

# АДАПТАЦИЯ ОРГАНИЗМА ЦЫПЛЯТ ПРОМЫШЛЕННЫХ КРОССОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕННОГО ЭРИТРОПОЭЗА

*Р.Б. КОНДРАТЬЕВ,*

*кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник  
отдела инфекционной патологии животных,*

*Уральский НИВИ РАСХН*

**Ключевые слова:** усиление эритропоэза, цыплята, гипоксическая гипоксия, технологический стресс, адаптация к недостатку кислорода, HbA и HbD.

Устойчивость организма к недостатку кислорода – один из частных вопросов реактивности биологических систем. Эта устойчивость определяется генетическими и фенотипическими свойствами организма: характером его энергетического обмена, степенью

совершенства регуляторных механизмов, их способностью перестраиваться и приспосабливаться к гипоксическим условиям, сохраняя жизнеспособность организма [1, 2].

Так, у высокоорганизованных животных при воздействии гипоксической ги-



620142, г. Екатеринбург,

ул. Белинского 112а;

тел. 8 (343) 257-64-82;

e-mail: [kondratevrb@yandex.ru](mailto:kondratevrb@yandex.ru)

***Changed erythropoiesis,  
chickens, hypoxic  
hypoxia, technological  
stresses, preventive  
actions, HbA and HbD.***

покиши на организм прежде всего реагирует ЦНС, а именно – активно функционирующие зоны коры головного мозга, особо чувствительные к недостатку

кислорода. При гипоксии отмечается возбуждение клеток продолговатого мозга. В результате активизируется функция аппарата внешнего дыхания, уве-

личивается количество эритроцитов в кровяном русле за счёт выхода их из депо и вследствие этого повышается кислородная ёмкость крови, увеличивается минутный объём кровообращения и т.д. Эти изменения направлены на усиление доставки кислорода к клеткам и облегчение его утилизации. Возникшие изменения являются активными приспособительными реакциями, способствующими существованию организма в неблагоприятных условиях [3, 4, 5].

Таблица 1

Гематологические показатели цыплят первой недели жизни кроссов «Родонит» и «Смена» в условиях хронической гипоксической гипоксии за 6 сеансов (M±m)

Кросс	Показатели	№ сеанса/дни						
		1	2	3	4	5	6	
«Родонит»	Э. млн/мкл	контр.	2,5±0,1	2,7±0,1	2,6±0,1	2,7±0,1	2,6±0,1	2,8±0,1
		опыт	2,5±0,1	3,0±0,1	3,4±0,1*	10,6±0,4*	6,6±0,2*	4,0±0,1*
	Ht, %	контр.	32,6±1,0	36,7±1,1	36,0±0,9	37,5±1,0	36,5±0,9	37,6±1,2
		опыт	38,9±1,7*	43,6±1,2*	46,4±1,3*	53,9±1,7*	48,5±1,0*	42,5±1,1*
	МСV, мкм <sup>3</sup>	контр.	135,3±6,8	134,3±3,3	137,3±4,8	138,0±3,3	139,4±4,0	136,6±4,3
		опыт	157,3±3,8*	145,7±2,1*	138,2±4,0	51,5±2,7*	74,1±2,3*	105,7±3,8*
	Hb, г/л	контр.	74,5±1,8	72,2±2,2	77,2±3,4	79,3±3,5	73,7±2,1	76,1±3,1
		опыт	74,2±2,4	82,3±2,3*	85,0±2,6*	123,4±2,2*	104,4±2,5*	93,5±2,2*
	ЦП	контр.	1,5±0,07	1,4±0,06	1,5±0,06	1,4±0,06	1,4±0,07	1,4±0,07
опыт		1,5±0,08	1,4±0,04	1,3±0,06	0,6±0,02*	0,8±0,02*	1,1±0,03	
«Смена»	Э. млн/мкл	контр.	2,8±0,1	2,8±0,1	2,9±0,1	2,7±0,1	3,0±0,1	2,9±0,1
		опыт	2,7±0,1	3,2±0,1*	3,7±0,1*	12,0±0,5*	7,6±0,2*	4,3±0,2*
	Ht, %	контр.	35,5±1,1	34,9±1,0	35,9±1,0	33,9±0,9	35,6±1,1	34,9±1,0
		опыт	41,0±1,1*	44,3±1,3*	47,9±1,6*	53,7±1,8*	48,1±1,2*	42,7±1,9*
	МСV, мкм <sup>3</sup>	контр.	128,8±5,8	128,4±9,6	123,8±6,3	128,5±4,2	120,7±4,6	122,2±6,8
		опыт	150,1±3,0*	138,8±4,2*	131,0±2,8*	45,0±1,2*	63,5±2,2*	100,6±4,0*
	Hb, г/л	контр.	76,3±1,7	76,1±2,1	73,5±2,6	78,1±2,6	82,6±2,5	78,9±2,6
		опыт	76,7±3,0	84,3±3,0*	87,3±3,3*	128,1±2,9*	108,4±3,2*	91,4±3,7*
	ЦП	контр.	1,4±0,05	1,4±0,1	1,2±0,06	1,5±0,04	1,4±0,06	1,3±0,05
опыт		1,4±0,05	1,3±0,07	1,2±0,06	0,5±0,02*	0,7±0,03*	1,1±0,07	

\* – различия достоверны по отношению к контролю (p<0,05);

.. – различия достоверны по отношению к кроссу «Родонит» (p<0,05).

Таблица 2

Гемоглобиновый профиль цыплят кроссов «Родонит» и «Смена» первой недели жизни в условиях хронической гипоксической гипоксии за 6 сеансов, % (M±m)

Кр.	Фракция	П/фр.	№ сеанса/дни						
			1	2	3	4	5	6	
«Родонит»	HbD	контр.	33,46±1,6	34,08±1,7	32,67±1,2	33,76±1,0	33,46±1,0	34,58±1,2	
		опыт	34,52±1,4	37,09±1,6	46,38±1,8*	58,18±1,6*	47,85±1,9*	41,65±1,4*	
	HbA	контр.	66,54±1,6	65,92±1,7	67,33±1,2	66,24±1,0	66,54±1,0	65,42±1,2	
		опыт	65,48±1,4	62,91±1,6	53,62±1,8*	41,82±1,6*	52,15±1,9*	58,35±1,4*	
«Смена»	HbD	контр.	32,10±1,4	31,89±1,7	33,20±1,8	31,69±1,7	32,28±2,4	31,41±2,2	
		опыт	32,37±1,5	37,89±2,1	44,73±1,7*	57,02±1,5*	46,80±1,5*	38,04±0,8*	
	HbA	контр.	67,90±1,4	68,12±1,7	66,81±1,8	68,31±1,7	67,72±2,4	68,54±2,2	
		опыт	1	45,40±1,7	46,46±1,4	45,44±2,1	46,27±1,9	47,34±2,6	47,68±2,7
	HbA	опыт	2	22,50±1,9	21,66±2,4	21,37±2,7	22,04±3,0	20,38±2,1	20,92±2,8
		опыт	67,63±1,5	62,11±2,1	55,27±1,7*	42,98±1,5*	53,20±1,5*	61,96±0,8*	
	HbA	опыт	1	45,88±1,8	39,70±1,6*	32,09±1,8*	17,51±1,3*	29,02±0,8*	38,73±2,0*
		опыт	2	21,75±2,1	22,41±1,9	23,18±1,9	25,47±2,2	24,19±2,2	23,23±1,8

\* – различия достоверны по отношению к контролю (p<0,05).

Таблица 3

Гематологические показатели цыплят кроссов «Родонит» и «Смена» месячного возраста в условиях хронической гипоксической гипоксии за 6 сеансов (M±m)

