

## Выбор метода респираторной поддержки в хирургии лёгких

**Зислин Б. Д.** – заслуженный врач РФ, доктор мед.наук, зам. главного врача по науке МУ ГКБ №40, зам директора о науке клинического института мозга, директор по науке ООО Тритон электроникС, г.Екатеринбург

**Конторович М. Б.** – кандидат мед.наук, старший ординатор РАО областного пульмонологического центра, медицинский эксперт ООО Тритон электроникС, г.Екатеринбург

## Selection of respiratory support method in lung surgery

Zislin B.D., Kontorovich M.B.

### Резюме

В статье приводятся результаты изучения гемодинамики и газообмена у 50 больных (туберкулез – 20, опухоли легкого – 22, опухоли средостения – 8), которым были произведены различные оперативные вмешательства: пневмонэктомия – 10, ограниченные резекции – 32, торакотомия – 8. Отмечены отчетливые преимущества высокочастотной струйной вентиляции (ВЧС ИВЛ) в сравнении с традиционной конвективной вентиляцией легких (ИВЛ). При ВЧС ИВЛ регистрируются достоверно более высокие величины ударного и сердечного индексов, напряжения кислорода в артериальной крови, снижение общего сопротивления периферических сосудов, дыхательного мертвого пространства и внутрилегочного шунта. Формулируются преимущества однолегочного варианта ВЧС ИВЛ. Делается вывод о том, что однолегочный вариант ВЧС ИВЛ является методом выбора респираторной поддержки при большинстве вмешательств в легочной хирургии. Помимо оптимального газообменного и гемодинамического статуса, этот вариант обеспечивает профилактику аспирации из пораженного легкого и создает наиболее благоприятные условия для оперирующего хирурга.

**Ключевые слова:** ИВЛ, ВЧС ИВЛ.

### Resume

The article offers results of a study regarding hemodynamics and gas exchange in 50 patients (tuberculosis - 20, lung tumor - 22, mediastinal tumors - 8) who received different types of surgical treatment: pneumonectomy - 10, limited resection - 32, thoracotomy - 8. Clear advantages of High Frequency Jet Ventilation (HFJV) compared to traditional convective artificial lung ventilation (ALV) were noticed. Using HFJV, higher figures of stroke index (SI) and cardiac index (CI), of oxygen tension in arterial blood, lowering of peripheral resistance of blood vessels, reduction of respiratory dead space and of arteriovenous shunt were ascertained. Advantages of one-lung-variation of ALV are formulated. The conclusion that one-lung HFJV is a method of respiratory support selection in some operations in lung surgery is drawn. Apart from an optimal gas exchange and hemodynamical status, this variation of ALV ensures prevention of aspiration from the damaged lung and creates most favourable circumstances for the surgeon.

**Key words:** HFJV, ALV.

К искусственной вентиляции лёгких в легочной хирургии предъявляются особые требования. Помимо обеспечения адекватного газообмена, она должна удовлетворять следующим условиям:

- предупредить возникновение гипоксемии и гипоксии во время операции в случаях нарушения герметичности бронхо-лёгочной системы (травма паренхимы лёгкого, наличие бронхиального свища, нарушение целостности трахеи и крупных бронхов при реконструктивных операциях);

- обеспечить ограничение дыхательных движений лёгкого на стороне операции с тем, чтобы облегчить оперирующему хирургу выполнение технических приемов;

- предотвратить затекание патологического содержимого из больного лёгкого в здоровое.

Наиболее просто эти условия реализуются с помощью изоляции лёгкого на стороне операции путем интубации главного бронха здорового лёгкого с проведением однолегочной вентиляции. Однако этот прием неизбежно приводит к ателектазу изолированного от вентиляции лёгкого со всеми вытекающими из этого последствиями: тотальному нарушению вентиляционно-перфузионных соотношений (сохранный кровоток в невентилируемом лёгком), следствием чего является значительный сброс неоксигенированной крови в большой круг кровообращения, достигающий, по мнению некото-

---

Ответственный за ведение переписки -

Зислин Борис Давидович

630026, Екатеринбург, ул. Беллинского 84 кв. 10

Телефоны: (343) 251-34-94, 8-906-803-02-02

E-mail: Zislin2006@mail.ru

рых авторов, 65% от минутного объёма сердца с развитием порой глубокой артериальной гипоксемии [11]. Кроме того, выключение из вентиляции половины лёгочной паренхимы значительно повышает давление в дыхательных путях, а, следовательно, и транспульмональное давление, что самым негативным образом влияет на гемодинамику. Подробный анализ газового и гемодинамического гомеостаза в данной ситуации нами был приведен в более ранних публикациях [3,4].

Высокочастотная струйная вентиляция лёгких (ВЧС ИВЛ) явилась методом, позволившим избежать многих негативных эффектов однолёточной вентиляции.

Вентиляция с частотой 80-100 циклов в минуту и малыми дыхательными объёмами (менее 200 мл) сопровождалась снижением давления в дыхательных путях и транспульмонального давления, что предупреждало депрессию венозного возврата и сердечного выброса. Кроме того, по этой же причине, значительное снижение дыхательных движений лёгкого создавало максимально благоприятные условия для оперирующего хирурга и в определенной степени снижало опасность возникновения интраоперационных осложнений.

Высокие скорости газовой струи, превышающие, по нашим данным, 200 м/с и турбулентный характер ее потока значительно улучшали внутрилегочное распределение дыхательного газа, что сопровождалось выравниванием вентиляционно-перфузионных соотношений, снижение внутрилегочного шунтирования крови и увеличением оксигенации артериальной крови.

Высокие скорости струи, а также малые дыхательные объёмы, сопровождающиеся снижением давления в дыхательных путях, предупреждали утечку газа в случаях нарушения герметичности дыхательного контура. Этот феномен лежит в основе методики экстренного доступа к дыхательным путям (транскатанная транстрахеальная катетерная вентиляция) в случаях, когда затруднена или невозможна интубация трахеи [7].

Таким образом, применение ВЧС ИВЛ позволило реализовать большинство требований, предъявляемых к респираторной поддержке в хирургии заболеваний лёгких. Однако данный способ вентиляции не позволял защитить здоровое лёгкое от аспирации патологического содержимого из оперируемого лёгкого.

Рядом авторов предпринимались попытки нивелировать этот недостаток ВЧС ИВЛ путем применения раздельной интубации главных бронхов и проведения вентиляции здорового лёгкого традиционным методом, а лёгкого на стороне операции с помощью ВЧС ИВЛ [1], либо путем интубации главного бронха здорового лёгкого специальной трубкой без манжеты с дополнительными боковыми отверстиями, позволяющими со-хранить воздушность оперируемого лёгкого [8,9]. Однако в первом случае существенно нивелировались гемодинамические преимущества ВЧС ИВЛ (традиционная вентиляция здорового лёгкого), во втором – все же сохранялась опасность аспирации.

Выход из создавшейся ситуации был нами найден с помощью применения однолёточной высокочастотной вентиляции (ОВЧВ).

К разработке этого режима нас подтолкнули наблюдения случаев, когда при реконструктивных операциях на трахее и бронхах приходилось применять высокочастотные режимы вентиляции при расположении катетера в главном бронхе здорового лёгкого. При достаточно продолжительной (до 60 мин) вентиляции расстройств газообмена не отмечалось, не смотря на то, что оперируемое лёгкое было совершенно выключено из вентиляции. Обоснованно целесообразности применения однолёточной ВЧС ИВЛ (ОВЧВ) посвящено настоящее исследование.

## Материал и методы

В исследование было включено 50 больных в возрасте  $49 \pm 2.8$  лет ( $M \pm SD$ ) (туберкулез лёгких – 20 пациентов, рак – 22, опухоли средостения – 8). Больным туберкулезом были выполнены долевые и сегментарные резекции. Больным опухолевыми заболеваниями – пневмоэктомии – 10, лоб- и билобэктомии – 12, торакотомии с вмешательством на средостении – 8.

ВЧС ИВЛ проводилась оригинальным респиратором ZisLINE JV-110, фирмы Тритон ЭлектроникС, в отличие от существующих высоко-частотных струйных вентиляторов, позволяющим осуществить полноценный мониторинг параметров респираторной механики и внутрилегочного газообмена. Информация о технологических новациях этого респиратора содержится в ранее опубликованной статье [5].

