

С. В. Васильева, Н. А. Ширяева

Взаимосвязь показателей минерального обмена с уровнем 25-гидроксикальциферола в крови у телят в ранний постнатальный период

Аннотация.

Цель: изучить показатели минерального обмена и уровня витамина Д в крови у телят и выявить их взаимосвязи.

Материалы и методы. Для выполнения поставленной цели было проведено взятие крови из яремной вены у 15 телят в возрасте от 8 до 15 дней. Был проведён анализ сыворотки крови на содержание кальция, неорганического фосфата, магния, а также на активность щелочной фосфатазы с помощью стандартных биохимических тест-систем и полуавтоматического анализатора CLIMA MC-15. Исследование в сыворотке крови 25-гидроксикальциферола проводили иммуноферментным методом с помощью тест-системы «25-ОН витамин D-Имаксиз (IMAXYZ)» и микропланшетного фотометра вертикального сканирования MULTISCAN.

Результаты. Выявлена разная степень разброса результатов. Наибольшая степень однородности определяется для уровня кальция в крови телят ($CV=7,57\%$). Коэффициент вариации для показателей концентрации неорганического фосфора, магния и соотношения кальция к фосфору определяется в пределах $12,08–16,29\%$. Наиболее выраженная неоднородность в выборке определяется для показателей щелочной фосфатазы ($CV=25,85\%$) и 25-гидроксикальциферола ($CV=31,85\%$), в вариационном ряду которых наибольшее и наименьшее значения различаются более, чем в 2,5 раза. Вычисление коэффициента Пирсона позволило выявить наиболее тесные взаимосвязи между содержанием в крови 25-гидроксикальциферола и неорганического фосфата ($r = -0,74$) и соотношением Ca/P ($r = 0,71$). В меньшей степени с уровнем 25-гидроксикальциферола взаимосвязаны активность щелочной фосфатазы ($r = -0,61$) и уровень кальция ($r = 0,41$). Практически не выявлено корреляционной зависимости витамина Д с концентрацией магния в крови. Полученные данные свидетельствуют о различном состоянии минерального обмена у телят в ранний постнатальный период жизни и о необходимости тщательного контроля метаболизма для своевременной коррекции дефицита витаминов и минеральных элементов в рационе растущих телят.

Ключевые слова: телята, минеральный обмен, кальций, фосфор, магний, 25-гидроксикальциферол, постнатальный период.

Авторы:

Васильева С. В. – кандидат ветеринарных наук; e-mail: svvet@mail.ru;

Ширяева Н. А. – e-mail: natysskolosok@list.ru.

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5.

Введение. Несмотря на относительно низкое содержание кальция во многих тканях — эпителиальной, мышечной, жировой, нервной и т.д., его суммарное количество в организме животного в целом достаточно велико. Известно, что кальций — преобладающий элемент в составе золы тела млекопитающих. У крупного рогатого скота масса скелета составляет до 15% от общего веса тела [1, 2]. Кость приблизительно на 70% состоит из минеральных компонентов, и из них около трети приходится на кальций. Также в костной ткани довольно высокое содержание фосфора, поскольку эти два элемента входят в состав важнейшей минеральной соли костного вещества — гидроксиапатита кальция (формула

— $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) [3]. Помимо этих важнейших элементов в составе костной ткани присутствует также магний. Его содержание в костях значительно ниже кальция и фосфора, этот элемент не входит в состав гидроксиапатита, и его роль скорее связана не со структурной организацией костной ткани, а с функциональной активностью. Магний оказывает влияние на минерализацию костной ткани, ее равномерный рост, гибкость, прочность, а также увеличивает репаративный потенциал костей [1, 4].

Витамин Д поступает в организм новорождённых телят вначале с молозивом, затем с молоком и с престартерными кормами [5–7]. Этот витамин может синтезироваться в организме из 7-де-