Кр.	Показатели	№ сеанса/дни							
		1	2	3	4	5	6		
«Родонит»	Э. млн/мкл	контр.	2,7±0,1	2,9±0,2	2,8±0,1	2,7±0,1	2,8±0,1	2,7±0,2	
		опыт	2,8±0,1	3,1±0,1	3,4±0,1*	4,2±0,2*	11,4±0,6*	6,1±0,5*	
	Ht, %	контр.	33,8±1,3	36,5±1,1	36,1±1,1	34,2±0,9	35,9±1,4	33,7±1,3	
		опыт	40,9±1,5*	44,5±1,4*	47,6±1,4*	50,7±1,6*	53,6±1,9*	48,6±1,7	
	МСV, мкм <sup>3</sup>	контр.	127,6±5,1	130,7±5,9	128,9±4,8	126,6±3,2	129,3±3,9	127,0±4,6	
		опыт	148,9±4,7*	143,1±4,1*	140,7±5,7*	122,9±4,3	48,2±3,4*	83,7±6,9*	
	Hb, г/л	контр.	83,0±6,9	84,7±4,4	81,7±5,5	84,8±5,7	86,2±6,3	83,5±7,0	
		опыт	83,5±5,6	89,8±6,7*	95,1±6,2*	98,6±7,2*	127,9±6,6*	102,3±8,3*	
	ЦП	контр.	1,5±0,1	1,5±0,1	1,5±0,1	1,6±0,1	1,6±0,1	1,6±0,2	
		опыт	1,5±0,1	1,4±0,1	1,4±0,1	1,2±0,1*	0,6±0,1*	0,9±0,1*	
	«Смена»	Э. млн/мкл	контр.	3,0±0,2	3,2±0,1	3,0±0,1	3,3±0,1	3,2±0,1	2,9±0,1
			опыт	3,1±0,1	4,0±0,2*	4,8±0,2*	5,4±0,2*	11,2±0,5*	6,8±0,5*
Ht, %		контр.	36,8±1,2	37,5±0,7	36,5±1,2	39,1±0,6	38,8±1,0	36,1±1,1	
		опыт	44,5±1,5*	49,8±1,4*	53,2±1,5*	56,0±1,6*	58,9±1,6*	54,1±2,1*	
МСV, мкм <sup>3</sup>		контр.	123,1±4,7	119,8±5,3	122,2±5,6	119,3±2,7	121,0±4,5	125,7±4,4	
		опыт	146,3±5,4*	125,8±6,2*	112,6±6,3*	105,3±3,7*	47,9±2,3*	82,5±5,7*	
Hb, г/л		контр.	82,0±7,5	85,8±6,1	84,2±6,9	84,9±7,0	82,4±6,6	85,5±6,7	
		опыт	81,4±6,2	90,7±7,0	99,4±7,0*	105,2±7,3*	137,1±8,8*	101,2±5,0*	
ЦП		контр.	1,4±0,1	1,4±0,1	1,4±0,1	1,3±0,1	1,3±0,1	1,5±0,1	
		опыт	1,3±0,1	1,1±0,1*	1,0±0,1*	1,0±0,1*	0,6±0,1*	0,8±0,1*	

\* – различия достоверны по отношению к контролю (p<0,05);

.. – различия достоверны по отношению к кроссу «Родонит» (p<0,05).

Среди множества экстремальных факторов гипоксия занимает особое место. Состояние напряжения различных физиологических механизмов, наблюдаемое в условиях высокогорной адаптации, приводит к нарушению кислородного режима в организме цыплят. Способность организма переносить различные степени кислородного голодания относится к числу эволюционно древних и наиболее совершенных средств адаптации организма. Особенности реакции на гипоксию в значительной мере характеризуют резервные приспособительные возможности организма при действии различных неблагоприятных факторов. Адаптация к гипоксии предотвращает наблюдаемую при стрессе активацию перекисного окисления липидов, тормозит развитие некоторых аллергических заболеваний и связанных с ними иммунодефицитных состояний. Наряду с этим гипоксический стимул активизирует деятельность жизненно важных систем [3, 4, 5].

Острая адаптация цыплят к недостатку кислорода в условиях гипоксической гипоксии продолжается в течение 4-5 дней. В процессе отмечено три стадии. 1-я характеризуется усилением легочной вентиляции. В этот период функциональной адаптации организм затрачивает относительно большое количество энергии. 2-я стадия проявляется увеличением содержания гемоглобина и активностью тканевых ферментов. Начинается перестройка обменных процессов на более низкий уровень, усиливается газообмен (за счёт увеличения общего количества гемоглобина, числа эритроцитов и изменения соотношения изоформ гемоглобина). 3-я стадия отмечена усилением анаэробного гликолиза, снижением потребления кислорода и повышением общей резистентности организма [6].

Процессы приспособления цыплят раннего постнатального периода онтогенеза к гипоксии проходят по двум направлениям: а) включение физиологических механизмов, увеличивающих доставку кислорода к тканям; б) приспособление самих тканей к существованию в обедненной кислородной среде [3, 4, 5].

Изучение гематологических особенностей организма цыплят и фракций гемоглобина позволит найти возможности планирования профилактических мероприятий для адаптации молодняка путём создания условий, отвечающих

потребностям организма птицы.

#### Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили цыплята первой недели жизни и месячного возраста четырёх линейных кроссов «Родонит» (ФГУП «ППЗ «Свердловский») и «Смена» (ГУП СО «Птицефабрика «Среднеуральская»). Рассматривались генетически детерминированные фракции гемоглобина в крови цыплят первой недели жизни и месячного возраста. Формировались четыре породно-возрастные группы по принципу аналогов.

#### Цель исследования

Изучение изменения фракционного состава Hb с возрастом при гипоксической гипоксии.

Гипоксическую гипоксию проводили в импульсном режиме путём помещения цыплят в барокамеру с приточно-вытяжной вентиляцией при разрежении 40,98 кПа (что соответствует подъёму на 7000 м над уровнем моря) на 6 часов ежедневно в течение 6 суток. Оценка показателей красной крови проводилась перед воздействием и сразу после каждого сеанса гипоксии.

Для исследования гетерогенной системы гемоглобина был применён метод электрофореза в полиакриламидном геле.

Костномозговой пунктат исследовали в контроле и после каждого 6-часового сеанса гипоксии. Определяли общее количество миелокарицитов.

#### Результаты исследования

Анализ результатов исследования гемоглобинового профиля цыплят показал, что в результате воздействия на организм гипоксической гипоксии наиболее ярко выраженные изменения в соотношении изоформ происходят на 4-5-е сутки.

В экспериментах на цыплятах установлено, что с первых сеансов воздействия на организм гипоксической гипоксии в крови молодняка наблюдается прогрессивное нарастание гипоксемии, проявляющееся в увеличении уровня эритроцитов и падении гематокритного показателя, а также наблюдаются изменения в соотношении фракционного состава гемоглобина крови, обусловленные особенностями кроветворения в экстремальных условиях. Изменения гемоглобинового профиля при гипоксии происходят уже в течение 6 часов воз-

действия. Они заключаются в повышении уровня 1-й фракции (HbD) при снижении 2-й (HbA). Однако пик максимально выраженной реакции организма к недостатку кислорода у цыплят зафиксирован на 4-5-е сутки (переход на тканевый тип адаптации). К концу эксперимента гипоксической гипоксии гематологические показатели нормализуются. Это обусловлено акклиматизацией к условиям недостатка кислорода.

Анализ результатов исследования костномозгового пунктата выявляет закономерность показателей у цыплят промышленных кроссов. Действие на организм цыплят гипоксической гипоксии в течение 6 сеансов приводит к возрастанию скорости эритропоэза. В результате миелограмма отразила увеличение количества ретикулоэндотелиальных клеток больше чем в 2 раза, проэритробластов, пронормоцитов, эритробластов и нормобластов – примерно в 2 раза, что говорит об усилении эритропоэза.

Таким образом, при определённых условиях стресс-синдром из общего неспецифического звена адаптации организма к различным факторам среды превращается в общее неспецифическое звено патогенеза заболеваний, ограничивающих функциональные и продуктивные способности кур. Следовательно, изменение общего количества гемоглобина, числа эритроцитов и соотношения фракционного состава гемоглобина в период адаптации к гипок-

сии активирует процесс фиксации временных связей, меняет поведение птиц в конфликтных ситуациях в выгодном для организма направлении, увеличивает резистентность организма к чрезвычайным раздражителям, многим гематологическим заболеваниям птиц и иммунодефицитным состояниям.

Другими словами, знание основных закономерностей изменения гематологических показателей и гетерогенной системы гемоглобина крови цыплят в раннем постнатальном периоде онтогенеза позволяет целенаправленно воздействовать на их рост, развитие и прогнозировать продуктивные способности.

#### Обсуждение

Итак, при моделировании хронической гипоксической гипоксии происходит усиление эритропоэза в красном костном мозге, что приводит к существенным изменениям в соотношении изоформ гемоглобина в сторону увеличения содержания HbD, а при адаптации организма цыплят к недостатку кислорода на 6-е сутки после воздействия происходит постепенное возвращение данных показателей к исходному состоянию. Отсюда можно сделать вывод, что технологические стрессы будут отражаться на организме цыплят раннего постнатального периода жизни на 4-5-е сутки, а изменение в соотношении изоформ гемоглобинов A и D в этом случае можно использовать как маркер для определения этих изменений.

Таблица 4

Гемоглобиновый профиль цыплят кроссов «Родонит» и «Смена» месячного возраста в условиях хронической гипоксической гипоксии за 6 сеансов, % (M±m)

Кр.	Фракция	П/фр.	№ сеанса/дни						
			1	2	3	4	5	6	
«Родонит»	кон.	HbD		35,24±1,4	35,95±1,9	36,87±1,6	37,40±1,2	36,53±1,4	36,05±1,7
			оп.	35,48±1,6	37,19±1,5	44,04±1,7*	46,17±1,6*	57,30±1,3*	43,50±1,2*
	кон.	HbA		64,76±1,4	64,05±1,9	63,13±1,5	62,60±1,2	63,47±1,4	63,95±1,7
			1	38,08±0,8	37,92±2,0	37,47±2,2	37,89±2,0	38,13±2,2	38,00±1,9
			2	26,68±1,9	26,13±2,2	25,65±2,8	24,71±1,8	25,34±2,1	25,95±1,8
				64,52±1,6	62,81±1,5	55,96±1,7*	53,83±1,6*	42,70±1,3*	56,50±1,2*
оп.	HbA	1	37,46±1,8	35,18±1,8	27,73±1,3*	24,82±1,8*	15,31±1,2*	26,67±1,3*	
		2	27,06±3,0	27,63±1,8	28,24±2,1	29,01±3,0*	27,39±1,6	29,83±1,8	
«Смена»	кон.	HbD		30,04±2,6	31,28±1,8	28,72±2,7..	30,43±2,8..	28,90±3,3..	29,00±2,2..
			оп.	30,16±2,0	35,80±1,5	44,02±1,6*	49,17±2,0*	60,00±2,5*	51,80±1,6**
	кон.	HbA		69,96±2,6..	68,72±1,8	71,28±2,7..	69,57±2,8..	71,10±3,3..	71,00±2,2..
			1	27,28±1,8..	26,71±1,4..	27,09±0,9..	28,41±0,7..	29,02±0,8..	28,13±1,2..
			2	42,68±1,4..	42,01±2,5..	44,19±2,7..	41,16±3,0..	42,09±3,6..	42,87±2,0..
				69,84±2,0..	64,20±1,5	55,98±1,6*	50,83±2,0*	40,00±2,5*	48,20±1,6**
			1	29,37±1,5..	25,93±1,1..	20,72±1,5**	17,35±0,9**	12,83±0,7**	20,04±1,2
			2	40,48±2,5..	38,27±2,0..	35,25±2,0**	33,49±1,4*	27,17±2,9*	28,16±1,5*

\* – различия достоверны по отношению к контролю (p<0,05);

.. – различия достоверны по отношению к кроссу «Родонит» (p<0,05).

#### Литература

- Агаджанян Н. А., Башкиров А. А. К вопросу о классификации гипоксических состояний // Кровообращение в условиях высокогорной и экспериментальной гипоксии : тезисы Всесоюз. симпозиума. Душанбе, 1978. С. 8-11.
- Башкиров А. А. Физиологические механизмы адаптации к гипоксии // Адаптация человека и животных к экстремальным условиям внешней среды : сб. науч. тр. М., 1985. С. 10-28.
- Меерсон Ф. З. Основные закономерности индивидуальной адаптации // Физиология адаптационных процессов : руководство по физиологии. М., 1986. С. 635.
- Меерсон Ф. З. Адаптация к высотной гипоксии // Физиология адаптационных процессов : руководство по физиологии. М., 1986. С. 222-250.
- Меерсон Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и стресслимитирующие системы // Физиология адаптационных процессов : руководство по физиологии. М., 1986. С. 521-621.
- Стрелков Р. Б., Чижов А. Я. Прерывистая нормобарическая гипоксия в профилактике, лечении и реабилитации. Изд. 2-е. Екатеринбург : Ур. рабочий, 2001. С. 29-37.