

В.Н. ДИОМИДОВА, М.А. ВЛАСОВА, Н.П. СКУРАТОВА

**ОЦЕНКА МОРФОЛОГИИ КОЖИ ВОЛОСИСТОЙ ЧАСТИ ГОЛОВЫ
ПО ДАННЫМ ГИСТОЛОГИЧЕСКОГО И ВЫСОКОЧАСТОТНОГО
УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Ключевые слова: кожа, волосистая часть головы, морфология, гистологическое исследование, ультразвук высокочастотный.

Кожа человека является многофункциональным крупным органом, занимает до 16% массы тела человека. В любом возрасте человека заболевания кожи головы влияют на ухудшение качества жизни. Проблема улучшения качества своевременной диагностики и помощи пациентам с патологией кожи волосистой части головы с помощью современных методов морфологического исследования и ультразвуковой визуализации сохраняет актуальность.

Цель обзора – изучение опыта использования современных гистоморфологических и ультразвуковых технологий при оценке микроструктуры кожи волосистой части головы.

Поиск научных публикаций, включённых в обзор, произведен в электронных базах данных eLIBRARY.RU, PubMed, EMBASE и др.

Волосистая часть головы имеет определенные анатомические особенности. Визуальное изображение микроструктуры кожи волосистой части головы, полученное при исследовании с применением высокочастотного ультразвукового датчика, подтверждает данные гистоморфологического анализа структуры кожи головы. Ее визуальное ультразвуковое изображение отличается в зависимости от составляющих клеточных структурных компонентов кожи волосистой части головы.

Дополнение к гистологической оценке морфологии кожи волосистой части головы неинвазивного ультразвукового исследования с помощью новых технологий улучшения визуализации сосудов мелкого калибра дермы и появление возможности оценки жесткости структур кожи при эластографии улучшают традиционные диагностические стандарты исследования кожи волосистой части головы.

Кожа человека является жизненно важным многофункциональным и самым крупным органом человеческого организма, занимает до 16% массы человека. В коже человека различают эпидермис (поверхностный слой кожи или надкожица) и собственно кожу – дерму, глубже находится подкожная жировая клетчатка – гиподерма [24].

Эпидермис является эпителиальной частью кожи, а дерма и гиподерма – соединительнотканной. В зависимости от толщины кожи в ней различают несколько морфологических слоев эпидермиса и дермы. Область ладоней и стоп человека покрыты так называемой «толстой» кожей, где отсутствуют волосы и сальные железы, а эпидермис толще, чем дерма. «Толстая» кожа содержит 5 микроскопических слоев клеток эпидермиса (базальный, шиповатый, зернистый, блестящий, роговой) и два слоя дермы (сосочковый и сетчатый). Блестящий слой эпидермиса определяется только на ладонях и подошвах (где «толстая» кожа), состоит из уплощенных по форме оксифильных безъядерных клеток и выглядит как бесцветная полоска [5, 7].

Область практически всего остального тела человека покрыта «тонкой» кожей, где дерма толще, чем эпидермис. В эпидермисе «тонкой» кожи определяется всего четыре слоя, эпидермис тоньше из-за отсутствия блестящего

слоя и слабо развитого рогового слоя, чем в области «толстой» кожи. Производными «тонкой» кожи являются волосы и сальные железы, а «толстой» кожи – потовые железы.

Основные клетки эпидермиса – базальные кератиноциты. т.е. эпителиальные клетки, расположенные во всех слоях эпидермиса, но в каждом слое они имеют различные особенности строения. Кроме кератиноцитов, в эпидермисе имеются меланоциты, клетки Меркеля, клетки Лангерганса, клетки Гренштейна, а также – единичные лимфоциты и тканевые базофилы.

Роговой слой эпидермиса – самый поверхностный слой клеток кожи, образован множественными черепицеобразно расположенными безъядерными роговыми чешуйками (корнеоцитами). Зернистый слой – тонкий слой эпидермиса, образован небольшими по размеру уплощенными веретенообразными клетками, расположенными в области тонкой кожи в два ряда, в области ладоней и подошв – 3-4 ряда. Клетки шиповатого слоя эпидермиса многоугольной формы, крупнее, чем клетки остальных гистологических слоев (получили свое название из-за наличия шипообразных отростков по поверхности клеток), состоят из 3–8 рядов. Базальный слой эпидермиса состоит из одного ряда призматических клеток (расположенных перпендикулярно к кожной поверхности базофильных клеток), плотно связывающим эпидермис и дерму кожи человека [7].