гидрохолестерола при условии облучения ультрафиолетовыми лучами, но в реальных условиях при круглогодичном стойловом содержании, исключающим естественную инсоляцию и при отсутствии возможности принудительного УФ-облучения, его эндогенный синтез ограничен [8, 9]. В то же время кишечная абсорбция кальция зависит от уровня витамина Д в организме, активная форма которого — 1,25-дигидроксиколекальциферол действует подобно стероидным гормонам и активирует образование особых белков на мембране энтероцитов, влияющих на усвоение кальция [3]. Среди белков, которые ранее были описаны, как кальций-связывающие белки, зависящие от витамина Д, именно кальбиндин 3 (calbindin-D9k, S100G) отвечает за транспорт кальция через энтероциты с апикальной стороны (с помощью кальциевого канала TRPV6) на базолатеральную сторону, где посредством кальциевого насоса PMCA1 ионы кальция, в конечном счёте, перекачиваются в кровь [10]. На сегодняшний день доказана роль витамина Д не только в регуляции минерального обмена, но и его влияние на функционирование иммунной системы организма [10–12]. Есть данные о том, что иммунные клетки экспрессируют фермент α -гидроксилазу (CYP27B1), превращающую 25-гидроксиколекальциферол в 1,25-дигидроксиколекальциферол по аутокринному и паракринному сценарию. При этом характерные для почек механизмы отрицательной обратной связи не функционируют в макрофагах и дендритных клетках, что позволяет им вырабатывать относительно высокие дозы кальцитриола для нужд иммунитета [5, 13].

Наиболее интенсивно минеральный обмен протекает у животных в период роста, когда происходит увеличение как линейных размеров трубчатых костей, так и общего объёма костной ткани [3, 14, 15]. В этой связи немаловажным является обеспечение животных необходимыми минеральными компонентами рациона, а также витамином Д. Обеспеченность организма витамином Д оценивают по содержанию одного из его метаболитов — 25-гидроксикальциферола в сыворотке крови, в который превращаются как эргокальциферол (D_2), так и холекальциферол (D_3) [6, 7].

Цель исследований — изучить показатели минерального обмена и уровня витамина Д в крови у телят и выявить их взаимосвязи.

Материалы и методы. Для выполнения поставленной цели было проведено взятие крови из яремной вены у 15 телят в возрасте от 8 до 15 дней. Признаков рахита у телят при осмотре не было выявлено. Кровь отбирали в стерильные вакуумные пробирки для биохимического исследования и немедленно отправляли в лабораторию. В клинико-биохимической лаборатории СПбГУВМ был проведён анализ сыворотки крови на содержание кальция, неорганического фосфата, магния, а также на активность щелочной фосфатазы с помощью стандартных биохимических тест-систем и полуавтоматического анализатора CLIMA MC-15. Исследование в сыворотке крови 25-гидроксикальциферола проводили иммуноферментным методом с помощью тест-системы «25-ОН витамин D-Имаксиз (IMAXYZ)» и микропланшетного фотометра вертикального сканирования MULTISCAN.

Для статистической обработки результатов был использован программный пакет Microsoft Excel, в котором выполнены функции группировки данных, подсчёта среднего значения (M), ошибки среднего (m), определения коэффициента вариации и коэффициента корреляции.

Результаты и обсуждение. Результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Как показывают результаты, представленные в табл. 1, изучаемые биохимические маркеры различаются по степени разброса. Наибольшая степень однородности определяется для уровня кальция в крови телят, что подтверждается наименьшим значением коэффициента вариации. Наивысшая концентрация кальция в исследуемой выборке отличается от наименьшей всего на 27,1%. Несколько больший разброс выявлен в отношении показателей неорганического фосфата, магния и соотношения кальция к фосфору, при этом различия между максимальным и минимальными значениями составляет 40,7 %, 48,3 % и 77,8 %, соответственно. Наиболее выраженная неоднородность в выборке определяется для показателей щелочной фосфатазы и 25-гидро-

Таблица 1. Результаты биохимического исследования крови телят

Наименование показателя	Единицы измерения	Диапазон значений в группе	Среднее значение в группе	Коэффициент вариации (CV, %)
Кальций	ммоль/л	2,25-2,86	2,56±0,05	7,57
Неорганический фосфат	ммоль/л	2,31-3,25	2,82±0,09	12,08
Соотношение Ca/P	-	0,63-1,12	0,92±0,04	16,29
Магний	ммоль/л	0,87-1,29	1,03±0,03	12,23
Щелочная фосфатаза	МЕ/л	171,8-480,2	307,1±21,2	25,85
25-гидроксикальциферол	нг/мл	1,64-4,24	2,97±0,25	31,85

Таблица 2. Значения коэффициента корреляции Пирсона при сравнении с 25-гидроксикальциферолом

Наименование показателя	Коэффициент Пирсона (r)	Теснота и направление взаимосвязи
Кальций	0,41	Умеренная положительная
Неорганический фосфат	-0,74	Сильная отрицательная
Соотношение Са/Р	0,71	Сильная положительная
Магний	0,12	Очень слабая положительная
Щелочная фосфатаза	-0,61	Средняя отрицательная

ксикальциферол, в вариационном ряду которых наибольшее и наименьшее значения различаются более, чем в 2,5 раза.

