

Г.В. Ширяев¹ ✉Т.А. Ларкина¹Г.С. Никитин²А.О. Пrituzhalova¹Н.А. Ширяева¹О.Ю. Перинек¹А.А. Курочкин¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства «ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», пос. Тярлево, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия

✉ GS-2027@yandex.ru

Поступила в редакцию:
26.03.2024Одобрена после рецензирования:
12.07.2024Принята к публикации:
28.07.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-385-8-56-60

Gennady V. Shiryayev¹ ✉Tatyana A. Larkina¹Georgy S. Nikitin²Anna O. Prituzhalova¹Natalya A. Shiryayeva¹Oksana Yu. Perinek¹Anton A. Kurochkin¹

¹The All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals is a branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, village Tyarlevo, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia

✉ GS-2027@yandex.ru

Received by the editorial office:
26.03.2024Accepted in revised:
12.07.2024Accepted for publication:
28.07.2024

Концентрация кисспептина, тестостерона и кортизола в крови коров в транзитный период при нарушениях энергообмена

РЕЗЮМЕ

У клинически здоровых коров голштинской породы ($n = 20$) изучен гормональный фон в период глубокой стельности и после отела. С этой целью у коров в сыворотке крови определяли концентрацию кисспептина, тестостерона и кортизола. За животными вели регулярное наблюдение с проведением клинических и акушерско-гинекологических исследований. В зависимости от концентрации глюкозы и бета-гидроксимасляной кислоты на 5-й день после отела коров разделяли на две группы. В первую группу вошли 15 голов с концентрацией глюкозы больше 3 ммоль/л и уровнем бета-гидроксимасляной кислоты ниже 1 ммоль/л. Во второй группе у 5 голов зафиксированы нарушения в энергообмене (уровень глюкозы меньше 3 ммоль/л, бета-гидроксимасляной кислоты — выше 1 ммоль/л). На 15-й день после отела была зафиксирована нормализация энергетического гомеостаза. Концентрация кисспептина в предотельный период в обеих группах снижалась к отелу. При этом концентрация кисспептина в крови животных в группе с нарушениями энергообмена была выше на 9-й, 7-й и 5-й день до отела в 2,4–3 раза ($p < 0,01–0,05$) по сравнению с первой группой. В производственном опыте концентрация всех трех гормонов после отела снизилась с существенными межгрупповыми различиями. Уровень кисспептина был достоверно выше в предотельный период в опытной группе и на 5-й день после отела ($p < 0,05$). Уровень кортизола держался на высоком уровне до 7-го дня после отела ($p < 0,05$). Концентрация тестостерона в крови на протяжении всего транзитного периода была достоверно высокой у животных опытной группы.

Ключевые слова: кисспептин, тестостерон, кортизол, кетоз, кровь, молочные коровы, отел

Для цитирования: Ширяев Г.В. и др. Концентрация кисспептина, тестостерона и кортизола в крови коров в транзитный период при нарушениях энергообмена. *Аграрная наука*. 2024; 385(8): 56–60. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-56-60>

© Ширяев Г.В., Ларкина Т.А., Никитин Г.С., Пrituzhalova А.О., Ширяева Н.А., Перинек О.Ю., Курочкин А.А.

Concentration of kisspeptin, testosterone and cortisol in the blood of cows during the transit period with energy metabolism disorders

