

Интеллектуальный режим аппаратной вентиляции легких при ранней активизации кардиохирургических пациентов

А. А. Еременко, Р. Д. Комнов

Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского,
Россия, 119991, г. Москва, ГСП-1, Абрикосовский пер., д. 2

Smart Mode of Mechanical Lung Ventilation During Early Activation of Cardiosurgical Patients

Alexandr A. Eremenko, Roman D. Komnov

Petrovsky National Research Center for Surgery,
2 Abrikosovsky Lane, 119991 Moscow, Russia

Цель исследования: сравнительная оценка безопасности и качества проводимой респираторной поддержки при использовании режима адаптивной поддерживающей вентиляции легких (adaptive support ventilation, ASV) и обычного протокола в условиях установки параметров вентиляции врачом ОРИТ в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов.

Материалы и методы. В рандомизированном контролируемом исследовании у кардиохирургических больных сравнили вентиляцию в автоматизированном режиме ASV (40 пациентов) и традиционную вентиляцию (38 пациентов), которой управляли 8 врачей ОРИТ.

Сравнивали параметры вентиляции, все действия врачей по изменению настроек вентилятора и затраченное на это время, длительность вентиляционной поддержки в ОРИТ, частоту нежелательных событий в процессе перевода на самостоятельное дыхание, продолжительность нахождения в ОРИТ и госпитализации, послеоперационные осложнения и летальность.

Результаты. Длительность интубации трахеи в послеоперационном периоде достоверно не отличалась и составила 267±76 минут (группа ASV) и 271±80 минут (контрольная группа).

Количество ручных настроек 2 против 4 ($p<0,00001$) и время, проведенное клиницистом около респиратора, 99±35 секунд против 166±70 секунд было достоверно ниже в группе ASV ($p=0,00001$).

Время от восстановления собственной дыхательной активности до перевода во вспомогательный режим было дольше в контрольной группе и составило 30 (0–90) мин, в то время как в интеллектуальном режиме перевод осуществлялся сразу после ее восстановления ($p=0,004969$).

При использовании ASV вентиляционное давление (driving pressure) было достоверно ниже во все фазы респираторной поддержки: ΔP 7,2±1,6 против 9,3±2,1 см H_2O , ($p=0,000001$), достоверных различий по величине дыхательного объема 7,0 (6–8,5) (ASV) против 7 (6–10) мл/кг/идеальной массы тела (контрольная группа) не получили.

Заключение. Применение режима ASV позволяет проводить более протективную вентиляцию легких, сократить временные затраты врача и нагрузку на медицинский персонал при управлении ИВЛ без ущерба безопасности пациента и качеству вентиляционной поддержки.

Ключевые слова: адаптивная поддерживающая вентиляция; интеллектуальный режим вентиляции; кардиохирургия; интенсивная терапия

Purpose of the study: a comparative assessment of safety and quality of respiratory support carried out using the ASV mode vs. conventional protocol, in which ventilation parameters are set by an ICU physician during early postoperative period in cardiosurgical patients.

Materials and methods. The modes of a respiratory support included automated ASV ventilation (40 patients) versus conventional ventilation (38 patients) managed by 8 ICU physicians were compared in a cohort of cardiosurgical patients in a randomized controlled study.

The comparison included ventilation parameters, all efforts of physicians to adjust ventilator settings and time it took, duration of respiratory support in ICU, incidence of adverse events in the course of weaning, total time in ICU and hospital, postoperative complications and mortality.

Results. There was no reliable difference in the duration of postoperative trachea intubation, which was equal to 267±76 minutes (the ASV group) and 271±80 minutes (the control group).

The number of manual adjustments, which was 2 vs. 4 ($P<0.00001$), and the time spent by a clinical physician near a ventilator, which was 99±35 seconds vs. 166±70 seconds, were reliably lower in the ASV group ($P=0.00001$).

Адресс для корреспонденции:

Роман Дмитриевич Комнов
E-mail: drrom@mail.ru

Correspondence to:

Roman D. Komnov
E-mail: drrom@mail.ru

The time between restoration of patient's own respiratory activity and transfer to the assisted breathing mode was longer in the control group and amounted to 30 (0–90) min. while in the smart mode, the transfer took place immediately after restoration ($P=0.004969$).

When ASV was used, the driving pressure was reliably lower during all phases of respiratory support: ΔP 7.2 ± 1.6 vs. 9.3 ± 2.1 cm H₂O, ($P=0.000001$); there was no reliable difference in the tidal volume: 7.0 (6–8.5) (ASV) vs. 7 (6–10) ml/kg/ideal body mass (the control group).

Conclusion. ASV represents a lung-protective ventilation that reduces physician's time cost and medical staff efforts in ALV management without compromising patient's safety and respiratory support quality.

Keywords: adaptive support ventilation; smart ventilation modes; cardiosurgery; intensive care

DOI:10.15360/1813-9779-2020-1-4-15

Введение

Перевод пациента после кардиохирургической операции на самостоятельное дыхание осуществляется через период контролируемой вентиляции, проведение которой дает время для стабилизации гемодинамики и метаболизма, оптимизации взаимосвязанной функции сердца и легких, до согревания и восстановления адекватного сознания пациента.

В последние годы в практику отделений интенсивной терапии активно внедряются методы автоматизированного управления аппаратной вентиляцией легких — режимы интеллектуальной вентиляции. Данные режимы работают по принципу обратной связи и автоматически меняют степень респираторной поддержки, в зависимости от меняющихся потребностей пациента. Основная цель их использования заключается в снижении количества ручных настроек аппарата, что должно, по мнению разработчиков, уменьшить нагрузку на персонал, риск возникновения ошибок, обусловленных человеческим фактором и повысить эффективность работы в целом.

Режим ASV — Adaptive Support Ventilation (адаптивной поддерживающей вентиляции легких), разработан компанией Hamilton Medical AG и нацелен на автоматическую адаптацию респиратора к непрерывно меняющемуся состоянию и потребностям пациента. С практической точки зрения он создан для интерактивного поддержания состояния «респираторного комфорта» и ориентирован на скорейшее «отлучение» пациента от респираторной поддержки. Данный режим управляет по принципу обратной связи, при его использовании микропроцессор респиратора регулирует давление вдоха для достижения целевого дыхательного объема, сводя к минимуму работу дыхания, основывая расчеты на уравнении OTIS [1]. Кроме того, автоматически регулируется число принудительных и спонтанных вдохов в зависимости от дыхательной активности пациента.

Известны работы J-M. Arnal [2], M. Belliato [3] по особенностям использования данного режима у различных групп пациентов — без легочной патологии, либо с наличием обструк-

Introduction

A postoperative cardiosurgical patient is transferred to spontaneous breathing through a period of controlled ventilation that gives time to stabilize hemodynamics and metabolism, and optimize the interrelated function of the heart and lungs until the patient warms up and restores adequate consciousness.

Recently, methods of automated control of mechanical lung ventilation — smart ventilation modes — have been intensively introduced into the ICU practice. Such modes function based on feedback and change automatically the respiratory support level depending on changing requirements of the patient. Their main purpose is to reduce the number of manual adjustments of the machine, which, in the opinion of developers, should decrease staff load, reduce the risk of human-factor errors, and improve the efficacy of work in general.

The mode of Adaptive Support Ventilation (ASV) — has been developed by Hamilton Medical AG with the aim of automatic adaptation of ventilator to continuously changing condition and requirements of the patient. Practically speaking, it has been created for interactive maintenance of the ‘respiratory comfort’ status and is targeted at the fastest possible weaning of the patient from ventilator. This mode is controlled based on the feedback principle, wherein a ventilator microprocessor regulates the driving pressure to achieve the target tidal volume, work of breathing being minimized, through calculations according to OTIS equation [1]. Besides, it regulates automatically the number of mandatory and spontaneous inspirations depending on the patient’s breathing activity.

