

АГРЕГАЦИЯ И ЦИТОАРХИТЕКТОНИКА ЭРИТРОЦИТОВ У ПОРОСЯТ, ПОТРЕБЛЯЮЩИХ РАСТИТЕЛЬНЫЕ КОРМА, В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

И.Н. МЕДВЕДЕВ, А.В. ПАРАХНЕВИЧ

У животных в онтогенезе происходят изменения реологических свойств крови вследствие модификации микрореологических особенностей ее форменных элементов. У 46 здоровых поросят породы крупная белая, содержащихся на растительном рационе, на 41-е, 90-е, 150-е, 200-е и 230-е сут жизни оценили активность перекисного окисления липидов (ПОЛ), цитоархитектонику и агрегацию эритроцитов и рассчитали соответствующие индексы. У исследованных животных липидный состав эритроцитов оказался оптимальным, активность ПОЛ — невысокой, агрегация эритроцитов несколько усиливалась, содержание обратимо и необратимо измененных эритроцитов увеличивалось (соответственно до $12,8 \pm 0,05$ и $7,0 \pm 0,09$ %), эритроцитов-дискоцитов — уменьшалось (до $80,2 \pm 0,08$ %). Доля эритроцитов, образующих агрегаты, и число таких агрегатов повышались при снижении числа свободно перемещающихся красных кровяных телец. Выявленная возрастная динамика микрореологических свойств эритроцитов, а также особенности их цитоархитектоники и агрегации способствуют перфузии внутренних органов и поддержанию в них активности клеточного метаболизма, необходимой для роста и развития животного.

Ключевые слова: эритроциты, агрегация, цитоархитектоника, поросята, фаза растительного питания, ранний онтогенез.

Процесс гемоциркуляции во многом определяет активность функций у продуктивных животных, контролируя тканевой обмен и реализацию генетической программы (1, 2). На микроциркуляцию существенно влияет морфофункциональное состояние форменных элементов крови (3). У наиболее многочисленных из них — эритроцитов агрегационная активность и форма может меняться в онтогенезе (4). Благодаря возрастной динамике микрореологических свойств эритроцитов на ранних этапах онтогенеза обеспечивается приток кислорода и питательных веществ к тканям, необходимый для оптимизации биохимических процессов (4, 5).

Цитоархитектоника и агрегация эритроцитов, влияющие на микрореологические свойства крови, у здоровых поросят до сих пор исследованы недостаточно, хотя очевидно, что процессы гемоциркуляции имеют важное значение при откорме.

Целью работы было определение микрореологических особенностей эритроцитов у здоровых поросят, содержащихся на растительном рационе.

Методика. Обследовали 46 животных породы крупная белая, содержащихся на свинокомплексе ООО «Вердазернопродукт» (Рязанская обл.) на 41-е, 90-е, 150-е, 200-е и 230-е сут жизни. С начала наблюдения до 75-х сут поросята получали комбикорм СК-4 (ОАО «Саратовский комбикормовый завод»), количество которого постепенно возрастало с 0,5 до 1,5 кг/(сут · гол.). С 76-х по 130-е сут животным давали комбикорм СК-5 (ОАО «Михайловхлебопродукты», г. Михайлов, Рязанская обл.) с увеличением нормы соответственно с 1,6 до 1,9 кг/(сут · гол.). Затем СК-5 заменяли на СК-6 того же производителя, постепенно повышая количество комбикорма со 131-х до 230-х сут с 1,9 до 3,5 кг/(сут · гол.). Кровь отбирали из хвостовой вены и получали из нее плазму для определения активности перекисного окисления липидов (ПОЛ). Учитывали концентрацию ацилгидроперекисей (АГП) (6), тиобарбитуровой кислоты (ТБК-активные продукты) с использованием тест-набора фирмы ООО «Агат-Мед» (Россия) и антиокислительную активность (АОА) жидкой части крови (7) с помощью спектрофотометра (модель 2802, «Unico, Inc.», США). Из крови отмывали

эритроциты с последующим изучением в них интенсивности ПОЛ по содержанию АГП (6) и малонового диальдегида (МДА) (8). В эритроцитах также определяли количество холестерина (ХС), используя набор реагентов ООО «Витал Диагностикум» (Россия). По содержанию фосфора в мембранах эритроцитов оценивали количество общих фосфолипидов (ОФЛ) (9) и рассчитывали соотношение общего холестерина (ОХС) и ОФЛ. О состоянии внутриэритроцитарной системы антиокисления судили по активности каталазы и супероксиддисмутазы (СОД) (10).

Цитоархитектонику эритроцитов изучали при световой фазово-контрастной микроскопии (Биолам 70-Р, «ЛОМО», Россия), выполняя их типирование (4). Подсчитывали дискоциты, дискоциты с одним выростом, дискоциты с гребнем, дискоциты с множественными выростами, эритроциты в виде тутовой ягоды, куполообразные эритроциты (стоматоциты), сфероциты с гладкой поверхностью, сфероциты с шипиками на поверхности, эритроциты в виде «спущенного мяча» (дегенеративные формы эритроцитов). Первые пять классов эритроцитов (с признаками эхиноцитарной трансформации) считали обратимо деформированными, остальные — необратимо деформированными (5).

На этом основании вычисляли ряд индексов (4): индекс трансформации (ИТ) = $(\text{ОД} + \text{НД})/\text{Д}$, где Д, ОД и НД — соответственно доля дискоцитов, обратимо и необратимо деформированных эритроцитов, %; индекс обратимой трансформации (ИОТ) = $\text{ОД}/\text{Д}$; индекс необратимой трансформации (ИНОТ) = $\text{НД}/\text{Д}$; индекс обратимости (ИО) = $\text{ОД}/\text{НД}$.

Агрегацию оценивали при просмотре в световом микроскопе Биолам 70-Р («ЛОМО», Россия) (4), учитывая число агрегированных и неагрегированных эритроцитов, а также число эритроцитарных агрегатов во взвеси отмытых красных кровяных телец. Рассчитывали средний размер агрегата: $\text{СРА} = \text{СЭА}/\text{ЧА}$, где СЭА — общее число агрегированных эритроцитов; ЧА — число агрегатов. Также вычисляли показатель агрегации $\text{ПА} = (\text{СРА} \times \text{ЧА} + \text{ЧСЭ})/(\text{ЧА} + \text{ЧСЭ})$, где ЧСЭ — число свободных эритроцитов, и определяли процент неагрегированных эритроцитов $\text{ПНА} = (\text{ЧСЭ} \times 100)/(\text{СРА} \times \text{ЧА} + \text{ЧСЭ})$ (4).

Статистическую обработку данных проводили с использованием *td*-критерия Стьюдента.

Результаты. В раннем онтогенезе у здоровых поросят постепенно усиливалась АОА в плазме крови (с $42,0 \pm 0,10$ % в начале периода наблюдения до $46,2 \pm 0,07$ % — в конце), что обусловило снижение активности ПОЛ. Так, показатели, характеризующие содержание первичных продуктов АГП в жидкой части крови в начале и конце периода, составили соответственно $1,2 \pm 0,12$ и $1,1 \pm 0,11$ $\text{D}_{233}/\text{мл}$, тогда как концентрация вторичных продуктов перекисидации липидов (ТБК-активные соединения) равнялась $2,6 \pm 0,12$ и $2,4 \pm 0,08$ $\text{мкмоль}/\text{л}$.

У поросят, содержащихся на растительном рационе, в мембранах красных кровяных телец количество холестерина возрастало с $0,98 \pm 0,002$ до $1,16 \pm 0,006$ $\text{мкмоль}/10^{12}$ эритроцитов, тогда как ОФЛ — уменьшалось с $0,65 \pm 0,006$ до $0,62 \pm 0,005$ $\text{мкмоль}/10^{12}$ эритроцитов.

Количество АГП у 41-суточных особей соответствовало значению $2,5 \pm 0,08$ $\text{D}_{233}/10^{12}$ эритроцитов, постепенно уменьшаясь к 230-суточному возрасту ($2,3 \pm 0,04$ $\text{D}_{233}/10^{12}$ эритроцитов), содержание МДА также снижалось (с $0,8 \pm 0,06$ до $0,8 \pm 0,05$ $\text{нмоль}/10^{12}$ эритроцитов). Это сопровождалось ростом активности ферментов антиоксидантной системы красных кровяных телец (у каталазы активность в начале и конце периода наблюдения составила соответственно $13720,0 \pm 22,40$ и $14600,0 \pm 20,30$ $\text{МЕ}/10^{12}$ эритроцитов, у СОД — $1930,2 \pm 7,45$ и $2061,5 \pm 10,45$ $\text{МЕ}/10^{12}$ эритроцитов).

В крови животных отмечалось постепенное снижение доли дискоцитов до $80,2 \pm 0,08$ %, вследствие чего к концу периода наблюдения ИТ возрос до $0,25 \pm 0,005$ (табл.).

Микрореологические показатели эритроцитов у поросят породы крупная белая, содержащихся на растительном рационе, в зависимости от возраста ($M \pm m$, $n = 46$, свинокомплекс ООО «Вердазернопродукт», Рязанская обл.)

Показатель	41-е сут	90-е сут	150-е сут	200-е сут	230-е сут
Дискоциты, %	$83,3 \pm 0,03$	$83,0 \pm 0,11$	$82,4 \pm 0,14$ $p < 0,05$	$81,6 \pm 0,16$ $p < 0,05$	$80,2 \pm 0,08$ $p < 0,05$
Эритроциты, %					
обратимо измененные	$10,8 \pm 0,02$	$11,0 \pm 0,06$	$11,6 \pm 0,09$	$12,3 \pm 0,07$ $p < 0,05$	$12,8 \pm 0,05$ $p < 0,05$
необратимо измененные	$5,9 \pm 0,04$	$6,0 \pm 0,04$	$6,0 \pm 0,03$	$6,1 \pm 0,06$	$7,0 \pm 0,09$ $p < 0,05$
Индекс:					
трансформации	$0,20 \pm 0,007$	$0,20 \pm 0,005$	$0,21 \pm 0,003$	$0,23 \pm 0,006$ $p < 0,05$	$0,25 \pm 0,005$ $p < 0,05$
обратимой трансформации	$0,13 \pm 0,005$	$0,13 \pm 0,003$	$0,14 \pm 0,006$	$0,15 \pm 0,002$	$0,16 \pm 0,004$
необратимой трансформации	$0,07 \pm 0,004$	$0,07 \pm 0,002$	$0,07 \pm 0,006$	$0,07 \pm 0,008$	$0,09 \pm 0,009$ $p < 0,05$
обратимости	$1,83 \pm 0,006$	$1,83 \pm 0,008$	$1,93 \pm 0,003$ $p < 0,05$	$2,02 \pm 0,010$ $p < 0,05$	$1,83 \pm 0,005$ $p < 0,05$
Число, шт.					
эритроцитов в агрегате	$39,8 \pm 0,12$	$40,7 \pm 0,16$ $p < 0,05$	$41,6 \pm 0,07$ $p < 0,05$	$42,5 \pm 0,03$ $p < 0,05$	$43,4 \pm 0,07$ $p < 0,05$
агрегатов	$9,3 \pm 0,12$	$9,5 \pm 0,06$	$9,8 \pm 0,08$	$10,0 \pm 0,07$	$10,4 \pm 0,04$ $p < 0,05$
свободных эритроцитов	$247,6 \pm 0,12$	$240,9 \pm 0,19$	$233,6 \pm 0,10$ $p < 0,05$	$229,6 \pm 0,09$ $p < 0,05$	$223,6 \pm 0,08$ $p < 0,05$
Показатель агрегации	$1,12 \pm 0,05$	$1,13 \pm 0,08$	$1,13 \pm 0,06$	$1,14 \pm 0,04$	$1,14 \pm 0,09$
Неагрегированные эритроциты, %	$86,1 \pm 0,18$	$85,5 \pm 0,14$	$85,0 \pm 0,09$	$84,2 \pm 0,10$ $p < 0,05$	$83,7 \pm 0,12$ $p < 0,05$
Средний размер агрегата, кл.	$4,3 \pm 0,05$	$4,3 \pm 0,03$	$4,2 \pm 0,06$	$4,3 \pm 0,08$	$4,2 \pm 0,05$

При этом с 41-х до 230-х сут жизни в крови животных повышалось содержания обратимо и необратимо измененных эритроцитов при возрастании ИОТ, ИНОТ и ИО (см. табл.). Кроме того, было выявлено значимое усиление агрегационной способности эритроцитов (см. табл.), что проявилось в росте показателя суммарного вовлечения эритроцитов в агрегаты (на 9,0 %), повышении числа этих агрегатов в кровотоке (на 11,8 %) и снижении содержания в крови свободно перемещающихся эритроцитов (на 10,7 %) при постоянстве СРА, небольшом возрастании ПА (до $1,1 \pm 0,09$) и незначительном уменьшении ПНА (до $83,7 \pm 0,12$). Иными словами, для поросят в период наблюдения оказалось характерно усиление цитоархитектонических изменений и агрегации эритроцитов.

У продуктивных животных онтогенез характеризуется закономерной динамикой микрореологических особенностей форменных элементов крови, что во многом определяет ее общие реологические свойства (2, 3). У поросят повышение активности ферментов антиокисления в эритроцитах способствовало снижению ПОЛ, что в сочетании с повышением содержания ХС в мембранах эритроцитов обеспечивало оптимальные микрореологические характеристики красных кровяных клеток. Несомненно, это составляет физиологическую основу для поддержания в кровотоке необходимого для метаболических процессов соотношения обратимо и необратимо измененных эритроцитов при стабильном преобладании неизмененных форм, что обеспечивает наилучшие реологические свойства крови, достаточную перфузию внутренних органов и, как следствие, оптимальный клеточный метаболизм и максимально возможную интенсивность ростовых процессов.

Тому же способствуют выявленные в нашем опыте особенности цитоархитектоники и агрегации эритроцитов. Наблюдаемое постепенное уси-

ление агрегации эритроцитов связано с возрастным изменением заряда этих клеток вследствие изменения количества имеющихся на их поверхности отрицательно заряженных протеинов (4) и увеличения количества ХС. Это неизбежно усиливает сцепление таких мембранных белков с глобулярными протеинами плазмы, выполняющими роль «мостиков» между отдельными красными кровяными тельцами в агрегатах.

Таким образом, в раннем онтогенезе у здоровых поросят, содержащихся на растительном рационе, при оптимальном липидном составе эритроцитов и невысокой активности происходящего в них перекисного окисления липидов агрегация эритроцитов усиливается на фоне увеличения содержания обратимо и необратимо измененных эритроцитов и снижения числа дискоцитов. Выявленная возрастная динамика микрореологических свойств эритроцитов, а также особенности их цитоархитектоники и агрегации во многом обеспечивают реологические свойства крови, необходимые для перфузии внутренних органов и поддержания в них активности клеточного метаболизма, необходимой для роста и развития животного.

Курский институт социального образования (филиал)

ФГБОУ ВПО Российского государственного
социального университета,

305029 Россия, г. Курск, ул. К. Маркса, 51,
e-mail: ilmedv1@yandex.ru

Поступила в редакцию

27 августа 2012 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2013, № 4, pp. 110-114

ERYTHROCYTE AGGREGATION AND CYTOARCHITECTURE IN PIGLETS FED PLANT-BASED FOOD UNDER THE CENTRAL RUSSIA ECOLOGICAL CONDITIONS

I.N. Medvedev, A.V. Parahnevich

Kursk Institute of Social Education (Branch of the Russian State Social University), 51, ul. K. Marksa, Kursk, 305029
Russia, e-mail ilmedv1@yandex.ru

Received August 27, 2012

doi: 10.15389/agrobiol.2013.4.110eng

Abstract

Microrheological modification of formed elements and the blood rheological properties change in early animal ontogenesis. In piglets, the microrheological parameters of erythrocytes in many ways provide for the proper blood flow characteristics, which are necessary for growth, the development of a viscera perfusion and maturing. In 46 healthy Large White piglets fed a vegetable diet, the activity of lipid peroxidation (LPO), cytoarchitectonics and aggregation of red blood cells were assessed at the age of 41, 90, 150, 200 and 230 days and the corresponding indices calculated. In the experiment, an optimal lipid composition of red blood cells and the low LPO were identified. By the end of the observation, the aggregation of red cells increased, and the content of reversible modified and irreversible altered red cells grew up to 12.8 ± 0.05 and 7.0 ± 0.09 %, respectively. The number of discocytes decreased up to 80.2 ± 0.08 %. The proportion of erythrocytes, which form the aggregates, and the number of their units increased with decreasing number of free red cells. The changes, found in microrheological properties of erythrocytes, their cytoarchitectonics and unit formation during the ontogeny, contribute to blood supply and the maintenance of active cell metabolism in organs and tissues of growing animals.

Keywords: erythrocytes, aggregation, cytoarchitecture, piglets, power plant phase, early ontogeny.

REFERENCES

1. Krasnova E.G., Medvedev I.N. *Veterinarnaya praktika*, 2011, 3(54): 34-37.
2. Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu. *Doklady RASKHN*, 2011, 5: 32-34.
3. Medvedev I.N., Krasnova E.G., Zavalishina S.Yu. *Veterinarnaya praktika*, 2011, 4(55): 30-33.
4. Medvedev I.N., Savchenko A.P., Zavalishina S.Yu., Krasnova E.G. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal*, 2009, 5: 42-45.
5. Kozinets G.I., Simovart Yu.A. *Poverkhnostnaya tsitoarkhitektonika kletok perifericheskoi krovi v norme i pri zabolevaniyakh sistemy kletok* [Surface architectonics of intact and diseased periph-

- eral blood cells]. Tallinn, 1984.
6. Gavrilov V.B., Mishkorudnaya M.I. *Laboratornoe delo*, 1983, 3: 33-36.
 7. Volchegorskii I.A., Dolgushin I.I., Kolesnikov O.L., Tseilikman V.E. *Eksperimental'noe modelirovanie i laboratornaya otsenka adaptivnykh reaktsii organizma* [Experimental modeling and laboratory estimation of adaptive reactions]. Chelyabinsk, 2000.
 8. Kubatiev A.A., Andreev A.A. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny*, 1979, 5: 414-417.
 9. Kolb V.G., Kamyshnikov V.S. *Spravochnik po klinicheskoi khimii* [Clinical chemistry]. Minsk, 1982.
 10. Chevare S., Andyal T., Shtrenger Ya. *Laboratornoe delo*, 1991, 10: 9-13.