

Конторович М.Б.<sup>1</sup>, Сысков К.И.<sup>2</sup>, Скорняков С.Н.<sup>1</sup>, Медвинский И.Д.<sup>1</sup>, Еремеев Д.Ю.<sup>1</sup>

## Высокочастотная струйная искусственная вентиляция лёгких сегодня (Обзор литературы)

1 - ФГБУ «Уральский НИИ физиопульмонологии» Министерства здравоохранения России, г. Екатеринбург, 2 - ГБУЗ СО «Противотуберкулёзный диспансер», г. Екатеринбург

*Kontorovich M.B., Syskov K.I., Skorniyakov S.N., Medvinsky I.D., Ereemeev D.J.*

### High frequency jet ventilation today (Literature review)

#### Резюме

Представлен обзор литературы, включающей 134 источника, посвящённой клиническому применению высокочастотной струйной искусственной вентиляции лёгких в современной практике торакальной хирургии, кардиохирургии, хирургии гортани, абдоминальной эндоскопической хирургии, урологии, онкологии, педиатрии и в практике urgentной медицины. **Ключевые слова:** высокочастотная струйная вентиляция лёгких, хирургия, клиническая практика

#### Summary

Reviews the literature, which includes 134 sources, on the clinical use of high-frequency jet ventilation in today's practice of thoracic surgery, cardiac surgery, the surgery of the larynx, abdominal endoscopic surgery, urology, oncology, pediatrics and in the practice of urgent medicine.

**Key words:** High-frequency jet ventilation, surgery, clinical practice

Метод высокочастотной струйной вентиляции лёгких (ВЧС ИВЛ) занимает в настоящее время незаслуженно скромные позиции среди современных способов респираторной поддержки при критических состояниях. Его использование ограничивается, в основном, сферой ригидной бронхоскопии [1,3], эндоларингеальной [4,5,6] и эндотрахеальной [7,8,9,10] хирургии и респираторной терапии при чрезвычайных ситуациях (экстренный доступ к дыхательным путям при трудностях или невозможности обеспечить его путём интубации трахеи или трахеостомии) [2,11,12,13, 14,15,16].

При интенсивной терапии высокочастотная вентиляция применяется преимущественно у новорождённых детей с респираторным дистресс-синдромом [17,18,19], и чаще в осцилляционном, чем струйном режиме [18,20].

Между тем, особенности физиологических эффектов высокочастотной струйной вентиляции позволяют найти в этом методе ряд существенных преимуществ перед традиционными методами вентиляции:

- не отмечается депрессии гемодинамики и активации секреции анти-диуретического гормона [21,22,23,24,25];

- отмечается лучшее, чем при традиционных методах ИВЛ, внутрিলёгочное распределение газов и меньшее шунтирование крови [26,27,28];

- снижается работа спонтанного дыхания при нормальных величинах PaCO<sub>2</sub>, не требуется применения депрессоров дыхания для синхронизации пациента с респиратором [29,31];

- для сохранения адекватного газообмена необходима герметичность дыхательного контура [21,31,32].

Основная причина, ограничивавшая более широкое использование ВЧС ИВЛ в клинической практике, заключалась в несовершенстве конструкции существующих ВЧС-респираторов, не позволяющей обеспечить:

- всё разнообразие режимов искусственной и вспомогательной вентиляции [31,33,34,35];

- полноценное кондиционирование дыхательного газа вне зависимости от МОД, t<sub>о</sub> и влажности окружающей среды [36,37,38];

- мониторинг основных параметров респираторной механики, газового состава дыхательной смеси и управление этими параметрами ИВЛ. [39,40,41,42,43].

Все это не позволяет в полной мере обеспечить квалифицированную респираторную помощь при критических состояниях, кроме того, существенно сдерживает углублённое изучение особенностей физиологических эффектов этого способа искусственной вентиляции лёгких. Между тем, несомненно, что изучение этих особенностей может внести определённый вклад в изучение физиологии дыхания вообще и физиологию дыхания в условиях искусственной вентиляции лёгких в частности.

Несмотря на значительное число исследований, посвящённых изучению физиологических эффектов ВЧС ИВЛ, до настоящего времени нет однозначного ответа на основной вопрос о причинах обеспечения адекватной вентиляции при малых дыхательных объёмах равных

или даже меньших объёма анатомического мёртвого пространства [21,31,32,44,45].

Практически не были изучены такие важные аспекты физиологии ВЧс ИВЛ как особенности изменения величины статического торако-пульмонального комплайенса, внутрлёгочной кинетики дыхательных газов, транспорта кислорода и физиологии тканевого газообмена при ВЧс ИВЛ.

Продолжается дискуссия о величине сердечного выброса при ВЧс ИВЛ [22,46]. Высказываются диаметрально противоположные взгляды на его динамику: наряду с публикациями, свидетельствующими о повышении насосной функции сердца [3,25,47] имеются сообщения о её депрессии [48,49,50].

Все вышесказанное подтверждает актуальность проблемы и необходимость продолжения фундаментальных исследований в этом направлении.

В 1967 г. Sanders описал и продемонстрировал в эксперименте и клинике эффект Вентури. Сущность его состоит в том, что при подаче газа через тонкий катетер (инжектор) в просвет трубки проксимальнее возникает зона пониженного давления, в результате чего воздух, окружающий систему, поступает в трубку и смешивается с потоком газа, который создаёт инжектор. В дальнейшем этот эффект успешно использовали для бронхо- и ларингоскопии. Чаще применяли прерывистую подачу с частотой 12—20 мин<sup>-1</sup> с различным соотношением вдоха и выдоха (1:2, 1:3) через тонкий транстрахеальный катетер, иногда через катетер, проведённый в эндотрахеальную трубку.

Сущность методики, применённой Sanders, состояла в следующем: через специальную канюлю (иглу) диаметром 1,0-1,4 мм, впаянную в проксимальный конец трубки бронхоскопа подавалась прерывистая струя кислорода под давлением 1,4-2,0 атм с частотой 20 циклов в минуту. Преимущества инъекционной вентиляции перед традиционной ИВЛ при бронхоскопии состояли в возможности поддерживать адекватный газообмен при отсутствии герметичности в системе бронхоскопа-пациент, не прекращая вентиляции при внутрибронхиальных манипуляциях, что существенно облегчало такие процедуры как лаваж лёгких, остановка кровотечений, удаление инородных тел и др. [12,32,51,52,53].

Эту методику быстро подхватили ларингологи и сразу же начали её использовать при операциях в ротоглотке и гортани. W. Spoerel (1971), H. Jacobs (1972), а затем группа врачей, возглавляемых M. Klein (1974) при ларингологических операциях проводили струйную вентиляцию через специальную иглу или катетер, введённый в трахею с помощью пункции перстнещитовидной мембраны. В 1976 году они опубликовали результаты применения этой методики при операциях у первых 80 больных [53].