Переходом от эпидермиса к дерме (а также к расположенным в ней кожным придаткам – волосным фолликулам, сальным и потовым железам) является дермо-эпидермальное соединение, основой которого является базальная мембрана. Составляющими базальной мембраны являются клеточные мембраны и полудесмосомы базальных эпидермоцитов, светлая пластинка, плотная пластинка, фиброретикулярная пластинка, которые соединяют базальные клетки эпидермиса с внеклеточным дермальным матриксом [24].

Основной слой кожи – дерма (собственно кожа), представляет собой каркас, образованный внеклеточным матриксом и клетками многих типов (перидермальных, эндотелиальных, гладкомышечных, иммунных клеток, фибробластов [19].

Сосочковый слой дермы располагается непосредственно под эпидермисом, образован клетками рыхлой волокнистой неоформленной соединительной ткани, не имеет ровных границ, так как плотно внедряется в эпидермис. Следующий слой дермы, сетчатый слой, образован пучками коллагеновых, эластических и ретикулярных волокон, расположенных горизонтально и косо. Коллагеновые волокна сетчатого слоя проникают далее в гиподерму (подкожную основу). В сосочковом слое дермы находятся сальные железы, в сетчатом – потовые и сальные железы.

Эпидермис, кожные сальные и потовые железы, волосы и ногти имеют эктодермальное происхождение и развиваются из кожного эмбрионального зачатка. Дерма и гиподерма развиваются из второго основного эмбрионального зачатка – дерматомной мезенхимы. Формирование всей системы кожного покрова происходит при тесном взаимодействии указанных эмбриональных зачатков [6].

В любом возрасте человека заболевания кожи головы влияют на ухудшение качества жизни. Проблема улучшения качества диагностики патологий кожи волосистой части головы с целью оказания своевременной помощи таким пациентам является актуальной. В настоящее время для решения данной проблемы наряду с традиционными методами диагностики такого рода патологий используются ультразвуковые методы.

Цель обзора – изучение опыта использования современных гистоморфологических и ультразвуковых технологий при оценке микроструктуры кожи волосистой части головы.

Поиск научных публикаций, включённых в обзор, произведен в электронных базах данных eLIBRARY.RU, PubMed, EMBASE и др.

Волосистая часть головы (ВЧГ) имеет определенные анатомические особенности, состоит из кожи (состоящей также из дермы и эпидермиса, содержащей сальные железы, волосяные фолликулы, кровеносные и лимфатические сосуды), соединительной ткани, или подкожной клетчатки, апоневротической оболочки, рыхлой ареолярной соединительной ткани и перикраниума.

В дерме кожи волосистой части головы (КВЧГ) находятся волосяные фолликулы (ВФ) – корни волос, окруженные наружным и внутренним эпителиальными корневыми влагаллищами, а над эпидермисом – стержни волос. Зрелый ВФ представляет собой отдельную структурно-функциональную единицу кожи, внутреннюю расширенную часть которого принято называть волосяной луковицей. Составной частью волосяного фолликула также является соединительнотканый волосяной сосочек.

Цикл преобразования ВФ представляет собой единый комплекс, состоящий из трех фаз: роста (анаген), регресса (катаген) и покоя (телоген). Взаимодействие различных клеточных популяций, представляющее собой процессы пролиферации, дифференцировки, миграции, апоптоза клеток и др., определяет активность цикла роста волос [1].

Фаза анагена занимает более 90% продолжительности цикла преобразования ВФ – от 2 до 10 лет, а фаза катагена – самая короткая, длится не более 2-3 недель, фаза телогена составляет 1-3 месяца [6].

Г.В. Трунова с соавт. проанализировали микроструктурное морфологическое строение волосяных фолликулов на различных стадиях цикла смены волос (анагена, катагена и телогена) на основе изучения аутопсийного материала КВЧГ у женщин среднего возраста [8]. Ими установлено по данным гистологических исследований изменение микроструктуры КВЧГ в зависимости от фазы развития ВФ.

В работе Y. Al-Nuaimi et al. также говорится, что в фазе покоя (телогена) волосяная луковица находится в поверхностном подкожном слое, а в фазе активного роста (анагена) – почти в подкожной клетчатке, в фазе переходного периода (катагена) – в промежуточном положении. Авторами установлено, что 90% волос на голове в норме находятся в фазе анагена, а остальные 10% – в фазах телогена или катагена [11].

Имеются сообщения о том, что в КВЧГ человека и волосяных фолликулах происходят изменения в зависимости от цикла роста волос. К примеру, в исследовании M.A. Adly et al. с использованием методов иммунофлуоресцентного окрашивания и ПЦР-анализа в реальном времени представлены изменения в ВФ и КВЧГ, связанные с экспрессией инволюкрина (структурного компонента ороговевшей оболочки кератиноцитов) в разные фазы цикла роста волос. Авторы отмечают, что значение экспрессии инволюкрина в анагене и в катагене было статистически значимо выше, чем в волосяных фолликулах в фазу телогена ($p < 0,001$) [9].

По данным гистологических исследований КВЧГ в зависимости от размеров волосяного фолликула определяется тип волосков: пушковые волосы имеют ВФ со стержнями, толщина которых не превышает толщины прилегающего внутреннего корневого влагаллища ($< 0,03$ мм в диаметре), ВФ со стержнями при диаметре более 0,03 мм (до 0,06 мм) считаются неопределенными волосками, диаметром более 0,06 мм – терминальными волосками [22].

Установлено, что по особенностям волосяного покрова головы люди различаются (седина, форма, цвет, облысение, толщина и густота волос). Исследование S. Kataria et al., посвященные изучению морфологии и генетики волос на голове и лице для прогнозирования фенотипа, показали, что микроскопические особенности и ультраструктура волос (форма поперечного сечения, пигментация, изгиб и внутренняя структура) позволяют дифференцировать уровень различий между человеческими популяциями [20].

Прижизненно для визуальной оценки КВЧГ и волос в клинической практике в основном используется такой неинвазивный диагностический метод, как трихоскопия, в качестве простого и удобного метода первичной диагностики патологии и последующего наблюдения за заболеваниями волос и кожи головы [18, 25].

Для гистологической оценки морфологической структуры КВЧГ проводится исследование биоптатов, от правильного проведения процедуры забора материала при этом зависит точность диагностики [15].

Результаты исследования L.C. Sperling показывают, что при выполнении биопсии волосистой части головы в оценке облысения лучше всего использовать перфорированную биопсию диаметром 4 мм с горизонтальными срезами на нескольких уровнях [27].

Визуальное изображение КВЧГ, полученное при ультразвуковом исследовании с применением высокочастотного датчика, подтверждает данные о гистологической структуре кожи головы с четким разделением гиперэхогенной линии эпидермиса, гиперэхогенной полосы дермы, гипозэхогенной полосы гиподермы. При этом на более глубоком уровне можно дифференцировать надкожную мышцу с ее апоневрозом и гиперэхогенную линию костного контура черепа. Использование ультразвуковой цветовой доплерографии позволяет получить дополнительную информацию по характеру кровотока в микрососудистой сети КВЧГ, что особенно важно при проведении дифференциальной диагностики заболеваний КВЧГ [10, 30].

Гиперэхогенное изображение эпидермиса при ультразвуковой визуализации кожи объясняется тем, что эпидермис в основном состоит из плотного волокнистого структурного белка кератина, который обладает более значимым отражением ультразвуковых волн, чем дерма. Дерма также содержит большое количество коллагена, однако менее гиперэхогенная, чем эпидермис. Гипозэхогенность гиподермы вызвана наличием жировых долек, которые в меньшей степени отражают ультразвуковые волны, чем эпидермис и дерма [12, 26, 29].

Хотя визуально оценить эхоструктуру кожи можно и датчиком более 10 МГц, использование новых ультразвуковых диагностических технологий с применением датчиков более 20 МГц и сверхвысокочастотных (более 30 МГц) улучшает дифференцировку исследуемых структур кожи [13, 17, 23].

Ультразвуковая биомикроскопия для визуализации волосяных фолликулов *in vivo* показала высокую корреляцию в сравнении с гистологическими данными в оценке количества и ширины волосяных фолликулов КВЧГ при очаговой алопеции. Однако ввиду небольшого количества исследований надо продолжить данное направление для подтверждения результатов исследования [16].

