

УДК 615.816.03:616-56.257

**М.И. Неймарк**

д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО Алтайский государственный медицинский университет Минздрава России

**Р.В. Киселев**

канд. мед. наук, ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО Алтайский государственный медицинский университет Минздрава России

## Сравнительный анализ режимов респираторной поддержки при эндоскопической гастропластике у больных с морбидным ожирением

### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Киселев Роман Владимирович**, канд. мед. наук, ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО Алтайский государственный медицинский университет Минздрава России

Адрес: 656011, г. Барнаул, ул. Матросова, д. 10

Тел.: +7 (906) 964-00-61

E-mail: fincher-75@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 15.03.2018

Статья принята к печати: 04.06.2018

### Аннотация

Для анализа влияния режимов респираторной поддержки на параметры внешнего дыхания, газообмена, периферическую и центральную гемодинамику при эндоскопической гастропластике у больных с морбидным ожирением проведено рандомизированное исследование 58 пациентов с морбидным ожирением, которым была выполнена эндоскопическая гастропластика в условиях сочетанной анестезии. В зависимости от выбора режима искусственной вентиляции легких (ИВЛ) больные были разделены на две группы: в 1-й группе ( $n = 28$ ) респираторная поддержка в режиме, контролируемом по объему (VCV); во 2-й группе ( $n = 30$ ) респираторная поддержка в режиме, контролируемом по давлению (PCV). Интраоперационно мониторировали параметры центральной гемодинамики, внешнего дыхания, периферическую гемодинамику, кислотно-щелочное состояние (КЩС). Было выяснено, что при ИВЛ в режиме PCV выявлен достоверно более высокий уровень оксигенации:  $PaO_2$  — 96,8 (92,7; 99,8) мм рт. ст.,  $PaO_2/FiO_2$  — 322,6 (341,2; 304,7) мм рт. ст. — в сравнении с вентиляцией в режиме VCV:  $PaO_2$  — 92,2 (87,5; 96,3) мм рт. ст.,  $PaO_2/FiO_2$  — 307,3 (286,2; 331,7) мм рт. ст., так же начиная со 2-го этапа исследования ( $p < 0,05$ ).

**M.I. Neimark**

MD, PhD, Full Prof., Chair of Anesthesiology and Intensive Care, Altay State Medical University

**R.V. Kiselev**

MD, PhD, Assistant Prof., Anesthesiology and Intensive Care, Altay State Medical University

## Comparative analysis of respiratory support for endoscopic sleeve gastropasty in patients with morbid obesity

### CONTACT INFORMATION

**Roman V. Kiselev**, MD, PhD, Assistant Prof., Anesthesiology and Intensive Care, Altay State Medical University

Address: 10, Matrosov str., Barnaul, 656011, Russia

Tel.: +7 (906) 964-00-61

E-mail: fincher-75@mail.ru

Article received on: March 15, 2018

Article approved on: June 4, 2018

### Abstract

For the analysis of the effect of respiratory support on the parameters of external respiration, gas exchange, peripheral and central hemodynamics in endoscopic sleeve gastropasty in patients with morbid obesity a randomized study of 58 patients with morbid obesity was conducted, in which endoscopic sleeve gastropasty was performed under combined anesthesia. Depending on the choice of the mode of pulmonary ventilation (PV), the patients were divided into two groups. In the 1<sup>st</sup> group ( $n = 28$ ) patients had respiratory support in the volume-controlled ventilation mode (VCV); in the 2<sup>nd</sup> group ( $n = 30$ ) they had respiratory support in the pressure-controlled ventilation (PCV) mode. The parameters of central hemodynamics, external respiration, peripheral hemodynamics, ABB were monitored intraoperatively. It was found that a significantly higher level of oxygenation was detected with PCV mode:  $PaO_2$  — 96.8 (92.7; 99.8) mm Hg, ( $PaO_2/FiO_2$ ) 322.6 (341.2; 304.7) mm Hg in comparison with VCV mode:  $PaO_2$  — 92.2 (87.5; 96.3) mm Hg,  $PaO_2/FiO_2$  — 307.3 (286.2; 331.7) mm Hg, and in second stage of the study ( $p < 0,05$ ).

**Ключевые слова:** морбидное ожирение, респираторная поддержка, центральная гемодинамика, индекс оксигенации, карбоксиперитонеум.

**Keywords:** morbid obesity, respiratory support, central hemodynamics, oxygenation index, carboxyperitoneum.

## ВВЕДЕНИЕ

Постоянный рост числа пациентов с ожирением приводит к увеличению количества бариатрических оперативных вмешательств [1, 2]. На сегодняшний день одна из наиболее эффективных и часто выполняемых бариатрических операций — эндоскопическая продольная гастропластика. Эффективное анестезиологическое обеспечение этого вмешательства базируется на учете анатомических и функциональных изменений у пациентов с морбидным ожирением, в первую очередь, в респираторной системе. Во время операции происходит их усугубление из-за применения карбоксиперитонеума, приводящее к росту внутрибрюшного давления (ВБД), шинированию диафрагмы, снижению функциональной остаточной емкости (ФОЕ), легочного комплайенса и росту фракции шунта, что необходимо учитывать при выборе параметров респираторной поддержки. В этих условиях выбор режима и параметров респираторной поддержки является важным компонентом анестезиологического обеспечения эндоскопической гастропластики [3, 4].

