

Заболотский Д.В.^{1,2}, Корячкин В.А.³ Ребенок и регионарная анестезия – зачем? куда? и как?

¹ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет МЗ РФ», 194100, Санкт-Петербург;

²ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера МЗ РФ», 196603, Санкт-Петербург;

³ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена МЗ РФ», 195427, Санкт-Петербург

Регионарная анестезия сегодня переживает свой ренессанс, что безусловно связано с возможностью эффективной блокады ноцицептивной импульсации из зоны хирургического вмешательства, минимальной фармакологической нагрузкой при проведении сочетанной анестезии, адекватным периоперационным обезболиванием и внедрением в рутинную практику аппаратуры, определяющей нейрональные структуры. Однако для безопасного использования данных методов в педиатрической практике необходимо знать возрастные анатомо-физиологические особенности ребенка, фармакокинетику местных анестетиков и принципы их использования. Этим вопросам и посвящен данный обзор литературы.

Ключевые слова: регионарная анестезия в педиатрии, регионарная анальгезия в педиатрии.

Для цитирования: Заболотский Д.В., Корячкин В.А. Ребенок и регионарная анестезия – зачем? куда? и как? *Регионарная анестезия и лечение острой боли.* 2016; 10 (4): 243–253. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1993-6508-2016-10-4-243-253>

Для корреспонденции: Заболотский Дмитрий Владиславович, к.м.н., доцент кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет МЗ РФ, 194100, Санкт-Петербург, e-mail: docent-zab@mail.ru

Zabolotskiy D.V.^{1,2}, Koryachkin V.A.³

CHILD AND REGIONAL ANESTHESIA – WHAT FOR? WHERE? AND HOW?

¹Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 194100, Saint-Petersburg;

²G.I. Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics, 196603, Saint-Petersburg;

³R.R. Vreden Russian Scientific and Research Institute for Traumatology and Orthopedics, 195427, Saint-Petersburg

Regional anesthesia is experiencing a renaissance, which is certainly due to the possibility of an effective blockade of nociceptive impulse from the surgery area, minimum pharmacological load during combined anesthesia, appropriate perioperative anesthesia and implementation of the equipment defining neuronal structure in routine practice. However, for the safe use of these techniques in pediatric practice, it is necessary to know the age-related anatomical and physiological characteristics of the child, the pharmacokinetics of local anesthetics and principles of their use. These issues are the focus of this review of the literature.

Key words: regional anesthesia in pediatrics; regional analgesia in pediatrics.

For citation: Zabolotskiy D.V. Koryachkin V.A. Child and regional anesthesia – what for? where? and how? *Regionarnaya anesteziya i lechenie ostroy boli (Regional Anesthesia and Acute Pain Management, Russian journal)* 2016; 10 (4): 243–253. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1993-6508-2016-10-4-243-253>

For correspondence: Dmitriy V. Zabolotskii, MD, PhD, Assistant Professor of the Department of anesthesiology and resuscitation, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, 194100, Saint-Petersburg, Russian Federation, e-mail: docent-zab@mail.ru

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

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

Received 10 June 2016

Accepted 14 July 2016

История регионарной анестезии берет свое начало после открытия в 1879 г. русским врачом В.К. Анрепом местноанестезирующего действия кокаина [1, 2]. 16 августа 1898 г. А. Vier впервые выполнил спинальную анестезию кокаином у взрослого пациента, а уже через 4 дня провел спинальную ане-

стезию у 14-летнего ребенка при операции по поводу резекции коленного сустава [3]. Введению кокаина субарахноидально предшествовала работа немецкого невролога Heinrich Quincke, в которой он подробно описывает люмбальную пункцию как метод лечения гидроцефалии у детей [4]. Ослож-

нения, связанные с использованием эфира и хлороформа для общей анестезии, способствовали внедрению местной анестезии в широкую клиническую практику [5]. После синтеза стоваина (1903) и прокаина (1905) Н.Т. Gray (1910) опубликовал опыт более 300 спинальных анестезий у детей, где четко проиллюстрировал достоинство метода [6]. За короткий период были изучены основные возрастные анатомо-физиологические особенности нейроаксиальных структур, и спинальная анестезия в педиатрии получила широкое признание среди анестезиологов США и Европы [7, 8].

Основоположниками каудальной анестезии принято считать J. Sicard и F. Cathelin, которые независимо друг от друга опубликовали в 1901 г. результаты введения растворов местных анестетиков через крестцовую щель [9]. Каудальный доступ к эпидуральному пространству быстро завоевал место в детской урологии [10].

Эпидуральная анестезия в педиатрической практике была впервые описана Sievers в 1936 г. В 1951 г. Schneider под люмбальной эпидуральной анестезией провел 6500 операций у детей, 25 % из которых были грудного возраста. Zhen-GangZhan (1986) на первом Европейском конгрессе представил опыт проведения 10 000 спинальных и эпидуральных анестезий у маленьких пациентов без неврологических и инфекционных осложнений [11]. Из отечественных работ, оказавших значительное влияние на распространение эпидуральной анестезии в педиатрии, следует упомянуть публикации Ю.Ф. Исакова (1971) по продленной торакальной эпидуральной блокаде и Д.И. Парнеса (1972), который применял этот метод для лечения пареза кишечника [12, 13].

Периферические блокады у детей используют с 1920 г. [14]. Нейростимуляция периферических нервов в эксперименте была впервые выполнена Perthes в 1912 г., но распространение получила лишь через 60 лет, когда В.Л. Айзенберг (1972) описал ее использование при регионарном обезболивании в детской хирургии [15, 16]. Однако проводниковая анестезия в педиатрической практике не получила должного распространения и по сегодняшний день.

На современном этапе доказательную базу преимуществ регионарной анестезии у взрослых (эффективная модуляция стресс-ответа, наличие противовоспалительного; антимикробного и антитромботического эффектов, противоопухолевое действие) можно с таким же успехом использовать в педиатрии [17].

Не секрет, что новорожденный чувствует боль и что больно взрослому, то больно и ребенку любого возраста – противоположного не доказано. Соматическая боль является самостоятельным воспри-

ятием, возникающим в результате слияния 3 основных компонентов: мотивационно-директивного, сенсорно-различимого и познавательно-оценивающего. Мотивационно-директивный компонент передается по С-немиелизированным волокнам («медленная» боль). С-волокна, начиная с раннего внутриутробного периода, полностью функциональны [18]. Соединения между С-волокнами и нейронами заднего рога созревают ко 2-й нед постнатального развития. Однако ноцицептивное раздражение, передающееся к задним рогам спинного мозга посредством С-волокон, вызывает продолжительную реакцию, вероятно, возникающую вследствие обширной деполяризации окружающих нейронов в ответ на выработку большого количества субстанции Р и других медиаторов боли.

