

Анатомо-физиологические особенности детского организма с позиции анестезиолога.



**кафедра детской
анестезиологии и
реаниматологии
БелМАПО**

**доцент
Кулагин
Алексей Евгеньевич**



**В соответствии с
Международной
Конвенцией защиты
прав ребенка к детям
относят человеческие
индивидуумы в
возрасте от рождения
и до 18 лет**

Ребенок – это не взрослый в миниатюре, его организм обладает своеобразными анатомо-физиологическими особенностями (АФО), которые имеют наибольшее значение у детей с массой тела до 15–20 кг (в дальнейшем они нивелируются).

Выделение отдельных периодов детского возраста способствует дифференциальному подходу к ребенку.



Периоды детского возраста

- **Новорожденные** – от рождения до 28 дня жизни.
- **Грудной возраст** – от 29 дней до 1 года.
- **Ранний детский возраст** – от 1 года до 3 лет (первый период округления – рост в ширину).
- **Средний детский возраст** – от 4 до 6 лет (первый период вытяжения – рост в длину).
- **Старший детский возраст** от 7 до 18 лет:
 - ✓ 7–10 лет второй период округления;
 - ✓ 11–18 лет второй период вытяжения.

Нервная система

- **Малая дифференцировка коры головного мозга, слабое регулирующее влияние коры на нижележащие отделы нервной системы.**
- **Преобладание тонуса парасимпатической нервной системы.**
- **Повышенная проницаемость гематоэнцефалического барьера, высокая гидрофильность мозга.**
- **Не завершена миелинизация проводящих путей – заканчивается к 12 годам жизни – легкое интраневральное проникновение МА.**



Нервная система

- Все рефлексы, осуществляемые через подкорковые отделы (кожно-мышечные, сухожильные, лабиринтные) усилены.
- Склонность к диффузным общемозговым реакциям:
 - ✓ судорогам,
 - ✓ менингизму,
 - ✓ двигательным расстройствам.
- Умеренная гипергидратация может вызвать набухание и отек головного мозга.



Нервная система

- **Спинной мозг новорожденного достигает уровня L₃₋₄ и «поднимается» до уровня I поясничного только к 4 году жизни – избегать эпидурального подхода выше L₃.**
- **Новорожденные и грудные – затруднена оценка и даже диагностика болевого синдрома.**
- **До 10–12 лет жизни преобладает психогенная боль без четкой дифференциации на соматическую, висцеральную, отраженную.**



Система дыхания – «слабое звено»

Характерное отличие от взрослых – не совершенна и легко ранима, изменяется в процессе развития ребенка.

- **Большая голова, короткая шея.**
- **Длина трахеи в 3 раза меньше, чем у взрослых.**
- **Диаметр трахеи удваивается в первые 4 года жизни.**
- **Облигатное носовое дыхание.**
- **Нижний носовой ход почти отсутствует и формируется только к 4-м годам жизни.**



Система дыхания

- Относительно большой язык.
- У взрослых наиболее узкое место ДП – голосовая щель, у ребенка раннего возраста – подскладочное пространство на уровне перстневидного хряща.
- Голосовые складки у новорожденного расположены на уровне C_{3-4} , к 4-ём годам C_{5-6} .



Новорождённые и грудные – прямые клинки ларингоскопа более удобны, чем изогнутые. Обычно используют ЭТТ без манжеты.

Система дыхания

- Экспираторное состояние грудной клетки. До 1–2 мес жизни дети не могут увеличивать объем грудной клетки. **Увеличение МОД происходит за счет ЧД.**
- У новорожденных 21–22 генерации бронхов, лишь к 3-м годам появляется 23-я (респираторные бронхи).
- **Диафрагма** выполняет до 60% работы дыхания.
- Легкие богаты соединительной тканью, полнокровны, менее воздушны.



Система дыхания

- Недостаточно развита эластическая ткань легкого.
- Плохо развиты коллатерали вентиляции альвеол.
- Малая функциональная емкость легких.
- Потребность в O_2 новорожденных 9–6 мл/кг в мин (у взрослых – 3–3,5 мл/кг/мин).
- Быстрое развитие гипоксии – для поглощения одинакового объема O_2 ребенок выполняет в 2 раза большую работу, чем взрослый.



Система дыхания

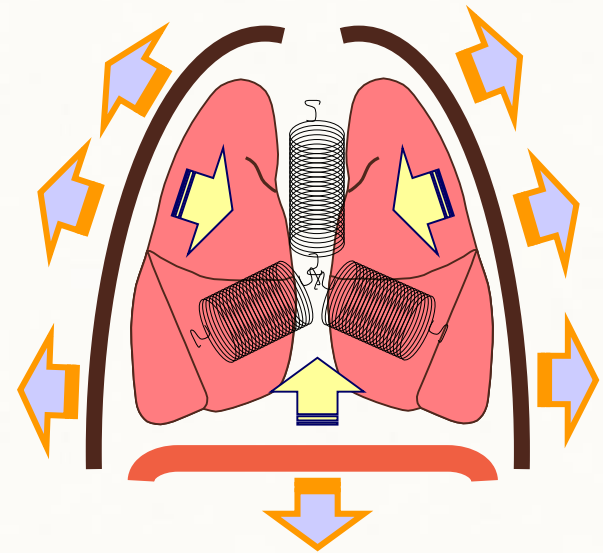
- Быстрое истощение дыхательной мускулатуры.
- Относительно меньшая активность сурфактанта, предотвращающего спадение альвеол → склонность к ателектазам в первые месяцы жизни.
- Быстрое истощение динамических и метаболических возможностей компенсации.
- Малая функциональная емкость легких.



Система дыхания

ЧД в зависимости от возраста дыханий/минуту

- Новорожденные:
 - ✓ доношенные 40–50,
 - ✓ недоношенные до 60
- 1 год – 30–35
- 3 года – 25–30
- 5–6 лет – 20–27
- 10–12 лет – 18–24
- 14 лет – 14–19
- Взрослые – 12–18

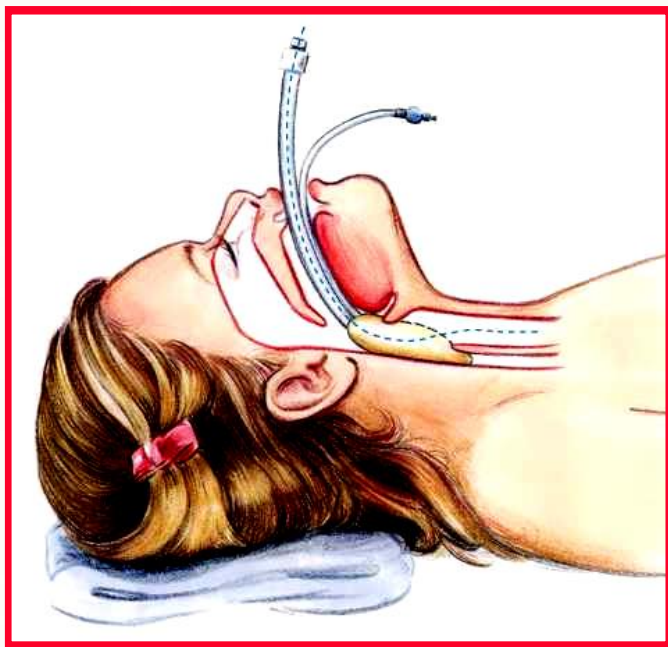


**Дыхательный объем независимо от
возраста составляет 6–8 мл/кг**

Интубация трахеи

- **Взрослые и дети старшего возраста – наилучший обзор гортани в положении со слегка согнутой шеей (поднятым затылком – подушка под голову) и запрокинутой головой.**
- **Дети раннего и среднего возраста – разгибание в атлантоокципитальном суставе с помощью оттягивания подбородка вверх – «принюхивающаяся позиция» без подушки.**
- **Новорожденным иногда подкладывают небольшую подушечку под плечи.**

Внутренний диаметр интубационной трубки

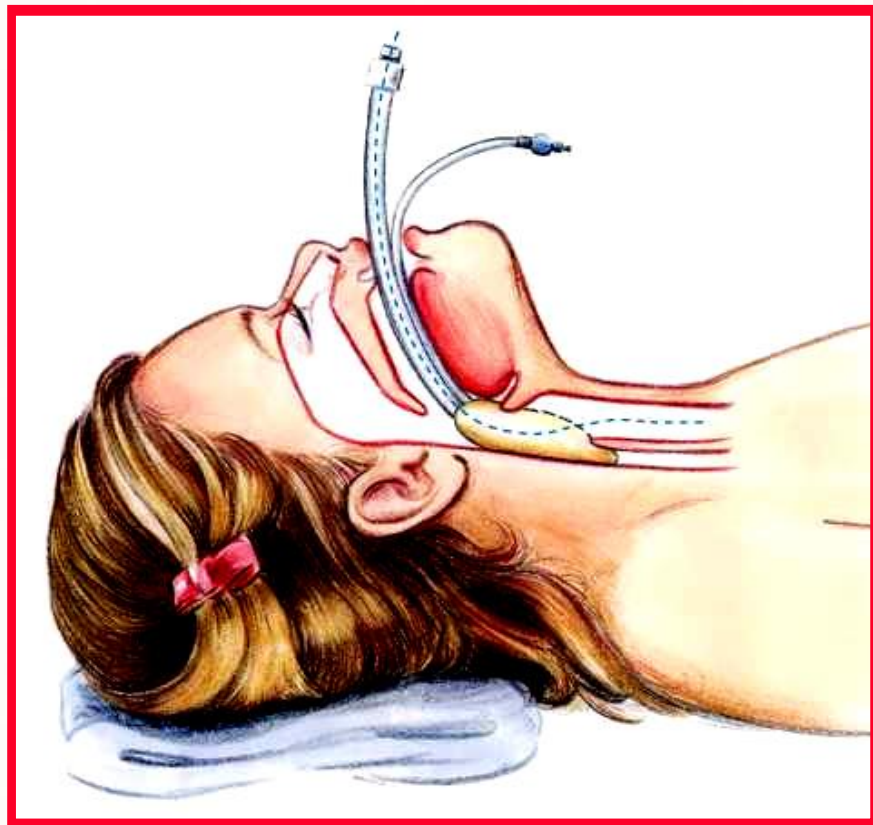


- До 6 лет диаметр = $(\text{возраст}/3) + 3,75$ (мм)
- Старше 6 лет диаметр = $(\text{возраст}/4) + 4,5$ (мм)
- У детей старше года можно использовать формулу:
 $\text{возраст в годах}/4 + 4$

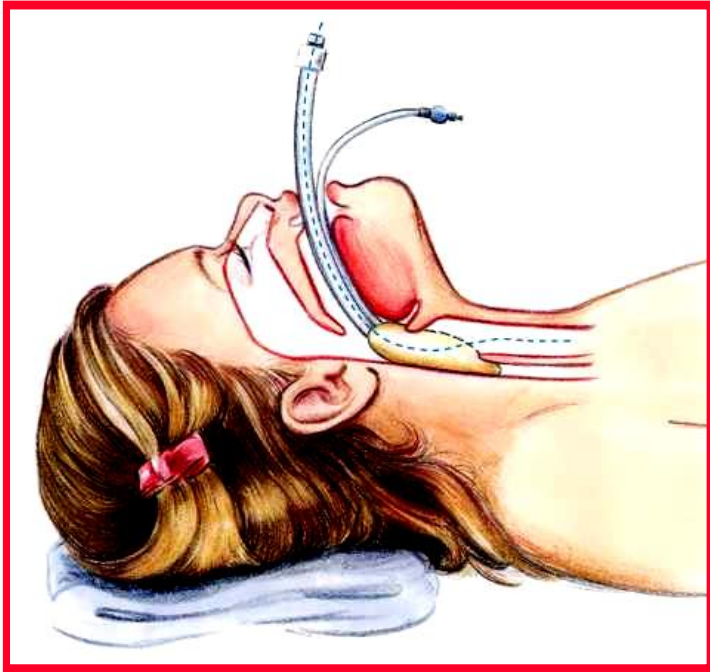
Необходимо иметь интубационную трубку расчетного диаметра, на размер меньше и на размер больше!

Длина интубационной трубки от губ до середины трахеи

- Новорожденные:
 - ✓ недоношенных 9–10 см
 - ✓ доношенных 10 см
- 1–5 мес – 10–11 см
- 6–12 мес – 11–12 см
- 2–3 года – 13 см
- 4 года – 14 см
- 6 лет – 15 см
- 8 лет – 16 см
- 10 лет – 17 см
- 12 лет – 18 см



Длина интубационной трубки



Длина интубационной
трубки (см) =
возраст в годах / 2 + 12

При назотрахеальной
интубации длина
трубки > на 3 см.

Размеры интубационной трубки для детей грудного и младшего возраста

Возраст, мес.	Внутренний диаметр, мм	Длина, см
0 – 3	3,0 – 3,5	10
3 – 6	3,5	11
6 – 12	4,0	12
12 – 24	4,0–4,5	12–13

Сердечнососудистая система

Отличительная черта – большие компенсаторные возможности.

- **Емкость правых отделов сердца больше, чем левых.**
- **Новорожденные – меньшее количество сократительных кардиомиоцитов – снижена податливость желудочков – плохо переносят объемную нагрузку и повышенную постнагрузку.**
- **Возможность быстрого развития право-желудочковой недостаточности, особенно при повышении легочного кровотока.**



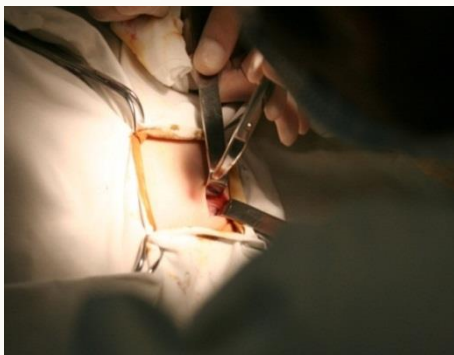
Сердечнососудистая система

- **СВ у новорожденных увеличивается только за счет увеличения ЧСС.**
- **Относительно большая длительность систолы (СП 60-70%, у взрослых 50%).**
- **Предрасположенность к аритмиям.**
- **Новорожденные – запасы Ca^{2+} в сердце снижены из-за незрелости саркоплазматического ретикулома – большая зависимость от экзогенного кальция.**
- **Существование шунтов: ООО и ОАП.**



Артериальный проток

- функционально закрывается в первые 24 часа;
- анатомически – к 3 неделям (иногда к году);



- воздействие неблагоприятных факторов, вызывающих вазоконстрикцию и ↑ легочное сосудистое сопротивление:

- ✓ гипоксемия,
- ✓ гиперкапния,
- ✓ ацидоз,
- ✓ выброс катехоламинов

может возобновить функционирование АП.

ЧСС (уд/мин)

- **Новорожденные – 140–160**
- **10 – 30 дней – 140**
- **1 – 12 мес – 120–130**
- **1 – 2 года – 110–120**
- **2 – 4 года – 95–100**
- **5 – 10 лет – 80–100**



Гиповолемиа (кровопотеря) у новорожденных и грудных детей не сопровождается адекватным увеличением ЧСС !

Артериальное давление

- В раннем возрасте ширина просвета артерий больше, а венозные сосуды несколько сужены.
- Соотношение диаметров артерий и вен = 1 : 1, у взрослых – 1 : 2 (по другим данным 1:5), выравнивается к 16 годам. В связи с этим у детей снижено АД и более легкое развитие сосудистого коллапса.



АД у детей первых 12 часов жизни

АД	1 кг	2 кг	3 кг	4 кг
АД сист.	35–60	42–65	45–72	58–80
АД диаст.	18–38	22–40	28–48	30–50
АД сред.	25–45	30–50	38–58	45–63

**В среднем 65–80/40 – в период
новорожденности**

Артериальное давление

Возраст	АД
1 мес	65–70 / 45
3 мес	85/50
1 год	90–95 / 55–60
3 – 6 лет	95–105 / 60–65
9 лет	100–110 / 65–70
12 лет	110–115 / 65–70

АД = $(90 + 2n) \pm 15$ / $(60 + n) \pm 15$,
где n – возраст ребенка в годах

Определение гипотензии по систолическому АД

Возраст	АД систолическое
0 – 28 дней	< 60 мм рт.ст.
1 – 12 мес	< 70 мм рт.ст.
1 год – 10 лет	< 70 + (2×возраст в годах) мм рт.ст.
Дети > 10 лет	< 90 мм рт.ст.



Pediatric basic life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care.

Величина ОЦК в зависимости от возраста

Возраст	Кровь, мл/кг	Плазма, мл/кг
Новорожденные	85–90	41–45
3 – 12 мес	80–85	45–50
1 – 10 лет	70–80	47–57
Взрослые	М 70, Ж 65	М 40, Ж 41,3

У новорожденных и детей младшего возраста больше E_r , H_b , H_t – увеличена O_2 емкость крови – обуславливает снижение уровня протромбина и тромбоцитов, в связи с чем в период подготовки к операции целесообразно назначение витамина К.

Особенности крови у детей

Для красной крови детей характерно:

- Уровень Hb у новорожденного 180–240 г/л.
- Эритроциты 6×10^{12} /л.
- HbF около 60%, HbA – 40%.
- К 6–9 мес. HbF снижается до 2–3%.
- Ретикулоцитоз – 2–4%.
- Ядерные формы эритроцитов.

Для белой крови детей характерно:

- Лейкоцитоз $(18–20) \times 10^9$ /л.
- Нейтрофиллез.
- Сдвиг лейкоцитарной формулы влево.
- Моноцитоз.

Особенности крови у детей

В течение первых 2 лет жизни:

- Эритроциты снижаются до $(4-4,5) \times 10^{12}/л.$
- Hb – до 120–130 г/л.

После 2 лет:

- Эритроциты снижаются до $(4-3,5) \times 10^{12}/л.$
- Hb – 110–160 г/л.

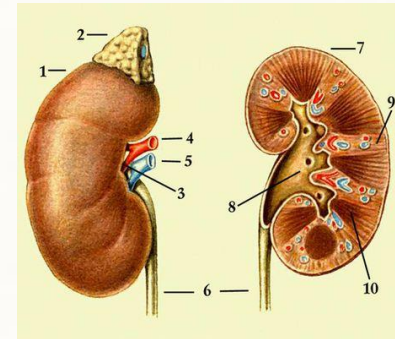
В пубертатный период:

- У мальчиков ↑ эритроциты $(5-5,5) \times 10^{12}/л.$
- Hb – до 150–180 г/л.
- У девочек – может быть склонность к Fe-дефицитной анемии.

Почки

и водно-электролитный обмен

- Клубочковая фильтрация и функции канальцев – незрелые, быстро развиваются в период новорожденности; взрослого уровня достигают примерно в 2-ва года.
- Почки наиболее интенсивно растут на первом году жизни и в период полового созревания. Корковое вещество заканчивает формирование к 5-ти годам жизни, а дольчатость почек исчезает к 2–4 годам.
- Низкая концентрационная способность почек компенсируется повышенным диурезом.



Показатели нормального диуреза

Возраст	Диурез, мл/кг/ч	Относительная плотность мочи
10 дней	2,5	1,002 – 1,004
2 мес	3,5	1,002 – 1,006
1 год	2	1,006 – 1,010
2–7 лет	1,7	1,010 – 1,020
11–14 лет	1,4	1,008 – 1,022
Дети ≥ 15 лет	0,8 – 1	1,011 – 1,025

**Дети ≥ 1 года: диурез 1–2 мл/кг/час;
относительная плотность мочи 1,010–1,020**

Оценка показателей диуреза

- **Олигурия** – суточный диурез < 300 мл/м² или \downarrow диуреза $\leq 0,5$ мл/кг/час (у детей 1 года жизни $< 1,0$ мл/кг/час).
- **Анурия** – снижение суточного объёма мочи < 100 мл/м² или \downarrow скорости диуреза $\leq 0,3$ мл/кг/час (у детей 1 года жизни $< 0,5$ мл/кг/час).
- **Полиурия** – увеличение суточного объёма мочи > 1500 мл/м² или \uparrow скорости диуреза $\geq 2,5$ мл/кг/час.



Водно-электролитный обмен

- **Большая потребность в воде и электролитах.**
- **Быстрое развитие дегидратации при потере жидкости с явлениями ОПП.**
- **Меньшее абсолютное содержание в организме калия.**
- **Склонность к развитию интерстициального и внутриклеточного отека, быстрой потере калия.**
- **Худшая энергетическая обеспеченность транс-мембранного переноса ионов.**
- **Дефицит буферных оснований крови.**
- **Быстро возникает метаболический ацидоз.**

Терморегуляция

- **Площадь поверхности тела относительно больше объема тканей, обеспечивающих теплопродукцию.**
- **Изоляционный слой подкожно-жировой тепла клетчатки на 50% меньше, чем у взрослых, даже у доношенных детей, не говоря о недоношенных новорожденных.**
- **Дрожательный термогенез плохо развит.**
- **Критическая t° – это t° окружающей среды, ниже которой обнаженный человек не способен поддерживать t° тела. У взрослых $+6^{\circ}\text{C}$, у новорожденного $+23^{\circ}\text{C}$.**

Динамика массы тела

При оценки МТ можно ориентироваться на средние цифры:

- **средний вес при рождении 3,3–3,5 кг;**
- **первые 5 дней жизни потеря веса 5–10% от веса при рождении;**
- **возвращение к весу при рождении на 7–10 день жизни;**
- **удвоение исходного веса на 4–5 мес жизни (ежедневная прибавка веса 20–30 г);**
- **тройной исходный вес – 1 год жизни**
- **средний вес годовалого ребенка – 10 кг**

Динамика массы тела

Возраст	Вес	Возраст	Вес
2 года	12 кг	3 года	14 кг
5–6 лет	20 кг	8 лет	25 кг
10 лет	30–33 кг	12 лет	40 кг
14 лет	50 кг	16 лет	60 кг

После года жизни, для определения веса можно использовать следующую формулу:

вес в кг = $10 + 2n$, где n – возраст ребенка в годах.

Выводы

- **У детей с МТ до 20 кг требуется специальное оборудование (аппарат ИВЛ, фиброоптический ларингоскоп, набор для трахеостомии и др.).**
- **У новорожденных и грудных детей необходимо применение дыхательных систем с пониженным сопротивлением газотоку.**
- **Высокий уровень метаболизма и физиологическая незрелость системы дыхания существенно увеличивают вероятность десатурации и гипоксии.**



Выводы

- **До восстановления исходного уровня сознания ребенок должен получать ингаляции O_2 .**
- **Энтеральное питание следует начинать как можно раньше, как только позволит состояние ребенка (по стабилизации показателей гемодинамики и газообмена).**





Спасибо за внимание!