Однако высокие дыхательные объёмы, свойственные этому методу ИВЛ, создавали ряд проблем. Имелась реальная опасность значительной гипервентиляции, тем более, что контролировать объём минутной вентиляции не представлялось возможным. При обструк-

тивных поражениях лёгких и раннем экспираторном закрытии дыхательных путей была весьма вероятна баротравма лёгких.

Большинство из этих проблем решались при ВЧс ИВЛ, т.к. вентиляция осуществлялась малыми объёмами, а применение метода объёмной высокочастотной вентиляции (HFPPV) позволяло управлять в минутной вентиляции.

В 1969 г. P.Oberg и U.Sjöstrand впервые применили струйную ВЧ ИВЛ в эксперименте, когда им потребовалось устранить влияние изменений давления в грудной полости при дыхании на колебания давления в полости черепа [54].

Очень быстро эта методика перешла из экспериментальной лаборатории в клинику, и с 1972 года струйная ВЧ ИВЛ начала применяться в клинике при традиционных оперативных вмешательствах [55].

С 1983 года струйная ВЧ ИВЛ при бронхоскопии применяется в нашей стране [21,29].

Варианты высокочастотной ИВЛ.

1. Высокочастотная ИВЛ с постоянным положительным давлением и управляемым объёмом (high-frequency positive-pressure ventilation). Достоинство этого метода состоит в возможности проводить вентиляцию с контролируемой инспираторной фракцией кислорода и легкой регулировке минутного объёма дыхания [19]. Однако данный метод объёмной ВЧ ИВЛ практически не используется, поскольку имеет лишь незначительные преимущества для клинической практики, а при увеличении частоты вентиляции более 110 в минуту конечное экспираторное давление значительно возрастает, и повышается опасность баротравмы лёгкого.

2. Осцилляционная высокочастотная ИВЛ (high-frequency oscillation ventilation). Частота дыхательных циклов от 300 до 3000 в минуту. При этом один и тот же объём газа колеблется в дыхательных путях, создавая в них вибрацию всего газового столба. Достоинство метода — возможность при крайне малых дыхательных объёмах (за счёт высокой частоты) получить минимальный уровень давления в дыхательных путях. С этими же параметрами связан и недостаток метода, который состоит в том, что в силу крайне низких величин дыхательных объёмов (15—50 мл) и очень большой разницы между ними и объёмом «мёртвого» пространства, вентиляция оказывается малоэффективной, особенно в плане выведения углекислого газа. Поэтому ВЧс ИВЛ как самостоятельный метод может применяться только у новорожденных и детей первого года жизни [19].

3. Высокочастотная струйная ИВЛ, ВЧс ИВЛ (high-frequency jet ventilation, HFJV). При этом способе вентиляции в дыхательные пути пациента через сопло диаметром 1,6 - 2,0 мм подаётся пульсирующий поток кислорода под давлением 0,5 - 4 атм с частотой 100 - 600 циклов в минуту и скоростью потока около 50 м·с<sup>-1</sup>. Вентиляция осуществляется в незамкнутом контуре и имеет инжекторный и катетерный варианты реализации доставки дыхательного газа в респираторный тракт.

В данном обзоре далее будет рассматриваться имен-

но струйная высокочастотная ИВЛ, поскольку она имеет ряд преимуществ не только перед традиционной конвективной («объёмной») вентиляцией, но и перед другими разновидностями высокочастотной ИВЛ, при проведении ИВЛ во время анестезиологических пособий и продлённой ИВЛ у послеоперационных пациентов.

Струйная ВЧ ИВЛ на сегодняшний день реализована в двух вариантах:

- Инъекционная струйная ВЧ ИВЛ. При инъекционном варианте через отверстия в инжекторе за счёт высокой скорости струи и возникающего вокруг сопла отрицательного давления происходит инжекция («подсос») атмосферного воздуха. Несмотря на то, что при струйной вентиляции система является открытой, в зависимости от частоты дыхания, создаётся положительное альвеолярное давление в конце выдоха (аутоПДКВ, аутоРЕЕР) [31,57] за счёт незавершённого выдоха, что является основой для появления всех положительных физиологических эффектов ВЧ ИВЛ. Выдох осуществляется пассивно через отверстия инжектора.

- Катетерная струйная ВЧ ИВЛ. Если в инъекционном варианте сопло расположено до интубационной трубки, то при катетерном варианте сопло расположено непосредственно в просвете трахеи на определённом расстоянии от её бифуркации [31,57]. При катетерной струйной вентиляции полностью отсутствует эффект инжекции при расположении среза катетера на глубине более 12 см от начала интубационной трубки [31,57]. Выдох в атмосферу осуществляется пассивно, герметичность контура также отсутствует.

Проведённые в то время исследования позволили сформулировать основные преимущества ВЧ ИВЛ перед традиционной (объёмной, конвективной) ИВЛ.

Принципиальным отличием ВЧ ИВЛ от традиционной ИВЛ является вентиляция малыми (100-200 мл, т.е. равными объёму анатомического мёртвого пространства) дыхательными объёмами с частотой, превышающей 60 циклов в минуту. Малые дыхательные объёмы сопровождаются низким пиковым и средним давлением в дыхательных путях, а также низким транспульмональным давлением [31,58,59].

Эти особенности биомеханики дыхания оказывают влияние на как центральную гемодинамику, так и на состояние микроциркуляции.

В отличие от традиционной (конвективной) ИВЛ, при ВЧ ИВЛ отсутствует депрессия венозного возврата, в связи с чем, как правило, не снижается, а при целом ряде клинических ситуаций - возрастает сердечный выброс [3,22,23,25,60].

Малые дыхательные объёмы и пониженные величины пикового и транспульмонального давления сопровождаются снижением стимуляции рецепторов, расположенных в лёгких, вследствие чего уменьшается афферентная импульсация в центральную нервную систему [21,31]. Это приводит к тому, что при частотах выше 100 циклов в минуту ВЧ ИВЛ не препятствует спонтанному дыханию и не требует дополнительной седации пациентов. Более того, ВЧ ИВЛ не препятствует

ет восстановлению само-стоятельного дыхания после миорелаксации. Важнейшим фактом также является то, что, струйная вентиляция резко снижает или даже снимает (полностью компенсирует) работу дыхания, так называемую «ки-слородную цену» дыхания [58, 61,62,63,64].

