

38. Scarpelli E.M. Pulmonary surfactants and their role in lung disease // Adv. Pediatr.— 1969.— Vol.16.— P.177—200.
39. Single-breath carbon monoxide diffusing capacity (transfer factor): recommendation in a standard technique // Am. Rev. Respir. Dis.— 1987.— Vol.236.— P.1299—1307.
40. Thomas P.A., Treasure R.L. Effect of N-acetyl — L — cysteine on pulmonary surface activity // Ibid.— 1966.— Vol.94.— P.175—180.

41. Van Herwaarden C., Bast A., Dekhuijzen P. The role of N-acetylcysteine in the treatment of chronic obstructive pulmonary disease // Neth. J. Med.— 1995.— Vol.47, № 2.— P.45—48.
42. Van Zandwijk N. N-acetylcysteine for lung cancer prevention // Chest.— 1995.— Vol.107, № 5.— P.1437—1441.

Поступила 03.03.98.

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 1998

УДК 616.24-008.46-085.816

СРАВНЕНИЕ МАСОЧНО-КЛАПАННЫХ СИСТЕМ «ADAM» И «RESPIRONICS» ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НЕИНВАЗИВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ У ПАЦИЕНТОВ СО СТАБИЛЬНОЙ ГИПЕРКАПНИЧЕСКОЙ ХРОНИЧЕСКОЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ

М.А.Куценко, С.Н.Авдеев, А.В.Третьяков, Р.А.Григорьянц, А.Г.Чучалин

НИИ пульмонологии МЗ РФ, Москва

COMPARISON OF "ADAM" AND "RESPIRONICS" MASK-VALVE SYSTEMS DURING NON-INVASIVE VENTILATION IN PATIENTS WITH STABLE HYPERCAPNIC RESPIRATORY FAILURE

M.A.Kutsenko, S.N.Avdeev, A.V.Tretyakov, R.A.Grigoryants, A.G.Chuchalin

Summary

The problem of "rebreathing" hindering effective removal of carbon dioxide appears during non-invasive ventilation in patients with chronic hypercapnic respiratory failure. The aim of our investigation was to compare two types of mask-valve systems — "Respironics nasal mask" with the "Whisper-Swivel" valve and "ADAM circuit" internasal mask. Parameters of respiratory pattern, compliance and removal of carbon dioxide were examined. 12 patients with stable hypercapnic chronic respiratory failure underwent non-invasive ventilation courses using two types of mask/valve systems at various regimens IPAP/EPAP with evaluation of arterial blood gases, tidal volume, "rebreathing" volume and carbon dioxide volume into the circuit behind the valve. Also side effects and comfort for patients were evaluated. It was shown that in spite of significant decrease in PaCO₂ during the non-invasive ventilation ($p=0.002$ for RNM mask and $p<0.001$ for ADAM mask) usage of ADAM mask provided statistically significant lower level of "rebreathing" ($p<0.001$) and of absolute amount of carbon dioxide (in millilitres) into the circuit behind the valve ($p=0.004$). Compliance was better with ADAM mask which was estimated by the most patients as more comfortable mask. Thus, usage of the ADAM mask can improve the removal CO₂ and ensure better co-operation between patient and doctor during non-invasive ventilation in patients with stable hypercapnic chronic respiratory failure.

Резюме

При проведении НВЛ пациентам с хронической гиперкапнической дыхательной недостаточностью встает проблема феномена "возвратного дыхания", препятствующего эффективной элиминации углекислого газа. Целью нашего исследования явилось сравнение воздействия двух типов масочно-клапанных систем — "Respironics nasal mask" с клапаном "Whisper-Swivel" и интерназальной маски "ADAM circuit" — на показатели дыхательного паттерна, комплаенса и эвакуацию углекислоты. Двенадцати пациентам со стабильной гиперкапнической ХДН проводились сеансы НВЛ с двумя типами масок/клапанов в различных режимах IPAP/EPAP с оценкой газового состава артериальной крови, определением величин дыхательного объема, объема "возвратного дыхания", объема углекислого газа в контуре за клапаном. Также проводилась оценка побочных эффектов и комфортности маски для пациента. Было показано, что несмотря на достоверное снижение парциального напряжения CO₂ артериальной крови на фоне НВЛ ($p=0,002$ для RNM и $p<0,001$ для ADAM), при применении маски ADAM статистически достоверными были меньший уровень "возвратного дыхания" ($p<0,001$) и абсолютного количества (мл) углекислоты в контуре за клапаном ($p=0,004$). Комплаенс при применении маски ADAM был более высоким, и она была оценена

