

*А. М. Карамышев<sup>1</sup>, Г. В. Илюкевич<sup>2</sup>*

## **КАУДАЛЬНАЯ АНЕСТЕЗИЯ — МЕТОД ВЫБОРА АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ**

*УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь<sup>1</sup>,  
ГУ «Белорусская медицинская академия последипломного образования», Минск, Беларусь<sup>2</sup>*

*В литературном обзоре представлен анализ использования каудальной анестезии как компонента анестезиологического обеспечения оперативных вмешательств, выполняемых у детей. Представлены историческая справка, данные о показаниях, противопоказаниях и технических особенностях выполнения каудальной анестезии. Описана возможность и перспективы современных методов нейровизуализации при использовании каудальной анестезии у детей.*

**Ключевые слова:** *анестезия у детей, регионарная анестезия, каудальная анестезия.*

*A. M. Karamyshev, G. V. Ilyukovich*

### **CAUDAL ANESTHESIA — A CHOICE METHOD IN ANESTHESIOLOGY ENSURING SURGERY AT CHILDREN**

*The analysis of use of caudal anesthesia as a component of anesthesiology ensuring the surgeries which are carried out at children is presented in the literary review. The historical information, data on indications, contraindications and technical features of realization of caudal anesthesia are submitted. An opportunity and prospects of the modern methods of neurovisualization when using caudal anesthesia is described.*

**Keywords:** *anesthesia at children, regionarny anesthesia, caudal anesthesia.*

Открытие в 1884 г. К. Коллером анестетических свойств кокаина послужило стимулом для развития регионарной анестезии [1]. Так, спустя тринадцать с половиной лет после этого события, в 1898 г. А. Биром была выполнена спинномозговая анестезия у 6 пациентов, двое из которых были дети [2]. Позже, в 1901 г. независимо друг от друга М.Ф. Кателин и Д. А. Сикард описали каудальную анестезию (КА) [3], затем М. Кэмпбелл в 1933 г. предложил ее для использования в детской урологии для проведения цистоскопий [4], а в 1967 г. А. Фортуна сообщил о проведении 170 каудальных анестезий детям различного возраста, 26 из которых было меньше 1 года [5]. С тех пор КА нашла широкое распространение в педиатрической практике. Новый всплеск интереса к регионарной анестезии в 70–80-х годах прошлого столетия был вызван доказательством возможности использования эпидуральной и каудальной анальгезии для послеоперационного обезболивания у детей, а также усовершенствованием техники и оснащения манипуляции и появлением анестетика длительного действия бупивакаина [6]. На сегодняшний день каудальная анестезия является наиболее часто используемой методикой регионарных блокад в клиниках детской хирургии. Она применяется как самостоятельно, так и в комбинации с общей анестезией, при этом регионарная блокада является анальгетическим компонентом, снижая дозировки опиоидов и лекарственных средств для наркоза и обеспечивая более быстрый и гладкий выход из анестезии [7]. К достоинствам метода можно отнести: *надежность* (анальгезия при каудальном блоке обеспечивается в 95–98% случаев); *безопасность* (пункция каудального пространства у детей является самым простым доступом к эпидуральному пространству и при правильном выполнении опасность повреждения спинного мозга и твердой мозговой оболочки чрезвычайно мала); *простота* (легко воспринимается и осваивается обучаемыми) [8, 9].

Впервые об опыте использования КА в отечественной педиатрической анестезиологии сообщалось в ра-

ботах В. В. Курека с соавт. (2009) при аппендэктомии и А. Е. Кулагина с соавт. (2012) при операциях в детской урологии [10, 11].

КА или низкая эпидуральная — это анестезия корешков конского хвоста в сакральном канале с доступом через сакральную щель, которая предусматривает высококачественную интраоперационную и раннюю послеоперационную анальгезию при хирургических вмешательствах у детей.

Одной из перспективных и активно развиваемых областей применения КА является педиатрическая урология. Показаниями к каудальной анестезии в урологии являются операции коррекции врожденных пороков развития, таких как крипторхизм, гипоспадия, эписпадия, удвоение и дистопия почек, гидроцеле, врожденный гидроуретеронефроз, врожденный пузырно-мочеточниковый рефлюкс и другие вмешательства ниже уровня пупка (Th 10) у детей [7, 8, 12]. При такой наследственной патологии, как злокачественная гипертермия и мышечная дистрофия, принято считать, что все варианты регионарной анестезии считаются безопасными. Все противопоказания к регионарной анестезии характерны и для КА: нарушения коагуляции, гиповолемия, органические поражения ЦНС, местная или системная инфекция, гиперчувствительность к местным анестетикам и отказ пациента или родителей от использования каудальной анестезии. Кроме того, кожные anomalies (ангиома, волосяные пучки, невусы или впадины) в зоне пункции требуют дополнительного обследования (УЗИ, КТ, МРТ), чтобы исключить врожденные анатомические anomalies спинного мозга или позвоночника (spina bifida). В случаях расщелины позвоночника, каудальная эпидуральная анестезия не должна применяться, так как имеется высокий риск пункции твердой мозговой оболочки. Сколиоз и миодистрофия не являются абсолютными противопоказаниями к каудальной анестезии, хотя сколиоз может сделать проведение анестезии технически более трудным, а при миодистрофии рекомендуют снижать

концентрацию местного анестетика. В случаях отсутствия признаков инфекции, в месте предполагаемой пункции крестцовая область имеет более высокий уровень бактериальной обсемененности, чем при любом другом доступе к эпидуральному пространству [7, 12].

**Анатомия.** Крестец состоит из пяти полухрящевых крестцовых позвонков, которые постепенно окостеневают и соединяются, формируя к 30-и годам жизни взрослый вид. На дорзальной поверхности крестца имеются: срединный гребень, промежуточные и боковые гребни, которые соответствуют слиянию остистых, поперечных и суставных отростков. Крестцовая щель (КЩ) у новорожденных и детей младшего возраста легко определяется, поскольку анатомические ориентиры являются более поверхностными: две задние верхние подвздошные ости и вершина крестца [13]. КЩ имеет форму перевернутой буквы U и покрыта крестцово-копчиковой связкой (ККС), которая является продолжением желтой связки. Она легко определяется до 7–8 лет, позже прогрессирующая оссификация крестца (до 30 лет) и закрытие крестцово-копчикового угла делает поиск сакрального канала более сложным [7]. Сакральный канал — это продолжение поясничного эпидурального пространства, которое содержит нервные корешки конского хвоста, жировую ткань, имеющую желатинозную консистенцию и губчатую структуру, что облегчает равномерность проникновения и распределения введенного раствора местного анестетика (МА) и развитую систему бесклапанных вен. Утечка местного анестетика из канала через отверстия крестца объясняет высокое качество обезболивания, обусловленное распространением анестетика по ходу нервных корешков [14]. Дуральный мешок (субарахноидальное пространство) слепо заканчивается на уровне  $S_3$  у новорожденных и на  $S_2$  у взрослых и детей, что создает опасность случайной пункции твердой мозговой оболочки. Расстояние между сакральной щелью и дуральным мешком, это примерно 10 мм у новорожденных, возрастает с возрастом (более 30 мм в 18 лет) [7].

**Техника выполнения КА.** Обязательно получения информированного согласия на манипуляцию у пациента или родителей. После индукции в общую анестезию и обеспечения проходимости верхних дыхательных путей пациент укладывается на бок (либо в положение на животе) с согнутыми под углом  $90^\circ$  в тазобедренных и коленных суставах нижними конечностями. Кожа тщательно обрабатывается спиртосодержащими антисептическими растворами. Диаметр и длина иглы между 21 и 23 G, соответственно размерам ребенка [12]. Достаточный внутренний диаметр этих игл позволяет быстро увидеть рефлюкс крови или цереброспинальной жидкости (ЦСЖ) в павильоне иглы, а достаточный внешний диаметр делает эти иглы ригидными и позволяет отчетливо ощущать прохождение иглы через мембрану. Длина иглы может не превышать 3–4 сантиметров т.к., расстояние от поверхности кожи до каудального пространства (даже у подростков) не превышает 20 миллиметров. Короткий срез и угол заточки наконечника  $45^\circ$ – $60^\circ$  обеспечивают ощущение провала («утраты сопротивления» ККС) и снижают риск пункции сосуда и перфорации крестца [14]. Использование игл с мандреном позволяет снизить риск развития эпидермоидных образований в эпидуральном пространстве. После определения костных ориентиров, между ними пальпируется эластичное образование, которым является ККС, при этом ягодичная складка не является точным ориентиром срединной

линии. Пункция проводится между 2 рогами в верхней трети ККС так как там она имеет максимальную толщину и дает заметный «щелчок» при ее прохождении, аналогичный желтой связки. Игла направляется под  $60^\circ$  к поверхности спины и  $90^\circ$  к поверхности кожи, ее срез направляется вентрально, а после прохождения связки игла без мандрена перенаправляется на  $20$ – $30^\circ$  к поверхности кожи и продвигается на несколько миллиметров в сакральном канале [7].

Под ультразвуковым контролем определен оптимальный угол введения пункционной иглы, который составил  $21^\circ$  над поверхностью кожи и значимо не коррелировал с возрастом, весом, половой принадлежностью, высотой или площадью поверхности кожи. Это позволяет избежать прокола кости и снизить риск потенциальной внутрикостной инъекции [15].

Аспирационная проба может приводить к ложноотрицательным результатам, так как под воздействием избыточного разряжения стенки сосуда могут легко спадаться, поэтому отсутствие спонтанного истечения крови или ликвора — более чувствительный тест. Далее проводится тест доза — это лидокаин 1–2% либо физиологический раствор в дозе 0,1 мл/кг с адреналином в разведении 1:200000, что позволяет исключить внутрисосудистое введение МА, которое проявится кардиальными симптомами (ЧСС возрастает либо снижается на 10 ударов), АД увеличивается на 15 мм рт.ст. или изменяется амплитуда зубца Т на ЭКГ через 60–90 секунд после введения. Важным тестом правильного размещения канюли (не включая внутрисосудистое положение) является введения МА без сопротивления. Подкожное выпячивание при инъекции предполагает нарушение расположения иглы. При появлении крови в павильоне иглы последняя удаляется, а повторная пункция каудального пространства всегда выполняется новой иглой, однако в случае истечения ликвора КА должна быть прекращена, в связи с увеличением риска развития высокого спинального блока. При соблюдении техники выполнения частота успешных КА достигает 95% [7, 12, 16].

Как альтернатива классическому методу, у детей старше 36 месяцев, у которых имеются нарушения анатомических ориентиров, предлагается доступ на уровне  $S_{2-3}$  [17]. В данном сообщении ультразвуковая визуализация крестца входила в обязательный протокол анестезии с определением уровня расположения дурального мешка, тщательным выбором места пункции и контролем введения раствора МА, поскольку у некоторых детей твердая мозговая оболочка заканчивается ниже уровня  $S_2$  [7].

Момент хирургического разреза — это лучший проверочный тест удачной блокады, однако, существуют различные методики определения правильного стояния пункционной иглы: аускультация стороны инъекции (SWOOSH «свист тест»), нейростимуляция или ультразвуковая визуализация (УЗИ).

R. M. Orme с соавт. проанализировали 113 КА у детей, выполненных под контролем стетоскопа, который помещался в нижней части поясничного отдела позвоночника. Правильное введение МА аускультативно определялось как «свист». Успешная блокада составила 95,6%, чувствительность — 91%, специфичность — 100%. Был сделан вывод о том, что SWOOSH «свист тест» является простым и точным тестом для подтверждения успешной КА у детей [18].

Впервые об использовании нейростимуляции для подтверждения каудального размещения иглы было сооб-

шено Тсуи с соавт. Надлежащее каудальное размещение иглы подтверждалось получением двигательного ответа на низкий стимуляционный ток в виде сокращения анального сфинктера [19].

В недавних публикациях авторами предлагается использование УЗИ для определения ККС и визуализации физиологического раствора или МА в каудальном канале, которое проводилось в поперечной и продольной плоскостях линейным датчиком. В поперечной плоскости на монитор УЗ аппарата выводятся крестцовые рога и крестцовая щель вместе с крестцово-копчиковой мембраной, так называемый симптом «лягушки». Применяется при определении места пункции у детей с повышенным уровнем подкожно-жировой клетчатки. Продольная ориентация УЗ датчика позволяет контролировать размещение иглы во время каудальной блокады, визуализацию распространения МА в пределах каудального пространства, обусловленного очевидным наличием локальной турбулентности и расширением последнего. Продольная техника дает представление о том, как игла проникает через ККС и таким образом особенно ценна в определении оптимального угла и глубины проникновения иглы [15, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

В исследовании L. Triffterer et al., включающем анализ 50 каудальных блокад у детей под УЗИ контролем при хирургических вмешательствах в подпупочной области с оценкой влияния скорости введения основной дозы МА на высоту его распространения, авторы использовали скорость 0,25 мл/сек и 0,5 мл/сек и пришли к выводу, что скорость введения МА не имеет статистически значимого влияния на его распространение в каудальном пространстве [20].

L. Brenner et al. определяли уровни дистальных отделов твердой мозговой оболочки и высоту распространения МА в зависимости от введенного объема под УЗИ контролем. Авторы применяли 0,7; 1,0; 1,3 мл/кг раствора ропивакаина определенной концентрации. Сделан вывод о том, что краниальное распространение МА во время блокад редко достигало уровня выше, чем  $T_{11}$  и оптимальным признан объем 1 мл/кг [21].

**Местные анестетики.** Выбор МА при КА у детей зависит от длительности послеоперационного обезболевания и выраженности моторного блока, так как последний плохо переносится проснувшимися детьми. Традиционно в качестве МА используется бупивакаин, хотя в последние годы достаточно часто стали применяться и другие анестетики амидной группы, такие как 0,25% растворы ропивакаина и левобупивакаина, которые обладают меньшей, чем бупивакаин, кардиотоксичностью при такой же анальгетической активности [25].

Аккумуляция МА у детей выше, особенно при повторяющихся инъекциях, поэтому максимальная скорость продленного введения бупивакаина при регионарных блокадах не должна превышать 0,25 мг/кг в час [26]. В связи с меньшим диаметром нервного волокна у детей и его миелинизацией блокада развивается раньше и при меньшей концентрации анестетика [16]. Препаратом выбора служит раствор бупивакаина в концентрации 0,125% для детей младшей возрастной группы и в концентрации 0,25 % для старших пациентов [11.a.i.35, 26, 27]. Максимальные дозы МА, используемые для КА у детей, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Максимально допустимые дозы местных анестетиков

Местный анестетик	Доза местного анестетика (мг/кг)	Доза местного анестетика с адреналином (мг/кг)	Новорожденные — меньше на 20%
Бупивакаин	2–2,5	2,5	
Лидокаин	3	7	
Ропивакаин	3	3	

В практической анестезиологии имеет место схема расчета объема МА для каудальной анальгезии, предложенная Armitadge E. N. в 1985 году [28] (табл. 2).

Таблица 2. Дозы 0,25% раствора бупивакаина, рекомендованные для однократного введения

Объем	Средний уровень анестезии
0,50 мл/кг	Сакролюмбальный ( $T_{11}$ )
0,75 мл/кг	Люмботоракальный ( $T_{10}$ )
1,00 мл/кг	Среднегрудной ( $T_9$ )

**Адьюванты.** МА, как и любые, другие применяемые в медицинской практике лекарственные средства, не лишены недостатков. С целью их нивелирования используются различные добавки (адьюванты), при этом следует отметить, что методика совместного использования не везде может быть сертифицирована и соответственно, несмотря на предоставленный в литературе положительный эффект от применения адьюванта, это может стать причиной конфликта со страховыми компаниями и юристами [26].

Применение адьювантов реализует следующие цели и задачи: ускорение начала блокады, увеличение длительности блокады, снижение токсичности МА, улучшение качества обезболивания. Наиболее популярные из них — фентанил, морфин, клонидин и кетамин (не внутривенный вариант) [29, 30, 31, 32]. Данные адьюванты (кроме морфина) в Республике Беларусь не используются.

Интересны исследования корейских ученых, изучавших анальгетическую активность МА и дексаметазона, как адьюванта, в дозе 0,1 мг/кг, введенных каудально детям от 6 месяцев до 5 лет. Авторы пришли к выводу, что данная методика значительно повышает анальгетическую активность, при этом снижает риск возможных послеоперационных осложнений, таких как тошнота и рвота [33].

Впервые об эпидуральном введении морфина с целью обезболивания сообщили Behar M. et al. [34], преимущества фентанила в составе трехкомпонентной эпидуральной анальгезии описаны и доказаны в 1993 г. норвежскими исследователями [8, 35], однако официального разрешения до настоящего времени на ее использование в России и Республике Беларусь нет.

При эпидуральном введении наркотических анальгетиков облегчается проникновение их в ликвор и ткань спинного мозга путем прямой трансдуральной диффузии, диффузии через места входа задних корешков, а также через сосуды мозговых оболочек, тем самым обеспечивается создание высокой концентрации опиоидов в ЦНС. Более того, в спинномозговой жидкости создается депо гидрофильного опиоида, которое удерживает связывание опиоидных рецепторов длительное время, поэтому анальгезия более продолжительна. Это позволяет снизить дозу препарата и количество побочных эффектов [36, 40]. Наркотические анальгетики, оседая, на опиатных рецепторах желатинозной субстанции задних рогов спинного мозга

тормозят передачу афферентных ноцицептивных импульсов по типу «закрытой двери» («back-door»), без блокады спинномозговых нервов. По литературным данным ряда исследователей введение морфина в каудальное эпидуральное пространство является распространенным способом лечения острой послеоперационной боли у детей оперированных как в области люмбосакральных, так и в области торакальных сегментов, с минимальным риском развития отсроченной респираторной депрессии и других побочных эффектов [8].

Wolf A. R. et al. исследовали анальгетический эффект однократного каудального эпидурального введения комбинации 0,05 мг/кг морфина и 0,125% раствора бупивакаина у детей, которым выполнялась орхидопексия, в сравнении с периодом эффективной анальгезии у детей, которым каудальный блок создавался только 0,125% раствором бупивакаина. Длительность эффективной анальгезии у детей, которым вводили комбинацию морфина и бупивакаина, составляла не менее 24 часов, что значительно сократило число пациентов, потребовавших дополнительного назначения пероральных и внутримышечных опиоидов в послеоперационном периоде. Кроме этого, не отмечалось значительного увеличения числа побочных эффектов и развития отсроченной респираторной депрессии у детей [37].

В литературе описаны различные методики сочетанной анестезии с применением морфина, отличающихся дозой и объемом адьюванта. Ряд авторов рекомендуют введение эпидурально 1% раствора морфина в дозе 0,15–0,2 мг/кг с физиологическим раствором хлорида натрия в объеме 5–8 мл (не более 7 мг морфина). Токсических и побочных эффектов (депрессии дыхания, кожный зуд, тошнота и рвота), инфекционных осложнений (эпидурит и др.) по данным авторов не наблюдалось [8]. В другом исследовании доза морфина, вводимого эпидурально у новорожденных, составила 0,1 мг/кг массы, продолжительность обезболивания до 24 часов. Побочные эффекты эпидурального введения опиоидов в данном исследовании оценить сложно ввиду того, что всем пациентам проводилось зондирование желудка и катетеризация мочевого пузыря [27].

При эпидуральной анестезии с применением морфина у детей имеется возможность охвата большой зоны антиноцицептивной блокады, включая торакальные и люмбальные сегменты спинного мозга, что позволяет одновременно выполнить комбинированные вмешательства в грудной и брюшной полости, на органах малого таза и нижних конечностей. В случаях возникновения технических сложностей для катетеризации эпидурального пространства данная методика является вариантом выбора. Большое практическое значение имеет значительная продолжительность анальгетического эффекта морфина после его эпидурального введения, достигающая, а в отдельных случаях даже превышающая 24 часа [8]. К сожалению, метод не лишен недостатков, которые реализуются в виде побочных эффектов: возможно отсроченное угнетение дыхания, кожный зуд, тошнота и рвота, задержка мочеиспускания первые 6–12 часов после операции [37, 38, 39].

Большинство авторов склоняются к эпидуральной дозе морфина гидрохлорида у детей в 0,05–0,1 мг/кг массы тела. При этом обезболивание наступает через 15–20 мин и достигает максимума через 1 час, продолжительность составляет 20 часов и более. Необходимо помнить о возможности развития апноэ в течение 24 часов от момента введения морфина. У новорожденных и детей первых лет жизни авторы рекомендуют использо-

вать уменьшение дозы морфина до 0,033 мг/кг. Частота развития тошноты, рвоты, по данным различных авторов, составляет от 30 до 50%, но при этом сравнима с частотой у детей, которым морфин эпидурально не вводился. Теоретический риск угнетения дыхания требует проведения адекватного послеоперационного мониторинга [8, 27, 38].

**Осложнения.** Осложнения, связанные с методикой выполнения КА, достаточно редки и составляют 0,7 на 1000 анестезий, встречаются, как правило, при нарушении техники выполнения и неадекватном использовании оборудования, а также у новорожденных [7].

*Неудачный или неполный блок* встречается, по данным литературы, в 5–25% случаев, что обусловлено сложностью идентификации анатомических ориентиров и, следовательно, невозможностью установить пункционную иглу в эпидуральное пространство. Это часто всего встречается у маленьких детей с аномалиями структур, происходящих из урогенитального тяжа (гипоспадия, атрезия ануса), а в некоторых случаях у этих детей невозможно прощупать сакральную щель. Кроме того, по мере роста ребенка крестцовая мембрана стремится к утолщению, что делает введение иглы через крестцово-копчиковую связку сложнее, а в возрасте старше 7 лет может быть связано с выраженной пресакральной жировой подушкой [11, 14].

*Односторонний блок (латерализация блока)* встречается реже, чем при поясничном доступе к эпидуральному пространству, поскольку сакральное пространство больше и требует большего объема для заполнения. Это может быть результатом слишком медленной инъекции местного анестетика, который следует ввести в течение 2 минут после тест-дозы. Обычно латерализация наблюдается у детей старшего возраста и связана с плотностью окружающей соединительной ткани [11, 12].

*Пункция твердой мозговой оболочки* встречается в 0,5–2,0% случаев при нарушении техники выполнения каудальной анестезии, например, если игла глубоко проникает в сакральный канал или ее длина превышает 30 мм. Это может быть и при анатомических девиациях, особенно когда дуральный мешок находится ниже уровня S<sub>2</sub>. Инъекция в субарахноидальное пространство МА приводит к развитию тотальной спинальной анестезии, что под наркозом проявляется только расширением зрачков. Как правило, нарушение гемодинамики у маленьких детей и младенцев встречается редко в связи с незрелостью вегетативной нервной системы, поэтому агрессивная инфузия и применение вазоконстрикторов - редкое явление в детской практике [8, 14, 16].

*Пункция сосудистого русла* — относительно частое осложнение (около 10%), обычно протекающее без последствий, если это выявлено до введения анестетика. Сосудистая или костная пункция может привести к внутрисосудистому введению МА и системной токсичности. Профилактические меры заключаются в следующем: ощущение провала, инъекция без сопротивления, отсутствие подожного выбухания, тест свиста, тест-доза, периодическая аспирационная проба, так как расширение эпидурального пространства может сместить кончик иглы, медленное введение основной дозы анестетика под гемодинамическим и ЭКГ — мониторингом, а также использование УЗ визуализации и нейростимуляции [19, 20, 21].

*Системная токсичность местных анестетиков* является редким, но потенциально смертельно опасным осложнением регионарной анестезии. За последние годы частота токсических реакций при эпидуральном введении МА существенно сократилась. Так, в 1981 г. токсиче-

ские реакции возникали с частотой 100:10 000 случаев, в 1995 г. — 0,1:1000 случаев, в 1997 г. — 0,13:1000 случаев. На сегодняшний день частота системных токсических реакций при эпидуральных блокадах составляет 1:10000, при блокаде периферических нервных сплетений — 1:1000 [42]. Системная токсичность МА проявляется в основном в виде нейротоксичности и кардиотоксичности. В клинике системной токсичности в зависимости от тяжести описывают 3 степени тяжести: легкая степень проявляется покалыванием, зудом, онемением в области губ и языка, металлическим привкусом во рту, шумом в ушах, беспокойством, дрожью, чувством страха, фасцикуляцией мышц, рвотой и потерей ориентации, для средней степени присущи нарушение речи, оцепенение, тошнота, рвота, головокружение, сонливость, спутанность сознания, моторное возбуждение, тонико-клонические судороги, широкие зрачки, ускоренное дыхание, при тяжелой степени — рвота, паралич сфинктеров, снижение тонуса мышц, утрата сознания, периодическое дыхание, остановка дыхания, кома, смерть [41]. При общей анестезии начальные и основные симптомы токсического действия МА маскируются или не развиваются совсем, поэтому судороги следует диагностировать по таким косвенным признакам, как мышечная ригидность, необъяснимая гипоксемия, аритмия и сердечно-сосудистый коллапс. Галогенсодержащие анестетики усугубляют системную токсичность местных анестетиков, а также притупляют сердечно-сосудистые симптомы в ответ на тест-дозу [7].

Концентрация бупивакаина в плазме, вызывающая депрессию миокарда, близка к церебральной токсической концентрации. Фибрилляция желудочков, обусловленная токсическим действием бупивакаина, трудно поддается лечению и часто бывает необратимой. Следует помнить, что при системной токсичности МА сердечно-легочно-церебральная реанимация (так называемая липидная реанимация) должна проводиться не менее 60 мин., что отличает этот сценарий от других форм острой сердечно-сосудистой недостаточности [41, 42].

**Перфорация крестца.** У младенцев и маленьких детей тела позвонков могут быть мягкими из-за неполной кальцификации и имеется возможность введения иглы в тело крестца и в полость малого таза с повреждением органов малого таза (пункция прямой кишки). Хотя ошибочная пункция иглой прямой кишки представляет опасность сама по себе, еще более опасным является повторное введение инфицированной иглы в эпидуральное пространство [7, 14].

**Отсроченное угнетение дыхания вторично** при каудальном введении опиоидов [8, 27, 29].

**Задержка мочеиспускания** — не редкое явление, наблюдающееся при эпидуральном назначении опиоидов, но так как оперативные вмешательства в детской урологии требуют временной катетеризации мочевого пузыря, то в связи с этим данное осложнение не имеет практического значения [27].

**Гематомы и абсцессы** очень редки, но могут привести к серьезной и длительной неврологической симптоматике в результате сдавления спинного мозга или конского хвоста [14].

**Остеомиелит крестца** встречается крайне редко, в литературе описан лишь один случай [43].

Таким образом, анализ имеющейся литературы показал, что в настоящее время каудальная анестезия наиболее часто используемый метод регионарной анестезии хирургических вмешательств в педиатрии, так как является легко воспроизводимой методикой, имеет низкий

риск развития осложнений при хорошем анальгетическом эффекте. Каудальная эпидуральная анестезия является безопасной и эффективной методикой в педиатрической практике, которая используется в сочетании с общей анестезией, чтобы уменьшить как интраоперационные дозы анестетиков, так и послеоперационную потребность в дополнительном обезболивании. Добавление опиоидов позволяет значительно улучшить и продлить аналгезию, даже при их использовании в минимальных количествах и может уменьшить потребность в анальгетиках в послеоперационном периоде. Однако, как и при проведении всех других методов регионарной анестезии, должны быть строго соблюдены правила асептики, техника манипуляции, профилактика осложнений путём внедрения в практику новых технологий ультразвуковой нейровизуализации и нейростимуляции низким током.

### Литература

1. Koller, C. On the use of cocaine for producing anesthesia on the eye / C. Koller // The Lancet. — 1884. — № 6. — P. 990–992.
2. Bier, A. Versuche über Cocainisirung des Rückenmarkes / A. Bier // Deutsch Zeitschrift für Chirurgie. — 1899. — Vol. 51. — P. 361–369.
3. Cathelin, M. F. Soc. Biol., Paris 53. — 1901. — P. 452–453.
4. Campbell, M. F. Caudal anesthesia in children / M. F. Campbell // American J Urology. — 1933. — Vol. 30. — P. 245–249.
5. Fortuna, A. Caudal anesthesia: a simple and safe technique in pediatric surgery / A. Fortuna, // Br J Anesthesia. — 1967. — № 39. — P. 165–170.
6. Браун, Т. С. К. История регионарной анестезии в педиатрии / Т. С. К. Браун // Регионарная анестезия и лечение острой боли. — 2014. — Том VIII, № 4. — С. 71–77.
7. Raux, O. Pediatric caudal anesthesia / O. Raux, [et al.] // Update in anesthesia. — 2010. — Vol. 26, № 32–6. — P.88–92.
8. Матинян, Н. В. Сбалансированная регионарная анестезия на основе нейроаксиальных блокад в детской онкохирургии / Н. В. Матинян, А. И. Салтанов // Вестник интенсивной терапии. — 2015. — № 4. — С. 62–73.
9. Матинян, Н. В. Общая анестезия с применением нейроаксиальных блокад в детской онкохирургии / Н. В. Матинян, А. И. Салтанов // Регионарная анестезия и лечение острой боли. — 2009. — Том III, № 3. — С. 13–20.
10. Курек, В. В. Каудальная анестезия у детей. / В. В. Курек, А. Е. Кулагин, Н. В. Арапова // Здравоохранение. — 1999. — № 1. — С. 44–46.
11. Каудальная анестезия в педиатрии / А. Е. Кулагин [и др.] // Здравоохранение. — 2012. — №4. — С.35–38.
12. Caudal epidural anesthesia for pediatric patients: a safe, reliable and effective method in developing countries / A. Edler [et al.] // Update in Anesthesia. — 1998. — № 8. — P. 15–19.
13. Ultrasound versus anatomical landmarks for caudal epidural anesthesia in pediatric / Y. Abukawa, [et al.] // BMC Anesthesiology. — 2015. — Vol. 102, № 15. — P. 234–242.
14. Геодакян, О. С. Анализ осложнений и побочных эффектов каудальной эпидуральной анестезии у детей / О. С. Геодакян, Л. Е. Цыпин, Э. Г. Агавелян // Вестн. интенсив. терапии. — 2004. — № 1. — С. 65–69.
15. Determination of the optimal angle for needle insertion during caudal block in children using ultrasound imaging / J. H. Park [et al.] // Anesthesia. — 2006. — Vol. 61, № 10. — P. 946–949.
16. Рафмелл, Дж. Р. Регионарная анестезия. Самое необходимое в анестезиологии / Дж. Р. Рафмелл, Дж. М. Нил, К. М. Вискоули. — М.: МЕДпресс-информ, 2007. — 274 с.
17. Ultrasound Evaluation of the Sacral Area and Comparison of Sacral Interspinous and Hiatal Approach for Caudal Block in Children / Seo K. Shin [et al.] // Anesthesiology. — 2009. — Vol. 111, № 5. — P. 1135–1140.
18. L'E. Orme, R. M. The 'swoosh' test — an evaluation of a modified 'whoosh' test in children / R. M. L'E. Orme, S. J. Berg // British Journal of Anesthesia. — 2003. — Vol. 90, № 1. — P. 62–65.
19. Confirmation of Caudal Needle Placement Using Nerve Stimulation / M. Sc Tsui // Anesthesiology. — 1999. — V 91, № 2. — P. 374–378.

20. *Ultrasound* assessment of cranial spread during caudal blockade in children: effect of the speed of injection of local anesthetics / L. Triffterer [et al.] // *British Journal of Anesthesia*. — 2012. — Vol. 108, № 4. — P. 670–674.

21. *Ultrasound* assessment of cranial spread during caudal blockade in children: the effect of different volumes of local anesthetics / L. Brenner, [et al.] // *British Journal of Anesthesia*. — 2011. — Vol. 107, № 2. — P. 229–235.

22. *Ultrasound* as a screening tool for proceeding with caudal epidural injections / C. P. Chen [et al.] // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* — 2010. — Vol. 91, № 3. — P. 358–363.

23. *Ultrasound* guidance in caudal epidural needle placement / C. P. Chen [et al.] // *Anesthesiology*. — 2004. — Vol. 101, № 1. — P. 181–181.

24. *Ultrasound* Imaging for Regional Anesthesia in Infants, Children, and Adolescents / Ban C. H. Tsui, [et al.] // *Anesthesiology*. — 2010. — Vol. 112. — P. 719–728.

25. Yao, Y. S. The optimum concentration of levobupivacaine for intra-operative caudal analgesia in children undergoing inguinal hernia repair at equal volumes of injectate / Y.-S. Yao, B. Qian, B.-Z. Chen, R. Wang // *Anesthesia*. — 2009. — Vol. 64, № 1. — P. 23–26.

26. *Фармакология и фармакокинетика современных местных анестетиков и адъювантов при регионарном обезболивании у детей* / В. Л. Айзенберг [и др.] // *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. — 2015. — Том 9, № 3. — С. 37–43.

27. *Сичкарь, С. Ю.* Эпидуральная анальгезия у новорожденных в периоперационном и послеоперационном периоде / С. Ю. Сичкарь, И. И. Афуков, С. М. Степаненко // *Анестезиология и реаниматология*. — 2015. — №3. — С. 65–68.

28. *Armitage, E. N.* Caudal block in children. / E. N. Armitage // *Anesthesia*. — 1979. - № 34. — P. 396–408.

29. *De Beer, D. A. H.* Caudal additives in children solutions or problems? / D. A. H. de Beer, M. L. Thomas // *British Journal of Anaesthesia*. — 2003. — Vol. 90, № 4. — P. 487–498.

30. *Efficacy* and adverse effects of ketamine as an additive for pediatric caudal anesthesia: a quantitative systematic review of randomized controlled trials / A. Schnabel [et al.] // *British Journal of Anesthesia*. — 2011. — Vol. 107, № 4. — P. 601–611.

31. *Martindale, S. J.* Double-blind randomized controlled trial of caudal versus intravenous S (+)-ketamine for supplementation of caudal analgesia in children. / S. J. Martindale, P. Dix, P. A. Stoddart // *British Journal of Anesthesia*. — 2004. — Vol. 92, № 3. — P. 344–341.

32. *Caudal* bupivacaine supplemented with caudal or intravenous clonidine in children undergoing hypospadias repair: a double blind study / T. G. Hansen [et al.] // *British Journal of Anesthesia*. — 2004. — Vol. 92, № 2. — P. 223–230.

33. *Analgesic* efficacy of caudal dexamethasone combined with ropivacaine in children undergoing orchiopexy / E. M. Kim [et al.] // *British Journal of Anesthesia*. — 2014. — Vol. 112, № 5. — P. 885–891.

34. *Behar, M.* Epidural morphine in treatment of pain. / M. Behar [et al.] // *Lancet*. — 1979. — № 1. — P. 527–529.

35. *Niemi, G.* The minimally effective concentration of adrenaline in a low-concentration thoracic epidural analgesic infusion of bupivacaine, fentanyl and adrenaline after major surgery. A randomized, double-blind, dose-finding study. / G Niemi, H. Breivik // *Acta Anesthesia Scand.* — 2003. — Vol. 47, № 4. — P. 439–450.

36. *Агавелян, Э. Г.* Каудальная эпидуральная анестезия комбинацией бупивакаина и промедола у детей: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: 14.01.20 / Э. Г. Агавелян. — Москва, 1996. — 145 л.

37. *Postoperative* analgesia after pediatric orchidopexy: evaluation of a bupivacaine-morphine mixture / A. R. Wolf, [et al.] // *British Journal of Anesthesia*. — 1990. — Vol. 64, № 5. — P. 430–435.

38. *Регионарная анестезия в детской вертебралогии* / В. Л. Айзенберг [и др.] // *Регионарная анестезия и лечение острой боли*. — 2015. — Том 9, № 4. — С. 39–47.

39. *Caudal* morphine for postoperative analgesia in children: a comparison with caudal bupivacaine and intravenous morphine / E. J. Krane, [et al.] // *Anesth. Analg.* — 1987. — Vol. 66, № 7. — P. 647–653.

40. *Анестезиологическое обеспечение оперативного лечения деформаций позвоночника в детском возрасте* / К. Ю. Уколов [и др.] // *Вестник интенсивной терапии*. — 2012. — № 3. — С. 56–61.

41. *Геодакян, О. С.* Системная токсичность местных анестетиков у детей / О. С. Геодакян // *Анестезиология и реаниматология*. — 2014. — № 5. — С. 53–56.

42. *Системная токсичность местных анестетиков при регионарной анестезии в ортопедии и травматологии* / В. А. Корячкин [и др.] // *Травматология и ортопедия России*. — 2015. — Том 75, № 1. — С. 129–133.

43. *Cohen, I. T.* Caudal block complication in a patient with trisomy 13. / I. T. Cohen // *Pediatric Anesthesia*. — 2006. — Vol. 16, № 2. — P. 213–215.