

Ежевская А.А.

## Регионарная анестезия в хирургии позвоночника и спинного мозга

ФГБУ «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» МЗ РФ,  
603155, Нижний Новгород

Обзор посвящен обобщению, систематизации и анализу результатов клинических исследований в области изучения проблемы использования регионарных методов обезболивания в хирургии позвоночника и спинного мозга на интраоперационном этапе, а также методов борьбы с послеоперационной болью. В настоящем обзоре представлены в том числе и новые данные, касающиеся описания различных методик регионарного обезболивания, выбора метода анестезии и анальгезии в зависимости от вида оперативного вмешательства и применяемых лекарственных средств. Показаны возможности применения регионарного обезболивания на различных этапах оперативного вмешательства, включая продленную анальгезию в послеоперационном периоде и варианты комбинаций препаратов и самих методик. Высказано предположение, что появились новые возможности для повышения безопасности анестезии, снижения числа побочных эффектов, а также поиска новых решений для совместного применения регионарного обезболивания и нейрофизиологического мониторинга, разработки оптимальных схем анестезии, что должно способствовать лучшему пониманию данной проблемы и расширению возможностей использования достижений анестезиологии в практической медицине. Хотя регионарные методы все чаще демонстрируют свои преимущества перед общей анестезией, в том числе в хирургии позвоночника, необходимы дальнейшие исследования в этой области медицины для определения их влияния на результат лечения и восстановления пациента в целом. **Ключевые слова:** регионарная анестезия; хирургия позвоночника; эпидуральная анальгезия; спинальная анестезия; хирургическая коррекция сколиоза; спондилодез.

**Для цитирования:** Ежевская А.А. Регионарная анестезия в хирургии позвоночника и спинного мозга. *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. 2016; 10 (1): 19–29. DOI: 10.18821/1993-6508-2016-10-1-19-29

**Для корреспонденции:** Ежевская Анна Александровна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения анестезиологии-реанимации ФГБУ «ПФМИЦ» МЗ РФ, e-mail: annaezhe@yandex.ru

Ezhevskaya A.A.

### REGIONAL ANESTHESIA IN SPINE AND SPINAL CORD SURGERY

*Nizhny Novgorod Research Institute of Traumatology and Orthopedics, 603155, Nizhny Novgorod, Russia*

The review is concerned with the summarizing, systematization and analysis of the results of current clinical studies of the use of regional techniques of anesthesia during the spine surgery and spinal cord surgery on the intraoperative stage, as well as regional techniques of postoperative pain management. The current review represents new data concerning description of various regional techniques of anesthesia, the different choice of anesthesia and analgesia, depending on the type of surgery and used drugs. The present overview will focus on possibilities of the use of regional anesthesia at various stages of surgery, including prolonged analgesia in the postoperative period and options combinations of drugs and techniques themselves. We have suggested that there are new opportunities to improve the safety of anesthesia, reduce the number of side effects, as well as finding new solutions for collaborative use of regional anesthesia and neurophysiological monitoring, development of optimal schemes of anesthesia, which should contribute to a better understanding of the issue and expand the possibilities of using the achievements of anesthesiology in medical practice. Although regional techniques are increasingly demonstrating its advantages over general anesthesia, including spine surgery, further research is mandatory in this field of medicine to determine their influence on the surgery outcome of the treatment and the patient's recovery as a whole. **Keywords:** regional anesthesia; spinal surgery; epidural analgesia; spinal anesthesia; surgical correction of scoliosis; spinal fusion.

**For citation:** Ezhevskaya A.A. Regional anesthesia in spine and spinal cord surgery. *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroy boli (Regional Anesthesia and Acute Pain Management)* 2016; 10 (1): 19–29. (In Russ.). DOI: 10.18821/1993-6508-2016-10-1-19-29

**For correspondence:** Anna Ezhevskaya, MD, PhD, senior researcher of the Department of anesthesiology and resuscitation of Nizhny Novgorod Research Institute of Traumatology and Orthopedics, e-mail: annaezhe@yandex.ru

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The study had no sponsorship.

Received 20 December 2015

Accepted 25 January 2016

Хирургические вмешательства на позвоночнике и спинном мозге всегда проводились и продолжают выполняться под общей анестезией. В то же время использование регионарных методов обезболивания при данных вмешательствах для интраоперационной анестезии остается весьма

спорным вопросом. Чаще всего это объясняется специальным положением пациента во время операции, большой продолжительностью и особенностями оперативных вмешательств, предпочтениями хирурга и/или анестезиолога, а также все более заметной тенденцией отказа от центральных

нейроаксиальных блокад в пользу периферических [1, 2]. Одной из причин для отказа хирурга применять регионарные методы может быть наличие катетера в непосредственной близости от операционного поля. Тем не менее за последнее десятилетие в доступной литературе неуклонно отмечался рост публикаций о применении регионарных методов в хирургии позвоночника [2, 3].

Цель настоящего обзора – анализ и систематизация данных, накопленных к настоящему моменту и касающихся различных аспектов использования регионарной анестезии на интраоперационном и послеоперационном этапах при оперативных вмешательствах на позвоночнике и спинном мозге, что должно способствовать лучшему пониманию данной проблемы и расширению возможностей использования достижений анестезиологии в практической медицине.

### **Общая анестезия: преимущества и недостатки**

На сегодняшний день созданы практически все условия для выполнения одномоментного многоэтапного оперативного лечения различных деформаций позвоночника [4]. В соответствии с требованиями современной общей анестезии любой ее вариант должен обеспечивать адекватную защиту, что достигается реализацией известных компонентов общей анестезии. По данным ряда авторов, адекватная анестезиологическая защита должна соответствовать характеру операционного вмешательства, выраженности и длительности операционной травмы, возрасту и особенностям пациента, наличию и характеру сопутствующей патологии, исходному состоянию и др. [5–10].

Наиболее распространенной методикой общей анестезии, обеспечивающей травматичные вертеброхирургические вмешательства, явилась методика тотальной в/в анестезии по методике Новосибирского НИИТО – на основе в/в гипнотика пропофола, наркотического анальгетика (фентанила), стресс-протектора клофелина, субанестетических доз кетамина и мышечной релаксацией нимбексом с проведением интраоперационного пробуждения пациента или интраоперационного теста Стагнара [7, 8, 10]. Кроме того, по мнению И.А. Саввиной, к требованиям, предъявляемым к проведению анестезиологического обеспечения подобного рода оперативных нейрохирургических вмешательствах, относятся:

- ♦ необходимость создания надежного сегментарного уровня нейровегетативной стабилизации, соответствующего стадии III<sub>1</sub>–III<sub>2</sub> глубины наркоза по Гведелу – спинальной анестезии в ходе

многочасовых оперативных вмешательств на позвоночнике, корешках спинномозговых нервов;

- ♦ формирование стабильного гемодинамического профиля и профилактика постуральных реакций при изменении положения тела пациента на операционном столе;
- ♦ выбор миорелаксанта недеполяризующего действия во избежание развития гиперкалиемии у спинальных пациентов в ответ на мышечные фибрилляции от депполяризующих релаксантов, что случалось раньше довольно часто;
- ♦ своевременное возмещение кровопотери и коррекция ОЦК;
- ♦ восстановление сознания и адекватного самостоятельного дыхания сразу после окончания анестезии и операции для проведения неврологического обследования в раннем послеоперационном периоде;
- ♦ пролонгированная анальгезия после окончания операции, так зона оперативного вмешательства является в данном случае зоной мощного рефлексогенного воздействия, запускающей гипердинамические реакции кровообращения и психоэмоциональный дискомфорт у пациентов [11, 12].

Всем вышеперечисленным требованиям и условиям в достаточно полной мере отвечает методика общей анестезии на основе сочетанного использования опиоидного анальгетика фентанила и  $\alpha_2$ -адреноагониста клофелина в комбинации с севофлураном или пропофолом. Однако вследствие многочасовых и травматичных вмешательств, итоговые суммарные дозы опиоидов, в частности фентанила, а также пропофола, выглядят весьма солидными [6, 9, 13–15].

Описанные методики тотальной в/в анестезии на основе гипнотика пропофола, наркотического анальгетика фентанила, миорелаксанта нимбекса, с использованием стресс-протектора клофелина широко применяются в различных центрах нашей страны и за рубежом [13, 14, 16–21]. При этом общая анестезия на основе пропофола и фентанила является золотым стандартом анестезии в США при проведении мониторинга функции спинного мозга с помощью соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) и двигательных или моторных вызванных потенциалов (ДВП) с помощью многофункционального нейрофизиологического комплекса [21].

### **Регионарная анестезия при операциях на позвоночнике**

Методика постоянной эпидуральной инфузии применяется при различных оперативных вмешательствах уже довольно длительное время.

Наиболее широкое исследование по применению регионарной анестезии в хирургии позвоночника было проведено в нашей стране на базе НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко РАМН, г. Москва. Авторы применяли катетеризацию эпидурального пространства по общепринятой методике, на 2-3 сегмента выше предполагаемого разреза, до операции [22, 23]. Из 128 пациентов, включенных в исследование, 54 были прооперированы в условиях эпидуральной блокады с в/в седацией пропофолом при сохраненном спонтанном дыхании, а 33 пациента – в условиях сочетания эпидуральной и общей анестезии. Несмотря на небольшие отличия в показателях гемодинамики в группах, включая контрольную группу с нейролептанальгией, в исследовании были получены результаты в виде выраженных различий содержания катехоламинов сыворотки крови во время операции, что свидетельствовало о высоком уровне антиноцицептивной защиты, вызванном эпидуральной анестезией. Однако авторы отмечали, что ограничивающим фактором являлось именно положение пациента на животе на операционном столе во время операции из-за возможных респираторных проблем [22–24].

Учитывая общий опыт применения регионарных методов контроля послеоперационной боли как у взрослых пациентов, так и детей, возможно, что подобная эффективность и безопасность могут быть получены при использовании данных методов и после таких крупных ортопедических процедур, как переднего или заднего спондилодеза.

В своей обзорной статье J.D. Tobias выделил следующие существующие методики анальгезии после операций на позвоночнике у детей, которые различаются между собой:

- 1) по дозе используемого лекарственного средства;
- 2) пути его введения (субдуральный или эпидуральный);
- 3) способу доставки (однократно, болюсное введение или непрерывная инфузия);
- 4) количеству используемых эпидуральных катетеров (один или два);
- 5) вводимым препаратам (опиоиды, местные анестетики, другое);
- 6) используемым опиоидам (морфин, фентанил и т.д.);
- 7) выбору контрольной группы (болюсное введение морфина по требованию или контролируемая пациентом анальгезия (КПА или англ. PCA)) [25].

В настоящее время подтвержденных данных, свидетельствующих об анальгетическом превосходстве регионарных методов над системным обез-

боливанием опиоидами, имеется лишь ограниченное количество. В то же время исследования свидетельствуют о других клинических преимуществах регионарной анестезии, включающих снижение интраоперационной кровопотери и более быстрое восстановление функции желудочно-кишечного тракта. В связи с накопленным опытом нейроаксиальных методов обезболивания подобная эффективность и безопасность могут быть получены и после больших ортопедических вмешательств, таких как передний или задний спондилодез позвоночника (англ. ASF, PSF) [25]. Хотя наибольший опыт использования нейроаксиальной анестезии (поясничной эпидуральной или спинальной) связан с проведением короткого сегментарного вмешательства на поясничном уровне у взрослых [26].

В 90-х гг. прошлого столетия В.J. Dalens и соавт. описали свой опыт анестезии при «этапной сегментарной хирургии сколиоза» (segmental staged scoliosis surgery – SSSS), где использовалась методика спинальной или эпидуральной анестезии [27]. В связи с сопутствующими функциональными нарушениями, в том числе и дыхательной недостаточностью в группе из 6 пациентов, авторы признали риски от общей анестезии непомерно высокими [27]. Все пациенты имели прогрессирующий сколиоз, которым выполняли операцию заднего спондилодеза (PSF) путем этапного подхода или доступа, когда проводилась фиксация всего 3–5 сегментов за одну процедуру. В общей сложности каждый пациент в данном исследовании подвергся от 3 до 11 операциям, которые проводились под эпидуральной или спинальной анестезией. Несмотря на успех данной методики с SSSS, авторы выступили против использования данного метода в неопытных руках.

В дополнение к использованию нейроаксиальных методов для интраоперационной анестезии, в литературе имеются доказательства потенциальной эффективности этих методов для обеспечения обезболивания после операций на позвоночнике у взрослых [28–30]. Так, G.P. Joshi и соавт. сравнивали поясничную эпидуральную инфузию фентанила с контролируемой пациентом анальгезией в проспективном рандомизированном исследовании у 20 взрослых пациентов после поясничной ламинэктомии [28]. При этом эпидуральная анальгезия проводилась путем непрерывной инфузии фентанила (2 мкг/мл) со скоростью 4–10 мл/ч через эпидуральный катетер, установленный хирургом при завершении операции. Кончик катетера помещали в середину хирургического разреза. КПА проводили морфином, 1 мг каждые 6 мин, по мере необходимости. При этом обе группы могли использовать морфин при

необходимости для лечения «прорвавшейся» боли. По сравнению с КПА, пациенты в группе с ЭА выставляли более низкие оценки, оценивая послеоперационную боль по ВАШ. Кроме того, в группе с ЭА снижалась потребность в морфине в первые 48 ч после операции. Помимо того, не было отмечено никакой разницы в частоте побочных эффектов среди групп пациентов [28].

### **Обезболивание после операций на позвоночнике: интратекальное введение опиоидов**

#### *Передний (ASF) и задний спондилодезы (PSF)*

B.J. Dalens и соавт. оценивали влияние интратекального введения морфина (0,025 мг/кг), который вводили на поясничном уровне до начала хирургического вмешательства у 20 детей, перенесших либо ASF ( $n=5$ ) или PSF ( $n=15$ ). В данном исследовании все пациенты были экстубированы в течение 30 мин после завершения операции, при этом ни один пациент не потребовал дополнительного введения анальгетиков в течение 36 ч после операции [31].

R.G. Blackman и соавт. вводили интратекально морфин 33 педиатрическим пациентам, подвергшимся процедуре PSF, в средней дозе 0,01 мг/кг, в объеме 10 мл на поясничном уровне примерно за час до завершения хирургического вмешательства [32]. Средняя продолжительность безболевого периода составляла 18,8 ч (в диапазоне от 0 до 40 ч), при этом двое пациентов совсем не ощущали никакой боли. Хотя у 30 из 33 пациентов данного исследования спонтанное дыхание восстанавливалось в течение 15 мин по завершении операции, у 3 пациентов были отмечены признаки угнетения дыхания. Отсроченное угнетение дыхания, через 6 ч после операции, было зарегистрировано у 5 пациентов, но было успешно купировано во всех случаях с помощью в/в введения налоксона. Авторы данного исследования полагали, что высокая частота угнетения дыхания в популяции пациентов, вошедших в исследование, могла быть результатом увеличения объема морфина, используемого интратекально. Такой большой объем (10 мл) был использован для минимизации последствий экстра-текальной утечки морфина из места инъекции [32].

