

Научная статья

УДК 616.594.11/.178

doi:10.18499/2225-7357-2022-11-4-20-26

1.5.22 – клеточная биология



Морфофункциональная реорганизация волосяных фолликулов у мышей линии C57BL/6 на разных стадиях развития

О. В. Гусева[✉], Н. В. Башмалух, В. С. Полякова, Т. В. Николаева

Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Россия

Аннотация. Цель исследования – установить временную последовательность структурно-функциональной реорганизации волосяных фолликулов кожи мышей C57BL/6 после индукции анагена.

Материал и методы. Для исследования использованы 30 самцов мышей инбредной линии C57BL/6. Индукция анагена была проведена путем депиляции стержней волос кожи спины. Мыши были выведены из эксперимента на 1-, 5-, 9-, 15-, 19-, 28-е сутки после индукции анагена. Образцы кожи области депиляции фиксировали в забуференном нейтральном формалине и исследовали с помощью методов обзорной микроскопии, морфометрии, иммуногистохимии, статистики.

Результаты. Изучение морфологических изменений с 1-х по 28-е сутки после индукции анагена показало, что в коже происходят циклические изменения толщины дермы, подкожной жировой клетчатки и структуры волосяных фолликулов. На 1-е сутки после индукции анагена наблюдалось синхронное вступление волосяных фолликулов в стадию анагена I: волосяные фолликулы находились полностью в дерме, имели округлый дермальный сосочек, выше которого по направлению к эпидермису располагался пролиферирующий фолликулярный эпителий в виде расширяющейся и удлинняющейся пряди. На 5-е сутки наблюдались морфологические признаки соответствующие стадии анагена III b: луковицы волосяных фолликулов располагались в верхней трети подкожной клетчатки. Дермальные сосочки выглядели рыхлыми и увеличенными в объеме, вокруг их верхнего полюса наблюдалась зона меланогенеза, формирующиеся стержень волоса и внутреннее корневое эпителиальное влагалище. Морфологические изменения на 9-е и 15-е сутки соответствовали стадии анагена VI: из воронок волосяных фолликулов на поверхность эпидермиса выходили кончики стержней пигментированных волос, волосяные луковицы располагались глубоко в подкожной жировой клетчатке, достигали подкожной мышцы. Волосяные фолликулы имели узкий дермальный сосочек, зону меланогенеза, формирующиеся стержни волос имели регулярную пигментацию. Было отмечено выраженное утолщение дермы и подкожной жировой клетчатки. На 19-е сутки волосяные фолликулы находились в фазе катагена VI: наблюдались двухрядные сумкоподобные структуры, формирующие капсулы вторичного зародыша волоса. Они окружали кератинизированные щетковидные депигментированные проксимальные концы стержней волос. Волосяные фолликулы с округлым дермальным сосочком располагались в середине подкожной жировой клетчатки. Дермальные сосочки были отделены от капсулы вторичного зародыша волоса тяжом из фолликулярных кератиноцитов. Проксимальнее дермальных сосочков были видны элементы соединительнотканной сумки. На 28-е сутки, соответствующие стадии телогена, волосяные фолликулы располагались полностью в дерме, имели округлый, плотный дермальный сосочек, который прилежал к зародышевой капсуле. На 19-е и 28-е сутки после индукции анагена было отмечено уменьшение ширины дермы и подкожной жировой клетчатки.

Заключение. Таким образом, в течение цикла волосяного фолликула происходит его стадийное remodelирование и зависимость от этого процесса изменение толщины дермы и подкожной жировой клетчатки. Установлена зависящая временная последовательность структурно-функциональной реорганизации волосяных фолликулов: на 1-е сутки после депиляции волосяные фолликулы были синхронизированы в стадии анагена I, на 5-е сутки – анагена IIIb, на 9-е и 15-е сутки – анагена VI, на 19-е сутки – стадии катагена VI, на 28-е сутки – стадии телогена.