J-M. Arnal et al. [2] and M. Belliato et al. [3] employed this mode in different groups of patients: free of pulmonary pathology or suffering from obstructive or restrictive disorders. They described special aspects of ventilation patterns chosen by the machine’s microprocessor in each of the groups of patients. In case of obstructive pathology, expiration was longer, tidal volume was increased and respiratory rate decreased; while in patients suffering from a restrictive pathology, tidal volume was decreased.

A large study by C. W. Chen and co-workers [4] found that application of ASV mode in patients

тивных или рестриктивных нарушений. В них показаны особенности вентиляционных паттернов, выбранных микропроцессором аппарата у каждой из групп пациентов. При обструктивной патологии удлинялся выдох, увеличивался дыхательный объем и снижалась частота дыхания, у больных с рестриктивной патологией снижалась величина дыхательного объема.

В крупном исследовании C. W. Chen [4] было получено, что применение режима ASV у пациентов с трудным отлучением от респиратора позволило значительно снизить длительность ИВЛ и нахождения в стационаре при сравнении с обычным протоколом. О значительном снижении длительности вентиляции у реанимационных пациентов и меньшем количестве ручных настроек говорят и результаты исследования C. Kirakli [5].

Известны работы по ИВЛ при обострении ХОБЛ, в которых продемонстрировано улучшение клинических исходов (L. Han [6]) и существенное снижение длительности вентиляции (C. Kirakli [7]) при использовании данного режима.

В неопубликованном исследовании P. Celli показано значительное снижение длительности вентиляции у пациентов после ортопедической трансплантации печени в группе пациентов, у которых в качестве режима респираторной поддержки был выбран ASV.

В работах P. C. Gruber [8], C. F. Sulzer [9], Fang Zhu [10], S. T. Moradian [11] показана эффективность данного режима у кардиохирургических пациентов. Практически в каждой из указанных работ показано снижение длительности вентиляции, а в работе Moradian показано еще и снижение количества ателектазов при использовании указанного режима.

В русскоязычной литературе есть работы, посвященные применению режима ASV у нейрохирургических пациентов (А. А. Полупан [12, 13]), а особенности применения данного режима в кардиохирургии изучены пока недостаточно.

Цель исследования — сравнительная оценка безопасности и качества проводимой респираторной поддержки при использовании режима ASV и обычного протокола в условиях установки параметров вентиляции врачом ОРИТ в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов.

Материал и методы

Данное рандомизированное контролируемое исследование было одобрено локальным этическим комитетом Российского Научного Центра Хирургии имени академика Б. В. Петровского и выполнено на базе отделения кардиореанимации и интенсивной терапии центра.

with difficult weaning from ventilator resulted in considerably reduced longevity of ALV and the duration of staying in the hospital compared to the conventional protocol. Significant decrease of ventilation duration in ICU patients and a lesser number of manual adjustments have been also evidenced in a study by C. Kirakli et al. [5].

There are two papers on ALV mode benefits during COPD exacerbation that demonstrated improvement of clinical outcomes [6] and significant reduction of ventilation duration [7].

The unpublished study by P. Celli (personal communication) has shown a considerable reduction of ventilation time in patients after orthotopic transplantation of liver in the group of patients for whom ASV was chosen as the respiratory support mode.

Several studies by other researchers have demonstrated efficacy of this mode in cardiosurgical patients [8–11]. Almost each of the above studies showed reduction of ventilation duration in ASV and one study demonstrated reduced incidence of atelectasis when the said mode was used.

In Russian scientific periodicals there are papers dedicated to ASV application in neurosurgical patients (A. A. Polupan [12, 13]), while peculiarities of using this mode in cardiosurgery have not been intensively investigated.

Purpose of the study: a comparative assessment of safety and quality of respiratory support carried out using the ASV mode vs. conventional protocol, in which ventilation parameters are set by an ICU physician during early postoperative period in cardiosurgical patients.

Materials and Methods

This randomized controlled study was approved by the Local Ethics Committee of the B. V. Petrovsky Russian Research Centre of Surgery and carried out on the premises of Intensive Cardiac Care Unit and Intensive Care Unit of the Centre.

78 patients (49 men and 29 women) who underwent surgery of the heart and great vessels between October 2015 and December 2016 were included in the study; their average age was 59.5 ± 10 years. Patients' characteristics and a list of operations performed are given in tables 1, 2.

The inclusion criteria included:

- admission to ICU after an operative intervention on the heart or great vessels;
- age between 30 and 76 years;
- body mass index between 18 and 35 kg/m²;
- absence of severe postoperative breathing and circulation dysfunctions

The exclusion criteria were split into 2 groups:

1) Preoperative: severe renal (blood creatinine higher than 200 μmol/l), hepatic (aspartate and alanine amino transferases (AST and ALT) higher than 80 u/l), or cardiac failure (left ventricular ejection fraction lower than 30%).

2) Postoperative: blood speed via drainage tubes over 3 ml/kg/hr., perioperative myocardial infarction, un-

Таблица 1. Общая характеристика пациентов и интраоперационные показатели оксигенирующей функции легких и параметров вентиляции.**Table 1. Baseline Characteristics of patients and intraoperative clinical variables.**

Parameters	Values of parameters in groups		P
	ASV, n=40	Control, n=38	
Age, year	59±9.52	63 (44–71)	0.6031
Body height, cm	170±10.48	172±8.77	0.1812
Body weight, kg	84±14.4	82±12.5	0.5629
PBW, kg	64±10	67±9	0.1336
BMI	28.8±4.04	27.3±3.69	0.0937
Blood loss, ml	800 (450.0–1100.0)	800.0 (350–1000.0)	0.2650
Preoperative SpO ₂	96 (94–97)	96 (94–98)	0.4747
PaO ₂ /FiO ₂	300 (247.5–400)	342.5 (300–450)	0.005368
Tidal volume, ml/kg PBW	9.25 (7–12)	9 (6.5–11)	0.177161
PEEP cm H ₂ O	7 (5–10)	6 (5–9)	0.398269

Note. BMI — body mass index; PBW — predicted body weight. Data are given as median (interquartile range) or mean (\pm SD) SD — standard deviation

Примечание. Для табл. 1–4: Parameters — параметры; values of ... in groups — значения ... в группах; age, year — возраст, лет; body height — рост; body weight — вес; PBW — прогнозируемая масса тела; BMI — индекс массы тела; blood loss — кровопотеря. Для табл. 1, 3: tidal volume — дыхательный объем; PEEP — положительное давление в конце выдоха. Data are given as median (interquartile range) or mean (\pm SD) SD — standart deviation — данные представлены как медианы и интерквартильные интервалы, или средние значения плюс-минус стандартные отклонения.

Таблица 2. Виды оперативных вмешательств.**Table 2. Types of surgery.**

Parameters	Values of parameters in groups	
	ASV, n=40	Control, n=38
Coronary artery bypass graft	20	16
Coronary artery bypass graft + valve surgery	5	0
Valve surgery (replacement or repair)	9	12
Aortic root replacement (David/Bentall procedure)	4	10
Extended myectomy	2	0

Примечание. Coronary artery bypass graft — шунтирование коронарной артерии; valve surgery (replacement or repair) — хирургия клапана (замена или восстановление); aortic root replacement (David or Bentall procedures) — замена корня аорты (методы Давида или Бенталла); extended myectomy — расширенная миоэктомия.

В исследование включили 78 пациентов (49 — мужчины, 29 — женщины), средний возраст 59,5±10 лет, которые были оперированы на сердце и магистральных сосудах с октября 2015 года по декабрь 2016 года. Характеристика больных, список выполненных операций представлен в табл. 1, 2.

Критериями включения служили:

— поступление в отделение интенсивной терапии после оперативного вмешательства на сердце или магистральных сосудах;

— возраст от 30 до 76 лет;

— индекс массы тела от 18 до 35 кг/м²;

— отсутствие тяжелых послеоперационных нарушений функции дыхания и кровообращения

Критерии исключения разделили на 2 группы:

1) Предоперационные — наличие тяжелой почечной (повышение концентрации креатинина крови выше 200 мкмоль/л), печеночной (повышение концентрации аспартат и аланин аминотрансфераз (АСТ и АЛТ) выше 80 е/л) или сердечной недостаточности (фракция выброса левого желудочка менее 30 %).

