

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Авдеев С. В.* Анестезиологическое обеспечение при операциях резекции печени. Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Москва, 2003.
2. *Бунятян А. А.* Руководство по анестезиологии. М.; 2003. 77—8.
3. *Вишневский В. А., Кубышкин В. А., Чжао А. В., Икрамов Р. З.* Операции на печени. Руководство для хирургов. М.: "МИКЛЮШ"; 2003.
4. *Гусев Е. Ю., Черешнев В. А., Юрченко Л. Н.* Системное воспаление с позиции теории типового патологического процесса. "Цитокины и воспаление" 2007; 4.
5. *Дж. Эдвард Морган-мл., Мэвид С. Михаил.* Клиническая анестезиология: Пер. с англ. / Под ред. акад. РАМН А. А. Бунятяна. М.: "Бином"; 2006.
6. *Лихванцев В. В., Смирнова В. И., Вишневский В. А., Озерова Н. В., Ситников А. В., Субботин В. В.* Анестезиологическое обеспечение операций на печени. *Анналы хирургической гепатологии* 1998; 3 (1): 117—26.
7. *Маркелова Е. В., Костошко А. В., Красников В. Е.* Патогенетическая роль нарушений в системе цитокинов при инфекционно-воспалительных заболеваниях. *Тихоокеанский медицинский журнал* 2008; 3: 24—9.
8. *Плоткин Л. Л., Конрад А. Б.* Влияние анестезиологического пособия на функциональное состояние печени. *Анналы хирургической гепатологии* 2011: 99—106.
9. *Хаитов Р. М., Пинегин Б. В.* Изменение иммунитета при хирургических вмешательствах. *Анналы хирургической гепатологии* 1998; 3 (2): 100—10.
10. *Antonella Crescenti, Giovanni Borghi, Elena Bignami, Gaia Bertarelli, Giovanni Landoni, Giuseppina Maria Casiraghi, Alberto Briganti, Francesco Montorsi, Patrizio Rigatti, Alberto Zangrill* Intraoperative use of tranexamic acid to reduce transfusion rate in patients undergoing radical retropubic prostatectomy: double blind, randomised, placebo controlled trial. *BMJ* 2011; 343—7.
11. *Antonia Dalmau, Antoni Sabate, Fernando Acosta, Lucia Garcia-Huete, Maylin Koo, Toma's Sansano, Antoni Rafecas, Juan Figueras, Eduard Jaurrieta, Pascual Parrilla.* Tranexamic Acid Reduces Red Cell Transfusion Better than e-Aminocaproic Acid or Placebo in Liver Transplantation. *Anesth. Analg.* 2000; 91: 29—34.
12. *Richard Stuempfle, Angela Riga, Rahul Deshpande, Satvinder Singh Mudan, Ravishankar Rao Baikady.* Anaesthesia for metastatic liver resection surgery. *Current Anaesthesia & Critical Care* 2009; 20: 3—7.
13. *Reis F. M., Ribeiro-de-Oliveira A. Jr., Machado L., Guerra R. M., Reis A. M., Coimbra C. C.* Изменения пролактин и глюкозы в плазме, индуцированные хирургическим стрессом: единая или двойственная реакция? *Научный обзор. "Медицина неотложных состояний"* 2008; 5 (18).
14. *Kanaoka Y, Yagi T, Sadamori H, Matsukawa H, Matsuda H, Inagaki M, Ishikawa T, Saito S, Iwagaki H, Tanaka N.* Analysis of Host Response to Hepatectomy by Simultaneous Measurement of Cytokines in the Portal Vein, Caval Vein and Radial Artery. *The Journal of International Medical Research.* 2002; 30: 496—505.

Поступила 10.12.12

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2013

УДК 617-089.5:615.816.2]:617.541-089

**М. А. Выжигина, В. М. Мизиков, В. А. Сандриков, М. В. Лукьянов, В. А. Титов, С. Г. Жукова, В. Д. Паршин, О. С. Рябова, О. А. Курилова, А. В. Алексеев, А. А. Бунятян**

### **СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕСПИРАТОРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ТОРАКАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ. ТРАДИЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ (опыт более 2 тыс. анестезий)**

*ФГБУ Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского РАМН, Москва*

*Впервые в сравнительном аспекте изучены гемодинамика, газообмен и метаболические функции легких у больных с сопутствующими заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой систем во время различной анестезии, традиционной ИВЛ, ИОВ и ДИВЛ, разработана методика респираторной поддержки с использованием ВЧ ИВЛ и СРАР во время основного этапа торакальных операций у пациентов с тяжелой сопутствующей патологией кардиореспираторной системы. Разработаны показания к применению ДИВЛ в торакальной хирургии.*

**Ключевые слова:** *анестезия в торакальной хирургии, ИВЛ, высокочастотная вентиляция легких, постоянное положительное давление в дыхательных путях, легочная гемодинамика, газообмен, системная гемодинамика*

#### **RESPIRATORY SUPPORT IN ANAESTHETIC MANAGEMENT FOR THORACIC SURGERY AND THEIR COMPARATIVE CHARACTERISTICS: OVER 2000 ANAESTHESIA EXPERIENCE**

*Vyzhigina M.A., Mizikov V.M., Sandrikov V.A Lukyanov M.V., Titov V.A., Zhukova S.G., Parshin V.D., E.A., Ryabova O.S., Kurilova O.A., Alekseev A.V., Bunyatyan A.A.*

*Federal State Budgetary Institution Petrovsky National Research Center of Surgery under the Russian Academy of Medical Sciences, Moscow*

*The article deals with the first comparative study of haemodynamics, gas exchange, and metabolic lung function in patients with underlying respiratory and cardiovascular diseases. Different anaesthesia and ventilation (conventional AVL, OLV, differentiated ALV) techniques were used. Respiratory support methodology with the use of HFV or CPAP during the main phase of thoracic surgery in patients with severe associated cardio-respiratory diseases was developed. Indications for differentiated ALV in thoracic surgery were developed.*

**Key words:** *thoracic anaesthesia, artificial lung ventilation (ALV), one-lung ventilation (OLV), high-frequency ventilation (HFV), continuous positive airway pressure (CPAP), pulmonary haemodynamics, gas exchange, systemic haemodynamics*

В РНЦХ им. акад. Б. В. Петровского торакальная хирургия относится к одному из наиболее приоритетных

направлений. Анестезиологическое обеспечение этой области хирургии должно быть высокотехнологично, основано на фундаментальных исследованиях. Особенности анестезиологического обеспечения операций на легких, трахее и бронхах обусловлены высокой травматичностью, необходимостью выключения и коллабирования

#### **Информация для контакта:**

Выжигина Маргарита Александровна (Vyzhigina Margarita Aleksandrovna). E-mail: scorpi1999@mail.ru

(постоянной санации) оперируемого легкого по абсолютным либо относительным показаниям [3, 4, 7], длительным широким вскрытием дыхательных путей при их резекции и реконструкции [5], тяжелым исходным состоянием пациентов в связи с основной хирургической патологией либо с сочетанными заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой систем [6].

Отдел анестезиологии, руководимый академиком РАМН А. А. Бунятяном, с 1975 г. по настоящее время разрабатывает методы анестезии и респираторной поддержки в торакальной хирургии на основании изучения состояния легочной и системной гемодинамики, особенностей транскапиллярного массообмена и диффузии легких [1, 3, 4, 7, 12].

Изучены особенности влияния различных методов анестезии на названные функции в процессе торакальных операций и разработаны пути оптимизации газообмена посредством чередования внутривенных и ингаляционных современных методик анестезии, в том числе в сочетании с эпидуральным компонентом на этапах операций [1, 2, 8—10]. Разработаны и адаптированы к условиям торакальных хирургических вмешательств специальные способы респираторной поддержки с применением струйной высокочастотной вентиляции и постоянного положительного давления в дыхательных путях (СРАР), разработана методика селективной аппликации указанных методов респираторной поддержки к независимому и зависимому легкому в соответствии с вариантом хирургической операции и видом преимущественного исходного поражения легких (рестриктивного или обструктивного типа) [11].

Исследования были поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований в течение 4 лет. Результаты исследований представлены 2 докторскими и 8 кандидатскими диссертациями, 3 монографиями, а также регулярными отчетами по программным тематикам РНЦХ РАМН в Академии медицинских наук и регулярными публикациями в центральных научных журналах.

Целью настоящей публикации является анализ и результаты предлагаемой концепции вентиляционного обеспечения для торакальной хирургии.

Концепция была составлена на основе патофизиологических исследований с целью достижения оптимальной диффузионной способности легких с учетом внекапиллярной диффузии, внутрилегочной, внутрисердечной и системной гемодинамики, изучения в сравнительном аспекте легочной и системной гемодинамики, газообмена и метаболических функций легких у больных с сопутствующими заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой систем. Применены на этапах операций и изучены традиционная ИВЛ, струйная высокочастотная (ВЧ) ИВЛ, искусственная однологочная вентиляция (ИОВ) с коллабированием оперируемого легкого, а также специальные формы респираторной поддержки — раздельная независимая или дифференцированная ИВЛ (ДИВЛ) с использованием струйной ВЧ респираторной поддержки (ВЧ ИОВ) (рис. 1) и СРАР (рис. 2 на вклейке) для оперируемого легкого на этапах торакальных операций, особенно у пациентов с тяжелой сопутствующей патологией кардиореспираторной системы.

Исследование системной и легочной гемодинамики проводили методами репульмональной (ПТ) и транспульмональной (ТТ) термодилуции. Для оценки показа-



Рис. 1. Схема проведения дифференцированной (или раздельной независимой) вентиляции с применением высокочастотной струйной респираторной поддержки для независимого легкого (ДИВЛ).

телей системной гемодинамики и волеического статуса пациента проводили ТТ прибором PICCOplus ("Pulsion Medical Systems", Германия) путем катетеризации бедренной артерии катетером с термистором PICCO 5F 20 см. Для контроля легочной гемодинамики и функции правых и левых отделов сердца использовали ПТ с помощью катетера Swan—Ganz REF, дистальный канал которого присоединяли к монитормому блоку-приставке PICCOplus VolEF той же фирмы (рис. 3, 4 на вклейке).

Исследования выполнены более чем у 2 тыс. пациентов, оперированных в отделении хирургии легких и органов средостения РНЦХ по поводу опухолевых, воспалительных (специфических и неспецифических) заболеваний легких, финальной стадии хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), трахеи и бронхов.

Основными сопутствующими заболеваниями дыхательной системы были пневмосклероз, эмфизема, бронхиальная астма и хронический бронхит тяжелого течения. У 48,1% пациентов были выявлены существенные нарушения показателей ФВД, которые соответствовали ДН II—III степени преимущественно по рестриктивному или обструктивному типу. У 27,8% пациентов анамнестически и по данным предоперационного исследования кроме ДН II—III степени были выявлены заболевания сердечно-сосудистой системы (хроническая ИБС, гипертоническая болезнь II—III стадии, разные нарушения ритма, инфаркт миокарда в анамнезе, кардиомиопатия).

Методы общей анестезии и респираторной поддержки применяли в соответствии с принципом альтернирования методов анестезии и ИВЛ в зависимости от вида и этапа хирургического вмешательства [2, 9].

Все используемые методики были многокомпонентными на основе ингаляционного (закаись азота [4, 9], изофлюран, севофлюран [10], либо внутривенного — кетамин [4, 9], пропофола, в том числе с эпидуральным блоком как компонентом анестезии [8]).

Для разделения дыхательных каналов обоих легких использовали по показаниям как 2-просветные (Карленса, Уайта), так и однопросветные (Макинтоша, Гордон—Грина) интубационные трубки.

Работали на аппаратах для традиционной вентиляции Anemat-mini ("Chirana", Словакия), Julian и Fabius ("Draeger", Германия). Для струйной ВЧ-вентиляции использовали отечественные аппараты Спирон-601 (ВНИИМП), "Бриз" (МОНИКИ), а также Acutronic МК-850 ("Medata", Швеция) и Monsoon ("Acutronic", Швейцария).

СРАР-поддержку проводили с помощью специальной установки, разработанной в РНЦХ РАМН совместно с проф. Ю. С. Гальпериным (ВНИИМП).

Гемодинамика, газообмен и кислородтранспортная функция крови по группам и режимам вентиляции ( $M \pm m$ )

Параметр	Без сопутствующих заболеваний			1-я группа (ДН II—III)			2-я группа (ДН II—III + ССН)		
	ИВЛ	ИОВ	ДИВЛ	ИВЛ	ИОВ	ДИВЛ	ИВЛ	ИОВ	ДИВЛ
$P_aCO_2$ , мм рт. ст.	34 ± 2	38 ± 1,4	30,7 ± 2,5**	37 ± 2	43 ± 1,8	35 ± 1,2**	38,2 ± 1,7	52 ± 2*	34 ± 1,5**
$P_aO_2$ , мм рт. ст.	309 ± 34	207 ± 17	317 ± 25**	180 ± 12	112 ± 10	239 ± 12**	104 ± 10	77 ± 9*	146 ± 9**
$FiO_2$	0,3 ± 0,07	0,7 ± 0,1	0,61 ± 0,08	0,5 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,61 ± 0,1	0,7 ± 0,07	0,8 ± 0,09	0,71 ± 0,07
V/Q	0,81 ± 0,07	0,33 ± 0,07*	1,18 ± 0,1**	0,6 ± 0,01	0,4 ± 0,06*	0,6 ± 0,03**	0,57 ± 0,07	0,3 ± 0,07*	0,7 ± 0,05**
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	3,3 ± 0,3	3,6 ± 0,2	3,5 ± 0,2	2,3 ± 0,1	3 ± 0,1	3,4 ± 0,2**	2 ± 0,09	1,67 ± 0,08*#	2,64 ± 0,1**
ДЗ, мм рт. ст.	7,5 ± 1,6	6,96 ± 0,8	5,4 ± 0,7	10,8 ± 1	10,6 ± 0,5	10,2 ± 1	9,4 ± 1	13,3 ± 1*	9 ± 0,6**
РПЖ, кг · м/м <sup>2</sup>	0,53 ± 0,01	0,63 ± 0,08*	0,5 ± 0,04**	0,5 ± 0,03	0,8 ± 0,02*	0,9 ± 0,02**	0,4 ± 0,04	0,3 ± 0,01*	0,5 ± 0,03**
НКПЖ, гм/мм/м <sup>2</sup>	1,3 ± 0,4	1,1 ± 0,3	1,3 ± 0,2	0,9 ± 0,06	1,3 ± 0,2	1,5 ± 0,2	0,5 ± 0,02	0,5 ± 0,06	1 ± 0,1**
РЛЖ, кг · м/м <sup>2</sup>	4,8 ± 0,4	6,96 ± 0,27*	5,6 ± 0,3	2,8 ± 0,2	3,3 ± 0,1*	3,9 ± 0,02**	2,3 ± 0,03	0,9 ± 0,07*	3 ± 0,02**
НКЛЖ, гм/мм/м <sup>2</sup>	6,3 ± 1,7	7,4 ± 0,6	9,8 ± 1,6**	3,8 ± 1	4,3 ± 0,8	5,4 ± 1	3,5 ± 0,8	1,6 ± 0,1*	5,4 ± 2**
ДЛА <sub>сист.</sub> , мм рт. ст.	20,6 ± 1	25,3 ± 2*	16,9 ± 0,6**	31 ± 3	41 ± 1*	26 ± 1,5**	27 ± 2,8	29 ± 1,5	23 ± 1,2**
Ra, гмм/л/мин	0,73 ± 0,14	1,29 ± 0,1	0,3 ± 0,03**	0,84 ± 0,3	2,3 ± 0,1*	0,56 ± 0,07**	1,35 ± 0,2	1,5 ± 0,2	0,69 ± 0,02**
Rv, гмм/л/мин	0,52 ± 0,07	0,86 ± 0,02	0,21 ± 0,0**1	0,7 ± 0,02	1,55 ± 0,06*	0,38 ± 0,04**	0,43 ± 0,01	0,79 ± 0,1	0,46 ± 0,1**
Qs/Qt, % от СВ	22,5 ± 2	31 ± 1*	14,2 ± 3**	28 ± 2	45,7 ± 4*	17,8 ± 1**	24,7 ± 2	28,7 ± 2,5	26,7 ± 1
ТО <sub>2</sub> , мл/мин/м <sup>2</sup>	570 ± 39	503 ± 41	595 ± 37	363 ± 16	417 ± 14	510 ± 15**	300 ± 16	194 ± 12*	369 ± 16**
VO <sub>2</sub> , мл/мин/м <sup>2</sup>	158,4 ± 16	112,4 ± 10*	143 ± 22**	69 ± 4	102 ± 8*	135 ± 10	54 ± 4	51 ± 6	92 ± 5**

