

**На правах рукописи**

**ПАНКОВ**  
**Николай Евгеньевич**

**АДАПТАЦИЯ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ  
ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СТРУЙНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ  
ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ**

**14.01.20 – анестезиология и реаниматология**

**Автореферат**  
**диссертации на соискание учёной степени**  
**кандидата медицинских наук**

**Екатеринбург 2010 г.**

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении дополнительного профессионального образования «Уральская государственная медицинская академия дополнительного образования» Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию (ГОУ ДПО УГМАДО Росздрава) на базе муниципального учреждения здравоохранения «Городская клиническая больница № 3».

**Научный руководитель:**

кандидат медицинских наук, доцент **Астахов Алексей Арнольдович**

**Официальные оппоненты:**

доктор медицинских наук, профессор **Егоров Владимир Михайлович**

доктор медицинских наук, профессор **Плоткин Леонард Львович**

**Ведущая организация:**

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования г. Омска «Омская государственная медицинская академия Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию».

Защита состоится «23» июня 2010 г. в «10» часов на заседании совета по защите докторских диссертаций Д 208.102.01, созданного при Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральская государственная медицинская академия Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию», по адресу: 620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 3.

С диссертацией можно ознакомиться в медицинской библиотеке ГОУ ВПО УГМА Росздрава по адресу: 620028 г. Екатеринбург, ул. Ключевская, д. 17, с авторефератом на – сайте академии [www.usma.ru](http://www.usma.ru)

Автореферат разослан «11» мая 2010 г.

Учёный секретарь совета по защите  
докторских диссертаций  
доктор медицинских наук, профессор



**В. А. Руднов**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

### Актуальность темы

Искусственная вентиляция легких (ИВЛ) является центральным звеном в анестезиологическом обеспечении оперативных вмешательств и интенсивной терапии критических состояний. Протезируя одну из важнейших функций, ИВЛ создает хорошие возможности для коррекции других процессов жизнеобеспечения организма.

Однако, в отличие от спонтанной (физиологической) вентиляции, ИВЛ сопровождается повышением давления в дыхательных путях в инспираторной фазе дыхательного цикла (вдувание дыхательного объема газа), что кардинально изменяет механику дыхания. Нарастание положительного давления в дыхательных путях во время вдоха сопровождается повышением транспульмонального давления, что препятствует полноценному притоку венозной крови к сердцу и создает условия для снижения сердечного выброса. При определенных ситуациях эта особенность ИВЛ может быть источником тяжелых нарушений гемодинамики – вплоть до критического снижения сердечного выброса и возникновения острой сердечной недостаточности.

Стремление уменьшить транспульмональное давление путем снижения величины дыхательного объема опасно нарушением отношения дыхательного объема и объема анатомического мертвого пространства ( $V_T/V_D$ ), что неизбежно приведет к нарушению адекватности вентиляции – гиповентиляции с нарастанием в артериальной крови двуокиси углерода (гиперкапнии).

Данного недостатка удастся избежать при использовании нового метода искусственной вентиляции легких – высокочастотной струйной вентиляции (ВЧС ИВЛ). Ее особенность состоит в том, что вентиляция осуществляется высокими частотами, более 60 циклов в минуту, и малыми дыхательными объемами, порядка 120-170 мл, с существенно более низкими величинами транспульмонального давления. Большая

скорость струи, превышающая 200 м/с, создает в дыхательных путях турбулентные вихри, которые способствуют лучшему перемешиванию газа в дыхательном мертвом пространстве, что существенно уменьшает его объем, а при частотах 100 и более циклов в минуту вообще приводит к исчезновению дыхательного мертвого пространства [Зислин Б.Д. с соавт., 2006]. Все это позволяет обеспечить адекватную вентиляцию малыми дыхательными объемами с небольшими величинами пикового и транспульмонального давления, что должно существенно снизить депрессию венозного притока к сердцу и предупредить уменьшение сердечного выброса [Oberг P.A. et al., 1969; Eriksson I. et al., 1977; Gallagher T.I. et al., 1983; Sjostrand U., 1980; Кассиль В.Л., 1987; Зильбер А.П. с соавт., 1989; Зислин Б.Д., 2001].

Однако далеко не все исследователи разделяют такое мнение. Наряду с сообщениями, в которых на фоне ВЧС ИВЛ подтверждался факт увеличения сердечного выброса [Атаханов Ш.Э., 1985; Traverse J.H., 1991; Rouby J.J., 1994], появились публикации, в которых высказывалось противоположное мнение о снижении сердечного выброса [Nishimura M., et al., 1984; Burguillo P. et al., 1989; Nakatsuka M. et al., 1992; Weber A. et al. 1996]. Наконец, рядом исследователей не отмечено различий в показателях сердечного выброса при ИВЛ и ВЧС ИВЛ [Smith R.V. et al., 1983; Sladen A. et al., 1984; Gellespie D.J., 1985].