Незавершённость пассивного выдоха на фоне высокой частоты дыхательных циклов (основа развития всех физиологических эффектов ВЧ ИВЛ) обеспечивает наличие повышенного альвеолярного давления – аутоРЕЕР. Благодаря аутоРЕЕР лёгкие постоянно расправлены, но межальвеолярные сосуды не сдавлены, что, с одной стороны, снижает шунтирование крови, а с другой, – создаёт комфортные условия для больного с сохранённым спонтанным дыханием, не требующие для синхронизации его с респиратором подбирать специальные режимы вентиляции или применять седативные средства. Все это приводит к эффективной малоинвазивной вентиляции и сопровождается повышенной оксигенацией артериальной крови [30,31,32].

И, наконец, высокая скорость газовой струи при ВЧ ИВЛ позволяет обеспечить адекватную альвеолярную вентиляцию при отсутствии герметичности в дыхательном контуре. Данная особенность ВЧ ИВЛ имеет неоспоримое практическое значение [21,31].

Столь существенные достоинства ВЧ ИВЛ не могли не способствовать её бурному развитию. Поэтому не удивительно, что на 70-90 годы прошлого столетия приходится основной пик публикаций об исследованиях различных аспектов высокочастотной вентиляции.

Использование струйной высокочастотной вентиляции лёгких в реаниматологии и интенсивной терапии критических состояний предпринималось ещё на заре появления этого метода.

Основным показанием для применения ВЧ ИВЛ являлась острая дыхательная недостаточность, когда традиционная вентиляция с положительным давлением в конце выдоха не обеспечивала удовлетворительного газового состава артериальной крови.

Первые же попытки применить ВЧ ИВЛ в такой ситуации [45,65,64,66] показали, что этот метод является весьма ценным дополнением к комплексу реанимационных мероприятий у больных с острой дыхательной недостаточностью. Он позволяет существенно улучшить оксигенацию артериальной крови и нормализовать элиминацию углекислоты.

С начала 80-х годов ВЧ ИВЛ начала применяться у больных при наличии бронхиальных свищей и при баротравме лёгких [34,67,68], то есть в тех ситуациях, когда проведение ИВЛ другими методами оказывалось несостоятельным или невозможным. респираторная система не могла воспринять большой дыхательный объём.

В 80-х годах прошлого века появляется большая серия публикаций, посвящённых применению ВЧ ИВЛ при операциях на лёгких, трахее и бронхах. Подавляющее большинство авторов отмечает существенные преимущества этого метода вентиляции перед традиционной ИВЛ в хирургии лёгких.

В более поздние годы была сформулирована стратегия использования ВЧС ИВЛ в ситуациях, при которых необходим экстренный доступ к дыхательным путям при невозможности обеспечения его традиционными методами (вентиляция с помощью маски, интубация трахеи, трахеостомия и т.д.). К таким ситуациям относятся острые случаи нарушения проходимости гортани и трахеи (воспалительный стеноз гортани, ларингоспазм, необходимость проведения сердечно-лёгочной реанимации при травмах лицевого черепа, сложность или невозможность интубации трахеи после вводного наркоза). На возможность использования ВЧС ИВЛ в этих случаях указывал ещё М. Klein в 1976 году [53]. Однако окончательно взгляд исследователей на этот аспект применения ВЧС ИВЛ оформился только в конце прошлого – начале нынешнего столетия [69,70,71,72].

После многочисленных публикаций конца 70-х – начала 90-х годов прошлого столетия в изучении ВЧС ИВЛ наступило некоторое затишье, которое можно объяснить следующими причинами:

Появились отдельные исследования, результаты которых не подтверждали преимуществ ВЧС ИВЛ в лечении взрослых пациентов с респираторным дистресс-синдромом [73,74] и выявили негативное влияние ВЧС ИВЛ на клеточные иммунные реакции [75,76,77].

Появились сообщения о специфичных для ВЧС ИВЛ осложнениях, связанных с недостаточным кондиционированием газовой смеси, нарушением проходимости катетера, через который осуществляется вентиляция, с угрозой баротравмы лёгких при наличии препятствий выдоху [18,78]. На то время оставались полностью нерешёнными проблемы, связанные с конструктивными недостатками ВЧ-респираторов, основные из которых касались неудовлетворительного кондиционирования дыхательной газовой смеси, сложности контроля FIO<sub>2</sub>, трудностей контроля адекватности вентиляции. Действительно, без должного увлажнения и согревания дыхательной смеси безопасное применение ВЧ ИВЛ ограничено лишь несколькими десятками минут, поскольку сухая и холодная кислородно-воздушная смесь неминуемо повреждает слизистую оболочку респираторного тракта.

К сожалению, зачастую эти данные были совершенно необоснованно абсолютизированы, и исключительно конструктивные недостатки существовавших тогда аппаратов были объявлены органически присущими ВЧС ИВЛ и неустранимыми пороками самого метода вентиляции.

Появление в это же время мультифункциональных респираторов для проведения традиционной ИВЛ позволило реализовать различные режимы заместительной и вспомогательной вентиляции и, тем самым, существенно уменьшить некоторые недостатки традиционной ИВЛ, а, следовательно, и выгоды применения ВЧС ИВЛ.

Тем не менее, ВЧС ИВЛ, благодаря предоставляемым ею преимуществам (в частности, способность поддерживать адекватную оксигенацию артериальной крови

при негерметичном дыхательном контуре) продолжает и сегодня активно использоваться в бронхологии [79], хирургической оториноларингологии [10,80,81], в том числе с применением лазерной техники [6,8], торакальной [9,82,83,84], бронхиальной [7,57,85] хирургии.

Практическому применению ВЧС ИВЛ в различных отраслях медицины в последние годы посвящается всё больше работ. Расширяются показания к применению ВЧС ИВЛ вне операционных залов [64,86]. Предложено применять ВЧС ИВЛ в случаях рефрактерной тяжёлой гипоксемии и гиперкапнии [87,88,89].

Незаменимой оказалась ВЧС ИВЛ при необходимости поддержания адекватной оксигенации при бронхо-плевральных свищах [29].

Отмечаются преимущества при проведении ВЧС ИВЛ при транспортировке пациентов с ожоговой травмой [90], транспортировке на большие расстояния детей, нуждающихся в сопроводительной интенсивной терапии [91].

ВЧС ИВЛ признана методом выбора респираторной поддержки при проведении общей и локальной управляемой гипертермии [92].

Положительно оценено применение ВЧС ИВЛ при проведении лапароскопических операций [93,94]. Признано целесообразным применение ВЧС ИВЛ при проведении КТ-управляемых чрескожных радиочастотных абляций печени и почек [95,96,97], ударно-волновой литотрипсии [98,99,100], послеоперационной прецизионной лучевой терапии [101].

ВЧС ИВЛ хорошо зарекомендовала себя при проведении операций на сердце [102,103] и крупных сосудах [104], при расширенных хирургических вмешательствах на пищеводе [105,106], при трансплантации лёгкого [107].