Ключевые слова: волосяной фолликул, дермальный сосочек, мыши C57BL/6, цикл волосяного фолликула, анаген, катаген, телоген

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гусева О.В., Башмалух Н.В., Полякова В.С., Николаева Т.В. Морфофункциональная реорганизация волосяных фолликулов у мышей линии C57BL/6 на разных стадиях развития // Журнал анатомии и гистопатологии. 2022. Т. 11, №4. С. 20–26. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2022-11-4-20-26>

ORIGINAL ARTICLES

Original article

Morphofunctional reorganization of hair follicles in C57BL/6 mice at different stages of developmentO. V. Guseva[✉], N. V. Bashmalukh, V. S. Polyakova, T. V. Nikolaeva
Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia**Abstract.** The aim of the study was to determine the temporal sequence of structural and functional reorganization of hair follicles in the skin of C57BL/6 mice after anagen induction.**Material and methods.** 30 male mice of the C57BL/6 inbred line were used for the study. Anagen induction was carried out by depilation of the hair shafts of the skin of the back. Mice were withdrawn from the experiment on the 1st, 5th, 9th, 15th, 19th, 28th days after anagen induction. Skin samples of the depilation area were fixed in buffered neutral formalin and examined using survey microscopy, morphometry, immunohistochemistry, and statistics.**Results.** The study of the morphological picture from the 1st to the 28th day after anagen induction showed that cyclic changes in the thickness of the dermis, subcutaneous adipose tissue and the structure of hair follicles occur in the skin. On the 1st day after anagen induction the synchronous entry of hair follicles into the anagen stage I was observed: hair follicles were completely in the dermis, had a rounded dermal papilla, above which, towards the epidermis, there was a proliferating follicular epithelium in the form of an expanding and elongating strand. On the 5th day, morphological signs corresponding to the stage of anagen III b were observed: hair follicle bulbs were located in the upper third of the subcutaneous tissue. The dermal papillae looked friable and enlarged, around their upper pole there was a zone of melanogenesis, a hair shaft and an internal root epithelial sheath being formed. The morphological changes on the 9th and 15th days corresponded to the anagen stage VI: the tips of the pigmented hair rods emerged from the funnels of the hair follicles to the surface of the epidermis, the hair follicles were located deep in the subcutaneous fatty tissue, reaching the subcutaneous muscle. The hair follicles had a narrow dermal papilla, a zone of melanogenesis, and the forming hair shafts had regular pigmentation. A pronounced thickening of the dermis and subcutaneous adipose tissue was noted. On the 19th day, the hair follicles were in the catagen VI phase: two-row bag-like structures were observed, forming capsules of the secondary hair germ). They surrounded the keratinized brush-like depigmented proximal ends of the hair shafts. Hair follicles with a rounded dermal papilla were located in the middle of the subcutaneous adipose tissue. The dermal papillae were separated from the capsule of the secondary hair germ by a cord of follicular keratinocytes. Proximal to the dermal papillae, elements of the connective tissue sac were visible. On the 28th day, corresponding to the telogen stage, the hair follicles were located completely in the dermis, had a rounded, dense dermal papilla, which was adjacent to the germinal capsule. On the 19th and 28th days after anagen induction, a decrease in the width of the dermis and subcutaneous fat was noted.**Conclusions.** Thus, during the cycle of the hair follicle, its stage-by-stage remodeling and the change in the thickness of the dermis and subcutaneous fat, dependent on this process, take place. The following time sequence of the structural and functional reorganization of hair follicles was determined: on the 1st day after depilation, the hair follicles were synchronized in the anagen I stage, on the 5th day – anagen IIIb, on the 9th and 15th days – anagen VI, on Day 19 – catagen VI stage, on day 28 – telogen stage.**Key words:** hair follicle, dermal papilla, C57BL/6 mice, hair follicle cycle, anagen, catagen, telogen**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interests.**For citation:** Guseva O.V., Bashmalukh N.V., Polyakova V.S., Nikolaeva T.V. Morphofunctional reorganization of hair follicles in C57BL/6 mice at different stages of development // Journal of Anatomy and Histopathology. 2022. V. 11, №4. P. 20–26. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2022-11-4-20-26>**Введение**

Несмотря на то, что кожа и ее производные детально изучены [1, 2, 5, 7, 8, 9], в научной литературе недостаточно широко освещены вопросы, касающиеся динамики структурно-функциональной перестройки волосяных фолликулов в ходе цикла его развития, сроки возникновения отдельных морфологических структур. Вместе с тем, эти данные важны не только с точки зрения расширения теоретических сведений по данному направлению, но и необходимы для оценки влияния новых фармакологических средств на волосяные фолликулы при состояниях, сопровождающихся нарушением цикла волосяных фолликулов.

Стандартной моделью для исследования волосяных фолликулов является инбредная линия мышей C57BL/6 [7]. Искусственное удаление стержней волосяных фолликулов в

стадии телогена у этих животных приводит к индукции анагена, после чего наблюдаются все три стадии ремоделирования волосяного фолликула. В доступной литературе представлены единичные работы с детальным описанием структуры волосяных фолликулов в отдельные стадии его развития на примере данной линии мышей [7, 10].

