

© Л.В. Колотилов<sup>1</sup>,  
В.Е. Павлов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»

Минздрава России

<sup>2</sup>ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»

Минздрава России

**Резюме.** В статье рассматриваются практические аспекты применения струйных методов вентиляции во время анестезиологического обеспечения эндоскопических вмешательств на гортани.

Приводятся рекомендации по выбору способов и режимов струйной вентиляции (СВ) в зависимости от вида патологического образования, степени его выраженности, локализации, а также характера эндохирургической операции. Обсуждаются возможности предупреждения осложнений СВ.

**Ключевые слова:** струйная вентиляция легких; эндоскопическая хирургия гортани; осложнения.

## ОСОБЕННОСТИ РЕСПИРАТОРНОЙ ПОДДЕРЖКИ ВО ВРЕМЯ АНЕСТЕЗИИ ЭНДОЛАРИНГЕАЛЬНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

Использование чрескатетерной струйной вентиляции (СВ) в качестве компонента анестезиологического обеспечения эндоскопических операций на гортани дает оториноларингологу массу преимуществ. Они включают свободный доступ к объекту вмешательства, эффективный газообмен, достаточно высокую безопасность больного в отношении баротравматических и термических осложнений в случае применения лазерного инструментария. Именно по этим причинам высокочастотная СВ через катетер малого диаметра применяется в клинике кафедры оториноларингологии СПбГМУ им. И. П. Павлова с середины 80-х годов прошлого столетия. С полной уверенностью можно говорить о том, что безопасность использования в клинической практике любой разновидности СВ обеспечивается точным выполнением методики данного метода респираторной поддержки, теоретической и практической подготовкой анестезиолога, а также координацией действий и пониманием общих задач с хирургом. Ранее в своих публикация мы неоднократно обсуждали возможности и проблемы применения различных вариантов СВ в эндоларингеальной хирургии [2, 3]. По нашему мнению, в этом очень деликатном разделе анестезиологического обеспечения малоинвазивной оториноларингологии нет мелочей и конечный успех зависит от многих составляющих. В связи с этим в данной статье мы хотели бы представить наиболее важные аспекты респираторной поддержки с использованием СВ в ларингоскопической микрохирургии.

Первое, на чем хотелось бы остановиться, это вопросы технического обеспечения. Перед началом применения струйной вентиляции (СВ) во время анестезии эндоскопических вмешательств на гортани и верхних отделах трахеи анестезиолог должен изучить технические характеристики струйного респиратора и провести его тестирование на получение результирующих показателей минутного объема вентиляции (МОВ) на различных установочных параметрах с использованием предполагаемых присоединительных элементов (инсуффлирующих катетеров и инжекционных канюль) для подачи дыхательного газа в легкие больного. Тестирование используемого респиратора не предполагает повышенной точности, однако анестезиолог, осуществляющий СВ, должен представлять подаваемые объемы и влияние используемых катетеров, канюль или инжекторов на минутный объем вентиляции (МОВ). На основании нашего опыта можно говорить о том, что для такого рода тестирования вполне достаточно стандартного волюметра. Однако для снижения влияния скоростных перепадов при оценке прерывистого газового потока лучше соединить респиратор с волюметром через длинный гофрированный шланг. На выходе конечный поток остается прежним, но становится более равномерным, что повышает точность измерений [2, 3].

Наши исследования показали, что МОВ зависит не только от установочных параметров, таких как рабочее давление (РД), отношение вдоха к выдоху (I: Е) или время вдоха (Твд в %), частоты дыхательных циклов (ЧДЦ) в минуту, но и от модели используемого респиратора. При тестировании промышленных респираторов Monsoon «Acutronic» (Швейцария), Paravent Pat «Chirana Medicare» (Чехия) и «Спирон 601»