**Цель данного исследования** — сравнить эффективность влияния различных режимов респираторной поддержки на показатели внешнего дыхания, газообмена, периферической и центральной гемодинамики при анестезиологическом обеспечении эндоскопической гастропластики у больных морбидным ожирением.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено проспективное рандомизированное исследование 58 пациентов с индексом массы тела (ИМТ)  $> 40$  кг/м<sup>2</sup>, которым была выполнена эндоскопическая продольная гастропластика. Критерии исключения: возраст  $< 15$  лет и  $> 75$  лет, ИМТ  $< 35$ , декомпенсированный гипотиреоз, кортикостерома.

В зависимости от выбора режима респираторной поддержки больные были разделены на две группы. В 1-й группе ( $n = 28$ ) респираторная поддержка проводилась вентилятором Mindray WATO EX-65 (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., КНР) в режиме VCV, параметры:  $V_t$  — 6 мл/кг от идеальной массы тела (ИдМТ);  $f$  — 12–14 в мин;  $T_I : T_E$  — 1 : 2;  $TIP : TP$  30 %;  $P$  limit — 30 см водн. ст.; PEEP —

10 см водн. ст.;  $FiO_2$  — 0,3. Во 2-й группе ( $n = 30$ ) респираторная поддержка проводилась вентилятором Mindray WATO EX-65 в режиме PCV, параметры:  $P$  insp — 15–17 см водн. ст.;  $f$  — 12 в мин;  $T_I : T_E$  — 1 : 1;  $Trise$  — 0,8–0,9 с; PEEP — 10–14 см водн. ст.; при этом  $P$  insp снижали в динамике под контролем  $V_t$ , а PEEP ступенчато повышали в зависимости от показателей газов крови и комплайенса респираторной системы. По 6 основным признакам сравниваемые группы были репрезентативны: пол, возраст, ИМТ, характер сопутствующей патологии, физическое состояние по ASA, тип оперативного вмешательства. Пациенты получали предоперационную терапию, соответствующую коморбидной патологии.

Все пациенты оперированы в условиях сочетанной анестезии на основе низкочастотной ингаляции десфлурана в комбинации с продленной эпидуральной анальгезией (ПЭА) ропивакакаином. В операционной с УЗИ-ассистированием портативной системой Mindray M5 (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., КНР) осуществлялась катетеризация *v. jugularis interna* и эпидурального пространства на уровне  $Th_{8-10}$ . Индукцию анестезии в обеих группах проводили фентанилом  $2,5 \pm 0,07$  мкг/кг ИдМТ и пропофолом  $2,5 \pm 0,03$  мг/кг актуальной массы тела (АМТ). Интубацию трахеи выполняли на фоне миорелаксации рокурония бромидом  $0,6 \pm 0,04$  мг/кг ИдМТ, базовая анестезия поддерживалась низкочастотной ингаляцией десфлурана в дозе  $5,2 \pm 1,7$  об. % до целевого значения минимальной альвеолярной концентрации (МАК)  $4,1 \pm 1,4$  в комбинации с фракционным введением фентанила  $4,3 \pm 0,6$  мкг/кг/ч ИдМТ, в сочетании с ПЭА ропивакакаином со скоростью 5–8 мл/ч. Миорелаксацию поддерживали внутривенной инфузией рокурония бромида со скоростью  $0,4 \pm 0,05$  мг/кг/ч ИдМТ. Инфузионная терапия у пациентов обеих групп включала сбалансированные полиионные растворы с разницей сильных ионов 24 мэкв/л, с носителем резервной щелочи (малат и ацетат), и коллоидные растворы на основе желатина; объем инфузии определялся интраоперационной кровопотерей, физиологическими и патологическими потерями.

Для оценки эффективности респираторной поддержки проводили исследование внешнего дыхания методом частичной рециркуляции углекислого газа в замкнутом дыхательном контуре с помощью системы NICO 7300 (Novamatrix Medical Systems Inc., США), оценивали статический комплайенс респираторной системы.

торной системы (Cst), минутную альвеолярную вентиляцию (MValv), среднее давление в дыхательных путях (MAP), давление плато вдоха (P plateau), пиковое инспираторное давление (PIP), сопротивление дыхательных путей (Raw), пиковый экспираторный поток (PEF) и волюметрическую капнографию датчиком (CapnoStat 5), парциальное давление углекислого газа в конце выдоха (EtCO<sub>2</sub>), объем выделенного углекислого газа в минуту (VCO<sub>2</sub>), объем мертвого пространства (VdAw). Параметры кислотно-щелочного состояния (КЩС) и газов крови (PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, pH, BE, HCO<sub>3</sub>) определяли газоанализатором i-STAT (Abbott USA). Рассчитывали driving pressure (ΔP) (давление вытеснения) по формуле: P plateau – PEEP – как триггерный показатель начинающегося вентилятор-ассоциированного повреждения легких (VALI) [5], соотношение VCO<sub>2</sub>/EtCO<sub>2</sub> как суррогатный маркер влияния PEEP на перфузию легких и сердечный выброс, индекс оксигенации PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> как косвенный маркер фракции шунта [6]. Для оценки влияния режимов искусственной вентиляции легких (ИВЛ) с высоким уровнем PEEP на систему кровообращения в условиях грудной эпидуральной анестезии проводили мониторинг периферической гемодинамики аппаратом 56S (Hewlett-Packard, США), контролируя неинвазивное систолическое (САД), среднее (СрАД), диастолическое артериальное давление (ДАД), ЭКГ и параметры центральной гемодинамики с помощью системы NICO 7300 (Novamatrix Medical Systems Inc., США), основываясь на непрямом принципе Фика. Мониторировали сердечный индекс (CI), индекс ударного объема (SVI), индекс системного сосудистого сопротивления (SVRI), инвазивно центральное венозное давление (ЦВД) с помощью флехотометра Вальдмана. Исследования проводили на 4 этапах: после индукции в анестезию, на этапе инсuffляции CO<sub>2</sub> в брюшную полость, наложения скрепочного шва, после десuffляции.

