

*Ю.А. Фомченко*

## **Строение компонентов волосяного фолликула человека**

*Витебский государственный медицинский университет*

Описаны морфология кожи волосистой части головы в условиях нормы. Особое внимание уделяется гистофизиологии волосяного фолликула и его микроокружения. Подробно описывается гистологическое строение волосяной луковицы, корневых эпителиальных влагалищ, волосяной сумки, волосяного сосочка, соединительной ткани дермы, сосудистой и нервной сети волосяного фолликула. Впервые описана «подушка» волосяного сосочка.

Ключевые слова: волосяной фолликул, волосяной сосочек, эпидермис, дерма. Волосяной фолликул является уникальным органом системы кожных покровов, который играет важнейшую роль в процессе роста волос и его нарушений. Однако работ, посвященных изучению гистофизиологии волосяных фолликулов, особенно в свете современных данных, явно недостаточно. Особенно следует подчеркнуть практически полное отсутствие работ описательного характера, составляющих основу классической гистологии. Волосяной фолликул как важный орган системы кожных покровов характеризуется уникальными свойствами, в том числе и микроокружением. Он находится в тесном взаимодействии как с клеточными, так и неклеточными структурами эпидермиса и дермы. Нарушение этого взаимодействия может лежать в основе патогенеза ряда заболеваний волос. В научной литературе отсутствует детальное описание этого микроокружения. В связи с этим целью данного исследования было изучить гистофизиологию волосяного фолликула и его микроокружения в условиях нормы.

Материал и методы

Строение волосяных фолликулов изучали на материале, полученном от 15 трупов людей обоего пола в возрасте от 18 до 50 лет, вскрытых в морге Управления Государственной службы медицинских судебных экспертиз, а также 10 пациентов, оперированных в нейрохирургическом отделении Витебской областной клинической больницы. Парафиновые срезы кожи волосистой части головы окрашивали комплексом гистологических методов. Волосяной фолликул. Установлено, что в коже волосистой части головы человека волосяная луковица имеет форму митры, расположенной на волосяном сосочке. По бокам от сосочка луковица формирует два рога, которые расширяются, а затем по направлению книзу истончаются, заостряются и несколько загибаются кнутри, в направлении волосяного сосочка. В результате формируется вместилище для сосочка. Через вход в него сосочек связан с парапапиллярной соединительной тканью. Клетки, формирующие волосяную луковицу, имеют различное строение в зависимости от топографии в луковице. Лежащие непосредственно на базальной мембране клетки имеют небольшие размеры, вытянутую в вертикальном направлении форму, небольшой объем базофильной

цитоплазмы и темноокрашенное ядро с преобладанием гетерохроматина. В некоторых ядрах обнаруживается ядрышко. По мере удаления от базальной мембраны клетки становятся более крупными, их ядра увеличиваются в размерах, а плотность гетерохроматина снижается. В связи с этим ядра становятся более светлыми, в них отчетливо различимы ядрышки. Еще более кнаружи от базальной мембраны изменяется форма клеток: они становятся вытянутыми в направлении, параллельном базальной мембране. В рогах луковицы, примерно на уровне, соответствующем середине высоты волосяного сосочка, в цитоплазме клеток, которые расположены кнутри от наружного эпителиального влагалища, начинают формироваться оксифильные гранулы, количество которых постепенно нарастает по направлению к поверхности кожи. Эти клетки формируют внутреннее корневое влагалище. Те клетки волосяной луковицы, которые располагаются непосредственно над центром волосяного сосочка, в последующем формируют мозговое вещество волоса. В то же время клетки, располагающиеся от них снаружи, превращаются в трихоциты коркового вещества. В клетках обоих видов постепенно исчезают ядра.

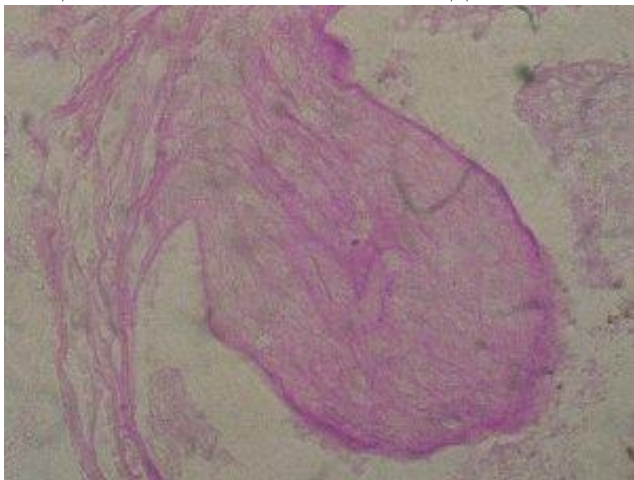


Рис. 1. Фуксинофильная базальная мембрана матрицы волосяного фолликула. В правом нижнем углу волокна «подушки». ШИК-Хейл (метод Риттера-Олессона). Увел. 400.

Наиболее расширенная часть волосяной луковицы находится примерно на середине длины волосяного сосочка. Ниже этого уровня лежит матрица волоса, содержащая стволовые клетки. Здесь обнаруживаются митотически делящиеся клетки. Подсчет их количества показал, что в среднем на 100 клеток матрицы приходится 1,21 митотически делящиеся клетки, т.е. митотический индекс составляет 1,21%. Помимо митотически делящихся клеток, в матрице обнаруживаются клетки в состоянии апоптоза. Их содержание составляет в среднем 2,56%. Следовательно, два процесса – митоз и апоптоз – в волосяной матрице не уравновешены. Это может быть связано с тем, что не все клетки, находящиеся в митотическом цикле, могут быть обнаружены визуально.

Волосая луковица снаружи окружена тонкой умеренно фуксинофильной базальной мембраной, которая при переходе в околососочковую зону становится резко фуксинофильной.

Волосной сосочек возникает из участка подлежащей соединительной ткани сетчатого слоя дермы, который назван нами “подушкой”. В состав “подушки“ входят 1-2 профиля капилляров, а также скопление клеток со светлыми ядрами округлой формы. По морфологии данные клетки соответствуют юным фибробластам. Зрелые коллагеновые волокна внутри “подушки” не выявляются. При окраске по Ван-Гизону и Риттеру-Олессону обнаруживаются тонкие коллагеновые волокна, дающие умеренную фуксинофилию. С обеих сторон “подушка” окружена зрелыми коллагеновыми волокнами, продолжающимися из волосной сумки, и 1-3 рядами вытянутых веретеновидных клеток с гипербазофильными ядрами, которые соответствуют фиброцитам. Некоторое количество фиброцитов отделяется от основной их массы и проникает в “подушку”.

По направлению к отверстию, ведущему в полость волосного сосочка, клетки “подушки” постепенно принимают вертикальное положение и вытянутую форму ядер. Структура ядра и отсутствие окрашивания цитоплазмы сохраняются. Эти клетки по морфологии соответствуют зрелым фибробластам. Таким образом, “подушку” можно считать источником образования фибробластов сосочка. Кроме того, из нее в сосочек проникают кровеносные капилляры.

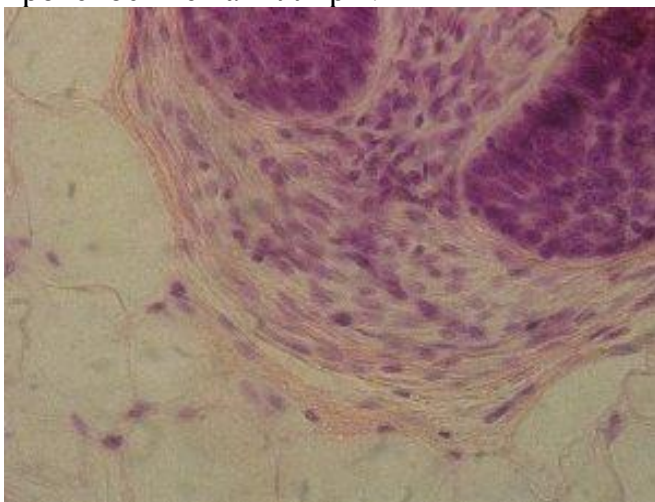


Рис. 2. Строение «подушки». Гематоксилин и эозин. Увел.: А – 400, Б-900.

Волосной сосочек по форме напоминает пламя свечи. Основную его массу составляют клетки. Кроме них, в состав сосочка входит незначительное количество межклеточного вещества и 1-2 профиля гемакапилляров. Большую часть клеток сосочка (61%) составляют клетки с морфологией зрелых фибробластов, 11% приходится на клетки с крупными ядрами округлой формы с морфологией юных фибробластов и 17% – на фиброциты. Межклеточное вещество состоит из тонких фуксинофильных коллагеновых волокон и слабоокрашенного основного вещества.

Внутреннее корневое влагалище формируется в боковых рогах волосяной луковицы на уровне половины высоты волосяного сосочка или несколько выше из одного ряда клеток, расположенных на расстоянии 2-3 клеточных рядов матрицы от базальной мембраны с внутренней стороны. Снаружи от данных клеток лежат клетки наружного корневого влагалища. Вначале клетки-предшественники внутреннего корневого влагалища формируют только 1 вертикальный столбик клеток. В самых нижних клетках появляются единичные оксифильные гранулы, по которым их и можно определить. Затем по направлению к поверхности кожи количество клеточных столбиков возрастает до 2, далее – до 3, одновременно в них нарастает количество оксифильных трихогиалиновых гранул, которые полностью маскируют внутреннее содержимое клеток. Через определенный интервал достаточно резко исчезают клетки, содержащие оксифильные гранулы и появляются 3 характерных слоя внутреннего корневого влагалища: бледный слой Генле, гранулосодержащий слой Гексли и кутикула внутреннего влагалища. Эти слои содержат только фрагменты ядер или не содержат их. Они на уровне протоков сальных желез сливаются в тонкую бесклеточную полосу, которая быстро истончается и бесследно исчезает. Клетки внутреннего корневого влагалища не содержат гликогена.

Наружное корневое влагалище начинается на самом нижнем конце волосяной луковицы. Здесь составляющие его клетки не имеют морфологических отличий от расположенных внутри от них других клеток луковицы. По мере продвижения в вертикальном направлении появляются четкие морфологические отличия клеток наружного и внутреннего корневых влагалищ. Эти отличия связаны с отсутствием в цитоплазме клеток наружного корневого влагалища трихогиалиновых гранул. Вначале наружное влагалище сформировано 1-2 рядами клеток, затем количество рядов возрастает и в наиболее утолщенных участках составляет 9-11. Самые наружные базальные клетки имеют кубическую форму, темноокрашенное ядро и небольшой объем цитоплазмы. В некоторых случаях наблюдается дислокация ядер базальных клеток в апикальные полюсы. Внутри от базальных клеток лежат клетки с округлыми крупными светлыми ядрами. Среди них достаточно часто обнаруживаются клетки в состоянии апоптоза. Подсчет апоптозных клеток показал, что их количество составляет 6,7% от всех клеток наружного корневого влагалища.

На уровне прикрепления к соединительнотканной сумке волосяного фолликула мышцы, поднимающей волос, наружное волосяное влагалище формирует припухлость. Базальные клетки здесь имеют высокопризматическую форму, гипербазофильные ядра и скудную слабобазофильную цитоплазму. Расположенные внутри от них клетки имеют овальные крупные светлые ядра с ядрышками, которые часто лежат эксцентрично, вблизи кариолеммы. Митотически делящиеся клетки в области припухлости, равно как и на остальном протяжении наружного корневого влагалища, не обнаружены. Еще одной особенностью припухлости является то, что полностью отсутствуют и апоптозные клетки.

