

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КЫРГЫЗКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕДИЦИНСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра нормальной и патологической физиологии

**А. Г. Зарифьян, А. К. Нартаева**

# **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ КРОВИ У ДЕТЕЙ**

Учебно-методическое пособие

УДК 612.11-053.2(075.8)

Рецензенты:

*И. Е. Кононец* д-р мед. наук, проф.,

*Е. М. Бебинов* канд. мед. наук, доц.

Рекомендовано к изданию Ученым советом  
Медицинского факультета КРСУ

**Зарифьян А. Г., Нартаева А. К.**

З 34 **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ КРОВИ У ДЕТЕЙ:** учебно-методическое пособие. Бишкек: КРСУ, 2015. 28 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с утвержденной рабочей программой по нормальной физиологии по специальности «Педиатрия» медицинских факультетов. В издании представлена современная информация об особенностях функционирования системы крови у детей различных возрастных групп.

Предназначено для работы студентов как в аудиторное время, так и для самостоятельных занятий и направлено на теоретическое изучение вопросов физиологии крови у детей.

## ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ КРОВИ У ДЕТЕЙ

**Введение.** В процессе онтогенеза отдельные органы и системы созревают постепенно, завершая свое развитие в разные сроки жизни. Эта гетерохрония созревания обуславливает особенности функционирования организма детей разного возраста. Отсюда возникает необходимость выделения определенных этапов или периодов развития детского организма. Основными этими этапами являются внутриутробный и постнатальный, начинающийся с момента рождения. Во внутриутробном периоде закладываются ткани и органы, происходит их дифференцировка. Постнатальный этап охватывает все детство, он характеризуется продолжающимся созреванием органов и систем, изменениями физического развития, значительными качественными перестройками функционирования организма.

Только что родившийся человек отличается от взрослого рядом качественных особенностей, а не представляет собой его простую уменьшенную копию.

Время, в течение которого развивающийся ребенок достигает функционального уровня взрослого, если учитывать основные физиологические показатели организма, составляет 16–20 лет.

### Основополагающий материал

Кровь является важнейшим и наибольшим по объему компонентом внутренней среды организма, относительное постоянство состава и функций которой является необходимым условием жизнедеятельности.

Как ткань кровь обладает следующими особенностями:

- она не сообщается с внешней средой, а циркулирует по кровеносным сосудам;
- межклеточное вещество ткани является жидким;
- все составные части крови образуются за пределами сосудистого русла: клеточные элементы – в органах кроветворения, плазма – за счет тканевой жидкости и лимфы.

В 1939 г. советский ученый Г. Ф. Ланг ввел понятие «система крови», в которую входят:

- периферическая кровь, циркулирующая по сосудам;
- органы кроветворения;

- органы кроветворения – красный костный мозг, печень, селезенка;
- регулирующий нейрогуморальный аппарат.

Кроветворение или гемопоэз – это процессы возникновения и последующего созревания клеток крови в органах кроветворения.

### Развитие органов кроветворения

Органы кроветворения и протекающие в них процессы, претерпевают характерные изменения как в период внутриутробного развития плода, так и в течение всей последующей жизни ребенка. В связи с этим выделяют внутриутробное, или эмбриональное, кроветворение и внеутробное.

### Эмбриональное кроветворение

У плода различают три периода кроветворения (эмбриональное кроветворение):

- I – кратковременный (мезобластический) гемопоэз;
- II – эктрамедулярный (печеночный) период;
- III – медулярный (костномозговой) период.

Впервые кроветворение обнаруживается у 19-дневного эмбриона в кровяных островках желточного мешка, которые окружают со всех сторон развивающийся зародыш. Появляются начальные примитивные клетки – мегалобласты. Этот первый кратковременный период гемопоэза (преимущественно эритропоэза) носит название мезобластического кроветворения.

Второй (печеночный) период начинается у плода после 6 недель развития. При этом наиболее отчетливо выражен эритропоэз и значительно слабее лейко- и тромбоцитопоэз. Мегалобласты постепенно замещаются эритробластами. Кроветворная деятельность печени интенсивно развивается до пятого месяца внутриутробной жизни плода, потом интенсивность процессов кроветворения снижается и к моменту рождения ребенка кроветворение в печени прекращается.

На 3–4 месяце внутриутробного развития, наряду с печенью, процессы кроветворения наблюдаются и в селезенке. Наиболее активно как кроветворный орган она функционирует с 5-го по 7-й месяц развития. В ней осуществляется эритроцито-гранулоцито- и мегакариоцитопоэз. Активный лимфоцитопоэз возникает в селезенке позднее – с конца 7 месяца внутриутробного развития. К моменту рождения ребенка селезенка утрачивает функцию образования клеток красного ряда, гранулоцитов, мегакариоцитов, сохраняя функцию образования лимфоцитов.

С четвертого месяца внутриутробного развития появляются очаги кроветворения в костном мозге. С момента возникновения гемопоэза в

костном мозге начинается третий – медулярный – период, который постепенно становится определяющим в продукции клеток крови.

Соответственно различным периодам кроветворения ( мезобластическому, печеночному и костномозговому) существуют три разных типа гемоглобина: эмбриональный (HbP), фетальный (HbF) и гемоглобин взрослого (HbA). Эмбриональный гемоглобин встречается лишь на самых ранних стадиях развития эмбриона. Уже на 8–10-й неделях беременности у плода 90–95 % составляет HbF, и в этот же период начинает появляться HbA (5–10 %). При рождении количество фетального гемоглобина варьирует от 45 до 90 %. Постепенно HbF замещается на HbA. К году остается 15 % фетального Hb, а к 3 годам его количество не превышает 2 %. Типы гемоглобина отличаются между собой аминокислотным составом. Так, фетальный гемоглобин (HbF), имеющий иное, чем у гемоглобина взрослых (HbA), строение, обладает большим сродством к кислороду, его кривая диссоциации сдвинута влево, и он более устойчив к щелочам.

