

## Особенности минерального обмена в организме ремонтных тёлочек казахской белоголовой породы

*Б.К. Балабаев, аспирант, М.А. Дерхо, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ*

Успешным ростом и развитием крупного рогатого скота определяется формирование его будущей продуктивности и воспроизводства [1]. Важную роль в этом процессе играет минеральный обмен, который, с одной стороны, обеспечивает процессы жизнедеятельности макро- и микроэлементами, а с другой — является частью общего метаболизма организма.

Минеральные вещества в организме животных выполняют разнообразные функции. Они содержатся в клетках и биологических жидкостях, определяя в них ионный состав, значение рН, осмотическое давление и проницаемость мембран; участвуют в построении опорных тканей, синтезе органических веществ, трансформации энергии, в передаче нервных импульсов, в кроветворении; регулируют активность ферментов, растворимость и пространственную конфигурацию белков и т.д. [2–4]. Генерализованное влияние минеральных веществ на состояние тканевых коллоидов, их специфические химические свойства позволяют им выполнять важную роль в интеграции ключевых метаболических процессов в организме животных [3] и за счёт этого избирательно влиять на процессы роста и развития животных, реализацию генетического потенциала продуктивности [4]. При этом жизненно необходимыми являются кальций и фосфор, составляющие 70% золы и 2,5% массы всего организма [5].

Изучение особенностей минерального обмена и роли минеральных веществ в биохимических и физиологических процессах важно не только для раскрытия закономерностей постнатального развития сельскохозяйственных животных, но и для оценки состояния здоровья, прогнозирования продуктивных качеств, обогащения рационов кормления и т.д. Для этих целей можно использовать метаболические тесты [6], отражающие биохимические особенности клеточного метаболизма в зависимости от возраста, пола, породы и т.д. животных.

В связи с этим целью исследования явилось изучение возрастных особенностей обмена макроэлементов (кальций, фосфор, магний, хлориды) в организме ремонтных тёлочек казахской белоголовой породы в зависимости от возраста и уровня кальцитонина в крови.

**Материал и методы исследования.** Материал, представленный в работе, получен в период 2016–2017 гг. на базе животноводческой фермы племенного хозяйства ТОО «Агрофирма «Боровское» (Республика Казахстан, Костанайская обл.

Мендыкаринский р-н, с. Будёновка), лабораторные исследования — на базе кафедры морфологии, физиологии и фармакологии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГАУ».

Объектом исследования служили ремонтные тёлки казахской белоголовой породы, из которых в послепостнатальный период по принципу сбалансированных групп были сформированы три опытные группы (n=10). В I гр. были подобраны животные в 8-месячном возрасте; во II — в 15-месячном и в III — 18-месячном. Материалом исследования служила кровь, которую брали утром до кормления из подвостовой вены. В сыворотке крови определяли концентрацию общего кальция (Ca), неорганического фосфора (P), магния (Mg), хлоридов (Cl<sup>-</sup>) колориметрическим методом с помощью наборов реагентов «КлиниТест-Са АП», «КлиниТест-НФ», «Магний Абрис+», «Хлориды Абрис+». Для определения кальцитонина (КТ) использовали иммуноферментный метод и наборы реактивов «Biomerica Calcitonin ELISA». Прирост живой массы контролировали по результатам ежемесячных взвешиваний. Статистическую обработку данных проводили методом вариационной статистики на ПК с помощью табличного процессора «Microsoft Excel-2003» и пакета прикладной программы «Биометрия» и «Версия». Связи признаков оценивали путём расчёта коэффициентов корреляции (r) по Пирсону. Долю объясняемой дисперсии определяли с помощью коэффициента детерминации (R<sup>2</sup>), который рассчитывали по формуле  $R^2 = r^2 \cdot 100$  (%).

**Результаты исследования.** Живая масса, как показатель развития тёлочек, планомерно увеличивалась в ходе их взросления. Во все исследуемые периоды показатель превышал стандарт 1-го класса породы, свидетельствуя о соответствии условий существования скорости роста животных, что в совокупности обеспечивало поддержание уровня здоровья. Живая масса ремонтных тёлочек I гр. составляла  $195,63 \pm 1,34$  кг (табл. 1). К 15-месячному возрасту она увеличилась на 66,52% (P<0,5), а к 18-месячному — на 98,79% (P<0,5).