Выше уровня припухлости самые внутренние клетки наружного волосяного влагалища начинают апоптотически изменяться. Их апикальные участки представляют собой бесструктурную массу. На уровне волосяной воронки в клетках появляются зерна кератогиалина, число которых нарастает. Формируется подобие зернистого слоя эпидермиса. Еще ближе к поверхности кожи над этим слоем начинает формироваться плотный оксифильный роговой слой, в котором отдельные роговые чешуйки еще плохо различимы. Он расширяется в вертикальном направлении и недалеко от поверхности кожи кнутри от этой оксифильной зоны рогового слоя появляется роговой слой, состоящий из отчетливо различимых ячеистых роговых чешуек, которые формируют вокруг волоса конус, суживающийся книзу и как бы запирающий вход в волосяную воронку. Роговой слой волосяной воронки продолжается в роговой слой межфолликулярного эпидермиса.

Межфолликулярный эпидермис. Межфолликулярный эпидермис имеет обычное строение. Он в этом регионе кожного покрова является достаточно толстым и в среднем состоит из базального слоя, 6-7 клеточных рядов шиповатого слоя, 1-2 рядов зернистого слоя и отчетливо выраженного рогового слоя, в котором насчитывается до 3 рядов корнеоцитов. В эпидермисе обнаруживаются апоптозные клетки. В базальном слое их доля составляет в среднем 4%, а в шиповатом слое – около 12%. В шиповатом слое апоптозно измененные клетки локализуются в основном в верхних его рядах. Апоптоз в базальном слое предназначен для регуляции тканевого гомеостаза эпидермиса, тогда как апоптоз клеток верхних рядов помимо это является отражением терминальной дифференцировки кератиноцитов. Кератиноциты нормального межфолликулярного эпидермиса дают отрицательную реакцию на гликоген.

Волосяная сумка. Волосяная сумка (наружное дермальное влагалище) окружает волосяной фолликул снаружи, отделяя его от других компонентов дермы и гиподермы. В свою очередь, волосяная сумка базальной мембраной (стекловидной пластинкой) отделена от наружного корневого влагалища. Стекловидная пластинка в отличие от базальных мембран потовых и сальных желез, а также кровеносных сосудов обладает наименьшей фуксинофилией. Лишь при переходе ее в полость волосяного сосочка она становится резко фуксинофильной.

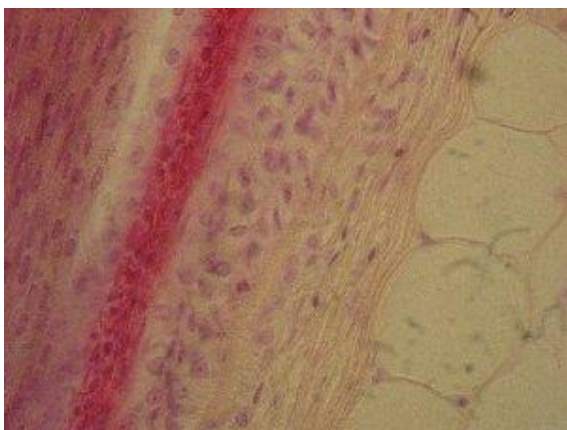


Рис. 3. Волосяная сумка. Гематоксилин и эозин, Увел. 200.

Волосяная сумка образована двумя слоями коллагеновых волокон: внутренним циркулярным и наружным продольным. Внутренний слой сумки более толстый, чем наружный. Он образован тонкими коллагеновыми волокнами. В состав наружного слоя, помимо того, входят и тонкие эластические волокна. В области нижнего края волосяной луковицы наружный слой разделяется на два листка, которые снаружи и внутри охватывают “подушку”. В нижней части фолликула волосяная сумка наиболее толстая. В вертикальном направлении волосяная сумка постепенно истончается и на уровне впадения в волосяную воронку протока сальной железы полностью исчезает. Коллагеновые волокна волосяной сумки дают умеренно выраженную фуксинофилию при окраске по Риттеру-Олессону.

