

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 636.92: 577.12: 616.15

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-02>



Влияние препарата Нитокс в комплексе с трипсином на гемодинамику и морфобиохимию крови кроликов

Александра Викторовна Кралинина, Семён Дмитриевич Галыга,
Анна Алексеевна Подъяпольская, Владимир Георгиевич Вертипрахов

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Александра Викторовна Кралинина;
alyascrawl@gmail.com

Аннотация

Кристаллический трипсин обладает противовоспалительным, противоотечным действием, что позволяет использовать его в качестве альтернативы применению антибиотиков. Данные по использованию парентерально ферментного препарата, приготовленного из поджелудочных желез свиней, позволили установить, что он снижает артериальное давление у кроликов по принципу обратной связи через парасимпатические нервы, следовательно, оказывает благоприятное влияние на метаболизм. В связи с тем, что поставлена задача снижения использования антибиотиков в животноводстве, необходимо искать пути создания новых антимикробных средств или снижения дозы препаратов. Поэтому предполагая, что Нитокс в комплексе с трипсином будет обладать синергизмом, решили испытать действие ферментного препарата совместно с антибиотиком на показатели гемодинамики и морфо-биохимический статус кроликов. Эксперименты проводились на 12 кроликах породы советская шиншилла в возрасте 4,0-6,0 мес., живой массой не менее 3,8 кг. Кроликам 1 контрольной группы вводили внутримышечно 0,9%-ный раствор NaCl; 2 опытной группы – препарат Нитокс в рекомендуемой для кроликов дозе; кроликам 3 опытной группы вводили трипсин в комплексе с препаратом Нитокс. В 1 контрольной и 2 опытной группах изменений в гемодинамике не наблюдали. При использовании комплексного препарата давление крови снижалось (систолическое – на 16,7%, диастолическое – на 16,3%, среднее – на 16,5%) по сравнению с фоновым периодом. Результаты биохимических исследований крови показали, что изменения происходили в белковом и липидном обмене у кроликов, поскольку в опытной группе уменьшалось содержание мочевой кислоты на 51,6%, триглицеридов – на 38,5%, фосфора – на 18,7% по сравнению с контрольной группой. Результаты гематологических исследований показали, что количество лейкоцитов в опытной группе снижалось на 30,8%. Следовательно, комплексный препарат (Нитокс+трипсин) характеризуется рядом особенностей по сравнению с применяемым в чистом виде Нитоксом, что дает основание провести испытания препарата на животных при лечении воспалительных процессов.

Ключевые слова

трипсин, Нитокс, кролики, гемодинамика, биохимия крови, морфология крови, влияние препаратов на гемодинамику, влияние препаратов на морфобиохимию, кровь кроликов

Для цитирования

Кралинина А.В., Галыга С.Д., Подъяпольская А.А., Вертипрахов В.Г. Влияние препарата Нитокс в комплексе с трипсином на гемодинамику и морфобиохимию крови кроликов // *Тимирязевский биологический журнал*. 2025. Т. 3, № 2. С. 202532402. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-02>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-02>



Effect of Nitox-trypsin complex hemodynamics and morphobiochemistry in rabbits

Aleksandra V. Kralinina, Semyon D. Galyga, Anna A. Podyapolskaya,
Vladimir G. Vertiprakhov

Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Aleksandra V. Kralinina; alyascrawl@gmail.com