Цель исследования – установить временную последовательность структурно-функциональной реорганизации волосяных фолликулов кожи мышей C57BL/6 после индукции анагена.

Материал и методы исследования

В ходе проведенного исследования были использованы 30 самцов мышей инбредной линии C57BL/6 массой тела 17–18 г. Животные были доставлены из питомника «Столбовая» ФГБУН НЦБМТ ФМБА России.

Мыши находились в виварии в стандартных условиях со свободным доступом к пище и воде, с 12-часовым чередованием цикла день/ночь. До начала эксперимента лабораторные животные были на карантине 14 дней и достигли возраста 6–7 недель. В этом возрасте волосяные фолликулы мышей данной линии синхронизированы в стадии телогена. В целях эксперимента была индуцирована стадия анагена. Для этого под эфирным наркозом проводилась депиляция кожи спины мышей коммерческими восковыми полосками, начиная от линии, соединяющей основания лопаток животных. День проведения данной процедуры считался нулевыми сутками эксперимента. Мышей выводили из эксперимента путем декапитации под действием эфирного наркоза на 1-, 5-, 9-, 15-, 19- и 28-е сутки после индукции анагена. Полученные образцы кожи помещали в забуференный 10% нейтральный формалин и фиксировали при комнатной температуре в течение суток. После стандартной гистологической проводки материал заливали в парафиновые блоки. Для получения продольных срезов волосяных фолликулов использовалась методика, предложенная U. Hoffman [10]. Полученные срезы толщиной 5 мкм окрашивали гематоксилином Майера и эозином. Для определения стадии цикла и описания структур волосяных фолликулов использованы данные, приведенные в работе S. Müller-Röver [7], и Международной гистологической номенклатуре (2009) [4]. Морфометрический анализ изображений фрагментов кожи проводился с помощью программного обеспечения ImageJ [6]. Оценка пролиферативной активности кератиноцитов проводилась иммуногистохимическим методом с применением кроличьих моноклональных антител к Ki-67(clone SP6). Ki-67-позитивные клетки определялись в соответствии с протоколом фирмы-производителя (Cell marque, США). Подсчет Ki-67-позитивных клеток и общего количества клеток проводили в 15 полях зрения при увеличении $\times 600$ с последующим расчетом индекса пролиферации, выраженного в процентах [3]. Статистический анализ полученных данных выполнен с применением таблиц Excel и программы Statistica 10.0. Нормальность распределения оценивали с использованием критерия Шапиро–Уилка. Количественные данные представлены в виде средней арифметической и стандартной ошибки средней ($M \pm m$). Для сравнения показателей нескольких независимых групп применяли критерий Краскела–Уоллиса, попарные сравнения проводили с помощью критерия Манна–Уитни. Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

При проведении эксперимента все манипуляции, связанные с животными, выполнялись с соблюдением требований «Европейской конвенции по защите позвоночных жи-

вотных, используемых для экспериментальных и других научных целей» (1985 г.), «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приказ МЗ СССР №755 от 12.08.1977 г.) и «Правил лабораторной практики в Российской Федерации» (Приказ МЗ РФ от 19.06.2003 г. №267).

Результаты и их обсуждение

Исследования фрагментов кожи, полученных в разные сроки после депиляции стержней телогеновых волосяных фолликулов, позволили установить последовательность морфологических изменений с 1-х по 28-е сутки после индукции анагена.

На 1-е сутки после депиляции, наблюдался 2–3-слойный эпидермис, тонкая подкожная жировая клетчатка. Волосяные фолликулы располагались полностью в дерме, имели округлый дермальный сосочек, дистальнее которого была видна расширяющаяся за счет пролиферации кератиноцитов эпителиальная прядь, которая по ширине не превышала диаметр дермального сосочка. Фолликулярные кератиноциты в виде полулуния окружали дермальный сосочек, охватывая лишь его верхний полюс (рис. 1). Данная гистологическая картина соответствовала анагену I.

На 5-е сутки после индукции анагена также отмечался 2–3-слойный эпидермис на всем протяжении. Было отмечено удлинение волосяных фолликулов таким образом, что луковицы волос располагались в верхней трети подкожной клетчатки. Наблюдалось расширение проксимальной части волосяных фолликулов с формированием волосяных луковиц. Дермальные сосочки, в отличие от таковых в стадии анагена I, выглядели рыхлыми и увеличенными в объеме. Диаметр их был шире, чем одна треть диаметра луковицы волоса. Фолликулярные кератиноциты окружали дермальные сосочки волосяных фолликулов примерно на 80% так, что нижний полюс дермальных сосочков оставался свободным. Вокруг верхней части дермальных сосочков наблюдалась зона меланогенеза, выше которой в центральной зоне располагался вновь образующийся стержень волоса, который был окружен в виде конуса кератиноцитами формирующегося внутреннего корневого эпителиального влагалища (рис. 2.) Выявленные морфологические признаки соответствовали стадии анагена IIb.

