

GE Healthcare

Технология FRC INview

Руководство по применению



Технология FRC INview: руководство по применению

Содержание

| | |
|---|-----------|
| Предисловие | 2 |
| Введение | 3 |
| Комплект INview Suite как один из компонентов комплексной системы для респираторного мониторинга | 4 |
| С какой целью измеряют ФОЕ? | 4 |
| Клиническая значимость измерения ФОЕ | 4 |
| • ПДКВ и ППДДП | 4 |
| • Обструкция дыхательных путей | 5 |
| • Повышение ФОЕ | 5 |
| • Снижение ФОЕ | 5 |
| Традиционные методики измерения ФОЕ | 6 |
| Измерение ФОЕ при помощи аппарата ИВЛ Engström Carestation | 7 |
| ФОЕ | 8 |
| Процедура измерения ФОЕ | 8 |
| Завершение теста | 9 |
| Общие рекомендации | 10 |
| • Оборудование | 10 |
| • Программное обеспечение | 11 |
| • Патофизиологические факторы | 12 |
| • Точность измерения | 12 |
| Типовые сценарии клинического применения | 13 |
| Процедура PEEP INview | 14 |
| Режим BiLevel | 15 |
| Общие рекомендации | 16 |
| Типовые сценарии клинического применения | 17 |
| Программный комплекс Lung INview | 18 |
| Поиск и устранение неисправностей | 20 |
| Преимущества измерения ФОЕ при помощи аппарата ИВЛ Engström Carestation | 22 |
| Краткий вывод | 22 |
| Ссылки и дополнительные источники информации | 23 |

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 1)

1. Предисловие

В данной брошюре кратко представлены основные возможности, ключевые преимущества и особенности применения уникальной технологии контроля эффективности ИВЛ, получившей название FRC INview™ и входящей в состав комплексной модульной станции Engström Carestation.

Мы расскажем о совершенно новом подходе к измерению функциональной остаточной емкости легких (ФОЕ) у пациентов на ИВЛ, а также о тех клинических преимуществах, которые данная технология предоставляет медицинским специалистам и пациентам.

Автором двух новейших технологий для мониторинга механики дыхания у пациентов на ИВЛ (FRC INview® и SpiroDynamics®), разработанных для компании GE Healthcare, является доктор Ола Стенквист (Ola Stenqvist), который работает анестезиологом с 1975 г., а в настоящее время занимает пост консультанта в Отделении анестезиологии университетской больницы Сальгрэнска в Гётеборге, Швеция. Доктор Стенквист также является консультирующим профессором в Отделении анестезиологии и интенсивной терапии в больнице при Гётеборгском университете.



Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 2)

2. Введение

Функциональные методы исследования легких (ФМИЛ) часто используются в качестве удобного инструмента для диагностики и контроля результатов лечения различных легочных заболеваний. Как правило, эти измерения проводятся в отделении функциональной диагностики с использованием стандартизированного оборудования и не могут быть использованы для тяжелобольных или пациентов на ИВЛ.

Основное преимущество ФМИЛ заключается в том, что с их помощью можно проанализировать структуру общей емкости легких, что позволяет оценить степень выраженности патологических изменений, а также проследить их динамику в процессе лечения. Один из важнейших показателей, оцениваемых при помощи ФМИЛ – функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ). ФОЕ – это объем дыхательной смеси, остающийся в легких после спокойного выдоха (на фоне полного расслабления мышц, участвующих в активном выдохе). Это именно тот момент, в котором тенденция к уменьшению объема легких уравнивается расширением грудной клетки в начале очередного вдоха. ФОЕ – это основной физиологический источник кислородного резерва. Точное измерение ФОЕ при помощи традиционных методов сопряжено с целым рядом условий: пациент должен быть в сознании и способен самостоятельно дышать. При проведении ИВЛ соблюдение этих условий, как правило, невыполнимо.

Возможность измерения ФОЕ у пациентов на ИВЛ позволяет клиницистам с достаточной точностью оценивать функциональные резервы легких как непосредственно перед проведением мобилизации спавшихся альвеол, так и после завершения данной процедуры.

Это имеет большое значение при лечении любых пациентов на ИВЛ, в том числе и у больных с острой дыхательной недостаточностью (ОДН), поскольку врач может в режиме реального времени оценивать эффективность терапии, а также контролировать наличие или отсутствие ателектазов.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 3)

3. Комплект INview Suite как один из компонентов комплексной системы для респираторного мониторинга

Эксперты компании GE Healthcare под руководством профессора Ола Стенквист (Ola Stenqvist) разработали инновационную технологию оценки механики дыхания у пациентов на ИВЛ, вентилируемых при помощи аппарата ИВЛ Engström Carestation. Комплект оборудования INview Suite состоит из двух основных модулей: FRC INview® - для измерения ФОЕ у вентилируемых пациентов без прерывания аппаратного дыхания; и SpiroDynamics® - для расчета интратрахеальных спирометрических петель «давление/объем». Диагностическая информация, поступающая от обоих модулей, интегрируется, обрабатывается и одновременно выводится на экран монитора аппарата ИВЛ Engström Carestation при помощи аппаратно-программного комплекса Lung INview, который также будет представлен в данной брошюре.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 4)

4. С какой целью измеряют ФОЕ?

Клиническая значимость ФОЕ определяется 2 основными причинами:

это именно тот объем дыхательной смеси, который позволяет поддерживать непрерывный газообмен в промежутке между вдохом и выдохом;

благодаря ФОЕ, дыхательные пути не спадаются и остаются постоянно открытыми.

В промежутке между вдохом и выдохом ФОЕ поддерживает альвеолы и дыхательные пути в открытом состоянии, препятствуя спаданию их стенок и повышая эффективность газообмена. Непрерывная диффузия газов в постоянно расправленных альвеолах позволяет избежать выраженного шунтирования венозной крови на каждом выдохе.

