



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518–7554 print

ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet10306

<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 636.4.09:612.017:615.326

Immune status of piglets after administration of Iron(IV) clatrochelate to pregnant sows

V. B. Dukhnitskiy, I. M. Derkach, S. S. Derkach

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Article info

Received 29.06.2021

Received in revised form
29.07.2021

Accepted 30.07.2021

The National University of Life
and Environmental Sciences of
Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15,
Kyiv, 03041, Ukraine.
Tel.: +38-066-772-41-94
E-mail: irina1215@ukr.net

Dukhnitskiy, V. B., Derkach, I. M., & Derkach, S. S. (2021). Immune status of piglets after administration of Iron(IV) clatrochelate to pregnant sows. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 23(103), 35–42. doi: 10.32718/nvlvet10306

The degree of the physiological development of the body of piglets in the first months after birth is important because, during this period, there is an active formation of many organism systems, including those that provide homeostasis. The resistance of piglets to diseases of various etiologies during life depends on the formation of the immune system. Our study aimed to assess the immune status of piglets born to sows that received injections of solutions of Iron(IV) clatrochelate and cyanocobalamin during pregnancy. To achieve this goal, two groups of newborn piglets-analogs were formed during their retention with suckling sows – control and experimental, 15 animals each. Piglets from 5 sows (3 from each) were injected into the experimental group, which were injected 10 ml of 10 % solution of Iron(IV) clatrochelate and cyanocobalamin solution twice during pregnancy (14 and 7 days before the expected farrowing) intramuscularly. Piglets of the control group, according to the traditional scheme of prevention of iron deficiency anemia on the second day of life, were administered iron dextran drug uniferon (200 mg of iron (III) per injection). Piglets and sows were observed for two months; for studies of the content of immunoglobulins in the piglets' serum, the blood samples were taken at 1, 5, 12, and 30 days of life. During the experiment, the indicators of the content of immunoglobulins of classes G, A, M in the serum of piglets of the experimental group and the dynamics of their changes within 30 days after birth did not differ from the control. Two injections of 10 % solution of Iron(IV) clatrochelate in a dose of 10 ml in combination with cyanocobalamin injections at a dose of 500 mg of active substance to pregnant sows 14 and 7 days before the expected farrowing did not adversely affect the immune status of newborn piglets. Furthermore, this has a high prophylactic effect against iron deficiency anemia.

Key words: anemia, clatrochelate, colostrum, cyanocobalamin immunoglobulins, iron, piglets, sows, serum.

Імунний статус поросят за застосування клатрохелату Феруму(IV) вагітним свиноматкам

В. Б. Духницький, І. М. Деркач, С. С. Деркач

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Ступінь фізіологічного розвитку організму поросят у перші місяці після народження має важливе значення, оскільки упродовж цього періоду відбувається активне формування багатьох систем організму, зокрема й тих, що забезпечують гомеостаз. Стійкість поросят до захворювань різної етіології упродовж життя залежить саме від становлення імунобіологічної системи. Метою нашої роботи було оцінити імунний статус організму поросят, народжених від свиноматок, яким у період вагітності застосовували ін'єкції розчинів клатрохелату Феруму(IV) і ціанокобаламіну. Для виконання поставленої мети було сформовано 2 групи новонароджених поросят-аналогів у період їх утримання зі свиноматками на підсосі – контрольна та дослідна, по 15 тварин у кожній. У дослідну групу були відібрані поросята від 5-ти свиноматок (по 3 від кожної), яким в період вагітності

двічі (за 14 та 7 днів до очікуваного опоросу) внутрішньом'язово вводили по 10 мл 10 % розчину клатрохелату Феруму(IV) та розчин ціанокобаламіну. Поросятм контрольної групи за традиційною схемою профілактики ферумодефіцитної анемії на другу добу життя вводили ферумодекстрановий препарат юніферон (200 мг Феруму(III) на одне введення). Протягом 2 місяців за поросятами та свиноматками здійснювали спостереження; для досліджень вмісту імуноглобулінів у сироватці крові поросят відбирали зразки крові на 1, 5, 12 та 30 доби життя. Упродовж досліджу показники вмісту імуноглобулінів класів G, A, M у сироватці крові поросят дослідної групи та динаміка їх змін протягом 30 днів після народження майже не відрізнялась від контролю. Дворазова ін'єкція поросним свиноматкам 10 % розчину клатрохелату Феруму(IV) в дозі 10 мл у поєднанні з ін'єкціями ціанокобаламіну у дозі 500 мкг діючої речовини за 14 та 7 днів до передбачуваного опоросу не впливала негативно на імунний статус новонароджених поросят, забезпечуючи при цьому високий профілактичний ефект щодо ферумодефіцитної анемії.

Ключові слова: анемія, імуноглобуліни, клатрохелат, молозиво, поросята, свиноматки, сироватка крові, Ферум, ціанокобаламін.

Вступ

Імунітет є важливою складовою збереження імунологічної індивідуальності, механізмом підтримки імунологічного гомеостазу організму за допомогою неспецифічних і специфічних клітинних та гуморальних факторів.

Як відомо, розвиток імунної системи в організмі поросят розпочинається ще з ранніх періодів гестації, адже в селезінці та тимусі плода перші В- та Т-клітини з'являються у 30–40-добовому віці. Вже наприкінці гестації їхня кількість поступово збільшується і плід може спричинити імунну відповідь на введення антигенів. Водночас епітеліохоріальна плацента є бар'єром для проходження антитіл та імунних клітин від свиноматки до плоду, тому від надходження з молозивом/молоком материнських антитіл залежить збереженість новонароджених поросят. Загалом імунна система, як і інші системи організму тварини, впродовж періоду онтогенезу підлягає значним перебудовам, які зумовлюють зміну її структури та характеру діяльності у майбутньому (Koliakov, 1986; Voronyn et al., 2002; Roit et al., 2006; Kryshforova et al., 2007; Salyha, 2009).

Для об'єктивної оцінки стану захисних сил організму необхідно є інформація про оптимальний рівень показників, що характеризують клітинну і гуморальну ланки, а також факторів, які впливають на формування імунобіологічної системи організму в процесі його життєдіяльності. Важлива роль у цьому разі відводиться рівню фізіологічного розвитку організму поросят у перші місяці життя, коли відбувається активне формування багатьох систем організму, що забезпечують гомеостаз. З іншого боку, життєздатність та стійкість поросят до захворювань різної етіології протягом цього періоду залежать саме від становлення імунобіологічної системи (Zharov, 2003; Havrylin et al., 2005; Hryhorev, 2006; Panikar et al., 2015; Todoriuk et al., 2018; Martyshuk et al., 2019; 2020).

Варто зауважити, що свині порівняно з тваринами інших видів мають високі показники кількості імуноглобулінів усіх класів. Згідно з результатами досліджень деяких авторів, у сироватці крові свиней імуноглобуліни класу А становлять 15–20 % усіх імуноглобулінів, імуноглобуліни класу G становлять 70–80 %, імуноглобуліни класу М – 10 % відповідно (Bland et al., 2003; Butler et al., 2009). До начисленніших Ig класу G належать антитіла проти більшості антигенів різного походження; вони забезпечують захист від широкого спектру чужорідних агентів: бактерій, віру-

сів, токсинів, а з імуноглобулінами класу А запобігають контамінації слизової оболонки кишечника вірулентними бактеріями. Ig класу А мають дві форми сироваткову та секреторну; остання відіграє важливу роль у формуванні механізмів місцевої резистентності, протидіє масовому надходженню антигенів, перешкоджає прикріпленню бактерій до епітеліоцитів, нейтралізує ентеротоксини, сприяє фагоцитозу. Імуноглобуліни класу М слугують рецепторами В-клітин, з'являються першими у крові за первинної імунної відповіді, разом імуноглобулінами класу А беруть участь у місцевому імунітеті (Panikar et al., 2015). Роль імуноглобулінів класів Е та D є менш вивченою.

Показники кількості антитіл різних класів у сироватці крові поросят мають суттєві розбіжності у різних авторів, що своєю чергою ускладнює аналіз цифрових результатів. За результатами досліджень, проведених Панікаром І. І. (Panikar et al., 2013; 2014), аналіз загальної кількості імуноглобулінів вказує, що найбільшим цей показник (4,38 мг/мл) є в поросят у перші години життя, після чого спостерігається його зниження до кінця першого тижня життя: 3,56 мг/мл – на першу добу та 2,41 мг/мл – на 7 добу. До 29-добового віку даний показник зростає до 3,46 мг/мл. За даними Мас'янова Ю. (Mas'janov, 1992), кількість імуноглобулінів усіх класів поступово зменшується впродовж усього місяця, а згідно з даними Кадирова С. (Kadyrov, 1985), така динаміка характерна лише для Ig класу G, і у цьому випадку мінімальні значення Ig класу М зареєстровані на 10 добу, а Ig класу А – на 30 добу, після чого кількість імуноглобулінів усіх класів поступово збільшується.

Ряд вчених (Maslianko et al., 2000; 2002; 2004; Meier & Kharvy, 2007; Salyha, 2009; Ratskyi et al., 2010) вважають, що для новонароджених тварин характерна змінна гіпогаммаглобулінемія, що зумовлено недостатньою функціональною здатністю імунної системи молодняку до синтезу власних антитіл, яка триває упродовж 1–2 місяців до завершення розвитку імунної системи. Доведено, що найвищий рівень γ -глобулінів у сироватці крові поросят спостерігається через 6–12 год після споживання молозива. Значні коливання кількості антитіл класу G пов'язують з кількістю цих антитіл у молозиві.

Варто зазначити, що забезпечення споживання молозива новонародженою твариною у перші години після народження має дуже важливе значення, адже, крім імуноглобулінів, з молозивом свиноматки в організм поросят надходять Т і В-лімфоцити, нейтрофіли та фагоцити. Також у молозиві містяться вітаміни,

мікроелементи, мінерали, що є важливими факторами росту для потомства (Tytarenko, 2020).

Перший місяць після народження вважають одним з найкритичніших періодів життя поросят, адже на 2–3 тиждень у них суттєво послаблюється загальний фізіологічний стан та резистентність. У цей період поросята є особливо чутливими до нестачі в їхньому організмі Феруму. Недостатня увага до дефіциту життєво важливого мікроелементу чи невчасна профілактика цього провокує розвиток ферумодефіцитної анемії, яку вважають найбільш поширеною незаразною хворобою поросят. Нестача мікроелементу спричиняє пригнічення кровотворення і розлади ензимних систем організму, наслідком чого є змішана гіпоксія, негативні метаболічні і функціональні зміни в органах, тканинах та клітинах організму (Antipov & Zharov, 2013; Ganz, 2013; Gasanov et al., 2020). У цьому разі в крові зменшується загальна кількість лейкоцитів, популяції Т і В лімфоцитів, нейтрофілів, моноцитів, гальмується фагоцитарна активність та знижується індекс фагоцитозу, елімінуюча здатність крові, а також вміст протеїну загального та імуноглобуліну класу G (Karput' & Nikoladze, 2001; Levchenko et al., 2012). Встановлено, що від анемії може загинути до чотирьох поросят у гнізді. При цьому варто згадати про значні витрати на лікування хворих тварин та профілактику різних вторинних патологій, зокрема вторинного імунодефіциту, а також про зниження рентабельності в результаті уповільнених темпів росту, погіршення племінних якостей тварин тощо.