большинством пациентов как более комфортная. Таким образом, при проведении НВЛ больным со стабильной гиперкапнической ХДН использование маски ADAM может улучшить показатели элиминации CO₂ и обеспечить более высокий уровень кооперации с пациентом.

Неинвазивная вентиляция легких (НВЛ) является сравнительно новым методом респираторной поддержки для больных с дыхательной недостаточностью в нашей стране. При проведении НВЛ взаимосвязь пациент-респиратор осуществляется при помощи носовой или лицевой маски, что позволяет обеспечить адекватную респираторную поддержку не прибегая к инвазивным процедурам — интубации трахеи и трахеостомии. Преимущества такого подхода очевидны: снижается риск развития инфекционных (синуситы, пневмония, сепсис) осложнений и механических повреждений (стеноз трахеи, отек гортани, кровотечение) [8,9]; уменьшается потребность в назначении седативных препаратов; сохраняются нормальные защитные механизмы, способность принимать пищу, разговаривать. Несмотря на то, что при использовании лицевой маски легче минимизировать потери потока, носовая маска имеет ряд преимуществ: меньшее количество местных осложнений, больший комфорт, что позволяет добиться лучшей кооперации с пациентом [3].

Уже доказана эффективность НВЛ при дыхательной недостаточности на фоне обострения хронических обструктивных болезней легких (ХОБЛ), декомпенсации муковисцидоза (особенно в качестве обеспечения «моста» к трансплантации легких) [6], нейромышечных заболеваний и деформаций грудной клетки (болезни «каркаса»), синдрома апноэ-гипопноэ сна, постэкстубационной и постоперационной дыхательной недостаточности, кардиогенном отеке легких, респираторном дистресс-синдроме; продолжаются исследования по отработке применения НВЛ при пневмониях. Применение НВЛ у пациентов с гиперкапнической ДН позволяет значительно уменьшить летальность и сроки пребывания в стационаре [2].

Одним из наиболее популярных респираторов для проведения НВЛ у больных со стабильной тяжелой хронической дыхательной недостаточностью (ХДН) является BiPAP-ST/D (*Respironics Inc., Murrysville, PA*). Он достаточно компактен, прост в обслуживании, имеет высокую степень надежности. BiPAP-ST/D и BiPAP-ST/D30 являются единственными аппаратами одобренными *The United States Food and Drug Administration* для лечения ХДН.

BiPAP создан специально для проведения неинвазивной респираторной поддержки. Он имеет следующие режимы вентиляции: поддержка давлением на вдохе (*pressure support ventilation* — PSV) с возможностью создания положительного давления на выдохе (*expiratory positive airway pressure* — EPAP); режим контролируемый по давлению (*pressure controlled ventilation* — PCV); комбинация этих режимов (*assisted/controlled*) и режим постоянного положительного давления в дыхательных путях (*continuous positive airway pressure* — CPAP).

Прибор включает в себя собственно респиратор, контур из одиночного шланга с возможностью подклю-

чения аппарата для увлажнения воздуха, кислорода и небулайзера для проведения дополнительных лечебных процедур непосредственно во время НВЛ, стандартного клапана (*Whisper-Swivel, Respironics Inc., Murrysville, PA*) с постоянным уровнем сопротивления и маски, крепящейся при помощи специальной утягивающей шапочки для более плотного охвата носогубного треугольника.