Считается, что у интубированных пациентов ФОЕ снижается примерно на 25%. У пациента на ИВЛ может возникать экспираторный коллапс трахеи и бронхов, приводящий к развитию выраженной гипоксемии; увеличение доли кислорода во вдыхаемой воздушной смеси в такой ситуации будет способствовать дальнейшему повреждению дыхательных путей. Предотвратить описанный сценарий можно при помощи поддержания положительного давления на протяжении всего дыхательного цикла, используя режимы РЕЕР (ПДКВ, положительное давление конца выдоха) или СРАР (ППДДП, постоянное положительное давление в дыхательных путях). Вопрос заключается лишь в том, на каком уровне следует поддерживать ПДКВ и ППДДП, чтобы одновременно предотвратить и экспираторный коллапс, и дальнейшее повреждение легочной ткани.

ПДКВ и ППДДП

Применение ПДКВ и ППДДП позволяет:

- увеличить ФОЕ;
- поддерживать мобилизацию альвеол;
- облегчает газообмен (выведение CO₂ и поступление O₂);
- снижает энергозатраты на внешнее дыхание.

ПДКВ следует поддерживать на уровне, достаточном для предотвращения развития ателектазов, но не превышающем пороговых величин, при которых отмечается чрезмерное растяжение альвеол и повышение относительной минутной вентиляции функционального мертвого пространства с последующей гипотензией.

При проведении ИВЛ врачи традиционно используют различные методы для оценки адекватности уровня ПДКВ и ППДДП: расчет комплайнса, определение артериальной концентрации газов, пульсоксиметрию и т.д.

Однако основная проблема заключается в том, что полученные при этом данные являются косвенными и достаточно субъективными. Они не могут выступать в роли количественного показателя адекватности уровня давления в дыхательных путях – достаточно ли его для поддержания просвета в открытом состоянии или, наоборот, насколько можно снизить давление и при этом избежать развития экспираторного коллапса.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 5)

4. С какой целью измеряют ФОЕ? (продолжение)

Обструкция дыхательных путей

Точное определение ФОЕ может существенно помочь как в диагностике, так и в лечении указанной патологии. При выраженной обструкции дыхательных путей многие сегменты легких не смогут избавиться от содержащейся в них газовой смеси. Кроме того, в некоторых клинических ситуациях выдох настолько затруднен, что времени вдоха может просто не хватить для достижения того легочного объема, который отмечался в условиях упругого равновесия между эластической тягой легких и упругостью грудной клетки. Это приводит к увеличению остаточного объема (ОО) и соответствующему повышению эластической тяги легких. Причем ОО увеличивается до тех пор, пока не достигнет того порогового уровня, при котором установится новое динамическое равновесие между объемом вдоха и выдоха¹.

Повышение ФОЕ

Понятно, что при тяжелой обструкции дыхательных путей ФОЕ значительно возрастет (гиперинфляция, или чрезмерное раздувание легких). Это в свою очередь может привести к дальнейшему снижению экспираторного потока с учетом ограниченного времени выдоха. В результате повышается естественный уровень ПДКВ, что существенно затрудняет дыхание и усложняет выведение CO₂ из организма пациента. Наиболее распространенные факторы, приводящие к повышению ФОЕ: эмфизема, возрастные изменения легочной ткани, бронхиальная астма и перибронхиальный фиброз.

Снижение ФОЕ

Снижение ФОЕ отмечается у пациентов с рестриктивными нарушениями дыхания. Также ФОЕ уменьшается в положении лежа на спине, т.к. органы брюшной полости смещают диафрагму по направлению к грудной полости. Это явление наиболее ярко выражено у пациентов с каким-либо объемным образованием в брюшной полости (например, у беременных, у больных со спленомегалией или асцитом).

Односторонний паралич диафрагмы, как правило, не сопровождается изменениями ФОЕ; при двустороннем параличе диафрагмы снижение ФОЕ наблюдается как в сидячем положении, так и в лежачем. Другие факторы, приводящие к уменьшению ФОЕ, включают: возрастные изменения, ожирение и воздействие седативных лекарственных препаратов.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 6)

А. Традиционные методики измерения ФОЕ

В современном оборудовании для функционального исследования легких ФОЕ может измеряться при помощи одного из трех стандартных методов. Причем каждый метод рассчитан на то, что пациент находится в сознании, самостоятельно дышит и способен активно сотрудничать с медперсоналом.

- Общая плетизмография.
- Метод с разведением гелия.
- Метод с вымыванием азота (данный метод используется в технологии FRC INview®).

Хотя плетизмография является наиболее точным инструментом для измерения объема легких, однако данный метод явно непрактичен для использования у пациентов на ИВЛ в отделениях интенсивной терапии. Метод с разведением гелия также является весьма информативным инструментом при изучении легочных объемов. Тем не менее, применение гелия в аппаратах для проведения ИВЛ сопряжено с рядом организационных проблем и является дорогостоящей процедурой.

Метод с вымыванием азота – один из основных традиционных инструментов для измерения ФОЕ – основан на определении концентрации азота, вымываемого из легких после ступенчатого повышения доли O_2 во вдыхаемой дыхательной смеси. Основными недостатками данного метода до недавнего времени являлись сложность точного измерения концентрации азота и неблагоприятное воздействие процедуры тестирования на оксигенацию пациента¹.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 7)

В. Измерение ФОЕ при помощи аппарата для проведения ИВЛ Engström Carestation

Объединив преимущества технологии мониторинга газов с отбором пробы, предложенной компанией Datex-Ohmeda, и новейшей методики измерений легочных объемов, разработанной под руководством профессора Стенквиста, мы можем определять ФОЕ и у пациентов на ИВЛ. Данные измерения производятся при помощи программно-аппаратного комплекса, встроенного непосредственно в аппарат для проведения ИВЛ, что позволило избавиться от традиционных проблем, сопровождавших расчет ФОЕ. Теперь нет необходимости в использовании ни дополнительных газов, ни стороннего газоаналитического оборудования, так как в соответствии с технологией FRC INview ФОЕ рассчитывается при помощи одного компактного модуля, способного оценить и энергозатраты организма на внешнее дыхание. Аппарат ИВЛ Engström Carestation позволяет измерять ФОЕ, не прерывая обычный процесс ИВЛ.

Методику измерения ФОЕ, разработанную под руководством профессора Стенквиста, можно описать последовательностью уравнений.