Загалом сучасний фармацевтичний ринок в Україні забезпечений протианемічними препаратами, але вони мають ряд недоліків, тому розробка нових ефективних ферумовмісних лікарських засобів з метою профілактики ферумодефіцитної анемії поросят не втрачає актуальності й нині. З цією метою нами проведено ряд необхідних доклінічних та клінічних досліджень нової клатрохелатної сполуки Феруму в рідкісній валентності (Dukhnitsky et al., 2018; 2019; 2020; Derkach, 2021), про яку вперше повідомили Tomyn et al. (2017). На основі результатів дослідження протианемічної ефективності даного комплексу було запропоновано нову схему профілактики, яка заснована на застосуванні препарату вагітним свиноматкам у період вагітності. Дворазова ін'єкція поросним свиноматкам 10 % розчину клатрохелату Феруму(IV) за 14 та 7 днів до передбачуваного опоросу забезпечувала профілактичний ефект щодо ферумодефіцитної анемії у народжених від них поросят (Dukhnitsky et al., 2021; Derkach, 2021). Наступним етапом наших досліджень було вивчення протианемічної ефективності комбінації ін'єкцій розчину клатрохелату Феруму(IV) та розчину ціанокобаламіну, за тих же умов – лікарські засоби вводились не новонародженим порослятам згідно з традиційними схемами профілактики ферумодефіцитної анемії, а свиноматкам у період вагітності.

Як відомо, ціанокобаламін досить часто входить до складу протианемічних препаратів; він є антианемічним вітаміном, необхідним для нормального кровотворення, проявляє метаболічну та гемопоетичну

функцію. В організмі (переважно в печінці) перетворюється у коферментну форму вітаміну В₁₂ – аденозилкобаламін, або кобамамід, який має високу біологічну активність.

Результати досліджень динаміки маси тіла поросят, морфологічних показників крові та біохімічних показників сироватки крові підтверджують ефективність такої схеми профілактики, але залишається невивченим стан імунного захисту поросят, народжених від свиноматок, яким ін'єкували вищезазначені препарати.

Мета роботи – оцінити імунний статус організму поросят, народжених від свиноматок, яким у період вагітності застосовували ін'єкції розчинів клатрохелату Феруму(IV) і ціанокобаламіну.

Матеріал і методи досліджень

Усі маніпуляції з тваринами проводили відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних і наукових цілей (Official Journal of the European Union L276/33, 2010).

Для виконання поставленої мети було сформовано 2 групи новонароджених поросят-аналогів (гібриди порід ландрас та велика біла) у період їхнього утримання зі свиноматками на підсосі – контрольна та дослідна, по 15 тварин у кожній. У дослідну групу були відібрані поросята від 5 свиноматок (по 3 від кожної), яким у період вагітності двічі (за 14 та 7 днів до очікуваного опоросу) внутрішньом'язово вводили по 10 мл 10 % розчину клатрохелату Феруму(IV) та розчин ціанокобаламіну (у дозі для свиноматок, рекомендованій офіційними інструкціями, – з розрахунку по 500 мкг діючої речовини на одне введення). Порослятам контрольної групи за традиційною схемою профілактики ферумодефіцитної анемії на другу добу життя вводили ферумдекстрановий препарат юніферон у дозі 1 мл для тварини (200 мг Феруму(III) на одне введення).

Діючою речовиною препарату, що застосовували свиноматкам, є Ферум у рідкісній валентності IV та у формі клатрохелату – це макробіциклічний комплекс, у якому іон металу «упакований» у наноканулу, яка перешкоджає взаємодії з переважною більшістю реагентів, зокрема біолігандами, а також екранує метал від інших факторів навколишнього середовища. Для розчинення порошку клатрохелату Феруму(IV) було використано розчинник реополіглокін, що є плазмозамінним колоїдним розчином декстрану (полімеру глюкози).

Протягом 2 місяців за порослятами та свиноматками здійснювали спостереження; для досліджень вмісту імуноглобулінів у сироватці крові поросят відбирали зразки крові на 1, 5, 12 та 30 доби життя.

Результати та їх обговорення

Упродовж науково-виробничого дослідження не виявлено народження мертвих поросят та жодних клінічних ознак анемії: блідість слизових оболонок (з жов-

туватим відтінком), скуйовдженість щетини, сухість чи зморщення шкіри поросят. Також не спостерігалося прискорення пульсу та ритму дихання у тварин, відставання у рості, розладів травлення чи малорухливості, що є характерним для прояву анемії. Побічних реакцій на введення препаратів не виявлено. Поросята дослідної групи були активнішими, ніж поросята контрольної групи.

Вміст імуноглобулінів у сироватці крові поросят, який визначали на 1, 5, 12 та 30 доби життя тварин, наведено у таблицях 1–3.

Таблиця 1

Динаміка вмісту імуноглобулінів класу G у сироватці крові поросят, г/л ($M \pm m$, $n = 15$)

Вік поросят, діб	Група поросят	
	I контрольна	II дослідна
1	0,3 ± 0,01	0,3 ± 0,01
5	5,3 ± 0,15	5,4 ± 0,14*
12	2,4 ± 0,14	2,6 ± 0,19*
30	2,0 ± 0,07	2,1 ± 0,06

Примітка: ступінь вірогідності – * – $P < 0,05$ порівняно з показником у поросят контрольної групи

Вміст імуноглобулінів класу G у сироватці крові поросят дослідної групи майже не відрізнявся від контролю. Загалом на першу добу життя до отримання молозива кількість імуноглобулінів цього класу була низькою у сироватці крові поросят обох груп. На 5 добу цей показник значно зростав, що можна пояснити тим, що поросята отримували імуноглобуліни з материнським молозивом/молоком, але до 30-ї доби знову ж таки знижувався. Отримані нами результати суперечать даним Штертль зі співавт. (Shtertsl et al., 1992), що вказують на відсутність Ig класу G у сироватці крові поросят, які не отримували молозива, але підтверджують дані більшості дослідників. Так, Лаптенюк В. (Laptenok, 1986) довів наявність Ig класу G у плодів свиней до народження та у новонароджених поросят, причому кількість імуноглобулінів після отримання молозива збільшувалася у 7 разів, а далі, впродовж першого місяця життя, знижувалася. Панкар І. виділяє так званий період “провалу” в кінці першого тижня життя поросят, а саме зменшення кількості даного виду імуноглобулінів у сироватці крові майже в 2,6 раза (з $3,11 \pm 0,01$ до $1,19 \pm 0,02$ мг/мл). У цей час запаси імуноглобулінів класу G в організмі поросят, ймовірно, зменшуються, а сам новонароджений організм ще не в змозі виробляти достатню кількість даного виду імуноглобулінів. Проте ми не підтримуємо результати досліджень Панікара І. (Panikar et al., 2013), які показують високий рівень Ig класу G ($3,11 \pm 0,01$ мг/мл) у поросят перших годин життя.

Більшість авторів вказують на різке зменшення кількості імуноглобулінів класу G у перші 30 діб із поступовим їх збільшенням упродовж наступних 2–3 місяців життя тварин (Kadyrov, 1985; Laptenok, 1986; Maslianko, 1999; Maslianko et al., 2002; Antonov et al., 2005; Salyha, 2009; Ratskyi et al., 2010). Є дані про зменшення кількості Ig класу G упродовж першого місяця життя у 48 разів, а згідно з іншими даними, у

70 разів. На думку В. Антонова зі співавт. (Antonov et al., 2005), значні коливання кількості антитіл класу G насамперед пов’язані з вмістом протеїну загального в сироватці крові та антитіл у молозиві свиноматок. Tizard & Schubot (2004) вважають, що зниження кількості антитіл класу G у сироватці крові поросят упродовж першого тижня життя на 22 % пов’язане зі зменшенням кількості Ig класу G у молоці та тим, що синтез власних Ig класу G у поросят незначний через недостатню кількість В-лімфоцитів у крові новонароджених поросят у зв’язку з одноманітністю набору В-клітинних рецепторів, що своєю чергою збільшується лише під дією активної стимуляції бактеріальних антигенів.

Варто відзначити, що тільки у свиней даний клас імуноглобулінів має підкласи Ig G₁, Ig G_{2a}, Ig G_{2b}, Ig G₃ та Ig G₄, які кодуються від 8 до 12 імуноглобуліновими генами (Sun & Hayward, 1998; Butler et al., 2009).

Таблиця 2

Динаміка вмісту імуноглобулінів класу A у сироватці крові поросят, г/л ($M \pm m$, $n = 15$)

Вік поросят, діб	Група поросят	
	I контрольна	II дослідна
1	0,2 ± 0,01	0,2 ± 0,01
5	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01
12	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,00
30	0,2 ± 0,01	0,2 ± 0,01

Упродовж дослідів кількість імуноглобулінів класу A в сироватці крові поросят дослідної групи незначно відрізнялася від такого показника у сироватці крові поросят контрольної групи. Динаміка змін характеризувалася тенденцією до зниження вмісту імуноглобулінів класу A до 12 доби, але на 30 добу даний показник майже не відрізнявся від вихідного значення. Отримані нами дані підтверджують результати досліджень деяких дослідників, але суперечать іншим. Так, згідно з результатами досліджень Панікара І. (Panikar et al., 2015), після першого тижня надходження імуноглобулінів класу A з молозивом/молоком зменшується, а до 14 діб відбувається зменшення даного виду імуноглобулінів удвічі (з $0,91 \pm 0,03$ до $0,42 \pm 0,02$ мг/мл). Вважають, що саме цей період є найнебезпечнішим у контамінації слизових оболонок відкритих систем (дихальної та травної) патогенною мікрофлорою.

Припускають, що у період різкого зниження кількості Ig класу G (вік 7 діб) захисну роль, очевидно, беруть на себе Ig класу A, кількість яких у цей період є найвищою (0,91 мг/мл). У період першого місяця життя зниження кількості Ig класу A в молозиві та молоці свиноматок у 3,8 раза, що пов’язують з тим, що материнські антитіла руйнуються, а власні синтезуються в недостатній кількості (у 29 діб – 0,46 мг/мл). За даними (Fedorov & Verkhovskiy, 1996) відомо, що Ig класу A накопичуються не в крові, а на поверхні слизових оболонок органів травлення і дихання поросят. Саме до клітин поверхні слизових кишечнику прикріплюється більшість Ig класу A, які є в молозиві, а пізніше – в молоці свиноматок. За дани-

ми Кадилова С. (Kadyrov, 1985), таке зниження відбувається в 3,7 раза.

Встановлено, що антитіла класу А синтезуються безпосередньо в молочній залозі і мають важливе значення в захисті слизової оболонки кишечника поросят у післямолозивний підсисний період. Материнські специфічні імуноглобуліни класу А зв'язують на поверхні слизової кишечника більшість антигенів, які потрапляють із кормом та водою. Вважають, що відлучення поросят у місячному віці є стрес-фактором ще й тому, що позбавляє поросят такого важливого фактора імунного захисту, яким є Ig класу А.

Загалом у новонароджених поросят рівень Ig класу А у сироватці крові є підвищеним ($0,91 \pm 0,03$ мг/мл), Ig класу М ($0,36 \pm 0,01$ мг/мл) – найнижчим, і в межах нижчої межі норми для даного виду тварин – Ig класу G ($3,11 \pm 0,01$ мг/мл). Вважають, що рівень Ig класу А в сироватці крові сягає 21 %; Ig класу G – 71 %, Ig класу М, відповідно, – 8 %.

Таблиця 3

Динаміка вмісту імуноглобуліну класу М у сироватці крові поросят, г/л ($M \pm m$, $n = 15$)

Вік поросят, діб	Група поросят	
	I контрольна	II дослідна
1	$0,1 \pm 0,00$	$0,1 \pm 0,00^{**}$
5	$0,4 \pm 0,01$	$0,4 \pm 0,01^{**}$
12	$0,1 \pm 0,01$	$0,1 \pm 0,01^{**}$
30	$0,3 \pm 0,01$	$0,4 \pm 0,01^{**}$

Примітка: ступінь вірогідності – ** – $P < 0,01$ порівняно з показником у поросят контрольної групи

Упродовж дослідів показник вмісту імуноглобуліну класу М у сироватці крові поросят дослідної групи та динаміка його змін протягом дослідів майже не відрізнялась від контролю. Отримані нами дані незначно відрізняються від даних, отриманих іншими дослідниками. Так, згідно з результатами дослідження Панікара І. (Panikar et al., 2015), в новонароджених тварин Ig класу М у крові містяться в низьких концентраціях, але впродовж першої доби життя вміст Ig класу М зростає від 8 % до 15,1 %, набуваючи максимального значення у тварин до кінця першого тижня життя (20 %). Поросята перших днів життя мають достатньо високий рівень власних імуноглобулінів класу М ($0,54$ мг/мл), які накопичуються в ембріональний період. За даними Антонова В. зі співавт. (Antonov et al., 2005), їх кількість із часом незначно змінюється і коливається у межах $0,48$ – $0,54$ мг/мл, не досягаючи показників, характерних для організму дорослих тварин ($0,65$ – $0,90$ мг/мл). Припускають, що це результат впливу патогенних факторів навколишнього середовища на новонароджений організм та антигенної стимуляції останнього. Згідно з даними інших дослідників – упродовж першого місяця після опоросу в молозиві та молоці свиноматок зменшувалася кількість Ig класу М в 11 разів.

Вищеописана динаміка змін показника імуноглобулінів класу М відображає формування власної імунної відповіді на активну антигенну стимуляцію різного походження, які потрапляють в організм із кор-

мом, водою та повітрям уже в перші години після народження. Оскільки Ig класу М за імунної відповіді синтезуються першими, саме в цей час вони частково компенсують нестачу власних високоспецифічних антитіл класів G та А і зниження кількості материнських (молозивних) Ig класу G через їх руйнування.

Варто зазначити, що згідно з літературними даними, новонароджені поросята мають незначну кількість власних імуноглобулінів класу М (8,1 %), яка не залежить від материнських, оскільки антитіла цього класу з молозивом майже не надходять у кров новонароджених тварин. Імуноглобуліни цього класу синтезуються у плоді, починаючи з внутрішньоутробного періоду, у відповідь на стимулюючі фактори. Експресія цитоплазматичного Ig класу М на поверхні клітин відіграє вирішальну роль у В-клітинному онтогенезі. Вміст імуноглобулінів класу М у крові новонароджених поросят понад 3 мг/мл вказує на наявність внутрішньоутробної інфекції (Panikar et al., 2013; Panikar & Nychyk, 2014; Panikar et al., 2015).

Висновки

Дворазова ін'єкція поросним свиноматкам 10 % розчину клатрохелату Феруму(IV) у дозі 10 мл в поєднанні з ін'єкціями ціанокобаламіну у дозі 500 мкг діючої речовини за 14 та 7 діб до передбачуваного опоросу не впливала негативно на імунний статус новонароджених поросят, забезпечуючи при цьому високий профілактичний ефект щодо ферумодефіцитної анемії.

Динаміка змін кількості імуноглобулінів засвідчує міцний зв'язок між антитілами молозива і молока та антитілами крові поросят. Оскільки поросята народжуються з невеликою кількістю власних антитіл виключно класу М, еволюційно сформовані біологічні механізми дозволяють не лише захистити новонароджених поросят материнськими колостральними антитілами класів А і G, а й упродовж усього підсисного періоду захищати молодняк від основних патогенів, які надходять через шлунково-кишковий канал, даючи можливість власній імунній системі тварин поступово адаптуватися до нових умов існування й захищати організм самостійно. Незрілість багатьох ланцюгів протиінфекційного захисту організму новонародженої тварини компенсується пасивною передачею імуноглобулінів через плаценту (Ig класу G) та молоко (Ig класу G, Ig класу А).

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Antipov, A. A., & Zharov, A. V. (2013). Gistologicheskie i morfometricheskie izmeneniya pecheni, pochek, selebenki i limfaticeskikh uzlov porosyat pri alimentarnoj zhelezodeficitnoj anemii [Histological and morphometric changes in the liver, kidneys, spleen and lymph nodes of piglets with alimentary iron deficiency].

- cy anemia]. *Rossijskij veterinarnyj zhurnal. Sel'sko-hozyajstvennye zhivotnye*, 1, 19–21 (in Russian).
- Antonov, V. S., Romanko, M. Ye., Mykhailova, S. A., Rudenko, O. P., & Kovalenko, L. V. (2005). Stan bilkovoho obminu ta pryrodnoi rezystentnosti porosiat pershoho misiatsia zhyttia [The state of protein metabolism and natural resistance of piglets the first month of life]. *Veterynarna medytsyna. Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk*, 85(1), 63–66 (in Ukrainian).
- Antonyak, G. L., Solohub, L. I., Snitynskyi, V. V., & Babych, N. O. (2006). Zalizo v orhanizmi lyudyny I tvaryn (biohimichni, imunolohichni ta ekolohichni aspekty) [Iron in humans and animals (biochemical, immunological and environmental aspects)]. Lviv (in Ukrainian).
- Bland, I., Rooke, J., Bland, V., Sinclair, A., & Edwards, S. (2003). Appearance of immunoglobulin G in the plasma of piglets following intake of colostrum, with or without a delay in sucking. *Animal Science*, 77(2), 277–286. doi: 10.1017/S1357729800059014.
- Bulter, J., Zhao, Y., & Sinkora, M. (2009). Immunoglobulins, antibody repertoire and B cell development. *Dev. comp. immunology*, 33(3), 321–333. doi: 10.1016/j.dci.2008.06.015.
- Butler, J. E., Wertz, N., Deschacht, N., & Kacsokovics, I. (2009). Porcine IgG: structure, genetics, and evolution. *Immunogenetics*, 61(3), 209–230. doi: 10.1007/s00251-008-0336-9.
- Derkach, I. M. (2021). Porivnialna efektyvnist ferumvmisnykh likarskykh zasobiv za profilaktyky ferumdefitsytnoi anemii porosiat [Comparative efficacy of iron-containing drugs in the prevention of iron deficiency anemia in piglets]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23(102), 66–71. doi: 10.32718/nvlvet10210 (in Ukrainian).
- Dukhnitsky, V. B., Derkach, I. M., Derkach, S. S., Lozovyi, V. M., Kostub, V. V., Losa, Yu. V., Fritsky, I. O., & Plutenko, M. O. (2021). Bilkovyi spektr syrovatky krovi porosiat za vplyvu preparativ ferumu [Protein spectrum of piglets' blood serum under the influence of ferrum preparations]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 1, 101–101. doi: 10.31210/visnyk2021.01.31 (in Ukrainian).
- Dukhnitsky, V. B., Derkach, I. M., Derkach, S. S., Plutenko, M. O., & Fritsky, I. O. (2019). Influence of iron (IV) clathrochelate complex on quail blood parameters and weight characteristics. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 126–131. doi: 10.15421/2019_719.
- Dukhnitsky, V. B., Derkach, I. M., Plutenko, M. O., Fritsky, I. O., & Derkach, S. S. (2018). Vyznachennja parametriv gostroi toksychnosti ferumu (IV) na bilyh myshah [Determination of the accumulative toxicity parameters of iron (IV) on white mice]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(2), 308–312. doi: 10.15421/2018_343 (in Ukrainian).
- Dukhnitsky, V. B., Derkach, I. M., Plutenko, M. O., Fritsky, I. O., & Derkach, S. S. (2019). Cumulative properties of Iron(IV) clathrochelate in rats [Kumuliatyvni vlastvosti klatrokelatu Ferumu (IV) dlia bilykh shchuriv]. *Visnyk PDAA*, 2, 238–246. doi: 10.31210/visnyk2019.02.32 (in Ukrainian).
- Dukhnitsky, V. B., Kalachniuk, L.H., Derkach, I. M., Derkach, S. S., Plutenko, M. O., & Fritsky, I. O. (2020). Iron(IV) hexahydrazide clathrochelate complexes: the chronic toxicity study. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 18–23. doi: 10.15421/2020_3.
- Dukhnitsky, V., Derkach, I., Derkach, S., Fritsky, I., & Plutenko, M. (2019). Khronichna toksychnist klatrokelatu Ferumu (IV) dlia bilykh shchuriv [Chronic toxicity of the Iron (IV) clathrochelate complexes for white rats]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 21(95), 15–21. doi: 10.32718/nvlvet9503 (in Ukrainian).
- Dukhnitsky, V., Derkach, I., Derkach, S., Fritsky, I., & Plutenko, M. (2020). Doslidzhennia podrazniuvanoi dii ta alerhennykh vlastyvostei klatrokelatu Ferumu(IV) [Investigations of the irritant effect and allergenic properties of Ferum's clathrochelate (IV)]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 22(97), 130–135. doi: 10.32718/nvlvet9721 (in Ukrainian).
- Dukhnitsky, V., Derkach, I., Derkach, S., Fritsky, I., & Plutenko, M. (2020). Doslidzhennia protyanemichnoi dii klatrokelatu Ferumu(IV) na porosiatakh [Study of the antianemic effect of iron (IV) clathrochelate on piglets]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 22(99), 107–115. doi: 10.32718/nvlvet9917 (in Ukrainian).
- Dukhnitsky, V., Derkach, I., Plutenko, M., Fritsky, I., & Derkach, S. (2019). Acute toxicity of the iron clathrochelate complexes. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(3), 276–279. doi: 10.15421/021942.
- Fedorov, Yu. N., & Verkhovskyi, O. A. (1996). Immunodefitsyty domashnykh zhyvotnykh [Immunodeficiencies of pets]. Moskva (in Russian).
- Ganz, T. (2013). Systemic iron homeostasis. *Physiological Reviews*, 93(4), 1721–1741. doi: 10.1152/physrev.00008.
- Gasanov, A. S., Amiov, D. R., Muhutdinova, D. M., Ovsjannikov, A. P., Churna, Z. G., & Shamsutdinova, N. V. (2020). Anemija i preparaty, primenjaemye pri ee lechenii i profilaktike [Anemia and drugs used in its treatment and prevention]. Kazan' (in Russian).
- Havrylin, P. M., Masiuk, D. M., & Biben, I. A. (2005). Rol i potentsiini mozhlyvosti fiziologii ta funktsionalnoi morfolohii u vyrishenni problem pidvyshchennia zhyttiezdatnosti produktyvnykh tvaryn [The role and potential of physiology and functional morphology in solving problems of increasing the viability of productive animals]. Dnipropetrovskiy DAU, *Visnyk*, 2, 65–69 (in Ukrainian).
- Hryhorev, V. (2006). Dynamyka kletochnykh y humoralnykh faktorov rezystentnosti svynei v rannem postnatalnom ontogeneze [Dynamics of cellular and humoral factors resistance of pigs in early postnatal ontogenesis]. *Svynovodstvo [Swine breeding]*, 1, 28–32 (in Russian).
- Kadyrov, S. O. (1985). Immunoglobuliny svin'i: IgG, IgM, IgA, sIgA (vydelenie, ochistka, identifikacija, sodержanie) [Porcine immunoglobulins: IgG, IgM,

- IgA, sIgA (isolation, cleaning, identification, content). Extended abstract of candidate's thesis. VNIIEV (in Russian).
- Karput', I. M., & Nikoladze, M. G. (2001). Diagnostika i profilaktika alimentarnoj anemii porosjat [Diagnosis and prevention of alimentary anemia of piglets]. *Veterinarija*, 4, 34–37 (in Russian).
- Koliakov, Ya. E. (1986). *Veterynarnaia immunologiya* [Veterinary immunology]. Moskva, Ahropromyzdat (in Russian).
- Kryshchuk, B. V., Lemeshchenko, V. V., & Stehnei, Zh. H. (2007). *Biologichni osnovy veterynarnoi neonatologii* [Biological bases of veterinary neonatology]. Cymferopol. Terra Tavryka (in Ukrainian).
- Laptenok, V. N. (1986). Formirovanie estestvennoj rezistentnosti v antenatal'nyj i rannij postnatal'nyj periody razvitija svinej i sposoby ee povyshenii [Formation of natural resistance in antenatal and early postnatal periods of development of pigs and ways to increase it]. Extended abstract of candidate's thesis. Zhodino (in Russian).
- Levchenko, V. I., Kondrakhin, I. P., & Vlizlo, V. V. (2012). *Vnutrishni khvoroby tvaryn. Chastyna 1* [Internal diseases of animals. Part 1]. Bila Tserkva (in Ukrainian).
- Martyshuk, T. V., Gutyj, B. V., Vishchur, O. I., & Todoriuk, V. B. (2019). Biochemical indices of piglets blood under the action of feed additive "Butaselmavit-plus". *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 2(2), 27–30. doi: 10.32718/ujvas2-2.06.
- Martyshuk, T.V., Gutyj, B.V., Zhelavskiy, M.M., Midyk, S.V., Fedorchenko, A.M., Todoriuk, V.B., Nahirniak, T.B., Kiser, Ya.V., Sus, H.V., Chemerys, V.A., Levkivska, N.D., Iglitskej, I.I. (2020). Effect of Butaselmavit-Plus on the immune system of piglets during and after weaning. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 347–352. doi: 10.15421/2020_106.
- Mas'janov, Ju. N. (1992). Immunomorfologija u porosjat-sosunov v norme i pri jeksperimental'noj kolidiaree [Immunomorphology in suckling pigs in normal and experimental colidiarrhea]. Extended abstract of candidate's thesis. Voronezh (in Russian).
- Maslianko, R. P. (1999). *Osnovy imunobiologii* [Fundamentals of immunobiology]. Lviv, Vertykal (in Ukrainian).
- Maslianko, R. P. (2004). Formuvannia peryferychnykh orhaniv imunnoi systemy u tvaryn [Formation of peripheral organs of the immune system in animals. Age features of the immune system in animals]. *Biologhiia tvaryn*, 6(1–2), 39–43 (in Ukrainian).
- Maslianko, R. P., & Kravtsiv, Yu. R. (2000). Vzaiemodiia klityn u protsesi imunohenezu [Interaction of cells in the process of immunogenesis]. *Biologhiia tvaryn*, 2(1), 48–52 (in Ukrainian).
- Maslianko, R. P., Kravtsiv, Yu. R., & Kravtsiv, Ya. S. (2002). Vikovi osoblyvosti imunnoi systemy u tvaryn [Age features of the immune system in animals]. *Biologhiia tvaryn*, 4(1–2), 9–15 (in Ukrainian).
- Maslianko, R. P., Venhryn, A. V., & Maslianko, T. R. (2004). Rol imunokompetentnykh klityn u rozvytku imunnoi vidpovidi u tvaryn [The role of immunocompetent cells in immune development responses in animals]. *Naukovo-tekhnichnyi biuletyn Instytutu biologii tvaryn* [Scientific and technical bulletin of the Institute of Animal Biology], 5(1–2), 166–169 (in Ukrainian).
- Meier, D., & Kharvy, Dzh. (2007). *Veterynarnaia laboratornaia medytsyna: ynterpretatsiya y dyahnostyka*: [Veterinary laboratory medicine: interpretation and diagnosis]. Moskva. Sofyon (in Russian).
- Panikar, I. I., Kovalenko, V. L., & Nosyk, N. I. (2013). Stanovlennia pokaznykiv imunnoho statusu porosiat vikom do dvokh tyzhniv [Formation of indicators of immune status of piglets aged up to two weeks]. *Naukovi pratsi NUBIP*, 188, 134–141 (in Ukrainian).
- Panikar, I., Goralsky, L., & Kolesnik, N. (2015). *Morfologhiia ta imunohistokhimiiia orhaniv imunohenezu svynei u period postnatalnoi adaptatsii: monohrafiia* [Morphology and immunohistochemistry of pig immunogenesis organs in the period of postnatal adaptation: monograph]. Poltavaska derzhavna ahrarna akademiia. Poltava (in Ukrainian).
- Panikar, S. A., & Nychyk, I. I. (2014). Zminy morfologichnykh pokaznykiv peryferychnoi krovi porosiat pershoho misiatsia zhyttia [Changes in morphological parameters of peripheral blood of piglets the first month of life]. *Biologhiia tvaryn*, 16(4), 115–120 (in Ukrainian).
- Ratskyi, M. I., Vishchur, O. V., & Kychun, I. V. (2010). Vmist okremykh klasiv imunoglobuliniv u krovi porosiat, khvorykh na kolienterotoksemiu, ta pry zastovuvanni γ -hlobuliniv [The content of certain classes of immunoglobulins in the blood of piglets, patients with cholierotoxemia, and with the use of γ -globulins]. *Biologhiia tvaryn*, 12(1), 312–317 (in Ukrainian).
- Roit, A., Brostoff, Dzh., & Meil, D. (2006). *Imunologhiia* [Immunology]. Moskva (in Russian).
- Salyha, N. O. (2009). Rozvytok ymunnoi systemy u porosiat [Development of the immune system in piglets]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Biology Sciences*, 51, 3–14 (in Ukrainian).
- Shtertsl, Ya., Franek, F., Rzykhha, Y., Kostka, Y., & Lants, A. (1992). Voznyknovenye y svoistva neantyhennoho γ -hlobulina novorozhdennykh: pervoe poiavlenye estestvennykh antytel y ykh otnoshenye k bakterytsydnym svoistvam syvorotky [The emergence and properties of non-antigenic γ -globulin of newborns: the first appearance of natural antibodies and their relationship to the bactericidal properties of serum]. *Zhurnal mykrobiolohy, epydemiolohyy, immunobylolohyy*, 60–68 (in Russian).
- Sun, J., & Hayward, C. (1998). Antibody repertoire development in fetal and neonatal piglets. *Journal Immunology*, 168, 291–296.
- Tizard, Ia. R., & Schubot, R. M. (2004). *Veterinary immunology: An Introduction*. 7th ed. Philadelphia.
- Todoriuk, V., Hunchak, V., Gutyj, B., Gufriy, D., Hariv, I., Khomyk, R., & Vasiv, R. (2018). Preclinical research of the experimental preparation "Ferosel T". *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 1(1), 3–9. doi: 10.32718/ujvas1-1.01.

- Tomyn, S., Shylin, S. I., Bykov, D., Ksenofontov, V., Gumienna-Kontecka, E., Bon, V., & Fritsky, I. O. (2017). Indefinitely stable iron (IV) cage complexes formed in water by air oxidation. *Nature Communications*, 8, 1–8. doi: 10.1038/ncomms14099.
- Tytarenko, O. (2020). Priama imunna zalezhnist: здорова svynomatka – mitsne porosia [Direct immune dependence: a healthy sow is a strong piglet]. *Tvarynnytstvo i veterynariia*, 10, 4–7 (in Ukrainian).
- Voronyn, E. S., Petrov, A. M., Serykh, M. M., & Devryshev, D. A. (2002). *Immunolohyia* [Immunology]. Moskva. Kolos (in Russian).
- Zharov, A. V. (2003). Funktsyonalnaia morfolohyia orhanov ymmunnoi y endokrynnoi system porosiat pry hypotrofyi [Functional morphology of immune and endocrine systems of piglets with malnutrition]. *Veterynarnaia patolohyia* [Veterinary pathology], 2, 58–59 (in Russian).