В работах некоторых исследователей [4,10] было отмечено, что не всегда происходит снижение уровня гиперкапнии на фоне НВЛ при помощи респиратора BiPAP, несмотря на увеличение минутной вентиляции. Таким образом, имеет место так называемая относительная гиперкапния, то есть когда уровень PaCO₂ выше ожидаемого при определенном уровне минутной вентиляции. Эти же работы показали, что во время выдоха не весь воздух покидает контур системы через клапан, что может вести к задержке углекислоты в контуре и ее повторному вдыханию (феномен так называемого «возвратного дыхания» — *rebreathing*), увеличивая таким образом аппаратное мертвое пространство и уровень относительной гиперкапнии.

По своим конструкционным особенностям стало возможным использование с респиратором BiPAP интраназальной маски «ADAM circuit» (*Puritan Bennett, Lenexa*), которая в отличие от других типов масок имеет очень малую площадь контакта с лицом пациента и встроенный клапан выдоха.

Целью нашего исследования явилось сравнение двух типов масочно-клапанных систем — «*Respironics nasal mask*» с клапаном «*Whisper-Swivel*» (RNM) (*Respironics Inc., Murrysville, PA*) и интраназальной маски «ADAM circuit» (ADAM) (*Puritan Bennett, Lenexa*) со встроенным клапаном при проведении НВЛ с помощью респиратора BiPAP у больных со стабильной гиперкапнической ХДН.

Задачи исследования включали оценку эффективности различных масок на физиологические показатели: дыхательный паттерн и эвакуацию углекислоты, а также комфортности масок для пациентов и развитие осложнений.

Материалы и методы

Пациенты

В исследование были включены пациенты со стабильной гиперкапнической ХДН. Критериям отбора служили следующие клинико-лабораторные показатели: PaCO₂ > 45 mm Hg, pH > 7,35, признаки тяжелого нарушения бронхиальной проходимости — FEV₁ < 1,0, но без выраженных явлений респираторного дистресса (выраженность диспноэ — умеренная).

По данным критериям было отобрано 10 пациентов (все мужчины) с ХОБЛ (возраст 63,5 ± 7,4 года) и две пациентки с муковисцидозом (возраст 20 ± 1,8 года).

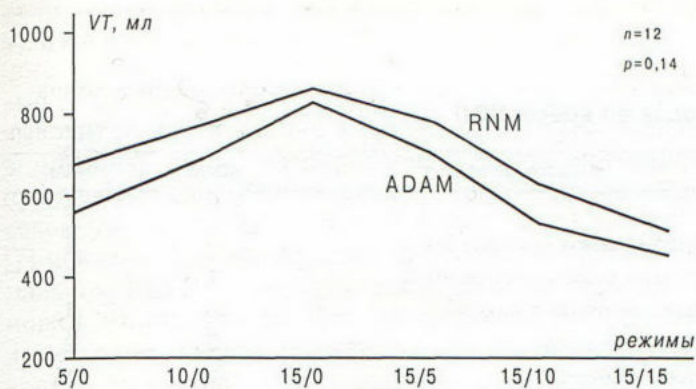


Рис.1. Влияние режимов вентиляции на Vt при использовании разных типов мосочно-клапанных комплексов.

Протокол

Исследование состояло из нескольких этапов:

1. Во время первого этапа проводилось по 2 сеанса НВЛ в режиме spontaneous (PSV) 15 см H₂O при уровне EPAP близком к 0 см H₂O с двумя типами масок — RNM и ADAM. Перед каждым сеансом и через 30 минут от начала вентиляции проводилось исследование газового состава артериальной крови.
2. Во время второго этапа также проводилось по 2 сеанса НВЛ с различными типами масок (RNM и ADAM). Каждые 10 минут в течение сеанса проводилось последовательное изменение режимов вентиляции IPAP/EPAP: 5/0, 10/0, 15/0, 15/5, 15/10, 15/15 см H₂O. Как на первом, так и на втором этапе проводились пневмотахография и капнография с определением дыхательного объема, величины «возвратного дыхания», содержания углекислого газа, прошедшего в контур за клапан. Также оценивались ЧДД и утечка при подаче воздуха.
3. И, наконец, на третьем этапе больным предлагалось оценить комфортность маски по визуальной-аналоговой шкале от 0 до 10. На этом же этапе оценивались осложнения.

Для оценки газового состава артериальной крови использовался газоанализатор ABL-330 (Radiometr, Copenhagen), забор артериальной крови проводился методом пункции лучевой артерии гепаринизированным

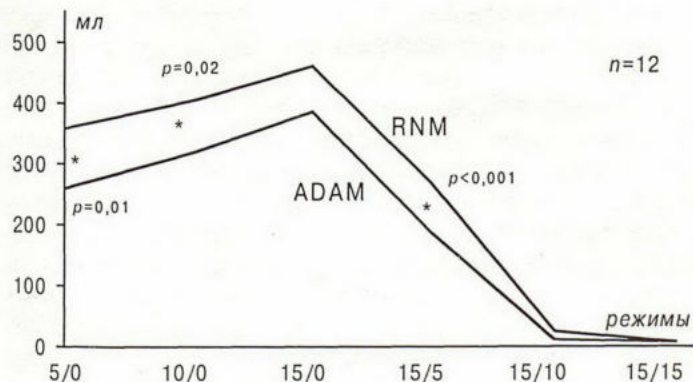


Рис.2. Влияние режимов вентиляции на величину «возвратного дыхания» при использовании разных типов масочно-клапанных комплексов.

шприцем; дыхательный паттерн мы определяли с помощью пневмотахографа Fleisch «Godart» («GOULD», USA); содержание углекислоты в контуре до и после клапана — капнограф CD-300 («DATEX» Finland). Показатели утечки снимались со встроенного в BiPAP анализатора. Оценка FEV₁ для отбора пациентов проводилась при помощи спирографа «Flowscreen» (Erich Jaeger, Wurzburg, Germany). Статистическая обработка проводилась при помощи программы «Statistica for Windows», release 4,3 (StatSoft Inc.) с использованием функции парного коэффициента Стьюдента.

Результаты

1. Влияние применения разных типов масок на дыхательный объем было незначительным (рис.1). Однако следует заметить, что максимального уровня Vt достигал при максимальном уровне PSV (в нашем случае 15/0 см H₂O) и снижался пропорционально повышению EPAP (положительного давления на выдохе). Некоторое превышение показателей Vt при использовании маски RNM во всех режимах, возможно объясняется большей величиной мертвого пространства при применении данного типа маски.

2. Статистически достоверной оказалась меньшая величина «возвратного дыхания» при применении маски ADAM по сравнению с RNM (рис.2), что указывает на превосходство клапана ADAM перед *Whisper-Swivel*, используемым в масках типа «Respironics». При использовании обоих типов масок наибольшей величины феномен «возвратного дыхания» достигал при максимальном уровне PSV, а при создании положительного давления на выдохе быстро снижался и уже в режиме 15/10 был практически равен 0.

3. Также подтверждают большую эффективность клапана ADAM и данные о количестве углекислоты в контуре за клапаном (рис.3). Так как этот показатель весьма тесно коррелирует с величиной *rebreathing*, нетрудно предположить, что кривые этих показателей будут похожи. На рисунке обращает на себя внимание высокая достоверность различия по абсолютному количеству углекислоты прошедшей в контур за клапан. Наиболее наглядны данные о количестве «заклапанной углекислоты» для режима PSV, также, как это отмечалось у показателей величины «возвратного дыхания».

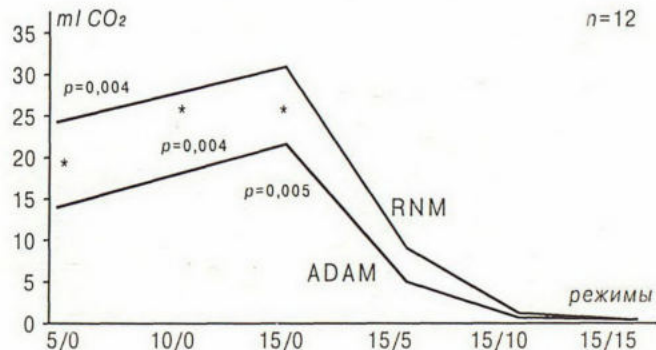


Рис.3. Влияние режимов вентиляции на абсолютное количество углекислоты (в мл) в контуре за клапаном при использовании разных типов масочно-клапанных комплексов.

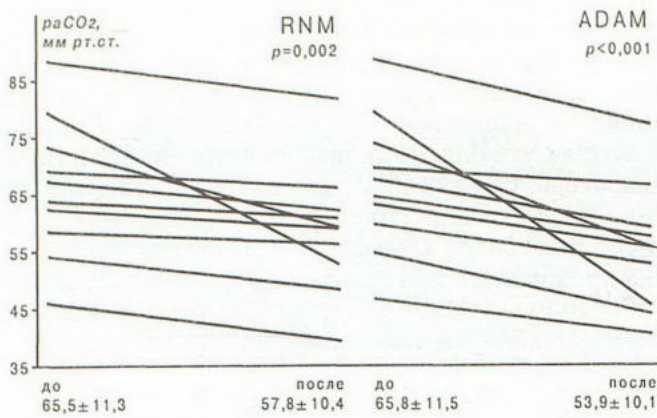


Рис. 4. Влияние НВЛ с использованием разных типов масочно-клапанных комплексов на величину $PaCO_2$.

4. Конечно, наиболее важным для оценки масок показателем явился уровень содержания углекислого газа в артериальной крови. На представленных графиках (рис. 4) видно, что показатель $PaCO_2$ при проведении НВЛ по сравнению с исходным уровнем достоверно снижался. При проведении независимого анализа Стьюдента по двум группам различие оказалось недостоверным, однако, как видно из графиков, отмечается вполне четкая тенденция более выраженного снижения уровня CO_2 артериальной крови при проведении вентиляции при помощи маски ADAM по сравнению с RNM.

5. Различие влияния разных типов масок на ЧДД оказалось не выраженным, хотя при режиме 15/0 ЧДД достоверно снижалась больше при применении маски ADAM, чем при использовании RNM. Как и при оценке других показателей наиболее «воздействующим» на ЧДД режимом оказался максимальный режим PSV, что вполне коррелирует с данными, полученными при оценке дыхательного объема.

6. При измерении утечки последняя оказалась достоверно большей при использовании маски ADAM. Этот факт вероятнее всего объясняется тем, что для подгонки масок ADAM необходима большая вариация их размеров. Маски же типа Respironics более универсальны и из имеющихся пяти размеров всегда можно четко подобрать необходимый пациенту. Кроме того, как будет сказано далее, клапан выдоха маски

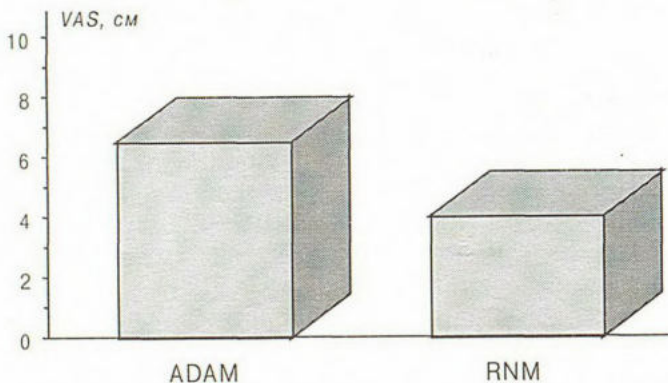


Рис. 5. Оценка комфортности разных типов масок пациентами по визуально-аналоговой шкале (VAS).

Побочные эффекты при использовании разных типов масок во время НВЛ

Побочный эффект	ADAM	RNM
Эрозия кожи мостика носа	—	1
Эрозия кожи крыльев носа	1	—
Заложенность в ушах	—	1
Сухость в носу	2	2
Раздражение глаз	—	1
ИТОГО:	3	5

ADAM имеет меньшее сопротивление, что также способствует увеличению уровня утечки.