Закладка лимфатических узлов плода и образование лимфатических клеток происходит позже эритро- и лейкопоэтической систем и дифференцировка лимфатического аппарата начинается только к концу внутриутробного периода, достигая окончательного развития лишь к 12–14 годам.

Периферическая кровь эмбриона содержит почти исключительно красные клетки, но во II периоде, с момента возникновения кроветворения в печени, начинают появляться и белые клетки, хотя пока еще очень незрелые. Лейкоциты плода появляются в конце 3-го месяца, на 5-м их количество составляет около  $1,8 \times 10^9/\text{л}$ . И эритроциты, и лейкоциты плода имеют целый ряд особенностей, свидетельствующих о незрелости этих клеток.

### **Внеутробное кроветворение**

После рождения ребенка, при правильном развитии, единственным органом является костный мозг. В это время и плоские и трубчатые кости заполнены красным костным мозгом. Однако уже с первого года жизни начинает намечаться частичное превращение красного костного мозга в жировой (желтый), а к моменту наступления половой зрелости (12–15 годам), процессы гемопоэза, как и у взрослых наблюдаются только в костном мозге плоских костей – ребер, грудины и тел позвонков.

Лимфоциты во внеутробной жизни вырабатываются лимфатической системой, к которой относятся лимфатические узлы, селезенка, солитарные фолликулы, групповые лимфатические фолликулы (пейеровы бляшки) кишечника и другие лимфоидные образования.

Моноциты образуются в РЭС системе, включающей ретикулярные клетки стромы костного мозга, селезенки, лимфоузлов, звездчатые ретикулоэндотелиоциты (клетки Купфера) печени и гистиоциты соединительной ткани.

При патологических условиях у детей с особенностями развития кроветворной системы легко возникает миелоидная метаплазия, то есть появляются очаги кроветворения в тех местах, где в эмбриональный период протекали процессы эритро- и лейкопоэза. К слову, функциональная лабильность кроветворного аппарата и возможность возврата к эмбриональному типу кроветворения являются характерными особенностями гемопоэза ребенка и делают понятным своеобразие патогенеза болезней крови в детском возрасте – легкое их возникновение под влиянием самых незначительных причин и, наряду с этим, выраженную склонность к процессу регенерации.

Регуляция гемопоэза осуществляется под влиянием нервных и гуморальных факторов. Существование прямой связи между нервной системой и органами кроветворения может быть подтверждено наличием иннервации костного мозга.

Постоянство морфологического состава крови является результатом сложного взаимодействия процессов кроветворения, кроворазрушения и кровораспределения.

### **Кровь новорожденного**

Кровь новорожденных детей. У новорожденных количество циркулирующей крови относительно больше, чем у детей старшего возраста и у взрослых. Количество крови относительно веса тела – 15 %, у детей 1 года 11 %, в 7–8 лет оно соответствует норме взрослых – 6–8 %.

**Удельный вес крови**, установившийся с первых месяцев жизни, является величиной более или менее постоянной: 1,055–1,060. Исключение составляют новорожденные, у которых удельный вес крови несколько выше: 1,060–1,080.

**Вязкость крови** относительно велика в первые дни жизни ребенка, однако начинает снижаться уже к концу месяца жизни. Так, у новорожденных она составляет 10,00–14,8, через месяц снижается до 4,6, а затем остается более постоянной, колеблясь в пределах от 3,5–5,2 для детей различных возрастных групп.

**Реакция крови.** Для новорожденного характерно наличие метаболического ацидоза –  $\text{pH} = 7.13 - 6.23$ . Но уже на 3–5 сутки  $\text{pH}$  достигает значений взрослого человека: 7,34 – 7,40.

**Осмотическая резистентность эритроцитов.** У новорожденных минимальная осморезистентность эритроцитов 0,48–0,52% раствора

NaCl, т. е. ниже, чем у взрослых (0,44–0,48%). Однако уже к месяцу она приближается к взрослой норме.

**Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)** у новорожденных замедлена (2,5 мм/ч), в грудном возрасте – 3–4 мм/ч, на втором году достигает нормы взрослого человека – 4–10 мм/ч. Относительно низкая СОЭ у грудных детей связана с пониженным содержанием в плазме фибриногена и холестерина.

**Химический состав крови** отличается значительным постоянством, сравнительно мало меняясь с возрастом.

Количество белка в крови новорожденных несколько ниже, чем у взрослых – до 6 %. С возрастом его уровень увеличивается, причем особенно интенсивно нарастает в первые два года и к 3–4 годам жизни количество белка практически достигает уровня белков плазмы крови взрослого. Так, содержание белка в плазме у ребенка 2-х месячного возраста составляет около 50–55 г/л, к году достигает 65 г/л, к 7 годам жизни – 70, в 12 лет – 75 г/л, т. е. как и у взрослого (70–80 г/л). Однако необходимо отметить значительные индивидуальные колебания количества белков в крови у детей, входящих в одну возрастную группу. Более низкое содержание белка в крови детей первых месяцев жизни обусловлено недостаточной функцией белковообразовательных систем организма.

У детей первых лет жизни меньше аминокислот, чем у взрослых, причем набор их зависит от вскармливания ребенка. В крови ребенка наблюдается иное, чем у взрослого, соотношение белковых фракций: так, содержание альбуминов у новорожденных несколько снижено, а глобулинов, наоборот, несколько повышено (гамма-глобулинов). Затем содержание альбуминов начинает повышаться, достигая к трем годам нормы взрослого.

