

DOI: 10.17238/issn2223-2427.2019.1.33-37

УДК 616.2

© Петрова М.В., Сергеев И.В., Рубанес М., Гароян В.О., Хабибуллои Н.Н., Смолянина В.С., 2019

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА КОМПЕНСАЦИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ НА ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА У ПАЦИЕНТОВ В ОТДЕЛЕНИИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ

М.В. ПЕТРОВА<sup>1,2,a</sup>, И.В. СЕРГЕЕВ<sup>1,2</sup>, М.РУБАНАЕС<sup>1</sup>, В.О. ГАРОЯН<sup>1</sup>, Н.Н. ХАБИБУЛЛОИ<sup>1</sup>, В.С. СМОЛЯНИНА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, 117198, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный научный клинический центр анестезиологии и реаниматологии», г. Москва, 107031, Россия

**Резюме:** У пациентов, находящихся на ИВЛ, самая большая проблема на работу дыхания это сопротивление от эндотрахеальной трубки. Режим АТС обеспечит необходимые давление как компенсации сопротивление эндотрахеальной трубки. Материалы и методы: В исследовании вошли 20 пациентов находящиеся на ИВЛ в режиме вентиляции СРАР/PSV с трахеостомической трубкой диаметром 8,0 мм. Проводилась оценка параметры: ЧСС, АД, SpO<sub>2</sub>, Ppeak, PS, PEEP, FiO<sub>2</sub>, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, EE, RQ, RSBI. Задавался степень компенсации 100% на режиме ARC. Длительность исследования составляла 60 минут на 1 пациента. Исследование прекращалось при декомпенсации состояния пациентов. Результаты: наблюдалось что средний ЧДД до включения ARC составлялось 20,3 ± 4,6 и средний ЧДД после включения АТС составлялось 20,8 ± 5,4, средний VO<sub>2</sub> до включения ARC составлялось 238 ± 72,5 и средний VO<sub>2</sub> после включения АТС составлялось 235,6 ± 70,7, и дополнительно наблюдали что был рост на Ppeak ~ 3 мм вод ст максимум рост. Заключение: режим АТС не уменьшает работу дыхания так как все изучаемые параметры ЧСС, ЧДД, RSBI, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub> не значительно поменялось.

**Ключевые слова:** отлучение, ИВЛ, потребление кислорода, тест спонтанного дыхание, компенсация сопротивление.

## THE EFFECTS OF AIRWAY RESISTANCE COMPENSATION ON OXYGEN CONSUMPTION IN PATIENTS OF THE INTENSIVE CARE WARD

PETROVA M.V.<sup>1,2,a</sup>, SERGEEV I.V.<sup>1,2</sup>, RUBANES M.<sup>1</sup>, GAROYAN V.O.<sup>1</sup>, HABIBULLON N.N.<sup>1</sup>, SMOLYANINA V.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RUDN University, Moscow, 117198, Russia

<sup>2</sup>FSBI «Federal Scientific Clinical Center of Anaesthesiology and Resuscitation», Moscow, 107031, Russia

**Summary:** In the mechanically ventilated patient, the single greatest cause of imposed work of breathing (WOB) is the resistance caused by the endotracheal tube (ETT). However, a special mode of ventilatory support called automatic tube compensation (ATC) delivers exactly the amount of pressure necessary to overcome the resistive load imposed by the ETT for the flow measured at the time (so-called variable pressure support). Materials and methods: 21 patients were included in our study who were on mechanical ventilation СРАР/PSV with tracheostomy tube of 8.0 mm. Pulse, BP, SpO<sub>2</sub>, Ppeak, PS, PEEP, FiO<sub>2</sub>, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, EE, RQ, RSBI were monitored. 100% ARC compensation was given. Duration of observation was 60 minutes for each patient. Observation study was stopped if patients' condition deteriorated. Results: it was observed that mean BR before ARC was 20.3 ± 4.6 & mean BR after ARC was 20.8 ± 5.4, mean VO<sub>2</sub> before ARC was 238 ± 72.5 & mean VO<sub>2</sub> after ARC was 235.6 ± 70.7, in addition to that we observed that there was a rise in Ppeak of about 3 mm water column. Conclusion: ATC mode did not reduce the work of breathing as all the other measured parameters such as pulse, BR, RSBI, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub> didn't have a significant change.

**Key words:** weaning, Mechanical Ventilation, oxygen consumption, spontaneous breathing trial, airway resistance compensation.

### Введение

Дыхательная недостаточность – одна из часто встречаемых проблем у пациентов в критическом состоянии, находящихся в отделении интенсивной терапии. Основная причина - несоответствие выполняемой работы дыхательной системы и потребностей организма в кислороде, что требует замещения дыхательной функции искусственной вентиляцией легких с помощью различных инструментов. Длительная

искусственная вентиляция легких (ИВЛ) может привести к осложнениям, таким как вентилятор- ассоциированная диафрагмальная дисфункция или атрофия, а также нозокомиальная пневмония, что является наиболее частой причиной госпитальной летальности [1,2].

В качестве профилактической меры вентилятор-ассоциированных осложнений рассматривается возможно ранний переход к вспомогательным режимам ИВЛ с различными ва-

<sup>a</sup> E-mail: mail@petrovamv.ru

риантами адаптации к аппарату искусственной вентиляции. Одним из таких вариантов является режим автоматической компенсации сопротивления трахеостомической или эндотрахеальной трубки увеличением давления в дыхательных путях.

У пациента с наличием эндотрахеальной (трахеостомической) трубки просвет верхних дыхательных путей ограничен ее внутренним диаметром, который значительно меньше, чем диаметр гортани и трахеи. С уменьшением радиуса просвета трубки резко увеличивается сопротивление, поэтому сопротивление трахеостомической трубки может увеличить работу дыхания, то есть увеличить потребление кислорода дыхательными мышцами [3,4]. Для уменьшения работы дыхания в современных аппаратах ИВЛ доступна функция автоматической компенсации сопротивления дыхательных путей. Данная функция обеспечивает компенсацию сопротивления интубационной трубки и поддерживает необходимое давление в трахее, затрачиваемое на прохождение узкого места, вызванного разностью диаметров трахеостомической или интубационной трубки и контура аппарата ИВЛ и трахеи [5,6].

Механизм компенсации следующий: поток газа, проходящий через трубку, приводит к возникновению разницы в давлении ( $\Delta P_{tube}$ ) между двумя концами трубки. Респираторные мышцы должны компенсировать эту разницу давлений, создавая мощное отрицательное давление в легких. Это усилие может быть уменьшено за счет увеличения давления на верхнем конце трубки на такую же величину, как и разница давлений ( $\Delta P_{tube}$ ).

Для преодоления возникающего сопротивления в рутинной практике чаще используется настройка поддержки давлением Pressure Support (PS) [7,8,9] При установке PS в зависимости от типа трубки и ее диаметра можно обеспечить базовое покрытие этого сопротивления, но так как вентиляционные параметры дыхания – величина непостоянная и меняющаяся для каждого вдоха, рассчитать необходимое давление для каждого вдоха врачу достаточно сложно. С этой функцией призван справляться режим компенсации сопротивления дыхательных путей, подавая в дыхательные пути пациента, давление необходимое для преодоления этого сопротивления.

Существуют разные названия данной функции в зависимости от производителя аппаратуры: ATC (Automatic Tube Compensation на аппаратах фирмы Drager), TRC (Tube Resistance Compensation на аппаратах фирмы Hamilton) и др. На аппаратах фирмы General Electric - Engström Carestation данный режим называется Airway Resistance Compensation (ARC). В настройках данного режима можно изменять размер трубки от 5 до 10 мм, ее тип (трахеостомическая или интубационная) и уровень компенсации от 0 до 100%.

В данной работе мы исследовали влияние режима ARC на потребление кислорода у пациентов, находящихся на ИВЛ в отделении интенсивной терапии.

**Цель:** определить влияние режима компенсации сопротивления дыхательных путей (Airway Resistance Compensation

- ARC) на потребление кислорода ( $VO_2$ ), во время вспомогательного режима вентиляции легких CPAP/PSV

#### Материалы и методы

Исследование проводилось в отделении реанимации и интенсивной терапии №2 ГКБ им. Виноградова, г. Москва.

В исследование вошли 21 пациент (мужчин – 12, женщин – 9), которым проводилась ИВЛ в течение 12-24 суток, в режиме CPAP/PSV аппаратом Engström Carestation, General Electric (Boston, Massachusetts, USA). Средний возраст пациентов составил  $53,4 \pm 7,1$  лет, клинические диагнозы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Диагнозы	Количество пациентов
Острый отечный панкреатит	5
Геморрагический панкреонекроз	3
Внебольничная двухсторонняя пневмония	8
Рак кардиального отдела желудка	1
Хронический панкреатит	3
Рак двенадцатиперстной кишки	1
Итого	21

**Критерии включения:** пациенты без вазопрессорной поддержки, без медикаментозной седации, в ясном сознании, с трахеостомической трубкой фирмы Portex (все трубки имели порт для санации надманжеточного пространства) диаметром 8,0 мм, пребывающие в состоянии покоя (без ажитации, непосредственно в ходе исследования пациентам не выполнялись процедуры общереанимационного ухода). ЧСС варьировал в пределах от 60 до 110 в мин, ЧДД от 8 до 25 в мин,  $SpO_2 = 90-100\%$ , АД от 100/60 мм.рт.ст. до 160/100 мм.рт.ст., температура тела от 36,6 до 37,0 °С. Режим вентиляции CPAP/PSV. Параметры ИВЛ: РЕЕР от 5 – 7 см  $H_2O$ ,  $FiO_2$  ниже 40%, Ps не более 15 см $H_2O$ .

**Критерии исключения:** Больные с анемии, которые требуют переливание крови, на седации или миорелаксантов, с дренажем в грудной стенке, больные с нестабильных гемодинамики, при ИВЛ необходимость использования высоких концентраций  $O_2$  ( $FiO_2 > 0,6$ ).

Исследование планировалось прекратить при ухудшении состояния пациента: ЧДД более 35 в мин,  $SpO_2$  менее 90%, АД выше 180/100 мм.рт.ст. или менее 90/60 мм.рт.ст., ЧСС более 120 в мин или менее 50 в мин, появление ажитации, или при необходимости санации трахеобронхиального дерева.

В ходе исследования у пациентов проводилась оценка следующих параметров: частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД), сатурация ( $SpO_2$ ) – с помощью прикроватного монитора пациента, значение пикового давления в дыхательных путях (Ppeak), давление поддержки (PS), положительное давление конца выдоха (positive end-expiratory pressure- РЕЕР), концентрация кислорода на вдохе ( $FiO_2$ ) с помощью аппарата ИВЛ, потребление кислорода ( $VO_2$ ), выделение углекислого газа ( $VCO_2$ ), расход энергии

(EE), индекс Тобина (Rapid Shallow Breathing Index - RSBI) – оценка данных параметров производилась с помощью аппарата непрямой калориметрии E-COVX (CARESCAPE Monitor B650, General Electric, Boston, Massachusetts, USA).

Показатели PS, PEEP, FiO<sub>2</sub> оставались неизменными во время всего исследования: среднее значение PS составило 13,1 ± 3,3 мм.вод.ст., средний уровень PEEP составил 5,5 ± 0,6 мм.вод.ст., а среднее значение FiO<sub>2</sub> составило 39,4 ± 3,6 %.

В режиме ARC задавался размер трахеостомической трубки 8,0 и степень компенсации 100%. За 30 минут до исследования проводилась процедура санации трахеобронхиального дерева, надманжеточного пространства и ротовой полости. Головной конец кровати у всех пациентов все время исследования находился в приподнятом до 30° положении. Длительность исследования составляла 60 минут на 1 пациента: 30 минут на оценку параметров до, включения ARC, 30 минут во время ARC. Интервал между измерениями исследуемых параметров составил 5 минут, как до включения ARC так и во время ARC.

### Результаты

Все пациенты, включенные в исследование, закончили его без выраженного ухудшения состояния, ни у одного из исследуемых пациентов измеряемые параметры не достигли критериев прекращения исследования.

Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры		до включения ARC	после включения ARC	p </> 0,005	p=
Ср. АД	мм.рт.ст.	88,6 ± 6,9	88,55 ± 6,7	p > 0,05	p = 0,90
ЧСС	в мин	89,7 ± 20,5	88,4 ± 19,3	p > 0,05	p = 0,31
ЧДД	в мин	20,3 ± 4,6	20,8 ± 5,4	p > 0,05	p = 0,33
RSBI	ЧДД/мин/Л	42,4 ± 17,6	45,3 ± 21,1	p > 0,05	p = 0,38
VO <sub>2</sub>	мл/мин	238 ± 72,5	235,6 ± 70,7	p > 0,05	p = 0,57
VCO <sub>2</sub>	мл/мин	133,5 ± 39,3	128,4 ± 41,5	p > 0,05	p = 0,20
RQ		0,677 ± 0,077	0,678 ± 0,078	p > 0,05	p = 0,35
EE	ккал\сут	1452,8 ± 488,7	1424,3 ± 489,9	p > 0,05	p = 0,28
SpO <sub>2</sub>	%	97,7 ± 0,95	97,7 ± 0,78	p > 0,05	p = 0,75
Ppeak	мм.вод.ст.	18,3 ± 0,39	21,8 ± 0,39	p < 0,05	p = 0,00

### Обсуждение

Описываемые по данным литературных источников исследования, направленные на сравнение VO<sub>2</sub> и EE в процессе

отлучения от аппарата искусственной вентиляции легких, ограничены. Работа Santos с соавторами [10] сравнивает EE во время отлучения у случайно выбранных 40 пациентов, разделенных на 2 группы: 1 группа - где процесс отлучения начинался с режима PSV а затем переходили на вентиляцию Т-трубкой, 2 группа- использовался обратный порядок перехода, зафиксировали 14,4% увеличение EE у пациентов с Т-трубкой по сравнению с PSV. В ходе нашего исследования мы не наблюдали значимого различия в EE при сравнении в режиме АТС или без него.

Другое исследование Oczenski с соавторами [11] обследовали 21 пациента после кардиохирургических вмешательств без легочных повреждений вентилируемых в режиме CPAP\PSV с включение АТС и без нее. VO<sub>2</sub> составил 170 (SD 29) против 174 (SD 29) в режиме CPAP с включенной АТС, PSV, и режимом CPAP без АТС, соответственно. Авторы пришли к выводу что пациенты после кардиохирургических оперативных вмешательств, без повреждения легких нуждаются в обычной вентиляции и не требуют включения режима АТС. В ходе нашего исследования мы сравнили показатели VO<sub>2</sub>, EE, VCO<sub>2</sub> у пациентов некардиологического профиля и разница для VO<sub>2</sub>, EE, VCO<sub>2</sub> не была клинически значима. Показывая на то, что несмотря на разное получаемое лечение и наличие рестриктивной легочной патологии у 8 пациентов не было клинически значимого эффекта от включения режима ARC.

Cohen с соавторами [12] проводили рандомизированное контролируемое клиническое исследование на 99 пациентах с целью определения влияет ли режим АТС на работу дыхания во время отлучения от аппарата ИВЛ. Авторы использовали CPAP с и без режима компенсации и определили что процесс экстубации был более успешен во время CPAP с режимом ARC по сравнению с режимом CPAP без нее 82% и 65% соответственно. Соответственно, использование режима CPAP с ARC может быть полезным при отлучения от аппарата ИВЛ.

В рандомизированном клиническом исследовании Figueira-Casas с соавторами [13] сравнили пациентов в режиме CPAP с АТС и CPAP без АТС в процессе отлучения от аппарата ИВЛ. Авторы заключили, что режим АТС значимо не ускоряет процесс отлучения.

В работе Seleck с соавторами [14] было проведено сравнение АТС и Т-трубки как методов отлучения от ИВЛ. В исследовании участвовало 50 пациентов поделенных на 2 группы: те у кого проводилось отлучение с использованием режима АТС и те, у кого использовалась Т-трубка, находящаяся в отделении ОРИТ более 24 ч, основной целью исследования была успешная экстубация пациента – расцениваемая в данном исследовании как способность поддерживать спонтанное дыхание 48ч после экстубации. Средняя продолжительность отлучения от ИВЛ составила 4,96 для АТС и 7,42(p=0,022) для Т-трубки. Не отмечалось значимой разницы между группами в гемодинамике, механической вентиляции или параметрах газообмена. Авторы пришли к выводу, что нет приоритета одного метода по сравнению с другим в плане отлучения больных от ИВЛ.

