



ОСОБЕННОСТИ ГАЗООБМЕНА В ХОДЕ МНОГОЭТАПНЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПРИ ТРАВМАТИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ПОЗВОНОЧНИКА

Д.С. Лукьянов, М.Н. Лебедева, Ш.Н. Рахматиллаев, В.П. Шевченко, В.В. Рерих
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии

Цель исследования. Изучение газового состава и кислотно-основного состояния крови в ходе выполнения многоэтапных хирургических вмешательств при травматических повреждениях позвоночника.

Материал и методы. Проанализированы газовый состав и кислотно-основное состояние крови у 51 пациента с травматическими повреждениями позвоночника в ходе многоэтапного хирургического лечения в объеме однократно выполняемой операции. Выделено две группы наблюдений: I — 26 пациентов, оперированных в условиях тотальной внутривенной анестезии (пропофол, фентанил и эсмерон); II — 25 пациентов, оперированных в условиях общей анестезии (севофлуран в режиме низкочастотной ИВЛ, фентанил и эсмерон).

Результаты. Показатели кислотно-основного состояния крови в исследуемых группах характеризовались односторонними изменениями, соответствующими состоянию компенсированного метаболического ацидоза. Более существенные колебания pH, избытка или дефицита буферных оснований зависели от характера выполняемого этапа хирургического вмешательства и были статистически более значимы при вмешательствах на передних отделах позвоночника в условиях открытого пневмоторакса, что требовало изменений параметров вентиляции легких. Значения paO_2 и $paCO_2$ на этапах исследования в обеих группах оставались относительно стабильными.

Заключение. Основными факторами, определяющими изменения параметров газового состава крови, которые должны учитываться в вертеброхирургической практике, являются специфические особенности этапа вентрального спондилодеза и его последовательность в ходе многоэтапного хирургического вмешательства.

Ключевые слова: анестезия, травма позвоночника, многоэтапные хирургические вмешательства, мониторинг газового состава крови.

FEATURES OF GAS EXCHANGE DURING MULTISTAGE SURGICAL INTERVENTION FOR TRAUMATIC SPINE INJURY

D.S. Lukjanov, M.N. Lebedeva, Sh.N. Rakhmatillaev,
V.P. Shevchenko, V.V. Rerikh

Objective. To study gas composition and acid-base balance of blood in the course of multistage surgical intervention for traumatic spine injury.

Material and Methods. Gas composition and acid-base balance of blood were analyzed in 51 patients with traumatic spine injuries during multistage surgical treatment in a single operation. Patients were divided into two groups: Group 1 included 26 patients operated on under TIVA with propofol, fentanyl, and esmeron; and Group 2 included 25 patients operated on under general anesthesia with sevoflurane in low-flow ventilation mode, fentanyl, and esmeron.

Results. In both groups acid-base balance parameters in blood were characterized by unidirectional changes depending on the state of compensated metabolic acidosis. More essential fluctuations in pH, and in the excess or deficit of buffer bases depended on the type of surgical intervention. They were more statistically significant during anterior procedures in condition of open pneumothorax requiring changes in lung ventilation parameters. Values of paO_2 and $paCO_2$ remained relatively stable in both groups at the study stages.

Conclusion. Main factors determining changes in blood gas parameters during spine surgery are specific features of the anterior fusion procedure and its succession in the course of multistage surgical intervention.

Key Words: anesthesia, spinal injury, multistage surgical interventions, blood gas monitoring.

Hir. Pozvonoc. 2012;(2):79–86.

Хирургические вмешательства при травматических повреждениях позвоночника с выполнением вентрального и дорсального спондилоде-

зов в ходе однократно выполняемой операции относятся к нестандартным, сложным и продолжительным видам операций, которые требуют особого

подхода к их анестезиологическому обеспечению [11, 13]. Специфической особенностью выполнения операций на вентральных отделах груд-

ных и верхнепоясничных позвонков является неизбежное вскрытие плевральной полости [10]. Известно, что при трансторакальных хирургических вмешательствах, как в торакальной хирургии, так и при операциях на позвоночнике, возникают негативные патофизиологические процессы, влияющие на газообмен в легких, связанные с длительным нефизиологичным интраоперационным положением больного (на боку, на животе), сдавлением легкого на стороне торакотомии или односторонней вентилицией, гиперэкстензией грудного отдела позвоночника, повышением внутрибрюшного давления [1, 3, 7]. Преднамеренное коллабирование легкого при трансторакальных операциях облегчает хирургические манипуляции, однако может приводить к отклонениям от нормальных вентилиционно-перфузионных соотношений, приводящим к тяжелым нарушениям газообмена [5, 9]. В спавшемся легком альвеолы перфузируются, но не вентилируются, поэтому кровь проходит через невентилируемые участки не оксигенируясь. При этом кровь поступает из правого в левое сердце по более короткому пути (внутрилегочный право-левый шунт нередко составляет 20–30 %) [4, 5, 9, 17, 19]. Известно, что при интраоперационном положении больного лежа на боку в нижерасположенном легком перфузия лучше, чем в вышерасположенном. Смешивание неоксигенированной крови из вышерасположенного спавшегося легкого и оксигенированной крови из нижерасположенного вентилируемого легкого приводит к увеличению альвеолоартериальной разницы по кислороду и повышает риск развития гипоксемии [2, 8]. К счастью, перфузия в невентилируемом легком уменьшается, главным образом из-за гипоксической легочной вазоконстрикции.

Необходимо также отметить, что при трансторакальных операциях возникают не только внутрилегочные, но и системные нарушения кровообращения, обусловленные механическим воздействием на сердце

и крупные сосуды (сдавлением, смещением, перегибами), рефлекторными реакциями, возможной кровопотерей [14]. Развитие системных нарушений кровообращения может быть обусловлено и другими специфическими особенностями многоэтапных вертеброхирургических операций: необходимостью повторного изменения положения больного в ходе операции, повышением внутрибрюшного и внутригрудного давления в положении больного лежа на животе, сопровождающихся уменьшением венозного возврата к сердцу, повышением давления в системе нижней полой вены с усилением венозного кровотечения [12, 13]. Указанные факторы требуют применения комплекса интраоперационных методов контроля за состоянием оперируемых с целью обеспечения их безопасности.

