

ОДНОЛЕГОЧНАЯ ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ СТРУЙНАЯ ИВЛ (ВЧС ИВЛ) В ХИРУРГИИ ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ

Конторович М.Б.², Медвинский И.Д.¹, Еремеев Д.Ю.¹.

ФГБУ «УНИИФ» Минздравсоцразвития РФ, г. Екатеринбург¹

ГБУЗ СО «Противотуберкулезный диспансер», г. Екатеринбург²

SINGLE-LUNG HIGH-FREQUENCY JET VENTILATION IN THE SURGERY OF PULMONARY TUBERCULOSIS

Kontorovich MB², Medvinsky ID¹, Eremeev DU¹

Ural research institute for phthisiopulmonology, Yekaterinburg¹

Regional Tuberculous Dispensary, Ekaterinburg²

Резюме:

В статье приведены результаты исследования параметров газообмена, гемодинамики и респираторной механики при традиционной двулегочной искусственной вентиляции легких (ДИВЛ), традиционной однолегочной вентиляции (ОИВЛ), высокочастотной двулегочной (ДВЧВ) и высокочастотной однолегочной вентиляции легких (ОВЧВ). По данным авторов ОВЧВ сохраняет все положительные эффекты ВЧС ИВЛ, обеспечивает адекватную вентиляцию, несмотря на наличие ателектаза оперируемого легкого, и полностью решает проблему защиты здорового легкого от аспирации. Таким образом, ОВЧВ может быть методом выбора в анестезиологическом обеспечении операций в легочной хирургии в случаях, когда требуется изоляция оперируемого легкого.

Ключевые слова: гемодинамика, респираторная механика, традиционная двулегочная искусственная вентиляция легких, традиционная однолегочная вентиляция, высокочастотная струйная ИВЛ, высокочастотная двулегочная вентиляция легких, высокочастотная однолегочная вентиляция легких.

Summary. The results of the study gas exchange parameters, re-thermodynamics and respiratory mechanics in traditional doublelung used artificially ventilated, the

traditional one-lung ventilation, high doublelung and high-frequency one-lung ventilation. According to the authors' data high-frequency one-lung ventilation preserves the all the positive effects of mechanical ventilation provides an adequate ventilation, despite the presence of atelectasis of the operated lung, and of fully solves the problem of protecting the healthy lung from aspiration. Thus, may be the method of choice in the provision of anesthesia in pulmonary surgery operations in cases where the insulation is required an integrable operator of the lung.

Keywords: hemodynamics, respiratory mechanics, traditional doublelung ventilation, the traditional one-lung ventilation, high frequency jet ventilation, high frequency ventilation doublelung, high-frequency one-lung ventilation.

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

- предотвратить затекание патологического содержимого из больного лёгкого в здоровое;
- 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.

Наиболее просто эти условия реализуются с помощью изоляции лёгкого на стороне операции путём интубации главного бронха противоположной (здоровой) стороны с проведением однолёгочной вентиляции. Однако это неизбежно приводит к ателектазу изолированного лёгкого с развитием шунта, достигающего по мнению ряда авторов 65% от

минутного объёма сердца, и глубокой артериальной гипоксемии [1,2,4].

Кроме того, исключение из вентиляции половины лёгочной паренхимы значительно повышает при сохранённой минутной вентиляции легких 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 [2].

ВЧС ИВЛ - метод, позволяющий избежать негативных эффектов однолёгочной вентиляции:

- При ВЧС ИВЛ сохраняется адекватная вентиляция в условиях нарушенной герметичности лёгкого при реконструктивных операциях на трахее и бронхах, при травме лёгочной паренхимы хирургом (выделение лёгкого из обширных сращений, разделение междолевой щели и др.), при наличии бронхиального свища;
- При ВЧС ИВЛ практически отсутствует подвижность лёгкого на стороне операции, что существенно облегчает работу хирурга. Более того, лёгочная ткань в зоне манипуляций оператора легко спадается после сдавления, в то время как другие отделы лёгкого остаются воздушными. Возможность достижения такого избирательного коллапса лёгкого позволяет создать оптимальные условия для работы хирурга и избежать ателектаза на стороне операции.