Количественные переменные проанализированы на нормальность распределения с помощью теста Шапиро–Уилка и Лиллиефорса. В том случае, если распределение соответствовало нормальному, для оценки достоверности различий между выборками использовался t-критерий Стьюдента. В противном случае применялся U-критерий Манна–Уитни. Для анализа динамики с ненормальным распределением использовался ранговый дисперсионный анализ Фридмана, для анализа динамики с нормальным распределением — дисперсионный анализ повторных измерений. Средние значения нормально распределенных количественных параметров представлены средним арифметическим (M) со стандартным отклонением (SD), а ненормально распределенных — медианой (Me), 25-м и 75-м перцентилями (LQ; UQ). Нулевую гипотезу отклоняли при  $p < 0,05$ . Обработку данных проводили с помощью пакета компьютерных программ Statistica 10.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Достоверной разницы по продолжительности оперативного вмешательства, объему кровопотери и инфузионной терапии в обеих группах не было. Средняя продолжительность операций в 1-й группе составила  $146,5 \pm 4,2$  мин, во 2-й группе —  $149,1 \pm 4,3$  мин ( $p > 0,05$ ). Интраоперационная кровопотеря в 1-й группе составила  $214,2 \pm 17,2$  мл, во 2-й группе —  $217,3 \pm 18,1$  мл. Соответственно, объем инфузии в 1-й группе составил —  $25,7 \pm 2,4$  мл/кг, во 2-й группе —  $26,3 \pm 1,9$  мл/кг ( $p > 0,05$ ).

При анализе интраоперационных показателей внешнего дыхания в результате применения более высокого уровня PEEP после наложения карбоксиперитонеума зарегистрирован достоверный рост PIP в обеих группах в сравнении с исходными показателями. После десuffляции показатели PIP снизились до исходных величин. При этом роста MAP в дыхательных путях во 2-й группе не наблюдалось в отличие от показателей в 1-й группе, где был зарегистрирован достоверный рост MAP на всех этапах исследования ( $p < 0,05$ ). Начиная со второго этапа исследования во 2-й группе был зарегистрирован достоверный рост объема мертвого пространства (VdAw) и величины минутной альвеолярной вентиляции (MValv) в сравнении с 1-й группой ( $p < 0,05$ ). В обеих группах исходно и на последующих этапах исследования был зарегистрирован достоверно сниженный Cst в сравнении с нормальными значениями, однако во 2-й группе, начиная со второго этапа исследования, было зарегистрировано достоверное повышение значения Cst ( $p < 0,05$ ). Кроме того, не было выявлено роста уровня ΔP во 2-й группе по этапам исследования и в сравнении со значениями в 1-й группе ( $p > 0,05$ ). При исследовании потоковых показателей внешнего дыхания было зарегистрировано достоверно большее Raw в 1-й группе в сравнении с нормальными показателями и со 2-й группой, при этом пиковый экспираторный поток (PEF) достоверно в группах не различался. В ходе анализа эффективности вентиляции был зарегистрирован достоверный рост ETCO<sub>2</sub> в обеих группах в сравнении с первым этапом. Этот показатель достоверно отличался от нормальных значений ( $p < 0,05$ ), причем по ходу операции приходилось увеличивать частоту дыхания (RR), чтобы предупредить развитие тяжелой гиперкапнии. На 4-м этапе после десuffляции дальнейшего увеличения значения ETCO<sub>2</sub> не наблюдалось. Был зарегистрирован достоверный рост значений VCO<sub>2</sub> на 2-м и 3-м этапах исследования, но после десuffляции дальнейшего роста VCO<sub>2</sub> в обеих группах не происходило ( $p > 0,05$ ). При анализе динамики соотношения VCO<sub>2</sub>/EtCO<sub>2</sub> не было выявлено достоверного различия между группами, и этот показатель оставался стабильным на протяжении всего исследования ( $p > 0,05$ ) (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика интраоперационных параметров внешнего дыхания между группами (Ме [LQ; UQ])