Одной из современных неинвазивных технологий ультразвукового метода исследования является эластография сдвиговой волной, используемая в настоящее время широко в первичной и дифференциальной диагностике патологии многих органов [2–4].

Эластография сдвиговой волной в настоящее время используется как новый диагностический инструмент, позволяющий оценить жесткость составляющих структур кожи исследуемой области. Преимущество ультразвуковой

диагностики – это визуализация сосудистых структур с низкими потоками крови. В. Ten et al. (2022) провели исследование среди здоровых лиц и лиц с семейным анамнезом алопеции для изучения возможности развития алопеции у них по данным эластографии сдвиговой волной, внутрикожного кровотока и серошального визуального изображения структур КВЧГ. Авторы данного исследования показали, что толщина линии роста волос и толщина подкожной клетчатки КВЧГ были статистически значимо меньше у лиц с семейным анамнезом алопеции, чем в контрольной группе ($p < 0,0001$), а пороговые значения жесткости составили 6,075 м/с и 104,4 кПа [28].

Ультразвуковая эластография сдвиговой волной и микрососудистая визуализация, позволяющие оценить толщину, жесткость и сосудистый индекс тканей кожи головы, могут свидетельствовать о фиброзе и воспалении у пациентов с рубцовой алопецией [21].

Современные методы ультразвуковой оценки микрососудистой сети дермы тела человека с помощью новых технологий улучшения визуализации сосудов мелкого калибра (Superb Vascular Imaging (SMI) и Microvascular Flow (MV-Flow)) превосходят по чувствительности традиционную доплеровскую визуализацию [14].

Высокочастотное ультразвуковое исследование является отличным инструментом для диагностики различных кожных заболеваний. Однако, поскольку этот метод зависит от оператора, крайне важно понимать, какие характеристики соответствуют нормальной структуре кожи, а также определять корреляцию между гистологическими и ультразвуковыми данными [13].

Вывод. Анализ литературных данных подтверждает, что дополнение к гистологической оценке морфологии кожи волосистой части головы результатов неинвазивного ультразвукового исследования с помощью новых технологий улучшения визуализации сосудов мелкого калибра дермы и возможность оценки жесткости структур кожи при эластографии сдвиговой волной улучшают традиционные диагностические стандарты исследования кожи волосистой части головы. Однако недостаточное количество представленного клинического материала о возможностях неинвазивных визуальных технологий в оценке морфологии микроструктуры кожи волосистой части головы в представленных публикациях говорит о необходимости продолжения исследования.

Литература

1. Горпинич И.В., Ноздрин В.И. Морфофункциональные изменения волос при их смене // Морфология. 2007. Т. 132, № 5. С. 7–17.
2. Диомидова В.Н., Захарова О.В., Петрова О.В., Сиордия А.А. Ультразвуковая эластография (компрессионная и сдвиговой волной) в акушерстве и гинекологии // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2016. Т. 15(2). С. 52–58. DOI: 10.20953/1726-1678-2016-2-52-58.
3. Информативность эластографии сдвиговой волной с эластометрией при неалкогольной жировой болезни печени / В.Н. Диомидова, Л.В. Тарасова, Д.И. Трухан и др. // Практическая медицина. 2018. Т. 1(112). С. 81–85.
4. Кадрев А.В., Митькова М.Д., Камалов А.А., Митьков В.В. Эластография сдвиговой волной в оценке местного распространения рака предстательной железы // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2019. № 1. С. 30–44. DOI: 10.24835/1607-0771-2019-1-30-44.
5. Кузнецов С.Л., Мушкамбаров Н.Н., Горячкина В.Л. Атлас по гистологии, цитологии и эмбриологии. М.: МИА, 2002. 374 с.
6. Мяделец О.Д., Аласкевич В.П. Морфофункциональная дерматология. М.: Медлит, 2021. 744 с.
7. Самцов А.В., Барбинов В.В. Дерматовенерология. СПб: СпецЛит, 2008. 352 с.
8. Трунова Г.В., Ноздрин В.И. Способы морфологической идентификации стадий цикла смены волос // Морфология. 2016. Т. 149, № 2. С. 77–84. DOI: 10.17816/morph.397667.
9. Adly M.A., Assaf H.A. Analysis of the expression pattern of involucrin in human scalp skin and hair follicles: hair cycle-associated alterations. *Histochem Cell Biol.*, 2012, vol. 138(4), pp. 683–692. DOI: 10.1007/s00418-012-0986-4.