Все это создаёт максимально благоприятные условия для оперирующего хирурга и в определённой степени снижает опасность возникновения интраоперационных осложнений.

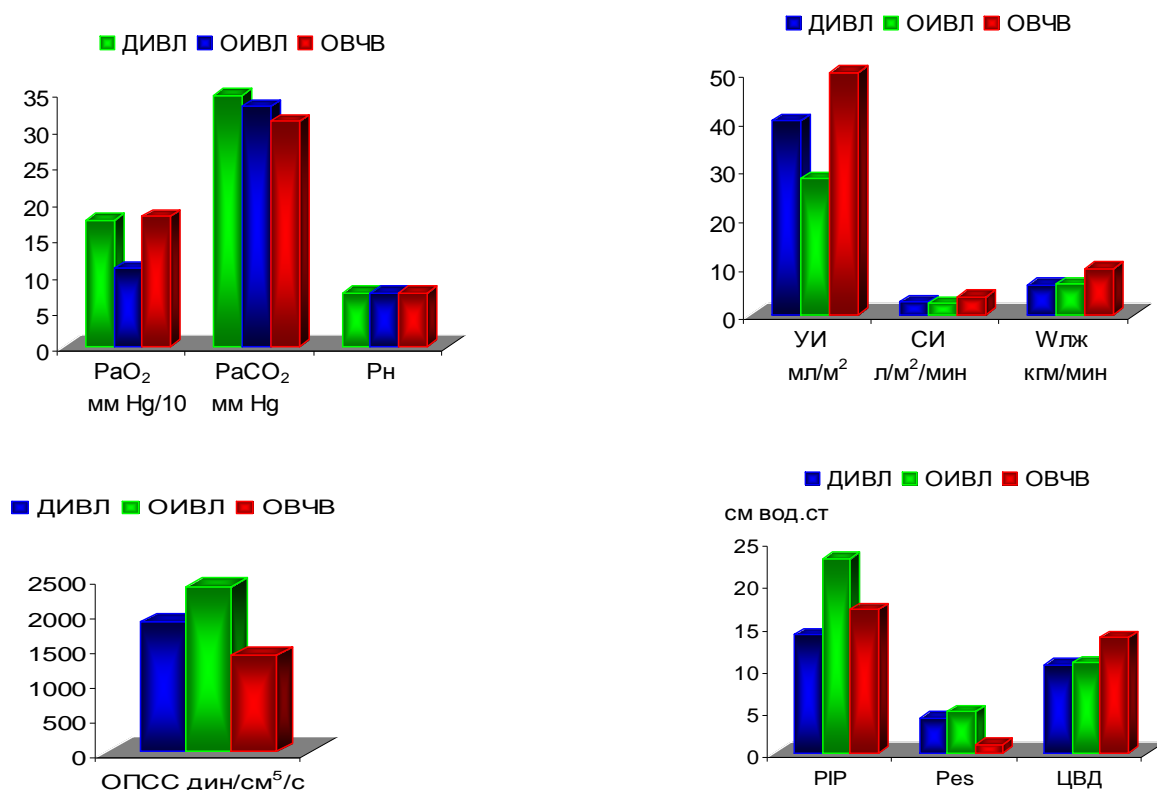
Тем не менее сохраняется опасность аспирации патологического содержимого из поражённого лёгкого в здоровое. Рядом авторов предпринимались попытки устранить этот недостаток путём отдельной интубации главных бронхов и проведения вентиляции здорового лёгкого традиционным методом, а лёгкого на стороне операции с помощью ВЧС ИВЛ, либо путём интубации главного бронха здорового лёгкого

специальной трубкой без манжеты с дополнительными боковыми отверстиями, позволяющими сохранить воздушность оперируемого лёгкого [3].