Таким образом, в настоящее время имеется достаточное количество сведений о нарушениях процессов газообмена в торакальной хирургии при операциях на органах грудной клетки и средостении, накоплен достаточный опыт анестезиологического обеспечения подобных операций [4, 7, 9]. Вместе с тем процессы газообмена при выполнении многоэтапных операций в вертеброхирургии остаются весьма актуальными и не вполне изученными.

Цель исследования – изучение газового состава (ГС) и кислотно-основного состояния (КОС) крови в ходе выполнения многоэтапных хирургических вмешательств при травматических повреждениях позвоночника.

Материал и методы

Характеристика пациентов и примененных технологий хирургического лечения. Проанализированы результаты хирургического лечения 51 пациента с переломами позвоночника в грудном и груднопоясничном отделах, получивших плановую хирургическую помощь в отделении травматологии Новосибирского НИИТО в 2009–2011 гг. У всех больных применены современные технологии

многоэтапного хирургического лечения с вмешательством на вентральных и дорсальных отделах позвоночника в объеме однократно выполняемой операции. Выделено две группы наблюдений: I – 26 пациентов, оперированных в условиях варианта тотальной внутривенной анестезии (ТВА) на основе гипнотика пропофола с инфузией по целевой концентрации (ИЦК) и ИВЛ; II – 25 пациентов, оперированных в условиях общей анестезии с ИВЛ, где в качестве основного анестетика использовали севофлуран. В каждой группе выделены две подгруппы с учетом последовательности выполнения этапов вентрального и дорсального спондилодезов, которую определяли в каждом конкретном клиническом наблюдении по хирургическим показаниям на основании особенностей имеющихся травматических повреждений позвоночника. В подгруппах IA (13 пациентов) и IIA (11 пациентов) первым этапом в положении больных на животе с разгрузкой брюшной стенки проводили транспедикулярную или комбинированную ламинарно-транспедикулярную фиксацию, вторым этапом в положении больных на боку трансторакальным доступом выполняли корригирующий моно- или бисегментарный спондилодез эндофиксаторами. Соответственно в подгруппах IB (13 пациентов) и IIB (14 пациентов) первым этапом из трасторакального доступа производили коррекцию деформации позвоночника, вторым – заднюю внутреннюю фиксацию с использованием различных типов хирургического инструментария. Средний возраст пациентов в группах: $37,7 \pm 2,4$ лет (I), $38,9 \pm 2,7$ лет (II); масса тела: $75,7 \pm 4,5$ кг (I), $73,1 \pm 4,3$ кг (II); женщин – 23 (45,1 %), мужчин – 28 (54,9 %).

У 28 (54,9 %) пациентов в анализируемых группах зафиксирована сопутствующая патология: сердечно-сосудистой системы – в 27,4 % случаев, легочно-бронхиальной – в 15,6 %, желудочно-кишечного тракта – в 19,6 %, лор-органов – в 9,8 %, мочевыделительной системы – в 5,8 %, железодефицит-

ная анемия легкой степени – в 5,8 %. Сочетание патологии двух или более органов и систем зарегистрировано у 12 (23,5 %) пациентов. Наличие сопутствующих заболеваний определяло объективный статус оперированных как соответствующий III функциональному классу по классификации Американского общества анестезиологов.

Продолжительность хирургического вмешательства в I группе – $326,2 \pm 13,9$ мин, во II – $337,3 \pm 10,7$ мин; объем интраоперационной кровопотери в I группе – $410,3 \pm 49,8$ мл ($8,4 \pm 0,8$ % ОЦК), во II – $375,4 \pm 46,4$ мл ($7,7 \pm 0,7$ % ОЦК).

Характеристика методов анестезии. Все пациенты предварительно были ознакомлены с планируемым методом анестезиологического обеспечения, оформлено информированное добровольное согласие на проведение общей анестезии.

Премедикация в группах отличий не имела. Накануне на ночь назначали транквилизатор сибазон 5 мг (*per os*), за 30 мин до операции вводили мидазолам 0,1 мг/кг и димедрол 0,3 мг/кг (внутримышечно).

Индукция в анестезию в группах отличий не имела, ее проводили последовательным внутривенным введением атропина (0,007–0,010 мг/кг), фентанила (0,002 мг/кг) и пропофола (2,0–2,5 мг/кг). Интубацию трахеи выполняли после введения эсмерона в дозе 0,6–1,00 мг/кг.

В I группе управление ИЦК пропофола начинали после перевода больного на ИВЛ и проводили по фармакокинетической модели Schnider (TCI) с использованием системы «ФМ-Контроллер» на фоне введения фентанила (0,004–0,005 мг/кг/ч). ИЦК пропофола выбирали в соответствии с учетом травматичности этапов хирургической операции, она соответствовала значениям в эффекторной зоне (2,5–4,0 мкг/мл). Во II группе для поддержания анестезии использовали ингаляцию севофлураном в концентрации 1,8–2,0 об% в режиме низкочастотной ИВЛ (1 л/мин) на фоне введения фентанила (0,004–0,005 мг/кг/ч). Поддержание

миоплегии в обеих группах осуществляли эсмероном (0,5–0,6 мг/кг/час).