Примечание. \* —  $p < 0,05$  между ИВЛ и ИОВ, \*\* —  $p < 0,05$  между ИОВ и ДИВЛ, ССН — сердечно-сосудистая недостаточность.

В процессе исследования изучали газы, параметры кислотно-основного состояния (КОС), электролиты, глюкозу, лактат, белок и КОД в артериальной и смешанной венозной крови (ABL-Radiometer-625 фирмы "Radiometer", Дания).

Для мониторинга газов на выдохе и выдохе использовали газоанализаторы наркозно-дыхательных аппаратов.

#### ИВЛ на начальном этапе операции

Основные параметры, характеризующие динамику кровообращения, газообмена и внесосудистой жидкости в легких, в условиях анализируемых способов ИВЛ при торакальных хирургических вмешательствах у пациентов, не имеющих тяжелых сопутствующих заболеваний в системе дыхания и кровообращения, представлены в табл. 1.

В процессе выполнения хирургических манипуляций использование традиционной ИВЛ на основном этапе операции приводит к нарушениям трансапикалярного массообмена, а именно газообменной функции, водного баланса легких, повышению давления в системе легочной артерии, повышению легочных сосудистых сопротивлений и нагрузке на правые отделы сердца, а также к увеличению уровня лактата в оттекающей от легких крови при стабильном уровне лактата в притекающей к легким крови. К завершению операции, выполняемой на вентилируемом легком, отмечается прогрессирование отрицательных эффектов традиционной ИВЛ, которые выражаются в увеличении интерстициальной и клеточной фракции общей внесосудистой жидкости легких (ОВЖЛ), повышении давления легочной артерии (ДЛА), преобладании перфузии над вентиляцией, в росте сосудистых сопротивлений в системе малого круга и увеличении нагрузки на правые отделы сердца, повышении выброса лактата из легких [3, 4, 7, 14].

У пациентов как с сопутствующими заболеваниями дыхательной системы, так и с сопутствующими заболе-

ваниями сердечно-сосудистой и дыхательной систем в исходе при вентиляции обоих легких имеет место снижение вентиляционно-перфузионного отношения (V/Q), высокое общее легочное сопротивление, повышение внутрилегочного шунтирования, снижение показателей сократительной функции правых и левых отделов сердца [3, 4, 6].

#### ИВЛ обоих легких на основном этапе операции

Проведение основного этапа операции в условиях традиционной ИВЛ обоих легких сопровождается резким нарушением V/Q, повышением прекапиллярного и легочно-артериального сопротивлений, легочной гипертензией, депрессией сократительной функции сердца, нарушением метаболизма легочной ткани.

При этом повышаются в сравнении с исходом капиллярное сопротивление до  $0,702 \pm 0,01$  мм рт. ст./л/мин ( $p < 0,05$ ), ДЛА до  $29 \pm 3,3$  мм рт. ст. ( $p < 0,05$ ) и объем легочного шунтирования до  $34,5 \pm 2,6\%$  от МОС ( $p < 0,05$ ). Увеличивается продукция лактата в легких [оттекающая кровь содержит больше лактата: La  $1,3 \pm 0,3$  ммоль/л при исходном уровне  $0,71 \pm 0,2$  ммоль/л ( $p < 0,05$ )]. Лактат в притекающей к легким крови не меняется Lv  $1,21 \pm 0,05$  ( $p < 0,05$ ). Начинается фильтрация белка в интерстиций. Коэффициент фильтрации для белка и жидкости приобретает отрицательное значение. Вдвое увеличивается ОВЖЛ (с  $2,1 \pm 0,18$  мл/кг в исходе до  $4,4 \pm 0,6$  мл/кг,  $p < 0,05$ ). Это создает повышенную нагрузку для правого сердца с повышением работы правого желудочка (РПЖ) с  $0,46 \pm 0,01$  до  $0,67 \pm 0,08$  кг · м/м<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ). Индекс оксигенации уменьшается до  $286 \pm 14$  ( $p < 0,05$ ). Такие достаточно грубые нарушения гомеостаза являются следствием прямого хирургического механического травмирующего легкого воздействия.

Следовательно, механическая травма вентилируемого независимого легкого при выполнении хирургических

манипуляций вызывает выраженные нарушения легочной гемодинамики и увеличение нагрузки на правые отделы сердца, такие же, как и коллапс независимого легкого. Это важное наблюдение подтверждает справедливость применения приема выключения из вентиляции независимого легкого при проведении операций в торакальной хирургии [3, 4, 7].

*ИОВ с коллабированием независимого легкого в условиях атаралгезии, и FiO<sub>2</sub> 0,3—0,5 (N<sub>2</sub>O:O<sub>2</sub> = 2:1, 1:1) (рис. 5, на вклейке).*

В этих условиях развивалось выраженное снижение V/Q на 50% (от 0,8 ± 0,07 до 0,33 ± 0,07), что приводило к возрастанию артериовенозного шунта (Os/Ot) в 3,7 раза и снижению P<sub>a</sub>O<sub>2</sub> на 43%. В результате развивалась констрикция пре- (Ra) и постальвеолярных (Rv) капилляров на 77 и 65% соответственно. Повышалось ДЛА, почти на 40%, на 265% увеличивалось легочно-артериолярное сопротивление (ЛАС) — с 95,7 ± 0,9 до 253,5 ± 27,2 дин/с · см<sup>-5</sup>. Работа левого желудочка (РЛЖ) снижалась на 38% и ударный объем сердца (УО) на 14%. Сердечный выброс (МОС) поддерживался за счет увеличения ЧСС на 18%. Объем ОВЖЛ увеличивался на 66%, интерстициальной (ОВЖЛ<sub>инт</sub>) — на 22%, но клеточной (ОВЖЛ<sub>кл</sub>) — на 74% (!). При этом коэффициент фильтрации жидкости (K<sub>фж</sub>) менял свой знак, что означало поступление жидкости из кровеносного русла в интерстиций. Мы считаем это гидродинамическим эффектом, обусловленным возрастанием давления в микрососудах малого круга, которое сопровождается повышением нагрузки на правые отделы сердца. Работа и насосный коэффициент правого желудочка (РПЖ и НКПЖ) увеличивались на 26% с возрастанием давления в микрососудах малого круга, которое сопровождается повышением нагрузки на правые отделы сердца. Все приведенные изменения носили достоверный характер (*p* < 0,05).

Таким образом, при ИОВ с FiO<sub>2</sub> 0,3—0,5 развивались гипоксемия, легочная гипертензия, пре- и посткапиллярный спазм (гипоксическая легочная вазоконстрикция), гипергидратация внесосудистого легочного пространства, которые сопровождалась снижением функции левого желудочка и поддержанием СВ за счет тахикардии; повышение внутрилегочного шунтирования и увеличение нагрузки на правые отделы сердца [3, 4, 7].

*ИОВ с коллабированием независимого легкого в условиях многокомпонентной внутривенной анестезии на основе постоянной дозированной инфузии кетамина при FiO<sub>2</sub> 1 (рис. 6, на вклейке).*

Коллабирование независимого легкого приводит к снижению V/Q до 0,41 ± 0,04 и увеличению шунта на 29%. Однако сохраняется высокое P<sub>a</sub>O<sub>2</sub>. При этом постальвеолярное капиллярное сопротивление возрастает вдвое, что приводит к повышению ДЛА. В этих условиях ОВЖ в легких увеличивается в 3 раза в основном за счет внутриклеточной фракции, которая возрастала в 5 раз. Коэффициент фильтрации жидкости и белка приобретает отрицательное значение, что указывает на избыточную фильтрацию жидкости и белка из кровеносного русла в интерстиций. По-видимому, в этом заключается одно из негативных проявлений гипероксии. Все эти изменения приводят к увеличению нагрузки как на правый, так и левый желудочки сердца, РПЖ и РЛЖ возрастают. Однако в условиях высокого P<sub>a</sub>O<sub>2</sub> в отличие от атаралгезии не снижается сердечный выброс и насосная функция сердца остается стабильной.

Таким образом, при традиционной ИОВ зависимо легкого повышение FiO<sub>2</sub> до 1 способствует улучшению артериальной оксигенации, разрешению прекапиллярной вазоконстрикции и повышению сократительной функции левых отделов сердца, однако сохраняется посткапиллярная вазоконстрикция, легочная гипертензия, высокие

Таблица 2

**Оптимизация респираторной поддержки у пациентов с сочетанными заболеваниями дыхательной и сердечно-сосудистой системы**

Параметр	ИОВ + коллапс	ДИВЛ
P <sub>a</sub> O <sub>2</sub> , мм рт. ст.	77 ± 9	146 ± 9*
P <sub>a</sub> CO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	52 ± 5	34 ± 1,5*
V/Q	0,3 ± 0,07	0,7 ± 0,05*
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	1,67 ± 0,08	2,64 ± 0,1*
РПЖ, кг/м/м	0,3 ± 0,01	0,5 ± 0,03*
RVEF, %	24 ± 1	34 ± 2*
РЛЖ, кг/м/м <sup>2</sup>	0,9 ± 0,07	3,0 ± 0,02*
ТО <sub>2</sub> , мл/мин/м <sup>2</sup>	194 ± 12	369 ± 16*
VO <sub>2</sub> , мл/мин/мин <sup>2</sup>	57 ± 6	92 ± 5*
Ra, мм рт. ст./л/мин	1,5 ± 0,2	0,69 ± 0,02*
Rv, мм рт. ст./л/мин	0,79 ± 0,1	0,46 ± 0,1*
КФЖ	—	—
КФБ	—	—

Примечание: \* — *p* < 0,05.

шунт, увеличенная экстравазальная фильтрация жидкости и белка, усиливается перекисное окисление липидов и снижается антиоксидантная защита легких, увеличивается нагрузка на правые отделы сердца [3, 4, 7, 9].

*ИОВ зависимо легкого в сочетании с коллапсом независимого легкого на основном этапе операции у пациентов с сопутствующими заболеваниями в системе дыхания и ДН II—III (1-я группа)*

Основные параметры, характеризующие динамику кровообращения, газообмена в условиях анализируемых способов ИВЛ при торакальных хирургических вмешательствах у пациентов, не имеющих тяжелых сопутствующих заболеваний в системе дыхания и кровообращения, представлены в табл. 4.

Таким образом, у пациентов с ДН II—III степени без сопутствующих заболеваний сердечно-сосудистой системы переход к ИОВ (FiO<sub>2</sub> 0,7) сопровождается развитием легочной гипертензии, внутрилегочным шунтированием до 50% от СВ, увеличением показателей насосной функции правых и левых отделов сердца [6, 7].

*ИОВ зависимо легкого в сочетании с коллапсом независимого легкого на основном этапе операции у пациентов с сочетанными сопутствующими заболеваниями в системе дыхания и кровообращения (2-я группа) (табл. 2)*

Отличие в состоянии показателей газообмена, кровообращения и транспорта кислорода у пациентов, не имеющих сопутствующих заболеваний в системе кровообращения (1-я группа), состоит в следующем: депрессия артериальной оксигенации до субгипоксических величин (P<sub>a</sub>O<sub>2</sub> 77 ± 9 мм рт. ст.) при FiO<sub>2</sub> 0,8, развитие значительной артериальной гиперкапнии, которую не удавалось компенсировать за счет увеличения минутной вентиляции. Снижение СИ до 1,67 ± 0,08 л/мин/м<sup>2</sup> сопровождалось достоверным увеличением давления заклинивания (13,3 ± 1 и 9,4 ± 1 мм рт. ст. соответственно; *p* < 0,05). Одновременно достоверно снижались показатели функции левых отделов сердца — РЛЖ (0,9 ± 0,07 и 2,3 ± 0,03 кг/м<sup>2</sup> соответственно; *p* < 0,05). При этом не наблюдалось повышения систолического ДЛА и уровня внутрилегочного шунтирования (ДЛА 29 ± 1,5 и 27 ± 2,8 мм рт. ст. соответственно; *p* < 0,05; Qs/Qt 28,7 ± 2,5 и 24,7 ± 2% от СВ; *p* < 0,05). Отсутствие динамики этих характеристик на фоне резкой

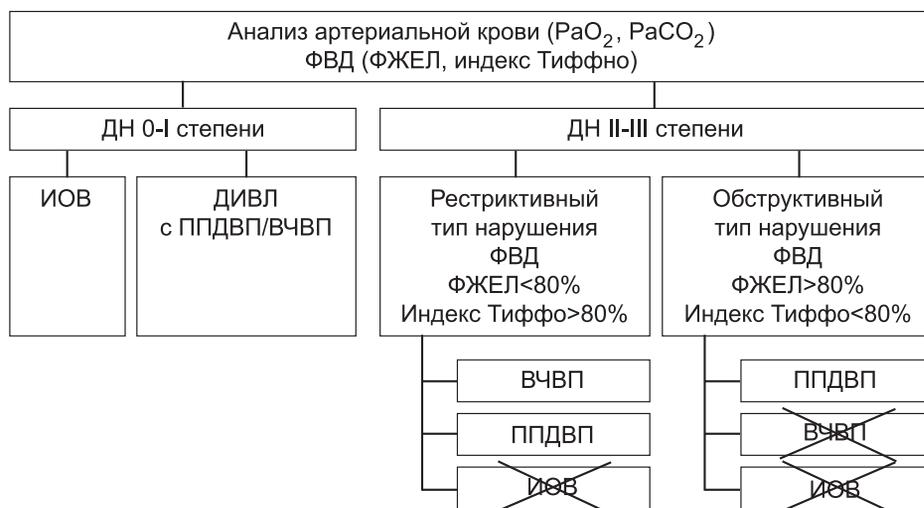


Рис. 7. Алгоритм выбора метода вентиляционной поддержки при торакальных хирургических вмешательствах в зависимости от исходного состояния кардиореспираторной системы пациентов.

депрессии СИ и показателей сократительной функции левых отделов сердца является свидетельством отсутствия резервных возможностей миокарда, способных компенсировать изменения в состоянии микроциркуляторного русла легких и газообмена, связанных с выключением из вентиляции и коллапсом оперируемого легкого. Это сопровождается резкой депрессией транспорта кислорода ( $TO_2$ ,  $194 \pm 12$  и  $300 \pm 16$  мл/мин/м<sup>2</sup> при ИВЛ;  $p < 0,05$ ).

Таким образом, у пациентов с ДН II—III степени, сочетающейся с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, при выключении из вентиляции оперируемого легкого наблюдаются нарастание ОЛСС, давления в левом предсердии, угнетение всех параметров сократимости правых и левых отделов сердца, резкая депрессия  $TO_2$  и лактатутилизирющей функции легких.

Таким образом, наши наблюдения свидетельствуют, что пациентам, имеющим сочетанную сопутствующую патологию систем дыхания и кровообращения высокой степени тяжести, коллабирование легкого противопоказано. Эта группа пациентов интолерантна к ИОВ [6].

#### Специальные методы респираторной поддержки в хирургии легких (ДИВЛ)

*ДИВЛ на основном этапе операции у пациентов без сопутствующих заболеваний* (см. табл. 1).

Суть метода заключается в том, что во время основного этапа операции коллабирование независимого легкого заменяют его ВЧ-респираторной поддержкой с частотой от 100 до 400 циклов в 1 мин, при  $P_{\text{раб.}}$  0,2—0,3 кг/м<sup>2</sup>, т. е. осуществляют раздельную независимую или дифференцированную вентиляцию легких (рис. 1). При этом легкое занимает небольшой объем в плевральной полости, слегка расправлено, не нарушены условия хирургического комфорта. Зависимое легкое продолжают вентилировать традиционным способом, используя 2-канальные интубационные трубки. Метод был положительно оценен хирургами. Сохраняются преимущества разделения дыхательных каналов для защиты зависимого легкого, а также мы получаем возможность использовать экспульсивный эффект ВЧ ИВЛ для защиты независимого легкого от интранеальной аспирации секрета и крови. Это особенно важно при "решетчатом легком" и операциях на трахее и бронхах, а также при легочном кровотечении, наличии большого количества секрета в оперируемом легком. Проведенное сравнение результатов применения ИОВ и ДИВЛ показало, что при последней нормализуются V/Q, повышается

индекс оксигенации и артериальная оксигенация на фоне эффективной элиминации углекислоты. Условия перфузии в малом круге кровообращения характеризуются снижением давления в легочной артерии на фоне уменьшения сопротивления всех регионов микрососудистого русла легких. Таким образом, при дифференцированной вентиляции с применением ВЧ ИВЛ для независимого легкого в отличие от ИОВ восстанавливается перфузия альвеолярных капилляров и уменьшается объем артериовенозного шунта. Эти изменения свидетельствуют о повышении эффективности внутрилегочного газообмена. Снижение ДЛА и легочных сосудистых сопротивлений на фоне стабильного сердечного выброса ( $6,4 \pm 0,29$  л/мин) отражает уменьшение нагруз-

ки на правые отделы сердца, что выражается в снижении РПЖ. Наряду с описанными изменениями происходит улучшение сократительной функции левых отделов сердца, РЛЖ и ИУРЛЖ возвращаются к уровню нормальных значений, улучшается производительность сердца, повышается насосная функция ЛЖ, подтверждением чего является повышение НКЛЖ при стабильной постваздушке. Это еще раз подтверждает взаимосвязь и взаимозависимость функции правых и левых отделов сердца с состоянием микроциркуляторного русла легких. Одновременно отмечается существенное снижение фильтрации жидкости в оба сектора внесосудистого легочного пространства в сравнении с ИОВ, что также способствует повышению оксигенирующей функции легких [3, 4, 6, 7, 13].

*ДИВЛ с ВЧ-респираторной поддержкой независимого легкого у пациентов с сопутствующими заболеваниями в системе дыхания и ДН II—III*

В сравнении с ИОВ отмечались нормализация элиминации углекислого газа ( $P_aCO_2$ ,  $35 \pm 1,2$ ;  $p < 0,05$ ) и артериальной оксигенации ( $P_aO_2$ ,  $239 \pm 12$ ;  $p < 0,05$ ) (см. табл. 1).

Представляется существенным, что СИ стал достоверно выше, чем при традиционной ИВЛ в обоих легких ( $p < 0,05$ ). Увеличились показатели работы левых отделов сердца — РЛЖ составила  $3,9 \pm 0,02$  кг/м<sup>2</sup> ( $p < 0,05$  в сравнении с ИОВ), но все же она была ниже, чем в контрольной группе. Снизилось сопротивление пре- ( $R_a$ ,  $0,56 \pm 0,07$  гмм/л/мин;  $p < 0,05$ ) и посткапиллярной ( $R_v$ ,  $0,38 \pm 0,04$  гмм/л/мин;  $p < 0,05$ ) части микроциркуляторного русла легких в сравнении как с ИОВ, так и с ИВЛ. В сравнении с ИОВ снизилось систолическое ДЛА ( $26 \pm 1,5$  мм рт. ст.;  $p < 0,05$ ). Снизился уровень внутрилегочного шунтирования не только по сравнению с ИОВ, но и что важно ИВЛ ( $17,8 \pm 1\%$  от СВ;  $p < 0,05$ ). Достоверно увеличиваются показатели  $TO_2$  в сравнении с ИОВ и ИВЛ на начальном этапе ( $p < 0,05$ ).

ДИВЛ при ДН II—III обеспечивает восстановление уровня V/Q (от 0,4 до 0,6), элиминацию углекислого газа; высокие оксигенирующие возможности ВЧ ИВЛ способствуют увеличению артериальной оксигенации даже выше условий традиционной ИВЛ, увеличению  $TO_2$  и потребления кислорода. Значительное снижение сопротивления сосудов микроциркуляторного русла легких создают условия для снижения ДЛА и внутрилегочного шунтирования до уровня, достоверно более низкого, чем при традиционной ИВЛ на начальном этапе [6, 7].

*ДИВЛ с ВЧ-респираторной поддержкой независимого легкого у пациентов с сочетанными сопутствующими*

заболеваниями в системе дыхания и кровообращения (2-я группа, см. табл. 1, рис. 7).

Следует напомнить, что эта категория больных является соматически крайне тяжелой, интолерантной к выключению из вентиляции большого объема дыхательной поверхности. Этим пациентам ИОВ абсолютно противопоказана (см. раздел ИОВ). Единственным приемом, позволяющим не отказываться от хирургического лечения заболеваний легких (онкологических), является ВЧ-респираторная поддержка оперируемого легкого благодаря высоким оксигенирующим свойствам этой методики. Доказательством этому служат наши наблюдения [6].

ДИВЛ обеспечивает восстановление показателей газообмена,  $P_aO_2$  от  $77 \pm 9$  до  $146 \pm 9$  мм рт. ст., что на 40% выше уровня ИВЛ обоих легких.  $P_aCO_2$  снизилось от  $52 \pm 2$  до  $34 \pm 1,5$  мм рт. ст. ( $p < 0,05$ ). Это происходит на фоне увеличения V/Q от  $0,3 \pm 0,07$  до  $0,7 \pm 0,05$  ( $p < 0,05$ ).

Восстановление V/Q способствует снижению сопротивления сосудов микроциркуляторного русла легких, ДЛА, увеличению СИ от  $1,67 \pm 0,08$  до  $2,64 \pm 0,1$  л/мин/м<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ). Давление заклинивания снизилось до  $9 \pm 0,6$  мм рт. ст., что на 33% ниже уровня ИОВ, и приблизилось к условиям вентиляции обоих легких. Показатель РЛЖ увеличился от  $0,9 \pm 0,07$  до  $3 \pm 0,02$  кгм/м<sup>2</sup> и РПЖ от  $0,3 \pm 0,01$  до  $0,5 \pm 0,03$  кгм/м<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ).

Улучшение сократительной способности левых и правых отделов сердца обеспечивали прирост  $TO_2$  и потребления кислорода как по сравнению с ИОВ, так и с ИВЛ обоих легких.

Проведенный корреляционный анализ показал высокую степень корреляции таких показателей, как общая емкость легких (ОЕЛ) с систолическим ДЛА ( $r = 0,9$ ), Qs/Qt ( $r = 0,9$ ). Наиболее высокий коэффициент корреляции отмечается у ОЕЛ с параметрами системной гемодинамики — СВ ( $r = 0,9$ ), СИ ( $r = 0,9$ ), РЛЖ ( $r = 0,9$ ), РПЖ ( $r = 0,7$ ). Также высокий коэффициент корреляции наблюдается у ОЕЛ с потреблением кислорода ( $r = -0,8$ ), с теми же гемодинамическими параметрами коррелирует остаточный объем легких (ООЛ). Исключительно с показателями работы правого сердца коррелирует ФЖЕЛ — с систолическим ДЛА ( $r = 0,9$ ), РПЖ ( $r = 0,7$ ), ИУРПЖ ( $r = -0,9$ ). Все это говорит об исключительной важности предоперационной оценки данных параметров. Исходно увеличенные ОЕЛ и ООЛ вызывают давление альвеолярных сосудов и повышение ДЛА, увеличение нагрузки на правые и левые отделы сердца. Это еще больше усугубляется при ИОВ.

Методика ДИВЛ с ВЧ ИОВ независимого легкого показала высокую эффективность у пациентов с поражением системы дыхания по рестриктивному типу. Методика мало применима при ДН по обструктивному типу. При диффузной эмфиземе легких опасна из-за риска баротравмы [13, 14].

#### *Особенности респираторной поддержки на этапах анестезии и операции у пациентов с преимущественно обструктивным и рестриктивным типом ДН II—III степени*

При переходе от ИОВ к ДИВЛ с использованием СРАР получены следующие результаты у пациентов с обструктивным типом поражения (табл. 3).

$P_aO_2$  увеличилось на  $37,4 \pm 5,1$  мм рт. ст., а у пациентов с рестриктивным типом — на  $22,1 \pm 4,5$  мм рт. ст.;  $p < 0,05$ .  $P_aCO_2$  у пациентов с обструктивным типом нарушения снизилось на  $6,74 \pm 1,0$  мм рт. ст., а у пациентов с рестриктивным типом — на  $1,6 \pm 0,9$  мм рт. ст. ( $p < 0,05$ ). При этом отмечено достоверно более значительное изменение V/Q при применении СРАР у обструктивного типа нарушения вентиляции. Так, V/Q у пациентов с обструктивным типом увеличилось на  $0,25 \pm 0,01$ , а у пациентов с рестрик-

Таблица 3

**Сравнение изменений основных параметров газообмена и гемодинамики при переходе от ИОВ к ДИВЛ (СРАР) между группой с обструктивным и группой с рестриктивным типом поражения ( $FiO_2$  1)**

Параметр	СРАР при обструктивном типе	СРАР при рестриктивном типе	<i>p</i>
$P_aO_2$ , мм рт. ст.	$-37,4 \pm 5,1$	$-22,1 \pm 4,5$	$< 0,05$
$P_aCO_2$ , мм рт. ст.	$6,74 \pm 1,0$	$1,6 \pm 0,9$	$< 0,05$
V/Q	$-0,25 \pm 0,01$	$-0,16 \pm 0,02$	$< 0,05$
Qs/Qt, %	$10,8 \pm 1,1$	$11,7 \pm 1,1$	$> 0,05$
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	$-0,27 \pm 0,4$	$-0,14 \pm 0,3$	$> 0,05$
ИУО, мл/м <sup>2</sup> /уд	$-6,1 \pm 0,9$	$-4,4 \pm 0,8$	$> 0,05$
ЧСС в 1 мин	$9,2 \pm 0,9$	$6,2 \pm 0,4$	$< 0,05$
ДЛА <sub>ср</sub> , мм рт. ст.	$3,4 \pm 0,7$	$2,3 \pm 0,7$	$> 0,05$
ОЛС, дин · с/см <sup>5</sup>	$38,2 \pm 5,1$	$109,8 \pm 5,1$	$< 0,05$

Примечание. Минус показывает увеличение параметра при переходе от ИОВ к ДИВЛ с использованием методики СРАР.

тивным типом на  $0,16 \pm 0,02$  ( $p < 0,05$ ). Однако достоверного значимого изменения параметра внутрилегочного шунта между ними не получено. При рассмотрении параметров гемодинамики достоверное различие было получено по параметру ЧСС. Так, ЧСС в группе с обструктивным типом поражения снизилось на  $9,2 \pm 0,9$  в 1 мин, а в группе с рестриктивным типом — на  $6,2 \pm 0,4$  в 1 мин ( $p < 0,05$ ). Достоверное различие было отмечено по параметру ОЛС. У пациентов с обструктивным типом поражения ОЛС изменялся на  $38,2 \pm 5,1$  дин · с/см<sup>5</sup>, а в группе с рестриктивным типом — на  $109,8 \pm 5,1$  дин · с/см<sup>5</sup> ( $p < 0,05$ ).

Использование метода СРАР способствует эффективному восстановлению параметров газообмена и гемодинамики, нарушенных при проведении ИОВ у пациентов с тем и другим типом поражения. Однако статистический анализ демонстрирует достоверно более эффективное использование методики СРАР у пациентов с обструктивным типом поражения. Это можно объяснить особенностями патофизиологических изменений, характерных для каждого типа нарушения вентиляции. При обструктивном типе поражения происходит ухудшение эластично-каркасных свойств легких, что приводит к снижению экспираторного потока и задержке большого объема газа. Соответственно измененная легочная ткань становится гипервоздушной и в свою очередь сдавливает окружающие сохраненные участки легкого. При этом нарушается не только газообмен, но и повышается давление в сосудах легкого [11, 15].

#### *Применение ДИВЛ с ВЧ ИВЛ для оперируемого легкого у пациентов с ДН при преобладании обструктивного или рестриктивного типа*

Использование ВЧ вентиляционной поддержки у разных групп пациентов, различающихся по типу нарушения вентиляции (обструктивный и рестриктивный), приводит к разным изменениям. Исходя из результатов сравнительного анализа видно, что использование ВЧ вентиляционной поддержки у пациентов с обструктивным типом нарушения не сопровождается значительным улучшением параметров газообмена и гемодинамики. При переходе от ИОВ к ДИВЛ с использованием ВЧ вентиляционной поддержки были получены следующие результаты у пациентов с обструктивным типом (табл. 4).  $P_aO_2$  увеличилось на  $8,6 \pm 6,1$  мм рт. ст., а у пациентов с рестриктивным типом — на  $143,1 \pm 6,1$  мм рт. ст. ( $p < 0,05$ ).  $P_aCO_2$  у пациентов с обструктивным типом нарушения снизилось на  $1,5 \pm 0,8$  мм рт. ст., а у пациентов с

Таблица 4

Сравнение изменений основных параметров газообмена и гемодинамики при переходе от ИОВ к ДИВЛ (ВЧ) между больными с обструктивным и с рестриктивным типом поражения ( $\text{FiO}_2$  0,7—1)