Порядок исследования состоял в следующем. После вводного наркоза и интубации трахеи регистрировались параметры при традиционной двулёточной вентиляции (ДИВЛ). Спустя 15 минут осуществлялась двулёточная ВЧС ИВЛ (ДВЧВ). Затем интубационная трубка проводилась в главный бронх здорового легкого, болевой переводился в боковое положение для торакотомии и производилась регистрация этих же параметров в условиях однолёточной традиционной (ОИВЛ) и однолёточной высокочастотной (ОВЧВ) вентиляции. ВЧС ИВЛ осуществлялась при частоте вентиляции 100 циклов в минуту и отношении продолжительности фазы вдоха и выдоха 1:2.

Для того чтобы исключить влияние различных величин концентрации кислорода в инспираторной фракции при ИВЛ и ВЧС ИВЛ, во всех случаях вентиляция осуществлялась воздухом с содержанием кислорода 21%.

Регистрировались следующие параметры.

Респираторная механика: дыхательный объём (VT) в мл, минутный (VE) и альвеолярный (VA) объёмы вентиляции в л-мин-1, объём дыхательного мертвого пространства (VAD) в мл, отношение объёма альвеолярной и минутной вентиляции (VA/VE), отношение объёма дыхательного мертвого пространства к объёму альвеолярной вентиляции (VAD/VA), пиковое давление в дыхательных путях (PIP) в см вод.ст., транспульмональное давление (PES) в см вод.ст., содержание кислорода в инспираторной фракции дыхательного цикла (FIO2).

Газообмен: напряжение кислорода (PaO2) и

двуоксида углерода (PaCO<sub>2</sub>) в артериальной крови в мм рт.ст., P<sub>и</sub> крови регистрировались микрометодом Аструна. Внутривенное шунтирование крови (QS:QT – в % к сердечному выбросу) определялось с помощью алгоритма кислородного статуса (OSA) [10]

Параметры системной гемодинамики определялись монитором МПР 6-03 фирмы Тритон ЭлектроникС. Регистрировалась ударный индекс (УИ) в мл/м<sup>2</sup>, сердечный индекс (СИ) в л/мин/м<sup>2</sup>, общее сопротивление периферических сосудов (ОПСС) в дин/см<sup>5</sup>/с, центральное венозное давление (ЦВД) в см вод.ст., работа левого желудочка сердца (Wлж) кгМ · мин<sup>-1</sup>.

**Результаты и обсуждение**

Основная задача нашей работы состояла в том, чтобы доказать безопасность применения режима ОВЧВ. Для этой цели были проведены сравнительные

исследования параметров газообмена и системной гемодинамики при традиционной и высокочастотной струйной вентиляции (таб. 1 и 2).

В материалах, представленных в таблицах, прежде всего, обращает на себя внимание факт крайне неблагоприятного гемодинамического и газообменного статуса однолегочной традиционной вентиляции (ОИВЛ). При ОИВЛ, даже в сравнении с традиционной двулегочной вентиляцией, определяется уменьшение УИ (P=0.05) и увеличение ОПСС (P=0.005), значительное снижение PaO<sub>2</sub> (P=0.009), повышение VAD (P=0.000) и QS/QT (P=0.008). Все это позволяет считать опасным применение однолегочной традиционной вентиляции в хирургии легких.

Приведенные в таб.1 данные, позволяют констатировать наличие существенных преимуществ высокочастотных способов вентиляции. При двулегочной ВЧС ИВЛ (ДВЧВ), в сравнении с традиционными ва-