УДК: 616.22-089

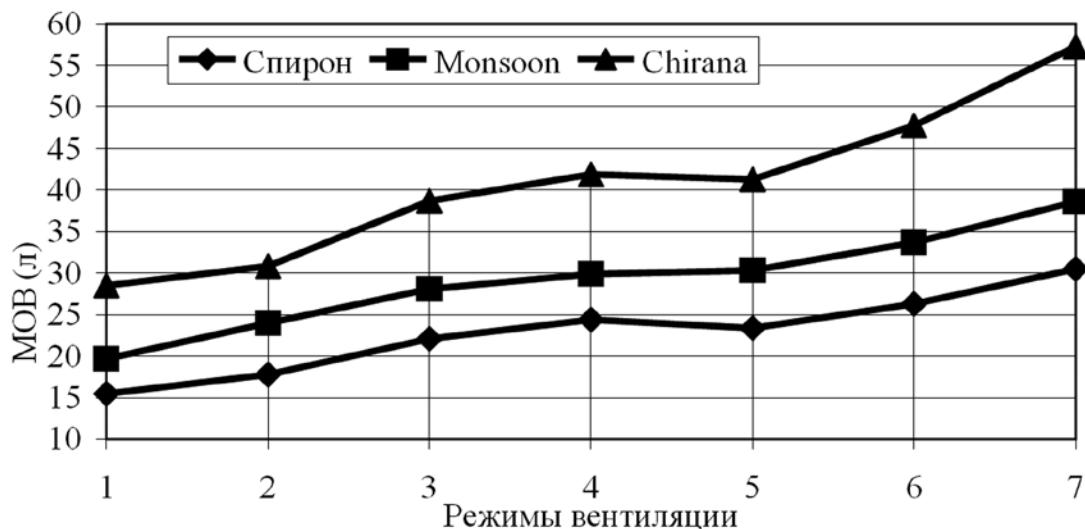


Рис. 1. Показатели МОВ в зависимости от установочных параметров и модели респиратора. Режимы вентиляции: 1 – ЧДЦ 20 1/мин, РД 2 атм, I:E 1:2; 2 – ЧДЦ 120 1/мин, РД 1,5 атм, I:E 1:2; 3 – ЧДЦ 120 1/мин, РД 2 атм, I:E 1:2; 4 – ЧДЦ 120 1/мин, РД 2,5 атм, I:E 1:2; 5 – ЧДЦ 180 1/мин, РД 2 атм, I:E 1:2; 6 – ЧДЦ 120 1/мин, РД 2 атм, I:E 1:1; 7 – ЧДЦ 120 1/мин, РД 2 атм, I:E 2:1

(ВНИИМП, Москва) на выбранных режимах МОВ колебался от 15,5 до 57,3 л (рис. 1). Увеличение каждого установочного параметра приводило к возрастанию МОВ. Наибольшие отличия отмечались на режимах, создающих максимальные значения МОВ. Так, например, в режиме 7 они составили 26,8 л. При постоянной ЧДЦ и изменении РД и отношения I: E также имелись значительные различия в результирующих показателях МОВ (режимы 2, 3, 4, 6 и 7 на рис. 1) [2, 3, 4].

Как показали наши эксперименты, наибольшее влияние на результирующие значения МОВ оказывает внутренний диаметр катетера. Катетер с внутренним диаметром 1,4 мм по сравнению с 2 мм существенно снижает МОВ. Полученные результаты свидетельствуют, что увеличение длины катетера и уменьшение его диаметра может приводить к снижению МОВ в 2 и более раза по сравнению с исходными значениями (рис. 2) [3, 4].

