

Защита верхних дыхательных путей пациента в условиях респираторной поддержки: современное состояние вопроса

А. В. Власенко^{1,2}, А. Г. Корякин², Е. А. Евдокимов¹, Д. А. Еремин²

¹Кафедра анестезиологии и неотложной медицины ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования» Минздрава России, г. Москва

²ФБУЗ г. Москвы «Городская клиническая больница имени С. П. Боткина» Департамента здравоохранения г. Москвы

Protection of upper respiratory tract of patient in conditions of respiratory support: current state of issue

A. V. Vlasenko, A. G. Koryakin, E. A. Evdokimov, D. A. Eryomin

Russian Medical Academy for Postgraduate Continuous Education, City Clinical Hospital n.a. S. P. Botkin; Moscow, Russia

Резюме

Острая дыхательная недостаточность была и остается одной из основных проблем современной медицины. Среди большого количества высокотехнологических методов лечения острой дыхательной недостаточности важное значение имеет адекватное увлажнение и согревание верхних дыхательных путей пациента на всех этапах проведения респираторной терапии. Следует отметить, что обеспечение оптимального увлажнения и согревания вдыхаемой газовой смеси позволяет избежать развития многих легочных осложнений. С другой стороны, даже при использовании самых современных методов лечения неадекватный микроклимат в верхних дыхательных путях может существенно снизить эффективность их применения. Таким образом, поддержание адекватного микроклимата в верхних дыхательных путях в норме, при различных бронхолегочных заболеваниях и в условиях респираторной поддержки позволит улучшить функциональное состояние легких, предотвратить развитие многих осложнений, сократить материальные затраты и продолжительность лечения, снизить летальность данного контингента больных. Несмотря на большую базу данных, вопрос выбора наиболее эффективной технологии обеспечения гомеостаза и защиты верхних дыхательных путей в разных клинических ситуациях при разных способах респираторной поддержки остается по-прежнему актуальным. Это диктует необходимость продолжения исследований в этом направлении. Данный обзор посвящен современному состоянию проблемы увлажнения, согревания и фильтрации дыхательной смеси в условиях протезирования функции внешнего дыхания.

Ключевые слова: острая дыхательная недостаточность, респираторная терапия, кондиционирование дыхательной смеси.

Summary

Acute respiratory failure has been and remains one of the main problems of modern medicine. Among the large number of high-tech methods of treating acute respiratory failure, adequate moisture and warming of the upper respiratory tract of the patient at all stages of the respiratory therapy are important. It should be noted that ensuring optimal moistening and warming of the inhaled gas mixture allows to avoid the development of many pulmonary complications. On the other hand, even with the use of the most modern treatment methods, inadequate microclimate in the upper respiratory tract can significantly reduce the effectiveness of their use. Thus, maintaining an adequate microclimate in the upper airways is normal, with various bronchopulmonary diseases and in conditions of respiratory support will improve the functional state of the lungs, prevent the development of many complications, reduce material costs and duration of treatment, reduce the mortality of this patient population. Despite the existence of the large database, the question of choosing the most effective technology to ensure homeostasis and protection of the upper respiratory tract in different clinical situations with different methods of respiratory support is still relevant. This dictates the necessity of continuing the research in this direction. This review is devoted to the current state of the problem of moistening, warming and filtering the breathing mix under conditions of prosthetic respiratory function

Key words: acute respiratory failure, respiratory therapy, conditioning of breathing gas.

Введение

Внедрение в клиническую практику ИВЛ легло в основу формирования палат и отделений интенсивной терапии (ИТ) и отделений реаниматологии (ОР). С тех пор благодаря развитию медицинских технологий респираторная поддержка (РП) стала более совершенной и эффективной, вышла за пределы операционных и ОР, позволила существенно снизить летальность больных с дыхательной недостаточностью (ДН) различного генеза. Однако, даже несмотря на появление автоматизированных и интеллектуальных режимов РП, ИВЛ не в состоянии адекватно заменить функцию легких, имеет много недостатков и негативных эффектов. Поэтому, согласно современным представлениям, основной задачей РП является не только эффективное

замещение функции внешнего дыхания, но и уменьшение ее отрицательного влияния на органы и системы.

При лечении тяжелой ДН все более широко используются автоматизированные и интеллектуальные режимы РП, инвазивный и неинвазивный мониторинг функции легких и других систем.

В последние годы развитие современных респираторных технологий позволило эффективно использовать неинвазивную вентиляцию легких (НИВЛ) даже при лечении тяжелой ДН различного генеза.

Наряду с такими повреждающими факторами ИВЛ и НИВЛ, как баротравма, волюмотравма, ателектотравма, эрготравма, токсическое влияние кислорода, особо следует отметить проблему неадекватного увлажнения

и согревания газовой смеси. Это одинаково актуально как при инвазивных, так и при неинвазивных и вспомогательных способах РП, НИВЛ, ВПО (высокопоточная оксигенотерапия), а также при оксигенотерапии. Действительно, отсутствие эффективного очищения, согревания и увлажнения дыхательных газов существенно снижает эффективность защитных механизмов верхних дыхательных путей (ВДП) и легких. Наличие интубационной трубки (или трахеостомической), большой поток неадекватно очищенной, согретой и увлажненной дыхательной смеси с повышенной фракцией кислорода, нарушенный кашлевой механизм — все это неблагоприятно влияет на мукоцилиарный клиренс, повреждает структуры эпителия ВДП и легких, усугубляя тем самым отрицательные эффекты ИВЛ [14, 78]. Кроме нарушения защитных функций ВДП, вышеперечисленные механизмы могут стать причиной окклюзии интубационной трубки бронхиальным секретом, развития ателектазов, уменьшения функциональной остаточной емкости легких (ФОЕ), приводить к тяжелым нарушениям газообмена, развитию вентилятор-ассоциированного трахеобронхита (ВАТБ) и вентилятор-ассоциированной пневмонии (ВАП) [9, 59].