ABSTRACT

In the clinically healthy cows of the Holstein breed ($n = 20$), a hormonal background was studied during the period of deepness and after the edema. For this purpose, the concentration of kisspeptin, testosterone and cortisol was determined in serum cows in the blood cows. The animals conducted regular observation with the conduct of clinical and obstetric and gynecological studies. Depending on the concentration of glucose and beta-hydroxybutyric acid on the 5th day after calving, the cows were divided into two groups. The first group included 15 heads with a glucose concentration greater than 3 mmol/l and a beta-hydroxybutyric acid level below 1 mmol/l. In the second group, 5 heads had violations in energy exchange (glucose levels less than 3 mmol/l, beta-hydroxybutyric acid above 1 mmol/l). On the 15th day after the hotel, normalization of energy homeostasis was recorded. The concentration of kisspeptin in the blood of animals in the group with energy exchange disorders was 2.4–3 times higher on the 9th, 7th and 5th days before calving ($p < 0.01–0.05$) compared with the first group. In production experience, the concentration of all three hormones after the hotel decreased with significant intergroup differences. The level of kisspeptin was reliably higher in the preventive period in the experimental group and on the 5th day after the hotel ($p < 0.05$). The cortisole level was held at a high level of up to 7 days after the hotel ($p < 0.05$). The concentration of testosterone in the blood throughout the transit period was reliably high in the animals of the experimental group.

Key words: kisspeptin, testosterone, cortisol, ketosis, blood, dairy cows, calving

For citation: Shiryayev G.V. et al. Concentration of kisspeptin, testosterone and cortisol in the blood of cows during the transit period with energy metabolism disorders. *Agrarian science*. 2024; 385(8): 56–60 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-56-60>

© Shiryayev G.V., Larkina T.A., Nikitin G.S., Prituzhalova A.O., Shiryayeva N.A., Perinek O.Yu., Kurochkin A.A.

Введение/Introduction

В транзитный период (3 недели до и 3 недели после отела) у молочных коров происходят существенные метаболические изменения в энергетическом обмене. Гипогликемия приводит к синтезу и накоплению кетоновых тел в крови (в первую очередь бета-гидроксибутирата) с последующим вхождением в субклиническое или клиническое кетозное состояние. Возникает отрицательный энергетический баланс, обуславливающий стрессовое состояние животных. В этих условиях одним из основных гормональных маркеров, на который необходимо обращать пристальное внимание в транзитный период, является уровень стероидных гормонов — кортизола и тестостерона [1–3].

На поздних сроках стельности у коров уровень кортизола постепенно возрастает, что вызывает стимуляцию глюконеогенеза в печени и катаболизм белков в периферических тканях, мобилизацию жирных кислот и повышение концентрации липидов в печени. При этом андрогенные гормоны, в число которых входит тестостерон, замедляют катаболизм аминокислот, блокируют катаболическое действие кортизола и, напротив, стимулируют синтез белков.

В норме концентрация тестостерона к отелу начинает снижаться. Однако в некоторых случаях при нарушениях в энергообмене на фоне или без патологии печени может возникнуть проблема утилизации стероидных гормонов, что приводит к их накоплению в крови [4].

Еще одним потенциальным маркером нежелательных изменений в энергетическом обмене (применительно к возможности реализации репродуктивной функции) может выступить сравнительно недавно открытый пептид — кисспептин, в отношении которого данных об изменениях его концентраций в ходе транзитного периода в норме и при отрицательном энергетическом балансе данных в литературе нет.

Кисспептины (КП), представляющие собой семейство пептидов различной длины, и их рецептор (KISS1R) совместно с гонадотропин-рилизинг-гормоном (Гн-РГ), гонадотропинами (лютеинизирующий и фолликулостимулирующий гормоны) и половыми стероидами являются важными регуляторами репродуктивной функции различных видов животных [5, 6]. КП продуцируются главным образом в нейронах различных ядер гипоталамуса [7].

Начавшееся в 2003 году активное изучение пептидного семейства КП позволило доказать их ключевую роль в регуляции репродуктивной функции. Однако в отношении коров *Bos Taurus*, особенно молочного скота, сведений о КП и возможностях с их помощью целенаправленно управлять половым циклом недостаточно [8, 9]. В связи с этим представляется актуальным определение гормональных изменений в транзитный период у высокопродуктивных молочных коров.

Цель данной работы — изучение концентрации кисспептина, тестостерона и кортизола в крови коров в транзитный период при нарушениях энергообмена.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Исследуемые молочные коровы голштинской породы, от которых получена сыворотка крови, содержались на базе племенного завода Ленинградской области.

