



МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья.
<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-6-22-30>

Сравнительный анализ ультразвукового исследования кожи высокочастотными датчиками

И. Н. Бондаренко*

ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», Москва

Реферат

Ультразвуковое исследование кожи проведено 63 женщинам, использовали высокочастотный линейный датчик 10–22 МГц на поверхности сканирования в В-режиме и режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК), глубина сканирования 7 мм, а также датчик 6–18 МГц в В-режиме, глубина сканирования 15 мм. Измеряли толщину дермы между эпидермисом и подкожной жировой клетчаткой в средней и нижней трети лица в стандартных точках. В качестве дополнительного анатомического ориентира для определения границы между дермой и гиподермой использовали субдермальное сосудистое сплетение, которое хорошо визуализировалось в режиме ЦДК. Сравнение 3 и более групп независимых количественных параметров осуществляли с помощью дисперсионного анализа методом поиска зависимостей в полученных данных путем исследования значимости различий в средних значениях. Уровень значимости представляли по критерию Ф. Фишера. В результате анализа дисперсий получили уровень значимости 0,15, на основании чего сделали вывод, что при измерении толщины дермы высокочастотными датчиками 10–22 МГц и 6–18 МГц различия нет. Оптимальная глубина сканирования с целью измерения толщины кожи 7–15 мм. Оценку микроциркуляции кожи следует проводить в режиме доплеровских технологий при частоте повторения импульса менее 1 кГц.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование кожи, диагностика изменений кожи, ультразвуковое исследование высокого разрешения.

Финансирование исследования и конфликт интересов

Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Автор заявляет, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.

* **Бондаренко Игорь Николаевич**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», Москва.

Адрес: 109431, г. Москва, ул. Авиаконструктора Миля, д. 15, к. 1.
Тел.: +7 (918) 433-35-29. Электронная почта: docbin81@gmail.com
ORCID.org/0000-0003-0545-47-09

Bondarenko Igor Nikolaevich, Ph. D. Med., Senior Research Fellow, Central Research Institute of Radiation Diagnostics, Ltd, Moscow.

Address: 15/1, ul. Aviakonstruktora Milya, Moscow, 109431, Russia.
Phone number: +7 (918) 433-35-29. E-mail: docbin81@gmail.com. ORCID.org/0000-0003-0545-47-09

© И. Н. Бондаренко.

MEDICAL TECHNOLOGY

Scientific article.

Comparative Analysis of Ultrasound Examination of the Skin High Frequency Transducers

I. N. Bondarenko*

Central Research Institute of Radiation Diagnostics, Ltd, Moscow

Abstract

Ultrasound examination of the skin was performed on 63 women, using a 10–22 MHz high frequency linear transducer on the scanning surface in B-mode and Color Doppler Imaging (CDI) mode with the scanning depth of 7 mm, as well as a 6–18 MHz transducer in B-mode with the scanning depth of 15 mm. The thickness of the dermis was measured between the epidermis and the subcutaneous adipose tissue in the middle and lower third of the face at standard points. To determine the border between the dermis and hypodermis, we used the subdermal vascular plexus as an additional anatomical landmark, which was well visualized in the CDI mode. Comparison of three or more groups of independent quantitative parameters was carried out using ANOVA (Analysis of Variance) for looking for dependencies in the data obtained by determining the significance of differences in means. The level of significance was presented according to F. Fisher's criterion. As a result of the analysis of variance, a significance level was 0.15, based on which it was concluded that there is no difference in measuring the thickness of the dermis with 6–18 MHz and 10–22 MHz high frequency transducers. The optimal scanning depth for measuring the skin thickness is 7–15 mm. Evaluation of the skin microcirculation should be carried out in the Doppler mode at a pulse recurrence frequency of less than 1 kHz.

Key words: Ultrasound Examination of the Skin, Skin Diagnostics, High-Resolution Ultrasound Examination.

Research funding and conflict of interest

The study was not funded by any sources. The author state that this work, its theme, subject and content do not affect competing interests.

Актуальность

Ультразвуковое исследование в косметологии и дерматологии применяется более 10 лет. Анализ отечественной и зарубежной литературы выявил, что ранее исследования проводились линейными датчиками 14 МГц на поверхности сканирования, не приспособленных для визуализации всех слоев кожи, ее сосудов и нижележащих структур, размеры которых измеряются в десятых и сотых долях миллиметра [6, 7]. В боль-

шинстве публикаций, описывающих ультразвуковую структуру кожи, представлены изображения, полученные высокочастотными датчиками без режима доплеровских технологий [1, 10]. В ряде научных работ показана роль соноэластографии в оценке патологических изменений кожи, подкожной клетчатки и при возрастных изменениях [9, 12]. В последние годы появились публикации с описанием возможностей

применения высокочастотных датчиков 6–18 и 10–22 МГц для проведения ультразвукового исследования кожи, оценки ее толщины и изучения особенностей васкуляризации [2, 5, 8, 13]. Подробно представлена методология исследования кожи и мягких тканей лица, при этом не проводился сравнительный анализ сопоставления результатов, полученных при работе разными высокочастотными датчиками, на различной глубине сканирования в В-режиме и доплеровских технологий [3, 4].

Цель: определить оптимальные параметры ультразвукового исследования толщины дермы высокочастотными датчиками.

Материалы и методы

Ультразвуковое исследование (УЗИ) выполняли на аппарате экспертного класса MyLab Twice (Esaote, Италия), использовали линейные датчики SL3116 с частотой 10–22 МГц в В-режиме, режиме ЦДК и LA435 с частотой 6–18 МГц в В-режиме. Измерение толщины дермы проводили в стандартных точках средней и нижней трети лица, на гелевой подушке (толстый слой геля между датчиком и поверхностью эпидермиса), при одинаковых настройках аппарата. Калиперы устанавливали между эпидермисом и подкожной жировой клетчаткой (ПЖК). Дополнительным ориентиром границы между дермой и гиподермой в режиме ЦДК служило субдермальное сосудистое сплетение. Результаты измерения представлены в миллиметрах. В режиме ЦДК с целью определения субдермальных и интрадермальных сосудов использовали частоту повторения импульса (ЧПИ) 1 кГц – 750 Гц.

Обследованы 63 женщины в возрасте от 22 до 59 лет, без выраженной

соматической и острой дерматологической патологии, которым последовательно измеряли толщину дермы в средней и нижней трети лица датчиком 10–22 МГц в В-режиме и режиме ЦДК при глубине сканирования 7 мм, затем датчиком 6–18 МГц на глубине сканирования 15 мм. Пациенты были разделены по возрастам на 2 группы: молодой возраст (18–44 года), средний возраст (45–59 лет) согласно принятой классификации ВОЗ. Полученные результаты заносили в таблицы Excel, обрабатывали с помощью программы Statistica 13 и MS Office Excel 2010. Проверяли количественные параметры на нормальность распределения, использовали критерий Шапиро – Уилка. При нормальном распределении параметры представляли в виде среднего (M) и стандартного отклонения (SD), средние значения сравнивали с помощью критерия Стьюдента для независимых выборок. В случае отклонения гипотезы о нормальности параметры представляли в виде медианы (Me) и 25-го и 75-го перцентиля, их сравнение осуществляли с помощью U-критерия Манна – Уитни. Сравнение трех и более групп независимых количественных параметров проводили с помощью дисперсионного анализа методом поиска зависимостей в полученных данных путем исследования значимости различий в средних значениях. Уровень значимости представляли по критерию Ф. Фишера.

Результаты и их обсуждение

Группы были сопоставимы, анализ сравниваемых параметров по росту, массе тела, следовательно, индексу массы тела, отличий не обнаружено ($p > 0,05$). Средние значения и Me толщины дермы средней и

нижней трети лица, полученные при УЗИ в разных режимах и глубине сканирования у женщин молодого и среднего возраста, приведены в табл. 1. При сравнении дермы выявлена статистически значимая разница, толщина кожи уменьшалась с возрастом и в нижней трети лица относительно средней трети.

На рисунках 1–4 приведены примеры определения толщины дермы у 4 пациентов в разных режимах: в В-режиме датчиками 10–22 и 6–18 МГц, а также режиме ЦДК датчиком 10–22 МГц.

При ультразвуковом сканировании высокочастотными датчиками в В-режиме на глубине 7 и 15 мм кожа визуализировалась как 3-компонентная структура, с гиперэхогенным верхним слоем эпидермиса и неоднородной дермой за счет гипоэхогенного сосочкового слоя и гиперэхогенного сетчатого. На эхограммах пациента 1 толщина эпидермиса 0,14 мм, дермы 1,5 (рис. 1, а), 1,6 мм

(рис. 1, б). ПЖК изоэхогенная, неоднородная, с множественными гиперэхогенными линейными прослойками.