Поэтому в условиях любого способа РП важное место занимает кондиционирование вдыхаемой газовой смеси. Понятие кондиционирования подразумевает достижение оптимальных свойств (химических, физических, биологических) вдыхаемой воздушно-газовой смеси для конкретных условий РП. Кондиционирование дыхательной смеси включает следующие мероприятия:

- очистку вдыхаемой смеси от пыли и микроорганизмов;
- регулирование состава газовой смеси;
- адекватное увлажнение газовой смеси;
- адекватный обогрев газовой смеси [3].

Кроме улучшения функционального состояния ВДП и легких, адекватное кондиционирование дыхательной смеси сокращает частоту развития инфекции ВДП и легких, продолжительность РП и улучшает прогноз у пациентов с ДН. Однако на сегодняшний день актуальный вопрос поддержания на адекватном уровне влажности и температуры дыхательной смеси часто недооценивается клиницистами в повседневной практике лечения ДН [37, 64].

На сегодняшний день кондиционирование дыхательной смеси в условиях ИВЛ обеспечивается использованием теплообменных антибактериальных фильтров (НМЕ — heat and moisture exchanger) и увлажнителей дыхательной смеси испарительного типа (НН — heated humidifiers). Эти устройства широко используются у пациентов с ДН различного генеза при разных методах ИВЛ.

Однако несмотря на широкое внедрение в практику РТ и РП разных методов очищения, увлажнения и согревания дыхательной смеси, остается много нерешенных вопросов. Не изучены возможности каждого из этих способов обеспечить необходимое качество кондиционирования газа при разных способах РП (инвазивная, не инвазивная и др.). Остается неясным оптимальный уровень увлажнения дыхательной смеси в различных клинических ситуациях, влияние внешних факторов

на конечный уровень абсолютной и относительной влажности. Это же касается и оптимального уровня температуры газа. На сегодняшний день отсутствуют методы объективной оценки индивидуальной потребности вентилируемого пациента в увлажнении и согревании. Поэтому остается дискуссионным вопрос о целевом применении того или иного метода кондиционирования газа в конкретной клинической ситуации, что диктует необходимость продолжения исследований.

Типы увлажнителей

В 1842 году J. Jeffreys в статье *On artificial climates for the restoration and preservation of health*, опубликованной в «Лондонском медицинском журнале», описал необходимость увлажнения вдыхаемых пациентом газов и представил медицинской общественности предшественника современных увлажнителей. Данное устройство было названо им «респиратор». Он представлял собой несколько слоев тонкой металлической проволоки, заключенной в кожу. Изоляция слоев проволоки друг от друга позволяла увеличить температурный градиент при прохождении воздуха, тем самым сохраняя влагу [77]. В том же году M. Lassen в описании методик ИВЛ у больных отметил важность использования увлажнителей [50]. В 1953 году J. Marshall и J. M. Spalding впервые сформулировали принцип работы увлажнителей испарительного типа [56]. В 1954 году был запатентован первый теплообменный фильтр (Drägerwerk). В 1972 году M. Spence и A. W. Melville разработали новый тип увлажнителя, представляющий собой водяную баню с нагревательным элементом и возможностью уменьшить количество конденсата в дыхательном контуре [73].

Важнейшими физическими характеристиками современных увлажнителей являются достигаемые ими значения абсолютной и относительной влажности. Оптимальный уровень влажности, наиболее соответствующий физиологическому, достигается при вдыхании дыхательной смеси 100%-ной влажности и нагретой до нормальной температуры тела [63].

Следует отметить, что абсолютная влажность напрямую связана с температурой вдыхаемой дыхательной смеси. При недостаточном согревании вдыхаемой смеси относительная влажность газа будет стремиться к 100%-ной, в то время как значение абсолютной влажности будет намного ниже рекомендуемого значения. J. Ryan с соавт. в своем исследовании отметили, что подача нагретого до 37 °С насыщенного газа (уровень абсолютной влажности 44 мг/л) пациенту в условиях ИВЛ термодинамически нейтральна по отношению к ВДП. При подобных параметрах вдыхаемого газа потери и потребление жидкости эпителием ВДП минимальны, что создает оптимальные условия для длительной искусственной вентиляции легких [65].

Современные увлажнители работают на тех же принципах, что и 60 лет назад, однако эффективность их значительно выше за счет применяемых в последнее время материалов. По принципу работы увлажнители бывают пассивными и испарительного типа.

Пассивные увлажнители не имеют своего источника тепла и влаги, однако уменьшают их потери при дыхании путем улавливания выдыхаемой влаги и возвращения ее с каждым последующим вдохом. Поступающая газовая смесь нагревается только за счет собственного тепла организма. Наиболее простые по своей конструкции — тепловлагообменники (ТВО). Они бывают нескольких видов:

- гидрофобные ТВО, изготавливаемые на керамической или целлюлозной основе. Они снабжены элементом с большой поверхностью, покрытой водоотталкивающим материалом;
- гигроскопичные ТВО, изготавливаемые из материалов с низкой теплопроводностью, пропитанные гигроскопичным веществом, например, хлоридом лития или кальция;
- ТВО с бактериальным фильтром.

Увлажнители испарительного типа представляют собой водяные бани с дистиллированной водой, встроенные в инспираторную часть дыхательного контура. Дыхательная смесь, поступая через емкость с водой, нагревается и увлажняется водяным паром. В составе увлажнителей испарительного типа (УИТ) имеется микропроцессор с обратной связью, получающий сигналы от температурных датчиков, расположенных на разных концах инспираторной части дыхательного контура [15, 66]. Это позволяет регулировать интенсивность нагревания и увлажнения дыхательной смеси в конкретной клинической ситуации.

Таким образом, в условиях РП современные увлажнители позволяют несколько адаптировать дыхательную смесь к физиологическим условиям. Однако с учетом возможностей и ограничений каждого из типов этих устройств, в каждой конкретной клинической ситуации требуется правильный выбор конкретного способа кондиционирования вдыхаемого газа.