Характеристика ИВЛ. ИВЛ проводили аппаратом «HAYER Narcomat» в режиме PCV: в I группе по полуоткрытому контуру с потоком свежего газа 6–8 л/мин; во II – по полузакрытому контуру потоком свежего газа 1 л/мин с концентрацией севофлурана 1,8–2,0 об% в 30–40 % кислородно-воздушной смеси. Параметры ИВЛ в обеих группах после интубации и при выполнении дорсального этапа хирургического вмешательства оставались неизменными: пиковое давление на вдохе (Ppeak) – $10,78 \pm 0,21$ mbar, дыхательный объем (Vt) – $456,84 \pm 20,60$ мл ($6,08 \pm 0,26$ мл/кг), частота дыхания (f) – $10,05 \pm 0,05$ дых./мин. Во время выполнения торакального доступа к телам позвоночника, независимо от метода анестезии и последовательности этапов, параметры вентилизации корригировали с учетом ГС крови: Ppeak в среднем составляло $8,89 \pm 0,14$ mbar, Vt – $387,57 \pm 27,92$ мл (уменьшение на 15,2 % от исходных параметров), f оставалась неизменной. Индивидуальный подбор оптимальных значений позволял проводить вентилизацию в условиях наиболее эффективной комбинации дыхательного объема, максимального давления на вдохе, частоты дыхания, так как повышение минутного объема дыхания и дыхательного объема приводило к гипервентиляции нижележащего легкого и развитию компенсаторного метаболического ацидоза.

Инфузионно-трансфузионное обеспечение. Объем и качество инфузионно-трансфузионного обеспечения в группах принципиальных отличий не имели и определялись на основе количественного учета объема и темпа кровопотери, физиологических потребностей в жидкости, контроля за показателями гемодинамики, эритроцитами, гемоглобином, гематокритом, почасовым диурезом. Во время хирургического вмешательства поддерживали режим умеренной (гематокрит $28,8 \pm 4,4$ %) гемодилюции. Эффективный уровень волемии

поддерживали инфузией кристаллоидов и коллоидов. Препаратами выбора среди коллоидов были гелофузин и волювен как плазмозаменители, обладающие минимальным негативным влиянием на коагуляционный и сосудисто-тромбоцитарный гемостаз.

Мониторинг. Обязательный мониторинг безопасности включал инвазивное измерение уровней артериального давления, исследование показателей ГС и КОС артериальной крови аппаратом «GEM Premier 3000», регистрацию частоты сердечных сокращений, ЭКГ, насыщение крови кислородом (SaO₂), Ppeak, Vt, f, концентрацию кислорода во вдыхаемой кислородно-воздушной смеси (FiO₂), концентрацию углекислого газа на выдохе (ETCO₂), концентрацию севофлурана на вдохе (Fi Sev) и выдохе (Et Sev), термоконтроль. Оценку глубины анестезии и состояния миоплегии в группах проводили на основе регистрации биспектрального индекса электроэнцефалограммы (BIS) и электромиографии с использованием монитора «Aspect BIS XP». Уровень BIS определялся пределами 35–55 %, как соответствующий оптимальному гипнотическому эффекту при выполнении высокотравматичных операций.

Этапы исследования. Исследования проводили на следующих этапах операции: 1-й – индукция анестезии, начало ИВЛ; 2-й – кожный разрез; 3-й – пневмоторакс и вентральная коррекция (подгруппы IB и IIB), установка металлоконструкции (подгруппы IA и IIA); 4-й – пневмоторакс и вентральная коррекция (подгруппы IB и IIB); 5-й – конец операции; 6-й – экстубация трахеи; 7-й – через 6 ч после операции; 8-й – через 1 сут после операции.

Статистическую обработку проводили непараметрическими методами с использованием программы «SPSS», с учетом небольшого количества наблюдений в группах с вычислением значений средних арифметических величин и стандартных отклонений. Для сравнения всех временных интер-

Таблица 1

Параметры газового состава и кислотно-основного состояния крови в подгруппах IA и IIA на этапах исследования (М ± m)