Параметр	ВЧ при обструктивном типе	ВЧ при рестриктивном типе	<i>p</i>
$P_a\text{O}_2$ , мм рт. ст.	$-8,6 \pm 6,1$	$-143,1 \pm 6,1$	$< 0,05$
$P_a\text{CO}_2$ , мм рт. ст.	$1,5 \pm 0,8$	$4,3 \pm 1,0$	$< 0,05$
V/Q	$-0,06 \pm 0,01$	$-0,25 \pm 0,02$	$< 0,05$
Qs/Qt, %	$1,4 \pm 0,9$	$13,3 \pm 1,0$	$< 0,05$
СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	$-0,16 \pm 0,4$	$-0,13 \pm 0,4$	$> 0,05$
ИУО, мл/м <sup>2</sup> /уд	$-2,3 \pm 0,8$	$-5,4 \pm 0,9$	$< 0,05$
ЧСС в 1 мин	$5,3 \pm 1,0$	$9,8 \pm 0,3$	$< 0,05$
ДЛА <sub>ср</sub> , мм рт. ст.	$-4,7 \pm 0,5$	$0,83 \pm 1,0$	$< 0,05$
ОЛС, дин · с/см <sup>5</sup>	$-60,8 \pm 6,2$	$83,4 \pm 4,3$	$< 0,05$

Примечание. Минус показывает увеличение параметра при переходе от ИОВ к ДИВЛ с использованием ВЧ-вентиляционной поддержки.

рестриктивным типом — на  $4,3 \pm 1,0$  мм рт. ст. ( $p < 0,05$ ). При этом отмечено достоверно более значительное изменение V/Q при применении ВЧ вентиляционной поддержки при рестриктивном типе нарушения вентиляции. Так, у пациентов с обструктивным типом V/Q увеличилось на  $0,06 \pm 0,01$ , а у пациентов с рестриктивным типом — на  $0,25 \pm 0,02$  ( $p < 0,05$ ). Изменения параметра внутрилегочного шунта составили в группе с обструктивным типом  $1,4 \pm 0,9\%$ , а в группе с рестриктивным типом  $13,3 \pm 1,0\%$  ( $p < 0,05$ ). При рассмотрении параметров гемодинамики достоверное различие было получено по параметру ИУО и ЧСС. Так, ИУО в группе с обструктивным типом поражения увеличился на  $2,3 \pm 0,8$  мл/м<sup>2</sup>/уд, а в группе с рестриктивным типом — на  $5,4 \pm 0,9$  мл/м<sup>2</sup>/уд ( $p < 0,05$ ). ЧСС в группе с обструктивным типом поражения снизилось на  $5,3 \pm 1,0$  в 1 мин, а в группе с рестриктивным типом — на  $9,8 \pm 0,3$  в 1 мин ( $p < 0,05$ ). Достоверное различие было отмечено по параметрам ДЛА<sub>ср</sub> и ОЛС. У пациентов с обструктивным типом поражения ДЛА<sub>ср</sub> увеличилось на  $4,7 \pm 0,5$  мм рт. ст., а в группе с рестриктивным типом снизилось на  $0,83 \pm 1,0$  мм рт. ст. ( $p < 0,05$ ). ОЛС у пациентов с обструктивным типом поражения увеличилось на  $60,8 \pm 6,2$  дин · с/см<sup>5</sup>, а в группе с рестриктивным типом снизилось на  $83,4 \pm 4,3$  дин · с/см<sup>5</sup> ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, применение ВЧ-вентиляционной поддержки высоко эффективно только у пациентов с рестриктивным типом нарушения вентиляции [3, 4, 6, 7]. При этом типе наблюдается значительное улучшение параметров газообмена и гемодинамики, нарушенных при ИОВ. Применение ВЧ-вентиляционной поддержки у пациентов с преобладанием обструктивных нарушений не только не способствует улучшению, а, напротив, приводит к усугублению нарушений газообмена и гемодинамики. Соответственно этот метод ДИВЛ не рекомендуется применять у данной категории пациентов [11, 13].

Исходя из всех многочисленных данных, приведенных выше, сформулирован алгоритм выбора метода вентиляционной поддержки при торакальных хирургических вмешательствах в зависимости от исходного состояния кардиореспираторной системы пациентов (рис. 7).

#### ВЧ ИВЛ в хирургии трахеи и главных бронхов

Использование ВЧ ИВЛ позволило выполнять операцию резекции и реконструкции дыхательных путей, не прерывая вентиляцию [5] (рис. 8, на вклейке).

При использовании ВЧ ИВЛ обоих легких было установлено, что  $P_a\text{O}_2$  было достоверно выше ( $632,4 \pm 6,3$  мм рт. ст.), чем при традиционной ИВЛ ( $560 \pm 11$  мм рт. ст.) с одинаковым  $\text{FiO}_2$  (1,0). Артериальная оксигенация при ВЧ ИВЛ была также достоверно выше, элиминация  $\text{CO}_2$  не нарушалась ( $P_a\text{CO}_2$   $30,7 \pm 2,4$  мм рт. ст.). Высокую оксигенирующую способность ВЧ ИВЛ можно объяснить состоянием V/Q ( $1,18 \pm 0,4$ ) с превалированием вентиляции над перфузией, в то время как при традиционной ИВЛ на основном этапе операции перфузия достоверно преобладала над вентиляцией ( $0,51 \pm 0,07$ ). Внутрилегочный шунт и все параметры сосудистого сопротивления и давления в малом круге были ниже, чем при традиционной ИВЛ, на 35—50%. Давление в правом предсердии, НКПЖ и ИУРПЖ при ВЧ ИВЛ были также ниже, что свидетельствовало о снижении нагрузки на правые отделы сердца. Улучшались показатели РЛЖ: СИ и ИУРЛЖ. Показатели системной гемодинамики оставались стабильными. Объем интерстициальной жидкости был в 2 раза, а внутриклеточной — в 6,6 раза ниже, чем при традиционной двулегочной ИВЛ. В отличие от последней при ВЧ ИВЛ легкие не выделяли, а поглощали лактат и дефицит оснований в оттекающей от легких крови уменьшался, что свидетельствовало о более благоприятных условиях для метаболизма легочной ткани [3, 4, 7].

Во время операций на бронхах при ВЧ вентиляции одного (зависимого) легкого с  $\text{FiO}_2$  1 и коллапсе независимого оксигенация поддерживалась адекватно ( $P_a\text{O}_2$   $247,8 \pm 13,5$  мм рт. ст.), но  $P_a\text{CO}_2$  увеличивалось до  $50$ — $70$  мм рт. ст., внутрилегочный шунт увеличивался до  $44 \pm 3,6\%$  от МОС. Повышались пре- и посткапиллярное легочное сосудистое сопротивление ( $R_a$   $1,84 \pm 0,1$  мм рт. ст./л/мин,  $R_v$   $1,23 \pm 0,2$  мм рт. ст./л/мин). Давление в легочной артерии и в правом предсердии не повышалось в отличие от традиционной ИОВ. Накопление внесосудистой жидкости (ОВЖЛ<sub>обн</sub> =  $3,98 \pm 0,97$  мл/кг) происходило в основном за счет внесклеточной фракции и было менее выраженным, чем при традиционной ИОВ. При использовании инжектора и снижении  $\text{FiO}_2$  до примерно 0,6  $P_a\text{O}_2$  резко снижалась нагрузка на правые отделы сердца возрастала (РПЖ  $0,59 \pm 0,1$  кг · м/м<sup>2</sup>, НКПЖ  $1,37 \pm 0,6$  г/мм/м<sup>2</sup>) и метаболизм легкого нарушался ( $L_v$   $1,03 \pm 0,07$  ммоль/л,  $L_a$   $0,01$  ммоль/л). Следовательно, данный вариант ВЧ ИОВ ( $\text{FiO}_2$  0,6) применять не следует [5, 7].

