

## ДИНАМИКА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭПИТЕЛИЯ РУБЦА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

**Шпыгова Валентина Михайловна**, доктор биологических наук, доцент кафедры «Паразитология и ветсанэкспертиза, анатомия и патанатомия им. профессора С. Н. Никольского» ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»  
355017 г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12  
e-mail: spygova@yandex.ru

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, телята, рубец, сосочек рубца, онтогенез, морфология желудка, слизистая оболочка

Целью исследования было изучение морфологической адаптации эпителия рубцовых сосочков под влиянием возрастной смены типа питания. Исследования проведены на материале, взятом на бойнях Ставропольского края от 60 голов крупного рогатого скота черно-пестрой породы шести возрастных групп: новорожденные (1,3,7 суток), 30 суток, 3 месяца, 6 месяцев, 18 месяцев, 3-5 лет. В работе использованы гистологические и иммуногистохимические (маркер пролиферирующих клеток Ki-67) и морфометрические методы исследования. Установлено, что толщина эпителиальных гребней межсосочковых зон достоверно увеличивается с рождения до шестимесячного возраста в 1,64 раза и в восемнадцатимесячного возраста до 3-5 лет на 12 %. Толщина эпителия над сосочками собственной пластинки слизистой оболочки остается стабильной. С возрастом соотношение толщины эпителия над соединительнотканными сосочками собственной пластинки слизистой оболочки к толщине эпителиальных гребней межсосочковых зон уменьшается в два раза: от 81,42 % у новорожденных до 41,69 % у лактирующих коров 3-5 лет. Толщина поверхностного слоя эпителия сосочков рубца изменяется волнообразно с максимальными значениями этого показателя у новорожденных в возрасте 1 сутки ( $10,01 \pm 0,19$  мкм) и у животных восемнадцатимесячного возраста ( $9,96 \pm 0,57$  мкм). Высокая пролиферативная активность клеток базального слоя эпителия отмечается в первые сутки после рождения (64,8 %), достоверно снижается с трех до семисуточного возраста (32,7 %), отмечается достоверное снижение этого показателя также в шесть (23,9 %) и восемнадцать месяцев (15,6 %), а затем он остается стабильным.

### Введение

Усложнение организации многокамерного желудка у жвачных животных – это уникальное приспособление к смене одних кормов на другие. Соотношение отдельных групп кормов в рационе имеет немаловажное значение для становления и осуществления пищеварительной функции у жвачных животных [1 - 6]. Как известно, сосочки рубца формируются к началу пятого месяца беременности, но наибольшего развития достигают после рождения, начиная с момента приема телятами грубого корма [7 - 10]. Не только структура рационов, но и степень измельчения фуража, характер перехода на грубые корма (постепенный или резкий) могут обуславливать тяжесть производственных потерь и потенциально определять продуктивность животных [11-13]. Наибольшее влияние различные характеристики корма оказывают на такие морфологические показатели, как толщина эпителия и мышечной пластинки слизистой оболочки сосочков [14, 15]. Однако, знание морфологической адаптации рубцового сосочка, играющего важную роль в поглощении летучих жирных кислот у животных в возрастном аспекте ограничено, что и послужило целью наших исследований.

### Материалы и методы исследований

Материал для исследований был взят от 60 голов крупного рогатого скота черно-пестрой породы шести возрастных групп: новорожденные, 30 суток, 3 месяца, 6 месяцев, 18 месяцев, 3-5 лет. Материал от животных новорожденного периода (1, 2 и 3 суток) и до трехмесячного возраста отбирали на специализированной площадке для взятия биоматериала ФКП «Ставропольская биофабрика», от животных более старших возрастных групп – на бойнях промышленных комплексов Ставропольского края. Отбор экспериментального материала проведен с соблюдением директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях. Для гистологических исследований фиксацию материала размером 1x1x0,3 см проводили в 10% забуференном нейтральном формалине в течение 24 часов, обезвоживали, просветляли и заливали в парафин, гистологические срезы толщиной 4-5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином для обзорных целей и морфометрии. Кроме того, классическими методами окраски по Ван Гизону, Вейгерту и Маллори выявляли соединительную ткань.

