

УДК 611.778+616-71

А. Т. Омурзакова, В. А. Изранов

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ АНАТОМИЯ КОЖИ: ОБЗОР

В обзоре литературы по УЗИ кожи показано, что ультразвуковое исследование кожи является одной из востребованных диагностических процедур в дерматологии, косметологии и онкологии. На основе современных литературных данных определено понятие «ультразвуковая анатомия кожи», отмечено, что при проведении УЗИ здоровой кожи с использованием современных датчиков могут быть визуализированы три ее слоя, а также придатки кожи и сосуды малого диаметра, находящиеся в дерме и верхнем слое подкожной жировой клетчатки. Показаны значение и возможности использования УЗ-метода исследования кожи при злокачественных новообразованиях, в первую очередь меланоме. Высокая разрешающая способность метода позволяет сделать выводы о размерах образования, его расположении в слоях кожи, локализации относительно сосудов. Также описаны возможности использования УЗИ кожи в дерматологии и косметологии, что является новым перспективным направлением и позволяет не только визуализировать патологические изменения кожи, но и контролировать эффективность проводимых косметологических процедур.

85

A review of the skin ultrasound publications shows that this examination is one of the most popular diagnostic procedures in dermatology, cosmetology and oncology. Current research data defined the concept of "ultrasound anatomy of the skin", it is noted that an ultrasound examination of healthy skin with modern sensors can visualize three of its layers, appendages of skin and vessels of small diameter, located in the dermis and the upper layer of subcutaneous fat tissue. The significance and possibilities of using the ultrasound method of skin examination for malignant neoplasms, primarily melanoma, have been shown. The high resolution of the method allows to draw conclusions about the formation size, its location in the skin layers, localization around vessels. The authors also describe the application of skin ultrasound in dermatology and cosmetology, which is a new promising trend and thanks to which it is possible not only to visualize pathological changes in the skin, but also to monitor the effectiveness of cosmetic procedures.

Ключевые слова: дерматология, онкология, косметология, меланома кожи, старение кожи.

Keywords: dermatology, oncology, cosmetology, skin melanoma, skin aging.

Введение

Арсенал диагностических методов современной медицины уверенно пополнился ультразвуковыми методами исследования (УЗИ). Не исключением стало и УЗИ кожи различных локализаций [1–4]. Особое значение этот метод исследования имеет в диагностике заболеваний



кожи. По-прежнему золотым стандартом диагностики заболеваний кожи является гистологическое исследование [6; 20]. Но прежде чем решиться на гистологическое исследование в такой косметически чувствительной зоне, как кожа лица, необходимо иметь веские основания. Такие основания дает УЗИ кожи. Помимо традиционного использования УЗИ в диагностике различных новообразований кожи, к этому методу стали обращаться в косметологии для диагностики состояния кожи, а также для планирования косметологических процедур [1; 5]. Такая возможность появилась благодаря современным сканерам, позволяющим рассмотреть кожу на морфологическом уровне [6; 7]. Сейчас УЗИ кожи — ее прижизненное морфологическое исследование. С этим связана актуальность нашей работы, направленной на оценку по данным литературы возможностей УЗИ кожи в современной практике.

Цель: используя данные литературы, продемонстрировать современные возможности УЗИ кожи в норме и при патологических процессах в дерматологии, косметологии и онкологических заболеваниях.

Задачи:

- 1) дать понятие об ультразвуковой анатомии кожи;
- 2) представить описания видов УЗИ кожи;
- 3) охарактеризовать возможности УЗ-визуализации кожи в норме;
- 4) рассмотреть УЗИ кожи при онкологическом поражении;
- 5) описать использование УЗИ кожи в дерматологии и косметологии.

Ультразвуковая анатомия кожи

Строение кожи на всех участках тела не имеет принципиальных различий, и врач, проводящий УЗИ, увидит в целом схожую картину вне зависимости от области исследования [8; 9].