2) Постоперационные — скорость поступления крови по дренажным трубкам более 3 мл/кг/ч, периоперационный инфаркт миокарда, нестабильность гемодинамики, потребность в высоких дозах кардиотонических или вазопрессорных препаратов (ВИИ (вазоинтропный индекс) >10) или в внутриаортальной баллонной контрапульсации, рефрактер-

stable hemodynamics, requirement for high doses of cardiotonic drugs or vasopressors (VII (vasoinotropic index) >10), or intra-aortal balloon pump therapy, refractory hypoxemia with PaO₂/FiO₂ index less than 150 mmHg, a perioperative allergic response, convulsions, delirium, an acute cerebrovascular event.

The primary endpoint of the study was comparative assessment of load on physicians in ICU. The secondary endpoints of the study were ventilator support duration in ICU after elective cardiosurgical interventions, incidence of adverse events in the course of weaning from the machine, time in ICU, total time in hospital, postoperative complications, and mortality.

After admission to ICU, patients were randomly split into two groups. The 1st group included patients who received respiratory support in the ASV mode; the 2nd group comprised of patients who received conventional ventilation in a mode controlled by volume or pressure based on physician's instructions. Ventilation was carried out with the aid of Hamilton G-5 or C-2 ventilators (Hamilton, Switzerland).

Anesthetic peculiarities of patient management, doses of analgesics, hypnotics, neuromuscular relaxants received by patients were taken into account; intraoperative oxygenation and tidal volumes were compared (table 1).

Upon surgery completion, patients were transferred to ICU at the background of propofol sedation (1–2 mg/kg/hr.), respiratory support using a transporta-

ная гипоксемия с индексом $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ менее 150 мм Hg, аллергическая реакция в periоперационном периоде, судороги, делирий, ОНМК.

Основной конечной точкой исследования была сравнительная оценка нагрузки на врачебный персонал в отделении интенсивной терапии. Второй конечной точкой исследования была длительность вентиляционной поддержки в ОРИТ после плановых кардиохирургических вмешательств, частота развития нежелательных событий в процессе отлучения пациента от аппарата, длительность нахождения в ОРИТ, общая продолжительность госпитализации, послеоперационные осложнения и летальность.

После поступления в ОРИТ методом случайных выборок пациентов разделили на две группы. В 1-ю — включили пациентов, респираторную поддержку которым осуществляли в режиме ASV, во 2-ю — пациентов, вентиляцию которых осуществляли традиционным способом, посредством врачебных указаний в режиме, контролируемом по объему, либо по давлению. Вентиляцию осуществляли на респираторах Hamilton G-5 или C-2 фирмы Hamilton, Швейцария.

Учитывали анестезиологические особенности ведения пациентов, дозы аналгетиков, гипнотиков, миорелаксантов, полученных пациентами, сравнивали показатели интраоперационной оксигенации, величины дыхательных объемов (табл. 1).

По окончанию оперативного вмешательства (табл. 2) пациентов переводили в ОРИТ на фоне седации пропофолом (1–2 мг/кг/ч), респираторной поддержки транспортным аппаратом. В первые 60–90 минут продолжали седацию до согревания пациента, стабилизации показателей оксигенации, гемодинамических параметров.

Лечение пациентов начинали в соответствии со стандартными протоколами ведения кардиохирургических послеоперационных больных. Аналгезию осуществляли по мультиmodalному протоколу — комбинация нестероидных противовоспалительных средств и парацетамола с добавлением аналгетиков центрального действия (нефопам, трамадол).

Особенности респираторной поддержки в группах сравнения. В группе ASV при первичной настройке респиратора клиницист устанавливал: рост пациента, на основании чего автоматически рассчитывается «идеальная масса тела»; целевое значение «замещения минутной вентиляции» (за 100% — принимается «физиологическая» минутная вентиляция, равная 100 мл/кг идеальной массы тела (ИМТ)/мин у взрослых). Кроме того, устанавливали предел максимального давления в дыхательных путях для профилактики баротравмы, FiO_2 , PEEP ETS (expiratory trigger sensitivity — пороговое значение потока для переключения с вдоха на выдох), чувствительность триггера вдоха.

При этом следует отметить, что, по нашим наблюдениям, большая часть клиницистов отдает предпочтение первоначальным настройкам чувствительности триггера вдоха, ETS, предела максимального давления и меняет, проводя респираторную поддержку, только FiO_2 , PEEP и процент замещения минутной вентиляции, увеличивая или уменьшая его в соответствии с вентиляционными потребностями пациента.

tion machine. Sedation continued for the first 60–90 minutes until the patient warmed up and oxygenation and hemodynamic parameters became stable.

Management of patients began pursuant to standard protocols for postoperative cardiosurgical patient management. Analgesia was carried out according to a multimodal protocol: with a combination of non-steroid anti-inflammatory drugs plus paracetamol and centrally acting analgesics (Nefopamum, Tramadolum).

Peculiarities of respiratory support in the groups compared.

In the ASV group, while adjusting primary settings, the clinical physician set (1) the patient's height to serve the basis for automatic calculation of the 'ideal body mass'; (2) the target value of 'minute ventilation substitution' (the 'physiological' minute ventilation equal to 100 ml/kg of the ideal body mass (IBM)/min in adults was assumed equal to 100%). Besides, the maximum airways pressure limit was set to prevent a barotrauma, FiO_2 , PEEP, ETS (expiratory trigger sensitivity — the threshold flow value for switchover from inspiration to expiration), and inspiratory trigger sensitivity.

It should be noted that as far as we observed, most clinical physicians prefer primary settings of inspiratory trigger sensitivity, ETS, maximum pressure limit and, in the course of respiratory support, adjust only FiO_2 , PEEP, and percent of minute ventilation substitution increasing or decreasing it according to patient's ventilator requirements.

When, in the clinical physician's opinion, a patient was ready for spontaneous breathing, the percentage of ventilation substitution was set to 25%, which practically corresponded to the spontaneous breathing test, and if the patient completed it successfully, the trachea extubation was carried out 30–45 later.

In the group where all decisions were made by a physician, the initial ventilation mode was SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation), wherein inspiration was controlled by volume (Volume Control) or by pressure (Pressure Control). The physician set FiO_2 , PEEP to ensure proper arterial blood oxygenation, maximum airways pressure limit, tidal volume or inspiratory pressure, respiratory rate to provide adequate ventilation, and set manually the ratio of inspiration time to expiration time. At patient's wake-up and muscle tone recovery, the physician reduced the number of mandatory inspirations, increased or decreased the tidal volume and spontaneous inspiratory support pressure, as necessary. Upon proven respiratory drive recovery, a patient was switched over to Pressure Support Ventilation, and this mode was maintained until weaning.

In both groups, ventilation parameters were solely chosen by the physician-on-duty who was in charge of the patient. The study involved 8 intensivists, each of them participated in weaning of four to five patients from each of the groups. The researcher just recorded and documented all actions performed by a physician and measured the time spent by a physician.

Parameters recorded by the researcher:

1) Directly related to ventilator settings:

Changes of ALV and support respiration modes (change of the frequency of mandatory and spontaneous inspirations), frequency of adjustments of parameters.

Value of tidal volume, pressure support level, driving pressure.

Level of positive end-expiratory pressure and content of oxygen in the inspired mixture.

Когда пациент, по мнению клинициста, был готов к самостоятельному дыханию, устанавливали процент замещения вентиляции на 25%, что практически соответствовало тесту спонтанного дыхания и по истечении 30–45 минут, в случае, удачного прохождения теста пациентом, выполняли экстубацию трахеи.

В группе, где все решения осуществлялись врачом, первоначальным режимом вентиляции был SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation) с управляемыми вдохами по объему (Volume Control) или по давлению (Pressure Control). Врач так же устанавливал FiO₂, PEEP для обеспечения должной оксигенации артериальной крови, предел максимального давления в дыхательных путях, величину дыхательного объема или давления вдоха, частоту дыханий для обеспечения необходимой минутной вентиляции, устанавливал вручную отношение длительности вдоха к выдоху. При пробуждении пациента, восстановлении мышечного тонуса врач редуцировал число навязанных вдохов, при необходимости увеличивал или уменьшал величину дыхательного объема, давление поддержки спонтанных вдохов. По восстановлению убедительного респираторного драйва пациента переводили в режим поддержки давлением (Pressure Support Ventilation), в котором он продолжал вентилироваться до перевода на самостоятельное дыхание.

Выбор параметров вентиляции в обеих группах целиком лежал на дежурном враче, ведущем пациента. В ходе проведения исследования было задействовано 8 врачей анестезиологов-реаниматологов, каждый из них участвовал в отлучении четырех – пяти пациентов в каждой из групп. Исследователь только фиксировал и документировал все действия врача, и измерял затраченное им время.

Параметры, регистрировавшиеся исследователем:

1) Связанные непосредственно с настройками вентилятора:

Изменения режимов ИВЛ и ВВЛ (изменение частоты навязанных и спонтанных вдохов), частота коррекции параметров.

Величина дыхательного объема, уровень поддержки давлением, driving pressure.

Уровень положительного давления в конце выдоха и содержание кислорода во вдыхаемой смеси.

2) Связанные с присутствием врача около респиратора:

Количество подходов к респиратору, количество измененных параметров.

Суммарное время, проведенное около респиратора.

Необходимость что-то экстренно менять в настройках респиратора в случае развития апноэ или брадипноэ.

3) Связанные с длительностью проводимой респираторной поддержки:

Общее время респираторной поддержки в ОРИТ.

Время искусственной и спонтанной вентиляции.

Время от пробуждения до перевода на самостоятельное дыхание.

Время от восстановления собственной дыхательной активности до перевода на вспомогательную вентиляцию легких.

2) Those related to physician's presence near the ventilator:

The number of approaches to the respirator, the number of parameter changes.

Aggregate time spent near the ventilator.

The necessity of urgent changes in ventilator settings when apnea or bradypnea developed.

3) Related to the duration of performed respiratory support:

Total time of respiratory support in ICU.

Time of mechanical and spontaneous ventilation.

Time from awakening to spontaneous breathing.

Time between the restoration of patient's own respiratory activity to transfer to assisted ventilation.

Arterial blood gas composition and acid-base balance was checked during ALV, 30 minutes after transfer to assisted ventilation, and 15 minutes before trachea extubation, using blood gas and electrolyte analyzer Gem Premier 4000 (Instrumentation Laboratory, USA).

In both groups, readiness to trachea extubation was assessed pursuant to the criteria of unit's internal protocol that is based on international protocol 'Evidence-based guidelines for weaning and discontinuation of ventilator support included recovery of consciousness, fulfillment of commands, readiness for cooperation with the staff, at FiO₂ less than 0.4, PaO₂/ FiO₂ index higher than 200 mm Hg, positive end-expiratory pressure <7 cm H₂O, stable hemodynamics, arterial blood pH >7.35, 35<paCO₂<45 mmHg, and rectal temperature higher than 36°C[14].

One patient in the ASV group was excluded from the final protocol due to development of prominent psychomotor agitation upon awakening equal to +2 according to RASS (Richmond Agitation Sedation Score), which necessitated his sedation with dexmedetomidine and prolongation of respiratory support.

In the control group, two patients were excluded: one patient due to a prominent allergic response during the early postoperative period involving development of lactate acidosis and metabolic disorders, and another patient with bleeding via drainage tubes three hours after admission to ICU, which required reintervention.

Statistical analysis of data was carried out using Statistica 10.0 software package. Parameters were tested for normality distribution of variables by Shapiro-Wilk test. To assess significance at $P<0.05$, Student's t test was used for normally distributed variables, for other types of distribution Mann-Whitney test was employed. Depending on the type of distribution, quantitative data were given as a mean plus/minus standard deviation when distribution of variables was normal, and as Me [10–90] (median and 10–90 percentiles) when distribution of variables was far from normal. Frequency indices shown as absolute values and % were assessed by building fourfold tables involving calculation of χ^2 and Fisher's exact test. Differences were considered reliable at $P<0.05$.

Results and Discussion

In the study, the time from ICU admission to transfer to spontaneous breathing did not differ between groups (table 3).

There was no reliable difference in the duration of mechanical ventilation and time between patient's transfer to spontaneous ventilation and tra-

Анализ газового состава и кислотно-основного состояния артериальной крови осуществляли во время проведения ИВЛ, через 30 минут после перевода на вспомогательную вентиляцию и за 15 минут до экстубации трахеи на анализаторе газов и электролитов крови — аппарате Gem Premier 4000 (Instrumentation Laboratory, США).

В обеих группах готовность к экстубации трахеи оценивали в соответствии с критериями внутреннего протокола отделения, основанного на международном протоколе «Evidence — based guidelines for weaning and discontinuation of ventilator support» [14]: восстановление сознания, выполнение команд, готовность к содружественной работе с персоналом, при FiO_2 меньше 0,4, индексе $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$ больше 200 мм рт. ст., положительном давлении в конце выдоха $< 7 \text{ см H}_2\text{O}$, стабильной гемодинамике, pH артериальной крови $> 7,35$, $35 < \text{paCO}_2 < 45 \text{ mmHg}$, ректальной температуре выше 36°C .

Один пациент в группе ASV был исключен из итогового протокола, ввиду развития выраженного психомоторного возбуждения по пробуждению до +2 по RASS (Richmond Agitation Sedation Score), что потребовало его седации дексметидомидином и продления реаниматорной поддержки.

В контрольной группе двое пациентов были исключены — одна пациентка ввиду выраженной аллергической реакции в раннем послеоперационном периоде, с развитием лактат — ацидоза и метаболических нарушений и один пациент с кровотечением по дренажным трубкам через три часа после поступления в ОРИТ, что потребовало повторного оперативного вмешательства.

Статистический анализ данных выполняли на персональном компьютере с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0. Параметры были проверены на нормальность распределения чисел с учетом критерия Шапиро–Уилка. При нормальном распределении значений использовали критерий *t*-Стьюдента, если характер распределения переменных не соответствовал нормальному, то использовали непараметрический критерий Манна–Уитни. В зависимости от вида распределения количественные данные представляли как среднее плюс–минус стандартное отклонение в случае нормального распределения и как $\text{Me} [10–90]$ (медиана 10–90 процентиль) распределении, не соответствующемциальному. Частотные показатели, представлены в виде абсолютных значений и % оценивали с помощью построения четырехполочных таблиц с расчетом χ^2 критерия и точного критерия Фишера. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В проведенном исследовании время от поступления пациента в ОРИТ до перевода на самостоятельное дыхание в группах сравнения не отличалось (табл. 3).

Так же достоверно не отличалась длительность механической вентиляции и время, проведенное пациентом после перевода на спонтанный режим вентиляции до экстубации трахеи. При этом обе группы не отличались по длительности проводимой седации и дозе пропофола (табл. 3).

chea extubation, either. There was no difference in the duration of sedation or propofol dose (table 3).

In case of ASV, as soon as patient's own breathing activity recovered, the machine transferred the patient actually to assisted ventilation mode so, as a rule, all inspirations were already spontaneous. In the control group, patient's wake-up and breathing activity recovery did not always coincide with machine's switchover to more sparing modes, and that period was equal to 30 (0–90) min. on average ($P < 0.005$).

In a case of ASV, subject to satisfactory respiratory drive, the machine fastly reduced the number of mandatory inspirations while in the control group the interval between recovery of patient's own breathing activity and reduction by a physician of the number of mechanical inspirations was equal 37 (12–76) minutes on average, $P < 0.00001$.