Но в первом случае резко снижались гемодинамические преимущества ВЧС ИВЛ (традиционная вентиляция здорового лёгкого), во втором – сохранялась опасность аспирации в здоровое лёгкое. Выход из создавшейся ситуации был нами найден с помощью применения однолёгочной высокочастотной вентиляции (ОВЧВ).

К разработке этого режима нас подтолкнули наблюдения, когда при реконструктивных операциях на трахее и бронхах приходилось применять высокочастотные режимы вентиляции при расположении катетера в главном бронхе противоположного лёгкого. При достаточно продолжительной (до 60 мин) вентиляции расстройств газообмена не отмечалось, несмотря на то, что оперируемое лёгкое было совершенно выключено из вентиляции.

Первые же операции с ОВЧВ показали, что такой способ вентиляции обеспечивает адекватный газообмен и стабильную гемодинамику. Дальнейшие исследования подтвердили правильность этих наблюдений (рис. 1).



Способ ИВЛ	Параметры газообмена и гемодинамики (n=50)									
	PaO ₂ ммHg (M±SD)	PaCO ₂ мм Hg (M±SD)	P _H (M±SD)	УИ мл/м ² (M±SD)	СИ мл/м ² /мин (M±SD)	W _{лж} кгм/мин (M±SD)	ОПСС дин/см ⁵ /с (M±SD)	PIP см H ₂ O (M±SD)	P _{es} см H ₂ O (M±SD)	ЦВД см H ₂ O (M±SD)
ИВЛ n=50	174,0 ±63,75	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	108,0 ±58,5	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
P ₁	=0,000			=0,05			=0,005	=0,000	=0,000	
ОВЧВ n=50	179,3 ±77,8	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 ₁				=0,000	=0,006	=0,000	=0,002	=0,000	=0,000	=0,000
P ₂	=0,000			=0,000	=0,000	=0,000	=0,000	=0,000	=0,000	=0,000

P₁ – достоверность различий ОВЧВ с ИВЛ

P₂ – достоверность различий ОВЧВ с ОИВЛ

Рис. 1. Параметры газообмена и гемодинамики при двулёгочной традиционной вентиляции (ИВЛ), однолёгочной традиционной вентиляции (ОИВЛ), однолёгочной высокочастотной вентиляции (ОВЧВ).

Помещённые на рисунке 1 диаграммы отчётливо иллюстрируют преимущества ОВЧВ перед традиционными способами вентиляции. Наиболее существенные различия в регистрируемых параметрах отмечаются при однолёгочных вариантах вентиляции. ОВЧВ сопровождается достоверно лучшей оксигенацией артериальной крови при нормальных показателях PaCO₂ и рН. И, хотя при однолёгочной традиционной вентиляции средние величины PaO₂ указывают на отсутствие выраженной гипоксемии, следует учесть, что более чем у 1/3 наших пациентов (18 из 50) PaO₂ находилось в пределах 80 мм. рт. ст. Это были преимущественно пациенты с сопутствующими лёгочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями, то есть как раз те, операционный риск у которых наиболее высок.