M. Goodarzi оценивал эффективность интратекального морфина на поясничном уровне (0,02 мг/кг) в сочетании с интратекальным введением суфентанила (50 мкг) до начала хирургического вмешательства на задних структурах позвоночника (PSF) [33]. В исследование были включены 80 детей, 40 из которых получили интратекально морфин/суфентанил, и 40 детей получили в/в суфентанил

(1-3 мкг/кг). Авторами были получены следующие результаты: интраоперационная кровопотеря была меньше в группе с интратекальным введением морфина/суфентанила, по сравнению с контрольной группой ( $27,4\% \pm 42,8\%$ , по сравнению с  $53,5\% \pm 33,5\%$  от объема крови,  $p < 0,02$ ). Безболевого периода длился 14,5 ч (диапазон 0–36 ч) после операции у пациентов с интратекальным введением опиоидов, по сравнению с контрольной группой, где отмечалась практически немедленная потребность в них. Кроме того, в послеоперационном периоде раннюю активизацию лучше переносили пациенты с интратекальным введением морфина. Несмотря на то что уровни  $\text{PaCO}_2$  были выше в группе с интратекальным введением морфина, не было ни одного случая депрессии дыхания [33].

O. Gall и соавт. оценивали эффективность двух доз интратекального введения морфина (2 или 5 мкг/кг) по сравнению с физиологическим раствором у 30 детей и подростков в возрасте от 9 до 19 лет, при PSF вмешательстве [34]. Авторами были получены следующие данные: интраоперационная кровопотеря была значительно меньше в группе с 5 мкг/кг ( $14 \pm 10$  мл/кг), чем в группе с 2 мкг/кг ( $34 \pm 19$  мл/кг) и контрольной группе ( $41 \pm 23$  мл/кг). Потребность в морфине при КПА в первые 24 ч была существенно разной и составила  $49 \pm 17$ ,  $19 \pm 10$  и  $12 \pm 12$  мг в физиологическом растворе, 2 мкг/кг и 5 мкг/кг интратекального введения морфина соответственно,  $p < 0,0001$ . Медианы боли в покое были в пределах 0–20 мм по ВАШ в первые 24 ч после операции в группах с 2 и 5 мкг/кг интратекального введения морфина и значения статистически значимо отличались от контрольной группы через 2, 4 и 14 ч после операции. Хотя и имелась тенденция к снижению боли в группе с 5 мкг/кг морфина, выраженность болевого синдрома при кашле не отличалась среди 3 групп. Побочные эффекты, включающие повышение углекислого газа в конце выдоха более чем на 55 мм рт. ст., частоту дыхания менее 12 дыханий в мин, седацию более 2 баллов, тошноту, рвоту и зуд, не отличались между всеми 3 группами [34].

### **Обезболивание после операций на позвоночнике: эпидуральная анальгезия**

В доступной литературе описываются различные методики послеоперационного обезболивания с использованием эпидуральной блокады. Методики различаются между собой по следующим отличительным признакам:

- 1 или 2 эпидуральных катетера;
- прерывистая (болюсная) или непрерывная инфузия;

- применяемые наркотические анальгетики;
- хирургическое вмешательство.

Последнее включает в себя задний, передний спондилодезы, ламинэктомию.

В свое время еще Э.В. Ульрих и соавт. предложили способ комбинированной эпидуральной анестезии путем интраоперационной однократной пункции желтой связки и введения перед тракцией позвоночника 2% раствора тримекаина или 1,5% раствора лидокаина в стандартной дозе [35, 36]. Однако известный способ имел недостатки: он не обеспечивал адекватной защиты пациента от хирургической травмы на всех этапах операции, т.к. эпидуральную блокаду выполняли уже во время проводимой операции местными анестетиками короткого действия, т.е. отсутствовал предупреждающий и пролонгированный эффекты анестезии.

### **Один катетер, болюсное эпидуральное введение морфина после заднего спондилодеза**

L. Amaranth и др. ретроспективно оценили свой опыт по эпидуральному введению морфина после PSF у 35 подростков, в возрасте от 11 до 17 лет. У 17 пациентов эпидуральный катетер был установлен на уровне L<sub>1-2</sub> перед ушиванием раны [37]. Прерывистое введение морфина (30–50 мкг/кг) осуществляли 1 или 2 раза в день с целью послеоперационного обезбоживания. В обеих группах дополнительно вводился в/в морфин по требованию. Расход в/в морфина был значительно меньше в группе с эпидуральным введением морфина на протяжении первых 48 ч после операции [37].

### **Один катетер, постоянная эпидуральная инфузия морфина, задний спондилодез (PSF)**

D.M. Arms и др. представили данные об эпидуральном обезбоживании у 12 педиатрических пациентов, средний возраст которых был 13 лет, после заднего спондилодеза (PSF) [38]. Эпидуральный катетер устанавливался хирургом перед ушиванием раны. Одному пациенту вводили эпидуральный болюс раствора во время операции, остальным 11 пациентам вводили болюс только после операции в палате интенсивной терапии. Болюс включал 30–50 мкг/кг морфина с 5–10 мл 0,1–0,25% раствором бупивакаина. После этого следовала непрерывная инфузия бупивакаина с морфином, управляемая медсестрой или КПА. Общие дозы эпидурально вводимых препаратов варьировались следующим образом: 4–10 мл/ч 0,0625–0,125% бупивакаина и 5–10 мкг/кг/ч морфина. У всех пациентов послеоперационное обезбоживание оценивалось как

удовлетворительное. У одного пациента с мышечной дистрофией Дюшенна развились ателектазы и дыхательная недостаточность, потребовавшая реинтубации трахеи и ИВЛ. Однако авторы данного исследования посчитали, что это не было связано с эпидуральной инфузией [38].

Самое большое исследование по эпидуральному обезбоживанию провели В.А. Shaw и др., где был проанализирован опыт, объединивший 71 случай эпидуральной анальгезии у подростков после операций на позвоночнике [39]. Авторы продемонстрировали ретроспективные данные по 30 пациентам и проспективные данные для 41 пациента. Задний спондилодез проводился 50 пациентам, комбинированный переднезадний – 16 пациентам и передний спондилодез – 5 пациентам. При 5 передних спондилодезах эпидуральный катетер устанавливался чрескожно анестезиологом, в то время как во всех остальных случаях катетеры устанавливались во время операции хирургами на уровне T<sub>9</sub>. При этом 61 пациент получал послеоперационную инфузию раствором гидроморфона (10–50 мкг/мл), остальным 10 эпидурально вводили либо фентанил, либо морфин. Кроме того, во всех случаях инфузия также включала 0,0625–0,125% раствор бупивакаина со скоростью 2–10 мл/ч. Обезбоживание было успешным у 64 пациентов, у 5 анальгезия была признана неадекватной, еще 2 пациента не смогли ее оценить [39].

J.F. Cassidy и др. сравнивали эффективность грудной эпидуральной анальгезии (продленной инфузии бупивакаина и фентанила) с в/в контролируемой пациентами анальгезией у 33 пациентов, в возрасте от 11 до 18 лет [40]. Авторы не установили никакой разницы в эффективности обезбоживания между группами пациентов, оценивая боль с помощью ВАШ. Однако в группе с ЭА имело место более быстрое восстановление кишечных шумов. У 20% пациентов, получающих эпидуральную анальгезию, возвращение кишечных шумов происходило в день операции, по сравнению с 0% в группе с в/в КПА. В первое утро после операции кишечные шумы присутствовали у 80% пациентов в группе с ЭА, по сравнению с 43,75% пациентов с в/в обезбоживанием морфином путем КПА.