Abstract

Crystalline trypsin possesses anti-inflammatory and anti-edematous properties, allowing it to be used as an alternative to antibiotics. Data on the parenteral use of an enzyme preparation derived from porcine pancreatic glands have shown that it lowers blood pressure in rabbits via a parasympathetic feedback mechanism, consequently exerting a beneficial effect on metabolism. Given the objective of reducing antibiotic usage in animal husbandry, it is necessary to seek ways to create new antimicrobial agents or to lower the dosage of existing preparations. Therefore, hypothesizing that Nitox in complex with trypsin would exhibit synergism, we decided to test the effect of the enzyme preparation in combination with an antibiotic on hemodynamic parameters and the morphobiochemical status of rabbits. Experiments were conducted on 12 Soviet Chinchilla rabbits aged 4.0-6.0 months, with a live weight of at least 3.8 kg. The rabbits in the 1st control group received an intramuscular injection of 0.9% NaCl solution; the 2nd experimental group received Nitox at the recommended dose for rabbits; and the rabbits in the 3rd experimental group received trypsin in complex with Nitox. No changes in hemodynamics were observed in the 1st control and 2nd experimental groups. When using the complex preparation, blood pressure decreased (systolic – by 16.7%, diastolic – by 16.3%, mean – by 16.5%) compared to the background period. The results of biochemical blood tests showed that changes occurred in protein and lipid metabolism in the rabbits, as the experimental group exhibited a decrease in uric acid content by 51.6%, triglycerides by 38.5%, and phosphorus by 18.7% compared to the control group. Hematological results showed that the leukocyte count in the experimental group decreased by 30.8%. Therefore, the complex preparation (Nitox + trypsin) is characterized by a number of unique features compared to Nitox used in its pure form, which provides a basis for testing the preparation in animals for the treatment of inflammatory processes.

Keywords

Trypsin, Nitox, rabbits, hemodynamics, blood biochemistry, blood morphology, effect of preparations on hemodynamics, effect of preparations on morphobiochemistry, rabbit blood

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

For citation

Kralinina A.V., Galyga S.D., Podyapolskaya A.A., Vertiprakhov V.G. Effect of Nitox-trypsin complex hemodynamics and morphobiochemistry in rabbits. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532402. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-02>

Введение

Introduction

Проблема обеспечения животноводства лекарственными препаратами отечественного производства является достаточно острой и требует разработки новых эффективных ветеринарных препаратов. Неслучайно Минсельхоз РФ поставил задачу довести обеспеченность отрасли животноводства химико-фармацевтическими ветеринарными препаратами отечественного производства к 2031 г. до 70% (подпункт дополнительно включен с 8 апреля 2025 г. постановлением Правительства

Российской Федерации от 27 марта 2025 г. № 395). Препарат Нитокс обладает широким средством противомикробного действия, и одним из показаний является лечение заболеваний, протекающих с воспалительной реакцией (маститы, эндометриты, гастриты и т.д.). Механизм действия данного препарата основывается на способности окситетрациклина ингибировать процесс синтеза белка в бактериальных клетках, антибиотик связывается с 30S-субъединицей бактериальных рибосом, блокируя присоединение аминоацил-тРНК к акцепторному участку. Этапа трансляции не происходит, что и приводит к остановке роста и размножения грамположительных и грамотрицательных

патогенов, именно поэтому он находит широкое применение при лечении широкого круга инфекций [1]. Однако являясь антибиотиком, препарат выводится из организма в течение довольно продолжительного времени при введении один раз в трое суток [2].

Чтобы снизить содержание антибиотика в организме животного, можно использовать кристаллический трипсин, являющийся не только пищеварительным ферментом, но и веществом с противовоспалительным и противовоспалительным действием, что позволит уменьшить количество вводимого за одну инъекцию действующего вещества антибиотика. Кроме того, трипсин, поступая в кровь, обладает гормоноподобными свойствами и участвует в регуляции физиологических процессов у животных и человека, нормализуя артериальное давление посредством механизма обратной связи через парасимпатический отдел нервной системы [3]. Это действие является аналогичным влиянию оксида азота [4, 5], который, регулируя метаболизм в клетке, усиливает процессы ассимиляции в организме животных и человека.

Цель исследований: определение действия трипсина в комплексе с антибактериальным препаратом (Нитокс) на показатели гемодинамики и морфо-биохимический статус кроликов.

Методика исследований

Research method

Эксперименты проводились на 12 самках кроликов породы советская шиншилла в возрасте 4,0-6,0 мес., живой массой не менее 3,8 кг. Содержали кроликов в специальных клетках КР-ВПО-3.6. Кормили полнорационным гранулированным комбикормом для кроликов (ГОСТ 32897-2014) в количестве 100-110 г/гол. ежедневно при даче 2 раза сутки. Все применимые международные, национальные и институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием животных, соответствовали этическим стандартам, утвержденным правовыми актами РФ, принципам Базельской декларации и рекомендациям комиссии по биоэтике Института зоотехнии и биологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (протокол № 7 от 7 апреля 2023 г.).

