

ПРЕИМУЩЕСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОДДЕРЖАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АНЕСТЕТИКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НИЗКОПОТОЧНОЙ ИНГАЛЯЦИОННОЙ АНЕСТЕЗИИ

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6)

В последние годы отмечается увеличение количества пострадавших в дорожно-транспортных авариях и чрезвычайных происшествиях, требующих при оперативном лечении надежного и безопасного анестезиологического обеспечения. Проведена сравнительная оценка низкопоточной ингаляционной анестезии (НПА) по рутинной методике с механическим управлением концентрацией ингаляционного анестетика и с применением автоматизированного контроля ингаляционного анестетика и кислорода на выдохе (Et-control). В проспективное рандомизированное исследование было включено 80 пациентов, оперированных по поводу патологии позвоночника и спинного мозга различной степени выраженности, распространенности и локализации. Цель исследования – сравнить течение НПА, расход севофлурана при механическом и автоматическом контроле концентрации анестетика в выдыхаемой газовой смеси при травматичных вертебрологических вмешательствах. В результате исследования выявлено, что проведение НПА с применением автоматизированного контроля концентрации анестетика и кислорода на выдохе позволяет практически в 2 раза снизить расход ингаляционного анестетика и значительно – стоимость анестезии. Применение данной методики при операциях высокого риска, включая нейрохирургические, позволяет проводить управляемую анестезию с оптимально необходимой концентрацией ингаляционного анестетика и минимальными гемодинамическими реакциями пациента при сохранении качества проводимой общей анестезии.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, травма позвоночника, низкопоточная анестезия, концентрация анестетика, расход анестетика, севофлуран.

Введение

Комплексное, включая хирургическое, лечение пациентов с заболеваниями и травмами позвоночника представляет собой одну из актуальнейших медико-социальных проблем. Это обусловлено увеличением частоты дегенеративно-дистрофических поражений позвоночного столба в популяции и количества пациентов с последствиями позвоночно-спинальной травмы [5]. Например, только за 15 лет (2000–2014 гг.) в России произошли 8588 чрезвычайных ситуаций, в которых погибли 14 тыс. 826 человек и пострадали 5 млн 841 тыс. человек [3].

При оперативном лечении важной составляющей достижения оптимального результата следует считать выбор метода анестезии. Ингаляционная анестезия имеет существенные преимущества, которые обусловили ее рутинное применение при операциях высокого риска, включая нейрохирургические, а именно, управляемость, относительная простота использования и благоприятные гемодина-

мические эффекты [8, 9]. Преимуществами методики низкопоточной анестезии (НПА, low flow anesthesia), помимо ощутимого экономического эффекта (расход ингаляционного анестетика), являются поддержание оптимального микроклимата в дыхательном контуре, гигиеническая и экологическая безопасность в операционной [1, 7, 9, 11, 12]. Все эти обстоятельства определили высокий интерес анестезиологов к НПА – методу, который внес существенные коррективы в представления об ингаляционной анестезии в целом [7, 9]. Вместе с тем, в отечественной литературе имеются единичные публикации, посвященные особенностям использования ингаляционной анестезии со сниженным газотоком при вертебрологических операциях [2, 6].

Достижение необходимой концентрации анестетика для достаточной глубины анестезии за короткий промежуток времени – довольно сложная задача. В рутинной практике начинают проведение анестезии высоким потоком газонаркотической смеси (6 л/мин), выставляя

Горбань Вера Ивановна – зав. отд-нием анестезиологии и реанимации, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2); e-mail: ms.gorban@inbox.ru;

Щеголев Алексей Валерианович – д-р мед. наук, нач. каф. анестезиологии и реаниматологии, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6); e-mail: alekseischegolev@gmail.com;

Харитонов Дмитрий Александрович – врач-анестезиолог-реаниматолог, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2); e-mail: hard8002@gmail.com.

концентрацию анестетика на испарителе, в 3–4 раза превышающую то значение, которое необходимо и ожидается в конце выдоха [7]. При достижении необходимой концентрации постепенно снижаются показатели на испарителе и поток свежего газа. Требуется значительное время, частота регулировки и постоянный контроль параметров испарителя в соответствии с изменяемой концентрацией анестетика [4, 7]. При НПА возникает необходимость в периодическом увеличении потока O_2 и изменении концентрации ингаляционного анестетика на испарителе в соответствии с сопоставляемой информацией мониторинга газового состава вдыхаемой и выдыхаемой газовой смеси [7, 9].