Параметры	Группы	Этапы операции			
		I	II	III	IV
MV, л/мин	1-я	8,4 (7,1; 9,8)	8,5 (7,2; 9,4)	8,4 (7,3; 9,2)	8,3 (7,2; 9,2)
	2-я	8,3 (7,0; 9,5)	8,4 (7,1; 9,3)	8,3 (7,1; 8,9)	8,4 (7,3; 9,3)
VdAw, мл	1-я	167,2 (133,7; 202,1)	170,9 (138,6; 196,2)	172,6 (137,5; 198,4)	173,9 (135,1; 188,4)
	2-я	169,5 (134,5; 206,2)	198,1 (175,1; 199,8)***	197,3 (185,7; 217,8)*	197,6 (187,3; 236,9)*
MValv, л/мин	1-я	4,2 (3,5; 5,2)	4,3 (3,7; 5,8)	4,4 (3,8; 4,9)	4,3 (3,2; 5,7)
	2-я	4,3 (3,6; 5,9)	6,1 (4,3; 5,9)***	6,2 (4,4; 6,8)*	6,3 (4,7; 6,9)*
PIP, см H <sub>2</sub> O	1-я	23,5 (18,4; 25,2)	29,1 (22,2; 33,2)**	29,2 (22,8; 31,9)	24,2 (19,8; 25,6)**
	2-я	24,2 (20,3; 31,6)	28,5 (21,7; 30,0)**	28,7 (22,1; 30,0)	23,7 (19,5; 24,9)**
MAP, см H <sub>2</sub> O	1-я	19,1 (12,5; 22,2)	20,2 (14,4; 25,1)	19,8 (14,2; 24,9)	19,2 (8132; 23,5)
	2-я	13,3 (12,2; 21,5)*	14,8 (11,2; 18,3)*	14,2 (10,5; 18,9)*	13,9 (8,9; 15,2)*
P plateau, см H <sub>2</sub> O	1-я	25,3 (20,8; 40,3)	26,1 (21,8; 41,4)	26,8 (22,1; 42,3)	26,5 (21,8; 41,3)
	2-я	23,9 (19,2; 38,9)	24,8 (20,4; 39,7)	25,1 (22,2; 39,7)	25,8 (21,9; 40,9)
ΔP, см H <sub>2</sub> O	1-я	14,1 (10,3; 18,4)	15,1 (11,8; 20,3)	15,7 (12,1; 20,9)	16,1 (12,9; 20,7)
	2-я	13,8 (10,1; 18,2)	12,9 (9,7; 17,1)	12,5 (9,5; 16,9)	13,7 (10,7; 18,8)
Cst, мл/см H <sub>2</sub> O	1-я	<b>42,3</b> <b>(33,1; 52,5)</b>	<b>41,2</b> <b>(32,9; 47,1)</b>	<b>42,8</b> <b>(33,6; 53,4)</b>	<b>43,1</b> <b>(33,5; 51,2)</b>
	2-я	<b>43,6</b> <b>(34,2; 53,1)</b>	<b>48,4</b> <b>(38,7; 58,3)***</b>	<b>49,2</b> <b>(42,9; 62,8)*</b>	<b>49,9</b> <b>(43,2; 63,5)*</b>
Raw, см H <sub>2</sub> O/л × с	1-я	<b>11,1</b> <b>(10,3; 14,1)</b>	<b>11,9</b> <b>(10,4; 13,1)</b>	<b>11,7</b> <b>(10,3; 12,8)</b>	<b>11,8</b> <b>(9,9; 12,5)</b>
	2-я	8,2 (5,9; 11,6)*	8,4 (6,1; 11,7)*	8,5 (6,3; 11,8)*	8,4 (6,2; 10,9)*
PEF, л/мин	1-я	396,4 (341,6; 422,4)	395,2 (352,4; 443,2)	386,2 (35 192; 441,3)	385,2 (352,1; 489,9)
	2-я	395,3 (338,3; 425,2)	389,3 (337,1; 421,6)	387,8 (338,5; 418,6)	386,7 (347,3; 419,1)
ETCO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	1-я	37,5 (31,7; 44,2)	<b>45,9</b> <b>(38,4; 57,1)**</b>	<b>48,7</b> <b>(41,2; 58,9)</b>	42,9 (36,2; 48,5)**
	2-я	38,2 (32,8; 43,9)	<b>46,3</b> <b>(39,5; 59,7)**</b>	<b>49,2(42,5; 60,7)</b>	41,7 (45,1; 45,7)**

Окончание таблицы на следующей странице

Таблица 1. Окончание

Параметры	Группы	Этапы операции			
		I	II	III	IV
VCO <sub>2</sub> , мл/мин	1-я	244,1 (217,7; 270,1)	<b>312,5</b> <b>(261,2; 344,3)**</b>	<b>325,9</b> <b>(278,1; 359,9)</b>	248,5 (223,5; 267,5)**
	2-я	240,7 (218,2; 279,1)	<b>316,7</b> <b>(274,5; 348,9)**</b>	<b>332,1</b> <b>(281,5; 369,2)</b>	247,7 (221,2; 262,3)**
VCO <sub>2</sub> /EtCO <sub>2</sub> , мл/мин/мм рт. ст.	1-я	6,5 (5,5; 7,2)	6,8 (5,6; 7,3)	6,7 (5,7; 7,5)	5,8 (5,2; 6,8)
	2-я	6,3 (5,2; 7,4)	6,8 (5,7; 7,4)	6,7 (5,7; 7,4)	5,9 (4,9; 6,9)

\* Достоверные показатели различия между 1-й и 2-й группами при  $p < 0,05$  рассчитывались с помощью U-критерия Манна–Уитни.

\*\*  $p < 0,05$ , достоверность различия между предыдущим и последующим этапом в группе определялась посредством рангового дисперсионного анализа Фридмана.

\*\*\*  $p < 0,05$  по сравнению с предыдущим этапом и достоверные различия между двумя группами при  $p < 0,05$ .

Жирный шрифт —  $p < 0,05$  по отношению к норме.

При исследовании газового гомеостаза и КЩС исходно в обеих группах наблюдалось умеренное снижение PaO<sub>2</sub> и умеренное увеличение PaCO<sub>2</sub>. При использовании PCV режима вентиляции уже на 2-м этапе исследования и в дальнейшем регистрировался прирост показателей PaO<sub>2</sub>. Причем во 2-й группе он был достоверно выше на 2, 3 и 4-м этапах исследования по сравнению с исходным уровнем и показателями 1-й группы ( $p < 0,05$ ). Похожая динамика была выявлена при исследовании индекса оксигенации в группах на этапах исследования, то есть на 2, 3 и 4-м этапах исследования показатель PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> во 2-й группе был достоверно выше, чем в 1-й группе ( $p < 0,05$ ). При анализе показателей напряжения углекислого газа в артериальной крови был отмечен достоверный рост PaCO<sub>2</sub> в обеих группах. На 2-м и 3-м этапах он был достоверно выше исходных величин ( $p < 0,05$ ), однако на 4-м этапе после десуфляции дальнейшего роста гиперкапнии зарегистрировано не было, и значения PaCO<sub>2</sub> в обеих группах соответствовали верхним границам нормальных референтных интервалов. Также в группах регистрировалось снижение показателя pH на 2-м и 3-м этапах исследования в сравнении с исходными значениями, который достоверно между группами не различался. На 4-м этапе исследования после десуфляции дальнейшего снижения pH в группах не наблюдалось, и он так же возвращался в пределы нормальных значений. При этом не было выявлено достоверных различий в концентрациях HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, BE в обеих группах между собой и на всех этапах исследования, и в сравнении с референтными значениями ( $p > 0,05$ ) (табл. 2).

На 1-м этапе исследования основные показатели периферической гемодинамики у пациентов обеих групп статистически достоверно не различались и находились в диапазоне нормотонии, но на 2-м и 3-м этапах исследования было зарегистрировано достовер-

ное повышение САД, СрАД, ДАД ( $p < 0,05$ ) в обеих группах. На 4-м этапе исследования после десуфляции значения САД, СрАД, ДАД имели схожий уровень с исходными значениями. При исследовании параметров центральной гемодинамики было выявлено на 2-м этапе исследования достоверное снижение CI, SVI в обеих группах в сравнении с 1-м этапом исследования, однако между собой в группах достоверного различия выявлено не было ( $p < 0,05$ ). На 3-м этапе исследования значения CI, SVI достоверно не отличались между группами. На 4-м этапе показатели CI, SVI были сопоставимыми с 1-м этапом исследования. Также был выявлен достоверный рост ЦВД на 2-м и последующих этапах в обеих группах в сравнении с исходным уровнем, связанный, вероятно, с волевым вмешательством в ходе оперативного вмешательства. При этом между группами на этапах исследования достоверных различий в значении ЦВД выявлено не было ( $p > 0,05$ ). Нами не было также зарегистрировано достоверных различий в динамике ЧСС, SVRI на этапах исследования между группами (табл. 3)

Необходимость применения более высокого уровня РЕЕР после наложения карбоксиперитонеума неизбежно привела к росту PIP в обеих группах в сравнении с исходными показателями, с последующим закономерным снижением до исходных величин после десуфляции. При этом за счет титрования уровня P<sub>insp</sub> и РЕЕР во 2-й группе роста среднего давления MAP в дыхательных путях не наблюдалось в отличие от 1-й группы. Это, вероятно, было обусловлено меньшим V<sub>t</sub> во 2-й группе при применении вентиляции, контролируемой по давлению [7]. Более высокие значения VdAw и MValv во 2-й группе связаны с возможностью титрования с использованием в итоге более высоких значений РЕЕР в режиме PCV, приводящих к увеличению остаточной емкости легких (FRC), известной как

Таблица 2

Сравнительная характеристика интраоперационных параметров КЩС и газового гомеостаза между группами (Me [LQ; UQ])

