

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 57.017.3

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ ПОЛОСАТОЙ ЯЩЕРИЦЫ (*LACERTA STRIGATA*) ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТ ОБИТАНИЯ В ДАГЕСТАНЕ

А. И. Рабаданова, Р. И. Магомедкамилова
Дагестанский государственный университет

В статье изучены морфофизиологические показатели эритроцитов особей полосатой ящерицы (*Lacerta strigata*), обитающих на территории Терско-Сулакской и Приморской низменностей Дагестана. Приведено сравнение общего количества эритроцитов и гемоглобина, а также цитоморфологических особенностей эритроцитов в зависимости от места обитания. Показано, что у особей полосатой ящерицы, отловленных на территории Терско-Сулакской низменности, больше общее количество, линейные размеры (длина, ширина, диагональ) и геометрические показатели (площадь, объем, сферичность) эритроцитов, по сравнению с этими же показателями эритроцитов у особей из Приморской низменности. Общее же количество гемоглобина, а также среднее его содержание в эритроцитах выше у особей полосатой ящерицы, обитающих на территории Приморской низменности.

Morphologic indicators of erythrocytes of individuals of the striped lizard (*Lacerta strigata*) inhabiting the territory of the Tersk-Sulak and Coastal Lowlands of Daghestan have been studied. The comparison is made between the total number of erythrocytes and hemoglobin, as well as the cytomorphological features of erythrocytes, depending on the habitat. It is shown that the total number, linear dimensions (length, width, diagonal) and geometric parameters (area, volume, sphericity) of erythrocytes are larger in individuals of the striped lizard caught in the territory of the Tersk-Sulak Lowland, in comparison with these erythrocyte indices in individuals from the Coastal Lowland. The total amount of hemoglobin, as well as its average content in erythrocytes, is higher for the individuals of the striped lizard living in the territory of the Coastal Lowland.

Ключевые слова: полосатая ящерица, кровь, эритроциты, экологическая физиология, гемоглобин.

Keywords: striped lizard, blood, erythrocytes, ecological physiology, hemoglobin.

Как известно, кровь достаточно оперативно реагирует на разнообразные раздражения из внешней среды, адаптируя организм к условиям обитания. Высокая видовая специфичность гематологических показателей и узкие пределы их колебаний позволяют использовать их в качестве физиологических маркеров состояния организма и его адаптации к условиям обитания. Исследования параметров крови различных видов рептилий позволяют давать оценку их физиологического состояния как на организменном, так и популяционном уровне [1]. Поскольку рептилии наиболее чувствительны к параметрам внешней среды, важным представляется изучение их крови при разных условиях обитания, в том числе и при различных физиологических состояниях. Существует много факторов внутренней и внешней среды, к которым чувствительны параметры крови рептилий [2, 3].

В исследованной нами литературе представлены данные, касающиеся в основном морфологии форменных элементов крови рептилий. В частности, описан морфологический состав крови черепах [4–6], ящериц, змей [4, 7–9], дано описание закономерностей развития роговых щитков панциря черепах [10]. Исследованию физиологических параметров крови посвящены единичные работы [11–13]. В доступной нам литературе отсутствуют данные, описывающие морфологию и физиологические параметры крови полосатой ящерицы (*Lacerta strigata*).

Между тем, данный вид ящериц является широко распространенным в низменных и предгорных районах Дагестана, где обитает в различных условиях, в связи с чем изучение параметров ее крови весьма актуально.

Вышеизложенное определило цель нашей работы – изучить зависимость показателей крови полосатой ящерицы (*Lacerta strigata*) от условий ее обитания.

Объект и методы исследования

Объектом исследования послужили половозрелые особи полосатой ящерицы *Lacerta strigata* (Elchwald, 1831). Для исследования были отловлены 46 особей полосатой ящерицы (20♀ и 26♂) на территории Терско-Сулакской (окрестности с. Калиновка, г. Кизляра) и Приморской (окрестности с. Самур, с. Ерси, г. Дербент) низменностей.

Выбор объекта исследования связан с его относительной доступностью и недостаточностью изученности его физиологии.

Таблица 1. Места отлова полосатой ящерицы (*Lacerta strigata*) на территории Дагестана

Место отлова		♀	♂
Терско-Сулакская низменность	с. Калиновка (Тарумовский район)	5	6
	г. Кизляр	4	4
Приморская низменность	с. Приморск (Магарамкентский район)	4	5
	с. Ерси (Табасаранский район)	3	5
	г. Дербент	4	6

Кровь у ящериц брали путем прокола хвостовой вены, которая проходит дорсовентрально к основанию хвоста. После тщательной дезинфекции кожу прокалывали по середине хвоста иглой диаметром до 1,8 мм под углом 45° и далее вводили до кости. После взятия крови ящериц возвращали в место отлова.

