

# Анестезия у детей

Автор

д.м.н. Мясникова Виктория Владимировна

# **Почему практически все операционные вмешательства в офтальмологии у детей выполняются в условиях общей анестезии?**

- Для детей характерен более низкий болевой порог и выраженность психиэмоциональных реакций.
- Даже при отсутствии болевых ощущений сложно гарантировать, что ребенок будет лежать полностью неподвижным и выполнять все требования оперирующего хирурга.
- На ребенка оказывает влияние и страх в незнакомой обстановке, отсутствие родителей рядом.

**Общая анестезия обеспечивает комфортные условия не только для пациента, но и для хирурга, позволяя применять весь спектр микрохирургических методик при различной офтальмопатологии.**

# Сердечно-сосудистая система

## Физиологические особенности:

- **Высокая лабильность и большие компенсаторные возможности ССС.** Функциональное состояние ССС быстро нормализуется, как только устраняется действие патологического фактора. Сердечный индекс у детей увеличен на 30-60%; ОЦК относительно больше, чем у взрослых; скорость кровотока выше.
- В миокарде новорожденных содержится относительно больше внутриклеточных органелл для обеспечения роста клеток. Эти структуры участвуют в мышечном сокращении, что делает миокард более ригидным. Это обстоятельство ограничивает диастолическое наполнение ЛЖ и его способность увеличивать сердечный выброс за счет возрастания ударного объема по механизму Франка-Старлинга. Поэтому **сердечный выброс в большей степени зависит от ЧСС.**

# Сердечно-сосудистая система

## Физиологические особенности:

- Активация парасимпатической нервной системы, передозировка анестетиков и гипоксия могут вызывать у детей **выраженную брадикардию и снижение сердечного выброса**, что связано с развитием артериальной гипотонии, асистолии и часто определяет интраоперационную летальность.
- Низкое содержание катехоламинов в ССС и слабая реакция на экзогенные симпатомиметики на фоне незрелости симпатической нервной системы и барорецепторных рефлексов ограничивает способность сосудов отвечать вазоконстрикцией на гиповолемию. Т.о., **основным симптомом гиповолемии у новорожденных и детей младшего возраста является артериальная гипотония, не сопровождающаяся тахикардией.**

# Анатомические особенности ССС

С началом самостоятельного дыхания ребенка - в процессе рождения и в 1-е сутки жизни – система кровообращения претерпевает резкие изменения. У плода оксигенированная кровь из плаценты поступает через пупочные вены в нижнюю полую вену, затем в правое предсердие и через овальное отверстие в левое предсердие, желудочек и аорту. С первым вдохом и расправлением легкого резко снижается сопротивление легочных сосудов и возрастает легочный кровоток, увеличивается давление в левом предсердии. Через 10—15 ч это приводит к **функциональному закрытию овального отверстия**, анатомическое же закрытие его происходит через **2—3 недели**, после чего устанавливается нормальный тип кровообращения.

# Анатомические особенности ССС

Но в некоторых ситуациях - под влиянием гипоксемии, гиперкапнии и ацидоза на этом переходном этапе возникает вазоконстрикция легочных сосудов и происходит шунтирование через артериальный проток и овальное отверстие, что усугубляет гипоксемию. Такая ситуация может возникнуть при болезни гиалиновых мембран, диафрагмальной грыже. Применение бета-адреноблокаторов, ингаляции кислорода в высоких концентрациях могут в определенной степени нивелировать это осложнение. **О данной анатомической особенности необходимо помнить при проведении анестезиологического пособия при офтальмохирургической коррекции ретинопатии недоношенных, особенно у маловесных и ослабленных детей.**

## Анатомические особенности ССС

Катетеризация периферических вен у новорожденных и детей раннего возраста может быть затруднена из-за развитой подкожной жировой клетчатки. **При необходимости пункцию периферических вен осуществляют после вводного масочного наркоза севораном или премедикации (введение кетамина или мидазолама в/м или per os).**



# Система дыхания

## Физиологические особенности

- Учитывая высокий уровень метаболизма, потребление кислорода у детей в 2 раза выше, чем у взрослых, и составляет 7 мл/кг/мин и, соответственно, альвеолярная минутная вентиляция также больше (200 мл/кг/мин), тогда как функциональная остаточная емкость легких (ФОЕЛ) составляет такую же часть легочного объема, как у взрослых. Поэтому ингаляционная индукция анестезии и пробуждение после окончания анестезии более быстрые, чем у взрослых. В то же время, гипоксемия у детей также появляется гораздо быстрее.
- Небольшая ФОЕЛ у детей в сочетании с высоким стоянием диафрагмы и небольшим количеством альвеол обуславливает низкие резервы дыхательного объема, поэтому увеличение минутного объема дыхания происходит только за счет тахипноэ.



# Система дыхания

## Физиологические особенности

- Низкая растяжимость легких из-за малого размера альвеол в сочетании с относительно большой растяжимостью грудной клетки является причиной коллапса грудной клетки при вдохе и низкого остаточного объема при выдохе.
- У новорожденных и детей раннего возраста плохо развиты механизмы центральной регуляции дыхания в зависимости от  $P_{aO_2}$  и  $P_{aCO_2}$  и поэтому у них, в отличие от взрослых, гипоксия и гиперкапния вызывают не активацию, а угнетение дыхания.
- Сочетание всех этих факторов приводит к тому, что гипоксия в результате неадекватной вентиляции является основной причиной периперационных осложнений и летальности у детей.

## Алгоритмы расчета параметров вентиляции у детей

**Дыхательный объем (ДО) = 7мл/кг;**

**Частота дыхания (ЧД) у новорожденного – 32 – 40 в мин,**  
в возрасте от 1 до 13 лет вычисляется по формуле:

**$ЧД = (24 - \text{возраст}/2)$  дыханий в мин;**

**Объем мертвого пространства = ДО x 0,3 мл.**

## Возрастные изменения сердечно-сосудистой и дыхательной систем у детей

| Возраст  | Потребление $O_2$<br>(мл/кг/мин) | Частота дыхания | ОЦК<br>(мл/кг) | Hb<br>(г/л) | ЧСС       | АД        |         |
|----------|----------------------------------|-----------------|----------------|-------------|-----------|-----------|---------|
|          |                                  |                 |                |             |           | Сист.     | Диаст.  |
| До 1 мес | 6                                | 40              | 85             | 170         | 130 - 180 | 65 - 80   | 15 - 45 |
| 1 месяц  | 5                                | 40              | 80             | 110         | 110 - 130 | 75 - 80   | 45 - 50 |
| 1 год    | 5                                | 30              | 80             | 120         | 100 - 110 | 85 - 90   | 50 - 55 |
| 3 года   | 4                                | 25              | 75             | 130         | 90 - 110  | 90 - 110  | 55 - 60 |
| 12 лет   | 3                                | 20              | 70             | 140         | 70 - 90   | 100 - 120 | 60 - 70 |

# Анатомические особенности верхних дыхательных путей

- Относительно большая голова и язык, узкие носовые ходы, более вентральное и краниальное, чем у взрослых, расположение гортани, длинный надгортанник, короткая трахея и шея. Дети младшего возраста, благодаря этим особенностям, **дышат практически только через нос**. Поэтому любые проявления ринита, катара ВДП являются противопоказанием для проведения общей анестезии в плановой офтальмохирургии, поскольку затрудняют масочную вентиляцию.
- Диаметр трахеи у детей значительно меньше, чем у взрослых, поэтому **отек слизистой трахеи** толщиной 1 мм у детей приводит к более тяжелым последствиям, чем у взрослых. Увеличенные миндалины и аденоиды могут затруднять осмотр гортани и введение ларингеальной маски.
- Пройодимость дыхательных путей можно обеспечить менее инвазивным и не менее безопасным способом, чем интубация – введением **ларингеальной маски**.

# Анатомические особенности верхних дыхательных путей

- **Размер ларингеальной маски** подбирается в соответствии с весом ребенка, оптимальную герметичность при применении ларингеального воздуховода можно обеспечить, используя разные модели воздуховодов.
- Если же все-таки применяется интубационная трубка, надо помнить, что для детей младше 10 лет обычно используют безманжеточные интубационные трубки, а для расчета внутреннего диаметра эндотрахеальной трубки обычно используют следующую формулу:

$$\text{Внутренний диаметр эндотрахеальной трубки (мм)} = \frac{\text{Возраст (лет)} + 4}{4}$$

## Анатомические особенности верхних дыхательных путей

- Для облегчения введения ларингеального воздуховода или эндотрахеальной трубки у детей используют валик из пеленок, подложенный под плечи, что обеспечивает **разгибание в шейном отделе позвоночника.**
- В офтальмохирургии, как правило, **возможно сохранение спонтанного дыхания с поддержкой кислородным потоком.** Это обусловлено, в первую очередь, внедрением ларингеальных масок, не требующих для введения применения миорелаксантов. Кроме того, не требуется тотальной миоплегии и глубокой степени наркоза, учитывая невысокую степень хирургической агрессии. Тем не менее, в случае угнетения спонтанного дыхания на фоне анестезии и введения наркотических анальгетиков, проводится ИВП

## Особенности проведения ИВЛ у детей младшего возраста

- Используется **дыхательный контур** соответствующего размера, дыхательный мешок обычно **емкостью 1 л**; у детей оптимальным является применение **коротких и жестких дыхательных шлангов**, учитывая низкий дыхательный объем. Для снижения объема мертвого пространства применяют разделение **Y-образного переходника** перегородкой на инспираторную и экспираторную часть.



## Особенности проведения ИВЛ у детей младшего возраста

- При **расчете параметров вентиляции** надо учитывать, что **потребление кислорода** у новорожденных выше и составляет 7 мл/кг/мин (у взрослых – 3,5 мл/кг/мин). Соответственно, **МОВ** у новорожденных также относительно выше – 200 мл/кг/мин (у взрослых – 100 мл/кг/мин). **ДО** у детей раннего возраста – 7 мл/кг; но при проведении принудительной ИВЛ у новорожденных надо помнить о возможности развития ателектазов и проводить ИВЛ с **ДО** 12 мл/кг и **ПДКВ** 5 см вод.ст.

# Особенности проведения ИВЛ у детей младшего возраста

- Необходимо предусмотреть **ограничение резкого повышения пикового давления** в дыхательных путях, которое может привести к тяжелой баротравме легких.
- При использовании **реверсивного дыхательного контура у ослабленных новорожденных детей** целесообразнее применять принудительную вентиляцию для преодоления сопротивления в дыхательном контуре, обусловленного клапанами, дыхательными шлангами и абсорбером.
- У **новорожденных в возрасте до 4 мес.** сохраняется риск апноэ после анестезии и они должны находиться под наблюдением врача в течение 24 ч после операции и **не должны оперироваться в условиях амбулаторной хирургии**. Этот момент надо учитывать при проведении офтальмохирургического вмешательства - лазерной коагуляции при лечении ретинопатии сетчатки недоношенных. Выполнение такой операции у детей до 6 мес в условиях общего наркоза возможно только в стационарных условиях.

# Обмен веществ и терморегуляция

- Значительно большая площадь поверхности тела на килограмм веса у детей, по сравнению со взрослыми, является причиной высокой теплопотери;
- Анестетики оказывают угнетающее влияние на терморегуляцию, влияя на центральные механизмы и подавляя термогенез в клетках бурого жира у новорожденных.
- Развивающаяся в результате гипотермия может обусловить изменение реакции на лекарственные препараты, замедленное пробуждение, угнетение дыхания, повышенную чувствительность миокарда к аритмогенным стимулам.
- Профилактикой гипотермии является поддержание в операционной температуры  $> 26^{\circ}\text{C}$ , согревание и увлажнение дыхательной смеси; применение согревающих одеял и согревающих ламп.
- Особенно внимательно надо следить за обеспечением оптимальной температуры у недоношенных новорожденных (необходимость в проведении офтальмологических операций возникает при развитии ретинопатии недоношенных).

## Желудочно-кишечный тракт и поддержание водно-электролитного баланса

- С одной стороны, **риск аспирации** у детей выше из-за значительного остаточного объема содержимого желудка и низкого рН (меньше 2,5); с другой стороны, длительное голодание не всегда уменьшает риск аспирации, но увеличивает **риск дегидратации**. Согласно современным рекомендациям, ребенка прекращают кормить твердой пищей и питательными смесями за 6-8 ч до индукции анестезии, поить прозрачными напитками - за 2 - 3ч.
- Офтальмологические операции у детей, как правило, выполняются в плановом порядке после компенсации серьезных соматических нарушений, поэтому обычно не требуется устранение дефицита и возмещение потерь жидкости. Инфузионная терапия проводится только с целью **обеспечения физиологической потребности в жидкости**.

# Желудочно-кишечный тракт и поддержание водно-электролитного баланса

- Для **расчета необходимого объема жидкости** можно воспользоваться следующим алгоритмом: 4 мл/кг/ч на первые 10 кг веса; 2 мл/кг/ч на вторые 10 кг (с 11-го по 20-й), и 1 мл/кг/ч на каждый последующий килограмм после 20-го.
- Проблема выбора **инфузионного раствора** окончательно не решена до сих пор. Так, переливание 5%-ного раствора глюкозы с 0,45%-ным раствором NaCl (с добавлением 20 мэкв/л KCl) в вышеуказанной дозе адекватно обеспечивает потребности в глюкозе и электролитах, обеспечивает поддержание адекватного уровня глюкозы и электролитов в крови.
- 5%-ный раствор глюкозы с 0,225%-ным раствором NaCl может больше подходить новорожденным, поскольку их способность переносить натриевую нагрузку ограничена. Некоторым новорожденным для профилактики гипогликемии требуется переливание 10%-ного раствора глюкозы.

# Фармакологические аспекты в педиатрической анестезиологии

- **Дозы лекарственных препаратов** у детей рассчитывают обычно на килограмм веса. Вес ребенка можно приблизительно оценить по его возрасту:  
**Вес (кг) = [(возраст + 3) x 5] / 2**
- Дозировка препаратов в педиатрической анестезиологии определяется различиями в фармакокинетике и фармакодинамике, которые могут изменяться независимо одна от другой по мере развития ребенка, поэтому **корректнее пользоваться не общими правилами пересчета дозы для взрослого в дозу для ребенка, а применять дозировки препаратов, определенных в клинических исследованиях.**



# Фармакологические аспекты в педиатрической анестезиологии

- Тем не менее, можно напомнить алгоритм расчета, основанный на том, что дозировка лекарственных средств для ребенка соответствующего возраста составляет часть дозы взрослого. Анестезиологу, работающему со «взрослой» категорией больных, удобно руководствоваться следующим правилом:
- **детям 1 мес. –  $1/10$  часть дозы взрослого,**
- **от 1 до 6 мес. –  $1/5$ ,**
- **от 6 мес. до 1 г. –  $1/4$ ,**
- **от 1 года до 3 лет –  $1/3$ ,**
- **от 3 до 7 лет –  $1/2$**
- **и от 7 до 12 лет –  $2/3$  дозы взрослого.**



# Дозы лекарственных препаратов, применяемых в детской анестезиологии

| Лекарственный препарат | Комментарии                    | Дозы*                                  |
|------------------------|--------------------------------|--|
| Аденозин               | В/в струйно быстро             | 0,1-0,2 мг/кг; максимальная доза 12 мг |
| Адреналин              | Струйное введение;<br>Инфузия  | 0,01 мг/кг;<br>0,1-1 мкг/кг/мин        |
| Атропин                | В/в или в/м                    | 0,01 - 0,02 мг/кг                      |
| Атракуриум             | Миорелаксация                  | 0,5 мг/кг                              |
| Бикарбонат натрия      |                                | 1-2 мэкв/кг                            |
| Бретилий               | Нагрузочная доза               | 5 мг/кг                                |
| Верапамил              |                                | 0,1-0,3 мг/кг                          |
| Векурониум             | Миорелаксация                  | 0,1 мг/кг                              |
| Глюкоза                | 25% или 50% раствор<br>глюкозы | 0,5-1 г/кг                             |
| Дантролен              | Начальная доза                 | 2,5 мг/кг (макс. доза 10 мг/кг)        |

# Дозы лекарственных препаратов, применяемых в детской анестезиологии

| Лекарственный препарат | Комментарии   | Дозы*  |
|------------------------|---|--|
| Диазепам               | Премедикация: per/os; ректальный;<br>в/в<br>Индукция: | 0,1 – 0,3; 0,2 – 0,3; 0,1 – 0,3<br>0,1 – 0,3 |
| Дигоксин               | Суточная доза, назначаемая в три приема               | 0,02-0,04 мг/кг                              |
| Дофамин                | Инфузия   | 2-20 мкг/кг/мин                              |
| Дроперидол             |   | 0,01 -0,05 мг/кг                             |
| Изадрин                | Инфузия   | 0,1-1 мкг/кг/мин                             |
| Инсулин                | Инфузия   | 0,02-0,1 ед/кг/ч                             |
| Кетамин                | Индукция анестезии (в/в);<br>Индукция анестезии (в/м) | 1-2 мг/кг;<br>5-10 мг/кг                     |
| Лидокаин               | Нагрузочная доза;<br>Поддерживающая доза              | 1 мг/кг;<br>20-50 мкг/кг/мин                 |
| Маннитол               |   | 0,25-1 г/кг                                  |
| Метоклопрамид          |   | 0,1 мг/кг                                    |
| Морфин                 | Обезболивание (в/в);<br>Премедикация (в/м)            | 0,02-0,05 мг/кг;<br>0,1 мг/кг                |

|                              |   |   |
|------------------------------|---|---|
| Мидазолам                    | Премедикация: перорально<br>ректально<br>интраназально<br>сублингвально<br>в/в<br>Индукция (в/в или в/м): | 0,5 – 0,75 мг/кг<br>0,5 – 0,75 мг/кг<br>0,2 – 0,4 мг/кг<br>0,2 мг/кг<br>0,1 – 0,3 мг/кг<br>0,5 - 1мг/кг |
| Налоксон                     |   | 0,01 мг/кг  |
| Прозерин                     | Доза зависит от глубины нервно-мышечной блокады   | 35-70 мкг/кг  |
| Промедол                     | Анестезия (в/в);<br>Обезболивание - до 2-х лет (п/к, в/м, в/в);<br>Детям старше 2-х лет (п/к, в/м, в/в)   | 0,5-2,0мг/кг/час;<br>0,05-0,25 мг/кг;<br>0,1-0,5 мг/кг  |
| Пропофол                     | Индукция;<br>Поддерживающая доза  | 2,5 – 4 мг/кг;<br>9 – 15 мг/кг/ч  |
| Нитропруссид                 | Инфузия   | 0,5-8 мкг/кг/мин  |
| Норадреналин                 | Инфузия   | 0,1-1 мкг/кг/мин  |
| Панкурониум                  | Миорелаксация в/в   | 0,1 мг/кг   |
| Пентобарбитал                | Премедикация (в/м)  | 4-6 мг/кг   |
| Пропранолол                  |   | 0,01 мг/кг  |
| Простагландин E <sub>1</sub> | Инфузия   | 0,1 мкг/кг/мин  |
| Сукцинилхолин                | Интубация (в/в);<br>Интубация (в/м)   | 1-2 мг/кг;<br>4-6 мг/кг   |
|                              |   |   |

|                  |   |                             |
|------------------|---|-----------------------------|
| Тиопентал натрия | Индукция анестезии (в/в);<br>Индукция анестезии (ректально)   | 3-6 мг/кг;<br>25-30 мг/кг   |
| Мезатон          |   | 1-2 мкг/кг                  |
| Фуросемид        |   | 0,2-1 мг/кг                 |
| Хлоралгидрат     | Премедикация: перорально<br>ректально   | 40-50 мг/кг<br>30 мг/кг     |
| Эдрофоний        | Доза зависит от глубины нервно-мышечной блокады   | 0,5-1 мг/кг                 |
| Эуфиллин         | Нагрузочная доза (вводят не быстрее чем за 20 мин);<br>Поддерживающая доза (концентрация в плазме 10-20 мкг/мл) | 5 мг/кг;<br>0,5-0,9 мг/кг/ч |
| Эфедрин          |   | 0,1 мг/кг                   |
| Дефибрилляция    | Первая попытка;<br>Последующие попытки  | 2 Дж/кг;<br>4 Дж/кг         |
| Кардиоверсия     | Первая попытка;<br>Последующие попытки  | 0,2-1 Дж/кг;<br>2 - 4 Дж/кг |
|                  |   |                             |

# Ингаляционные анестетики

- Для детей раннего возраста характерна высокая альвеолярная вентиляция на фоне относительно низкой ФОЕЛ и высокий удельный вес хорошо васкуляризованных тканей. Коэффициент распределения кровь/газ для севофлюрана и галотана у новорожденных ниже, чем у взрослых, в МАК у детей младшего возраста выше, чем у новорожденных и взрослых.
- Эти факторы обеспечивают быструю индукцию и быстрое пробуждение после отключения подачи анестетика. У детей младшего возраста перед пробуждением после применения севофлюрана следует обеспечить адекватную аналгезию во избежание возбуждения в период восстановления (эффективно введение НПВС).

# Ингаляционные анестетики

- у новорожденных и детей младшего возраста в результате незрелости компенсаторных механизмов (в виде вазоконстрикции и тахикардии) и выраженной депрессии миокарда артериальная гипотония под действием ингаляционных анестетиков более выражена, чем у взрослых. Более узкий терапевтический диапазон между хирургической анестезией, с одной стороны, и депрессией сердечно-сосудистой и респираторной систем, с другой, требует особой осторожности, а также тщательного наблюдения за пациентом при использовании ингаляционных анестетиков.
- Обнаружено, что риск развития «галотанового гепатита» у подростков значительно ниже, чем у взрослых.

# Внутривенные анестетики у детей:

- Высокий печеночный кровоток обеспечивает относительно большую скорость биотрансформации и элиминации лекарственных препаратов.
- Высокая проницаемость гематоэнцефалического барьера, незрелость механизма конъюгации опиоидов и повышенная чувствительность дыхательных центров у новорожденных являются причиной более высокой токсичности некоторых барбитуратов и опиоидов.
- Дети раннего возраста характеризуются повышенной резистентностью к действию кетамина: механизмы биodeградации, за которые отвечает цитохром P-450, становятся зрелыми уже через месяц после рождения.



# Внутривенные анестетики у детей:

- После в/в индукции кетаминном нередко наблюдается задержка дыхания. В это время существует риск аспирации. Наличие секрета или воздуховода во рту может вызвать ларингоспазм из-за повышения рефлексорной активности верхних дыхательных путей. Психические феномены, связанные с кетаминовой анестезией, могут быть снижены с помощью премедикации диазепамом и при обеспечении спокойной, нераздражающей обстановки в восстановительный период.
- Кетамин обладает способностью слегка повышать внутриглазное давление и может использоваться при исследовании глаз под анестезией в случае необходимости измерения внутриглазного давления. Следует избегать применения кетамина, если имеются какие-либо данные о повышенном внутричерепном давлении в анамнезе в связи с тем, что этот препарат повышает ВЧД.

# Особенности применения миорелаксантов у детей

- Деполяризующие миорелаксанты.

Сукцинилхолин быстро распространяется во внеклеточной жидкости после инъекции. Относительно большой объем внеклеточной жидкости у младенцев требует использования у них более высоких доз (из расчета на массу тела) и может быть причиной явной резистентности действию суксаметония, которая наблюдается у маленьких детей. Интубация у новорожденных требует 2 мг/кг; у маленьких детей рекомендуется использование дозы 3 мг/кг. Брадикардия после инъекции суксаметония может быть предотвращена предварительным введением атропина.

- Недеполяризующие миорелаксанты.

Чувствительность новорожденных к действию недеполяризующих миорелаксантов связана с более выраженным влиянием небольших доз релаксантов на дыхание из-за недостаточного резервного объема легких и зависимости в большей степени от диафрагмы, чем от миастенического ответа нейромышечного синапса у новорожденных.

# Особенности применения миорелаксантов у детей

- Отмечается большая вариабельность ответа новорожденных на недеполяризующие миорелаксанты в сравнении с аналогичным ответом у детей старшего возраста и взрослых;
- Остаточная миоплегия может быть связана с нарушениями кислотно-щелочного баланса или гипотермией, коррекция которых нормализует мышечную активность.
- Таким образом: для хирургической релаксации первоначально должна использоваться «перерассчитанная взрослая доза». «Поддерживающие дозы» должны ограничиваться 1/10 от первоначальной дозы.

# Особенности применения миорелаксантов у детей

- Нежелательной особенностью действия панкурониума является способность вызывать тахикардию у детей, которые имеют исходно высокую ЧСС.
- Атракуриум обеспечивает быстрое начало релаксации и длительность действия порядка 30 мин, что особенно подходит для многих хирургических вмешательств у детей. Однако способствует выбросу гистамина, и развитию анафилактических реакций у детей.
- Векурониум имеет сходные с атракуриумом начало и длительность действия, но меньший риск выброса гистамина. Может быть миорелаксантом выбора при операциях длительностью менее 20-30 мин.
- Рокурониум (эсмерон) является быстродействующим миорелаксантом, имеет непродолжительное действие и высокоую скорость восстановления независимо от дозы. В течение 60 секунд после внутривенного введения 0,6 мг рокурония бромида на кг массы тела практически у всех больных достигается адекватное для интубации состояние. Как и у других мышечных релаксантов, начальная доза рокурониума у детей выше, чем у взрослых.

# Особенности новорожденных и детей младшего возраста, отличающие их от взрослых

## **Физиологические особенности**

Сердечный выброс в значительной степени зависит от ЧСС;

ЧСС выше, АД ниже;

Частота дыхания выше;

Растяжимость легких ниже;

Растяжимость грудной клетки выше;

ФОЕ ниже;

Отношение площадь поверхности тела/вес выше;

Общее содержание воды в организме значительно выше, чем у взрослых (в процентах от веса тела 70-75% против 50-60%, в основном за счет внеклеточной жидкости).

## **Анатомические особенности**

Растяжимость левого желудочка очень низкая;

Остаточное фетальное кровообращение;

Затрудненная катетеризация артерий и вен;

Большая голова и язык;

Узкие носовые ходы;

Гортань расположена краниальнее и вентральнее;

Длинный надгортанник;

Короткая трахея и шея;

Выступающие аденоиды и миндалины;

Сила диафрагмы и межреберных мышц невелика;

Высокое сопротивление дыхательных путей.

## **Фармакологические особенности**

Незрелые механизмы биотрансформации в печени;

Низкая связывающая способность белков;

Быстрое увеличение соотношения  $F_A/F_I$  при ингаляционной индукции анестезии;

Быстрая индукция анестезии и пробуждение;

Повышенная МАК ингаляционных анестетиков;

Увеличенный объем распределения для водорастворимых лекарственных препаратов;

Незрелые нервно-мышечные синапсы.

# Этапы анестезиологического пособия у детей

## Предоперационный период

- При планировании операции у детей раннего возраста необходимо выяснить акушерский (родовая травма, энцефалопатии) и семейный (есть ли у родственников непереносимость каких-либо препаратов) анамнез.
- Детям с неврологической патологией операция планируется после консультации невролога, дополнительных исследований (ЭЭГ, УЗИ головного мозга) и проведения назначенной специалистом коррегирующей терапии (при необходимости).



# Этапы анестезиологического пособия у детей

- Важно уточнить частоту возникновения острых респираторных вирусных инфекций, которым маленькие дети очень подвержены. Сопутствующая или перенесенная за 2-4 недели до анестезии вирусная инфекция верхних дыхательных путей сопряжена с высоким риском периоперационных легочных осложнений (бронхоспазм, отек слизистой, ларингоспазм, гипоксемия, ателектаз).
- Важно также уточнить, были ли эпизоды гиперреактивности дыхательных путей в анамнезе у родственников. В большинстве случаев в офтальмохирургии безопаснее отложить операцию до выздоровления ребенка. В случае экстренной необходимости проведения операции, надо обязательно включить холиноблокатор в премедикацию, минимизировать инвазивность манипуляций (ограничиться масочной вентиляцией), пользоваться увлажненной дыхательной смесью. В послеоперационном периоде провести ингаляцию с содовым раствором или глюкокортикоидами при явлениях бронхоспазма, обеспечить более длительное наблюдение в палате пробуждения.



## Этапы анестезиологического пособия у детей

- При осмотре уточняется, нет ли нарушений проходимости дыхательных путей (аденоиды, искривление носовой перегородки, увеличенные миндалины), предполагаются ли трудности при проведении ларингеальной маски или интубации. В случае поступления ребенка с ринитом следует попытаться дифференцировать вирусный ринит от аллергического или вазомоторного и оценить возможности коррекции вазомоторного или аллергического ринита до операции.
- При исследовании сердечно-сосудистой системы надо выяснить, не страдает ли ребенок врожденными пороками. При наличии кардиальной патологии необходима консультация специалиста и дополнительные исследования (УЗИ сердца) для уточнения степени компенсации состояния.

## Этапы анестезиологического пособия у детей

- Беседа с ребенком перед операцией. Очень важно в детской анестезиологии умение врача успокоить маленького пациента накануне операции. Обычно ребенок испытывает ту или иную степень страха перед предстоящей операцией, разлучением с родителями. Врач должен на понятном для ребенка языке объяснить, что его ожидает во время операции и анестезии: показать лицевую маску и рассказать о том, что ее используют космонавты, объяснить, что ребенок будет спать и увидит интересные сны. Иногда целесообразно разрешить родителям сопровождать ребенка во время транспортировки в операционную.

- Лабораторные исследования. Обычно перед операцией детям рутинно назначаются общие анализы, хотя в последних исследованиях обнаружено, что затраты на стандартные предоперационные лабораторные исследования неэффективны. Более целесообразно назначение предоперационных лабораторных исследований

# Этапы анестезиологического пособия у детей

- Период голодания. Несмотря на очевидный риск (рН желудочного содержимого  $<2,5$  и объем жидкости  $>0,4$  мл/кг), частота аспирации у детей очень мала: 1:10000
- Несколько исследований были посвящены влиянию периода голодания на рН и объем желудочного содержимого. В результате был сделан вывод: за 2 часа перед плановой операцией чистые жидкости (до 10 мл/кг) могут быть введены перорально детям, не имеющим риска регургитации

## Этапы анестезиологического пособия у детей

- Таким образом, если операция назначена на утро, то ребенок не должен завтракать, когда же операция проводится во вторую очередь, за 3 ч до нее ребенку можно дать полстакана сладкого чая. Следует помнить, что дети иногда прячут конфеты, печенье и могут их съесть перед операцией.
- У детей раннего возраста рекомендуется 4-х часовое голодание для недоношенных детей грудного вскармливания в возрасте до 2 мес. И 6-ти часовое голодание для недоношенных детей с искусственным вскармливанием и для доношенных детей в возрасте 1 – 6 мес., как грудного, так и искусственного вскармливания.

# Премедикация

- Требования к премедикации для детей: препараты для нее должны быть доступны, легки в применении, разрешены в детской практике, безопасны, без нежелательных побочных эффектов и необходимости интенсивного мониторинга. Кроме того, для офтальмохирургии актуальны следующие условия – уровень седации должен обеспечить безболезненное отделение от родителей; оптимальную скорость наступления и короткую продолжительность действия, не требующая последующей госпитализации.

# Премедикация

- Часто премедикацию не назначают детям раннего возраста. Возможным исключением являются дети с врожденными пороками сердца, у которых морфина сульфат (0,1 мг/кг в/м) предотвращает плач и сопряженные с ним увеличение потребления кислорода, легочную гипертензию и цианотические кризы (Морган). Кроме того, премедикация необходима у возбужденных, истеричных детей (обычно в возрасте от 3-х до 6-ти лет), когда с ними невозможно «договориться» другим путем. Оптимальным в этом случае является введение препаратов для премедикации per os в составе сиропа или интраназально в виде «капель для носа».

# Премедикация

Предлагаются следующие варианты назначения премедикации

- 1. Суфентанил интраназально
- 2. Мидазолам интраназально
- 3. Фентанила цитрат орально через слизистые
- 4. Мидазолам орально
- 5. Кетамин орально.
- Интраназальное назначение лекарств является сравнительно безболезненным, обеспечивает быструю абсорбцию в местный кровоток и, в отличие от перорального приема, отсроченную метаболизацию препарата в печени.



# Интраназальное назначение лекарств

- Интраназальное назначение лекарств является сравнительно безболезненным, обеспечивает быструю абсорбцию в местный кровоток и, в отличие от перорального приема, отсроченную метаболизацию препарата в печени.
- Мидазолам назначается в неразбавленном виде (5 мг/мл) путем закапывания в носовые ходы с помощью пипетки или шприца без иглы. У детей в возрасте 1,5 – 5 лет общепринятая дозировка составляет 0,2 мг/кг. Пиковый уровень концентрации препарата в крови достигается через 10 мин, что составляет половину от пиковой концентрации препарата после в/а введения. Клинические эффекты мидазолама проявляются через 10 мин в виде диссоциативного состояния, потеря сознания не является характерной чертой его действия. Детей можно легко отделить от родителей в течение 10 – 15 мин после введения препарата. Фактором, ограничивающим назальный путь назначения препарата, является горький вкус после его применения.

# Интраназальное назначение лекарств

- Суфентанил интраназально рекомендуется в дозе 1,5 – 3 мкг/кг. Седация, достаточная для отделения ребенка от родителей, достигается через 10 мин. Использование данного препарата ограничено рядом побочных эффектов: 29% детей после назначения указанной дозы засыпали; у 49% детей обнаружено снижение податливости легких, у 5% - снижение SatO<sub>2</sub> меньше 95%, в единичных случаях – рвота после операции и послеоперационная депрессия дыхания.
- применение фентанила в виде леденца в дозе 15-20 мкг/кг для детей, его системная биодоступность при оральном применении в 2 раза превышает показатель при пероральном приеме, однако отмечен ряд побочных эффектов – снижение SatO<sub>2</sub>, брадикардия, кожный зуд, тошнота и рвота. Кроме того, учитывая, что фентанил относится к наркотическим препаратам, возникают определенные организационные затруднения. Учитывая эти факты, другие препараты (мидазолам, кетамин орально) предпочтительнее суфентанила и фентанила.

# Пероральная премедикация

- Наиболее популярен для премедикации у детей пероральный мидазолам. Он является идеальным препаратом, когда перед операцией нужна немедленная седация без потери сознания, не требует интенсивного предоперационного наблюдения, из его недостатков можно отметить только горечь во рту после приема. Препарат применяется в дозе 0,75 мг/кг в возрасте 1 – 6 лет и 0,4 мг/кг у детей 6 – 12 лет. Возможно смешивание мидазолама (с концентрацией 5 мг/мл) с фруктовым сиропом, чтобы скрыть горький вкус препарата. Характерно быстрое наступление действия (10 – 20 мин), короткая продолжительность действия, надежность и отсутствие выраженных побочных эффектов. Период полувыведения – 1,2 ч, что в 2 раза быстрее, чем у взрослых, метаболизируется в печени микросомальной окислительной системой.

- У детей весом до 20 кг рекомендуется ректальное введение мидазолама в дозе 0,5 мг/кг, что тоже предотвращает беспокойство, обусловленное разлучением с родителями, и облегчает катетеризацию вен, но иногда значительно замедляет пробуждение после операции. Осложнения, связанные с ректальной седацией - обструкция дыхательных путей, ларингоспазм, кашель, икота и дефекация.
- Учитывая то, что мидазолам является достаточно дорогостоящим препаратом, более экономичным способом достижения предоперационной седации является кетамин перорально. В дозе 6 мг/кг у детей в возрасте 1-7 лет он обеспечивает отличную седацию за 10 мин с максимальным эффектом к 20-й мин без риска осложнений. Кетамин в дозе 5 мг/кг и мидазолам в дозе 0,5 мг/кг обеспечивали эффективную премедикацию и выход из анестезии, однако после приема мидазолама выход наступал на 20% быстрее. Интересно, что в единственном случае, когда у ребенка были кошмарные сновидения в послеоперационном периоде, премедикация проводилась мидазоламом. Пероральный прием в дозе 6 мг/кг кетамина в 60% сопровождался нистагмом, в 13% - некоординированными движениями конечностей, у 33% детей была повышена саливация.

- Для внутривенной премедикации в педиатрической практике наиболее распространены следующие схемы (Руководство по анестезиологии / Под ред. А.А. Бунятына.—М.: Медицина, 1994.—656 с.):
- 1) атропин (0,1 мг/кг) + промедол (0,1 мг/кг),
- 2) атропин (0,1 мг/кг) + кетамин (2,5 мг/кг) + дроперидол (0,1 мг/кг),
- 3) атропин (0,1 мг/кг) + кетамин (2,5 мг/кг) + диазепам (0,2 мг/кг);



## ● Применение атропина.

Вопрос о целесообразности применения у детей раннего возраста м-холинолитических препаратов дискутируется, но при большинстве офтальмологических вмешательств имеется риск развития окулокардиального синдрома. Кроме того, на фоне вводного наркоза севофлюраном часто развивается брадикардия, а кетаминный наркоз вызывает гиперсаливацию.

Все эти моменты требуют включения атропина в стандартную премедикацию. С осторожностью к его назначению надо подходить у детей с исходной тахикардией или нарушениями ритма. В этих случаях безопаснее назначить атропин в половинной дозировке и уже после введения премедикации, которая, как правило, снижает тахикардию, вызванную психоэмоциональной реакцией. Атропин чаще всего применяют в/в непосредственно перед индукцией анестезии в дозе 0,01 - 0,02 мг/кг, но в отсутствии венозного доступа его целесообразно вводить в/м, внутрь или ректально.

- П предоперационном периоде хороший обезболивающий эффект дает применение крема ЭСМА (распространенная в литературе английская аббревиатура EMLA) в месте венепункции за 1 час до ее проведения. Однако у многих детей страх и возбуждение появляются при одном только виде иглы, кроме того, заранее трудно предположить, на какой конечности удастся успешно катетеризировать вену
- Проведение анестезии у новорожденных и детей раннего возраста предъявляет определенные требования к мониторингу:
  - - использование для измерения давления манжеток и электродов соответствующего размера;
  - - применение электрокардиографов, способных работать в диапазоне высокой ЧСС;



- - внедрение гемодинамических мониторов с технологиями на основе осциллографии и доплер-эффекта для достоверного неинвазивного измерения АД;
- - обязательный контроль пульсоксиметрии при проведении анестезии у детей;
- - проведение анестезии по закрытому контуру предполагает обязательное использование капнографии, которая позволяет оценить адекватность вентиляции, исключить интубацию пищевода, своевременно выявить злокачественную гипертермию;
- - при проведении анестезиологического пособия у недоношенных или ослабленных новорожденных показан интраоперационный мониторинг температуры тела.

# Индукция и поддержание анестезии

- Вводный наркоз у достаточно контактных и спокойно переносящих пункцию и катетеризацию вены детей проводят в/в анестетиками (кетамин, пропофол, тиопентал). У возбужденных детей или при невыраженных венах у детей до 5-7 лет индукцию анестезии проводят с помощью ингаляционных анестетиков.
- При невозможности приведения ингаляционной анестезии, в отдельных случаях у сопротивляющихся возбужденных детей проводится внутримышечная индукция анестезии кетамином. Общая доза анестетика для новорожденных 12—14 мг/кг, для грудных детей — 10-12 мг/кг, для детей 2 -3 лет — 9 - 10 мг/кг, 7 -14 лет — 7-9 мг/кг. Примерно 75-80% общей дозы вводят за 8-10 мин до начала операции, а через 15-25 мин после этого — оставшуюся часть препарата. Целесообразнее ограничиться указанными дозами, а при необходимости продолжения обезболивания перейти на комбинированную анестезию. При внутримышечном введении используют 5% раствор.

# Индукция и поддержание анестезии

- Внутривенная индукция анестезии имеет неоспоримые преимущества: быстрая индукция очень важна при повышенном риске аспирации; обеспечен сосудистый доступ, что позволяет в экстренных ситуациях вводить необходимые препараты в/в.
- Применяют тиопентал в дозе 4-5 мг/кг у новорожденных, 7-8 мг/кг у детей до 1 года (младенцев) и 5-6 мг/кг у детей более старшего возраста.
- Пропофол – 4 мг/кг для младенцев, 3-4 мг/кг для детей. Чтобы избежать болезненности при введении, к каждому 20 мл пропофола добавляют 20 мг лидокаина. Преимущества пропофола – подавляет гипертензивную реакцию на введение интубационной трубки или ларингеальной маски; обеспечивает быстрое пробуждение после операции.

# Индукция и поддержание анестезии

- Вводный наркоз у достаточно контактных и спокойно переносящих пункцию и катетеризацию вены детей проводят в/в анестетиками.
- Кетамин применяют в сочетании с диазепамом и атропином. Внутривенно вводят 1% раствор кетамина в дозе 2—3 мг/кг. Хирургическая стадия анестезии наступает через 1—2 мин и продолжается 10—15 мин, повторно вводится анестетик в дозе, составляющей 1/4—1/3 первоначальной. Продолжительность стадии пробуждения от 15—30 мин при внутривенной анестезии до 1—2 ч после внутримышечного введения.
- У детей с врожденными пороками сердца морфин может быть препаратом выбора как для премедикации, так и для анестезии, учитывая его способность снижать легочную гипертензию. Индукцию морфином у новорожденных проводят в дозе 25 мкг/кг, поддержание анестезии – 5-10 мкг/кг/ч. У детей от 6 мес. до 1 года индукционная доза – 100 мкг/кг, поддержание – 25 мкг/кг/ч. Надо помнить о повышенной проницаемости гематоэнцефалического барьера и большом риске депрессии дыхания у новорожденных и применять обязательный мониторинг сатурации.

# Индукция и поддержание анестезии

- Ингаляция севофлюрана у детей проводится через прозрачную лицевую маску (чтобы не испугать ребенка), можно позволить сидеть ребенку на ранних стадиях индукции. У новорожденных и детей до 1 года МАК севофлюрана составляет 3,3% (у взрослых – 2%). Быстрая индукция у детей может быть связана с риском развития возбуждения, т.к. адекватная анестезия еще не наступает. После выключения сознания производится венепункция, введение атропина, для усиления анальгетического компонента – опиаты, седативного компонента – бензодиазепины.
- В случае развития тяжелой депрессии кровообращения или ларингоспазма, отсутствие сосудистого доступа, является очень серьезным недостатком методики индукции ингаляционным анестетиком. Если до обеспечения венозного доступа возникает ларингоспазм, рекомендуется ввести сукцинилхолин в/м (4-6 мг/кг, но не более 150 мг), если развивается брадикардия — то атропин в/м (0,02 мг/кг, но не более 0,4 мг) .



# Пробуждение и восстановление сознания

- Дети обычно быстрее восстанавливаются после анестезии и операции по сравнению со взрослыми. Чтобы предотвратить кашель и ларингоспазм, экстубация и удаление ларингеальной маски проводятся сразу после восстановления адекватного спонтанного дыхания и нормальных показателей сатурации крови при дыхании воздухом, но до пробуждения ребёнка на остаточном гипнотическом фоне севофлюрана или пропофола. Для предупреждения обструкции за счёт большого языка у детей после экстубации или удаления ларингеальной маски вводится воздуховод, при необходимости подключается ингаляция O<sub>2</sub> и продолжается мониторинг.
- После офтальмологических операций у детей желательно предотвратить развитие таких осложнений, как ларингоспазм и отек подсвязочного пространства, поскольку кашель может вызвать повышение ВГД.

# Пробуждение и восстановление сознания

- **Ларингоспазм** вызывается раздражением верхнего гортанного нерва и представляет собой сильный, непроизвольный спазм мышц гортани. С внедрением ларингеальных масок частота этого осложнения значительно снизилась, риск возрастает у детей с остаточными явлениями ОРВИ. Провоцирует это осложнение - раннее введение воздуховода или ларингеальной маски, когда не достигнут достаточный уровень седации; после операции – экстубация или запоздалое удаление ларингеальной маски, когда сознание уже начало восстанавливаться; в палате пробуждения ларингоспазм может вызвать скопление слизи в глотке.
- Лечение ларингоспазма: деликатная масочная вентиляция, выдвижение нижней челюсти вперед, лидокаин в/в (1-1,5 мг/кг), ингаляция 1% раствором соды, эуфиллина и гидрокортизона. Внутривенно вводится дексаметазон (0,1 – 0,5 мг/кг) или преднизолон (1мг/кг веса). Если отсутствует сосудистый доступ или вышеперечисленные мероприятия неэффективны, можно углубить уровень анестезии севораном (галотаном) или ввести сукцинилхолин в/м (4-6 мг/кг), низкие дозы рокурония (0,4 мг/кг в/в), начать принудительную ИВЛ. При необходимости реинтубации применяют трубку меньшего диаметра



# Пробуждение и восстановление сознания

- Постинтубационный отек подсвязочного пространства (круп) чаще развивается у детей в возрасте до 4-х лет в течение 3 ч после экстубации, факторами риска являются многократные попытки интубации, продолжительные операции. С целью профилактики применяется дексаметазон или преднизолон в/в. При минимальной клинике применяют ингаляции высоких концентраций увлажненного кислорода; лечение - ингаляции рацемического адреналина через распылитель (0,5 мл 2,25%-ного раствора в 2,5 мл физиологического раствора)
- В посленаркозную палату ребенок транспортируется в присутствии анестезиолога при стабильных показателях гемодинамики, сатурации, после восстановления функций высшей нервной системы. Желательно присутствие родителей в палате пробуждения. Это помогает избежать негативных психоэмоциональных реакций при пробуждении ребенка.