Преимущества и недостатки активных и пассивных увлажнителей

Согласно современным представлениям наличие системы для кондиционирования вдыхаемого газа является обязательным условием при проведении любой РП [23, 26]. Но следует отметить и отрицательные эффекты избытка водяного пара на дыхательную систему. Известно, что избыток воды и чрезмерно нагретый водяной пар приводят к набуханию и термическому повреждению клеточной мембраны эпителия, что в свою очередь может привести к накоплению значительного количества бронхиального секрета и окклюзии дыхательных путей либо к обтурации просвета интубационной трубки. Накопление избыточной жидкости в газообменной части легких приводит к «затоплению» альвеол, снижению ФОЕ, нарушению регионарных вентиляционно-перфузионных отношений, ухудшению биомеханики и газообмена [79].

По сравнению с УИТ при РП применение ТВО существенно проще, кроме того, они не потребляют электроэнергию. Также по сравнению с испарительным типом увлажнителей важным преимуществом ТВО является низкая стоимость этих устройств. Действительно, мета-анализ

рандомизированных контролируемых исследований (РКИ), изучавших влияние пассивного увлажнения на результаты лечения пациентов в условиях ИВЛ, проведенных в период с 1990 по 2006 год, выявил, что материальные затраты на лечение при использовании ТВО значимо ниже, нежели при использовании УИТ [72].

Ряд авторов показали, что при использовании УИТ возможны риски термических повреждений и электротравм как медицинскому персоналу, так и больным [66].

Использование и НН, и НМЕ увеличивает сопротивление дыхательных путей и, как следствие, работу дыхания пациента. Сравнительный анализ ТВО и ТВО с бактериальным фильтром с увлажнителями испарительного типа показал значимый прирост сопротивления дыхательных путей и работы дыхания в группах пациентов при использовании ТВО и ТВО с «бакфильтром» ($12,0 \pm 4,6$ см вод. ст./л/с и $13,6 \pm 5,4$ см вод. ст./л/с) по сравнению с испарительным типом увлажнения ($10,4 \pm 4,1$ см H_2O /л/с) [45]. Это следует учитывать при вспомогательной РП, так как для компенсации работы дыхания в таких случаях требуется увеличение уровня давления поддержки от 5 до 10 см вод. ст. [61]. Это особенно актуально у пациентов в условиях НИВЛ при нарастании ДН, а также на этапе отлучения от респиратора.

ТВО имеют определенный внутренний объем, несколько больший, если имеется и антибактериальный компонент. Поэтому при использовании ТВО между дыхательным контуром и интубационной трубкой увеличивается объем мертвого пространства [76]. Исследования показали, что у пациентов с ДН различного генеза при использовании ТВО в условиях вспомогательной РП может развиваться тахипноэ, увеличиться минутный объем дыхания (МОД) с тенденцией к гиперкарбии [29]. Подобные результаты были получены и в условиях НИВЛ, где использование НН оказалось эффективнее по сравнению с НМЕ [47]. Кроме того, использование ТВО у пациентов с хронической ДН, а также на этапе прекращения РП и отлучения от респиратора может сопровождаться клинически значимым увеличением работы дыхания, ростом ауто-ПДКВ, ретенцией углекислоты с развитием клинически значимого респираторного ацидоза, что не наблюдается при использовании увлажнителей испарительного типа. Эти данные следует учитывать при выборе способа защиты ВДП у пациентов с ДН различного генеза при разных способах ИВЛ на разных этапах РП [44].

Следует помнить, что использование ТВО противопоказано у пациентов с обильной геморрагической или наоборот вязкой трудносанлируемой мокротой, что увеличивает риск обтурационных осложнений [24].

Ряд исследований показали, что рутинное использование того или иного типа увлажнителей различается в зависимости от региона. Так, было показано, что во Франции чаще используются тепловлагообменные фильтры вне зависимости от продолжительности ИВЛ, тогда как в Канаде более широко распространено применение увлажнителей испарительного типа у большинства пациентов на ИВЛ [68].

Ряд исследований изучали продолжительность эффективного применения ТВО, то есть времени, в течение которого они сохраняют свои свойства. Путем определения гигрометрических параметров, изучения бактериальной колонизации пациента и дыхательного контура, температуры в трахее С. Markowicz с соавт. сравнили фильтры Hygrobac-Dar (Mallinckrodt), Vent (Gibeck) и Clear-Thermal (Intersurgical). На основании полученных данных исследователи пришли к выводам:

- наибольший уровень абсолютной влажности показали ТВО Hygrobac-Dar в течение всего времени исследования;
- указанные ТВО можно безопасно использовать до 48 часов без замены (что, однако, не относится к другим ТВО сторонних фирм-производителей);
- окклюзия интубационной трубки не была отмечена ни в одном из наблюдаемых случаев [54].

У 13 пациентов ОР травматологического центра Университетской больницы Марселя (Франция), требующих длительной ИВЛ, Т. Thomachot с соавт. путем измерения пикового, среднего давлений в дыхательных путях, температуры в трахее, а также гигрометрических параметров выявили, что смена ТВО один раз в 96 часов не влияет на технические характеристики фильтра. Кроме того, исследователи установили, что за все время наблюдения среднее давление в дыхательных путях не изменялось, не было выявлено колонизации дыхательного контура микрофлорой [74]. Однако выборка в данном исследовании была малочисленной, что отмечали сами авторы, предлагая провести более крупные исследования, прежде чем заявить о безопасности более длительного использования ТВО.

G. Ricard с соавт. при изучении эффективности ТВО Hygrobac-Dar (Mallinckrodt) у 33 пациентов ОР клиники Университета Луи-Мурье (Франция) выявили, что гигроскопичные и гидрофобные ТВО Hygrobac-Dar (другие ТВО не входили в исследование) не меняют своих характеристик и не требуют замены вплоть до 7 суток использования (за исключением пациентов с ХОБЛ). Не было отмечено ни одного случая окклюзии интубационной трубки. Для пациентов с ХОБЛ смена ТВО должна выполняться не реже 48 часов применения [67].