Интенсивность роста молодняка сопряжена с уровнем обменных процессов, активность и направленность которых должна соответствовать и обеспечивать развитие организма. Биохимические превращения, лежащие в основе процессов жизнеобеспечения, протекают при участии минеральных веществ, которые прямо или опосредованно включены во многие химические реакции. Биологическая роль минералов определяется видом элемента, но в определённой степени она зависит и от породы, пола, направления продуктивности, живой массы и т.д. животных. Поэтому содержание минеральных веществ в крови ремонтных тёлочек

хотя и соответствовало границам нормы, изменялось с возрастом.

Наиболее существенную роль в сопряжённости метаболических потоков в организме животных играют кальций и фосфор, характер взаимосвязей между которыми определяется как эндогенными, так и экзогенными причинами. Так, в крови 8-месячных животных содержание общего кальция составляло  $2,52 \pm 0,09$  ммоль/л (табл. 1). Концентрация элемента планомерно повышалась по мере роста и развития тёлочек и в 18-месячном возрасте превышала исходный уровень на 12,69% ( $P < 0,05$ ). Прирост концентрации кальция происходил на фоне убыли неорганического фосфата. Это обуславливало повышение величины соотношения Ca/P с  $1,33 \pm 0,05$  до  $1,87 \pm 0,07$  усл.ед. ( $P < 0,05$ ).

В организме животных обмен кальция тесно сопряжён с магнием, являющимся его физиологическим антагонистом и за счёт этого участвующим во всех кальцийзависимых биохимических реакциях. Уровень магния в крови ремонтных тёлочек в 8-месячном возрасте составлял  $1,00 \pm 0,03$  ммоль/л. Величина параметра увеличивалась по мере роста и развития животных и в организме 18-месячных животных была равна  $1,26 \pm 0,05$  ммоль/л (табл. 1).

Основным анионом крови являются хлориды, участвующие в транспорте катионов через плазматические мембраны, поддержании осмотического давления и pH крови. Количество хлоридов в крови животных опытных групп планомерно увеличивалось (табл. 1). Возрастной прирост показателя составил 21,89% ( $P < 0,05$ ).

Установлено, что в поддержании минерального гомеостаза важную роль играет скелет, являющийся основным депо элементов. В физиологических условиях костная ткань подвергается постоянной перестройке за счёт протекания двух взаимно противоположных процессов – костеобразования и костеразрушения [7], метаболический эффект которых сопряжён в первую очередь с кальций-фосфорным гомеостазом.

С целью оценки роли костной ткани в формировании уровня элементов в крови ремонтных тёлочек мы рассчитали метаболический индекс – системный индекс электролитов: где Ca, Mg, Cl

и P – концентрация кальция, магния, хлоридов и фосфора в крови, ммоль/л [3], который информативно отражает процесс ремоделирования костной ткани, так как в его числитель входят ионы, которые являются главными продуктами её деминерализации, а в знаменатель, наоборот, связанные с процессом новообразования и минерализации.

Величина системного индекса электролитов в I гр. была равна  $132,77 \pm 6,89$  усл. ед. (табл. 1). Возрастной прирост показателя составил 2,15 раза ( $P < 0,05$ ). Следовательно, в ходе роста и развития организма ремонтных тёлочек для поддержания уровня электролитов (Ca, Mg, P, Cl) в пределах границ физиологической нормы в костях скелета процессы деминерализации кости преобладали над минерализацией. Возможно, это было следствием или быстрого обновления костного матрикса в развивающейся костной ткани на фоне прироста живой массы, или увеличения объёмной доли костей скелета в условиях интенсивного роста организма.

Возрастная изменчивость величины СИЭ согласуется с динамикой концентрации кальцитонина в крови животных. Уровень гормона планомерно увеличивался с  $2,21 \pm 0,07$  у 8-месячных тёлочек до  $2,71 \pm 0,11$  пг/мл ( $P < 0,05$ ) у 18-месячных (табл. 1).

Кальцитонин синтезируется в щитовидной железе в ответ на повышение концентрации ионизированного кальция во внеклеточной жидкости [8, 9], он подавляет активность остеокластов, тормозит резорбцию костного матрикса, в результате чего деминерализация кости и отток из неё кальция снижаются. В то же время гормон активизирует деятельность остеобластов, что способствует отложению минералов в кости [3, 7]. Исходя из вышесказанного следует, что возрастной прирост концентрации кальцитонина в крови ремонтных тёлочек был результатом попытки организма ограничить процесс рассасывания костной ткани для поддержания уровня макроэлементов в крови животных и создания условий для деятельности остеобластов. При этом проявился общеизвестный механизм регуляторного действия гормона на концентрацию кальция в крови. Наименьшему уровню кальция в крови 8-месячных тёлочек соответствовал минимальный уровень кальцитонина,

1. Показатели минерального обмена (n= 10;  $X \pm Sx$ )

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса, кг	$195,63 \pm 1,34$	$325,77 \pm 1,69^{***}$	$388,90 \pm 1,71^{***}$
Кальций, ммоль/л	$2,52 \pm 0,09$	$2,73 \pm 0,04$	$2,84 \pm 0,07^*$
Фосфор, ммоль/л	$1,89 \pm 0,03$	$1,72 \pm 0,05^*$	$1,52 \pm 0,06^*$
Ca/P, усл. ед.	$1,33 \pm 0,05$	$1,59 \pm 0,03^*$	$1,87 \pm 0,07^*$
Магний, ммоль/л	$1,00 \pm 0,03$	$1,13 \pm 0,04^*$	$1,26 \pm 0,05^*$
Хлориды, ммоль/л	$99,58 \pm 1,36$	$107,34 \pm 1,81^*$	$121,38 \pm 0,05^*$
СИЭ, усл. ед.	$132,77 \pm 6,89$	$192,52 \pm 7,38^*$	$285,75 \pm 11,68^*$
Кальцитонин, пг/мл	$2,21 \pm 0,07$	$2,32 \pm 0,14$	$2,71 \pm 0,11^*$

Примечание: \* –  $P < 0,05$  по отношению к I гр.

2. Корреляции кальцитонина ( $n=10$ ;  $X \pm Sx$ )

Показатель	Группа					
	I		II		III	
	$r$	$R^2, \%$	$r$	$R^2, \%$	$r$	$R^2, \%$
Живая масса, кг	0,62±0,27	38,44	0,72±0,24*	51,84	0,80±0,21*	64,00
Кальций, ммоль/л	0,71±0,25*	50,71	0,75±0,23*	56,25	0,91±0,15*	82,81
Фосфор, ммоль/л	-0,10±0,35	1,00	-0,02±0,35	0,04	-0,19±0,34	3,61
Ca/P, усл. ед.	-0,59±0,28	34,81	0,90±0,15*	81,00	0,73±0,24*	53,29
Магний, ммоль/л	0,94±0,12*	88,36	-0,66±0,26	43,56	-0,83±0,20*	68,89
Хлориды, ммоль/л	0,53±0,30	28,09	0,78±0,22*	60,84	0,63±0,28	39,69
СИЭ, усл. ед.	0,91±0,15*	82,81	0,77±0,22*	59,29	0,70±0,25*	49,00

Примечание: \* –  $P < 0,05$

а при повышении уровня минерала у 18-месячных животных – секреция гормона стимулировалась.

Следовательно, процесс роста и развития ремонтных тёлочек в послеотъёмный период был сопряжён с изменением структурно-метаболического состояния костной ткани. Это было результатом возрастных особенностей обмена кальция, фосфора и сопряжённых с ними элементов – магния и хлора в организме животных при условии активации секреторной активности щитовидной железы на фоне увеличения живой массы и соответственно костной ткани в организме.

Эндокринная система оказывает существенное влияние на конституциональный тип животного, его продуктивные качества и интенсивность обмена веществ [10]. Поэтому мы определили связи кальцитонина с живой массой ремонтных тёлочек и уровнем параметров минерального обмена, анализ которых позволил выявить следующие особенности (табл. 2):

1. Положительные корреляции преобладали над отрицательными, они составляли 71,43% от их общего количества. Значит, возрастное уменьшение концентрации кальцитонина в крови тёлочек служило основанием для повышения уровня большинства изучаемых признаков.

2. Число достоверных корреляций между кальцитонином и признаками составляло 61,92% от их общего количества. Наибольшее количество статистически значимых коэффициентов корреляции выявили в группах 15- и 18-месячных ремонтных тёлочек, т. е. при достижении организмом животных состояния половой и физиологической зрелости. Следовательно, биологические эффекты кальцитонина, проявляющиеся в регуляции минерального обмена, способствуют развитию физиологических систем организма, обеспечивая обменные процессы ионами кальция, фосфора, магния и хлора.

3. Сопряжённость концентрации кальцитонина с уровнем живой массы тёлочек увеличивалась с возрастом. Если вариабельность живой массы, определяемая уровнем гормона в крови 8-месячных животных, составляла 38,44%, то в 18-месячном возрасте увеличилась до 64,00%. Это доказывает, что кальцитонин, являясь частью эндокринной системы организма, участвует в реализации гене-

тического потенциала роста молодняка крупного рогатого скота за счёт формирования активности и направленности обмена веществ в животном организме [10].