На 9-е сутки после индукции анагена определялся 3-слойный эпидермис на большем протяжении, из воронок волосяных фолликулов на поверхность эпидермиса выходили кончики стержней пигментированных волос. По сравнению с гистологической картиной предшествующего срока исследования, продолжалось удлинение волосяных фолликулов наряду с утолщением дермы и

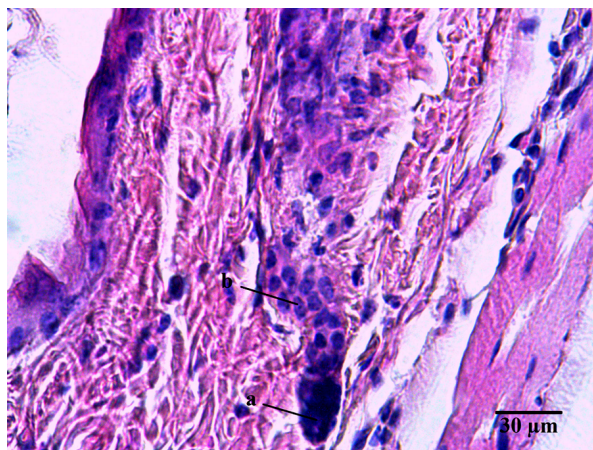


Рис. 1. Фрагмент кожи спины мыши. 1-е сутки после индукции анагена. Обозначения: а – дермальный сосочек, б – эпителиальная прядь из фолликулярных кератиноцитов. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Ув. 600.

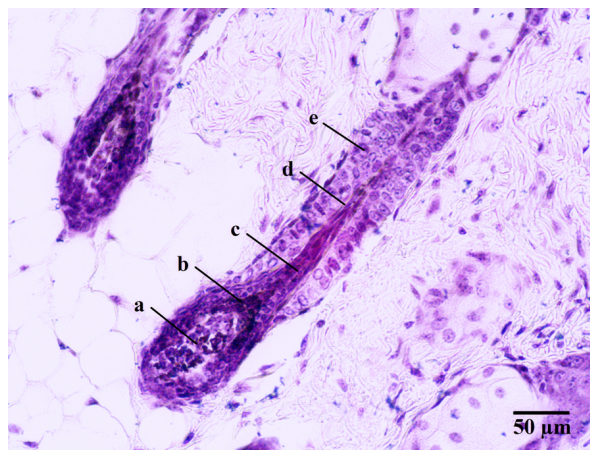


Рис. 2. Фрагмент кожи спины мыши. 5-е сутки после индукции анагена. Обозначения: а – дермальный сосочек, б – зона меланогенеза, с – формирующийся стержень волоса, d – формирующееся внутреннее корневое эпителиальное влагалище, е – наружное корневое эпителиальное влагалище. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Ув. 600.

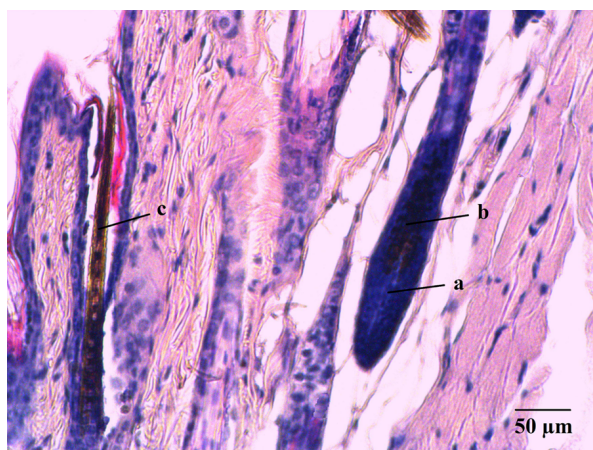


Рис. 3. Фрагмент кожи спины мыши. 9-е сутки после индукции анагена. Обозначения: а – дермальный сосочек, б – зона меланогенеза, с – стержень волоса. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Ув. 300.

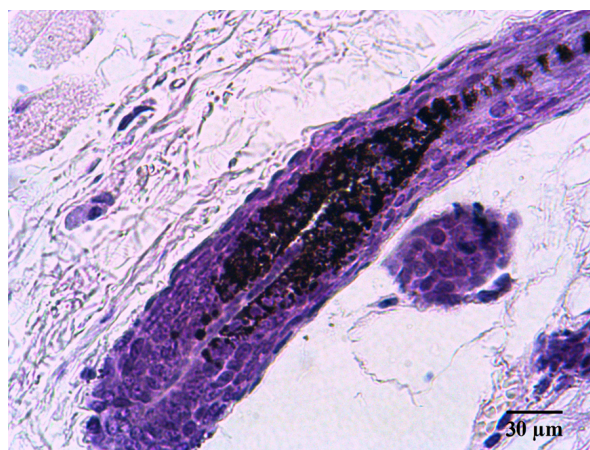


Рис. 4. Фрагмент кожи спины мыши. 9-е сутки после индукции анагена. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Ув. 600.

подкожной жировой клетчатки. Волосные луковицы располагались глубоко и достигали подкожной мышцы (рис. 3). Волосные фолликулы имели узкие дермальные сосочки, которые были полностью окружены фолликулярными кератиноцитами. Зона меланогенеза имела вид перевернутой буквы «Y» (рис. 4). Формирующийся стержень волоса имел регулярно чередующиеся пигментированные и депигментированные участки, при этом стержень волоса располагался в канале волоса, его кончик был виден на поверхности кожного покрова. Описанные морфологические признаки соответствовали стадии анагена VI.

Известно, что стадия анагена знаменуется обширной пролиферацией и дифференцировкой фолликулярных клеточных линий, что делает волосные фолликулы в этой стадии чрезвычайно восприимчивыми к различным экзогенным и эндогенным воздействиям [8]. Индекс пролиферации, рассчитанный на

9-е сутки после индукции анагена, был равен $11,2 \pm 0,28\%$ (рис. 5).

На 15-е сутки после депиляции выявленные структурные признаки волосных фолликулов свидетельствовали о продолжающейся стадии анагена VI, что подтверждает известный факт о том, что стадия анагена VI – самая продолжительная.

Морфологическая картина, наблюдаемая на 19-е сутки после индукции анагена, свидетельствовала о вступлении волосных фолликулов в стадию катагена, что соответствует данным, приведенным S. Müller-Röver et al. [7]. Отмечалось существенное remodelирование структуры волосных фолликулов, заключающееся в формировании двухрядной сумкоподобной структуры, капсулы вторичного зародыша волоса, из наружного корневого эпителиального влагалища. Эта структура окружала кератинизированные щетковидные проксимальные концы стержней волос.

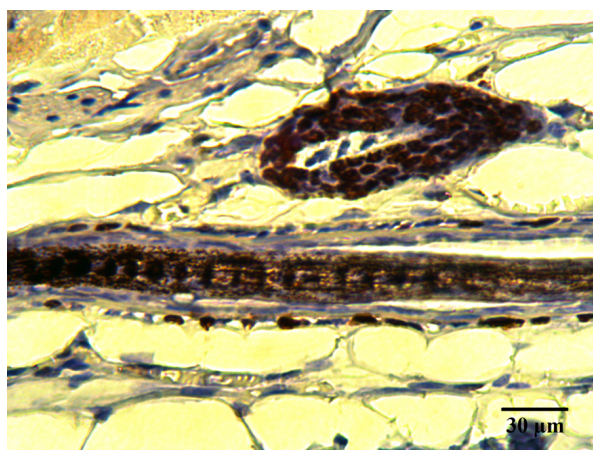


Рис. 5. Фрагмент кожи спины мыши. 9-е сутки после индукции анагена. Экспрессия ядерного белка Ki-67 в кератиноцитах луковицы и наружного корневого эпителиального влагалища. Иммуногистохимическая реакция с применением моноклональных антител к белку Ki-67 (clone SP6). Ув. 600.

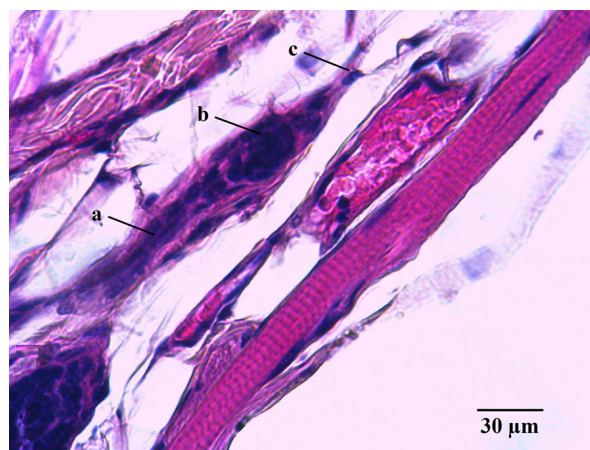


Рис. 6. Фрагмент кожи спины мыши. 19-е сутки после индукции анагена. Обозначения: а – тяж фолликулярных кератиноцитов и элементов соединительнотканной сумки, b – дермальный сосочек, с – элементы соединительнотканной сумки в виде «хвоста». Окраска гематоксилином Майера и эозином. Ув. 600.

Таблица 1

Толщина дермы и подкожной жировой клетчатки в ходе цикла волосяного фолликула ($M \pm m$)

Сутки после индукции анагена	Толщина, мкм			Соотношение толщины дермы и толщины подкожной жировой клетчатки
	Дерма	Подкожная жировая клетчатка	Общая толщина дермы и подкожной жировой клетчатки	
1-е сутки	139,1±2,9	44,03±2,0	183,12±2,94	3,26±0,23
5-е сутки	130,9±7,1	53,03±3,08*	183,97±7,93	2,5±0,21*
9-е сутки	225,5±4,6**	145,36±5,09**	370,87±6,31**	1,59±0,07**
15-е сутки	333,7±13,8**	319,06±27,3**	652,74±32,99**	1,11±0,08**
19-е сутки	295,4±10,4*	111,38±6,3**	406,76±11,9**	2,74±0,18**
28-е сутки	200,9±10,2**	66,76±5,87**	267,69±14,12**	3,16±0,25

Примечание: в таблице представлены различия по сравнению с предшествующим показателем; * – различия соответствуют уровню значимости $p < 0,05$; ** – различия соответствуют уровню значимости $p < 0,001$.

Последние при этом были депигментированными, что свидетельствовало об остановке меланогенеза. Дермальные сосочки приобрели округлую форму, выглядели уплотненными. Между капсулой вторичного зародыша волоса и дермальным сосочком был виден тяж из фолликулярных кератиноцитов и элементов соединительнотканной сумки. Длина последнего более чем в 3 раза превышала диаметр дермального сосочка. В целом наблюдалось как уменьшение толщины дермы и подкожной клетчатки, так и укорочение волосяных фолликулов. Последнее приводило к перемещению дермальных сосочков в среднюю часть подкожной жировой клетчатки. Проксимальнее дермальных сосочков были видны остатки соединительнотканной сумки волосяного фолликула в виде «хвоста» (рис. 6, 7). Описанная гистологическая характеристика соответствовала тому, что на 19-е сутки после индукции анагена волосяные фолликулы синхронизировались в стадии катагена VI.

На 28-е сутки после депиляции продолжалось remodelирование дермы, подкожной жировой клетчатки и структуры волося-

ных фолликулов. Волосяные фолликулы полностью располагались в дерме (рис. 8). По сравнению с ранее описанной гистологической картиной стадии катагена VI, отмечается укорочение длины волосяных фолликулов. Тяжи из фолликулярных кератиноцитов волосяных фолликулов полностью редуцировались, что привело к непосредственному прилеганию округлых плотных дермальных сосочков непосредственно к капсулам вторичных зародышей волоса. Последние окружали щетковидные полностью кератинизированные проксимальные сегменты стержней волос, которые были полностью депигментированы. Выявленные признаки соответствовали стадии телогена.

Как описывалось выше, в ходе цикла фолликула волоса происходит структурная перестройка не только волосяных фолликулов, но также дермы и подкожной жировой клетчатки. Доказательством этих наблюдений явились данные проведенной морфометрии (табл. 1).

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что максимальной толщины дерма



Рис. 7. Фрагмент кожи спины мыши. 19-е сутки после индукции анагена. Обозначения: а – тяж фолликулярных кератиноцитов и элементов соединительнотканной сумки, b – капсула вторичного зародыша волоса, с – щетковидный проксимальный конец стержня волоса. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Ув.600.