Болезненные процедуры в периоде новорожденности изменяют ответы на боль в младенчестве и детстве и зависят от степени зрелости ребенка (доношенный/недоношенный). На болезненные процедуры доношенные новорожденные реагируют повышенным поведенческим ответом, тогда как недоношенные новорожденные реагируют затухающим ответом. В случае введения обезболивающих препаратов (местные анестетики или опиоиды) перед болезненными процедурами младенцы демонстрируют менее выраженную реакцию на болевые процедуры [19]. У новорожденных и детей хирургические вмешательства также вызывают нейроэндокринный стрессовый ответ, результатом которого являются изменения метаболического статуса и функционирования иммунной системы, которые способны приводить к соматическим и психоэмоциональным изменениям, вызывающим отдаленные последствия [20].

По мнению Henrik Kehlet [21], ни один из известных методов общей анестезии в принципе не способен полноценно блокировать прохождение ноцицептивных импульсов ни на спинальном, ни даже на супраспинальном уровне и не предотвращает развитие ответной реакции на хирургический стресс. В современной анестезиологии утвердилось небезосновательное мнение о том, что безопасность регионарного обезбоживания значительно выше безопасности общей анестезии [22]. Терапия болевого синдрома послеоперационного периода в педиатрии имеет значимое количество ограничений, связанных с возможностью использования препаратов у детей раннего возраста (НПВП; габапентиноиды). Приведенные данные открывают перспективы для широкого использования регионарных методов в структуре анестезиологического обеспечения в том числе и в педиатрической практике.

Сегодня, благодаря оборудованию, позволяющему идентифицировать нейрональные структуры (ультразвуковые аппараты, нейростимуляторы), и совре-

менному инструментарию (сонографические иглы, электростимулирующие катетеры), выполнение блокад стало проще и безопаснее, а регионарная анестезия переживает свой ренессанс. Следует отметить, что концепция сочетанной анестезии рассматривает регионарные методы не как альтернативу общей анестезии, а как дополнение к последней [23]. Сочетание регионарной и общей анестезии обеспечивает гемодинамическую стабильность, снижение концентраций ингаляционных анестетиков и доз миорелаксантов, уменьшение необходимости в послеоперационной респираторной поддержке, раннее восстановление функции кишечника. Квалифицированное применение регионарных блокад расширяет диапазон возможностей анестезиолога в проведении оптимального анестезиологического обеспечения хирургических вмешательств у детей.

К причинам, препятствующим широкому использованию регионарных методов у детей, относятся в первую очередь сдержанное (а зачастую и просто отрицательное) отношение к этим методикам детских анестезиологов, традиционно использующих общую анестезию. Данной тенденции также способствуют отсутствие желания, опыта, знаний у специалистов и недостаточное оснащение специальным оборудованием.

Анатомо-физиологические особенности у детей

Ребенок – не взрослый в миниатюре, его организм обладает своеобразными анатомо-физиологическими особенностями, претерпевающими характерные возрастные изменения в течение всего периода детства [24]. К моменту рождения конус спинного мозга заканчивается на уровне L_3-L_4 , а твердая мозговая оболочка на уровне S_3-S_4 . С возрастом рост позвоночника опережает рост спинного мозга и к 1-му году конус спинного будет соответствовать L_1 , а твердая мозговая оболочка – S_1-1 [25]. Линия, соединяющая подвздошные ости (линия Тюффье) у младенцев, пересекает позвоночник на уровне L_5 и ниже. Рост спинного мозга продолжается приблизительно до 20 лет, а окончательное соотношение спинного мозга и позвоночного канала устанавливается к 5–6 годам. Учитывая перечисленные особенности, нельзя выполнять спинальную анестезию у новорожденных выше уровня L_4 , иначе высока вероятность повреждения конуса спинного мозга. Определение уровня проведения блокады должно основываться на тщательном подсчете поясничных позвонков от пояснично-крестцового сочленения.

Для определения глубины продвижения иглы при выполнении нейроаксиальных блокад суще-

ствуют формулы, учитывающие возраст, массу тела и рост:

- расстояние до желтой связки (мм) = $2 \times \text{возраст (лет)} + 10$;
- расстояние до твердой мозговой оболочки (мм) = $0,03 \times \text{рост (см)}$;
- расстояние до твердой мозговой оболочки (мм) = $(2 \times \text{масса тела}) + 7$ (мм) [26, 27].

Однако статическая методика ультразвукового исследования нейроаксиальных структур у ряда категорий детей (пациенты с ДЦП, артрогрипозом) показала несостоятельность формул для расчета расстояния от кожи до желтой связки и твердой мозговой оболочки, т.к. расчетные показатели не соответствовали истинным [28].

У недоношенных детей расстояние от кожи до субарахноидального пространства на уровне L_{4-5} можно определить по формуле Z. Shenkman и соавт. [29]:

Расстояние от кожи до субарахноидального пространства (мм) = $13,19 + 0,0026 \times \text{MT} - 0,12 \times \text{B}$,

где: MT – масса тела (г), B – постконцептуальный возраст (нед).

Для детей характерно более низкое давление цереброспинальной жидкости (ЦСЖ), которое существенно варьирует в зависимости от положения тела ребенка. При этом относительный объем ЦСЖ больше: если ребенок весит менее 15 кг, то общее количество ЦСЖ составляет 4 мл/кг массы тела, что по отношению к массе тела вдвое больше, чем у взрослых. Объем ЦСЖ в разные периоды жизни у детей неодинаков (табл. 1).

Применительно к эпидуральной анестезии следует отметить меньшую, чем у взрослых, плотность связок позвоночника. Это обстоятельство нередко дезориентирует врача, который не всегда четко может ощутить «провал» при попадании иглы в эпидуральное пространство. Следует учесть, что если у взрослых при попадании в костную ткань движение иглы прекращается, то у маленьких детей в связи с хрящевым или полухрящевым ее строением (вплоть до пубертатного возраста) этого не происходит.

Эпидуральное пространство у детей в шейном и грудном отделах не только относительно, но и абсо-

Таблица 1. Объем цереброспинальной жидкости у детей [30]

Возраст	Объем ЦСЖ (мл/кг)
Новорожденные	10
Дети с массой тела менее 15 кг	4
Дети младшего возраста	3
Подростки	1,5–2

лютно шире, чем у взрослых. У людей любого возраста эпидуральное пространство может быть двухкамерным за счет средней эпидуральной связки (*plicamediana dorsalis*). Наличие плотной дорсальной связки может затруднить проведение катетера и повлиять на распространение анестетиков. Жировая ткань эпидурального пространства очень рыхлая и становится по консистенции более плотной с 7–8-летнего возраста, что также влияет на распространение анестетиков. Давление в эпидуральном пространстве, как и у взрослых, ниже атмосферного.

При проведении периферических блокад необходимо помнить, что процессы миеланизации заканчиваются только к 12 годам жизни [31, 32], диаметр нервных волокон у детей незначительный, миелиновая оболочка тонкая и содержит меньше соединительно-тканых структур. Приведенные особенности облегчают проникновение и диффузию местного анестетика, позволяют использовать растворы с низкой концентрацией препарата и сокращают время начала действия блокады. Продолжительность анестезии сокращается в связи с тем, что накопление местных анестетиков миелином с последующим их постепенным освобождением снижено, а местная циркуляция и сосудистая абсорбция у младенцев значительно выше.

Анатомо-сонографические особенности у детей. Регионарные блокады у детей с использованием ультразвука выполняются легче, чем у взрослых. Большинство анатомических структур расположено более поверхностно и легче визуализируются при ультразвуковом сканировании. Следует помнить, что у детей с возрастом меняется взаимоотношение основных анатомических структур (кости, мышцы, сосуды) и изменяется экзогенность тканей. У новорожденных отчетливая гиперэхогенность позволяет верифицировать нервы, которые расположены в непосредственной близости к фасции (бедренный нерв). Сканирование передней брюшной стенки позволяет отчетливо определить межфасциальное пространство между поперечной и внутренней косой мышцами живота, что способствует более простому выполнению блокады поперечного пространства живота по сравнению со взрослыми.

Чем меньше ребенок, тем меньше диаметр сосудов и нервов. В отличие от взрослых у детей при ультразвуковом сканировании за счет незначительной минерализации костной ткани отчетливо определяются желтая связка, твердая мозговая оболочка и нервные структуры (спинной мозг, конский хвост). С 3-летнего возраста костные ткани становятся плотными и визуализация центральных нейрональных структур становится затруднительной [33].

Сердечно-сосудистые эффекты спинальной анестезии. Основным преимуществом спинальной ане-

стезии у детей является устойчивость показателей сердечно-сосудистой системы. Некоторыми авторами эта гемодинамическая стабильность установлена у новорожденных и детей до одного года [34]. В работе Dohi S. и соавт. [35] доказано, что при спинальной анестезии с высоким сенсорным блоком (Th2–Th3) без предварительной гидратации или введения вазоактивных препаратов у детей до 5 лет изменения гемодинамики незначительны, у детей старше 6 лет наблюдалось умеренное, а в возрасте 8–15 лет – выраженное снижение артериального давления.

Причина стабильности гемодинамических показателей в условиях спинальной анестезии окончательно не определена. По одной теории этот факт связывают с относительной неразвитостью симпатической нервной системы, блокада которой не приводит к увеличению емкости вен нижних конечностей [36], по другой [37] – спинальная анестезия даже с высоким уровнем сенсорного блока уменьшает вагусные влияния на миокард и тем самым компенсирует эффекты десимпатизации.

Действие спинальной анестезии на дыхание. R.C.Pascucci и соавт. [38] исследовали эффекты спинальной анестезии с высоким сенсорным блоком у новорожденных и не обнаружили нарушений сердечного ритма или сатурации крови. В других сообщениях [39] приводятся факты развития дыхательной недостаточности, вплоть до апноэ, при уровне сенсорного блока Th1, потребовавшей вентилиционной поддержки. L.Rice, G.Vason и K. Newman [40] при оценке CO_2 чрескожно и напряжения кислорода в периферической крови у 15 новорожденных с высоким риском на фоне спинальной анестезии с уровнем сенсорного блока Th4 не выявили каких-либо изменений.

Эти и другие анатомо-физиологические особенности, влияющие на проведение нейроаксиальных блокад у детей, представлены в табл. 2.

Современные местные анестетики и детский возраст

Фармакологические свойства используемых у детей местных анестетиков имеют определенные особенности. Концентрация свободной фракции анестетика в крови зависит от фракции, связанной с белками, и от объема распределения. Скорость появления местных анестетиков в системном кровотоке у детей выше, т.к. они имеют большее количество и размер капилляров в месте введения, высокий сердечный выброс, более выраженный локальный кровоток, высокий коэффициент кровь/ткань [41].

Амидные анестетики метаболизируются в печени. При попадании в сосудистое русло анестетики

Таблица 2. Основные анатомо-физиологические особенности у детей, влияющие на проведение нейроаксиальных блокад

Анатомо-физиологические особенности	Опасности	Значение
Низкое окончание спинного мозга	Увеличение риска травмы спинного мозга	Избегайте спинальных пункций выше уровня L3
Низкая проекция дурального мешка	Повышенный риск случайной пункции твердой мозговой оболочки при каудальном доступе	Продвижение иглы после попадания в эпидуральное пространство при каудальном доступе не должно составлять у детей первого года жизни более 1 см. Обязательно выполнение аспирационной пробы
Задержка миелинизации нервных волокон	Свободное интранервальное попадание местных анестетиков	Сокращение времени начала действия местного анестетика
Хрящеватая консистенция костей	Отсутствие четких тактильных ощущений при продвижении иглы	Выход за пределы необходимой анатомической зоны или внутрикостное введение препарата. Избегайте использования острых игл, не прилагайте чрезмерных усилий для продвижения иглы
Задержка развития изгибов позвоночника	Шейный лордоз образуется к 3–6 мес, поясничный – к 8–9 мес	Ориентация эпидуральной иглы не зависит от уровня пункции до 6-месячного возраста
Задержка оссификации и роста гребней подвздошных костей	Линия Тюффье проходит на уровне L5. У детей раннего возраста ниже	Линия Тюффье проходит на уровне L5–S1
Низкая плотность эпидуральной жировой клетчатки	Увеличение распространения местного анестетика у детей до 6–7 лет	Большие возможности при реализации каудальной анестезии у детей до 6–7 лет
Незрелость ферментативной системы	Замедление метаболизма местных анестетиков	Увеличение периода полураспада с возможностью кумуляции
Низкое содержание протеинов в крови (общий белок, α_1 -кислый гликопротеин)	Ограниченные возможности связывания местного анестетика с белками	Увеличение несвязанной фракции (опасность системной токсичности)
Увеличенный сердечный выброс и ЧСС	Увеличение периферического кровотока и риска системной токсичности местных анестетиков	Увеличение системной абсорбции местного анестетика (снижение T max и меньшая продолжительность блокады)
Незрелость симпатической системы	Стабильность гемодинамических показателей	Отсутствие необходимости в прегидратации и использовании вазоактивных препаратов

подвергаются связыванию с плазменными белками, главным образом с сывороточным альбумином и α_1 -кислым гликопротеином [42]. Сывороточный альбумин обладает низким сродством к местным анестетикам и многие фармакологические препараты могут конкурировать за доступ к местам связывания. В возрасте до 9 мес. (особенно у недоношенных и маловесных детей) концентрация α_1 -гликопротеина и альбумина в плазме низкая, в результате чего возрастает относительная концентрация несвязанных форм всех амидных местных анестетиков, что может привести к системной токсичности местных анестетиков [43]. Таким образом, в этой возрастной группе максимально допустимые дозы всех аминоксидов должны быть значительно снижены [44].

В связи с увеличенной поверхностью всасывания, инъекции высококонцентрированных растворов местных анестетиков часто приводят к высоким, иногда потенциально токсичным пиковым концентрациям в плазме, тогда как в результате применения более разведенных растворов наблюдаются достаточно низкие плазменные концентрации [45]. Разбавленные растворы местных анестетиков обеспечивают такое же качество нервной блокады у детей, как и более концентрированные растворы

у взрослых. Чем дистальнее проведена инъекция анестетика при периферических блокадах, тем медленнее происходит процесс абсорбции. Работа S.Bricker [46] не выявила различий в фармакокинетике местных анестетиков у детей младшего возраста и взрослых.

Амидные местные анестетики являются гипоаллергенными препаратами и, как правило, псевдоаллергические реакции возникают на консерванты (метилпарабен и метилбисульфат), которые сегодня редко используют при производстве препаратов [47].

Многочисленные исследования показывают единичные случаи анафилаксии даже у пациентов с подозрением на непереносимость местных анестетиков [48].

По данным литературы, все расчеты по использованию местных анестетиков при регионарной анестезии основаны на объемах препаратов в разных концентрациях [49]. Эти рекомендации облегчают работу анестезиолога со взрослыми, но в педиатрической практике такая тактика недопустима, т.к. требуется точный расчет вводимой дозы препарата, исходя из фактической массы тела ребенка. Считается, что системные токсические эффекты чаще связаны с внутрисосудистым введени-

ем препарата. Использование ультразвуковой навигации позволяет значительно сократить объемы используемых анестетиков и в большинстве случаев предупредить (но не исключить!) внутрисосудистое введение. До внедрения ультразвуковой локализации средняя частота системных токсических реакций составляла 1: 600–1000 периферических блоков. В работе В.Д. Sites et al. [50] отмечен только один случай системной токсичности при выполнении 12668 блокад под контролем ультразвука. Чаще всего системная токсичность проявляется при выполнении эпидуральной анестезии и блокаде плечевого сплетения аксиллярным или межлестничным доступами.

Возникновение признаков системной токсичности местных анестетиков при выполнении регионарных блокад у детей встречается достаточно редко [51]. Проведение реанимации с использованием жировых эмульсий у детей ничем не отличается от протокола, используемого у взрослых пациентов [52]. Рекомендуемая доза для педиатрических пациентов составляет 1 мл/кг 20% жировой эмульсии, вводимой в течение не менее мин. Повторно жировая эмульсия вводится каждые 3–5 мин. Максимальная разовая доза – 3 мл/кг. Инфу-

зия жировой эмульсии проводится со скоростью 0,25 мл/кг/мин до восстановления сердечной деятельности. Максимальная доза жировой эмульсии – 10 мл/кг.

Дозировки местных анестетиков для нейроаксиальных блокад у детей представлены в табл. 3 и 4, для периферических блокад – в табл. 5.

Показания для проведения регионарных блокад в педиатрии

У детей регионарная анестезия показана при ортопедических, торакальных и урологических вмешательствах и операциях на верхней и нижней части живота. Также регионарные блокады позволяют устранить нехирургическую боль (опоясывающий герпес, СПИД, слизисто-кожные поражения и рак), купировать хроническую боль и обеспечить паллиативный уход. Проведение продленных блокад позволяет успешно лечить острую сосудистую недостаточность и выполнять реабилитационные мероприятия в раннем послеоперационном периоде [53].

Правильный выбор блокады основывается в первую очередь на анатомическом аспекте: сенсорная блокада должна перекрывать все области, из которых

Таблица 3. Дозировка местных анестетиков для спинальной анестезии у детей по R.Troncin, Ch.Dadure (2009) с дополнениями [56]

Местные анестетики	Масса тела		
	Менее 5 кг	–15 кг	Более 15 кг
0,5% изо- или гипербарические растворы бупивакаина	1,0 мг/кг (0,2 мл/кг)	0,4 мг/кг (0,08 мл/кг)	0,3 мг/кг (0,06 мл/кг)
0,5% изо- или гипербарические растворы тетракаина	0,2–0,5 мл/кг (0,02–0,05 мл/кг)	0,4 мг/кг (0,08 мл/кг)	0,3 мг/кг (0,06 мл/кг)
0,5% изобарический раствор левобупивакаина	1,0 мг/кг (0,2 мл/кг)	0,4 мг/кг (0,08 мл/кг)	15–40 кг – 0,3 мг/кг (0,06 мл/кг) Более 40 кг – 0,25 мг/кг (0,05 мл/кг)
0,5% изобарический раствор ропивакаина	1,0 мг/кг (0,2 мл/кг)	0,5 мг/кг (максимум 20 мг)	
2,0% изобарический раствор лидокаина	0,5 мг/кг		

Таблица 4. Дозировки местных анестетиков и адъювантов для эпидуральной анестезии и анальгезии у детей [57]

Препарат	Болюсное введение	Непрерывная инфузия	Повторная инъекция
Бупивакаин, левобупивакаин	0,25% раствор с 5 мкг/мл (1:200,000) адреналина: менее 20 кг – 0,75 мл/кг; 20–40 кг – 8–10 мл/кг (или 0,1 мл/год/число сегментов); более 40 кг – как у взрослых	Менее 4 мес: 0,2 мг/кг/ч (0,15 мл/кг/ч 0,125% раствора или 0,3 мл/кг/ч 0,0625% раствора) 4–18 мес: 0,25 мг/кг/ч (0,2 мл/кг/ч 0,125% раствора или 0,4 мл/кг/ч 0,0625% раствора) более 18 мес: 0,3–0,375 мг/кг/ч (0,3 мл/кг/ч 0,125% раствора или 0,6 мл/кг/ч 0,0625% раствора)	0,1–0,3 мл/кг каждые 6–12 ч 0,25% или 0,125% раствора в зависимости от интенсивности боли
Ропивакаин	0,2% раствор (дозировка – см. бупивакаин)	0,1, 0,15 или 0,2% раствор (дозировка – см. бупивакаин) Инфузия у детей менее 3 мес. Не более 36 ч	0,1–0,3 мл/кг каждые 6–12 ч 0,15 или 0,2% раствор в зависимости от интенсивности боли
Адъюванты	Избегайте у детей менее 6 мес	Морфин 10 мкг/мл	Морфин 25–30 мкг/кг каждые 8 ч

Таблица 5. Дозировка местных анестетиков для блокад периферических нервов [58]

Вид блокады	Доза (мл/кг)	Максимальный объем (мл)
БПС подмышечным доступом	0,1–0,2	10
БПС подключичным доступом	0,2–0,3	15
Межреберная	0,05–0,1	5
Прямой мышцы живота	0,1–0,2	5
Подвздошно-паховая	0,1–0,2	10
Бедренного нерва	0,2–0,3	15
Седалищного нерва	0,2–0,3	20
Нервов в подколенной ямке	0,2–0,3	15
Поясничного сплетения	0,2–0,3	20
Полового члена	0,1	10
Нервов пальца	0,05–0,1	5
ТАР-блок	0,2 (с каждой стороны)	10 (с каждой стороны)

возможно генерирование стимуляции (например, операционное поле, участки для трансплантации кожной или костной ткани, наложенный турникет или дренажи). Во-вторых, необходимо оценить потенциальные осложнения выбранной блокады.

На современном этапе благодаря анестезиологическому оснащению (нейростимуляторы, портативный аппарат для ультразвукового сканирования, сонографические иглы и катетеры) многие специалисты отдают предпочтение периферическим блокадам, позволяющим обеспечить адекватную анальгезию в зоне хирургического вмешательства. Для анестезии верхней конечности исходно использовались варианты проводниковых блокад плечевого сплетения. Альтернативой центральных блокад в педиатрии сегодня стали блокады поперечного пространства живота, влагалища прямой мышцы живота, паравертебральная и интерплевральная анестезии. После появления эластомерных помп и раневых катетеров у детей стали активно использовать методику орошения раны местным анестетиком [54].

Инструментарий

Для спинальной анестезии в педиатрии целесообразно использовать иглы Quincke или Whitacre 26–27G длиной 30, 50 или 100 мм. У новорожденных иглы должны быть короче – длиной 30–50 мм.

Эпидуральную анестезию следует выполнять с использованием иглы Tuohy 22–18G. Для катетеризации эпидурального пространства используют прозрачные или рентгеноконтрастные катетеры, изготовленные из полиамида, устойчивые к пере-

гибанию и разрыву и имеющие закругленный конец и боковые отверстия.

Лекарственные препараты в эпидуральное пространство для исключения попадания бактерий и микрочастиц вводят через бактериальные фильтры.

Для каудальной анестезии используют короткую иглу (25–30 мм) со срезом под углом 45° и мандреном. Такая игла обеспечивает ощущение «хлопка» при прохождении крестцово-копчиковой связки и снижает риск случайной пункции кровеносных сосудов, костей и хрящей.

Особенно важно перед проведением блокады обеспечить в/в доступ, поэтому до начала проведения анестезии всем детям катетеризируют периферическую вену.

Подготовка ребенка к нейроаксиальной блокаде

Исходя из нашего опыта, многие родители поначалу относятся с предубеждением к нейроаксиальной анестезии. Однако доходчивым и терпеливым разъяснением преимуществ предлагаемого метода обезболивания это мнение можно преодолеть.

Перед операцией с каждым пациентом необходимо проводить психоэмоциональную подготовку. Клинический опыт показал, что дети нуждаются в специальном подходе, заключающемся в соблюдении нескольких правил: во-первых, необходимо завоевать их доверие, во-вторых, стараться их не обманывать и не терять терпения. При первичном осмотре особое внимание уделяется беседе с родителями. Психологическое воздействие на ребенка, как правило, начинается с установления контакта с родителями, т.к. их эмоциональный фон всегда передается детям. Учитывая то, что ребенок нередко воспринимает медицинский персонал как враждебный фактор, который может принести страдания, основная задача анестезиолога – это выработать доверительное отношение к предстоящим процедурам со стороны пациента и его родителей. Очень важно, чтобы мать сама объяснила ребенку, что ему предстоит, причем именно так, как это нужно врачу, учитывая то, что любое насилие вызывает ответную негативную реакцию.

Перед проведением анестезии необходимо провести клиническое и лабораторное обследование и получить добровольное информированное согласие от родителей ребенка [55].

Перед началом выполнения анестезии следует использовать премедикацию, которая обеспечит седацию не только при выполнении манипуляции, но и будет способствовать снижению потребности в седативных препаратах во время оперативного вмешательства.

Премедикация перед нейроаксиальной анестезией преследует следующие цели:

- 1) Блокирование блуждающего нерва для предупреждения брадикардии путем использования центральных М-холинолитиков (атропин – 0,01–0,02 мг/кг) – применяются при необходимости (например, при сочетанной анестезии с фторотаном).
- 2) Снижение афферентной импульсации при болезненной манипуляции во время проведения блокады путем использования наркотических анальгетиков (промедол – 0,2–0,3 мг/кг, фентанил – 1 мкг/кг).
- 3) Перед поступлением в операционную и анестезиологическими манипуляциями уменьшение эмоционального напряжения ребенка достигается назначением бензодиазепинов (диазепам – 0,15–0,3 мг/кг, мидазолам – 0,15–0,3 мг/кг).

Медикаментозную подготовку перед анестезией выполняют введением препаратов за 30 мин до начала манипуляций. В ургентной хирургии, а также у детей старше 10 лет с хорошо визуализируемыми периферическими венами можно использовать внутрисосудистый путь введения премедикации непосредственно перед выполнением анестезии.

Пациентам старше 7 лет, которым решено проводить блокаду в условиях сохраненного сознания, осуществляют предварительную психологическую подготовку с подробным разъяснением всех этапов анестезии. Необходимо всегда предупреждать пациента о возможных неприятных ощущениях. Объективное объяснение каждого последующего шага обеспечивает врачу полное доверие со стороны пациента. Во время процедуры должен быть постоянный контакт с пациентом. При проведении регионарных блокад в сознании или у седатированных пациентов необходимо перед процедурой использовать аппликационную или инфльтрационную анестезии [59].

В том случае, когда принято решение о выполнении оперативного вмешательства при сохраненном сознании, целесообразно проводить в условиях аудиосопровождения. Использование аудиоплеера начинается в предоперационной, что позволяет максимально усилить успокаивающий эффект премедикации и отвлечь внимание ребенка от предстоящей операции. Важно учитывать музыкальные интересы пациента и по возможности осуществлять индивидуальный подбор музыки (хорошо, когда ребенок или родители могут принести свой музыкальный носитель). Данная методика снижает риск возникновения психоэмоциональной травмы на момент поступления в операционную, что подтверждалось проведением мимического

теста. Для поддержания седативного эффекта премедикации может быть повторно введен диазепам в дозе 0,2 мг/кг или обеспечена инфузия пропофола.

Все анестезиологические манипуляции необходимо проводить в асептических условиях с использованием стерильных перчаток и стерильного инструментария.

С целью дезинфекции кожи рекомендуется использовать антисептический раствор, содержащий алкоголь, например 0,5% раствор хлоргексидина. У пациентов, чья кожа поражена псориазом или экземой, 25% микроорганизмов находятся в фолликулах или скрыты защитным слоем липидов с чешуйками. С целью снятия поверхностного защитного слоя чешуек и жира требуется тщательная механическая обработка. Категорически запрещено использовать йодсодержащие антисептические растворы.

Особенности выполнения регионарных блокад у детей

Согласно данным, опубликованным в 2014 г., на основе анализа более 50 000 регионарных блокад у детей, при выполнении блокад в сознании или под седацией риск осложнений в несколько раз выше, по сравнению с вариантом выполнения блокад в состоянии общей анестезии (0,93/1000 против 6,82/1000). Риск развития системной токсичности местных анестетиков как одного из серьезных осложнений регионарной анестезии, ниже при использовании сочетанной анестезии (0,08/1000 против 0,34/1000) [60].

При проведении сочетанной анестезии важен выбор гипнотического агента, который должен быть основан на показаниях и противопоказаниях конкретного препарата. Для использования в/в гипнотиков необходим доступ к венозному сосуду. Пропофол вызывает болезненность при в/в введении, особенно в вены малого диаметра, а по данным А.М. Овезова [61], в первые сут послеоперационного периода у 62,5% детей школьного возраста (7–17 лет) способствует развитию послеоперационных когнитивных дисфункций, которые сохраняются у 50% больных спустя месяц.

Ингаляционные анестетики остаются одними из наиболее популярных препаратов для индукции и поддержания анестезии у детей. Однако необходимо помнить, что изофлюран и галотан способны активизировать в нервных клетках энзимы, запускающие процессы запрограммированной клеточной гибели – апоптоза. К таким выводам пришли S.L. Bianchi и соавт. [62], которые установили, что животные, получавшие в эксперименте ингаляци-

онную анестезию изофлюраном или галотаном, имели увеличенное содержание в мозге бета-амилоида — вещества, прямо связанного с развитием болезни Альцгеймера. R.D. Sanders и соавт. [63] показали, что изофлюран индуцирует повреждения в гиппокампе, нейронах таламуса и коры с развитием долгосрочных послеоперационных когнитивных дисфункций у новорожденных крысят, которые в опытах *in vivo* можно предотвратить дексметомидином. Тем не менее возможность быстрой индукции без раздражения верхних дыхательных путей и хорошая релаксация мышц делает севофлуран препаратом выбора при проведении сочетанной анестезии в педиатрической практике.

Безопасность выполнения регионарных методов у детей

Осложнения нейроаксиальной анестезии в основном такие же, как и у взрослых. Описания осложнений нейроаксиальных блокад немногочисленны. При анализе 24409 региональных анестезий у детей выявлено только 23 осложнения нейроаксиальных блокад, причем все закончились благополучно [64]. Судебная практика показала, что из 2000 дел, связанных с анестезией у детей, в 42 случаях были осложнения при спинальной, 83 — эпидуральной анестезии [65].

При выполнении 10 633 эпидуральных блокад выявлено 96 осложнений, из них в 55 случаях отмечены сложности при пункции и поддержании эпидуральной анестезии, в одном случае — синдром конского хвоста (после ошибки программирования инфузомата), у 40 детей зарегистрировано развитие пролежней (связано с моторным блоком). По данным авторов, частота осложнений нейроаксиальной анестезии составила 0,5% [66].

Развитие системной токсичности обычно является результатом случайного внутрисосудистого введения местных анестетиков и иногда при превышении дозировок. Основное различие между взрослыми и детьми в том, что сердечно-сосудистые нарушения не предшествуют неврологическим: обе системы поражаются одновременно [67].

M. Ahmed и соавт. [68] при выполнении спинальной анестезии у 78 детей в возрасте 2–6 лет отметили небольшое число осложнений и пришли к выводу, что этот вид нейроаксиальных блокад простой, эффективный и безопасный у детей младшего возраста.

При анализе почти 15000 анестезий неудачи, побочные явления и осложнения были выявлены при нейроаксиальных блокадах в 3%, при блокадах нервов верхней конечности — в 2%, нижней конечности — в 1%, при прочих блокадах — в 0,3% (табл. 5).

Таблица 5. Неудачи, побочные явления и осложнения при выполнении регионарной анестезии у детей [70]

Блокады	Число анестезий	Неудачи, побочные явления и осложнения (n, %)
Нейроаксиальные блокады	6210	183 (3)
Блокады плечевого сплетения		
межлестничный доступ	80	0
надключичный доступ	164	6 (4)
подключичный доступ	40	0 (0)
аксиллярный доступ	99	2 (2)
Блокады нервов нижней конечности		
поясничного сплетения	78	6 (8)
пространства fasciailiaca	221	1 (0.5)
бедренного нерва	872	6 (0.7)
седалищного нерва	413	14 (3)
нервов в подколенной ямке	319	2 (0.6)
подкожного нерва	78	0 (0)
Другие блокады		
межреберная	39	0 (0)
подвздошно-пахового и подвздошно-подчревного нервов	737	3 (0.4)
влагалища прямой мышцы живота	294	0 (0)
паравертебральная	14	1 (7)
полового члена	230	0 (0)
TAP-блок	140	1 (0.7)

Обучение специалистов ультразвуковой визуализации

Можно быть сторонником или противником блокад с ультразвуковой навигацией, однако данную методику все сложнее игнорировать, особенно в учреждениях, осуществляющих обучение [69].

Использование ультразвуковой навигации при проведении регионарных блокад у детей в России подкреплено приказом Министерства здравоохранения РФ от 12 ноября 2012 г. № 909н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи детям по профилю «анестезиология и реаниматология»». Необходимыми условиями для адекватного применения ультразвука при выполнении регионарных блокад являются желание специалиста, интенсивное обучение и ежедневные тренировки в течение нескольких лет. В последние годы в мире было создано несколько полезных обучаемых ресурсов как в рамках конгрессов по анестезиологии, так и узкоспециализированных сайтов (www.sonomerve.com; www.nisora.com). В исследовании Н.С. Малашенко [33] по определению возможности

освоения врачом-анестезиологом ультразвуковой визуализации было наглядно показано, что ультразвуковая визуализация не является сложной методикой для специалиста вне зависимости от его стажа работы.

Таким образом, использование регионарной анестезии у детей имеет не менее богатую и такую же долгую историю, как и у взрослых пациентов. Выполнение различных вариантов местной анестезии в педиатрической практике специалисты начинали после их совершенствования в общей хирургии. Однако знание процессов передачи ноцицептивной импульсации у младенцев, анатомо-физиологических возрастных особенностей центральных и периферических нейрональных структур, фармакокинетики местных анестетиков у детей позволяет сегодня избежать серьезных осложнений при проведении регионарных блокад. Современное анестезиологическое оснащение для прямой и опосредованной визуализации нервных структур исключает субъективную оценку эффективности блока ребенком и обеспечивает возможность выполнять регионарные методики под наркозом, а использование безопасных гипнотиков проводить адекватную сочетанную анестезию с эффективной модуляцией стресс-ответа при минимальной фармакологической нагрузке.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

(п. п. 1, 3-4, 6-8, 10-11, 14-15, 17-22, 26-27, 30-33, 35-49, 51-53, 55, 57-61, 63-71 см. REFERENCES)

2. Корячкин В.А. К 120-летию открытия Анрепом В.К. местной анестезии / В. А. Корячкин, В. И. Страшнов. *Тезисы докладов 6 ВСАиР*. М., 1998; 139.
5. Зыков А.А. *Очерки развития местного обезболивания в СССР*. М.: Медгиз, Ленингр. отд., 1954; 120 с.
9. Корячкин В.А. *Нейроаксиальные блокады*. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2013. 544с.
12. Исаков Ю.Ф. Длительная перидуральная анестезия после операций на органах грудной клетки / Ю. Ф. Исаков, В. И. Гераськин, В. А. Кожевников. *Грудная хирургия*. 1971; 13: 104.
13. Парнес Д.И. Лечение пареза кишечника у детей: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.20 / Парнес Давид Исцакович. Л., 1972. 17 с.
16. Айзенберг В.Л. Высокие регионарные анестезии конечностей в сочетании с анальгезией закисью азота у детей. *Вестник хирургии*. 1972; 5: 88–92.
23. Ражев С. В. *Этюд о регионарной анестезии у. М.*: ОЖМА-ПРЕСС. 2001. 5.
24. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В., Гордеев В.И. *Интенсивная терапия критических состояний у детей*. СПб.: Н-Л, 2014; 654 с.
25. Тур А.Ф. *Пропедевтика детских болезней*. М.:Медгиз, 1955. 362 с.
28. Айзенберг В.Л. *Регионарная анестезия в педиатрии*. СПб.: Синтез Бук, 2011. 304 с.
29. Заболотский Д.В. Продленная местная анестезия у детей с ортопедической патологией : дис. ...д-ра мед. наук : 14.01.20. СПб., 2015. 253 с.
34. Малашенко Н.С. Ультразвуковая навигация инвазивных манипуляций в анестезиологии: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.20. СПб., 2012.16 с.
50. Страшнов В.И., Забродин О.Н., Мамедов А.Д., Страшнов А.В., Корячкин В.А. *Предупреждение интраоперационного стресса и его последствий*. СПб.: ЭЛБИ-СПб; 2015. 160с.
54. Миллер Р. *Анестезия*. Пер. с англ. Под ред. К.М. Лебединского. СПб: Человек, 2015, в 2 т. 2725.
56. Корячкин В.А., Эмануэль В.А., Страшнов В.И. *Диагностика в анестезиологии и интенсивной терапии*. СПб.: Спецлит; 2011. 414 с.
62. Овезов А.М. Коррекция ранних когнитивных нарушений у детей школьного возраста, оперированных в условиях тотальной внутривенной анестезии. *Анестезиология и реаниматология*. 2012; 3: 25–30.

REFERENCES

1. Anrep V.K. Uber die physiologische Wirkung des Cocaine. *Archiv fur die gesammte Physiologic des Menschen und der Thiere*. Bonn: Verlag von Emil Strauss, 1879; 21: 38–77.
2. Koryachkin V.A., Strashnov V.I. To the discovery of local anesthetic by V.K. Anrep. *In: Thesis of reports of 6th All-Russian Meeting of Anesthesiologists and Reanimatologist*. Moscow; 1998: 139. (in Russian)
3. Brown S.L. Local anesthetic infusion pump systems adverse events reported to the Food and Drug Administration. *Anesthesiology*. 2004; 100: 1305–07.
4. Quincke H. Die Lumbalpunktion des Hydrocephalus / H. Quincke. *Berlin Klinische Wochenschrift*. 1891; 28: 929–33.
5. Zykov A.A. Essays of development of local analgesia in USSR. Moscow: Medgiz, Leningrad branch: 1954. (in Russian)
6. Gray H.T. A further study on spinal anaesthesia in children and infants. *Lancet*. 1910; 2: 1611–6.
7. Junkin C.I. Spinal anesthesia in children. *Can Med Assoc J*. 1933; 28: 51–3.
8. Stephen C. R. Basic principles of pediatric anesthesia. *Can Med Assoc J*. 1949; 60: 566–9.
9. Koryachkin V.A. Neuroaxial blockades. Saint-Petersburg: ELBI-SPb; 2013. (in Russian)
10. Campbell M. F. Caudal anesthesia in children. *American J Urol*. 1933; 30: 245–9.
11. Zhen-Gang-Zhan Poster. Spinal, epidural and supportive basal anaesthesia in their use of Beijing Children's Hospital. First European Congress of Paediatric anaesthesia. Rotterdam, Aug. 27–30 th. Book of abstracts. 1986; 132.
12. Isakov U.F., U.F., Geras'kin V.I., Kozhevnikov V.A. Continuous peridural anesthesia after surgery on the thoracic organs. *Grudnaya Khirurgiya*. 1971; 13: 104
13. Parnes D.I. Treatment of paresis of intestine in children: abstract of diss. 14.01.20. Leningrad; 1972. (in Russian)
14. Farr R.E. Three forceps and four forceps knot / R. E. Farr. *Surg., Gynec. if Obst*. 1920; 31: 408.
15. Saint-Maurice C. Regional Anesthesia in Children / C. Saint-Maurice, O. Schulte-Steinberg – Mediglobe, 1990. 200 p.
16. Aizenberg V.L. High regional anesthesia of extremities combines with nitrous oxide analgesia in children. *Vestnik Khirurgii*. 1972; 5: 88–92. (in Russian)
17. Hollman, M. Local anesthetics and the inflammatory response. A new therapeutic indication? *Anesthesiology*. 2000: 93; 858–75.
18. Dodson N.E. Postoperative pain – physiology, natural history and psychology. The management of Postoperative Pain. *J. Current Topics in Anaesthesia*. London: Edward Arnold. 1985; 8: 1–30.
19. Taddio A. The effects of early pain experience in neonates on pain responses in infancy and childhood. *PaediatrDrugs*. 2005; 7: 245–57.
20. Siebert J.N. Influence of anesthesia on immune responses and its effect on vaccination in children: review of evidence. *Paediatr Anaesth*. 2007; 17: 410–20.
21. Kehlet H. Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. *Br. J. Anaesth*. 1997; 78: 606–17.

