

дентов и аспирантов: учебное пособие для вузов. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 1992. – 108 с.

References

1. Solovykh A.G., Ovchinnikov A.V., Khrenova O.P. Reproductivnye i otkormochnye kachestva podsvinkov krupnoi be-loi porody, porody dyurok i ikh pomesei // Svinovodstvo. – 2005. – № 3. – S. 25-28.

2. Sheiko I.P., Nikiforov L.V. Effektivnost' ispol'zovaniya gibridnykh khryakov na chistoporodnykh i pomesykh matkakh // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva: mater. 6-i mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. posvyashch. 70-letiyu kaf. genet. i razved. s.-kh. zhiv-kh (Gorki, 19-20 iyunya 2003 g.) / Belorusskaya GSKhA. – Gorki (Mogilev. obl.), 2003. – S. 334-336.

3. Zhuchayev K. Adaptivnaya norma po tolshchine shpika u svinei SM-1 v raznye periody mikroevolyutsii // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – T. 5. – № 21. – S. 62-65.

4. Klemin V.P. Povyshenie geneticheskogo potentsiala svinei // Zootekhniya. – 2000. – № 8. – S. 19-22.

5. Apostolov A., Slanev S., Sabeva I. Updated index for estimation of the breeding value of pigs from the Duroc breed // Bulg.

J. Agr. Sci. – 2002. – V. 8. – № 2-3. – P. 313-315.

6. Fukawa K., Sugiyama T., Kusuhara S., Kudoh O., Kameyama K. Model selection and genetic parameter estimation for performance traits, body measurement traits and leg score traits in a closed population of Duroc pigs // J. Anim. Sci. – 2001. – V. 72 (2). – P. 97-106.

7. Velichko L.F., Parii N.I. Sravnitel'naya produktivnost' svinei raznykh genotipov // Povyshenie produktivnosti svinei i uvelichenie proizvodstva svininy: sb. nauch. tr. / Kubanskii GAU. – Krasnodar, 1992. – S. 23-30.

8. Ostrowski A., Lukaszewicz M. Wplyw komponentow ojcowskich z udzialem rasy pietrain na uzytkowosc swin // Prace I Materialy Zootechniczne. – Warszawa, 1996. – № 49. – S. 29-39.

9. Kabanov V.D. Intensivnoe proizvodstvo svininy. – M.: MVA im. Skryabina, 2003. – 400 s.

10. Burtseva S.V., Rudishin O.Yu. Sovremennye biologicheskie i biokhimicheskie metody issledovaniy v zootehnii: uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2014. – 7216 s.

11. Korosteleva N.I., Rabinovich I.E. Uchebnoe posobie po biometrii dlya studentov i aspirantov: uchebnoe posobie dlya VU-Zov. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 1992. – 108 s.



УДК 616.06:615.2:546.72:61(072) **Н.А. Пудовкин, Т.В. Гарипов, П.В. Смутнев**
N.A. Pudovkin, T.V. Garipov, P.V. Smutnev

ОБМЕН ЖЕЛЕЗА В ОРГАНИЗМЕ ПОРОСЯТ И ПУТИ ЕГО КОРРЕКЦИИ

IRON METABOLISM IN THE BODY OF PIGLETS AND THE WAYS OF ITS CORRECTION

Ключевые слова: железо, общая железосвязывающая способность, сывороточное железо, трансферретин, микроэлементы, обмен железа, анемия, поросята-сосуны, железосодержащие препараты, коэффициент насыщения трансферрина железом.