Столь разноречивые мнения в отношении динамики сердечного выброса могут быть связаны с гетерогенностью госпитальной патологии. На состояние сердечного выброса при ВЧС ИВЛ оказывает непосредственное влияние вид и травматичность оперативного вмешательства [Кассиль В.Л. с соавт., 1992; Зислин Б.Д., 2001], возраст пациентов и наличие у них сопутствующей патологии [Зислин Б.Д., 2001], а также исходное состояние гемодинамики [Fusciardi J. et al., 1986].

Высказывается предположение, что различия в динамике сердечного выброса при ИВЛ и ВЧС ИВЛ обусловлены состоянием адаптивных реакций в ответ на воздействие различных режимов вентиляции [Зислин Б.Д., с соавт., 2009].

Однако количество специальных углубленных исследований, посвященных изучению адаптации гемодинамики при искусственной вентиляции легких, недостаточно [Басистый С.В., 2004]. Между тем изучение этой проблемы могло бы прояснить ряд вопросов, касающихся предпочтения того или иного метода ИВЛ на фоне конкретного патологического процесса с точки зрения оптимизации функции гемодинамики.

### **Цель исследования**

Цель исследования – изучить адаптивные реакции основных параметров центральной и периферической гемодинамики при традиционной и высокочастотной струйной вентиляции.

### **Задачи исследования**

1. Изучить реакцию адаптивных процессов основных параметров центральной и периферической гемодинамики при традиционной и высокочастотной струйной вентиляции легких.
2. Изучить особенности адаптивных реакций гемодинамики в условиях гипокапнии при традиционной и высокочастотной струйной вентиляции.
3. Изучить влияние показателей респираторной механики на адаптивные реакции гемодинамики в условиях традиционной и высокочастотной струйной вентиляции легких.
4. Обосновать практическую ценность результатов проведенного исследования для их использования в рамках оказания анестезиологического пособия и респираторной поддержки в интенсивной терапии критических состояний.

## **Научная новизна**

В научной работе изучены особенности адаптивных реакций комплекса центральной и периферической гемодинамики при механической вентиляции легких. Реакция адаптивных систем предшествует изменению величин гемодинамических параметров. Установлено, что основные сдвиги в адаптации гемодинамики при традиционной и высокочастотной струйной вентиляции отмечаются со стороны параметров объемной регуляции: ударного объема сердца (УО), сердечного выброса (СВ), фракции выброса (ФВ), волны диастолического наполнения левого желудочка (ВДН).

Выявлены основные особенности адаптивных реакций при традиционной и высокочастотной струйной вентиляции легких.

Для традиционной вентиляции характерна дисрегуляция адаптации – смещение мощности спектра сердечного выброса в низкочастотные диапазоны.

При обоих способах вентиляции наблюдается депрессия диастолической функции сердца (волны диастолического наполнения левого желудочка) и её дисрегуляция. Для ВЧС ИВЛ это выражено в меньшей степени.

Выявлены механизмы влияния параметров ИВЛ на адаптивные реакции ударного объёма.

Адаптация ударного объёма к увеличению дыхательного объёма происходит через увеличение тонуса симпатической нервной системы.

Возрастание пикового давления вдоха сопровождается адаптацией через увеличение модуляции симпатической и парасимпатической систем. Изменение конечного экспираторного давления и частоты вентиляции – через гуморально-метаболическую и симпатическую системы.

## **Практическая значимость**

Мониторинг спектральных характеристик параметров гемодинамики позволяет прогнозировать расстройства сердечного

выброса. Изменяя параметры ИВЛ, можно влиять на респираторную механику, создавая условия для оптимизации гемодинамики.

При острой церебральной недостаточности, особенно сопровождающейся внутричерепной гипертензией, респираторная поддержка в условиях гипокапнии позволяет обеспечить более эффективную адаптацию гемодинамики к ИВЛ.

При опасности возникновения острых расстройств гемодинамики или при уже возникшей гемодинамической недостаточности респираторная поддержка в условиях ВЧС ИВЛ позволит предупредить эти расстройства, а при наличии гемодинамической недостаточности – сделать терапию более эффективной.

То есть небольшие (не в разы) изменения – это и есть предмет мониторинга, так как демонстрирует тенденции (тренды), иллюстрирующие патофизиологические сдвиги и адаптационные реакции.

Своевременно применяя наиболее физиологичные методы ИВЛ и манипулируя параметрами вентиляции, мы можем управлять рядом процессов, улучшая функцию как миокарда (сократительные параметры), так и гемодинамики, не вызывая срыва компенсации, а наоборот, облегчая адаптацию.

### **Внедрение результатов работы в практику**

Неинвазивная оценка гемодинамики с помощью прибора МАРГ10–01 при высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких у реанимационных больных с острой церебральной недостаточностью рекомендована и внедрена в практику ведения больных в МУЗ ГКБ № 3.