Рассмотрим значения коэффициентов корреляции при сравнении показателей, характеризующих минеральный обмен, с уровнем 25-гидроксикальциферола (табл. 2). Вычисление коэффициента Пирсона позволило выявить наиболее тесные взаимосвязи между содержанием в крови 25-гидроксикальциферола и неорганического фосфата ($r = -0,74$) и соотношением Са/Р ($r = 0,71$). В меньшей степени с уровнем 25-гидроксивитамина Д взаимосвязаны активность щелочной фосфатазы ($r = -0,61$) и уровень кальция ($r = 0,41$). Практически не выявлено корреляционной зависимости витамина Д с концентрацией магния в крови.

Заключение. Анализируя полученные данные, можно отметить, что у телят в возрасте от 8 до 15 дней определяется большой разброс в диапазоне активности щелочной фосфатазы и содержании 25-гидроксикальциферола в крови при от-

носительном гомеостатическом постоянстве уровня кальция. Однако выраженные колебания неорганического фосфата внесли вклад в разброс кальциево-фосфорного отношения. Как показали статистические расчёты, именно показатель Са/Р имеет наиболее тесную положительную взаимосвязь с уровнем 25-гидроксикальциферола в сыворотке крови телят. При этом наиболее тесная отрицательная взаимосвязь 25-гидроксивитамина Д выявлена с показателем активности щелочной фосфатазы, что нам представляется весьма логичным: недостаточная минерализация костей в растущем организме сопряжена с увеличением индукции данного фермента. Не было определено взаимосвязи между концентрацией 25-гидроксикальциферола и магния.

Полученные данные свидетельствуют о различном состоянии минерального обмена у телят в ранний постнатальный период жизни и о необходимости тщательного контроля метаболизма для своевременной коррекции дефицита витаминов и минеральных элементов в рационе растущих телят.

Литература

1. Физиология животных / Л. Ю. Карпенко, А. И. Енукашвили, Н. А. Панова [и др.]. — Уфа : Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2024. — 262 с. — ISBN 978-5-00177-930-8.
2. Васильева С. В. Анализ основных статистических параметров при изучении концентрации кальция в сыворотке крови коров в различные физиологические периоды / С. В. Васильева, Ю. В. Конопатов, Б. М. Федоров [и др.] // Международный вестник ветеринарии. — 2016. — № 4. — С. 84—89.
3. Васильева С. В. Клиническая биохимия крупного рогатого скота : учеб. пособие для вузов / С. В. Васильева, Ю. В. Конопатов. — 3-е издание, стереотипное. — СПб : Изд-во "Лань", 2021. — 188 с.
4. Козицына А. И. Влияние применений препарата «Элитокс» глубокостельным коровам на показатели минерального обмена получаемых от них телят / А. И. Козицына, Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта // Агр. наука на совр. этапе: состояние, проблемы, перспективы : материалы V науч. - практ. конф-ции с межд. участием, Вологда ; Молочное, 21—25 февраля 2022 года. — Вологда: Вологодский научный центр РАН, 2022. — С. 169—172.
5. Пигарова Е. А. Влияние витамина D на иммунную систему / Е. А. Пигарова, А. В. Плещеев, Л. К. Дзеранова // Иммунология. — 2015. — Т. 36. — № 1. — С. 62—66. — EDN TNIIGZ.
6. Разумовский Н. Солнечный витамин: применяем с осторожностью / Н. Разумовский // Животноводство России. — 2021. — № 1. — С. 34—36. — DOI 10.25701/ZZR.2020.23.30.009. — EDN TQFMKS.
7. Маслова Т. В. Витамин D при лечении рахита у телят / Т. В. Маслова // Аграрный вестник Урала. — 2008. — № 11(53). — С. 55—56. — EDN JXDUSL.
8. Трушкин В. А. Клинико-гематологическая картина при энтерите у телят / В. А. Трушкин, С. В. Васильева, Г. С. Никитин [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. — 2016. — № 4. — С. 101—103. — EDN XEDHKR.

9. Plemyashov K. Hematological status of newly-calved cows with mineral metabolism disturbance / K. Plemyashov, G. Nikitin, A. Nikitina [et al.] // FASEB Journal. — 2019. — Vol. 33. — № S1. — P. 374.
10. Playford R. J. Bovine Colostrum: Its Constituents and Uses / R. J. Playford, M. J. Weiser // Nutrients. — 2021. — Vol. 13. — № 1. — P. 265. doi: 10.3390/nu13010265.
11. Vasilieva S. V. Influence of subclinical ketosis in cows on formation of colostrum immunity in calves / S. V. Vasilieva, R. M. Vasiliev // Medical Immunology (Russia). — 2021. — Vol. 23. — № 4. — P. 981–986.
12. Comparative Assessment of the Content of Immunoglobulins in the Blood Serum of Calves Obtained From Healthy Cows and Cows with Genital Mycoplasmosis / A. Nikitina, R. Vasiliev, S. Kovalev, V. Trushkin // FASEB Journal. — 2022. — Vol. 36. — № S1. — P. 3467.
13. Васильев Р. М. Иммунологические показатели сыворотки крови коров и телят при микоплазмозе / Р. М. Васильев // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. — 2012. — № 3. — С. 26–29.
14. Шавров С. С. Эффективность применения пробиотика «Бифидум-СХЖ» при лечении диспепсии неспецифической этиологии у молодняка крупного рогатого скота / С. С. Шавров, А. В. Прусаков // Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение : Брянск, 25–26 марта 2021 года. — Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. — С. 432–436.
15. Влияние пробиотика "Ветом 1.1" на клинический статус телят больных энтероколитом / В. А. Трушкин, С. П. Ковалев, А. А. Воинова [и др.] // Актуальные проблемы ветеринарной медицины : Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию со дня рождения профессора В.А. Киршина, Казань, 05–06 апреля 2018 года. — Казань: Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, 2018. — С. 324–326. — EDN YVYVSF.

Vasilyeva S., Shiryayeva N.

Relationship between mineral metabolism indicators and the level of 25-hydroxycalciferol in the blood of calves in the early post-state period

Abstract.

Purpose: to study the indices of mineral metabolism and vitamin D level in blood of calves and to identify their interrelations.

Materials and methods. To achieve the set objective, blood was taken from the jugular vein of 15 calves aged from 8 to 15 days. Blood serum was analyzed for calcium, inorganic phosphate, magnesium, and alkaline phosphatase activity using standard biochemical test systems and a semiautomatic analyzer CLIMA MC-15. The study of 25-hydroxycalciferol in blood serum was carried out by the enzyme immunoassay method using the test system "25-OH vitamin D-IMAXYZ (IMAXYZ)" and a vertical scanning microplate photometer MULTISCAN.

Results. A different degree of scatter of results was revealed. The highest degree of homogeneity was determined for the calcium level in the blood of calves (CV = 7,57 %). The variation coefficient for the concentration of inorganic phosphorus, magnesium and the calcium to phosphorus ratio is determined within 12,08–16,29 %. The most pronounced heterogeneity in the sample is determined for the alkaline phosphatase (CV = 25,85 %) and 25-hydroxycalciferol (CV = 31,85 %) indicators, in the variation series of which the highest and lowest values differ by more than 2,5 times. Calculation of the Pearson coefficient made it possible to identify the closest relationships between the content of 25-hydroxycalciferol and inorganic phosphate in the blood ($r = -0,74$) and the Ca / P ratio ($r = 0,71$). To a lesser extent, the alkaline phosphatase activity ($r = -0,61$) and the calcium level ($r = 0,41$) are interconnected with the level of 25-hydroxyvitamin D. Virtually no correlation was found between vitamin D and the concentration of magnesium in the blood.

Conclusion. In calves aged 8 to 15 days, a large spread in the range of alkaline phosphatase activity and 25-hydroxycalciferol content in the blood is determined with a relative homeostatic constancy of the calcium level. The Ca/P indicator has the closest positive relationship with the 25-hydroxycalciferol level, and the alkaline phosphatase activity shows the closest negative relationship with this indicator, which seems quite logical: in-

sufficient bone mineralization in a growing organism is associated with an increase in the induction of this enzyme. No relationship was determined between the concentration of 25-hydroxycalciferol and magnesium. The data obtained indicate a different state of mineral metabolism in calves in the early postnatal period of life and the need for careful monitoring of metabolism for timely correction of vitamin and mineral deficiency in the diet of growing calves.

Key words: calves, mineral metabolism, calcium, phosphorus, magnesium, 25-hydroxycalciferol.

Authors:

Vasilyeva S. – PhD (Vet. Sci.); e-mail: svvet@mail.ru;

Shiryaeva N. – e-mail: natysskolosok@list.ru.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 196084, St. Petersburg, st. Chernigovskaya, 5.

References

1. Animal physiology / L. Yu. Karpenko, A. I. Enukashvili, N. A. Panova [et al.]. – Ufa: Limited Liability Company "Aeterna", 2024. – 262 p. – ISBN 978-5-00177-930-8.
2. Vasilyeva S. V. Analysis of the main statistical parameters in the study of calcium concentration in the blood serum of cows in different physiological periods / S. V. Vasilyeva, Yu. V. Konopatov, B. M. Fedorov [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. – 2016. – № 4. – P. 84–89.
3. Vasilyeva S. V. Clinical biochemistry of cattle: a textbook for universities / S. V. Vasilyeva, Yu. V. Konopatov. – 3rd edition, stereotypical. – St. Petersburg: Lan Publishing House, 2021. – 188 p.
4. Kozitsyna A. I. The effect of using the drug "Elitox" in late-calving cows on the mineral metabolism indices of calves obtained from them / A. I. Kozitsyna, L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta // Agr. science at the present stage: state, problems, prospects: materials of the V scientific and practical conference with international participation, Vologda; Molochnoye, February 21–25, 2022. – Vologda: Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2022. – Pp. 169–172.
5. Pigarova E. A. The effect of vitamin D on the immune system / E. A. Pigarova, A. V. Pleshcheyev, L. K. Dzeranova // Immunology. – 2015. – Vol. 36. – № 1. – P. 62–66. – EDN TNIIGZ.
6. Razumovsky N. Sunny vitamin: use with caution / N. Razumovsky // Animal Husbandry of Russia. – 2021. – № 1. – P. 34–36. doi: 10.25701 / ZZR.2020.23.30.009. – EDN TQFMKS.
7. Maslova T. V. Vitamin D in the treatment of rickets in calves / T. V. Maslova // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2008. – № 11(53). – P. 55–56. – EDN JXDUSL.
8. Trushkin V. A. Clinical and hematological picture of enteritis in calves / V. A. Trushkin, S. V. Vasilyeva, G. S. Nikitin [et al.] // Issues of legal regulation in veterinary medicine. – 2016. – № 4. – P. 101–103.
9. Plemyashov K. Hematological status of newly-calved cows with mineral metabolism disturbance / K. Plemyashov, G. Nikitin, A. Nikitina [et al.] // FASEB Journal. – 2019. – Vol. 33. – № S1. – P. 374.
10. Playford R. J. Bovine Colostrum: Its Constituents and Uses / R. J. Playford, M. J. Weiser // Nutrients. – 2021 – Vol. 13. – № 1. – P. 265. doi: 10.3390/nu13010265.
11. Vasilieva S. V. Influence of subclinical ketosis in cows on formation of colostral immunity in calves / S. V. Vasilieva, R. M. Vasiliev // Medical Immunology (Russia). – 2021. – Vol. 23. – № 4. – P. 981–986.
12. Comparative Assessment of the Content of Immunoglobulins in the Blood Serum of Calves Obtained From Healthy Cows and Cows with Genital Mycoplasmosis / A. Nikitina, R. Vasiliev, S. Kovalev, V. Trushkin // FASEB Journal. – 2022. – Vol. 36. – № S1. – P. 3467.
13. Vasiliev R. M. Immunological parameters of blood serum of cows and calves with mycoplasmosis / R. M. Vasiliev // Issues of legal regulation in veterinary medicine. – 2012. – № 3. – P. 26–29.
14. Shavrov S. S. Efficiency of using the probiotic "Bifidum-SHZh" in the treatment of dyspepsia of non-specific etiology in young cattle / S. S. Shavrov, A. V. Prusakov // Problems of intensive development of animal husbandry and their solution: Bryansk, March 25–26, 2021. – Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2021. – P. 432–436.
15. The influence of the probiotic "Vetom 1.1" on the clinical status of calves with enterocolitis / V. A. Trushkin, S. P. Kovalev, A. A. Voinova [et al.] // Actual problems of veterinary medicine: Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Professor V. A. Kirshin, Kazan, April 5–6, 2018. – Kazan: Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, 2018. – P. 324–326. – EDN YVYVSF.