В настоящее время не вызывает сомнений значимость железа в регуляции клеточного метаболизма. Основная его функция – перенос кислорода, участие в окислительно-восстановительных реакциях, обеспечение нормального функционирования иммунной системы. Доказана роль железа в снижении иммунологической реактивности, связанной с ингибированием РНК-редуктазы и нарушением синтеза ДНК в лимфоцитах. Установлено значение этого металла в метаболизме физиологически активных соединений, синтезе антител,

поддержке нормального уровня физической и умственной активности человека. Железо выполняет важную функцию в процессах, ответственных за регуляцию клеточной пролиферации. Многие болезни системных органов связаны именно с нарушениями в метаболизме железа, проявляющимися как синдром его избытка или недостатка. В исследованиях были использованы препараты «Ферран», «Суиферровит-А» и «Ферранимал-75». Целью работы является изучение влияния железосодержащих препаратов на обмен микроэлемента в организме поросят. В каждую группу было отобрано по 10 гол. свиной крупной белой породы. Исследование метаболизма железа включало определение сывороточного железа, общей и латентной железосвязывающей способности сыворотки, трансферрина и коэффициента насыщения трансферрина железом. После введе-

ния препаратов «Ферран», «Ферранимал-75» и «Суиферровит-А» уровень сывороточного железа повысился на 32,0-40,0; 2,5-7,5 и 7,5-11,1% соответственно; количество трансферрина увеличилось на 22,7-36,3; 15,7-18,8 и 15,4-24,1% соответственно. Общая железосвязывающая способность после применения изучаемых соединений (Ферран, Ферранимал-75 и Суиферровит-А) увеличилась на 6,5-10,8; 6,0-9,6 и 6,0-9,4% соответственно, ненасыщенная железосвязывающая способность увеличилась на 22,9-29,9; 16,9-25,0 и 32,5-37,0% соответственно.

Keywords: iron, total iron binding capacity (TIBC), serum iron, transferrin, trace elements, iron metabolism, anemia, suckling piglets, iron-bearing preparations, coefficient of transferrin saturation with iron.

Iron is undoubtedly essential in cell metabolism regulation. Its main function is the transport of oxygen, participation in redox reactions and ensuring the normal functioning of the immune system. The role of iron in reducing immune reactivity connected with the inhibition of RNA-reductase and disturbance of DNA synthesis in lymphocytes has been proved. The significance of iron in the metabolism of physio-

logically active compounds, the synthesis of antibodies and supporting the normal level of physical and mental activity has been revealed. Iron plays an important role in the processes responsible for the regulation of cell proliferation. Many diseases of the systems organs are connected with the disorders of iron metabolism which is manifested as a syndrome of its excess or deficiency. Such drugs as Ferran, Suiferrovit-A and Ferranimal-75 were used in the research. The research goal was to study the effect of iron-bearing preparations on the metabolism of trace elements in the body of piglets. There were 10 Large White pigs in each trial group. The study of iron metabolism involved the determination of serum iron, total and latent iron binding capacity of serum, transferrin and transferrin saturation coefficient. After administration of Ferran, Ferranimal-75 and Suiferrovit-A the level of serum iron increased by 32.0-40.0%, 2.5-7.5% and 7.5-11.1%, respectively; the amount of transferrin increased by 22.7-36.3%, 15.7-18.8% and 15.4-24.1%, respectively. The total iron binding capacity after administration of the studied preparations (Ferran, Ferranimal-75 and Suiferrovit-A) increased by 6.5-10.8%, 6.0-9.6% and 6.0-9.4%, respectively; unsaturated iron binding capacity increased by 22.9-29.9%, 16.9-25.0 and 32.5-37.0%, respectively.

Пудовкин Николай Александрович, к.в.н., доцент, каф. «Морфология, патология животных и биология», Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Тел.: (8452) 69-25-31. E-mail: niko-pudovkin@yandex.ru.

Гарипов Талгат Валирахманович, д.в.н., проф., зав. каф. «Физиология и патофизиология», Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. Тел.: (843) 273-97-05. E-mail: niko-pudovkin@yandex.ru.

Смутнев Петр Владимирович, к.в.н., доцент, каф. «Микробиология, биотехнология и химия», Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Тел.: (8452) 69-25-31. E-mail: smutnev-asd@yandex.ru.