22. Watts S. A. Long-term neurological complications associated with surgery and peripheral nerve blockade: outcomes after 1065 consecutive blocks. *Anaesth Intensive Care*. 2007; 1 (35): 24–31.
23. Razhev S.V. *Etudes of regional anesthesia*. Moscow: OLMA-PRESS; 2001.
24. Alexandrovich U.S., Pshenisnov K.V., Gordeev V.I. Intensive therapy of critically ill children. Saint-Petersburg: N-L; 2014. (in Russian)
25. Tur A.F. Propaedeutics of children's diseases. Moscow: Mosgiz; 1955. (in Russian)
26. Messeri A. Safety rules in regional anaesthesia. White Nights; 25-27 May. 1998; 41.
27. Busoni P. Anatomy in «Regional anaesthesia in children». *Medigloba*, 1990; 16–25.
28. Aizenberg V.L. *Regional anesthesia in pediatrics*. Saint-Petersburg: Sintez Buk; 2011. (in Russian)
29. Zabolotskii D.V. *Continuous local anesthesia in children with orthopedic pathology*. MD diss. 14.01.20. Saint-Petersburg; 2015. (in Russian)
30. Shenkman Z., Rathaus V., Jedeikin R., Konen O., Hoppenstein D., Snyder M., Freud E. The distance from the skin to the subarachnoid space can be predicted in premature and former-premature infants. *Can. J. Anaesth*. 2004; 51 (2): 160–2.
31. Troncin R., Dadure Ch. Paediatric Spinal Anaesthesia Update in *Anaesthesia* 2009; 25, (1): 22–4.
32. Weidenheim K.M., Kress Y., Epshteyn I. et al. Early myelination in the human fetal lumbosacral spinal cord: Characterization by light and electron microscopy. *J NeuropatholExpNeurol*. 1992; 51: 142–9.
33. Tanaka S., Mito T., Takashima S. Progress of myelination in the human fetal spinal nerve roots, spinal cord and brainstem with myelin basic protein immunohistochemistry. *Early Hum Dev*. 1995, 41: 49–59.
34. Malashenko N.S. *Ultrasound navigation of invasive manipulations in anesthesiology: abstract of diss. 14.01.20*. Saint-Petersburg; 2012. (in Russian)
35. Abajian J.C., Mellish P., Browne A.F. Spinal anesthesia in the high risk infant. *AnesthAnalg*, 1984; 63: 359–362.
36. Dohi S., Naito H., Takahashi T. Age related changes in blood pressure and duration of motor block in spinal anesthesia. *Anesthesiol*. 1979; 50: 319–23.
37. Williams R.K., Abajian C. Spinal anesthesia in infants. Techniques in *Regional Anesth and Pain Management*. 1999; 3: 170–6.
38. Oberlander T.F., Berde C.B., Lam K.E. Infants tolerate spinal anesthesia with minimal overall autonomic changes: analysis of heart rate variability in former premature infants undergoing hernia repair. *AnesthAnalg*. 1995; 80: 20–7.
39. Pascucci R.C., Hershenson M.B., Sethna N.F. et al. Effect of spinal anesthesia on chest wall displacements in infants. *Anesthesiol*. 1988; 69: A773.
40. Wright T.H., Orr R.J., Haberkern C.M. et al. Complications during spinal anesthesia in infants: high spinal blockade. *Anesthesiology*. 1990; 73: 1290–2.
41. Rice L.J., Bacon G., Newman K. Spinal anesthesia does not compromise ventilation or oxygenation in high risk infants. *Anesthesiol*. 1989; 71: A1021.
42. Runciman W. B. A sheep preparation for studying interactions between blood flow and drug disposition. *Illey. J. Anaesth*. 1984; 56: 1117–29.
43. Tucker G. T. Pharmacokinetics of local anaesthetic agents. *Mather. Br. J. Anaesth*. 1975; 47: 213–24.
44. Locatelli B. Randomized, double-blind, phase III, controlled trial comparing levobupivacaine 0,25 %, ropivacaine 0,25 % and bupivacaine 0,25 % by the caudal route in children. *Br. J. Anaesth*. 2005; 94: 366–71.
45. Meunier J. F. Pharmacokinetics of bupivacaine after continuous epidural infusion in infants with and without biliary atresia. *Anesthesiology*. 2001; 95: 87–951.
46. Paut O. High plasma ropivacaine concentrations after fascia iliaca compartment block in children. *Br. J. Anaesth*. 2004; 92: 416–18.
47. Bricker S. R. Pharmacokinetics of bupivacaine following intraoperative intercostal nerve block in neonates and in infants aged less than 6 months. *Anesthesiology*. 1989; 70: 942–47.
48. Dewachter P. Anaphylaxis and anesthesia: controversies and new insights. *Anesthesiology*. 2009; 111: 1141–50.
49. Laxenaire M. C. Anaphylaxis during anaesthesia. Results of a two-year survey in France. *Br. J. Anaesth*. 2001; 87: 549–58.
50. Strashnov V.I., Zabrodin O.N., Mamediv A.D., Strashnov A.V., Koryachkin V.A. *Prevention of intraoperative stress and its consequences*. Saint-Petersburg: ELBI-SPb; 2015. (in Russian)
51. Sites B. D. Incidence of local anesthetic systemic toxicity and postoperative neurologic symptoms associated with 12,668 ultrasound-guided nerve blocks: an analysis from a prospective clinical registry. *RegAnesthPainMed*. 2012; 37: 478–82.
52. Rebollar R.E., Palacios M.V.G., Guerrero J.M., Morera L.M.T. Lipid rescue in children: The prompt decision. *J. Clin. Anesth*. 2016; 32: 248–52.
53. Presley J.D. Intravenous lipid emulsion to reverse acute drug toxicity in pediatric patients. *The annals of Pharmacology*. 2013; 47: 735–42.
54. Miller R. *Anesthesia*. Saint-Petersburg: Chelovek; 2015. (in Russian)
55. Chalmers D. J. Continuous local anesthetic infusion for children with spina bifida undergoing major reconstruction of the lower urinary tract. *J Pediatr Urol*. 2015. S1477–5131(15)00016–9.
56. Koryachkin V.A., Emanuel' V.L., Strashnov V.I. *Diagnostics in anesthesiology and intensive care*. Saint-Petersburg: Spetslit; 2011. (in Russian)
57. Troncin R., Dadure Ch. Paediatric Spinal Anaesthesia Update in *Anaesthesia* 2009; 25 (1): 22–4.
58. Dalens B.J. Regional anesthesia in children. In RD Miller et al., eds., *Miller's Anesthesia*, Philadelphia: Churchill Livingstone. 2010 7th ed., 2519–700.
59. Shah and R. D., Suresh* S. Applications of regional anaesthesia in paediatrics. *Br. J. Anaesth*. 2013; 111 (1): i114–i124
60. Choi E.K., Ro Y., Park S.S., Park K.B. The use of EMLA cream reduces the pain of skin puncture associated with caudal block in children. *Korean J Anesthesiol*. 2016 Apr; 69 (2): 149–54.
61. Taenzer A.H., Walker B.J., Bosenberg A.T., Martin L., Suresh S., Polaner D.M., Wolf C., Krane E.J. Asleep versus awake: does it matter? Pediatric regional block complications by patient state: a report from the Pediatric Regional Anesthesia Network. *RegAnesth Pain Med*. 2014 Jul-Aug; 39 (4): 279–83.
62. Ovezov A.M. Correction of early cognitive disorders in children of school age undergone surgery under total intravenous anesthesia. *Anesteziologiya i Reanimatologiya*. 2012; 3:25-30. (in Russian)
63. Bianchi S.L., Tran T., Liu C., Lin S., Li Y., Keller J.M., Eckenhoff R.G., Eckenhoff M.F. Brain and behavior changes in 12-month-old Tg2576 and nontransgenic mice exposed to anesthetics. *NeurobiolAging*. 2008 Jul; 29 (7): 1002–10.
64. Sanders R.D., Sun P., Patel S., Li M., Maze M., Ma D. Dexmedetomidine provides cortical neuroprotection: impact on anaesthetic-induced neuroapoptosis in the rat developing brain. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2010 Jul; 54 (6): 710–6
65. Giaufre E., Dalens B., Gombert A. Epidemiology and morbidity of regional anesthesia in children: a one-year prospective survey of the French-Language Society of Pediatric Anesthesiologists. *AnesthAnalg*. 1996 Nov; 83 (5): 904–12.
66. Fox M.A., Webb R.K., Singleton R. et al: The Australian Incident Monitoring Study. Problems with regional anaesthesia: An analysis of 2000 incident reports. *Anaesth Intensive Care*. 1993; 21: 646–9.
67. Llewellyn N., Moriarty A. The national pediatric epidural audit. *PediatrAnesth* 2007; 17: 520–33.
68. Maxwell L.G., Martin L.D., Yaster M. Bupivacaine-induced cardiac toxicity in neonates: Successful treatment with intravenous phenytoin. *Anesthesiology*. 1994; 80: 682–6.
69. Ahmed M., Ali N.P., Kabir S.M.H., Nessa M. Spinal Anaesthesia: Is it Safe in Younger Children? *Journal of Armed Forces Medical College, Bangladesh*. 2010; 6 (1): 25–8.
70. Marhofer P. *Ultrasound Guidance in Regional Anesthesia. 2nd Edition*. Oxford: Oxford University Press; 2014. 236 c.
71. Polaner D.M., Taenzer A.H., Walker B.J., Bosenberg A., Krane E.J., Suresh S., Wolf C., Martin L.D. Pediatric Regional Anesthesia Network (PRAN): A Multi-Institutional Study of the Use and Incidence of Complications of Pediatric Regional Anesthesia *Anesth. Analg*. 2012; 115: 1353–64.

Поступила 10.06.2016
Принята к печати 14. 07.2016