Хороший эффект был получен от применения ВЧС ИВЛ у пациентов с ингаляционными поражениями дыхательных путей [108,109].

В терапевтической кардиологии неинвазивная ВЧС ИВЛ эффективно применяется при возникновении у пациентов патологических типов дыхания [110], при развитии отёка лёгких [111,112].

По-прежнему транскутанная ВЧС ИВЛ эффективно применяется для поддержания оксигенации в urgentных ситуациях при невозможности интубации трахеи [71,72].

ВЧС ИВЛ как компонент респираторной терапии и дыхательной реабилитации у пациентов со скомпрометированной функцией лёгких положительно оценена [114,115]. ВЧС ИВЛ эффективно может применяться в качестве «домашней» заместительной ИВЛ у пациентов с хронической нейромышечной патологией [116].

ВЧС ИВЛ рассматривается как метод выбора при лечении нарушений дыхания у пациентов старческого возраста [117], для предупреждения развития динамической гиперинфляции при необходимости проведения ИВЛ у пациентов с тяжёлой степенью бронхообструктивных заболеваний [118].

Прекрасные результаты получены с ВЧС ИВЛ при переводе «трудных» пациентов с ИВЛ на спонтанное ды-

хание [119]. ВЧс ИВЛ находит применение в лечении осложнений со стороны верхних дыхательных путей после операций на щитовидной железе [120].

В ряде работ последнего времени авторы положительно оценили применение ВЧс ИВЛ при интенсивной терапии ОРДС у пациентов [122,123], проведении у них ВЧс-recruitment-манёвров [124,125], при лечении последствий аспирации кислого желудочного содержимого [126].

Вновь появляющийся интерес к этому методу респираторной поддержки позволяет некоторым авторам говорить о возвращении к применению ВЧс ИВЛ в широкой практике [44,62] и большом её будущем, приводит и к возобновлению угасших в конце прошлого века дискуссий об эффективности применения ВЧс ИВЛ (в сравнении с современными методами традиционной ИВЛ) в самых тяжёлых клинических ситуациях [73,106]. Обсуждаются устойчивые тенденции к расширению применения ВЧс ИВЛ именно в струйном, а не осцилляторном варианте, в педиатрической и неонатологической практике [19].

При обращении к поисковым машинам Интернета в ответ на запрос «HFJV» можно обнаружить около 112.000 ссылок, на запрос «ВЧс ИВЛ» - 13.900 (декабрь 2012 г.).

Соотношение количества ссылок в отечественном и зарубежном информационном пространстве само по себе достаточно красноречиво, но это не характеризует полностью состояние проблемы.

Более 95% ссылок – адресация к источникам, в которых просто упомянута аббревиатура без всяких подробностей: учебники, рекламная продукция медицинских и торговых фирм, старые обзоры, констатирующие существование «ещё и такого метода ИВЛ», а также повторные и перекрёстные ссылки.

Из оставшихся более половины – ссылки на работы и публикации, относящиеся к 70-80 годам прошлого века, в основном, с описанием отдельных случаев применения ВЧс ИВЛ или теоретическим обсуждением гипотез, поскольку в то время просто не существовало ап-

паратуры и инструментария, позволяющих исследовать физиологические механизмы струйной вентиляции. За исключением небольшого количества основополагающих и фундаментальных работ эти источники представляют лишь исторический интерес.

Из оставшегося количества источников за последнее десятилетие лишь ряд работ посвящён отдельным техническим вопросам и изучению отдельных сторон обеспечения ВЧс ИВЛ [3,21,33, 127].

Только несколько работ из встретившихся нам посвящены не констатации эффективности и безопасности более или менее эпизодического и бессистемного практического применения ВЧс ИВЛ в различных областях медицины, а отдельным теоретическим проблемам метода [128,129,130,131,132,133,134], в большинстве своём, к сожалению, оставшимися с середины 80-х годов прошлого века и до настоящего времени совершенно неисследованными.

Высокочастотная струйная искусственная вентиляция лёгких сегодня является методом выбора в торакальной хирургии, в хирургии гортани, трахеи и бронхов. Появление новой аппаратуры, обеспечивающей безопасное для пациента применение данного метода ИВЛ (полноценное кондиционирование дыхательной смеси, адекватный мониторинг параметров вентиляции и респираторной механики в режиме реального времени) даёт возможность сделать вывод, что возможности ВЧс ИВЛ далеко не исчерпываются сегодняшней сферой её применения, а расширяющаяся сфера клинических ситуаций, при которых ВЧс ИВЛ является предпочтительным методом респираторной поддержки, убедительно доказывает перспективность дальнейших клинических изысканий. ■

*Котирович М.Б., Сысков К.И., Скорняков С.Н., Медвинский И.Д., Еремеев Д.Ю., ФГБУ «Уральский НИИ фтизиопульмонологии» Министерства здравоохранения России, г. Екатеринбург, ГБУЗ СО «Противотуберкулёзный диспансер», г. Екатеринбург*

**Литература:**

- Eriksson I., Sjostrand U. Experimental and clinical evaluation of high-frequency positive-pressure ventilation (HFPPV) and the pneumatic valve principle in bronchoscopy under general anaesthesia. Acta anaesth. scand. 1977; 64: 83-100.
- Fassl J., Jenny U, Nikiforov S. Pressures available for transtracheal jet ventilation from anesthesia machines and wall-mounted oxygen flowmeters. Anesth. Analg. 2010; 110(1): 94-100.
- Javorka K. Jet ventilation: Research consideration 2002; 43: 530.
- Ключихин А.Л., Виноградов В.В., Лилеев Д.В. Возможности струйной высокочастотной искусственной вентиляции лёгких при резекции гортани с эндотрахеотомией. Вестник оториноларингологии 2010; 1: 29-32.
- Лилеев Д.В., Ключихин А.Л., Кашманов А.Е. Газовый состав капиллярной крови больных раком гортани на этапах органосохраняющего хирургического лечения с полимерным эндотрахеотомией. Вестник оториноларингологии 2004; 2: 29-31.
- Koscielny S., Gottschall R. High frequency jet ventilation in adult laryngeal CO2 laser surgery - How do we do it. Anesthesiologie & Intensivmedizin 2002; 43: 532.
- Выжигина М.А., Бунятян А.А., Титов В.А., Лукьянов М.В., Годин А.В., Жукова С.Г. ВЧс ИВЛ в анестезиологическом обеспечении операций на трахее и главных бронхах. Анестезиология и реаниматология 2010; 2: 31-37.
- Щербаков А.М., Барчук А.С., Арсеньев А.И. Оптимизация струйной высокочастотной искусственной вентиляции лёгких при эндотрахео-бронхиальных операциях по поводу опухолей трахеи и центральных бронхов. Вопросы онкологии 2009; 5: 566-571.
- Chin J.H., Lee E.H., Choi D.K. et al. High frequency jet ventilation of one lung using a bronchial blocker of Univent during carinal resection. J Korean Med. Sci 2010; 25(7): 1083-1085.
- Fritzsche K., Osmer A. Anesthetic management