Хранение биоматериала и лабораторные исследования проводились во Всероссийском научно-

исследовательском институте генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиале ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста» в 2023 году.

В генеральную совокупность животных вошли 20 голов со средним уровнем продуктивности около 11 тыс. кг молока. Кормление и содержание были идентичными для всех животных и соответствовали зооветеринарным требованиям.

У всех коров взятие крови из хвостовой вены осуществляли утром (перед кормлением) один раз в два дня на протяжении 32 дней (за 9 дней до отела и 21 день после отела). Полученную сыворотку крови замораживали и хранили при $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ для последующего определения концентрации кисспептина, тестостерона и кортизола. Для иммуноферментного анализа использовали наборы Cloud-Clone Corp. (КНП) (кисспептин) и «Алкор Био» (Россия) (кортизол и тестостерон).

Учитывая, что кисспептин — пептидный видоспецифичный гормон, для его количественного определения использовали набор для *Bos Taurus*.

Определение всех трех гормонов проводили на микропланшетном фотометре Infinite F50 Tecan (Австрия).

В дальнейшем генеральную совокупность животных разделили на две группы по концентрации глюкозы и бета-гидроксимасляной кислоты в цельной крови на 5-й день после отела.

В первую группу (контроль) вошли 15 голов с концентрацией в крови глюкозы выше 3 ммоль/л (3,1–3,6) и уровнем бета-гидроксимасляной кислоты ниже 1 ммоль/л (0,5–0,8). Во второй группе (опытная) у 5 голов концентрация глюкозы зафиксирована на уровне 3 ммоль/л (2,4–3,6), уровень бета-гидроксимасляной кислоты выше 1 ммоль/л (1,2–1,5), что соответствует состоянию отрицательного энергетического баланса (субклинический кетоз) [10].

На 15-й день после отела у всех животных обеих групп уровень глюкозы был выше 3 ммоль/л, уровень бета-гидроксимасляной кислоты ниже 1 ммоль/л. Определение концентрации бета-гидроксимасляной кислоты и глюкозы в крови осуществляли с помощью глюкометра TD-4235E (TaiDoc Technology, КНП).

После отела у животных обследовали органы репродуктивной системы (яичники и матку) с помощью ультразвукового исследования. Отсутствие гинекологических патологий являлось критерием для дальнейшего участия животных в эксперименте.

Обращение с подопытными животными соответствовало European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes¹.

Полученные данные обрабатывали с помощью программы IBM SPSS Statistics V26 (США) с применением статистического критерия Манна — Уитни (Mann — Whitney U test). Корреляционный анализ проведен с помощью коэффициента корреляции Спирмена.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В начале эксперимента обнаружены различия в содержании кисспептина между контрольной и опытной группами. В опытной группе уровень кисспептина был выше на 9-й, 7-й и 5-й день до отела в 2,4–3 раза ($p < 0,01$ – $0,05$) (рис. 1), что, возможно, объясняется регуляторными свойствами кисспептина в отношении анорексигенных и орексигенных центров. В частности, идентифицированы рецепторы к лептину, обладающему

¹ European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Official Journal L 222. 1999; 0031–0037.

анорексигенными свойствами, в дугообразном ядре, где расположены кисспептин-нейроны [11].

Получены подробные данные об участии кисспептина в некоторых метаболических путях, среди которых можно выделить глюкагоновый, инсулиновый, путь бета-2 и бета-3 адренорецепторов, рецепторов глюкагоноподобного пептида-1 и др. [12, 13].

Результаты этих исследований могут объяснить повышенную концентрацию кисспептина в предотельный период (табл. 1). Это также объясняет, что на 5-й день после отела уровень кисспептина был достоверно выше ($p < 0,05$) во второй группе, где зафиксированы нарушения энергообмена.

Кортизол в предотельный период показал схожую динамику в обеих группах с разницей по уровню гормона (табл. 1).