В составе как внутреннего, так и наружного слоев волосяной сумки определяются следующие разновидности клеток: фиброциты, фибробласты, единичные лимфоциты и макрофаги.

Жировая ткань и соединительная ткань дермы. Жировая ткань окружает волосяной фолликул в среднем на половине его длины. В области волосяной луковицы она формирует небольшие дольки, разделенные прослойками плотной волокнистой неоформленной соединительной ткани, иногда приобретающей черты оформленной. Дольки образованы белыми адипоцитами, среди которых обнаруживаются небольшой величины клеточные островки, представленные фибробластами, лимфоцитами и единичными макрофагами.

По направлению к сетчатому слою дермы жировая ткань теряет дольчатое строение. Она здесь построена из нескольких (4-5) рядов адипоцитов, количество которых постепенно уменьшается, и тогда обнаруживаются небольшие скопления из адипоцитов, которые постепенно исчезают при переходе к сетчатому слою дермы. Снаружи от волосяной сумки на уровне сетчатого слоя дермы волосяной фолликул окружен толстыми срезанными преимущественно поперечно коллагеновыми волокнами, дающими выраженную фуксинофилию при окраске по Ван-Гизону. Однако непосредственный контакт волосяной сумки с коллагеновыми волокнами дермы осуществляется только на незначительных участках. На большем протяжении фолликула между волосяной сумкой и коллагеновыми

волокнами дермы находятся либо кровеносные сосуды, идущие вертикально и параллельно фолликулу (артериолы, вены), либо жировая ткань, которая тонкими полосками проникает в сетчатый слой. Между коллагеновыми волокнами сетчатого слоя дермы находятся скудное основное вещество и клетки типа фиброцитов. Обнаруживаются также единичные лимфоциты, макрофаги и тучные клетки.

Эластические волокна формируют вокруг волосяного фолликула нежное сплетение. Это сплетение находится на уровне волосяной сумки. В него вплетаются компоненты эластических волокон, входящих в состав базальной мембраны волосяного фолликула. Последняя имеет неравномерный ход: она местами истончается до почти полного исчезновения, местами же, наоборот, значительно утолщается.

В жировой ткани, окружающей волосяной фолликул, обнаруживаются тонкие эластические волокна, которые связаны друг с другом и часто формируют крупнопетлистую сеть. В сетчатом слое дермы эластические волокна формируют трехмерную сеть, компоненты которой срезаны продольно, поперечно и косо. Входящие в состав этой сети эластические волокна лежат между толстыми коллагеновыми волокнами или на их поверхности. В отдельных случаях обнаруживаются сгущения эластических волокон. Иногда наблюдаются достаточно сложные структуры, напоминающие спирали, а также кустикообразные или лентовидные образования. Эластические волокна сетчатого слоя переходят в более нежные, но похожие по организации эластические волокна сосочкового слоя, которые, в свою очередь, вплетаются в базальную мембрану межфолликулярного эпидермиса. Последняя, также не сплошная, а расслаивающаяся и иногда истончающаяся до прерывистости.

Вокруг концевых отделов и выводных протоков потовых и сальных желез из эластических волокон также формируются компоненты базальной мембраны. С ней связаны сплетения эластических волокон, окружающие эти железы.

Вокруг кровеносных сосудов разной величины, окружающих волосяные фолликулы, эластические структуры входят в состав базальных мембран. Они при помощи тонких волокон связаны со сплетением эластических волокон вокруг фолликулов. Имеются тонкие эластические волокна и вокруг мышцы, поднимающей волосы.

Таким образом, в интактной коже формируется единый эластический каркас, который, в свою очередь, связан с базальными мембранами эпителиальных образований (волосяных фолликулов, сальных и потовых желез) и сосудов.