В исследовании А. Turner и др. были представлены результаты применения эпидуральной инфузии фентанила и бупивакаина после заднего спондилодеза у 14 пациентов в возрасте от 12 до 22 лет [41]. После установки эпидурального катетера его местоположение оценивали с помощью красителя. У 5 пациентов краситель не был обнаружен в эпидуральном пространстве, а также не было обезбоживания. У 7 пациентов краситель был обнаружен эпидурально, а у 2 пациентов краситель

был отмечен в паравerteбральных пространствах. Кроме того, именно у данных 9 пациентов имело место адекватное обезболивание. Авторы сделали следующее заключение, что только правильно расположенные катетеры обеспечивали эффективную анальгезию [41].

### **Два эпидуральных катетера, продленная инфузия, задний спондиллодез (PSF)**

В предыдущих клинических исследованиях с использованием одного эпидурального катетера для обезболивания после заднего спондиллодеза многие пациенты жаловались на боль в верхней или нижней части разреза. Учитывая небольшой предыдущий клинический опыт, J.D. Tobias и соавт. оценили потенциальную эффективность системы из двух эпидуральных катетеров для обезболивания после заднего спондиллодеза [42]. Методика установки двух эпидуральных катетеров была проведена и проанализирована у 14 пациентов в возрасте от 5 до 17 лет. Два эпидуральных катетера устанавливались перед ушиванием раны. Под рентгеноскопией контролировали кончик верхнего катетера, который располагался на уровне  $T_{1-4}$  и кончик нижнего катетера, расположенного на уровне  $L_{1-4}$ . В катетеры вводили первоначально раствор, содержащий 1 мкг/кг фентанила и 5 мкг/кг гидроморфона. Раствор вводили в нижний катетер в дозе 0,2 мл/кг и в верхний катетер в дозе 0,1 мл/кг. После окончания операции и неврологического осмотра пациента в катетеры вводили раствор местного анестетика (0,2% раствор ропивакаина – 0,2 мл/кг в нижний катетер и 0,1 мл/кг в верхний катетер), а затем начинали продленную инфузию 0,1% раствора ропивакаина и гидроморфона 10 мкг/мл, со скоростью 0,1 мл/кг/ч в верхний и 0,2 мл/кг/ч в нижний катетеры. При необходимости для купирования мышечного спазма вводился в/в раствор диазепама. Для купирования легкой и умеренной боли применяли в/в кеторолак. Эффективность обезболивания оценивали с помощью ВАШ (от 0 до 10). Адекватное обезболивание было зарегистрировано у всех 14 пациентов без каких-либо побочных эффектов. Пациенты потребовали 0–3 дозы диазепама в 1-й и 2-й день и 0–2 дозы с 3-го по 5-й день [42].

Аналогичная эффективность использования техники двух эпидуральных катетеров впоследствии была продемонстрирована G. Ekatodramis и соавт. у 23 подростков [43]. По окончании хирургической операции верхний (краниальный) катетер устанавливали на уровне  $T_{4-6}$ , а нижний катетер –  $T_{10}$ – $L_1$ . Эпидуральную инфузию начинали сразу после проведения неврологического осмотра, вначале вводили первоначальный болюс 0,0625%

раствора бупивакаина (8 мл для пациентов с массой тела более 50 кг и 5 мл для пациентов с массой тела менее 50 кг), а затем осуществляли непрерывную инфузию 0,0625% раствора бупивакаина с фентанилом 2 мкг/мл и клонидином 3 мкг/мл со скоростью 10 мл/ч. Практически полное обезболивание в покое было получено у всех пациентов. При активизации и дыхательной физиотерапии обезболивание было адекватным у 19 из 23 пациентов. Всего 4 пациентам потребовалось введение в/в морфина при боли больше чем 30 баллов по 100-балльной ВАШ [43].

При дорсальных вмешательствах на позвоночнике в доступной литературе известно о применении эпидуральной анальгезии в основном только на послеоперационном этапе [29, 42, 44–46]. Авторы использовали 0,2–0,3% растворы ропивакаина и бупивакаина для послеоперационной анальгезии в чистом виде или в смеси с суфentanилом (2 мкг/мл) или морфином (2 мг/мл) в 1 или 2 эпидуральных катетера, установленных в конце операции анестезиологом или хирургом, на протяжении последующих 2–3 сут [45, 46].

Таким образом, не остается никаких сомнений, что после больших операций на позвоночнике пациенты испытывают сильную боль. Учитывая потенциальные побочные эффекты при использовании парентеральных опиоидов, в том числе депрессию дыхания, кишечную непроходимость, выраженный седативный эффект и нежелание некоторых клинических центров использовать нестероидные противовоспалительные препараты из-за их влияния на функцию тромбоцитов, желудочно-кишечного тракта и остеогенез, становится очевидной проблема необходимости развития альтернативных методов и технологии анестезии и послеоперационного обезболивания.

Имеющиеся в доступной нам литературе публикации, касающиеся интратекального и эпидурального обезболивания в хирургии позвоночника, во многих случаях ограничены из-за отсутствия в проводимых исследованиях контрольной группы. При рассмотрении использования интратекального морфина показаны преимущества, связанные с улучшением послеоперационного обезболивания и с уменьшением потребности в парентеральных опиоидах. Однако исследования M. Goodarzi и соавт., а также O. Gall и соавт. продемонстрировали не только адекватный анальгетический эффект, но также и уменьшение интраоперационной кровопотери [33, 47]. Этот подход, как представили авторы методик, является довольно эффективным с приемлемым профилем развития неблагоприятных эффектов. Основным его недостатком является ограниченный срок действия интратекальных

опиоидов, в лучшем случае 18–24 ч. Однако в нашей стране мы по-прежнему не имеем возможности применять опиоиды интратекально, а только эпидурально.

Изучая эпидуральную анестезию, сразу несколько исследований, используя различные комбинации местных анестетиков и опиоидов, продемонстрировали ее эффективность. Однако имеется лишь ограниченное число проведенных исследований, показывающих превосходство РА по сравнению с обычным КПА.

Несмотря на то что L. Amaranth и соавт. показали снижение потребности в опиоидах у пациентов, получающих эпидуральный морфин, проспективное рандомизированное исследование не выявило никакой разницы в анальгетической эффективности между группами с эпидуральной анальгезией и в/в контролируемой пациентом анальгезией морфином [37]. Однако данное исследование действительно демонстрирует более быстрое возвращение функции желудочно-кишечного тракта в группе пациентов с эпидуральной анальгезией.

Отсутствие преимущества нейроаксиального обезболивания перед парентеральным отмечается также и в исследовании J.F. Cassady и соавт., что может быть результатом использования липофильного опиоида, фентанила, охватывающего всего несколько дерматомов (10–12 для большинства процедур) [40]. Поэтому J.D. Tobias и соавт. предложили методику, описанную в их предыдущем исследовании, после заднего спондилодеза, с использованием двух эпидуральных катетеров и с введением липофильных опиоидов, что, тем самым, помогало избегать неблагоприятных последствий от применения гидрофильных опиоидов, таких как дыхательных расстройств, послеоперационной тошноты и рвоты и выраженного кожного зуда [25].