Концентрация азота во вдыхаемой смеси, а также в конечной порции выдыхаемого газа, рассчитывается по следующим формулам:

$$FiN_2 = 1 - FiO_2$$

$$ETN_2 = 1 - ETO_2 - ETCO_2$$

FiN_2 – объёмная доля азота во вдыхаемом воздухе; FiO_2 – объёмная доля кислорода во вдыхаемом воздухе; ETN_2 – концентрация азота в конечной порции выдыхаемого газа; ETO_2 – концентрация кислорода в конечной порции выдыхаемого газа; $ETCO_2$ – концентрация углекислого газа в конечной порции выдыхаемой смеси.

Альвеолярный объем рассчитывается при помощи косвенных показателей энергозатрат, определяемых по скорости потребления углекислого газа и выделения углекислого газа:

$$VO_2 = (VCO_2/RQ)$$

$$V_t^{alv(E)} = \frac{VCO_2}{ETCO_2 \cdot ЧД}$$

$$V_t^{alv(I)} = V_t^{alv(E)} + \frac{VO_2 - VCO_2}{ЧД}$$

(VO_2) – скорость потребления кислорода; VCO_2 – скорость выделения углекислого газа; RQ – дыхательный коэффициент; $V_t^{alv(E)}$ – альвеолярный объем выдоха; $V_t^{alv(I)}$ – альвеолярный объем вдоха; $ETCO_2$ – концентрация углекислого газа в конечной порции выдыхаемой смеси; $ЧД$ – частота дыхания.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 8)

Объем выдыхаемого и вдыхаемого азота:

$$V_E^{N_2} = ETN_2 \cdot V_t^{alv(E)}$$

$$V_I^{N_2} = F_I N_2 \cdot V_t^{alv(I)}$$

$V_E^{N_2}$ – альвеолярный объем азота за 1 выдох; $V_I^{N_2}$ – альвеолярный объем вдыхаемого азота за 1 вдох; ETN_2 – концентрация азота в конечной порции выдыхаемого газа; $F_I N_2$ – объемная доля азота во вдыхаемом воздухе; $V_t^{alv(E)}$ – альвеолярный объем выдоха; $V_t^{alv(I)}$ – альвеолярный объем вдоха.

Затем рассчитывается изменение объема азота за 1 вдох и выдох:

$$\Delta V^{N_2} = V_E^{N_2} - V_I^{N_2}$$

ΔV^{N_2} – разность выдыхаемого и вдыхаемого объемов азота; $V_E^{N_2}$ – альвеолярный объем выдыхаемого азота; $V_I^{N_2}$ – альвеолярный объем вдыхаемого азота

Перед ступенчатым изменением объемной доли кислорода во вдыхаемой смеси предварительно измеряют исходные показатели (VO_2 , VCO_2 и $ETN_2^{исх}$).

Можно считать, VO_2 , и VCO_2 остаются постоянными на протяжении всей серии измерений. По завершении ступенчатого повышения концентрации кислорода рассчитывается получившееся значение ФОЕ:

$$\Phi OE = \frac{\Delta V^{N_2}}{\Delta ETN_2}$$

$$\Phi OE = \frac{\sum \Delta V^{N_2}}{ETN_2^{исх} - ETN_2^{(1)}}$$

ФОЕ – функциональная остаточная емкость легких; $\sum \Delta V^{N_2}$ – суммарная разность выдыхаемого и вдыхаемого объемов азота на протяжении исследования; $ETN_2^{исх}$ – исходная концентрация азота в конечной порции выдыхаемого газа; $ETN_2^{(1)}$ – итоговая концентрация азота в конечной порции выдыхаемого газа (последнее зафиксированное значение после ступенчатого повышения концентрации кислорода).

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 9)

5. ФОЕ

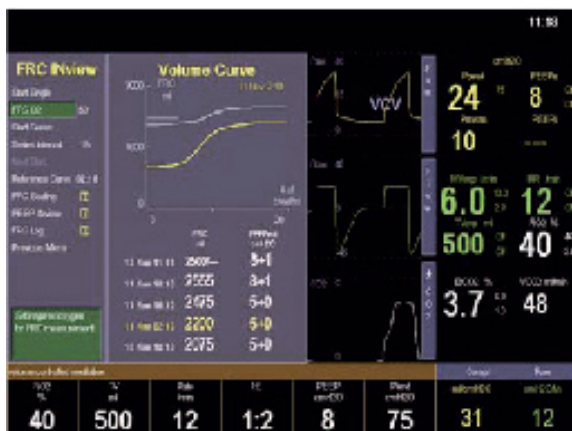
Процедура измерения ФОЕ

Определение ФОЕ может выполняться однократно или в виде серии измерений. Во втором случае замеры ФОЕ проводятся с заданным интервалом, пока пользователь не остановит серию принудительно.

Однократная процедура включает два измерения, каждое из которых проводится на протяжении примерно 20 вдохов и выдохов. В самом начале процедуры система определяет исходную концентрацию азота. На данном этапе очень важно поддерживать постоянную концентрацию кислорода во вдыхаемой смеси для наиболее точного определения исходного уровня азота и объема его последующего вымывания из легких. Если уровень кислорода изменялся в течение 5 минут от начала исследования, то первое значение ФОЕ может быть недостаточно точным. После определения исходной концентрации азота в выдыхаемой смеси значение FiO_2 начинает ступенчато повышаться. Как правило, для корректного определения объема вымывания азота из легких достаточно увеличения объемной доли кислорода во вдыхаемой смеси на 10%.

Поскольку на всем протяжении измерения требуется соблюдение стабильных условий, то любое изменение режимов или других параметров аппарата ИВЛ приведет к прерыванию теста.

Кроме того, и отдельные процедуры (например, аспирация мокроты, тест спонтанного дыхания или подключение небулайзера) приведут к досрочному завершению измерения ФОЕ. Все ситуации, которые вызывают прекращение процесса измерения ФОЕ, фиксируются в специальном программном журнале событий (FRC Log). Изменения в положении пациента во время процедуры измерения ФОЕ может привести к регистрации двух различных результатов, но не остановит выполнение теста.