Появление электронных испарителей сделало возможным автоматическое поддержание выбранной концентрации анестетика в конце выдоха («end-tidal», Et-control). Кроме того, данная функция позволяет аналогичным образом поддерживать и концентрацию кислорода. Данный процесс был автоматизирован путем добавления автоматического регулирования как цифрового ротаметра, так и испарителя одновременно [1, 10]. Система выполняет мультинаправленный контроль выходных показателей дыхательной смеси, поступающей к пациенту каждые 3 мин, дабы убедиться, что состав свежего газа и концентрация ингаляционного анестетика в испарителе и в выдыхаемой газовой смеси совпадают с показателями, установленными программным обеспечением [13]. Теоретически это, как представляется, дает ощутимые преимущества, прежде всего, в повышении безопасности пациента при проведении НПА, а также сокращении расхода анестетика.

Цель исследования – сравнить течение НПА, расход севофлурана при механическом и автоматическом контроле концентрации анестетика в выдыхаемой газовой смеси при вертебрологических вмешательствах.

Материал и методы

В проспективное рандомизированное простое слепое исследование было включено 80 пациентов, оперированных по поводу патологии позвоночника и спинного мозга (травмы позвоночника и спинного мозга, дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника – дегенеративный спондилолистез, стеноз позвоночного канала, компрессионная радикулопатия, хронический вертеброгенный болевой синдром) различной степени выраженности, распространенности и локализации за период с 2014 по 2015 г. в отделении нейро-

хирургии Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никитина (ВЦЭРМ) МЧС России. Исследование было одобрено этическим комитетом ВЦЭРМ (протокол № 5 от 28.05.2014 г.).

Пациентов разделили на 2 группы по 40 человек каждая. Простую рандомизацию осуществляли на основании таблицы случайных чисел, генерированной с помощью специальной программы интернет-ресурса (<http://randomization.com>). В 1-ю группу (основную) включили пациентов, которым анестезиологическое пособие проводили с автоматическим поддержанием заданной концентрации севофлурана и кислорода в выдыхаемой газовой смеси (Et-control). Во 2-й группе (контрольной) общую анестезию выполняли механической ручной коррекцией потока свежей смеси, концентрации анестетика и фракции кислорода на вдохе и выдохе во время анестезии.

Критерии включения: возраст 35–75 лет, тяжесть пациента по American Society of Anesthesiologists (ASA) II–IV степени, длительность оперативного вмешательства минимум 1 ч и максимум 5 ч в условиях общей анестезии с интубацией трахеи и искусственной вентиляции легких (ИВЛ), использование для поддержания анестезии (обеспечение гипнотического компонента) только ингаляционного анестетика – севофлурана.

Критерии исключения: неврологические заболевания, затрудняющие интерпретацию энтропии, значения энтропии менее 40 и/или более 60 во время анестезии более чем на 5 мин, нарушения ритма (мерцательная аритмия, фибрилляция предсердий), неотложные оперативные вмешательства, наличие декомпенсированной хронической патологии или онкологических заболеваний в терминальной стадии.

Группы были сопоставимы по полу, возрасту, физическому статусу, продолжительности оперативного вмешательства и анестезии (табл. 1).

Анестезию проводили с использованием анестезиологической станции «GE Aisys Carestation» (фирма «Datex-Ohmeda GE Healthcare», США). Интраоперационный мониторинг включал в себя регистрацию артериального давления (АД), частоты сердечных сокращений (ЧСС), электрокардиографии (ЭКГ) в пяти отведениях, периферической кислородной сатурации (SpO_2) + плетизмограммы, хирургического плетизмографического индекса (SPI), показателей энтропии (RE и SE), нейромышечной проводимости (TOF), показа-

Таблица 1
Распределение больных (М ± m)