Иммуногистохимические исследования проводили в патологоанатомическом отделении ГБУ здравоохранения Ставропольского края «Ставропольский краевой клинический онкологический диспансер». В работе использовали моноклональные мышинные антитела (Dako, Дания) к маркеру пролиферирующих клеток Ki-67 (клон MIB-1).

На цифровых фотографиях измеряли толщину эпителиальных гребней межсосочковых зон (ЭГМЗ), толщину эпителия над сосочками собственной пластинки слизистой оболочки (ЭС-СПСО), толщину поверхностного слоя эпителия в программе ВидеоТест-Мастер Морфология 4.0. В 10 полях зрения подсчитывали количество Ki-67<sup>+</sup> клеток при увеличении  $\times 400$ . Пролиферативную активность клеток (индекс Ki-67) определяли отношением количества иммунопозитивных к Ki-67 ядер к общему количеству подсчитанных ядер в поле зрения и умножали на 100%. Цифровые данные обрабатывали методом вариационной статистики.

#### Результаты исследований

У телят суточного возраста в слизистой оболочке рубца сосочки сформированы, в краниальном мешке рубца преобладают нитевидные и цилиндрические их формы. Эпителий сосочков – многослойный плоский неороговевающий с поверхностным слоем плоских клеток с тонкими длинными ядрами. Сосочки собственной пластинки слизистой оболочки слабо вдаются в эпителиальный слой (рис. 1).

Толщина прослойки рыхлой соединительной ткани собственной пластинки слизистой оболочки незначительна и в среднем составляет  $12,34 \pm 0,74$  мкм, она слабо вдаётся в базальный слой эпителия, в ней просматриваются кровеносные капилляры диаметром 5-8 мкм. Толщина ЭССПО в этой возрастной группе составляет  $52,97 \pm 10,49$  мкм, ЭГМЗ слабо выражены, в одном сосочке их может насчитываться от одного до трех, толщиной  $65,06 \pm 10,59$  мкм, что достоверно превышает толщину ЭССПО на 18,5 % (таб. 1, рис. 2).

Клетки базального слоя расположены в один ряд в области сосочков собственной пластинки слизистой оболочки и в один-два ряда

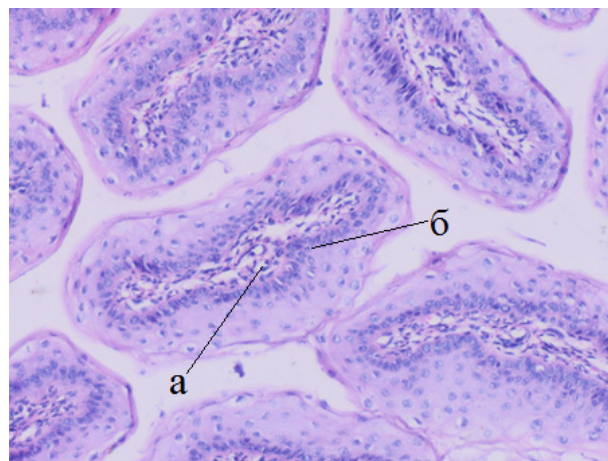


Рис. 1 – Поперечный срез нитевидных и цилиндрических сосочков краниального мешка рубца: а – сосочек собственной пластинки слизистой оболочки; б – эпителиальный гребень межсосочковой зоны. Возраст 1 сутки, самка. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.  $\times 100$ .

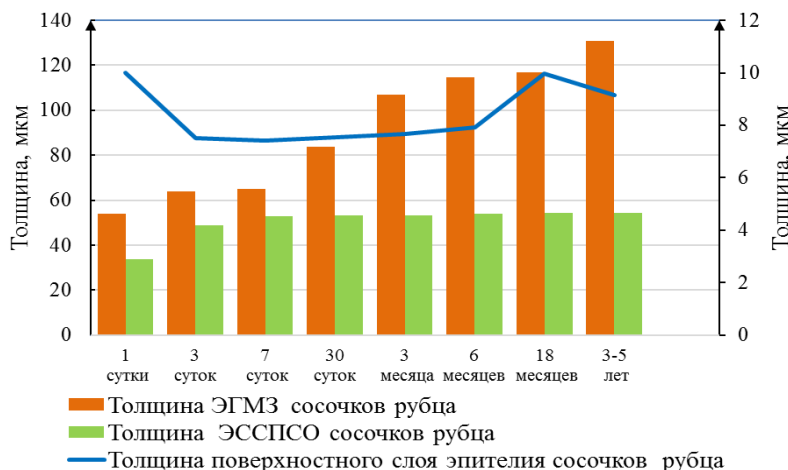


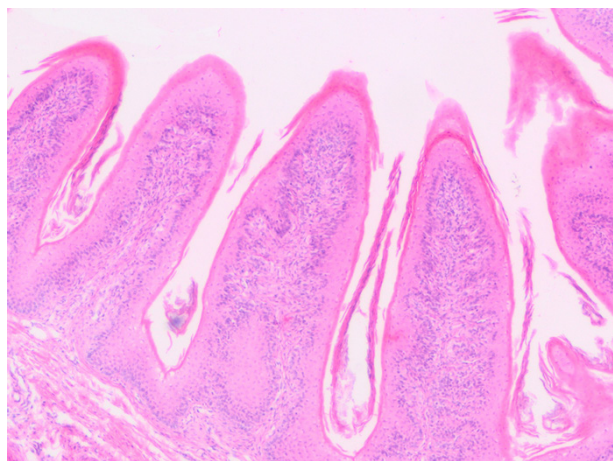
Рис. 2 – Постнатальная динамика морфометрических параметров эпителия сосочков рубца крупного рогатого скота

Таблица 1

Морфометрические параметры эпителия сосочков рубца (n=60)

Возраст животных	Параметры			
	Толщина ЭССПО, мкм, M±m	Толщина ЭГМЗ, мкм, M±m	Соотношение толщины ЭССПО к ЭГМЗ	Соотношение толщины ЭССПО к ЭГМЗ, %
1 сутки	52,97±10,49	65,06±10,59	1 : 1,23	81,42
30 суток	53,19±6,40	83,86±14,10*	1 : 1,58	63,43
3 месяца	53,24±8,52	106,92±15,81*	1 : 2,01	49,80
6 месяцев	53,93±9,11	114,69±24,74*	1 : 2,13	47,02
18 месяцев	54,43±14,79	116,69±18,47	1 : 2,14	46,65
3-5 лет	54,50±1,05	130,73±2,23*	1 : 2,40	41,69

Примечание: достоверность различий с параметром в более раннем возрасте: \* –  $p < 0,01$ .



**Рис. 3 - Десквамированный эпителий в межсосочковых пространствах вентрального мешка рубца. Возраст 1 сутки, самец. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×40.**

в области эпителиальных гребней межсосочковых зон. Толщина базального слоя зависит от формы сосочков: в узких формах (нитевидные) она составляет около 15 % толщины эпителия, в сосочках широких форм доходит до 45 %. На поверхности сосочков имеются слабо выраженные выпячивания – гребни.

Толщина поверхностного эпителиального слоя в суточном возрасте максимальна, он активно десквамируется, что вероятно связано с его обновлением (рис. 3).

Экспрессия маркера пролиферации Ki-67 в базальном слое многослойного плоского эпителия сосочков рубца и митотический индекс имеют наибольшие значения в этой возрастной группе (табл. 2). В группах телят возраста 3 и 7 суток отмечается уменьшение индекса Ki-67 на 27,2 % и 20,9% соответственно по сравнению с предыдущими группами.

Значения митотического индекса ниже индекса Ki-67 в трех вышеописанных возрастных группах новорожденных телят на 11,9 %, 10,4 %, 12,5% соответственно, что, возможно,

связано с неполным выявлением клеток в фазы цикла G<sub>1</sub>, S, и G<sub>2</sub>.

У телят к месячному возрасту толщина ЭССПСО достоверно не изменяется, а толщина ЭГМЗ достоверно увеличивается на 28,9 %. Соотношение этих двух показателей уменьшается на 18,0 %. На поперечном срезе соединительная ткань сосочка с капиллярами диаметром 5-10 мкм более рельефно вдаётся в базальный эпителиальный слой. На поверхности сосочков очагами встречается оксифильное безъядерное вещество. Митотический индекс достоверно не изменяется.

У телят трехмесячного возраста по всей поверхности сосочков просматривается оксифильное безъядерное вещество – роговой слой эпителия. Толщина ЭГМЗ увеличивается в 1,27 раза. В сосочках собственной пластинки слизистой оболочки просматриваются капилляры диаметром 6-11 мкм. Соотношение исследуемых параметров в этой возрастной группе уменьшается на 13,6 %. Митотический индекс достоверно не изменяется.

К шестимесячному возрасту толщина ЭГМЗ незначительно, но достоверно увеличивается (7,0 %). Хорошо выражены сосочки собственной пластинки слизистой оболочки, они узкие, но рельефно входят в базальный слой эпителия (рис. 4). Соотношение исследуемых параметров в этой возрастной группе уменьшается на 2,8 %. Роговой слой эпителия с признаками десквамации. Митотический индекс достоверно уменьшается на 18,4 %.

В восемнадцатимесячном возрасте толщина рогового слоя достоверно увеличивается, другие исследуемые морфометрические параметры остаются стабильными.

В возрасте 3-5 лет и старше у самок в период лактации формируются глубокие ЭГМЗ, между которыми располагаются выросты рыхлой соединительной ткани с посткапиллярными венулами диаметром 50,73±3,18 мкм и капиллярами диаметром 10,02±0,23 мкм, образуя соединительнотканые сосочки собственной пластинки слизистой оболочки (рис. 5). Толщина ЭГМЗ достоверно увеличивается на 15,03 %.

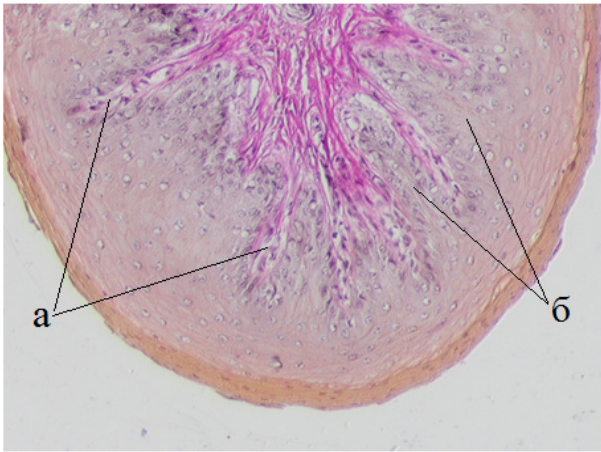
Значительно развитые сосочки собственной пластинки слизистой оболочки нами были отмечены только в цилиндрических, полу-

**Таблица 2**

**Пролиферативная активность клеток базального слоя эпителия рубца (n=60)**

Параметры	Возраст животных							
	1 сутки	3 суток	7 суток	30 суток	3 месяца	6 месяцев	18 месяцев	3-5 лет
Индекс Ki-67, %	64,8	47,2*	37,3*	-	-	-	-	-
Митотический индекс, %	57,1	42,3*	32,7*	34,1	29,3	23,9*	15,3*	15,6

Примечание: достоверные различия с параметром в более раннем возрасте: \* – p < 0,01.



**Рис. 4 – Поперечный срез цилиндрического сосочка вентрального мешка рубца:** а – сосочки собственной пластинки слизистой оболочки; б – эпителиальные гребни межсосочковых зон. Возраст 6 месяцев, самец, Окраска по Ван Гизону. Ув.  $\times 100$ .

овальных, листовидных и грушевидных, т. е. в сосочках широких форм.

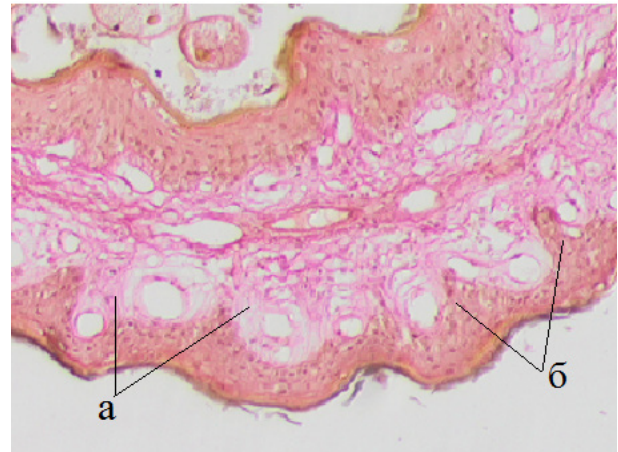
#### Обсуждение

Эпителиосоединительнотканное образования слизистой оболочки рубца – сосочки, являются пластичными структурами, способными к адаптивным перестройкам под влиянием возрастной смены рациона, его структуры, и физиологического состояния животного [4,5,10]. Нами установлено, что адаптивные возможности и скорость перестройки сосочков имеют свои возрастные особенности. Соотношение толщины ЭССПСО и ЭГМЗ является константным для каждого исследуемого возрастного периода у крупного рогатого скота черно-пестрой породы, в рубце оно уменьшается в два раза с 81,42% у новорожденных до 46,65 % у взрослых животных, а у лактирующих коров – до 41,69%. Это соотношение определено для широких форм сосочков (цилиндрические, листовидные, полуовальные, грушевидные). Толщина ЭССПСО за исследуемый возрастной период достоверно не увеличилась, а толщина ЭГМЗ возросла в 2,08 раза.

Установлено, что наибольшая пролиферативная активность клеток базального слоя эпителия в рубце отмечается у телят в возрасте до трех суток жизни. Митотический индекс достоверно снижается до восемнадцатимесячного возраста, а затем остается стабильным.

#### Заключение

Проведенные морфологические и морфометрические исследования позволили выявить



**Рис. 5 – Поперечный срез цилиндрического сосочка вентрального мешка рубца.** Вростание соединительной ткани сосочков собственной пластинки слизистой оболочки (а) в базальный эпителиальный слой и формирование глубоких ЭГМЗ (б). Возраст 4 года, самка. Окраска по Ван Гизону. Ув.  $\times 100$ .

следующие закономерности.

Толщина ЭГМЗ достоверно увеличивается с рождения до шестимесячного возраста в 1,64 раза и с восемнадцатимесячного возраста до 3-5 лет на 12 %; толщина ЭССПСО остается стабильной. С возрастом соотношение толщины эпителия над соединительнотканными сосочками собственной пластинки слизистой оболочки к толщине эпителиальных гребней межсосочковых зон уменьшается в два раза.

Толщина поверхностного слоя эпителия сосочков рубца изменяется волнообразно с максимальными значениями этого показателя у новорожденных в возрасте 1 сутки ( $10,01 \pm 0,19$  мкм) и у животных восемнадцатимесячного возраста ( $9,96 \pm 0,57$  мкм).

Высокая пролиферативная активность отмечается в первые сутки после рождения (64,8 %), достоверно снижается с трех до семисуточного возраста (32,7 %), отмечается достоверное снижение этого показателя также в шесть (23,9 %) и восемнадцать месяцев (15,6 %), а затем он остается стабильным.

#### Библиографический список

1. Белобороденко, А. М. Возрастная и сравнительная физиология пищеварения в многокамерном желудке у овец и крупного рогатого скота / А. М. Белобороденко, Т. А. Белобороденко, М. А. Белобороденко. – Тюмень : ГАУСЗ, 2015. – 140 с.
2. Соловьёва, Л. П. Развитие стенки две-

надцатиперстной кишки у лосят на этапе новорожденности / Л. П. Соловьёва, Е. О. Михайлевская, Е. В. Олейникова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2013. – № 3 (28). – С. 93–97.

3. Rumen papillae keratinization, cell glyco-gen and chemical composition of the meat from young bulls fed different levels of concentrate and babassu mesocarp bran / S. S. Barros, R. S. da Cruz, L. M. de Melo Junior, D. P. M. de Souza // Semina: Ciências Agrárias. – 2015. – Vol. 36, № 3. – P. 1671–1684.

4. Morphological response of the ruminal and omasal mucosae to the variation in diet energy / R. F. Lima, J. Ch. Resende Júnior, S. F. Costa [et al.] // Ciênc. Agrotec. Lavras. – 2015. – Vol. 39, № 6. – P. 574–582.

5. Performance, rumen development, and carcass traits of male calves fed starter concentrate with crude glycerin / R. P. Maciel, J. N. M. Neiva, J. Restle [et al.] // Revista Brasileira de Zootecnia. – 2016. – Vol. 45, № 6. – P. 309–318.

6. Induction of subacute ruminal acidosis affects the auminal micro-biome and epithelium / J. C. McCann, S. Luan, F. C. Cardoso [et al.] // Frontiers in Microbiology. – 2016. – Vol. 7. – P. 1–18.

7. Development of ruminal and fecal micro-biomes are affected by weaning but not weaning strategy in dairy calves / S. J. Meale, S. Li, P. Azevedo [et al.] // Frontiers in Microbiology. – 2016. – Vol. 3, № 7. – P. 582.

8. Effects of saccharomyces cerevisiae fermentation products on dairy calves: ruminal fermentation, gastrointestinal morphology, and microbial community / J. X. Xiao, G. M. Alugongo, R. Chung [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2016. – Vol. 99, № 7/1. – P. 5401–5412.

9. The effects of yeast culture products on fattening performance, rumen papilla morphology, some blood and rumen fluid parameters in saanen male kids / F. K. Oğuz, K. E. Buğdaycı, M. N. Oğuz [et al.] // Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi. – 2015. – Vol. 21, N 4. – P. 455–461.

10. Morphological adaptation of rumen papillae during the dry period and early lactation as affected by rate of increase of concentrate allowance / K. Dieho, A. Bannink, I. A. L. Geurts [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2016. – Vol. 99(3). – P. 2339–2352.

11. Особенности строения и топографии камер многокамерного желудка телят чёрно-пёстрой породы / Н. В. Зеленевский, А. В. Прусиков, М. В. Щипакин [и др.] // Иппология и ветеринария. – 2017. – № 2 (24). – С. 34–37.

12. Performance of calves submitted to protocols using extruded or ground starter / A. S. Chaves, S. de Fátima Costa, L. Q. de Melo, M. N. Pereira // Brazilian archives of biology and technology. – 2014. – Vol. 57, № 5. – P. 695–700.

13. Technical note: changes in rumen mucosa thickness measured by transabdominal ultrasound as a noninvasive method to diagnose subacute rumen acidosis in dairy cows / V. Neubauer, E. Humer, I. Kröger [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2018. – Vol. 101, № 3. – P. 2650–2654.

14. Vicenal, J. L. Histology, morphometry and morphology of papillae in the ventral sac of the rumen of neonatal dairy calves (bos taurus linnaeus) fed different types of diets / J. L. Vicenal, C. P. Maala, R. J. T. Ducusin // Philippine Journal of Veterinary Medicine. – 2016. – Vol. 53, № 2. – P. 68–78.

15. Feeding management for early rumen development in calves / K. Govil, D. S. Yadav, A. K. Patil [et al.] // Journal of Entomology and Zoology Studies. – 2017. – Vol. 5, № 3. – P. 1132–1139.

## DYNAMICS OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF CICATRICAL EPITHELIUM IN CATTLE IN POSTNATAL ONTOGENESIS

*Shpygova V. M.*

**FSBEI HE «Stavropol state agrarian university »  
355017 Stavropol, Zootechnicheskyy alley, 12  
e-mail: spygova@yandex.ru**

*Key words: cattle, calves, cicatrical tissue, rumen papillae, ontogenesis, gastric morphology, mucosa*

*The aim of the study was to study the morphological adaptation of the epithelium of rumen papillae under the influence of age-related changes in the type of nutrition. The research was conducted on the material taken from the slaughteries of the Stavropol territory from 60 heads of black-and-white cattle of six age groups: newborns (1, 3, 7 days), 30 days, 3 months, 6 months, 18 months, 3-5 years. Histological and immunohistochemical methods (marker of proliferating cells Ki-67) and morphometric methods were used. It was established that the thickness of epithelial ridges of interstitial zones significantly increases from birth to six months of age by 1.64 times and from eighteen months of age to 3-5 years by 12%. The thickness of the epithelium above the papillae of the mucosal lamina proper remains stable. With age, the ratio of the thickness of the epithelium above connective tissue papillae of the mucosal plate to the thickness of epithelial ridges of the interstitial zones decreases twice: from 81.42% in newborns to 41.69 % in lactating cows 3-5 years old. The thickness of the surface layer of the papillary epithelium of the scar changes in waves with the maximum values of this indicator in newborns at the age of 1 day (10.01±0.19 microns) and in animals of eighteen months of age (9.96±0.57 microns). High proliferative activity of basal epithelial cells is observed in the*

first day after birth (64.8 %), significantly decreases from three to seven days of age (32.7 %), there is a significant decrease in this indicator also at six (23.9 %) and eighteen months (15.6 %), and then it remains stable.

