

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДАПТИВНОГО РЕЖИМА ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ ПРИ ОТЛУЧЕНИИ ОТ РЕСПИРАТОРА ПАЦИЕНТОВ МНОГОПРОФИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РЕАНИМАЦИИ И ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ

Главатских Р. А.<sup>1</sup>, Давыдова Н. С.<sup>2</sup>, Лейдерман И. Н.<sup>3</sup>,  
Собетова Г. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Свердловской области «Центральная городская клиническая больница № 1», Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

## Контактная информация:

Лейдерман Илья Наумович,  
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»  
Минздрава России,  
ул. Акkuratова, д. 2, Санкт-Петербург,  
Россия, 197341.  
Email: inl230970@gmail.com

*Статья поступила в редакцию  
21.01.2022 и принята к печати  
25.02.2022.*

## Резюме

**Актуальность.** Одной из основных проблем интенсивной терапии является перевод пациента на самостоятельное дыхание — отлучение от искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Нерешенными остаются вопросы выбора оптимального режима вспомогательной ИВЛ, позволяющего ускорить процесс отлучения пациента. Перспективным направлением является применение новых адаптивных режимов ИВЛ. **Цель.** Сравнение клинической эффективности режима iSV с традиционным режимом CPAP+PS (PSV) у пациентов многопрофильного отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ). **Материалы и методы.** Обследовано 45 пациентов ОРИТ в возрасте от 31 до 81 года. Пациенты находились на длительной ИВЛ (от 5 до 28 суток). В 1 группу вошли пациенты, у которых с целью адаптации к спонтанному дыханию использовался режим спонтанного дыхания с поддержкой давлением (PSV). Во 2 группу распределили пациентов, у которых использовался режим адаптивной вентиляции легких (iSV). **Результаты.** Оба режима вспомогательной вентиляции позволяли проводить эффективную респираторную поддержку. В режиме PSV на 3 и 5 сутки отлучения от ИВЛ отмечалась статистически значимая гипокания, достоверно более высокая поддержка давлением (PS) и более высокая суточная потребность в энергии на 3 сутки. Средняя длительность пребывания в ОРИТ на фоне применения режима iSV была несколько меньше. **Заключение.** Режимы вспомогательной вентиляции легких PSV и iSV эффективны при адаптации пациентов к спонтанному дыханию после длительной ИВЛ. Режим iSV вызывает меньшее напряжение дыхательной системы в сравнении с режимом PSV. Режим iSV, в сравнении с режимом PSV, может способствовать сокращению длительности нахождения пациента в ОРИТ.

**Ключевые слова:** вентиляция с поддержкой давлением, интеллектуальная адаптивная вентиляция, искусственная вентиляция легких, отлучение от ИВЛ.

Для цитирования: Главатских Р.А., Давыдова Н.С., Лейдерман И.Н., Собетова Г.В. Эффективность адаптивного режима искусственной вентиляции легких при отлучении от респиратора пациентов многопрофильного отделения реанимации и интенсивной терапии. Трансляционная медицина. 2022;9(1):39-48. DOI: 10.18705/2311-4495-2022-9-1-39-48.

## CLINICAL EFFECTS OF ADAPTIVE LUNG VENTILATION REGIME DURING WEANING OF MIXED ICU PATIENTS

Roman A. Glavatski<sup>1</sup>, Nadezhda S. Davidova<sup>2</sup>, Ilya N. Leyderman<sup>3</sup>, Galina V. Sobetova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Central City Clinical Hospital № 1, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Almazov National Medical Research Center, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author:

Ilya N. Leyderman,  
Almazov National Medical Research Centre,  
Akkuratova str., 2, Saint Petersburg, Russia,  
197341.

E-mail: inl230970@gmail.com

Received 25 January 2022; accepted  
25 February 2022.

### Abstract

**Background.** Weaning from mechanical ventilation (MV) became one of the main problems of intensive care unit (ICU) physicians. Choosing the optimal mode of MV, which make possible to accelerate the process of weaning the patient, remain unresolved. A promising direction is the use of new adaptive ventilation modes. **Objective.** To compare the clinical efficacy of the iSV regimen with the traditional CPAP + PS (PSV) regimen in patients of a mixed ICU. **Design and methods.** 45 patients (age 31–81) were examined. Patients were on prolonged MV from 5 to 28 days. In group 1 pressure support (PSV) mode was used to adapt to spontaneous breathing. Group 2 consisted of patients in whom adaptive ventilation (iSV) mode was used. **Results.** Both modes of assisted ventilation provided effective respiratory support. In the PSV mode, on the 3rd and 5th days of weaning from MV, hypocapnia and a higher support by the pressure of spontaneous inspirations (PS) were noted. A higher daily energy requirement was revealed in PSV mode on day 3. The length of stay in ICU in iSV group was moderately decreased. **Conclusion.** Assisted ventilation modes PSV and iSV are effective in adapting patients to spontaneous breathing after prolonged MV. The iSV mode appears to cause less respiratory stress compared to the PSV mode. Assisted ventilation in iSV versus PSV can possibly reduce ICU length of stay.