За девять дней до отела концентрация кортизола имела тенденцию к повышению, причем в опытной группе за 7 дней до отела она достигла довольно высоких значений — $36,53 \pm 18,19$ нг/мл. В дальнейшем происходило снижение, и за день до отела произошло повышение концентрации, что является нормой: усиление синтеза в печени глобулина, связывающего кортикостероид, за счет эстрогенного влияния плаценты по принципу обратной связи вызывает секрецию кортизола в надпочечниках материнского организма и плода [14]. Это определяет формирование «гестационного стресса» — сигнала к началу предродового изменения организма [15]. В этом отношении, не учитывая разницу в концентрациях, можно отметить нормальность динамики кортизола.

В случае с концентрацией тестостерона в контрольной группе изменения в предотельный период были малозаметны. В опытной группе происходило повышение уровня тестостерона с $1,89 \pm 0,46$ нмоль/л за 9 дней до отела до $6,30 \pm 1,06$ нмоль/л за 1 день до отела. При этом за 5, 3 и 1 день до отела зафиксированы межгрупповые достоверные различия ($p < 0,05$).

У животных обеих групп стельность завершилась спонтанными физиологическими родами и рождением здоровых телят. Концентрация всех исследуемых гормонов после отела снизилась, однако в дальнейшем в отношении кортизола и тестостерона метаболическая картина изменилась. Существенных различий после отела в случае концентрации кисспептина не зафиксировано, кроме 5-го дня после отела ($p < 0,05$) (рис. 1).

Концентрация кортизола в опытной группе держалась на достоверно высоком уровне на протяжении 7 дней после отела в сравнении с контролем ($p < 0,05$) с максимальным значением $20,29 \pm 3,38$ нг/мл на 3-й день после отела. Начиная с 9-го дня после отела концентрации кортизола в группах достоверно не различались, кроме 15-го дня после отела ($p < 0,05$). Подобный гормональный профиль нетипичен для коров с субклиническим кетозом, при фиксации которого, по данным ряда авторов, уровень кортизола всегда низок. Можно предположить наступление патологических изменений в печени, для которых свойственно при снижении глюкозы повышение кортизола для мобилизации жирных кислот из жирового депо и аминокислот из мышечных белков для последующего глюконеогенеза [16, 17].

В случае с тестостероном наблюдалась более выраженная метаболическая картина. На протяжении практически всего периода после отела (вплоть до 21-го дня) между группами зафиксированы достоверные различия ($p < 0,05$). При этом уровень тестостерона в опытной группе практически до 21-го дня после отела

Таблица 1. Концентрация кортизола и тестостерона в сыворотке крови высокопродуктивных коров в до- и после отельный период ($X \pm Sx$)

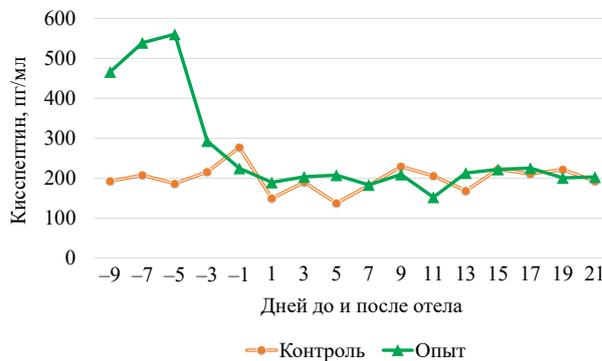
Table 1. Concentrations of cortisol and testosterone in the blood serum of highly productive cows in the pre- and post-calving period ($X \pm Sx$)

День до и после отела	Гормоны			
	Кортизол, нг/мл		Тестостерон, нмоль/л	
	1-я группа	2-я группа	1-я группа	2-я группа
-9	15,52 ± 0,50	12,73 ± 1,31	1,32 ± 0,01	1,87 ± 0,46
-7	19,42 ± 7,56	6,32 ± 0,73	1,19 ± 0,13	2,31 ± 0,93
-5	5,96 ± 0,33 ^b	20,78 ± 4,40 ^b	1,37 ± 0,02 ^b	3,17 ± 0,42 ^b
-3	6,02 ± 1,61	11,35 ± 3,37	1,35 ± 0,03 ^b	3,83 ± 0,04 ^b
-1	15,28 ± 3,34	19,55 ± 2,82	1,44 ± 0,03 ^b	6,30 ± 1,06 ^b
1	5,75 ± 3,24 ^b	15,55 ± 0,99 ^b	1,17 ± 0,07 ^b	4,96 ± 1,97 ^b
3	5,94 ± 0,26 ^b	20,29 ± 3,38 ^b	1,28 ± 0,17	5,36 ± 2,21
5	6,74 ± 2,07 ^b	15,70 ± 1,82 ^b	1,15 ± 0,06 ^b	4,02 ± 1,30 ^b
7	6,67 ± 1,45 ^b	11,91 ± 1,26 ^b	1,06 ± 0,02 ^b	6,74 ± 3,07 ^b
9	8,24 ± 2,99	7,99 ± 0,05	1,09 ± 0,12 ^b	5,74 ± 2,42 ^b
11	4,30 ± 0,37	8,41 ± 2,39	1,21 ± 0,03 ^b	5,48 ± 2,28 ^b
13	9,80 ± 4,03	5,69 ± 0,67	1,33 ± 0,01 ^b	5,46 ± 2,24 ^b
15	2,86 ± 0,19 ^b	8,86 ± 0,70 ^b	1,28 ± 0,03	2,95 ± 1,00
17	9,72 ± 4,16	2,38 ± 1,14	1,30 ± 0,01 ^b	3,54 ± 0,96 ^b
19	8,73 ± 2,57	10,00 ± 1,51	1,16 ± 0,01 ^b	7,07 ± 3,21 ^b

Примечание: а р < 0,01; б р < 0,05.

Рис. 1. Концентрация кисспептина, пг/мл в до- и послеродовый период. За 9 дней до отела зафиксирована достоверная разница между группами $p < 0,01$; за 7 и 5 дней до и через 5 дней после отела достоверная разница составила между группами $p < 0,05$

Fig. 1. Kisspeptin concentration, pg/ml in the pre- and post-calving period 9 days before calving, a significant difference was recorded between the groups $p < 0.01$; 7 and 5 days before and 5 days after calving, the significant difference between the groups was $p < 0.05$



сохранял высокие значения — $2,95-7,07$ нмоль/л. Объяснение этому можно найти в повышенной молочной продуктивности, которая может являться причиной в условиях субклинического кетозного состояния усиления синтеза стероидных гормонов при одновременном снижении активности дегидрогеназ и ароматаз яичников [18].

Схожая метаболическая картина наблюдалась в статье С.В. Васильевой и др. (2022 г.), в которой у животных с послеродовой патологией печени, связанной с нарушениями в энергообмене, возникали проблемы утилизации половых стероидов.

Авторы предположили, что это возможно при нарушении катаболизма стероидных гормонов посредством конъюгации с глюкуроновой кислотой, что приводит к накоплению стероидов с последующим негативным влиянием на репродуктивную функцию [18].

Для оценки сопряженности уровня кисспептина в крови коров с концентрациями кортизола и тестостерона рассчитали значения коэффициентов корреляции, анализ которых позволил выявить наличие отрицательной связи между содержанием кисспептина и тестостерона = $-0,732$ ($p < 0,01$).

Выводы/Conclusions

Результаты исследования показывают, что при общих закономерностях изменения гормонального профиля крови у высокопродуктивных коров в транзитный период концентрации кисспептина, кортизола и тестостерона имеют различия в зависимости от наличия отрицательного энергетического баланса.

Уровень кисспептина был достоверно выше в предотельный период в опытной группе и на 5-й день после

отела ($p < 0,05$). Уровень кортизола держался на высоком уровне до 7-го дня после отела ($p < 0,05$). Концентрация тестостерона в крови на протяжении всего транзитного периода была достоверно высокой у животных с нарушениями в энергообмене.

Подобные различия могут быть объяснены адаптивными особенностями молочных коров при подготовке к отелу и послеотельными нарушениями в энергообмене в состоянии субклинического кетоза.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда № 21-76-10042.

FUNDING

The study was funded by scientific research of the Russian Science Foundation Project No. 21-76-10042.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Gellrich K., Sigl T., Meyer H.H.D., Wiedemann S. Cortisol levels in skimmed milk during the first 22 weeks of lactation and response to short-term metabolic stress and lameness in dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2015; 6: 31. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0035-y>
- Лейбова В.Б., Ширяев Г.В. Биохимический профиль коров в ранний период лактации, его особенности у коров с разной степенью сократимости матки и удою. *Генетика и разведение животных*. 2018; 2: 87–93. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2018-2-87-93>
- Племьяшов К.В., Андреев Г.М., Дмитриева Т., Стахеева М. Проблема продуктивных возможностей и производственного долголетия коров в Ленинградской области. *Международный вестник ветеринарии*. 2008; 3: 6–8. <https://elibrary.ru/tktwoz>
- Васильева С.В., Карпенко Л.Ю. Динамика половых гормонов у коров в период глубокой стельности и после отела в связи с гипербилирубинемией. *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2022; 3: 65–67. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.3.65>
- Ohkura S. et al. Physiological role of metastin/kisspeptin in regulating gonadotropin-releasing hormone (GnRH) secretion in female rats. *Peptides*. 2009; 30(1): 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2008.08.004>
- Hu K.-L., Zhao H., Chang H.-M., Yu Y., Qiao J. Kisspeptin/Kisspeptin Receptor System in the Ovary. *Frontiers in Endocrinology*. 2018; 8: 365. <https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00365>
- Prashar V., Arora T., Singh R., Sharma A., Parkash J. Hypothalamic Kisspeptin Neurons: Integral Elements of the GnRH System. *Reproductive Sciences*. 2023; 30(3): 802–822. <https://doi.org/10.1007/s43032-022-01027-5>
- Alves B.R.C. et al. Elevated Body Weight Gain During the Juvenile Period Alters Neuropeptide Y-Gonadotropin-Releasing Hormone Circuitry in Prepubertal Heifers. *Biology of Reproduction*. 2015; 92(2): 46. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.114.124636>
- Songphasuk T., Wannapong N., Thanantong N., Sajapitak S. Preliminary Study of Kisspeptin mRNA-expressing Neurons at POA and ARC in Hypothalamus of Beef Cattle. *Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine*. 2021; 16(1): 99–107.
- Ширяев Г.В., Станиславович Т.И., Политов В.П. Кетоз и его роль в нарушении репродуктивной функции *Bos Taurus*. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020; 15(4): 403–416. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2020-15-4-403-416>
- Morrison A.E., Fleming S., Levy M.J. A review of the pathophysiology of functional hypothalamic amenorrhoea in women subject to psychological stress, disordered eating, excessive exercise or a combination of these factors. *Clinical Endocrinology*. 2021; 95(2): 229–238. <https://doi.org/10.1111/cen.14399>
- Geronikolou S. et al. Kisspeptin and the Genetic Obesity Interactome. Vlamos P. (ed.). *GeNeDis 2020: Genetics and Neurodegenerative Diseases*. Cham: Springer. 2022; 111–117. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78787-5_15
- Майорова И.В., Борисов Д.А., Балабанов А.Г. Патфизиологические и клинические аспекты кисспептина при нервной анорексии. *Авиценна*. 2022; 100: 22–26. <https://elibrary.ru/vxzcb1>
- Königsson K., Kask K., Gustafsson H., Kindahl H., Parvizi N. 15-Ketodihydro-PGF_{2α}, Progesterone and Cortisol Profiles in Heifers after Induction of Parturition by Injection of Dexamethasone. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2001; 42: 151. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-42-151>
- След А.Н., Дерхо М.А. Оценка дыхательной функции крови и ее взаимосвязь с кортизолом у коров при беременности. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2020; 241(1): 193–198. <https://elibrary.ru/ltqxnq>