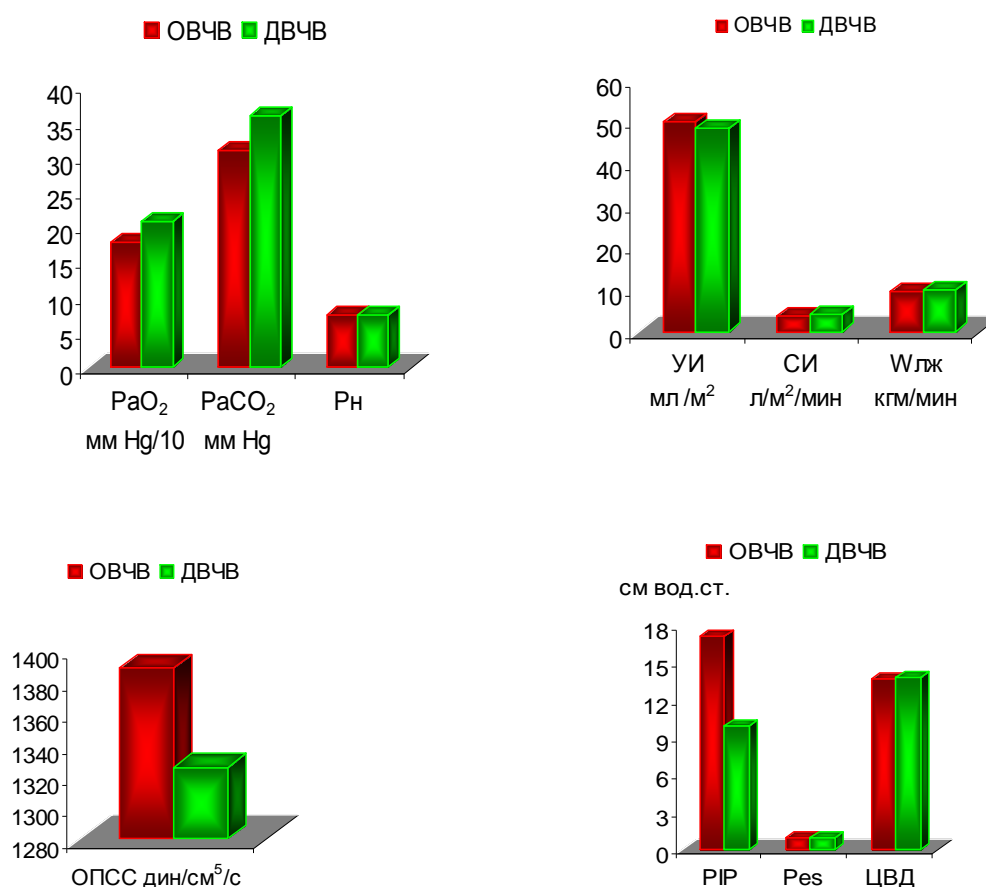
При ОВЧВ отмечаются достоверно меньшие значения транспульмонального (P_{es}) давления, способствующие более высокому венозному возврату и сердечному выбросу.

Таким образом, можно констатировать, что ОВЧВ удовлетворяет всем

требованиям, предъявляемым к респираторной поддержке при операциях на лёгких. Она обеспечивает адекватный газообмен при нарушениях герметичности лёгкого на стороне операции, надёжно предупреждает аспирацию патологического материала из оперированного лёгкого и создаёт максимально благоприятные условия для оперирующего хирурга.

Однако, если причины благоприятной динамики параметров кровообращения при ОВЧВ, обусловленные относительно низкими величинами давления в дыхательных путях и транспульмонального давления понятны и не вызывают сомнения, то в отношении причин адекватности газообмена при ОВЧВ этого сказать нельзя. Ведь факт наличия ателектаза на стороне операции и, в связи с этим, неизбежное шунтирование неоксигенированной крови в большой круг кровообращения, обязательно должно сопровождаться артериальной гипоксемией.

Сомнения позволяет разрешить сравнительный анализ газообмена при двухлёгочном и однолёгочном вариантах ВЧС ИВЛ (рис. 2)



Способ ИВЛ	Параметры газообмена и гемодинамики (n=50)									
	PaO ₂ ммHg (M±SD)	PaCO ₂ мм Hg (M±SD)	P _H (M±SD)	УИ мл/м ² (M±SD)	СИ мл/м ² /мин (M±SD)	Wлж кгм/мин (M±SD)	ОПСС дин/см ⁵ /с (M±SD)	PIP см H ₂ O (M±SD)	Pes см H ₂ O (M±SD)	ЦВД см H ₂ O (M±SD)
ДВЧВ (n=50)	208,5 ±14,25	36,0 ±12,25	7,41 ±0,07	49,6 ±21,2	4,41 ±0,7	9,8 ±4,2	1325,0 ±586,9	10,0 ±0,7	1,0 ±0,7	13,9 ±2,8
ОВЧВ (n=50)	179,3 ±11,0	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	=0,000							=0,000		

Рис. 2. Газообмен и гемодинамика при двулёгочном (ДВЧВ) и однолёгочном (ОВЧВ) вариантах высокочастотной вентиляции.

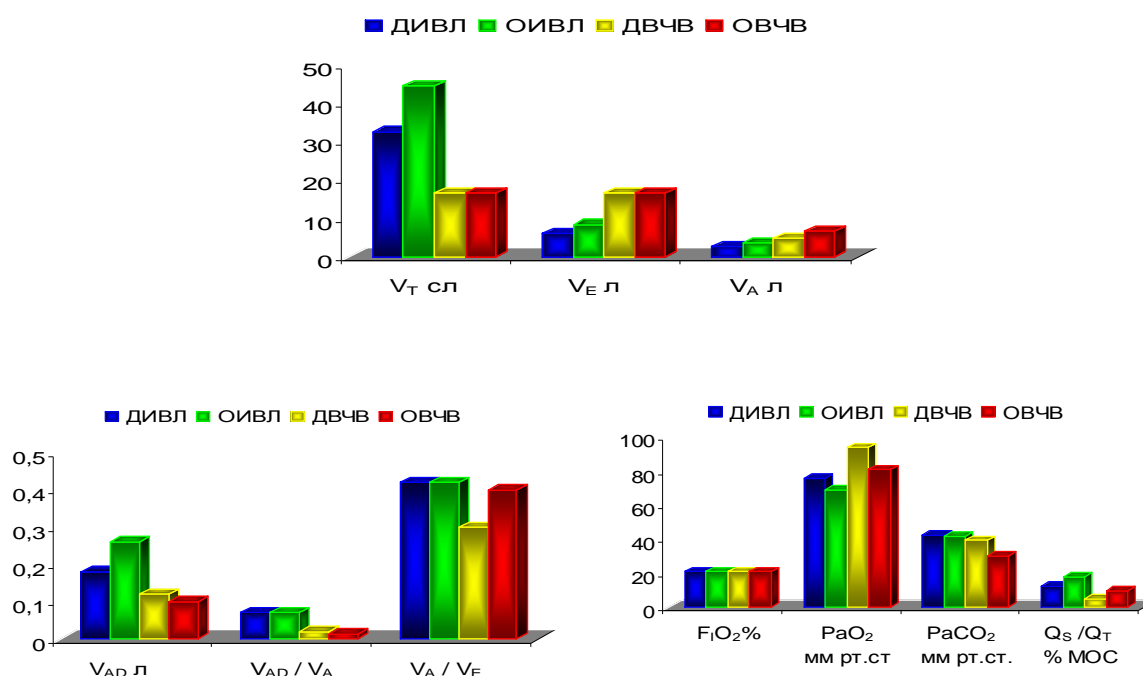
Диаграммы рисунка 2 свидетельствуют о незначительных различиях в газообменном и гемодинамическом статусе двулёгочного и однолёгочного вариантов ВЧС ИВЛ. При двулёгочном варианте отмечаются достоверно более высокая оксигенация артериальной крови, что при одинаковых режимах вентиляции ($f=100$ циклов в минуту, $V_E=17$ л, $I:E=1:2$) может быть связано только с меньшим вено-артериальным внутрилёгочным шунтом. Подтверждение данного положения потребовало специального исследования.

У 20 пациентов перед началом долевых и сегментарных резекций лёгкого были исследованы параметры респираторной механики и газообмена последовательно при двулёгочном и однолёгочном вариантах как традиционной вентиляции, так и ВЧС ИВЛ.