**Key words:** adaptive ventilation, mechanical ventilation, pressure support ventilation, weaning.

*For citation: Glavatski RA, Davidova NS, Leyderman IN, Sobetova GV. Clinical effects of adaptive lung ventilation regime during weaning of mixed ICU patients. Translyatsionnaya meditsina=Translational Medicine. 2022;9(1):39-48. (In Russ.) DOI: 10.18705/2311-4495-2022-9-1-39-48.*

**Список сокращений:** ИВЛ — искусственная вентиляция легких, ИМТ — идеальная масса тела, МОД — минутный объем дыхания, ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии, ПДКВ — положительное давление в конце выхода, ХСН — хроническая сердечная недостаточность.

### Введение

Успехи медицины критических состояний неразрывно связаны с развитием респираторной медицины. Благодаря появлению современных аппаратов ИВЛ, новых режимов вентиляции, жизнь пациента в критическом состоянии стало возможным

продлить. Однако респираторная терапия обозначила серьезную проблему — адаптация к спонтанному дыханию после того, как необходимость в протезировании дыхательной функции исчезает. Данные литературы свидетельствуют, что у 20–30 % реципиентов ИВЛ не может быть прекращена одномоментно [1]. Нередко 20–30 % времени, затраченного на проведение ИВЛ, приходится на отлучение от респиратора [1, 2].

Продление ИВЛ за пределы необходимого срока приводит не только к материальным тратам, связанным с уходом за пациентами на ИВЛ, но и к формированию ряда интеркуррентных заболеваний, с которыми связано увеличение летальности в этой категории пациентов. К таковым относят вентилятор-ассоциированные инфекции дыхательных путей (трахеобронхит, пневмонию), кровотечения из верхних отделов желудочно-кишечного тракта, тромбозы, осложнения [3].

Для решения этой проблемы предлагаются различные методики. Все они учитывают, что адаптация к спонтанному дыханию — процесс многокомпонентный. Адекватная оценка возможности отлучения не только позволяет сократить длительность пребывания пациентов в отделениях реанимации и, в частности, на ИВЛ, но и избежать реинтубации. Повторная интубация, по данным литературы, ассоциируется с увеличением летальности в 5 [3], а, согласно некоторым исследованиям, и в 7–11 раз [1].

Профессиональные сообщества специалистов по респираторной терапии предлагают использовать различные критерии, являющиеся предикторами удачного отлучения от ИВЛ. Сначала оцениваются показатели, характеризующие стабильность основных функциональных систем пациента.

Следующим этапом является оценка респираторных показателей:

- $pO_2$  в артериальной крови не менее 80 мм рт. ст. при  $FiO_2 = 0,4$  [4];
- $SO_2$  не менее 90 % при  $FiO_2 = 0,4$  (3,5);
- спонтанная частота дыхания менее 35 в минуту [3–7];
- спонтанный дыхательный объем более 5 мл/кг [3–7];
- индекс поверхностного дыхания (индекс Тобина) ( $f/V_t$ ) — отношение частоты дыхательных движений и дыхательного объема менее 100 [3], 105 [5, 6] или 120 [4];
- уровень положительного давления в конце выхода (ПДКВ) не более 5–8 см вод. ст. [1, 5, 7].

Предложены различные расчетные индексы, исследование респираторного паттерна, но практическую значимость, надежность ни одного из этих показателей установить не удается. В ряде исследова-

ний показано, что респираторных показателей, достоверно отражающих готовность пациента к отлучению от респиратора, на сегодняшний день не существует [1, 3, 4].

По мере готовности пациентов к отлучению от респиратора начинается тренировка спонтанного дыхания с помощью различных адаптивных режимов. До настоящего времени ведутся исследования с целью выявления оптимальных режимов вспомогательной вентиляции. Попытки применения неинвазивной вентиляции как этапа адаптации к спонтанному дыханию, к сожалению, оказались безуспешными [5, 6, 8]. Данные о сравнении эффективности режимов вспомогательной вентиляции IMV, PSV или спонтанной вентиляции через T-образный коннектор носят противоречивый характер [4, 9, 10].

Одним из изучаемых сегодня новых лечебных подходов является использование режима iSV — режима интеллектуальной адаптивной вентиляции, обеспечивающего целевой объем минутной вентиляции легких независимо от спонтанной дыхательной активности пациента [10–14]. Режим iSV является интегральным режимом вентиляции — с поддержкой пациентов с любым уровнем спонтанной дыхательной активности. Режим обеспечивает гарантированный минутный объем дыхания (МОД). При отсутствии собственного дыхания — вдохи аппаратные, с двойным контролем (PCV-VG). При наличии спонтанной дыхательной активности пациента режим становится идентичным CPAP+PS, причем уровень поддержки (PS) регулируется автоматически, обеспечивая заданный МОД. Режим iSV обеспечивает вентиляцию с минимально возможным давлением в дыхательных путях. Частота вентиляции RB рассчитывается по формуле Отиса (в модификации Кофмана Ю. В.). В отличие от обычно применяемой формулы Отиса, данный вариант не требует многократного повторения циклов итерации и не требует ввода начального значения частоты дыхания [15]. В уравнение включены параметры мониторинга состояния респираторной системы пациента: комплаенс, резистентность и постоянная времени. Эти параметры расчетные, аппарат напрямую измеряет давление, объем и поток. Компьютер аппарата ИВЛ на основе динамики потока, давления и объема рассчитывает комплаенс и резистентность вдоха и выдоха. Все эти режимы построены на способе согласования вдохов с целевым дыхательным объемом и для принудительных, и для спонтанных вдохов. Все вдохи, инициированные пациентом, выполняются в PSV, а давлением поддержки (PS) управляет аппарат ИВЛ. Если количество спон-