Высокий уровень гамма-глобулинов в момент рождения и в ранние сроки постнатального периода связан с тем, что в крови ребенка содержатся гамма-глобулины матери, которые прошли через плацентарный барьер. В течение первых трех месяцев гамма-глобулины, полученные от матери, разрушаются, уровень их в крови ребенка низкий, затем количество глобулинов начинает постепенно расти, достигая нормы взрослого к трем годам.

Таким образом, белковый состав крови в течение онтогенеза претерпевает ряд изменений. Происходит постепенное нарастание количества белка. Меняются соотношения фракций, что связано с постепенно усиливающимися возможностями белковообразовательных структур.

В крови плода отсутствует такой важный фермент, как карбоангидраза. У новорожденных этот фермент в крови уже содержится, но в значительно меньшем количестве, чем у взрослых. Его активность

также ниже и составляет 4–24 % активности взрослых. Уровень карбоангидразы, характерный для взрослого, устанавливается у детей лишь к пяти годам. Активность других ферментов, содержащихся в крови детей в ранние сроки постнатального периода, также ниже, чем у взрослых.

Морфологический состав крови детей, входящих в разные возрастные группы, имеет значительные отличия. Это в первую очередь относится к новорожденным, кровь которых отличается от крови детей более старшего возраста количеством и качеством форменных элементов.

**Эритроциты.** В 1 литре крови новорожденного содержится эритроцитов  $5,8 - 7 \times 10^{12}/л$ . Это объясняется тем, что у плода, особенно в последние месяцы жизни, снижено насыщение гемоглобина крови кислородом, в результате чего возникает компенсаторная реакция – эритроцитоз и повышенное содержание гемоглобина крови. Затем эти показатели быстро падают вследствие разрушения большого количества эритроцитов – срок их жизни у новорожденного всего лишь около 12 дней.

Как известно, кровь новорожденных содержит много молодых, еще не совсем зрелых форм эритроцитов, свидетельствующих о том, что процессы эритропоэза протекают у детей более интенсивно, чем у взрослых.

В дальнейшем срок жизни эритроцитов возрастает и к 10-му месяцу составляет около 40 дней; норма взрослого достигается на 2-м году жизни. Продукты разрушения красных клеток стимулируют эритропоэз, появляется много молодых эритроцитов, а повышенное содержание кислорода в крови вызывает угнетение эритропоэза. Самое низкое содержание эритроцитов – в возрасте 3 месяцев ( $4,2 \times 10^{12}/л$ ), затем оно постепенно увеличивается и в 5 месяцев составляет  $4,5 \times 10^{12}/л$ . В возрасте 2–6 лет показатель составляет  $4,7 \times 10^{12}/л$ , после чего начинает медленно возрастать. У мальчиков – за счет стимулирующего действия андрогенов, у девочек, напротив, эстрогены угнетают эритропоэз. Так, в возрасте старше 14 лет содержание эритроцитов у мальчиков –  $5,2 \times 10^{12}/л$ , у девочек –  $4,8 \times 10^{12}/л$ .

**Гемоглобин.** Для крови новорожденных характерно повышенное содержание гемоглобина 210–215 г/л. Уже в первые сутки после рождения количество гемоглобина начинает резко снижаться, причем происходит изменение не только количества, но и качества гемоглобина новорожденных. В 1-й месяц содержание гемоглобина равно 145 г/л, в 5 месяцев – около 110–120 г/л; примерно таким он сохраняется до 2-х лет с некоторым падением, после чего начинает медленно возрастать. Содержание гемоглобина у девочек и мальчиков в 2 года – 117, в 4 – 126, в 10 – 130, а в 14 лет – у мальчиков показатель равен 160, у девочек – 140 г/л, т. е. количество эритроцитов и гемоглобина достигает нормы взрослого.

Таблица 1

## Показатели периферической крови детей различных возрастных групп

Показатели	Возраст						
	новорожденный	1 мес.	1 год	3 года	5 лет	10 лет	14–17 лет
Гематокритное число (%)	57	45	35	35	37	39	42–47
Количество эритроцитов ( $10^{12}/л$ )	6,0	4,7	4,6				4,8–5,2
Среднее диаметр эритроцитов (мкм)	8,12	7,83	7,35	7,30	7,30	7,36	7,5
Продолжительность жизни эритроцитов (дни)	12	36	120				
Гемоглобин (г/л)	215	145	116	120	127	130	140–160
ЦП	1,2	0,85	0,8	0,85	0,95	0,95	0,8–1,0
СОЭ (мм/ч)	2,5	5	7–10	2–12			
Количество лейкоцитов ( $10^9/л$ )	30	12,1	10,5	8–10	8–10	5–9	5–9
Количество тромбоцитов ( $10^9/л$ )	200–220	200–300	200–400				

Большое число эритроцитов, повышенное содержание в крови гемоглобина, наличие значительного количества молодых форм эритроцитов указывают на усиленный гемопоэз новорожденных и связанное с этим поступление в периферическую кровь молодых, еще не созревших, клеток крови. Эти изменения вызваны тем, что гормоны, циркулирующие в крови беременной женщины и стимулирующие ее кроветворный аппарат, переходя в тело плода, интенсифицируют работу его кроветворных органов. После рождения поступление в кровь ребенка этих гормонов прекращается, вследствие чего быстро падает количество гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов. Кроме того, усиленное кроветворение новорожденных можно объяснить особенностями газообмена – недостаточным снабжением плода кислородом. Для состояния гипоксемии характерно увеличение количества эритроцитов, гемоглобина. После рождения ребенка устраняется кислородное голодание и продукция эритроцитов уменьшается. При этом наблюдается и разрушение циркулирующих в крови ребенка эритроцитов и гемоглобина. Это приводит к повышению в крови новорожденных билирубина. Билирубин и недостаточность ферментативных систем печени играют одну из главных ролей в физиологической желтухе новорожденных.

**Лейкоциты.** Число лейкоцитов у новорожденных значительно больше, чем у взрослых и составляет  $30 \times 10^9/л$ . Это называется физиологическим лейкоцитозом родового стресса. На 3-й день – около  $14 \times 10^9/л$ , в конце месяца –  $10–12 \times 10^9/л$ , в 3–6 лет –  $8–10 \times 10^9/л$ , а к 14 годам приближается к норме взрослого.

**Лейкоцитарная формула.** В первый день нейтрофилы составляют 68–70 %, лимфоцитов 25–30 %, то есть их соотношение такое же как у взрослых. На 4–5 дни количество нейтрофилов уменьшается до 43–45 %, а лимфоцитов увеличивается до 43–45 %. Это так называемый первый перекрест кривой лимфоцитов и нейтрофилов. На 2–3-м месяцах число нейтрофилов уменьшается до 25–30 %, а лимфоцитов возрастает до 60–65 %, что указывает на существенное повышение интенсивности специфического иммунитета у детей первых лет жизни, после чего число нейтрофилов начинает возрастать, а лимфоцитов уменьшаться. Так, на 4–5 году жизни количество нейтрофилов и лимфоцитов примерно одинаково (43–45 %), т. е. наблюдается второй перекрест. Число эозинофилов и базофилов практически не претерпевает существенных изменений в процессе развития ребенка.

Затем, к 12–14 годам, показатели лейкоцитарной формулы достигают нормы взрослого.



Рис. 1. Физиологический перекрест лейкоцитов:

- 1 – количество нейтрофилов (%)  
2 – количество лимфоцитов (%)

Кровь детей первого года жизни по сравнению с кровью новорожденных и детей более старшего возраста содержит меньшее количество гемоглобина (физиологическая анемия). Снижение уровня гемоглобина до 110 г/л в грудном возрасте – явление физиологическое, однако недостаточное поступление соответствующих веществ с пищей может способствовать усилению этого снижения до степени анемии. Минимальные цифры содержания гемоглобина отмечается до конца 1 года жизни. Затем его количество начинает увеличиваться.

Лейкоцитарная формула грудных детей имеет своеобразный характер. В течение первого года жизни наблюдается умеренный сдвиг влево. Также возможен умеренный моноцитоз, что, вероятно, связано с особенностями иммунной системы детей данного возраста. Количество лейкоцитов в среднем составляет  $11 \times 10^9/\text{л}$ .

#### **Особенности системы крови детей в возрасте старше 1 года**

У детей старше года наблюдается дальнейшая динамика содержания гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, что обуславливает целый ряд особенностей гемограммы детей более старшего возраста.

Количество гемоглобина постепенно нарастает. Увеличивается и количество эритроцитов, особенно интенсивно до 4-х лет, оставаясь на том же уровне в период от 4 до 8 лет. Затем снова наблюдается некоторое увеличение числа эритроцитов в единице объема крови. Наиболее значительные колебания числа эритроцитов периферической крови наблюдаются в периоды ускоренного роста – от 1 до 2 лет, с 5 до 7 лет и от 12 до 14 лет.

После года отмечается постепенное снижение количества лейкоцитов. При этом число нейтрофилов увеличивается, а лимфоцитов – уменьшается. Незначительно снижается и количество моноцитов. В возрасте 4–5 лет наблюдается второй перекрест кривой нейтрофилов и лимфоцитов.

#### **Онтогенез системы свертывания крови**

Система свертывания крови, важнейшая самостоятельная физиологическая система, формируется постепенно, как в период эмбриогенеза, так и в период внеутробного развития.

К системе свертывания крови относятся:

1. Органы, вырабатывающие и утилизирующие факторы свертывания крови и антисвертывания – печень, селезенка, костный мозг, сосудистая стенка;

2. Регуляторный нейрогуморальный аппарат, определяющий динамическое равновесие этих факторов в крови.

В различные возрастные периоды процесса свертывания имеют свои особенности, обусловленные не только своеобразием деятельности

органов системы крови в различные периоды, но и особенностями механизма их регуляции.

#### **Система свертывания крови в период эмбриогенеза**

До четвертого месяца у эмбриона практически не содержится такого важного фактора свертывания как фибриноген. Только на пятом месяце он появляется в крови эмбриона, но в очень незначительном количестве 62 мг/% (при норме 0,3 %). По мере развития плода количество фибриногена увеличивается. Протромбин также появляется в крови плода лишь к пятому месяцу развития и его содержание постепенно увеличивается до восьмого месяца эмбриогенеза. С этого момента и до появления ребенка на свет рождения его количество почти не меняется, повышаясь лишь в момент рождения.

Таким образом, концентрация факторов свертывания в период внутриутробного развития весьма низкая, тогда как факторы, препятствующие свертыванию (например, такой мощный антикоагулянт как гепарин) содержатся в значительном количестве. Концентрация антикоагулянтов падает в момент рождения.

Несмотря на такое распределение в крови факторов свертывания и антисвертывания, коагуляционные свойства крови плода с шестого месяца внутриутробного развития близки к норме взрослого.

Необходимо отметить, что концентрация факторов свертывания и антисвертывания в крови плода не зависит от содержания их в крови матери. У последней, например, концентрация фибриногена в эти сроки беременности значительно увеличена. Это свидетельствует о том, что указанные факторы синтезируются печенью плода и не проходят через плацентарный барьер.

#### **Система свертывания крови в постэмбриональный период**

**Тромбоциты.** Число тромбоцитов у детей всех возрастов, включая новорожденных, такое же, как и у взрослых ( $200\text{--}400 \times 10^9/\text{л}$ ). Несмотря на определенные различия в содержании факторов свертывания крови и антикоагулянтов, в среднем скорость свертывания у детей, включая новорожденных 5–5,5 мин. по Бюргеру, продолжительность кровотечения равна 2–4 мин. Исключение составляют ПТИ (протромбиновый индекс) и ПТВ (протромбиновое время) – у новорожденных они ниже, чем у взрослых. Способность тромбоцитов к агрегации у новорожденных тоже выражена слабее.

Дети периода новорожденности склонны к геморрагическим процессам, что в значительной мере связано с особенностями свертывающей системы их крови. Значительно понижено в крови новорожденных и содержание различных факторов свертывания – IX, X, XI, проконвертина, проакцеллерина. Их концентрация постепенно увеличивается в первые

недели жизни. Снижено и содержание фибриногена, зато гепарин находится в большей концентрации.

Для свертывающей системы детей характерна неравномерность включения и созревания отдельных структурных звеньев, отдельных ферментативных систем.

В течение периода новорожденности и всего первого года жизни происходит нормализация концентрации в крови отдельных факторов свертывающей системы.

Низкая концентрация в крови новорожденных детей основных факторов гемокоагуляции определяется в значительной степени недостаточной в функциональном отношении зрелостью печени, отсутствием кишечной флоры, необходимой для синтеза витамина К, более низким содержанием кальция.

От 1 года до 12–14 лет содержание в крови отдельных факторов индивидуально колеблется, но в среднем соответствует нормам, характерным для взрослых. Причем эти индивидуальные колебания наибольший размах получают в пре- и пубертатный период, что, видимо, связано с неустойчивым гормональным фоном в данный период.

#### **Иммунитет детей в разные периоды развития**

Уже внутриутробно, начиная с 12 недель, плод способен синтезировать иммуноглобулины IgM, IgG, IgA. От матери он также получает IgG. На первом году жизни ребенок продуцирует в основном IgM и практически не синтезирует IgG и IgA. Отсутствие способности вырабатывать IgA объясняет высокую восприимчивость грудных детей к кишечной инфекции. Уровень «взрослого» состояния достигается по IgM в 4–5 лет, по IgG – в 5–6 лет и по IgA – в 10–12 лет. В целом низкое содержание иммуноглобулинов в первый год жизни объясняет высокую восприимчивость детей к различным заболеваниям органов дыхания и пищеварения. Исключением являются первые три месяца жизни – в этот период имеет место полная невосприимчивость к инфекционным заболеваниям, то есть проявляется своеобразная ареактивность.

У новорожденных низкая активность Т-киллеров и фагоцитоза, ограничен синтез интерферона, незрелыми являются другие Т- и В-лимфоциты. Гуморальный иммунитет обеспечивается в основном материнскими антителами, попавшими в кровь плода еще до рождения и продолжающими поступать с грудным молоком после появления ребенка.

Имеются и собственные вещества, обеспечивающие гуморальный иммунитет – лизоцим, пропердин, интерферон. У новорожденного лизоцим уже есть в слюне, слезной жидкости, крови, лейкоцитах, причем его активность даже выше, чем у взрослых. Содержание пропердина (актива-

тора комплемента) у новорожденного ниже, но уже к 7 дню жизни достигает значений взрослого. Уровень интерферона в крови новорожденных такой же высокий, как у взрослых. Однако в последующие дни наблюдается более низкое, чем у взрослых, содержание – на протяжении от 1 года до 10–11 лет. С 12–18 лет оно достигает значений, характерных для взрослых. В возрасте 2–6 месяцев материнские антитела в крови разрушаются, а поступающие с грудным молоком гамма-глобулины метаболизируются. Однако начинает созревать собственная иммунная система, в частности, возникает первичный ответ на большинство антигенов. Хотя иммунная память еще не выражена, но к концу первого года жизни антитела синтезируются более активно. На третьем году жизни количество Т-лимфоцитов соответствует уже норме взрослого. В целом иммунная защита организма достигает максимума в возрасте около 10 лет.

**Антигенные системы крови.** Уже на 2–3 месяце внутриутробного развития у плода формируются агглютиногены А и В. В то же время они отличаются еще чрезвычайно низкой способностью к агглютинации. К примеру у новорожденного ребенка она приблизительно в 5–10 раз ниже, чем у взрослых людей. Постепенно титр агглютиногенов и их способность образовывать иммунные комплексы с соответствующими агглютинидами возрастает, однако только к 10 годам можно говорить о том, что агглютиногены окончательно «созрели».

Агглютинины альфа и бета в онтогенезе возникают гораздо позже, чем агглютиногены. К моменту рождения ребенка титр агглютининов очень низок, а у 40 и даже 50 % детей они вообще могут отсутствовать. Уже при разведении плазмы в 2–4 раза реакция агглютинации у новорожденного не проявляется, тогда как у взрослого человека она может быть обнаружена при разведении плазмы или сыворотки даже в 500 раз.

Агглютиногены М и N выявляются в эритроцитах плода к концу 3-го месяца внутриутробного развития и формируются окончательно к 5-му месяцу после рождения.

Агглютиногены системы Rh появляются очень рано – к концу 2-го месяца беременности – и обладают выраженной антигенностью, что зачастую и обеспечивает резус-конфликт между матерью и плодом.

Резус-несовместимость матери и плода возникает при Rh-отрицательной крови матери и Rh-положительной крови плода. При нормально развивающейся беременности эритроциты не проходят через плацентарный барьер. Ребенок рождается здоровым, но во время родов эритроциты плода попадают в кровь матери. Через несколько дней в крови матери вырабатываются Rh-антитела, которые продолжают вырабатываться в течение нескольких лет.

При повторной беременности Rh-антитела переходят через плаценту в кровь плода и вызывают агглютинацию эритроцитов плода с их последующим гемолизом. Это может вызвать гибель плода или гемолитическую желтуху у новорожденного ребенка.

При частичной отслойке плаценты в ходе угрожающего выкидыша плода эритроциты последнего попадают в кровь матери в ходе первой беременности. Образующиеся Rh-антитела проникают от матери в кровь плода, и резус-конфликт происходит уже при первой беременности.

#### Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Назовите три периода кроветворения, характерные для периода внутриутробного развития?
2. Что такое фетальный гемоглобин и чем он отличается от гемоглобина взрослого?
3. В каких органах и тканях осуществляется гемопоэз у новорожденных?
4. В каком возрасте происходит наиболее интенсивный процесс замены фетального гемоглобина гемоглобином взрослых?
5. Какой объем крови у новорожденных относительно веса тела?
6. Почему у новорожденных в первые дни жизни содержание эритроцитов и гемоглобина повышено?
7. С чем связано низкое содержание белка в крови новорожденных детей?
8. Какова динамика соотношения глобулинов и альбуминов в течение первого года жизни?
9. Какой основной фактор объясняет высокие показатели плотности и вязкости крови у новорожденных?
10. Какова активность карбоангидразы в крови плода и новорожденных по сравнению с таковой у взрослых?
11. Что такое лейкоцитоз родового стресса?
12. Какова причина физиологической анемии грудных детей?
13. Какова вязкость крови новорожденных и как она изменяется на протяжении первого месяца жизни ребенка?
14. Каковы возрастные нормы скорости оседания эритроцитов?
15. В чем заключаются особенности крови новорожденного ребенка?
16. Что такое «первый перекрест» в лейкоцитарной формуле крови ребенка и когда он происходит?
17. Что такое «второй перекрест» в лейкоцитарной формуле крови ребенка и когда он происходит?

18. Охарактеризуйте возрастные изменения количества гемоглобина в крови детей за период от новорожденности до 15 лет?

19. Как изменяется общее количество эритроцитов за период от новорожденности до 15 лет?

20. Что такое «физиологическая желтуха» новорожденных и какова ее причина?

21. Как изменяется общее число лейкоцитов за период от новорожденности до 15 лет?

22. В каком возрасте кровь ребенка не имеет отличий от крови взрослого в отношении количества клеток крови?

23. Какие изменения соотношения объема плазмы и клеток крови происходят на протяжении первого месяца жизни ребенка?

24. Какова осмотическая резистентность эритроцитов у детей?

25. Назовите особенности системы свертывания крови у новорожденных детей?

26. Каковы особенности иммунитета у новорожденных детей?

27. Что такое резус-несовместимость матери и плода и при каких условиях она проявляется?

#### Тесты для самоконтроля:

1. Первый перекрест нейтрофилов и лимфоцитов крови у детей наблюдается на:
  - 1) 5–6 году жизни
  - 2) 4–5 день после рождения
  - 3) 1–2 день жизни
  - 4) 10–12 день жизни
2. Количество эритроцитов новорожденного в первые сутки равно:
  - 1)  $8,5 \times 10^{12}/л$
  - 2)  $3,5 \times 10^{12}/л$
  - 3)  $6,2 \times 10^{12}/л$
  - 4)  $4,7 \times 10^{12}/л$
3. Физиологическая желтуха новорожденного обусловлена:
  - 1) разрушением лейкоцитов после рождения
  - 2) гемолизом эритроцитов сразу после рождения
  - 3) низким содержанием факторов свертывания крови
  - 4) все вышеперечисленное



4. Основной фактор высоких показателей плотности и вязкости крови у новорожденных – это:

- 1) низкое содержание лейкоцитов
- 2) высокое содержание эритроцитов
- 3) низкая скорость оседания эритроцитов
- 4) все неверно

5. Второй перекрест в лейкоцитарной формуле у детей наблюдается в возрасте:

- 1) 2-х лет
- 2) 7–8 лет
- 3) 4–5 лет
- 4) 10 лет

6. Лейкоцитоз родового стресса новорожденного– это:

- 1) снижение количества лейкоцитов
- 2) увеличение количества эритроцитов
- 3) разрушение эритроцитов после рождения
- 4) высокое содержание лейкоцитов после рождения

7. У новорожденного количество крови составляет:

- 1) 10 % от массы тела
- 2) 15 % от массы тела
- 3) 7 % от массы тела
- 4) 17 % от массы тела

8. Полная замена HbF на HbA в постнатальном периоде развития ребенка происходит:

- 1) ко 2 месяцу жизни
- 2) к 5–6 годам
- 3) к 5 годам
- 4) к 3 годам

9. В какие сроки эмбрионального развития появляются лейкоциты у плода?

- 1) с 4 недели
- 2) к концу 3 месяца
- 3) с 8 недели
- 4) с 5 месяца

10. При выраженном снижении числа эритроцитов в крови гематокрит:

- 1) не меняется
- 2) возрастает
- 3) снижается
- 4) может либо возрасть, либо снижаться

11. Для выработки клеток крови у больных с полным угнетением кроветворения проводят пересадку:

- 1) почки
- 2) селезенки
- 3) печени
- 4) костного мозга

12. При снижении количества тромбоцитов нарушается:

- 1) транспорт кислорода
- 2) свертывание крови
- 3) специфический иммунитет
- 4) неспецифический иммунитет

13. В норме рН крови соответствует:

- 1) 6,91
- 2) 7,34
- 3) 5,45
- 4) 8,23

14. Какое из перечисленных веществ входит в состав буферных систем крови?

- 1) глицерин
- 2) альбумин
- 3) моносахариды
- 4) свободные жирные кислоты

15. Какое воздействие может привести к снижению осмотического давления крови?

- 1) употребление большого количества соли без воды
- 2) употребление большого количества воды без соли
- 3) спазм сосудов
- 4) повышение силы сокращения сердца

16. Что нужно добавить в пробирку с кровью, чтобы вызвать набухание эритроцитов?

- 1) соль
- 2) воду
- 3) плазму крови
- 4) раствор глюкозы

17. Первичный гемостаз – это:

- 1) поддержание постоянства числа тромбоцитов в крови
- 2) остановка кровотечения путем образования фибринового тромба
- 3) поддержание способности тромбоцитов к адгезии
- 4) остановка кровотечения путем образования тромбоцитарного тромба

18. Увеличение времени кровотечения из капилляров пальца может быть следствием:

- 1) уменьшения концентрации гепарина в крови
- 2) недостатка плазменных факторов свертывания крови
- 3) нарушением фибринолитической системы
- 4) снижения количества тромбоцитов в крови

19. Больному введен препарат, препятствующий агрегации тромбоцитов. Как изменится время кровотечения?

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

20. Тромбин образуется из:

- 1) тромбопластина
- 2) тромбоцитов
- 3) протромбина
- 4) фибрина

21. Фибриновый тромб разрушается:

- 1) при повышении давления в сосуде
- 2) под влиянием плазмина
- 3) под влиянием антитромбина
- 4) под влиянием протромбина

22. Агглютинины можно выделить из:

- 1) эритроцитарной массы
- 2) лейкоцитарной массы
- 3) плазмы крови
- 4) из всех перечисленных фракций

23. В системе ABO буквами A и B обозначаются:

- 1) антигены
- 2) антитела
- 3) факторы свертывания
- 4) виды лейкоцитов

24. Если на мембране эритроцитов у человека имеется только агглютиноген A, то в плазме крови у него:

- 1) имеется агглютинин альфа
- 2) имеется агглютинин бета
- 3) могут быть агглютинины и бета, и альфа
- 4) нет агглютининов ни альфа, ни бета

25. Если на мембране эритроцитов у человека нет агглютиногенов системы ABO, то этот человек:

- 1) относится к первой группе
- 2) относится к четвертой группе
- 3) не относится ни к одной из групп системы ABO
- 4) все ответы неверны

26. Человек считается резус отрицательным, если:

- 1) на поверхности его эритроцитов есть агглютиноген Rh
- 2) на поверхности его эритроцитов нет агглютиногена Rh
- 3) в плазме у него есть агглютинин анти-Rh
- 4) в плазме у него нет агглютинина анти-Rh

27. При определении группы крови цоликлонами анти-A и анти-B агглютинация не получена. Какая группа крови у данного человека?

- 1) первая
- 2) вторая
- 3) третья
- 4) четвертая

### Ситуационные задачи по теме:

#### Задача № 1

В семье трое детей, и все имеют кровь разной группы: А(II), В(III), АВ (IV). Могут ли они быть родными братьями и сестрами?

#### Задача № 2

При исследовании крови ребенка обнаружено эритроцитов  $6 \times 10^{12}/л$ , гематокрит 65 %, лейкоцитов  $18 \times 10^9/л$ , общий белок 56 %. Какой возраст ребенка, если известно, что он здоров?

#### Задача № 3

Новорожденный ребенок весит 4 кг. Сколько крови должно быть у него в организме?

#### Задача № 4

Количество эритроцитов у ребенка снизилось до  $4 \times 10^{12}/л$ . В каком возрасте это наблюдается и с чем связано?

#### Задача № 5

В крови ребенка обнаружены лишь следы фетального гемоглобина (HbF). Сколько лет этому ребенку?

#### Задача № 6

У новорожденного ребенка в 1 л крови обнаружено лейкоцитов  $20 \times 10^9/л$ . Здоров ли он?

#### Задача № 7

У новорожденного ребенка кожные покровы окрашены в желтый цвет. С чем это может быть связано и как проверить ваше предположение?

#### Задача № 8

Проверьте правильно ли составлена таблица:

Возраст	Эр $\times 10^{12}/л$	Hb г/л	Лейк. $\times 10^9/л$	СОЭ мм/ч
1 день	6,0	100	8	4,10
1 месяц	4,5	230	12	2,4
1 год	4,0	110	15	3,4

#### Задача № 9

При исследовании крови человека обнаружено, что 80 % ее гемоглобина составляет HbF. Кому принадлежит кровь?

#### Задача № 10

Какую группу крови можно ожидать у ребенка, если у матери О (I), а у отца кровь В(III) группы?

#### Задача № 11

При анализе крови двух детей в возрасте 1,5 года и 8 лет обнаружено, что у одного из них содержание белков в плазме крови составляет 74 г/л, а у другого 60 г/л. Какой из показателей принадлежит старшему ребенку?

#### Задача № 12

В лейкоцитарной формуле ребенка наступил первый лейкоцитарный перекрест. Каково должно быть содержание нейтрофилов у ребенка и его возраст?

#### Задача № 13

У шестилетнего ребенка в лейкоцитарной формуле содержание лейкоцитов и лимфоцитов одинаково и составляет 40 %. Норма это или патология?

#### Задача № 14

Ребенку 1 год. В лейкоцитарной формуле найдено 60 % лимфоцитов. Патология ли это?

#### Задача № 15

В лейкоцитарной формуле ребенка выраженный сдвиг влево, в сторону молодых форм нейтрофилов. Обязательно ли это связано с наличием воспалительного процесса в организме ребенка.

#### Задача № 16

У ребенка 2 лет в крови эритроцитов  $6 \times 10^{12}/л$ , гематокрит 60 %. Дайте заключение.

#### Задача № 17

У новорожденного ребенка на второй день после рождения время свертывания крови равно 7 минутам. Норма ли это?

### Задача № 18

Каково общее количество крови у ребенка в возрасте 11 месяцев с массой тела 12 кг?

### Задача № 19

У 6 месячного ребенка при анализе крови обнаружена концентрация гемоглобина 110 г/л, а количество эритроцитов  $3,7 \times 10^{12}/л$ . Ваше заключение?

### Задача № 20

У годовалого ребенка тяжелая степень рахита, в плазме крови снижено содержание кальция. Может ли это влиять на свертывание крови и почему?