Показатель	Группа	
	1-я	2-я
Мужчины	28 (70 %)	26 (65 %)
Женщины	12 (30 %)	14 (35 %)
Возраст, лет	53,05 ± 1,49	52,93 ± 1,67
ИМТ, ед.	29,52 ± 0,58	29,50 ± 0,62
Тяжесть по ASA, балл	2,73 ± 0,07	2,80 ± 0,10
Длительность, мин: операции	220,75 ± 15,92	168,38 ± 11
анестезии	282,25 ± 16,07	227,75 ± 11,61

телей газообмена – концентрации кислорода во вдыхаемой (FiO_2) и выдыхаемой (EtO_2) смеси, концентрации углекислого газа во вдыхаемой ($FiCO_2$) и выдыхаемой ($EtCO_2$) газовой смеси, концентрации севофлурана во вдыхаемой ($FiSev$) и выдыхаемой ($EtSev$) газовой смеси, поток – л/ч, газоток – O_2 л/мин, воздух – л/мин, расход ингаляционного анестетика, параметров вентиляции (объем вдоха – V_i , объем выдоха – V_e , частота дыханий – f в 1 мин, давление в дыхательных путях на вдохе – $P_{вд}$, положительное давление в конце выдоха – ПДКв). В обеих группах показатели регистрировали первые 10 мин с момента начала подачи анестетика каждую минуту, затем каждые 5 мин.

Всем пациентам на этапах хирургического вмешательства осуществляли общую анестезию с интубацией трахеи и ИВЛ с преоксигенацией 100 % O_2 в течение 3 мин при потоке свежей газовой смеси 6 л/мин. Премедикация – перед оперативным вмешательством и в день операции назначали бензодиазепины (феназепам per os вечером и внутримышечно за 2 ч до индукции анестезии в возрастных дозировках). Индукцию анестезии достигали введением фентанила в дозе 3,0–3,5 мкг/кг и пропофола в дозе 2 мг/кг (1,7–2,2 мг/кг). Введение пропофола осуществляли методом титрования по 20 мг до снижения цифр энтропии в промежутке 40–60, уменьшения SPI ниже 50. После введения миорелаксанта (ардуан в дозе 0,06–0,08 мг/кг либо рокурония бромид в дозе 0,6–0,9 мг/кг) осуществляли интубацию трахеи. Респираторную поддержку проводили штатным блоком анестезиологической станции с использованием режима принудительной вентиляции по объему кислородно-воздушной смеси с EtO_2 – 30 %, в режиме нормовентиляции ($EtCO_2$ на уровне 35–45 мм рт. ст.), ПДКВ 4 см вод. ст. ИВЛ проводили под контролем концентрации газов на вдохе и на выдохе (FiO_2 , EtO_2 и $EtCO_2$, ингаляционные анестетики – $FiSev$, $EtSev$) с ДО 6–8 мл/кг и МОД 60–80 мл/кг. Поддержание анестезии осуществляли по методике НПА – поток свежей газовой

смеси 0,5 л. Аналгезию поддерживали дробным введением фентанила в дозе 1,5 мкг/кг каждые 30 мин.

В 1-й группе режим Et-control включали сразу после интубации трахеи, устанавливали поток свежей газовой смеси на показатель минимальный (0,5 л, EtO_2 – 30 %, $EtSev$ – 1,5 об.% – 0,7–0,8 МАК). Первоначально установленную концентрацию севофлурана на выдохе при необходимости корректировали в сторону увеличения или снижения на 0,1–0,2 об.% таким образом, чтобы показатели энтропии были в пределах 40–60, при этом показатели гемодинамики не были подвержены колебаниям более 20 %.

Во 2-й группе после интубации трахеи в течение 1 мин сохраняли поток 6 л/мин в кислородно-воздушной смеси (FiO_2 35 %). Концентрацию севофлурана изначально устанавливали на значении $FiSev$ 2 об.%, через 1 мин поток устанавливали на 2 л/мин, целевое значение $FiSev$ 2 об.% затем увеличивали каждые 2 мин на 0,5 об.% до достижения концентрации в выдыхаемой смеси 1,5 об. %. В дальнейшем до 10 мин сохраняли поток 2 л/мин, при этом проводили коррекцию целевого показателя $FiSev$ (на 0,1–0,2 об.% в сторону увеличения либо снижения) в соответствии с показателями газоанализа вдыхаемой и выдыхаемой смеси ($FiSev$ и $EtSev$) механически по усмотрению анестезиолога. В последующем устанавливали поток 0,5 л (O_2 + воздух + Sev).

Коррекцию целевого значения анестетика в обеих группах проводили с учетом гемодинамических показателей с условием сохранения значений энтропии (RE и SE) в пределах 40–60. После начала ушивания кожи севофлуран отключали у пациентов обеих групп. Через 5 мин во 2-й группе подавали 100 % O_2 при потоке свежей смеси 10 л/мин, в 1-й группе включали режим продувки. Через 5 мин фиксировали общий расход анестетика (автоматически в трендах с помощью программного обеспечения станции для каждой анестезии). Оценивали время достижения целевой концентрации севофлурана (1,5 об.%) и кислорода в минутах, количество коррекций анестезиологом концентрации анестетика и кислорода в подаваемой газовой смеси, расход анестетика (за время насыщения ингаляционным анестетиком – первые 10 мин, через каждый час проведения оперативного вмешательства).

Результаты и их анализ

Сравнение НПА севофлураном по различным методикам позволило практически

Таблица 2
Время достижения целевой концентрации анестетика и кислорода, расход анестетика ($M \pm m$)

Показатель	Группа		$p <$
	1-я	2-я	
Достижение целевой концентрации анестетика на выдохе ($EtSev$), мин	$2,75 \pm 0,07$	$4,68 \pm 0,09$	0,001
Достижение целевой концентрации кислорода на выдохе (EtO_2), мин	$4,35 \pm 0,13$	$6,67 \pm 0,21$	0,001
Расход анестетика, мл	$19,25 \pm 0,81$	$32,38 \pm 1,36$	0,001

подтвердить, что достижение целевой концентрации анестетика и кислорода посредством автоматизированного контроля в выдыхаемой смеси происходит быстрее, чем при проведении анестезии с рутинной механической регулировкой (табл. 2).

Выполнение системой мультинаправленного контроля выходных показателей дыхательной смеси с автоматической регулировкой потока свежей дыхательной смеси и концентрации севофлурана позволило значительно снизить расход ингаляционного анестетика (см. табл. 2).

Расход анестетика за первые 10 мин во 2-й группе оказался выше более чем в 2 раза (в 1-й группе – 3,93 мл, во 2-й – 9,4 мл). В дальнейшем при измерении расхода анестетика каждый час оперативного вмешательства более высокий (на 1,5–2,0 мл/ч) расход анестетика во 2-й группе сохранялся на протяжении всего времени наблюдения (рис. 1).

Показатели гемодинамики оставались относительно стабильными на всех этапах операции в обеих группах. Однако при сравнении первых 10 мин (каждую 1 мин) течения анестезии с момента начала подачи анестетика в 1-й группе можно с уверенностью отметить

более стабильные показатели гемодинамики ($АДс$, $АДд$), меньший диапазон колебаний показателей $АД$ (рис. 2).

Временные показатели посленаркозного пробуждения и экстубации пациента важны с позиции оценки неврологического статуса по окончании оперативного вмешательства. В нашем исследовании значимой разницы во времени восстановления сознания и экстубации не отмечено. Пациенты 1-й группы были экстубированы через ($7,55 \pm 0,4$) мин, а пациенты 2-й группы – через ($7,63 \pm 0,4$) мин. Однако здесь необходимо учитывать тот факт, что анестезии пациентам проводили врачи-анестезиологи-реаниматологи, длительно работающие в специальности и хорошо владеющие знаниями по особенностям проведения как ингаляционной анестезии в целом, так и НПА, в частности. Имеющиеся навыки позволяли специалисту в приближенном варианте воспроизводить работу автомата по управлению потоками газов, увеличивая частоту регулировок показателей. При опросе пациентов обеих групп в послеоперационном периоде каких-либо воспоминаний, свидетельствующих об эпизодах непреднамеренного пробуждения больного во время операции, не зафиксировано.