таных вдохов не обеспечивает целевой объем минутной вентиляции, то аппарат встраивает принудительные вдохи PCV, в которых давление и длительность вдоха задает аппарат ИВЛ [16, 17]. Таким образом, режим адаптивной вентиляции призван выборочно разгружать дыхательные мышцы от дополнительной нагрузки, вызванной повышенным сопротивлением и эластичностью дыхательной системы, а также сопротивлением эндотрахеальной трубки. Пациенты имеют возможность изменять дыхательный объем в ответ на изменения потребности в вентиляции, тем самым улучшая свое вза-

имодействие с аппаратом ИВЛ и комфорт дыхания по сравнению с PSV. Преимущество данного режима заключается в автоматической регулировке отношения I:E в реальном времени в соответствии с механикой дыхания пациента [18, 19].

**Цель исследования:** сравнение клинической эффективности режима iSV с традиционным режимом CPAP+PS у пациентов многопрофильного ОРИТ.

**Материалы и методы.** Работа выполнена в отделении анестезиологии-реанимации Центральной городской клинической больницы № 1 Октябрьско-

**Таблица 1. Нозологическая структура пациентов в группах**

**Table 1. Nosological structure of patients in groups**

Нозология	1 группа	2 группа
Хирургический сепсис	13	11
Внебольничная двухсторонняя пневмония. Госпитальная двухсторонняя пневмония. Сепсис	2	3
Экссудативный гнойный плеврит. Сепсис	1	-
Острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу	5	3
Постгипоксическая энцефалопатия	1	-
ИБС. Аритмический вариант инфаркта миокарда без Q по переднеперегородочной области	1	2
Токсический гепатит. Цирроз печени. Варикозное расширение вен пищевода. Кровотечение, кровопотеря тяжелой степени	2	1
<b>Итого</b>	<b>25</b>	<b>20</b>

**Таблица 2. Сопутствующая патология у пациентов в группах**

**Table 2. Comorbidity in patients in groups**

Нозология	Код МКБ	Количество
Артериальная гипертензия II–III стадии	I 10	33
ИБС. Постинфарктный кардиосклероз. Состояние после АМКШ. ХСН IIА	I 11.0	7
ИБС. Аритмический вариант. Фибрилляция предсердий. Постоянная форма	I 48.2	13
Психоорганическое заболевание сосудистого генеза	F01	2
Последствия перенесенного ОНМК	I 64	4
ХОБЛ. Хронический обструктивный бронхит. Вне обострения. ДН 0	J44.8	9
Бронхиальная астма. Экзогенная. Легкое течение. Контролируемое течение. ДН 0	J45.0	2
Сахарный диабет II типа. Компенсация	E 11	9
Ожирение. Степень 2	E 66	9

го района г. Екатеринбурга, клинической базе ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет», в период с 2016 года по 2018 год. Методом сплошной выборки нами обследовано 45 пациентов в возрасте от 31 до 81 года (медиана 65,5 лет), находившихся на лечении в отделении анестезиологии-реанимации. Пациенты находились на продленной искусственной вентиляции легких от 5 до 28 суток. Деление на 2 группы в зависимости от метода вспомогательной вентиляции для адаптации к спонтанному дыханию (случайная выборка).

Критерии включения в исследование:

1. Критическое состояние пациента;
2. ИВЛ более 72 часов;
3. Возраст 18–81 год.

Критерии исключения:

1. Терминальное состояние;
2. Декомпенсированная ВИЧ-инфекция;
2. Декомпенсированное онкологическое заболевание;
3. Хроническая патология системы дыхания, требующая постоянной респираторной поддержки;
4. Декомпенсированная хроническая сердечная недостаточность (ХСН);
5. Хроническая почечная недостаточность на постоянной почечно-заместительной терапии;
6. «Высокие» кишечные свищи;
7. Пациенты с невозможностью продуктивного контакта.

1 группа (n = 25) — пациенты, у которых с целью адаптации к спонтанному дыханию использовался режим спонтанного дыхания с поддержкой давлением (PSV).

2 группа (n = 20) — пациенты, у которых с целью адаптации к спонтанному дыханию использовался режим адаптивной искусственной вентиляции легких (iSV).