REFERENCES

- Gellrich K., Sigl T., Meyer H.H.D., Wiedemann S. Cortisol levels in skimmed milk during the first 22 weeks of lactation and response to short-term metabolic stress and lameness in dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2015; 6: 31. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0035-y>
- Leibova V.B., Shiryayev G.V. The metabolic status of cows with different level of uterine contractility and milk yield. *Genetics and breeding of animals*. 2018; 2: 87–93 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2018-2-87-93>
- Plemyashov K.V., Andreev G.M., Dmitrieva T., Stakheeva M. Problem of productive opportunities and industrial longevity of cows in Leningrad region. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2008; 3: 6–8 (in Russian). <https://elibrary.ru/tktwoz>
- Vasilyeva S.V., Karpenko L.Yu. Dynamics of sex hormones in cows in the period of deep pregnancy and after calving in connection with hyperbilirubinemia. *Legal regulation in veterinary medicine*. 2022; 3: 65–67 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.3.65>
- Ohkura S. et al. Physiological role of metastin/kisspeptin in regulating gonadotropin-releasing hormone (GnRH) secretion in female rats. *Peptides*. 2009; 30(1): 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2008.08.004>
- Hu K.-L., Zhao H., Chang H.-M., Yu Y., Qiao J. Kisspeptin/Kisspeptin Receptor System in the Ovary. *Frontiers in Endocrinology*. 2018; 8: 365. <https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00365>
- Prashar V., Arora T., Singh R., Sharma A., Parkash J. Hypothalamic Kisspeptin Neurons: Integral Elements of the GnRH System. *Reproductive Sciences*. 2023; 30(3): 802–822. <https://doi.org/10.1007/s43032-022-01027-5>
- Alves B.R.C. et al. Elevated Body Weight Gain During the Juvenile Period Alters Neuropeptide Y-Gonadotropin-Releasing Hormone Circuitry in Prepubertal Heifers. *Biology of Reproduction*. 2015; 92(2): 46. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.114.124636>
- Songphasuk T., Wannapong N., Thanantong N., Sajapitak S. Preliminary Study of Kisspeptin mRNA-expressing Neurons at POA and ARC in Hypothalamus of Beef Cattle. *Journal of Mahanakorn Veterinary Medicine*. 2021; 16(1): 99–107.
- Shiryayev G.V., Stanislavovich T.I., Politov V.P. Ketosis and its role in *Bos Taurus* reproductive impairment. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(4): 403–416 (in Russian). <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2020-15-4-403-416>
- Morrison A.E., Fleming S., Levy M.J. A review of the pathophysiology of functional hypothalamic amenorrhoea in women subject to psychological stress, disordered eating, excessive exercise or a combination of these factors. *Clinical Endocrinology*. 2021; 95(2): 229–238. <https://doi.org/10.1111/cen.14399>
- Geronikolou S. et al. Kisspeptin and the Genetic Obesity Interactome. Vlamos P. (ed.). *GeNeDis 2020: Genetics and Neurodegenerative Diseases*. Cham: Springer. 2022; 111–117. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78787-5_15
- Mayorova I.V., Borisov D.A., Balabanov A.G. Pathophysiological and clinical aspects of kisspeptin in anorexia nervosa. *Avitsenna*. 2022; 100: 22–26 (in Russian). <https://elibrary.ru/vxzcb1>
- Königsson K., Kask K., Gustafsson H., Kindahl H., Parvizi N. 15-Ketodihydro-PGF_{2α}, Progesterone and Cortisol Profiles in Heifers after Induction of Parturition by Injection of Dexamethasone. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2001; 42: 151. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-42-151>
- Sled A.N., Dercho M.A. The assessment of the respiratory function of blood and its interaction with cortisol in pregnancy of cows. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2020; 241(1): 193–198 (in Russian). <https://elibrary.ru/ltqxnq>