### **Апробация работы**

Основные положения диссертации обсуждались: на Всероссийском съезде анестезиологов-реаниматологов «Современные направления и пути развития анестезиологии и реаниматологии в Российской

Федерации» г. Москва, 7 – 10 ноября 2006 г.; на Всероссийском конгрессе анестезиологов-реаниматологов с международным участием «Современные достижения и будущее анестезиологии-реаниматологии в Российской Федерации» г. Москва, 25 – 27 октября 2007 г.; на расширенном совместном заседании кафедры анестезиологии и реаниматологии Государственного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Уральская государственная медицинская академия дополнительного образования» Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию, Областного государственного учреждения здравоохранения Центра организации специализированной медицинской помощи «Челябинский государственный институт лазерной хирургии» Министерства здравоохранения Челябинской области и проблемной комиссии по специальности «Анестезиология и реаниматология» при Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральская государственная медицинская академия» Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию г. Челябинск, 18 февраля 2010 г.

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 5 работы, в том числе 2 в журналах, рекомендованных ВАК.

### **Объем и структура работы**

Диссертация изложена на 88 страницах и состоит из введения, обзора литературы, клинической характеристики больных и методов исследования, результатов исследования адаптации центральной и периферической гемодинамики при высокочастотной струйной вентиляции, обсуждения полученных результатов, выводов и практических рекомендаций. Текст диссертации иллюстрирован 14 таблицами и 4 рисунками. Библиография включает 110 источников, из них 66 на русском и 44 на иностранных языках.



## **Основные положения, выносимые на защиту**

1. При механической вентиляции лёгких (ИВЛ, ВЧ ИВЛ) проявление адаптивных реакций предшествует изменению величин абсолютных гемодинамических параметров, а маневрирование параметрами традиционной ИВЛ создаёт условие для улучшения гемодинамики.
2. При механической вентиляции легких наиболее выраженные проявления адаптивных реакций отмечены со стороны объемных гемодинамических параметров: ударного объема сердца, сердечного выброса, фракции выброса левого желудочка и диастолической функции левого желудочка (волны диастолического наполнения).
3. В отличие от традиционной вентиляции, при которой регистрируется выраженная депрессия адаптивных реакций фракции выброса левого желудочка и диастолической функции левого желудочка, при ВЧС ИВЛ отмечается значительная их активация.
4. У больных с острой церебральной недостаточностью режим ВЧ вентиляции в условиях гипоксии приводит к максимальному влиянию на гемодинамические параметры.

## **СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Характеристика больных и методы исследования**

В исследовании были задействованы 69 больных с острой церебральной недостаточностью (ЧМТ, инсульты, опухоли). У 75,4 % из них регистрировались глубокие нарушения сознания (менее 7 баллов по шкале Glasgow). Средний возраст больных составил  $53,1 \pm 16,9$  (M $\pm$ SD). Преобладали лица мужского пола (84 %) в возрасте старше 40 лет (59,4 %).

У наблюдаемых больных было зарегистрировано 185 сопутствующих заболеваний (у 22 % – два заболевания, у 9 % – три заболевания). Из сопутствующих заболеваний преобладала сердечнососудистая патология (51,3 %):

гипертоническая болезнь (26,5 %), ишемическая болезнь сердца (20,5 %), постинфарктный кардиосклероз (4,3 %).

Всем больным проводилась искусственная вентиляция легких двумя способами. Продолжалась традиционная вентиляция (ИВЛ), на этом фоне проводилась регистрация гемодинамических параметров и контроль газового состава крови, затем в течение 60 минут – высокочастотная струйная вентиляция (ВЧС ИВЛ). После повторной регистрации всех необходимых показателей гемодинамики и газового состава крови возобновлялась традиционная вентиляция.

ИВЛ проводилась респиратором РО-6, ВЧС ИВЛ – респиратором JV-100 Zisline (Тритон электроникС, Екатеринбург).

При сравнительной оценке традиционной ИВЛ и ВЧС ИВЛ главным критерием сопоставимости методик были показатель сатурации,  $P_{aO_2}$  и  $P_{aCO_2}$ . В процессе исследования отмечено, что при отсутствии статистически значимых различий вышеуказанных показателей оксигенации дыхательный объем при традиционной ИВЛ составлял  $7 \pm 1,1$  мл/кг (450–720 мл), а минутный объем дыхания (VE)  $85 \pm 5,24$  мл/кг (7–10 л/мин), отношением продолжительности вдоха к выдоху (I:E) = 1:2. При ВЧС ИВЛ частота (f) 100 циклов в минуту, I:E = 1:2 и VE = 14–18 л/мин.

Для разрешения вопроса о влиянии напряжения двуокиси углерода в артериальной крови на особенности адаптивных реакций гемодинамики при ИВЛ и ВЧС ИВЛ из этого же массива были сформированы 2 группы больных с достоверно не различающимися антропометрическими и клиническими данными, которым проводились оба способа вентиляции. Первая группа – 36 пациентов с нормокапнией: при ИВЛ  $P_{aCO_2} = 37,1 \pm 6,2$ ; а при ВЧС ИВЛ  $P_{aCO_2} = 36,1 \pm 2,9$  мм рт. ст. Вторая группа – 33 пациента с гипокапнией: при ИВЛ  $P_{aCO_2} = 22,2 \pm 3,4$ ; а при ВЧС ИВЛ  $P_{aCO_2} = 23,2 \pm 2,0$  мм рт. ст.