Для проведения эксперимента были сформированы 3 группы кроликов по принципу аналогов:

1 контрольная группа (6 гол.) получала внутримышечную инъекцию физиологического раствора в дозе 0,5 мл на 1 гол.;

2 опытная группа (6 гол.) получала инъекцию препарата Нитокс 200 в дозе 0,5 мл на 1 гол. один раз в сутки;

3 опытная группа (6 гол.) получала комплексный препарат, состоящий из Нитокс 0,5 мл,

на 1 гол. и кристаллический трипсин (0,25 мг/кг живой массы), который перед инъекцией разбавляли антибиотиком, на 1 гол. один раз в сутки.

Нитокс 200 – антимикробный препарат, содержащий в качестве активного начала окситетрациклина дигидрат, по внешнему виду представляет собой прозрачную, слегка вязкую жидкость. Опыты выполняли утром в состоянии кроликов натощак. Определяли давление крови и частоту сердечных сокращений (ЧСС) в фоновый период, затем вводили в мышцу тазовой конечности препарат в объеме 0,5 мл, через 60 мин повторно определяли показатели давления крови и ЧСС. Серия опыта длилась в течение 7 суток, препараты вводились ежедневно. Артериальное давление и частоту сердечных сокращений измеряли с помощью тонометра автоматического ветеринарного МЛ-430 VET (Микролюкс, РФ). Для этого кролика фиксировали на столе, манжету накладывали на переднюю лапу и производили измерение АД не менее 5 раз подряд.

Кровь для биохимических исследований у кроликов получали из ушной вены в пробирки с активатором свертывания, содержащие наполнитель – оксид кремния (SiO₂). Показатели крови определяли в конце каждого периода. Активность трипсина устанавливали биохимическим методом на анализаторе BS-3000M (Sinnova, КНР) с использованием субстрата N-бензоил-DL-аргинин-п-нитроанилид (БАПНА) [6]. Биохимический анализ крови (активность амилазы, общий белок, глюкоза, триглицериды, холестерин, щелочная фосфатаза, мочевиная кислота, кальций и фосфор) выполняли с использованием автоматического биохимического анализатора BioChem FC-120 (High Technology, Inc, США), с наборами реактивов данной компании. Морфологические показатели крови определяли с помощью автоматического гематологического анализатора MicroCC (вариант исполнения – MicroCC20Plus, MCC-2002-VO-RU, «High Technology, Inc.», США).

Статистическую обработку результатов исследований выполняли с использованием программного обеспечения Microsoft Excel для выведения среднего значения (M) и стандартной ошибки среднего арифметического (m), достоверную значимость изменений определяли с помощью таблиц Стьюдента при $p < 0.05$. Корреляционный анализ выполняли в программе Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Анализ полученных данных показал, что инъекция кроликам антибиотика в рекомендуемой дозе не вызывала существенных изменений в гемодинамике (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

**Показатели гемодинамики у кроликов при парентеральном применении трипсина
в комплексе с антимикробным препаратом**
Hemodynamic effects of parenteral trypsin and antimicrobial co-administration in rabbits

Показатель <i>Readings</i>	Группа <i>Group</i>					
	1 контрольная <i>control group 1</i>		2 опытная <i>experimental group 2</i>		3 опытная <i>experimental group 3</i>	
	до инъекции <i>before injection</i>	после инъекции <i>after injection</i>	до инъекции <i>before injection</i>	после инъекции <i>after injection</i>	до инъекции <i>before injection</i>	после инъекции <i>after injection</i>
Систолическое давление, мм рт.ст. <i>Systolic blood pressure, mmHg</i>	162± 3,3	167± 4,2	156±6,2	154±5,8	162±6,0	135±3,7 ^{ab}
Диастолическое давление, мм рт.ст. <i>Diastolic blood pressure, mmHg</i>	96 ± 2,4	94 ± 3,6	97±3,9	95±3,8	98±3,7	82±2,5 ^{ab}
Среднее давление, мм рт.ст. <i>Mean arterial pressure, mmHg</i>	118±4,5	118±4,5	118±4,5	116±4,5	121±4,5	101±2,9 ^{ab}
ЧСС, уд/мин <i>Heart rate, bpm</i>	208± 5,1	207± 4,6	222±4,0	225±6,2	206±8,5	206±8,3

Примечание. ^a – различие с контрольной группой статистически значимо при $p<0.05$; ^b – различие опытного и фонового периодов статистически значимо при $p<0.05$.