Процедура измерения ФОЕ (продолжение)

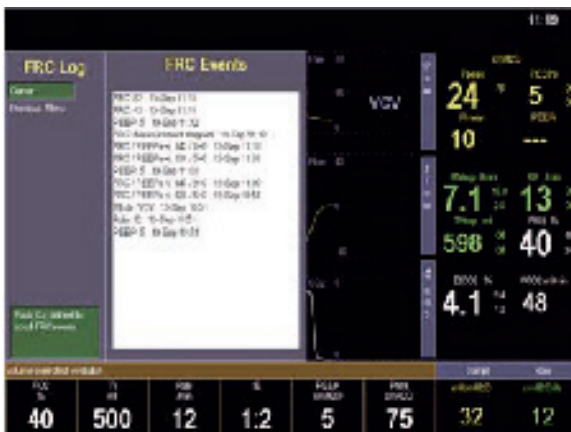
Систему можно настроить таким образом, чтобы ФОЕ автоматически измерялась через определенные промежутки времени. При этом пользователь может самостоятельно устанавливать длительность интервалов между измерениями (от 1 до 12 часов). После запуска аппарат ИВЛ Engström Carestation произведет первое измерение ФОЕ по прошествии времени, указанного в соответствующем пункте меню функций FRC INview. Если в процессе выполнения очередного измерения ФОЕ вносятся какие-либо изменения в настройки аппарата ИВЛ, приводящие к прерыванию процедуры тестирования, аппарат ИВЛ Engström Carestation остановит текущее измерение и повторит его только через заданный временной интервал. Пользователь может в любое время остановить серию измерений ФОЕ, выбрав в меню функций FRC INview пункт «Stop Series» («Остановить серию измерений»).

Сразу после выполнения первого измерения на экране появляется значение ФОЕ, запоминается итоговый уровень концентрации N_2 , а текущее значение объемной доли O_2 во вдыхаемой смеси (FRC O_2) снова возвращается к предустановленному исходному уровню. После завершения второго измерения в соответствующей области дисплея рядом с первым показателем появляется очередное значение ФОЕ.

Завершение теста

Итак, после завершения измерения на экране отображаются два графика, а в числовой области дисплея появляются 2 значения ФОЕ. В самом начале следующего измерения предыдущие графики и числовые параметры усредняются, отображаясь в виде общей кривой или одного усредненного значения. Можно просмотреть итоговые усредненные значения последних пяти измерений. При этом на экране отображается график текущего измерения ФОЕ, а 4 предыдущих усредненных результатов хранятся в памяти. Любое из четырех сохраненных значений можно сравнить между собой или с текущим результатом измерения ФОЕ.

Если второе значение ФОЕ отличается от первого более чем на 25%, то такой результат не усредняется, а на экране остаются оба полученных значения и оба графика.



А. Общие рекомендации

Оборудование

Перед выполнением измерений ФОЕ к дыхательному контуру пациента необходимо подключить датчик D-lite и катетер для забора проб газов. Для эффективной синхронизации забора проб газов с данными измерения потока дыхательной смеси следует использовать только двухметровые линии отбора проб газа. Это обеспечивает наиболее высокую точность числовых данных, используемых при расчете ФОЕ. Кроме того, поскольку от аппарата ИВЛ постоянно поступает основной поток, добавление дополнительного прямого T-образного переходника между датчиком D-lite и Y-образным тройником в дыхательном контуре пациента значительно повысит точность измерения VCO_2 .

Ниже приводятся отдельные рекомендации, которые помогут повысить точность измерения ФОЕ и стабильность получаемых результатов.

- Для измерения ФОЕ следует использовать только модули Compact Airway Module с обозначениями M-COVX or E-COVX.
- У модуля Compact Airway Module имеется ряд определенных функциональных ограничений:
 - для получения результатов, указанных в спецификации, модуль должен включаться, по крайней мере, за 30 минут перед непосредственным использованием;
 - для максимального повышения точности измерений величина основного потока аппарата ИВЛ должна быть минимальной;
 - негерметичность дыхательного контура снизит точность измерения ФОЕ и показателей газообмена;
 - при использовании датчика D-lite частота дыхания (ЧД) не должна превышать 35 в минуту; чем ближе ЧД к данному порогу, тем ниже точность измерения ФОЕ и показателей газообмена;
 - режимы вентиляции с чрезвычайно высоким пиковым давлением за вычетом ПДКВ (как правило, > 50 см H₂O) или клинические ситуации с сочетанием предельно малого комплайенса (обычно < 0,02 л/см H₂O) с очень низким сопротивлением дыхательных путей сопровождаются резкими колебаниями потока воздушной смеси и могут снижать точность измерения ФОЕ или показателей газообмена.
- У каждого пациента для обеспечения максимальной повторяемости результатов повторные измерения ФОЕ следует проводить при помощи одного и того же модуля Compact Airway Module.
- Измерения, проведенные до и после калибровки Compact Airway Module, могут быть несопоставимы. Рекомендуется калибровать газоаналитическое оборудование 1 раз в месяц.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 12)

- При использовании тепловлагообменников (с фильтрами или без них) их следует размещать между дыхательным контуром и датчиком D-Lite.
- Для длительного мониторинга в условиях с высокой влажностью следует использовать датчик D-Lite+ или обычный датчик D-Lite, но в сочетании с тепловлагообменником.
- Для получения наиболее точных результатов следует использовать только двухметровые линии отбора проб газа.
- Добавление дополнительного прямого т-образного переходника между датчиком D-lite и Y-образным тройником в дыхательном контуре пациента значительно повысит точность измерения ФОЕ, снижая неблагоприятное влияние основного потока, постоянно поступающего от аппарата ИВЛ.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 13)

Программное обеспечение

- Поддержание показателя FRCO₂ (объемная доля O₂ во вдыхаемой смеси при измерении ФОЕ) в пределах 40 – 65% позволит получить наиболее точные результаты.
- Ниже перечислены факторы, приводящие к прерыванию активной процедуры измерения ФОЕ:
 - любое изменение параметров вентиляции;
 - смена режима вентиляции;
 - кислородные процедуры;
 - аспирация мокроты;
 - тест спонтанного дыхания;
 - подключение небулайзера;
 - удаление модуля Compact Airway Module;
 - отключение датчика D-Lite.
- Любые изменения настроек или режима вентиляции, выполненные в промежутке между двумя последовательными измерениями ФОЕ, могут привести к серьезным изменениям результатов, так как эти действия способны непосредственно влиять на дыхательный статус пациента. Указанные изменения также снижают и точность сравнительной оценки нескольких последовательных значений ФОЕ.
- Проверьте правильность выбора типа датчика потока, воспользовавшись соответствующими пунктами меню настроек «Spirometry» / «Spiro Setup» и подтвердите используемый тип сенсора.

А. Общие рекомендации (продолжение)

Патофизиологические факторы

Вычисление ФОЕ основано на значениях VCO_2 (скорость выделения углекислого газа), EtO_2 (концентрация кислорода в конечной порции выдыхаемой смеси) и $EtCO_2$ (концентрация углекислого газа в конечной порции выдыхаемой смеси), рассчитываемых при помощи модуля Compact Airway Module. Для обеспечения приемлемой точности получаемых результатов все исходные данные должны быть надежными и достоверными. В определенных клинических ситуациях качество исходных данных существенно снижается, что приводит к последующему уменьшению точности и итоговых расчетных значений ФОЕ. В таких случаях спорное значение ФОЕ не отобразится, и аппарат ИВЛ прекратит процедуру измерения. Это может произойти в следующих клинических ситуациях:

- высокая частота дыхания или неправильный дыхательный ритм;
- чрезмерная вариабельность дыхательного объема;
- значительное повышение температуры тела;
- психомоторное возбуждение;
- неврологические состояния, сопровождающиеся нарушением дыхания.

Одно из основных условий получения точных значений VCO_2 – это постоянный ритм дыхания. Если дыхательный статус пациента характеризуется выраженной вариабельностью дыхательного объема и частоты дыхания с соответствующими изменениями значений CO_2 , то результаты измерения ФОЕ окажутся недостаточно точными.

Точность измерения

- Порог достаточной точности измерения значений VO_2 и VCO_2 составляет 10% или 10 мл при $FiO_2 < 65\%$ (15%, если $65\% < FiO_2 < 85\%$).
- Приемлемая точность измерения ФОЕ – 20% или 180 мл.
- При проведении серии последовательных измерений в неизменных условиях значение ФОЕ повторяется с точностью до 10%.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 15)

В. Типовые сценарии клинического применения

Типовые сценарии клинического применения учитывают все технические и патофизиологические особенности, перечисленные в предыдущем подразделе. Варианты использования технологии FRC INview не ограничиваются перечисленными ниже ситуациями, так как предложенные сценарии лишь помогают обозначить основные клинические преимущества ее использования.

Вариант 1: сравнение функциональных резервов легких перед проведением мобилизации спавшихся альвеол и после завершения данной процедуры

1. Настройки аппарата ИВЛ должны полностью соответствовать состоянию пациента.
2. Первое измерение ФОЕ проведите после, по крайней мере, 10 минут вентилирования в стабильном состоянии. Примерно через 10 минут вы получите результаты 2 исходных измерений.
3. Проведите процедуру мобилизации спавшихся альвеол.
4. Вернитесь к исходным настройкам системы, установленным до начала процедуры мобилизации альвеол. Подождите 10 минут, пока дыхательный статус стабилизируется.
5. Проведите итоговое однократное измерение ФОЕ. Это также займет около 10 минут.

Сравнивая исходные и итоговые значения ФОЕ, можно оценить и степень увеличения функциональных резервов легкого за счет расправления спавшихся альвеол, и общую эффективность процедуры мобилизации. Через 10 минут можно провести очередное измерение ФОЕ для динамического контроля легочных объемов у вентилируемого пациента.

Вариант 2: выявление основных тенденций изменения ФОЕ за определенный промежуток времени

1. Настройки аппарата ИВЛ должны полностью соответствовать состоянию пациента.
2. Установите длительность интервала между измерениями (Series Interval) в соответствии с требуемой кратностью тестирования.
3. Начните серию измерений ФОЕ после, по крайней мере, 10 минут вентилирования в стабильном состоянии.
4. По истечении заданного промежутка времени можно проводить ретроспективный анализ изменений дыхательного статуса пациента, сравнивая значения ФОЕ, полученные при неизменных аппарата ИВЛ.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 16)

6. Процедура РЕЕР INview

Процедура РЕЕР INview обеспечивает врача надежным инструментом для оценки адекватности уровня положительного давления в конце выдоха (ПДКВ). При помощи РЕЕР INview можно быстро оценить, какие значения ПДКВ окажутся наиболее эффективными у конкретного пациента с текущими настройками аппарата ИВЛ. Повышение ПДКВ может привести к расправлению спавшихся альвеол и увеличению вентилируемого объема легких. Тем не менее, даже в современных аппаратах ИВЛ не предусмотрены инструменты для непосредственной оценки изменений ФОЕ на фоне повышения ПДКВ.

Программный алгоритм технологии РЕЕР INview позволяет врачу устанавливать начальные и конечные значения ПДКВ, а затем наблюдать за соответствующими изменениями ФОЕ.

Данная технология также основана на методе вымывания азота. Процедура РЕЕР INview состоит из серии автоматизированных измерений ФОЕ, поэтому при расчете итоговых результатов используются промежуточные чередующиеся вычисления количества азота, поступающего в легкие и выводящегося из них. Непосредственно перед запуском процедуры следует установить уровень FRC O₂ (объемная доля кислорода во вдыхаемой смеси на протяжении измерения ФОЕ), стартовый и конечный уровни ПДКВ, а так же количество измерений в серии. Аппарат ИВЛ автоматически рассчитает алгоритм выполнения процедуры с равными интервалами измерения ФОЕ и с соответствующим возрастанием или снижением уровня ПДКВ в заданных пределах.

К примеру, пользователь установил стартовое значение ПДКВ на уровне 8 см H₂O, а конечное – 17 см H₂O; при этом выбрал 5 измерений в серии. При выборе команды «Старт» система автоматически рассчитает величину пошаговых изменений и округлит получившиеся значения. Расчетные промежуточные уровни ПДКВ: 8, 10,25; 12,5; 14,75 и 17 см H₂O. Итоговые фактические значения ПДКВ будут округлены до целых чисел: 8, 10, 13, 15 и 17 см H₂O.

В самом начале процедуры система сохранит в памяти исходное значение концентрации азота, параметр «FiO₂» сменится на «FRC O₂», а «РЕЕР» (ПДКВ) – на «Initial РЕЕР» (стартовый уровень ПДКВ). Затем продолжится типичное измерение ФОЕ. По завершении первого измерения процесс повторится, но уже на новом уровне ПДКВ. В промежутках между измерениями имеется принудительная пауза длительностью до 5 минут, предназначенная для стабилизации дыхательного статуса пациента на новом уровне ПДКВ. Результаты отображаются в виде графика, а также дублируются и в числовом формате в нижней части диаграммы.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 17)

6. Процедура PEEP INview (продолжение)

При выполнении процедуры PEEP INview все параметры аппарата ИВЛ остаются неизменными, за исключением FiO_2 и уровня ПДКВ. Кроме того, в режимах ИВЛ с управлением «по давлению» разница между ПДКВ и давлением, обеспечивающим вдох, всегда остается постоянной; это необходимо для обеспечения надлежащей эффективности вентиляции.

Режим BiLevel

Если процедура PEEP INview инициируется на фоне режима BiLevel, то заданный диапазон уровня ПДКВ изменит настройки параметра P-low (нижний уровень поддержки спонтанного дыхания). Если войти в меню PEEP INview при активном режиме BiLevel, то различие между текущими настройками P-high и P-low (верхний и нижний уровни поддержки спонтанного дыхания) будет рассчитываться и поддерживаться как разность между множеством заданных уровней ПДКВ и значением P-high. Например, если уровень P-low - 10 см H_2O , а P-high - 35 см H_2O , то их разность составляет 25 см H_2O . Это различие между ПДКВ (в данной ситуации соответствующем P-low) и P-high будет поддерживаться на протяжении всей процедуры PEEP INview. Если первый рассчитанный уровень ПДКВ (P-low) составляет 5 см H_2O , то и P-high на этой фазе процедуры PEEP INview составит 30 см H_2O . Если уровень ПДКВ (P-low) будет пошагово нарастать, то аналогично изменится и P-high.

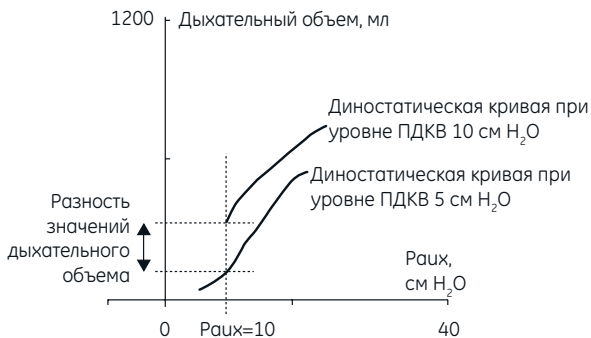
Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 18)

А. Общие рекомендации

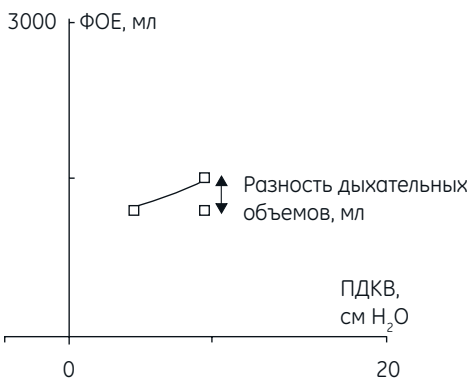
В любом режиме вентиляции при проведении процедуры РЕЕР INview очень важно, чтобы пользователь правильно настроил параметр Pmax (верхний уровень срабатывания тревожной сигнализации по давлению) с учетом последующего пошагового повышения ПДКВ. Если в процессе выполнения процедуры РЕЕР INview аппарат ИВЛ достигнет уровня Pmax, то это приведет к немедленному прерыванию процедуры.

После завершения серии измерений ФОЕ в ходе процедуры INview РЕЕР аппарат ИВЛ Engström Carestation отображает спирометрические петли модуля SpiroDynamics и рассчитывает династатические кривые. На каждом из заданных уровней ПДКВ фиксируется разность дыхательных объемов 2 кривых. Получившееся различие наглядно отображается в меню Lung INview в виде значения ФОЕ при данном уровне ПДКВ минус разность дыхательных объемов (см. нижнюю иллюстрацию).

Что касается изменения пользовательских настроек, то в отношении процедуры РЕЕР INview действуют те же самые правила, что и при изолированном измерении ФОЕ. Если аппарат ИВЛ автоматически изменяет определенные параметры (например, концентрацию кислорода или уровень ПДКВ), то это не остановит выполнение процедуры. Однако любые изменения настроек, вносимые пользователем, приведут к немедленному прерыванию процедуры РЕЕР INview.



На верхней иллюстрации сравниваются 2 династатические кривые при одинаковом уровне давления, составляющем 10 см H₂O. На всем протяжении процедуры РЕЕР INview аппарат ИВЛ Engström Carestation отображает спирометрические петли модуля SpiroDynamics и рассчитывает династатические кривые. На каждом из заданных уровней ПДКВ фиксируется разность дыхательных объемов 2 кривых. Получившееся различие наглядно отображается в меню Lung INview в виде значения ФОЕ при данном уровне ПДКВ минус разность дыхательных объемов (см. нижнюю иллюстрацию).



В. Типовые сценарии клинического применения

Процедура РЕЕР INview может с успехом использоваться при проведении мобилизации спавшихся альвеол. Кроме того, РЕЕР INview можно эффективно комбинировать с технологией SpiroDynamics для отображения соотношения общего мобилизованного объема и заданного уровня ПДКВ. Так как существует множество методик мобилизации альвеол, их отдельные алгоритмы не закладывались в перечень функций меню РЕЕР INview.

Типовые сценарии клинического применения учитывают все технические и патофизиологические особенности, перечисленные выше. Варианты использования программного комплекса РЕЕР INview не ограничиваются перечисленными ниже ситуациями, так как предложенные сценарии лишь помогают обозначить основные клинические преимущества ее использования.

Вариант 1: сравнительное измерение перед проведением мобилизации спавшихся альвеол и после завершения данной процедуры

1. Настройки аппарата ИВЛ должны полностью соответствовать состоянию пациента.
2. Настройте порядок проведения процедуры РЕЕР INview, начиная с максимального уровня ПДКВ и заканчивая его минимальными значениями.
3. Начните процедуру после, по крайней мере, 10 минут вентилирования в стабильном состоянии. В зависимости от требуемого количества измерений процедура продлится от 15 до 50 минут.
4. Сохраните значения ФОЕ, соответствующие определенным уровням ПДКВ.
5. Проведите процедуру мобилизации спавшихся альвеол.
6. Вернитесь к исходным настройкам системы, установленным до начала процедуры мобилизации альвеол. Подождите 10 минут, пока дыхательный статус стабилизируется.
7. Повторно проведите процедуру РЕЕР INview, используя такие же диапазоны и настройки, как и в исходном тестировании.

Сравнивая результаты исходного и итогового измерения, можно оценить и общую эффективность процедуры мобилизации, и тот уровень ПДКВ, на фоне которого отмечался наиболее оптимальный для пациента ФОЕ. Через 10 минут можно провести очередное измерение ФОЕ для динамического контроля легочных объемов у вентилируемого пациента.

7. Программный комплекс Lung INview

Программные модули FRC INview и SpiroDynamics могут устанавливаться и использоваться по отдельности или единым многофункциональным комплексом. Каждый из модулей существенно улучшает отображение дыхательного статуса пациента, что повышает эффективность проведения ИВЛ. В случае совместного использования обоих модулей вентилятор Engström Carestation способен интегрировать два потока данных на едином мониторе с формированием программного комплекса Lung INview.

На любом из всех уровней ПДКВ, задаваемых при проведении процедуры РЕЕР INview, Lung INview способен измерять различия дыхательного объема по династатическим кривым. При этом на экране в графическом формате отображаются непосредственные изменения династатических кривых, связанные с пошаговой сменой уровня ПДКВ. Сравнивая объемные показатели на династатических кривых при определенном уровне ПДКВ, мы можем оценить объем мобилизованных (расправленных) альвеол. Одновременно с разностью дыхательных объемов на экран выводятся числовые значения ФОЕ и сопротивления дыхательных путей.

7. Программный комплекс Lung INview (продолжение)

Возможности комплексной технологии Lung INview

- Комбинирует значения ФОЕ с информацией, полученной при помощи модуля SpiroDynamics.
- Собирает данные о ФОЕ, полученные при проведении процедуры PEEP INview.
- Обрабатывает данные, одновременно полученные при помощи обеих процедур, и вычисляет объем мобилизованных альвеол при проведении вентиляционной стратегии «открытые легкие».

Lung INview быстро и легко обеспечивает врачу комплексное представление о механике дыхания пациента, позволяя максимально эффективно использовать широкие возможности аппарата ИВЛ Engström Carestation и повышая качество оказания медицинской помощи.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 22)

Поиск и устранение неисправностей

| Признак неисправности | Возможная проблема | Решение |
|--|--|---|
| Вместо значений ФОЕ отображаются тире. | Процедура измерения ФОЕ была прервана. | Убедитесь, что модуль Compact Airway Module работает, и параметры ИВЛ остались прежними. Выполните повторное измерение ФОЕ. При этом на всем протяжении теста не изменяйте ни одну из настроек аппарата ИВЛ, и не проводите какие-либо процедуры, способные изменить параметры вентиляции. |
| Вместо значений PEEP INview отображаются тире. | Процедура измерения ФОЕ была прервана. | Убедитесь, что модуль Compact Airway Module работает, и параметры ИВЛ остались прежними. Выполните повторное измерение ФОЕ. При этом на всем протяжении теста не изменяйте ни одну из настроек аппарата ИВЛ, и не проводите какие-либо процедуры, способные изменить параметры вентиляции. |
| Отображается не весь график FRC INview. | Неправильно выбран масштаб отображения данных. | В меню выбора масштаба отображения значений ФОЕ выберите пункт «AUTO» или установите более крупную шкалу. |
| При проведении Lung INview на графике отображается только одна кривая. | С катетера поступают некорректные данные. | Проверьте правильность установки и подключения катетера. |
| При проведении процедуры PEEP INview изменяются настройки уровня P-high. | Если ИВЛ проводится в режиме ViLevel, то нижний уровень поддержки спонтанного дыхания (P-low) задаётся от нижнего уровня ПДКВ. Исходно заданное различие между P-high и P-low поддерживается на всем протяжении процедуры PEEP INview. | Измените значение P-high перед проведением процедуры PEEP INview. Убедитесь в том, что разность между P-high и P-low соответствует тому диапазону ПДКВ, который планируется использовать при проведении процедуры PEEP INview. |

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 23)

Поиск и устранение неисправностей (продолжение)

| Признак неисправности | Возможная проблема | Решение |
|---|---|---|
| В меню PEEP INview кнопка Start неактивна. | Не подключен соответствующий аппаратный модуль. Аппаратный модуль в режиме прогрева. Запущена другая процедура. | Подключите соответствующий аппаратный модуль. Перед использованием прогрейте модуль на протяжении, по крайней мере, 30 мин. Кнопка вновь станет активной при завершении конфликтующей процедуры. |
| В меню FRC INview неактивны кнопки «Start Single» (Начать одно измерение) и «Start Series» (Начать серию измерений) | Не подключен соответствующий аппаратный модуль. Аппаратный модуль в режиме прогрева. Запущена другая процедура. | Подключите соответствующий аппаратный модуль. Перед использованием прогрейте модуль на протяжении, по крайней мере, 30 мин. Кнопка вновь станет активной при завершении конфликтующей процедуры. |
| Большой разброс значений при однократном измерении ФОЕ. | Возможно аппаратный модуль полностью не прогрелся. | Перед использованием прогрейте модуль на протяжении, по крайней мере, 30 мин. |
| FRC INview и PEEP INview прерываются до начала расчета результатов. | Аппаратный модуль выявил критические ошибки в значениях VO_2 и VCO_2 . Базальный поток слишком высок для точного расчета значений VO_2 и VCO_2 . | Добавьте прямой т-образный переходник между датчиком D-lite и Y-образным тройником в дыхательном контуре пациента для уменьшения влияния основного потока на расчет ключевых показателей. Уменьшите интенсивность основного потока. Используйте двухметровые линии отбора проб газов. |