В соответствии с рекомендациями по использованию увлажнителей при проведении ИВЛ и НИВЛ AARC Clinical Practice Guideline (2012 год) безопасным для пациента является смена ТВО по крайней мере один раз в 48 часов [66].

Вышеперечисленные данные показывают, что при использовании ТВО, кроме экономических преимуществ, снижается риск развития ВАП. Ряд исследователей утверждают, что использование увлажнителей испарительного типа увеличивает риск развития ВАП, связывая это, по крайней мере, с двумя причинами:

1. образованием и накоплением конденсата внутри дыхательного контура — хорошей средой для микробной колонизации;
2. контаминацией внутренней влажной поверхности дыхательного контура.

N. Kola и соавт. в мета-анализе РКИ, выполненном в период с 1990 по 2003 год, выявили, что при использовании ТВО частота развития ВАП ниже, особенно у пациентов с продолжительностью ИВЛ более 7 суток, по сравнению с увлажнителями испарительного типа [48]. J. Cook и соавт. также отмечают более предпочтительное использование ТВО для профилактики развития ВАП [32].

Эти данные оспаривают Е. Ананьев с соавт., которые оценили риск контаминации активного увлажнителя микрофлорой верхних дыхательных путей у 5 пациентов на длительной ИВЛ в отделении нейрореанимации. Авторы установили, что при четком соблюдении стандартных мер профилактики колонизации дыхательного контура и ВДП пациентов (обработка полости рта, носо- и ротоглотки, санация надманжеточного пространства и т. д.) контаминация увлажнителя не происходит, по крайней мере, на протяжении 5 суток использования, после чего целесообразно заменять дыхательный контур [1].

Большие мультицентровые исследования за последние 10–15 лет указывают преимущества УИТ в отношении снижения риска развития ВАП, однако не выявляют значимых клинических различий при использовании того или иного типа увлажнителя. Следует отметить, что при анализе литературных данных до 2005 года большинство исследователей были убеждены в превосходстве теплообменных фильтров.

L. Lorente с соавт. проанализировали результаты лечения 120 пациентов, получавших ИВЛ более 5 суток с использованием НН и НМЕ соответственно. ВАП выявили в 8 случаях из 51 (15,69%) в группе НН и в 21 из 53 (39,62%) случаев в группе НМЕ ($p = 0,006$). Авторы заключили, что использование НМЕ является фактором риска развития ВАП [53].

Изучение частоты развития ВАП в исследовании J. C. Lacherade с соавт. не выявило существенных различий в частоте развития ВАП, продолжительности ИВЛ и летальности как при использовании НМЕ, так и НН [49]. M. Auxiliadora-Martins с соавт. в анализе результатов лечения 314 пациентов в ОР за 1999–2009 годы, также не выявили различий клинической эффективности применения активных или пассивных методов увлажнения при ИВЛ. Из 56 зарегистрированных случаев развития ВАП в группах НН и НМЕ их число составило 29 и 27 соответственно. Частота ВАП на тысячу ИВЛ-часов также оказалась примерно одинаковой (18,7 и 17,4 случая соответственно; $P = 0,97$). Продолжительность ИВЛ составила 11 и 12 суток соответственно, $P = 0,48$; время лечения в ОР — 11 и 12 суток соответственно, $P = 0,39$; летальность — 55,3 и 55,4% соответственно в обеих группах [21].

В мета-анализе 11 РКИ за 1990–2010 годы, выполненном китайскими коллегами, не выявлено существенного снижения частоты ВАП у пациентов, находящихся на ИВЛ до 7 суток и более при использовании любого типов увлажнителей. Однако, как отмечают сами авторы, недостаточное ослепление и количество РКИ ограничивают их в выводах [60].

Мета-анализ 10 РКИ за 1990–2012 годы, проведенный М. Meneguetti с соавт. не выявил значимых различий ни в частоте, ни в сроках развития ВАП при использовании НН и НМЕ (OR = 0,998; 95% CI: 0,778–1,281), равно как и не показал значимого влияния теплообменных фильтров на частоту возникновения ВАП [57].

В 2017 году авторы Кохрановского системного обзора, который включал РКИ по сравнению клинической эффективности использования различных типов увлажнителей у взрослых и детей (всего 34 исследования), сделали следующие выводы:

1. у 2171 пациента при использовании гидрофобных ТВО или увлажнителей испарительного типа не было выявлено никаких различий частоты окклюзии интубационной трубки и дыхательных путей;
2. у 1951 пациента при использовании гидрофобных ТВО или увлажнителей испарительного типа отсутствовали значимые различия частоты развития ВАП;
3. у 2251 пациента при использовании гидрофобных ТВО или увлажнителей испарительного типа отсутствовали значимые различия внутрибольничной летальности;
4. у 469 пациентов обнаружена тенденция к снижению частоты развития ВАП при использовании гидрофобных ТВО по сравнению с увлажнителями испарительного типа;
5. общее качество доказательств остается низким, что ставит под сомнение достоверность выводов и требует проведения дальнейших исследований, в том числе и различных видов теплообменных фильтров и увлажнителей испарительного типа между собой [43].

Таким образом, на сегодняшний день отсутствуют однозначно убедительные данные о существенных преимуществах при использовании разных типов увлажнителей. Анализ данных литературы показывает, что, несмотря на противоречивые результаты исследований, при тяжелой ДН и длительной ИВЛ в отношении снижения риска развития ВАП более эффективными являются УИТ.

Особенности кондиционирования дыхательной смеси при использовании НИВЛ

НИВЛ максимально отвечает концепции безопасной ИВЛ, занимает все более важное место в РТ и РП, а возможности современных респираторных технологий позволили применять ее не только в ОР, но и вне стационара [42, 45]. Поэтому проблема защиты ДП и адекватного кондиционирования газа в условиях НИВЛ и ВПО является не менее актуальной, чем при ИВЛ.