- in laryngotracheal surgery. High-frequency jet ventilation as strategy for ventilation during general anesthesia. *Anaesthesist* 2010; 59(11): 1051-1061.
11. Biro P. Jet ventilation for surgical interventions in the upper airway. *Anes-thesiol.Clin.* 2010; 28(3): 397-409.
  12. Biro P. Elective and emergency transtracheal jet ventilation. *An-aesthesiologie&Intensiv-medizin* 2002; 43: 525.
  13. Cauty D. J., Dhara S.S. High frequency jet ventilation through a supraglottic air-way de-vice: a case series of patients undergoing extra-corporeal shock wave litho-tripsy. *Anaesthesia*2009; 64(12): 1295-1298.
  14. Mchugh R., Kumar M., Sprung J. et al. Transtracheal jet ventilation in management of the difficult air-way. *Anaesth.Intensive Care* 2007; 35 (3): 406-408.
  15. Stewart N.I., Jagelman T.A., Webster N.R. Emerging modes of ventilation in the intensive care unit. *Br.J.Anaesth* 2011; 107(1): 74-82.
  16. Williams A., Patel A., Ferguson C. High frequency jet ventilation through the laryngeal mask air-way in a critically obstructed airway. *Anaesthesia* 2008; 63(12): 1369-1371.
  17. Ramanathan R. Optimal Ventilation Strategies and Surfactant to Protect the Pre-term Lungs. *Neonatology* 2008; 93: 302-308.
  18. Smith D.W. Frankel L.R., Derish M.T. et al. High-frequency jet ventilation in children with the respira-tory dis-tress syndrome complicated by pulmonary barotraumas. *Pediatr.Pulmonol.* 1993; 15: 279-286.
  19. Tingay D.G., Mills J.F., Morley C.J. et al. Trends in use and outcome of newborn infants treated with high frequency ventilation in Australia and New Zealand, 1996-2003. *J.Paediatr.Child Health* 2007; 43(3): 160-166.
  20. Krebs J., Pelosi P., Tsagogiorgas C. et al. Open lung approach associated with high-frequency oscillatory or low tidal volume mechanical ventilation improves respiratory function and minimizes lung injury in healthy and injured rats. *Crit.Care* 2010; 14(5): 183.
  21. Зильбер А.П., Шурыгин И.А. Высокочастотная вентиляция легких. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского университета; 1997
  22. Зислин Б. Д., Астахов А.А. (мл.), Панков Н.Е. и др. Особенности адаптационных процессов гемодинамики при высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких. *Вестн. РАМН* 2009; 6: 23-27.
  23. Зислин Б.Д., Бадаев Ф.И., Астахов А.А. (мл.) Насосная функция сердца при высокочастотной вентиляции легких. *Анестезиология и реаниматология* 2006; 3: 87-90.
  24. Traverse J.H., Korvenranta H., Carlo W.A. Effect of ventilatory strategy on cardiac output during high frequency jet ventilation. *Cardiovasc.Res.* 1991; 25(4): 309.
  25. Wei H.F., Jin S.A., Bi H.S. Hemodynamic effects of high frequency jet ventilation during acute hypovolemia. *J.TongjiMed.Univ.* 1991; 11(3): 174-181.
  26. Гальперин Ю.С., Выжигина М.А., Жукова С. Г. и др. Постоянное положительное давление в дыхательных путях и высокочастотная вентиляционная поддержка независимого легкого у пациентов с хроническими обструктивными заболеваниями легких. *Анестезиология и реаниматология* 2004; 1: 31-35.
  27. Misiolek H., Knapik P., Kucia H. et al. Haemodynamics, gas exchange and surgical conditions during bi-lateral high frequency jet ventilation in lung surgery. *European Journal of Anaesthesiology* 2006; 23(7): 75.
  28. Musk G.C., Polglase G.R., Bunnell J.B. et al. High positive end-expiratory pressure during high-frequency jet ventilation improves oxygenation and ventilation in preterm lambs. *Pediatr.Res.* 2011; 69(4): 319-324.
  29. Зильбер А.П. Этюды респираторной медицины. М: МЕДпресс-информ; 2007.
  30. Unoki T., Grap M.J., Sessler C.N. et al. Autonomic nervous system function and depth of sedation in adults receiving mechanical ventilation. *Am.J.Crit.Care* 2009; 18(1): 42-50.
  31. Зислин Б. Д., Конторович М. Б., Чистяков А. В. Высокочастотная струйная искусственная вентиляция легких. Екатеринбург: Изд-во АМБ; 2010.
  32. Rouby J.J. High-frequency ventilation. *Mechanical ventilatory support.* Baltimore: Williams & Wilkins; 1994: 145-156.
  33. Гальперин Ю.С. Наркотно-дыхательная аппаратура. М: Медицина; 2002.
  34. Лебединский К.М., Мазурок В.А., Нефедов А.В. Основы респираторной поддержки: краткое руководство для врачей. СПб: Человек; 2009.
  35. Bunnell Bert J. *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation.* John Wiley & Sons, Inc; 2009.
  36. Allan P.F., Hollingsworth M.J., Maniere G.C. et al. Airway humidification during high-frequency percussive ventilation. *Respir.Care.* 2009; 54(3): 350-358.
  37. Circeo L.E., Heard S.O., Griffiths E. et al. Overwhelming necrotizing tra-cheobronchitis due to inadequate humidification during high-frequency jet ventilation. *Chest* 1991; 100(1): 268-269.
  38. Tiffin N.H., Short K.A., Jones S.W. et al. Comparison of three humidifiers during high-frequency percussive ventilation using the VDR-4® Fail-safe Breathing Circuit Hub. *J.Burn Care Res.* 2011; 32(3): 45-50.
  39. Allan P.F. High-frequency percussive ventilation: pneumotachograph validation and tidal volume analysis. *Respir.Care* 2010; 55(6): 734-740.
  40. Dhara S.S., Liu E.H., Tan K.H. Monitored transtracheal jet ventilation using a triple lumen central venous catheter. *Anaesthesia* 2002; 57: 578-81.
  41. Hamaekers A., Borg P., Enk D. The importance of flow and pressure release in emergency jet ventilation devices. *Paediatr.Anaesth.* 2009; 19(5): 452-457.
  42. Lucangelo U., Accardo A., Bernardi A. et al. Gas distribution in a two-compartment model ventilated in high-frequency percussive and pressure-controlled modes. *Intens.Care Med.* 2010; 36(12): 2125-2131.
  43. Wheeler K.I., Moore G.P., Morley C.J. et al. Comparison of two ventilator circuits for DrägerBabylog high-frequency ventilation. *J.Paediatr.Child.Health.* 2011; 47(4): 211-216.
  44. Терек П., Калит К. Теоретические и клинические основы высококачественной струйной вентиляции. Екатеринбург: Издательство АМБ; 2005.
  45. Sjostrand U. High-frequency positive-pressure ventilation (HFPPV): a re-view. *Crit.CareMed.* 1980; 6(8): 345-364.
  46. Бунятян А.А., Выжигина М.А., Лукьянов М.В. Влияние традиционной и высокочастотной ИВЛ на легочную, системную гемодинамику и микроциркуляцию в легких (экспериментальное исследование). *Анестезиология и реаниматология* 1993; 5: 16-22.
  47. Morishita A., Hoshino K., Katahira S. et al. Effectiveness of high frequency jet ventilation introduced immediately after cardiac surgery. *KyobuGeka* 2008; 61(12): 1039-1042.
  48. Crimi G., Conti G., Bui M. et al. High frequency jet ventilation (HFJV) has no better haemodynamic tolerance than controlled mechanical ventilation (CMV) in cardiogenic shock. *Intens.Care Medicine* 2011; 4(14): 359-363.
  49. Eisenhut M. Myocardial injury associated with hyperinflation of the lung. *Crit.Care* 2007; 11(2): 412.
  50. Weber A., Mathru M., Rooney W. Effect of jet ventilation on heart failure: decreased afterload but

- negative response in left ventricular end-systolic pressure-volume function. *Care Med.* 1996; 4(24): 647-657.
51. Eriksson I., Sjostrand U. Experimental and clinical evaluation of high-frequency positive-pressure ventilation (HFPPV) and the pneumatic valve principle in bronchoscopy under general anaesthesia. *Acta anaesth. scand.* 1977; 64: 83-100.
  52. Ihra G., Gockner G., Kashanipour A. et al. High-frequency jet ventilation in European and North American institutions: developments and clinical practice. *Eur. J. Anaesth.* 2000; 17: 418-430.
  53. Klein M. Jet ventilation: personal recollection. *Anesthesiologie & Intensivmedizin* 2002; 43: 525.
  54. Sjostrand U. High-frequency positive-pressure ventilation (HFPPV): a re-view. *Crit. Care Med.* 1980; 6(8): 345-364.
  55. Koga H., Shitomi R., Shingu C. et al. New technique for identification of the pulmonary segment using high frequency jet ventilation and bronchofiberscopy. *Masui* 2008; 57(7): 895-896.
  56. Beamer W.C., Prough D.S., Roystre R.L. et al. HFJV: Produces auto-PEEP. *Critical Care Med.* 1984; 10(12): 34.
  57. Конторович М. Б. Физиологические эффекты и клиническое применение высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких: Автореферат диссертации доктора мед.наук. Екатеринбург; 2012.
  58. Зильбер А. П. Дыхательная недостаточность. М.: Медицина, 1989.
  59. Patroniti N., Bellani G., Pesenti A. Nonconventional support of respiration. *Curr. Opin. Crit. Care* 2011; 5: 89-96.
  60. Руксин В. В. Неотложная кардиология, 4-е изд., перераб. и доп. СПб.: Невский Диалект; 2001.
  61. Марини Д. Д., Уиллер А. П. Медицина критических состояний, пер. с англ. М.: Медицина; 2002.
  62. Allan P.F., Osborn E.C., Chung K.K. et al. High-frequency percussive ventilation revisited. *J. Burn Care Res.* 2010; 31(4): 510-520.
  63. Blanch L., Villar J., Lypez-Aguilar J. High-frequency percussive ventilation - an old mode with a great future. *Crit. Care Med.* 2009; 37(5): 1810-1811.
  64. Segal E. High frequency jet ventilation in the ICU. *Anesthesiologie & Intensivmedizin* 2002; 43: 530.
  65. Андреев А. А., Плавунов Н. Ф., Жук М. Ю. Высокая частотная вспомогательная вентиляция в комплексе интенсивной терапии кардиогенного отека легких на догоспитальном этапе. *Вестник интенсивной терапии.* 2007; 2: 28-31.
  66. Mireles-Cabodevila E., Diaz-Guzman E., Heresi G.A. et al. Alternative modes of mechanical ventilation - a re-view for the hospitalist. *Cleve. Clin. J. Med.* 2009; 76(7): 417-430.
  67. Kunio N., Munehisa I., Yuichi U. et al. Dual-mode independent lung ventilation with HFJV in management of a patient with bronchopleural fistula. *Journal of the Japanese Association for Chest Surgery* 2003; 17(7): 729-734.
  68. Poulin V., Vaillancourt R., Somma J. et al. High frequency ventilation combined with spontaneous breathing during bronchopleural fistula repair: a case report. *Can. J. Anaesth.* 2009; 56(1): 52-56.
  69. Горбачева С. М., Горбачев В. И., Петров С. И. и др. Актуальные вопросы интенсивной терапии тяжелой черепно-мозговой травмы на догоспитальном этапе. *Скорая медицинская помощь* 2010; 2: 18-23.
  70. Кошелев А. Ю., Кошелев Ю. Н., Даньков И. В. Клиническая физиология вентиляции и газообмена при компрессионно-декомпрессионной реанимации с позиций теории функциональных систем [Электронный ресурс]. Сетевое электронное издание Научно-практический журнал "Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья" 2010; 42 (4).
  71. Ahmad Y., Turner M.W. Transtracheal jet ventilation in patients with severe airway compromise and stridor. *Br. J. Anaesth.* 2011; 106(4): 602.
  72. Gerig H. J., Schnider T., Heidegger T. Prophylactic percutaneous transtracheal catheterisation in the management of patients with anticipated difficult airways: a case series. *Anaesthesia* 2005; 60(8): 801-805.
  73. Baumgardner J.E., Markstaller K., Otto C.M. High-frequency ventilation is/is not the optimal physiological approach to ventilate ARDS patients. *J. Appl. Physiol.* 2008; 104(4): 1239.
  74. Li G.H., Guo G.H. Treatment of inhalation injury with high frequency ventilation. *Zhonghua Shao Shang ZaZhi* 2008; 24(5): 375-377.
  75. Naglie R.A., Donn S.M., Nicks J.J. et al. Tracheobronchial and pulmonary histopathology following conventional and high-frequency jet ventilation. *J. Perinat.* 1990; 10: 46-51.
  76. Shimaoka M., Fujino Y., Taenaka N. et al. High frequency oscillatory ventilation attenuates the activation of alveolar macrophages and neutrophils in lung injury. *Crit. Care (Lond.)* 1998; 1(2): 35-39.
  77. Yiming M.T., Lederer D.J., Sun L. et al. Platelets enhance endothelial adhesiveness in high tidal volume ventilation. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 2008; 39(5): 569-575.
  78. Spackman D.R., N. Kellow, S.A. White et al. High frequency jet ventilation and gas trapping. *Br. J. Anaesth.* 1999; 83(5): 708-714.
  79. Bourgain J.L., Desruennes E., Fischler M. et al. Transtracheal High frequency jet ventilation for endoscopic airway surgery: a multicentre study. *Br. J. Anaesth.* 2001; 87: 870-875.
  80. Davies J.M. Mon-Jet tube with jet ventilation is effective for microlaryngeal surgery. / J.M. Davies, A.D. Hillel, N.C. Maronian [et al.] // *Can. J. Anaesth.* -2009, Apr-May 56(4), p.284-290.
  81. Gilbey P., Kukuev Y., Samet A. et al. The quality of the surgical field during functional endoscopic sinus surgery - the effect of the mode of ventilation - a randomized, prospective, double-blind study. *Laryngo-scope* 2009; 119(12): 2449-2453.
  82. Выжикина М. А., Мизиков В. М., Лукьянов М. В. и др. Поддержание газообмена при операциях на трахее и бронхах. *Анестезиология и реаниматология* 1995; 2: 31-37.
  83. Wiedemann K., Mannle C., Layer M. Jet ventilation in thoracic surgery. *Anesthesiologie & Intensivmedizin* 2002; 43: 527.
  84. Zhang Y., Zhang X.W., Liao Z.P. High-frequency jet ventilation for right upper pulmonary lobe sleeve resection. *Chin. Med. J. (Engl.)* 2009; 122(4): 478-479.
  85. Веденин Я. О., Арсеньев А. И., Барчук А. С. и др. Оптимизация струйной высокочастотной искусственной вентиляции легких при эндотрахеобронхиальных операциях по поводу опухолей трахеи и центральных бронхов. *Вопросы онкологии* 2009; 55(5): 566-571.
  86. Григоренко А. П., Анацкий А. Н., Будник И. В. Интенсивная терапия полиорганной недостаточности у больных хирургического профиля [Электронный ресурс]. Белгородский государственный университет Оренбургской медицинской Академии <http://esculap.us.far.ru/vipusk/18/>
  87. Kluge S., Müller T., Pfeifer M. Current approaches to the treatment of severe hypoxic respiratory insufficiency (acute lung injury and acute respiratory distress syndrome). *Dtsch. Med. Wochenschr.* 2011; 136(5): 186-189.
  88. Pipeling M.R., Fan E. Therapies for refractory

- hypoxemia in acute respiratory distress syndrome. *JAMA* 2010; 304(22): 2521-2527.
89. Prabhakaran P. Acute respiratory distress syndrome. *Indian Pediatr.* 2010; 47(10): 861-868.
90. Крылов К.М., Шлык И.В., Орлова О.В. Алгоритм действий по оказанию медицинской помощи пострадавшим с ожогами на догоспитальном этапе. *Скорая медицинская помощь* 2010; 2: 55-59.
91. Князев Ю.А., Мешков М.В., Гончаров А.В. Транспортировка на большие расстояния детей, нуждающихся в сопроводительной интенсивной терапии. *Детская хирургия* 2004; 2: 41-42.
92. Литвинов И.В., Панкратов Е.В., Плешаков В.П. и др. Способ оптимизации анестезиологического пособия при проведении общей управляемой гипертермии [Электронный ресурс] 2006; [http:// www.biotherapy.ru/ENTER/MEDIC/patent.htm](http://www.biotherapy.ru/ENTER/MEDIC/patent.htm)
93. Полушин Ю.С., Храпов К.Н., Бокатюк С.В. Искусственная вентиляция легких с контролем давления при лапароскопических операциях. *Анестезиология и реаниматология* 2007; 3: 42-45.
94. Bickel A., Trossman A., Kukuev I. et al. The effects of high-frequency jet ventilation (HFJV) on pneumoperitoneum-induced cardiovascular changes during laparoscopic surgery. *Surg.Endosc.* 2011; 24: 194-195.
95. Abderhalden S., Biro P., Hechelhammer L., Pfiffner R., Pfammatter T. CT-Guided Navigation of Percutaneous Hepatic and Renal Radiofrequency Ablation Under High-Frequency Jet Ventilation - Feasibility Study. *J.Vasc. Interv.Radiol.* 2011; 22(6): 17-23.
96. Biro P., Drpahn S., Pfammatter T. High-frequency jet ventilation for minimizing breathing-related liver motion during percutaneous radiofrequency ablation of multiple hepatic tumours. *Br.J.Anaesth.* 2009; 102(5): 650-653.
97. Perkins P.E. High-frequency jet ventilation during radiofrequency ablation: a case report. *AANA J.* 2008; 76(3): 209-212.
98. Cormack J.R., Hui R., Olive D., Said S. Comparison of two ventilation techniques during general anaesthesia for extracorporeal shock wave lithotripsy: high-frequency jet ventilation versus spontaneous ventilation with a laryngeal mask airway. *Urology* 2007; 70(1): 7-10.
99. Mucksavage P., Mayer W.A., Mandel J.E. et al. High-frequency jet ventilation is beneficial during shock wave lithotripsy utilizing a newer unit with a narrower focal zone. *Canadian Urological Association Journal (CUAJ)* 2010; 10: 1911-1920.
100. Olive D.J., Cormack J.R. Kidney stone movement during lithotripsy under general anaesthesia - high frequency jet ventilation versus spontaneous ventilation. *Anaesth.Intensive Care* 2006; 34(6): 832-833.
101. Fritz P., Kraus H.J., Mshnickel W., Sassmann V., Hering W., Strauch K. High-frequency jet ventilation for complete target immobilization and reduction of planning target volume in stereotactic high single-dose irradiation of stage I non-small cell lung cancer and lung metastases. *Int.J.Radiat.Oncol.Biol.Phys.* 2010; 78(1): 36-42.
102. Ender J., Brodowsky M., Falk V. et al. High-frequency jet ventilation as an alternative method compared to conventional one-lung ventilation using double-lumen tubes during minimally invasive coronary artery bypass graft surgery. *J.CardiThorac.Vasc.Anesth.* 2010; 24(4): 602-607.
103. Forti A., Valandin S., Zanatta P. Haemodynamics and oxygenation improvement induced by high frequency percussive ventilation in a patient with hypoxia following cardiac surgery: a case report. *J.Med. Case Re-ports* 2010; 4: 339.
104. Abe K., Oka J., Takahashi H. et al. Effect of high-frequency jet ventilation on oxygenation during one-lung ventilation in patients undergoing thoracic aneurysm surgery. *J.Anesth.* 2006; 20(1): 1-5.
105. Bingold T.M., Scheller B., Kloesel S. et al. Supplemental jet ventilation in conscious patients following major oesophageal surgery. *Anaesth.Intensive Care* 2007; 35(6): 968-970.
106. Buise M., Van Bom-mel J., Van Genderen M. Two-lung high-frequency jet ventilation as an alternative ventilation technique during transthoracic esophagectomy. *J.CardiThorac.Vasc.Anesth.* 2009; 23(4): 509-512.
107. Lohser J., Smyth C.E., Yee J. High-frequency jet ventilation rescue of an off-pump single-lung transplant. *J.CardiThorac.Vasc.Anesth.* 2009; 23(6): 846-849.
108. Hall J.J., Hunt J.L., Arnoldo B.D. et al. Use of high-frequency percussive ventilation in inhalation injuries. *J.Burn Care Res.* 2007; 28(3): 396-400.
109. Peck M.D., Harrington D., Mlcak R.P. et al. Potential studies of mode of ventilation in inhalation injury. *J.Burn Care Res.* 2009; 30(1): 181-183.
110. Hu K., Li Q.Q., Yang J. et al. The role of high-frequency jet ventilation in the treatment of Cheyne-Stokes respiration in patients with chronic heart failure. *Int.J.Cardiol.* 2006; 106(2): 224-231.
111. Salantay J., Torok P., Candik P. et al. Эффективность СРАР или высокочастотной jet-вентиляции с помощью назо-оральной маски в лечении оттока легких. *Общая реаниматология* 2008; 3(4): 78-84.
112. Walkey A.J., Wiener R.S. Utilization patterns and patient outcomes associated with use of rescue therapies in acute lung injury. *Crit.Care Med.* 2011; 39(6): 1322-1328.
113. Leiter R., Aliverti A., Priori R. et al. Comparison of superimposed high frequency jet ventilation with conventional jet ventilation before laryngeal surgery. Effects on ventilation studied by optoelectronic plethysmography. *European Journal of Anaesthesiology* 2010; 47(27): 96.
114. Chatburn R.L. High-frequency assisted airway clearance. *Respir.Care* 2007; 52(9): 1224-1235.
115. De Backer L.A., Ides K., Daems D. Pulmonary rehabilitation and non-invasive ventilation in COPD. *Acta Clin.Belg.* 2010; 65(5): 330-335.
116. Geiseler J., Karg O., Burger S. Invasive home mechanical ventilation, mainly focused on neuro-muscular disorders. *GMS Health Technol.Assess.* 2010; 6: 8-10.
117. Ming-sheng X., En-lan P., Hong-hua X. The Efficacy of High Frequency Ventilation in the Treatment of Old Age Breath Failure. *Pract.Clinic. Journ. Integr. Tradit.Chin. and West.Medicine* 2006; 02: 124-128.
118. Vargas F., Boyer A., Bui H.N. et al. Effect of intrapulmonary percussive ventilation on expiratory flow limitation in chronic obstructive pulmonary disease patients. *J.Crit.Care* 2009; 24(2): 212-219.
119. Dimassi S., Vargas F., Lyazidi A. et al. Intrapulmonary percussive ventilation superimposed on spontaneous breathing - a physiological study in patients at risk for extubation failure. *Int.Care Med.* 2011; 37(8): 1269-1276.
120. Janjevic R., Jovic D., Jevtic R. et al. HFJV in management of upper airway complication after thyroid surgery - a case report. *European Journal of Anaesthesiology* 2007; 24: 195.
121. Brochard L., Roudot-Thoraval F., Roupie E. et al. Tidal volume reduction for prevention of ventilator-induced lung injury in acute respiratory distress syndrome. *Am.J.Respir.Crit.Care Med.* 1998; 158: 1831-1838.
122. Kredel M., Muellenbach R.M., Brock R.W. et al. Liver dysfunction after lung recruitment manoeuvres during pressure-controlled ventilation in experimental acute respiratory distress. *Crit.Care* 2007; 11(1): 13.

