

8. Risk factors for stillbirth and foetal mummification in four Brazilian swine herds / V.F. Borges, M.L. Bernardi, F.P. Bortolozzo [et al.] // *Prev. Vet. Med.* – 2005. – Vol. 70. – P. 165–176.
9. Direct, maternal and nurse sow genetic effects on farrowing-, pre-weaning- and total piglet survival / E.F. Knol, B.J. Ducro, J.A.M. van Arendonk [et al.] // *Livest. Prod. Sci.* – 2002. – Vol. 73. – P. 153–164.
10. Between-breed variability of stillbirth and its relationship with sow and piglet characteristics / L. Canario, E. Cantoni, E. Le Bihan [et al.] // *Journal of Animal Science.* – 2006. – Vol. 84. – P. 3185–3196.
11. Cutler R.S., Fahry V.A., Spicer E.M. Prewaning mortality. *Disease of Swine.* – Iowa State University Press, 1992. – P. 842–860.
12. Factors associated with stillborn and mummified piglets in high-prolific sows / Y. Le Cozler, C. Guyomarc'h, X. Pichodo [et al.] // *Anim. Res.* – 2002. – Vol. 51. – P. 261–268.
13. Discovery of a Major Gene Associated with Litter Size in the Pig / M.F. Rothschild, D.A. Vaske, C.K. Tuggle [et al.] // <http://www.poultryscience.org/docs/pba/1952-003/1995/1995%20Rothschild.pdf>.
14. Candidate gene analysis for loci affecting litter size and ovulation rate in swine / R.C. Linville, D. Pomp, R.K. Johnson [et al.] // *Journal of Animal Science.* – 2001. – Vol. 79. – P. 60–67.



УДК 591.1:612.11

Т.Т. Старинова, И.И. Гительзон

О ВИДОВЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ЭРИТРОПОЭЗА ПОСЛЕ ОСТРЫХ ДОЗИРОВАННЫХ КРОВОПОТЕРЬ

В статье рассматриваются видовые особенности экстремального эритропоэза после острых дозированных кровопотерь у кроликов и кур. Получены количественные характеристики регенераторных процессов. Экспериментально и математически доказано, что экстремальный эритропоэз имеет видовые различия.

Ключевые слова: кровопотеря, кролик, куры, ретикулоцит, эритроцит, эритропоэз, костный мозг.

T.T. Starinova, I.I. Gitelzon

ABOUT SPECIFIC PECULIARITIES OF EXTREME ERYTHROPOIESIS AFTER ACUTE DOSE BLOOD LOSSES

The specific peculiarities of extreme erythropoiesis after acute dose blood losses in rabbits and chickens are considered in the article. The quantitative characteristics of the regenerative processes are received. It is mathematically and experimentally proved that the extreme erythropoiesis has specific differences.

Key words: blood loss, rabbit, hens, reticulocyte, erythrocyte, erythropoiesis, bone marrow.

Система красной крови выполняет одновременно две функции – транспортную и гемопозитическую. При дефиците кислородно-транспортных средств происходит переключение программы нормального эритропоэза на экстремальный со своеобразными изменениями в периферической крови.

Цель исследований. Получить сравнительные количественные характеристики регенераторного постгеморрагического эритропоэза у млекопитающих и птиц (на примере кроликов и кур), сравнить резервные эритропозитические мощности и устойчивость их кроветворных систем.

Материалы и методы исследований. Начало экспериментальным исследованиям было положено в Институте физики им. Л.В. Киренского [1], а затем в Красноярском государственном университете (ныне СФУ) [2], в процессе которых было проведено 11 серий опытов на 60 кроликах и 4 серии опытов на 31 курице.

Концентрацию эритроцитов у кроликов определяли посредством аппарата ФЭК-М, у кур – в камере Горяева. Ретикулоциты, окрашенные суправитально бриллиант-крезиловым синим, подсчитывали на 5000 эритроцитов; интенсивность эритропоэза и гемолиза, а также время созревания ретикулоцитов, определяли

по скорости созревания ретикулоцитов *in vitro*. Качественный состав эритроцитов исследовали методом кислотных и иммунных эритрограмм. Количество базофильных эритробластов определяли в окрашенных по Романовскому-Гимза мазках, рассчитывали средний объем одного эритроцита. Выведение системы крови из равновесного состояния у кроликов осуществляли путем острых дозированных кровопотерь в размере 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 % объема крови кролика, у кур – в размере 20–29, 30–39, 40–49 и более 50 % от объема крови курицы.

Результаты исследований и их обсуждение. Достоверный прирост ретикулоцитов наблюдался во всех группах анемизированных животных уже на первые сутки после кровопотери (рис. 1–2).

У кур в первые сутки после кровопотери появились две отличные от зрелых эритроцитов формы: базофильные эритробласты и ретикулоциты с базофильной цитоплазмой. Их максимум приходится на 2–3 сутки после кровопотери (рис. 1). В дальнейшем количество ретикулоцитов увеличивалось в основном за счет ортохромных эритробластов, в нормальных условиях не делящихся [3–4].

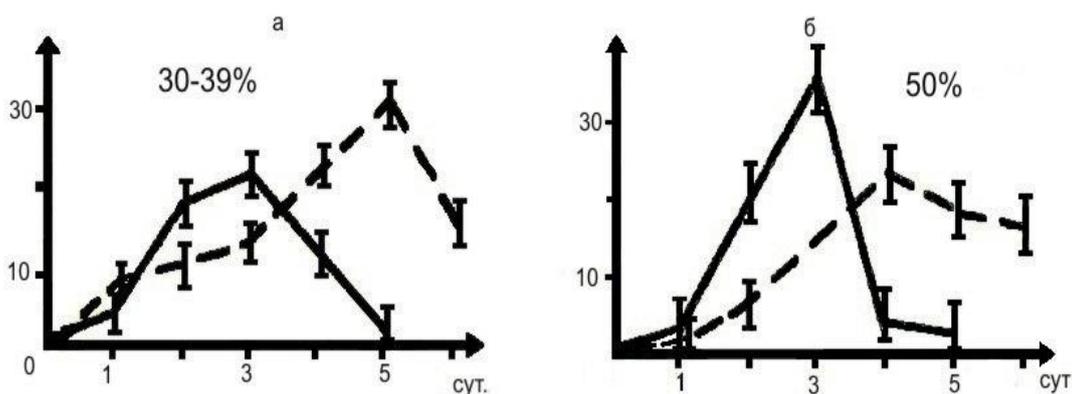


Рис. 1. Изменение процента ретикулоцитов у кур в зависимости от глубины анемизации: а – 30–39 %; б – 50 % (сплошные линии – базофильные, пунктирная – ретикулоциты, лишенные базофилии)

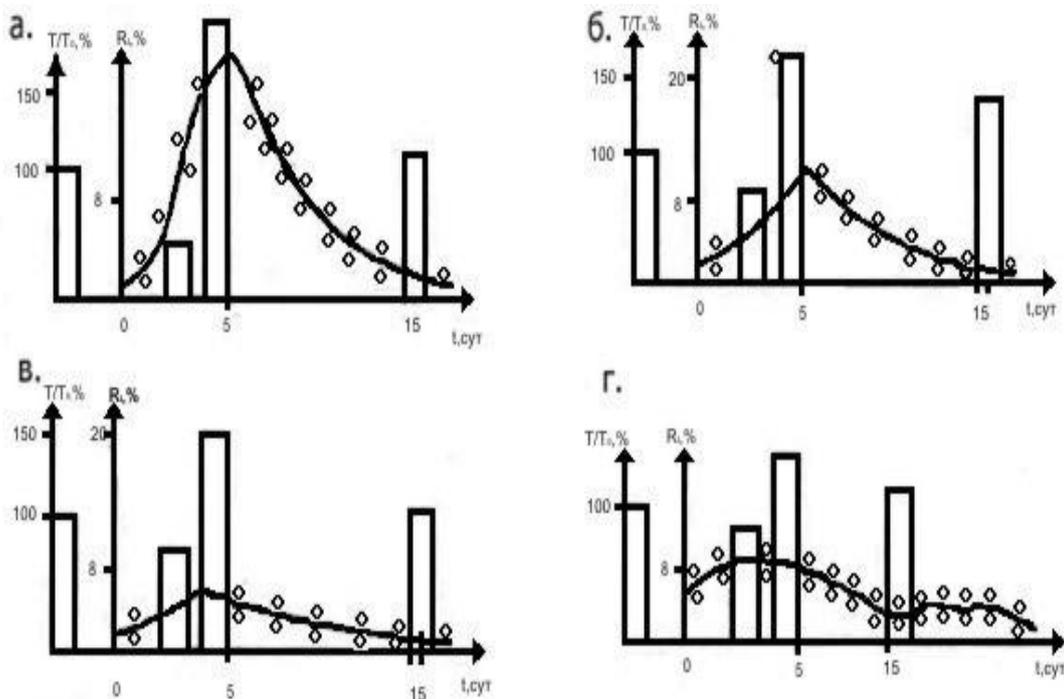


Рис. 2. Изменение процента ретикулоцитов (сплошная линия) и времени их созревания (T / T_0 %) у кроликов в зависимости от глубины анемизации: а – 60 %, б – 40, в – 20, г – 10 %

У кроликов (рис. 2) максимальная интенсивность эритропоэза и резкое ускорение времени созревания ретикулоцитов также наблюдались на 2-е сутки, а затем процент ядерных базофильных клеток постепенно снижался к 6–7-м суткам.

Таким образом, незначительный по сравнению с продолжительностью всего регенераторного процесса период запаздывания в обеих группах животных может быть объяснен особенностями "резервного" эритропоэза: первоначальным поступлением в кровь базофильных клеток с повышенным уровнем транскрипции, прошедших ускоренное развитие, а затем только поступлением достаточно специализированных ортохромных эритробластов с митозами, индуцированными в них анемией.

В процессе регенерации у кроликов можно выделить 2 либо 3 периода в зависимости от глубины анемизации с различной интенсивностью эритропоэза (рис. 3,а). Доказательство правомерности такого расчленения, проведенное с помощью регрессионного анализа [2], позволило рассматривать эритроцитарные кривые как набор экспонент.

$$\frac{N(t)}{N_0} = 1 - A(d) \cdot e^{-k(d) \cdot t},$$

где d – доза кровопотери; t – время.

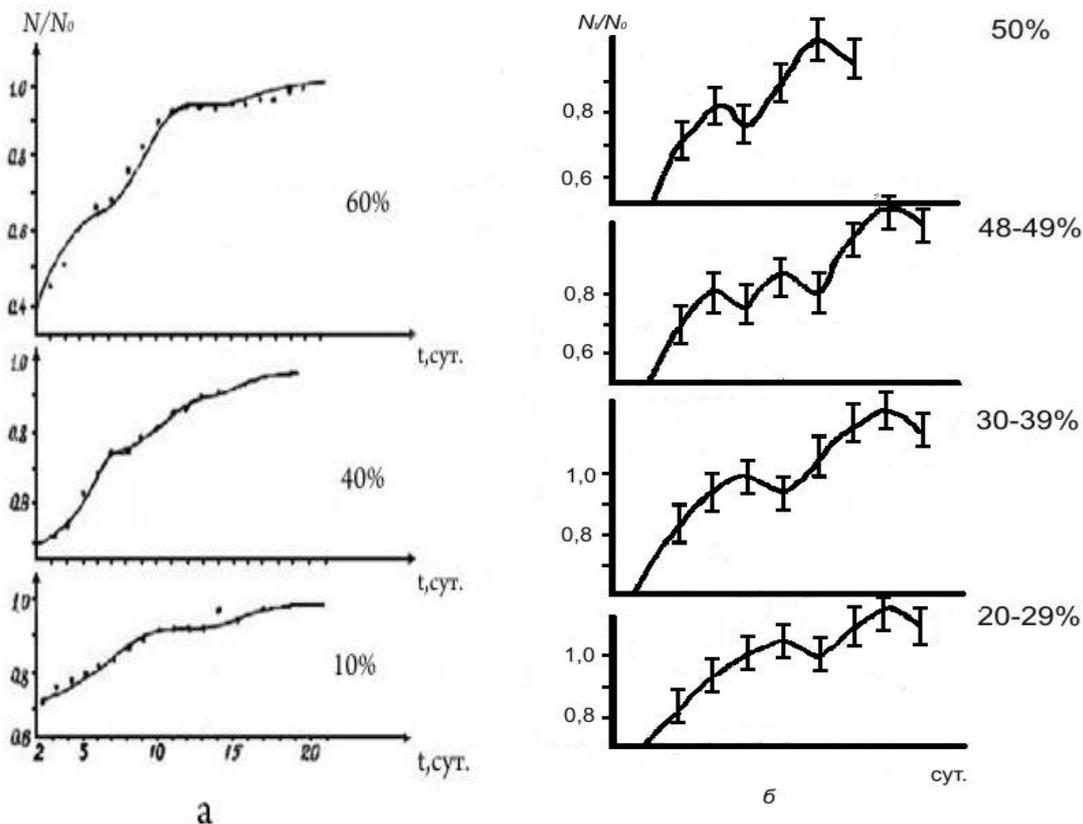


Рис. 3. Эритроцитарные кривые: а – кроликов; б – кур

У кроликов (рис. 3,а) наблюдается аperiodический, затухающий характер восстановления исходного эритроцитарного уровня без перерегуляции, что свидетельствует о большом резерве эритропоэтической мощности и устойчивости кроветворной системы. Даже после потери 60 % объема крови пиковая мощность кроветворения только в 3,7 раза в среднем превышает нормальную, в то время как по литературным данным [5] резерв эритропоэтической мощности кроликов может превышать нормальный уровень в 5–10 раз.

У кур (рис. 3,б) в отличие от кроликов начальная интенсивность эритропоэза остается максимальной до конца регенерации. Кривые восстановления исходного эритроцитарного уровня аппроксимируются степенными функциями.

$$\frac{N(t)}{N_0} = A(d) \cdot t^2 + B(d) \cdot t + C(d),$$

где d – доза кровопотери; t – время.

Волнообразная гиперрегенерация в конце восстановительного периода (рис. 3,б) свидетельствует о неустойчивости системы кроветворения у кур.

При исследовании качественных показателей крови обнаружено, что четкая смена скоростей восстановления эритроцитарных кривых кроликов (резкие «переломы» на них рис. 3,а) и появление отрицательных скоростей на эритроцитарных кривых кур (рис. 3,б) совпали по времени с быстрой сменой короткоживущих базофильных и полихроматофильных эритробластов нормацитами, а также с динамикой (смещением) кислотных и иммунных эритрограмм.

Таким образом, анализ экспериментальных данных показал, что у кроликов и кур в экстремальной ситуации после кровопотери включается универсальная реакция эритропоэтической системы – резервный эритропоэз для всех видов животных. У кроликов наблюдается большой резерв эритропоэтической мощности, при этом поддерживается высокая точность регулирования и устойчивость системы эритрон. У кур волнообразная гиперрегенерация в конце восстановительного периода свидетельствует о неустойчивости кроветворной системы.

Плато и участки с отрицательной скоростью роста числа клеток на эритроцитарных кривых при сохраняющейся высокой интенсивности продукции эритроцитов объясняются синхронной гибелью метаболически неполноценных короткоживущих макроцитов.

Выводы

Дальнейшие исследования экстремального эритропоэза, развивающегося после дозированных возмущающих воздействий у различных видов животных, позволят углубить представление об универсальных механизмах, регулирующих эритропоэз, контролирующих гомеостаз в эритроцитарной популяции. Результаты могут быть использованы в клинических исследованиях.

Литература

1. *Старинова Т.Т.* Количественный анализ и математическое моделирование видовых особенностей «резервного» эритропоэза // Научный поиск молодежи – лесной промышленности края. – Красноярск, 1983. – С. 62–63.
2. *Старинова Т.Т.* Закономерности регенерации красной крови при острой постгеморрагической анемии // Гомеостаз и экстремальные состояния организма: мат-лы IX междунар. симп. – Красноярск, 2003. – С. 137–138.
3. *Титова Н.М.* Структурно-функциональные свойства эритроцитов напряженного эритропоэза // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2004. – Т. 90. – № 8. – С. 149–150.
4. *Титова Н.М.* Биохимические и физиологические аспекты метаболизма эритроцитов, образованных при экстремальном эритропоэзе // Механизмы функционирования висцеральных систем: мат-лы междунар. конф. – СПб., 2001. – С. 434–435.
5. *Lowrence T. Goodnugh, Barry Skikne and Carlo Brugnara.* Erythropoietin, iron and erythropoiesis // Blood. – 2000. – Vol. 96. – № 3. – P. 823–833.