В условиях НИВЛ возможно сохранение естественных защитных механизмов (отсутствие интубационной трубки, кашлевой рефлекс и т.д.), с одной стороны, с другой стороны — при НИВЛ верхние дыхательные пути не в состоянии адекватно кондиционировать большие объемы газа, поступающего в легкие с высокой скоростью потока [70]. В этих условиях достижение адекватного увлажнения и согревания дыхательной смеси является особенно актуальным [25].

При сравнении краткосрочного влияния НН и НМЕ в условиях НИВЛ у пациентов с ОДН S. Jaber и соавт. выявили отрицательные эффекты пассивного увлажнения на функцию внешнего дыхания и газообмен. При использовании ТВО в течение 20 минут НИВЛ отмечали рост МОД ($14,8 \pm 4,8$ л/мин. и $13,2 \pm 4,3$ л/мин. соответственно; $p < 0,020$) вследствие увеличения ЧД ($26,5 \pm 10,6$ и $24,1 \pm 9,8$ л/мин. соответственно; $p = 0,002$) по сравнению с увлажнителями испарительного типа. В группе НМЕ PaCO_2 в среднем составил $43,4 \pm 8,9$; в группе НН — $40,8 \pm 8,2$ мм рт. ст. [47].

В исследовании F. Lellouche с соавт. у пациентов с гиперкапнической ОДН при НИВЛ были получены аналогичные результаты. Применение ТВО при НИВЛ без ПДКВ приводило к значимому росту МОД и работы дыхания. Эти показатели нормализовались при повышении ПДКВ [51].

Многоцентровое РКИ (247 пациентов с ОДН различного генеза) применения НИВЛ с использованием НН или НМЕ не выявило существенной разницы частоты интубаций (36,9 и 29,7% соответственно; $p = 0,28$), показателей газового состава крови, времени лечения в ОР и летальности, в том числе госпитальной [52].

A. Voyet с соавт. у 15 пациентов с ОДН выполнили сравнительный анализ объективных показателей (МОД, ЧД, SatO_2 , EtCO_2 , газовый состав крови, P O_2) и субъективных данных (оценка комфорта пациента при НИВЛ), который не выявил каких-либо существенных различий при использовании разных типов увлажнения в условиях НИВЛ [22]. На основании этих результатов авторы сделали вывод, что увлажнение ВДП можно осуществлять любым доступным способом без коррекции параметров РП.

Одним из современных методов НИВЛ является ВПО. Занимая промежуточное место между традиционной оксигенотерапией и НИВЛ, ВПО лишена ряда их недостатков и обладает существенными преимуществами, в том числе и за счет обеспечения адекватного увлажнения и согревания высокоскоростного потока (со скоростью потока до 60 л/мин.) дыхательной смеси. В этих условиях адекватное увлажнение и согревание высокоскоростного воздушного потока достигается как путем использования современных запатентованных технологий эффективного кондиционирования за счет модификации активных увлажнителей, интегрированных в контур вдоха, так и применения высокотехнологичных полупроницаемых материалов дыхательных контуров, что предотвращает образование конденсата на их внутренней поверхности [36, 55].

Эффективность ВПО доказана в ряде хорошо организованных, в том числе и мультицентровых РКИ. Использование ВПО показано при развитии паренхиматозной ОДН, обострении ХОБЛ, острой левожелудочковой недостаточности, прекращении ИВЛ. Рядом исследований было показано, что высокая клиническая эффективность этого метода в разных клинических ситуациях в большой степени обусловлена адекватным кондиционированием дыхательной смеси [30, 39, 58].

Можно заключить, что имеющиеся результаты исследований не дают однозначного ответа на вопрос о выборе типа увлажнителя при проведении НИВЛ, как и в ситуации с ИВЛ. Однако в последних клинических руководствах по кондиционированию газовой смеси не рекомендовано использовать ТВО в условиях НИВЛ (уровень доказательности 2 С). Увлажнители испарительного типа более предпочтительны для масочной НИВЛ вследствие большего комфорта для пациента и, соответственно, лучшей переносимости метода (уровень доказательности 2 В) [66].

Заключение

В настоящее время не вызывает сомнений необходимость адекватного кондиционирования дыхательной смеси при проведении любого вида респираторной поддержки у всех пациентов с ОДН различного генеза на всех этапах лечения. Кондиционирование дыхательной смеси позволяет надежно защитить ВДП и легкие путем создания условий, максимально приближенных к физиологическим для функционирования эпителия трахеобронхиального дерева, мукоцилиарного клиренса и эффективного дренирования мокроты. Отсутствие адекватного кондиционирования дыхательной смеси на любых этапах проведения РП ухудшает функциональное состояние легких, увеличивает риск развития гнойно-септических осложнений, повышает материальные затраты, ухудшает результаты лечения пациентов с ДН.

Несмотря на разноречивые результаты исследований о выборе наиболее эффективного способа кондиционирования газа в условиях РП, в настоящее время имеется понимание, что в дыхательный контур должна поступать газовая смесь со 100%-ным уровнем относительной влажности и температурой не менее 32 °С. Однако избыточное увлажнение, как и нагревание поступающего в легкие газа, также имеет свои недостатки, о которых нельзя забывать. Отсутствие четких алгоритмов согревания и увлажнения газа при разных способах РП у разного контингента пациентов диктует необходимость продолжать исследования этой клинической проблемы.

Список литературы

1. Ананьев Е. П., Мацковский И. В., Горячев А. С., Савин И. А. и др. Оценка контаминации емкостей увлажнителей испарительного типа при длительной ИВЛ. — III Съезд забайкальского общества анестезиологов-реаниматологов. Чита, 2015. — С. 20–27.
2. Афанасьев Ю. И., Юрина Н. А. Гистология, цитология и эмбриология. — Москва: Медицина, 2002. — 744 с.
3. Бурлаков Р. И., Гальперин Ю. Ш., Юревич В. М. Искусственная вентиляция легких (принципы, методы, аппарата). — Москва: Медицина, 1986. — 240 с.
4. Власенко А. В., Мороз В. В., Яковлев В. Н., Алексеев В. Г., Булатов Н. Н. Выбор способа оптимизации ПДКВ у больных с острым респираторным дистресс-синдромом. // *Общая реаниматология*. — 2012. — Том 8, № 1. — С. 1–13.
5. Власенко А. В., Алексеев В. Г., Розенберг О. А., Евдокимов Е. А., Кочергина В. В. Механизмы патогенеза, диагностика и лечение острого респираторного дистресс-синдрома, часть II. // *Медицинский алфавит*. — 2017. Том 2 (Неотложная медицина), № 17. — С. 10–21.
6. Власенко А. В., Евдокимов Е. А., Родионов Е. П., Алексеев А. Г. Концепция мультидисциплинарного и дифференцированного лечения тяжелой острой дыхательной недостаточности. Часть I. // *Медицинский алфавит*. — 2018. — Том 2 (Неотложная медицина), № 18. — С. 12–18.

