

Лекция 8 – 9
**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНЫХ СИСТЕМ,
ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ, ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ**

1. Особенности крови, кровообращения и дыхания.
2. Особенности пищеварения, обмена веществ и энергии.
3. Особенности терморегуляции, процессов выделения и деятельности ЖВС.

1. Особенности крови, кровообращения и дыхания

В дошкольном возрасте кровь по количеству и составу отличается от взрослого организма.

Количество крови у дошкольников относительно массы тела заметно большее (в 4 года – 11% от массы тела, в 6 – 7 лет – 10%), приближаясь к взрослому уровню в период младшего школьного возраста (в 11 лет – 8%, у взрослых – 5 – 8%).

По мере взросления детей в их крови повышается количество эритроцитов и гемоглобина, а количество лейкоцитов снижается. У дошкольников в составе лейкоцитов сравнительно больше лимфоцитов, но меньше нейтрофилов. Соответственно, у них **снижена фагоцитарная функция, и наблюдается высокая восприимчивость к инфекционным заболеваниям.** Затем количество нейтрофилов повышается, а лимфоцитов снижается до взрослого уровня к моменту полового созревания. Количество тромбоцитов с возрастом практически не изменяется.

Сердце детей первых лет жизни отличается малыми размерами и шаровидной формой. Рост его объема следует за ростом массы тела. При этом в дошкольном и младшем школьном возрасте это нарастание имеет постепенный характер.

Минутный объем крови (МОК) у 11-летних детей примерно в 2 раза меньше, чем у взрослых. Небольшие размеры сердца и слабость сердечной мышцы определяют малый **систолический объем (СО)** крови (20 – 30 мл), а в сочетании с высокой эластичностью и широким просветом сосудов – низкий уровень АД.

Выраженное в этом возрастном периоде преобладание симпатических влияний на сердце обуславливает высокую частоту сердечных сокращений (**ЧСС**) в состоянии покоя. Величина ЧСС очень лабильна, легко изменяется при любых внешних раздражениях (при испуге, различных эмоциях, физических и умственных нагрузках и пр.). Величина ЧСС у новорожденных достигает 120 – 150 уд./мин, у дошкольников – порядка 100 уд./мин, в младшем школьном возрасте – около 90 уд./мин. Противоположные влияния парасимпатического (блуждающего) нерва на сердце постепенно нарастают в первые годы жизни и заметно усиливаются к младшему школьному возрасту, вызывая дальнейшее снижение ЧСС в состоянии покоя.

По мере роста и развития ребенка совершенствуется его дыхательный аппарат. Дыхание у детей частое и поверхностное. Легочная ткань мало растяжима. Бронхиальное древо недостаточно сформировано. Грудная клетка сохраняет еще конусовидную форму и имеет малую экскурсию, а дыхательные мышцы слабы. Все это затрудняет внешнее дыхание, повышает энергозатраты на выполнение вдоха и уменьшает глубину дыхания. Дыхательный объем дошкольника в 3 – 5 раз меньше, чем у взрослого человека. Он постепенно увеличивается в младшем школьном возрасте, но еще заметно отстает от взрослого уровня.

Из-за неглубокого дыхания и сравнительно большого объема «мертвого пространства» эффективность дыхания у детей невысока. Из альвеолярного воздуха в кровь переходит меньше кислорода и много его оказывается в выдыхаемом воздухе. Кислородная емкость крови в результате мала – 13 – 15 об.% (у взрослых – 19 – 20 об.%).

Частота дыхания у детей повышена. Она постепенно снижается с возрастом. В силу высокой возбудимости детей частота дыхания чрезвычайно легко нарастает при умственных и физических нагрузках, эмоциональных вспышках, повышении температуры и других воздействиях. Дыхание часто оказывается неритмичным, появляются задержки дыхания. Вплоть до 11-летнего возраста отмечается недостаточность произвольной регуляции дыхания. Особенно это отражается на речевой функции дошкольников.

Такие показатели, как длительность задержки дыхания, максимальная вентиляция легких, жизненная емкость легких (**ЖЕЛ**) определяются у детей с 5-летнего возраста, когда они могут сознательно регулировать дыхание. **ЖЕЛ** дошкольников в 3 – 5 раз меньше, чем у взрослых, а в младшем школьном возрасте – в 2 раза меньше. В возрасте 7 – 11 лет отношение ЖЕЛ к массе тела составляет 70 мл/кг (у взрослого – 80 мл/кг).

Минутный объем дыхания (МОД) на протяжении дошкольного и младшего школьного возраста постепенно растет. Этот показатель за счет высокой частоты дыхания у детей меньше отстает от взрослых величин: в 4 года – 3,4 л/мин, в 7 лет – 3,8 л/мин.

Продолжительность задержки дыхания у детей невелика, так как у них очень высокая скорость обмена веществ, большая потребность в кислороде и низкая адаптация к анаэробным условиям. У них очень быстро снижается содержание оксигемоглобина в крови и уже при его содержании 90 – 92% в крови задержка дыхания прекращается. Длительность задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) в возрасте 7 – 11 лет порядка 20 – 40 с (у взрослых – 30 – 90 с), а на выдохе (проба Генча) – 15 – 20 с (у взрослых – 35 – 40 с).

На протяжении первого года жизни у детей преобладает грудной тип дыхания, а в возрасте 3 – 7 лет начинает формироваться брюшной тип. Уже с возраста 7 – 8 лет начинают проявляться половые различия в показателях внешнего дыхания: у мальчиков ниже частота дыхания, больше глубина дыхания, ЖЕЛ, МОД, дыхание более экономично.

Возрастная динамика функциональных показателей у детей

(по: Аганянц Е. К. и др., 1991)

Показатели	4 года	7 лет	11 лет	У взрослых
Количество крови (% от массы тела)	11	10	8	5 – 8
Количество эритроцитов ($10^{12}/л$)	4,7	4,8	4,9	4,5 – 5,0
Содержание гемоглобина (г/л)	126	128	132	120 – 140
Количество лейкоцитов ($10^9/л$)	11,0	10,0	8,2	4 – 9
Частота сердцебиений (уд./мин)	100	85	80	60 – 80
Минутный объем крови (л/мин)	2,8	3,0	3,1	4,5 – 5,0
Артериальное давл., макс. (мм рт. ст.)	95	98	103	110 – 120
Артериальное давл., мин. (мм рт. ст.)	47	53	62	70 – 80
Частота дыхания (вд./мин)	27	22	21	10 – 16
Жизненная емкость легких (л)	1,1	1,9	2,1	3,5 – 5,0
Дыхательный объем (мл)	100	156	175	500
Минутный объем дыхания (л/мин)	3,4	3,8	6,8	5 – 8
Макс. вентиляция легких (л/мин)	—	50	60	150 – 200
Макс. потребление кислорода (л/мин)	—	1,8	2,1	

2. Особенности пищеварения, обмена веществ и энергии

В дошкольном возрасте у ребенка сформированы молочные зубы, которые позволяют ему перейти от молочного питания к более грубой пище. С 5 – 6 лет начинается **смена молочных зубов на постоянные**, которая в основном заканчивается к периоду полового созревания и только третьи большие коренные зубы (зубы «мудрости») формируются вплоть до взрослого возраста.

С появлением молочных зубов у ребенка начинается выраженное слюноотделение. Оно усиливается на протяжении первого года жизни и продолжает совершенствоваться по количеству и составу слюны с увеличением разнообразия пищи.

Размеры желудка постепенно увеличиваются, к 6 – 7 годам он приобретает форму, характерную для взрослого организма. К этому возрасту заметно развиваются мышцы, обеспечивающие движения желудка и перистальтику кишечника. У детей дошкольного и младшего школьного возраста еще **малочисленны и недоразвиты пищеварительные**

железы. Желудочный сок беднее ферментами, активность их еще мала. Это затрудняет процесс переваривания пищи. Низкое содержание соляной кислоты снижает бактерицидные свойства желудочного сока, что приводит к частым желудочно-кишечным заболеваниям детей.

В дошкольном возрасте интенсивно развиваются функции поджелудочной железы и печени ребенка. В возрасте 6 – 9 лет активность желез пищеварительного тракта значительно усиливается, пищеварительные функции совершенствуются. Однако принципиальное отличие пищеварения в детском организме от взрослого заключается в том, что у них представлено только пристеночное пищеварение и отсутствует внутриполостное переваривание пищи.

Недостаточность процессов всасывания в тонком кишечнике в некоторой степени компенсируется возможностью всасывания в желудке, которая сохраняется у детей до 10-летнего возраста.

Особенности обмена веществ и энергии. Особенностью обменных процессов в детском организме является преобладание анаболических процессов (ассимиляции) над катаболическими (диссимиляции). Растущему организму требуются повышенные нормы поступления питательных веществ, особенно белков. Для детей характерен положительный азотистый баланс, т. е. поступление азота в организм превышает его выведение.

Использование питательных продуктов идет в двух направлениях:

- 1) для обеспечения роста и развития организма (пластическая функция);
- 2) для обеспечения двигательной активности (энергетическая функция).

Для детей в связи с большой интенсивностью обменных процессов характерна более высокая, чем у взрослых, потребность в воде и витаминах. Относительная потребность в воде (на 1 кг массы тела) с возрастом снижается, а абсолютная суточная величина потребления воды нарастает: в 4 года – 1 л, в 11 – 14 лет – 1,5 л.

В детском возрасте также необходимо постоянное поступление в организм минеральных веществ: для роста костей (кальций, фосфор), для обеспечения процессов возбуждения в нервной и мышечной ткани (натрий и калий), для образования гемоглобина (железо) и др.

Энергетический обмен у детей дошкольного и младшего школьного возраста значительно (почти в 2 раза) превышает уровень обмена у взрослых, снижаясь наиболее резко в первые 5 лет и менее заметно – на протяжении всей последующей жизни. Суточный расход энергии растет с возрастом: в 4 года – 2000 ккал, в 7 лет – 2400 ккал, в 11 лет – 2800 ккал.

3. Особенности терморегуляции, процессов выделения и деятельности ЖВС

Дети отличаются недостаточно налаженными механизмами теплообмена. Они легко перегреваются и легко теряют тепло.

В первые годы жизни в организме ребенка преобладают процессы химической терморегуляции. Благодаря высокому уровню обменных процессов организм ребенка быстро нагревается. Температура кожи и внутренняя температура тела у дошкольника (37,4 – 37,6° С) выше, чем у взрослых.

Обилие кровеносных сосудов в коже обуславливает быстрый перенос тепла от температурного ядра тела к его оболочке, а недостаточная рефлекторная регуляция просвета кожных сосудов не обеспечивает защиту от больших тепловых потерь. При небольшой мышечной массе дети имеют низкую теплоизоляцию покровных тканей. Высокие теплотери обусловлены также и относительно большой поверхностью маленького тела.

Все это вызывает быстрое охлаждение тела ребенка и требует особого внимания к его закаливанию.

С переходом к младшему школьному возрасту границы терморегуляции расширяются, а механизмы теплообмена совершенствуются. Нарастание мышечной массы улучшает теплоизолирующие свойства покровов тела, совершенствование сосудистых реакций облегчает регуляцию теплообмена на поверхности кожи. Улучшается регуляция потоотделения, уточняется информация от терморцепторов тела и деятельность центров терморегуляции. Все это позволяет лучше поддерживать постоянство температуры тела в различных условиях среды и при разных формах деятельности. Дети младшего школьного возраста по сравнению с дошкольниками меньше подвержены перегреванию и переохлаждению, однако их устойчивость к изменениям температурных режимов все еще недостаточно совершенна.

Важнейшая роль в процессах выделения принадлежит почкам.

Однако функции почек у дошкольников все еще несовершенны. В возрасте 4 – 5 лет в деятельности почек преобладают процессы фильтрации, и лишь к 10 – 11 годам достигают взрослого уровня процессы обратного всасывания (реабсорбции). В составе мочи с возрастом увеличивается количество натрия и мочевины и уменьшается количество мочевой кислоты.

Мочепускание у детей первых лет жизни гораздо чаще, чем у взрослых, что объясняется высоким уровнем обмена веществ (особенно воды и углеводов). У годовалых детей мочеиспускание происходит 16 – 20 раз в сутки, в младшем школьном возрасте – 7 – 8 раз. При этом количество образующейся за сутки мочи у детей меньше:

в 1 – 2 года – 0,6 л;

в 3 – 4 года – 0,9 л;

в 5 – 6 лет – 1 л;

в 7 – 8 лет – 1,2 л;

в 9 – 10 лет – 1,5 л.

С первого года жизни начинается формирование условнорефлекторного механизма **произвольного мочеиспускания**, который к 2 – 3 годам выражен отчетливо. Однако многие дети (5 – 10%) с возбудимой и неуравновешенной нервной системой часто страдают от ночного недержания мочи (энуреза). С устранением невротических состояний эти явления исчезают.

В нормальной жизнедеятельности растущего организма велика **роль желез внутренней секреции**. С участием гормонов формируются в развивающемся организме процессы адаптации к различным условиям внешней среды, в том числе к стрессовым ситуациям.

Гормоны коркового слоя надпочечников (кортикоиды) регулируют обменные процессы в организме, способствуя налаживанию белкового, углеводного и жирового обмена. Их среднесуточная секреция временно снижается в 7-летнем возрасте, но затем снова нарастает вплоть до взрослого состояния.

Эпифиз в дошкольном возрасте осуществляет важнейшие процессы регуляции водного и солевого обмена в детском организме.

Усиление роли **гормонов мозгового слоя надпочечников** (адреналина, норадреналина) и повышение значимости симпатических влияний в организме (т. е. оформление симпатoadренальной системы) происходит несколько позже – к началу переходного периода.

Секреция гормона гипофиза **соматотропина** нарастает постепенно, а в возрасте 6 лет усиливается более значительно, обуславливая заметную прибавку роста ребенка. Однако самый значительный подъем секреции этого гормона приходится на переходный период, вызывая резкое увеличение длины тела.

Огромное значение для правильного роста и развития ребенка имеет **гормональная активность щитовидной железы**. От секреции ее гормонов зависит рост и дифференцировка тканей и органов, скорость заживления ран, формирование правильных пропорций тела и нормальное развитие психики ребенка. Гипофункция щитовидной железы в детском возрасте (в том числе связанная с недостатком поступления в организм йода) приводит к развитию кретинизма, задержке роста и развития, непропорциональному строению тела, инфантилизму и умственной отсталости.

Резкую реакцию растущего организма вызывает недостаточная **функция паращитовидных желез**, регулирующих кальциевый обмен в организме. При их гипофункции содержание кальция в крови падает, повышается возбудимость нервной и мышечной тканей, развиваются судороги. Гиперфункция паращитовидных желез приводит к вымыванию кальция из костей и повышению его концентрации в крови. Это приводит к излишней гибкости костей, деформации скелета и отложению кальция в кровеносных сосудах и других органах.

Раннее развитие **вилочковой железы (тимуса)** обеспечивает высокий уровень иммунитета в организме. Она влияет на созревание лимфоцитов, рост селезенки и лимфатических узлов. При нарушении ее гормональной активности у детей грудного возраста резко снижаются защитные свойства организма, исчезает в крови гамма-глобулин, имеющий большое значение в образовании антител, и ребенок погибает в возрасте 2 – 5 месяцев.

В целом, в период младшего школьного возраста (7 – 11 лет) организм ребенка отличается гармоничным развитием и стабильным гормональным статусом. Оптимальное соотношение секреции различных гормонов обеспечивает нормальный уровень физического и умственного развития, устойчивость реакций организма на внешние воздействия.