### Ответы к тестовым заданиям

1. – 2
2. – 3
3. – 2
4. – 2
5. – 3
6. – 4
7. – 2
8. – 4
9. – 2
10. – 3
11. – 4
12. – 2
13. – 2
14. – 2
15. – 2
16. – 2
17. – 4
18. – 4
19. – 1
20. – 3
21. – 2
22. – 3
23. – 1
24. – 2
25. – 1
26. – 1

## Ответы к ситуационным задачам

### Задача № 1

Могут, если у родителей O (I) и AB (IV) группы крови.

### Задача № 2

Кровь принадлежит новорожденному ребенку.

### Задача № 3

У новорожденного количество крови составляет 15 % от веса тела. Следовательно, у ребенка весом 4 кг будет 600 мл крови.

### Задача № 4

Уменьшение количества эритроцитов наблюдается в 4–6-месячном возрасте, что связано с недостатком железа.

### Задача № 5

Ребенку больше 2 лет.

### Задача № 6

Ребенок здоров.

### Задача № 7

Желтуха у новорожденного может быть за счет гемолиза эритроцитов в результате резус-конфликта матери и плода. Это предположение можно проверить анализом крови ребенка и матери на резус-фактор.

### Задача № 8

Неверно. Таблицу следует составить так:

Возраст	Эр $\times 10^{12}/л$	НЬ г/л	Лейк. $\times 10^9/л$	СОЭ мм/ч
1 день	6,0	230	30	2–4
1 месяц	4,0	110	15	3–4
1 год	4,5	100	12	4–10

### Задача № 9

Кровь принадлежит новорожденному ребенку.

### Задача № 10

В этом случае можно ожидать кровь B(III) и O (I) группы.

### Задача № 11

Старше тот ребенок, у которого белка 74 г/л. У детей до 3–4 лет общее количество белков плазмы крови понижено.

### Задача № 12

Первый перекрест кривой содержания лимфоцитов и нейтрофилов в периферической крови (увеличение процентного содержания лимфоцитов и снижение процентов нейтрофилов) наступает на первой неделе жизни. В этом возрасте количество нейтрофилов и лимфоцитов одинаково и равно около 43 %.

### Задача № 13

Норма, так как между 5 и 7 годами жизни у ребенка совершается второй лейкоцитарный перекрест и количество лимфоцитов и нейтрофилов уравнивается. Затем число лимфоцитов падает до 25–30 %, а содержание нейтрофилов увеличивается до 60–70 %.

### Задача № 14

Нет, так как для ребенка 2-го года жизни такое содержание лимфоцитов в крови является нормой.

### Задача № 15

Нет. Левый сдвиг лейкоцитарной формулы у здоровых детей связан с большей, чем у здоровых, скоростью продукции клеток белого ряда в костном мозге.

### Задача № 16

В двухлетнем возрасте нормальное количество эритроцитов  $4,5 \times 10^{12}/л$ , гематокрит 34–35 %. В данном случае наблюдается выраженный эритроцитоз и сгущение крови, что может быть связано с большой потерей жидкости организмом.

### Задача № 17

Время свертывания крови соответствует норме.

### Задача № 18

Объем крови у ребенка к концу 1 года жизни составляет около 10 % веса тела. В данном случае около 1,2 литра.

### Задача № 19

Показатели крови соответствуют возрастной норме.

### Задача № 20

Свертываемость крови понизится, так как кальций является активным и необходимым компонентом гемостаза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н. А., Смирнов В. М. Нормальная физиология: учебник. М.: Медицина, 2011. 519 с.
2. Атлас по нормальной физиологии / под ред. Н. А. Агаджаняна. М.: МИА, 2007. 478 с.
3. Власова И. Г., Чеснокова С. А. Регуляция функций организма: Физиологический справочник. М., 1998.
4. Мельниченко Е. В. Возрастная физиология: хрестоматия для теоретического изучения «возрастная физиология», Часть 1. Симферополь, 2003.
5. Нормальная физиология: учебник / под ред. Б. И. Ткаченко. М.: Медицина, 2005.
6. Нормальная физиология: ситуационные задачи и тесты: учебное пособие / под ред. К. В. Судакова. М.: МИА, 2007. 245 с.
7. Судаков К. В. Физиология: Основы и функциональные системы (курс лекций). М.: Медицина, 2000. 781 с.
8. Физиология в рисунках и таблицах: учебное пособие / под ред. В. И. Смирнова. М.: МИА, 2007. 453 с.
9. Физиология человека: задачи и упражнения: учебное пособие / под ред. Ю. И. Савченкова. Ростов н/Д, 2007. 155 с.
10. Типовые тесты по нормальной физиологии: учебное пособие / под ред. Н. Н. Алипова и В. М. Смирнова. М.: МИА, 2014. 102 с.
11. Физиология человека: атлас динамических систем / под ред. К. В. Судакова. М.: ГЕОТАР-Медия, 2015. 416 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ КРОВИ У ДЕТЕЙ.....	3
Основополагающий материал .....	3
Вопросы для самоконтроля .....	15
Тестовые задания .....	16
Ситуационные задачи .....	21
Ответы к тестовым заданиям .....	24
Ответы к ситуационным задачам .....	25
ЛИТЕРАТУРА .....	27

*Анэс Гургенович Зарифьян,  
Аида Канатбековна Нартаева*

## **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ КРОВИ У ДЕТЕЙ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *А.И. Шевченко*  
Компьютерная верстка *Ю.Ю. Юдаковой*

Подписано в печать 20.10.15. Формат 60x84<sup>1/16</sup>  
Офсетная печать. Объем 1,75 п.л.  
Тираж 100 экз. Заказ 284.

Отпечатано в типографии КРСУ  
720048, г. Бишкек, ул. Горького, 2