7. Волкова О. В., Шахлямов В. А., Миронов А. А. Атлас сканирующей электронной микроскопии клеток, тканей и органов. — Москва: Медицина, 1987. — 464 с.
8. Грицан А. И., Ярошецкий А. И., Власенко А. В., Гаврилин С. В. и др. Диагностика и интенсивная терапия острого респираторного дистресс-синдрома. Клинические рекомендации ФАР. // *Анестезиология и реаниматология*. — 2016. — Том 61, № 1. — С. 62–70.
9. Егорова И. Н., Власенко А. В., Мороз В. В., Яковлев В. Н., Алексеев В. Г. Вентилятор-ассоциированная пневмония: диагностика, профилактика, лечение (современное состояние вопроса). // *Общая реаниматология*. — 2010. — Том 6, № 1. — С. 79–87.
10. Зильбер А. П. Клиническая физиология в анестезиологии и реаниматологии. — Москва: Медицина, 1984. — 380 с.
11. Кассиль В. Л., Выжигина М. А., Хапий Х. Х. Механическая вентиляция легких в анестезиологии и интенсивной терапии. — Москва: МЕД-пресс-информ, 2009. — 608 с.
12. Кассиль В. Л., Лескин Г. С., Выжигина М. А. Респираторная поддержка: искусственная и вспомогательная вентиляция легких в анестезиологии и интенсивной терапии. — Москва: Медицина, 1997. — 320 с.
13. Марченков Ю. В., Власенко А. В., Мороз В. В., Яковлев В. Н. Эволюция диагностики и лечения острого респираторного дистресс-синдрома на основе новейших медицинских технологий. // *Общая реаниматология*. — 2012. — Том 8, № 4. — С. 22–29.
14. Можаяев Г. А., Носов В. В. Влияние искусственной вентиляции легких на мукоцилиарный аппарат и местный иммунитет дыхательной системы. // *Анестезиология и реаниматология*. — 1985. — Том 4. — С. 52–55.
15. Морган-мл. Дж. Эдвард, Мэгид С. Михаил, Майка Дж. Марри. Клиническая анестезиология. Том I. — Москва: Бином, 2013. — 470 с.
16. Мороз В. В., Власенко А. В., Голубев А. М., Яковлев В. Н. и др. Дифференцированное лечение острого респираторного дистресс-синдрома, обусловленного прямыми и непрямими этиологическими факторами. // *Общая реаниматология*. — 2011. — Том 7, № 4. — С. 5–15.
17. Неговский В. А. Основы реаниматологии. 2-е изд. — Москва: Медицина, 1975. — 361 с.
18. Пальчун В. Т., Крюков А. И. Оториноларингология: руководство для врачей. — Москва: Медицина, 2001. — 616 с.
19. Чикина С. Ю., Белевский А. С. Мукоцилиарный клиренс в норме и при патологии. // *Пульмонология и аллергология*. — 2012. — № 1. — С. 2–5.
20. Ambrosino N. Noninvasive mechanical ventilation in acute respiratory failure. // *The European respiratory journal*. — 1996. — Vol. 9, № 4. — P. 795–807.
21. Auxiliadora-Martins M., Meneguetti M. G., Nicolini E. A., Alkmim-Teixeira G., et al. Effect of heat and moisture exchangers on the prevention of ventilator-associated pneumonia in critically ill patients. // *Brazilian journal of medical and biological research*. — 2012. — Vol. 42, № 12. — P. 1295–1300.
22. Boyer A., Vargas F., Hilbert G., Gruson D., et al. Small dead space heat and moisture exchangers do not impede gas exchange during noninvasive ventilation: a comparison with a heated humidifier. // *Intensive care medicine*. — 2010. — Vol. 36, № 8. — P. 1348–1354.
23. Branson R. D., Campbell R. S. Humidification in the intensive care unit. // *Respiratory care clinics of North America*. — 1998. — Vol. 4, № 2. — P. 305–320.
24. Branson R. D. Secretion Management in the Mechanically Ventilated Patient. // *Respiratory care*. — 2007. — Vol. 52, № 10. — P. 1328–1347.
25. Branson R. D., Gentile M. A. Is humidification always necessary during noninvasive ventilation in the hospital? // *Respiratory care*. — 2010. — Vol. 55, № 2. — P. 209–216.
26. Branson R. D. The effects of inadequate humidity. // *Respiratory care clinics of North America*. — 1998. — Vol. 4, № 2. — P. 198–214.
27. Brochard L., Mancebo J., Wysocki M., Lofaso F., et al. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. // *The New England journal of medicine*. — 1995. — Vol. 333, № 13. — P. 817–822.
28. Brower R. G., Matthay M. A., Morris A., Schoenfeld D., Thompson B. T., Wheeler A. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. // *The New England journal of medicine*. — 2000. — Vol. 342, № 18. — P. 1301–1308.
29. Campbell R. S., Davis K.-Jr., Johannigman J. A., Branson R. D. The effects of passive humidifier dead space on respiratory variables in paralyzed and spontaneously breathing patients. // *Respiratory care*. — 2000. — Vol. 45, № 3. — P. 306–312.
30. Carratalá Perales J. M., Llorens P., Brouzet B. High-Flow therapy via nasal cannula in acute heart failure. // *Revista espanola de cardiologia*. — 2011. — Vol. 64, № 8. — P. 723–725.
31. Chen C. W., Wu C. P., Dai Y. L., Peng W. C., Chian C. F., et al. Effects of implementing adaptive support ventilation in a medical intensive care unit. // *Respiratory care*. — 2011. — Vol. 56, № 17. — P. 976–983.
32. Cook D. B., De Jonghe L., Brochard C. Influence of airway management on ventilator-associated pneumonia: evidence from randomized trials. // *JAMA*. — 1998. — Vol. 279, № 10. — P. 781–787.