Исследуемые показатели	Группы	Этапы исследования			
		I	II	III	IV
PaO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	1-я	<b>85,6</b> (78,3; 89,3)	92,2 (87,5; 96,3)**	92,6 (89,6; 96,5)	93,2 (91,9; 96,2)
	2-я	<b>84,1</b> (79,2; 88,9)	96,8 (92,7; 99,8)***	97,3 (96,7; 99,6)*	98,9 (95,4; 101,4)*
PaCO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	1-я	<b>54,6</b> (49,7; 58,3)	<b>54,2</b> (48,1; 55,3)	<b>56,1</b> (49,4; 65,8)**	43,4 (37,1; 47,8)**
	2-я	<b>56,1</b> (50,9; 61,5)	<b>56,4</b> (53,2; 65,1)	<b>57,9</b> (51,5; 66,1)**	44,3 (38,4; 48,2)**
pH	1-я	7,34 (7,36; 7,42)	<b>7,29</b> (7,26; 7,35)**	<b>7,29</b> (7,23; 7,33)	7,35 (7,33; 7,38)**
	2-я	7,36 (7,34; 7,41)	<b>7,28</b> (7,25; 7,34)**	<b>7,30</b> (7,24; 7,34)	7,34 (7,32; 7,37)**
BE, ммоль/л	1-я	-1,2 (-2,2; 1,4)	-1,2 (-0,7; 1,8)	-0,9 (-0,6; 1,6)	-0,7 (-0,5; 1,2)
	2-я	-1,1 (-2,1; 1,3)	-1,3 (-0,8; 1,7)	-1,1 (-0,8; 1,5)	-0,8 (-0,6; 1,3)
HCO <sub>3</sub> , ммоль/л	1-я	23,2 (21,4; 27,3)	25,7 (23,6; 28,1)	25,5 (22,5; 28,1)	25,8 (21,4; 28,3)
	2-я	22,3 (20,3; 25,9)	24,9 (23,3; 27,8)	26,3 (23,8; 29,8)	26,2 (22,6; 29,1)
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	1-я	<b>285,3</b> (307,5; 232,5)	307,3 (286,2; 331,7)**	308,6 (289,2; 348,1)	310,6 (282,4; 338,7)
	2-я	<b>280,3</b> (311,2; 238,2)*	322,6 (341,2; 304,7)***	324,3,1 (461,7; 517,1)*	329,6,8 (291,7; 363,4)*

\* Достоверные показатели различия между 1-й и 2-й группами при  $p < 0,05$  рассчитывались с помощью U-критерия Манна–Уитни.\*\*  $p < 0,05$ , достоверность различия между предыдущим и последующим этапом в группе определялась посредством рангового дисперсионного анализа Фридмана.\*\*\*  $p < 0,05$  по сравнению с предыдущим этапом и достоверные различия между двумя группами при  $p < 0,05$ .Жирный шрифт —  $p < 0,05$  по отношению к норме.

своеобразное количественное выражение антиагглюляционного потенциала легких [8, 9]. Снижение статического комплаенса респираторной системы в обеих группах зависело от исходных рестриктивных нарушений у этой категории больных (шинирование грудной стенки из-за накопления жировых масс на ее поверхности, повышенный внутрилегочный объем крови, высокое стояние диафрагмы из-за внутрибрюшной гипертензии). Достоверно большие значения Cst во 2-й группе со второго этапа исследования связаны с протективным эффектом режима PCV, деликатным изменением соотношения P<sub>insp</sub> и РЕЕР, которые совместно с инверсией дыхательного цикла приводят к минимизации повреждающего эффекта ИВЛ у пациентов 2-й группы [10]. Это же подтверждает отсутствие роста показателя  $\Delta P$  во 2-й группе, несмотря на более высокий уровень РЕЕР в динамике на этапах опера-

ции, и регистрация значений менее 15 мм H<sub>2</sub>O, что является безопасным уровнем с позиции потенциального развития вентилятор-ассоциированного повреждения легких (VALI) при данных параметрах вентиляции [11]. Достоверно большее сопротивление дыхательных путей в 1-й группе в сравнении со 2-й группой также связано с более высоким дыхательным объемом V<sub>t</sub> в 1-й группе и, соответственно, более высокой турбулентностью инспираторного потока при объемной вентиляции на фоне выраженной рестрикции у пациентов с морбидным ожирением. Напротив, меньший V<sub>t</sub> у пациентов 2-й группы в ходе динамической коррекции P<sub>insp</sub> и РЕЕР по ходу операции в конечном итоге привел к достоверному снижению Raw при неизменных пиковых экспираторных потоках в обеих группах. Достоверный рост ETCO<sub>2</sub> в 1-й и 2-й группах в сравнении с первым этапом с последующей стабилизацией

Таблица 3

Сравнительная характеристика интраоперационных параметров гемодинамики между группами

Параметры	Группы	Этапы исследования			
		I	II	III	IV
ЧСС, уд./мин	1-я	69,8 (62,6; 76,3)	65,2 (61,7; 76,1)	64,8 (61,8; 75,4)	65,6 (62,4; 74,7)
	2-я	71,3 (66,1; 80,5)	66,3 (62,3; 78,4)	65,3 (60,9; 77,3)	66,7 (59,8; 75,1)
САД, мм рт. ст.	1-я	119,8 (102,6; 118,5)	147,3 (129,8; 159,3)**	139,1 (123,5; 157,7)	120,8 (104,7; 126,7)**
	2-я	122,4 (105,3; 128,3)	146,8 (128,4; 153,6)**	140,2 (122,4; 158,1)	122,4 (107,1; 129,1)**
СрАД, мм рт. ст.	1-я	82,1 (69,9; 96,1)	92,6 (78,2; 97,3)**	91,3 (79,9; 98,7)	85,9 (73,8; 96,2)**
	2-я	83,4 (72,8; 101,8)	93,1 (84,7; 101,9)**	92,7 (80,6; 101,3)	83,2 (74,5; 97,5)**
ДАД, мм рт. ст.	1-я	75,3 (52,6; 80,4)	87,4 (79,3; 99,7)**	88,1 (68,4; 99,4)	77,4 (62,2; 84,1)**
	2-я	74,9 (51,3; 79,7)	86,3 (80,5; 98,6)**	87,3 (71,3; 97,1)	75,9 (59,8; 85,3)**
ЦВД <sup>#</sup> , мм водн. ст.	1-я	28,3 ±3,1	43,9 ±3,6**	53,9 ±4,2**	55,4 ±3,8
	2-я	27,4 ±3,9	44,2 ±4,1**	55,2 ±3,5**	56,2 ±3,6
CI, л/мин/м <sup>2</sup>	1-я	4,8 (2,7; 6,5)	<b>2,1</b> <b>(1,7; 2,7)**</b>	4,3 (2,5; 5,1)**	5,1 (2,7; 6,2)
	2-я	5,2 (2,9; 6,7)	<b>2,3</b> <b>(1,9; 2,9)**</b>	4,4 (2,6; 5,4)**	5,3 (2,9; 6,4)
SVI мл/м <sup>2</sup>	1-я	54,2 (48,3; 68,5)	<b>36,9</b> <b>(26,8; 40,7)**</b>	48,3 (36,2; 50,8)**	51,8 (43,7; 62,8)
	2-я	53,9 (47,2; 67,9)	<b>35,1</b> <b>(27,3; 41,2)**</b>	47,1 (35,7; 49,4)**	52,5 (44,5; 63,6)
SVRI <sup>#</sup> , дин×см×с <sup>5</sup> ×м <sup>2</sup>	1-я	1936,1 ±13,1	1951,8 ±12,2	1969,3 ±10,4	1946,7 ±10,6
	2-я	1933,2 ±11,4	1948,2 ±11,8	1962,5 ±11,6	1944,5 ±12,2