В нашей стране В.А. Айзенберг и соавт. предложили методику интраоперационного обезболивания с введенным эпидурально 1% раствором морфина (100 мкг/кг с разведением в 10–12 мл изотонического раствора натрия хлорида) в поясничном отделе на уровне L<sub>3</sub>–L<sub>4</sub> после индукции и интубации трахеи, но перед началом задней коррекции деформации позвоночника [17, 18]. Эпидуральное введение морфина являлось компонентом сбалансированной анестезии с применением ингаляции севофлурана и в/в введения фентанила на фоне ИВЛ и миорелаксации у 33 детей. Непосредственно саму операцию начинали через 40 мин от момента введения морфина. С целью послеоперационного обезболивания авторами применялась двухуровневая катетеризация эпидурального пространства в конце оперативного

вмешательства и продленная инфузия 0,1% раствора ропивакаина в 2 катетера на протяжении 3–4 сут послеоперационного периода. Данное исследование продемонстрировало высокое качество анальгезии эпидуральным морфином, значительное уменьшение расхода системных опиоидов, снижение интраоперационной кровопотери на 10%, а также уменьшение количества послеоперационных осложнений (в первую очередь, тошнота и рвота, нижний парапарез) в сравнении с пациентами, прооперированными под общей анестезией [16].

Оценка эффективности методов регионарной анестезии была осложнена проблемами, упомянутыми выше, в том числе дозами используемых препаратов, точкой приложения (интратекально или эпидурально), режимом доставки (разовая доза, прерывистое болюсное введение или непрерывная инфузия), числом используемых катетеров (один против двух), лекарствами или их смесями (опиоиды, местные анестетики, клофелин), используемыми опиоидами (морфин, фентанил, гидроморфон), обезболивающим режимом в контрольной группе (прерывистый «по мере необходимости» морфина или КПА), типом операции (короткий сегментарный спондилодез, короткая сегментарная ламинэктомия для PSF и ASF) и хирургическим подходом (открытый против торакоскопического).

Действительно, единичные исследования были проведены в группах пациентов, которым применяли предоперационную эпидуральную блокаду, включая катетеризацию эпидурального пространства в ряде случаев, однако это были исключительно короткие задние поясничные спондилодезы либо передние (торакальные) спондилодезы, либо передние коррекции сколиотических деформаций [3, 43].

Альтернативой эпидуральной блокаде в послеоперационном периоде может быть анестезия послеоперационной раны с использованием двух специальных длинных катетеров с перфорациями на большом протяжении, уложенных паравертебрально в конце операции. Однако эффективность анальгезии при этом методе обезболивания оказалась несколько ниже, что требовало сочетания с системным обезболиванием, в том числе ненаркотическими анальгетиками [17, 18, 48].

## ССВП и анестезия

Дополнительная проблема, связанная с применением нейроаксиальных методов анестезии, относится к их потенциальному воздействию на интраоперационные методы контроля, такие как

соматосенсорные вызванные потенциалы. При этом А. Schubert и соавт., а также М. Goodarzi и соавт. продемонстрировали, что отсутствует какое-либо влияние на амплитуду или латентный период соматосенсорных вызванных потенциалов после интратекального введения морфина [49, 50]. Основные публикации по данной проблеме касаются различий во влиянии препаратов для общей анестезии, таких как пропофол и севофлуран, на амплитуду или латентный период ССВП [51–53]. Учитывая то, что оборудование для проведения нейрофизиологического мониторинга требует больших финансовых вложений, а также высоко-специализированных специалистов в этой области знаний, данная проблема является актуальной, особенно для будущих исследований в хирургии позвоночника и спинного мозга, в том числе в плане разработки оптимальных схем как общей, так и регионарной анестезии и анальгезии.

### Проблемы, связанные с эпидуральным введением опиоидов

Нейроаксиальные опиоиды, в частности морфин, могут приводить к краниальному распространению, результатом чего является отсроченная депрессия дыхания. В исследовании R.G. Blackman и соавт., в которое вошли 33 пациента, у тех больных, кто получил морфин интратекально, было отмечено раннее угнетение дыхания в 3 случаях и позднее в 5 случаях [32]. Однако авторы разводили интратекальный морфин в 10 мл жидкости, которая, возможно, способствовала краниальному распространению опиоида. В других сообщениях не было отмечено никаких других проблем, кроме иногда высоких значений PaCO<sub>2</sub>, по сравнению с контрольной группой [32].

Дополнительные побочные эффекты, связанные с нейроаксиальными опиоидами, включают зуд, тошноту и рвоту. Эти проблемы могут быть чаще всего встречаться с нейроаксиальным морфином с частотой даже выше чем 30–60% в некоторых исследованиях [47]. Данные проблемы привели к тому, что ряд исследователей перешли к использованию гидроморфона и фентанила по методике двух эпидуральных катетеров для ограничения потребности в гидрофильных опиоидах и для достижения большего распространения по дерматомам [25, 42]. Другие же исследователи показали, что сочетание эпидурального морфина с другими анальгетиками или местными анестетиками могут эффективно устранять проблемы зуда, тошноты и рвоты и улучшать анальгетическую эффективность эпидуральной анестезии [30, 37, 47].

### Заключение

Таким образом, все описанные и проанализированные регионарные методы, применяемые в хирургии позвоночника и спинного мозга, обладают высоким обезболивающим и кровесберегающим потенциалом, кроме того, в разной степени способствовали уменьшению неблагоприятных явлений, в первую очередь со стороны желудочно-кишечного тракта. Существующие спорные моменты, связанные со спецификой вмешательств, несомненно, отразились на сравнительно небольшом количестве пациентов, принимавших участие в исследованиях. Тем не менее неоспоримые положительные стороны применения регионарных методов обезболивания, а также нерешенные вопросы эффективности различных регионарных методик должны способствовать продолжению проведения исследований в этой области знаний, в плане улучшения интраоперационной анальгезии, послеоперационного лечения боли.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

### ЛИТЕРАТУРА

1. Mergeay M., Verster A., Van Aken D., Vercauteren M. Regional versus general anesthesia for spine surgery. A comprehensive review. *Acta Anaesthesiol. Belg.* 2015; 66(1): 1–9.
2. Benyahia N.M., Breebaart M.B., Sermeus L., Vercauteren M. Regional analgesia techniques for spine surgery: a review with special reference to scoliosis fusion. *J. Spine.* 2015; 4: 208.
3. Benyahia N.M., Verster A., Saldien V., Breebaart M.B., Sermeus L., Vercauteren M. Regional anaesthesia and postoperative analgesia techniques for spine surgery – a review. *Rom. J. Anaesth. and Int. Care.* 2015; 22 (1): 25–33.
4. Лебедева М.Н., Агеенко А.М., Шевченко В.П. и др. Массивная кровопотеря как фактор риска в хирургии сколиоза: пути решения проблемы. *Хирургия позвоночника.* 2009; 4: 70–79.
5. Лебедева М.Н. Гемодинамический статус на этапах хирургической коррекции тяжелых форм сколиоза в условиях различных вариантов анестезиологической защиты. *Хирургия позвоночника.* 2009; 4: 62–69.
6. Лебедева М.Н., Шевченко В.П., Быкова Е.В. и др. Обеспечение анестезиологической защиты при хирургическом лечении сколиоза с одномоментным вмешательством на передних и задних структурах позвоночника. *Материалы науч.-практ. конф. травматологов-ортопедов Респ. Беларусь.* Минск. 2000; 183–188.
7. Лебедева М.Н., Шевченко В.П., Агеенко А.М. и др. Оптимизация анестезиологической защиты при выполнении обширных реконструктивных операций по поводу тяжелых сколиотических деформаций позвоночника. *Сибирский консилиум.* 2008; 2: 46–48.
8. Лебедева М.Н., Агеенко А.М., Быкова Е.В. и др. Особенности анестезиологического обеспечения в вертеброхирургии. *Анестезиология и реаниматология.* 2005; 3: 8–11.