Нозологическая структура пациентов и коморбидный фон представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Группы были сопоставимы по полу, возрасту, основной и сопутствующей патологии. Пациентам из обеих групп было показано протезирование дыхательной функции до стабилизации основного заболевания. ИВЛ проводилась аппаратами Puritan Bennett 840 и MV 200 Zisline.

Параметры вентиляции подбирались автоматически после введения идеальной массы тела (ИМТ). Идеальная масса тела рассчитывалась по методу Devine:

- мужчины:  $ИМТ = 50 + 2,3 \times (0,394 \times \text{рост} (\text{см}) - 60)$ ;
- женщины:  $ИМТ = 45,5 + 2,3 \times (0,394 \times \text{рост} (\text{см}) - 60)$ .

Основными респираторными критериями готовности к прекращению респираторной поддержки принимали:

- $PaO_2/FiO_2$  более 300 мм рт. ст.,  $SpO_2$  при вдыхании воздуха 90 % и более;
- восстановление кашлевого рефлекса и кашлевого толчка;
- отсутствие бронхореи;
- индекс Тоби́на ( $f/Vt$ ) менее 105.

Общие критерии готовности к прекращению респираторной поддержки:

- отсутствие угнетения сознания и патологических ритмов дыхания;
- полное прекращение действия миорелаксантов и других препаратов, угнетающих дыхание;
- отсутствие признаков шока (мраморность кожных покровов, сосудистое пятно более 3 с, холодные конечности), жизнеопасных нарушений ритма, стабильность гемодинамики.

Для пациентов с абдоминальным сепсисом специальными критериями начала отлучения от ИВЛ были: купирование органной дисфункции, обратное развитие синдрома системного воспалительного ответа, температура менее 38 °С, разрешение пареза ЖКТ.

Для пациентов с пневмониями — температура менее 38 °С, отсутствие отрицательной клинической динамики, обратное развитие синдрома системной воспалительной реакции.

Для пациентов с ИБС и ХСН — адекватный диурез, отсутствие клиники отека легких по рентгенографическому исследованию.

В ходе исследования оценивали следующие показатели: дыхательный объем, частота дыхания,  $etCO_2$ , ПДКВ,  $FiO_2$ . Также нами оценивался индекс быстрого поверхностного дыхания (индекс Тоби́на), за удовлетворительный принимался менее 100.

Также с помощью прикроватного монитора Vismo PVM-2701 (Nihon Kohden, Япония) фиксировали следующие показатели гемодинамики: ЭКГ, ЧСС, АД, уровень  $SpO_2$ .

Дополнительно проводили мониторинг состояния кислотно-щелочного состояния (каждые 6 часов) аппаратом RAPIDLab® 348 (Siemens, Германия).

Состояние пациентов оценивали по следующим шкалам: шкала APACHE II, шкала SOFA, шкала Глазго, шкала седации-возбуждения Ричмонда RASS, шкала Lung Injury score (LIS).

Сравнительный анализ тяжести состояния и оценки по шкалам пациентов в группах сравнения в первые сутки пребывания в ОРИТ представлен в таблице 3.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения

**Таблица 3. Сравнительная оценка тяжести состояния и оценки по шкалам пациентов в сравниваемых группах на 1 сутки нахождения в ОРИТ. Данные представлены в виде медианы и 95 % доверительных интервалов**

**Table 3. Comparative assessment of the severity of the condition and scores on the scales of patients in the compared groups on the 1st day of stay in the ICU. Data are presented as median and 95 % confidence intervals**

Параметры	ISV	PSV	p
Возраст, лет	60 (55,02; 64,98)	64,32 (58,61; 70,03)	0,098
Мужчины/женщины	13/8	13/12	
APACHE-II, баллы	16,57 (14,68; 18,46)	16,08 (14,91,82; 17,25)	0,706
SOFA, баллы	3,78 (2,71; 4,85)	5,60 (4,18; 7,02)	0,143
Шкала комы Глазго, баллы	14,22 (13,71; 14,73)	13,40 (11,98; 14,82)	0,1
Шкала Lung Injury Score (LIS), баллы	0,36 (-0,59; 0,78)	0,10 (-0,18; 0,38)	0,167
Шкала возбуждения-седации Ричмонда (RASS), баллы	-1,78 (-2,70; -0,85)	-1,60 (-4,46; 1,26)	0,715

IBM SPSS Statistics 25. Для всех показателей были рассчитаны такие описательные статистики, как математическое ожидание и доверительный интервал для математического ожидания. Далее при помощи критерия Колмогорова–Смирнова было определено, что распределение данных не подчиняется закону нормального распределения, поэтому для оценки значимости различий между двумя группами использовался непараметрический критерий Манна–Уитни, позволяющий сравнить средние ранги показателей двух независимых выборок. Различия считались статистически значимыми при величине  $p < 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

При анализе показателей общего состояния пациентов обеих групп в динамике различий выявить не удалось. При сравнительной оценке по шкалам APACHE II, SOFA, Глазго, RASS или LIS в течение всего времени нахождения на ИВЛ различий между группами 1 и 2 выявлено не было. Показатели системного воспалительного ответа в исследуемых группах не различались. Следовательно, при одинаковой тяжести состояния на респираторную механику в нашем исследовании могли повлиять режим вентиляции или характер основной патологии.

Исследование некоторых показателей респираторной механики позволило выявить тенденцию к увеличению коэффициента оксигенации в режиме iSV на 5 сутки ( $p = 0,066$ ). Анализ динамики

в течение 10 суток таких показателей, как уровень ПДКВ, дыхательный объем, частота дыханий, минутная вентиляция легких, достоверных различий не выявил (табл. 4).

Оба режима вспомогательной вентиляции продемонстрировали способность обеспечивать адекватную вентиляцию и газообмен. Параметры респираторной механики были сопоставимы, и динамика этих показателей была однонаправленной.

При анализе полученных данных отмечено некоторое напряжение респираторной мускулатуры, что выражается в умеренной гипокании и необходимости повышенной поддержки давлением спонтанных вдохов в режиме PSV на 3 и 5 сутки отлучения от ИВЛ. Изменения соответствуют срокам перевода пациентов с принудительной перемежающейся вентиляции на вспомогательные режимы, что приводит к повышению работы дыхательной мускулатуры [15]. Сравнительная оценка некоторых метаболических показателей, отражающих стабильность системы гомеостаза пациентов из групп iSV и PSV, представлена в таблице 5.

При оценке некоторых метаболических показателей отмечается более высокая потребность в энергии в режиме PSV, статистически значимая на 3 сутки, что подтверждает более активную дыхательную нагрузку в этот период. Также следует отметить более выраженное статистически значимое снижение потребления кислорода к 7 суткам ИВЛ в режиме iSV. Это согласуется с результатами

Таблица 4. Динамика основных респираторных показателей в сравниваемых группах.  
Данные представлены в виде медианы и 95 % доверительных интервалов

Table 4. Dynamics of the main respiratory parameters in the compared groups.  
Data are presented as median and 95 % confidence intervals

Параметры	ISV	PSV	p
<b>PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub></b>			
1 сутки	294,78 (252,83; 336,73)	321,90 (205,53; 438,27)	0,627
3 сутки	288,97 (255,53; 322,42)	294,77 (262,08; 327,46)	0,886
5 сутки	362,18 (313,82; 410,54)	340,16 (317,86; 362,46)	0,066
7сутки	381,33 (337,87; 424,79)	370,82 (338,67; 402,97)	0,209
10 сутки	382,67 (320,30; 445,03)	324,50 (102,14; 546,86)	0,089
<b>pCO<sub>2</sub>, мм рт. ст.</b>			
1 сутки	34,24 (26,67; 41,82)	33,58 (17,87; 49,29)	0,501
3 сутки	36,76 (33,90; 39,62)	33,36 (30,44; 36,28)	0,168
5 сутки	36,69 (33,58; 39,81)	32,84 (30,22; 35,45)	0,023*
7сутки	36,91 (35,21; 38,61)	35,05 (31,78; 38,33)	0,219
10 сутки	37,67 (35,87; 39,46)	36,00 (-14,82; 86,82)	0,118
<b>SO<sub>2</sub> арт, %</b>			
1 сутки	93,11 (90,00; 96,22)	95,80 (94,18; 97,42)	0,471
3 сутки	95,42 (93,89; 96,95)	96,58 (95,73; 97,44)	0,282
5 сутки	97,12 (96,18; 98,06)	97,69 (97,02; 98,35)	0,892
7сутки	98,33 (97,67; 99,00)	98,27 (97,67; 99,00)	0,697
10 сутки	98,67 (97,23; 100,10)	96,00 (70,59; 121,41)	0,018*
<b>ЧД, 1/мин</b>			
5 сутки	19 (17,51; 20,48)	22 (20,36; 23,64)	0,024*
7 сутки	20 (19,25; 20,74)	20 (18,73; 21,26)	0,864
<b>Дыхательный объем, мл</b>			
1 сутки	455,44 (415,88; 495,01)	472,00 (404,33; 539,67)	0,962
3 сутки	463,05 (440,32; 485,79)	460,00 (438,38; 481,62)	0,087
5 сутки	432,00 (408,19; 455,8)	–	–
<b>ПДКВ, см вод. ст.</b>			
1 сутки	7,67 (6,65; 8,68)	7,80 (6,18; 9,42)	0,309
3 сутки	7,52 (6,81; 8,24)	7,25 (6,85; 7,65)	0,724
5 сутки	6,59 (6,04; 7,14)	6,69 (6,26; 7,11)	0,783
7сутки	6,11 (5,51; 6,71)	6,27 (5,96; 6,59)	0,495
10 сутки	6,67 (3,80; 9,54)	5,00 (-7,71; 17,71)	0,400
<b>Поддержка давлением (PS), см вод. ст.</b>			
1 сутки	15,22 (14,3; 16,15)	14,80 (12,41; 17,19)	0,635
3 сутки	14,00 (13,21; 14,79)	15,13 (14,61; 15,64)	0,049*
5 сутки	13,59 (12,82; 14,36)	14,81 (13,87; 15,75)	0,002*
7сутки	12,56 (11,53; 13,58)	13,18 (12,52; 13,84)	0,181
10 сутки	12,67 (11,23; 14,10)	15,00 (2,29; 27,71)	0,200

других исследователей [20, 21], а также с основным предположением уравнения Отиса о том, что оптимальный режим дыхания идентичен тому, который пациент выбрал бы естественным образом в состоянии покоя [15]. Использование адаптивных режимов вентиляции в других исследованиях приводило к уменьшению асинхронности, улучшению диафрагмального восстановления и ограничению чрезмерного дыхательного объема [22].

Положительный гидробаланс при проведении вентиляции в режиме PSV на протяжении всего периода наблюдения можно объяснить более высоким положительным давлением в грудной клетке и некоторой задержкой жидкости. При использовании режима iSV с 3 по 5 сутки у пациентов выявили отрицательный гидробаланс, что может быть связано с перераспределением водных секторов и удалением излишков жидкости, а на 7–10 сутки — незначительное смеще-

**Таблица 5. Динамика реальной энергопотребности, потребления кислорода, pH, HCO<sub>3</sub>, альбумина, глюкозы крови и гидробаланса у пациентов в сравниваемых группах. REE — реальная энергопотребность, VO<sub>2</sub> — потребление кислорода. Данные представлены в виде медианы и 95 % доверительных интервалов**

**Table 5. Dynamics of real energy demand, oxygen consumption, pH, HCO<sub>3</sub>, albumin, blood glucose and hydrobalance in patients in the compared groups**

Параметры	ISV	PSV	p
<b>REE, ккал/сутки</b>			
1 сутки	1820,00 (1528,21; 2111,79)	1955,00 (1300,44; 2609,56)	0,956
3 сутки	1751,57 (1647,29; 1855,85)	1958,92 (1737,90; 2179,94)	0,256
5 сутки	1718,57 (1624,47; 1812,67)	2100,52 (1858,29; 2342,75)	0,002
7 сутки	1703,00 (1620,26; 1785,74)	1902,22 (1785,59; 2018,85)	0,085
10 сутки	1850,00 (1590,65; 2109,35)	1915,00 (1766,58; 2063,42)	0,400
<b>VO<sub>2</sub>, мл/мин</b>			
1 сутки	293,44 (224,20; 362,69)	310,00 (194,23; 425,77)	0,213
3 сутки	314,76 (282,17; 347,35)	301,52 (263,12; 339,92)	0,427
5 сутки	337,29 (315,26; 359,31)	314,72 (276,43; 353,01)	0,100
7 сутки	333,40 (309,28; 357,52)	286,89 (249,96; 323,82)	0,019
10 сутки	417,67 (310,06; 525,27)	260,00(143,24; 376,76)	0,050
<b>pH артериальной крови</b>			
1 сутки	7,37 (7,29; 7,45)	7,31 (7,22; 7,41)	0,348
3 сутки	7,36 (7,33; 7,39)	7,39 (7,35; 7,43)	0,395
5 сутки	7,06 (6,37; 7,75)	7,38 (7,35; 7,41)	0,825
7 сутки	7,39 (7,37; 7,41)	7,39 (7,37; 7,41)	0,338
10 сутки	7,40 (7,36; 7,44)	7,39 (7,34; 7,43)	0,871
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ммоль/л</b>			
1 сутки	18,89 (15,82; 20,56)	15,50 (11,49; 19,51)	0,270
3 сутки	21,68 (19,84; 23,51)	20,75 (18,36; 23,14)	0,234
5 сутки	22,61 (21,34; 23,89)	20,68 (18,78; 22,57)	0,094
7 сутки	22,21 (19,97; 24,46)	22,09 (20,66; 23,53)	0,352
10 сутки	22,63 (20,24; 27,02)	22,87 (13,20; 32,55)	0,222
<b>Альбумин, г/л</b>			
1 сутки	37,80 (33,75; 41,85)	34,14 (28,19; 40,09)	0,683
3 сутки	32,62 (29,85; 35,39)	34,32 (31,97; 36,66)	0,164
5 сутки	32,69 (30,32; 35,06)	34,53 (32,65; 36,41)	0,260
7 сутки	32,61 (28,40; 36,81)	33,83 (32,09; 35,56)	0,112
10 сутки	29,00 (16,58; 41,42)	33,40 (29,92; 36,88)	0,009
<b>Глюкоза, ммоль/л</b>			
1 сутки	8,38 (6,02; 10,73)	7,30 (3,89; 10,71)	0,659
3 сутки	6,71 (5,83; 7,60)	7,40 (6,29; 8,49)	0,559
5 сутки	7,63 (6,93; 8,32)	7,93 (7,07; 8,88)	0,724
7 сутки	7,31 (6,37; 8,25)	7,22 (6,28; 8,16)	0,510
10 сутки	7,60 (4,16; 11,04)	6,56 (3,86; 9,26)	0,579
<b>Гидробаланс, мл\сутки</b>			
1 сутки	1044,44 (348,27; 1740,62)	1400,00 (571,71; 2228,29)	0,148
3 сутки	-285,57 (-977,51; 406,37)	405,20 (-236,40; 1046,80)	0,036*
5 сутки	-302,38 (-1190,32; 585,55)	337,60 (8,29; 666,91)	0,433
7 сутки	465,00 (31,81; 898,19)	670,00 (389,09; 950,91)	0,019
10 сутки	433,33 (-2054,94; 2921,61)	625,00(-487,91;1737,91)	0,720

ние в положительную сторону, что требует более детального изучения, поскольку есть данные о задержке жидкости на фоне ИВЛ даже при использовании такого традиционного режима, как CPAP+PS [23].