123. Kurahashi K. Acute respiratory distress syndrome - treatments today and to-morrow. *Masui* 2011; 60(3): 293-302.
124. Jauncey-Cooke J.I., Fogossian B., East C.E. Lung recruitment - a guide for clinicians. *Aust. Crit. Care* 2009; 22(4): 155-162.
125. Lachmann B. The concept of open lung management. *Intern. J. Intens. Care* 2000; 7: 215-220.
126. Allardet-Servent J., Bregeon F., Delpierre S. et al. High-frequency percussive ventilation attenuates lung injury in a rabbit model of gastric juice aspiration. *Intensive Care Med.* 2008; 34(1): 91-100.
127. Миербеков Е.М., Алиев М.А., Ешмуратов Т.Ш. Адекватный газообмен при двусторонних и сочетанных операциях на органах грудной и брюшной полости. *Хирургия* 2005; 10: 61-63.
128. Atkins J.H., Mandel J.E., Weinstein G.S. et al. A pilot study of respiratory inductance plethysmography as a safe, noninvasive detector of jet ventilation under general anesthesia. *Anesth. Analg.* 2010; 111(5): 1168-1175.
129. Bauer K., Вгьcker Ch. The role of ventilation frequency in airway reopening. *J. Biomech. Eng.* 2009; 42(8): 1108-1113.
130. Kopterides P., Kapetanakis T., Siempos I.I. et al. Short-term administration of a high oxygen concentration is not injurious in an ex-vivo rabbit model of ventilator-induced lung injury. *Anesth. Analg.* 2009; 108(2): 556-564.
131. Lucangelo U., Accardo A., Bernardi A. et al. Gas distribution in a two-compartment model ventilated in high-frequency percussive and pressure-controlled modes. *Intens. Care Med.* 2010; 36(12): 2125-2131.
132. Meybohm P., Scholz J., Bein B. Vital organ blood flow during high-frequency ventilation. *Crit. Care* 2006; 10(6): 426.
133. Misiolek H., Knapik, J. Swanevelder P. et al. Comparison of double-lung jet ventilation and one-lung ventilation for thoracotomy. *Euro-pean Journal of Anaesthesiology* 2008; 1(25): 15-21.
134. Raiten J., Elkassabany N., Gao W. Medical intelligence article - novel uses of high frequency ventilation outside the operating room. *Anesth. Analg.* 2011; 112(5): 110-113.