Lago с соавторами [15] в своей работе оценивали  $VO_2$  и  $EE$  в течение попытки спонтанного дыхания (SBT-spontaneous breathing trial) связанной с АТС и без нее. В исследовании участвовали 40 пациентов находящихся на ИВЛ в ОРИТ. Исследуемые были случайно рандомизировано разделены на группы: 1 группа- SBT начиналось в режиме СРАР с АТС, 2 группа- SBT начиналось в режиме СРАР без АТС. Разница между  $VO_2$  и  $EE$  во время SBT с АТС и без АТС составила 1.6 мл/кг/мин (95% CI: -4,36 - 1,07) и 5,4 ккал/сут (95% CI: -21,67 - 10,79) соответственно. Авторы заключили, что  $VO_2$  и  $EE$  полученные в ходе SBT с АТС и без АТС значимо не отличались.

Интересна работа ОТО с соавторами [16] - исследуя влияет ли режим АТС на уменьшение работы дыхания у пациентов с эндотрахеальной трубкой. В авторском исследовании участвовало 20 пациентов на ИВЛ с длительностью вентиляции более 48ч. После экстубации, производился сбор использованных эндотрахеальных трубок и производилось измерение параметров с присоединением использованных эндотрахеальных трубок к модели легких, которая симулировала спонтанное дыхание с частотой 10 в мин, временем вдоха 1,0 сек и дыхательным объемом 300 мл, 500 мл и 700 мл соответственно. На аппарате ИВЛ задавался режим АТС со 100% компенсацией, с PEEP 5 см.вод.ст.  $FIO_2$  21% и производилось измерение потока и давления воздушной смеси на проксимальном и дистальном конце эндотрахеальной трубки. В результате разница давлений возрастала с увеличением объема, но даже со 100% установкой компенсации, аппарат ИВЛ не перекрывал полностью разницу давлений. В использованных эндотрахеальных трубках пиковый поток и пиковое давление были ниже, а разница давлений на концах трубки больше чем у новых эндотрахеальных трубок. С возрастанием объема увеличивалась процентная разница давлений между новыми и использованными эндотрахеальными трубками. Авторы заключили что режим АТС не компенсирует полностью возникающее увеличение работы дыхания. Изменение конфигурации эндотрахеальной трубки и трахеальные секреты могут увеличить сопротивление эндотрахеальной трубки и уменьшить возможность режима АТС компенсировать увеличенную работу дыхания.

Исходя из полученных литературные источники, можно прийти к выводу что режим АТС значимо не влияет на  $VO_2$  и  $EE$ , что мы и получили в ходе нашего исследования. Применения данного режима остается ограниченными в работе реанимационного отделения- при отлучении от аппарата от ИВЛ данный режим может быть эффективен.

#### Заключение

В ходе исследования были получены данные, совпадающие с данными других авторов, приведенными в обсуждении что режим АТС значимо не влияет на  $VO_2$  в режиме вспомогательной вентиляции легких.

#### Список литературы

1. Powers S.K., Wiggs M.P., Sollanek K.J., Smuder A.J. Ventilator-induced diaphragm dysfunction: cause and effect. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2013, 305(5), pp. R464-477.
2. Kalanuria A.A., Zai W., Mirski M. Ventilator-associated pneumonia in the ICU. *Crit Care*, 2014, 18(2), p. 208.
3. Epstein S.K., Ciubotaru R.L. Influence of gender and endotracheal tube size on preextubation breathing pattern. *Am J Respir Crit Care Med*, 1996, 154 (6 Pt 1), pp. 1647-1652.
4. Mehta S., Heffer M.J., Maham N., Nelson D.L., Klinger J.R., Levy M.M. Impact of endotracheal tube size on preextubation respiratory variables. *J Crit Care*, 2010, 25(3), pp. 483-488.
5. Habertur C., Fabry B., Stocker R., Ritz R., Guttman J. Additional inspiratory work of breathing imposed by tracheostomy tubes and non-ideal ventilator properties in critically ill patients. *Intensive Care Med*, 1999, 25(5), pp. 514-519.
6. Ashutosh N., Aggarwal MD DM, Ritesh Agarwal MD DM, and Dheeraj Gupta MD DM. Automatic Tube Compensation as an Adjunct for Weaning in Patients With Severe Neuroparalytic Snake Envenomation Requiring Mechanical Ventilation: A Pilot Randomized Study Respiratory Care, December 2009, Vol. 54, no. 12, pp. 1697-1702
7. Brochard L., Rauss A., Benito S., Conti G., Mancebo J., Rekiq N., et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilator support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*, 1994, 150 (4), pp. 896-903.
8. Esteban A., Frutos F., Tobin M.J., Alia I., Solsona J.F., Valverdu I., et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *N Engl J Med*, 1995, 332(6), pp. 345-350.
9. Molina-Saldarriaga F.J., Fonseca-Ruiz N.J., Cuesta-Castro D.P., Esteban A., Frutos-Vivar F. [Spontaneous breathing trial in chronic obstructive pulmonary disease: continuous positive airway pressure (CPAP) versus T-piece]. *Med Intensiva*, 2010, 34(7), pp. 453-458.
10. dos Santos L.J., Hoff C., Condessa R.L., Kaufmann M.L., Vieira S.R. Energy expenditure during weaning from mechanical ventilation: is there any difference between pressure support and T-tube? *J Crit Care*, 2011, 26(1), pp. 34-41.
11. Oczenski W., Kepka A., Krenn H., Fitzgerald R.D., Schwarz S., Hormann C. Automatic tube compensation in patients after cardiac surgery: effects on oxygen consumption and breathing pattern. *Crit Care Med*, 2002, 30(7), pp. 1467-1471.
12. Cohen J.D., Shapiro M., Grozovski E., Lev S., Fisher H., Singer P. Extubation outcome following a spontaneous breathing trial with automatic tube compensation versus continuous positive airway pressure. *Crit Care Med*, 2006, 34(3), pp. 682-686.
13. Figueroa-Casas J.B., Montoya R., Arzabala A., Connery S.M. Comparison between automatic tube compensation and continuous positive airway pressure during spontaneous breathing trials. *Respir Care*, 2010, 55(5), pp. 549-554.
14. Selek Ç., Özcan P.E., Orhun G., Şentürk E., Akıncı İ.Ö., Çakar N. The Comparison of Automatic Tube Compensation (ATC) and T-piece During Weaning. *Turk J Anaesthesiol Reanim*, 2014 Apr, 42(2), pp. 91-5.
15. Lago A.F., Goncalves E.C., Silva E.C., Meneguetti M.G., Nicolini E.A., Auxiliadora-Martins M., Martinez E.Z., Gastaldi A.C., Basile-Filho A. Comparison of Energy Expenditure and Oxygen Consumption of Spontaneous Breathing Trial Conducted With and Without Automatic Tube Compensation. *J Clin Med Res*, 2015 Sep, 7(9), pp. 700-5

16. **Oto J., Imanaka H., Nakataki E., Ono R., Nishimura M.** Potential inadequacy of automatic tube compensation to decrease inspiratory work load after at least 48 hours of endotracheal tube use in the clinical setting. *Respir Care*, 2012 May, 57(5), pp. 697-703.

#### References

1. **Powers S.K., Wiggs M.P., Sollanek K.J., Smuder A.J.** Ventilator-induced diaphragm dysfunction: cause and effect. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2013, 305(5), pp. R464-477.

2. **Kalanuria A.A., Zai W., Mirski M.** Ventilator-associated pneumonia in the ICU. *Crit Care*, 2014, 18(2), p. 208.

3. **Epstein S.K., Ciubotaru R.L.** Influence of gender and endotracheal tube size on preextubation breathing pattern. *Am J Respir Crit Care Med*, 1996, 154 (6 Pt 1), pp. 1647-1652.

4. **Mehta S., Heffer M.J., Maham N., Nelson D.L., Klinger J.R., Levy M.M.** Impact of endotracheal tube size on preextubation respiratory variables. *J Crit Care*, 2010, 25(3), pp. 483-488.

5. **Haberthur C., Fabry B., Stocker R., Ritz R., Guttmann J.** Additional inspiratory work of breathing imposed by tracheostomy tubes and non-ideal ventilator properties in critically ill patients. *Intensive Care Med*, 1999, 25(5), pp. 514-519.

6. **Ashutosh N., Aggarwal MD DM, Ritesh Agarwal MD DM, and Dheeraj Gupta MD DM.** Automatic Tube Compensation as an Adjunct for Weaning in Patients With Severe Neuroparalytic Snake Envenomation Requiring Mechanical Ventilation: A Pilot Randomized Study *Respiratory Care*, December 2009, Vol. 54, no. 12, pp. 1697-1702

7. **Brochard L., Rauss A., Benito S., Conti G., Mancebo J., Rekik N., et al.** Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilator support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*, 1994, 150 (4), pp. 896-903.

8. **Esteban A., Frutos E., Tobin M.J., Alia I., Solsona J.F., Valverdu I., et al.** A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *N Engl J Med*, 1995, 332(6), pp. 345-350.

9. **Molina-Saldarriaga F.J., Fonseca-Ruiz N.J., Cuesta-Castro D.P., Esteban A., Frutos-Vivar F.** [Spontaneous breathing trial in chronic obstructive pulmonary disease: continuous positive airway pressure (CPAP) versus T-piece]. *Med Intensiva*, 2010, 34(7), pp. 453-458.

10. **dosSantos L.J., Hoff C., Condessa R.L., Kaufmann M.L., Vieira S.R.** Energy expenditure during weaning from mechanical ventilation: is there any difference between pressure support and T-tube? *J Crit Care*, 2011, 26(1), pp. 34-41.

11. **Oczenski W., Kepka A., Krenn H., Fitzgerald R.D., Schwarz S., Hormann C.** Automatic tube compensation in patients after cardiac surgery: effects on oxygen consumption and breathing pattern. *Crit Care Med*, 2002, 30(7), pp. 1467-1471.

12. **Cohen J.D., Shapiro M., Grozovski E., Lev S., Fisher H., Singer P.** Extubation outcome following a spontaneous breathing trial with automatic tube compensation versus continuous positive airway pressure. *Crit Care Med*, 2006, 34(3), pp. 682-686.

13. **Figuroa-Casas J.B., Montoya R., Arzabala A., Connery S.M.** Comparison between automatic tube compensation and continuous positive airway pressure during spontaneous breathing trials. *Respir Care*, 2010, 55(5), pp. 549-554.

14. **Selek Ç., Özcan P.E., Orhun G., Şentürk E., Akıncı İ.Ö., Çakar N.** The Comparison of Automatic Tube Compensation (ATC) and T-piece During Weaning. *Turk J Anaesthesiol Reanim*, 2014 Apr, 42(2), pp. 91-5.

15. **Lago A.F., Goncalves E.C., Silva E.C., Meneguetti M.G., Nicolini**

**E.A., Auxiliadora-Martins M., Martinez E.Z., Gastaldi A.C., Basile-Filho A.** Comparison of Energy Expenditure and Oxygen Consumption of Spontaneous Breathing Trial Conducted With and Without Automatic Tube Compensation. *J Clin Med Res*, 2015 Sep, 7(9), pp. 700-5

16. **Oto J., Imanaka H., Nakataki E., Ono R., Nishimura M.** Potential inadequacy of automatic tube compensation to decrease inspiratory work load after at least 48 hours of endotracheal tube use in the clinical setting. *Respir Care*, 2012 May, 57(5), pp. 697-703.

#### Сведения об авторах

**Петрова М.В.** – д.м.н. зав. кафедры анестезиологии и реаниматологии с курсом медицинской реабилитации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов». 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.

**Сергеев И.В.** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов». 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.

**Рубанес М.** – доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов». 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.

**Гароян В.О.** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов». 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.

**Хабибулло Н.Н.** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов». 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.

**Смолянина В.С.** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов». 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.6.

#### Information about the authors

**Petrova M.V.** – Doctor of Medical Sciences, Head Departments of Anaesthesiology and Resuscitation with a course of medical rehabilitation, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian University of Peoples' Friendship». Postcode 117198, Moscow, st. Miklouho-Maclay, 6.

**Sergeev I.V.** – Resident, Department of Anaesthesiology and Resuscitation, Medical Institute, Peoples' Friendship University of Russia. 117198, Moscow Miklukho-Maklaya str.6

**Rubanes M.** – Assistant lecturer, Department of Anaesthesiology and Resuscitation, Medical Institute, Friendship University of Russia. 117198, Moscow Miklukho-Maklaya str.6

**Garoyan V.O.** – Resident, Department of Anaesthesiology and Resuscitation, Medical Institute, Peoples' Friendship University of Russia. 117198, Moscow Miklukho-Maklaya str.6

**Habibullon N.N.** – Resident, A Department of Anaesthesiology and Resuscitation, Medical Institute, Peoples' Friendship University of Russia. 117198, Moscow Miklukho-Maklaya str.6

**Smolyanina V.S.** – Resident, Department of Anaesthesiology and Resuscitation, Medical Institute, Peoples' Friendship University of Russia. 117198, Moscow Miklukho-Maklaya str.6