9. Лебедева М.Н., Агеенко А.М., Иванова Е.Ю. и др. Оценка эффективности метода низкочеточной анестезии на основе севорана при хирургической коррекции тяжелых форм сколиоза. *Сб. материалов конф. «Современные аспекты анестезиологии и интенсивной терапии»*. Новосибирск; 2009: 77–79.
10. Михайловский М.В., Фомичев Н.Г. *Хирургия деформаций позвоночника*. Новосибирск: Сиб. универ. изд-во; 2002: 424 с.
11. Саввина И.А. *Анестезиологическое обеспечение плановых нейрохирургических вмешательств у детей: учеб. пособие*. М.: ООО «ПРЕ100»; 2013: 48 с.
12. Горобец Е.С., Мизиков В.М., Николаенко Э.М., ред. *Управление нейромышечным блоком в анестезиологии. Клинические рекомендации ФАР*. Под ред. М.: ГЭОТАР–Медиа; 2014.
13. Ильина Н.Г., Шагинян А.К., Степаненко С.М., Зильбер Е.В. Оптимизация обезболивания в период пробуждения при хирургической коррекции сколиоза. *Общая реаниматология*. 2009; 4: 51–53.
14. Ильина Н.Г., Шагинян А.К., Лешкевич А.И., Степаненко С.М. Опыт применения программно-управляемой анестезии при хирургической коррекции сколиоза у детей *Всерос. образоват. конгр. «Современные достижения и будущее анестезиологии-реаниматологии в РФ»: сб. тез.* М.; 2008: 27–28.
15. Лукьянов Д.С., Лебедева М.Н., Новикова М.В., Шевченко В.П. Обеспечение безопасности вертеброхирургических операций высокого риска. *Вестн. интенсив. терапии*. 2011; 5: 55–56.
16. Айзенберг В.Л., Уколов К.Ю., Диордиев А.В. Методы анестезии при оперативном лечении сколиоза у детей. *Анестезиология и реаниматология*. 2010; 1: 57–60.
17. Айзенберг В.Л., Ульрих Г.Э., Уколов К.Ю. и др. Обезболивание у детей после хирургической коррекции сколиотической деформации позвоночника *Анестезиология и реаниматология*. 2011; 1: 59–62.
18. Айзенберг В.Л., Ульрих Г.Э., Цыпин Л.Е., Заболотский Д.В. *Регионарная анестезия в педиатрии: монография*. СПб.: Синтез Бук. 2011; 304 с.
19. Лебедева М.Н., Шевченко В.П., Быкова Е.В. и др. Методика интраоперационного пробуждения больных при анестезиологическом обеспечении хирургического лечения сколиоза у детей и подростков. *Материалы Урал. регион. мед.-техн. семинара «Респираторная поддержка современными аппаратами искусственной вентиляции легких»*. Екатеринбург; 2001: 81.
20. Новикова М.В., Лебедева М.Н., Михеева С.А. Оптимизация методики анестезиологической защиты при хирургической коррекции тяжелых форм сколиоза. *Цивьяновские чтения: сб. материалов всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием*. Новосибирск; 2010: 55–57.
21. Zhang C.H., Ma W.Q., Yang Y.L. et al. Median effective effect-site concentration of sufentanil for wake-up test in adolescents undergoing surgery: a randomized trial. *ВМС Anesthesiol*. 2015; 8: 15–27.
22. Соленкова А.В., Лубнин А.Ю., Тенедиева В.Д. и др. Эпидуральная анестезия при оперативных вмешательствах на позвоночнике и спинном мозге. Часть I. Сравнительный анализ адекватности анестезиологической защиты в условиях эпидуральной анестезии и нейролептаналгезии. *Анестезиология и реаниматология*. 2000; 4: 27–32.
23. Соленкова А.В., Лубнин А.Ю., Арестов О.Г., Шевелев И.Н. Эффективность и безопасность эпидуральной анестезии при операциях на позвоночнике. *Регионарная анестезия и лечение боли: тематич. сб.* М.; Тверь; 2004: 229–238.
24. Соленкова А.В., Лубнин А.Ю., Шевелев И.Н. Возможности применения эпидуральной анальгезии в послеоперационном периоде при оперативных вмешательствах на позвоночнике и спинном мозге. *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. 2008; 4: 53–63.
25. Tobias J.D. A review of intrathecal and epidural analgesia after spinal surgery in children. *Anesth. Analg.* 2004; 98: 956–965.
26. Kopacz D.J., Helman J.D., Nussbaum C.E. et al. A comparison of epidural levobupivacaine 0.5% with or without epinephrine for lumbar spine surgery. *Anesth. Analg.* 2001; 93: 755–760.
27. Dalens B.J., Khandwala R.S., Tanguy A. Staged segmental scoliosis surgery during regional anesthesia in high-risk patients: a report of six cases. *Anesth. Analg.* 1993; 76: 434–439.
28. Joshi G.P., McCarroll S.M., O'Rourke K. Postoperative analgesia after lumbar laminectomy: epidural fentanyl infusion versus patient-controlled intravenous morphine. *Anesth. Analg.* 1995; 80: 511–514.
29. Lowry K.J., Kittle D., Gaines R., Tobias J.D. Postoperative pain control using epidural catheters following short segment posterior spinal fusion. *Am. J. Pain Manage.* 2001; 11: 54–59.
30. Rehtine G.R., Reinert C.M., Bohlman H.H. The use of epidural morphine to decrease postoperative pain in patients undergoing lumbar laminectomy. *J Bone Jt Surg.* 1984; 66 (A): 113–116.
31. Dalens B.J., Tanguy A. Intrathecal morphine for spinal fusion in children. *Spine.* 1988; 13: 494–498.
32. Blackman R.G., Reynolds J., Shively J. Intrathecal morphine dosage and efficacy in younger patients for control of postoperative pain following spinal fusion. *Orthopedics.* 1991; 14: 555–557.
33. Goodarzi M. The advantages of intrathecal opioids for spinal fusion in children. *Paediatr. Anaesth.* 1998; 8: 131–134.
34. Gall O., Aubineau J.V., Berniere J. et al. Analgesic effect of low dose intrathecal morphine after spinal fusion in children. *Anesthesiology.* 2001; 94: 447–452.
35. Ульрих Э.В., Андронников В.Ю., Ульрих Г.Э. Эпидуральная блокада как компонент анестезии у детей с деформацией позвоночника. *Материалы науч.-практ. конф. «50 лет детской хирургической службе Ярославля»*. Ярославль; 1996: 55–56.
36. Мушкин А.Ю., Ульрих Г.Э., ред. Анестезиологическое обеспечение CD коррекции. *Инструментальная коррекция деформаций позвоночника методом Y. Cotrel и J. Dubousset*. СПб., 2002: 8–10.
37. Amaranth L., Andrish J.T., Gurd A.R. et al. Efficacy of intermittent epidural morphine following posterior spinal fusion in children and adolescents. *Clin. Orthop. Rel. Res.* 1989; 249: 223–226.
38. Arms D.M., Smith J.T., Osteyee J., Gartrell A. Postoperative epidural analgesia for pediatric spine surgery. *Orthopedics.* 1998; 21 (5): 539–544.
39. Shaw B.A., Watson T.C., Merzel D.I. et al. The safety of continuous epidural infusion for postoperative analgesia in pediatric spine surgery *J. Pediatr. Orthop.* 1996; 16: 374–377.
40. Cassidy J.F., Lederhaas G., Cancel D.D. et al. A randomized comparison of the effects of continuous thoracic epidural analgesia and intravenous patient-controlled analgesia after posterior spinal fusion in adolescents. *Reg. Anesth. Pain Med.* 2000; 25: 246–253.
41. Turner A., Lee J., Mitchell R. et al. The efficacy of surgically placed epidural catheters for analgesia after posterior spinal surgery. *Anaesthesia.* 2000; 55: 367–390.
42. Tobias J.D., Gaines R.W., Lowry K.J. et al. A dual epidural catheter technique to provide analgesia following posterior spinal fusion for scoliosis in children and adolescents. *Paediatr. Anaesth.* 2001; 11: 199–203.

43. Ekatothramis G., Min K., Cathrein P., Borgeat A. Use of a double epidural catheter provides effective postoperative analgesia after spine deformity surgery. *Reg. Anesth. Pain Med.* 2002; 49: 173–177.
44. Хиновер В.В., Лака А.А., Назаров И.П. Опыт применения продленной эпидуральной анестезии для обезболивания пациентов после оперативного лечения сколиоза. *Актуальные вопросы травматологии и ортопедии: статьи и тез. докл.* Красноярск; 2004: 43–48.
45. Blumenthal S., Min K., Nadig M., Borgeat A. Double epidural catheter with ropivacaine versus intravenous morphine: a comparison for postoperative analgesia after scoliosis correction surgery. *Anesthesiology.* 2005; 102: 175–180.
46. Borgeat A., Blumenthal S. Postoperative pain management following scoliosis surgery. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* 2008; 21: 313–316.
47. Goodarzi M. Comparison of epidural morphine, hydromorphone and fentanyl for postoperative pain control in children undergoing orthopaedic surgery. *Paediatr. Anaesth.* 1999; 9: 419–422.
48. Белоусова Е.И., Матинян Н.В., Салтанов А.И. Паравертебральная блокада как альтернатива высокой грудной эпидуральной анальгезии при операциях у детей. *Вестн. интенсив. терапии.* 2012; 4: 44–47.
49. Goodarzi M., Shier N.H., Grogan D.P. Effect of intrathecal opioids on somatosensory evoked potentials during spinal fusion in children. *Spine.* 1996; 13: 1565–1568.
50. Schubert A., Licina M.G., Lineberry P.J., Deers M.A. The effect of intrathecal morphine on somatosensory evoked potentials in awake humans. *Anesthesiology.* 1991; 75: 401–405.
51. Blusse van Oud-Alblas H.J., Peters J.W., de Leeuw T.G. A comparison in adolescents of composite auditory evoked potential index and bispectral index during propofol-remifentanyl anesthesia for scoliosis surgery with intraoperative wake-up test. *Anesth. Analg.* 2008; 107: 1683–1688.
52. Fung N.Y., Hu Y., Irvin M.G. et al. Comparison between sevoflurane/remifentanyl and propofol/remifentanyl anaesthesia in providing conditions for somatosensory evoked potential monitoring during scoliosis corrective surgery. *Anaesth. Int. Care.* 2008; 36: 779–785.
53. Penney R. Use of dexmedetomidine and ketamine infusions during scoliosis repair surgery with somatosensory and motor-evoked potential monitoring: a case report. *AANA J.* 2010; 78: 446–450.
54. De Rojas J.O., Syre P., Welch W.C. Regional anesthesia versus general anesthesia for surgery on the lumbar spine: a review of the modern literature. *Clin. Neurol. Neurosurg.* 2014 Apr; 119: 39–43.
55. Lebedeva M.N. Hemodynamic status at stages of surgical correction of severe scoliosis under different variants of anesthetic protection. *Khirurgiya pozvonochnika.* 2009; 4: 62–69. (In Russian).
56. Lebedeva M.N., Shevchenko V.P., Bykova E.V. et al. Maintenance of the anesthesia protection during scoliosis surgery with a one-time intervention in the ventral and dorsal structures of the spine. *Materials of scientific-practical conference of trauma and orthopedic surgeons of Rep. Belarus.* Minsk. 2000; 183–188. (In Russian).
57. Lebedeva M.N., Shevchenko V.P., Ageenko A.M. et al. Optimization of anesthetic protection during extensive reconstructive surgery for severe scoliosis spinal deformities. *Sibirskii konsilium.* 2008; 2: 46–48. (In Russian).
58. Lebedeva M.N., Ageenko A.M., Bykova E.V. et al. Characteristics of anesthesiological support in vertebral surgery. *Anesteziol. Reanimatol.* 2005; (3): 8–11. (In Russian).
59. Lebedeva M.N., Ageenko A.M., Ivanova E.Yu. et al. Assessment of the effectiveness of low-flow anesthesia based on sevoflurane during the scoliosis correction. *Coll. Materials Conf. "Modern aspects of anesthesia and intensive care."* Novosibirsk; 2009: 77–79. (In Russian).
60. Mikhaylovskiy M.V., Fomichev N.G. *Khirurgiya deformatsii pozvonochnika [Spinal deformity surgery.]* Novosibirsk: Sib. Univ. publishing house; 2002: 424. (In Russian).
61. Savvina I.A. *Anesthetic management of planned neurosurgery in children: Textbook.* Moscow: "PRE100"; 2013. (In Russian).
62. Horobets E.S., Mizikov V.M., Nikolaenko E.M., eds. *The control of neuromuscular blockade in anesthesia. Clinical guidelines of FAR.* Moscow: GEOTAR Media; 2014: 4. (In Russian).
63. Iliina N.G., Shaginian A.K., Stepanenko S.M., Zilber E.V. Optimization of anesthesia during awakening during the scoliosis correction. *Obschaya reanimatologiya.* 2009; 4: 51–53. (In Russian).
64. Iliina N.G., Shaginian A.K., Leshkevich A.I., Stepanenko S.M. Experience of using software-controlled anesthesia for surgical correction of scoliosis in children. *Russian educational congress "Modern achievements and future of anesthesiology and intensive care in the Russian Federation"*. Moscow; 2008: 27–28. (In Russian).
65. Luk'ianov D.S., lebedeva M.N., Novikova M.V., Shevchenko V.P. Ensuring the safety of high risk spine surgery. *Vestnik intensivnoi terapii.* 2011; 5: 55–56. (In Russian).
66. Aizenberg V.L., Ukolov K.Iu., Diordiev A.V. Methods of anesthesia during surgical treatment for scoliosis in children. *Anesteziol. Reanimatol.* 2010; (1): 57–60. (In Russian).
67. Aizenberg V.L., Ul'rikh G.E., Ukolov K.Iu. et al. Methods of analgesia in children after surgical correction of the scoliotic spinal deformities. *Anesteziol. Reanimatol.* 2011 Jan-Feb; (1): 59–62. (In Russian).
68. Aizenberg V.L., Ul'rikh G.E., Tsypin L.E., Zabolotskii D.V. *Regional anesthesia in pediatric patients: monograph.* Saint Petersburg: Synthesis Book. 2011; 304. (In Russian).
69. Lebedeva M.N., Shevchenko V.P., Bykova E.V. et al. The technique of intraoperative awakening patients with anesthesiology maintenance of surgical treatment of scoliosis in children and adolescents. *Materials Ural. region. med. techno. Seminar "Respiratory support modern ventilator"*. Ekaterinburg; 2001: 81. (In Russian).
70. Novikova M.V., Lebedeva M.N., Mikheeva S.A. Optimization of anesthetic protection techniques in the surgical correction of severe scoliosis. *Tsivyantovskie chteniya: scientific and practical conference with international participation.* Novosibirsk; 2010: 55–57. (In Russian).
71. Zhang C.H., Ma W.Q., Yang Y.L. et al. Median effective effect-site concentration of sufentanil for wake-up test in adoles-