# Данные представлены как  $M \pm SD$ , в остальных случаях — как Me (LQ; UQ).

Жирным шрифтом выделены  $p < 0,05$  по отношению к норме.

\* Достоверные показатели различия между двумя группами при  $p < 0,05$  в группах с нормальным распределением # рассчитывались с использованием t-критерия Стьюдента, в группах с асимметричным распределением — с помощью U-критерия Манна–Уитни.

\*\*  $p < 0,05$  по сравнению с предыдущим этапом, в группах с нормальным распределением # определялись посредством дисперсионного анализа повторных измерений, в группах с асимметричным распределением — с помощью дисперсионного анализа Фридмана.

после десуфляции — многофакторной этиологии, в первую очередь, имеет значение абсорбция  $CO_2$  из брюшной полости, необходимость применения высоких значений РЕЕР, высокий метаболический уровень образования  $CO_2$  у больных с морбидным ожирением. Это не связано с плохой работой системы поглощения  $CO_2$ , что подтверждает достоверный рост продукции углекислого газа ( $VCO_2$ ) и схожая динамика изменений на этапах исследования значе-

ний  $VCO_2$  в обеих группах [12]. Отсутствие достоверного различия значения  $VCO_2/EtCO_2$  во 2-й группе на всех этапах исследования говорит об отсутствии избыточного перераздувания альвеол при применении режима PCV с титрованием РЕЕР по эффекту и отсутствию негативного влияния на внутрилегочную перфузию у пациентов 2-й группы.

Исходно умеренная гипоксемия и гиперкапния в обеих группах связана непосредственно с анато-

мо-функциональными изменениями респираторной системы у больных с морбидным ожирением. Достоверно более высокая степень оксигенации во 2-й группе обусловлена приростом альвеолярной вентиляции, рекрутированием коллабированных альвеол в результате применения более высоких значений РЕЕР и изменения уровня  $P_{insp}$  в режиме PCV и снижением фракции шунта в конечном итоге [13]. О чем свидетельствует динамика индекса оксигенации в группах на этапах исследования? Динамика значений  $PaCO_2$  в обеих группах на 2-м и 3-м этапах исследования подтверждает предположение об абсорбции  $CO_2$  из брюшной полости [14]. Закономерно с ростом значений  $PaCO_2$  в группах регистрировался респираторный ацидоз, подтвержденный снижением pH на 2-м и 3-м этапах исследования, который купировался после десуфляции. Отсутствие различий в концентрации  $HCO_3^-$ , BE в обеих группах на всех этапах исследования в сравнении с референтными значениями исключает метаболический компонент ацидоза. Уровень  $PaCO_2$ , pH на всех этапах исследования соответствовал значениям, принятым в общеизвестной концепции перmissive гиперкапнии и безопасности респираторной поддержки [15, 16].

Зарегистрированное достоверное повышение САД, СрАД, ДАД на 2-м и 3-м этапах исследования показателей периферической гемодинамики у пациентов обеих групп связано с влиянием карбоксиперитонеума, необходимостью поддержания абдоминального перфузионного давления, с адренергическим ответом на увеличение содержания углекислого газа в крови, что подтверждается нормализацией значений САД, СрАД, ДАД после десуфляции [17]. Достоверное снижение значений CI, SVI в обеих группах на 2-м этапе исследования в сравнении с исходными показателями связано, вероятно, с приданием положения Фовлера пациентам на фоне карбоксиперитонеума, высоким уровнем РЕЕР, приведшим к редукации венозного возврата и опосредованно ударного объема и сердечного выброса. Это подтверждается дальнейшим ростом значений CI, SVI на 3-м и 4-м этапах исследования на фоне интраоперационной волемической нагрузки и достоверного роста значения ЦВД, начиная со 2-го этапа исследования в обеих группах. Таким образом, при анализе параметров центральной гемодинамики не обнаружено достоверного различия между группами на этапах исследования, что говорит об отсутствии негативного влияния используемых режимов ИВЛ на центральную гемодинамику.