Еще одним, важным с нашей точки зрения фактором явилось то, что при проведении НПА с автоматическим поддержанием концентрации анестетика и кислорода в выдыхаемой смеси врач-анестезиолог-реаниматолог, в среднем, во время анестезии производит 7,5 регулировок и нажатий на клавиши за время всей анестезии, тогда как при ручном управлении потоком свежего газа и поддержании целевой концентрации анестетика и кислорода таких манипуляций, в среднем, 14,6, и чем

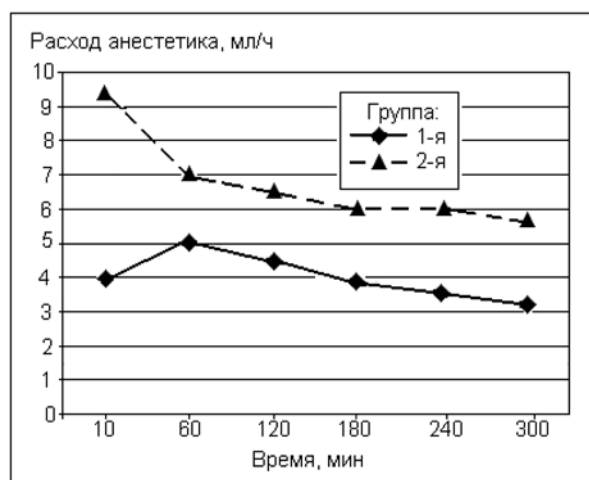


Рис. 1. Расход севофлурана за первые 10 мин и за каждый час анестезии.

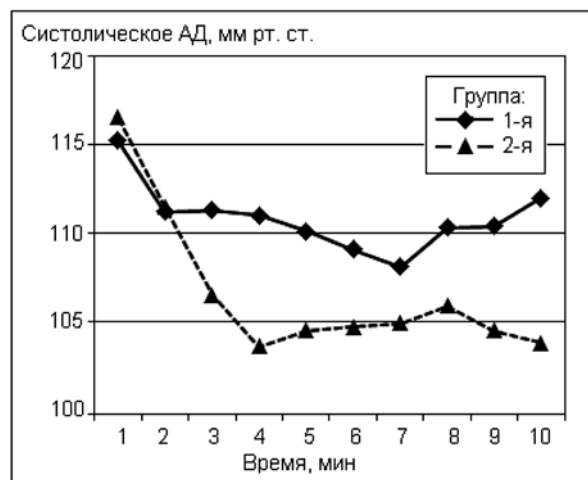


Рис. 2. Динамика АД в течение 10 мин после начала подачи севофлурана.

больше длительность анестезии, тем больше количество регулировок. Et-control значительно облегчает использование ингаляционной анестезии при операциях в нейрохирургии, освобождая анестезиолога от необходимости «ручного» управления свежим газотоком и концентрацией анестетика.

Заключение

Использование в операционных наркозно-дыхательной аппаратуры с возможностью автоматизированного поддержания концентрации ингаляционного анестетика и кислорода в выдыхаемой газовой смеси позволяет значительно снизить расход ингаляционного анестетика и, соответственно, стоимость анестезии. Применение технологии Et-control в ежедневной практике облегчает проведение НПА и позволяет врачу-анестезиологу-реаниматологу использовать наиболее прогрессивный метод анестезии, когда безопасность пациента гарантированно повышается благодаря постоянному применению современных управляющих и мониторирующих систем. Следует обоснованно полагать, что применение технологии Et-control в условиях массового поступления большого количества пострадавших в результате чрезвычайной ситуации, нуждающихся в проведении оперативного вмешательства, позволит обеспечить максимально безопасную, управляемую анестезию с минимальным расходом.

Литература

1. Белоусов Д.Ю., Афанасьева Е.В., Ефремова Е.А. Сравнительная оценка экономической эффективности применения современных ингаляционных анестетиков // Качественная клиническая практика. 2014. № 2. С. 1–20.
2. Евграфов О.Г., Макушкин В.В., Гумеров А.А. Оптимизация анестезиологического обеспечения

при хирургической коррекции сколиоза у детей // Сибирский консилиум. 2007. № 2. С. 30–31.

3. Евдокимов В.И., Кислова Г.Д. Анализ чрезвычайных ситуаций, возникших в России в 2000–2014 годах // Безопасность в техносфере. 2015. № 3. С. 48–56.

4. Канус И.И., Грачев С.Ю., Сатишур О.Е. Некоторые особенности проведения низкотоковой анестезии // Материалы VI всерос. съезда анестезиологов и реаниматологов. М., 1998. С. 123.

5. Корнилов Н.В. Травматология и ортопедия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 594 с.

6. Лебедева М.Н., Агеенко А.М., Шевченко В.П., Новиков В.В. Гемодинамический статус на этапах хирургической коррекции тяжелых форм сколиоза в условиях различных вариантов анестезиологической защиты // Хирургия позвоночника. 2009. Вып. 4. С. 62–69.

7. Лихванцев В.В., Печерица В.В. Современная ингаляционная анестезия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2003. 189 с.

8. Морган Д.Э., Мэвид С.М., Майкл Дж.М. Клиническая анестезиология [пер. с англ.] / под ред. А.М. Цейтлина. М.: БИНОМ, 2014. 1216 с.

9. Baum J. Low-flow anaesthesia // European J. of Anaesthesiology. 1996. Vol. 13, N 5. P. 432–435.

10. Lortat-Jacob B., Billard V., Buschke W., Servin F. Assessing the clinical or pharmaco-economical benefit of target controlled desflurane delivery in surgical patients using the Zeus anaesthesia machine // Anaesthesia J. of the Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. 2009. Vol. 64, N 11. P. 1229–1235.

11. Murray J.M. Intravenous or inhalational anaesthesia: Cost v/benefits: a pharmacoeconomic view // Annual Scientific Meeting. Belfast. 2000. P. 33–48.

12. Potdar M.P., Kamat L.L., Save M.P. Cost efficiency of target-controlled inhalational anaesthesia // J. Anaesthesiol. Clin. Pharmacol. 2014. Vol. 3, N 2. P. 222–227.

13. Singaravelu S., Barclay P. Automated control of end-tidal inhalation anaesthetic concentration using the GE Aisys Carestation // British J. of Anaesthesia. 2013. Vol. 110, N 4. P. 561–566.

Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh [Medical-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2015. N 4. P. 59–64.

Gorban V.I., Shchegolev A.V., Kharitonov D.A. Preimushchestva avtomatizirovannogo podderzhaniya kontsentratsii anestetika pri provedenii nizkopotochnoi ingalyatsionnoi anestezi [The benefits of an automated maintenance of the concentration of anesthetic during the low-flow inhalation anesthesia]

The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia
(Russia, 194044, Saint-Petersburg, Academica Lebedeva Str., 4/2);
Kirov Military Medical Academy (Russia, 194044, Saint-Petersburg, Academica Lebedeva Str., 6)

Gorban Vera Ivanovna – Head of the Department of anesthesiology and resuscitation, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (Russia, 194044, St. Petersburg, Academica Lebedeva Str., 4/2); e-mail: ms.gorban@inbox.ru;

Shchegolev Aleksei Valerianovich – Dr. Med. Sci., Head of the Department of Anesthesiology and Resuscitation, Kirov Military Medical Academy (Russia, 194044, Saint-Petersburg, Academica Lebedeva Str., 6); e-mail: alekseischegolev@gmail.com;

Kharitonov Dmitriy Aleksandrovich – anesthesiology intensivist, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (Russia, 194044, St. Petersburg, Academica Lebedeva Str., 4/2); e-mail: hard8002@gmail.com.

Abstract. In recent years there has been an increase in the number of victims of road traffic accidents and emergencies that require the surgical treatment with reliable and safe anesthesia. The routine procedure with mechanically controlled concentration of inhalation anesthetic was compared with automated control of inhalation anesthetic and oxygen concentrations on the exhale (Et-control) during low-flow inhalation anesthesia (LFA). A prospective, randomized study included 80 patients who underwent surgery for the pathology of the spine and the spinal cord of varying severity, extent and localization. The study objective was to compare LFA course and sevoflurane consumption under mechanical and automated control of the anesthetic concentration in exhaled gas mixture during traumatic interventions on vertebra. The study showed that LFA with the automated control of exhaled anesthetic and oxygen concentrations 2 times lowers inhalation anesthetic consumption and considerably lowers the cost of anesthesia. This technique in high-risk operations, including neurosurgery, allows controlled anesthesia with optimal concentration of anesthetic and minimal hemodynamic response of the patient, while maintaining the quality of the general anesthesia.