При анализе физиологических показателей выявили, что режим iSV представляется более близким к оптимальному, чем режим PSV, так как приводит к меньшей нагрузке на дыхательную си-

**Таблица 6. Средний койко-день в ОРИТ и длительность ИВЛ у пациентов в сравниваемых группах. Данные представлены в виде медианы и 95 % доверительных интервалов**

**Table 6. Average bed-day in the ICU and the duration of mechanical ventilation in patients in the compared groups. Data are presented as median and 95 % confidence intervals**

Параметры	iSV	PSV	p
Койко-день в ОРИТ, сутки	9,62 (8,16; 11,08)	10,76 (9,70; 11,82)	0,062
Длительность ИВЛ, сутки	7,50 (6,32; 8,67)	8,52 (7,61; 9,43)	0,128

стему пациента, а также более быстрому снижению потребления кислорода при прочих равных показателях [15].

Сравнительный анализ длительности пребывания пациентов из 1 и 2 групп в отделении анестезиологии-реанимации представлен в таблице 6.

Продолжительность вспомогательной вентиляции легких не зависела от выбранного режима ИВЛ, в то время как длительность пребывания в реанимации при адаптации пациентов к спонтанному дыханию с помощью режима iSV была в среднем на 1 койко-день меньше, однако, эти данные были статистически не достоверны ( $p = 0,062$ ), по-видимому, из-за небольшого объема выборки.

### Заключение

Режимы вспомогательной вентиляции PSV и iSV эффективны при адаптации пациентов к спонтанному дыханию после длительной ИВЛ. Режим iSV вызывает меньшее напряжение дыхательной системы в сравнении с режимом PSV и меньшую асинхронию, что подтверждает его большую физиологичность при адаптации пациентов к спонтанному дыханию. Вспомогательная вентиляция, проводимая в режиме iSV, в сравнении с режимом PSV, по-видимому, позволяет сократить время нахождения пациента в отделении реанимации и интенсивной терапии.

### Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциально-го конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

### Список литературы / References

- Nickson C. Weaning from mechanical ventilation. *Life in the Fast Lane • LITFL*. <https://litfl.com/weaning-from-mechanical-ventilation/> (9 October 2021)
- Lellouche F, Brochard L. Advanced closed loops during mechanical ventilation (PAV, NAVA, ASV, SmartCare). *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2009; 23(1):81–93. DOI: 10.1016/j.bpa.2008.08.001.

- Nitta K, Okamoto K, Imamura H, et al. A comprehensive protocol for ventilator weaning and extubation: a prospective observational study. *J Intensive Care*. 2019; 7:50. DOI: 10.1186/s40560-019-0402-4.

- Завертайло Л.Л., Ермаков Е.А., Семенова Г.В. и др. Прекращение длительной искусственной вентиляции легких. Обзор литературы. *Журнал «Интенсивная терапия»*, 2007. <http://icj.ru/journal/number-3-2007/129-prekraschenie-dlitelnoy-iskusstvennoy-ventilyacii-legkih-obzor-literatury.html>

- Zein H, Baratloo A, Negida A, et al. Ventilator Weaning and Spontaneous Breathing Trials; an Educational Review. *Emerg (Tehran)*. 2016 Spring; 4(2):65–71.

- El-Khatib MF, Bou-Khalil P. Clinical review: liberation from mechanical ventilation. *Crit Care*. 2008; 12(4):221. DOI: 10.1186/cc6959.

- Полупан А.А., Горячев А.С., Савин И.А. и др. Показатель р 0.1 как предиктор успешной экстубации у пациентов после удаления опухолей задней черепной ямки. *Анестезиология и реаниматология*. 2012; 4:54–57.

- Sengupta S, Chakravarty C, Rudra A. Evidence-based practice of weaning from ventilator: a review. *Medicine, Engineering*. 6 February 2018. <https://intensiveclub.org/wp-content/uploads/2018/02/Evidence-Based-Practice-of-Weaning-from-Ventilator-A-Review.pdf>

- Ladeira MT, Vital FM, Andriolo RB, et al. Pressure support versus T-tube for weaning from mechanical ventilation in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014; 2014(5):CD006056. DOI: 10.1002/14651858.CD006056.pub2.