## ВЫВОДЫ

1. Применение режима вентиляции легких с управлением по давлению и настройкой со-

отношения  $P_{insp}$  и РЕЕР в динамике по ходу оперативного вмешательства позволяет улучшить показатели альвеолярной вентиляции.

2. Оптимизация альвеолярной вентиляции приводит к увеличению остаточной емкости легких, повышению антиателектатического потенциала легких, снижению фракции шунта и тем самым улучшению оксигенации у больных с морбидным ожирением на фоне карбоксиперитонеума и роста внутрибрюшного давления.
3. За счет ступенчатого повышения уровня РЕЕР и снижения  $P_{insp}$  под контролем  $V_{te}$  на этапах оперативного вмешательства на фоне высокой грудной эпидуральной анальгезии не возникло отрицательного воздействия на центральную гемодинамику.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. *Finucane M.M., Stevens G.A., Cowan M., et al.* National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet*. 2011; 377(9765): 557–567.
2. *Витебская А.В., Пятницкая К.В.* Ожирение и его осложнения в педиатрической практике. *Сеченовский вестник*. 2016; 2(24): 4–8.  
[*Vitebskaja A.V., Pjatnickaja K.V.* Obesity and its complications in pediatric practice. *Sechenovskij vestnik*. 2016; 2(24): 4–8 (in Russian).]
3. *Bellamy M., Struys M.* Anaesthesia for the Overweight and Obese Patient. Oxford UK: Oxford University Press, 2007.
4. *Bellamy M, Margaron M.* Designing intelligent anesthesia for a changing patient demographic: a consensus statement to provide guidance for specialist and non-specialist anesthesiologists written by members of and endorsed by the Society for Obesity and Bariatric Anaesthesia (SOBA). *Perioperative Medicine*. 2013; 2(1): 12.
5. *Gattinoni L., Carlesso E., Cadringer P., et al.* Physical and biological triggers of ventilator-induced lung injury and its prevention. *Eur. Respir J. Suppl*. 2003; 47(22): 15–25.
6. *Ярошецкий А.И., Проценко Д.Н., Резепов Н.А., Гельфанд Б.Р.* Настройка положительного давления конца выдоха при паренхиматозной ОДН: статическая петля «давление–объем» или транспульмональное давление? *Анестезиология и реаниматология*. 2014; 59(4): 53–59.  
[*Yaroshetskiy A.I., Protsenko D.N., Rezepov N.A., Gelfand B.R.* Positive end-expiratory pressure adjustment in parenchymal respiratory failure: static pressure-volume loop or transpulmonary pressure? *Anesteziology i Reanimatologiya*. 2014; 59(4) 53–59 (in Russian).]
7. *East T.D., in't Veen J.C., Jonker T., et al.* Computer-controlled positive end-expiratory pressure titration for effective oxygenation without frequent blood gases. *Critical Care Medicine*. 1988; 16(3): 252–257.
8. *Gattinoni L., Masherani D., Torresin A., et al.* Morphological response to positive end expiratory pressure in acute respiratory failure. Computerized tomography study. *Intensive Care Med*. 1986; 12(3): 137–142.

9. East T.D., in't Veen J.C., Pace N., McJames S. Functional residual capacity as a noninvasive indicator of optimal positive end-expiratory pressure. *J. Clin. Monit.* 1988; 4(2): 91–98.
10. Kim W.H., Hahm T.S., Kim J.A., et al. Prolonged inspiratory time produces better gas exchange in patients undergoing laparoscopic surgery: a randomised trial. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2013; 57(5): 613–622.
11. Bagedo G., Retamal J., Bruhn A. Driving pressure: a marker of severity, a safety limit, or a goal for mechanical ventilation? *Crit Care.* 2017; 21: 199.
12. Hatipoglu S., Akbulut S., Hatipoglu F., Abdullayev R. Effect of laparoscopic abdominal surgery on splanchnic circulation: historical developments. *World J. Gastroenterol.* 2014; 20(48): 18165–18176.
13. Pirrone M., Fisher D., Chipman D., et al. Recruitment Maneuvers and Positive End-Expiratory Pressure Titration in Morbidly Obese ICU Patients. *Crit. Care Med.* 2016; 44(2): 300–307.
14. Artuso D., Wayne M., Cassaro S., et al. Hemodynamic Changes During Laparoscopic Gastric Bypass. *Arch. Surg.* 2005; 140(3): 289–292.
15. Laffey J.G., O'Croinin D., McLoughlin P., Kavanagh B.P. Permissive hypercapnia — role in protective lung ventilatory strategies. *Intensive Care Med.* 2004; 30(3): 347–356.
16. Marhong J., Fan E. Carbon dioxide in the critically ill: too much or too little of a good thing? *Respir. Care.* 2014; 59(10): 1597–1605.
17. Борисов А.Е. Видеоэндоскопические вмешательства на органах живота, груди и забрюшинного пространства. СПб.: ЭФА, 2002.  
[Borisov A.E. Video endoscopic interventions on the organs of the abdomen, chest and retroperitoneal space. St Petersburg.: EFA, 2002 (in Russian).]