33. de Prost N., Dreyfuss D. How to prevent ventilator-induced lung injury? // *Minerva Anestesiologica*.— 2012.— Vol. 78, № 9.— P. 1054–1066.
34. de Prost N., Ricard J.-D., Saumon G., Dreyfuss D. Ventilator-induced lung injury: historical perspectives and clinical implications. // *Annals of Intensive Care*.— 2011.— Vol. 1, № 1.— P. 28.
35. Dreyfuss D., Basset G., Soler P., Saumon G. Intermittent positive-pressure hyperventilation with high inflation pressures produces pulmonary microvascular injury in rats, american review of respiratory disease.— 1985.— Vol. 132, № 4.— P. 880–884.
36. Dysart K., Miller T.L., Wolfson M.R., Shaffer T.H. Research in high flow therapy: mechanisms of action. // *Respiratory medicine*.— 2009.— Vol. 103, № 10.— P. 1400–1405.
37. Esquinas A.M. Humidification in the intensive care unit: the essentials.— Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.— 288 p.
38. Fahy J.V., Dickey B.F. Airway mucus function and dysfunction. // *New England journal of medicine*.— 2010.— Vol. 363, № 23.— P. 2233–2247.
39. Frat J.-P., Thille A.W., Mercat A., Girault C., et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. // *The New England journal of medicine*.— 2015.— Vol. 372, № 23.— P. 2185–2196.
40. Gattinoni L., Pesenti A. The concept of «baby lung». // *Intensive care medicine*.— 2005.— Vol. 31, № 6.— P. 776–784.
41. Gay P.C. Complications of noninvasive ventilation in acute care. *Respiratory care*.— 2009.— Vol. 54, № 2.— P. 246–258.
42. Giles T.L., Lasserson T.J., Smith B.H., White J., Wright J., Cates C. Continuous positive airways pressure for obstructive sleep apnoea in adults. // *The Cochrane database of systematic reviews*.— 2006.— Vol. 19, № 3.
43. Gillies D., Todd D.A., Foster J.P., Batuwitage B.T. Heat and moisture exchangers versus heated humidifiers for mechanically ventilated adults and children. // *The Cochrane database of systematic reviews*.— 2017.— Vol. 14, № 9.
44. Girault C., Breton L.; Richard J.C., Tamion F., Vandelet P., et al. Mechanical effects of airway humidification devices in difficult to wean patients. // *Critical care medicine*.— 2003.— Vol. 31, № 5.— P. 1306–1311.
45. Hess D.R. The evidence for noninvasive positive-pressure ventilation in the care of patients in acute respiratory failure: a systematic review of the literature. // *Respiratory care*.— 2004.— Vol. 49, № 7.— P. 810–829.
46. Iotti G.A., Olivei M.C., Palo A., Galbusera C., Veronesi R., et al. Unfavorable mechanical effects of heat and moisture exchangers in ventilated patients. // *Intensive care medicine*.— 1997.— Vol. 23, № 4.— P. 399–405.
47. Jaber S., Chanques G., Matecki S., Ramonatxo M., Souche B., et al. Comparison of the effects of heat and moisture exchangers and heated humidifiers on ventilation and gas exchange during non-invasive ventilation. // *Intensive care medicine*.— 2002.— Vol. 28, № 11.— P. 1590–1594.
48. Kola A., Eckmanns T., Gastmeier P. Efficacy of heat and moisture exchangers in preventing ventilator-associated pneumonia: meta-analysis of randomized controlled trials. // *Intensive care medicine*.— 2005.— Vol. 31, № 1.— P. 5–11.
49. Lacherade J.C., Auburtin M., Cerf C., Van de Louw A., et al. Impact of humidification systems on ventilator-associated pneumonia: a randomized multicenter trial. // *American journal of respiratory and critical care medicine*.— 2005.— Vol. 172, № 10.— P. 1276–1282.
50. Lassen H.C.A. A preliminary report on the 1952 epidemic of poliomyelitis in Copenhagen with special reference to the treatment of acute respiratory insufficiency. // *Lancet*.— 1953.— Vol. 263, № 6749.— P. 37–41.
51. Lellouche F., Maggiore S.M., Deye N., Taillé S., Pigeot J., et al. Effect of the humidification device on the work of breathing during noninvasive ventilation. // *Intensive care medicine*.— 2002.— Vol. 28, № 11.— P. 1582–1589.
52. Lellouche F., L'Her E., Abroug F., Deye N., Rodriguez P.O., et al. Impact of the humidification device on intubation rate during noninvasive ventilation with ICU ventilators: results of a multicenter randomized controlled trial. // *Intensive care medicine*.— 2014.— Vol. 40, № 2.— P. 211–219.
53. Lorente L., Lecuona M., Jiménez A., Mora M.L., Sierra A. Ventilator-associated pneumonia using a heated humidifier or a heat and moisture exchanger: a randomized controlled trial. // *Critical care*.— 2006.— Vol. 10, № 4.
54. Markowicz P., Ricard J.D., Dreyfuss D., Mier L., et al. Safety, efficacy, and cost-effectiveness of mechanical ventilation with humidifying filters changed every 48 hours: a prospective, randomized study. // *Critical care medicine*.— 2000.— Vol. 28, № 3.— P. 665–671.
55. Masclans J.R., Pérez-Terána P., Roca O. The role of high-flow oxygen therapy in acute respiratory failure. // *Medicina intensiva*.— 2015.— Vol. 39, № 8.— P. 505–515.
56. Marshall J., Spalding J.M. Humidification in positive pressure respiration for bulbo-spinal paralysis. // *Lancet*.— 1953.— Vol. 262, № 6794.— P. 1022–1024.
57. Menegueti M.G., Auxiliadora-Martins M., Nunes A.A. Effectiveness of heat and moisture exchangers in preventing ventilator-associated pneumonia in critically ill patients: a meta-analysis. // *BMC anesthesiology*.— 2014.— Vol. 14, № 115.
58. Millar J., Lutton S., O'Connor P. The use of high-flow nasal oxygen therapy in the management of hypercarbic respiratory failure. // *Therapeutic advances in respiratory diseases*.— 2014.— Vol. 8, № 2.— P. 63–64.
59. Miyao H., Hirokawa T., Miyasaka K., Kawazoe T. Relative humidity, not absolute humidity, is of great importance when using a humidifier with a heating wire. // *Critical care medicine*.— 1992.— Vol. 20, № 5.— P. 674–679.
60. Mo M., Liu S.Q., Yang Y. Efficacy of heat and moisture exchangers and heated humidifiers in preventing ventilator-associated pneumonia: a meta-analysis. // *Chinese critical care medicine*.— 2011.— Vol. 23, № 9.— P. 513–517.
61. Pelosi P., Solca M., Ravagnan I., Tubiolo D., Ferrario L., Gattinoni L. Effects of heat and moisture exchangers on minute ventilation, ventilatory drive, and work of breathing during pressure-support ventilation in acute respiratory failure. // *Critical care medicine*.— 1996.— Vol. 24, № 7.— P. 1184–1188.
62. Pefter A.H., Chioléro R.L., Cassina T., Chassot P.G., Müller X.M., Revelly J.P. Automatic «respirator/weaning» with adaptive support ventilation: the effect on duration of endotracheal intubation and patient management. // *Anesthesia and analgesia*.— 2003.— Vol. 97, № 6.— P. 1743–1750.
63. Rankin N. What is optimum humidity? // *Respiratory care clinics of North America*.— 1998.— Vol. 4, № 2.— P. 321–328.
64. Rathgeber J., Züchner K., Kietzmann D., Weyland W. Heat and moisture exchangers for conditioning of inspired air of intubated patients in intensive care. The humidification properties of passive air exchangers under clinical conditions. // *Der Anaesthetist*.— 1995.— Vol. 44, № 4.— P. 274–283.
65. Ryan S.N., Rankin N., Meyer E., Williams R. Energy balance in the intubated human airway is an indicator of optimal gas conditioning. // *Critical care medicine*.— 2002.— Vol. 30, № 2.— P. 355–361.
66. Restrepo R.D., Walsh B.K. Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation: 2012. // *Respiratory care*.— 2012.— Vol. 57, № 5.— P. 782–788.
67. Ricard J.D., Le Mière E., Markowicz P., Lasry S., Saumon G., et al. Efficiency and safety of mechanical ventilation with a heat and moisture exchanger changed only once a week. // *American journal of respiratory and critical care medicine*.— 2000.— Vol. 161, № 1.— P. 104–109.
68. Ricard J.D., Cook D., Griffith L., Brochard L., Dreyfuss D. Physicians' attitude to use heat and moisture exchangers or heated humidifiers: a Franco-Canadian survey. // *Critical care medicine*.— 2002.— Vol. 28, № 6.— P. 719–725.
69. Ricard J.D., Dreyfuss D., Saumon G. Ventilator-induced lung injury. // *European respiratory journal*.— 2003.— Vol. 22, № 42.— P. 2–9.
70. Rodríguez A.M., Scala R; Soroksky A., Bahammam A., et al. Clinical review: Humidifiers during non-invasive ventilation — key topics and practical implications. // *Critical care*.— 2012.— Vol. 16.— P. 203.
71. Scala R., Pisani L. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure: which recipe for success? // *European respiratory review*.— 2018, 27: 180029.
72. Siempos I., Vardakas K.Z., Kopterides P., Falagas M.E. Impact of passive humidification on clinical outcomes of mechanically ventilated patients: A meta-analysis of randomized controlled trials. // *Critical care medicine*.— 2007.— Vol. 35, № 12.— P. 2843–2851.
73. Spence M., Melville A.W. A new humidifier. // *Anesthesiology*.— 1972.— Vol. 36, № 1.— P. 89–93.
74. Thomachot L., Boisson C., Arnaud S., Michelet P., Cambon S., Martin C. Changing heat and moisture exchangers after 96 hours rather than after 24 hours: a clinical and microbiological evaluation. // *Critical care medicine*.— 2000.— Vol. 28, № 3.— P. 714–720.
75. Ulyanov Y.P. Nose aerodynamics. // *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*.— 1995.— Vol. 121, № 3.— P. 352.
76. Wilkes A.R. Heat and moisture exchangers and breathing system filters: their use in anaesthesia and intensive care. Part 2 — practical use, including problems, and their use with paediatric patients. // *Anaesthesia*.— 2011.— Vol. 66, № 1.— P. 40–51.
77. Wilkes A.R. Heat and moisture exchangers and breathing system filters: their use in anaesthesia and intensive care. Part 1 — history, principles and efficiency. // *Anaesthesia*.— 2011.— Vol. 66, № 1.— P. 31–39.
78. Williams R., Rankin N., Smith T., Galler D., Seakins P. Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa. // *Critical care medicine*.— 1996.— Vol. 24, № 11.— P. 1920–1929.
79. Williams R. The effects of excessive humidity. // *Respiratory care clinics of North America*.— 1998.— Vol. 4, № 2.— P. 215–228.

Для цитирования. Власенко А.В., Корякин А.Г., Евдокимов Е.А., Еремин Д.А. Защита верхних дыхательных путей пациента в условиях ре-спираторной поддержки: современное состояние вопроса // *Медицинский алфавит. Серия «Неотложная медицина и кардиология»*.— 2019.— Т. 1.— 16 (391).— С. 30–36.