Параметры	Подгруппы	Индукция	Кожный разрез	Установка металлоконструкции	Пневмоторакс	Конец операции	Экстубация	Через 6 ч после операции	Через 1 сут после операции
раО ₂	IA	164,10 ± 13,80	136,50 ± 9,40	139,10 ± 8,90	167,10 ± 9,40	152,20 ± 8,15	82,50 ± 4,40 ^{1,2345}	96,30 ± 8,70 ^{1,2345}	82,00 ± 7,60 ^{1,2345}
mm рт. ст.	IIA	157,60 ± 11,70	141,50 ± 14,70	142,20 ± 12,20	161,80 ± 12,70	148,70 ± 14,80	84,70 ± 8,30 ^{1,2345}	108,50 ± 16,03	97,25 ± 15,15
раСО ₂	IA	38,00 ± 1,36	43,20 ± 1,30 ¹	41,40 ± 1,30	38,30 ± 1,80	39,40 ± 1,60	37,40 ± 1,60 ²³	37,80 ± 1,40	38,30 ± 1,60
mm рт. ст.	IIA	37,50 ± 1,80	41,70 ± 1,60 ¹	40,50 ± 1,80	39,70 ± 1,47	41,80 ± 1,70 ¹	35,40 ± 1,80 ²³	34,00 ± 2,80 ²³	38,10 ± 2,03
pH	IA	7,36 ± 0,01	7,34 ± 0,01	7,33 ± 0,01 ¹	7,38 ± 0,02 ³	7,36 ± 0,02	7,34 ± 0,01 ^{4*}	7,37 ± 0,01 [*]	7,40 ± 0,02 ²³⁵⁶⁷
	IIA	7,39 ± 0,02	7,35 ± 0,01	7,34 ± 0,01 ¹	7,37 ± 0,01 ³	7,35 ± 0,01	7,36 ± 0,01 [*]	7,41 ± 0,02 ²³⁶	7,41 ± 0,01 ²³⁵⁶
Лактат,	IA	0,80 ± 0,15	0,77 ± 0,13	0,84 ± 0,16	0,69 ± 0,14	0,73 ± 0,15	1,16 ± 0,21 ¹	1,32 ± 0,26 ¹⁴⁵	1,20 ± 0,19 ¹
ммоль/л	IIA	0,71 ± 0,09	0,92 ± 0,11	0,96 ± 0,13	0,90 ± 0,12	0,87 ± 0,07	1,21 ± 0,21 ¹⁵	1,07 ± 0,15	1,16 ± 0,20 ¹
Бикарбонат,	IA	23,57 ± 0,45	22,46 ± 0,51	22,41 ± 0,31 ¹	23,41 ± 0,62	23,07 ± 0,51	21,01 ± 0,59 ^{1,2345}	22,75 ± 0,59 ⁶	24,29 ± 0,41 ⁶
ммоль/л	IIA	23,23 ± 0,59	22,85 ± 0,44	21,71 ± 0,31 ¹	23,47 ± 0,34	24,28 ± 1,36	22,16 ± 0,37 ⁴	24,30 ± 1,19 ³⁶	24,25 ± 0,65 ²³⁶
Буферные основания,	IA	-1,78 ± 0,57	-3,12 ± 0,62 ¹	-3,57 ± 0,54 ¹	-1,91 ± 0,76 ³	-2,03 ± 0,56 ³	-2,65 ± 0,29	-1,81 ± 0,81	-0,49 ± 0,41 ^{1,23456}
ммоль/л	IIA	-1,67 ± 0,52	-2,15 ± 0,37 [*]	-3,05 ± 0,12	-1,92 ± 0,44	-1,86 ± 0,34	-2,46 ± 0,31	-1,08 ± 1,08	-0,83 ± 0,71 ²³⁶
Температура,	IA	36,30 ± 0,10	35,80 ± 0,10 ¹	35,50 ± 0,10 ¹	35,60 ± 0,20 ¹	35,90 ± 0,20 ¹	36,40 ± 0,30 ²³⁴	36,90 ± 0,20 ²³⁴	37,10 ± 0,09 ^{1,2345}
град.	IIA	36,40 ± 0,18	35,50 ± 0,26 ¹	35,40 ± 0,28 ¹	35,20 ± 0,21 ¹	35,90 ± 0,28 ¹	36,20 ± 0,25 ³	37,30 ± 0,26 ^{1,2345}	37,10 ± 0,24 ^{1,2345}

Р < 0,05; ¹ — по сравнению с 1-м этапом; ² — по сравнению со 2-м этапом; ³ — по сравнению с 3-м этапом; ⁴ — по сравнению с 4-м этапом; ⁵ — по сравнению с 5-м этапом; ⁶ — по сравнению с 6-м этапом; ⁷ — по сравнению с 7-м этапом; * — между группами.

валов наблюдений внутри группы использовали критерий Краскела – Уоллеса, для межгрупповых сравнений – критерий Манна – Уитни. Различия считали достоверными при Р < 0,05.

Результаты и их обсуждение

Показатели рН на 1-м этапе исследования у больных в группах наблюдений находились в пределах физиологических значений для исследуемого параметра (табл. 1, 2). На 2-м и 3-м этапах исследования в группах I и II показатели рН характеризовались односторонним снижением и к 3-му этапу имели достоверные различия по сравнению с 1-м (Р < 0,05) со следующими значениями: 7,33 ± 0,01 (IA), 7,34 ± 0,01 (IB), 7,34 ± 0,01 (IIA) и 7,35 ± 0,01 (IIB). Данное состояние расценивали как развитие компенсированного метаболического ацидоза, что требовало изменений параметров вентиляции легких согласно полученным данным КОС. Дальнейшая динамика показателей рН зависела от характера выполняемого второго этапа хирургического вмешательства (трансторакальный доступ и корригирующий вентральный спондилодез в I группе, задняя внутренняя фиксация металлоконструкцией – во II). В группах IA и IIA показатели рН возвращались к исходным значениям, но были достоверно выше по сравнению с 3-м этапом исследования: IA – 7,38 ± 0,02 (Р < 0,05) и IIA – 7,37 ± 0,01 (Р < 0,05). В подгруппах, где вторым этапом выполняли заднюю внутреннюю фиксацию, показатели рН крови имели незначительное повышение (рис. 1). Аналогичные изменения претерпевали показатели стандартного бикарбоната (BS; рис. 2). Так, у больных, оперированных в условиях ТВА с использованием гипнотика пропофола (IA), как и у пациентов II группы с использованием севофлурана (IIA), имело место статистически значимое снижение показателей BS (Р < 0,05), значения которых к концу 1-го этапа составляли 22,41 ± 0,31 ммоль/л (IA) и 21,71 ± 0,31 ммоль/л (IIA). Существенные колебания избытка или дефицита буферных оснований наблюдали лишь на этапе торакотомии у пациентов подгрупп IA и IIA с достоверным их повышением по сравнению со 2-м и 3-м этапами (Р < 0,05): -1,91 ± 0,76 ммоль/л (IA) и -1,92 ± 0,44 ммоль/л (IIA). В подгруппах IB и IIB показатели КОС оставались в рамках нормальных значений и не претерпевали каких-либо значимых изменений (рис. 3).

Указанные изменения в подгруппах IA и IIA можно объяснить сменой положения паци-

Таблица 2

Параметры газового состава и кислотно-основного состояния крови в подгруппах IB и IIB на этапах исследования ($M \pm m$)

Параметры	Подгруппы	Индукция	Кожный разрез	Пневмоторакс	Установка металлоконструкций	Конец операции	Экстубация	Через 6 ч после операции	Через 1 сут после операции
раО ₂ , мм рт. ст.	IB	128,30 ± 13,70	121,30 ± 11,10*	140,20 ± 7,80*2	147,10 ± 9,60*2	141,90 ± 11,40	88,60 ± 5,30 ¹²³⁴⁵	100,40 ± 6,10 ¹³⁴⁵	83,10 ± 6,50 ¹²³⁴⁵
	IIB	148,90 ± 15,20	144,50 ± 8,30*	158,50 ± 8,10*	171,70 ± 7,90*2	158,10 ± 8,50	100,60 ± 4,70 ¹²³⁴⁵	96,90 ± 6,01 ¹²³⁴⁵	99,50 ± 6,02 ¹²³⁴⁵
раСО ₂ , мм рт. ст.	IB	37,60 ± 1,30	42,01 ± 1,60	42,50 ± 1,50*1	40,50 ± 1,90	39,80 ± 1,90	38,01 ± 1,20	31,60 ± 2,50 ²³⁴⁵	39,10 ± 2,70
	IIB	36,00 ± 1,20	38,90 ± 1,60	38,70 ± 1,80*	37,20 ± 1,40	39,70 ± 0,90 ¹	36,10 ± 1,60	35,60 ± 1,40	36,20 ± 1,80
рН	IB	7,40 ± 0,01	7,35 ± 0,01 ¹	7,34 ± 0,01 ¹	7,36 ± 0,01 ¹	7,36 ± 0,01 ¹	7,34 ± 0,01 ¹	7,34 ± 0,01*1	7,41 ± 0,01 ²³⁴⁵⁶⁷
	IIB	7,39 ± 0,01	7,36 ± 0,01 ¹	7,35 ± 0,01 ¹	7,37 ± 0,01	7,36 ± 0,01 ¹	7,36 ± 0,01 ¹	7,40 ± 0,01* ²³⁴⁵⁶	7,41 ± 0,01 ²³⁴⁵⁶
Лактат, ммоль/л	IB	0,69 ± 0,06	0,82 ± 0,08	0,88 ± 0,09 ¹	0,65 ± 0,06	0,59 ± 0,05*	1,04 ± 0,12 ¹⁴⁵	0,98 ± 0,15	0,94 ± 0,12 ¹⁴
	IIB	0,65 ± 0,06	0,72 ± 0,06	0,83 ± 0,08 ¹	0,71 ± 0,08	0,77 ± 0,08*	1,26 ± 0,15 ¹²³⁴⁵	0,99 ± 0,18 ¹⁴	0,85 ± 0,13
Бикарбонат, ммоль/л	IB	24,76 ± 0,55	22,93 ± 0,52 ¹	22,54 ± 0,73 ¹	22,47 ± 0,70 ¹	22,51 ± 0,68 ¹	21,33 ± 0,51* ¹²	21,88 ± 0,87 ¹	23,10 ± 0,87
	IIB	23,70 ± 0,59	22,05 ± 0,80	22,76 ± 0,56	22,83 ± 0,52	23,08 ± 0,46	22,60 ± 0,54*	23,13 ± 0,73	23,41 ± 0,82
Буферные основания, ммоль/л	IB	-0,75 ± 0,61	-2,39 ± 0,61	-2,48 ± 0,86	-2,61 ± 0,80	-2,64 ± 0,86	-2,70 ± 1,12	-1,94 ± 1,51	-1,44 ± 1,06
	IIB	-1,45 ± 0,68	-1,88 ± 0,52	-1,99 ± 0,43	-1,89 ± 0,41	-1,94 ± 0,37	-1,58 ± 0,53	-1,58 ± 0,71	-1,03 ± 0,67
Температура, град.	IB	36,20 ± 0,09	35,70 ± 0,12 ¹	35,64 ± 0,15 ¹	35,43 ± 0,17 ¹	35,29 ± 0,23 ¹	36,50 ± 0,28* ²³⁴⁵	37,20 ± 0,16 ¹²³⁴⁵⁶	36,80 ± 0,12 ²³⁴⁵
	IIB	36,40 ± 0,11	35,70 ± 0,16 ¹	35,50 ± 0,18 ¹	35,40 ± 0,15 ¹	35,24 ± 0,14 ¹	35,90 ± 0,24* ⁴⁵	37,20 ± 0,16 ¹²³⁴⁵⁶	37,30 ± 0,10 ¹²³⁴⁵⁶

$P < 0,05$; ¹ — по сравнению с 1-м этапом; ² — по сравнению со 2-м этапом; ³ — по сравнению с 3-м этапом; ⁴ — по сравнению с 4-м этапом; ⁵ — по сравнению с 5-м этапом; ⁶ — по сравнению с 6-м этапом; ⁷ — по сравнению с 7-м этапом; * — между группами.

ента на операционном столе с прон-позиции на левый бок, изменениями в легочной механике и газообмене в указанном интраоперационном положении. Это вполне согласуется с имеющимися сведениями, что указанная смена положения приводит к существенным изменениям вентиляционно-перфузионных соотношений и легочного объема в конце выдоха [16, 18, 21], а торакотомия — к относительной гиповентиляции нижележащего легкого, связанной со смещением органов средостения и повышением внутрибрюшного давления [15] в сочетании с перераспределением перфузии в легком под воздействием гравитации [6, 20].

В условиях ИВЛ значения раО₂ и раСО₂ на этапах хирургического вмешательства в обеих группах оставались относительно стабильными с колебаниями раО₂ от 139,1 ± 8,9 до 167,1 ± 9,4 мм рт. ст. (IA) и от 141,5 ± 14,7 до 161,8 ± 12,7 мм рт. ст. (IIA). В подгруппах, где первым этапом был выполнен вентральный спондилодез, показатели раО₂ были в пределах от 128,3 ± 13,7 до 141,9 ± 11,4 мм рт. ст. (IB) и от 144,5 ± 8,3 до 171,7 ± 7,9 мм рт. ст. (IIB; рис. 4). Во время выполнения вентрального спондилодеза на этапе гиперэкстензии (реклинации) грудного отдела позвоночника имела место умеренная гиперкапния с максимальными значениями раСО₂, составляющими 42,5 ± 1,5 мм рт. ст. (IB) и 41,8 ± 1,7 мм рт. ст. (IIA), как признак уменьшения площади газообменной поверхности легких (рис. 5).

Следует отметить, что при столь продолжительных и травматичных хирургических вмешательствах не было серьезных метаболических системных сдвигов. Концентрация лактата не превышала нормальных значений в исследуемых группах на всех этапах операции и находилась в пределах от 0,65 ± 0,06 до 0,96 ± 0,13 ммоль/л (табл. 1, 2).

Прекращение ИВЛ после хирургического вмешательства сопровождалось немедленным и резким снижением раО₂ в сравнении с начальным этапом исследований с достоверным различием ($P < 0,05$) и составляло 82,5 ± 4,4 мм рт. ст. (51,0 % от начального этапа) в IA; 84,7 ± 8,3 мм рт. ст. (46,1 %) в IIA; 88,6 ± 5,3 мм рт. ст. (31,8 %) в IB; 100,6 ± 4,7 мм рт. ст. (33,9 %) в IIB. В послеоперационном периоде колебания уровня рН и раСО₂ крови на этапах экстубации трахеи, через 6 ч после операции, а также в 1-е сутки послеоперационного периода оставались в пределах нормы и имели достоверные отличия между подгруппами по рН ($P < 0,05$). Важно отметить, что газообмен, доставка и потребление О₂ были на удов-

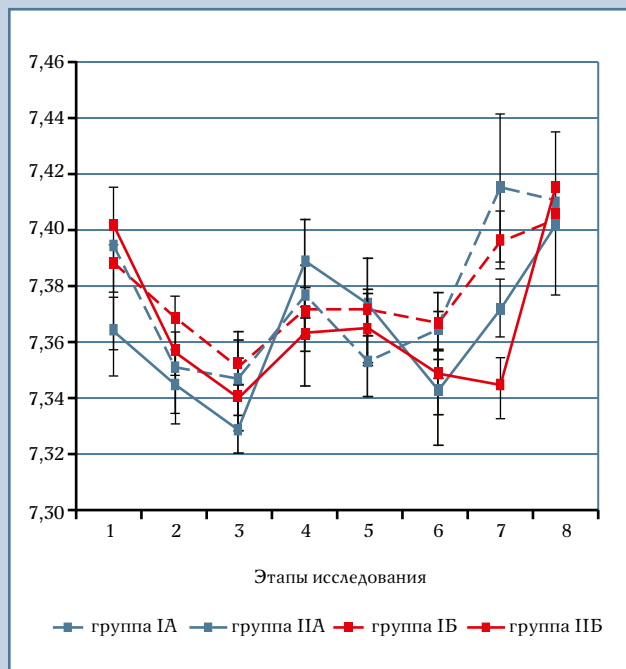


Рис. 1

Динамика pH на этапах исследований в группах наблюдений

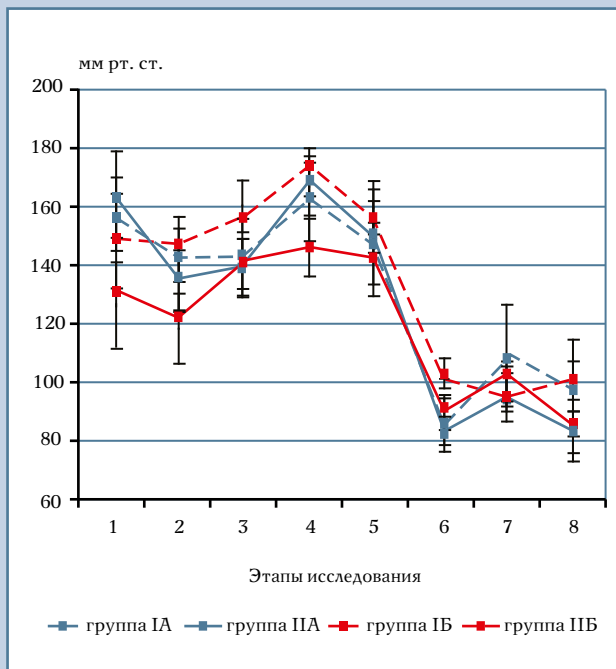


Рис. 2

Динамика бикарбоната на этапах исследований в группах наблюдений

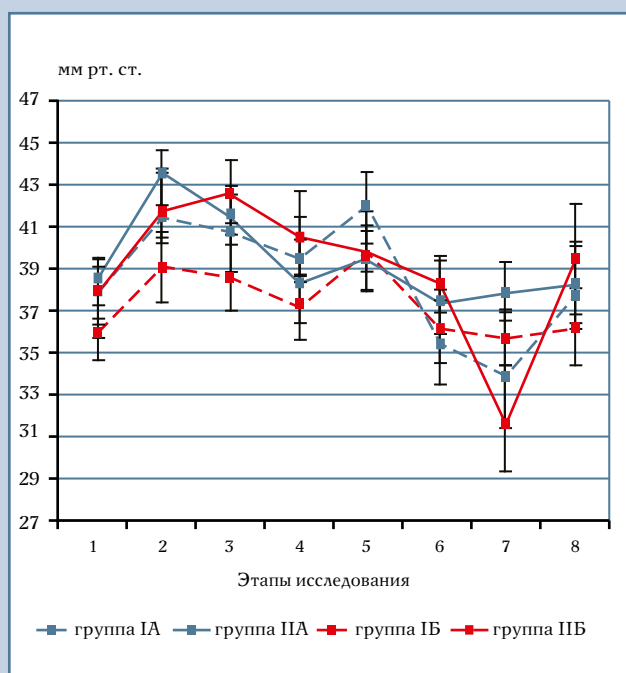


Рис. 3

Динамика буферных оснований на этапах исследований в группах наблюдений

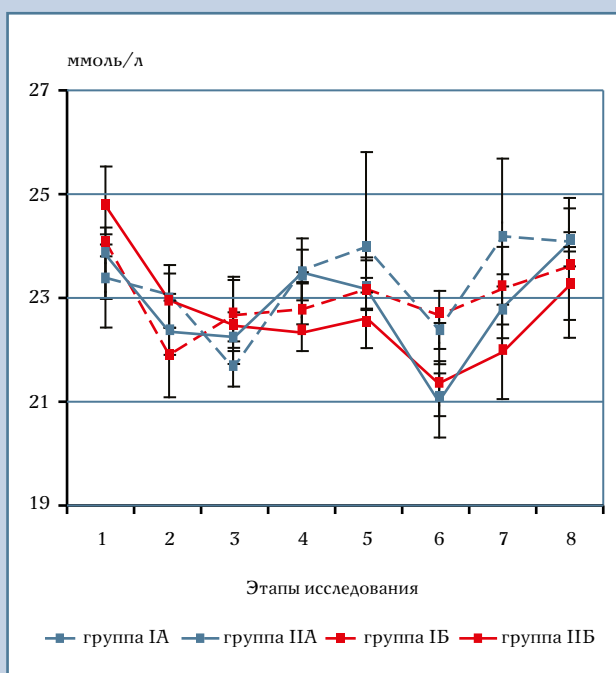


Рис. 4

Динамика p_aO_2 на этапах исследований в группах наблюдений

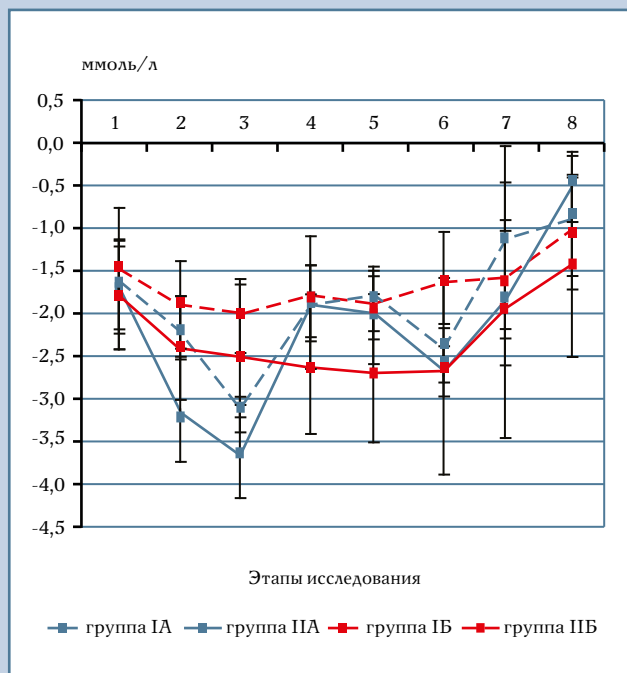


Рис. 5

Динамика раСО_2 на этапах исследований в группах наблюдений

летворительном уровне и характерны для течения послеоперационного периода у больных, перенесших многоэтапные хирургические вмешательства на позвоночнике. При этом отсутствие тканевой гипоксии подтверждалось показателями лактата, которые находились в пределах от $0,85 \pm 0,13$ до $1,32 \pm 0,26$ ммоль/л. Установленная однонаправленность исследуемых показателей и отсутствие факта регистрации выхода за рамки физиологических отклонений свидетельствовали об эффективности примененных вариантов анестезиологического обеспечения.

Заключение

Выполненное исследование продемонстрировало отсутствие влияния компонентов анестезии на показатели ГС и КОС крови. Выявленные особенности газообмена у пациентов с травматическими повреждениями позвоночника подтвердили, что основными факторами, определяющими изменения параметров ГС крови, которые должны учитываться в вертеброхирургической практике, являются специфические особенности этапа вентрального спондилодеза и его последовательность в ходе многоэтапного хирургического вмешательства. Интраоперационный мониторинг ГС и КОС крови позволил осуществлять своевременную корректировку параметров ИВЛ, тем самым повышая уровень безопасности оперируемых больных.

Литература

1. Анестезиологическое обеспечение хирургических операций на позвоночнике / Под ред. Н.Г. Фомичева, В.П. Шевченко. Новосибирск, 2002.
2. Белебзев Г.И., Козар В.В. Физиология и патофизиология искусственной вентиляции легких. Киев, 2003.
3. Бисенков Л.Н. Торакальная хирургия. СПб., 2004.
4. Выжигина М.А., Рябова О.С., Кулагина Т.Ю. и др. Влияние комбинированной анестезии с использованием изофлурана на развитие адаптационных механизмов при смене вентиляционных режимов в торакальной хирургии // Анестезиология и реаниматология. 2006. № 5. С. 49–58.
5. Гиммельфарб Г.Н., Герасимов Н.М., Выжигина М.А. и др. Гуморальная регуляция внутрилегочного шунтирования во время анестезии при операциях на легких // Анестезиология и реаниматология. 1985. № 1. С. 12–16.
6. Гриппи М.А. Патофизиология легких. М., 2005.
7. Долина О.А. Анестезия при операциях на органах грудной полости и средостения // А.А. Бунятян. Руководство по анестезиологии. М., 1994.
8. Интенсивная терапия. Реанимация. Первая помощь / Под ред. В.Д. Малышева. М., 2000.
9. Кассиль В.Л., Выжигина М.А., Лескин Г.С. Искусственная и вспомогательная вентиляция легких. М., 2004.
10. Корнилов Б.М. Передний опорный спондилодез при проникающих переломах грудных и поясничных позвонков: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Кемерово, 1996.
11. Курилова О.А., Выжигина М.А., Сандриков В.А. и др. Влияние комбинированной анестезии на основе пропофола на развитие адаптационных механизмов к искусственной односторонней вентиляции большой продолжительности // Анестезиология и реаниматология. 2010. № 2. С. 4–13.
12. Лебедева М.Н. Анестезиологическая защита на этапах хирургического лечения больных с тяжелыми деформациями позвоночника: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск, 2010.
13. Михайловский М.В., Фомичев Н.Г. Хирургия деформаций позвоночника. Новосибирск, 2002.
14. Неотложная медицинская помощь / Под ред. Д.Э. Тинтинали, Р. Кроума, Э. Руиза и др. М., 2001.
15. Albert RK, Hubmayr RD. The prone position eliminates compression of the lungs by the heart. Am J Respir Crit Care Med. 2000;161:1660–1665.
16. Curley M, Hibberd P, Fineman L, et al. Effect of prone positioning on clinical outcomes in children with acute lung injury: a randomized controlled trial. JAMA. 2005;294:229–237.
17. Ebert TJ, Harkin CP, Muzi M. Cardiovascular responses to sevoflurane: a review. Anesth Analg. 1995; 81(Suppl. 6):S11–S22.
18. Gattinoni L, Vaggini F, Carlesso E, et al. Decrease in PaCO_2 with prone position is predictive of improved outcome in acute respiratory distress syndrome. Crit Care Med. 2003;31:2727–2733.
19. Ko R, Kruger M, McRae K, et al. Impact of inspired gas mixtures on oxygenation and surgical conditions during one lung ventilation. Can J Anesth. 2003;50:A13.
20. Pelosi P, Brazzi L, Gattinoni L. Prone position in acute respiratory distress syndrome. Eur Respir J. 2002;20:1017–1028.

21. Pelosi P, Tubiolo D, Mascheroni D, et al. Effects of the prone position on respiratory mechanics and gas exchange during acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;157:387–393.

References

1. Fomichev NG, Shevchenko VP. [Anaesthesia Management for Spine Surgery]. Novosibirsk, 2002. In Russian.
2. Belebezev GI, Kozyar VV. [Physiology and Pathophysiology of Artificial Lung Ventilation]. Kiev, 2003. In Russian.
3. Bisenkov LN. [Thoracic Surgery]. St. Petersburg, 2004. In Russian.
4. Vyzhigina MA, Riabova OS, Kulagina TI, et al. [Impact of combined anesthesia using isoflurane on the development of adaptation mechanisms on changing ventilation conditions in thoracic surgery]. *Anesteziol Reanimatol.* 2006;(5):49–58. In Russian.
5. Gimmelfarb GN, Gerasimov NM, Vyzhigina MA, et al. [Humoral regulation of intrapulmonary shunting during anesthesia in lung surgery]. *Anesteziol Reanimatol.* 1985;(1):12–16. In Russian.
6. Grippi MA. [Pulmonary Pathophysiology]. Moscow, 2005. In Russian.
7. Dolina OA. [Anaesthesia for thoracic and mediastinal surgery]. In: Bunyatyan AA. *Manual of Anesthesiology.* Moscow, 1994. In Russian.
8. Malyshev VD (ed.). [Intensive Care. Reanimatology. First Aid]. Moscow, 2000. In Russian.
9. Kassil VL, Vyzhigina MA, Leskin GS. [Artificial and Assisted Pulmonary Ventilation]. Moscow, 2004. In Russian.
10. Kornilov BM. [Anterior spinal fusion for penetrating fractures of thoracic and lumbar vertebrae]. Summary of the Candidate of Medicine Thesis. Kemerovo, 1996. In Russian.
11. Kurilova OA, Vyzhigina MA, Sandrikov VA, et al. [Effect of propofol-based combined anesthesia on the development of adaptive mechanisms to the prolonged one-lung artificial ventilation]. *Anesteziol Reanimatol.* 2010;(2):4–13. In Russian.
12. Lebedeva MN. [Anesthesiological protection at stages of surgical treatment of patients with severe spinal deformities]. Summary of the Doctor of Medicine Thesis. Novosibirsk, 2010. In Russian.
13. Mikhailovsky MV, Fomichev NG. [Surgery of Spinal Deformities]. Novosibirsk, 2002. In Russian.
14. Tintinalli DE, Krouma R, Ruiza E, et al (eds.). [Emergency Medical Care]. Moscow, 2001. In Russian.
15. Albert RK, Hubmayr RD. The prone position eliminates compression of the lungs by the heart. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;161:1660–1665.
16. Curley M, Hibberd P, Fineman L, et al. Effect of prone positioning on clinical outcomes in children with acute lung injury: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2005;294:229–237.
17. Ebert TJ, Harkin CP, Muzi M. Cardiovascular responses to sevoflurane: a review. *Anesth Analg.* 1995;81(Suppl. 6):S11–S22.
18. Gattinoni L, Vagginelli F, Carlesso E, et al. Decrease in PaCO₂ with prone position is predictive of improved outcome in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med.* 2003;31:2727–2733.
19. Ko R, Kruger M, McRae K, et al. Impact of inspired gas mixtures on oxygenation and surgical conditions during one lung ventilation. *Can J Anesth.* 2003;50:A13.
20. Pelosi P, Brazzi L, Gattinoni L. Prone position in acute respiratory distress syndrome. *Eur Respir J.* 2002;20:1017–1028.
21. Pelosi P, Tubiolo D, Mascheroni D, et al. Effects of the prone position on respiratory mechanics and gas exchange during acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;157:387–393.

Адрес для переписки:

Лукьянов Дмитрий Сергеевич
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
НИИТО,
DLukyanov@niito.ru

Статья поступила в редакцию 01.03.2012

Д.С. Лукьянов, канд. мед. наук; М.Н. Лебедева, д-р мед. наук; Ш.Н. Рахматиллаев, канд. мед. наук; В.П. Шевченко, д-р мед. наук, проф.; В.В. Рерих, д-р мед. наук, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии.

D.S. Lukjanov, MD, PhD; M.N. Lebedeva, MD, DMSc; Sh.N. Rakhmatillaev, MD, PhD; V.P. Shevchenko, MD, DMSc, Prof.; V.V. Rerikh, MD, DMSc, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics.