

## Использование метода форсированных осцилляций для оценки функции дыхания в анестезиологической практике

1 – отделение анестезиологии-реанимации Республиканской больницы им. В.А.Баранова: 185019, Петрозаводск, ул. Пирогова, 3;

2 – кафедра анестезиологии-реаниматологии с курсом респираторной медицины Петрозаводского государственного университета: 185910, Петрозаводск, пр. Ленина, 33

*O.I.Shishkin, A.I.Bogdanets, E.K.Zilber, J.V.Erofeevskaya*

## Assessment of respiratory function using forced oscillations method in patients undergoing anesthesia

### Summary

Safety of anesthesia is mainly defined by its effect on respiratory system. Forced oscillation technique is a promising method assessing respiratory function in pre- and postoperative patients. This informative test can be used even in reluctant patients. However, there is very little experience with forced oscillations in anesthesiology. This study was conducted to evaluate oscillatory respiratory mechanics and to compare that with spirometric data in patients who had undergone general or spinal anesthesia. We enrolled 86 patients underwent general ( $n = 25$ ) or spinal ( $n = 61$ ) anesthesia. Forced oscillations (using Masterscreen IOS / Erich Jaeger) and spirometric data were collected before surgery, one hour later and 1 and 5 days postoperative. After general but not spinal anesthesia the resistive impedance increased from  $134.3 \pm 54.4$  to  $177.4 \pm 84.9$  in average (expressed as per cent of the predicted value) ( $p < 0.03$ ). One and 5 days after surgical intervention under spinal anesthesia, oscillatory mechanics tended to improve. Changes of spirometric values were similar. We found moderate correlation between respiratory impedance and resistive impedance, on one hand, and airway resistance measured by flow interruption technique, on the other hand. Therefore, forced oscillation method is to be a practical and useful pre- and postoperative respiratory function test. General anesthesia, not spinal anesthesia, exhibited detrimental effect on oscillatory and spirometric respiratory mechanics.

**Key words:** spirometry, forced oscillation technique, spirometry, anesthesia, respiratory impedance.

### Резюме

Безопасность анестезиологического пособия во многом определяется его влиянием на дыхательную систему. Для оценки функции дыхания в пред- и послеоперационном периоде перспективно использование метода форсированных осцилляций (МФО) – информативного теста, не требующего сотрудничества с пациентом. Однако опыт применения МФО в анестезиологии в настоящее время крайне мал. Целью работы было изучение осцилляторной механики дыхания у больных, оперированных под общей и спинальной анестезией, и сопоставление полученных данных со спирометрическими величинами. В исследование вошли 86 больных, оперированных под общей ( $n = 25$ ) и спинальной ( $n = 61$ ) анестезией. Показатели осцилляторной механики измерялись до операции, через 1 ч после нее, на 1-е и 5-е сут. с помощью аппарата *Masterscreen IOS (Erich Jaeger, Германия)*. Одновременно регистрировались спирометрические показатели. После общей анестезии, в отличие от спинальной, наблюдалось увеличение резистивного импеданса – с  $134,3 \pm 54,4$  до  $177,4 \pm 84,9$  %<sub>дож.</sub> ( $p < 0,03$ ). Через 1 и 5 сут. после операции у больных, оперированных под спинальной анестезией, наблюдалась тенденция к улучшению показателей осцилляторной механики дыхания по сравнению с исходными. Динамика спирометрических величин оказалась сходной. Была выявлена средняя корреляция между дыхательным и резистивным импедансом, с одной стороны, и сопротивлением дыхательных путей, измеренным методом прерывания потока, с другой стороны. МФО зарекомендовал себя как удобный и информативный тест для оценки функции дыхательной системы в пред- и послеоперационном периодах. Было выявлено негативное влияние общей, но не спинальной анестезии на показатели осцилляторной и классической механики дыхания.

**Ключевые слова:** метод форсированных осцилляций, спирометрия, анестезия, дыхательный импеданс.

Для оценки функции дыхания в предоперационном и раннем послеоперационном периоде используется спирометрия, значительно реже – плетизмография всего тела. Несмотря на высокую информативность, эти методики обладают рядом существенных недостатков, т. к. требуют активного сотрудничества пациента с врачом, которое часто невозможно или затруднено во время анестезии и в раннем послеоперационном периоде. Общая плетизмография проводится с помощью стационарной, достаточно громоздкой аппаратуры, что исключает возможность исследования у кровати больного. Все это заставляет искать другие методические подходы к оценке механических свойств легких.

Альтернативным способом оценки механических свойств системы дыхания, не требующим активного сотрудничества пациента, является метод форсированных осцилляций (МФО), предложенный в 1956 г. группой авторов во главе с *A.B.Dubois* [1]. Сущность МФО заключается в анализе частотного поведения аппарата вентиляции в ответ на подачу внешним генератором синусоидальных осцилляций воздуха, по частоте существенно превышающих обычную частоту дыхания. МФО позволяют определить общее дыхательное сопротивление, получившее название дыхательного импеданса, а также его компоненты: резистанс (общее фрикционное сопротивление аппарата вентиляции) и реактанс (сумма эластического и инер-

ционного сопротивления) [2]. Последняя модификация МФО, основанная на измерении нагрузочного импеданса, признается различными специалистами одним из наиболее эффективных инструментов оценки механики дыхания [3–5].

Несмотря на потенциальные преимущества МФО у послеоперационных больных, до настоящего времени он почти не использовался в данной области медицины. Исследования, выполненные на кафедре анестезиологии и реаниматологии Петрозаводского государственного университета с помощью аппарата MRP-6 (*Nihon Kohden*, Япония), явились 1-м отечественным опытом применения МФО в медицине критических состояний [6–8]. До сих пор опыт его использования в медицине критических состояний крайне ограничен, хотя потенциал МФО использования именно в этой отрасли весьма велик [9].

Целью данной работы было изучение осцилляторной механики дыхания у больных, оперированных под общей и спинальной анестезией, и сопоставление полученных данных со спирометрическими величинами.

## Материалы и методы

В проспективном исследовании участвовали 86 пациентов, перенесших оперативные вмешательства на нижнем этаже брюшной полости и нижних конечностях под спинномозговой и общей анестезией (табл. 1).

Спинномозговая анестезия выполнялась путем люмбальной пункции субарахноидального пространства и введения местного анестетика – 13–15 мг маркаина. Общая анестезия включала в себя проведение интубации и искусственной вентиляции легких и основывалась на введении наркотических анальгетиков (фентанил), гипнотиков (тиопентал натрия), нейролептиков (дроперидол), недеполяризирующих миорелаксантов (пипекурониума бромид) и ингаляции закиси азота (60–70 %). Все операции носили плановый характер.

Измерения проводились до операции, в 1-й час после нее и на 1-е и 5-е сут. Оценка механики дыхания проводилась с помощью функционально-диагностического комплекса *Master Lab* (*Erich Jaeger*, Германия). Для измерения осцилляторной механики дыхания был использован специализированный модуль *Masterscreen IOS* (*Erich Jaeger*, Германия) представляющий собой современную версию МФО.

При статистической обработке данных для анализа повторных измерений использовался дисперсионный анализ при нормальном и критерий Фридмана – при ненормальном распределении величин. Для анализа корреляций применялся метод Спирме-

на. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Все данные представлены как среднее  $\pm$  стандартное отклонение ( $M \pm SD$ ).

## Результаты и обсуждение

### *Динамика параметров осцилляторной механики дыхания и показателей классической механики дыхания в зависимости от типа анестезии*

У больных, оперированных под спинномозговой анестезией, существенные изменения показателей осцилляторной механики дыхания в первые послеоперационные часы не были установлены. На 1-е и 5-е сут. после операции наблюдалась тенденция к улучшению показателей в сравнении с их предоперационным уровнем ( $p < 0,05$ ). Оба компонента импеданса изменялись односторонне (рис. 1). Улучшились как эластические свойства легких и дыхательных путей (реактанс), так и вязкостные характеристики (аэродинамическое сопротивление).

После операции под общей анестезией достоверные изменения импеданса не были выявлены ( $p > 0,05$ ). В отличие от этого резистивный импеданс дыхательной системы в среднем возрос с  $0,426 \pm 0,19$  до  $0,548 \pm 0,28$  кПа/л/с, или с  $134,3 \pm 54,4$  до  $177,4 \pm 84,9$  %<sub>доп.</sub> ( $p < 0,03$ ). Реактанс существенно не изменился и соответствовал своим предоперационным значениям (рис. 2). В настоящее время технология МФО не позволяет точно установить, произошло ли повышение резистивного импеданса в результате увеличения сопротивления дыхательных путей или из-за ухудшения вязко-эластических свойств легких.

При спинномозговой анестезии сразу после операции у пациентов достоверно снижались показатели спирограммы: объем форсированного выдоха за 1-ю с (ОФВ<sub>1</sub>), пиковая скорость выдоха (ПСВ), что можно считать закономерным, учитывая вероятную вовлеченность экспираторных мышц брюшной стенки в спинальный моторный блок.

Объемные скорости потоков на разных уровнях форсированной жизненной емкости легких (МОС), сопротивление дыхательных путей, измеренное методом прерывания потока ( $R_{\text{oci}}$ ), индекс Тиффно достоверно не изменились. Данный факт свидетельствует об отсутствии obstructивных расстройств дыхания. Послеоперационная активизация больных, перенесших операции под спинальной анестезией, проявилась общим улучшением показателей спирометрии на 5-е сут. после операции (табл. 2).

В группе пациентов, перенесших операции под общей анестезией, в первые часы после экстубации регистрировалось снижение всех показателей спирометрии – закономерный результат слабости респираторных мышц и ухудшения механических свойств

**Таблица 1**  
*Характеристика исследованных групп*

Анестезия	Общее количество	Ортопедические вмешательства	Абдоминальные вмешательства	Мужчины / женщины	Возраст, лет
Спинномозговая	61	35	26	38 / 23	43,2 $\pm$ 14,4
Общая	25	16	9	15 / 10	45,2 $\pm$ 15,1

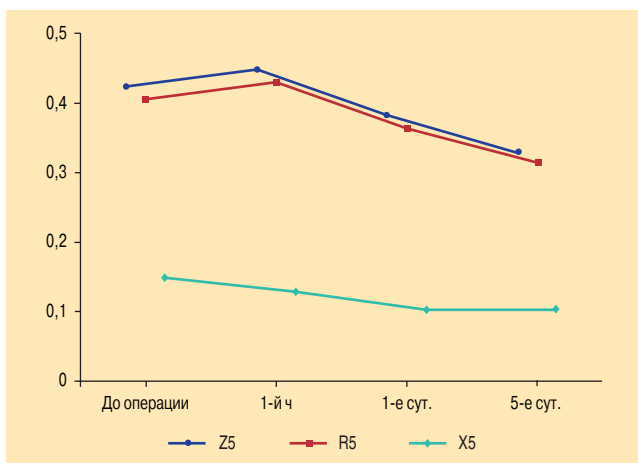


Рис. 1. Динамика параметров осцилляторной механики дыхания у больных, оперированных под спинальной анестезией  
Примечание: Z<sub>5</sub> (кПа/л/с) – импеданс при частоте 5 Гц; R<sub>5</sub> (кПа/л/с) – резистивный импеданс при частоте 5 Гц; X<sub>5</sub> (кПа/л/с) – реактанс при частоте 5 Гц.

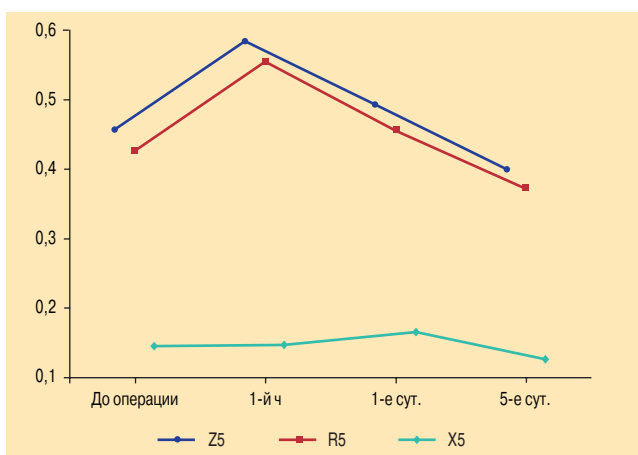


Рис. 2. Динамика параметров осцилляторной механики дыхания у больных, оперированных под общей анестезией

легких, вероятно, обусловленный как самой операцией, так и общей анестезией. На 5-е сут. после операции показатели спирометрии достигли исходных предоперационных значений (табл. 2).

### Связь параметров осцилляторной и классической механики дыхания

Для сопоставления параметров осцилляторной и спирометрической механики дыхания был проведен корреляционный анализ (табл. 3).

Наиболее тесная связь (корреляция средней силы) отмечалась между импедансом и его резистивным компонентом, с одной стороны, и R<sub>oc1</sub> – с другой. Что касается остальных параметров, в большинстве случаев регистрировалась их слабая корреляция на всех этапах исследования.

Импеданс и его резистивный компонент – резистанс – так же, как и аэродинамическое сопротивление, измеренное методом прерывания потока, оценивают общее сопротивление дыхательных путей, поэтому корреляции между данными показателями носят закономерный характер. Отсутствие тесной взаимосвязи между прочими параметрами нельзя считать свидетельством ненадежности используемых методов – вероятно, это следствие их специфики. Во-первых, при МФО измерение показателей происходит в течение всего дыхательного цикла и результат имеет усредненное значение, при форсированном выдохе оценивается только одна фаза дыхания – выдох. Во-вторых, посредством спирометрии функция дыхательной системы исследуется при форсированном дыхании, а параметры МФО служат для характеристики спокойного дыхания.

### Заключение

В анестезиологической практике МФО может использоваться для исследования функции дыхания как в предоперационном периоде, так и на этапе послеоперационного восстановления. Данный тест позволяет оценить влияние анестезиологического пособия на функцию дыхательной системы. Использование МФО не имеет альтернативы в раннем послеоперационном периоде, когда исследование классическими методами невозможно из-за слабости дыхательных мышц.

Таблица 2

Спирометрические показатели до и после операции (%<sub>долж.</sub>)

Параметр	Исходно	1-й ч	p	1-е сут.	p	5-е сут.	p
<b>Спинальная анестезия</b>							
ЖЕЛ	99,9 ± 17,4	97,9 ± 15,1	< 0,05	98,5 ± 16,9	0,26	101,3 ± 15,5	0,16
ОФВ <sub>1</sub>	96,9 ± 16,0	93,1 ± 14,9	0,03	96,6 ± 15,8	0,51	102,7 ± 15,5	< 0,01
ОФВ <sub>1</sub> / ФЖЕЛ	82,3 ± 6,4	83,0 ± 7,1	0,80	82,5 ± 7,6	0,45	82,94 ± 6,53	0,16
МОС <sub>50</sub>	82,30 ± 29,36	80,8 ± 26,9	0,64	86,1 ± 25,6	0,53	91,4 ± 27,1	< 0,05
ПСВ	79,4 ± 24,9	75,6 ± 20,5	< 0,02	85,6 ± 19,9	0,45	84,1 ± 24,4	< 0,02
R <sub>oc1</sub>	147,5 ± 42,5	154,1 ± 40,3	< 0,04	137,2 ± 45,5	0,46	126,6 ± 43,7	< 0,01
<b>Общая анестезия</b>							
ЖЕЛ	95,8 ± 15,9	64,3 ± 18,2	< 0,01	88,7 ± 16,9	0,26	94,2 ± 16,3	0,16
ОФВ <sub>1</sub>	95,3 ± 12,8	60,3 ± 19,3	< 0,01	86,6 ± 16,6	0,03	90,8 ± 15,1	0,09
ОФВ <sub>1</sub> / ФЖЕЛ	82,2 ± 9,9	81,9 ± 14,7	0,30	82,72 ± 8,1	0,69	80,1 ± 8,9	0,41
МОС <sub>50</sub>	76,1 ± 19,3	52,5 ± 22,8	< 0,02	70,1 ± 20,3	0,42	74,3 ± 24,4	0,45
ПСВ	79,4 ± 17,8	46,6 ± 19,4	< 0,01	72,2 ± 21,1	0,42	75,6 ± 15,4	0,57
R <sub>oc1</sub>	177,9 ± 71,7	258,3 ± 151,6	0,14	164,2 ± 63,5	0,50	159,4 ± 56,4	< 0,02

Примечание: ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ<sub>1</sub> / ФЖЕЛ – индекс Тиффно; МОС<sub>50</sub> – мгновенная объемная скорость потока на уровне 50 % ФЖЕЛ.

## Корреляция параметров осцилляторной и классической механики дыхания

	ЖЕЛ	ФЖЕЛ	ОФВ <sub>1</sub>	МОС <sub>50</sub>	ПСВ	R <sub>occl</sub>
До операции						
Z <sub>5</sub>	-0,25*	-0,27*	-0,35*	-0,28*	-0,37*	0,54*
R <sub>5</sub>	-0,23*	-0,24*	-0,33*	-0,26*	-0,36*	0,54*
X <sub>5</sub>	-0,16	-0,24*	-0,18	-0,13	-0,21	0,22
1-й ч после операции						
Z <sub>5</sub>	-0,23*	-0,25*	-0,33*	-0,34*	-0,26	0,55*
R <sub>5</sub>	-0,32*	-0,32*	-0,26*	-0,32*	-0,26	0,56*
X <sub>5</sub>	-0,20	-0,16	-0,19	-0,24*	-0,04	0,28*
1-е сут. после операции						
Z <sub>5</sub>	-0,38*	-0,43*	-0,52*	-0,47*	-0,38*	0,66*
R <sub>5</sub>	-0,33*	-0,37*	-0,47*	-0,46*	-0,37*	0,65*
X <sub>5</sub>	-0,30*	-0,37*	-0,44*	-0,35*	-0,23	0,57*
5-е сут. после операции						
Z <sub>5</sub>	-0,25	-0,26	-0,48*	-0,46*	-0,53*	0,6*
R <sub>5</sub>	-0,23	-0,23	-0,46*	-0,44*	-0,52*	0,6*
X <sub>5</sub>	-0,09	-0,16	-0,34*	-0,37*	-0,33*	0,52*

Примечание: \* –  $p < 0,05$ .

Динамика спирометрических показателей сходна с динамикой осцилляторных параметров. Обнаружена слабая – средняя корреляция между результатами данных методов. Взаимосвязь показателей осцилляторной и классической механики дыхания показана и в других работах [10, 11].

С помощью тестов выявили, что сразу после операции, проведенной под общей анестезией, происходит повышение резистивного импеданса, в то время как спинальная анестезия не оказывает негативного влияния на осцилляторную механику дыхания. Таким образом, спинальную анестезию можно рассматривать как более безопасный вариант анестезиологического пособия при дыхательных осложнениях. В отличие от общей, спинальная анестезия не приводит к ухудшению механических свойств дыхательной системы.

## Литература

1. Dubois A. Oscillation mechanics of lung and chest in man. *J. Appl. Physiol.* 1956; 8 (6): 587–592.
2. Зильбер А.П. Этюды респираторной медицины. М.: МЕДпресс-информ; 2007.
3. Habib R.H. Airway geometry and wall mechanical properties estimated from subglottal input impedance humans. *J. Appl. Physiol.* 1994; 77 (1): 441–451.
4. Reisch S., Steltner H., Timmer J. et al. Early detection of upper airway obstructions by analysis of acoustical respiratory input impedance. *Biol. Cybernet.* 1999; 81 (1): 25–37.
5. Younes M., Kun J., Masiowski B. A method for noninvasive determination of inspiratory resistance during proportional assist ventilation. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2001; 163 (7): 829–839.
6. Зильбер А.П. Респираторная медицина. Этюды критической медицины. Петрозаводск: ПГУ; 1996; т. 2.
7. Зильбер А.П., Хейфец И.Г., Фулиди М.Г. Метод форсированных осцилляций для оценки дыхательного сопротивления при бессознательном состоянии больных. В кн.: Избранные вопросы функциональной диагностики и интенсивной послеоперационной терапии. Л.; 1974. 36–37.
8. Зильбер Э.К. Функциональная оценка респираторной терапии по трем компонентам дыхательной недостаточности: Дис. ... канд. мед. наук. СПб.; 2001.
9. Oostveen E. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. *Eur. Respir. J.* 2003; 22 (6): 1026–1041.
10. Богданец А.И. Послеоперационные дыхательные расстройства: новые методы функциональной диагностики и респираторной терапии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб.; 2006.
11. Goldman M.D. Clinical application of forced oscillation. *Pulm. Pharmacol. Ther.* 2001; 14 (5): 222–223.

## Информация об авторах

Шишкин Олег Игоревич – врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезии и реанимации № 2 Республиканской больницы им. В.А.Баранова; тел.: (8142) 76-88-37; e-mail: reanim@karelia.ru  
 Богданец Александр Игоревич – к. м. н., доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии Петрозаводского государственного университета; тел.: (8142) 76-44-58; e-mail: reanim@karelia.ru  
 Зильбер Эльмира Курбанкадиевна – д. м. н., зав. респираторным центром Республиканской больницы им. В.А.Баранова, зав. курсом респираторной медицины (пульмонологии) Петрозаводского государственного университета; тел.: (8142) 76-64-78; e-mail: zilber@medicine.karelia.ru  
 Ерофеевская Юлия Васильевна – врач-пульмонолог респираторного центра Республиканской больницы им. В.А.Баранова; тел.: (8142) 76-39-10; e-mail: erofeevskaya@mail.ru

Поступила 14.03.08  
 © Коллектив авторов, 2009  
 УДК 616.24-073:617-089.5