В крови определяли качественные и количественные показатели эритроцитов. Общее количество эритроцитов подсчитывали в счетной камере Горяева с использованием 2% -ного раствора NaCl [14].

Гемоглобин определялся с использованием стандартного набора Гемоглобин (Ольвекс Диагностикум). Измерения проводили на ФЭК при длине волны 540 нм.

Цитоморфологические особенности эритроцитов определяли по фотографиям мазков с использованием программы ImageJ2.

Геометрические параметры эритроцитов рассчитывались по следующим формулам:

$$V = \frac{1}{3} \pi a b^2, T = \frac{\pi b}{4}, E = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} [15],$$

где V – объем, T – толщина, E – сферический индекс, a – длинная полуось, b – короткая полуось эллипса.

Полученные данные подвергали вариационно-статистической обработке по методу малой выборки [16].

Физико-географическая характеристика районов исследований

Для Терско-Сулакской низменности характерен переходный климат полупустынь умеренного пояса с умеренно-мягкой зимой к климату степей умеренного пояса с умеренно-мягкой зимой. Район Терско-Сулакской низменности имеет густую гидро-

графическую сеть – рукава дельты Терека и многочисленные оросительные каналы, что отражается на относительной влажности воздуха. Кроме того, на побережье сказывается увлажняющее действие моря. Поэтому здесь довольно высокая относительная влажность для Низменного Дагестана – 73%.

Летний баланс увлажнения изменяется от 270 до 320 мм. По этим показателям можно судить о переходности климата от полупустынь к степям. Лето жаркое и солнечное. Средний максимум колеблется от 29 до 31°C. Абсолютный максимум достигает 34°C в прибрежной полосе и до 36°C на западе.

Для Приморской низменности характерен климат полупустынь умеренного пояса с мягкой зимой к климату степей субтропического пояса. Этот район значительно влажнее всех остальных районов из-за влияния глубокого Среднего Каспия и густой гидрографической сети. Баланс увлажнения летом изменяется от –320 до –300 мм, и продолжает уменьшаться за пределами Дагестана. Лето жаркое. Средний максимум июля составляет 28°C, а абсолютные максимумы составляют 33,5°C. Осадков летом выпадает 15–18% от годовой суммы, но относительная влажность довольно высокая – 70–71%. Осень теплая. Осадков выпадает около 40% от годового количества, т.е. больше, чем в другие сезоны. Зима мягкая. Средний абсолютный минимум –8,5°C. По этим показателям климат этого района еще нельзя назвать субтропическим, а только переходным. Осадков выпадает немного меньше, чем осенью, до 30% годовой суммы [17].

Результаты и их обсуждение

Результаты наших исследований по определению количественных показателей компонентов крови, ответственных за перенос кислорода, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Показатели крови полосатой ящерицы (*Lacerta strigata*), обитающей в различных районах Дагестана

Место отлова Показатели	Приморская низменность		Терско-Сулакская низменность	
	♀	♂	♀	♂
Эритроциты (10 ⁹ /л)	0,50±0,08	0,53±0,05	0,72±0,07	0,60±0,08
Гемоглобин (г/л)	63,3±2,1	90,0±3,2	46,5±2,6	47,1±3,3
ЦП	3,78±0,9	5,09±0,7	1,94±0,06	2,36±0,5
МСН	1,27±0,7	1,69±0,6	0,65±0,08	0,79±0,06

Как видно из полученных нами данных, общее количество эритроцитов выше у самок и самцов ящериц Терско-Сулакской низменности. При этом, если у особей приморских полосатых ящериц половых различий не обнаружено, то у самок Терско-Сулакской низменности содержание красных клеток выше, чем у самцов. Обратная закономерность прослеживается в отношении гемоглобина, содержание которого выше у ящериц, отловленных на юге республики. В этой же группе отмечаются и гендерные различия.

Для определения степени насыщенности гемоглобина кислородом нами был вычислен цветовой показатель (ЦП) и среднее содержание гемоглобина в эритроците (МСН). Как следует из полученных нами данных, оба показателя выше у особей Приморской низменности, особенно у самок.

Среднее содержание гемоглобина зависит от абсолютного количества гемоглобина и численности эритроцитов. Если численность данной клеточной популяции повышается, возрастает число трансформированных клеток или уменьшается содержание в них гемоглобина, то значение индекса уменьшается. Следовательно, по нашим данным, клетки тела особей ящериц Терско-Сулакской низменности получают меньшее количество кислорода по сравнению с особями Приморской низменности.

Для более детального анализа особенностей красных клеток крови нами были определены их цитоморфологические особенности. Для этого мы использовали мазки и производили расчеты с помощью программы ImageJ2. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Сравнительная характеристика средних размеров эритроцитов особей полосатой ящерицы Приморской и Терско-Сулакской низменности (*Lacerta strigata*)

Показатели эритроцитов \ Место отлова	Приморская низменность	Терско-Сулакская низменность
Общее количество эритроцитов	0,53±0,021	0,72±0,033
Длина эритроцитов	16,8±2,5	18,4±1,8
Ширина эритроцитов	9,9±1,0	10,3±1,1
Соотношение L/W	1,6±0,4	1,8±0,7
Диагональ эритроцитов	14,2±1,2	15,2±2,3
Объем (V)	941,1±20,1	946,2±15,4
Площадь поверхности (S)	154,0±6,6	194,0±3,9
S/V	0,164±0,03	0,205±0,05
Толщина	4,0±0,7	3,8±0,3
Сферичность	0,76±0,13	0,84±0,04

При исследовании крови полосатой ящерицы (*Lacerta strigata*) важное диагностическое значение имеет дифференциация зрелых эритроцитов, нормоцитов, нормобластов и эритробластов с последующим определением их количественного соотношения. В периферической крови ящериц встречались клетки эритроцитарного ряда различной степени зрелости, имеющие специфические морфологические характеристики, что помогает в процессе их идентификации.

В мазках крови особей полосатой ящерицы Приморской низменности (*Lacerta strigata*) отмечено преобладание количества нормобластов – клеток вытянутой формы с менее выраженной базофильной цитоплазмой. В меньшем количестве в их мазках крови встречаются зрелые эритроциты. Также в крови обнаруживается незначительное количество эритробластов – округлые клетки с большим ядром, содержащим ядрышки. В сравнении с эритробластами нормобласты имеют более вытянутую форму и менее выраженную базофилию цитоплазмы.

При рассмотрении мазков крови полосатой ящерицы Терско-Сулакской низменности нами отмечено более низкое содержание в них нормобластов и эритробластов и преобладание зрелых форм эритроцитов по сравнению с мазками крови особей Приморской низменности.

Повышение количества незрелых форм эритроцитов в крови особей полосатой ящерицы из Приморской низменности может свидетельствовать об активации у них эритропоэза, что можно рассматривать как реакцию на гипоксию.

Одной из наиболее важных функций эритроцитов является перенос кислорода и углекислого газа, соотношение его поверхностной зоны к размеру является определяющим фактором в обмене кислорода и углекислого газа в тканях.

С помощью программы ImageJ2 нами были измерены длина (L), ширина (W), соотношение L/W , диагональ, объем, площадь поверхности, толщина, сферичность эритроцитов.

Результаты наших исследований показали, что нет значительной разницы между размерами эритроцитов самцов и самок полосатой ящерицы, поэтому в дальнейшем мы рассматривали их особенности без учета полового признака.

Средняя длина зрелых эритроцитов особей Приморской низменности составила $16,8 \pm 2,5$ мкм, ширина – $9,9 \pm 1,0$ мкм, диагональ – $14,2 \pm 30,3$ мкм. Линейные размеры эритроцитов особей Терско-Сулакской несколько больше: средняя длина – $18,4 \pm 1,8$ мкм, ширина – $10,3 \pm 1,8$, диагональ – $15,2 \pm 2,28$ мкм.

Как видно из представленных данных, наибольшие объем и площадь поверхности имеют эритроциты особей полосатой ящерицы, отловленных на Терско-Сулакской низменности. При расчете толщины эритроцитов достоверных различий между особями сравниваемых районов не обнаружено.

Значения сферичности, а также соотношение L/W эритроцитов указывают на то, что красные клетки крови полосатых ящериц из Терско-Сулакской низменности имеют более удлиненную форму, поскольку чем ближе коэффициент к 1, тем более эритроциты вытянуты.

Эллипсоидная форма эритроцитов позволяет им располагаться своей длиной осью вдоль потока. Это приводит к снижению сопротивления движения крови и изменению ее некоторых физико-химических свойств, способствующих улучшению гемодинамики и кислороднотранспортной функции. По нашим данным, эти функции хуже выражены у особей полосатой ящерицы, отловленных на территории Приморской низменности.

Известно, что форма эритроцитов и их реологические свойства (деформабельность и способность к агрегации) играют важную роль в транспорте респираторных газов. Стабильность и деформабельность мембран эритроцитов во многом зависят от формы клеток (отношения площади поверхности к объему – S/V) [15]. Исходя из полученных нами данных по определению данного соотношения (табл. 3) очевидно, что эритроциты полосатой ящерицы из Приморской низменности обладают меньшей деформабельностью, что может быть связано с увеличением среднего содержания гемоглобина в них и вязкости внутриклеточного содержимого.

Исходя из сравнительного анализа морфологии эритроцитов разных популяций полосатой ящерицы, можно отметить, что красные клетки крови ящериц Терско-Сулакской низменности имеют большие размеры по сравнению с Приморской. По этим цифрам можно судить о размерах капилляров тела животного. Очевидно, что у северных объектов размеры капилляров крупнее по сравнению с приморскими.

Меньшие размерные характеристики эритроцитов ящериц из Приморской низменности может указывать на увеличение содержания кислорода. Известно, что в

эритроцитах, имеющих шарообразную форму и заполненных гемоглобином, дыхательную функцию осуществляет преимущественно только тот гемоглобин, который находится в примембранной области, поскольку газы не успевают проникнуть в толщу эритроцита. Получается, что часть гемоглобина не участвует в транспорте газа и эритроциты носят его впустую. При уменьшении размеров эритроцитов суммарный объем гемоглобина, транспортирующего газы в крови, увеличивается, поэтому и содержание кислорода в ней может быть больше, чем, если бы этот гемоглобин находился в крупных клетках. Таким образом, мелкий эритроцит обеспечивает возможность большей скорости обмена, чем больший. Наши результаты согласуются с результатами исследования иранских ученых, которые указывают на то, что у семейств ящериц самые маленькие эритроциты из всех рептилий [1].

Однако, как следует из наших данных, адаптация полосатой ящерицы Терско-Сулакской низменности сопровождается повышением количества красных клеток крови. Это может свидетельствовать об адаптации к возможной гипоксии в зимовальных убежищах, особенно в состоянии скученности [8]. Кроме того, известно, что особенностью гемопоэза рептилий является сезонность. Весной после выхода из зимней спячки наблюдается резкая вспышка эритропоэза в костном мозге. К осени происходит его постепенное затухание, а зимой эритропоэз прекращается полностью. Возможно, более высокое содержание эритроцитов и гемоглобина у особей северного района связано с их более поздним выходом из спячки.

Имеются данные [18, 19], свидетельствующие о наличии зависимости количества гемоглобина, гематокрита, эритроцитов и белков эктотермных организмов от качества окружающей среды. В зоне интенсивного промышленного загрязнения эти показатели выше.

Кроме того, отмеченные изменения могут быть также связаны с линейно-весовыми параметрами изученных особей.

По нашим данным, у полосатой ящерицы из северных районов индекс соотношения между величиной массы тела (мг) и кубом линейных размеров (см³) меньше по сравнению с таковым у полосатой ящерицы из южного района.

Наиболее яркая зависимость между климатическими (температурными) условиями и морфологией организмов была отмечена Бергманном еще в середине прошлого столетия. Правило Бергманна заключается в том, что пойкилотермные организмы, близкие в систематическом отношении, по мере удаления от полюсов к экватору становятся крупнее, а гомойотермные — мельче. Увеличение размеров пойкилотермных организмов в связи с более высокой температурой обитания не находит простого объяснения и обычно связывается с более интенсивным ростом этих организмов в условиях высоких температур среды, с лучшими условиями питания.

На наличие межпопуляционной изменчивости по размерам тела и эритроцитов указывают результаты исследований М.В. Арзуманян и др. [20], которые выявили связь размерных параметров тела и клеток крови с географическим местоположением выборков озерной лягушки. Данный факт авторы объясняют с позиций генетического родства и географического местоположения популяций. Однако для окончательного вывода нам необходимо провести дальнейшие исследования, направленные на выявление корреляций между размерами тела и эритроцитов рептилий.

Заключение

Приведенные данные свидетельствуют о зависимости количественных и цитоморфологических особенностей красных клеток крови полосатой ящерицы от условий обитания. Характер этой зависимости выражается в увеличении линейных размеров и геометрических характеристик эритроцитов у особей, обитающих на территории Терско-Сулакской низменности, и в увеличении содержания гемоглобина в эритроцитах у полосатых ящериц из Приморской низменности. Однако в рамках данной статьи не удалось раскрыть причину подобных изменений ввиду наличия большого количества факторов, влияющих на данные показатели. К их числу можно отнести как климатические (температура, влажность), экологические, так и антропогенные факторы. В связи с этим данная проблема требует дальнейших более детальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Morphological Observations on the Erythrocyte and Erythrocyte Size of some Gecko Species, Iran / *Mohammad Ali Salamat, Somaye Vaissi, Farajolah Fathipour, Mozafar Sharifi, Paria Parto* // *Global Veterinaria*. 2013. Т. 11, N 2. P. 248–251.
 2. Воробьева А.С., Ганцук С.В. Характеристика крови рептилий Волжского бассейна // Вопросы герпетологии : материалы Четвертого съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского. СПб.: Русская коллекция, 2011. С. 66–69.
 3. Effect of venipuncture site on hematologic and morphological observation of blood cells in ballong serum biochemical parameters in marginated tortoise (*Testudo marginiata*) / *Jorge Ramón López-Olvera; Jordi Montané; Ignasi Marco; Albert Martínez-Silvestre; Joaquim Soler; Santiago Lavín* // *J. Wild. Dis.* 2003. Vol. 39. P. 830–836.
 4. Гаско В.Я., Клименко Е.Ю. Характеристика гематологичних показників крові рептилій // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2006. Вып. 2, № 13. С. 59–63.
 5. *Kassab A., Shousha S., Fargani A.* Morphology of blood cells, liver and spleen of the Desert tortoise (*Testudo graeca*) // *The Open Anatomy Journal*. 2009. Vol. 1. P. 1–10.
 6. *Orós J.* Microscopic studies on characterization of blood cells of endangered sea turtles // *Microscopy: Science, Technology, Applications and Education A. Méndez-Vilas and J. Diaz (Eds.)*. 2010. Vol. 1. P. 75–84.
 7. Хайрутдинов И.З. Сравнительная морфология крови двух видов рептилий // Вопросы герпетологии : материалы Третьего съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского (Пушино, 9–13 октября 2006 г.). СПб., 2008. С. 415–422.
 8. Ганцук С.В., Воробьева А.С. Сравнительная характеристика периферической крови двух видов ящериц Камского Предуралья // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2009. Т. 18, № 1. С. 47–50.
 9. Some Comments of the Breeding Biology of *Pelodytes caucasicus* Boulenger, 1896 (Anura: Pelodytidae) from Uzungöl, Northeast Anatolia / *H. Arıkan, M. Tosunoğlu, M.K. Atatür, B. Göçmen* // *Turkish Journal of Zoology*. 2007. Vol. 31, Issue 1. P. 53–64.
 10. Черепанов Г.О. Закономерности развития роговых щитков панциря черепах: закономерности морфогенеза и природа аномалий // Вестн. СПбГУ. Сер. 3. 2016. Вып. 3. С. 170–173.
 11. Липунова Е.А. Физиология крови. Белгород: Изд-во Бел-ГУ, 2007. 326 с.
 12. Хайрутдинов И.З., Соколина Ф.М. Характеристика крови рептилий и ее связь с условиями среды обитания. Казань, 2010. 210 с.
 13. Hematological reference intervals of some snake species in Turkey / *M. Tosunoğlu, Ç. Gül, N. Yılmaz., H. Topçıldiz* // *Turk. J. Zool.* 2011. Vol. 35, Issue 2. P. 237–243.
-
-

14. Лабораторные работы по физиологии человека и животных / *С.И. Гуляева, А.П. Салей, М.Ю. Мещерякова, К.В. Демеш К.В.* Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. 64 с.
15. *Липунова Е.А., Скоркина М.Ю.* Система красной крови. Сравнительная физиология. Белгород: Изд-во Бел-ГУ, 2004. 235 с.
16. *Лакин Т.Б.* Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
17. *Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиев Б.С. и др.* Физическая география Дагестана. Махачкала, 1996. 382 с.
18. *Мисюра А.Н., Марченковская А.А.* Некоторые морфофизиологические и экологические особенности зеленой жабы в условиях урбанизации // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2004. Вып. 11, т. 2. С. 99–104.
19. *Залипуха И. Н., А.Н. Мисюра.* Некоторые показатели крови амфибий как биомаркеры состояния животных в различных местах обитания // Матеріали V Міжнародної наукової конференції. Дніпропетровськ: Ліра, 2009. С. 270–271.
20. Межпопуляционная изменчивость по размерам тела и эритроцитов у озерной лягушки, *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) в Армении / *М.В. Арзуманян, А.И. Варданян, И.Э. Степанян, М.С. Аракелян* // Современная герпетология: проблемы и пути их решения : материалы докл. Первой междунар. молодежной конф. герпетологов России и сопредельных стран (Санкт-Петербург, 25–27 ноября 2013 г.) / Зоологический институт РАН. СПб., 2013. С. 44–47.

Поступила в редакцию 26.12.2017 г.

Принята к печати 26.03.2018 г.