Pudovkin Nikolay Aleksandrovich, Cand. Vet. Sci., Assoc. Prof., Chair of Animal Morphology, Pathology and Biology, Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov. Ph.: (8452) 69-25-31. E-mail: niko-pudovkin@yandex.ru.

Garipov Talgat Valirakhmanovich, Dr. Vet. Sci., Prof., Head, Chair of Physiology and Pathophysiology, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. Ph.: (843) 273-97-05. E-mail: niko-pudovkin@yandex.ru.

Smutnev Petr Vladimirovich, Cand. Vet. Sci., Assoc. Prof., Chair of Microbiology, Biotechnology and Chemistry, Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov. Ph.: (8452) 69-25-31. E-mail: smutnev-asd@yandex.ru.

Введение

Железо является самым распространенным микроэлементом в организме млекопитающих. Оно входит в состав многих белков и выступает в качестве кофактора для большинства ферментов цикла Кребса [1-4].

Известно, что в организм железо с пищей поступает в трехвалентном состоянии (Fe^{3+}), далее в двенадцатиперстной кишке с помощью дуоденальной оксидоредуктазы восстанавливается до двухвалентного (Fe^{2+}) и здесь же в дистальном отделе всасывается основной пул железа (70%). Двухвалентное железо в эпителиальных клетках слизистой оболочки кишечника соединяется с содержащимся в них белком апоферрином, с которым имеется сильное химическое сходство. В результате образуется

ферритин, в котором Fe^{2+} переходит в Fe^{3+} [5].

Ярким примером является гемоглобин, содержащий гем, с которым железо образует своими двумя ковалентными и двумя координационными связями комплекс и глобин, соединенный с железом координационными связями. Атом двухвалентного железа в гемоглобине стабилизируется (против необратимого окисления до Fe^{3+} гистидином глобина в виде пятой координационной связи атома Fe^{2+}) [6].

Около 80% плазменного железа, поступающего в костный мозг для синтеза гемоглобина в созревающих эритроидных клетках, происходит из макрофагов, которые захватывают отжившие свой срок эритроциты и эффективно осуществляют рециркуляцию железа гемоглобина, возвращая

избыток его обратно в плазму, где оно циркулирует в форме трансферрина [7].

В настоящее время заболевания системы крови приобрели широкое распространение. Особое место среди заболеваний занимает анемия. Для ее лечения и профилактики создаются новые, оказывающее стимулирующее действие на процессы кроветворения и обменные процессы в организме животных препараты.

В наших исследованиях были использованы препараты «Ферран», «Суиферровит-А» и «Ферранимал-75». Препараты разрешены к применению в ветеринарии и сельскохозяйственном производстве. В составе соединений содержатся трехвалентное железо, витамины В₆ и В₁₂. В то же время механизм действия данных веществ на состояние обмена железа организма практически не изучен.

Целью работы является изучение влияния железосодержащих препаратов на обмен микроэлемента в организме поросят.

Объекты и методы

Исследования проводились в лаборатории кафедры «Морфология, патология животных и биология» и крестьянско-фермерском хозяйстве Саратовской области.

В каждую группу было отобрано по 10 гол. свиней крупной белой породы в возрасте 3-5 дней.

При подборе животных в группы использовали документы первичного зоотехнического учета. Подопытные животные были клинически здоровы.

Температура, влажность и световой режим соответствовали санитарно-техническим нормам.

Животным вводили препараты «Ферран» (ЗАО «Нита-Фарм», г. Саратов), «Суиферровит-А» и «Ферранимал-75» (ООО Фирма «А-БИО», г. Пущино). Препарат вводили внутримышечно в различных дозах. Выбор доз был обусловлен изучением влияния микродоз и рекомендованных доз лекарственных веществ на организм животных и определение наиболее эффективной и экономически целесообразной.

