



## КРОВЕТВОРЕНИЕ В АСПЕКТЕ ФИЗИОЛОГИИ

**Бабаджанова Феруза Абдумаликовна**

Старший преподаватель кафедры Фармакологии и физиологии  
Ташкентского Педиатрического Медицинского Института. г.  
Ташкент.

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.10077826>

### ARTICLE INFO

Received: 02<sup>nd</sup> November 2023

Accepted: 06<sup>th</sup> November 2023

Online: 07<sup>th</sup> November 2023

### KEY WORDS

*Клетки, жизнь, ребенок,  
новорожденный, аспект.*

### ABSTRACT

*В нашей работе рассмотрены аспекты возрастной физиологии кроветворения на основе литературного анализа.*

**Кроветворением**, или **гемопозом**, называется непрерывный процесс образования клеток крови. Все клетки крови – эритроциты, лейкоциты и тромбоциты – возникают из гемопоэтических стволовых клеток в ходе дифференцировки (то есть приобретения той или иной из возможных «специализаций») и созревания (то есть развития незрелых форм в более зрелые).

Срок жизни клеток крови ограничен. Постоянно происходит отмирание «старых» клеток: так, срок жизни эритроцитов составляет 3-4 месяца, тромбоцитов – около недели, а большинства лейкоцитов – считанные дни. Чтобы «восполнить» эти потери, у здорового взрослого человека ежедневно вырабатывается порядка 500 миллиардов новых клеток крови.

Основной кроветворный орган человека – костный мозг. Однако в созревании и «обучении» таких клеток, как лимфоциты, принимают участие и другие органы – тимус, лимфоузлы, селезенка, лимфоидные образования кишечной стенки и т.д.

Как отмечено в литературных источниках, что количество крови в организме человека меняется с возрастом. Общее количество крови у взрослого человека 4 – 6 литров (у мужчин в среднем около 5,4 л, у женщин – около 4,5 л). По абсолютным значениям количество крови у детей меньше (что связано с небольшим объемом тела), в то время как на 1 кг массы тела в детском организме крови больше. Это объясняется более высоким уровнем обмена веществ, связанным с интенсивными процессами роста и развития. Так относительно массы тела у новорожденных количество крови составляет 14,7% (1/8 веса тела), у детей 58 одного года – 10,9% (1/10 веса тела), у подростков и взрослых – 7-8 % (1/14 веса тела). У мальчиков, как правило, количество крови несколько больше, чем у девочек. У новорожденных плотность (удельный вес) крови несколько выше (1,060 – 1,080), чем у детей более старших возрастов. Установившаяся с первых месяцев жизни плотность крови (1,052 – 1,063) сохраняется до конца жизни с небольшими колебаниями у взрослых и составляет в среднем 1,055 –



1,062 для мужчин и 1,050 – 1,056 для женщин. Относительная вязкость крови велика в первые дни постнатального периода в основном из-за увеличения числа эритроцитов. К концу первого месяца жизни вязкость снижается и остается затем на более или менее постоянном уровне. У новорожденных в возрасте 3-5 дней вязкость крови порядка 10,0 – 14,8 усл. ед., что в 2-3 раза превышает показатели взрослого человека. Постепенно снижаясь, она достигает к концу первого месяца обычных цифр – в среднем 4,6 усл. ед. Данный показатель зависит от пола: у девочек средняя величина относительной вязкости крови составляет 4,58, у мальчиков – 4,6 усл. ед. В пожилом и старческом возрасте относительная вязкость крови составляет в среднем 4,5 при колебаниях в диапазоне 3,5 – 5,4 усл. ед. Относительная вязкость сыворотки крови у детей всех возрастов (после периода новорожденности) составляет в среднем 1,88 усл. ед.

Количество эритроцитов в 1 мм<sup>3</sup> крови новорожденных колеблется в довольно широких пределах: от 4,50 млн. до 7,20 млн. (в среднем 5,80 млн.). Наибольшее число эритроцитов наблюдается в первые часы жизни (7,20 млн.); затем их количество быстро понижается (6,20 млн.), и к 12-му дню жизни достигает относительной нормы (4,98 млн.). У недоношенных новорожденных детей общее количество эритроцитов колеблется в пределах от 7,225 млн. до 4,450 млн. в 1 мм<sup>3</sup>. Диаметр эритроцитов у новорожденных колеблется в пределах от 3,25 до 10,25 мкм. У детей в возрасте 1-3 лет количество эритроцитов в среднем составляет 3,07 – 5,00 млн.; 4-6 лет – 3,70 – 4,50 млн.; 7-12 лет – 4,00 – 4,70 млн. У детей от 1 до 2 лет наблюдаются большие индивидуальные колебания в числе красных кровяных телец. Подобный широкий размах в индивидуальных данных отмечается также от 5 до 7 лет и от 12 до 14 лет, что, по-видимому, находится в прямой зависимости с периодами ускоренного роста. У лиц пожилого и старческого возраста отмечается снижение числа эритроцитов в среднем до 3,80 – 4,00 млн. (Табл. 5) Гематокрит (процентное содержание эритроцитов) у новорожденных составляет 45-65%, у детей 1-6 лет – 33- 42%, у детей 7-12 лет 34-40%, у взрослых – 41-43% для женщин и 44-46% для мужчин. Что касается гемоглобина, то в период утробной жизни у плодов в первые 6 месяцев имеется особый «фетальный» (плодный) гемоглобин (HbF). С 7-месячного 61 возраста появляется «щелочно-устойчивый» гемоглобин, сохраняющийся у детей до 3 лет, а затем сменяющийся «взрослым» гемоглобином (HbA). Гемоглобин плода имеет более высокое сродство к кислороду, чем гемоглобин матери. Кривая диссоциации оксигемоглобина плода человека сдвинута в сторону более низких величин pO<sub>2</sub> по сравнению кривой диссоциации оксигемоглобина матери. Эти особенности гемоглобина плода обеспечивают необходимое в условиях внутриутробной жизни снабжение тканей кислородом. Для детей периода новорожденности характерно повышенное содержание гемоглобина. Содержание гемоглобина в крови новорожденных колеблется в пределах 145-225 г/л (87-135 г% по Сали). Однако, начиная с первых суток постнатальной жизни, количество гемоглобина постепенно падает. Наиболее резко индивидуальные колебания выражены в период от момента рождения до 1,5 суток, а также у детей от 5 до 5,5 суток. Количество гемоглобина у детей первого года снижается к 5-6 месяцу жизни (до 142 г/л) и возрасте 1-3 года.



Количество лейкоцитов и их соотношение также изменяется с возрастом. Количество лейкоцитов у ребенка первых дней жизни, больше чем у взрослых, и в среднем колеблется в пределах 10-20 тысяч в 1 мм<sup>3</sup>. Затем число лейкоцитов начинает падать. Иногда наблюдается второй небольшой подъем между 2-м и 9-м днями жизни. Как и для эритроцитов, существуют широкие пределы колебания числа лейкоцитов в первые дни постнатальной жизни – от 4,6 тыс. до 30,0 тыс. Характерным в картине лейкоцитов у детей этого периода раннего онтогенеза является следующее: 1) нарастание количества лейкоцитов в течение первых часов жизни (что объясняется рассасыванием продуктов распада тканей ребенка, тканевых кровоизлияний, возможных во время родов); в момент рождения количество лейкоцитов составляет 19,6 тыс., через 6 часов – 20,0 тыс., через 24 часа – 30,0 тыс., а через 48 часов – 19,0 тыс. в 1 мм<sup>3</sup>; 2) наивысший подъем кривой лейкоцитов – на 2-е сутки; 3) предельное падение кривой – на 5-е сутки. К 7-м суткам число лейкоцитов приближается к верхней границе нормы взрослых (8,0 – 11,0 тыс.). У детей 1-3 лет количество лейкоцитов в периферической крови колеблется в пределах 7,0-11,5 тыс.; в 4-6 лет их количество равно 6,1-10,5 тыс.; в 7-12 лет – 4,8-9,0 тыс., то есть соответствует количеству лейкоцитов у взрослых (4,0-9,0 тыс.).