#### Bibliography

1. Beloborodenko, A. M. Age and comparative physiology of digestion in a multicameral stomach in sheep and cattle / A. M. Beloborodenko, T. A. Beloborodenko, M. A. Beloborodenko. – Tyumen : SAUNU, 2015. – 140 p.
2. Solovyeva, L. P. Development of the duodenum wall in moose calves at the newborn stage / L. P. Solovyeva, E. O. Mikhailevskaya, E. V. Oleynikova // Vestnik of NSAU (Novosibirsk state agrarian university). – 2013. – № 3 (28). – P. 93–97.
3. Rumen papillae keratinization, cell glycogen and chemical composition of the meat from young bulls fed different levels of concentrate and babassu mesocarp bran / S. S. Barros, R. S. da Cruz, L. M. de Melo Junior, D. P. M. de Souza // Semina: Ciências Agrárias. – 2015. – Vol. 36, № 3. – P. 1671–1684.
4. Morphological response of the ruminal and omasal mucosae to the variation in diet energy / R. F. Lima, J. Ch. Resende Júnior, S. F. Costa [et al.] // Ciênc. Agrotec. Lavras. – 2015. – Vol. 39, № 6. – P. 574–582.
5. Performance, rumen development, and carcass traits of male calves fed starter concentrate with crude glycerin / R. P. Maciel, J. N. M. Neiva, J. Restle [et al.] // Revista Brasileira de Zootecnia. – 2016. – Vol. 45, № 6. – P. 309–318.
6. Induction of subacute ruminal acidosis affects the auminal micro-biome and epithelium / J. C. McCann, S. Luan, F. C. Cardoso [et al.] // Frontiers in Microbiology. – 2016. – Vol. 7. – P. 1–18.
7. Development of ruminal and fecal microbiomes are affected by weaning but not weaning strategy in dairy calves / S. J. Meale, S. Li, P. Azeve-do [et al.] // Frontiers in Microbiology. – 2016. – Vol. 3, № 7. – P. 582.
8. Effects of saccharomyces cerevisiae fermentation products on dairy calves: ruminal fermentation, gastrointestinal morphology, and microbial community / J. X. Xiao, G. M. Alugongo, R. Chung [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2016. – Vol. 99, № 7/1. – P. 5401–5412.
9. The effects of yeast culture products on fattening performance, rumen papilla morphology, some blood and rumen fluid parameters in saanen male kids / F. K. Oğuz, K. E. Buğdayci, M. N. Oğuz [et al.] // Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi. – 2015. – Vol. 21, N 4. – P. 455–461.
10. Morphological adaptation of rumen papillae during the dry period and early lactation as affected by rate of increase of concentrate allowance / K. Dieho, A. Bannink, I. A. L. Geurts [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2016. – Vol. 99(3). – P. 2339–2352.
11. Features of the structure and topography of cameras of the multi-chamber stomach of black-and-white calves / N. V. Zelenevsky, A. V. Prusakov, M. V. Shipakin [et al.] // Hippology and veterinary medicine. – 2017. – № 2 (24). – P. 34–37.
12. Performance of calves submitted to protocols using extruded or ground starter / A. S. Chaves, S. de Fátima Costa, L. Q. de Melo, M. N. Pereira // Brazilian archives of biology and technology. – 2014. – Vol. 57, № 5. – P. 695–700.
13. Technical note: changes in rumen mucosa thickness measured by transabdominal ultrasound as a noninvasive method to diagnose subacute rumen acidosis in dairy cows / V. Neubauer, E. Humer, I. Kröger [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2018. – Vol. 101, № 3. – P. 2650–2654.
14. Vicenal, J. L. Histology, morphometry and morphology of papillae in the ventral sac of the rumen of neonatal dairy calves (bos taurus linnaeus) fed different types of diets / J. L. Vicenal, C. P. Maala, R. J. T. Ducusin // Philippine Journal of Veterinary Medicine. – 2016. – Vol. 53, № 2. – P. 68–78.
15. Feeding management for early rumen development in calves / K. Govil, D. S. Yadav, A. K. Patil [et al.] // Journal of Entomology and Zoology Studies. – 2017. – Vol. 5, № 3. – P. 1132–1139.