Исследование метаболизма железа включало определение сывороточного железа (СЖ) с помощью колориметрического метода без депротенинизации, общей и латентной железосвязывающей способности сыворотки (ОЖСС и НЖСС соответственно) определяли колориметрическим методом без осаждения [8], трансферрина иммунотурбидиметрическим методом [9] и КНТ

(коэффициент насыщения трансферрина железом – по отношению СЖ/ОЖСС).

Цифровой материал подвергался статистической обработке с вычислением критерия Стьюдента на персональном компьютере с использованием стандартной программы вариационной статистики Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Первым этапом наших исследований было изучение влияния препарата «Ферран» на обмен железа в организме поросят. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Анализируя результаты исследований в таблице 1, можно сказать, что исходный уровень СЖ составил $32,43 \pm 3,04$ мкмоль/л, после введения препарата уровень СЖ повысился на 32,25; 33,55; 35,71; 38,79; 40,02 и 39,75% при введении в организм препарата в дозах 0,3; 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 мл соответственно.

Общая железосвязывающая способность повысилась на 6,14-9,77% при введении изучаемых доз. Уровень трансферрина увеличился на 20,07-36,26%. КНТ в среднем составил 73-76%.

Далее мы изучали влияние препарата «Ферранимал-75» на обмен железа. Исходные данные представлены в таблице 2.

После введения препарата ненасыщенная железосвязывающая способность сыворотки крови повышается. Так, при введении микродоз препарата (0,3 и 0,5 мл) НЖСС повысилась до $22,45 \pm 1,45$ и $22,87 \pm 1,04$ мкмоль/л, что на 14,43 и 19,05% больше относительно первоначального значения – $19,21 \pm 1,01$ мкмоль/л. Далее при увеличении вводимой дозы препарата до 3 мл уровень НЖСС также увеличивается до $24,01 \pm 2,65$ мкмоль/л, что на 20% выше контроля.

Концентрация сывороточного железа практически не изменилась и самого максимального значения достигла при дозе 3,0 мл.

ОЖСС увеличилась и составила от $58,02 \pm 2,53$ до $60,01 \pm 3,04$ мкмоль/л, что является благоприятным признаком.

При изучении влияния препарата «Суиферровит-А» было установлено следующее (табл. 3).

Анализируя результаты наших исследований, представленных в таблице 3, можно сделать вывод о том, что коэффициент насыщения трансферрином при введении всех доз препарата понизился на 12,1-15,2%, причем самое высокое значение КНТ установлено после введения препарата в дозе

1,0 мл. Так, НЖСС увеличилась в среднем на 7,11 мкмоль/л. Уровень трансферрина при введении в дозах 0,3; 0,5; 1,0; 2,0 и 3,0 мл возрос на 15,5; 11,5; 15,6; 24,1 и 20,3% соответственно. ОЖСС увеличилась в среднем 5,04 мкмоль/л.

Повышение общей железосвязывающей способности свидетельствует о возможности изучаемых препаратов тормозить развитие анемии.

Сделанный вывод подтверждается коррекцией остальных исследуемых тестов метаболизма железа крови. Не развивается снижение концентрации железа в плазме крови и процента насыщения железом трансферрина. Кроме того, не отмечено достоверное повышение ненасыщенной железосвязывающей способности крови.

Повышение уровня трансферрина является благоприятным признаком. Первичной функцией трансферрина является перенос железа от донорского сайта к сайтам, испытывающим метаболическую потребность

в железе, другим его важнейшим свойством является способность к хелатированию железа. Связывая железо, трансферрин предохраняет клетки от токсического действия дериватов кислорода, таких как перекиси, супероксидные и гидроксильные радикалы [2, 10].

Известное количество ионов железа инкубируется с сывороткой крови и связывается специфически с трансферрином по ненасыщенным железосвязывающим сайтам. Остаток несвязанных ионов железа измеряется по реакции с ференом.

Разница между количеством избыточных ионов железа и общим количеством ионов железа, добавленного в сыворотку, эквивалентна количеству ионов железа, связанного с трансферрином. Уровни сывороточной НЖСС изменяются при нарушениях метаболизма железа, где железосвязывающая способность часто повышена или понижена [4, 10].

Таблица 1

Влияние препарата «Ферран» на обмен железа в организме поросят

Доза, мл	ОЖС, мкмоль/л	СЖ, мкмоль/л	КНТ, %	НЖСС, мкмоль/л	Трансферрин, г/л
Контроль	54,74±3,01	32,43±3,04	68,79	19,21±1,01	28,54±1,84
0,3	58,32±2,65*	42,89±4,75*	73,54	23,65±1,83*	35,98±2,72*
0,5	59,01±3,12*	43,31±4,87*	73,39	23,61±2,01*	35,01±2,09*
1,0	58,91±2,83*	44,01±3,28*	74,71	24,01±1,78*	38,01±2,61*
2,0	60,12±2,92*	45,41±4,01*	75,53	24,91±2,82*	38,87±2,52*
3,0	60,67±2,78*	45,32±3,50*	74,70	24,96±1,92*	38,89±2,34*

Примечание. Здесь и далее статистическая значимость различий с данными контрольной группы, *p≤0,05.

Таблица 2

Влияние препарата «Ферримал-75» на обмен железа в организме поросят

Доза, мл	ОЖС, мкмоль/л	СЖ, мкмоль/л	КНТ, %	НЖСС, мкмоль/л	Трансферрин, г/л
Контроль	54,74±3,01	32,43±3,04	68,79	19,21±1,01	28,54±2,02
0,3	59,12±3,08*	33,23±2,96	56,21	22,45±1,45*	33,01±1,04*
0,5	58,02±2,53*	34,01±2,07	58,62	22,87±1,04*	33,56±2,02*
1,0	59,43±3,33*	34,45±3,76*	57,96	23,01±2,06*	33,56±2,56*
2,0	59,23±2,87*	34,86±3,92*	58,85	23,23±2,92*	33,89±2,78*
3,0	60,01±3,04*	34,99±1,49*	58,31	24,01±2,65*	33,87±2,67*

Таблица 3

Влияние препарата «Суиферровит-А» на обмен железа в организме поросят

Доза, мл	ОЖС, мкмоль/л	СЖ, мкмоль/л	КНТ, %	НЖСС, мкмоль/л	Трансферрин, г/л
Контроль	54,74±3,01	32,43±3,04	68,79	19,21±1,01	28,54±2,76
0,3	59,78±3,32*	34,87±3,56*	58,33	25,45±2,76*	32,97±3,21*
0,5	58,03±2,87*	34,90±3,23*	60,14	25,87±2,98*	32,94±2,12*
1,0	59,35±3,03*	35,89±2,98*	60,47	26,32±3,01*	33,01±1,04*
2,0	59,87±3,32*	36,04±2,64*	60,20	25,89±2,07*	35,43±2,04*
3,0	59,76±3,56*	35,87±2,45*	60,02	26,01±2,03*	34,32±2,05*

Выводы

Таким образом, анализируя результаты исследований, представленные в таблицах, можно сделать следующее заключение. После введения препаратов «Ферран», «Ферранимал-75» и «Суиферровит-А» уровень сывороточного железа повысился на 32,0-40,0%, 2,5-7,5% и 7,5-11,1% соответственно; количество трансферрина увеличилось на 22,7-36,3; 15,7-18,8 и 15,4-24,1% соответственно. Общая железосвязывающая способность после применения изучаемых соединений (Ферран, Ферранимал-75 и Суиферровит-А) увеличилась на 6,5-10,8; 6,0-9,6 и 6,0-9,4% соответственно, ненасыщенная железосвязывающая способность сыворотки увеличилась на 22,9-29,9; 16,9-25,0 и 32,5-37,0% соответственно. Из результатов исследований можно сделать вывод, что препараты «Ферран», «Ферранимал-75» и «Суиферровит-А» оказывают благоприятное воздействие на обмен железа в организме в интервале доз от 0,5 до 2,0 мл.

Библиографический список

1. Fuqua B.K., Vulpe C.D., Anderson G.J., Intestinal iron absorption // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2012. – Vol. 26 (2-3). – R. 115-119.
2. McDowell L.R. Minerals in animal and human nutrition – Amsterdam: Elsevier Science, 2003. – 198 pp.
3. Miret S, Simpson R.J., McKie A.T. Physiology and molecular biology of dietary iron absorption // Annual Review of Nutrition. – 2003. – Vol. 23. – R. 283-301.
4. Suttle N.F. Mineral Nutrition of Livestock – UK: CAB International Wallingford and Cambridge, 2010. – 587 p.
5. Wessling-Resnick M. Iron transport // Annual Review of Nutrition. – 2000. – Vol. 20. – R. 129-151.
6. Трошин А.Н. Синтез железопротеиновых комплексов как путь повышения эффективности и безопасности ферротерапии животных при железодефицитной анемии // Ветеринарная практика. – 2007. – № 1 (36). – С. 23-27.
7. Казюкова Т.В. Дефицит железа у детей и подростков // Лечебное дело. – 2005. – № 1. – С. 10-16.
8. Бугланов А.А., Саяпина Е.В., Аверьянова А.А. Определение железосвязываю-

щей способности и трансферрина в сыворотке крови // Лабораторное дело. – 1991. – № 6. – С. 24-26.

9. Идельсон Л.И., Радзивилловская Э.Г., Аполлонов Л.А. К вопросу о выборе метода определения железа в сыворотке и моче // Проблемы гематологии и переливания крови. – 1970. – № 5. – С. 47-52.

10. Павлов А.Д., Морщакова Е.Ф., Румянцев А.Г. Эритропоз, эритропоэтин, железо. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 304 с.

References

1. Fuqua B.K., Vulpe C.D., Anderson G.J., Intestinal iron absorption // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2012. – Vol. 26 (2-3). – R. 115-119.
2. McDowell L.R. Minerals in animal and human nutrition – Amsterdam: Elsevier Science, 2003. – 198 rr.
3. Miret S, Simpson R.J., McKie A.T. Physiology and molecular biology of dietary iron absorption // Annual Review of Nutrition. – 2003. – Vol. 23. – R. 283-301.
4. Suttle N.F. Mineral Nutrition of Livestock – UK: CAB International Wallingford and Cambridge, 2010. – 587 p.
5. Wessling-Resnick M. Iron transport // Annual Review of Nutrition. – 2000. – Vol. 20. – R. 129-151.
6. Troshin A.N. Sintez zhelezoproteinykh kompleksov kak put' povyseniya effektivnosti i bezopasnosti feroterapii zhivotnykh pri zhelezodefitsitnoi anemii // Veterinarnaya praktika. – 2007. – № 1 (36). – S. 23-27.
7. Kazyukova T.V. Defitsit zheleza u detei i podrostkov // Lechebnoe delo. – 2005. – № 1. – S. 10-16.
8. Buglanov A.A., Sayapina E.V., Aver'yaynova A.A. Opredelenie zhelezosvyazyvayushchei sposobnosti i transferrina v syvorotke krovi // Laboratornoe delo. – 1991. – № 6. – S. 24-26.
9. Idel'son L.I., Radzivilovskaya E.G., Apollonov L.A. K voprosu o vybore metoda opredeleniya zheleza v syvorotke i moche // Problemy gematologii i pereli-vaniya krovi. – 1970. – № 5. – S. 47-52.
10. Pavlov A.D., Morshchakova E.F., Rumyantsev A.G. Eritropoez, eritropoetin, zhelezo. – М.: GEOTAR-Media, 2011. – 304 s.