Note. ^a – the difference with the control group is statistically significant at $p<0.05$; ^b – the difference with the control group and the background period is significant at $p<0.05$.

Данные таблицы показали, что в 3 опытной группе при использовании комплексного препарата давление крови снижалось (систолическое – на 16,7%, диастолическое – на 16,3%, среднее – на 16,5%) по сравнению с фоновым периодом. Это еще раз подтверждает результаты исследований, заключающиеся в том, что трипсин при внутримышечном введении кроликам оказывает действие на артериальное давление крови независимо от растворителя (0,5%-ный раствор новокаина, физиологический раствор) [3]. В остальных группах существенных изменений в давлении крови не наблюдалось, то есть 0,9%-ный раствор NaCl и препарат Нитокс не оказывают выраженного сосудорасширяющего действия после парентерального применения.

Чтобы понять механизм действия препарата, необходимо было определить биохимические

показатели крови у кроликов после инъекции трипсина в комплексе с Нитоксом. Данные представлены в таблице 2.

Результаты исследований показали, что после внутримышечной инъекции Нитокса у кроликов отмечалось снижение в крови количества глюкозы на 15,9%, холестерина – на 63,0%, фосфора – на 44,8%. При этом количество триглицеридов повышалось на 116,7% по сравнению с 1 контрольной группой. При использовании для инъекций комплексного препарата (Нитокс+трипсин) в 3 опытной группе уменьшалось содержание мочевой кислоты на 51,5%, холестерина – на 51,8%, фосфора – на 55,2% по сравнению с 1 контрольной группой. Отмечались различия в биохимических показателях крови между опытными группами: ниже уровень мочевой кислоты на 52,2%, фосфора – на 18,7% по сравнению со 2 опытной группой.

Таблица 2 / Table 2

**Биохимические показатели крови у кроликов после инъекции трипсина
в комплексе с Нитоксом**

Biochemical blood parameters in rabbits following trypsin and Nitox co-administration

Показатель <i>Parameter</i>	Группа <i>Group</i>		
	1 контрольная <i>control group 1</i>	2 опытная <i>experimental group 2</i>	3 опытная <i>experimental group 3</i>
Трипсин, ед/л <i>Trypsin, U/L</i>	79±6,9	69±5,6	67±6,0
Амилаза, ед/л <i>Amylase, U/L</i>	154±2,1	161±5,4	169±4,9
Щелочная фосфатаза, ед/л <i>Alkaline phosphatase, U/L</i>	344±24,3	343±46,9	347±47,5
Глюкоза, ммоль/л <i>Glucose, mmol/L</i>	6,3±0,19	5,3±0,40*	6,5±1,60
Общий белок, г/л <i>Total protein, g/L</i>	69±6,4	71±2,6	68±0,5
Мочевая кислота, мкмоль/л <i>Uric acid, μmol/L</i>	66±0,9	67±3,7	32±4,4*
Триглицериды, ммоль/л <i>Triglycerides, mmol/L</i>	0,6±0,10	1,3±0,24*	0,8±0,11
Холестерин, ммоль/л <i>Cholesterol, mmol/L</i>	2,7±0,65	1,0±0,10*	1,3±0,23*
Кальций, ммоль/л <i>Calcium, mmol/L</i>	3,3±0,04	3,4±0,04	3,4±0,30
Фосфор, ммоль/л <i>Phosphorus, mmol/L</i>	2,9±0,06	1,6±0,09*	1,3±0,03*

Примечание. *Различие с контрольной группой и фоновым периодом достоверно при $p<0.05$.

Note. *The difference with the control group and the background period is significant at $p<0.05$.

Мочевая кислота является конечным продуктом метаболизма пуринов. Ее повышение может быть обусловлено нарушением белкового обмена и связано с артериальным давлением [7]. После инъекции комплексным препаратом в опытной группе наблюдалось снижение мочевой кислоты у кроликов до физиологической нормы при одновременном уменьшении артериального давления, что можно объяснить положительным влиянием препарата. Триглицериды являются основным источником энергии для клеток, с возрастом у кроликов их количество увеличивается и в 180-суточном возрасте в среднем достигает 1,13 ммоль/л [8]. В нашем опыте наблюдалось тенденция снижения содержания триглицеридов в крови в 3 опытной

группе по сравнению со 2 опытной группой, что указывало на оптимизацию липидного обмена. У кроликов отмечалось увеличение в крови кальция на 23,1% и фосфора на 156,6% по сравнению с нормой; при применении трипсина в комплексе с антимикробным препаратом уровень неорганического фосфора снижался до нормы.

Таким образом, применение трипсина в комплексе с антимикробным препаратом оказывало положительное влияние на биохимические показатели крови, улучшало метаболизм благодаря возбуждению парасимпатического отдела нервной системы.

Данные о морфологических показателях представлены в таблице 3.

Таблица 3 / Table 3

**Морфологические показатели крови у кроликов после инъекции трипсина
в комплексе с Нитоксом**

Morphological blood parameters in rabbits following trypsin and Nitox co-administration

Показатель <i>Parameter</i>	Группа <i>Group</i>		
	1 контрольная <i>control group 1</i>	1 контрольная <i>control group 1</i>	1 контрольная <i>control group 1</i>
Лейкоциты, $\times 10^9/L$ <i>Leukocytes, $\times 10^9/L$</i>	6,8 $\pm$ 0,26	3,4 $\pm$ 0,20*	2,6 $\pm$ 0,19*
Лимфоциты, % <i>Lymphocytes, %</i>	59 $\pm$ 5,6	68 $\pm$ 12,8	44 $\pm$ 17,0
Гранулоциты, % <i>Granulocytes, %</i>	35 $\pm$ 6,7	23 $\pm$ 10,8	50 $\pm$ 17,0
Соотношение гранулоцитов к лимфоцитам <i>Ratio of granulocytes to lymphocytes</i>	0,59	0,34	1,14
Эритроциты, $\times 10^{12}/L$ <i>Erythrocytes, $\times 10^{12}/L$</i>	5,9 $\pm$ 0,62	5,2 $\pm$ 0,20	5,2 $\pm$ 0,21
Гемоглобин, g/L <i>Hemoglobin, g/L</i>	135 $\pm$ 6,5	115 $\pm$ 2,8*	113 $\pm$ 5,2*
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, g/L <i>Average concentration of hemoglobin in erythrocytes, g/L</i>	350 $\pm$ 0,9	332 $\pm$ 1,8	335 $\pm$ 1,4
Гематокрит, % <i>Hematocrit, %</i>	38,5 $\pm$ 0,86	34,6 $\pm$ 0,78	33,9 $\pm$ 1,39
Тромбоциты, $\times 10^9/L$ <i>Thrombocytes, $\times 10^9/L$</i>	491 $\pm$ 18,7	593 $\pm$ 13,9	514 $\pm$ 38,8
Соотношение крупных тромбоцитов к общему количеству в образце крови, % <i>Ratio of large platelets to the total number in a blood sample, %</i>	8,4 $\pm$ 0,79	8,3 $\pm$ 0,46	8,6 $\pm$ 0,41

Примечание. *Различие с контрольной группой статистически значимо при $p < 0.05$.

Note. *The difference with the control group is statistically significant at $p < 0.05$.

Данные таблицы показали, что количество лейкоцитов в опытных группах ниже, чем в 1 контрольной, во 2 опытной группе – на 50,0% ($p < 0.05$), в 3 опытной группе – на 61,8% ($p < 0.05$). Это указывает на действие антибиотика на иммунную систему, реакция которой приводит к лейкопении. В опытных группах наблюдали снижение гемоглобина на 14% и 16,3% соответственно, что может влиять на окислительные процессы в клетке. Все остальные показатели крови оставались без существенных изменений и соответствовали норме.

Исследования по изучению роли панкреатических ферментов в крови животных являются малочисленными. Имеются данные о влиянии амилазы на гормон инсулин [9]. Авторами установлено, что уровень амилазы в крови – динамический физиологический параметр, который является не просто следствием выработки экзокринных пищеварительных ферментов поджелудочной железы, а скорее регулируемым фактором, участвующим в ассимиляции глюкозы и регуляции инсулина в постпрандиальный период.

Получены данные о том, что внутривенная артериальная инфузия амилазы прерывает интегрированные глюкозо-инсулиновые взаимодействия. Это подтверждает рефлекс ацино-островков-ацинар (АИА) и обосновывает размещение экзокринных и эндокринных компонентов поджелудочной железы в пределах одного органа [10]. Наши экспериментальные данные дополняют эти исследования, показывая роль трипсина в регуляции гемодинамики у кроликов, что является критерием регуляторной деятельности фермента. При этом применение трипсина в комплексе с антимикробным препаратом не изменяет его регуляторного влияния, что, безусловно, отразится на эффективности действия антибиотика, но требует экспериментальной проверки.

Выводы

Conclusions

Результаты экспериментов позволяют сделать следующие выводы.

1. Применение Нитокса в комплексе с трипсином снижает систолическое давление на 16,7%, диастолическое – на 16,3%,

среднее – на 16,5% по сравнению с фоновым периодом, что указывает на влияние комплексного препарата на метаболизм кроликов. Инъекция Нитокса не вызывает существенных изменений в гемодинамических показателях крови кроликов.

2. При использовании для инъекций комплексного препарата (Нитокс+трипсин) в 3 опытной группе уменьшалось содержание мочевой кислоты в плазме крови на 51,5%, холестерина – на 51,8%, фосфора – на 55,2% по сравнению с 1 контрольной группой. Отмечались различия в биохимических показателях крови между опытными группами: ниже уровень мочевой кислоты на 52,2%, фосфора – на 18,7% по сравнению со 2 опытной группой. Это свидетельствует о положительном действии комплексного препарата, поскольку в состоянии натошак у кроликов приходят в норму показатели пуринового, углеводного и фосфорного обмена.

3. Действие антибиотика оказывало влияние на уровень иммунитета у кроликов. Применение в течение 7 суток препарата Нитокс в чистом виде и в комплексе с трипсином вызывало лейкопению у кроликов, но усиливало окислительные процессы в клетке, поскольку показатель гемоглобина увеличивался на 14,8-16,3% по сравнению с контролем.

Список источников

1. Nelson D.L. *Lehninger Principles of Biochemistry*. New York: Macmillan Learning, 2021:1248.
2. Ramos E., Castellano V.J., Martínez M.-A., Ares I. Pharmacokinetics of oxytetracycline after multiple doses to pigs. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 2009;32:146-147.
3. Вертипрахов В.Г., Седлецкая Е.С., Латынина Е.С., Полина С.И. и др. Реакция организма кроликов на внутримышечное введение трипсина // *Ветеринария*. 2023. № 8. С. 42-45. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.8.42-45>
4. Zanzinger J. The role of nitric oxide in the neural control of cardiovascular function. *Cardiovascular Research*. 1999;43(3):639-649. [https://doi.org/10.1016/S0008-6363\(99\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0008-6363(99)00085-1)
5. Erusalimsky J.D., Moncada S. Nitric oxide and mitochondrial signaling: from physiology to pathophysiology. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. 2007;27(12):2524-31. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.107.15116>
6. Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Оценка состояния поджелудочной железы методом определения активности трипсина в крови птицы // *Ветеринария*. 2018. № 12. С. 51-54. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54>
7. Дроздова Г.А., Румянцева Е.Г., Михеев М.С., Мустяца В.Ф. Клинические показатели белкового спектра крови при артериальной вазоренальной гипертензии в эксперименте // *Вестник Российского Университета Дружбы Народов. Серия: Медицина*. 2003. № 2. С. 12-18. EDN: ILAEAB

References

1. Nelson D.L. *Lehninger Principles of Biochemistry*. New York: Macmillan Learning, 2021:1248.
2. Ramos E., Castellano V.J., Martínez M.-A., Ares I. Pharmacokinetics of oxytetracycline after multiple doses to pigs. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 2009;32:146-147.
3. Vertiprakhov V.G., Sedletskaia E.S., Latynina E.S., Polina S.I. et al. Rabbit body response to intramuscular injection of trypsin. *Veterinary Medicine*. 2023;(8):42-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.8.42-45>
4. Zanzinger J. The role of nitric oxide in the neural control of cardiovascular function. *Cardiovascular Research*. 1999;43(3):639-649. [https://doi.org/10.1016/S0008-6363\(99\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0008-6363(99)00085-1)
5. Erusalimsky J.D., Moncada S. Nitric oxide and mitochondrial signaling: from physiology to pathophysiology. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. 2007;27(12):2524-31. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.107.15116>
6. Vertiprakhov V.G., Grozina A.A. The estimation of pancreatic functionality in chicken using tryptic activity in blood serum. *Veterinary Medicine*. 2018;(12):51-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54>
7. Drozdova G.A., Rumiyanseva E.G., Miheev M.S., Mustyaza V.F. The clinical analysis of blood and protein's metabolism at arterial vasorenal hypertension. *RUDN Journal of Medicine*. 2003;(2):12-18. (In Russ.)

8. Аджиев Д.Д., Румянцев С.А., Пронина Г.И., Сапожникова Н.А. Возрастные и половые особенности антиоксидантной системы крови кроликов // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2020. № 3. С. 94-106.
<https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-3-94-106>
9. Pierzynowska K.G., Lozinska L., Pierzynowski S., Woliński J. The inverse relationship between blood amylase and insulin levels in pigs during development, bariatric surgery, and intravenous infusion of amylase. *PLoS ONE*. 2018;13(6): e0198672.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198672>
10. Pierzynowska K., Wychowański P., Zaworski K., Woliński Ja. et al. Amylase intrapancreatic infusion delays insulin release during an intravenous glucose tolerance test, proof of acini–islet–acinar interactions. *World Journal of Experimental Medicine*. 2024;14(3):92589.
<https://doi.org/10.5493/wjem.v14.i3.92589>
8. Adzhiyev Ja.J., Rumyantsev S.A., Pronina G.I., Sapozhnikova N.A. Age and sex characteristics of the antioxidant system of rabbit blood. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2020;(3):94-106. (In Russ.)
<https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-3-94-106>
9. Pierzynowska K.G., Lozinska L., Pierzynowski S., Woliński J. The inverse relationship between blood amylase and insulin levels in pigs during development, bariatric surgery, and intravenous infusion of amylase. *PLoS ONE*. 2018;13(6): e0198672.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198672>
10. Pierzynowska K., Wychowański P., Zaworski K., Woliński Ja. et. al. Amylase intrapancreatic infusion delays insulin release during an intravenous glucose tolerance test, proof of acini–islet–acinar interactions. *World Journal of Experimental Medicine*. 2024;14(3):92589.
<https://doi.org/10.5493/wjem.v14.i3.92589>

Сведения об авторах

Кралинина Александра Викторовна, лаборант кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, студент 4 курса, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; alyascrawl@gmail.com; 0009-0004-6287-3971

Галыга Семён Дмитриевич, аспирант первого года обучения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; Ya.sokrat@mail.ru; 0009-0000-6704-5367

Подъяпольская Анна Алексеевна, студент 2 курса, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; anutafilina@gmail.com; 0009-0007-1375-162X

Вертипрахов Владимир Георгиевич, заведующий кафедрой физиологии, этологии и биохимии животных, д-р биол. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; Vertiprakhov63@mail.ru; 0000-0002-3240-7636

Information about the authors

Aleksandra V. Kralinina, 4th year student, Laboratory Assistant at the Department of Physiology, Ecology and Biochemistry of Animals, BSc (Bio), Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: alyascrawl@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-6287-3971>

Semyon D. Galiga, post-graduate student of the Department of Physiology, Ecology and Biochemistry of Animals, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: ya.sokrat@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-6704-5367>

Anna A. Podyapolskaya, 2nd year student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: anutafilina@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-1375-162X>

Vladimir G. Vertiprakhov, Dsc (Bio), Head of the Department of Physiology, Ecology and Biochemistry of Animals, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: vertiprakhov63@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3240-7636>

Статья поступила в редакцию 14.05.2025
Одобрена после рецензирования 19.06.2025
Принята к публикации 25.06.2025

The article was submitted to the editorial office
May 14, 2025
Approved after reviewing June 19, 2025
Accepted for publication June 25, 2025