As a consequence, such adverse events as anxiety accompanied with tachycardia, knocking on the bed, development of tachypnea episodes were observed more frequently in the control group. In the ASV group, a similar picture was observed in 3 patients out of 40 (7.5%), while in the control group — in 7 out of 38 (18%); however, the difference is statistically unreliable.

When bradypnea developed during weaning of a patient from the ASV, the machine automatically started mandatory inspirations and continued mechanical respiratory support until it became clinically possible to minimize mechanical breathing again. In the control group, when bradypnea or apnea occurred, backup pressure-controlled ventilation with a certain number of mandatory inspirations (full-value ALV) was initiated, which entailed the necessity of ventilation mode adjustment by a physician. In the ASV group, clinically significant bradypnea entailing automatic restart of mandatory ventilation was noted in 12 patients (30%). In the control group, there were 15 such patients (39%), however, in the said instance, parameters were adjusted by a physician. The difference between the groups in that case was insignificant; attention was focused on the fact that routine modes required involvement of a physician while when ASV was applied all adjustments were performed automatically.

Compared to the control group, in the ASV group a physician approached the ventilator rarer, adjustment of ventilation parameters was needed twice less, however, the differences were insignificant. The time spent by a clinical physician near a ventilator differed significantly: in the ASV group, a physician was near a ventilator 99 ± 35 seconds on average vs. 166 ± 70 seconds in the control group ($P = 0.00001$).

To assess safety of respiratory support carried out, PEEP, tidal volume, driving pressure or difference between inspiratory plateau pressure and PEEP (driving pressure — ΔP) during mandatory and assisted ventilation were analyzed.

Таблица 3. Особенности проведения респираторной поддержки, ее длительность и особенности наблюдения за пациентом.**Table 3. Clinical Outcomes.**

Parameters	Values of parameters in groups		P
	ASV, n=40	Control, n=38	
Duration of sedation in ICU, min	90 (60–150)	85 (60–150)	0.459450
Sedation (propofol) dose, mg/kg/h	1 (1–1.5)	1 (1–1.5)	0.256535
Tidal volume at ICU admission, ml/kg/PBW	6.6 (5.7–8.2)	7 (6–8.5)	0.200696
Tidal volume during mechanical ventilation, ml/kg/PBW	7.0 (6–8.5)	7 (6–10)	0.207822
Tidal volume during spontaneous ventilation, ml/kg/PBW	7.5 (6.6–9.5)	8 (7–10)	0.060880
Time to extubation of trachea, min	267±76	271±80	0.870467
Duration of mechanical ventilation, min	172±71	187±72	0.361839
Duration of spontaneous ventilation, min*	80 (52.5–155)	65 (40–180)	0.250303
Time between awakening to spontaneous ventilation, min	0 (9–65)	30 (0–90)	0.004969
Time between awakening to extubation of trachea, min	90 (60–155)	113 (60–190)	0.050073
Time between the restoration of patient's own respiratory activity to the physician's changes in the number of mandatory breaths or spontaneous ventilation, min	0	37 (12–76)	0.000000
Number of physician's approaches to the respirator per patient	3 (2–5)	4 (2–6)	0.001478
Numbers of manual ventilator setting changes per patient	2 (1–4)	4 (2–6)	0.000000
Physician's time spent at respirator per patient, sec	99±35	166±70	0.00001
Reintubation, n	0	0	
Length of stay in ICU, days	1(1–1)	1(1–1)	0.32
Postoperative length of stay in hospital, days	8.8 (7–11.5)	9.7 (7–15)	0.3223
Hospital mortality, n	0	0	

Note. Data are given as median (interquartile range) or mean (\pm SD, standard deviation). * — here, as duration of spontaneous ventilation, in ASV group — time spent without any mandatory breaths is taken, and in control group — time spent in Pressure Support Ventilation.

Примечание. Duration of sedation — продолжительность седации; in ICU — в ОРИТ; (propofol) dose — (пропофол) доза; admission — поступление; during mechanical/spontaneous ventilation — в период искусственной/естественной вентиляции (легких); time to extubation of trachea — время до экстубации; duration — длительность; time between — период между; awakening — пробуждение; ... the restoration of patient's own respiratory activity to the physician's changes in the number of mandatory breaths or — восстановлением собственной дыхательной активности и изменением числа принудительных вдохов врачом; number — число; of physician's approaches to the respirator per patient — (количество) врачебных подходов к респиратору на пациента; of manual ventilator setting changes per patient — изменений режима работы дыхательного аппарата вручную; physician's time spent at respirator per patient — время врача, затраченное на пациента; reintubation — повторная интубация; length of stay — продолжительность пребывания; days — дни; hospital mortality — госпитальная летальность. * — под длительностью спонтанной вентиляции мы понимаем время в группе ASV с полным отсутствием принудительных вдохов, а в контрольной группе — в режиме PSV.

В случае применения режима ASV, как только появлялась собственная дыхательная активность больного, аппарат фактически переводил пациента во вспомогательный режим, как правило, все вдохи уже были спонтанными. В контрольной группе пробуждение пациента и восстановление дыхательной активности не всегда совпадало с переводом аппарата в более щадящие режимы и этот период в среднем составил 30 (0–90) мин. (различия статистически достоверны — $p=0,004969$).

В случае ASV при наличии удовлетворительного респираторного драйва аппарат быстро редуцировал количество навязанных вдохов, а в контрольной группе от восстановления собственной дыхательной активности до снижения врачом числа аппаратных вдохов проходило в среднем 37 (12–76) минут, $p=0,0000$.

Как следствие, в контрольной группе чаще отмечали такие нежелательные явления, как беспокойство, что сопровождалось тахикардией, постукиваниями по кровати, развитием эпизодов тахипноэ. В группе ASV подобную картину наблюдали у 3 пациентов из 40

There was no reliable difference between the groups in PEEP level at the time of admission and during mechanical ventilation. Tidal volume did not reliably differ at different respiratory support stages either (table 3).

ΔP and the pressure of support (PS) was reliably lower in the ASV group during all periods of respiratory support. At the time of admission, ΔP in ASV was equal to 8 cm H₂O on average and in the control group — 10 cm H₂O, the difference was significant ($P=0.012$). During mechanical ventilation, ΔP in the ASV group was lower: 7 cm H₂O vs. 9 cm H₂O ($P=0.000001$). During assisted ventilation and before transfer to spontaneous breathing, the pressure of support (PS) in the ASV group was also lower: 5 vs. 8 ($P=0.000001$). Hence, the smart mode was characterized by more sparing ventilation parameters and in most patients, upon restoration of a satisfactory muscle tone and subject to adequate respiratory drive, spontaneous breathing test was actually performed.

There was no significant difference between the groups in arterial gas exchange, pulse oximetry and capnography data either during respiratory

(7,5%), в то время как в контрольной группе — у 7 из 38 (18%), однако различия статистически недостоверны.

При развитии брадипноэ во время отлучения пациента от аппарата на фоне ASV аппарат автоматически включал навязанные вдохи и продолжал механическую респираторную поддержку вплоть до клинической возможности вновь минимизировать аппаратные дыхания. В контрольной группе при появлении брадипноэ или апноэ автоматически включалась резервная вентиляция с определенным количеством навязанных вдохов в режиме по давлению (полная ИВЛ), что влекло за собой необходимость коррекции режима вентиляции врачом. В группе ASV клинически значимое брадипноэ с автоматическим возобновлением принудительной вентиляции отметили у 12 пациентов (30%). В контрольной группе — у 15 пациентов (39%), при этом регулировку параметров у них осуществляли уже врачом. Различия между группами в данном случае статистически недостоверны, акцент сделали на том, что в случае рутинных режимов требовалось участие врача, в случае применения ASV — регулировка осуществлялась автоматически.

По сравнению с контролем в группе ASV врач реже подходил к респиратору и так же в два раза реже требовалась коррекция параметров вентиляции (различия статистически достоверны). Существенно различалось и время, проведенное клиницистом около респиратора — в группе ASV врач находился около респиратора в среднем 99 ± 35 секунд против 166 ± 70 секунд в контрольной группе ($p=0,00001$).

Для оценки безопасности проводимой респираторной поддержки анализировали уровень ПДКВ, величину дыхательного объема, вентиляционное давление или разницу между давлением плато на вдохе и ПДКВ (driving pressure — ΔP) во время проведения принудительной и вспомогательной вентиляции.

По уровню ПДКВ при поступлении и при проведении аппаратной вентиляции обе группы достоверно не отличались. Дыхательный объем также достоверно не отличался на различных этапах респираторной поддержки. (табл. 3)

Величина ΔP и давления поддержки (PS) была достоверно ниже в группе ASV во все периоды респираторной поддержки. При поступлении ΔP на ASV составило в среднем 8 см H_2O , в контрольной группе — 10 см H_2O , различие достоверно ($p=0,011598$). Во время аппаратной вентиляции ΔP в группе ASV достоверно ниже — 7 см H_2O против 9 см H_2O ($p=0,000001$). Во время вспомогательной вентиляции и перед переводом на самостоятельное дыхание в группе ASV давление поддержки (PS) было также достоверно ниже — 5 против 8 ($p=0,000001$).

support or after transfer to spontaneous breathing or 12 hours after trachea extubation (table 4).

There were no cases of trachea reintubation in either group. Two patients required non-invasive mask ventilation during the first 8 hours after transfer to spontaneous breathing (one in the ASV group and one in the doctor's interface group).

In present study, a comparison was made between respiratory support peculiarities during smart pulmonary ventilation when the machine's microprocessor inspiration by inspiration was adjusted to patient's requirements versus the conventional protocol when all care in respiratory support quality and patient's 'comfort' were performed by a physician-on-duty.

Data demonstrate that smart modes of ALV allow simplifying management of postoperative lung ventilation, considerably reducing the staff load without compromising the quality and safety of performed ventilation whatsoever and automatically eliminating many outstanding problems.

Comparing our findings with the findings of Fang Zhu et al. [10] in a study performed in cardio-surgical patients after isolated valve surgery, it should be noted that there was no difference in the total respiratory support time (from admission to extubation) in the ASV group: 295 minutes (196–413) vs. our 267 ± 76 ; however, the time in doctor interface groups differed significantly: 421 minutes (297–653) vs. 271 ± 80 minutes in our study.

A similar picture was also observed in the comparison of our findings with those of P. C. Gruber and co-workers: there was no difference in the time of respiratory support: 300 (205–365) vs. our 267 ± 76 sec in the ASV group, while in our study the time in the doctor interface group was significantly shorter: 271 ± 80 minutes vs. 540 (462–580) obtained in compared study [8].

In the study carried out by A. Yazdannik [15] on post-myocardial revascularization patients, the findings were comparable with the general trend: 4.83 hours in the ASV group vs. 6.71 hours in the SIMV group.

In other study the authors compared duration of post-trachea intubation in ASV mode after myocardial revascularization surgery. In one of the groups, the percentage of minute ventilation substitution remained constantly at 100% being adjusted only to maintain eucapnia while in the other it was aggressively decreased to 25% for fast transfer to spontaneous breathing. In case of the aggressive approach, the trachea intubation duration amounted to 225 (204–278) minutes and in case of the tolerant one — 423 (269–511) minutes[16].

Therefore, in our study, the physicians were only a bit behind the aggressive approach of transferring of a patient to spontaneous breathing and even ahead of the tolerant approach though there was no gasl to terminate respiratory support fast

Таблица 4. Основные показатели респираторного мониторинга в послеоперационном периоде.
Table 4. Values of respiratory variables.

Parameters	Values of parameters in groups		<i>P</i>
	ASV, n=40	Control, n=38	
paO ₂ /FiO ₂	Admission to ICU	319±38	331±87
	During mandatory ventilation	372±64	372±51
	During spontaneous ventilation	364±62	384±49
EtCO ₂	Admission to ICU	36.47±3.97	34.95±2.86
	During mandatory ventilation	37 (34.5–41)	36 (34–40)
	During spontaneous ventilation	36 (34–42)	36 (34–42)
PaCO ₂	Admission to ICU	38.6±4.0	37.5±2.7
	During mandatory ventilation	39 (36–43.5)	38 (35–43)
	During spontaneous ventilation	38 (36–44)	38 (36–45)
SpO ₂	Admission to ICU	100 (97.5–100)	100 (98–100)
	During mandatory ventilation	100 (98.5–100)	99 (98–100)
	During spontaneous ventilation	100 (98–100)	99 (98–100)
PaO ₂	Admission to ICU	149±44.5	158±47.3
	During mandatory ventilation	124 (94–165.5)	126 (99–149)
	During spontaneous ventilation	114 (92.5–139)	122 (100–160)
pH	Admission to ICU	7.42±0.04	7.42±0.04
	During mandatory ventilation	7.4±0.04	7.41±0.04
	During spontaneous ventilation	7.4±0.04	7.4±0.03
30 minutes after extubation	SpO ₂	94±1.77	94±1.78
	paO ₂ /FiO ₂	318 (272.5–400)	332 (300–400)
	paCO ₂	39 (36–42.5)	38 (35–44)
12 hours after extubation	SpO ₂	95 (92–96)	95 (92–97)
	paO ₂ /FiO ₂	338 (295–400)	330 (290–400)
	paCO ₂	39 (36.5–42.5)	39 (36–44)

Note. Data are given as median (interquartile range) or mean (\pm SD), SD is standard deviation.

Примечание. Admission to ICU — поступление в ОРИТ; during mandatory/spontaneous ventilation — во время принудительной или спонтанной вентиляции легких; hours after extubation — часов после экстубации. Data are given as median (interquartile range) or mean (\pm SD), SD is standard deviation — данные представлены в виде медиан (интерваквартильного размаха) или средней плюс-минус квадратичное отклонение.

Таким образом, интеллектуальный режим характеризовался более протективными параметрами вентиляции, и у большинства больных при восстановлении удовлетворительного мышечного тонуса и наличии адекватного респираторного драйва фактически проводился тест спонтанного дыхания.

Показатели артериального газообмена, данные пульсоксиметрии и капнографии, существенно не отличались в обеих группах ни во время респираторной поддержки, ни после перевода на самостоятельное дыхание, ни через 12 часов после экстубации трахеи (см. табл. 4).

Ни в одной из групп не отметили случаев реинтубации трахеи. Двум пациентам потребовалось проведение неинвазивной масочной вентиляции в первые 8 часов после перевода на самостоятельное дыхание (один в группе ASV, один в группе врачебного интерфейса).

В представленном исследовании провели сопоставление особенностей респираторной поддержки при проведении интеллектуальной вентиляции легких, когда микропроцессор аппарата вдох за вдохом подстраивался под пациента и традиционного протокола, когда вся забота о качестве респираторной поддержки и «комфорте» пациента осуществлялась дежурным врачом.

Полученные нами данные показали, что интеллектуальные режимы ИВЛ позволяют

and everything was done according to patient's condition.

It was also noted that in manually adjusting ventilator, almost in all patients physicians employed low tidal volumes practically similar to ventilator's automatic settings, which complied with all contemporary guidelines on sparing lung ventilation.

The time spent by a clinical physician near a ventilator was not taken into account in the aforementioned studies; however, the necessity of setting adjustments according to our and international data evidenced that when ASV was used, requirement for physician's involvement occurred rarer.

At the same time, it should be noted that the ASV mode provided a more sparing lung ventilation. In particular, the driving pressure (ΔP) during the smart mode was significantly lower during both ALV and assisted ventilation. Importantly, the machine transferred a patient to the assisted ventilation mode immediately upon recovery of patient's own breathing activity. The interval between appearance of patient's breaths and commencement of reduction of mechanical inspirations was shorter thus promoting decreased probability of asynchronicity between the patient's breathing and mechanical ventilation.

Conclusion

The comparison of a smart mode — ASV — versus conventional protocol of mechanical ventilation during the early postoperative period has

упростить проведение послеоперационной вентиляции легких, значительно снизить нагрузку на персонал, абсолютно не теряя в качестве и безопасности проводимой вентиляции и устранивая многие имеющиеся проблемы автоматически.

Сравнивая наши результаты с результатами исследования, выполненного Fang Zhu и соавторами (10) у кардиохирургических пациентов после изолированной клапанной хирургии, отметили, что нет различий по общему времени респираторной поддержки (от поступления до экстубации) в группе ASV 295 минут (196–413) против полученных нами 267±76, однако существенно отличается время в группах врачебного интерфейса — 421 минута (297–653) против 271±80 минут полученных в нашем исследовании.

Подобная картина наблюдалась и при сравнении наших результатов с данными P.C. Grubera [8]: нет различий по времени респираторной поддержки 300 (205–365) против наших 267±76 сек в группе ASV, при том, что в проведенном исследовании существенно короче время в группе врачебного интерфейса: 271±80 минут против 540 (462–580) полученных P. C. Gruberom.

В работе A. Yazdannik [15], выполненной на пациентах после реваскуляризации миокарда, результаты сопоставимы с общей тенденцией — 4,83 часа в группе ASV против 6,71 часа в группе SIMV.

Представляет интерес работа M. K. P. Tam [16], в которой авторы сравнивали длительность интубации трахеи после операций реваскуляризации миокарда при режиме ASV. В одной из групп процент замещения минутной вентиляции постоянно оставался на уровне 100% и регулировался только для поддержания нормокапнии, а в другой — агрессивно снижался до 25% с целью быстрого перевода на самостоятельное дыхание. В случае агрессивного подхода длительность интубации трахеи составила — 225 (204–278) минут, а в случае либерального — 423 (269–511).

Таким образом, наши врачи ненамного отстали от агрессивной тактики перевода на самостоятельное дыхание и значительно определили либеральный подход, при том, что установки на быстрое прекращение респираторной поддержки не было, и все осуществлялось в соответствии с состоянием пациента.

Также отметили, что при ручной настройке респиратора врачи практически у всех пациентов используют невысокие дыхательные объемы, практически не отличающиеся от автоматических настроек респиратора, что соответствует всем современным рекомендациям по протективной вентиляции легких.

shown that the respiratory support duration was equal, whereas the former significantly reduces the time spent by a clinical physician on involvement in the process of patient's weaning from the machine and the number of approaches to the machine as well as the number of adjustments made by a physician in mechanical breathing parameters.

ASV provides a more sparing lung ventilation as evidenced by considerably lower peak and driving (ΔP) pressure values both during ALV and assisted ventilation modes, the probability of asynchronicity between a patient and a ventilation when the former is recovering his own breathing activity decreases as well.

Время нахождения клинициста около респиратора в вышеуказанных исследованиях не учитывали, а необходимость коррекции настроек по нашим и зарубежным данным, свидетельствовало о том, что при использовании ASV вмешательство врача требовалось значительно реже.

Вместе с тем, необходимо отметить, что режим ASV обеспечивал более протективную вентиляцию легких. В частности, вентиляционное давление (ΔP) при интеллектуальном режиме было значимо ниже как во время ИВЛ, так и во время вспомогательной вентиляции. Важно, что аппарат переводил пациента на вспомогательный режим стазу после восстановления собственной дыхательной активности. Также более коротким был период времени от появления дыханий пациента до начала уменьшения числа аппаратных вдохов. Это способствовало снижению вероятности асинхронии дыхания пациента и аппаратной вентиляции.

Заключение

Сравнение интеллектуального режима ASV с обычным протоколом аппаратной вентиляции в раннем послеоперационном периоде показало, что при одинаковой длительности респираторной поддержки значительно снижается время, затраченное клиницистом на участие в процессе отлучения пациента от аппарата, а также количество подходов к нему и число выполняемых врачом изменений параметров аппаратного дыхания.

Режим ASV обеспечивает более протективную вентиляцию легких, о чем свидетельствуют значительно меньшие значения пикового давления и давления вентиляции (ΔP) как вовремя ИВЛ, так и при использовании вспомогательных режимов, а также меньшая вероятность асинхронии пациента и вентилятора при восстановлении собственной дыхательной активности.

Литература

- Otis A.B., Fenn W.O., Rahn H. Mechanics of breathing in man. *J Appl Physiol.* — 1950. — №2. — p. 592–607. PMID: 15436363. DOI: 10.1152/jappl.1950.2.11.592
- Arnal J.M., Wysocki M., Nafati C., Donati S., Granier I., Corno G., Durand-Gasselin J. Automatic selection of breathing pattern using adaptive support ventilation. *Intensive Care Med.* 2008; 34: 75–81. PMID: 17846747. DOI: 10.1007/s00134-007-0847-0
- Bellato M., Palo A., Pasero D., Iotti G.A., Mojoli F., A. Braschi A. Evaluation of adaptive support ventilation in paralysed patients and in a physical lung model. *Int J Artif Organs* 2004; 27 (8): 709–716. PMID: 15478542. DOI: 10.1177/039139880402700809
- Chen C.W., Wu C.P., Dai Y.L., Perng W.C., Chian C.F., Su W.L., Huang Y.C. Effects of Implementing Adaptive Support Ventilation in a Medical Intensive Care Unit. *Respir care.* 2011; 56 (7): 976–983. PMID: 21352661. DOI: 10.4187/respcare.00966
- Kirakli C., Naz I., Ediboglu O., Tatar D., Budak A., Telliglu E. A randomized controlled trial comparing the ventilation duration between Adaptive Support Ventilation and Pressure Assist/Control Ventilation in medical patients in the ICU. *Chest.* 2015; 147 (6): 1503–1509. PMID: 25742308. DOI: 10.1378/chest.14-2599
- Han L., Wang Y., Gan Y., Xu L. Effects of Adaptive Support Ventilation and Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation on Peripheral Circulation and Blood Gas Markers of COPD Patients with Respiratory Failure. *Cell Biochem Biophys.* 2014; 70 (1): 481–484. PMID: 24748176. DOI: 10.1007/s12013-014-9944-1
- Kirakli C., Ozdemir I., Ucar Z.Z., Cimen P., Kepil S., Ozkan S.A. Adaptive Support Ventilation for Faster Weaning in COPD: A Randomized Controlled Trial. *Eur Respir J.* 2011 Oct; 38 (4): 774–780. PMID: 21406514. DOI: 10.1183/09031936.00081510
- Gruber P.C., Gomersall C.D., Leung P., Joynt G.M., Ng S.K., Ho K.M., Underwood M.J. Randomized controlled trial comparing adaptive-support ventilation with pressure-regulated volume-controlled ventilation with automode in weaning patients after cardiac surgery. *Anesthesiology* 2008; 109 (1): 81–87. PMID: 18580176. DOI: 10.1097/ALN.0b013e31817881fc
- Sulzer C.E., Chioléro R., Chassot P.G., Mueller X.M., Revelly J.P. Adaptive support ventilation for fast tracheal extubation after cardiac surgery: A randomized controlled study. *Anesthesiology* 2001; 95 (6): 1339–1345. PMID: 11748389. DOI: 10.1097/00000542-200112000-00010
- Zhu E., Gomersall C.D., Ng S.K., Underwood M.J., Lee A. A Randomized Controlled Trial of Adaptive Support Ventilation Mode to Wean Patients after Fast-track Cardiac Valvular Surgery. *Anesthesiology* 2015 122 (4): 832–840. PMID: 25569810. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000589
- Moradian S.T., Saeid Y., Ebadi A., Hemmat A., Ghiasi M.S. Adaptive Support Ventilation Reduces the Incidence of Atelectasis in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting: A Randomized Clinical Trial. *Anesth Pain Med.* 2017; 7 (3). PMID 28856111. DOI: 10.5812/aapm.44619. eCollection 2017 Jun
- Полупан А.А., Горячев А.С., Савин И.А., Самишур О.Е., Ошоров А.В., Попугаев К.А., Сычев А.А., Табасаранский Т.Ф., Крылов Ю.Ю., Соколова Е.Ю., Мезенцева О.Ю. Первый опыт использования режима Adaptive Support Ventilation у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой. *Анестезиология и реаниматология.* 2011; 4: 46–50.
- Полупан А.А., Горячев А.С., Савин И.А., Самишур О.Е., Ошоров А.В., Попугаев К.А., Сычев А.А., Табасаранский Т.Ф., Крылов Ю.Ю., Соколова Е.Ю., Мезенцева О.Ю., Подленич В.В. Использование режима ASV для прекращения респираторной поддержки у пациентов, оперированных по поводу опухолей задней черепной ямы. *Анестезиология и реаниматология* 2011; 4: 42–46
- MacIntyre N.R., Cook D.J., Ely E.W.Jr., Epstein S.K., Fink J.B., Heffner J.E., Hess D., Hubmayer R.D., Scheinhorn D.J. Evidence-Based Guidelines for Weaning and Discontinuing Ventilatory Support: A Collective Task Force Facilitated by the American College of Chest Physicians, the American Association for Respiratory Care, and the American College of Critical Care Medicine. *Chest.* 2001; 120 (6 Suppl): 375S–95S. PMID: 11742959. DOI: 10.1378/chest.120.6_suppl.375S
- Yazdannik A., Zarei H., Massoumi G. Comparing the effects of adaptive support ventilation and synchronized intermittent mandatory ventilation on intubation duration and hospital stay after coronary artery bypass graft surgery. *Iran Journal of Nursing and Midwifery Research* 2016; 21 (2): 207–212. DOI: 10.4103/1735-9066.178250. PMCID: PMC4815379
- Tam M.K.P., Wong W.T., Gomersall C.D., Tian Q., Ng S.K., Leung C.C.H., Underwood M.J. A randomized controlled trial of 2 protocols for weaning cardiac surgical patients receiving adaptive support ventilation. *Journal of Critical Care* 2016. DOI: 10.1016/j.jcrc.2016.01.018. PMID: 27006266

Поступила 25.05.19

References

- Otis A.B., Fenn W.O., Rahn H. Mechanics of breathing in man. *J Appl Physiol.* — 1950. — №2. — p. 592–607. PMID: 15436363. DOI: 10.1152/jappl.1950.2.11.592
- Arnal J.M., Wysocki M., Nafati C., Donati S., Granier I., Corno G., Durand-Gasselin J. Automatic selection of breathing pattern using adaptive support ventilation. *Intensive Care Med.* 2008; 34: 75–81. PMID: 17846747. DOI: 10.1007/s00134-007-0847-0
- Bellato M., Palo A., Pasero D., Iotti G.A., Mojoli F., A. Braschi A. Evaluation of adaptive support ventilation in paralysed patients and in a physical lung model. *Int J Artif Organs* 2004; 27 (8): 709–716. PMID: 15478542. DOI: 10.1177/039139880402700809
- Chen C.W., Wu C.P., Dai Y.L., Perng W.C., Chian C.F., Su W.L., Huang Y.C. Effects of Implementing Adaptive Support Ventilation in a Medical Intensive Care Unit. *Respir care.* 2011; 56 (7): 976–983. PMID: 21352661. DOI: 10.4187/respcare.00966
- Kirakli C., Naz I., Ediboglu O., Tatar D., Budak A., Telliglu E. A randomized controlled trial comparing the ventilation duration between Adaptive Support Ventilation and Pressure Assist/Control Ventilation in medical patients in the ICU. *Chest.* 2015; 147 (6): 1503–1509. PMID: 25742308. DOI: 10.1378/chest.14-2599
- Han L., Wang Y., Gan Y., Xu L. Effects of Adaptive Support Ventilation and Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation on Peripheral Circulation and Blood Gas Markers of COPD Patients with Respiratory Failure. *Cell Biochem Biophys.* 2014; 70 (1): 481–484. PMID: 24748176. DOI: 10.1007/s12013-014-9944-1
- Kirakli C., Ozdemir I., Ucar Z.Z., Cimen P., Kepil S., Ozkan S.A. Adaptive Support Ventilation for Faster Weaning in COPD: A Randomized Controlled Trial. *Eur Respir J.* 2011 Oct; 38 (4): 774–780. PMID: 21406514. DOI: 10.1183/09031936.00081510
- Gruber P.C., Gomersall C.D., Leung P., Joynt G.M., Ng S.K., Ho K.M., Underwood M.J. Randomized controlled trial comparing adaptive-support ventilation with pressure-regulated volume-controlled ventilation with automode in weaning patients after cardiac surgery. *Anesthesiology* 2008; 109 (1): 81–87. PMID: 18580176. DOI: 10.1097/ALN.0b013e31817881fc
- Sulzer C.E., Chioléro R., Chassot P.G., Mueller X.M., Revelly J.P. Adaptive support ventilation for fast tracheal extubation after cardiac surgery: A randomized controlled study. *Anesthesiology* 2001; 95 (6): 1339–1345. PMID: 11748389. DOI: 10.1097/00000542-200112000-00010
- Zhu E., Gomersall C.D., Ng S.K., Underwood M.J., Lee A. A Randomized Controlled Trial of Adaptive Support Ventilation Mode to Wean Patients after Fast-track Cardiac Valvular Surgery. *Anesthesiology* 2015 122 (4): 832–840. PMID: 25569810. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000589
- Moradian S.T., Saeid Y., Ebadi A., Hemmat A., Ghiasi M.S. Adaptive Support Ventilation Reduces the Incidence of Atelectasis in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting: A Randomized Clinical Trial. *Anesth Pain Med.* 2017; 7 (3). PMID 28856111. DOI: 10.5812/aapm.44619. eCollection 2017 Jun
- Polupan A.A., Goryachev A.S., Savin I.A., Satishur O.E., Oshorov A.V., Popugaev K.A., Sychyov A.A., Tabasaraniskij T.F., Krylov K.YU., Sokolova E.Yu., Mezeneceva O.Yu. First experience with Adaptive Support Ventilation in patients with severe traumatic brain injury. *Anestesiol. Reanimatol.* 2011; 4: 46–50. [In Russ.].
- Popugaev A.A., Goryachev A.S., Savin I.A., Satishur O.E., Oshorov A.V., Popugaev K.A., Sychyov A.A., Tabasaraniskij T.F., Krylov K.YU., Sokolova E.Yu., Mezeneceva O.Yu., Podlepinich V.V. Use of the ASV regimen to discontinue respiratory support in patients operated on for posterior cranial fossa tumors *Anestesiol. Reanimatol.* 2011; 4: 42–46. [In Russ.].
- MacIntyre N.R., Cook D.J., Ely E.W.Jr., Epstein S.K., Fink J.B., Heffner J.E., Hess D., Hubmayer R.D., Scheinhorn D.J. Evidence-Based Guidelines for Weaning and Discontinuing Ventilatory Support: A Collective Task Force Facilitated by the American College of Chest Physicians, the American Association for Respiratory Care, and the American College of Critical Care Medicine. *Chest.* 2001; 120 (6 Suppl): 375S–95S. PMID: 11742959. DOI: 10.1378/chest.120.6_suppl.375S
- Yazdannik A., Zarei H., Massoumi G. Comparing the effects of adaptive support ventilation and synchronized intermittent mandatory ventilation on intubation duration and hospital stay after coronary artery bypass graft surgery. *Iran Journal of Nursing and Midwifery Research* 2016; 21 (2): 207–212. DOI: 10.4103/1735-9066.178250. PMCID: PMC4815379
- Tam M.K.P., Wong W.T., Gomersall C.D., Tian Q., Ng S.K., Leung C.C.H., Underwood M.J. A randomized controlled trial of 2 protocols for weaning cardiac surgical patients receiving adaptive support ventilation. *Journal of Critical Care* 2016. DOI: 10.1016/j.jcrc.2016.01.018. PMID: 27006266

Received 25.05.19