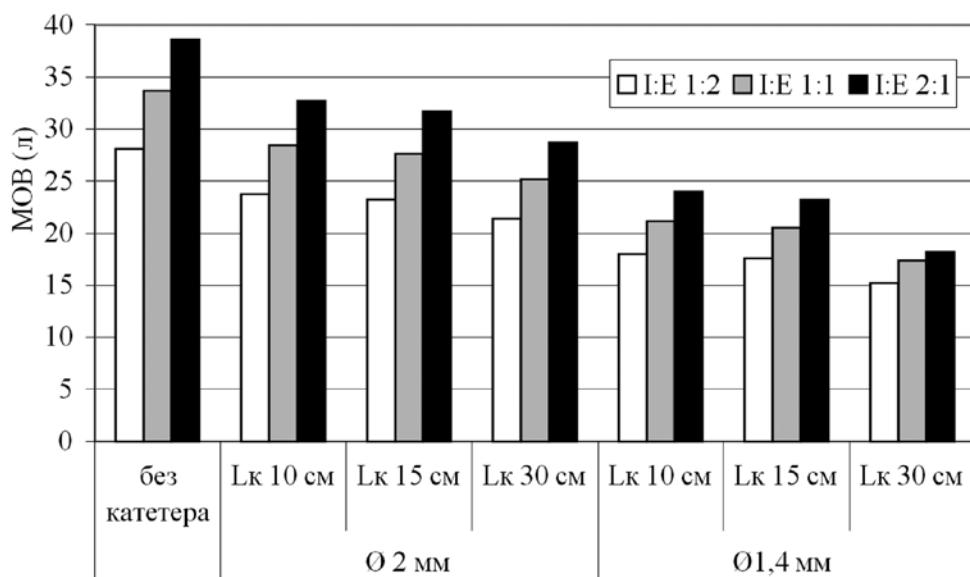


Рис. 2. Показатели МОВ респиратора Monsoon «Acutronic» при вентиляции через катетеры с внутренним диаметром (Ø) 1,4 и 2 мм, длиной (Lk) 10, 15 и 30 см с различным отношением I:E (1:2, 1:1, 2:1), ЧДЦ 120 1/мин и РД 2 атм

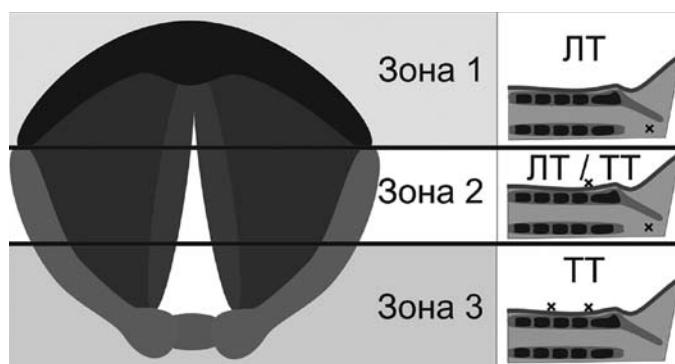


Рис. 3. Выбор способа введения инсуффлирующего катетера в зависимости от локализации патологического образования. Схематическое изображение ларингоскопической картины гортани (слева). Зона 1 – область передней комиссюры, надгортанник, гортанные желудочки, валекулы, основание языка. Зона 2 – вестибулярные складки, средняя треть голосовых складок, глоточно-надгортанные складки. Зона 3 – задняя комиссюра, черпаловидно-надгортанные складки, черпаловидные хрящи, задняя стенка гортани. Способы (ЛТ – ларинготрахеальный и ТТ, ТТ – транстрахеальный) и точки («х») введения инсуффлирующего катетера при различной локализации патологического образования (справа)

Выбор способа струйной чреспкатетерной вентиляции легких при эндоскопических операциях на гортани и верхних отделах трахеи, по нашему мнению, должен определяться локализацией патологического образования (рис. 3), наличием стеноза, его тяжестью, протяженностью, зоной и видом эндоскопического вмешательства (диагностическое, хирургическое обычное или с использованием лазерного инструментария). Поэтому анестезиолог должен работать в тесном контакте с оториноларингологом не только на этапе periоперационного анестезиологического обеспечения, но и предоперационного обследования. Остановимся на некоторых важных, на наш взгляд, рекомендациях, повышающих безопасность использования СВ в ларингоскопической хирургии.

В экспериментах на модели легких мы осуществляли высокочастотную СВ (ВЧСВ) с ЧДЦ 1001/мин с различными значениями МОВ (12,5–26 л) респиратором Monsoon «Acutronic» в условиях моделирования стеноза гортани. Мы изучали критические стенозы, которые создают анестезиологу наибольшие проблемы для респираторной поддержки во время эндоларингеального вмешательства. Диаметр модельных стенозов составил 3, 4 и 5 мм, а их протяженность ( $L_c$ ) — 1, 10 и 20 мм. К рабочей магистрали присоединяли инсуффлирующий катетер с внутренним диаметром ( $\varnothing$ ) 1,4 мм и длиной ( $L_k$ ) 10 см в случае транстрахеального (ТТ) введения и  $L_k$  30 см при ларинготрахеальном (ЛТ) введении. Результаты измерений давления внутри модели ( $P_{Vm}$ ) представлены на рисунке 4 [3, 4].

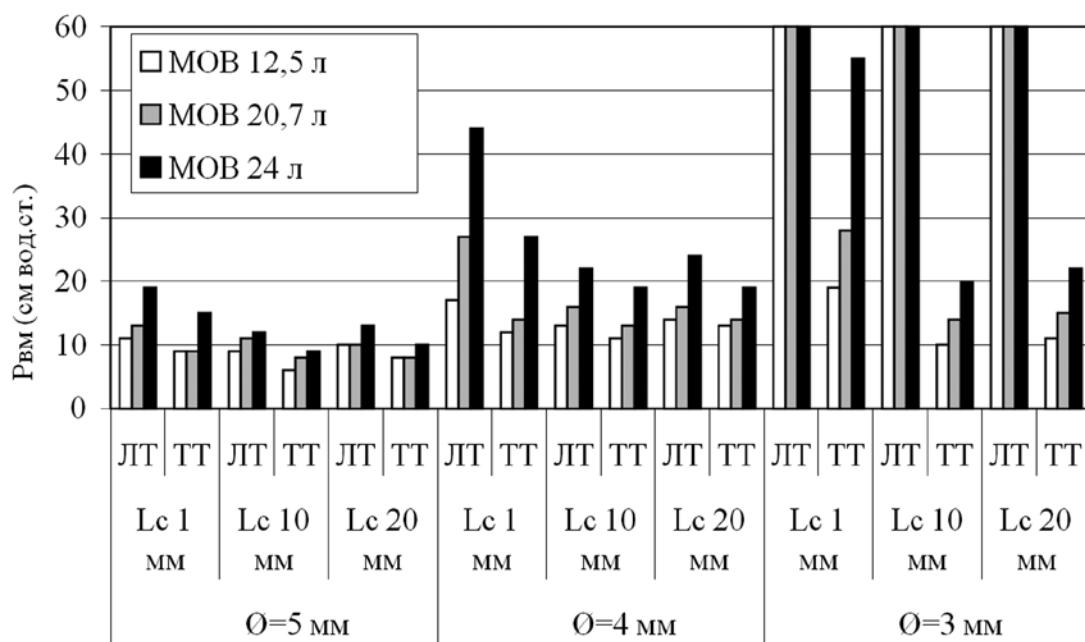
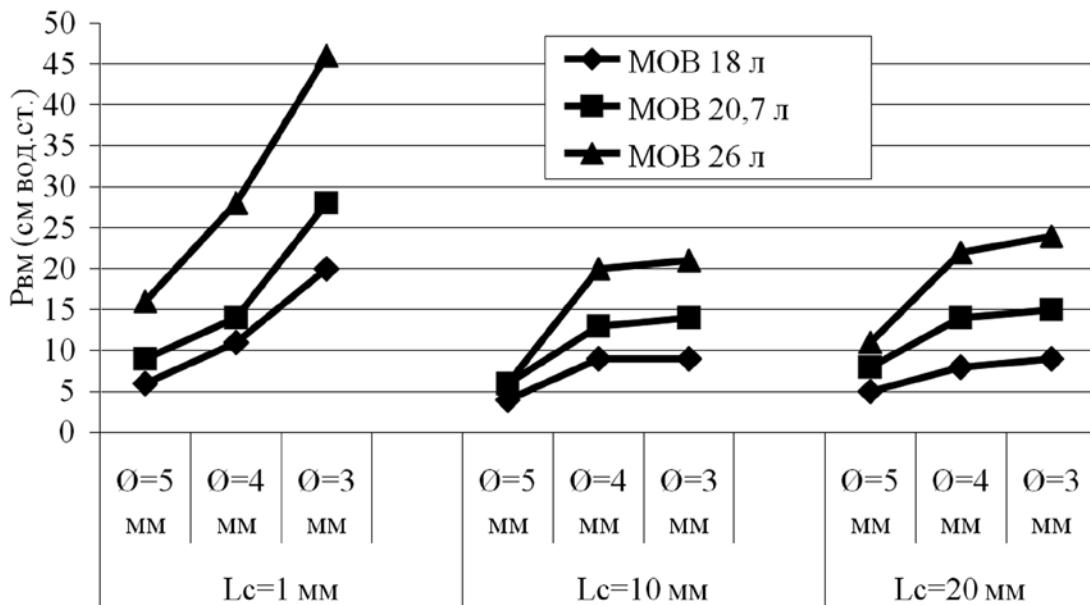


Рис. 4. Показатели  $P_{Vm}$  (см вод. ст.) при ларинготрахеальной (ЛТ) и транстрахеальной (ТТ) СВ с различными значениями МОВ при стенозах  $\varnothing$  3–5 мм протяженностью ( $L_c$ ) 1, 10 и 20 мм в условиях технического эксперимента



**Рис. 5. Зависимость Рвм от протяженности стеноза (Lc) при СВ с различными значениями МОВ через ТТ катетер Ø 1,4 мм и Lк 10 см**

При СВ через ТТ катетер показатели Рвм оказались меньше, чем через ЛТ катетер. Это вполне объяснимо, так как при ТТ СВ не создается дополнительного препятствия для пассивного выдоха. При ограничении выдоха за счет сужения просвета дыхательных путей внутрилегочное давление может значительно возрастать. Максимальные значения Рвм при диаметре дыхательной щели 4 и 5 мм достигали 30 см вод. ст., в то время как Рвм при ЛТ введении катетера через сужение Ø 3 мм находились в пределах 30–80 см вод. ст. и выше, что создает угрозу баротравмы легких. ТТ введение катетера позволяло сохранить существующий просвет для выдоха, поэтому значения Рвм находились в пределах 9–22 см вод. ст. при стенозах протяженностью 10–20 мм. В результате экспериментов было установлено, что при ЧДЦ 20 1/мин показатели Рвм были на 5–30% выше, чем при ЧДЦ 100 1/мин и одинаковых значениях РД и Твд [2, 4]. Это свидетельствует о том, что низкочастотные режимы при стенозах ДП должны использоваться крайне осторожно. Вдох следует осуществлять только после завершения выдоха.

В ходе технических экспериментов было показано, что при стенозах Ø 3 и 4 мм показатели Рвм на некоторых режимах СВ достигали критических величин [3, 4]. В клинической практике это может сопровождаться перераздуванием легких с развитием пневмоторакса или пневмомедиастинаума [6]. Следует также помнить о том, что незавершенный выдох при СВ у больных со стенозами гортани может сопровождаться значительным повышением

давления в легких в течение всего дыхательного цикла с последующими гемодинамическими расстройствами.

Важным результатом наших технических экспериментов было доказательство того, что на Рвм оказывает влияние протяженность сужения ДП (рис. 5). Наибольшие показатели Рвм регистрировали при стенозах Lc 1 мм, в то время как при Lc 10–20 мм были минимальные отличия в Рвм, хотя протяженность стеноза отличалась в 2 раза. Полученные результаты свидетельствуют о том, что необходимо учитывать особенности стеноза, то есть не только его просвет, но и протяженность. При значительных стенозах диаметром менее 5 мм, особенно при «мембранный» форме (1 мм) безопаснее использовать ТТ ВЧСВ [3, 4].

По нашему мнению, безопасность респираторной поддержки с использованием СВ достигается правильным выбором способа введения инсуффлирующего катетера и применением широкого диапазона режимов вентиляции. При диагностической прямой ларингоскопии у пациентов без признаков стеноза гортани или верхних отделов трахеи предпочтительнее проводить СВ легких через ларинготрахеальный (ЛТ) катетер, а при хирургических эндоскопических вмешательствах в этих случаях и наличии стеноза 1-й степени возможна СВ как через ЛТ, так и ТТ инсуффлирующий катетер, но при стенозе 2-й степени — только через ТТ катетер [4].

Для достижения безопасности осуществления ТТ СВ при плановом эндоскопическом вмешательстве на гортани необходимо строгое соблюдение протокола её выполнения. Основные положения

протокола включают показания, ограничения, мониторинг, а также порядок действий при возникновении осложнений. Внедрение протокола в клинику кафедры оториноларингологии СПбГМУ им. И. П. Павлова позволило резко снизить количество осложнений при использовании Св.

При нормальной проходимости ДП возможно применение как высокочастотного (ВЧ), так и нормочастотного (НЧ) режима СВ с РД до 4 атм, инспираторным временем до 50%, что обеспечивает МОВ до 50 л. При стенозе 1-й степени допустимо применение ВЧ или НЧ режима СВ с РД до 2,5 атм, инспираторным временем от 20 до 50% и МОВ от 20 до 50 л, однако желателен контроль внутритрахеального давления (Ртр). При стенозе 2-й степени предпочтительно применение высокочастотного режима струйной вентиляции с РД до 2,5 атм, МОВ до 20 л, инспираторным временем (Твд%) от 20 до 35%. Индивидуальный подбор режима СВ осуществляется установочными параметрами, включающими ЧДЦ, РД и Твд% или I: E. Установив первоначально ЧДЦ и Твд, РД необходимо повышать постепенно от 0,5 атм до 1,5–2,5 атм до достижения МОВ (л), рассчитанного по формуле  $0,2 \times M$  (масса тела в кг) [1]. Для этого необходимо иметь данные предварительного тестирования струйного респиратора на режиме с выбранными установочными параметрами и использованием конкретного инсуффлирующего катетера. Обязательно следует осуществлять мониторинг Ртр и SpO<sub>2</sub>, а также контроль экскурсий грудной клетки, показателей ЧСС, АД и ЭКГ [4].

Многолетняя практика показала, что наибольшая безопасность лазерных эндоскопических вмешательств на гортани в отношении термических

осложнений достигается применением контактного лазерного инструментария и расположением инсуффлирующего катетера вне зоны воздействия [5]. Для этого анестезиолог должен быть знаком с характером патологического объекта, его распространенностью и планируемым объемом вмешательства. Необходимо заранее знать протяженность образования и располагать катетер, таким образом, чтобы исключить его случайный контакт с лазерным инструментарием. В такой ситуации ТТ СВ дает несомненные преимущества, так как введение катетера ниже объекта вмешательства исключает его повреждение лазером.

Наши клинические исследования показали возможность эффективной ВЧСВ с достижением адекватного газообмена у больных с сопутствующей патологией легких, системы кровообращения и ожирением (табл. 1). По нашему мнению, умеренные цифры ауто-ПДКВ (положительного давления в конце выдоха), сопровождающие ВЧСВ благоприятны у больных с перечисленной патологией. ВЧ режим СВ, за редким исключением, обеспечивает гарантированную оксигенацию артериальной крови, а ЧДЦ 100–120 1/мин не сопровождается повышением  $p_aCO_2$ . В то же время мы столкнулись с некоторыми техническими проблемами реализации ВЧСВ у больных с ожирением, у которых из-за ограничения движений диафрагмы для изменения объема легких необходимы экскурсии грудной клетки в передне-заднем направлении. Однако опорная ларингоскопия с упором на грудину может существенно нарушить или полностью исключить эти экскурсии. Поэтому у больных с ожирением 2-й и 3-й степени в случае невозмож-

Таблица 1  
Показатели pH,  $p_aCO_2$ ,  $p_aO_2$  и SpO<sub>2</sub> у больных повышенного риска во время эндоскопических вмешательств на гортани с применением ВЧСВ с  $FiO_2 1,0$  и  $\leq 0,5$

Режим	Показатели	Патология M ± SD (min; max)			Без патологии M ± SD (min; max)
		Легкие	Кровообращение	Ожирение	
СД	pH	7,38 ± 0,05 (7,25; 7,48)	7,39 ± 0,05 (7,28; 7,48)	7,40 ± 0,05 (7,31; 7,48)	7,40 ± 0,04 (7,28; 7,49)
	$p_aCO_2$ мм рт. ст.	40,3 ± 4,46 (30,4; 49,8)	40,5 ± 3,8 (30,4; 50,0)	38,5 ± 4,5 (32,2; 55,2)	40,0 ± 4,1 (26,6; 53,1)
	$p_aO_2$ мм рт. ст.	78,9 ± 11,3 (53,3; 101,0)	80,9 ± 11,7 (45,8; 113,6)	82,3 ± 9,9 (63,3; 99,7)	83,5 ± 10,6 (56,7; 112,1)
ВЧСВ <sub>1,0</sub> ( $FiO_2 1,0$ )	pH	7,38 ± 0,07 (7,20; 7,55)	7,41 ± 0,05 (7,31; 7,53)	7,40 ± 0,05 (7,27; 7,55)	7,41 ± 0,06 (7,27; 7,54)
	$p_aCO_2$ мм рт. ст.	41,4 ± 6,6 (23,8; 57,1)	40,5 ± 5,1 (22,4; 54,3)	41,3 ± 7,1 (31,3; 63,9)	39,8 ± 5,5 (24,0; 51,0)
	$p_aO_2$ мм рт. ст.	190,3 ± 46,2 (102,7; 280,0)	183,9 ± 43,3 (89,8; 298,8)	178,3 ± 43,1 (90,2; 298,8)	186,8 ± 49,1 (83,5; 332,4)
ВЧСВ <sub>&lt;0,5</sub> ( $FiO_2 \leq 0,5$ )	pH	7,39 ± 0,06 (7,17; 7,55)	7,40 ± 0,06 (7,29; 7,56)	7,38 ± 0,05 (7,26; 7,48)	7,41 ± 0,05 (7,31; 7,57)
	$p_aCO_2$ мм рт. ст.	40,1 ± 7,02 (20,5; 56,5)	39,4 ± 5,6 (20,5; 54,7)	41,3 ± 6,2 (33,4; 62,3)	39,4 ± 6,1 (15,0; 54,7)
	$p_aO_2$ мм рт. ст.	115,6 ± 34,6 (50,7; 203,)	123,9 ± 29,2 (55,8; 194,8)	123,8 ± 36,0 (52,9; 189,3)	138,2 ± 45,0 (73,0; 298,8)

СД – самостоятельное дыхание; ВЧСВ<sub>1,0</sub> – высокочастотная струйная вентиляция с  $FiO_2 1,0$ ; ВЧСВ<sub><0,5</sub> – ВЧСВ с  $FiO_2 \leq 0,5$

ности достичь нормальные показатели оксигенации, что мониторируется с помощью пульсоксиметрии ( $\text{SpO}_2$ ), при выполнении указанной последовательности индивидуального подбора режима СВ необходимо осуществить следующий порядок действий. Во-первых, следует заменить опорную ларингоскопию на подвесную, во-вторых, при использовании ТТ СВ перейти на ЛТ СВ с использованием катетера большего диаметра, в-третьих, в случае применения ВЧСВ попробовать перейти на нормочастотную СВ, в-четвертых, повысить фракцию подаваемого кислорода в дыхательной смеси ( $\text{FiO}_2$ ) более 0,5 и, наконец, при неэффективности всего перечисленного выполнить интубацию трахеи ЭТТ и проводить традиционную ИВЛ легких. В большинстве случаев удавалось обеспечить адекватную вентиляцию легких с помощью первых двух действий.

У больных со сниженными резервами систем органов дыхания и кровообращения следует избегать даже кратковременных периодов гипоксемии и гиперкапнии, для чего необходимо как можно быстрее устанавливать операционный ларингоскоп и подбирать установочные параметры СВ, обеспечивающие эффективный МОВ.

## ВЫВОДЫ

1. Для эффективного использования во время эндоларингеальных вмешательств чрескатетерной струйной вентиляции легких анестезиолог должен протестировать применяемый респиратор вместе с катетером на результирующие показатели минутного объема вентиляции.
2. Чрескатетерная струйная высокочастотная вентиляция может применяться при стенозах гортани с диаметром до 3–5 мм. Однако особую осторожность в отношении баротравмы легких следует проявлять при мембранных стенозах.
3. Для предупреждения осложнений транстрахеальной струйной вентиляции необходимо строго соблюдать протокол её выполнения и использовать только в тех случаях, когда без неё нельзя обойтись.
4. Струйная чрескатетерная вентиляция легких обеспечивает адекватный газообмен у больных с патологией легких, кровообращения и ожирением.

## ◆ Информация об авторах

**Колотилов Леонид Вадимович** – к.м.н., доцент кафедры анестезиологии-реаниматологии и неотложной педиатрии ФПК и ПП. ГБОУ ВПО СПбГМУ Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: leon956@yandex.ru.

**Павлов Владимир Евгеньевич** – к.м.н., анестезиолог-реаниматолог клиники оториноларингологии. ГБОУ ВПО СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России. 197022, Санкт-Петербург, ул. Толстого, д. 6/8. E-mail: pavlov-vladimir2007@yandex.ru.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колотилов Л.В. Высокочастотная вентиляция легких как компонент анестезиологического обеспечения эндоларингеальных микрохирургических вмешательств (Экспериментально-клиническое исследование): Автореф. дисс... канд. мед. наук. – Л., 1988. – 22 с.
2. Колотилов Л.В., Павлов В.Е. Экспериментально-техническое обоснование выбора режимов чрескатетерной струйной высокочастотной вентиляции легких для эндоскопических вмешательств по поводу стенозов гортани // Эфферентная терапия. – 2011. – № 4, том 18. – С. 45–49.
3. Павлов В.Е. Респираторная поддержка при анестезиологическом обеспечении эндоскопических микрохирургических вмешательств по поводу стенозов гортани: Автореф. дисс... канд. мед. наук. – СПб., 2011. – 19 с.
4. Павлов В.Е., Колотилов Л.В. Стенозы гортани как анестезиологическая проблема эндоларингеальной микрохирургии // Российская оториноларингология. – 2011. – № 1(50). – С. 126–128.
5. Плужников М.С., Карпищенко С.А., Рябова М.С. Контактная лазерная фонокардиография. СПб.: Эскулап, 2005. – 194 с.
6. Cook T.M., Alexander R. Major complications during anaesthesia for elective laryngeal surgery in the UK: a national survey of the use of high-pressure source ventilation // Br.J. Anaesth. – 2008. – Vol. 101, N 2. – P. 266–272.

## CHARACTERISTICS OF RESPIRATORY SUPPORT IN ANESTHESIA OF ENDOLARYNGEAL OPERATIONS

Kolotilov L.V., Pavlov V.Ye.

◆ **Resume.** The article presents the practical aspects of jet ventilation (JV) methods usage during the anesthesiological support of endolaryngeal operations. The recommendations for the selection of JV methods and regimes subject the form of pathologic object, degree of its manifestation, localization, and also mode of endosurgical operation are given. The possibilities of JV complications prevention are discussed.

◆ **Key words:** jet ventilation of lungs; endolaryngeal surgery; complications.

**Kolotilov Leonid Vadimovich** – MD, PhD, Associate Professor. Department of Anaesthesiology-Reanymatology. Saint-Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: leon956@yandex.ru.

**Pavlov Vladimir Yevgenyevich** – MD, PhD, Anaesthesiologist-reanimator of Clinical Otorhinolaringology. I.P. Pavlov State Medical University. 6/8, Tolstoy St., St. Petersburg, 197022, Russia. E-mail: pavlov-vladimir2007@yandex.ru.