Порядок исследования состоял в следующем. После вводного наркоза и интубации трахеи регистрировались параметры респираторной механики при традиционной двулёгочной вентиляции ($f - 17-19$ циклов в минуту, $V_T - 260-410$ мл, $I:E - 1:2$). Спустя 15 минут осуществлялась двулёгочная ВЧС ИВЛ ($f - 100$ циклов в минуту, $V_T - 150-170$ мл, $I:E - 1:2$). Затем проводилась интубация главного бронха здорового лёгкого, пациент переводился в боковое положение для торакотомии и проводилась регистрация этих же параметров в условиях однолёгочной вентиляции.

ОВЧВ осуществлялась в тех же режимах, что и двулёгочная ВЧС ИВЛ.

Для того, чтобы исключить влияние различных величин концентрации кислорода в инспираторной фракции при ИВЛ и ВЧС ИВЛ, во всех случаях вентиляция осуществлялась воздухом ($F_{I}O_2 = 0,21$). Результаты исследования представлены на рис. 3.



Способ ИВЛ	V_T мл M±SD	V_E л M±SD	V_A л M±SD	V_{AD} мл M±SD	V_{AD}/V_A M±SD	V_A/V_E M±SD	PaO_2 мм Hg M±SD	$PaCO_2$ мм Hg M±SD	Q_S/Q_T % 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	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	69,05±12,3	41,9±5,8	17,8±6.8
ДВЧВ (n=14)	167.3±6.3	16.7±0.60	4.85±1.1	118.8±11.3	0.02±0.008	0.29±0.08	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	80.6±12.3	29.9±4.3	9,7±4.4
P_1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			0.000	
P_2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000
P_3			0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0,004

Рис. 3. Респираторная механика и газообмен при традиционной двулёгочной (ДИВЛ), традиционной однолёгочной (ОИВЛ), высокочастотной двулёгочной (ДВЧВ) и высокочастотной однолёгочной (ОВЧВ) вентиляции.

Материалы, представленные на диаграммах и в таблице рис. 3, позволяют обсудить несколько феноменов, возникающих при ОВЧВ.

При ОВЧВ отмечается достоверно больший объём альвеолярной вентиляции (V_A), чем при ОИВЛ и ДВЧВ. И если различия в V_A между ОВЧВ и ОИВЛ легко объяснить существенной разницей в величинах минутной вентиляции (V_E), то различия с ДВЧВ, на первый взгляд, представляются противоестественными, т.к. и дыхательный, и минутный объёмы вентиляции у них одинаковые. Однако если учесть, что при ОВЧВ эти объёмы распределяются в условиях вдвое уменьшенной ёмкости лёгких, то станет понятным, что их влияние на формирование объёма альвеолярной вентиляции возрастает как минимум вдвое. Этим, по-видимому, и можно объяснить данный феномен. Подтверждением правильности такого объяснения является факт одинакового удельного веса V_A в составе V_E как при ОВЧВ, так и при ДИВЛ, когда имеет место вдвое бóльший, чем при ОВЧВ, дыхательный объём.

В сравнении с ДИВЛ при ОВЧВ регистрируется достоверно меньший объём V_{AD} и его удельный вес в составе альвеолярной вентиляции (V_{AD}/V_A), что объясняется более эффективным внутрилёгочным распределением дыхательных газов. Это подтверждается анализом величин статического комплайенса. При ОВЧВ он достоверно ниже, чем при ДИВЛ и ДВЧВ и составляет $19,8 \pm 4,7$ мл·см вод.ст⁻¹ против $34,9 \pm 4,7$ и $20,7 \pm 6,5$ мл·см вод.ст⁻¹ соответственно ($P=0,000$)¹. Напомним, что снижение статического комплайенса при ВЧС ИВЛ, в отличие от традиционной вентиляции, указывает на большее число вентилируемых альвеол и более эффективную внутрилёгочную кинетику газов.

При ОВЧВ отмечается достоверно меньшее, чем при ДВЧВ напряжение кислорода в артериальной крови (PaO_2), что следует рассматривать как результат более высокого веноартериального шунта (Q_S/Q_T). Коэффициент корреляции PaO_2 и Q_S/Q_T при ОВЧВ составляет $-0,97$ ($P=0,000$).

При традиционной ИВЛ и ОВЧВ величины этих параметры не

различаются ($P=0,091$), т.е. наличие тотального ателектаза половины лёгочной паренхимы при ОВЧВ никак не отражается на величинах шунта и PaO_2 . Единственным объяснением этого явления может быть то, что при ОВЧВ в сравнении с ИВЛ на 82% меньше V_{AD} и в 5 раз меньше его удельный вес в составе альвеолярной вентиляции.

Этот факт позволяет предположить, что высокая эффективность кинетики газов в вентилируемом легком при ОВЧВ компенсирует негативные влияния ателектаза оперируемого лёгкого. Поэтому величины шунта и артериального напряжения кислорода при традиционной ИВЛ и ОВЧВ не различаются.

Ещё одним доказательством этого являются результаты сравнения параметров респираторной механики и газообмена при обоих вариантах ВЧС ИВЛ, поскольку в силу одинаковых условий внутрилёгочного распределения дыхательного газа влияние ателектаза оперируемого лёгкого проявляется отчётливо. При ОВЧВ отмечается достоверное увеличение шунта и снижение PaO_2 , что объясняется различиями в величинах V_{AD} и V_{AD}/V_A .

И хотя различия в величинах данных параметров при этих вариантах ВЧС ИВЛ существенно меньше в сравнении с традиционной ИВЛ, и составляют соответственно 18% и 43%, уменьшение V_{AD} и V_{AD}/V_A при ОВЧВ, по-видимому, оказывается недостаточным, чтобы полностью компенсировать негативное влияние ателектаза, как это наблюдается в сравнении с традиционной вентиляцией.

Наиболее отчётливо влияние ателектаза оперируемого лёгкого проявляется при однолёгочной традиционной вентиляции. В отличие от двухлёгочного её варианта, в условиях ОИВЛ при одинаковых величинах V_A/V_E и V_{AD}/V_A определяется увеличение дыхательного мёртвого пространства более чем на 50% ($P=0,000$). Причём это происходит в основном за счёт увеличения альвеолярного мёртвого пространства, о чем свидетельствует достоверное возрастание Q_S/Q_T ($P=0,01$) и снижение PaO_2 ($P=0,046$).

Сравнение параметров респираторной механики при однолёгочных

¹Критерий Манна – Уитни

вариантах традиционной и высокочастотной струйной вентиляции свидетельствует о существенных преимуществах ВЧС ИВЛ. При её проведении отмечается снижение объёма дыхательного мёртвого пространства более чем в 2,5 раза, в 5 раз уменьшение удельного его веса в составе объёма альвеолярной вентиляции, на 83,5% снижение внутрилёгочного шунтирования крови, что сопровождается возрастанием напряжения кислорода в артериальной крови на 16,7%.

Результаты проведённого исследования позволяют констатировать, что ОВЧВ сохраняет все положительные эффекты ВЧС ИВЛ. Она в полной мере обеспечивает адекватность вентиляции, несмотря на наличие ателектаза оперируемого лёгкого, и полностью решает проблему защиты здорового лёгкого от аспирации. Все это позволяет утверждать, что ОВЧВ является методом выбора в анестезиологическом обеспечении операций в лёгочной хирургии в случаях, когда требуется изоляция оперируемого лёгкого.

Литература:

1. Выжигина М.А., Мизиков В.М., Лукьянов М.В. и др. // Анестезиология и реаниматология. 1995.- №2. –С. 31-37.
2. Зислин Б.Д., Конторович М.Б., Чистяков А.В. Высокочастотная струйная искусственная вентиляция легких.- АМБ, 2010.
3. Кассиль В.Л., Выжигина М.А., Лескин Г.С. Искусственная и вспомогательная вентиляция легких.- М.: Медицина, 2004.
4. Уэст Д. Физиология дыхания.- М., 1988.