- Teixeira SN, Osaku EF, Costa CR, et al. Comparison of Proportional Assist Ventilation Plus, T-Tube Ventilation, and Pressure Support Ventilation as Spontaneous Breathing Trials for Extubation: A Randomized Study. *Respir Care*. 2015; 60(11):1527–1535. DOI: 10.4187/respcare.03915.

- Botha J, Green C, Carney I, et al. Proportional assist ventilation versus pressure support ventilation in weaning ventilation: a pilot randomised controlled trial. *Crit Care Resusc*. 2018; 20(1):33–40.

- Bosma KJ, Read BA, Bahrgard Nikoo MJ, et al. A Pilot Randomized Trial Comparing Weaning From Mechanical Ventilation on Pressure Support Versus Proportional Assist Ventilation. *Crit Care Med*. 2016; 44(6):1098–108. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001600.

- Salama S, Mohamed-Hussein AAR, Gamal W. Proportional assist ventilation (pav+) versus pressure support ventilation (psv) for weaning and patient ventilator interaction in chronic obstructive pulmonary disease.

Eur Respir J. 2018 52: OA3295; DOI: 10.1183/13993003.congress-2018.OA3295.

14. Xirouchaki N, Kondili E, Vaporidi K, et al. Proportional assist ventilation with load-adjustable gain factors in critically ill patients: comparison with pressure support. *Intensive Care Med.* 2008; 34(11):2026–2034. DOI: 10.1007/s00134-008-1209-2.

15. OTIS AB. The work of breathing. *Physiol Rev.* 1954; 34(3):449–58. DOI: 10.1152/physrev.1954.34.3.449.

16. Polupan AA, Goryachev AS. Asynchrony and ventilator graphics. A guide for physicians. Moscow, Russia; 2020. P. 369. In Russian [Полупан А.А., Горячев А.С. Асинхронии и графика ИВЛ. Руководство для врачей. Москва, Россия; 2020. С. 369].

17. Petter AH, Chioloro RL, Cassina T, et al. Automatic “respirator/weaning” with adaptive support ventilation: the effect on duration of endotracheal intubation and patient management. *Anesth Analg.* 2003; 97(6):1743–1750. DOI: 10.1213/01.ANE.0000086728.36285.BE.

18. Wrigge H, Varelmann D, Zinserling J, et al. Proportional assist ventilation combined with automatic tube compensation. A promising concept of augmented spontaneous breathing? *Anaesthesist.* 2003; 52(4):341–348. In German [Proportional assist ventilation” kombiniert mit “automatic tube compensation”. Ein viel versprechendes Konzept der augmentierten Spontanatmung? *Anaesthesist.* 2003; 52(4):341–3348]. DOI: 10.1007/s00101-003-0470-6.

19. Jonkman AH, Rausedo M, Carreaux G, et al. Proportional modes of ventilation: technology to assist physiology. *Intensive Care Med.* 2020; 46(12):2301–2313. DOI: 10.1007/s00134-020-06206-z.

20. Hsu HW, Chen YH, Hsiao HF, et al. Comparison of the Metabolic Load in Patient Ventilated with Pressure Support Ventilation and Adaptive Support Ventilation Mode with the Same Minute Ventilation. A104. *Critical care: invasive, non-invasive, conventional, and non-conventional ventilation in acute respiratory failure.* 2018: A2550-A2550.

21. Chen YH, Hsiao HF, Hsu HW, et al. Comparisons of Metabolic Load between Adaptive Support Ventilation and Pressure Support Ventilation in Mechanically Ventilated ICU Patients. *Can Respir J.* 2020; 2020:2092879. DOI: 10.1155/2020/2092879.

22. Vaporidi K. NAVA and PAV+ for lung and diaphragm protection. *Curr Opin Crit Care.* 2020; 26(1):41–46. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000684.

23. Карпова А.Л. Влияние респираторной поддержки на системную гемодинамику. 2017. [https://neonatalspb.ru/f/karpova\\_ivl\\_i\\_gemodinamika.pdf](https://neonatalspb.ru/f/karpova_ivl_i_gemodinamika.pdf)

#### Информация об авторах:

Главатских Роман Алексеевич, врач – анестезиолог-реаниматолог реанимационно-анестезиологического отделения ГБУЗ Свердловской области «Центральная городская клиническая больница № 1»;

Давыдова Надежда Степановна, д.м.н., профессор кафедры анестезиологии, реаниматологии и токсикологии ФГБУ ВО УГМУ Минздрава России;

Лейдерман Илья Наумович, д.м.н., профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Собетова Галина Вячеславовна, к.м.н., заведующий реанимационно-анестезиологическим отделением ГБУЗ Свердловской области «Центральная городская клиническая больница № 1».

#### Author information:

Roman A. Glavatskih, physician, ICU Department, Central City Clinical Hospital № 1;

Nadezhda S. Davidova, MD, PhD, prof., Anesthesiology, Critical Care and Toxicology Chair, Ural State Medical University;

Ilya N. Leyderman, MD, PhD, prof., Anesthesiology and Critical Care Chair, Almazov National Medical Research Center;

Galina V. Sobetova Central, MD, Chief, ICU Department, City Clinical Hospital № 1.