Keywords: emergency situation, spinal injury, low-flow anesthesia, the concentration of anesthetic, anesthetic consumption, sevoflurane.

References

1. Belousov D.Yu., Afanas'eva E.V., Efremova E.A. Sravnitel'naya otsenka ekonomicheskoi effektivnosti primeneniya sovremennykh ingalyatsionnykh anestetikov [Comparative evaluation of the economic efficiency of the use of modern inhalation anesthetics]. *Kachestvennaya klinicheskaya praktika* [Good clinical practice]. 2014. N 2. Pp. 1–20. (In Russ.)
2. Evgrafov O.G., Makushkin V.V., Gumerov A.A. Optimizatsiya anesteziologicheskogo obespecheniya pri khirurgicheskoi korrektsii skolioza u detei [Optimization of anesthesia in the surgical correction of scoliosis in children]. *Sibirskii konsilium* [Siberian council]. 2007. N 2. Pp. 30–31. (In Russ.)
3. Evdokimov V.I., Kislova G.D. Analiz chrezvychainykh situatsii, voznikshikh v Rossii v 2000–2014 godakh [Analysis of the emergency situations in Russia, 2000–2014]. *Bezopasnost' v tekhnosfere* [Safety in Technosphere]. 2015. N 3. Pp. 48–56. (In Russ.)
4. Kanus I.I., Grachev S.Yu., Satishur O.E. Nekotorye osobennosti provedeniya nizkopotochnoi anestezii [Some features of the low-flow anesthesia]. *Materialy VI vserossiiskogo s'ezda anesteziologov i reanimatologov* [Materials of the VI All-Russian Congress of Anesthesiologists and Resuscitation specialists]. Moskva, 1998. P. 123. (In Russ.)
5. Kornilov N.V. Travmatologiya i ortopediya [Traumatology and Orthopedics]. Moskva. 2011. 594 p. (In Russ.)
6. Lebedeva M.N., Ageenko A.M., Shevchenko V.P., Novikov V.V. Gemodinamicheskii status na etapakh khirurgicheskoi korrektsii tyazhelykh form skolioza v usloviyakh razlichnykh variantov anesteziologicheskoi zashchity [Hemodynamic status at stages of surgical correction of severe scoliosis in the settings of various anesthesia options]. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine surgery]. 2009. Issue 4. Pp. 62–69. (In Russ.)
7. Likhvantsev V.V., Pecheritsa V.V. Sovremennaya ingalyatsionnaya anesteziya [Modern inhalation anesthesia]. Moskva. 2003. 189 p. (In Russ.)
8. Morgan D.E., Megid S.M., Maikl Dzh.M. Klinicheskaya anesteziologiya [Clinical anesthesiology : transl. from English]. Ed. A.M. Tseitlin. Moskva. 2014. 1216 p. (In Russ.)
9. Baum J. Low-flow anaesthesia. *European J. of Anaesthesiology*. 1996. Vol. 13, N 5. Pp. 432–435.
10. Lortat-Jacob B., Billard V., Buschke W., Servin F. Assessing the clinical or pharmaco-economical benefit of target controlled desflurane delivery in surgical patients using the Zeus anaesthesia machine. *Anaesthesia J. of the Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland*. 2009. Vol. 64, N 11. Pp. 1229–1235.
11. Murray J.M. Intravenous or inhalational anaesthesia: Cost v/benefits: a pharmacoeconomic view. *Annual Scientific Meeting. Belfast*. 2000. Pp. 33–48.
12. Potdar M.P., Kamat L.L., Save M.P. Cost efficiency of target-controlled inhalational anesthesia. *J. Anaesthesiol. Clin. Pharmacol.* 2014. Vol. 3, N 2. Pp. 222–227.
13. Singaravelu S., Barclay P. Automated control of end-tidal inhalation anaesthetic concentration using the GE Aisys Carestation. *British J. of Anaesthesia*. 2013. Vol. 110, N 4. Pp. 561–566.

Received 25.08.2015