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 22)

9. Преимущества измерения ФОЕ при помощи вентилятора Engström Carestation

Основные клинические преимущества технологии FRC INview:

- Непосредственное измерение у пациентов на ИВЛ объема дыхательной смеси, остающейся в легких после спокойного выдоха.
- Оценка базовых параметров, характеризующих исходный дыхательный статус пациента перед проведением каких-либо лечебно-диагностических манипуляций.
- Оценка эффективности определенного лечения или смены параметров вентиляции в отношении улучшения ФОЕ.
- Определение наиболее оптимального уровня ПДКВ у каждого пациента.
- Точная оценка эффективности процедуры мобилизации спавшихся альвеол.
- Вычисления легочных параметров в режиме реального времени, не прерывая проведение ИВЛ.
- Возможность циклического измерения ФОЕ в полностью автоматическом режиме.
- Возможность сохранения полученных результатов (в памяти устройства или непосредственно на экране) для последующего анализа основных тенденций их изменения.
- Не требуется дополнительный источник газа.

Краткий вывод

ФОЕ – это объем дыхательной смеси, остающийся в легких после спокойного выдоха. Уровень ФОЕ определяется растяжимостью легких и стенок грудной клетки. Интеграция аппарата ИВЛ Engström Carestation и модуля Compact Airway Module позволяет измерять ФОЕ в режиме реального времени, значительно расширяя возможности респираторного мониторинга.

Технология FRC INview: руководство по применению (стр. 23)

9. Ссылки

1. Olegard C, Sondergaard S, Houltz E, Lundin S, Stenqvist O. «Estimation of functional residual capacity at the bedside using standard monitoring equipment: a modified nitrogen washout/ washin technique requiring a small change of the inspired oxygen fraction.» *Anesth Analg*. 2005 Jul;101(1):206-12.

Дополнительные источники информации

Stenqvist O. «Practical Assessment of Respiratory Mechanics». *British Journal of Anesthesiology*. 2003; 91(1):92-105.

Karason S., Stenqvist O. «Pressure/Volume Curves in ARDS: Old and New Aspects». Refresher Course: European Society of Anesthesiologists. 2001 Accessed at www.euroanesthesia.org.

Sondergaard S, Karason S, Wiklund J, Lundin S, Stenqvist O. «Alveolar pressure monitoring: an evaluation in a lung model and in patients with acute lung injury». *Intensive Care Med*. 2003 Jun;29(6):955-62. Epub 2003 Apr 11.

Sondergaard S, Karason S, Hanson A, Nilsson K, Hojer S, Lundin S, Stenqvist O. «Direct measurement of intratracheal pressure in pediatric respiratory monitoring». *Pediatr Res*. 2002 Mar;51(3):339-45.

Karason S, Sondergaard S, Lundin S, Stenqvist O. «Continuous on-line measurements of respiratory system, lung and chest wall mechanics during mechanic ventilation». *Intensive Care Med*. 2001 Aug;27(8):1328-39.

Karason S, Sondergaard S, Lundin S, Wiklund J, Stenqvist O. «Direct tracheal airway pressure measurements are essential for safe and accurate dynamic monitoring of respiratory mechanics. A laboratory study». *Acta Anaesthesiol Scand*. 2001 Feb;45(2):173-9.

© 2012 Компания General Electric Company. Авторские права защищены.

Компания General Electric Company оставляет за собой право вносить изменения в спецификации и конструктивные особенности продуктов, представленных выше, либо прекратить их выпуск без предварительного предупреждения или без каких-либо обязательств. Для получения наиболее актуальной информации свяжитесь с вашим региональным представителем компании GE.

GE и монограмма GE являются товарными знаками компании General Electric.

CARESCAPE, 12SL, EK-Pro, MUSE и iPanel являются товарными знаками компании GE Medical Systems Information Technologies, Inc.

**Masimo и SET являются товарными знаками компании Masimo.

**Nellcor и OxiMax являются товарными знаками компании Nellcor Puritan Bennett, Inc.

Компания GE Medical Systems Information Technologies, Inc. является подразделением корпорации General Electric Company и представлена на рынке под торговой маркой GE Healthcare.

О компании GE Healthcare

Компания GE Healthcare предлагает медицинские технологии и услуги, открывающие новую эру в заботе о здоровье пациентов. Опыт и знания специалистов компании GE Healthcare в области диагностики, медицинской визуализации, информационных технологий, систем наблюдения за пациентами, разработки лекарственных препаратов, биофармацевтики, а также в области решений по повышению лечебно-диагностической эффективности помогают нашим клиентам по всему миру оказывать медицинские услуги более высокого качества большему количеству людей по более низкой стоимости. Будучи в партнерских отношениях с другими лидерами в сфере производства оборудования для здравоохранения, компания GE прикладывает немало усилий, направленных на изменения мировой политики и необходимых для успешного перехода к эффективной мировой системе здравоохранения.

Обрисовав наш взгляд на будущее развитие технологий в виде инициативы «healthy-magination», мы приглашаем всех заинтересованных участников присоединиться к нам на пути непрерывного совершенствования технологических решений, направленных на снижение стоимости, повышение доступности и качества медицинской помощи во всем мире. Дополнительную информацию о компании GE Healthcare см. на сайте <http://www.gehealthcare.com>

GE Healthcare Россия и СНГ
123317, Москва
Пресненская наб., д. 10 С, 12 этаж
Бизнес-центр «Башня на Набережной»
Москва-Сити
Тел.: + 7 495 739 69 31,
факс: + 7 495 739 69 32
www.gehealthcare.ru



GE imagination at work