Результаты статистической обработки полученных данных сравнивались с величинами аналогичных параметров, полученных при

исследовании 130 здоровых людей обоего пола с достоверно не различающимися антропометрическими параметрами.

Для изучения процессов адаптации гемодинамики при различных видах респираторной поддержки мы избрали метод спектрального анализа медленно волновых колебаний основных интегральных параметров центральной и периферической гемодинамики. Известно, что плотность общей мощности (амплитуды) спектра колебаний гемодинамических параметров отражает интенсивность адаптационных процессов. Следовательно, по вариабельности гемодинамических параметров можно судить о состоянии адаптации гемодинамики пациента к влиянию биомеханических факторов ИВЛ и ВЧС ИВЛ.

Спектральный анализ колебаний основных параметров гемодинамики проводился на мониторингном комплексе «Кентавр» (Микролюкс, Челябинск), в основе технологии которого лежит метод тетраполярной импедансной кардиографии (реокардиографии).

Спектрограмма реализовывалась с помощью быстрых преобразований Фурье (БПФ), основанных на постулате, что любая периодически повторяющаяся кривая сложного вида может быть расчленена путем гармонического анализа на ряд простых синусоидальных колебаний. Иначе говоря, сложное периодическое колебание может быть представлено как сумма простых гармонических колебаний, периоды или частоты которых кратны периоду или частоте одного сложного колебания. Спектральный анализ осуществлялся автоматически процессором монитора.

Спектральному анализу были подвергнуты следующие гемодинамические параметры: частота сердечных сокращений (ЧСС, циклы/мин), среднее артериальное давление (АД, мм рт. ст.), ударный объем сердца (УО, мл), сердечный выброс (СВ, л/мин.), фракция выброса левого желудочка (ФВ, %), волна диастолического наполнения левого желудочка, отражающая величину конечного диастолического объема левого желудочка

(ВДН, %), уровень пульсации периферических сосудов, отражающий общее периферическое сосудистое сопротивление (АТОЕ, «п.е.»).

Из спектральных характеристик анализировались: плотность общей мощности спектра ( $P_m$ ), условно являющаяся дисперсией (средним квадратическим отклонением) амплитуды колебаний каждого показателя при конкретной частоте. Поэтому, помимо плотности общей мощности спектра того или иного параметра, анализировалась мощность спектра в 4 диапазонах с нарастающей частотой, составляющих плотность общей мощности спектра.

Анализ мощности спектра в частотных диапазонах позволяет выявить механизмы регуляции гемодинамических параметров.

Известно, что самый медленный частотный диапазон (до 0,024 Гц) является выражением метаболической (продукты гликолиза, эндотелиальной функции) регуляции. В норме этот механизм осуществляет в основном регуляцию пульсации периферических сосудов (периферическое сосудистое сопротивление).

Диапазон с частотами 0,025–0,049 Гц является выражением гуморальной (ангиотензин, вазопрессин, адреналин) регуляции. Этот механизм осуществляет в основном регуляцию частоты сердечных сокращений.

Диапазон с частотами 0,05–0,149 Гц является выражением барорегуляции, отражающей баланс симпатической и парасимпатической систем. Этот механизм осуществляет в основном регуляцию артериального давления.

Диапазон с частотами 0,15–0,5 Гц является выражением объемной (дыхательной) регуляции, отражающей тонус парасимпатической системы. Этот механизм осуществляет регуляцию объемных параметров гемодинамики: ударного объема, сердечного выброса, фракции выброса левого желудочка и волны диастолического наполнения левого желудочка.

При оценке спектральных синдромов мы руководствовались рядом критериев. Считали, что наиболее благоприятная ситуация для адаптации

гемодинамического статуса возникает в том случае, если имеет место умеренно повышенная общая мощность спектра при сохраненном, онтогенетически сформированном, для данного параметра балансе частотных регуляторов (для периферического сосудистого сопротивления – первый, самый низкочастотный диапазон, для ЧСС – второй диапазон и т.д.)

Менее благоприятные условия возникают при сниженной общей мощности спектра, но при сохраненном для данного параметра балансе частотных регуляторов.

Наиболее неблагоприятные условия для адаптации возникают при изменении структуры баланса регуляторов (смена преобладания низкочастотных регуляторов над высокочастотными или наоборот), не свойственных данному параметру.

Помощь в определении динамики баланса частотных диапазонов в составе общей мощности спектра может оказать расчет двух коэффициентов: отношение низкочастотных диапазонов к высокочастотным (суммы двух первых диапазонов к сумме 3 и 4 диапазона) и отношение 3 и 4 диапазонов, отражающих взаимоотношения симпатической и парасимпатической регуляции.

Для статистической обработки массивов данных применялись программы Statistica 6.0 и Биостатистика. Для оценки значимости числовых различий использовались критерии Стьюдента, Манна-Уитни, Уилкоксона. Различия считались достоверными при  $P < 0,05$  (95%). Корреляционные связи отдельных параметров оценивались на основании анализа коэффициентов корреляции, полученных при регистрации линейной регрессии и коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

### **Результаты исследования**

Результаты проведенного исследования позволили выявить ряд неизвестных до настоящего времени фактов, касающихся особенностей адаптивных реакций гемодинамики в условиях механической вентиляции

легких. Наиболее существенные сдвиги адаптивных реакций наблюдались в объемных параметрах гемодинамики (УО, СВ, ФВ, ВДН).

Обращал на себя внимание факт противоположной реакции адаптации ударного объема в условиях традиционной вентиляции и ВЧС ИВЛ. При ИВЛ регистрировалось достоверное снижение как плотности общей мощности спектра, так и мощности спектра в каждом из частотных диапазонов.

Так, в условиях ИВЛ плотность общей мощности УО снизилась более чем в 2 раза, в то время как в условиях ВЧС ИВЛ она возросла почти в 3 раза и более чем в 5,5 раз превзошла общую мощность спектра при традиционной вентиляции. Данный синдром следует квалифицировать как серьезную депрессию адаптивной реакции УО при традиционной вентиляции.

Корреляционный анализ влияния параметров респираторной механики позволил выявить причины данного феномена. Положительная весьма тесная корреляционная связь пикового давления вдоха (РІР) с плотностью общей мощности спектра УО, особенно в высокочастотных диапазонах, регулирующих УО ( $R=0.7-0.8$ ), прямо указывает на основную причину депрессии адаптации – высокие величины пикового давления (что совпадает с известными из физиологии дыхания данными).

Так, по нашим данным, снижение РІР только на 25 % с  $17,6\pm 1,5$  см вод. ст. при ИВЛ до  $14,1\pm 3,0$  см вод. ст. при ВЧС ИВЛ оказалось достаточным, чтобы в корне изменить механизмы реакции адаптации. Справедливости ради следует отметить, что транспульмональное давление, которое оказывает основное влияние на величины УО и во многом зависит от уровня РІР, при таких изменениях РІР снизилось более существенно, больше чем в 4 раза ( $1,0\pm 0,4$  см вод. ст. против  $4,1\pm 0,9$  см вод. ст.).

Анализируя приведенные выше данные, следует обратить внимание на весьма важный факт. Несмотря на такие различия в механизмах реализации адаптивных реакций УО при ИВЛ и ВЧС ИВЛ, истинные величины ударного объема при обоих способах вентиляции достоверно не изменились и

достоверно не отличались от нормальных величин ( $51,0 \pm 38,6$  мл при ИВЛ,  $61,5 \pm 39,4$  мл при ВЧС ИВЛ и  $55,2 \pm 21,76$  мл в норме;  $P > 0,05$ ), что как будто подтверждает мнение исследователей, высказывающих мнение об отсутствии различий в параметрах сердечного выброса при традиционной и высокочастотной вентиляции. Однако результаты изучения механизмов адаптации позволяют сделать предположение, что депрессия адаптивных реакций общей мощности спектра УО при традиционной ИВЛ не достигла еще того уровня, при котором нарушения реакций адаптации уже отражаются на абсолютных величинах параметра.

Для подтверждения этого предположения были исследованы истинные величины и плотность общей мощности спектра УО у 15 пациентов с относительно низкими величинами ударного объема при традиционной вентиляции (выбранных из общей группы обследованных), которым последовательно проводились ИВЛ и ВЧС ИВЛ. Величины УО составили при ИВЛ  $28,76 \pm 12,3$  мл, при ВЧС ИВЛ  $41,07 \pm 17,95$  мл ( $P = 0,045$ ). Величины плотности общей мощности спектра составили соответственно  $41,0 \pm 40,37$  мл<sup>2</sup>/Гц и  $545,3 \pm 372,7$  мл<sup>2</sup>/Гц ( $P = 0,000$ ). Следовательно, для того чтобы изменились абсолютные величины ударного объема в условиях ИВЛ, понадобилась более выраженная депрессия адаптивных реакций ( $P_m = 41,0 \pm 40,37$  мл<sup>2</sup>/Гц против  $190,9 \pm 278,7$ , при которой параметры УО в условиях ИВЛ и ВЧС ИВЛ не различаются;  $P = 0,045$ ).

Для объяснения данного феномена результаты изучения механизмов адаптации позволяют сделать вполне логичное предположение. Низкие величины УО при традиционной вентиляции являются результатом депрессии адаптивных механизмов. До поры до времени эти механизмы, функционируя в режиме субкомпенсации, даже в условиях их некоторого угнетения, сдерживают сдвиги в величинах ударного объема, и его уменьшение проявляется только при критическом снижении (декомпенсации) адаптивных реакций (снижение общей мощности спектра в разы).

При ВЧС ИВЛ этого не происходит. Адаптивные механизмы сохранены. Более того, для положительного сдвига УО до величины  $41,07 \pm 17,95$  мл нет необходимости значительной их активации. Вполне достаточно обеспечения общей мощности спектра на уровне нормальных величин. Однако для дальнейшего увеличения ударного объема до уровня нормальных величин ( $55.2 \pm 21.76$  мл) этого недостаточно. По нашим данным, необходима активация адаптивных реакций более чем в 2 раза.

Создается впечатление, что в условиях низких величин ударного объема адаптивные реакции при ВЧС ИВЛ, в отличие от традиционной вентиляции, протекают более эффективно с меньшим напряжением адаптивных механизмов. В условиях нормальных или повышенных величин УО для того чтобы при ВЧС ИВЛ достоверно повысился ударный объем, необходимо более значительное увеличение общей мощности спектра.

Однако подтверждение этого предположения требует специального исследования. Имеющиеся в нашем распоряжении материалы позволяют только утверждать, что при критических снижениях ударного объема (синдром малого выброса) специфический эффект ВЧС ИВЛ (отсутствие депрессии насосной функции сердца) проявляется в большей степени, чем при нормальном или повышенном уровне ударного объема. И в этом видится определенное практическое значение данного исследования.

Результаты проведенного исследования позволяют прийти к заключению, что депрессия адаптивных реакций является чувствительным критерием неблагополучия в системе кровообращения, а сдвиги в адаптации гемодинамики возникают значительно раньше, чем изменения основных гемодинамических параметров. Данный факт имеет несомненное практическое значение, т.к. позволяет вовремя предпринять превентивные меры против возможных нарушений гемодинамики при вентиляции легких путем коррекции сдвигов в адаптивных реакциях с помощью маневров параметрами ИВЛ.



Приблизительно такая же картина наблюдается при исследовании variability сердечного выброса (СВ) с той лишь разницей, что при спектральном анализе variability СВ в условиях традиционной вентиляции не отмечается глубокой депрессии общей мощности спектра (она не отличается от нормальных величин), а регистрируется только отсутствие адаптивных реакций, что можно квалифицировать как некоторую инертность адаптивных механизмов. При ВЧС ИВЛ общая мощность спектра СВ почти в 2 раза больше нормальных ее величин и более чем в 2,5 раза превышает как общую мощность спектра, так и мощность спектра во всех частотных диапазонах при традиционной вентиляции. Негативные проявления адаптивных реакций СВ в условиях традиционной вентиляции усугубляются еще и наличием дисрегуляции (смещение баланса частотных регуляторов в несвойственные этому параметру низкочастотные диапазоны).

Некоторые причины депрессии адаптивных механизмов параметров сердечного выброса открываются при анализе спектральных характеристик фракции выброса и волны диастолического наполнения левого желудочка, характеризующих систолическую (сократительную способность миокарда) и диастолическую (уровень конечного диастолического объема) функцию сердца.

Характеризуя особенности адаптивных реакций фракции выброса и волны диастолического наполнения при традиционной вентиляции и ВЧС ИВЛ, можно отметить, что наиболее серьезные расстройства адаптивных процессов отмечаются при традиционной вентиляции.

В условиях ИВЛ наблюдается депрессия общей мощности спектра ФВ и ВДН и отчетливая дисрегуляция адаптивных реакций ВДН. При ВЧС ИВЛ общая мощность спектра ФВ остается на уровне нормальных значений и отмечается существенно меньшее снижение  $P_m$  спектра ВДН при нормальном балансе низкочастотных и высокочастотных регуляторов.

Особенности адаптивных реакций ФВ и ВДН отразились на динамике абсолютных показателей этих параметров. Скромные нарушения адаптивных

реакций фракции выброса при ИВЛ и ВЧС ИВЛ сопровождались незначительным снижением абсолютной величины данного показателя (всего на 11 % и 15 % соответственно), в то время как серьезные расстройства адаптации волны диастолического наполнения привели к снижению ВДН в 3 раза при ВЧС ИВЛ и почти в 5 раз при традиционной вентиляции в сравнении со здоровыми.

Этот факт позволяет прийти к заключению, что на динамику абсолютных параметров сердечного выброса наибольшее влияние оказывает депрессия адаптивных процессов диастолической функции сердца (расстройства адаптации ВДН), что подтверждается также и результатами корреляционного анализа взаимозависимости абсолютных величин параметров сердечного выброса и выраженности адаптивных реакций. Коэффициенты корреляции общей мощности спектра УО, СВ и ВДН демонстрируют весьма тесную связь с абсолютными величинами этих параметров ( $R=0.64-0.87$ ) при отсутствии связи в параметре ФВ ( $R=0.01-0.1$ ).

Все это позволяет подтвердить справедливость мнения многочисленных исследователей, утверждающих, что в основе снижения сердечного выброса при традиционной вентиляции лежит механизм депрессии венозного возврата, и «раскрепощение» венозного притока к сердцу при ВЧС ИВЛ неминуемо сопровождается стабилизацией или даже увеличением насосной функции сердца.

