

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, поросыта, фаза растительного питания, ранний онтогенез.

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

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 «Вердазернпродукт» (Рязанская обл.) на 41-е, 90-е, 150-е, 200-е и 230-е сут жизни. С начала наблюдения до 75-х сут поросыта 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 заменили 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), сфeroциты с гладкой поверхностью, сфeroциты 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) = (ОД + НД)/Д, где Д, ОД и НД — соответственно доля дискоцитов, обратимо и необратимо деформированных эритроцитов, %; индекс обратимой трансформации (ИОТ) = ОД/Д; индекс необратимой трансформации (ИНОТ) = НД/Д; индекс обратимости (ИО) = ОД/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: СРА = СЭА/ЧА, где СЭА — общее число агрегированных эритроцитов; ЧА — число агрегатов. Также вычисляли показатель агрегации ПА = (СРА × ЧА + ЧСЭ)/(ЧА + ЧСЭ), где ЧСЭ — число свободных эритроцитов, и определяли процент неагрегированных эритроцитов ПНА = (ЧСЭ × 100)/(СРА × ЧА + ЧСЭ) (4).

Статистическую обработку данных проводили с использованием *t*-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 $1,1 \pm 0,11$ D₂₃₃/мл, тогда как концентрация вторичных продуктов пероксидации липидов (ТБК-активные соединения) равнялась $2,6 \pm 0,12$ и $2,4 \pm 0,08$ мкмоль/л.

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

Количество АГП у 41-суточных особей соответствовало значению $2,5 \pm 0,08$ D₂₃₃/ 10^{12} эритроцитов, постепенно уменьшаясь к 230-суточному возрасту ($2,3 \pm 0,04$ D₂₃₃/ 10^{12} эритроцитов), содержание МДА также снижалось (с $0,8 \pm 0,06$ до $0,8 \pm 0,05$ нмоль/ 10^{12} эритроцитов). Это сопровождалось ростом активности ферментов антиоксидантной системы красных кровяных телец (у каталазы активность в начале и конце периода наблюдения со-

ставила соответственно $13720,0 \pm 22,40$ и $14600,0 \pm 20,30$ МЕ/ 10^{12} эритроцитов, у СОД — $1930,2 \pm 7,45$ и $2061,5 \pm 10,45$ 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 «Вердазернпродукт», 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	$5,9 \pm 0,04$	$6,0 \pm 0,04$	$6,0 \pm 0,03$	$6,1 \pm 0,06$ $p < 0,05$	$7,0 \pm 0,09$ $p < 0,05$
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	$0,13 \pm 0,005$	$0,13 \pm 0,003$	$0,14 \pm 0,006$	$0,15 \pm 0,002$ $0,07 \pm 0,006$	$0,16 \pm 0,004$ $0,09 \pm 0,009$
необратимой трансформации	$0,07 \pm 0,004$	$0,07 \pm 0,002$			$p < 0,05$
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 ци-

тоархитоники и агрегации эритроцитов. Наблюдаемое постепенное усиление 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 цитоархитоники 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краснова Е.Г., Медведев И.Н. Тромбоцитарная активность гемостаза у поросят молочного питания. Ветеринарная практика, 2011, 3(54): 34-37.
2. Медведев И.Н., Завалишина С.Ю. Активность тромбоцитарного гемостаза у здоровых новорожденных телят. Доклады РАСХН, 2011, 5: 32-34.
3. Медведев И.Н., Краснова Е.Г., Завалишина С.Ю. Тромбоцитарная активность у поросят в фазу молозивного и молочного питания. Ветеринарная практика, 2011, 4(55): 30-33.
4. Медведев И.Н., Савченко А.П., Завалишина С.Ю., Краснова Е.Г. Методические подходы к исследованию реологических свойств крови при различных состояниях. Российский кардиологический журнал, 2009, 5: 42-45.
5. Козинец Г.И., Симоварт Ю.А. Поверхностная цитоархитоника клеток периферической крови в норме и при заболеваниях системы клеток. Таллинн, 1984.
6. Гаврилов В.Б., Мишкорудная М.И. Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови. Лабораторное дело, 1983, 3: 33-36.
7. Волчегорский И.А., Долгушин И.И., Колесников О.Л., Цейликман В.Э. Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптивных реакций организма. Челябинск, 2000.
8. Кубатиев А.А., Андреев А.А. Перекиси липидов и тромбоз. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1979, 5: 414-417.
9. Колб В.Г., Камышников В.С. Справочник по клинической химии. Минск, 1982.
10. Чевар С., Андял Т., Штрэнгер Я. Определение антиоксидантных параметров крови и их диагностическое значение в пожилом возрасте. Лабораторное дело, 1991, 10: 9-13.

*Курский институт социального образования (филиал)
ФГБОУ ВПО Российской государственного
социального университета,
305029 г. Курск, ул. К. Маркса, 51,
e-mail: ilmedv1@yandex.ru*

*Поступила в редакцию
27 августа 2012 года*

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

I.N. Medvedev, A.V. Parahnevich

Summary

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.

Новые книги

Госманов Р.Г., Галиуллин А.К., Волков А.Х., Ибрагимова А.И. **Микробиология**. СПб: изд-во «Лань», 2011, 469 с.

В первой части учебного пособия изложены основы общей и частной микробиологии: история возникновения; предмет и задачи; принципы систематики; морфология и строение микроорганизмов; физиология и генетика бактерий; действие факторов внешней среды на микроорганизмы и экология микроорганизмов; морфология; тинкториальные и биохимические свойства возбудителей болезней; методы лабораторной диагностики, а также средства специфической профилактики и лечения. Во второй части представлены основы учения об инфекции и иммунитете; понятия об использовании вакцин, сывороток и диагностических препаратов. В третьей части даны лабораторные занятия по общей и частной микробиологии. Учебное пособие предназначено для направления подготовки «Ветеринарно-санитарная экспертиза».

Шевченко А.А., Шевченко Л.В., Черных О.Ю. **Биологические особенности и болезни нутрий**. СПб: изд-во «Лань», 2011, 240 с.

В учебном пособии, наряду с биологическими особенностями, рассматриваются вопросы содержания, разведения и кормления, способы убоя и переработки продукции; дается описание незаразных и инфекционных болезней нутрий. Пособие содержит рекомендации по диагностике, лечению, профилактике и ликвидации болезней нутрий, а также по дезинфекции, дезинсекции и дератизации в крупных и мелких нутриеводческих хозяйствах. Для студентов высших учебных заведений биологических и экологических направлений подготовки. Учебное пособие также может быть полезно всем, кто интересуется разведением нутрий.

Рыжков Л.П., Кучко Т.Ю., Дзюбук И.М. **Основы рыбоводства**. СПб: изд-во «Лань», 2011, 528 с.

В учебнике представлена история развития рыбоводства, приведены рыбохозяйственные требования к качеству водной среды, дана общая характеристика рыб, биологическая и рыбохозяйственная оценка объектов рыбоводства, рассмотрены основные производственные процессы (селекционно-пле-

менная работа, получение качественных половых продуктов, способы осеменения и инкубации икры, получение жизнестойкого посадочного материала, методы сортировки, количественного учета и контроля). Большое внимание удалено биологическим основам кормления выращиваемых рыб, проблемам здоровья и профилактики заболеваний. Рассмотрены вопросы транспортировки половых продуктов, посадочного материала и товарной рыбы. Описаны основные направления рыбоводства (пастбищное, прудовое, садковое и индустриальное), дана их общая характеристика и технологические особенности. Показаны основные принципы организации рыбоводных хозяйств (менеджмент, экономика). Учебник рекомендуется студентам, аспирантам и преподавателям рыбохозяйственных и сельскохозяйственных вузов, а также рыбоводам различной квалификации и всем желающим заниматься разведением и выращиванием рыбы.

Власов В.А. **Рыбоводство**. СПб: изд-во «Лань», 2010, 352 с.

В учебном пособии изложены биологические особенности различных видов рыб (карпа, форели, осетровых, растительноядных), раков и креветок, выращиваемых в рыбоводных хозяйствах. Данна технология их содержания, разведения в различных условиях (прудовых, садковых, бассейновых хозяйствах и УЗВ), а также методы и приемы кормления рыб, профилактики и лечения наиболее распространенных заболеваний, переработки товарной продукции. Описаны методы проектирования и строительства различных по системе рыбоводных хозяйств.

Иванов А.А. **Физиология рыб**. СПб: изд-во «Лань», 2011, 288 с.

Описана осморегуляция у рыб, деятельность их почек и жабр, сенсорные системы (зрение, слух и т. д.). Данна характеристика нервной системы, кожного покрова, движения рыб. Изложены особенности кровообращения, газообмена, пищеварения. Уделено внимание физиологическим основам искусственного питания рыб, физиологии их воспроизводства. Охарактеризованы эндокринная система рыб, их иммунитет, поведение в различных условиях, стрессовое состояние и т.д. Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений.