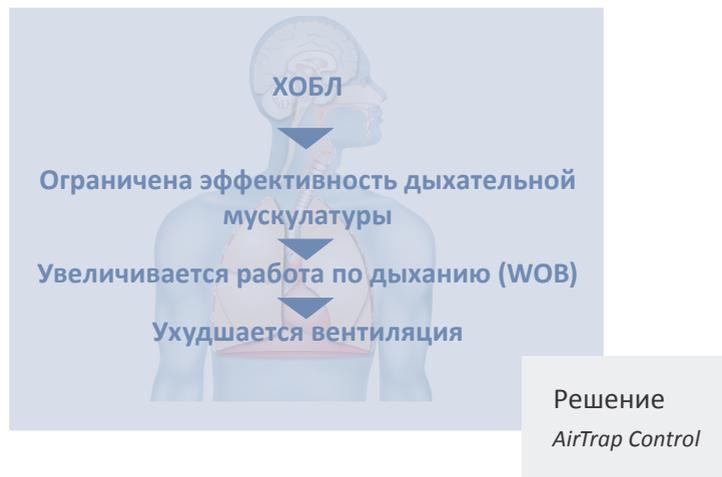


Рисунок 21  
Эффект динамической гиперинфляции: Из-за воздушных ловушек возникает сдвиг положения при спокойном выдохе; развивается внутреннее PEEP; сокращается дыхательный объем. Несмотря на рост давления, в легкие невозможно поставить существенно больший объем воздуха.

Практика показывает, что функция AirTrap Control приносит значительную пользу пациентам с ХОБЛ со значительной фракцией обструкции.

Первый признак эффективности вентиляции при помощи AirTrap Control – сокращение частоты дыхания пациента. Цель – увеличить вентиляцию альвеол.

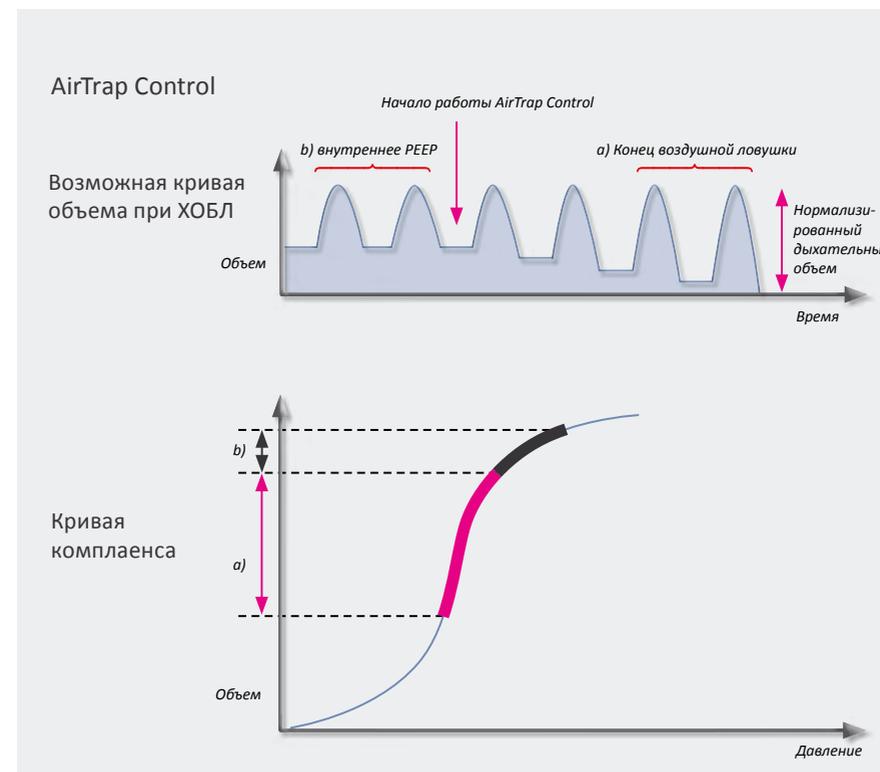


Рисунок 22  
AirTrap Control вызывает постепенное снижение внутреннего PEEP

#### 4.1.11 Блокировка триггера

Взаимодействие между человеком и аппаратом – это критически важный показатель качества механической вентиляции. Множество различных ситуаций могут оказать влияние на качество и эффективность<sup>34</sup>:

- Позволяет ли пациент аппарату осуществлять вентиляцию или он пытается бороться с ритмом, навязываемым ему машиной?
- Всегда ли вентилятор регистрирует триггирующий сигнал от пациента или пациенту приходится прилагать дополнительные усилия, чтобы активировать механическое дыхание?
- Наблюдается ли ошибочное триггирование аппарата?

Асинхронность между пациентом и аппаратом – это не просто повод для небольшого беспокойства. Она может оказать негативное влияние на комплаентность пациента и эффективность терапии.

На синхронность влияют:

- утечки
- компенсация утечек
- интерфейс пациента
- исходная болезнь пациента.

Четыре главных технических компонента также оказывают влияние на синхронность<sup>35</sup>:

- триггер вентилятора
- фаза дыхательной кривой после активации триггера
- переход от вдоха к выдоху
- конец выдоха.



Рисунок 23

Автотриггирование – Так как дыхательная мускулатура пациента с ХОБЛ ослаблена, ему требуется чувствительный триггер. Автотриггирование – результат неправильного управления вентилятором – может возникнуть у пациентов с ХОБЛ, у которых малые дыхательные пути уже нестабильны в результате осцилляций воздушного столба во время выдоха. При установке высокой чувствительности триггера аппарат получает ложный положительный сигнал о попытке вдоха.

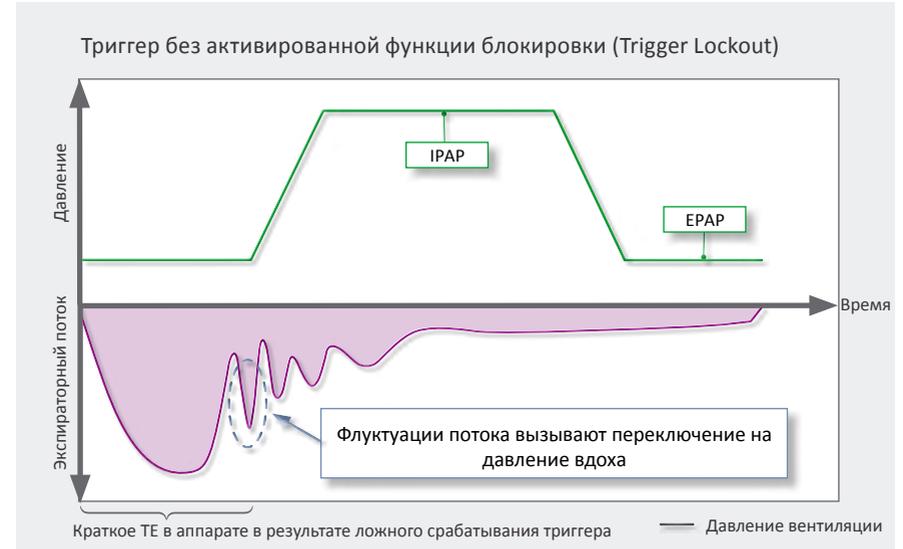


Рисунок 24

Вентиляция с поддержкой дыхания при ложном срабатывании триггера, вызванном флуктуациями кривой потока при высокой чувствительности триггера и отсутствии функции блокировки (Trigger Lockout). Амплитуда колебаний преувеличена сравнительно с действительными показателями. На практике на экспираторный поток влияет рост давления, что не отражено на иллюстрации в целях наглядности.

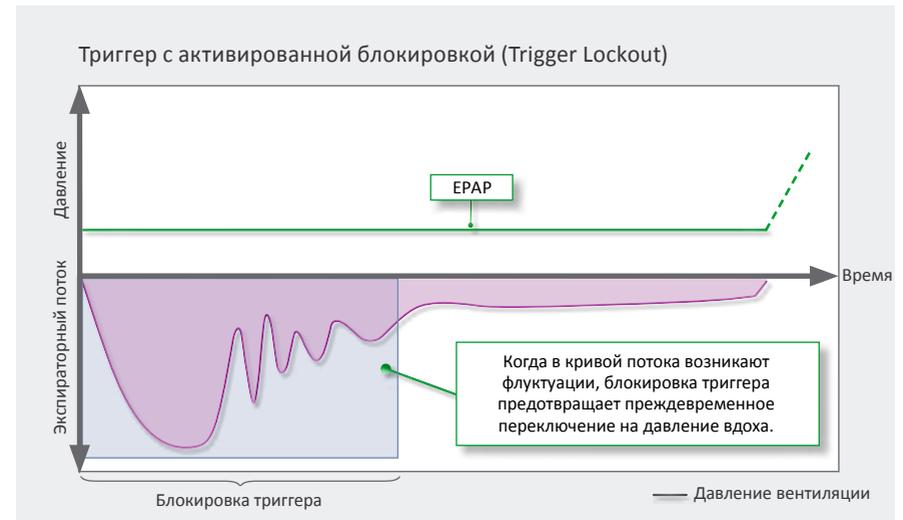


Рисунок 25

Установка подходящего периода блокировки триггера предотвращает преждевременное переключение вентилятора на фазу вдоха (см. Рис.24)

Феномен автотриггирования часто наблюдается во время вентиляции пациентов с ХОБЛ. Предполагается, что во время выдоха в воздушном столбе возникают осцилляции в результате нестабильности дыхательных путей. Когда настройки триггера слишком чувствительны, осцилляции могут вызвать ложный положительный сигнал к началу вдоха пациента. Осцилляции, возникающие близко к оборудованию для вентиляции (например, у мягкой части маски, прилегающей к лицу) имеют большое значение в клинической практике.