Тучные клетки интенсивно окрашиваются по методу Риттера-Олессона, а также выявляются серебрением по методу Гримелиуса. Они располагаются на разных уровнях фолликула в непосредственной близости от него в гиподерме и в дерме. Эти клетки лежат как поодиночке, так и небольшими группами по 2-3 клетки в каждой группе. Они проникают также и в волосяную сумку. Многие клетки находятся в состоянии дегрануляции. При подсчете количества фуксин-позитивных тучных клеток установлено, что в непосредственной близости от волосяного фолликула и в составе его

соединительнотканной сумки находится 85, 4 кл/мм<sup>2</sup>, из которых в состоянии дегрануляции пребывают 15,9% клеток. В межфолликулярной дерме количество тучных клеток составляет 99,8 кл/мм<sup>2</sup>, причем дегранулируют 23,7%. Гримелиус-позитивные тучные клетки более многочисленны: в дерме, окружающей волосяные фолликулы, плотность данных клеток составляла 280,7 кл/мм<sup>2</sup>. Из них 18,3% клеток находилось в состоянии дегрануляции. В межфолликулярной дерме количество гримелиус-положительных тучных клеток составляло 219,1 кл/мм<sup>2</sup>. В состоянии дегрануляции находилось 25,4% клеток.

Сосудистая система волосяного фолликула. Волосяные фолликулы снабжаются кровью из разных сосудистых сетей. Самые глубокие их отделы получают кровь из артерий подкожного сосудистого сплетения. Часть сосудов этой сети направляется к жировым долькам и нижним отделам волосяных фолликулов, распадаясь до артериол и капилляров. Капилляры входят и в волосяной сосочек. Другая часть артерий поднимается вверх, тесно примыкая к волосяным фолликулам, дает артериолы и образующиеся из них капилляры и на уровне потовых желез формирует вторую, дермальную сеть. От нее формируются артериолы и капилляры, дающие средним и наружным отделам фолликула. Самые наружные отделы его кровоснабжаются из сосудов подсосочковой артериолярной сети. Вены, также как и артериолы, на большом протяжении идут вдоль фолликула.

Нервы волосяного фолликула. Нервы сопровождают волосяной фолликул на всем его протяжении. К наиболее глубоко расположенной волосяной луковице подходят нервы из нервного сплетения подкожно-жировой клетчатки (гиподермы). Они иногда располагаются в непосредственной близости от этой части волосяного фолликула. К расположенным в сетчатом слое дермы частям волосяного фолликула направляются нервы из дермального сплетения, лежащего в нижних отделах сетчатого слоя. Наконец, поверхностные отделы фолликулов снабжаются нервами из подсосочкового нервного сплетения. Нервы волосяных фолликулов образованы как миелиновыми, так и безмиелиновыми нервными волокнами и являются чувствительными. Они отвечают за тактильную чувствительность фолликула, весьма тонкого органа осязания. Нервные стволы обычно идут в составе сосудисто-нервного пучка, включающего нерв, артериолу и венулу. Вместе с тем, обнаруживаются и изолированные нервные стволы. Все нервы волосяных фолликулов представляют собой небольшие образования, состоящие из нескольких (до 10) нервных волокон, между которым обнаруживаются тонкие прослойки эндоневрия. Периневрий как таковой не определяется. Снаружи нерв окружен тонким эпиневрием.

Таким образом, мы видим сложно функционирующую систему, которая включает в себя как элементы самого волосяного фолликула, так и его микроокружение и даже элементы дермы и эпидермиса, направленную на достижение единой цели – роста волоса. Все элементы «фабрики» волоса находятся не только в тесной морфологической связи, а также в сложных функциональных взаимоотношениях, проявляющихся в регуляции роста



волоса. И только понимание связи между структурой и функцией способно прояснить механизмы регуляции и жизнеобеспечения волосяного фолликула.