

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

Кафедра детской анестезиологии и реаниматологии

РЕГИОНАРНАЯ АНЕСТЕЗИЯ В ПЕДИАТРИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Минск, БелМАПО
2023

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

Кафедра детской анестезиологии и реаниматологии

**РЕГИОНАРНАЯ АНЕСТЕЗИЯ
В ПЕДИАТРИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ**

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере дополнительного образования взрослых
по профилю образования «Здравоохранение»

Минск, БелМАПО
2023

УДК 616-089.5-031.83-053.2(075.9)

ББК 53.762.4я78

Р 32

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия
НМС Государственного учреждения образования
«Белорусская медицинская академия последипломного образования»
протокол № 9 от 03.11.2022

Авторы:

Кулагин А.Е., заведующий кафедрой детской анестезиологии и реаниматологии БелМАПО, к.м.н., доцент

Жаворонок А.Н., доцент кафедры детской анестезиологии и реаниматологии БелМАПО, к.м.н., доцент

Миронов Л.Л., доцент кафедры детской анестезиологии и реаниматологии БелМАПО, к.м.н., доцент

Волков В.И., доцент кафедры детской анестезиологии и реаниматологии БелМАПО, к.м.н., доцент

Розин Ю.Э., врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реаниматологии УЗ «Могилевская областная детская больница»

Рецензенты:

Богомолов А.Н., к.м.н., доцент, заведующий отделением анестезиологии и реанимации с палатами для беременных, рожениц и гинекологических больных ГУ РНПЦ «Мать и дитя»

Кафедра детской хирургии УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Р 32

Регионарная анестезия в педиатрической практике : уч.-метод. пособие / А.Е. Кулагин [и др.]. – Минск : БелМАПО, 2023 – 66 с.

ISBN 978-985-584-826-5

Учебно-методическое пособие содержит современные данные по проблемам использования регионарной анестезии у детей. Рассмотрены показания, противопоказания, методы проведения, их преимущества и недостатки, используемые местные анестетики.

Учебно-методическое пособие предназначено для слушателей, анестезиологам-реаниматологам детским, анестезиологам-реаниматологам, может быть полезна клиническим ординаторам и аспирантам хирургических специальностей, слушателям курсов переподготовки по специальности «Анестезиология и реаниматология».

УДК 616-089.5-031.83-053.2(075.9)

ББК 53.762.4я78

ISBN 978-985-584-826-5

© Кулагин А. Е. [и др.], 2023

© Оформление БелМАПО,
2023

АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА

Доношенный новорожденный ребенок весит от 3 до 3,5 кг, при росте около 50 см, и через 10–15 лет его масса увеличивается более чем в 12 раз (>1200%), а рост более чем в три раза (>300%). На ранних стадиях развития спинной мозг полностью занимает позвоночный канал, но с возрастом рост позвоночника опережает рост спинного мозга, в результате чего спинной мозг вместе с оболочками и спинномозговыми нервами «поднимается» внутри спинального канала. К моменту рождения твердая мозговая оболочка оканчивается на уровне III–IV крестцового позвонка, а мозговой конус (conus medullaris) на уровне L3–L4. Только к концу первого года жизни они достигают уровня взрослых, что соответствует L1 для мозгового конуса и S2 для твердой мозговой оболочки.

На протяжении всего периода младенчества и детства анатомические соотношения и ориентиры постоянно изменяются. Это усложняет выполнение регионарных блокад и требует хорошего знания анатомии определенных возрастных периодов и использования точных методов для нахождения анатомических пространств и нервных стволов (табл. 1).

Таблица 1.

Основные анатомические и физиологические факторы детского возраста, влияющие на выполнение регионарного блока

Педиатрические факторы	Возможная угроза	Выводы, учитываемые при проведении регионарной анестезии
Низкое окончание спинного мозга	Повышенный риск прямой травмы спинного мозга	Избегать пункции выше уровня L3.
Низкая проекция твердой мозговой оболочки	Повышенный риск непреднамеренной пункции твердой мозговой оболочки	Проверять на предмет истечения спинномозговой жидкости, включая каудальную технику
Замедленная миелинизация нервных волокон	Большая вероятность интраневрального проникновения местных анестетиков	Ввиду быстрого начала действия низкие концентрации местного анестетика так же эффективны, как и более концентрированные растворы у взрослых
Хрящевая структура костей и позвоночника	Сниженное сопротивление при пункции острыми иглами Опасность прямой	Избегать применения тонких и острых игл. Вместо них использовать

Педиатрические факторы	Возможная угроза	Выводы, учитываемые при проведении регионарной анестезии
	травмы и бактериального заражения ядер окостенения, что в дальнейшем может отразиться на росте костно-суставной структуры	короткие иглы с коротким срезом. Не прилагать чрезмерных усилий к игле; если чувствуется сопротивление, не пытаться продвигать иглу дальше
Отсутствие слияния крестцовых позвонков	Сохранение крестцовых межпозвоночных пространств	В детском возрасте могут выполняться межпозвоночные крестцовые эпидуральные подходы
Медленное формирование изгибов позвоночника	Лордоз шейного отдела (3-6 месяцев) Лордоз поясничного отдела (8-9 месяцев)	Подобная ориентация эпидуральной иглы подходит для любого спинального уровня до 6 месяцев, в более старшем возрасте направление иглы необходимо адаптировать применительно к изгибам позвоночника
Изменение оси копчика и отсутствие роста крестцовой щели	С возрастом крестцовая щель уменьшается	Определение сакральной щели у детей после 6-8 лет значительно затрудняется (повышается кол-во неудач выполнения каудальной анестезии)
Замедленная оссификация и рост подвздошных гребней	Линия Тюфье, соединяющая верхние гребни подвздошных костей, у младенцев пересекает позвоночник в проекции L5 или ниже	Эта линия проходит через пространство L5-S1, вместо пространства на уровне L4-L5
Свободное расположение оболочек и апоневрозов по отношению к подлежащим структурам	Увеличение распространения местного анестетика по нервным путям с опасностью проникновения в отдаленные анатомические пространства и блокирование дистальных нервов	Для эпидуральных блокад ввиду утечки вдоль корешков спинномозговых нервов требуется больший объем местного анестетика. Для проведения периферических блокад необходим меньший

Педиатрические факторы	Возможная угроза	Выводы, учитываемые при проведении регионарной анестезии
		объем местного анестетика
Незрелость ферментов	Замедленный метаболизм местных анестетиков (обычно компенсируется другими ферментными механизмами)	Характерны увеличение времени полураспада и аккумуляция местного анестетика (особенно после повторной инъекции или постоянной инфузии)
Повышенное количество внеклеточной жидкости	Увеличение объема распределения и среднего времени действия местных анестетиков (как и большинства лекарственных средств)	Снижение St_{ax} после однократной инъекции и аккумуляция препарата после повторной или продленной инъекции
Низкое содержание плазменных белков (HSA и AAG)	Конкуренция за неспецифические связующие участки человеческого альбумина (HAS) Ограниченная способность AAG плазмы к специфическому связыванию местного анестетика, что приводит к повышению концентрации свободной фракции в плазме	Большая опасность системной токсичности в результате повышения несвязанных свободных фракций всех местных анестетиков
Увеличенный сердечный выброс и ЧСС	Повышенный региональный кровоток и, как следствие, увеличение абсорбции местного анестетика	Увеличение системной абсорбции местного анестетика (снижение T_{max} и укорочение продолжительности блокады) Повышенная эффективность адреналина: вазоконстрикция снижает абсорбцию (в то же время и токсичность) и продлевает продолжительность блокады
Незрелость	Гемодинамическая	Необязательна

Педиатрические факторы	Возможная угроза	Выводы, учитываемые при проведении регионарной анестезии
симпатической системы, малая автономная адаптационная функция сердца, менее развитое сосудистое русло нижних конечностей	стабильность при проведении нейроаксиллярных блокад	волемическая преднагрузка и применение вазоактивных препаратов

*Примечание: *AAG – альфа1-кислый гликопротеин; Стах – максимальная концентрация в плазме; HSA – человеческий сывороточный белок; Ттах – время до достижения Стах.*

Структура костей у новорожденных, в т.ч. и позвонков, в основном хрящевая. Так как хрящи оказывают меньшее сопротивление к пенетрации, их можно легко проткнуть острой иглой и серьезно повредить ядра окостенения, что ставит под угрозу дальнейшее развитие костей/суставов. Следовательно, при выполнении блокады необходимо избегать контакта с костью, особенно у новорожденных детей.

Миелинизация начинается в период внутриутробного развития в шейных нейронах, распространяется краниально и каудально и заканчивается к 12 годам жизни. Особенно слабо миелинизация выражена у младенцев, поэтому отсутствие полностью развитых нервных волокон является основной причиной, из-за которой они не способны ходить. Основным фармакологическим следствием данного состояния является более легкое проникновение местных анестетиков и блокирование ими нервных волокон. Разбавленные растворы местных анестетиков обеспечивают такое же качество нервной блокады у детей, как и более концентрированные растворы у взрослых. Хотя время до начала действия местных анестетиков у них короче, продолжительность блокады сокращается в связи с тем, что, во-первых, накопление местных анестетиков миелином с последующим их постепенным освобождением снижено, а во-вторых, местная циркуляция и, соответственно, сосудистая абсорбция у младенцев значительно выше.

К рождению ребенка существует только единственный изгиб позвоночника, и ориентацией для эпидуральной иглы является одинаковое для всех межпозвоночное пространство. Однако изгибы не являются фиксированными и могут легко изменяться при принудительном сгибании на протяжении всего периода роста, благодаря существующей гибкости позвоночника, что в детском возрасте является большим преимуществом (в дополнение к отсутствию остеофитов).

Фасции и перинейроваскулярные оболочки свободно прикреплены к близлежащим структурам (в т.ч. к нервам, мышцам, сухожилиям, сосудам). Это способствует увеличению распространения местных анестетиков и, как следствие, получению высококачественной нервной блокады, независимо от техники исполнения, а также и возможности нежелательного распространения к дистальным нервам или анатомическим пространствам.

У младенцев и детей раннего возраста (до 6–7 лет) жировая ткань эпидурального пространства очень рыхлая. Такая структура в сочетании со свободным креплением оболочек, окружающих спинномозговые корешки, способствует утечке местных анестетиков, введенных в эпидуральное пространство, в связи с чем для достижения желаемого уровня анестезии требуются сравнительно большие объемы местных анестетиков (до 1,25 мл/кг).

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Местная анестезия (МА) – выключение болевого восприятия путем воздействия на сегменты нервной системы ниже уровня мозга, при сохранении у больного сознания. Различают: *поверхностную* (терминальную); *инфильтрационную* и *регионарную* местную анестезию. В регионарной выделяют:

- стволую;
- плексусную (анестезия нервных сплетений);
- паравerteбральную или ганглионарную (анестезия нервных узлов);
- спинальную;
- эпидуральную.

При выборе метода анестезиологического пособия в детском возрасте ориентируются на следующие критерии:

- высокая надежность во время операции;
- минимальная психологическая и соматическая нагрузка;
- оптимальные хирургические условия;
- легкость и быстрота исполнения с минимальными побочными явлениями.

Все эти моменты могут быть обеспечены при использовании местной и особенно регионарной анестезии.

Регионарная анестезия (**РА**) часто используется у взрослых как альтернатива общей анестезии. В детском возрасте чистая регионарная анестезия почти не используется, чаще она применяется как часть

комбинированной методики. Нельзя нарушать принцип – *«ребенок не должен присутствовать на своей операции»*. Применение регионарных методик позволяет существенно снизить расход ингаляционных и внутривенных анестетиков, анальгетиков и миорелаксантов. В связи с этим регионарная анестезия может рассматриваться как одна из составляющих «сбалансированного» анестезиологического пособия в педиатрической практике. Конечная цель такого комбинирования – воспользоваться преимуществами каждого из отдельных методов без увеличения степени общего риска. Как изолированная методика, РА предлагает длительное обезболивание при минимальном изменении дыхательных и гемодинамических параметров.

Однако, к большому сожалению, в педиатрии РА используется еще крайне редко. Слабые теоретические знания, недостаточные практические навыки, дополнительные расходы, страх перед осложнениями – основные причины ее не высокой популярности. Хотя РА может способствовать существенному повышению качества анестезиологической защиты у детей. По мнению большинства авторов, каждый анестезиолог должен быть знаком с основами данной методики в педиатрии. У детских же анестезиологов данный метод должен рассматриваться как стандарт. В настоящей работе мы хотим остановиться на методах РА, которые в нашей ежедневной практике используются наиболее часто.

Регионарное обезболивание может применяться как компонент комбинированного анестезиологического пособия (основное предназначение) и с целью купирования болевого синдрома различной этиологии. Необходимо отметить, что в последнее время накопилось достаточно информации о достоинствах и недостатках применения различных методик регионарной анестезии и местных анестетиков в практике педиатрической анестезиологии, что обеспечило более рациональное их применение.

ПРЕИМУЩЕСТВА РЕГИОНАРНОЙ АНЕСТЕЗИИ

- Обеспечивает глубокую анальгезию, сводя к минимуму физиологические сдвиги в организме; позволяет значительно уменьшить дозы ингаляционных и внутривенных анестетиков в течение операции, что способствует скорейшему пробуждению пациента.
- Применение РА на завершающих этапах оперативного вмешательства или после него – обеспечивает достаточный уровень послеоперационной

анальгезии с минимальным риском депрессии дыхания, а так как время действия для каждого препарата, примененного для РА, достаточно четко определено, то мы в состоянии определить дозу и время следующих введений.

- РА позволяет осуществлять адекватный контроль над болевым синдромом различного генеза.
- Некоторые виды болевого синдрома трудно поддаются купированию наркотическими анальгетиками, вводимыми в системный кровоток (например, спазм мочевого пузыря после вмешательств на органах малого таза, может быть лишь усугублен таким способом), в то время как каудальная РА их легко устраняет.
- При необходимости пролонгированной анальгезии осуществляется катетеризация каудального или эпидурального пространства с фракционным или постоянным введением местных анестетиков.
- РА может явиться методом выбора при высоком анестезиологическом риске или технических трудностях проведения общей анестезии, например, у детей с нервно-мышечными, метаболическими, сердечными и хроническими легочными заболеваниями; при наличии в семейном анамнезе случаев злокачественной гипертермии; в случаях экстренных хирургических вмешательств у больных с высоким риском аспирации желудочного содержимого.

Однако выполнение региональной анестезии требует определенных навыков и времени как для выполнения самой манипуляции, так и для наступления анальгезии.

ПОКАЗАНИЯ К РЕГИОНАРНОЙ АНЕСТЕЗИИ

- Массовое поступление больных.
- Амбулаторно-поликлиническая практика в случаях ограниченного послеоперационного наблюдения за больным.
Примечание: п.1 и п.2 – исключает спинальную и эпидуральную анестезию.
- При проведении экстренных оперативных вмешательств – из-за недостаточной полноты клинического обследования.
- В случаях, когда регионарное обезболивание облегчает выполнение самого вмешательства.
- При выраженных дистрофических или токсических поражениях важных паренхиматозных органов.

- По психологическим мотивам (отказ родителей или самого больного от общей анестезии).
- В случаях, если проведение квалифицированного общего обезболивания затруднено, а также у ослабленных и истощенных больных.
- У детей с полным желудком при перекруте яичка или ущемленной грыже, из-за непосредственного риска развития некроза тканей.
- Герниопластика паховой грыжи у младенцев в возрасте до 60 недель от момента зачатия, родившихся преждевременно, так как у них существует серьезный риск развития послеоперационного апноэ.
- Тяжелая степень острой или хронической дыхательной недостаточности
- Неотложные состояния у детей с тяжелыми метаболическими или эндокринными нарушениями.
- Нейромышечные расстройства, *myasthenia gravis* или некоторые типы порфирии (Нестабильность шейного отдела – при выполнении эндотрахеальной интубации может привести к развитию тетраплегии) постоянно присутствует при синдроме Киари и распространена у пациентов с ахондроплазией и синдромом Дауна. У больных с деформацией лицевых костей, микростомией и аномалией нижней челюсти возможна затрудненная интубация. Анестезия у младенцев, страдающих буллезным эпидермолизом. Травматологическим пациентам с повреждениями конечностей).
- Некоторые типы полимальформативных синдромов и скелетных деформаций.
- Интраоперационное/послеоперационное обезболивание и процедурная боль.
- Устранение нехирургической боли (опоясывающий герпес, СПИД, слизисто-кожные поражения и рак; серповидно-клеточной анемией в период вазоокклюзивного кризиса или грудных синдромов).
- Купирование хронической боли и паллиативный уход (при синдроме комплексной регионарной боли; эритромелалгией; онкологическая боль, возникшая либо в результате первичной опухоли, либо метастазов, особенно в ситуации, когда действий других лекарств не хватает или они вызывают слишком много побочных эффектов)
- Неаналгетические показания (симпатическая блокада является существенным компонентом для защиты/улучшения кровоснабжения верхних или нижних конечностей; продленная эпидуральная блокада оказывается эффективным средством в лечении сосудистой недостаточности, возникающей при болезни Кавасаки; непреднамеренной

внутриартериальной инъекции анестетика; пениальной блокады, выполненной местным анестетиком с добавлением адреналина; при тяжелых обморожениях. Проведением аксиллярной (подмышечной) блокады и блокадой звездчатого ганглия можно успешно лечить острую сосудистую недостаточность верхней конечности).

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К РЕГИОНАРНОЙ АНЕСТЕЗИИ

- отказ больного или родителей (опекунов) от данной методики;
- инфекционный процесс в месте планируемого проведения РА;
- поражения нервной системы (дегенеративные заболевания моторных нейронов спинного мозга, нервов блокируемого сплетения);
- менингит; сепсис; септикопиемия;
- коагулопатии; тромбоцитопения;
- гиповолемия;
- повышенная чувствительность к местным анестетикам;
- деформация на месте предполагаемой блокады или местные нарушения (повреждения кожи, заболевания мышц и костей), дефекты позвоночника;
- высокая эмоциональность больного;
- отсутствие должного контакта с больным (глухонемой, сильное алкогольное опьянение), тяжелые психоневрологические расстройства;
- выраженная анемия и гипотония являются противопоказаниями к проведению спинномозговой пункции.
- пациенты с риском развития синдрома сдавления (compartment syndrome).
- гемоглобинопатии (У детей с серповидно-клеточной анемией, в случае десатурации, существует склонность к развитию массивного гемолиза. При этом, в результате замедления местного кровотока из-за обширных микротромбозов, пациенты подвергаются повторным болевым приступам (например, при гемоконцентрации, шоке, хирургическом турникете). При опасности развития гипоксемии (респираторные заболевания) или гемодинамических расстройств (значительные кровопотери во время операций, наложение турникетов), выполнения регионарных (особенно нейроаксиальных) блокад следует лучше избегать.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ МЕСТНЫХ АНЕСТЕТИКОВ

Согласно классическим положениям Н.Е. Введенского, местные анестетики воздействуют на функциональное состояние нерва, изменяя его возбудимость и проводимость. Основной точкой приложения их действия является мембрана нервной клетки, которая играет главную роль в генерировании и передаче нервного импульса. Нервная мембрана разделяет аксоплазму и экстрацеллюлярную жидкость, имеющие различный ионный состав.

В состоянии покоя концентрация ионов калия внутри клетки значительно превышает внеклеточную, а для ионов натрия и хлора имеет место обратное соотношение. Выходу калия из клетки, через проницаемую для него мембрану, препятствует *отрицательный потенциал* на ее внутренней стороне (*потенциал покоя* приблизительно составляет -70 мВ), который поддерживается внутриклеточными органическими анионами. А натрий не может войти в клетку, так как мембрана в состоянии поляризации для него мало проницаема.

Когда возникают условия, при химической, механической или электрической стимуляции, снижается потенциал покоя до определенной пороговой величины (*мембранный потенциал* > -55 мВ), резко увеличивается проницаемость мембраны для натрия (открываются натриевые каналы), который устремляется внутрь клетки, чему одновременно способствуют ионный и электростатический градиент. Происходит деполяризация мембраны нервной клетки и возникает положительный потенциал действия или нервный импульс, который активно распространяется по нервному волокну. За возбуждением следует рефрактерный период. Потенциал мембраны снижается до величины потенциала покоя.

Местные анестетики блокируют проведение импульса, вмешиваясь в процесс, лежащий в основе образования потенциала действия – препятствуют временному повышению проницаемости мембраны для ионов натрия и тем самым делают невозможным деполяризацию нервной клетки. Они уменьшают проницаемость мембраны и для ионов калия, но в значительно меньшей степени. Не оказывают значительного влияния на внутриклеточный метаболизм и не изменяют проницаемости нервной мембраны в состоянии покоя. Таким образом, местноанестезирующие средства «стабилизируют» мембрану в поляризованном состоянии (состоянии покоя) и тем самым препятствуют развитию процессов возбуждения. Суммарные электрофизиологические эффекты МА выражаются в:

- снижении скорости и степени деполяризации;

- уменьшении скорости реполяризации;
- уменьшении скорости проведения нервного импульса;
- удлинении рефрактерного периода.

ФАРМАКОЛОГИЯ МЕСТНЫХ АНЕСТЕТИКОВ

На фармакологические свойства препаратов, используемых у детей, оказывают влияние два основных фактора:

1. незрелость некоторых ферментных систем и их замещение другими биохимическими механизмами
2. постепенное увеличение поверхности тела с ростом всего организма.

Расчет дозы препаратов, как и для взрослых пациентов, осуществляется исходя из площади поверхности тела. Тем не менее, площадь поверхности тела не так легко вычислить, и на практике дозы рассчитываются в соответствии с массой тела, учитывая константу роста ребенка; ошибки дозировки при этом – не редкость.

Молекула местного анестетика (МА) включает липофильную группу (обычно это бензольная группа), гидрофильную группу (представленную третичным амином) и промежуточную углеводородную цепочку *эфирной* или *амидной* структуры. Местные анестетики представляют собой слабые основания, их третичная аминогруппа при физиологическом рН заряжена положительно. В зависимости от структуры промежуточной цепочки МА подразделяют на две группы: **1)** производные эфиров и **2)** производные сложных азотосодержащих веществ (анестетики амидного типа).

Мощность МА коррелирует с растворимостью в жирах, так как его действие зависит от способности проникать в гидрофобные структуры. В целом мощность местного анестетика возрастает при увеличении общего числа атомов углерода в молекуле. **Км** – это *минимальная концентрация местного анестетика, блокирующая распространение импульса по нервному волокну* (показатель аналогичен минимальной альвеолярной концентрации для ингаляционного анестетика). Км представляет собой меру относительной мощности и на него влияют:

- Диаметр волокна и степень его миелинизации (у детей до 18 мес. процесс миелинизации не завершен, а диаметр нервных стволов у детей меньше, чем у взрослых - очевидно и доза МА должна быть меньшей).
- Концентрация электролитов – гипокалиемия и гиперкальциемия ослабляют действие местных анестетиков.
- рН – кислая среда ослабляет действие местных анестетиков.

- Частота стимуляции нерва – доступность специфических рецепторов для МА усиливается при многократном открывании натриевых каналов.

Начало действия зависит от многих факторов, включая относительную концентрацию неионизированной жирорастворимой фракции и ионизированной водорастворимой фракции МА. Значения рН, при котором удельная масса ионизированной и неионизированной формы препарата одинакова, называют pK_a . Для лидокаина она составляет 7,8, бупивакаина 8,1, а для новокаина – 8,9.

Хотя в блокаде нервного импульса участвуют обе фракции МА. через оболочку нерва (эпинеурий) и клеточную мембрану нейрона проникает только жирорастворимая. Чем ближе pK_a к физиологическому рН, тем выше неионизированная фракция, проникающая через мембрану нейрона, тем быстрее начинает действовать местный анестетик. Данный эффект имеет значение и при попадании в ткани с низким рН (например, воспалительный процесс в месте введения), в этом случае возрастает ионизированная фракция препарата и для развития эффекта требуется большее время.

Длительность действия зависит от степени связывания местного анестетика с белками плазмы (кислым α_1 -гликопротеидом). На длительность действия влияют параметры фармакокинетики, определяющие абсорбцию препарата. **Абсорбция** МА зависит от способа применения – орошение слизистых, транскутанное применение или инъекция и места введения. **Скорость абсорбции препарата прямо пропорциональна васкуляризации тканей в месте введения.** Если расположить методики РА в порядке убывания скорости абсорбции, то получим следующий ряд: внутривенная РА > орошение слизистой оболочки трахеи > блокада межреберных нервов > каудальная анестезия > парацервикальная анестезия > эпидуральная анестезия > блокада плечевого сплетения > блокада седалищного нерва > инфльтрационная подкожная анестезия.

Абсорбция в эпидуральном пространстве изучена достаточно хорошо. Существуют сообщения о схожей кинетике абсорбции в периоде детства и младенчества, хотя в более раннем возрасте наблюдается менее выраженная форма двухфазной кривой плазменной концентрации. Пик концентрации в плазме и уклон кривой снижения концентрации увеличены, тогда как время (T_{max}) для достижения пиковой плазменной концентрации (C_{max}) в основном остается неизменным; например, T_{max} для бупивакаина составляет около 30 мин независимо от возраста пациента.

Заметным исключением является ропивакаин. После каудальной или люмбальной инъекции у младенцев T_{max} продлевается до 2 ч с

соответствующим повышением C_{max} (табл. 2.). Такой необычный фармакокинетический профиль трудно понять; существуют некоторые предположения, что это связано с незрелостью ферментов, замедленным системным усвоением и сниженным объемом распределения. Присущие ропивакаину вазоконстриктивные свойства могут выполнять такую же роль, как и при добавлении адреналина. Во всяком случае, такое повышение значений C_{max} и T_{max} не может быть проигнорировано, так как большинство хирургических вмешательств у младенцев кратковременные и маленькие пациенты менее чем через 2 ч после выполнения каудальной/эпидуральной анестезии могут покинуть не только операционный зал, но и палату пробуждения, т.е. до момента достижения пиковой концентрации препарата в плазме.

Похожий фармакокинетический профиль демонстрирует и левобупивакаин. После каудальной инъекции 2 мг/кг левобупивакаина младенцам в возрасте до 2 лет, значения C_{max} находятся в пределах от 0,41 до 2,42 мкг/мл ($0,91 \pm 0,40$ мкг/мл), что выше, чем значения C_{max} для сравнительного бупивакаина, представленные после каудальной инъекции в подобной дозировке. У младенцев моложе 3 месяцев вследствие сниженного клиренса плазмы также наблюдаются задержки значений T_{max} (50 мин versus 30 мин).

При расчетах в случае повторных инъекций доза препарата, вводимая в эпидуральное пространство, должна быть снижена для поддержания значений C_{max} в том же диапазоне, что и возникающие в результате выполнения первой инъекции. Для повторной инъекции необходимо либо:

- уменьшить дозу до одной трети от начальной и не вводить ранее, чем через 30 мин (лидокаин, мепивакаин, прилокаин) или через 45 мин (бупивакаин, левобупивакаин, ропивакаин) после первой инъекции; либо
- ввести половину от начальной дозы, но через 60 мин (лидокаин, мепивакаин, прилокаин) или через 90 мин (бупивакаин, левобупивакаин, ропивакаин) после первой инъекции.

При последующих инъекциях дозировку следует дополнительно сократить до половины второй дозы (т.е. одну шестую часть от начальной дозы) с временным промежутком, подобным задержке второй инъекции.

Таблица 2.

Возрастные различия в фармакокинетических показателях аминоамидов

Местный анестетик	Связывание белками (%)	Vd _{ss} (л/кг)*	Клиренс (мл/кг/мин)	T _{1/2} (ч)
Лидокаин				
Новорожденные	25	1,4-4,9	5-19	2,9-3,3
Взрослые	55-60	0,2-1,0	11-15	1,0-2,2
Мепивакаин				
Новорожденные	36	1,2-2,8	1,6-3	5,3-11,3
Взрослые	75-80	0,6-1,5	10-13	1,7-6,9
Бупивакаин				
Новорожденные	50-70	3,9 (±2,01)	7,1 (±3,2)	6,0-22,0
Взрослые	95	0,8-1,6	7-9	1,2-2,9
Левобупивакаин				
Новорожденные	50-70	2,7	13,8	4
Взрослые	95	0,7-1,4	28-39	1,27 (±0,37)
Ропивакаин				
Новорожденные	94	2,4	6,5	3,9
Взрослые	94	1,1 (±0,25)	4-6	1,15 (±0,41)

*Примечание: *Vd_{ss} (л/кг) (Distribution Volume at Steady State) – Объем распределения в стабильном состоянии.*

Продленная инфузия направлена на получение постоянной концентрации препарата в 24-часовом послеоперационном периоде. В подростковом возрасте эта цель легко достигается инфузией бупивакаина или левобупивакаина со скоростью около 0,3 мг/кг/ч или ропивакаина 0,4 мг/кг/ч. В периоде младенчества скорость инфузии должна быть снижена; и в возрасте до 4 месяцев при инфузии бупивакаина (или других местных анестетиков в эквипотентных дозах) она не должна превышать 0,2 мг/кг/ч и для более старшего возраста 0,25 мг/кг/ч.

У младенцев в возрасте до 4 месяцев (иногда до 9 месяцев) ввиду отсутствия достижения устойчивой плазменной концентрации даже через 48 ч от начала инфузии бупивакаина в «безопасном» скоростном режиме, может развиваться системная токсичность. В этой возрастной группе применение левобупивакаина или ропивакаина, ввиду получения в течение 24 ч стабильного плато концентрации препаратов, предпочтительнее бупивакаина.

Распределение местного анестетика зависит от поглощения анестетика в различных органах, которое определяется:

- Тканевой перфузией – вначале анестетик быстро поглощается хорошо васкуляризованными органами, потом идет перераспределение, а

органы с меньшей перфузией; значительное количество МА поглощается легкими.

- Коэффициентом распределения ткань/кровь – высокое сродство анестетика к белкам плазмы затрудняет его поступление в ткани, а высокая жирорастворимость – наоборот, облегчает.
- Массой ткани – наибольший объем анестетика поглощается мышцами.

Современные МА легко проходят через капиллярные мембраны и быстро распределяются в интерстициальной жидкости. Очень быстро проникают в легкие, сердце, ЦНС, почки и печень. Концентрация местного анестетика в ЦНС может вскоре оказаться в 3–4 раза выше, а в легких и почках в 10–15 раз выше, чем в крови. На более поздних стадиях местный анестетик сосредотачивается в хуже перфузируемых тканях – мышцы, жировая ткань.

Метаболизм и экскреция МА зависят от их структуры. **Сложные эфиры:** новокаин (прокаин), тетракаин (понткаин), дикаин, хлорпрокаин (незакоин) – **метаболизируются плазматической холинэстеразой** (псевдохолинэстераза крови). Содержание псевдохолинэстеразы у детей до 6-ти месячного возраста в 2 раза меньше, чем у взрослых, вследствие этого клиренс этих препаратов низок, а эффект в этой возрастной группы – пролонгирован. Однако, клиническая значимость данного феномена трудно доказуема.

Вообще гидролиз эфиров происходит очень быстро, водорастворимые метаболиты выделяются с мочой. Один из метаболитов – парааминобензойная кислота часто вызывает аллергические реакции. В цереброспинальной жидкости эстеразы отсутствуют, поэтому при интратекальном введении продолжительность действия МА эфирного типа зависит от поступления препарата в системный кровоток. В отличие от других препаратов данной группы - кокаин частично подвергается метаболизму в печени, а частично выделяется с мочой в неизмененном виде. Эфиры недостаточно стойки в растворах.

Амиды: лидокаин (ксилокаин), тримекаин, прилокаин (цитанест), бупивакаин (маркаин), ропивакаин, левобупивакаин – **подвергаются микросомальному метаболизму в печени** и связываются с плазматическими белками. У новорожденных и детей до 3 лет жизни отмечаются сниженный печеночный кровоток и незрелость метаболических систем деградации этих препаратов. Следовательно, в этой возрастной группе большая, чем у взрослых, фракция препаратов не метаболизируется и циркулирует в активном виде в плазме.

Скорость метаболизма препаратов в порядке ее убывания можно представить следующим образом: прилокаин > лидокаин > бупивакаин, но в целом она значительно ниже по сравнению с гидролизом МА эфирного типа. Снижение функции печени (цирроз) или печеночного кровотока (сердечная недостаточность) приводит к замедлению метаболизма и, соответственно, увеличению риска системных токсических реакций. Незначительное количество анестетика выделяется с мочой в неизмененном виде. Продукты метаболизма также выводятся почками.

Важно отметить, что у детей младшего возраста чаще могут наблюдаться токсические эффекты МА из-за более низкого содержания белков и, в частности, альбумина в плазме. С другой стороны, большой объем распределения в жидкостных секторах организма новорожденного нивелирует некоторые нежелательные эффекты, за счет снижения концентрации препарата в плазме.

ОПИОИДЫ

У новорожденных и младенцев период полувыведения опиоидов, используемых при нейроаксиальных блокадах, значительно увеличен. После эпидуральной инъекции морфин достигает своей пиковой концентрации в плазме через 10 мин, но эта концентрация очень низкая и неспособна обеспечить клинически выраженную аналгезию. Период полувыведения из спинномозговой жидкости (СМЖ) такой же, как из плазмы, но после эпидуральной инъекции концентрация препарата в СМЖ очень высокая, поэтому для снижения до минимально эффективной концентрации (около 10 нг/мл) требуется от 12 до 24 ч., следовательно, мониторинг жизненно важных параметров у детей, получивших нейроаксиальные опиоиды, должен осуществляться на протяжении 24 ч и они не подходят для использования в амбулаторной хирургии. Стандартные дозы наркотических препаратов при нейроаксиальных блокадах представлены в табл. 3.

Другие адьюванты

Вазоконстрикторы. Добавление к раствору МА адреналина или норадrenalина (применяют реже) вызывает вазоконстрикцию в месте введения и уменьшение абсорбции, что усиливает нейрональный захват, увеличивает продолжительность действия и снижает выраженность токсических побочных эффектов. Вазоконстрикторы в большей степени

вливают на анестетики короткого действия. Так, добавление адреналина к лидокаину увеличивает длительность анестезии не менее, чем на 50%.

Таблица 3.

Применяемые адъюванты и рекомендуемые дозы в педиатрической регионарной анестезии

Адъюванты	Рекомендуемые дозы	Максимальные дозы
Морфин Эпидурально Инtrateкально	30 мкг/кг 10 мкг/кг	50 мкг/кг 20 мкг/кг
Фентанил* (эпидурально)	1-1,5 мкг/кг	2,5 мкг/кг
Суфентанил (эпидурально)	0,25-0,5 мкг/кг	0,75 мкг/кг
Клонидин* (эпидурально или блокада периферических нервов)	1-1,5 мкг/кг	2 мкг/кг
Кетамин* (эпидурально или блокада периферических нервов)**	0,5 мг/кг	1 мг/кг

* Фентанил, Клонидин, Кетамин – не разрешены для регионарных блокад в Республике Беларусь

** Кетамин без консервантов (предпочительно бесконсервантный S-кетамин) практически не влияет на продолжительность действия бупивакаина (длительность его действия обусловлена высокой степенью связывания с белками плазмы)

Для снижения пиковой концентрации в плазме и продления действия блокад, особенно у детей в возрасте до 4 лет, вместе с местными анестетиками часто назначают адреналин (5 мг/л или 1/200,000 концентрации). Поскольку маленькие дети очень чувствительны к аритмогенным свойствам препарата, использование адреналина позволяет своевременно диагностировать внутривенную инъекцию (тест-доза). Нейроаксиальное применение адреналина связывали с развитием спинальной ишемии, и несмотря на то, что доказана необоснованность этого, большинство анестезиологов рекомендуют в растворах местных анестетиков, назначаемых новорожденным и младенцам, использовать сниженные концентрации адреналина (2,5 мг/ли или 1/400,000); при таких концентрациях скорость абсорбции бупивакаина при каудальной инъекции снижается на 25%.

Токсичных местных анестетиков

Блокада натриевых каналов влияет на распространение потенциала действия во всем организме, поэтому МА способны оказывать не только

местные, но и системные токсические эффекты. Токсичность МА часто прямо пропорциональна его мощности. Сочетание местных анестетиков оказывает аддитивное действие – так раствор, содержащий $\frac{1}{2}$ токсической дозы лидокаина и $\frac{1}{2}$ токсической дозы бупивакаина вызывает стопроцентный токсический эффект.

Местная токсичность – повреждающее воздействие на нервные ткани. У применяемых в настоящее время местных анестетиков отмечается практическое отсутствие местной нейротоксичности.

Системная токсичность местноанестезирующих препаратов проявляется в основном их влиянием на сердечно-сосудистую систему и ЦНС, особенно на фоне одного из основных эффектов регионарной анестезии – симпатической преганглионарной блокады. Общая частота проявлений общетоксического действия препаратов, применяемых для регионального обезболивания, составляет 1,3–5%.

МА угнетают *автоматизм сердца*, увеличивая длительность спонтанной деполяризации; уменьшают продолжительность рефрактерного периода. Высокие дозы анестетиков угнетают сократимость и проводимость. Действие на сердце обусловлено как прямым влиянием на мембрану кардиомиоцитов (блокадой натриевых каналов), так и опосредованными механизмами.

Ведущим проявлением симпатической преганглионарной блокады являются дилатация артерий и артериол, снижение АД и периферического сопротивления, уменьшение венозного возврата и минутного объема сердца. Следствием снижения давления крови в правом предсердии и крупных венах является рефлекс Бейнбриджа, что вместе с относительным превалированием парасимпатического отдела нервной системы приводит к брадикардии. Данные изменения гемодинамики вызывают некоторое снижение нагрузки на миокард.

Сочетание брадикардии, блокады сердца и артериальной гипотонии может привести к остановке сердца. *Аритмии и депрессия миокарда – это распространенные симптомы при передозировке местных анестетиков*. При глубокой гипотензии, усугубляющейся сниженной функцией миокарда, резко ухудшается органная кровоток, что проявляется сонливостью, спутанностью сознания и другими симптомами церебральной гипоксии. Имеет место ухудшение работы почек за счет фильтрационного компонента и влияния гиперпродукции альдостерона и антидиуретического гормона.

Состояние перехода физиологического уровня симпатической блокады на уровень полиорганной патологии может быть спровоцировано и общерезорбтивным действием местных анестетиков в случаях их

относительных или абсолютных передозировок. ***Особую опасность представляет их внутрисосудистое введение.***

Центральная нервная система особенно чувствительна к токсическим эффектам МА. У больных в сознании неврологические симптомы часто служат первыми признаками передозировки местных анестетиков. Ранние неврологические симптомы включают онемение вокруг рта, парестезии языка и головокружение; шум в ушах и нечеткость зрения. Возбуждение (беспокойство, нервозность) сменяется депрессией (спутанная речь, сонливость, утрата сознания). Развиваются судороги – отличаются своеобразием, первоначально проявляются гримасами, подергиванием мышц лица с последующей генерализацией. Часто остановка дыхания.

Механизм токсического воздействия МА на головной мозг до конца не ясен, возможно имеет место тормозящее влияние на ретикулярную активирующую систему, формирование чувствительной деафферентации. Токсические реакции объясняют изменениями судорожного порога головного мозга. Глубина проявления церебротоксичности находится в прямой зависимости от степени выраженности артериальной гипотензии и адекватности мозговой перфузии. Бензодиазепины и гипервентиляция уменьшают мозговой кровоток, что снижает количество препарата, вступающего в контакт с клетками головного мозга, и, следовательно, повышают порог развития судорог. Быстро и эффективно устраняют судороги и барбитураты.

Общетоксические проявления МА зависят также от состояния организма. ***При исходной гиповолемии, заболеваниях сердечно-сосудистой системы, глубокой медикаментозной седации – общерезорбтивные эффекты регионарных методов обезболивания проявляются сильнее.*** Исходная гиперкалиемия усиливает прямое депрессивное влияние МА на сократительную способность миокарда, что характерно для лидокаина. При ацидозе МА обладают способностью накапливаться в тканях.

Выраженность общетоксических проявлений зависит не только от дозы препарата, но и от концентрации местного анестетика! Их токсичность возрастает с увеличением концентрации в геометрической прогрессии. Максимальная концентрация анестетика в крови прямо зависит от общей дозы препарата (независимо от места проведения РА) и степени разведения раствора. При применении доз, указанных в табл. 4 – уровни анестетика в плазме не достигают токсических значений.

Таблица 4.

Максимальные дозы местных анестетиков (мг/кг)

Препарат	Каудальная / эпидуральная анестезия	Спинальная анестезия	РА периферически х нервных стволов	Внутриве нная РА
Лидокаин 0,5–2%	5 7–10*	1–2,5	7–10*	3–5
Бупивакаин 0,125–0,25–0,5%	2,5–3 3–5*	0,3–0,5	2,5–3 3–5*	НР
Тетракаин 0,1– 0,25%	2	0,2–0,6	2	НР

Примечание: «НР» – не рекомендуется; «» – введение верхнего диапазона доз только с адреналином в разведении 1:200'000. NB – случайное, даже частичное введение в вену или артерию препаратов, в указанных дозах, может привести к развитию токсических эффектов.*

У детей редко наблюдаются токсические эффекты МА, затрагивающие сердечно-сосудистую и центральную нервную системы. Гемодинамическая реакция даже на весьма обширную РА у детей выражена меньше, чем у взрослых. Очень редко наблюдаются судороги, м. б. потому, что они маскируются действием общих анестетиков и седативных препаратов (возможно под их действием повышается «судорожный порог»), особенно бензодиазепинов. Но при исследованиях на животных большой разницы между новорожденными и взрослыми особями не выявлено.

При развитии судорожного синдрома следует помнить о стремительном нарастании ацидоза, наличии на фоне судорог неадекватной вентиляции, а также, возможно, более быстром накоплении мозгом на этом фоне – местного анестетика.

Частота аллергических реакций зависит от аллергического фона организма. По данным Х.Х. Хапий для новокаина оказалась характерной наибольшая тяжесть течения осложнений и относительная благоприятность течения аллергических реакций, связанных с применением лидокаина и тримекаина. Патогенез шоковых реакций на МА определяется дегрануляцией и мощным выбросом клеточного гистамина, кининов и др. высокоактивных компонентов при нарушении системы их инактивации. Возможен и иммунный механизм шоковых реакций на МА.

ФАРМАКОКИНЕТИКА

Эффективность МА определяется его концентрацией в невролемме, а токсичность препарата пропорциональна его концентрации в крови. Когда местный анестетик вводится в богато васкуляризированные области (трахея, межреберные промежутки, эпидуральное или каудальное пространство) – время достижения препаратом пика концентраций в артериальной крови у детей меньше, чем у взрослых. Это можно объяснить более интенсивным кровотоком у детей в этих областях, как и в прочих.

Скорость абсорбции может быть изменена одновременным введением с анестетиком адреналина. Это также способствует стабилизации уровня анестезии и послеоперационной анальгезии. Эффект стабилизации и пролонгирования действия особенно четко прослеживается при применении тетракаина и лидокаина для спинальной анестезии; с другой стороны, применение для спинальной анестезии бупивакаина с адреналином не дает выраженного пролонгирования эффекта.

В фармакокинетике МА выделяют две фазы:

- 1) фаза, наступающая непосредственно после эпидурального введения анестетика – фаза быстрого перераспределения, характеризующаяся своим полупериодом – $T_{1/2\alpha}$;
- 2) фаза медленной элиминации – характеризующаяся своим полупериодом – $T_{1/2\beta}$.

Зная максимальную концентрацию препарата (C_{\max}), время в течении которого она может быть достигнута (t_{\max}); объем жидкостных сред организма, в которых препарат распределяется (V_{dss}) и общий клиренс по препарату (Cl) мы можем определить максимально допустимую начальную и повторную (поддерживающую) дозы.

Показано, что применяя приведенные в табл. 1 дозы для бупивакаина, максимальный уровень его концентрации в плазме достигается приблизительно через 29 минут после введения (в среднем 1,25 мкг/мл), а $T_{1/2\beta}$ составляет 277 минут. Аналогично, после применения лидокаина для каудальной анестезии, t_{\max} составляет 30–40 мин, $C_{\max} = 2$ мкг/мл, $T_{1/2\beta} = 103$ минуты. Эти цифры указывают, что, работая такими дозами препаратов мы не достигаем их токсических уровней в плазме: для бупивакаина 2–4 мкг/мл; лидокаина 5–10 мкг/мл (для взрослых). Таким образом, исходя из приведенных цифр, повторные дозы МА, при введении в эпидуральное пространство должны составлять 1/2–2/3 от начальной дозы. *Finholt et al.* показали, что объем жидкостных сред организма, где распределяется

лидокаин, клиренс, $T_{1/2}$ для этого препарата, введенного болюсом внутривенно в количестве 1–2 мг/кг, практически не отличается у детей старше 6 мес и взрослых. Поэтому, при назначении лидокаина внутривенно нет оснований изменять его дозу основываясь лишь на возрасте. Время $T_{1/2}$ для этого препарата, введенного внутривенно у детей младше 6 мес больше, чем у старших детей, т.к. у новорожденных снижена белковосвязывающая способность плазмы, повторные введения лидокаина могут обуславливать его токсический эффект.

Введение лидокаина внутривенно при аритмиях или перед интубацией трахеи у детей с право-левыми интракардиальными шунтами, может привести к развитию его системных токсических эффектов. В норме около 60–80% внутривенно введенного лидокаина абсорбируется тканью легких при первом прохождении крови через них, а затем наблюдается его постоянное высвобождение. А у детей с интракардиальными право-левыми шунтами часть крови минует легкие и создается предпосылка для более быстрого и значимого подъема его концентрации в артериальной крови (в эксперименте едва ли не в 2 раза, по сравнению с нормой).

Местные анестетики аминокамидного типа

Наиболее часто используемой группой местных анестетиков в педиатрической практике являются аминокамиды: лидокаин, бупивакаин, ропивакаин и левобупивакаин. Аминокамидные местные анестетики подвергаются метаболизму в печени. Однако печень новорожденных незрелая, и цитохромные системы созревают с разной скоростью: CYP3A4 в течение первых 9 месяцев жизни по сравнению с CYP1A2, для созревания которого может потребоваться до 8 лет. Объем распределения в стационарном состоянии у младенцев больше, чем у взрослых. Компартмент жидкости резко меняется с возрастом: 80% массы тела недоношенного новорожденного состоит из воды, 75% – у доношенного новорожденного, 65% – у младенца и 60% у детей старшего возраста. С возрастом количество внутриклеточной жидкости увеличивается с 20% от массы тела у недоношенных новорожденных до 30%, наблюдаемых у взрослых; за это время количество внеклеточной жидкости уменьшается вдвое. Местные анестетики растворимы в воде; следовательно, возрастные изменения в составе жидкостного компартмента значительны. У младенцев более низкий уровень белков, связывающих местный анестетик (например, альфа-1-кислого гликопротеина и альбумина), что приводит к увеличению доли несвязанного местного анестетика и, следовательно, к большему риску

токсичности. Однако в первые 48 часов после операции наблюдается повышение уровня альфа-1-кислого гликопротеина, который может действовать для защиты новорожденного. Клиренс этих препаратов снижается у детей младше 3 месяцев, постепенно достигая уровня у взрослых к 8 месяцам. Следовательно, период полувыведения местных анестетиков у новорожденных и младенцев более длительный по сравнению со взрослыми.

Лидокаин

В настоящее время наиболее распространенный анестетик, один из самых устойчивых местноанестезирующих препаратов, не теряет свои свойства ни при кипячении, ни под действием кислот и щелочей; рН около 7,9. $T_{1/2}$ в плазме крови после фазы распределения составляет 1,5–2 часа, а у новорожденных 3 часа, при тяжелой сердечной недостаточности до 10–12 часов.

Как местный анестетик сильнее, чем новокаин в 4 раза, а токсичнее в 2 раза. Быстро всасывается, скрытый период 5–8 минут, медленно разлагается, действует 2,5–4 часа (по данным других авторов до 3–5 часов). **Используется для всех видов местного обезболевания.** Для проводниковой и эпидуральной анестезии используют 1–2% растворы; максимальная однократная доза – обычная 600 мг, абсолютная 1000 мг, для детей 4,5–5 мг/кг.

Противопоказан при тяжелой миастении. С осторожностью при недостаточности сердечно-сосудистой системы, болезнях печени и почек. Нежелательно сочетать:

- с β -блокаторами – т.к. возможно развитие брадикардии, гипотензии, бронхоспазма;
- с барбитуратами – вследствие мембраностабилизирующего действия;
- с дигитоксином – из-за ослабления кардиотонического эффекта вследствие разнонаправленного влияния на миотропные свойства миокарда;
- с курареподобными препаратами лидокаин усиливает мышечную релаксацию, вызванную курареподобными веществами, что может способствовать развитию паралича дыхательных мышц.

По литературным данным – оказывает иммунодепрессивное действие, тормозя факторы гуморального и клеточного иммунитета. Совместим с сульфаниламидами.

Левобупивакаин

Новый L-энантиомер с потенциально меньшим риском тяжелой сердечно-сосудистой токсичности. Имеются данные по фармакокинетике у детей, и интервал дозирования такой же, как у бупивакаина. Эксперименты на животных показали, что левобупивакаин вызывает меньшую депрессию миокарда и снижает частоту возникновения фатальных аритмий по сравнению с бупивакаином. Хотя это лекарственное средство предоставляет анестезиологу возможность выбора препарата, который менее кардиотоксичен, все же следует соблюдать осторожность.

Ропивакаин

Ропивакаин – это новый амидный местный анестетик, который все чаще используется в детской хирургии. Это L-энантиомер с меньшими побочными эффектами со стороны сердечно-сосудистой и центральной нервной систем по сравнению с бупивакаином. Ропивакаин обладает незначительными сосудосуживающими свойствами, что может объяснить более длительный T_{max} при каудальном введении по сравнению с бупивакаином. Имеются фармакокинетические данные о применении ропивакаина у детей в виде непрерывных инфузий, а также для однократных инъекций. Исследовательские работы применения ропивакаина в педиатрии продемонстрировали более длительную продолжительность действия ропивакаина, чем мепивакаина, при использовании для блокады периферических нервов. Следует соблюдать осторожность при применении ропивакаина и у детей, поскольку сообщалось о случаях сердечно-сосудистой токсичности.

Бупивакаин

Бупивакаин представляет собой изомер как с L-, так и с d-энантиомером, причем d-энантиомер вызывает большинство побочных эффектов, наблюдаемых у людей. Учитывая, что бупивакаин является наиболее токсичным из аминокамидных местных анестетиков, следует рассмотреть возможность использования более безопасной альтернативы, особенно для новорожденных и при применении методов непрерывной инфузии через постоянные катетеры. Фармакокинетика и фармакодинамика бупивакаина хорошо описаны в литературе. Предпочтительная концентрация для детей составляет 0,25% для блокады периферических нервов и 0,1% для непрерывных инфузий, которая в большей степени вызывает сенсорную, чем моторную блокаду. Дети старшего возраста могут переносить более высокую дозу раствора местного анестетика (0,4 мг/кг/ч) по сравнению с

новорожденными и младенцами (0,2 мг/кг/ч). Дозировка бупивакаина ограничена 2–4 мг/кг для однократной инъекции и 0,2-0,4 мг/кг для непрерывной инфузии. Анестезирующий эффект наступает достаточно быстро (в течение 5–10 мин) и продолжается до 8–10 часов. При применении в дозе 3 мг/кг для каудального блока токсические концентрации в плазме крови (> 2 мкг/мл) не выявляются. На фармакокинетику препарата оказывает влияние возраст ребенка (табл. 5).

Противопоказания – повышенная чувствительность к местным анестетикам амидного типа; заболевания ЦНС (менингит, опухоли, полиомиелит); пернициозная анемия с неврологической симптоматикой.

Таблица 5.

Фармакокинетические параметры бупивакаина (2,5 мг/кг) при болюсном использовании при эпидуральной (каудальной) анестезии.

Параметр	Грудные дети	Дети старшего возраста
C_{max} (мг/кг)	0,97±0,42	1,25±0,09
$T_{1/2\beta}$ (час)	7,7±2,4	4,6±0,5
V_d (л/кг)	3,9±2,0	2,7±0,2
Cl (мл/кг/мин)	7,1±3,2	10,0±0,7

Местные анестетики эфирного типа

Из-за их короткой продолжительности действия и склонности вызывать аллергические реакции аминоэфиры (например, прокаин, 2-хлорпрокаин, тетракаин) являются наименее часто используемой группой местных анестетиков. В отличие от аминоамидных местных анестетиков, аминоэфиры метаболизируются холинэстеразами плазмы. В результате метаболизм эфирных местных анестетиков зависит от уровня холинэстеразы в плазме крови. Следовательно, в популяциях со сниженным уровнем холинэстеразы в плазме крови, таких как новорожденные и младенцы, уровень этих препаратов в плазме крови может быть повышен, что потенциально может привести к токсическому уровню препарата. Присутствие холинэстеразы в плазме также ограничивает продолжительность действия этих препаратов, что приводит к сокращению активности. Наиболее распространенными эфирными местными анестетиками, используемыми у младенцев и детей, являются хлоропрокаин и тетракаин. Эти препараты иногда используются у детей в качестве вспомогательного средства к спинальной анестезии у недоношенных детей, перенесших спинальную анестезию, или в качестве единственного анестезирующего раствора для каудальной анальгезии. Сообщалось о применении тетракаина при спинальной анестезии, особенно у

недоношенных детей, в качестве единственного анестетика для лечения паховой грыжи. 2-хлоропрокаин широко используется у детей для обезболивания в центральном нейроаксиальном пространстве. Основные фармакинетические параметры наиболее используемых местных анестетиков представлены в табл. 6 и 7.

Таблица 6

Некоторые свойства местных анестетиков

Препарат	Скрытый период (мин)	pK _a	Время действия (час)	Связь с белками плазмы	Относительная мощность	Жирорастворимость
Новокаин	14–18	8,9	1–1,5	5%	1	< 1
Лидокаин	2–4 (до5)	7,7	1–3	65%	2	4
Бупивакаин	5–8	8,1	3–10	95%	8	30
Тетракаин	10–15	8,6	3–10	85%	8	80

Таблица 7.

Средние значения T_{1/2} (час) в зависимости от возраста

Возраст	Лидокаин	Бупивакаин
Новорожденные	3,2	8,1
Грудные (1–6 мес)	нет данных	7,7
Дети от 3,5 до 10 лет	2,5	4,5
Взрослые	1,6	3,5

Дозирование местных анестетиков у педиатрических пациентов

Большинство доз препаратов для детей рассчитываются в зависимости от веса пациента. (табл. 8), хотя часто возникают споры о том, какая общая масса тела или идеальная масса тела больше подходит для расчета препаратов. Однако это может быть неприменимо к регионарной анестезии; Исследования, проведенные на младенцах, находящихся под спинальной анестезией, обнаружили большую потребность в местном растворе анестетика (весовом) по сравнению с их взрослыми коллегами, использующими бупивакаин или тетракаин.

Таблица 8.

Максимальные рекомендуемые дозы и приблизительная продолжительность действия наиболее часто используемых местных анестетиков

Местный анестетик	Класс	Максимальная доза (мг/кг)*	Продолжительность действия (мин)	Инфузия (мг/кг/ч)
Прокаин	Эфиры	10	60–90	-
2-хлорпрокаин	Эфиры	20	30-60	-

Местный анестетик	Класс	Максимальная доза (мг/кг)*	Продолжительность действия (мин)	Инфузия (мг/кг/ч)
Тетракаин	Эфиры	1,5	180-600	-
Лидокаин	Амиды	5	90-200	-
Бупивакаин	Амиды	2,5	180-600	0,2-0,4
Ропивакаин	Амиды	2,5	180-600	0,2-0,5
Левобупивакаин	Амиды	2,5	180-600	0,2-0,5

*Примечание: * Для новорожденных безопаснее снизить максимальную дозу вдвое.*

Следует также тщательно учитывать концентрацию вводимого местного анестетика. Часто используется более низкая концентрация местного анестетика длительного действия (например, 0,25% левобупивакаина), поскольку ребенок также получает общую анестезию; поэтому блокада используется только для обезболивания. Однако в некоторых случаях следует вводить более низкие или более высокие концентрации местного анестетика. Более низкие концентрации (например, 0,125% левобупивакаина) важны для снижения риска токсичности у новорожденных и с меньшей вероятностью маскируют синдром компартмента. Более высокие концентрации местного анестетика (например, 0,5% левобупивакаина) следует рассматривать там, где желательна глубокая моторная блокада.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ

Все осложнения региональной анестезии подразделяют на 2 основные группы: **I.** Неспецифические – общие и некоторые местные реакции организма на МА, не зависят от вида местной анестезии; **II.** Специфические – связанные с определенным видом обезболивания.

I. НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ

1. Передозировка местных анестетиков – наиболее часто встречающееся осложнение. Причины данного осложнения могут быть связаны с видом РА, состоянием больного, концентрацией раствора. Производные барбитуровой кислоты и диазепам являются антидотами местных анестетиков, поэтому обычно включаются в премедикацию. При признаках передозировки – необходимо начинать с ингаляции кислорода. Если появляются тремор и судороги – вводят 1–2% гексенал, диазепам. В фазе угнетения применение барбитуратов является ошибкой. При необходимости интубация трахеи с использованием миорелаксантов деполяризирующего типа (сукцинилхолин), адекватная вентиляция и

дезинтоксикационная терапия: глюкоза, альбумин и др. – метод выбора после восстановления ОЦК – форсированный диурез.

2. Повышенная чувствительность к МА или добавляемым препаратам – проявляется в виде различных аллергических реакций. Чаще это экзема, крапивница, дерматит, отеки, может развиваться анафилактический шок. Во многих случаях аллергические реакции возникают спустя несколько часов после применения МА. Для профилактики анафилактических реакций рекомендуется включение в премедикацию антигистаминных средств.

3. Инфекционные осложнения – реальную опасность для их возникновения представляют следующие факторы:

- местная инфекция кожных покровов;
- наличие сепсиса и bacteriemia;
- недостаточная стерилизация инструментария или растворов;
- некачественная обработка операционного поля.

4. Местная реакция при введении анестетиков – наблюдается при добавлении к МА других препаратов; введении чрезмерно большого объема раствора анестетика – что травмирует ткани и чревато местным отеком.

5. Механические осложнения – повреждения нервных тканей, сосудов и т.п.

6. Ошибочное внутрисосудистое введение.

II. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ

1. Проколы полостей или органов при различных видах анестезии – плевральной полости при надключичной анестезии плечевого сплетения; мочевого пузыря при анестезии запирающего нерва и т.п.

2. Ошибочное введение раствора анестетика в спинномозговой канал при эпидуральной, паравертебральной анестезии, блокаде звездчатого узла. Ошибочное введение в спинномозговой канал при эпидуральной или паравертебральной анестезии возможно при проколе иглой внутреннего листка твердой мозговой оболочки. При таком осложнении может возникнуть **тотальный спинальный паралич (ТСП)**. Он развивается при попадании МА выше уровня большого затылочного отверстия. Время наступления тотального спинального паралича зависит от плотности и объема раствора МА и положения больного (от нескольких минут до часа).

При относительно постепенном развитии ТСП **клиническая картина** характеризуется бледностью кожных покровов, страхом удушья, нарастающей дыхательной недостаточностью. Остановка сердца, если

таковая имеет место, как правило, наступает позже. При быстром подъеме МА выше уровня большого затылочного отверстия может произойти внезапная остановка сердца. В клинике ТСП часто трудно дифференцировать от анафилактического шока или передозировке МА. Основную роль в постановке диагноза играет быстрая оценка клинической картины с учетом метода анестезии и места ее проведения.

Лечение неспецифическое: сердечно-сосудистая реанимация, включая ИВЛ и поддержание соответствующего ОЦК методом инфузии и введением симпатомиметических препаратов.

В течение многих лет считалось, что в основе тотального спинального блока лежит угнетение местными анестетиками дыхательного и сосудодвигательного центров головного мозга, сейчас этот синдром трактуется как *периферический нервный паралич*. Сущность изменений: анестетик, распространяясь в краниальном направлении, последовательно блокирует корешки спинномозговых нервов, в составе которых проходят преганглионарные волокна симпатических вазоконстрикторов и волокна, иннервирующие межреберную дыхательную мускулатуру. Это, прежде всего, проявляется *гипотензией, выраженность которой пропорциональна генерализованности вазодилатации*, обусловленной симпатической блокадой. При достижении МА уровня T₁ выключается иннервация всей межреберной мускулатуры и дыхание поддерживается одной диафрагмой.

Первичное снижение АД усугубляет нарушения легочной вентиляции, прогрессирует гипоксемия, снижается венозный возврат и минутный объем сердца. Формирующаяся таким образом патологическая цепочка гемодинамических и дыхательных нарушений приводит к тому, что к моменту достижения МА шейных отделов и блокирования им диафрагмальных нервов компенсаторные возможности организма оказываются исчерпанными – гипотензия сменяется глубоким коллапсом, наступает полная остановка дыхания. Возможность угнетения бульбарных центров не исключается, но не МА, а гипоксией, обусловленной коллапсом.

3. Длительная и значительная гипотония при эпидуральной и спинномозговой анестезии.

4. Интоксикация МА при быстром снятии жгута после внутривенной или эпидуральной РА.

Все местноанестезирующие средства (исключая кокаин) в той или иной степени дают *вазодилатирующий* эффект, потому к растворам принято добавлять сосудосуживающие препараты с целью уменьшения всасываемости и пролонгирования эффекта анестетика. Этим требованиям

наиболее отвечает адреналин (эпинефрин) в соотношении с местным анестетиком 1:200000. Мезатон и эфедрин менее эффективны, а норадреналин вызывает слишком интенсивное и генерализованное сужение сосудов.

На практике соотношение 1:200000 получают путем добавления 0,1 мл 0,1% раствора адреналина к 20 мл местного анестетика или 1 капли из тонкой иглы на каждые 5 мл. Точность соблюдения дозировки адреналина должна быть обязательной. При увеличении его концентрации сверх рекомендуемой возможно развитие гипертензивной реакции, вплоть до гипертонического криза; нарушений сердечного ритма; неврологические последствия, связанные с локальной ишемизацией нервных тканей.

Однако мнение о целесообразности добавления к местноанестезирующим растворам адреналина оспаривается – отмечают при использовании адреналина неврологические последствия от легких транзиторных парестезий до тяжелого пареза; указывают на отрицательное влияние адреналина на функцию почек, особенно при наличии почечной патологии.

В отношении целесообразности сочетания адреналина и наркотических препаратов при эпидуральной анальгезии, существуют данные о том, что добавление адреналина к раствору морфина приводит к удлинению времени обезболивания в среднем на 3 часа, замедлению абсорбции морфина из эпидурального пространства в кровяное русло с уменьшением его общерезорбтивного действия. При этом время анальгезии увеличивается, однако, опасность развития дыхательной депрессии возрастает, т.к. минимальность проникновения морфина в кровотоки сопровождается максимальной его концентрацией в ликворе. Все эти явления требуют соответствующей коррекции дозировок. При этом оптимальным считается такое же соотношение адреналина и морфина, как и при его комбинации с местным анестетиком, т.е. 1:200000.

С целью увеличения анальгетического эффекта периферического нервного блока дополнительным общим воздействием на кору головного мозга и ретикулярную формацию – предлагаются различные комбинации регионарного обезболивания с внутривенным введением седуксена, калипсола (Михельсон В.А., Острейков И.Ф., 1987; Светлов В.А., 1986) и других общих анестетиков.

Серьезное внимание обращается на выбор оптимального варианта введения седативных препаратов при регионарных методах обезболивания, т.к. при болюсном введении они могут оказывать отрицательное влияние на гемодинамику и дыхание, то рекомендуется их капельное введение или же

титрование. Применение вазопрессоров и других препаратов, действие которых направлено на стабилизацию гемодинамики при РА, полностью не решает этой проблемы. Эффективность этих препаратов возрастает при их сочетании с инфузионной терапией.

ЧАСТНЫЕ ВОПРОСЫ

Различают центральную и периферическую регионарную анестезию. Эпидуральная, каудальная и спинальная анестезия предполагают введение местного анестетика в непосредственной близости от спинного мозга, поэтому их объединяют понятием «*центральная блокада*» или центральная РА. Физиологические аспекты центральной блокады обусловлены прерыванием афферентной и эфферентной импульсации к вегетативным и соматическим структурам. Соматические структуры получают чувствительную (сенсорную) и двигательную (моторную) иннервацию, а висцеральные структуры – вегетативную.

Соматическая блокада

Предотвращение боли и релаксация скелетной мускулатуры – важнейшие цели центральной блокады. Для прерывания импульсации необходимо, чтобы анестетик проник через клеточную мембрану и заблокировал натриевые каналы аксоплазмы. Это происходит только при наличии минимальной пороговой концентрации МА, а также зависит от типа нервного волокна (табл. 9). Так, мелкие и миелиновые волокна блокировать легче, чем крупные и безмиелиновые. Поэтому, вследствие диффузии и разведения местного анестетика – может не наступить полной блокады наиболее резистентных нервных волокон.

Таблица 9.

Классификация нервных волокон

Класс	Функция	Миелинизация	Средний диаметр	Км
A α	Двигательные волокна скелетных мышц	+	++++ 15 мкм	++++
A β	Кожная чувствительность (тактильная, болевая, чувство давления)	+	+++ 8 мкм	+++
A γ	Проприоцептивная чувствительность	+	+++ 5 мкм	++
A δ	Кожная чувствительность (болевая и температурная)	+	++ < 3 мкм	+
B	Симпатические	+	++	+

	преганглионарные волокна		3 мкм	
С	Кожная чувствительность (болевая и чувство давления)	-	+ 1 мкм	+++

В результате граница симпатической блокады (о которой судят по температурной чувствительности) может проходить на два сегмента выше, чем граница сенсорной блокады (болевая и тактильная чувствительность), которая в свою очередь на два сегмента выше границы двигательной блокады. Сегменты, в которых получена блокада одних и не произошло блокирование других, называются *зоной дифференциальной блокады*.

Оценивая анестезию, важно иметь в виду, какая именно блокада достигнута: температурная (симпатическая), болевая (сенсорная, чувствительная) или двигательная (моторная), потому что максимальная выраженность каждой из них неодинакова у разных сегментов. Больные с лабильной психикой и особенно дети, могут воспринимать тактильные ощущения от прикосновения как болевые. Седативный компонент или выключение сознания предупреждает нежелательное восприятие проприоцептивной рецепции как болевой.

Висцеральная блокада

Большинство висцеральных эффектов центральной блокады обусловлено прерыванием вегетативной иннервации различных органов.

Кровообращение. Прерывание симпатической импульсации вызывает гемодинамические сдвиги в сердечно-сосудистой системе, выраженность которых прямо пропорциональна степени медикаментозной симпатэктомии. Симпатический ствол связан с торакоабдоминальным отделом спинного мозга. Волокна, иннервирующие гладкие мышцы артерий и вен, отходят от спинного мозга на уровне сегментов T_V–L_I. При медикаментозной симпатэктомии местными анестетиками, артериальный тонус преимущественно сохраняется (благодаря воздействию локальных медиаторов), а венозный значительно снижается. ***Тотальная медикаментозная симпатэктомия вызывает увеличение емкости сосудистого русла с последующим снижением венозного возврата и артериальной гипотонией.***

Гемодинамические изменения при частичной симпатэктомии (блокада до уровня T_{VIII}) обычно компенсируется вазоконстрикцией, опосредованной симпатическими волокнами выше уровня блокады. Симпатические волокна, идущие в составе грудных сердечных нервов (T_I–T_{IV}) несут импульсы, стимулирующие частоту сердечных сокращений – при высокой центральной

блокаде (за счет увеличения воздействия блуждающего нерва) развивается брадикардия. Адекватная инфузионная терапия (10–20 мл/кг кристаллоидов), опускание головного конца операционного стола – вызывают увеличение преднагрузки и венозного возврата, что способствует нормализации сердечного выброса. Холинолитики устраняют брадикардию. При неэффективности данных мер вводят адреномиметики (мезатон 0,5–5 мкг/кг или 0,25–0,1 мкг/(кг×мин), норадреналин 0,05–0,1 мкг/кг в мин).

Дыхание. Прерывая импульсацию по двигательным нервам, центральная блокада оказывает влияние на дыхание. Межреберные мышцы обеспечивают как вдох, так и выдох, а мышцы передней брюшной стенки – форсированный выдох. Центральная блокада будет нарушать функцию межреберных мышц на уровне соответствующих сегментов, а функция брюшных мышц будет страдать во всех случаях (за исключением каудальной блокады).

Функция диафрагмы не страдает, так как передача нервного импульса по диафрагмальному нерву редко прерывается даже при высоких блокадах – не создается достаточной концентрации МА на данном уровне (С_{III}–С_V) обеспечивающей блокаду волокна типа А α в диафрагмальном нерве. Апноэ, связанное с высокой центральной блокадой, носит преходящий характер, длится значительно меньше, чем продолжается действие анестетика и возможно обусловлено ишемией ствола мозга вследствие артериальной гипотонии.

У здоровых взрослых, при РА на уровне грудных сегментов газовый состав крови не отличается от нормы. Но у больных с хроническими обструктивными заболеваниями легких, когда для активного выдоха задействованы вспомогательные мышцы – всегда имеет место нарушение минутной вентиляции легких. Потеря тонуса прямых мышц живота затрудняет фиксацию грудной клетки, а потеря тонуса межреберных мышц препятствует активному выдоху. Это снижает минутную вентиляцию легких, вплоть до выраженной гиперкапнии, которая может перейти в острую гипоксию, что требует вспомогательной или искусственной вентиляции легких. Особенно это касается моментов, когда РА выше уровня сегментов T_{VIII}.

Желудочно-кишечный тракт. Импульсация по симпатическим нервам (T_V–L_I) угнетает перистальтику кишечника, повышает тонус сфинктеров, что противоположно действию блуждающего нерва. При медикаментозной симпатэктомии доминирует тоническая активность блуждающего нерва, что усиливает перистальтику кишечника.

Мочевыводящие пути. Почечной кровоток нарушается только при глубокой артериальной гипотонии. Центральная блокада способна угнетать тонус мышц мочевого пузыря, острая задержка мочи – наиболее часто наблюдается при блокаде на уровне S_{II}–S_{IV}.

Метаболизм и эндокринные органы. Хирургическая агрессия, как и боль, активизирует симпатическую нервную систему. Это приводит к различным гормональным и метаболическим реакциям. Эпидуральная анестезия блокирует реакцию симпатической нервной системы.

ВЫБОР СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ПРОЦЕДУРЫ БЛОКАДЫ

Правильный выбор процедуры блокады основывается, в первую очередь, на анатомическом аспекте: сенсорная блокада должна перекрывать все области, из которых возможно генерирование вредной стимуляции (например, операционное поле, участки для трансплантации кожной или костной ткани, наложенный турникет или дренажи). После этого необходимо оценить потенциальные осложнения методики, связанные либо с медицинским состоянием пациента, либо со «свойственным» осложнением самой методики. Третьим принимаемым во внимание и наиболее важным фактором, ввиду необходимости обеспечения адекватной аналгезии регионарной методикой в случае недостаточного действия малых анальгетиков, является ожидаемая продолжительность послеоперационной боли. Анестезиологу следует выбирать один из следующих доступов:

- Однократную методику выполнения с применением либо короткодействующего, либо длительно действующего местного анестетика
- Однократную методику выполнения с применением местного анестетика и адьюванта
- Катетерную методику с повторяющейся/продленной инфузией местного анестетика.

Оборудование и методики, используемые для идентификации анатомических пространств и нервных стволов

Качество блокады зависит от положения иглы или катетера в непосредственной близости к нерву. Применительно к младенческому возрасту, методика определения локализации требует некоторого изменения. Возможность пропустить появление ликвора в павильоне спинальной иглы из-за низкого гидростатического давления цереброспинальной жидкости (ЦСЖ) требует медленного ее продвижения. У младенцев и детей раннего

возраста, ввиду более выраженной гидратации связок и их меньшей плотности, менее надежным является метод потери сопротивления, выполняемый с физиологическим раствором, по сравнению с воздухом (предпочтительнее с CO₂).

У педиатрических пациентов применение ультразвуковой методики также нуждается в некоторой адаптации. По очевидным причинам в наличии должны находиться датчики малых размеров («jockey stick»). Из-за слабой минерализации костей, особенно позвоночника, у новорожденных и детей раннего возраста ультразвуковые методы позволяют прекрасно визуализировать спинной мозг, что помогает руководить продвижением эпидуральной иглы или катетера. В то же время нервные структуры менее эхоскопичны, чем у старших пациентов, что, в свою очередь, требует применения хорошего ультразвукового аппарата и отличных знаний анатомии для правильного определения соответствующего нерва.

Другие методы локализации иногда используются, для образовательных целей. При помощи эхо-контроля также возможно определить пенетрацию в эпидуральное пространство. Для определения положения кончика иглы или катетера в эпидуральном или субарахноидальном пространстве может быть использована методика электростимуляции. Надо стараться, чтобы «свистящий тест» (инъекция воздуха в эпидуральное пространство через крестцовую щель) и парестезии стали методиками прошлого времени и больше не повторялись.

Выбор игл и катетеров для проведения блокады

Эпидуральная анестезия (крестцового, поясничного или грудного отделов) выполняется с применением игл Туохи размером от 22 до 17 G и длиной от 50 до 90 мм; более короткие иглы Туохи (25 мм) больше подходят для применения у новорожденных и младенцев. В прошлом каудальная анестезия выполнялась почти всеми видами игл. В настоящее время это неприемлемо, и для проведения подобной процедуры используют только иглы с коротким срезом (иглы Кроуфорда) с мандреном для пункции каудального пространства или с катетером поверх иглы и пластиковой канюлей.

У недоношенных младенцев спинальная анестезия выполняется либо с применением игл для люмбальной пункции новорожденных (22G), либо, что предпочтительнее, тончайших спинальных игл (короче, чем 50 мм). В связи с тем, что в детском возрасте случаи постпункционной головной боли наблюдаются очень редко и не зависят от конструкции кончика иглы,

дистальный конец иглы не имеет такого важного значения, как у взрослых. Более значимым является расстояние от кончика иглы до ее дистального просвета: в случае, если игла не была введена достаточно далеко через твердую мозговую оболочку, для предотвращения экстрадуральной утечки – это расстояние должно быть как можно короче. Спинальные иглы с карандашной заточкой при использовании у младенцев и детей раннего возраста не имеют особых преимуществ; они не улучшают результаты и, как полагают, даже снижают степень успешно выполненных процедур, способствуя субдуральному распространению местного анестетика. Резюме рекомендованных игл для выполнения большинства процедур регионарного блока у педиатрических пациентов представлено в табл. 10.

Таблица 10.

Рекомендуемые устройства для проведения большинства процедур регионарных блокад у детей

Процедура блокады	Рекомендуемое устройство	Альтернативное устройство
Спинальная анестезия	Изолированные 21-23 G иглы с коротким срезом и соответствующей длины, подсоединенные к нейростимулятору (0,5-1 мА) Специальный катетер (для продленной методики)	Иглы для люмбальной пункции у новорожденных (22 G, с длиной 30-50 мм) Спинальные иглы с карандашной заточкой Whitacre
Каудальная анестезия	Короткие (25-30 мм) и с коротким срезом (45°) иглы со стилетом	Специальная в/в канюля (22-18G), для постановки эпидурального катетера Педиатрические эпидуральные (возможно спинальные) иглы
Эпидуральная анестезия	Короткие (25-30 мм) и с коротким срезом (45°) иглы со стилетом	Эпидуральные иглы Кроуфорда, Whitacre, или Шпротте соответствующих размеров; LOR* шприц и средний эпидуральный катетер

Примечание: *LOR syringe (*loss of resistance*) – шприц «потери сопротивления».

Мониторинг пациента и техника безопасности во время проведения процедуры блокады

Основные рекомендации по безопасности при проведении любого вида регионарной или местной анестезии, направленные на предотвращение необоснованных медико-правовых исков:

1. Внимательно оценить физическое состояние пациента и при необходимости дополнительно запросить лабораторные, радиографические или другие обследования.
2. Выбрать наименее опасную методику для проведения данной блокады.
3. Подготовить подробное объяснение касательно запланированного анестезиологического обеспечения, включая как полезное, так и потенциально вредное воздействие, даже в экстренных ситуациях.
4. Обсудить возможность несостоятельности блокады и объяснить, что в таком случае будет проведена альтернативная процедура.
5. Получить письменное согласие на анестезию.
6. Проводить пациенту обеспечение анестезии таким же путем и с таким же мониторингом процедур, как рекомендовано для подобных хирургических вмешательств под общей анестезией.
7. В анестезиологической карте подробно заполнять процедуры мониторинга, жизненные параметры, применяемые методики и дозировки и, в случае наличия, побочные эффекты.
8. Отмечать все осложнения и предоставить полную информацию с указанием точного времени.
9. Переводить всех педиатрических пациентов в послеоперационное отделение с требованием проведения соответственного мониторинга и с повторной оценкой распространения и качества блокады; данные подробно отмечать в посленаркозной карте и выписывать из отделения только в случае наличия объективных признаков восстановления.
10. Всех пациентов, которым эпидурально или интратекально назначалось введение морфина, оставлять в отделении до утра, с регулярным или продленным мониторингом дыхательной функции (ежечасно первые 6 ч, затем каждые 2).

Техника инъекции

У взрослых и детей техника проведения процедуры схожая. Первостепенно важным является оценка влияния на ЭКГ тест-дозы, содержащей адреналин (от 0,1 мл/кг до 3 мл, с содержанием 0,5–1 мкг/кг адреналина) на протяжении от 30 до 60 с. Любой подъем сегмента ST или увеличение амплитуды T-волны с последующим повышением артериального давления и иногда тахикардией предполагает под собой непреднамеренное внутривенное введение и требует прекращения процедуры; в случае противопоказаний к адреналину, вместо него можно использовать изопротеренол (от 0,05 до 0,1 мкг/кг)

Оценка блокады

После проведения каждой блокады перед хирургическим разрезом необходимо оценить качество и уровень аналгезии. Однако даже у детей, находящихся в сознании, эту оценку провести достаточно сложно. Наиболее надежным методом сенсорного тестирования, особенно у детей под поверхностной анестезией, является легкое пощипывание кожи. В послеоперационном периоде эта оценка должна носить сравнительный характер (блокированные области *versus* неблокированные), кроме того, требуется, чтобы ребенок доверял доктору и не имел возможности видеть, что он/она делает. Нейростимуляция при различных порогах интенсивности сигнала оказалась возможной у здоровых волонтеров, но имеющиеся данные относительно детей весьма ограничены. Температура кожи для оценки качества блокады не подходит, а рефлекс расширения зрачка около 0,2 мм, чувствительный к прекращению аналгезии, клинической пользы не имеет.

Мониторинг в послеоперационной палате

После проведения комбинированной регионарной и общей анестезии все дети должны переводиться в послеоперационное отделение, где стабильность дыхательной системы и гемодинамического статуса контролируется так же, как и после общей анестезии. Дополнительно к стандартному наблюдению после наркоза пациенты требуют повторных оценок зоны анестезии. В случае моторной блокады, которую следует избегать, очень важно убедиться, что ее распространение соответствует области, относящейся к блокированному нерву. Наличие моторной блокады является стрессовым состоянием: дети (и их родители) должны получить поддержку и быть повторно проинформированы, что это только кратковременное состояние. Во избежание сдавливания нечувствительных участков тела следует внимательно и регулярно проверять положение пациента. Анестезированные участки должны быть защищены от неадекватного поведения пациента, неосторожности или попыток удаления повязок. Всегда нужно иметь в виду возможность развития синдрома сдавления, и оба фактора – гемодинамический статус анестезированной конечности и качество обезболивания – должны оцениваться неоднократно.

После проведения нейроаксиальных блокад беспокойство ребенка может вызвать задержка мочеиспускания. Однако во многих учреждениях опорожнение мочевого пузыря не является обязательным требованием перед выпиской. Возможно будет целесообразным, особенно после операций по

поводу гипоспадии, младенцев и детей-инвалидов не переводить из послеоперационного отделения, пока они не начнут мочиться, или проверить их мочевой пузырь ультразвуковым исследованием, так как в подобных случаях задержки мочеиспускания наблюдаются чаще, чем обычно.

Взрослые пациенты, прооперированные под регионарной анестезией, зачастую минуют послеоперационную палату. У детей, даже не получавших седации, этого делать не стоит: адекватный мониторинг и квалифицированная помощь, оказанная в послеоперационном периоде при возникновении осложнений, улучшили статистику восстановлений. Устранение внешних

раздражающих факторов, особенно после коротких процедур, позволяет выявить незначительные компенсированные побочные эффекты (в частности, гемодинамические и респираторные), которые при ранней диагностике безопасны. Кроме того, как было указано ранее, продленный Tmax (до 2 ч) и Smax у младенцев, при использовании ропивакаина и в меньшей степени левобупивакаина, способствуют опасности, что эти больные, после кратковременных вмешательств, могут покинуть операционную до того, как будет достигнут пик концентрации местного анестетика в плазме. Поэтому в течение 2 ч после проведения выполнения процедуры блокады более безопасным является наблюдение за ними в послеоперационном отделении.

КАУДАЛЬНАЯ АНЕСТЕЗИЯ

Каудальная анестезия является вариантом эпидуральной и довольно широко распространена при обезболивании урологических и гинекологических оперативных вмешательств, как у детей, так и у взрослых. Особенно эффективна при оперативных вмешательствах ниже пупка (T_x) во всех периодах детства. Обычно она проводится у поверхностно анестезированных пациентов, но может выполняться и в режиме моноанестезии у бодрствующих недоношенных младенцев до 50–60 недель постконцептуального возраста с применением местной анестезии кожи, покрывающей крестцовую щель, либо для методики с однократным введением препаратов, либо после постановки эпидурального катетера путем повторных инъекций или продленной инфузии местных анестетиков.

Анатомия крестцовой щели (*hiatus sacralis*)

Крестцовая щель представляет собой V-образное отверстие, образованное в результате отсутствия сращения дуги пятого и зачастую

четвертого крестцовых позвонков. С латеральных сторон она ограничена двумя пальпирующимися костными структурами – крестцовыми рожками, и покрыта крестцово-копчиковой мембраной (крестцового продолжения *ligamenta lara*). Расстояние, отделяющее вершину крестцовой щели от окончания мешка твердой мозговой оболочки, у детей в возрасте от 10 месяцев до 18 лет составляет $30 \pm 10,4$ мм (с диапазоном от 13,6 до 54,7 мм). В возрасте от 2 месяцев до 7 лет среднее расстояние от поверхности кожи до передней крестцовой стенки составляет 21 мм (в редких случаях от 10 до 39 мм). Расстояние от поверхности кожи до эпидурального пространства находится в жесткой зависимости от возраста и веса больного (Рис. 1); у большинства пациентов 25-миллиметровые иглы достаточно длинные для достижения сакрального эпидурального пространства и достаточно короткие для непреднамеренной пункции твердой мозговой оболочки.

По мере роста происходит изменение оси крестца: определение крестцовой щели становится более трудным, и она может закрыться. Процесс уплотнения эпидуральной жировой ткани сокращает распространение местных анестетиков. Все эти изменения делают каудальную анестезию менее подходящей и более трудной при выполнении у детей старше 6–7-летнего возраста.

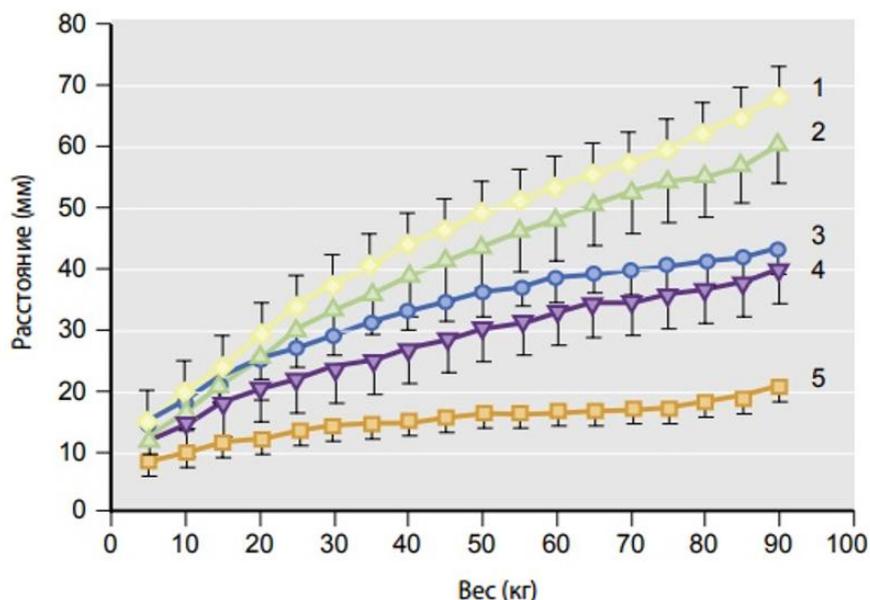


Рисунок 1. Расстояние от поверхности кожи до эпидурального и субарахноидального пространств на различных межпозвоночных уровнях, проходящее через крестцовую щель. 1. Спинальная анестезия; 2. Люмбальная эпидуральная методика (срединная); 3. торакальная эпидуральная методика (срединная); 4. сакральная эпидуральная методика; 5. каудальная методика

К преимуществам каудальной анестезии можно отнести

1. Техническая легкость выполнения у детей: менее выражена подкожно-жировая клетчатка в области крестца и легче пальпаторно определить место пункции.
2. Сочетание каудальной анестезии с общей позволяет значительно снизить расход общих анестетиков и таким образом уменьшить их токсическое воздействие на организм.
3. Позволяет поддерживать поверхностный уровень наркоза (стадия III₁), что предупреждает целый ряд нежелательных последствий общей анестезии.
4. Обеспечивает надежную вегетативную блокаду и профилактику нежелательных рефлексов из зоны повреждения.
5. При выполнении каудального блока на фоне спонтанного дыхания поддерживается нормальный уровень минутного объема вентиляции и PCO₂ в выдыхаемом воздухе, уменьшается частота дыхания.
6. Существенно укорачивается период пробуждения, ребенок просыпается быстрее, раньше начинается энтеральное питание.
7. Обеспечивает достаточно длительный период послеоперационной анальгезии.
8. У детей до 7 лет (массой тела до 25 кг) абдоминальные и торакальные уровни анестезии могут быть достигнуты из каудального доступа большим объемом местного анестетика, вследствие меньшей плотности жировой клетчатки в каудальном и эпидуральном пространстве по сравнению с детьми старшего возраста и взрослыми (табл. 11).

Таблица 11.

Дозы рекомендуемые для однократного каудального введения

Автор	Доза	Средний уровень анестезии
Armitage E.N. (1985)	0,5 мл/кг	Сакролюмбальный (T ₁₁ ± 1,5)
	0,75 мл/кг	Люмботоракальный (T ₁₀ ± 1,7)
	1,0 мл/кг	Среднеторакальный (T ₈ ± 1,6)
Takasaki M. et al. (1977)	0,06 мл/сегмент/кг (≈ 0,7 мл/кг)	T ₁₀

Примечание: анестезия 1% лидокаином продолжается до 1,5–3 часов; 0,25% бупивакаином до 3–6 часов

К недостаткам метода можно отнести следующее

- для выполнения каудального блока у детей требуется поверхностная анестезия;
- необходимо дополнительное время для выполнения каудальной пункции;

- требуется ассистент, который во время выполнения пункции поддерживает общую анестезию;
- для достижения абдоминального и/или торакального уровня анестезии требуется большой объем местного анестетика, что может привести к развитию токсических эффектов со стороны сердечно-сосудистой системы;
- близость места пункции к аноректальной области, что увеличивает риск инфекционных осложнений при использовании метода длительной катетеризации каудального пространства.

Показания для каудальной анестезии

- крипторхизм, орхипексия;
- парафимоз, обрезание;
- гипоспадия;
- паховая или пупочная грыжа (также ущемленная);
- водянка яичка;
- пороки развития уrogenитального тракта;
- пороки развития ануса и прямой кишки;
- забрюшинная опухоль;
- пороки развития или повреждения тазовых костей, бедер или нижних конечностей.

Противопоказания к каудальной анестезии

1. Абсолютные:
 - инфекционные процессы в области пункции;
 - отсутствие согласия родителей;
 - пороки развития крестца (миеломенингоцеле, открытое расщепление позвоночника);
 - менингиты;
 - внутричерепная гипертензия.
2. Относительные:
 - резко негативно настроенные к происходящему дети;
 - судорожный синдром;
 - неврологические заболевания затрудняющие диагностику заболевания и признаков наступления каудального блока;
 - анатомические аномалии в месте пункции;
 - гиповолемия.

Побочные эффекты и осложнения

Побочные эффекты и осложнения можно разделить на две группы: 1) технические – связанные с техникой выполнения блока, 2) фармакологические – связанные с эффектами используемых препаратов.

Подкожная инъекция анестетика относится к наиболее частым причинам неудачно выполненного блока (частота 2,8–4%). Основная причина осложнения – не определяются или неправильно определены анатомические ориентиры и нарушения техники пункции. В данной ситуации при инъекции развиваются подкожные инфильтраты, в таком случае введение раствора прекращают, но не исключается повторная попытка проведения каудального блока. Хотя, на наш взгляд, лучше отказаться от дальнейших попыток проведения данной анестезии, так как она затруднена вследствие наличия инфильтрата и введения определенной дозы местного анестетика.

Латерализация – развивается, когда каудальный блок проводится в положении лежа на боку, в данной ситуации приблизительно в 50% случаях уровень анестезии на нижней стороне выше на два дерматома. При медленном введении раствора (3 и более минуты) это различие может достигать 4-х и более дерматомов. Латерализацию необходимо учитывать если хирургическое вмешательство производится на противоположной стороне. Частота данного осложнения 0–1,3%.

Внутрисосудистое введение местного анестетика (попадание в сосуды каудального пространства) – преимущественно встречается при продвижении иглы внутрь каудального канала более чем на 3–4 мм; при внутрисосудистом введении могут наблюдаться нарушения ритма, тахикардия, апноэ, судороги, гипотензия. Частота осложнения у детей составляет 8–12%, у взрослых 10–15%.

Пункция твердой мозговой оболочки возможна при введении иглы в сакральный канал более чем на 4 мм; по данным литературы частота данного осложнения, при правильной технике выполнения и отсутствии анатомических особенностей области крестца и сакрального отверстия, составляет менее 1%. Попадание местного анестетика в спинномозговую жидкость может спровоцировать развитие тотального спинномозгового блока с явлениями гипотензии, брадикардии и апноэ. Если имеется рефлюкс цереброспинальной жидкости – иглу необходимо сразу удалить. Помнить, у новорожденных риск пункции *dura mater* возрастает, так как дуральный мешок располагается ниже уровня S₂.

Пункция сакрального костного мозга вследствие меньшей оссификации костей позвоночника. При введении местного анестетика в костный мозг развивается выраженный токсический эффект, подобный внутрисосудистому введению. Чаще всего данное осложнение происходит при использовании тонких игл.

Эпидуральная гематома развивается очень редко, преимущественно на фоне коагулопатии или применения гепарина, происходит вследствие повреждения сосудов в эпидуральном пространстве. Как правило, не дает последствий, если МА не вводится в сосуд.

Инфекционные осложнения встречаются очень редко, при нарушении правил асептики и антисептики. Растяжение мочевого пузыря, так же редкое осложнение, не стоит спешить с постановкой мочевого катетера.

Двигательный блок с невозможностью ходить в первые 6 часов после операции; часто развивается при введении в каудальное пространство 0,5% бупивакаина, при использовании 0,25% или 0,125% раствора данное осложнение встречается редко.

Недостаточный уровень анестезии наблюдается у детей старше 10 лет и связано с тем, что у них имеет место уплотнение жировой клетчатки в эпидуральном пространстве. При использовании опиоидов может встречаться отсроченная депрессия дыхания, тошнота и рвота, зуд и задержка мочи.

Методика каудальной анестезии

Выбор иглы. Выбирается короткая, не слишком тонкая, с коротким срезом игла для спинальной анестезии (21 до 23 G), иглы с длинным срезом не рекомендуются.

Техника. Цель – достичь каудального эпидурального пространства под крестцовым отверстием, которое закрыто крестцово-копчиковой связкой. Ребенок лежит в положении лежа на животе или на боку с сильно согнутыми ногами в тазобедренных и коленных суставах. При положении на животе ребенок должен быть интубирован. Для нахождения отверстия необходимо отыскать оба крестцовых рога. Так как их не всегда можно четко нащупать, то полезно спроецировать равносторонний треугольник с основанием между *Spinae iliacae posterior superior*, чья каудально направленная вершина лежит в области крестцового отверстия. Затем нащупать пальцем середину пунктируемой мембраны. После дезинфекции, кожа крестцово-копчиковой области обкладывается стерильным материалом и прокалывается иглой под углом примерно 60° к коже. Если мембрана проколота правильно –

чувствуется потеря сопротивления, игла попадает в эпидуральное пространство. Затем игла немного опускается и продвигается в направлении головы на 3–4 мм.

Этот прием у новорожденных и детей раннего возраста должен выполняться с особой тщательностью. В этой возрастной группе мозговой конус опускается до уровня S_3 – S_4 , а в возрасте около 2–3 лет он устанавливается на своем окончательном положении на высоте S_2 . Если не аспирируется ни кровь, ни ликвор, можно ввести изотонический раствор, чтобы почувствовать, как он вводится, а также определить, правильно ли «стоит» игла. Затем вводится адреналинсодержащая тест-доза (от 0,5 до 1,0 мл), которая в большом проценте случаев демаскирует внутрисосудистое положение кончика иглы. Симптомом данного положения является увеличение ЧСС на 10 уд/мин и более в течение 45 секунд после инъекции. После паузы, в течение 45–60 секунд, при негативном результате тест-дозы – вводится полная доза местного анестетика, лучше фракционно, в течение примерно 1,5 мин. При слишком быстром введении может иметь место неожиданно высокое распространение анестетика. При слишком медленном – латерализация каудального блока. Начало действия зависит от вводимого препарата и наблюдается в интервале от 10 до 20 мин. Длительность действия от 4 до 6 часов и более.

Выбор медикаментов. Для каудальной анестезии применяется лидокаин 0,5–1% или бупивакаин 0,25–0,5%. Желательно добавление адреналина, рекомендуемая концентрация 1:200000. Как альтернатива для каудальной анестезии могут использоваться опиаты. Однако в этом случае необходимо в течение 24 часов после операции следить за дыханием ребенка.

Как рекомендацию по дозировке для достижения необходимого уровня анестезии можно использовать данные представленные в табл. 5. В большинстве случаев используется 0,25% бупивакаин с адреналином. У детей до 4-х лет 2% лидокаин не должен использоваться.

В умелых руках каудальная анестезия является эффективным и безопасным методом. Частота успешных анестезий уже после короткого периода обучения достаточна высока (>95%).

Каудальная анестезия с помощью катетера

Для многоразовой или постоянной каудальной анестезии через крестцовое отверстие в эпидуральное пространство устанавливается катетер и проводится на необходимый уровень. В отличие от взрослых у детей это возможно, т.к. жировая ткань в эпидуральном пространстве рыхлая и почти не оказывает сопротивления. Показаниями для данной методики являются те

же оперативные вмешательства, что и при разовой каудальной анестезии, если ожидается более длительной время операции или запланировано длительное послеоперационное обезболивание. Эта методика может применяться с большим успехом у детей раннего возраста так же и при операциях на верхних этажах брюшной полости (атрезия желчных ходов). Преимуществом перед поясничным доступом в эпидуральное пространство у детей до 6 лет является более простая техника и меньшая частота серьезных осложнений. Противопоказания такие же, как и при разовой каудальной анестезии.

Рекомендуется использовать у детей фирменные фабричные наборы пункционных игл и катетеров (196, Minipack, Portex), в которых есть игла с коротким срезом и рентгенконтрастный катетер. Когда после дезинфекции и обкладывания стерильным материалом места пункции игла проходит сакрококцигеальную мембрану, ее можно продвинуть в направлении головы еще максимально на 0,2–0,5 см. Вставляется заранее приготовленный катетер и кончиками пальцев вводится до желаемого уровня. Это всегда очень «деликатное мероприятие» и катетер никогда не должен проталкиваться против сопротивления. Как правило, катетер может быть легко установлен до 5-го поясничного позвонка, или 12-го грудного позвонка. В младшей возрастной группе можно без усилий достичь более высоких спинальных сегментов. Перед тем как окончательно зафиксировать катетер, должен быть выполнен аспирационный тест и введена тест-доза. Затем вводится запланированная доза. Начальная дозировка и концентрация местного анестетика должны быть как и при разовой каудальной анестезии (табл. 1). Если необходимо превысить дозировку для достижения необходимого уровня анальгезии, то уменьшается не объем анестетика, а его концентрация. Скорость введения местного анестетика 0,7 мл/сек.

Преимущественно используется 0,25% бупивакаин. Только в случаях, где необходима более глубокая блокада двигательных окончаний, используют, в отдельных случаях, 0,5% бупивакаин. Из токсикологических соображений применение таких высоких концентраций должно рассматриваться с большой осторожностью. Рекомендуется добавка адреналина (1:200000) к местному анестетику. Это, с одной стороны, уменьшает системное действие и токсические эффекты, и, с другой стороны, повышает продолжительность и усиливает глубину анестезии. Начало действия ожидается примерно через 20 мин. Для повторной инъекции примерно через 60–90 мин используется примерно половина исходного объема. Для послеоперационного обезболивания достаточно 0,125% бупивакаина.

В течение каждого наркоза должны контролироваться основные жизненные параметры. Одним очень важным параметром у пациентов, находящихся под наркозом, являются размер и форма зрачков. Если зрачки расширяются, это может служить симптомом токсической передозировки или тотального спинального блока.

Удаление катетера должно решаться индивидуально. Из-за опасности инфицирования удаление должно производиться по возможности раньше (через 6–12 часов после операции). По серьезным клиническим показаниям катетер можно оставлять на 48–72 часа.

ЭПИДУРАЛЬНАЯ АНЕСТЕЗИЯ

Эпидуральная анестезия – разновидность центральной блокады, получившая достаточно широкое распространение. В педиатрической практике каудальный доступ наиболее часто используется у детей до 6–7 лет, а у старших детей предпочтение эпидуральному люмбальному доступу.

Эпидуральное (перидуральное) пространство (cavitas epiduralis) расположено между твердой мозговой оболочкой и надкостницей позвонков. Заполнено жировой клетчаткой (у младенцев и детей в возрасте до 6–8 лет заполнено рыхлой жировой тканью), перемежающейся с рыхлой соединительной тканью и богатой сетью сосудов. Оно окружает со всех сторон спинной мозг, но около 9/10 его объема находится в задней части. По своей конфигурации в продольном направлении эпидуральное пространство повторяет форму позвоночника, в нем выделяют шейный, грудной, поясничный и крестцовый отделы. Оно не является анатомически замкнутым образованием и сообщается через парные межпозвонковые отверстия с паравертебральными клетчаточными пространствами (в крестцовом отделе выход возможен через сакральные отверстия).

Важно учитывать, что до 1 года жизни линия, соединяющая верхние края гребней подвздошных костей (линия Тюфье), в месте пересечения с линией остистых отростков, соответствует уровню L5–S1, а не L4–L5, как у старших детей и взрослых. Кроме того, при сгибании позвоночника (что необходимо для выполнения процедуры эпидуральной блокады) у 58,3% пациентов наблюдается изменение уровня пересечения позвоночника линией Тюфье. В результате эпидуральных инъекций происходят значительные изменения давления. Вас и колл. отметили следующие изменения у 30 новорожденных после установки эпидурального катетера 20 G:

- изменение давления в ответ на пенетрацию эпидурального пространства: 1 ± 10 мм рт. ст. (в крайних случаях: от -17 до $+16$ мм рт. ст.)

- пиковое изменение давления при введении местного анестетика со скоростью 1 мл/мин: $27,8 \pm 18,6$ мм рт. ст. с остаточным давлением $12 \pm 5,5$ мм рт. ст. на протяжении 1 мин после окончания инъекции
- пиковое изменение давления при введении местного анестетика со скоростью 0,5 мл/мин: $15,2 \pm 9,5$ мм рт. ст. с остаточным давлением $14,8 \pm 5,4$ мм рт. ст. на протяжении 1 мин после окончания инъекции.

Как ранее упоминалось, обычно маленькие дети хорошо переносят эпидуральную анестезию, без каких-либо значительных изменений артериального давления или брадикардии. Наиболее широким эпидуральное пространство становится в поясничной области (у взрослых 5–6 мм), где его пункция наиболее безопасна.

При пункции эпидурального пространства игла проходит надостистую, межостистую и желтую связки. Последняя является наиболее важным анатомическим ориентиром ввиду ее значительной толщины.

Эпидуральное пространство начинается от шейного отдела позвоночника и оканчивается в крестцовом канале. В отличие от центрального канала спинного мозга оно не сообщается с большим затылочным отверстием и черепно-мозговой полостью. При введении анестетика в эпидуральное пространство – последний распространяется вверх и вниз по клетчатке канала и через боковые отверстия проникает в паравертебральное пространство. ***Чем больше объем раствора, выше концентрация и скорость его введения, тем шире зона анестезии.*** У людей молодого и среднего возраста для блокады иннервации в одном сегменте необходимо 2 мл, а у пожилых 1–1,5 мл анестетика. У беременных женщин отмечается относительное уменьшение емкости перидурального пространства и тенденция к расширению границ блокады.

Показания. Люмбальная эпидуральная анестезия используется при оперативных вмешательствах на нижних конечностях, органах таза, брюшной полости и забрюшинном пространстве; часто и успешно используется для послеоперационного обезболивания, особенно когда запланирована ранняя физиотерапия.

Противопоказаниями являются нарушения свертываемости крови, сепсис, инфекции на месте предполагаемой пункции и др. вышеперечисленные ситуации. При эпидуральной блокаде выше уровня T_{IV} у маленьких детей может развиваться угнетение спонтанного дыхания. Тяжелые пороки развития позвоночника и спинного мозга (за исключением расщелины позвоночника без спинномозговой грыжи *spina biida occulta*), интраспинальные поражения или опухоли и, по мнению большинства

авторов, спинальный дизрафизм (*tethered cord syndrome*). В большинстве случаев проведение эпидуральной анестезии следует избегать детям с диагнозом гидроцефалия, повышенным внутричерепным давлением или нестабильной эпилепсией, но эти расстройства не являются абсолютными противопоказаниями. Кроме того, наличие предыдущих операций на позвоночнике обычно делает проведение эпидуральной (и спинальной) анестезии технически трудным или невозможным, хотя при отсутствии основных поражений спинного мозга, это не служит противопоказанием.

Техника. Эпидуральную анестезию можно выполнять только при условии полного обеспечения оборудованием и лекарственными средствами, необходимыми для лечения возможных осложнений – от легкой артериальной гипотонии до остановки кровообращения. В педиатрии чаще всего используют иглу Туохи, у детей до 6 лет размер от 19 до 20G, у детей старше 6 лет – 18 или 19G.

Пункцию поясничного эпидурального пространства обычно выполняют у анестезированных пациентов по средней линии ниже уровня промежутка L2–L3, в проекции нижней границы конуса спинного мозга (*conus medullaris*). При имеющейся аномалии остистых отростков или деформации позвоночника может быть использован парамедианный (боковой) доступ (табл. 12). Ребенка укладывают в положение, промежуточное между положением лежа на животе и положением на боку, при этом оперируемая сторона должна находиться снизу, затем для увеличения межостистых пространств сгибают позвоночник. У пациентов, находящихся в сознании, процедуру можно выполнять в положении сидя.

Таблица 12

Сравнительная характеристика срединного и парамедиального доступа

Характер выполняемых манипуляций	Способ пункции перидурального пространства	
	срединный	парамедиальный
Место пункции	по срединной линии	сбоку от срединной линии на 1,5–2 см
Направление продвижения иглы: по отношению к срединной плоскости по отношению к плоскости поперечного сечения	в срединной плоскости в зависимости от уровня пункции: в поясничном отделе горизонтальное, в грудном – под углом 50–70°	под углом 15–20°
Проходимые анатомические образования	кожа и подкожная клетчатка, надостистая, межостистая и желтая связка	кожа и подкожная клетчатка, желтая связка
Среднее расстояние до перидурального	4–5 см (взрослые)	4,5–5,5 см (взрослые)

пространства		
--------------	--	--

Техника пункции такая же, как и у взрослых. Игла продвигается вперед до чувства потери сопротивления. Глубина, на которой игла достигает эпидурального пространства, зависит от возраста (табл. 13). Расстояние от поверхности кожи до эпидурального пространства коррелирует с возрастом и размерами, но в возрасте между 6 месяцами и 10 годами приблизительный расчет составляет 1 мм/кг. Использование ультразвука позволяет точно измерить расстояние от поверхности кожи до желтой связки (*ligamenta lava*).

Выбор способа для определения признаков потери сопротивления (*the loss of resistance (LOR)*) был предметом значительных дискуссий.

Эпидуральное пространство идентифицируется методом «утраты сопротивления» и методом «висячей капли». **Методика «утраты сопротивления»** – наиболее распространенный способ определения эпидурального пространств. При попадании конца иглы в эпидуральное пространство резко снижается сопротивление и поршень легко продвигается вперед. Используя данную методику, можно вводить изотонический раствор натрия хлорида или воздух, в зависимости от предпочтения анестезиолога. При этом необходимо отметить, что при введении значительных объемов воздуха его пузырьки могут быть причиной неполной или мозаичной блокады.

Таблица 13

Расстояние от кожи до люмбального эпидурального пространства

Возраст (в годах)	Расстояние (см)
0 – 1	0,7 – 2,1
1 – 2	0,9 – 2,6
2 – 6	1,2 – 3,2
6 – 10	1,4 – 4,3
10 – 14	2,6 – 4,8

Методика «висячей капли» – к павильону иглы подвешивают каплю жидкости (чаще изотонический раствор натрия хлорида). После пункции желтой связки и попадания конца иглы в эпидуральное пространство «висячая капля» исчезает в просвете иглы под воздействием отрицательного давления. Если игла окажется обтурированной, то капля не будет втягиваться в павильон иглы до того момента, пока истечение спинномозговой жидкости не засвидетельствует перфорацию твердой мозговой оболочки.

Если при попытке пункции эпидурального пространства возникла интенсивная жгучая боль, следует подумать, прежде всего, о прямом

контакте иглы со спинным мозгом и рекомендуется немедленно извлечь иглу.

После пункции эпидурального пространства отмечается положительная проба теста на потерю сопротивления, затем вводится катетер и извлекается игла Tuohi. У новорожденных катетер проводится не дальше 1 см от острия иглы, у более старших детей – не более 2–3 см. Далее проводится аспирационная проба на предмет внутрисосудистой катетеризации (создание шприцом отрицательного давления в эпидуральном катетере) и гравитационная проба на предмет субарахноидальной пункции (опускание эпидурального катетера ниже уровня пункции) Затем вводится тест-доза (0,5–1 мл у детей и 3–5 мл у взрослых (тест доза у детей должна составлять возрастную дозировку местного анестетика для проведения стандартной спинальной анестезии с учетом мертвого пространства катетера) и отмечается эффект введения местного анестетика на дыхание и гемодинамику, изменения ЭКГ. При попадании тест-дозы в кровеносный сосуд, спустя 30–60 сек частота сердечных сокращений увеличивается на 20%, при выполнении ЭА пациенту в сознании ранними признаками внутрисосудистого введения местного анестетика является триада: онемение губ, металлический привкус во рту и шум в ушах. При попадании в субарахноидальное пространство в течение 3 мин развиваются симптомы спинальной анестезии. Введение МА дробными дозами – важная мера безопасности при эпидуральной анестезии. Скорость введения анестетика – 1 мл за 2–3 сек или 0,7 мл/сек.

ПОМНИТЬ! Тест доза должна вводиться в том положении, в котором пациент будет находиться во время оперативного вмешательства (исключение миграции эпидурального катетера в спинальное пространство или внутрисосудисто при изменении положения тела пациента)

Если нет признаков неправильного расположения иглы/катетера – вводится вся доза в 3 приема с перерывом по правилу «каждая доза – это тест доза» (при болюсном использовании) или эпидуральный катетер. Уровень пункции зависит от области оперативного вмешательства (табл. 14). При этом необходимо отметить, что уровень блокады при люмбальной эпидуральной анестезии нельзя точно предсказать, так же как и при каудальной.

Уровень введения иглы в зависимости от области операции

Область оперативного вмешательства	Уровень пункции
Грудная клетка, легкие, трахея, бронхи	$T_{II} - T_V$
Желудок и двенадцатиперстная кишка, печень, желчный пузырь и желчные протоки, поджелудочная железа и селезенка.	$T_{VI} - T_{VIII}$
Тошная и подвздошная кишка	$T_{VIII} - T_{XII}$
Слепая и восходящий отдел толстой кишки	$T_{VIII} - T_{XI}$
Нисходящий отдел толстой и сигмовидная кишка	$T_{XII} - L_{II}$
Прямая кишка и область промежности	$L_{II} - L_V$
Почки и мочеточники	$T_{VI} - L_{II}$
Предстательная железа, мочевого пузыря, матка	$T_{XII} - L_{II}$
Нижние конечности	$T_X - L_{III}$

Выбор анестетика и его концентрации зависит от характера и продолжительности предстоящего оперативного вмешательства, а также, от желаемой интенсивности сенсорной и моторной блокады (табл. 15 и 16).

Объем вводимого раствора анестетика зависит от обеспечения максимального уровня анальгезии, необходимого до окончания хирургического вмешательства; около 0,1 мл на год жизни, при необходимости блокады 1 нейромера. Обычно объемы вводимых препаратов составляют от 0,5 до 1 мл/кг (макс. до 20 мл), что обеспечивает верхнюю границу сенсорной блокады между T_{H9} и T_{H6} более чем у 80% пациентов.

**Местные анестетики для эпидуральной блокады
(Морган Дж.Э., 1998)**

Препарат	Начало действия	Сенсорная блокада	Моторная блокада
Лидокаин ≥ 1% 1,5% 2%	Средняя скорость развития эффекта То же То же	Анальгезия Полная Полная	Незначительная От слабой до умеренной Выраженная
Бупивакаин ≥ 0,25% 0,375– 0,5% 0,75%	Медленное Медленное Медленное	Анальгезия Полная Полная	Незначительная От слабой до умеренной Выраженная
Мепивакаин 1% 2%	Средняя скорость развития эффекта То же	Анальгезия Полная	Незначительная Выраженная
Прилокаин 2%	Быстрое	Полная	Незначительная

н	3%	Быстрое	Полная	Выраженная
---	----	---------	--------	------------

Для большинства педиатрических операций возможно проведение однократной эпидуральной блокады, особенно при комбинации с такими адъювантами, как клонидин (1-2 мкг/кг), кетамин, не содержащий консервантов (0,25-0,5мг/кг). **Фентанил и клонидин – не разрешены в РБ для регионарной анестезии.** При соответствующих показаниях, морфин (30 мкг/кг). С целью купирования длительной послеоперационной боли после больших хирургических вмешательств требуется постановка эпидурального катетера и послеоперационная инфузия местных анестетиков.

У детей старшего возраста при возможности проведения пациент-контролируемой анальгезии и желание ее использовать интересным выбором может явиться пациент-контролируемая эпидуральная анестезия (ПКЭА). Результаты проспективного исследования с привлечением 128 детей в возрасте старше 5 лет в 90,1% случаев показали успешный результат. Из-за развития побочных эффектов у 6,1% детей ПКЭА была остановлена, и только у 3,8% пациентов наблюдалась недостаточная анальгезия. В роли местного анестетика выступал бупивакаин (0,0625% или 0,125%)

Таблица 16

Стандартные дозы и режимы инфузии для проведения эпидуральной анестезии у педиатрических пациентов

Препарат	Начальная доза	Продленная инфузия (макс. дозы)	Повторные инъекции
Бупивакаин, левобупивакаин	Раствор: 0,25% с 5 мкг/мл(1/200,000) адреналина Доза: <20 кг: 0,75 мл/кг 20-40 кг: 8-10 мл (или 0,1 мл/год/количество метамеров) >4 кг: такая же, как для взрослых	<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) >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)	От 0,1 до 0,3 мл/кг каждые 6-12 ч 0,25% или 0,125% раствора (в соответствии со шкалой боли)
Ропивакаин	Раствор: 0,2% Доза: Такой же ре-	Такая же возраст-зависимая скорость	От 0,1 до 0,3 мл/кг каждые 6-

Препарат	Начальная доза	Продленная инфузия (макс. дозы)	Повторные инъекции
	жим в мл/кг, как и для бупивакаина (см. выше)	инфузии в мг/кг/ч как для бупивакаина (обычная концентрация ропивакаина: 0,1%, 0,15% или 0,2%) У младенцев < 3 мес инфузия не более, чем 36 ч	12 ч 0,15% или 0,2% раствора (в соответствии со шкалой боли)
Адьюванты	Избегать у младенцев < 6 мес Фентанил* (1-2 мкг/кг) или суфентанил (0,1-0,6 мкг/кг) или клонидин* (1-2 мкг/кг)	Выбирать только один адьювант: Фентанил*: 1-2 мкг/мл Суфентанил: 0,25-0,5 мкг/мл Морфин: 10 мкг/мл Клонидин*: от 0,3 до 1 мкг/мл раствора	Морфин гидрохлорид (без консервантов): 25-30 мкг/кг каждые 8 ч

* Фентанил и клонидин – не разрешены в РБ для регионарной анестезии.

*У младенцев в возрасте до 3 месяцев эпидуральная инфузия ропивакаина не должна продолжаться более, чем 36 ч. с фентанилом (от 2 до 10 мкг/мл); фоновая инфузия проводилась со скоростью 0,2 мл/кг/ч или меньше, при этом от 1 до 3 мл болюсных доз были разрешены каждые 15–30 мин с максимум 0,4 мг/кг/ч дозой бупивакаина.

В другом проспективном исследовании с привлечением 58 детей (в возрасте от 7 до 12 лет), перенесших ортопедические операции на нижних конечностях, сравнивалась продленная эпидуральная инфузия 0,2% ропивакаина (0,2 мл/кг/ч) и ПКЭА с фоновой инфузией 1,6 мл/ч и 2 мл болюс-дозами (lock-out интервал: 10 мин) подобного раствора. В обеих группах применялись идентичные болевые шкалы, по результатам которых определилось, что детям из группы с ПКЭА требовалась половина почасовой дозы ропивакаина по сравнению с группой продленной инфузии.

При проведении люмбальной эпидуральной анестезии 0,25% бупивакаином есть простая рекомендация: начальная болюсная доза у детей до года жизни – 0,75 мл/кг, старше года 0,5 мл/кг. При такой дозировке можно ожидать блокады до уровня T₁₂-L₁. Повторные инъекции должны составлять примерно ½ первоначального объема, вводятся с интервалом 2 часа. Признаки уменьшения степени региональной блокады:

- увеличение ЧСС и АД;
- слезотечение;
- холодная и влажная кожа при незаблокированном периферическом кровообращении.

При титровании бупивакаина в эпидуральное пространство после введения начальной дозы 0,5–0,75 мл/кг и примерно двухчасовой паузы начинают постоянное введение препарата со скоростью 0,5 мг/кг/час).

Неэффективная эпидуральная анестезия

Успех эпидуральной анестезии зависит от многих факторов. Слабая сенсорная блокада на низком уровне может быть обусловлена:

- Недостаточной начальной дозой или объемом анестетика.
- Слишком ранним началом оперативного вмешательства (мал интервал времени между инъекцией и хирургическим разрезом) и анестетик не успевает распределиться.
- Мозаичная блокада – введение большого количества воздуха; вариабельность эпидурального пространства.
- Введение катетера более чем на 4 см за пределы иглы – возможно его отклонение от средней линии или миграция в область муфты твердой мозговой оболочки, что чревато неадекватным или односторонним распределением анестетика в эпидуральном пространстве.
- Недостаточная блокада крестцовых сегментов, особенно при вмешательствах на дистальных отделах нижних конечностей.
- Непреднамеренная пункция твердой мозговой оболочки (диагностируется по истечению спинномозговой жидкости).
- Ложное ощущение утраты сопротивления – чаще встречается у детей и молодых людей, когда связки позвоночника мягкие и сопротивление игле не столь отчетливо. Может возникнуть ощущение попадания иглы в эпидуральное пространство, в то время как она находится в межкостистой связке или при попадании иглы в мышечный массив при отклонении от центральной линии.

Осложнения эпидуральной анестезии

Из наиболее специфических осложнений можно отметить:

- головная боль – обычно имеет место при непреднамеренной пункции твердой мозговой оболочки, риск ее развития в данной ситуации от 40 до 80%;

- инфекции – менингит, эпидуральный абсцесс (опасное для жизни осложнение, требующее немедленного хирургического вмешательства), поэтому пункция и катетеризация эпидурального пространства требует тщательного соблюдения методики и асептических условий;
- осложнения, связанные с гепаринотерапией – при отсутствии крови в аспирационной пробе риск развития неврологических осложнений, связанных с кровотечением чрезвычайно низок.

СПИНАЛЬНАЯ АНЕСТЕЗИЯ

Анатомия и физиология

Спинальный мозг и дуральный мешок у младенцев в возрасте до 1 г. жизни оканчивается на более низком уровне, чем у пациентов старшего возраста (см. ранее «Каудальная анестезия»). Кроме того, в зависимости от возраста объем цереброспинальной жидкости (ЦСЖ) значительно варьирует – более чем 10 мл/кг у новорожденных, до 4 мл/кг у младенцев с весом менее 15 кг, до 3 мл/кг в периоде детства и от 1,5 до 2,0 мл/кг у подростков и взрослых пациентов. Спинальное/церебральное распределение ЦСЖ также изменяется с возрастом: половина объема ЦСЖ находится в спинальном субарахноидальном пространстве, у взрослых только 25%. Это имеет значительные фармакокинетические последствия и объясняет, почему для проведения спинальной анестезии у младенцев и в раннем детском периоде требуются большие дозы местных анестетиков.

У младенцев в положении лежа на спине гидростатическое давление ЦСЖ ниже и во время общей анестезии имеет тенденцию к снижению. При выполнении спинальной блокады необходимо медленно продвигать иглу, чтобы своевременно определить рефлюкс ЦСЖ до того момента, пока игла не прошла дальше.

Дети старше 5-летнего возраста после выполнения спинальной анестезии ведут себя подобно взрослым, в то время как более маленькие пациенты остаются гемодинамически стабильными, без существенных проявлений признаков гипотензии или брадикардии, даже при наличии пороков развития сердца. Однако существуют сообщения о понижении среднего артериального давления в течение первых 10 мин после введения 0,8 мг/кг 0,5% раствора бупивакаина у младенцев в возрасте от 1,5 до 5 месяцев. Это снижение было

кратковременным, хорошо переносимым и быстро корригируемым внутривенной инфузией растворов. Подобные результаты с сопутствующим снижением мозгового кровотока были получены у родившихся недоношенными детей в возрасте 41 недели постконцептуального развития.

Спинальная анестезия заключается в инъекции раствора анестетика в субарахноидальное пространство. Показаниями для ее проведения служат кратковременные вмешательства в нижней части живота и нижних конечностях у детей с высоким риском осложнений во время интубации и проведения общей анестезии. Кроме общих противопоказаний к РА, спинальная анестезия не проводится при повышенном внутричерепном давлении.

Для спинальной анестезии используется короткая (3,5–5 см) игла, размером от 22 до 26G, с мандреном и прозрачным основанием. Пункция производится в положение больного сидя или лежа на боку. Точки для определения места пункции такие же, как и при медиальном доступе эпидуральной анестезии. Соединительная линия между верхними краями гребней подвздошных костей делит пополам вертикальную линию позвоночника на уровне L_{IV}–L_V. В виду того, что у новорожденных спинной мозг достигает уровня третьего поясничного позвонка, то пункция производится ниже. Вообще, у грудных детей пункцию рекомендуют производить на уровне L_{IV}–L_V или L_V–S_I. Правильное расположение иглы подтверждается утратой сопротивления и свободным истечением спинномозговой жидкости после удаления мандрена.

При выборе местного анестетика у детей необходимо учитывать следующие соображения: незрелость ферментативных функций, сниженный печеночный кровоток, сниженный клиренс и увеличенное время элиминации, а также низкая белково-связывающая способность. Вследствие этого, МА амидной группы могут вызывать существенный системный токсический эффект, особенно это относится к бупивакаину. Эфирные анестетики гидролизуются в плазме псевдохоллинэстеразой и их элиминация не снижается выше перечисленными факторами, но действие удлиняется. Поэтому у детей раннего возраста при спинномозговой анестезии отдают предпочтение тетракаину.

Из-за хорошей управляемости уровня распространения тетракаин, в основном, употребляется для спинальной анестезии в виде гипербарического раствора. 1% тетракаин смешивается с 10% раствором глюкозы в отношении 1:1 плюс адреналин от 1:200000 до 1:400000. При этом можно рассчитывать на адекватную анестезию от 60 до 120 мин. Дозы бупивакаина и других МА

приведены в табл. 17. Гипербарический раствор должен вводиться в субарахноидальное пространство медленнее (не быстрее чем за 15 сек), чем изобарический (около 10 сек).

Осложнения

Спинальная анестезия может сопровождаться как незначительными (боль при пункции, задержка мочи), так и серьезными осложнениями (менингит, поперечный миелит, синдром передних рогов спинного мозга, тотальный спинномозговой блок).

Боль во время пункции отмечается даже при тщательном обезболивании кожи, что требует дополнительной анальгезии и седации.

Боль в спине – может быть осложнением спинномозговой пункции. Повреждение тканей иглой вызывает локальную гиперемию, раздражение тканей, рефлекторный спазм мышц. В результате этого возникают боли, которые могут сохраняться до 10–14 дней даже при использовании тонких игл.

Головная боль – обусловлена дефектом твердой мозговой оболочки, приводящим к истечению спинномозговой жидкости в окружающие мягкие ткани. Снижается ликворное давление, что приводит к смещению вниз структур ЦНС и сосудов, связывающих твердую мозговую оболочку с черепом и стволом мозга. Головная боль обычно начинается через 6–12 часов после пункции и усиливается в вертикальном положении. Ей свойственен пульсирующий характер, локализация в лобной области, сочетание с тошнотой и рвотой, незамедлительное ослабление при переходе в горизонтальное положение.

Самым важным фактором, влияющим на развитие постпункционных болей, является размер пункционной иглы (чем больше размер, тем выше риск развития и выраженность боли). Влияет на возникновение боли и расположение среза иглы во время пункции. Так как волокна твердой мозговой оболочки ориентированы в продольном направлении, считается, что срез иглы во время пункции должен быть параллелен волокнам. Это позволяет смещать волокна в стороны, а не рассекать их. У пожилых людей и мужчин риск развития головных болей ниже, чем у женщин (особенно беременных). По мнению ряда авторов у детей до 10 лет головные боли практически не возникают.

Таблица 17

Стандартные дозы местных анестетиков для выполнения спинальной анестезии

Местный анестетик	Доза (мг/кг)	Объем (мл/кг)	Длительность действия (мин)
Новорожденные (МТ < 5 кг)			
Бупивакаин 0,5% изобарический или гипербарический	0,5-1,0	0,1-0,2	65-75
Левобупивакаин 0,5%	1,0	0,2	75-90
Ропивакаин 0,5%	1,08	0,22	50-70
Дети и подростки			
Бупивакаин 0,5%	>0,4 (МТ = 5-15 кг)		
Левобупивакаин 0,5%	0,4 (МТ = 5-15 кг)		
Ропивакаин 0,5%	0,3 (МТ >15 кг) 0,4 (МТ = 5-15 кг) 0,3 (МТ = 15-40 кг) 0,25 (МТ >40 кг) 0,5 мг/кг (максимально 20 мг)		
Адьюванты	Доза (мкг/кг)		
Клонидин*	1 мкг/кг новорожденные		
Фентанил*	1 мкг/кг (дети <1 года жизни)		
Морфин	4-5 мкг/кг (все возраста)		

* Фентанил и клонидин – не разрешены в РБ для регионарной анестезии.

Задержка мочи – часто сопровождается блокадой на уровне S_{II}–S_{IV}, так как последняя может сопровождаться снижением тонуса мочевого пузыря и угнетением рефлекса мочеиспускания. Задержка мочи чаще возникает у мужчин и в особо тяжелых случаях может потребовать периодической катетеризации.

Менингит – с внедрением в практику специальных одноразовых наборов частота последних значительно снизилась. **Асептический (химический) менингит** может вызывать поперечный миелит и выраженную дисфункцию спинного мозга ниже уровня пункции. Возникающий **синдром передних рогов спинного мозга** вызывает двигательные расстройства и утрату функции сфинктеров прямой кишки и мочевого пузыря. При возникновении менингеальных симптомов, лихорадки или других признаков воспаления следует исключить **инфекционный менингит**.

Повреждение сосудов при спинномозговой анестезии связано с серьезными осложнениями, включая эпидуральную гематому вследствие кровотечения из эпидуральных венозных сплетений. Если спинномозговая анестезия не разрешается через ожидаемый период времени или если после восстановления чувствительности снова возникают признаки блокады, то необходимо исключить эпидуральную гематому (контрастная миелография, компьютерная томография); при выявлении гематомы – неотложная декомпрессионная ламинэктомия.

Повреждение нервов. Во время пункции игла может задеть элементы конского хвоста или корешки спинного мозга. Риск повреждения нервов многими авторами расценивается ниже, чем 1:10000. Повреждение нерва проявляется устойчивыми парезами, которые постепенно проходят без лечения в течение нескольких недель или месяцев.

По мнению авторов, в педиатрической практике, наиболее оптимальными методиками регионарной анестезии является каудальная и эпидуральная анестезия.

ТОКСИЧНОСТЬ МЕСТНОАНЕСТЕТИЧНЫХ СРЕДСТВ

Токсичность местных анестетиков у детей включает сердечно-сосудистую и центральную нервную системы и аллергические реакции на эфирные растворы местных анестетиков. Уже обсуждавшиеся фармакокинетические различия вместе с незрелостью гематоэнцефалического барьера могут повышать вероятность токсичности центральной нервной системы у новорожденных. Однако одновременное применение общей анестезии может маскировать ранние признаки и симптомы системной токсичности. Доза местного анестетика для детей всегда рассчитывается в миллиграммах на килограмм, а не в расчетных объемах, как при регионарной анестезии у взрослых. Хотя известно, что среди педиатрических пациентов более высокому риску системной токсичности подвержены младенцы, осторожность должна быть нормой для детей всех возрастов, поскольку у подростков были зарегистрированы более высокие концентрации некоторых местных анестетиков по сравнению со взрослыми. Также сообщалось о токсических уровнях в плазме после безопасных доз местного анестетика, используемого для каудальной и подвздошно-паховой блокады, поэтому рекомендуется минимальная эффективная доза.

Предотвращение системной токсичности

- Выбирайте менее токсичный МА (например, левобупивакаин или ропивакаин).
- Не превышайте максимальную дозу (у новорожденных может быть целесообразно уменьшить максимальную дозу вдвое).
- Вводите небольшие болюсы с повторной аспирационной пробой.
- УЗИ позволяет использовать более низкие дозы лекарственных средств и позволяет визуализировать инъекции.
- Избегайте повторных болюсов и ограничьте инфузии у новорожденных до 48 часов.
- Тестовая доза, содержащая адреналин, может быть использована для идентификации внутрисосудистой инъекции, но она ограничена тем, какой общий анестетик вводится.
- Независимо от того, какой метод используется, все дети, которым вводят раствор местного анестетика, особенно при непрерывных инфузиях, должны находиться под постоянным наблюдением на предмет побочных эффектов.

В педиатрической практике ранние предупреждающие признаки и симптомы токсичности могут быть замаскированы одновременным применением общей анестезии. Это означает, что первым признаком может быть аритмия или сердечно-сосудистый коллапс. **При лечении токсичности местных анестетиков** (схема 1) учитывайте следующее:

1. Прекратите введение местного анестетика.
2. Обеспечить проходимость дыхательных путей.
3. Обеспечить подачу 100 % кислорода и адекватную вентиляцию легких (гипервентиляция позволяет корректировать метаболический ацидоз).
4. Для купирования судорог использовать бензодиазепины, тиопентал или пропофол, дозу титровать.
5. Оценить состояние сердечно-сосудистой системы и следить за изменениями.
6. Если произошла остановка сердца, начните расширенную реанимацию.
7. **Не применять амиодарон!** Продолжать реанимацию столько сколько необходимо.
8. Обратите внимание, что аритмии часто являются рефрактерными, и поэтому реанимационные мероприятия должны быть продолжительными.
9. При отсутствии быстрого эффекта, начать лечение интоксикации МА раствором жировой эмульсии (протокол «Липидное спасение»).

ВАЖНО

Приоритетным является проведение СЛР, затем проводится введение жировой эмульсии. Стабилизация гемодинамики после остановки сердца может занять более часа. После использования запас интралипида должен быть восполнен.

По возможности, до и после введения жировой эмульсии, кровь набирается в сухие гепаринизированные пробирки, с последующим лабораторным исследованием уровня МА и триглицеридов.

Пропофол представляет собой жировую эмульсию; однако он не может быть использован в связи с вызываемой депрессией сердечнососудистой системы, но может быть рекомендован к применению в качестве антиконвульсанта (титруя дозу).

Схема 1 Алгоритм действий при непреднамеренном попадании местного анестетика в системный кровоток (липидное спасение)





увеличить темп инфузии жировой
эмульсии до 0,5 мл/кг мин
(30 мл/кг/мин)

Рекомендуемые максимальные дозировки 20% жировой эмульсии - 10 мл/кг в течение первых 30 мин.

Не превышайте максимальную кумулятивную дозу 12 мл/кг.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1) Браун, Т.С.К. История регионарной анестезии в педиатрии / Т.С.К. Браун // Регионарная анестезия и лечение острой боли. – 2014. – Т. 8. – №4. – С. 71–77.
- 2) Заболотский, Д.В. Ребенок и регионарная анестезия – зачем? куда? и как? / Д.В. Заболотский, В.А. Корячкин // Регионарная анестезия и лечение острой боли. – 2016. – Т. 8. – №4. – С. 243–253.
- 3) Карамышев, А. М. Каудальная анестезия – метод выбора анестезиологического обеспечения хирургических вмешательств / А. М. Карамышев, Г. В. Илюкевич // Воен. медицина. – 2017. – № 2. – С. 120–125.
- 4) Курек, В.В. Детская анестезиология, реаниматология и интенсивная терапия: Практическое руководство / В.В. Курек, А.Е. Кулагин. - М. : ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2011. – С. 491–511.
- 5) Каудально-эпидуральная блокада как компонент ранней реабилитации в детской онкохирургии / Н.В. Матинян [и др.] // Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. – 2020. – № 2. – С. 129–136.
- 6) Морган, Дж.Э. Клиническая анестезиология / Дж. Эдвард Морган-мл., Мэгид С. Михаил, Майкл Дж. Марри. - Изд. 4-е, испр. – Пер с англ. – М. : Издательский дом БИНОМ, 2018. – С. 333–397.
- 7) Оксфордский справочник по анестезии / К. Олман, Ф. Уилсон; пер. с англ. под ред. Е.А. Евдокимова и А.А. Митрохина. – М. : БИНОМ. - Лаборатория знаний, 2009. – С. 673–707.

- 8) Dalens, В. J. Регионарная анестезия в педиатрии / В. J. Dalens // Анестезия Рональда Миллера : в 4 т. / под ред. R. D. Miller [и др.]; пер. с англ. под общ. ред. К. М. Лебединского. – 7-е изд. – СПб., 2015. – Т. 4. – С. 2717–2758.
- 9) Grey, А.Т. Регионарная анестезия под контролем ультразвука / А.Т. Grey // Анестезия Рональда Миллера : в 4 т. / под ред. R. D. Miller [и др.]; пер. с англ. под общ. ред. К. М. Лебединского. – 7-е изд. – СПб., 2015. – Т. 3. – С. 1797–1825.
- 10) Gregory's pediatric anesthesia / ed. by Dean В. Andropoulos, George А. Gregory // 6th Edition 2020. - P 444–474.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Анатомические особенности детского возраста	3 стр.
ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ	7 стр.
Преимущества регионарной анестезии	8 стр.
Показания к регионарной анестезии	9 стр.
Противопоказания к регионарной анестезии	11 стр.
Механизм действия местных анестетиков	12 стр.
Фармакология местных анестетиков	13 стр.
Опиоиды	18 стр.
Фармакокинетика	23 стр.
Классификация осложнений	29 стр.
ЧАСТНЫЕ ВОПРОСЫ	33 стр.
Выбор соответствующей процедуры блокады	36 стр.
КAUDальная анестезия	41 стр.
Эпидуральная анестезия	49 стр.
Спинальная анестезия	58 стр.
Токсичность местных анестетиков	62 стр.
Рекомендуемая литература	65 стр.
Оглавление	66 стр.

Учебное издание

Кулагин Алексей Евгениевич
Жаворонок Алексей Николаевич
Миронов Леонид Леонидович
Волков Владимир Игоревич
Розин Юрий Эдуардович

РЕГИОНАРНАЯ АНЕСТЕЗИЯ В ПЕДИАТРИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск А.Е. Кулагин

Подписано в печать 14.11.2022. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать ризография. Гарнитура «Times New Roman».

Печ. л. 4,13. Уч.- изд. л. 3,14. Тираж 100. Заказ 52.

Издатель и полиграфическое исполнение –
государственное учреждение образования «Белорусская медицинская
академия последипломного образования».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/136 от 08.01.2014.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1275 от 23.05.2016.

220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 3, корп.3.

ISBN 978-985-584-826-5



9 789855 848265