Уменьшение чувствительности триггера – наименее желательная альтернатива для подобных пациентов, так как эти изменения повлекут за собой увеличение работы по дыханию (WOB).

С другой стороны, блокировка триггера – эффективный способ предотвратить ложное триггирование.

При таком же уровне чувствительности триггера в режиме ST аппарат блокирует триггер вдоха на определенный период до начала выдоха. Это значительно стабилизирует паттерн спонтанного дыхания пациента.

Сначала выбирается желательное отношение I:E (соотношение вдоха и выдоха), и затем устанавливается время блокировки вдоха в окне физиологического времени (physiological time window). Для начала рекомендуется настроить следующее время блокировки: 1 сек или треть времени выдоха.

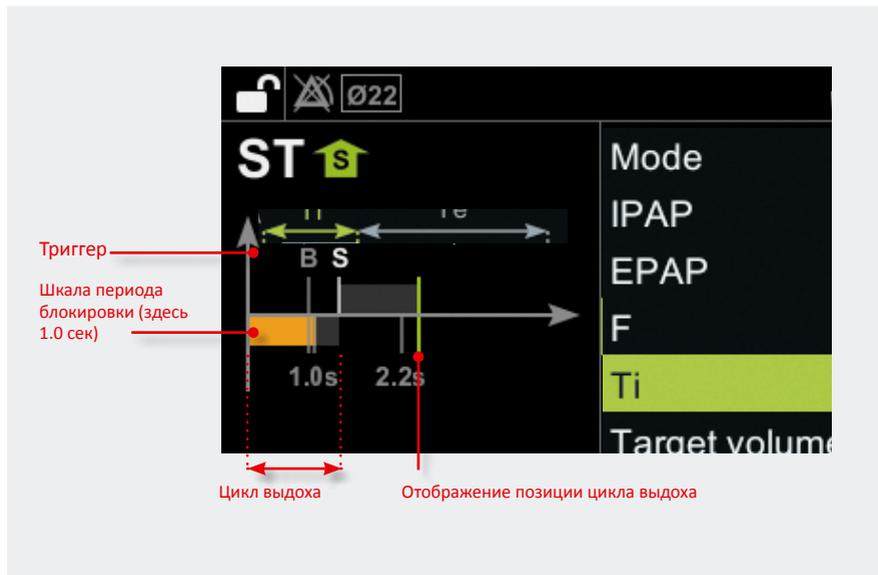
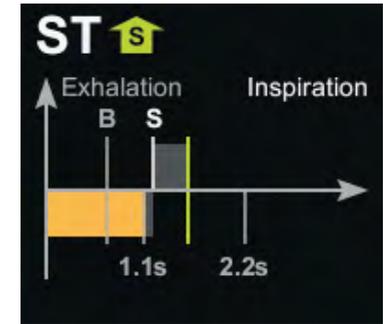


Рисунок 26  
Операционное меню аппарата prisma VENT 30/40/50:  
Блокировка триггера может устанавливаться с 0.6 сек до [(60/F) – Ti] максимум 5 сек.

### Блокировка триггера – Графическое изображение функции



Вариант А:  
Спонтанное дыхание



Вариант В:  
Спонтанное дыхание с  
блокировкой триггера



Вариант С:  
Контролируемая вентиляция



Вариант D:  
Контролируемая вентиляция с  
блокировкой триггера

Рисунок 27  
prisma VENT 30/40/50 – Блокировка триггера

#### 4.1.12 Снижение давления на выдохе (экспираторный рамп)

Безпрепятственный выдох и быстрый переход от высокого давления на вдохе во время вентиляции к давлению выдоха (РЕЕР) в случае легочной эмфиземы может привести к локальному коллапсу дыхательных путей и ограничению потока. Измененные в результате болезни дыхательные пути остаются без поддержки и подвержены неблагоприятным механическим воздействиям.

На Рисунке 28 изображена кривая потока соответствующая наличию легочной эмфиземы, а также кривая давления вентиляции с резким переходом от давления вдоха к давлению выдоха. При помощи пневматического шунта в

начале выдоха можно защитить малые дыхательные пути от коллапса. Например, при спонтанном дыхании Deutsche Atemwegsliga (Немецкое общество экспертов пульмонологов и специалистов по респираторной медицине) рекомендует применять стенозис на выдохе, чтобы повысить внутрибронхиальное давление.

Повышение давления смещает баланс сил, действующих на бронхиальную стенку, расширяя дыхательные пути, и, таким образом, становится возможным сохранять дыхательные пути открытыми гораздо дольше или, в наилучшем случае, постоянно. Похожего эффекта можно добиться путем пролонгации рампа давления на выдохе (см. кривую потока на Рисунке 29).

Применение постепенно снижающегося рампа давления на выдохе, разумеется, возможно без использования повышенного внешнего РЕЕР или ЕРАР в аппарате. Рамп давления особенно эффективен, так как противостоящее давление помогает в фазе, когда вклад потока значительный и локальное грудное давление особенно велико из-за гиперинфляции. В этой ранней фазе выдоха риск коллапса очень велик. Рамп на выдохе – аналогичен выдоху через сжатые губы – эффективная противодействующая мера.

Если в качестве альтернативы повышать давление в конце выдоха, то это может привести к нежелательным последствиям, так как либо произойдет снижение

эффективного давления вентиляции (разницы давлений между IPAP и РЕЕР), либо потребуются дальнейшее увеличение давления на вдохе.

Коллапс во время выдоха можно предотвратить увеличением внутрибронхиального давления в начале выдоха и внимательно мониторировать снижение экспираторного пикового потока. Экспираторный поток в среднем остается большим, объем воздуха выдыхается легче и можно снизить дыхательную позицию.

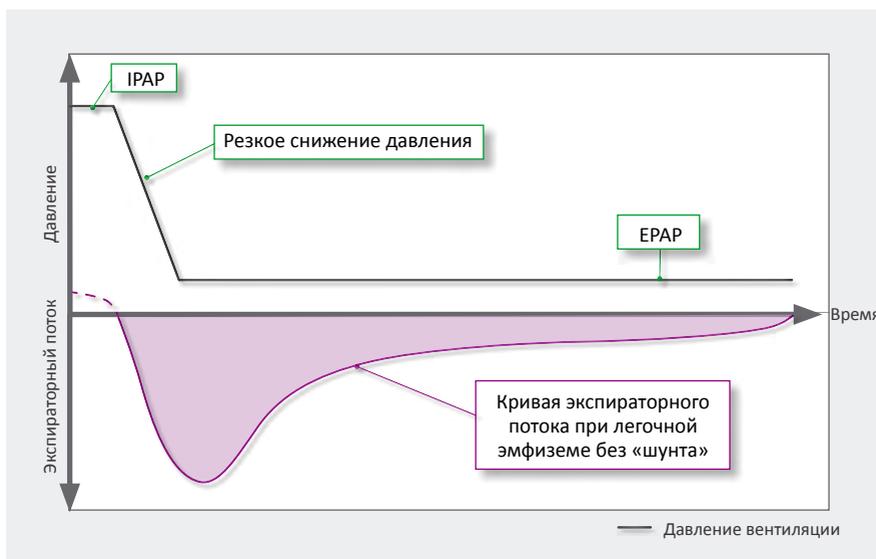


Рисунок 28 Кривая экспираторного потока во время вентиляции с резким падением давления и ЕРАР или РЕЕР  $\neq$  0

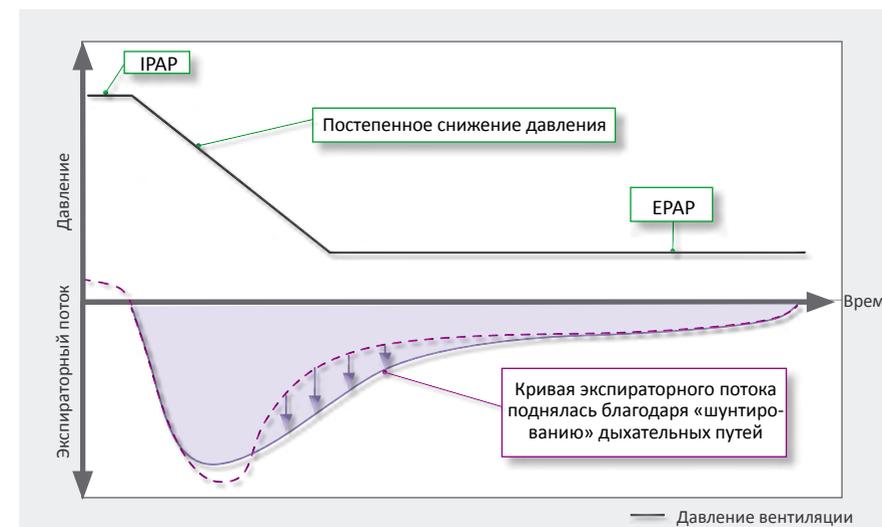


Рисунок 29 Эффект плавного перехода от давления вдоха к давлению выдоха в кривой экспираторного потока (пунктирная линия: кривая с резким снижением давления; сплошная линия: кривая с постепенным снижением давления). В среднем поток остается большим, и объем выдоха можно увеличить временным шунтом.