Специалистами утверждён тот факт, что кроветворение у человека начинается в конце 2-й – начале 3-й неделе эмбриогенеза в стенке желточного мешка (эмбриональный гемопоэз), где впервые появляются кровяные островки. В этих островках из мезенхимных клеток образуются стволовые клетки, которые интраваскулярно (внутри сосудов) дифференцируются в клетки крови. После редукции желточного мешка (начиная с 7 – 8-й недели эмбрионального развития) кроветворение продолжается в печени, которое продолжается до конца внутриутробного периода. В эмбриональный период в течение короткого времени кроветворение происходит также в селезенке и лимфатических узлах. Кроветворение в костном мозге, который закладывается на 2-м месяце эмбрионального развития, начинается на 12-й неделе эмбриогенеза и продолжается в течение всей жизни человека. Кроветворным органом у человека после его рождения является костный мозг.

Кроветворение начинается на ранних стадиях эмбрионального развития и последовательно происходит в желточном мешке, печени, селезенке и костном мозгу. Эти органы в течение эмбрионального развития сменяют друг друга так, что ко времени затухания кроветворения в одном начинает функционировать другой и т. д. Этапность кроветворения отражает изменения обмена веществ в развивающемся организме. (Н. М. Пестова, 1962). Первоначальное кроветворение развивается на 2—3-й неделе во внезародышевого мешка, мезенхиме желточного мешка, где обособляются кровяные островки и клетки мезенхимы теряют отростки, округляются и преобразуются первичные кровяные клетки - гемоцитобласты. Клетки, которые ограничивают эти островки, уплощаются, соединяются между собой и образуют стенку сосуда. В сосудах желточного мешка гемоцитобласты митотически размножаются и большинство из них превращается в первичные эритробласты, преобразующиеся, в конце концов, в первичные эритроциты или мегалоциты.



А также авторами отмечено, что одновременно с развитием эритроцитов возникают гранулоциты - нейтрофилы и эозинофилы. Они образуются из гемоцитобластов, располагающихся вокруг стенок сосудов, т. е. экстравакулярно. Число гранулоцитов на ранних этапах развития зародыша очень незначительно. С атрофией желточного мешка постепенно прекращается и кроветворная функция сосудов. На смену ей приходит кроветворение в печени.

Кровеносные сосуды претерпевают существенные изменения в течение онтогенеза человека. У новорожденного ребенка артерии сформированы полностью. После рождения ребенка по мере увеличения возраста окружность, диаметр, толщина стенок артерий и их длина увеличивается, достигая окончательных размеров к 12 – 14 годам. Изменяются также уровень отхождения артериальных ветвей от магистральных артерий, и даже тип их ветвления. Начиная с 40 – 45 лет внутренняя оболочка артерий постепенно утолщается, изменяется строение эндотелиоцитов, появляются атеросклеротические бляшки, стенки склерозируются, просвет сосудов уменьшается. Относительно конкретных артерий известно, что у людей всех возрастов диаметр левой венечной артерии больше диаметра правой венечной артерии, однако наиболее существенные различия в диаметре этих артерий отмечаются у новорожденных и детей 10 – 14 лет. Диаметр аорты у взрослого человека в 4,5 раза больше, чем у новорожденного. Диаметр общей сонной артерии у детей раннего возраста равен 3 – 6 мм, а у взрослых составляет 9 – 14 мм; диаметр подключичной артерии наиболее интенсивно увеличивается от момента рождения ребенка до 4 лет. В первые 10 лет жизни наибольший диаметр из всех мозговых артерий имеет средняя артерия. В раннем детском возрасте артерии кишечника почти все одинакового размера. Разница между диаметром магистральных артерий и диаметром их ветвей 2-го и 3-го порядка вначале невелика, однако, по мере увеличения 86 возраста ребенка, эта разница также увеличивается. Диаметр магистральных артерий растет быстрее, чем диаметр их ветвей. В течение первых 5 лет жизни ребенка диаметр локтевой артерии увеличивается более интенсивно, чем лучевой, но в дальнейшем диаметр лучевой артерии преобладает. Толщина стенок восходящей аорты растет очень интенсивно до 13 лет, а толщина стенок общей сонной артерии стабилизируется после 7 лет. Интенсивно возрастает площадь просвета восходящей аорты с 23 мм<sup>2</sup> у новорожденных до 107 мм<sup>2</sup> у 12-летних, что согласуется с увеличением размеров сердца и сердечного выброса крови. Длина артерий возрастает пропорционально росту тела и конечностей. Например, длина восходящей части аорты к 50 годам увеличивается в 4 раза, при этом длина грудной части нарастает быстрее, чем брюшной. Артерии, кровоснабжающие мозг, наиболее интенсивно развиваются до 3–4-летнего возраста, по темпам превосходя другие сосуды. Наиболее быстро растет в длину передняя мозговая артерия. С возрастом удлиняются также артерии, кровоснабжающие внутренние органы, и артерии верхних и нижних конечностей. Так, у новорожденных детей грудного возраста нижняя брыжеечная артерия имеет длину 5 – 6 см, а у взрослых – 16 – 17 см. Уровни отхождения ветвей от магистральных артерий у новорожденных и детей, как правило, располагаются проксимальнее, а углы, под которыми отходят эти сосуды, у детей больше, чем у взрослых. Меняется также радиус кривизны дуг, образуемых сосудами.



Например, у новорожденных и детей до 12 лет дуга аорты имеет больший радиус кривизны, чем у взрослых. Пропорционально росту тела и конечностей и соответственно увеличению длины артерий происходит 87% частичное изменение топографии этих сосудов. Чем старше человек, тем ниже располагается дуга аорты. У новорожденных дуга аорты выше уровня I грудного позвонка, в 17 – 20 лет она находится на уровне II, в 25 – 30 лет - на уровне III, в 40 – 45 лет – на уровне IV грудного позвонка, у пожилых и старых людей на уровне межпозвоночного диска между IV и V грудными позвонками. Изменяется также топография артерий конечностей. Например, у новорожденного проекция локтевой артерии соответствует переднемедиальному краю локтевой кисти. С возрастом локтевая и лучевая артерии перемещаются по отношению к срединной линии предплечья в латеральном направлении. У детей старше 10 лет эти артерии располагаются и проецируются так же, как и у взрослых. Проекция бедренной и подколенной артерий в первые годы жизни ребенка также смещается в латеральном направлении от срединной линии бедра. При этом проекция бедренной артерии приближается к медиальному краю бедренной кости, а проекция подколенной артерии к срединной линии подколенной ямки. Наблюдается изменение топографии ладонных артериальных дуг. Поверхностная ладонная дуга у новорожденных и детей младшего возраста располагается проксимальнее середины II и III пястных костей, у взрослых она проецируется на уровне середины III пястной кости. По мере увеличения возраста происходит также изменение типа ветвления артерий. Так, у новорожденных тип ветвления венечных артерий рассыпной, к 6 – 10 годам формируется магистральный тип, который сохраняется на протяжении всей жизни человека. Зарубежными и отечественными авторами установлено, что формирование, рост, тканевая дифференцировка сосудов внутриоргана кровеносного русла (мелких артерий и вен) в различных органах человека протекают в онтогенезе неравномерно. Стенки артериального отдела 88 внутриорганных сосудов, в отличие от венозного, к моменту рождения имеют три оболочки: наружную, среднюю и внутреннюю. Наиболее существенные преобразования структур стенок артерий происходят в раннем (1 – 3 года) и втором (8 – 12 лет) детстве. После рождения увеличиваются длина внутриорганных сосудов, их диаметр, количество межсосудистых анастомозов, число сосудов на единицу объема органа. Наиболее интенсивно протекает этот процесс также на первом году жизни и в период от 8 до 12 лет. Кровеносные сосуды к моменту рождения снабжены специальными механизмами, регулирующими кровоток. Один из таких механизмов - прекапиллярные сфинктеры, которые представляют собой скопление гладких мышечных клеток в устье капилляров. Возрастные изменения микроциркуляторного русла у человека в разных органах и тканях протекают в зависимости от времени становления структур этих органов.

Таким образом в конце литературного обзора можно сказать, что важное значение в регуляции кроветворения, особенно при экстремальных воздействиях, принадлежит также гуморальным факторам сыворотки крови, в частности, гормонам надпочечников, пептидам, эйказаноидам и другим эндогенным биологически активным веществам.



## References:

1. Антонова, О. А. Возрастная анатомия и физиология: пособие для сдачи экзамена / О. А. Антонова. - М. : Высш. образование, 2006. - 189 с.
2. Безруких М.М. Возрастная физиология (физиология развития ребенка) : учеб. пособие для вузов рек. УМО по спец. пед. образования / М. М. Безруких, В. Д. Сонькин, Д. А. Фарбер. - М. : Академия, 2003. – 412 с.
3. Г. В. Шумихина, В. М. Чучков, Л. И. Растегаева [и др.].- Возрастная анатомия, физиология и гигиена : учеб. пособие для вузов рек. Координац. УМС по анатомии и гистологии МЗ РФ / - 3-е изд., доп. – Ижевск, 2005. - 179 с.
4. Ермолаев Ю.А. Возрастная физиология : учеб. пособие для вузов рек. Гос. ком. РФ по физ. культуре и спорту / Ю.А. Ермолаев. - М. : СпортАкадемПресс, 2001. – 443 с.
5. Есаков С.А. Руководство к лабораторным занятиям по курсу «Возрастная анатомия и физиология»/УдГУ. Ижевск, 2004. – 87 с.
6. Илюхин А.В., Бурковская Т.Е. Цитокинетическая оценка эритропоза при длительных орбитальных полетах. Косм. биол. и авиакосм, мед., 1981, т. 6, стр. 42-46.
7. Кейлис-Борок И.В., Лациник Н.В., Епихина С.Ю., Фриденштейн А.Я. Динамика образования колоний фибробластов в монослойных культурах костного мозга по данным включения 3Н-тимидина. Цитология, 1971, т. 13, стр. 1402-1411.
8. Кузин А.М. Роль природного радиоактивного фона и вторичного биогенного излучения в явлениях жизни. М, «Наука», 2002, 79 стр.
9. Лациник Н.В., Епихина С.Ю. Адгезивные свойства клеток кроветворной и лимфоидной ткани, образующих колонии фибробластов в монослойных культурах. Бюлл. эксперим. биол., 1973, № 12, стр. 86-90.
10. Лилли Р. Патогистологическая техника и практическая гистохимия. М., «МИР», 1969, 645 стр.
11. Макеева В.Ф., Комолова Г.С., Серова Л.В. и др. Активность деполимераз ДНК в селезенке крыс после полета на спутнике «Космос-605». Космич. биол. авиакосм, мед., 1976, т. 17, №3, стр. 32-36.
12. Gritti A., Bonfanti L., Doetsch F. et al. Multipotent Neural Stem Cells Reside into the Rostral Extension and Olfactory Bulb of Adult Rodents // J. Neuroscience. 2002. V. 22. P. 437—445.
13. In't Anker P.S., Noort W.A., Scherjon S.A. et al. Mesenchymal stem cells in human second-trimester bone marrow, liver, lung, and spleen exhibit a similar immunophenotype but a heterogenous multilineage differentiation potential // Haematologica. 2003. V. 88. P. 845—852.
14. Li C., Jackson R.M. Reactive species mechanisms of cellular hypoxia-reoxygenation injury // Am. J. Physiol. Cell Physiol. (USA). 2002. V. 282. № 2. P. 227—241.
15. Owen M., Friedenstein A.J. Stromal stem cells: marrowderived osteogenic precursors // Ciba Found Symp. 1988. V. 136. P. 42—60.
16. Sakata S., Enoki Y., Ueda M. Relationships between erythropoietin and erythroid colony-stimulating activity in mouse plasma // Zool. Sci. 1992. V. 9. № 6. P. 1251.