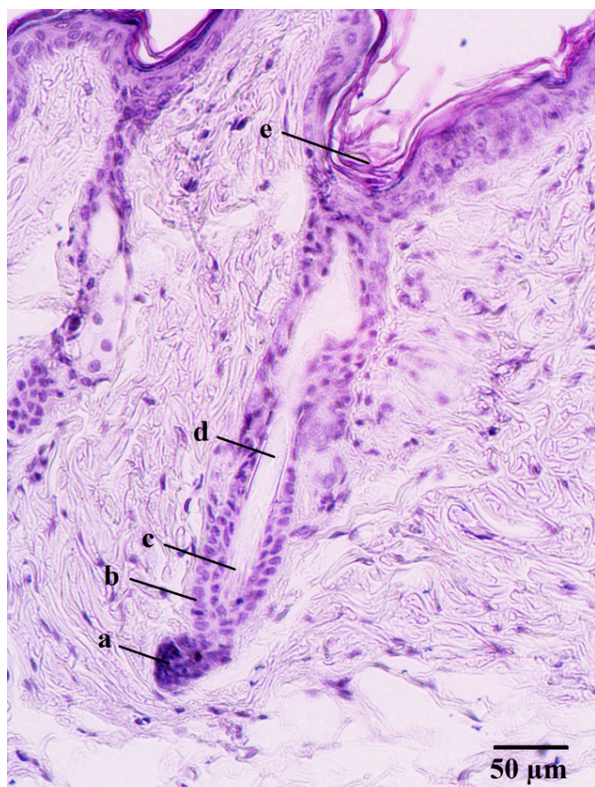


Рис. 8. Фрагмент кожи спины мыши. 28-е сутки после индукции анагена. Обозначения: а – дермальный сосочек, b – капсула вторичного зародыша волоса, с – щетковидный проксимальный конец стержня волоса, d – депигментированный стержень волоса, e – волосная воронка. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Ув. 300.

и подкожная жировая клетчатка достигают в ходе анагена VI. В указанный период происходит их прогрессирующее утолщение. Так, толщина дермы по сравнению с таковой на 1-е сутки после депиляции к 9-м суткам увеличивается в 1,6 раза, а к 15-м суткам – в 2,4 раза. Еще большими изменениями толщины характеризуется подкожная жировая клетчатка. На 9-е сутки после депиляции ее толщина увели-

чивается более чем в 3 раза, а к 15-м суткам – более чем в 7 раз по сравнению с толщиной подкожной жировой клетчатки в 1-е сутки после индукции анагена. Таким образом, максимальная толщина кожи регистрируется на 15-е сутки после индукции анагена. Трансформация волосяных фолликулов в стадию катагена, а затем стадию телогена сопровождается прогрессирующим уменьшением толщины дермы и подкожной клетчатки. К 28-м суткам после депиляции толщина указанных структур сокращается в 1,6 раза и в 4,8 раза по сравнению с толщиной дермы и подкожной клетчатки на 15-е сутки после индукции анагена. Полученные данные, касающиеся срока достижения максимальной толщины кожи в ходе цикла волосяного фолликула, противоречат сведениям, приведенным в работе S. Müller-Röver et al. [7]. В последней сообщается, что у мышей линии C57BL/6 наибольшая толщина кожи определяется на 9-е сутки после индукции анагена. Установленные различия могут объясняться генетическими отличиями используемых линий мышей, полом, а также различиями в условиях содержания и питания животных в работе S. Müller-Röver et al. [7]. Эти различия могут иметь значение при оценке результатов экспериментальных исследований по определению влияния новых фармакологических средств на кожу и ее производные.

Заключение

Таким образом, в течение цикла волосяного фолликула происходит стадийное remodelирование дермы, подкожной жировой клетчатки и волосяных фолликулов. Вступление в анаген I знаменует расширение и удлинением эпителиальной части волосяного фолликула и постепенным продвижением его в ходе анагена в проксимальном направлении, с достижением максимальной длины в стадию анагена VI. Видоизменения дермального сосочка – из округлой компактной структуры, лишь в верхнем полюсе, соприкасающемся с кератиноцитами матрикса в стадию анагена I, он, проходя все стадии анагена, становится узким, веретеновидным, полностью окруженным кератиноцитами в стадию анагена VI. Регрессия волосяного фолликула в фазе катагена приводит к уменьшению его длины, перемещению дермального сосочка в дистальном направлении, превращением его в округлую компактную структуру, полностью отделенную от эпителиальной части волосяного фолликула. Функциональные изменения касаются, прежде всего, цикличности меланогенеза, который становится заметным в стадию анагена III, достигает максимального развития в стадию анагена VI и полностью прекращается с наступлением фазы катагена, что объясняет депигментацию проксимального конца стержня волоса.