#### 4.1.13 Компенсация объема

Во время вентиляции по разным причинам может меняться состояние грудной клетки (например, изменение положения пациента во время сна), что может оказать негативное влияние на комплаенс легких и грудной клетки. Существует способ компенсировать длительные изменения, которые наблюдаются во время обострения или при прогрессирующих заболеваниях. В таких ситуациях аппарат должен гарантировать подачу определенного объема при вентиляции с контролем давления, чтобы вентиляция пациента

всегда была достаточной. Компенсация объема должна использоваться аккуратно в определенных ситуациях. Рекомендуется соблюдать осторожность при лечении пациентов, у которых сильно меняется уровень утечек (например, ночью). В этом случае аппарат может ошибочно снижать давление. Необходимо контролировать PaCO<sub>2</sub> и бикарбонат. Более того, быстрые изменения в дыхательном паттерне (например, как при CSR) могут сбить работу алгоритма целевого объема.

#### 4.2 Дополнительный кислород

Пациентам с хронической дыхательной недостаточностью и нарушениями газообмена для достаточной оксигенации артерий может потребоваться дополнительное обогащение кислородом поставляемого воздуха.

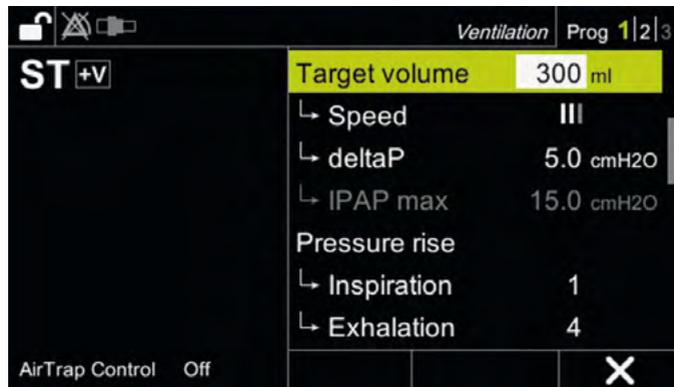
У взрослых продолжительная оксигенация > 60% токсична для легких. Токсичность кислорода происходит из-за образования супероксидных анионов и пероксида водорода при повышенном насыщении тканей кислородом.

Такая высокая концентрация не является необходимой для вентиляции при хронических заболеваниях в стандартных клинических случаях.

Эффект интоксикации при длительном использовании концентрированного кислорода может проявиться на уровне >40% у детей и младенцев. Повреждения возникают в эндотелии сосудов и альвеолярных клетках в легких<sup>36, 37</sup>. Следовательно, следует очень внимательно следить за максимально допустимой концентрацией кислорода.

Способ поставки кислорода в аппарат может повлиять на качество вентиляции. Если кислород поставляется только после модуля контроля вдоха или напрямую в маску, то существует опасность ошибочного срабатывания триггера потока и неправильного измерения объема.

#### Компенсация объема – Можно установить три скорости



Компенсация объема **aus**   
выкл низкая средняя высокая

**Низкая:** Каждые восемь дыхательных циклов аппарат проверяет, достигнут ли целевой объем, и меняет давление на 0,5 ГПа.

**Средняя:** Каждый пять циклов аппарат проверяет, достигнут ли целевой объем, и меняет давление на 1 ГПа.

**Высокая:** После каждого цикла аппарат проверяет, достигнут ли целевой объем, и меняет давление на 1,5 ГПа.

**На любой скорости:** когда давление попадает в коридор вокруг целевого объема, аппарат переключается на точную регулировку (+/- 0,1ГПа/ 100мл).



Рисунок 31

Задняя панель аппарата VENT30/40/50 – через порт O<sub>2</sub> можно поставить в аппарат до 15 литров/мин O<sub>2</sub>. Кислород подается в систему, выбирается таким образом, чтобы кислород регистрировался в модуле измерения потока. Тогда поставка кислорода не влияет на триггер потока и объем измеряется верно. Кислородный клапан также исполняет функцию предохранителя. В случае неисправности аппарата и появления искры, клапан автоматически прекращает поставку кислорода внутрь аппарата для предотвращения возгорания.

Рисунок 30  
Компенсация объема в аппарате prisma VENT30/40/50

### 4.3 Увлажнение

При относительной влажности 100% при температуре 37°C, воздух в альвеолах насыщен водяным паром. Это соответствует содержанию 44 мг воды в литре воздуха.

Эта точка называется граница изотермической сатурации (ISB). Приблизительно три четверти тепла и влаги приходится на слизистую оболочку носовой полости, и одна четверть попадает в трахею.

*Необходимый мукоцилиарный клиренс происходит при температуре 37°C и относительной влажности 100% (=абсолютная влажность 44мг/литр).*

Обычно пациенты, проходящие терапию с инвазивной вентиляцией получают 100% увлажнение. Когда для механической вентиляции используется трахеальная канюля или эндотрахеальная трубка, граница изотермической сатурации смещается вниз по дыхательному тракту, минуя физиологическое тепло и увлажнение в носовой полости. В результате этого в нижние дыхательные пути переходит почти в три раза больше влаги и тепла 38. Если насыщение водяным паром падает ниже 70%, мукоцилиарный клиренс серьезно ограничен. При относительной влажности ниже 50%, прекращается активность мерцательного эпителия.

Если в течение продолжительного времени в дыхательные пути попадает сухой и холодный воздух, могут возникнуть следующие осложнения:

- Дегидратация слизистой оболочки
- Прекращение активности мерцательного эпителия
- Сокращение мукоцилиарного транспорта
- Удержание и сгущение секрета (dyscrinism)
- Нарушение активности сурфактанта
- Развитие обтурационного аталектаза с нарушением газообмена (Oszenski)
- Язвы на слизистой оболочке
- Бронхоспазм
- Гипотермия
- Инфекция

Также требуется соблюдать осторожность при подаче теплого воздуха. При температуре выше 40°C появляется риск повреждения мерцательного эпителия, повышенное выделение секрета и нарушение газообмена.

*При вдохе через нос взрослый человек теряет ежедневно через испарения из дыхательных путей в среднем 250-300 мл воды.*

#### Активные системы увлажнения

Активная система увлажнения, основанная на парообразовании, включает в себя нагревательный элемент для нагрева воды (например, дистиллированной). Деминерализованная или кипяченая вода также считается подходящей альтернативой<sup>39</sup>. Испарение воды создает атмосферу, насыщенную водяным паром.

Вдыхаемый газ протекая над поверхностью воды нагревается и обогащается водяным паром. При помощи электронной регуляции может устанавливаться разная температура воды.

Крайне важно выполнять предписанные процедуры очистки, чтобы исключить риск бактериального заражения.

Какие пациенты выигрывают от использования увлажнителя<sup>40</sup>? Как было упомянуто ранее, все пациенты, на инвазивной вентиляции, получают увлажненный воздух. Для пациентов на неинвазивной вентиляции все не так однозначно. Однако для большинства пациентов, проходящих длительную неинвазивную терапию, требуется увлажнитель.

При принятии решения об использовании увлажнителя учитываются такие возможные побочные эффекты, как сухость ротовой полости, которая возникает при механической вентиляции.



Рисунок 32  
prisma VENT40 с prismaAQUA – увлажнитель prismaAQUA одним движением присоединяется к вентилятору и используется для неинвазивной вентиляции.

## 4.4 Кашель и удаление секрета с функцией LIAM

Введение

Физиология кашля

Кашель – это естественный защитный рефлекс организма для устранения инородного тела из дыхательных путей. Кашель также можно рассматривать как принудительный выдох в его крайней форме.

Кашель имеет три различных фазы:

1. Сначала происходит глубокий вдох (до 80% жизненной емкости легких).
2. Затем создается давление в грудном отделе: энергия выдоха прилагается к закрытой голосовой щели и сокращается экспираторная мускулатура.
3. Голосовая щель резко открывается, воздух выталкивается наружу на большой скорости и секрет выкашливается. Пиковая скорость в крупных бронхах может превышать 200 км/ч. Этот процесс требует дополнительного напряжения дыхательной мускулатуры и происходит наиболее успешно, если человек сидит или находится в полусогнутом положении.