**Таблица 1. Параметры газообмена и системной гемодинамики при различных методах искусственной вентиляции легких.**

Способ ИВЛ	Параметры газообмена и гемодинамики (n=50)									
	PaO <sub>2</sub> мм Hg (M±SD)	PaCO <sub>2</sub> мм Hg (M±SD)	P <sub>и</sub> (M±SD)	УИ мл·м <sup>2</sup> (M±SD)	СИ мл·л <sup>-1</sup> /мин (M±SD)	Wлж кгМ/мин (M±SD)	ОПСС дин·см <sup>5</sup> /с (M±SD)	PIP см H <sub>2</sub> O (M±SD)	Pes см H <sub>2</sub> O (M±SD)	ЦВД см H <sub>2</sub> O (M±SD)
ИВЛ n=50	76.2 ±8.95	34.5 ±10.5	7.43 ±0.07	37.8 ±14.85	2.8 ±2.1	6.2 ±2.8	1867.0 ±990.0	14.0 ±4.2	4.1 ±1.4	10.4 ±2.8
ОИВЛ n=50	69.05 ±12.3	33.0 ±21.0	7.41 ±0.06	26.3 ±16.3	2.3 ±0.7	6.3 ±4.2	2381.0 ±763.7	23.4 ±7.1	4.9 ±0.7	10.7 ±2.1
ДВЧВ n=50	94.2 ±7.9	36.0 ±12.25	7.41 ±0.07	49.6 ±21.2	4.41 ±0.7	9.8 ±4.2	1323.0 ±586.9	10.0 ±0.7	1.0 ±0.7	13.9 ±2.8
P*	=0.000			=0.05	=0.000	=0.000	=0.005	=0.000	=0.000	
ОВЧВ n=50	80.6 ±12.3	30.75 ±15.9	7.42 ±0.007	50.2 ±19.1	3.7 ±1.4	9.6 ±4.2	1388.0 ±359.2	17.2 ±4.95	0.9 ±3.5	13.7 ±2.1
P <sub>1</sub>	=0.04			=0.000	=0.006	=0.000	=0.002	=0.000	=0.000	=0.000
P <sub>2</sub>	=0.000			=0.000	=0.000	=0.000	=0.000	=0.000	=0.000	=0.000
P <sub>3</sub>	=0.000							=0.000		

P\* – достоверность различий ДВЧВ с ИВЛ и ОИВЛ (критерий Стьюдента) P1 – достоверность различий ОВЧВ с ИВЛ (критерий Стьюдента) P2 – достоверность различий ОВЧВ с ОИВЛ (критерий Стьюдента) P3 – достоверность различий ОВЧВ с ДВЧВ (критерий Стьюдента)

**Таблица 2. Параметры респираторной механики и газообмена при различных методах искусственной вентиляции легких.**

Способ вентиляции	V <sub>т</sub> мл M±SD	V <sub>т</sub> л M±SD	V <sub>а</sub> л M±SD	V <sub>ад</sub> мл M±SD	V <sub>ад</sub> /V <sub>а</sub> M±SD	V <sub>т</sub> /V <sub>т</sub> M±SD	F <sub>i</sub> O <sub>2</sub> % M±SD	PaO <sub>2</sub> мм Hg M±SD	PaCO <sub>2</sub> мм Hg M±SD	QS/QT % МОС M±SD
ДИВЛ (n=20)	323.0 ±56.1	6.1 ±1.0	2.57 ±0.5	182.5 ±31.3	0.07 ±0.01	0.42 ±0.05	0.21 ±0.0	76.2 ±8.95	42.5 ±3.5	12.5 ±5.1
ОИВЛ (n=18)	445.8 ±53.0	8.4 ±4.9	3.55 ±0.3	257.2 ±41.4	0.07 ±0.01	0.42 ±0.03	0.21 ±0.0	69.05 ±12.3	41.9 ±5.8	17.8 ±6.8
ДВЧВ (n=16)	167.3 ±6.3	16.7 ±0.60	4.85 ±1.1	118.8 ±11.3	0.02 ±0.008	0.29 ±0.08	0.21 ±0.0	94.2 ±7.9	39.5 ±5.7	5.1 ±2.6
ОВЧВ (n=16)	167.5 ±6.8	16.75 ±0.58	6.8 ±0.89	100.3 ±9.1	0.014 ±0.003	0.4± 0.05	0.21 ±0.0	80.6 ±12.3	29.9 ±4.3	9.7 ±4.4
P <sub>1</sub>	=0.000	=0.000	=0.000	=0.000	=0.000			=0.04	=0.000	=0.004
P <sub>2</sub>	=0.000	=0.000	=0.000	=0.000	=0.000			=0.000	=0.000	=0.000
P <sub>3</sub>			=0.000	=0.000		=0.000		=0.000	=0.000	=0.000