Список источников / References

1. Воротеляк Е.А. Регенеративный потенциал волосного фолликула. Обзор научных исследований. Пластическая хирургия и косметология. 2010;1:118–23 [Vorotelyak EA. Hair Follicle Restorative Capacity. Review of Scientific Studies. Plasticheskaya khirurgiya i kosmetologiya. 2010;1:118–23] (in Russian). EDN: NRTKCH
2. Карымов О.Н., Калашникова С.А., Соловьева И.О., Полякова Л.В. Гистотопографические особенности строения кожи лица. Журнал анатомии и гистопатологии. 2017;6(1):29–32 [Karymov ON, Kalashnikova SA, Solov'yeva IO, Polyakova LV. Histotopographic Features of Facial Skin Structure. Journal of Anatomy and Histopathology. 2017;6(1):29–32] (in Russian). EDN: YHCSAD
3. Руководство по иммуногистохимической диагностике опухолей человека : монография / Петров С.В. [и др.] ; Под ред. С.В. Петрова, Н.Т. Райхлина. 3-е изд., доп. и перераб. Казань: Титул; 2004 [Rukovodstvo po immunogistokhimicheskoi diagnostike opukholei cheloveka : monografiya / Petrov SV. [i dr.]; Pod red. SV Petrova, NT Raikhlina. 3-e izd., dop. i pererab. Kazan': Titul; 2004] (in Russian). EDN: QLFJJJ
4. Terminalogia Histologica. Международные термины по цитологии и гистологии человека с официальным списком русских эквивалентов. Справочное пособие. 2009 [Terminalogia Histologica. Mezhdunarodnye terminy po tsitologii i gistologii cheloveka s ofitsial'nyim spiskom russkikh ekvivalentov. Spravochnoe posobie. 2009] (in Russian).
5. Chen C-L, Huang W-Y, Wang EHC, Tai K-Y, Lin S-J. Functional complexity of hair follicle stem cell niche and therapeutic targeting of niche dysfunction for hair regeneration. Journal of Biomedical Science. 2020 Mar 14;27(1):43. doi: 10.1186/s12929-020-0624-8
6. Collins TJ. ImageJ for microscopy. BioTechniques. 2007 Jul;43(1S):S25–30. doi: 10.2144/000112517
7. Müller-Röver S, Handjiski B, van der Veen C, Eichmüller S, Foitzik K, McKay IA, et al. A comprehensive guide for the accurate classification of murine hair follicles in distinct hair cycle stages. The Journal of investigative dermatology [Internet]. 2001;117(1):3–15. doi: 10.1046/j.0022-202x.2001.01377.x
8. Paus R. Therapeutic strategies for treating hair loss. Drug Discovery Today: Therapeutic Strategies. 2006 Mar;3(1):101–10. doi: 10.1016/j.ddstr.2006.03.004
9. Plikus MV, Chuong C-M. Macroenvironmental Regulation of Hair Cycling and Collective Regenerative Behavior. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine. 2014 Jan 1;4(1):a015198–8. doi: 10.1101/cshperspect.a015198
10. van der Veen C, Handjiski B, Paus R, Müller-Röver S, Maurer M, Eichmüller S, et al. A Comprehensive Guide for the Recognition and Classification of Distinct Stages of Hair Follicle Morphogenesis. Journal of Investigative Dermatology. 1999 Oct;113(4):523–32. doi: 10.1046/j.1523-1747.1999.00740.x

Информация об авторах

✉ Гусева Оксана Владимировна – ассистент кафедры дерматовенерологии Оренбургского государственного медицинского университета; ул. Советская, 6, Оренбург, 460000, Россия; oksana_56reg1994@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7044-561X>
 Башмалух Надежда Владимировна – ассистент; bashmaluh85@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9195-8809>
 Полякова Валентина Сергеевна – д-р мед. наук, профессор; k_patanat@orgma.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4100-3630>
 Николаева Татьяна Владимировна – д-р мед. наук, профессор; orenderma@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2514-6332>

Information about the authors

✉ Oksana V. Guseva – teaching assistant of dermatovenereology department of Orenburg State Medical University; ul. Sovetskaya, 6, Orenburg, 460000, Russia; oksana_56reg1994@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7044-561X>
 Nadezhda V. Bashmalukh – teaching assistant; bashmaluh85@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9195-8809>
 Valentina S. Polyakova – Doct. Med. Sci., Prof.; k_patanat@orgma.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4100-3630>
 Tat'yana V. Nikolaeva – Doct. Med. Sci., Prof.; orenderma@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2514-6332>

Статья поступила в редакцию 18.07.2022; одобрена после рецензирования 5.09.2022; принята к публикации 26.12.2022.
 The article was submitted 18.07.2022; approved after reviewing 5.09.2022; accepted for publication 26.12.2022.