*Для осуществления кашля требуется достаточная сила мышц вдоха и выдоха.*

Согласно эффекту Вентури, во время форсированного выдоха или кашля секрет транспортируется при помощи импульса, передаваемого орально. Рефлекс кашля активируется при механическом или воспалительном раздражении фарингеальной зоны, трахеи и киля трахеи до 5-го и 6-го хрящевого кольца.

Что касается потоков вдоха и выдоха во время кашля, секрет не сможет быть выведен из бронхиальной системы, так как суммарный эффект движения равен нулю.

Патофизиология кашля

Различные патофизиологические процессы ведут к ограничению и изменению функции кашля – в том числе:

### - Сужение просвета дыхательных путей

Скопление секрета и спазмы бронхов, которые, как правило, возникают у пациентов, страдающих астмой, сужают просвет дыхательных путей. Вследствие этого пациент тратит больше энергии на осуществление эффективного кашля.

### - Паралич и повреждение мерцательного эпителия

Во время вирусной или бактериальной инфекции в респираторном тракте мукоцилиарный клиренс перестает функционировать. Функция кашля служит заменой механизма очистки бронхов.

### - Изменения в секрете

У пациентов с нейромышечными заболеваниями попадание слюны в дыхательные пути ведет к хронической бактериальной колонизации. Пациенты с ХОБЛ страдают от повторяющихся инфекций и постоянно увеличенного количества секрета.

### - Мышечная слабость

В результате нейромышечного заболевания у пациентов возникают затруднения при генерации необходимого пикового потока кашля (PCF-Peak Cough Flow) для нормальной работы функции кашля. Вместо брюшного пресса они пытаются напрягать грудные мышцы и мышцы плечевого пояса. Нарушение глотания, часто встречающееся у подобных пациентов, ведет к хронической аспирации.

Нейромышечные заболевания и ограничение функции кашля

Пациенты с нейромышечными заболеваниями (например, мышечная дистрофия Дюшенна или амиотрофический латеральный склероз, ALS) страдают от слабости мышц вдоха и выдоха. Следовательно, у них просто не хватает сил для генерации минимального потока от 160 до 300 литров в минуту, требуемого для нормального кашля.

Нарушение функции кашля ведет к различным патофизиологическим изменениям. Рост аккумуляции секрета вызывает сужение просвета дыхательных путей и таким образом затрудняет вентиляцию.

Еще более часто возникают ателектазы легких. Коллапс приводит к размножению патологических микроорганизмов, которые сокращают пространство, доступное для газообмена.

Продолжительное присутствие секрета способствует размножению бактерий и ведет к частому вирусному или бактериальному заражению дыхательных путей. Следовательно, пациент более подвержен развитию пневмонии.

Дальнейшие последствия удержания секрета включают в себя паралич и разрушение мерцательного эпителия, без которого мукоцилиарный клиренс более не обеспечивается. Подверженность пациента инфекциям вновь увеличивается, и порочный круг повторяется.

Тяжелая степень удержания секрета может привести к дыхательной недостаточности у данной группы пациентов.

Когда пациенты не имеют возможности кашлять, им можно оказать помощь мануальными техниками. Например, регулярное изменение положения способствует более равномерной вентиляции и распределению перфузии.

Перкуссия – медицинский прием, который подразумевает похлопывание пациента по грудной клетке сложенной в чашечку рукой – создает осцилляции

воздушного столба. В сочетании с правильным положением тела пациента это действие способствует перемещению секрета в основные дыхательные пути. По мере развития нейромышечного заболевания мануальных техник становится недостаточно для эффективного удаления аккумулярованного секрета.

В условиях вентиляции также следует предотвращать удержание секрета при терапии пациентов с нейромышечными заболеваниями. Секрет может блокировать дыхательные пути и поставить под угрозу эффективность механической вентиляции<sup>41</sup>. Недостаточная мобилизация секрета считается наиболее частой причиной неудачи применения механической вентиляции. При этом эффективное удаление секрета сокращает частоту госпитализации<sup>42</sup> и продлевает жизнь<sup>43</sup>.

## Помощь для мобилизации секрета+ Поддержка кашля

Помощь для мобилизации секрета и поддержка кашля особенно важны для пациентов с нейромышечными заболеваниями.

Ранее упомянутое изменение положения тела и его положительный эффект на гомогенную вентиляцию и распределение перфузии сокращает риск инфекции и недостаточности мукоцилиарного клиренса. Это простое решение часто применяется в сочетании с дополнительными техниками.

При мобилизации секрета разграничиваются техники, направленные на разжижение секрета и на транспортировку секрета из дыхательных путей. Первая группа включает перкуссию, вибрацию и осцилляцию. Секрет выводится мануальными техниками постукивания или при помощи IPV (Вентиляции с внутрилегочной перкуссией). Эти техники используют физический принцип, состоящий в том, что секрет становится менее вязким благодаря механическому воздействию, и затем легче выводятся из дыхательных путей.

Другой способ мобилизации секрета – это бронхоскопия. Она крайне полезна в случаях обострения и возможна при вентиляции через маску.

Секрет транспортируется принудительным выдохом. Одна из старейших техник мобилизации секрета – это позиционный дренаж. Здесь для вывода секрета из легких используется сила гравитации. Однако этот метод неэффективен в случаях начинающейся легочной недостаточности.

*Терапия показана при PCF < 270  
литров в минуту!*

Кашель может рассматриваться как крайняя форма форсированного выдоха. Поддержка кашля – важная часть терапии для пациентов с хронической вентиляционной недостаточностью.

*При нейромышечных заболеваниях  
обеспечение эффективного кашля  
может позволить избежать  
или значительно отложить  
необходимость в вентиляции или  
трахеостомии!*

## Терапевтические эффекты мобилизации секрета

Мобилизация секрета часто требуется при лечении пациентов с нейромышечными заболеваниями даже до показания к вентиляции.

Управление секретом (мобилизация секрета) выполняет следующие функции:

- откладывает начало вентиляции <sup>44</sup>
- позволяет управлять вентиляцией в принципе <sup>41</sup>
- устраняет необходимость в стационарном лечении <sup>41, 42</sup>
- увеличивает ожидаемую продолжительность жизни пациентов <sup>43</sup>.

## LIAM (Lung Insufflation Assist Maneuver - Метод поддержки инсuffляции легких) – Поддержка кашля

При лечении пациентов с тяжелыми нейромышечными заболеваниями следует сочетать вентиляцию с эффективной мобилизацией секрета.

В ответ на эту терапевтическую потребность была разработана инновационная концепция терапии, которая позволяет проводить мобилизацию секрета с помощью вентилятора, т.е. функция встроена в вентилятор.

В частности, в вентиляторы VENTillogic LS и prismaVENT 50 была интегрирована уникальная функция LIAM (Метод поддержки инсuffляции легких).

Функция работает следующим образом – во время фазы вдоха подается более глубокий вдох, благодаря чему легкие и грудной отдел дополнительно раздуваются.

### Как работает LIAM

При вентиляции во время вдоха осуществляется маневр, позволяющий перекрыть дополнительное принудительное механическое дыхание на ( $\Delta P$ ) при IPAP. Грудная клетка расширяется, увеличивая пиковый поток кашля и облегчая удаление секрета. После этого пациент может кашлять с большей эффективностью.

## Настройка функции поддержки кашля на аппарате происходит следующим образом:

1. Включите LIAM (инсuffляцию) в Меню вентиляции.
2. Выберите deltaP LIAM → IPAPmax
3. Выберите Ti LIAM and Te LIAM
4. Установите продолжительность маневра LIAM
5. Установите интервалы повтора LIAM
6. Выберите число дыхательных циклов с поддержкой LIAM



## LIAM: Функционирование

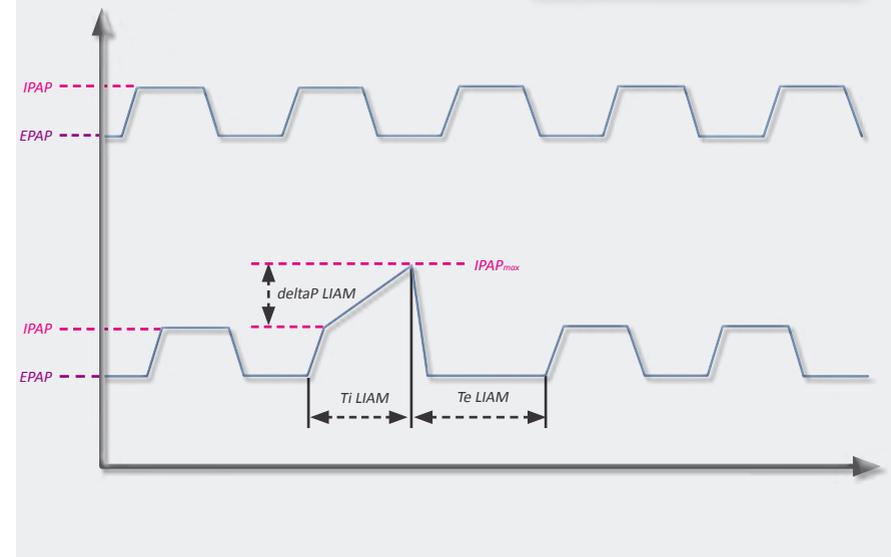


Рисунок 33  
Как работает LIAM: К давлению IPAP, генерируемому аппаратом, добавляется deltaP LIAM, что дает IPAPmax. Во время дыхательного цикла LIAM увеличивается Ti LIAM до предустановленного значения и меняется время выдоха Te LIAM, на выдохе подается давление EPAP.

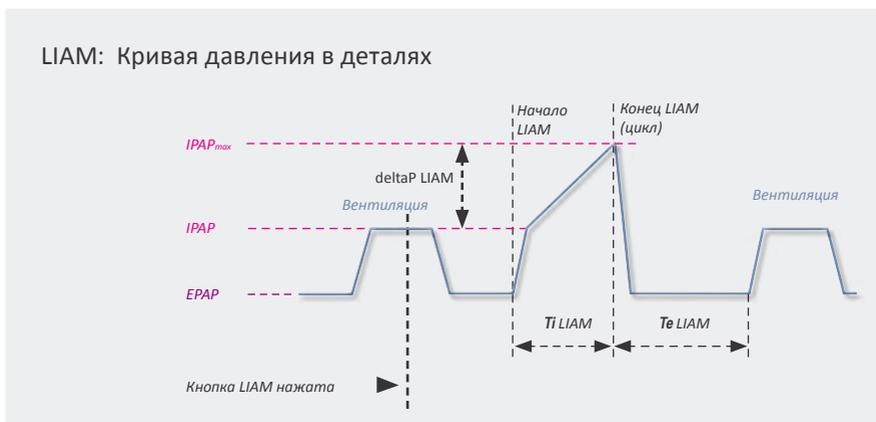


Рисунок 34  
Кривая давления при использовании LIAM

Если функция LIAM достигает желаемого эффекта до окончания всех предустановленных дыхательных циклов с LIAM, пользователь может остановить работу функции повторным нажатием кнопки LIAM. Если LIAM используется в течение более длительного периода, можно настроить время его активации от одной минуты

до постоянного применения  $\infty$ . Также возможно установить частоту повтора дыхательных циклов с LIAM (от 15 секунд до 24 часов). Если для успешного завершения маневра пациенту требуется несколько циклов с LIAM подряд, подобная настройка доступна до 10 циклов.

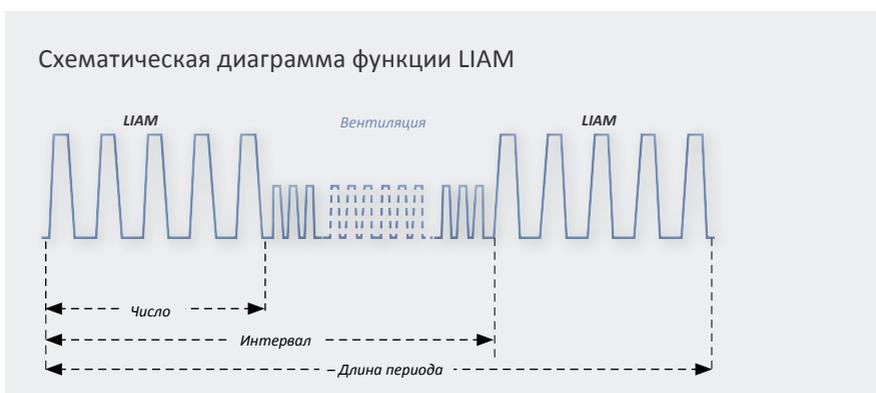


Рисунок 35  
Если LIAM будет применяться в течение продолжительного времени, настройки можно установить индивидуально для соответствия потребностям пациента: число последовательных дыхательных циклов, интервалы их повтора и длительность применения. Диаграмма показывает две серии по пять последовательных дыхательных циклов LIAM каждая.

Процесс был разработан таким образом, чтобы гарантировать, что установленные deltaP в компенсации объема и deltaP LIAM не имеют аддитивного эффекта при вентиляции с функцией компенсации объема. Эта

настройка исключает риск избыточного давления. В сравнении с задержкой дыхания, функция LIAM имеет ряд преимуществ. Различия между LIAM и задержкой дыхания (air-stacking), отражены ниже в Таблице 6.

### Сравнение Задержки дыхания и LIAM

Задержка дыхания с VCV	LIAM
⊖ Доступна только при VCV	⊕ Используется при всех режимах вентиляции
⊖ Необходимо задержать дыхание	⊕ Не обязательна задержка дыхания
⊖ Гортанная щель должна быть перекрыта	⊕ Глубокая инсuffляция возможна без перекрытия гортанной щели
⊕ значительная автономность пациента (с VCV)	⊕ Ограниченная автономность, но сиделка может активировать функцию
—	⊕ Настраиваемое время выдоха

Таблица 6  
Сравнение Задержки дыхания и LIAM

Дальнейшие преимущества LIAM:

- Маневр занимает меньше времени, чем при использовании остальных технологий и таким образом более комфортен для пациента.
- Особенно важным для пациентов ALS (амиотрофический латеральный склероз) является тот факт, что не требуется перекрывать гортанную щель.
- Пациент сохраняет определенный уровень независимости; LIAM также может активировать сиделка.

- Пациенту может даваться звуковой сигнал о достижении уровня LIAM плато. Начиная с этого момента выдох может поддерживаться LIAM.

Добавление функции LIAM – часть интегрированного подхода к обеспечению комфортной вентиляции пациентам с проблемой задержания секрета.

LIAM – это важное терапевтическое дополнение к функциям вентиляции.

## 4.5 Интерфейс пациента

В неинвазивной вентиляции для комплаентности пациента особенно значимую роль играет качество интерфейса.

Наиболее важна посадка интерфейса. Для каждого пациента как на дому, так и в медицинском учреждении предлагается широкий выбор стандартных масок от одноразовых (Single-Patient-Use) до допускающих повторное использование. Персональные маски сейчас пользуются небольшой популярностью.

Встречается множество размеров и форм масок.

Основные типы:

- Лицевые (носо-ротовые) маски (иногда с поддержкой подбородка)
- Назальные маски
- Маски с назальными вкладышами и клапанами (маски-канюли)
- Загубники (или мундштуки)
- Шлемы CPAP (для использования в случаях тяжелой гипоксии)



Рисунок 36  
Эндоскопический адаптер

При подборе маски для пациента следует обратить внимание на:

- Выбор подходящего размера (например, чтобы можно было открыть рот)
- Отсутствие утечек или неравномерного контактного давления
- Инструктаж пациента или сиделки по обращению с маской.

Эндоскопия в процессе вентиляции пациента больше не является сложным процессом. Для этих целей предлагаются патрубki, подобранные специально под конкретную маску, в замену обычным патрубкам.



Рисунок 37  
JOYCEeasy next FF

## 5 Практические советы по эксплуатации

### 5.1 Случаи хронической респираторной недостаточности

#### Адаптация хронических стабильных пациентов к вентиляции

Первоначальные настройки аппарата производятся, когда пациент бодрствует. Выбор изначального давления зависит от заболевания пациента. Как правило, для начала выбирается низкое давление и постепенно повышается в течение нескольких минут. При лечении пациентов с синдромом гиповентиляции при ожирении (OHS), всегда используется РЕЕР. При определении соотношения вдоха к выдоху врач обычно начинает с отношения 1:2. Для пациентов с обструктивными нарушениями, обычно устанавливается продленная фаза выдоха (например, до 1:2.5). В этом случае может пригодиться автоматическая подстройка AirTrac Control.

Некоторые специалисты по вентиляции отметили положительный опыт настройки давления ночью, во время сна. Если пациенту трудно привыкнуть к высокому давлению, его отправляют на четыре недели домой с аппаратом, настроенным на начальный адаптивный уровень давления с целью дальнейшей оптимизации настройки давления. В случае гиперкапнии цель – добиться нормокапнии.

Как правило, в качестве первичной настройки выбирается **режим ST или T**. Стандартным режимом вентиляции также считается режим

aPCV. Если допускается активация триггера пациентом, существует риск гипервентиляции.

Выбор между минимальным объемом и компенсацией объема часто основан на результатах анализа газов крови. Следует обратить пристальное внимание на значительные колебания утечек, которые могут «вести аппарат в заблуждение» о достаточной вентиляции, когда на самом деле пациент недостаточно вентилируется. В таких современных аппаратах как prisma VENT50 интеллектуальные алгоритмы различают утечки и компенсацию объема, что предотвращает подобные ошибочные интерпретации. Тем не менее, требуется проверить качество посадки маски, чтобы исключить значительные утечки.

Во время фазы настройки, частота дыхания часто устанавливается на два дыхательных цикла больше, чем естественный дыхательный паттерн пациента. Пациенты с нейромышечными заболеваниями относительно быстро адаптируются к вентиляции (от двух до трех дней); пациентам с искривлениями грудной клетки требуется от пяти до семи дней, а пациенты с ХОБЛ могут приспосабливаться до 14 дней.

*Фаза адаптации – время, требуемое для того, чтобы пациент привык к аппарату – длится от 2 до 14 дней, в зависимости от исходного заболевания.*

### Подгонка и выбор маски

Выбор маски – важный аспект лечения хронических стабильных пациентов. Для случаев острой респираторной недостаточности процесс уже был описан. В отличие от этих случаев, пациенты с хроническими стабильными заболеваниями в первую очередь примеряют назальную маску. Однако при высоком давлении, более 20 гПа, почти всегда используются лицевые (носо-ротовые) маски. В особенности они помогают справиться с почти всегда возникающими утечками.

В недавней публикации описывались определяющие факторы давления при контакте маски с кожей. Чтобы предотвратить утечки во время вдоха, контактное давление должно быть на 1-1.5 гПа выше давления вдоха, вне зависимости от размера мягкой насадки маски. Во время вентиляции маски с небольшой мягкой насадкой дают большое контактное давление<sup>46</sup>.

### Мониторинг в ночное время

На сегодняшний день пациенты с хронической дыхательной недостаточностью проходят диагностику, включающую легочную функциональную пробу и анализ газов крови, и иногда – полиграфию. Что касается гиперкап-

нической дыхательной недостаточности, по-видимому, существенные различия в эффекте вентиляции в дневное и ночное время отсутствуют<sup>47</sup>. Однако предполагается<sup>48</sup>, что мониторинг в ночное время мог бы сделать значительный вклад в предотвращение фаз гиповентиляции и улучшение качества сна. Специалисты некоторых центров по вентиляции полагаются на длительную капнометрию в качестве контрольного параметра. Впрочем, обоснованность этого метода еще подлежит дальнейшей проверке.

Почему так важно проверять качество вентиляции во время сна?

Во-первых, большинство пациентов с хронической дыхательной недостаточностью проходят вентиляционную терапию в ночное время. Следовательно, представляется разумным проверять условия, при которых пациент вентилируется.

Более того, сон – это физиологическое состояние, к которому приспособляются респираторная регуляция, мышечный тонус и сознание.

Патофизиологические изменения в дыхании часто обнаруживаются довольно быстро во время сна. Одним из первых признаков хронического гиперкапнического нарушения является гиповентиляция во время фазы REM (Быстрые движения глаз). Кроме того, патологические респираторные события часто возникают во время сна, и потому параметры вентиляции, установленные днем, часто

терапевтически неэффективны в ночное время. Асинхрония между пациентом и аппаратом часто развивается, когда пациент спит, что ведет к фазам периодического дыхания, перекрытию гортанной щели и существенному увеличению утечек из-за изменения положения тела пациента. Ночные респираторные события вызывают фрагментацию сна и увеличивают нагрузку на сердечно-сосудистую систему.

Ночной мониторинг также необходим для определения частоты дыхания пациента. Как правило, в настройках аппарата устанавливается частота на один или два дыхательных цикла выше, чем при естественном дыхании пациента. Эта настройка гарантирует, что в режиме ST пациенту обеспечена контролируемая вентиляция ночью, и его дыхательная система максимально разгружена<sup>48</sup>.

*Если пациент просыпается из-за высокой частоты и чувствует, что такое дыхание для него слишком быстрое, лечащий врач может просто понизить частоту на один или два дыхательных цикла в минуту.*

Особенно сложно определить подходящие настройки для пациентов с ХОБЛ. При высокой частоте дыхания существует риск развития динамической гиперинфляции. Решением данной проблемы является контролируемая вентиляция или использование функции AitTrap Control.

Ночью проводится постоянный мониторинг насыщения кислородом. Обычно газы крови проверяются ночью и после утреннего пробуждения пациента. Программное обеспечение аппарата также используется для проверки, случались ли фазы асинхронии, автотриггирование или ошибочное срабатывание триггера в ночное время. В случае их обнаружения рекомендуется использовать функцию блокировки триггера, особенно при лечении пациентов с ХОБЛ.

Дальнейшая рекомендация – проверять, есть ли признаки обструкции верхних дыхательных путей у пациентов с стабильными хроническими заболеваниями (т.е. обструктивное апноэ сна). В этом случае следует установить EPAP или PEEP на уровне терапевтически требуемого CPAP.

Полиграфия / полисомнография – проверенный способ мониторинга вентиляции во время сна. Также рекомендуется ведение дополнительной видеосъемки, так как она предоставляет ценную информацию о ночных событиях.

### Настройка вентиляции в лечебном учреждении – пример пробных интервалов:

- первый день: 15-20 минут под наблюдением врача;
- следующие несколько дней: 4-5 часовая адаптация
- далее: ночная вентиляция.

Во время фазы настройки эффективность вентиляции оценивается на основе симптомов и анализа газов крови. В идеале, желательна дополнительная проверка пульса и давления, а также оксиметрия и/или измерение уровней  $PTc\ CO_2$  и дыхательного объема<sup>2</sup>:

Увеличение delta IPAP-EPAP должно происходить постепенно до достижения нормокапнии. Обычно пациенты отпускаются по истечении срока от 5 до 14 дней. Условием для выписки служит толерантность пациента к неинвазивной вентиляции в течение нескольких часов в день в связи с его основным заболеванием. После шести недель вентиляции на дому пациент вновь проходит обследование. На этом этапе часто требуется коррекция параметров вентиляции. После этого рекомендуется ежегодная проверка параметров.

## 5.2 Педиатрические аспекты вентиляции

Ряд генетически унаследованных или приобретенных болезней может привести к хронической дыхательной недостаточности у детей. В прошлом трахеостомия считалась единственным возможным решением проблемы, но сегодня все чаще и с возрастающим успехом применяется неинвазивная вентиляция.

Дыхательная недостаточность у детей – это одна часть комплексной клинической картины. Эти дети, как правило, получают лечение при помощи механической вентиляции в специализированных медицинских учреждениях.

Заболевания, которые приводят к хронической дыхательной недостаточности и необходимости в длительной амбулаторной вентиляции, отличаются от заболеваний у взрослых.

Наиболее частые показания к амбулаторной вентиляции у детей и подростков:

- генетические заболевания нервной и опорно-двигательной системы, например, Дюшенна, спинальная мышечная атрофия
- хронические легочные заболевания, например, муковисцидоз, бронхолегочная дисплазия
- искривления грудной клетки, например, сколиоз грудного отдела
- нарушения центральной регуляции дыхательной системы, например, синдром Ундины.

Примерно трем детям / подросткам из 1000 жителей требуется длительная вентиляция. Приблизительно две трети из этого числа могут лечиться в домашних условиях.

*Примечание: Аналогичные противопоказания к неинвазивной вентиляции для взрослых применимы и к детям (см. Таблица 2, стр.7).*

В процессе роста ребенка и развития болезни требуется регулярная проверка эффективности вентиляции и при необходимости – коррекция настроек аппарата<sup>60</sup>.

Лечащему врачу рекомендуется принимать во внимание физиологические аспекты терапии и вовлекать ребенка в принятие всех решений, касающихся его лечения. Учитывая ограниченные возможности ребенка к пониманию и кооперации, очень важно обеспечить принятие ребенком терапии и гарантировать успешную вентиляцию, чтобы ребенок не чувствовал себя некомфортно при использовании аппарата и отмечал прогресс лечения. Для вентиляции детей с тяжелыми заболеваниями, новорожденных и маленьких детей нужен огромный опыт. Эти услуги предлагают лишь несколько специализированных центров.

При должном уходе, контроле и заботе дети, нуждающиеся в вентиляции, показывают хорошую комплаентность к терапии. Благодаря помощи членов семьи значительно повышается качество жизни. Мобильность очень важна для детей.

При терапии детей требуется проявлять особое внимание к следующему:

#### Приемлемость вентиляции детьми

Вентиляция ребенка эффективна, когда терапия комфортна для пациента, нарушения дыхания могут быть нормализованы, пациент признает ценность лечения и семья с пониманием относится к терапии.

#### Интерфейс пациента:

- Ребенок может быть неспособен надеть и снять маску без посторонней помощи.
- Для предотвращения гипоплазии при лечении младенцев и маленьких детей используйте маски с очень низким контактным давлением.
- Из-за опасности повторного вдыхания CO<sub>2</sub> следует выбирать маски с минимальным мертвым пространством.
- Для маленьких объемов нужно использовать специальные контуры.

#### Технические характеристики

- Вентиляция с поддержкой и контролем давления, возможно с ограничением объема
- Чувствительный триггер вдоха
- Малый дыхательный объем (50 мл)
- Поток и вдох с контролем по времени и поддержкой частоты (time-controlled inspiratory time with backup frequency)

## 6 Терапевтические решения для вентиляции

### 6.1 Концепция оборудования на примере prisma VENT50



Рисунок 38  
prisma VENT50, качественная, простая для пользователя вентиляция на высоком уровне

## 6.2 prisma VENT30 и prisma VENT40

Мобильность и удобство на любом уровне

- Простой в использовании благодаря интуитивно понятному меню, легкому управлению и быстрому доступу
- Беззвучная вентиляция для большего комфорта и удовлетворения пациента
- Подходит для инвазивной и неинвазивной вентиляции
- Включает полезные функции для лечения ХОБЛ: AirTrap Control, Экспираторный рамп и Блокировка триггера
- С режимом autoST (autoEPAP, autoF) и целевым объемом \*
- Встроенный порт подачи кислорода



Рисунок 39  
prisma VENT30 и  
prisma VENT40

## 6.3 prisma VENT50

Вентиляционная терапия на высоком уровне

prisma VENT50 обладает всеми преимуществами аппаратов prisma VENT30/40, а также:

- Контур с утечкой и контур пациента с одной линией с клапаном, которые позволяют лечение широкого спектра заболеваний
- Встроенное управление секретом и поддержка кашля LIAM
- Вентиляция через ротовую маску



Рисунок 40  
prisma VENT50

## 6.4 VENTillogic LS

Для жизнеобеспечивающей вентиляции

- Можно использовать любые системы контуров: одиночный и двойной контур пациента с клапаном и контур с утечкой
- Режимы вентиляции с контролем давления и объема
- Создан для мобильного использования в медицинском учреждении и в домашних условиях
- Можно создать и сохранить в памяти три программы вентиляции



Рисунок 41  
VENTillogic LS

## 6.5 prismaTS и prismaTSlab

Для быстрого и гибкого управления терапией

Быстрый обзор терапии или детальный анализ.

Гибкое и интуитивно понятное программное обеспечение позволяет создавать динамические отчеты о терапии пациента и изменять настройки, а также осуществлять удаленное управление аппаратом.



Рисунок 42  
prisma TS и prismaTSlab

\* Функция Целевой объем доступен только у аппаратов prisma VENT40 и prisma VENT50

## 6.6 Диагностика сна с полисомнографом Sonata

Sonata предоставляет максимальную гибкость и универсальность при выполнении самых различных функций: от записи в амбулаторную карту пациента до полисомнографии в лаборатории сна в соответствии с указаниями Американской академии медицины сна.

При получении дополнительных сигналов, таких как давление, поток, утечки, дыхательный объем и CO<sub>2</sub>, Sonata может также проводить мониторинг вентиляции для лечения нарушений дыхания во время сна и других респираторных нарушений.

Опциональная передача данных по беспроводному соединению делает диагностику еще удобнее.

Простота в обращении, стабильность и низкие операционные и последующие расходы делают Sonata надежным и экономным аппаратом для диагностики сна.



Рисунок 43  
Sonata

## 7 Обзор

Неинвазивная вентиляция получила признание как способ лечения хронической дыхательной и вентиляционной недостаточности.

Распространенность классических показаний, таких как нейромышечные заболевания и нарушения грудной клетки, по-видимому, остается относительно стабильной. Однако наблюдается значительное увеличение числа пациентов с ХОБЛ и пациентов с синдромом гиповентиляции при ожирении. В настоящее время прекращение этого тренда не ожидается.

Вентиляторы постепенно применяются для терапии пациентов с синдромом периодического дыхания (Дыхание Чейна-Стокса) и клиническими симптомами после того, как медикаментозное лечение и методы альтернативной вентиляции, например антициклическая сервовентиляция, исчерпали себя.

Различные нарушения дыхательной системы отмечены различными патофизиологическими характеристиками. Кажется разумным применять целенаправленные терапевтические методы. Функции AirTrap Control, Trigger Lockout и LIAM – помимо всех прочих – служат полезным дополнением к вентиляции. Многие из этих инновационных технологий включают в себя системы биологической обратной

связи, которые постоянно адаптируются к потребностям пациентов с дыхательной недостаточностью с целью оптимизации медицинской помощи.

Интерфейс пациента особенно важен для обеспечения его комплаентности к терапии. В последнее время качество стандартных масок значительно повысилось – настолько, что они способны заменить маски, произведенные индивидуально.

Вентиляция большинства пациентов с хронической дыхательной недостаточностью происходит ночью. Таким образом, неудивительно, что в процессе настройки полиграфия или полисомнография приобретают все большее значение.

## 8 Глоссарий

<b>aPCV / aVCV</b>	assisted PCV / VCV (PCV / VCV с поддержкой)
<b>ARI</b>	Akute Eespiratorische Insufficiency (острая дыхательная недостаточность)
<b>COPD</b>	Chronic Obstructive Pulmonary Disease (хроническая обструктивная болезнь легких)
<b>CPAP</b>	Continuous Positive Airway Pressure (постоянное положительное давление воздуха)
<b>CRI</b>	Chronic Respiratory Insufficiency (хроническая дыхательная недостаточность)
<b>CSR</b>	Cheyne-Stokes Respiration (Дыхание Чейна-Стокса)
<b>EOM</b>	Equation Of Movement (Уравнение движения)
<b>LIAM</b>	Lung insufflation Assist Maneuver (метод поддержки инсuffляции легких)
<b>NIV</b>	Non-Invasive Ventilation (неинвазивная вентиляция)
<b>PCV</b>	Pressure Controlled Ventilation (вентиляция с контролем давления)
<b>PEEP</b>	Positive End-Expiratory Pressure (положительное давление в конце выдоха)
<b>PSV</b>	Pressure Support Ventilation (вентиляция с поддержкой давления)
<b>S</b>	Spontaneous (спонтанная)
<b>SIMV</b>	Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation (синхронизируемая перемежающаяся принудительная вентиляция)
<b>ST</b>	Spontaneous Timed (спонтанная контролируемая по времени)
<b>T</b>	Timed (контролируемая по времени)
<b>VCV</b>	Volume Controlled Ventilation (вентиляция с контролем объема)
<b>WOB</b>	Work Of Breathing (дыхательная работа)

## 9 Библиография

- 1 Woillez EJ, Du spirohore, appareil de sauvetage pour le traitement de l'asphyxie, et principalement de l'asphyxie des noyees et des noueuvés, Bull Acad Med, 1876; 5: 611
- 2 Windisch, W.; Dreher, M.; Siemon, K.; Geiseler, J.; et al. (2017): Nichtinvasive und invasive Beatmung als Therapie der chronischen respiratorischen Insuffizienz. S2k-Leitlinie herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e. V.
- 3 AARC Clinical Practice Guideline, Long-term invasive mechanical ventilation in the home – 2007 revision & update, Respir Care, 2007; Vol. 52, 1, 1056-1062
- 4 Davidson, A. C.; Banham, S.; Elliott, M.; Kennedy, D.; Gelder, C.; Glossop, A. et al., BTS/ICS guideline for the ventilatory management of acute hypercapnic respiratory failure in adults, Thorax 2016; 71 Suppl 2, ii1-35
- 5 Windisch, W. Home mechanical ventilation. Who cares about how patients die? The European respiratory journal 2010; 35 (5), S. 955–957.
- 6 Westhoff, M.; Schonhofer, B.; Neumann, P.; Bickenbach, J.; Barchfeld, T.; Becker, H. et al.: Nicht-invasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz. Pneumologie 2015; 69 (12), S. 719–756.
- 7 Lloyd-Owen, S. J.; Donaldson, G. C.; Ambrosino, N.; Escarabill, J.; Farre, R.; Fauroux, B. et al.: Patterns of home mechanical ventilation use in Europe. Results from the Eurovent survey. The European respiratory journal 2005; 25 (6), S. 1025–1031.
- 8 Farre, R.; Lloyd-Owen, S. J.; Ambrosino, N.; Donaldson, G.; Escarabill, J.; Fauroux, B. et al.: Quality control of equipment in home mechanical ventilation. A European survey. The European respiratory journal 2005; 26 (1), S. 86–94.
- 9 D. Veale; C. Rabec; J.P. Labaan: Respiratory complications of obesity. Breathe 2008;(4), S. 210–223.
- 10 Janssens, J.-P.; Derivaz, S.; Breitenstein, E.; Mural, B. de; Fitting, J.-W.; Chevrolet, J.-C.; Rochat, T.: Changing patterns in long-term noninvasive ventilation. A 7-year prospective study in the Geneva Lake area. Chest 2003; 123 (1), S. 67–79.
- 11 Oldenburg, O.: Cheyne-stokes respiration in chronic heart failure. Treatment with adaptive servoventilation therapy. Circulation journal: official journal of the Japanese Circulation Society 2012; 76 (10), S. 2305–2317.
- 12 Randerath, W. J.; Galetke, W.; Kenter, M.; Richter, K.; Schafer, T.: Combined adaptive servo-ventilation and automatic positive airway pressure (anticyclic modulated ventilation) in co-existing obstructive and central sleep apnea syndrome and periodic breathing. Sleep medicine 2009;10 (8), S. 898–903.
- 13 McEvoy RD, Pierce RJ, Hillman D, Esterman A, Ellis EE, Catcheside PG, O'Donoghue, Barnes DJ, Grunstein RR and on behalf of the Australian trial of non-invasive Ventilation in Chronic Airflow Limitation (AVCAL) Study Group, Thorax 2009;64: 561-566
- 14 Budweiser, S.; Jorres, R. A.; Heinemann, F.; Pfeifer, M.: Prognosefaktoren bei Patienten mit COPD mit chronisch-hyperkapnischer respiratorischer Insuffizienz und ausserklinischer Beatmungstherapie. Pneumologie 2009; 63 (9), S. 484–491.
- 15 Gungor, G.; Karakurt, Z.; Adiguzel, N.; Aydin, R.E.; Balci, M. K.; Salturk, C. et al.: The 6-minute walk test in chronic respiratory failure. Does observed or predicted walk distance better reflect patient functional status? Respiratory care 2013; 58 (5), S. 850–857.
- 16 Dreher, M.; Storre, J. H.; Schmoor, C.; Windisch, W.: High-intensity versus low-intensity non-invasive ventilation in patients with stable hypercapnic COPD. A randomised crossover trial. Thorax 2010; 65 (4), S. 303–308.
- 17 Barchfeld, T.; Schönhofer, B.: Nicht-invasive Beatmung-Grundlagen und moderne Praxis. 2. Aufl. UNI-MED-Verl. 2010
- 18 Schlenker, E.; Feldmeyer, F.; Hoster, M.; Ruhle, K. H.: Der Effekt der nichtinvasiven Beatmung auf den pulmonalarteriellen Druck bei Patienten mit schwerer Kyphoskoliose. Medizinische Klinik 1997; 92 Suppl 1, S. 40–44.
- 19 Arzt, M.; Floras, J. S.; Logan, A. G.; Kimoff, R. J.; Series, F.; Morrison, D. et al.: Suppression of central sleep apnea by continuous positive airway pressure and transplant-free survival in heart failure. A post hoc analysis of the Canadian Continuous Positive Airway Pressure for Patients with Central Sleep Apnea and Heart Failure Trial (CANPAP). Circulation 2007;115 (25), S. 3173–3180.
- 20 Budweiser, S.; Riedl, S. G.; Jorres, R. A.; Heinemann, F.; Pfeifer, M.: Mortality and prognostic factors in patients with obesity-hypoventilation syndrome undergoing noninvasive ventilation. In: Journal of internal medicine 2007; 261 (4), S. 375–383.

- 21 Meecham-Jones DJ, Wedzicha JA. Comparison of pressure and volume preset nasal ventilator systems in stable chronic respiratory failure, *Eur Respir J*, 1993; 6: 1060-1064
- 22 Elliott MW, Aquilina R, Green M, Moxham J, Simonds AK, A comparison of different modes of non-invasive ventilatory support: effects on ventilation and inspiratory muscle effort, *Anaesthesia*, 1994; 49: 279-283
- 23 Restrick LJ, Fox NC, Ward EA, Wedzicha JA, Comparison of pressure support ventilation with nasal intermittent positive pressure ventilation in patients with nocturnal hypoventilation, *Eur Respir J*, 1993; 6: 364-370
- 24 Storre JH, Seuthe B, Fiechter R, Milioglou S, Dreher M, Sorichter S, Windisch W, Average Volume-Assured Pressure Support in Obesity Hypoventilation. *ERJ* 2006, 130: 815-821
- 25 Becker, H. F.; Burchardi, H.; Schönhofer, B.: Nicht-invasive Beatmung. 2., aktualisierte Aufl. Thieme 2005
- 26 Thomas, M; Decramer, M.; O'Donnell, D. E.: No room to breathe. The importance of lung hyperinflation in COPD. *Primary care respiratory journal : journal of the General Practice Airways Group* 2013; 22 (1), pp. 101–111.
- 27 Rossi A, Gottfried SB, Zocchi L, Higgs BD, Lennox S, Calverly PMA et al., Measurement of static compliance of the total respiratory system in patients with acute respiratory failure during mechanical ventilation: the effect of intrinsic positive end-expiratory pressure, *Am Rev Respir Dis*, 1985; 131:672-677
- 28 Smith TC, Marini JJ, Impact of PEEP on lung mechanics and work of breathing in severe airflow obstruction, *J Appl Physiol*, 1988; 65: 1488-99
- 29 Kimball WR, Leith DE, Robins AG, Dynamic hyperinflation and ventilator dependence in chronic obstructive pulmonary disease, *Am Rev Respir Dis*, 1982; 126: 991- 995
- 30 Tobin MJ, Respiratory muscles in disease, *Clin Chest Med* 1988; 9: 263-285
- 31 Ingram RH, Chronic bronchitis, emphysema and airway obstruction. In: Braunwald E, Isselbacher KJ, Petersdorf RG, Wilson JD, Martin, JB, Fauci AS (eds.): *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 11th ed., pp. 1087-1095. McGraw-Hill, New York, 1987
- 32 Gottfried SB, The Role of PEEP in the mechanical ventilated COPD Patient - In: Marini JJ, Roussos C, editors, *Ventilatory failure*, Berlin: Springer-Verlag, 1991; 392-418
- 33 Scott LR, Benson MS, Pierson DJ, Effect of inspiratory flowrate and circuitcompressible volume on auto-PEEP during mechanical ventilation, *Respir Care*, 1986; 31: 1075-179
- 34 Nava S, Carlucci A, Ceriana P, Patient-ventilator interaction during noninvasive ventilation: practical assessment and theoretical basis. *Breathe*, 2009; 5: 323-332
- 35 Tobin MJ, Jubran A, Laghi F, Patient-ventilator interaction, *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 1059-1063
- 36 Bougle D, Vert P, Reichart E, Hartemann D, Heng EL, Retinal superoxide dismutase activity in newborn kittens exposed to normobaric hyperoxia. *Effect of vitamin E*, *Pediatr Res*, 1982; 16: 400-402
- 37 Wispe JR, Roberts RJ, Molecular basis of pulmonary oxygen toxicity, *Clin Perinatol*, 1987; 14: 651-666
- 38 Rathgeber J, Züchner K, Burchardi H, Conditioning of Air in Mechanically Ventilated Patients, *Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine*, 1996; 501-519
- 39 Wenzel M, Klauke M, Gessenhardt F, Dellweg D, Haidl P, Schönhofer B, Köhler D. Sterile water is unnecessary in a continuous positive airway pressure convection-type humidifier in the treatment of obstructive sleep apnea syndrome. *Chest* 2005; 128(4): 2138-2140
- 40 Ricard J-D, Boyer A, Humidification during oxygen therapy and non-invasive ventilation: do we need some and how much? *Intensive Care Med* 2009; 35: 963-965
- 41 Bach JR, Bianchi C, Aufiero E, Oximetry and indications for tracheotomy for amyotrophic lateral sclerosis, *Chest*, 2004; 126. 1502-1507
- 42 Tzeng AC, Bach JR, Prevention of pulmonary morbidity for patients with neuromuscular disease *Chest*, 2000; 118: 1390-1396
- 43 Gomez-Merino E, Bach JR, Duchenne muscular dystrophy. Prolongation of life by non-invasive ventilation and mechanically assisted cough, *Am J Phys Med Rehabil*, 2002; 81:411-415
- 44 Bach JR, Bianchi C, Vidigal-Lopes M, Turi S, Felisari G, Lung inflation by glossopharyngeal breathing and air stacking in Duchenne muscular dystrophy, *Am J Phys Med Rehabil*, 2007; 86: 295-300
- 45 Bögel M., New approach to secretion retention with a unique cough support procedure, *IJRC*, Spring/Summer, 2009
- 46 Dellweg D, Hochrainer D, Klauke M, Kerl J, Eiger G, Köhler D. Determinants of skin contact pressure formation during non-invasive ventilation. *J Biomech*. 2010; 43 (4): 652-657
- 47 Schönhofer B, Geibel M, Sonneborn M, Haidl

P, Kohler D.: Daytime mechanical ventilation in chronic respiratory insufficiency. *Eur Respir J* 1997; 10: 2840-2846

- 48 Pépin J-L, Borel, JC, Janssens, JP, Tamisier R, Lévy P, Chapter 24, Sleep and NIV: monitoring of the patient under home ventilation, *European Respiratory Monograph*, 2008; 41: 350-3669.

Link: <http://leitlinien.net/>

С нашей искренней благодарностью

**Доктору Bernd Schucher**  
LungenClinic Grosshansdorf

**CE 0197**



Löwenstein Medical Technology  
Kronsaalweg 40, 22525 Hamburg  
Germany  
T: +49 40 54702-0  
F: +49 40 54702-461  
info@loewensteinmedical.de  
www.loewensteinmedical.de