7. Тем не менее большинством пациентов маска ADAM была оценена по VAS как более комфортная (рис. 5). И на самом деле при использовании этого типа масок пациентам легче было разговаривать и принимать пищу, маска практически не мешала чтению, с маской ADAM пациенты легче засыпали.

8. Разница в побочных эффектах оказалась несущественной при применении разных типов масок (таблица): механические повреждения кожи были отмечены однократно при использовании как маски ADAM, так и RNM, разница в локализации повреждения целиком зависит от конструкции маски. С одинаковой частотой встречались жалобы на сухость в носу. Также было отмечено по одному случаю жалоб на заложенность в ушах и раздражения глаз при применении маски Respironics.

Дискуссия

Одной из проблем, возникающих при использовании респиратора ViPAP со стандартной носовой маской и клапаном *Whisper-Swivel* является неполная элиминация углекислого газа, поступающего во время выдоха из контура, что ведет к его ретенции, увеличению мертвого пространства и суммируется в так называемом эффекте «возвратного дыхания» [4]. Эта проблема изначально заложена в конструкции респиратора: во время НВЛ пациент производит вдох и выдох через одну и ту же систему трубок, в контуре которых находится клапан выдоха, через который весь объем выдыхаемого воздуха теоретически должен выводиться наружу. При разборе механики изменений потока воздуха через контур во время НВЛ в режиме PSV при помощи респиратора ViPAP выявляется «слабое» место, отвечающее за феномен «возвратного дыхания». Контролируемый электроникой клапан сброса внутри респиратора, реагируя на изменение соотношения уровня давления, создаваемого аппаратом, и давления внутри контура (меняющегося в зависимости от фазы дыхательного цикла), позволяет поддерживать желаемый уровень давления воздушного потока на вдохе и на выдохе. Стандартный клапан утечки (выдоха) *Whisper-Swivel* имеет постоянное сопротив-

ление, позволяющее «сбрасывать» воздух в пределах от 6 до 30 л/мин в зависимости от давления воздушного потока (0—20 см H₂O). Как уже упоминалось выше, ожидалось, что весь воздух на выдохе должен выводиться через клапан за пределы контура. Однако в случаях, когда экспираторный поток превышает пропускную способность клапана (особенно при невысоком уровне ЕРАР — так, *F.Lofaso et al.* в 1996 г. [7] показал, что «возвращающийся» объем при минимальном РЕЕР — *positive endexpiratory pressure* — может составлять до 25% от дыхательного объема), происходит заброс порции выдыхаемого воздуха в контур за клапан. Эта порция во время следующего вдоха будет ингалирована и будет причиной феномена «возвратного дыхания» и увеличения аппаратного мертвого пространства, приводящих, в свою очередь, к повышению уровня РаСО₂.

Таким образом, эффект «возвратного дыхания» можно значительно уменьшить либо снижая уровень сопротивления клапана утечки (выдоха), либо обеспечив достаточно высокий уровень положительного давления в фазу выдоха (ЕРАР). Однако даже в этом случае эвакуация выдыхаемого газа возможна в полной мере только тогда, когда выдох достаточно продолжителен (следует подчеркнуть, что высокий уровень вентиляционной потребности или повышение ЧДД существенно увеличивают риск возвратного дыхания). Проведенные исследования (например, *F.Lofaso et al.*, 1996 [7]) показали, что при ЕРАР > 5 см H₂O (такой уровень ЕРАР является клинически обоснованным, так как позволяет преодолеть отрицательные эффекты *auto* РЕЕР [1,11], часто наблюдающиеся у больных ХОБЛ), и Vt > 400 мл время для полной эвакуации выдыхаемого объема должно быть более двух секунд, что может наблюдаться только при стабильном состоянии.

В исследовании *G.T.Ferguson и M.Gilmartin* [4] для полной элиминации экспираторного газа потребовалось ЕРАР более 8 см H₂O. Однако высокий уровень ЕРАР снижает эффективность PSV, т.к. значительно увеличивает утечку по периметру маски, к тому же снижает комфорт пациента и его настроенность на данный вид лечения. Так, в исследовании *Fernandez et al.* [5] двое из трех пациентов, требовавших высокий уровень ЕРАР, не могли переносить НВЛ из-за чрезмерной утечки воздуха вокруг маски.

Маска ADAM также имеет клапан с постоянным сопротивлением, однако его уровень ниже по сравнению с *Whisper-Swivel*, что позволяет более эффективно «сбрасывать» выдыхаемый объем. С другой стороны, меньшее сопротивление способствует повышению утечки, снижая в некоторой степени Vt.

Следует также отметить, что конструкция масочно-клапанной системы ADAM позволяет добиться лучшей элиминации углекислого газа не только за счет осо-

бенностей клапана, но и за счет меньшего «масочного» мертвого пространства, в то время как при использовании RNM значимая часть дыхательного объема тратится на вентиляцию подмасочного пространства.

Выводы

На основании полученных нами данных можно говорить о том, что масочно-клапанная система ADAM *circuit* со встроенным клапаном и *Respironics Nasal Mask* со стандартным клапаном *Whisper-Swivel* сравнимы по влиянию на параметры дыхательного паттерна, увеличение минутной вентиляции и показатели утечки и ЧДД, однако у больных со стабильной гиперкапнической хронической дыхательной недостаточностью применение маски ADAM со встроенным клапаном позволяет более эффективно элиминировать углекислый газ по сравнению с носовой маской *Respironics* в сочетании со стандартным клапаном *Whisper-Swivel* за счет уменьшения феномена «возвратного дыхания».

Кроме того, маска ADAM имеет меньшее число побочных эффектов при длительном применении, более комфортна и позволяет достичь лучшего взаимодействия с пациентом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Benson M.S., Pierson D.J.* Auto-PEEP during mechanical ventilation of adults // *Respir. Care.*— 1988.— Vol.33.— P.557—568.
2. *Brochard L., Mancebo J., Wysocki M.* Noninvasive ventilation for acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease // *N. Engl. J. Med.*— 1995.— Vol.333.— P.817—822.
3. *Elliott M., Moxham J.* Noninvasive mechanical ventilation by nasal or face mask // *Principles and Practice in Mechanical Ventilation.* Eds. M.J.Tobin.— New-York: McGraw-Hill, 1994.— P.427—453.
4. *Ferguson G.T., Gilmartin M.* CO₂ rebreathing during BiPAP ventilatory assistance // *Am. J. Resp. Crit. Care Med.*— 1995.— Vol.151.— P.1126—1135.
5. *Fernandez R., Blanch L.P., Valles J., Baigorri F., Artigas A.* Pressure support ventilation via face mask in acute respiratory failure in hypercapnic COPD patients // *Intensive Care Med.*— 1993.— Vol.19.— P.456—461.
6. *Hodson M.E., Madden B.P., Steven M.H., Tsang V.T., Yacoub M.H.* Noninvasive mechanical ventilation for cystic fibrosis patients — a potential bridge to transplantation // *Eur. Respir. J.*— 1991.— Vol.4.— 524—527.
7. *Lofaso F., Brochard L., Hang T. et al.* Home versus intensive care pressure support devices: experimental and clinical comparison // *Am. J. Respir. Care Med.*— 1996.— Vol.153.— P.1591—1599.
8. *McCulloch T.M., Bishop M.J.* Complications of translaryngeal intubation // *Clin. Chest. Med.*— 1991.— Vol.12.— P.507—521.
9. *Pierson D.J.* Complications associated with mechanical ventilation // *Crit. Care. Clin.*— 1990.— Vol.6.— P.711—724.
10. *Renston J.P., DiMarco A.F., Supinski G.S.* Respiratory muscle rest using nasal BiPAP ventilation in patients with stable severe COPD // *Chest.*— 1994.— Vol.105.— P.1053—1060.
11. *Rossi A., Polese G., Brandi G., Conti G.* Intrinsic positive end-expiratory pressure (PEEPi) // *Intensive Care Med.*— 1995.— Vol.21.— P.522—536.

Поступила 25.03.98.