4. Концентрация кальцитонина, независимо от возраста ремонтных тёлочек, достоверно была связана с содержанием в крови кальция и магния. Доля объясняемой дисперсии для кальция колебалась в пределах 50,71–82,81%, магния – 43,56–88,36%. Следовательно, гормон, участвуя в регуляции уровня кальция в крови, определял и изменчивость содержания магния.

3. Кальцитонин в организме ремонтных тёлочек значимо влиял на обмен минералов в костной ткани, так как достоверно коррелировал с величиной СИЭ. При этом доля вариабельности метаболического индекса от уровня гормона в крови в 8-месячном возрасте составляла 82,81%. По мере роста и развития животных сила связи данных признаков уменьшалась. В III гр. она была равна 49,00%. Это свидетельствует о том, что с возрастом основным механизмом, обеспечивающим содержание ионов в кровотоке, являлся высокий уровень обменных процессов в аморфной части костей скелета.

**Выводы.** Концентрация кальция, магния, фосфора и хлоридов в крови ремонтных тёлочек казахской белоголовой породы зависит от возраста, живой массы и уровня кальцитонина. В послеотъёмный период в динамике от 8- до 18-месячного возраста увеличивается уровень кальция (на 12,69%,  $P < 0,05$ ), магния (на 26,00%  $P < 0,05$ ), хлоридов (на 21,89%,  $P < 0,05$ ) на фоне убыли неорганического фосфата (на 19,57%,  $P < 0,05$ ). Это обуславливает повышение величины Ca/P-соотношения на 40,60% ( $P < 0,05$ ) и системного индекса электролитов в 2,15 раза ( $P < 0,05$ ), подтверждая участие костной ткани в минеральном обмене организма.

Уровень ионов в крови и изменчивость величины СИЭ являются результатом возрастного уменьшения концентрации кальцитонина в крови, который статистически значимо коррелирует с 61,92% изучаемых признаков. Уровень гормона сопряжён с величиной живой массы, определяя на 38,44–64,00% её вариабельность, концентрацией кальция ( $R^2 = 50,71–82,81\%$ ), магния ( $R^2 = 43,56–88,36\%$ ) и величиной СИЭ ( $R^2 = 82,81–49,00\%$ ).

### Литература

1. Осадчук Л.В., Вдовина Г.В., Смирнов П.Н. Возрастная динамика содержания гормонов в периферической крови у тёлочек при разных технологиях выращивания // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 4. С. 56–61.
2. Дерхо М.А., Концевая С.Ю. Состояние минерального обмена при лечении переломов методом чрескостного остеосинтеза // Ветеринария. 2001. № 11. С. 56.
3. Дерхо М.А. Динамика биохимических показателей в ходе остеогенеза после травмы различных костей скелета собак: дисс. ... докт. биол. наук. М., 2004. С. 153–165.
4. Лёвичева Е.В., Козлов А.С. Физиологическая роль минеральных веществ в организме молодняка крупного рогатого скота и их влияние на реализацию генетического потенциала продуктивности животных // Вестник ОрелГАУ. 2015. № 3 (54). С. 95–99.
5. Нуржанов Б.С., Жаймышева С.С., Комарова Н.К. Обмен минеральных веществ в организме бычков при скармливании пробиотического препарата // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 4 (32). С. 155–157.
6. Волкова Е.М., Зелёнок Т., Радовня А. Акклиматизационные способности мясного скота на основании гематологических показателей крови // Физико-химическая биология: сб. тр. IV междунар. интернет-конф. Ставрополь, 2016. С. 147–149.
7. Тимофеев С.В., Концевая С.Ю., Дерхо М.А., Шакирова В.Ф. Современные представления о репаративной регенерации костной ткани при оперативном лечении переломов костей животных: учеб. пособие. Казань: Центр инновационных технологий, 2007. С. 10–37.
8. Балтабекова А.Ж., Дерхо М.А. Возрастная динамика кальцитонина и основных показателей фосфорно-кальциевого гомеостаза у ремонтных бычков казахской белоголовой породы // АПК России. 2017. Т. 24. № 1. С. 181–186.
9. Масалова И.Н., Захаренко Р.В. Состояние фосфорно-кальциевого обмена и костного метаболизма в норме и при нарушении функции щитовидной железы // Дальневосточный медицинский журнал. 2009. № 2. С. 122–125.
10. Лукьянов В.Н., Прохоров И.П. Гормональный статус бычков симментальской породы и её помесей с герефордской и шаролеизской // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 77–86.