- cents undergoing surgery: a randomized trial. *BMC Anesthesiol.* 2015; 8: 15–27.
22. Solenkova A.V., Lubnin A.Iu., Tenedieva V.D. et al. Epidural anesthesia in surgical interventions on the spine and spinal cord. I. Comparative analysis of the effectiveness of anesthesiological protection under conditions of epidural anesthesia and neuroleptanalgesia in surgery of the spine and spinal cord. *Anesteziol. Reanimatol.* 2000 Jul-Aug; (4): 27–32. (In Russian).
  23. Solenkova A.V., Lubnin A.Iu., Arestov O.G., Shevelev I.N. The efficacy and safety of epidural anesthesia during operations on the spine. *Regional anesthesia and pain treatment: Thematic collection.* Tver; 2004: 229–238. (In Russian).
  24. Solenkova A.V., Lubnin A.Iu., Shevelev I.N. Possibilities of epidural analgesia in the postoperative period in surgical interventions on the spine and spinal cord. *Regionarnaya anestheziya i lechenie ostroy boli.* 2008; 4: 53–63. (In Russian).
  25. Tobias J.D. A review of intrathecal and epidural analgesia after spinal surgery in children. *Anesth. Analg.* 2004; 98: 956–965.
  26. Kopacz D.J., Helman J.D., Nussbaum C.E. et al. A comparison of epidural levobupivacaine 0.5% with or without epinephrine for lumbar spine surgery. *Anesth. Analg.* 2001; 93: 755–760.
  27. Dalens B.J., Khandwala R.S., Tanguy A. Staged segmental scoliosis surgery during regional anesthesia in high-risk patients: a report of six cases. *Anesth. Analg.* 1993; 76: 434–439.
  28. Joshi G.P., McCarroll S.M., O'Rourke K. Postoperative analgesia after lumbar laminectomy: epidural fentanyl infusion versus patient-controlled intravenous morphine. *Anesth. Analg.* 1995; 80: 511–514.
  29. Lowry K.J., Kittle D., Gaines R., Tobias J.D. Postoperative pain control using epidural catheters following short segment posterior spinal fusion. *Am. J. Pain Manage.* 2001; 11: 54–59.
  30. Rehtine G.R., Reinert C.M., Bohlman H.H. The use of epidural morphine to decrease postoperative pain in patients undergoing lumbar laminectomy. *J. Bone Jt. Surg.* 1984; 66 (A): 113–116.
  31. Dalens B.J., Tanguy A. Intrathecal morphine for spinal fusion in children. *Spine.* 1988; 13: 494–498.
  32. Blackman R.G., Reynolds J., Shively J. Intrathecal morphine dosage and efficacy in younger patients for control of postoperative pain following spinal fusion. *Orthopedics.* 1991; 14: 555–557.
  33. Goodarzi M. The advantages of intrathecal opioids for spinal fusion in children. *Paediatr. Anaesth.* 1998; 8: 131–134.
  34. Gall O., Aubineau J.V., Berniere J. et al. Analgesic effect of low dose intrathecal morphine after spinal fusion in children. *Anesthesiology.* 2001; 94: 447–452.
  35. Ul'rikh E.V., Andronnikov V.Yu., Ul'rikh G.E. Epidural blockade as a component of anesthesia in children with spinal deformity. *Materials of scientific-practical. conference "50 years of pediatric surgical service in Yaroslavl".* Yaroslavl; 1996: 55–56.
  36. Ul'rikh G.E. Anesthetic management of CD correction. In: Mushkin : A.Y., Ulrich E.V., eds. *Instrumental correction of spinal deformities by Y. Cotrel and J. Dubousset;* Saint Petersburg; 2002: 8–10. (In Russian).
  37. Amaranth L., Andrish J.T., Gurd A.R. et al. Efficacy of intermittent epidural morphine following posterior spinal fusion in children and adolescents. *Clin. Orthop. Rel. Res.* 1989; 249: 223–226.
  38. Arms D.M., Smith J.T., Osteyee J., Gartrell A. Postoperative epidural analgesia for pediatric spine surgery. *Orthopedics.* 1998; 21 (5): 539–544.
  39. Shaw B.A., Watson T.C., Merzel D.I. et al. The safety of continuous epidural infusion for postoperative analgesia in pediatric spine surgery. *J. Pediatr. Orthop.* 1996; 16: 374–377.
  40. Cassidy J.F., Lederhaas G., Cancel D.D. et al. A randomized comparison of the effects of continuous thoracic epidural analgesia and intravenous patient-controlled analgesia after posterior spinal fusion in adolescents. *Reg. Anesth. Pain Med.* 2000; 25: 246–253.
  41. Turner A., Lee J., Mitchell R. et al. The efficacy of surgically placed epidural catheters for analgesia after posterior spinal surgery. *Anaesthesia.* 2000; 55: 367–390.
  42. Tobias J.D., Gaines R.W., Lowry K.J. et al. A dual epidural catheter technique to provide analgesia following posterior spinal fusion for scoliosis in children and adolescents. *Paediatr. Anaesth.* 2001; 11: 199–203.
  43. Ekatothramis G., Min K., Cathrein P., Borgeat A. Use of a double epidural catheter provides effective postoperative analgesia after spine deformity surgery. *Reg. Anesth. Pain Med.* 2002; 49: 173–177.
  44. Khinkover V.V., Laka A.A., Nazarov I.P. Experience of the use of epidural anesthesia for pain relief in patients after surgical treatment of scoliosis. *Aktualnye voprosy travmatologii i ortopedii.* Krasnoyarsk. 2004: 43–48. (In Russian).
  45. Blumenthal S., Min K., Nadig M., Borgeat A. Double epidural catheter with ropivacaine versus intravenous morphine: a comparison for postoperative analgesia after scoliosis correction surgery. *Anesthesiology.* 2005; 102: 175–180.
  46. Borgeat A., Blumenthal S. Postoperative pain management following scoliosis surgery. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2008; 21: 313–316.
  47. Goodarzi M. Comparison of epidural morphine, hydromorphone and fentanyl for postoperative pain control in children undergoing orthopaedic surgery. *Paediatr Anaesth.* 1999; 9: 419–422.
  48. Belousova E.I., Matinian N.V., Saltanov A.I. Paravertebral block as an alternative to high thoracic epidural analgesia for surgery in children. *Vestnik intensivnoi terapii.* 2012; 4: 44–47. (In Russian).
  49. Goodarzi M., Shier N.H., Grogan D.P. Effect of intrathecal opioids on somatosensory evoked potentials during spinal fusion in children. *Spine.* 1996; 13: 1565–1568.
  50. Schubert A., Licina M.G., Lineberry P.J., Deers M.A. The effect of intrathecal morphine on somatosensory evoked potentials in awake humans. *Anesthesiology.* 1991; 75: 401–405.
  51. Blusse van Oud-Alblas H.J., Peters J.W., de Leeuw T.G. A comparison in adolescents of composite auditory evoked potential index and bispectral index during propofol-remifentanyl anesthesia for scoliosis surgery with intraoperative wake-up test. *Anesth Analg.* 2008; 107: 1683–1688.
  52. Fung N.Y., Hu Y., Irvin M.G. et al. Comparison between sevoflurane/remifentanyl and propofol/remifentanyl anaesthesia in providing conditions for somatosensory evoked potential monitoring during scoliosis corrective surgery. *Anaesth Int Care.* 2008; 36: 779–785.
  53. Penney R. Use of dexmedetomidine and ketamine infusions during scoliosis repair surgery with somatosensory and motor-evoked potential monitoring: a case report. *AANA J.* 2010; 78: 446–450.
  54. De Rojas J.O., Syre P., Welch W.C. Regional anesthesia versus general anesthesia for surgery on the lumbar spine: a review of the modern literature. *Clin Neurol Neurosurg.* 2014 Apr; 119: 39–43.

Поступила 20.12.15  
Принята к печати 25. 01.16