16. Симонов М.Р., Влизло В.В., Буцьяк В.И., Петрух И.М. Гормональный статус молочных коров до- и послеродового периодов. *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2017; 53(2): 132–137. <https://elibrary.ru/zhuazr>

17. Васильева С.В., Карпенко Л.Ю. Изучение концентрации тироксина и кортизола у коров с жировым гепатозом в транзитный период. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2019; 3: 202–204. <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2019.3.202>

18. Синева А.М., Лукина В.А., Адодина М.И. Дегидроэпандростерон, тестостерон и 17 β -эстрадиол в крови молочных коров при послеродовой гипопункции яичников. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2019; 4: 77–90. <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.4.77>

ОБ АВТОРАХ

Геннадий Владимирович Ширяев¹

кандидат сельскохозяйственных наук
GS-2027@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4698-3917>

Татьяна Александровна Ларкина¹

кандидат биологических наук
tanya.larkina2015@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4574-4639>

Георгий Сергеевич Никитин²

кандидат ветеринарных наук
nikitin.g.s007@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2080-2970>

Анна Олеговна Пригужалова¹

младший научный сотрудник
aklevakina14@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2865-9582>

Наталья Александровна Ширяева¹

младший научный сотрудник
odormidonova@mail.ru

Оксана Юрьевна Перинек¹

кандидат биологических наук
<https://orcid.org/0000-0002-8953-7511>

Антон Алексеевич Курочкин¹

младший научный сотрудник
kurochkin.anton.66@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4430-4770>

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства «ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Московское шоссе, 55А, Тярлево, Санкт-Петербург, 196625, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, ул. Черниговская, 5, Санкт-Петербург, 196084, Россия

16. Simonov M.R., Vlyzlo V.V., Butsyak V.I., Petruk I.M. Hormonal status of dairy cows before and after calving period. *Scientific notes of the educational institution «Vitebsk Order “Badge of Honor” State Academy of Veterinary Medicine»*. 2017; 53(2): 132–137 (in Russian). <https://elibrary.ru/zhuazr>

17. Vasilyeva S.V., Karpenko L.Yu. Study of the concentration of thyroxin and cortisol in cows with fat hepatosis in the transit period. *Issues of Regulatory regulation in Veterinary Medicine*. 2019; 3: 202–204 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2019.3.202>

18. Sineva A.M., Lukina V.A., Adodina M.I. Dehydroepiandrosterone, testosterone and 17 β -estradiol in the blood of dairy cows with postpartum ovarian hypofunction. *Bulletin of Veterinary pharmacology*. 2019; 4: 77–90 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.4.77>

ABOUT THE AUTHORS

Gennady Vladimirovich Shiryayev¹

Candidate of Agricultural Sciences
GS-2027@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4698-3917>

Tatyana Aleksandrovna Larkina¹

Candidate of Biological Sciences
tanya.larkina2015@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4574-4639>

Georgiy Sergeevich Nikitin²

Candidate of Veterinary Sciences
nikitin.g.s007@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2080-2970>

Anna Olegovna Prituzhalova¹

Junior Researcher Assistant
aklevakina14@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2865-9582>

Natalya Alexandrovna Shiryayeva¹

Junior Research Assistant
odormidonova@mail.ru

Oksana Yurievna Perinek¹

Candidate of Biological Sciences
<https://orcid.org/0000-0002-8953-7511>

Anton Alekseevich Kurochkin¹

Junior Research Assistant
kurochkin.anton.66@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4430-4770>

¹ *The All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals is a branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55A Moskovskoe Shosse, Tyarlevo village, St. Petersburg, 196625, Russia*

² St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 5 Chernigovskaya Str., St. Petersburg, 196084, Russia