Анализ вариабельности периферического сосудистого сопротивления (пульсации периферических сосудов – АТОЕ) не выявил каких-либо значительных изменений в адаптивных реакциях данного параметра. Величины как общей мощности спектра, так и мощности спектра в каждом из частотных диапазонов достоверно не отличались от нормальных величин.

Наличие достоверных различий абсолютных величин АТОЕ при обоих способах ИВЛ, свидетельствующих о снижении периферического сосудистого сопротивления, могут быть объяснены использованием в

процессе интенсивной терапии коматозных состояний для седации препаратов с вазоплегической активностью.

Специфическая особенность исследуемых больных (острая церебральная недостаточность), а также обширная литература, свидетельствующая о благотворном влиянии на мозговой кровоток гипервентиляции при церебральной гипертензии, явились основанием для изучения адаптивных реакций гемодинамики в условиях гипокапнии.

Характеризуя особенности адаптивных реакций гемодинамики в условиях гипокапнии, можно прийти к заключению, что при обоих способах вентиляции при гипокапнии создаются более благоприятные условия для проявления лучшего уровня адаптации.

Так, при традиционной вентиляции в условиях гипокапнии нивелируется дисрегуляция сердечного выброса, при обоих способах вентиляции в условиях гипокапнии нивелируется депрессия плотности общей мощности спектра волны диастолического наполнения левого желудочка, при ВЧС ИВЛ достоверно возрастает фракция выброса левого желудочка.

Резюмируя результаты исследования адаптации центральной и периферической гемодинамики при традиционной и высокочастотной струйной вентиляции, можно с уверенностью утверждать, что, во-первых, при механической вентиляции легких проявление адаптивных реакций играет решающую роль в формировании параметров центральной гемодинамики и, во-вторых, в условиях высокочастотной струйной вентиляции регулирующая роль адаптивных процессов в формировании объемных параметров гемодинамики существенно возрастает.

## ВЫВОДЫ

1. Адаптивные реакции центральной гемодинамики при механической вентиляции легких демонстрируют отчетливое влияние на формирование основных гемодинамических параметров, что подтверждается наличием тесных корреляционных связей ( $R=0.5-0.7$ ) параметров ИВЛ ( $VT$ ,  $PIP$ ,  $PEEP$ ,  $f$ ) с плотностью общей мощности спектра колебаний основных гемодинамических параметров ( $УО$ ,  $СВ$ ,  $ФВ$ ,  $ВДН$ ). Это обстоятельство открывает некоторые возможности для управления интенсивностью и направленностью адаптивных реакций. Сдвиги в адаптивных реакциях предшествуют изменению величин этих параметров.
2. При механической вентиляции легких наиболее выраженные адаптивные реакции проявляются со стороны объемных гемодинамических параметров: ударного объема сердца, сердечного выброса, фракции выброса левого желудочка и диастолической функции левого желудочка (волны диастолического наполнения).
3. В отличие от традиционной вентиляции, при которой регистрируется выраженная депрессия адаптации, при ВЧС ИВЛ отмечается значительная активация адаптивных реакций, что в условиях малого сердечного выброса позволяет улучшить насосную функцию сердца.
4. В условиях гипокапнии ВЧС ИВЛ оказывает максимальное влияние на периферическую гемодинамику, усиливая прежде всего объёмные механизмы регуляции периферической гемодинамики, чуть меньшее влияние оказывает на сократимость (фракцию выброса), ослабляя адаптацию (снижая общую спектральную плотность мощности). Традиционная вентиляция оказывает максимальное влияние на сердечный выброс, усиливая объёмрегуляторные и барорегуляторные влияния. Сопоставимые влияния оба вида вентиляции оказывают на диастолическую волну наполнения в виде большей адаптивности (увеличивая общую спектральную плотность мощности) и приближение значений к нормальным показателям.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Результаты проведенного исследования позволяют утверждать, что у больных с острой церебральной недостаточностью использование высокочастотной струйной вентиляции имеет несомненные преимущества перед традиционной вентиляцией в реализации оптимальных адаптивных реакций. В отличие от традиционной вентиляции ( $P_m$  УО –  $190,9 \pm 278,7$  мл<sup>2</sup>/Гц;  $P_m$  СВ –  $1,65 \pm 2,95$  (л/мин)<sup>2</sup>/Гц;  $P_m$  ФВ –  $14,25 \pm 25,61$  %<sup>2</sup>/Гц) при ВЧС ИВЛ не наблюдается депрессии адаптации ( $P_m$  УО –  $1125 \pm 2522,7$  мл<sup>2</sup>/Гц;  $P_m$  СВ –  $4,3 \pm 3,58$  (л/мин)<sup>2</sup>/Гц;  $P_m$  ФВ –  $29,7 \pm 29,16$  %<sup>2</sup>/Гц), легче и эффективнее корегуруется насосная функция сердца, а в условиях гипокапнии нормализуется систолическая функция сердца (СВ (P3/P4) –  $0,65 \pm 1,2$ ; ФВ  $P_m$   $20,0 \pm 23,7$  %<sup>2</sup>/Гц).
2. При использовании ВЧС ИВЛ рекомендуются следующие режимы: частота вентиляции – 100 циклов в минуту, МОД 16–18 л.
3. При использовании мониторинга спектральных параметров variability объемных показателей гемодинамики следует руководствоваться следующими показателями: абсолютными величинами УО, СВ, ФВ, ВДН, величиной плотности общей мощности спектра этих параметров, а также отношением мощностей суммы низкочастотных к сумме более высокочастотных диапазонов.
4. При депрессии ударного объема ( $<40$  мл;  $P_m <59$  мл<sup>2</sup>/Гц) можно путем воздействия на адаптивные механизмы увеличить их активность. С помощью увеличения частоты вентиляции (ЧДД 100 в мин.) можно снизить дыхательный объем (до 170 – 210 мл) и уменьшить пиковое давление вдоха (до 15 – 21 мм вод. ст.), что по правилу отрицательной обратной связи приведет к повышению общей мощности спектра (до  $545,3 \pm 372,7$  мл<sup>2</sup>/Гц) и, следовательно, к активизации адаптивных реакций.
5. Путем маневрирования параметрами ИВЛ (респираторной поддержки) можно активизировать отдельные механизмы адаптивных реакций. Снижение дыхательного объема может сопровождаться усилением

метаболической и симпатической регуляции. Снижение пикового давления вдоха может привести к усилению как симпатической, так и парасимпатической регуляции. Увеличение частоты вентиляции усилит влияние дыхательного объема на гуморально-метаболический потенциал регуляции.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Особенности адаптационных процессов гемодинамики при высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких / Б. Д. Зислин, А. А. Астахов (мл.), Н. Е. Панков, М. Б. Конторович // Вестн. РАМН. – 2009. – № 6. – С. 23–28.
2. Регуляция системной гемодинамики при респираторной терапии острой церебральной недостаточности / А. А. Астахов (мл.), Б. Д. Зислин, Н. Е. Панков // Интенсивная терапия. – 2006. – № 3. – С. 143–145.
3. Регуляция системной гемодинамики при струйной высокочастотной вентиляции легких / Б. Д. Зислин, А. А. Астахов (мл.), Н. Е. Панков // Вестн. интенсив. терапии. – 2006. – №6. – С. 22-24.
4. Вариабельность ударного объема как адаптация к вентиляции / Б. Д. Зислин, А. А. Астахов (мл.), Н. Е. Панков // Материалы III международного конгресса по респираторной поддержке. – Красноярск, 2009. – С. 158–160.
5. Некоторые механизмы регуляции насосной функции сердца при высокочастотной струйной вентиляции / Б. Д. Зислин, А. А. Астахов (мл.), Н. Е. Панков // Современные направления и пути развития анестезиологии и реаниматологии в Российской Федерации: тез. докл. – М., 2006. – С. 112–113.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АД – артериальное давление

БПФ – быстрое преобразование Фурье

ВДН – волна диастолического наполнения левого желудочка

ВЧ ИВЛ – высокочастотная искусственная вентиляция легких

ВЧС ИВЛ – высокочастотная струйная вентиляция легких

ИВЛ – искусственная вентиляция легких

СВ – сердечный выброс

УО – ударный объем крови

ФВ – фракция выброса левого желудочка

ЧМТ – черепно-мозговая травма

ЧСС – число сердечных сокращений

АТОЕ – уровень пульсации периферических сосудов

$\alpha$  – отношение спектральной плотности мощности низкочастотных диапазонов к высокочастотным

$\beta$  – отношение спектральной плотности мощности в диапазонах баро- и объемной регуляции

f – частота дыхания

I:E – отношение продолжительности времени вдоха к выдоху

раСО<sub>2</sub> – напряжение двуокиси углерода артериальной крови

раО<sub>2</sub> – напряжение кислорода артериальной крови

PEEP – положительное давление в конце выдоха

PIP – пиковое давление в дыхательных путях

Pm – плотность общей мощности спектра

SpO<sub>2</sub> % – насыщение гемоглобина кислородом

V<sub>D</sub> – объем физиологического мертвого пространства

V<sub>E</sub> – минутная вентиляция

V<sub>T</sub> – дыхательный объем



Панков Николай Евгеньевич

АДАПТАЦИЯ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ  
СТРУЙНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ

14.01.20 – анестезиология и реаниматология

Автореферат  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата медицинских наук

Автореферат напечатан по решению профильной комиссии  
ГОУ ВПО УГМА Росздрава 07. 04. 2010 г.

---

Подписано в печать 07. 04. 2010 г. Формат 60 x 84 1/16 Усл. печ. л. 1,5. Тираж 100 экз.

Заказ №----- . Отпечатано в типографии

г. Челябинск ул.