P1 – достоверность различий ОВЧВ с ИВЛ (критерий Стьюдента) P2 – достоверность различий ОВЧВ с ОИВЛ (критерий Стьюдента) P3 – достоверность различий ОВЧВ с ДВЧВ (критерий Стьюдента)

риантами вентиляции, при достоверно более высоких величинах напряжения кислорода в артериальной крови ( $PaO_2$ ), регистрируются более высокие величины объёмных параметров насосной функции сердца (УП, СИ, ЦВД), что обусловлено более низким уровнем транспульмонального давления (PES), обеспечивающем полноценный венозный возврат. При ОВЧВ в сравнении с традиционной вентиляцией отмечается также более низкий уровень периферического сосудистого сопротивления (ОПСС). Возникает ситуация, при которой создаются наиболее благоприятные условия для транспорта кислорода и тканевого газообмена (повышенные  $PaO_2$ , и СИ при сниженном ОПСС).

Однако, если причины благоприятной динамики параметров кровообращения при однолѳочной высокочастотной вентиляции, обусловленные относительно низкими величинами транспульмонального давления и полноценным венозным возвратом понятны и не вызывают сомнения, то в отношении причин адекватности газообмена при ОВЧВ этого сказать нельзя. Ведь никуда не уйти от факта наличия ателектаза на стороне операции и, в связи с этим, неизбежного шунтирования неоксигенированной крови в большой круг кровообращения, что обязательно должно было бы сопровождаться артериальной гипоксемией.

Для объяснения причин высокой оксигенации артериальной крови при ОВЧВ у 20 пациентов, оперированных по поводу туберкулеза, были дополнительно изучены параметры респираторной механики (таб. 2). Было установлено, что высокая оксигенация артериальной крови при ОВЧВ связана с достоверно более низким уровнем внутрилѳочного шунта (QS/QT), на фоне существенного уменьшения удельного веса дыхательного мертвого пространства в составе альвеолярной вентиляции (VAD/VA).

Обращает на себя внимание следующий факт. Несмотря на наличие ателектаза на стороне операции, при ОВЧВ величины QS/QT меньше, а  $PaO_2$  больше аналогичных величин двулѳочной традиционной вентиляции (ДИВЛ), при которой ателектаз отсутствует. Единственным объяснением данного феномена может быть предположение о том, что при ОВЧВ в силу лучшей внутрилѳочной кинетики газов (уменьшение величины VAD/VA), в значительной степени нивелируются негативные эффекты ателектаза, что выражается в ограничении уровня внутрилѳочного шунтирования крови и, следовательно, предупреждении возникновения гипоксемии. Подтверждением справедливости такого предположения может служить сравнение величин этих параметров при ДВЧВ и ОВЧВ, при которых различия в уровне VAD/VA отсутствуют. В такой ситуации негативные эффекты ателектаза оперируемого лѳкого проявляются отчетливо: наблюдаются достоверные различия как в величинах QS/QT, так и  $PaO_2$ .

Результаты проведѳнного исследования позволяют прийти к заключению, что и при однолѳочной высокочастотной вентиляции сохраняются все положи-

тельные эффекты ВЧС ИВЛ. Она в полной мере обеспечивает адекватность вентиляции, несмотря на наличие ателектаза оперируемого лѳкого. Причем, это осуществляется за счет лучшей внутрилѳочной кинетики газов, в вентилируемом лѳгом, на что указывает наличие меньшего удельного веса дыхательного мертвого пространства в составе альвеолярной вентиляции и меньшего внутрилѳочного шунтирования крови.

Однолѳочная ВЧС ИВЛ также полностью решает проблему защиты здорового лѳкого от аспирации. Все это позволяет утверждать, что однолѳочная высокочастотная струйная вентиляция является методом выбора в анестезиологическом обеспечении большинства операций в хирургии заболеваний лѳгих, особенно в тех случаях, когда имеется хотя бы минимальная опасность аспирации содержимого пораженного лѳкого.