10. *Almuhanna N., Wortsman X., Wohlmuth-Wieser I. et al.* Overview of Ultrasound Imaging Applications in Dermatology [Formula: see text]. *J Cutan Med Surg.*, 2021, vol. 25(5), pp. 521–529. DOI: 10.1177/1203475421999326.
11. *Al-Nuaimi Y., Baier G., Watson R.E. et al.* The cycling hair follicle as an ideal systems biology research model. *Exp Dermatol.*, 2010, vol. 19, pp. 707–713.
12. *Barcaui E.O., Carvalho A.C., Lopes F.P. et al.* High frequency ultrasound with color Doppler in dermatology. *An Bras Dermatol.*, 2016, vol. 91(3), pp. 262–273. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20164446.
13. *Barcaui E.O., Carvalho A.C., Pineiro-Maceira J. et al.* Study of the skin anatomy with high-frequency (22 MHz) ultrasonography and histological correlation. *Radiol Bras.*, 2015, vol. 48(5), pp. 324–329. DOI: 10.1590/0100-3984.2014.0028.
14. *Catalano O., Corvino A., Basile L. et al.* Use of new microcirculation software allows the demonstration of dermis vascularization. *J Ultrasound.*, 2023, vol. 26(1), pp. 169–174. DOI: 10.1007/s40477-022-00710-2.
15. *Du X., Li Z., Xu W. et al.* Diagnostic value of horizontal versus vertical sections for scarring and non-scarring alopecia: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Dermatol.*, 2016, vol. 26(4), pp. 361–369. DOI: 10.1684/ejd.2016.2797.
16. *El-Zawahry B.M., El Hanafy M., Bassiouny D.A. et al.* In vivo visualization of hair follicles by ultrasound biomicroscopy in alopecia areata and its correlation with histopathology. *Acta Dermatovenerol Croat.*, 2015, vol. 23(1), pp. 12–18.
17. *Izzetti R., Oranges T., Janowska A. et al.* The application of ultra-high-frequency ultrasound in dermatology and wound management. *Int J Low Extrem Wounds*, 2020, vol. 19(4), pp. 334–340. DOI: 10.1177/1534734620972815.
18. *Jain N., Doshi B., Khopkar U.* Trichoscopy in alopecias: diagnosis simplified. *Int J Trichology*, 2013, vol. 5(4), pp. 170–178. DOI: 10.4103/0974-7753.130385.
19. *Kanitakis J.* Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *Eur J Dermatol*, 2002, vol. 12(4), pp. 390–399.
20. *Kataria S., Dabas P., Saraswathy K.N. et al.* Investigating the morphology and genetics of scalp and facial hair characteristics for phenotype prediction. *Sci Justice*, 2023, vol. 63(1), pp. 135–148. DOI: 10.1016/j.scijus.2022.12.002.
21. *Kaya İslamoğlu Z.G., Uysal E.* A preliminary study on ultrasound techniques applied to cicatricial alopecia. *Skin Res Technol.*, 2019, vol. 25(6), pp. 810–814. DOI: 10.1111/srt.12725.
22. *Kolivras A., Thompson C.* Primary scalp alopecia: new histopathological tools, new concepts and a practical guide to diagnosis. *J Cutan Pathol.*, 2017, vol. 44(1), pp. 53–69. DOI: 10.1111/cup.12822.
23. *Polańska A., Dańczak-Pazdrowska A., Jałowska M. et al.* Current applications of high-frequency ultrasonography in dermatology. *Postepy Dermatol Alergol.*, 2017, vol. 34(6), pp. 535–542. DOI: 10.5114/ada.2017.72457.
24. *Rognoni E., Watt F.* Skin Cell Heterogeneity in Development, Wound Healing, and Cancer. *Trends Cell Biol*, 2018, vol. 1433, pp. 1–14.
25. *Rossi A., Fortuna M.C., Pranteda G. et al.* Clinical, Histological and Trichoscopic Correlations in Scalp Disorders. *Dermatology*, 2015, vol. 231(3), pp. 201–208. DOI: 10.1159/000430909.
26. *Schneider S.L., Kohli I., Hamzavi I.H. et al.* Emerging imaging technologies in dermatology: Part I: Basic principles. *J Am Acad Dermatol.*, 2019, vol. 80(4), pp. 1114–1120. DOI: 10.1016/j.jaad.2018.11.042.
27. *Sperling L.C.* The role of the scalp biopsy in the evaluation of alopecia. *J Am Acad Dermatol.*, 2023, vol. 89(2S), pp. S16–S19. DOI: 10.1016/j.jaad.2023.05.047.
28. *Ten B., Kaya T.İ., Balcı Y. et al.* The place of B-mode ultrasonography, shear-wave elastography, and superb microvascular imaging in the pre-diagnosis of androgenetic alopecia. *J Cosmet Dermatol.*, 2022, vol. 21(7), pp. 2962–2970. DOI: 10.1111/jocd.14488.
29. *Van Mulder T.J., de Koeijer M., Theeten H. et al.* High frequency ultrasound to assess skin thickness in healthy adults. *Vaccine*, 2017, vol. 35(14), pp. 1810–1815. DOI: 10.1016/j.vaccine.2016.07.039.
30. *Wortsman X., Wortsman J., Matsuoka L. et al.* Sonography in pathologies of scalp and hair. *Br J Radiol.*, 2012, vol. 85(1013), pp. 647–655. DOI: 10.1259/bjri/22636640.

ДИОМИДОВА ВАЛЕНТИНА НИКОЛАЕВНА – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой пропедевтики внутренних болезней с курсом лучевой диагностики, Чувашский государственный университет; заведующая отделением ультразвуковой диагностики, Городская клиническая больница № 1, Россия, Чебоксары (diomidovavn@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3627-7971>).

ВЛАСОВА МАРИЯ АНДРЕЕВНА – врач-косметолог, ООО «МедЭстет», Россия, Нижневартовск (vlasova.masha23@gmail.com).

СКУРАТОВА НАТАЛИЯ ПЕТРОВНА – аспирантка кафедры пропедевтики внутренних болезней с курсом лучевой диагностики, Чувашский государственный университет; врач дерматонеролог, косметолог, ООО «Медитрина», Россия, Чебоксары (skuratova.nataliya@yandex.ru).

Valentina N. DIOMIDOVA, Maria A. VLASOVA, Natalia P. SKURATOVA

ASSESSMENT OF THE SCALP MORPHOLOGY BY THE FINDINGS OF HISTOLOGICAL AND HIGH-FREQUENCY ULTRASOUND EXAMINATION

Key words: skin, scalp, morphology, histological examination, high-frequency ultrasound.

Human skin is a multifunctional large organ that occupies up to 16% of the human body weight. At any age, diseases of the scalp affect the quality of life. The problem of improving the quality of timely diagnosis and care for patients with scalp pathology using modern methods of morphological examination and ultrasound imaging remains relevant.

The purpose of the review is to study the experience of using modern histomorphological and ultrasound technologies in assessing the microstructure of the scalp.

The scientific publications included in the review were searched in the electronic databases eLibrary.RU, PubMed, EMBASE, etc.

The scalp has certain anatomical features. The visual image of the scalp microstructure obtained during examination using a high-frequency ultrasonic sensor confirms the data of histomorphological analysis of the scalp structure. Its visual ultrasound image differs depending on the constituent cellular structural components of the scalp.

Supplementing the histological assessment of the scalp morphology with noninvasive ultrasound examination using new technologies that improve visualization of small-caliber vessels of the dermis and the opportunity of assessing the stiffness of skin structures during elastography improves traditional diagnostic standards for the study of the scalp.

References

1. Gorpinich I.V., Nozdrin V.I. *Morfofunktsional'nye izmeneniya volos pri ikh smene* [Morphofunctional changes in hair during hair change]. *Morfologiya*, 2007, vol. 132, no. 5, pp. 7–17.
2. Diomidova V.N., Zakharova O.V., Petrova O.V., Siordiya A.A. *Ul'trazvukovaya elasto-grafiya (kompriionnaya i sdvigovoi volnoi) v akusherstve i ginekologii* [Morpho-functional changes in hair during hair change]. *Voprosy ginekologii, akusherstva i perinatologii*, 2016, vol. 15(2), pp. 52–58. DOI: 10.20953/1726-1678-2016-2-52-58.
3. Diomidova V.N., Tarasova L.V., Trukhan D.I. et al. *Informativnost' elastografii sdvigovoi volnoi s elastometriei pri nealkogol'noi zhirovoi bolezni pecheni* [Informativity of shear wave elastography with elastometry during nonalcoholic fatty liver disease]. *Prakticheskaya meditsina*, 2018, vol. 1(112), pp. 81–85.
4. Kadrev A.V., Mit'kova M.D., Kamalov A.A., Mit'kov V.V. *Elastografiya sdvigovoi volnoi v otsenke mestnogo rasprostraneniya raka predstatel'noi zhelezy* [Ultrasound shear wave elastography as a part of multiparametric ultrasound in local staging of prostate cancer (brief review and case reports)]. *Ul'trazvukovaya i funktsio-nal'naya diagnostika*, 2019, no. 1, pp. 30–44. DOI: 10.24835/1607-0771-2019-1-30-44.
5. Kuznetsov S.L., Mushkambarov N.N., Goryachkina V.L. *Atlas po gistologii, tsitologii i embriologii* [Atlas of Histology, Cytology and Embryology]. Moscow, MIA Publ., 2002, 374 p.
6. Myadelets O.D., Alaskevich V.P. *Morfofunktsional'naya dermatologiya* [Morphofunctional dermatology]. Moscow, Medlit Publ., 2021, 744 p.
7. Samtsov A.V., Barbinov V.V. *Dermatovenerologiya* [Dermatovenereology]. St. Petersburg, SpetsLit Publ., 2008, 352 p.
8. Trunova G.V., Nozdrin V.I. *Sposoby morfologicheskoi identifikatsii stadii tsikla smeny volos* [Methods of morphological identification of the stages of the hair change cycle]. *Morfologiya*, 2016, vol. 149, no. 2, pp. 77–84. DOI: 10.17816/morph.397667.
9. Adly M.A., Assaf H.A. Analysis of the expression pattern of involucrin in human scalp skin and hair follicles: hair cycle-associated alterations. *Histochem Cell Biol.*, 2012, vol. 138(4), pp. 683–692. DOI: 10.1007/s00418-012-0986-4.
10. Almuhanna N., Wortsmann X., Wohlmuth-Wieser I. et al. Overview of Ultrasound Imaging Applications in Dermatology [Formula: see text]. *J Cutan Med Surg.*, 2021, vol. 25(5), pp. 521–529. DOI: 10.1177/1203475421999326.
11. Al-Nuaimi Y., Baier G., Watson R.E. et al. The cycling hair follicle as an ideal systems biology research model. *Exp Dermatol*, 2010, vol. 19, pp. 707–713.
12. Barcaui E.O., Carvalho A.C., Lopes F.P. et al. High frequency ultrasound with color Doppler in dermatology. *An Bras Dermatol.*, 2016, vol. 91(3), pp. 262–273. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20164446.
13. Barcaui E.O., Carvalho A.C., Pineiro-Maceira J. et al. Study of the skin anatomy with high-frequency (22 MHz) ultrasonography and histological correlation. *Radiol Bras.*, 2015, vol. 48(5), pp. 324–329. DOI: 10.1590/0100-3984.2014.0028.

14. Catalano O., Corvino A., Basile L. et al. Use of new microcirculation software allows the demonstration of dermis vascularization. *J Ultrasound.*, 2023, vol. 26(1), pp. 169–174. DOI: 10.1007/s40477-022-00710-2.
15. Du X., Li Z., Xu W. et al. Diagnostic value of horizontal versus vertical sections for scarring and non-scarring alopecia: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Dermatol.*, 2016, vol. 26(4), pp. 361–369. DOI: 10.1684/ejd.2016.2797.
16. El-Zawahry B.M., El Hanafy M., Bassiouny D.A. et al. In vivo visualization of hair follicles by ultrasound biomicroscopy in alopecia areata and its correlation with histopathology. *Acta Dermatovenerol Croat.*, 2015, vol. 23(1), pp. 12–18.
17. Izzetti R., Oranges T., Janowska A. et al. The application of ultra-high-frequency ultrasound in dermatology and wound management. *Int J Low Extrem Wounds*, 2020, vol. 19(4), pp. 334–340. DOI: 10.1177/1534734620972815.
18. Jain N., Doshi B., Khopkar U. Trichoscopy in alopecias: diagnosis simplified. *Int J. Trichology*, 2013, vol. 5(4), pp. 170–178. DOI: 10.4103/0974-7753.130385.
19. Kanitakis J. Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *Eur J Dermatol*, 2002, vol. 12(4), pp. 390–399.
20. Kataria S., Dabas P., Saraswathy K.N. et al. Investigating the morphology and genetics of scalp and facial hair characteristics for phenotype prediction. *Sci Justice*, 2023, vol. 63(1), pp. 135–148. DOI: 10.1016/j.scijus.2022.12.002.
21. Kaya İslamoğlu Z.G., Uysal E. A preliminary study on ultrasound techniques applied to cicatricial alopecia. *Skin Res Technol.*, 2019, vol. 25(6), pp. 810–814. DOI: 10.1111/srt.12725.
22. Kolivras A., Thompson C. Primary scalp alopecia: new histopathological tools, new concepts and a practical guide to diagnosis. *J Cutan Pathol.*, 2017, vol. 44(1), pp. 53–69. DOI: 10.1111/cup.12822.
23. Polańska A., Dańczak-Pazdrowska A., Jałowska M. et al. Current applications of high-frequency ultrasonography in dermatology. *Postepy Dermatol Alergol.*, 2017, vol. 34(6), pp. 535–542. DOI: 10.5114/ada.2017.72457.
24. Rognoni E, Watt F. Skin Cell Heterogeneity in Development, Wound Healing, and Cancer. *Trends Cell Biol*, 2018, vol. 1433, pp. 1–14.
25. Rossi A., Fortuna M.C., Pranteda G. et al. Clinical, Histological and Trichoscopic Correlations in Scalp Disorders. *Dermatology*, 2015, vol. 231(3), pp. 201–208. DOI: 10.1159/000430909.
26. Schneider S.L., Kohli I., Hamzavi I.H. et al. Emerging imaging technologies in dermatology: Part I: Basic principles. *J Am Acad Dermatol.*, 2019, vol. 80(4), pp. 1114–1120. DOI: 10.1016/j.jaad.2018.11.042.
27. Sperling L.C. The role of the scalp biopsy in the evaluation of alopecia. *J Am Acad Dermatol.*, 2023, vol. 89(2S), pp. S16–S19. DOI: 10.1016/j.jaad.2023.05.047.
28. Ten B., Kaya T.İ., Balcı Y. et al. The place of B-mode ultrasonography, shear-wave elastography, and superb microvascular imaging in the pre-diagnosis of androgenetic alopecia. *J Cosmet Dermatol.*, 2022, vol. 21(7), pp. 2962–2970. DOI: 10.1111/jocd.14488.
29. Van Mulder T.J., de Koeijer M., Theeten H. et al. High frequency ultrasound to assess skin thickness in healthy adults. *Vaccine*, 2017, vol. 35(14), pp. 1810–1815. DOI: 10.1016/j.vaccine.2016.07.039.
30. Wortsman X., Wortsman J., Matsuoka L. et al. Sonography in pathologies of scalp and hair. *Br J Radiol.*, 2012, vol. 85(1013), pp. 647–655. DOI: 10.1259/bjr/22636640.

VALENTINA N. DIOMIDOVA – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Radiation Diagnostics, Chuvash State University; Head of the Department of Ultrasound Diagnostics, City Clinical Hospital № 1, Russia, Cheboksary (diomidovavn@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3627-7971>).

MARIA A. VLASOVA – Cosmetologist, MedEstet LLC, Russia, Nizhnevartovsk (vlasova.masha23@gmail.com).

NATALIA P. SKURATOVA – Post-Graduate Student, Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Radiation Diagnostics, Chuvash State University; Dermatovenerologist, Cosmetologist, Meditrina LLC, Russia, Cheboksary (skuratova.nataliya@yandex.ru).

Формат цитирования: Диомидова В.Н., Власова М.А., Скуратова Н.П. Оценка морфологии кожи волосистой части головы по данным гистологического и высокочастотного ультразвукового исследования [Электронный ресурс] // *Acta medica Eurasica.* – 2024. – № 2. – С. 78–85. – URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2024/2/9>. DOI: 10.47026/2413-4864-2024-2-78-85.