ВЧ ИВЛ в отличие от традиционной не вызывает компрессионной деформации микрососудов легких и способствует их функционированию в более благоприятных условиях, близких к условиям самостоятельного дыхания. При микроэмболии легочной артерии ВЧ ИВЛ активно воздействует на микроциркуляторное русло легких путем раздробления жировых эмболов благодаря влиянию ВЧ-резонансных колебаний дыхательной струи на микроциркуляторное русло с последующим пассажем фрагментов эмболов в систему легочных вен, разрешая микроэмболический блок (рис. 9, на вклейке).

Таким образом, на сегодняшний день струйная ВЧ ИВЛ предоставляет уникальные возможности длительного поддержания газообмена в условиях негерметичного дыхательного контура и является методом выбора в трахеобронхиальной хирургии.

#### Заключение

Безопасность больного при современных операциях на легких, трахее и бронхах требует соответствия способов поддержания газообмена и методов анестезии адекватным особенностям хирургических манипуляций на каждом этапе различных видов реконструктивных вмешательств, обеспечивающих оптимальное состояние газообмена, легочной и системной гемодинамики.

Используя этот принцип, целью наших исследований являются поиски путей реализации основных концептуальных подходов к формированию взглядов на анестезиологическое обеспечение, в том числе и главным образом на респираторную стратегию для торакальной хирургии. Концептуальная последовательность сложилась в зависимости от периодов развития торакальной хирургии и анестезиологии следующим образом. В 50—70-е годы доминировал совершенно справедливый принцип "каждому пациенту — свой вид анестезии". Позже он получил развитие и был сформулирован как "каждому этапу каждого вида оперативных вмешательств — свой вид анестезии и вентиляции". В последние годы благодаря результатам интраоперационных исследований, носящих фундаментальный характер, можно сформулировать современную концепцию значительно более прецизионно и индивидуально. В ее основе лежит "Принцип адекватного сопряжения в выборе анестетиков и респираторных технологий в зависимости от их влияния на легочное кровообращение и транскапиллярный массообмен".

Современная анестезиология для торакальной хирургии — это "анестезия высоких технологий, основанная на результатах фундаментальных исследований".

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бунятян А. А., Выжигина М. А., Мизиков В. М. и др. Использование принципа альтернирования при внутривенной анестезии и ИВЛ в хирургии легких и органов средостения. В кн.: Материалы 4-го Всесоюзного съезда анестезиологов. Одесса; 1989: 132—134.
2. Бунятян А. А., Мизиков В. М., Выжигина М. А. Альтернирующая анестезия как метод оптимизации кровообращения и газообмена при торакальных хирургических вмешательствах. Вестник АМН СССР. 1990; 4: 17—22.
3. Выжигина М. А., Гиммельфарб Г. Н. Современные аспекты анестезии в хирургии легких. Ташкент; Медицина; 1988.
4. Выжигина М. А. Анестезиологические проблемы современной

- легочной и трахеобронхиальной хирургии: Дис. ... д-ра мед. наук, науч. доклад. М.; 1996.
5. Выжигина М. А. Анестезия и поддержание газообмена при операциях на трахее и главных бронхах. В кн.: Паршин В. Д., Порханов В. А. Хирургия трахеи с атласом оперативной хирургии. М.: Альди-Принт; 2010: 22—75.
  6. Жукова С. Г. Дифференцированная искусственная вентиляция легких с использованием высокочастотной вентиляции как альтернатива однолегочной вентиляции у пациентов с высоким операционно-анестезиологическим риском: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2000.
  7. Кассиль В. Л., Выжигина М. А., Хануй Х. Х. Механическая вентиляция легких в анестезиологии и интенсивной терапии. М.: МЕДпресс-информ; 2009.
  8. Журилова О. А. Сочетанное использование внутривенной и высокой эпидуральной анестезии при торакальных операциях: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2011.
  9. Мизиков В. М. Альтернирующая анестезия в хирургии легких и органов средостения: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 1989.
  10. Рябова О. С. Изофлуран и Севофлуран в анестезиологическом обеспечении торакальных операций с длительной искусственной однолегочной вентиляцией у пациентов высокого риска. Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2007.
  11. Федорова Е. А. Эффективность дифференцированной вентиляции как альтернатива однолегочной вентиляции у пациентов с диффузными заболеваниями легких при торакальных операциях: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2004.
  12. Хорохордин Н. Е., Леоско В. А., Карманов И. В., Шехунов Е. Д. Определение внесосудистой жидкости легких методом биполярной термодилуции. В кн.: Международный симпозиум "Роль бронхиального и легочного кровообращения в обмене жидкости и белка в легком": Тезисы. Л.; 1989: 97—98.
  13. Dewachter P., Boileau S., Laxenaire M. C. The reduction of anesthetic risk by high-frequency jet ventilation during endobronchial cryotherapy. Can. J. Anesth. 1991; 39 (6): 387—392.
  14. Slinger P. D. Anaesthesia for lung resection. Can. J. Anesth. 1990; 37 (4, Pt 2): Sxv—xxxii.
  15. Wickerts C. J., Blomquist U., Baehrendtz S. et al. Clinical application of differential ventilation with selective positive end-expiratory pressure in adult respiratory distress syndrome. Acta Anaesthesiol. Scand. 1995; 39 (3): 307—311.

Поступила 20.12.12

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АНЕСТЕЗИОЛОГИИ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2013  
УДК 617-089.5:615.212.7.015.3.076.9

А. В. Гришин<sup>2</sup>, А. Г. Яворовский<sup>1</sup>, И. Л. Жидков<sup>1</sup>, Э. Р. Чарчян<sup>1</sup>, А. Г. Иванова<sup>1</sup>, М. В. Палюлина<sup>1</sup>,  
Н. В. Ситниченко<sup>1</sup>

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДОЗИРОВКИ СЕВОФЛУРАНА ДЛЯ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОГО ПОСТКОНДИЦИОНИРОВАНИЯ МИОКАРДА (экспериментальное исследование)

<sup>1</sup>ФГБУ Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского РАМН, Москва;

<sup>2</sup>ГБОУ ВПО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России, Москва

Мы определяли оптимальную дозировку ингаляционного анестетика севофлурана, обеспечивающую максимальный кардиопротективный эффект с минимальным вазоплегическим воздействием. В исследование было включено 25 свиней, которые были поделены на 5 групп в зависимости от дозировки севофлурана, используемого для фармакологического посткондиционирования (ФПК): группа контроль — ФПК севофлураном не проводилось; группа ФПК 0,5 — проводилось ФПК севофлураном в дозе 0,5 об.%; группа ФПК 1,0 — проводилось ФПК севофлураном в дозе 1,0 об.%; группа ФПК 1,5 — проводилось ФПК севофлураном в дозе 1,5 об.%; группа ФПК 2,0 — проводилось ФПК севофлураном в дозе 2,0 об.%; группа ФПК 2,5 — проводилось ФПК севофлураном в дозе 2,5 об.%. Моделировали ишемию путем накладывания зажима на левую коронарную артерию. Далее проводили ФПК севофлураном по следующему протоколу: за 20 мин до снятия зажима с левой коронарной артерии и в первые 20 мин реперфузии подавали севофлуран в контур аппарата искусственного кровообращения. Время ишемии миокарда (ИМ) во всех группах составило 60 мин. Было выяснено и экспериментально доказано, что оптимальная дозировка севофлурана для ФПК составляет 2,0 об.%.  
41