**ЛЕКЦИЯ 9**

**ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ**

*1 Возрастные особенности количества и состава крови*

*2 Сердце и система кровообращения в постнатальном онтогенезе*

*3 Изменение реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку в онтогенезе*

*4 Нарушения сердечно-сосудистой системы, их профилактика*

**1. Возрастные особенности количества и состава крови**

Количество крови в организме человека меняется с возрастом. У детей крови относительно массы тела больше, чем у взрослых. У новорожденных кровь составляет 14,7% массы, у детей одного года – 10,9%, у детей 14 лет – 7%. Это связано с более интенсивным протеканием обмена веществ в детском организме.

У здоровых людей соотношение между плазмой и форменными элементами колеблется незначительно (55% плазмы и 45% форменных элементов). У детей раннего возраста процентное содержание форменных элементов несколько выше.

Количество форменных элементов крови также имеет свои возрастные особенности. Так, количество эритроцитов у новорожденного составляет 4,3-7,6 млн. на 1 мм3 крови, у детей 1 года – до 3,6-4,9 млн. на 1 мм3 и в 13-15 лет достигает уровня взрослого человека.

Содержание гемоглобина в крови измеряется либо в абсолютных величинах, либо в процентах. За 100% принято наличие 16,7 г гемоглобина в 100 мл крови. У взрослого человека обычно в крови содержится 60-80% гемоглобина. Причем содержание гемоглобина в крови мужчин составляет 80-100%, а у женщин – 70-80%. Содержание гемоглобина зависит от количества эритроцитов в крови, питания, пребывания на свежем воздухе и других причин.

Содержание гемоглобина в крови также меняется с возрастом. В крови новорожденных количество гемоглобина может варьировать от 110% до 140%. К 5-6-му дню жизни этот показатель снижается. К 6 месяцам количество гемоглобина составляет 70-80%. Затем к 3-4 годам количество гемоглобина несколько увеличивается, в 6-7 лет отмечается замедление в нарастании содержания гемоглобина, с 8-летнего возраста вновь нарастает количество гемоглобина и к 13-15 годам составляет 70-90%, т. е. достигает показателя взрослого человека. Снижение числа эритроцитов ниже 3 млн. и количества гемоглобина ниже 60% свидетельствует о наличии анемического состояния (малокровия).

Малокровие – резкое снижение гемоглобина крови и уменьшение количества эритроцитов. Различного рода заболевания и особенно неблагоприятные условия жизни детей и подростков приводят к малокровию. Оно сопровождается головными болями, головокружением, обмороками, отрицательно сказывается на работоспособности и успешности обучения. Кроме того, у малокровных учащихся резко снижается сопротивляемость организма, и они часто и длительно болеют.

Первейшей профилактической мерой против малокровия оказываются правильная организация режима дня, рациональное питание, богатое минеральными солями и витаминами, строгое нормирование учебной, внеклассной, трудовой и творческой деятельности, чтобы не развивалось переутомление, необходимый объем суточной двигательной активности в условиях открытого воздуха и разумное использование естественных факторов природы.

Одним из важных диагностических показателей, свидетельствующих о наличии воспалительных процессов и других патологических состояний, является скорость оседания эритроцитов. У мужчин она составляет 1-10 мм/ч, у женщин – 2-15 мм/ч. С возрастом этот показатель изменяется. У новорожденных скорость оседания эритроцитов низкая (от 2 до 4 мм/ч). У детей до 3 лет величина СОЭ колеблется в пределах от 4 до 12 мм/ч. В возрасте от 7 до 12 лет величина СОЭ не превышает 12 мм/ч.

Другим классом форменных элементов являются лейкоциты. Существует определенное соотношение между разными типами лейкоцитов, выраженное в процентах, так называемая лейкоцитарная формула. При патологических состояниях изменяется как общее число лейкоцитов, так и лейкоцитарная формула.

Количество лейкоцитов и их соотношение изменяются с возрастом. Так, в крови взрослого человека содержится 4000-9000 лейкоцитов в 1 мкл. У новорожденного лейкоцитов значительно больше, чем у взрослого человека (до 20 тыс. в 1 мм3 крови). В первые сутки жизни число лейкоцитов возрастает (происходит рассасывание продуктов распада тканей ребенка, тканевых кровоизлияний, возможных во время родов) до 30 тыс. в 1 мм3 крови.

Начиная со вторых суток число лейкоцитов снижается и к 7-12-му дню достигает 10-12 тыс. Такое количество лейкоцитов сохраняется у детей первого года жизни, после чего оно снижается и к 13-15 годам достигает величин взрослого человека.

Лейкоцитарная формула в первые годы жизни ребенка характеризуется повышенным содержанием лимфоцитов и пониженным числом нейтрофилов. К 5-6 годам количество этих форменных элементов выравнивается, после этого процент нейтрофилов растет, а процент лимфоцитов понижается. Малым содержанием нейтрофилов, а также недостаточной их зрелостью объясняется большая восприимчивость детей младших возрастов к инфекционным болезням. К тому же фагоцитарная активность нейтрофилов у детей первых лет жизни наиболее низкая.

Возрастные изменения иммунитета. Вопрос о развитии иммунологического аппарата в пре- и постнатальном онтогенезе еще далек от своего решения. В настоящее время обнаружено, что плод в материнском организме еще не содержит антигенов, он является иммунологически толерантным. В его организме не образуется никаких антител, и благодаря плаценте плод надежно защищен от попадания антигенов с кровью матери.

Очевидно, переход от иммунологической толерантности к иммунологической реактивности происходит с момента рождения ребенка. С этого времени начинает функционировать его собственный аппарат иммунологии, который вступает в действие на второй неделе после рождения. Образование собственных антител в организме ребенка еще незначительно, и важное значение в иммунологических реакциях в течение первого года жизни имеют антитела, получаемые с молоком матери. Интенсивное развитие иммунологического аппарата идет со второго года примерно до 10 лет, затем с 10 до 20 лет интенсивность иммунной защиты незначительно ослабевает. С 20 до 40 лет уровень иммунных реакций стабилизируется и после 40 лет начинает постепенно снижаться.

Кроме антител, в иммунитете большое значение имеют некоторые белки. Это иммуноглобулины А, М, G, Е, D.

Большое значение в формировании достаточной устойчивости организма детей и подростков к заболеваниям имеют профилактические прививки.

Тромбоциты (кровяные пластинки) – самые мелкие из форменных элементов крови. Количество их варьирует от 200 до 400 тыс. в 1 мм3 (мкл). Днем их больше, а ночью меньше. После тяжелой мышечной работы количество кровяных пластинок увеличивается в 3-5 раз.

Свертывание крови у детей в первые дни после рождения замедленно, особенно это заметно на 2-й день жизни ребенка. С 3-го по 7-й день жизни свертывание крови ускоряется и приближается к норме взрослых. У детей дошкольного и школьного возраста время свертывания крови имеет широкие индивидуальные колебания. В среднем начало свертывания в капле крови наступает через 1-2 мин, конец свертывания – через 3-4 мин.

В эритроцитах содержатся особые вещества антигены, или агглютиногены, а в белках плазмы агглютинины, при определенном сочетании этих веществ происходит склеивание эритроцитов – агглютинация. Одним из наиболее существенных агглютиногенов, для возрастной физиологии, является резус-фактор.

**2. Сердце и система кровообращения в постнатальном онтогенезе**

Сердце представляет собой полый мышечный орган, расположенный слева в грудной клетке. Формирование сердца у эмбриона начинается со 2-й недели пренатального развития, а его развитие в общих чертах заканчивается уже к концу 3-й недели. К моменту рождения ребенка его сердце уже имеет четырехкамерную структуру, однако между двумя предсердиями еще имеется отверстие, характерное для кровообращения плода, которое зарастает в первые месяцы жизни. Рост предсердий в течение первого года жизни опережает рост желудочков, затем они растут почти одинаково, и только после 10 лет рост желудочков начинает обгонять рост предсердий.

Масса сердца у мужчин 220-300 г и 180-220 г у женщин. Размер сердца и его масса изменяются с возрастом. У детей сердце относительно больше, чем у взрослых. Его масса составляет примерно 0,63-0,80% массы тела, а у взрослого человека – 0,48-0,52%. Наиболее интенсивно растет сердце на первом году жизни: к 5 годам увеличивается в 4 раза, а в 16 лет – в 11 раз.

Масса сердца у мальчиков в первые годы жизни больше, чем у девочек. В 12-13 лет наступает период усиленного роста сердца у девочек, и его масса становится больше, чем у мальчиков. К 16 годам сердце девочек вновь начинает отставать в массе от сердца мальчиков.

Форма и положение сердца в грудной клетке в процессе постнатального развития также изменяется. У новорожденного сердце шаровидной формы и расположено значительно выше, чем у взрослого. Различия по этим показателям ликвидируются только к 10-летнему возрасту.

Основными гемодинамическими показателями сердечно-сосудистой системы являются частота сердечных сокращений и систолический объем. Частота сердечных сокращений в норме у взрослого человека составляет 75 ударов в 1 мин. У новорожденного она значительно выше – 140 в 1 мин. Интенсивно снижаясь в течение первых лет жизни, она составляет к 8-10 годам 90-85 ударов в 1 мин, а к 15 годам приближается к величине взрослого. При сокращении сердца у взрослого человека, находящегося в состоянии покоя, каждый желудочек выталкивает в артерии 60-80 см3 крови.

Количество крови, выбрасываемое желудочками за одно сокращение, называют ударным, или систолическим объемом. Количество крови, выбрасываемое в аорту сердцем новорожденного при одном сокращении, всего 2,5 см3. К первому году оно увеличивается в 4 раза, а к 12 годам – в 16,4 раза.

Морфологические и функциональные изменения в сердце в процессе его постнатального развития определяют возрастные особенности биоэлектрических процессов в сердце детей и подростков. Их электрокардиограмма имеет специфические отличия до 13-16 лет, далее все основные показатели ЭКГ приближаются к ЭКГ взрослого человека.

Иногда в подростковом возрасте возникают обратимые нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы, связанные с перестройкой эндокринной системы. У подростков могут наблюдаться учащение сердечного ритма, одышка, спазмы сосудов, нарушения показателей ЭКГ и многие другие.

Кровообращение плода имеет свои особенности, связанные, прежде всего с тем, что до рождения кислород поступает в организм плода через плаценту и так называемую пупочную вену. Пупочная вена разветвляется на два сосуда, один питает печень, другой соединяется с нижней полой веной. В результате в нижней полой вене происходит смешение крови, богатой кислородом, с кровью, прошедшей через печень и содержащей уже продукты обмена. Через нижнюю полую вену смешанная кровь попадает в правое предсердие. Далее кровь проходит в правый желудочек и затем выталкивается в легочную артерию, меньшая часть крови течет в легкие, а большая часть через боталлов проток попадает в аорту. Наличие боталлова протока, соединяющего легочную артерию с аортой, является второй специфической особенностью в кровообращении плода. В результате соединения легочной артерии и аорты оба желудочка сердца нагнетают кровь в большой круг кровообращения. Кровь с продуктами обмена возвращается в материнский организм через пупочные артерии и плаценту.

Таким образом, циркуляция в организме плода смешанной крови, его связь через плаценту с системой кровообращения матери и наличие боталлова протока являются основными особенностями кровообращения плода. У новорожденного ребенка связь с материнским организмом прекращается и его собственная система кровообращения берет на себя все необходимые функции. Боталлов проток теряет свое функциональное значение и вскоре зарастает соединительной тканью.

**3 Изменение реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку в онтогенезе**

По мере роста и развития сердечно-сосудистой системы изменяются и ее реакции у детей и подростков на физическую нагрузку. Возрастные особенности этих реакций отчетливо проявляются как при постановке специальных функциональных проб, направленных на выявление состояния сердечно-сосудистой системы, так и в процессе выполнения физических упражнений, общественно полезного, производительного труда.

На динамическую физическую нагрузку дети и подростки реагируют повышением частоты сердечных сокращений, максимального артериального давления (ударного объема). Чем младше дети, тем в большей мере, даже наименьшую физическую нагрузку, они реагируют повышением частоты пульса, меньшим увеличением ударного объема, обеспечивая примерно одинаковый прирост минутного объема.

Дети и подростки, систематически занимающиеся физической культурой, постоянно выполняющие общественно полезные работы при строгом нормировании физических нагрузок, тренируют сердце, повышают его функциональные возможности.

Минутный объем сердца тренированные дети и подростки по сравнению со своими нетренированными сверстниками обеспечивают за счет увеличения ударного объема и в меньшей степени за счет частоты сердечных сокращений. Проявляется и другая примечательная особенность: время восстановления гемодинамических показателей у тренированных учащихся короче, чем у нетренированных. В ответ на большую нагрузку у тренированных школьников 15 лет количество крови, выбрасываемое за 1 мин, достигает такого объема, которое позволяет обеспечить кислородом работающие органы. При большой нагрузке особенно ярко проявляются различия в реакциях сердечно-сосудистой системы тренированного и нетренированного школьника.

У юных спортсменов (16-18 лет) после дозированной физической нагрузки (20 приседаний за 30 с или 60 подскоков) частота сердечных сокращений увеличивается на 60-70%, максимальное артериальное давление повышается на 25-30%, а минимальное снижается на 20-25%; пульс возвращается к исходной частоте через 1,0-1,5 мин. Такая реакция расценивается как благоприятная. На аналогичную нагрузку нетренированные подростки реагируют повышением частоты сердечных сокращений на 100%, максимального артериального давления на 30-40% и снижением минимального на 10-15%; пульс возвращается к величинам до нагрузки через 2-3 мин после ее завершения.

Важная роль, которую выполняет сердце в организме, диктует необходимость применения профилактических мер, способствующих его нормальной функции, укрепляющих его, предохраняющих от заболеваний, которые вызывают органические изменения клапанного аппарата и самой сердечной мышцы. Занятия физической культурой и трудом в пределах возрастных границ допустимых физических нагрузок – наиважнейшая мера укрепления сердца.

**4 Нарушения сердечно-сосудистой системы, их профилактика**

Важным показателем сердечно-сосудистой системы является артериальное давление. Оно представляет собой переменное давление, под которым кровь находится в кровеносном сосуде.

В плечевой артерии человека систолическое давление составляет 110-125 мм рт. ст., а диастолическое – 60-85 мм рт. ст. У детей кровяное давление значительно ниже, чем у взрослых. Чем меньше ребенок, тем у него больше капиллярная сеть и шире просвет кровеносных сосудов, а, следовательно, и ниже давление крови.

В последующие периоды, особенно в период полового созревания рост сердца опережает рост кровеносных сосудов. Это отражается на величине кровяного давления, иногда наблюдается так называемая юношеская гипертония, когда нагнетательная сила сердца встречает сопротивление со стороны относительно узких кровеносных сосудов, а масса тела в этот период значительно увеличивается. Такое повышение давления, как правило, носит временный характер. Однако юношеская гипертония требует осторожности при дозировании физической нагрузки. После 50 лет максимальное давление обычно повышается до 130-145 мм рт. ст.

Немало информации несет знание скорости кругооборота крови. Скорость течения крови с возрастом замедляется, что связано с увеличением длины сосудов, а в более поздние периоды со значительным снижением эластичности кровеносных сосудов. Более частые сердечные сокращения у детей также способствуют большей скорости движения крови. У новорожденного кровь совершает полный кругооборот, т. е. проходит большой и малый круги кровообращения, за 12 с, у 3-летних – за 15 с, в 14 лет – за 18,5 с. Время кругооборота крови у взрослых составляет 22 с.