В коже выделяют три слоя, которые расположены последовательно друг над другом [6; 8].

Верхний слой называется *эпидермисом*. Он контактирует с внешней средой, и в нем выделяют еще пять слоев: базальный, шиповатый, зернистый, блестящий и роговой. Толщина эпидермиса варьирует в зависимости от локализации кожи от 0,05 мм на веках до 1 мм на затылке [3; 4].

Основа эпидермиса — базальный слой, состоящий из плоских базальных кератоцитов, основной функцией которых является синтез нерастворимого белка, формирующего цитоскелет из клеток эпидермиса. Над базальным слоем находится шиповатый. Он состоит из 3–6 рядов шиповатых кератоцитов. Базальный и шиповатый слои называют ростковым слоем Мальпиги, за счет него эпидермис регенерирует [8].

В зернистом слое, состоящем из 2–3 рядов клеток, происходит синтез белков для образования роговых чешуек.

Блестящий слой развит на ладонях и подошвах, в нем синтезируется кератин.

Роговой слой — самый верхний слой эпидермиса, он состоит из мертвых клеток, скрепленных кератином. Движение клеток идет от кератоцитов в базальном слое к клеткам рогового слоя [8].

Под эпидермисом расположена *дерма*, в которой находятся сосуды и нервные окончания, волосные фолликулы с мышцей, поднимающей



волос. Толщина этого слоя варьирует, но в целом нормальными считаются значения от 0,3 до 3 мм. В дерме выделяют сосочковый и сетчатый слои. Основная функция дермы – придание коже упругости и эластичности с помощью белков эластина и коллагена, которые содержатся в этом слое. Дерма относительно бедна клетками.

Под дермой располагается *гиподерма* (или подкожная жировая клетчатка) с потовыми железами, играющими основную роль в терморегуляции. Схематично строение кожи представлено на рисунке 1.

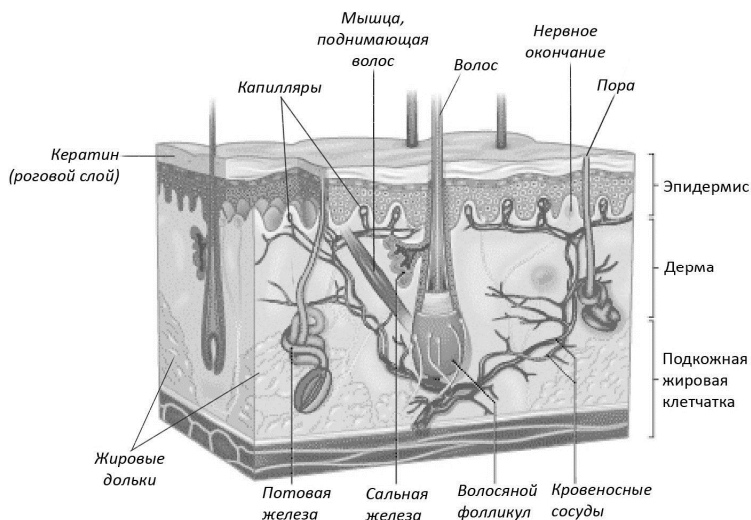


Рис. 1. Морфологическое строение кожи [4]

Представление об УЗ-визуализации кожи

Первоначально УЗИ кожи проводили стандартными датчиками с частотой 7–15 МГц. Первое исследование с использованием датчика 15 МГц осуществили Х. Александер и Д.Л. Миллер (H. Alexander и D. L. Miller) [10]. Получаемое УЗ-изображение не позволяло визуализировать структуры эпидермиса и дермы и было пригодно для визуализации крупных структур в подкожном жировом слое (рис. 2, 3) [10].

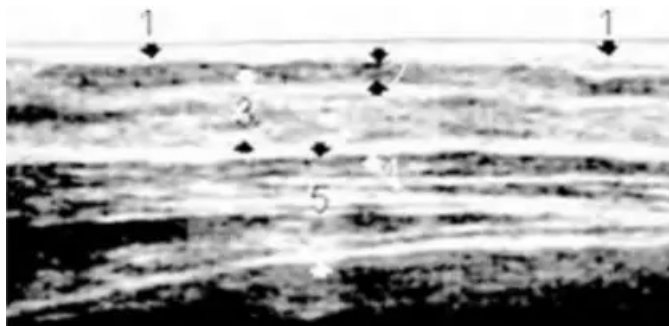


Рис. 2. Эхограмма кожи при исследовании датчиком 7–10 МГц:
1 – кожа; 2 – подкожная жировая клетчатка; 3 – ткань слаборазвитой молочной железы;
4 – фасция прямой грудной мышцы

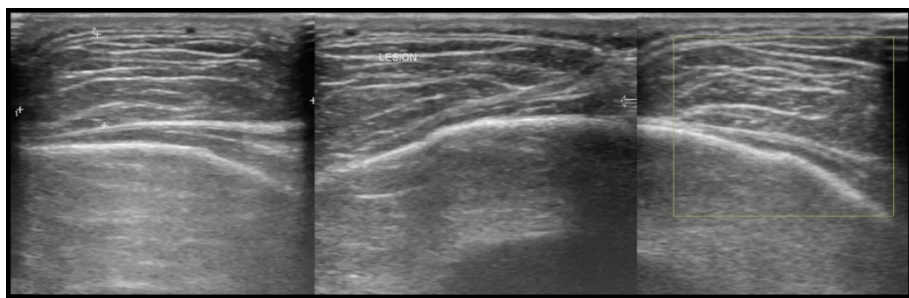


Рис. 3. Липома головы

По данным рисунков 2 и 3, эпидермис визуализируется как узкая эхогенная линия (рис. 2), иногда прерывистая, с низкоэхогенными сальными железами; дерма визуализируется как слабая эхогенная зона, пронизанная мелкими эхогенными фолликулами; гиподерма визуализируется в виде эхогенной зоны разной толщины, пронизанной тонкими эхогенными перегородками, разделяющими жировые дольки; в ней видна липома (рис. 3).

Ситуация изменилась с появлением в 1980-е гг. высокочастотных датчиков — свыше 20 МГц [1; 7; 11; 12]. В 1986 г. немецкая фирма Taberna Pro Medicum выпустила ультразвуковой сканер для кожи DUB20, в котором использовался именно такой датчик. Разрешающая способность метода повысилась с 80 мкм до 3 мкм. Но с ростом частоты датчика (до 50–100 МГц) снижалась его проникающая способность [6]. Разница в визуализации представлена на рисунке 4, где видно повышение разрешающей способности УЗИ кожи с ростом частоты датчика [13].

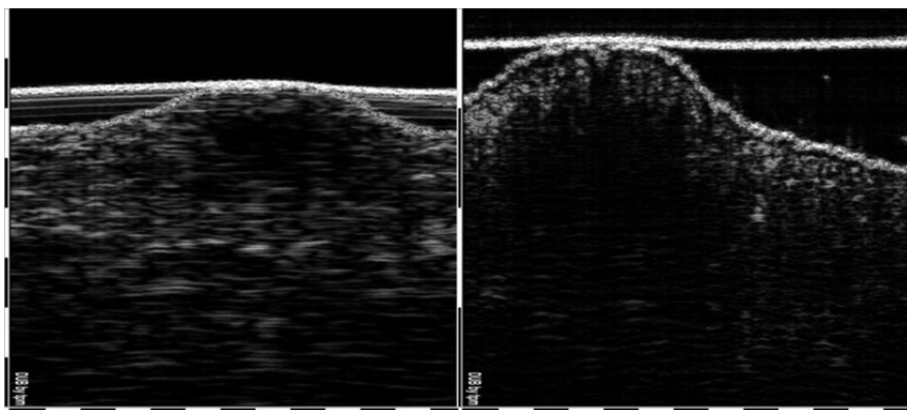


Рис. 4. Сканогамма новообразования кожи:
слева — датчиком с частотой 22 МГц; *справа* — датчиком с частотой 75 МГц

УЗ-визуализация кожи в норме

На ультразвуковом изображении здоровой кожи можно различить три слоя: эпидермис, дерму и подкожную жировую клетчатку [3; 4]. Высокочастотное оборудование позволяет детально визуализировать эпи-



дермальное эхо, дерму и верхнюю часть подкожной клетчатки [1; 2]. Также возможно визуализировать придатки кожи (волосы с фолликулами и ногти) и мелкие сосуды, которые локализуются в дерме и верхнем слое подкожной жировой клетчатки. В отличие от высокочастотного оборудования, обычные сканеры не позволяют проводить детальную оценку эпидермального и дермального слоев кожи. Вместо этого они обеспечивают визуализацию всей подкожной клетчатки. Для оценки ультразвукового изображения используются следующие параметры: толщина отдельных слоев кожи, калибр кровеносных сосудов, эхогенность дермы или отдельных ее слоев, эхогенность подкожной клетчатки, а также наличие или отсутствие кровотока в сосудах [4; 14].

На рисунке 5 представлено УЗИ кожи в норме [13].

89

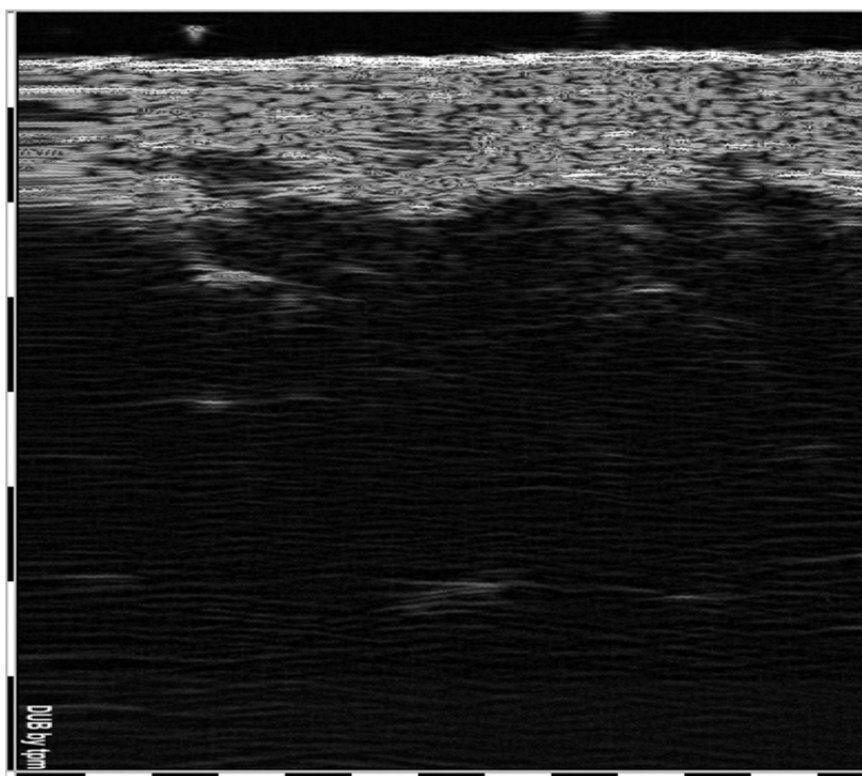


Рис. 5. Сканограмма кожи датчиком 22 МГц

На сканограмме (рис. 5) визуализируется нормальная кожа. В левой части экрана контактная среда, единичные пушковые волосы над поверхностью кожи в виде гиперэхогенных эхосигналов. Эпидермис представлен линейными структурами высокой эхогенности, в которых можно выделить отдельные слои. Видно, что отграничение эпидермиса от дермы четкое, с ровным контуром, непосредственно под эпидермисом — эхогенная дерма. В данном случае эхогенность выше- и нижележащих частей дермы одинакова. В ее структуре визуализируются гипо-



эхогенные структуры сальных, потовых желез, протоков и кровеносные сосуды. Глубже располагается подкожная жировая клетчатка. Она представлена гипо- или анэхогенной областью, которая достаточно четко отграничена от собственно дермы [13].

Как видно из рисунка 5, врачу стала доступна морфологическая диагностика *in vivo*, что в совмещении с использованием других методов, например дерматоскопии, повышает правильность диагноза в целом.

Использование УЗИ кожи возможно для следующих целей: исследование нормальной кожи в косметологии, диагностика доброкачественных несосудистых опухолей, доброкачественных сосудистых опухолей, злокачественных опухолей, сосудистых нераковых изменений, воспалительных и инфекционных изменений [15].

УЗИ кожи при онкологическом поражении

Критерии разделения опухолей на доброкачественные и злокачественные давно известны: злокачественные опухоли склонны к инвазивному росту с проникновением в окружающие ткани и сосуды с дальнейшим метастазированием. Доброкачественные опухоли лишены всех перечисленных признаков, но склонны к тому, чтобы стать злокачественными [15–18].

Врачам постоянно приходится решать задачу, какая опухоль кожи у пациента – злокачественная или доброкачественная, какую тактику лечения избрать. Неоценимую роль в принятии решения играет УЗИ кожи.

Из числа несосудистых опухолей кожи особое место принадлежит меланоме. Эта опухоль встречается нечасто в коже (заболеваемость в европейских странах составляет 5–7 человек на 100 тыс. населения), но характеризуется высокой смертностью (5-летняя выживаемость при I стадии составляет 85 %, при IV стадии – 7 %), поэтому по праву считается самой злокачественной опухолью [15].

С помощью УЗИ кожи можно решить следующие задачи: с высокой степенью вероятности заподозрить опухоль; точно определить ее размеры и взаимоотношение опухоли с окружающими тканями; составить план оперативного лечения с учетом размеров, локализации опухоли, ее прорастания в окружающие ткани [17].

В исследовании Д. Ясайтиене (D. Jasaitiene) и соавторов [6] объединены данные 22 исследований по диагностике и измерению толщины меланомы с помощью ультразвука. После детального анализа результатов авторы определили критерии УЗ-диагностики меланомы и указали на высокий индекс корреляции между диагностированной меланомой, оцениваемой при гистопатологическом исследовании, и данными, полученными при УЗИ. Коэффициент корреляции находился в диапазоне от 0,887 до 0,99.

При высокочастотном УЗИ меланома видна как однородная, хорошо выраженная область. Авторы статьи особенно подчеркивают применимость УЗИ в предоперационной оценке меланомы, в частности



для выбора правильных полей иссечения, а также проведения биопсии сторожевого лимфатического узла в течение одной процедуры. Это ограничивает стресс, которому подвергается пациент, и снижает затраты на лечение, ускоряет диагностические и лечебные процедуры.

Чувствительность УЗИ кожи при диагностике меланомы кожи составляет 95 %, а специфичность достигает 98 %. Эти данные приближают УЗИ кожи к золотому стандарту диагностики меланомы кожи — биопсии кожи [18].

УЗИ кожи имеет значение при контроле метастазов. Подкожные или регионарные узловые метастазы, доброкачественные опухоли или скопление тканей могут быть неощутимы из-за небольшого размера. Значительное расстояние от поверхности кожи или расположение в области послеоперационного или радиационного фиброза затрудняет физическое обследование само по себе. Кроме того, известно, что пальпация даже опытным врачом является неточной методикой оценки поражений при раке головы и шеи, а также в рубцовой ткани. Ультразвук, напротив, способен дать дополнительную и достоверную информацию о точном положении опухоли, окружающих анатомических структурах, размере поражения в двух перпендикулярных диаметрах (в мм), его эхограмме, а также расстоянии от поверхности кожи. Ультразвуковая техника высокого разрешения способна не только обнаруживать маленькие цели (< 3 мм), но и предсказывать трудности при хирургическом поиске метастазов из-за глубокого подкожного или внутримышечного положения или локализации вблизи структур (например, сосудов), которые легко могут быть травмированы [17].

Использование УЗИ кожи в дерматологии и косметологии

Использование УЗИ кожи в косметологии и дерматологии весьма популярно в настоящее время. С помощью УЗИ уточняется дерматологический диагноз, подтверждается характер элементов первичных и вторичных кожных высыпаний [1]. Новым направлением применения УЗИ кожи стало его использование в косметологии, прежде всего косметологии кожи лица. При этом решается ряд задач: 1) определение возрастных изменений кожи головы с точки зрения такого термина, как «старение кожи»; 2) контроль заместительной терапии коллагеном кожи головы; 3) контроль эффективности косметологических инъекционных вмешательств (мезотерапия, инъекции гиалуроновой кислоты и т. п.) [19]. Известно, что с возрастом эпидермис и дерма истончаются, уменьшается содержание коллагена. Это приводит к старению кожи, одним из проявлений которого служит появление морщин кожи лица [1].

В исследовании К. Ли (K. W. Lee) и соавторов [20] сравнение значений толщины эпидермиса, полученных при УЗ-сканировании и прямым измерением, показало превосходную надежность (коэффициент корреляции 0,849, 95 %, доверительный интервал 0,799—0,887). УЗИ кожи лица может использоваться для измерения толщины кожи, выявления признаков ее старения.



С помощью УЗИ кожи возможно проводить контроль эффективности применения косметологических инъекционных препаратов при старении кожи, что демонстрирует исследование Х. Чайра (H. Chajra) и соавторов [19]. Авторы поставили цель доказать, что определенная косметическая композиция способна вызывать увеличение продукции сульфатированных гликозаминогликанов и / или протеогликанов, и продемонстрировать, что эта композиция благодаря своему комбинированному действию на синтез ферментов и макромолекул оказывает модулирующее действие на поверхность кожи преимущественно в антивозрастных процедурах. Эффективность косметологических процедур оценивали с помощью УЗИ кожи *in vivo*. Было выявлено, что под влиянием косметологической композиции увеличивается синтез сульфатированных гликозаминогликанов, что коррелировало с лучшей организацией и качеством дермы, с коллагеновыми фибриллами, приобретенными однородные диаметры (оцененные на микроскопическом уровне). Дерма становилась значительно более плотной и упругой, что хорошо видно на полученных изображениях с помощью ультразвукового исследования. На микроскопическом уровне это проявлялось сглаживанием рельефа (уменьшением морщин) и увеличением размеров дермы, что приближало ее к характеристикам молодой кожи с более высокой упругостью.

В другом исследовании [21] с помощью УЗИ оценивались отдаленные результаты метода шлифовки кожи кончика носа у пациентов с ринопластикой. Из 55 кандидатов (10 мужчин, 45 женщин; средний возраст $25,1 \pm 7,6$ года) 28 подвергались процедуре шлифовки кожи во время ринопластики; остальные 27 пациентов (группа сравнения) не проходили эту процедуру. Исследование было завершено для 44 пациентов. Обнаружено, что толщина кожи кончика носа статистически не различалась до и после операции во время последующих оценок ($P = 0,7$). Это исследование демонстрирует, что с помощью УЗИ возможно осуществление контроля за послеоперационными изменениями кожи.

Результаты приведенных исследований свидетельствуют о том, что УЗИ кожи лица имеет большое значение как в повседневной практике дерматологов и косметологов, так и в исследовательской работе.

Заключение

Данные литературы показывают, что ультразвуковое исследование кожи является одной из востребованных диагностических процедур в дерматологии, косметологии и онкологии [1; 2; 15]. Морфологическое строение кожи в целом одинаково на различных участках, в ее строении участвуют одинаковые клетки, выполняющие одни и те же функции [8]. Уникальность кожи лица состоит в том, что на первый план выходят косметические проблемы, которые ограничивают диагностические возможности [1].

Использование стандартных низкочастотных (7–10 МГц) ультразвуковых датчиков малоинформативно в диагностике заболеваний ко-



жи. Ситуация изменилась, когда в клиническую практику были внедрены датчики с высокой частотой сканирования (более 20 МГц) [6]. Благодаря высокочастотным датчикам и специализированным сканерам повысилась разрешающая возможность метода. Врачу стала доступна неинвазивная прижизненная морфологическая диагностика кожи [23; 24].

Обладая высокой чувствительностью и специфичностью, УЗИ кожи является неоценимой процедурой в диагностике новообразований, планировании хирургических вмешательств. В повседневной практике дерматолога и косметолога УЗИ кожи занимает прочное место, позволяя избегать биопсии, осложнений во время и после косметологических процедур. Для кожи лица большое значение имеет ее внешний вид, поскольку он говорит о здоровье и благополучии организма. УЗИ кожи представляет собой удобный и безопасный метод диагностики различных поражений кожи и подкожной клетчатки, сопоставимый по точности с методом биопсии кожи.

Выводы

1. Структура кожи, особенности ее строения с учетом наличия или отсутствия патологических образований, визуализируемые при проведении УЗИ, составляют основу понятия «ультразвуковая анатомия кожи».

2. В настоящее время проведение УЗИ кожи осуществляется с применением современных датчиков, повышающих разрешающую способность данного метода.

3. При проведении УЗИ здоровой кожи могут быть визуализированы три слоя: эпидермис, дерма и подкожная жировая клетчатка, а также придатки кожи (волосы с фолликулами и ногти) и сосуды малого диаметра, находящиеся в дерме и верхнем слое подкожной жировой клетчатки.

4. Значение УЗ-метода исследования кожи при злокачественных новообразованиях достаточно велико, что связано с его высоким разрешением, позволяющим сделать вывод о размерах образования, его расположении в слоях кожи, локализации относительно сосудов.

5. Использование УЗИ кожи в дерматологии и косметологии является новым перспективным направлением, благодаря которому возможна не только визуализация патологических изменений кожи, но и контроль эффективности проводимых косметологических процедур.

Список литературы

1. Безуглый А.П., Бикбулатова Н.Н., Шугинина Е.А. и др. Ультразвуковое исследование кожи в практике врача-косметолога // Вестник дерматологии и венерологии. 2011. №3. С. 142–152.
2. Курдина М.И., Макаренко Л.А., Маркина Н.Ю. Ультразвуковая диагностика в дерматологии // Российский журнал кожных и венерических болезней. 2009. №4. С. 11–15.



3. Катунина О.Р., Зубарев А.Р. Современные неинвазивные технологии визуализации в дерматологии // Вестник дерматологии и венерологии. 2011. №5. С. 41–53.
4. Mandava A., Ravuri P.R., Konathan R. High-resolution ultrasound imaging of cutaneous lesions // Indian J. Radiol. Imaging. 2013. Vol. 23, №3. P. 93–102.
5. Wortsman X., Wortsman J. Sonographic outcomes of cosmetic procedures // Am. J. Roentgenol. 2011. Vol. 197, №5.
6. Jasaitiene D., Valiukeviciene S., Linkeviciute G. Principles of high-frequency ultrasonography for investigation of skin pathology // J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol. 2011. Vol. 25. P. 375–382.
7. Kleinerman R., Whang T.B., Bard R.L., Marmur E.S. Ultrasound in dermatology: principles and applications // J. Am. Acad. Dermatol. 2012. Vol. 67, №3. P. 478–487.
8. Гистология кожи. URL: <http://www.dermatolog4you.ru/stat/ivanov/gistology.html> (дата обращения: 12.08.2019).
9. Mlosek R.K., Malinowska S. Ultrasound image of the skin, apparatus and imaging basics // J. Ultrason. 2013. Vol. 13, №53. P. 212–221.
10. Здоровье и медицина. URL: <https://health-medicine.info/ultrazvukovoe-issledovanie-kozhi/> (дата обращения: 12.08.2019).
11. Смысленова М.В. Эхография в диагностике эпителиальных кист мягких тканей челюстно-лицевой области // Радиология – практика. 2012. №2. С. 32–38.
12. Adhikari S., Blaiwas M. Sonography first for subcutaneous abscess and cellulitis evaluation // J. Ultrasound Med. 2012. Vol. 31, №10. P. 1509–1512.
13. Библиотека сканограмм. URL: <http://skinscan.ru/library> (дата обращения: 12.08.2019).
14. Alexander H., Miller D.L. Determining skin thickness with pulsed ultrasound // J. Invest. Dermatol. 1979. Vol. 72. P. 17–19.
15. Badea R., Crişan M., Lupşor M., Fodor L. Diagnosis and characterization of cutaneous tumors using combined ultrasonographic procedures (conventional and high resolution ultrasonography) // Med. Ultrason. 2010. Vol. 12, №4. P. 317–322.
16. Резайкин А.В. Ультразвуковая диагностика новообразований кожи // Вестник последиplomного медицинского образования. 2009. №3–4. С. 17–18.
17. Catalano O., Roldán F.A., Varelli C. et al. Skin cancer: findings and role of high-resolution ultrasound // J. Ultrasound. 2019. Vol. 9. P. 1–9.
18. Nassiri-Kashani M., Sadr B., Fanian F. et al. Operative assessment of basal cell carcinoma dimensions using high frequency ultrasonography and its correlation with histopathology // Skin Res. Technol. 2013. Vol. 19, №1. P. 132–138.
19. Chajra H., Auriol D., Joly F., Pagnon A. Reactivating the extracellular matrix synthesis of sulfated glycosaminoglycans and proteoglycans to improve the human skin aspect and its mechanical properties // Clin. Cosmet. Investig. Dermatol. 2016. №9. P. 461–472.
20. Lee K.W., Kim S.H., Gil Y.C. et al. Validity and reliability of a structured-light 3D scanner and an ultrasound imaging system for measurements of facial skin thickness // Clin. Anal. 2017. Vol. 30, №7. P. 878–886.
21. Nemati S., Banan R., Alizadeh A. Ultrasonographic evaluation of long-term results of nasal tip defatting in rhinoplasty cases // Laryngoscope. 2013. Vol. 123, №9. P. 2131–2135.
22. Wortsman X. Sonography of facial cutaneous basal cell carcinoma: a first-line imaging technique // J. Ultrasound Med. 2013. Vol. 32, №4. P. 567–572.
23. Meyer N., Lauwers-Cances V., Lourari S. et al. High-frequency ultrasonography but not 930-nm optical coherence tomography reliably evaluates melanoma thickness in vivo: a prospective validation study // Br. J. Dermatol. 2014. №171. P. 799–805.



24. Polanska A., Danczak-Pazdrowska A., Silny W. et al. Comparison between high-frequency ultrasonography (Dermascan C, version 3) and histopathology in atopic dermatitis // Skin Res. and Technol. 2013. Vol. 19, №4. P. 432–437.

Об авторах

Алия Туратбековна Омурзакова — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: alikalov@mail.ru

Владимир Александрович Изранов — д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой фундаментальной медицины, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: AIZranov@kantiana.ru

95

The authors

Aliya T. Omurzakova, PhD Student, I. Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: alikalov@mail.ru

Prof. Vladimir A. Izranov, Head of the Department of Fundamental Medicine, I. Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: AIZranov@kantiana.ru