Исключение составляют некоторые виды оперативных вмешательств, сопровождающиеся продолжительным нарушением герметичности трахеи или крупных бронхов (реконструктивные операции на трахее, пневмонэктомия с высоким отсечением бронха, пневмонэктомия с резекцией бифуркации трахеи, трансплантация лѳгих и др.). При таких операциях ОВЧВ также обеспечивает адекватный газообмен, однако расположение интубационной трубки в трахее и/или главном бронхе создаст труднопреодолимые технические трудности для хирурга при выполнении трахеального или трахеобронхиального анастомоза. Для преодоления этих трудностей предлагались громоздкие и дорогостоящие способы, такие как дыхательный шунт (интубация бронха дистальнее места пересечения трахеи через операционную рану) и даже проведение операции в барокамере [2].

Использование ВЧС ИВЛ довольно просто решает эту проблему путем применения комбинированного ее варианта. До этапа пересечения трахеи или крупного бронха проводится обычная двулѳочная высокочастотная вентиляция. После пересечения трахеи через интубационную трубку в главный бронх здорового лѳкого проводится тонкий катетер диаметром 2,5 мм и осуществляется однолѳочная ВЧС ИВЛ. Интубационная трубка подтягивается или полностью удаляется, создавая свободу действий хирургу. По завершении формирования анастомоза вновь проводится двулѳочная ВЧС ИВЛ через интубационную трубку или катетер, если трубка удалялась. Исследование параметров респираторной механики, газообмена и гемодинамики показало, что их величины не отличались от тех, которые были зарегистрированы при проведении соответственно двулѳочной и однолѳочной ВЧС ИВЛ.

Приведенные выше данные свидетельствуют о безопасности однолѳочной высокочастотной вентиляции и позволяют считать этот способ респираторной поддержки методом выбора при операциях на лѳгих в случаях, когда имеется опасность аспирации патологического материала в здоровое лѳгкое. ■

## Литература:

1. Бунт А.А., Вязкина М.А., Мизиков В.М. Современные аспекты анестезиологического обеспечения операции на легких. Актуальные вопросы грудной хирургии.-Киров.1985.-С.5-7.
2. Вязкина М.А., Ефремов С.Н., Бирюков Ю.В. и др. Общая анестезия, искусственная вентиляция легких и газообмен при операциях на трахее, бронхах и легких в условиях гипербарической оксигенации. Анестезиология и реаниматология.-1987.-№6.-С.10-15
3. Зислев Б.Д., Юдин В.А. Опыт 700 операций на легких в условиях высокочастотной искусственной вентиляции легких. Грудная хирургия.-1988.-№5.-С.67-71.
4. Зислев Б.Д., Конторович М.Б., Чистиков А.В. с соавт. Мониторинг и контроль параметров респираторной механики при высокочастотной струйной вентиляции легких. Анест. и реанимат. 2008.-№4.-С.18-21.
5. Чистиков А.В., Зислев Б.Д., Конторович М.Б. с соавт. Новые технологии в реализации мониторинга респираторной механики при высокочастотной струйной вентиляции легких. Вестн. новых мед. технологий, 2008.-Т.15.-№2.-С.208-210.
6. Baydur A., Behrakis PK, Zin WA et al A simple method for assessing the validity of the esophageal technique. Am Rev Respir Dis 1982; 126: 788-791.
7. Biro P. Elective end emergency transtracheal jet ventilation. Anas-thesio-logie & Intensivmedizin 2002.-№43.-S. 528
8. El-Baz N.M., Kittle C.F., Faber L.P. et al High-frequency ventilation an uncuffed endobronchial tube. A new technique for one-lung anesthesia. J. Thorac Cardiovasc. Surgery.-1982.-V.84.-№6.-P.823-828.
9. Nishimura M., Takezawa J., Nishijima M.K. et al HFJV for differential lung ventilation. Crit. Care Med.-1984.-V.12.-№9.-P.840-84.
10. Siggaard-Andersen M., Siggaard-Andersen O. Oxygen status algorithm, version 3, with some applications. Acta Anaesthesiol. Scand. Suppl. 1995.-V.107.-p.13-20.
11. Suter P.M., Fairley H.B., Schlobohm R.M. Shunt lung volume and perfusion during short periods of ventilation with oxygen. Anesthesiology.-1975.-v.43.-p.617-627.