Исследование датчиком 10–22 МГц в В-режиме и ЦДК на глубине сканирования 7 мм не отличалось по структуре строения кожи. Эпидермис определялся гиперэхогенной полосой толщиной 0,17 мм. Дерма соответствовала неоднородной структуре с гипоэхогенным сосочковым слоем толщиной 0,9 мм в В-режиме и 0,73 мм в режиме ЦДК, гиперэхогенным сетчатым слоем толщиной 0,28 мм в В-режиме, 0,23 мм в режиме ЦДК. Общая толщина дермы в В-режиме 1,1 мм, 0,91 мм в режиме ЦДК. Между дермой и гиподермой визуализируется субдермальный сосуд (рис. 2, а, б).

В режиме ЦДК хорошо видны сосуды на границе дермы и гиподермы как в поперечном, так и в продольном сечении и идущие от них косо-перпендику-

Таблица 1

Средние значения ($M \pm SD$) и Me (25-го; 75-го процентиля) толщины дермы в сравниваемых группах

Датчик/режим	Группа женщин, возраст 18–44 года (n = 32) Толщина, мм	Группа женщин, возраст 45–59 лет (n = 31) Толщина, мм	Уровень значимости
Средняя треть лица в проекции инфраорбитального отверстия ($M \pm SD$)			
10–22 / В-режим	1,87 ± 0,35	1,567 ± 0,23	<0,0001*
10–22 / ЦДК	1,74 ± 0,29	1,548 ± 0,217	0,003*
6–18 / В-режим	1,89 ± 0,34	—	—
Нижняя треть лица в проекции овала лица (Me 25-го; 75-го процентиля)			
10–22 / В-режим	1,4 (1,4; 1,5)	1,3 (1,2; 1,3)	0,000835**
10–22 / ЦДК	1,4 (1,3; 1,45)	1,2 (1,2; 1,4)	0,000651**
6–18 / В-режим	1,4 (1,4; 1,55)	1,2 (1,2; 1,3)	0,000058**

Примечание: * — по парному Т-критерию Стьюдента для независимых выборок, ** — по U-критерию Манна — Уитни.

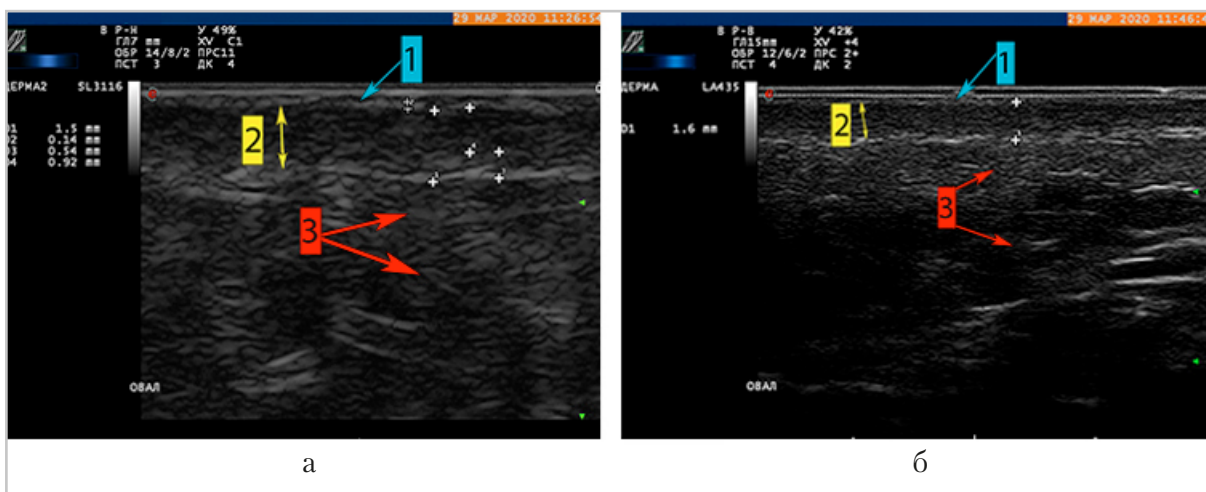


Рис. 1. Эхограммы дермы в нижней трети лица в В-режиме датчиком 10–22 МГц (а), глубина сканирования 7 мм, и датчиком 6–18 МГц (б), глубина сканирования 15 мм: 1 – эпидермис, 2 – дерма, 3 – ПЖК

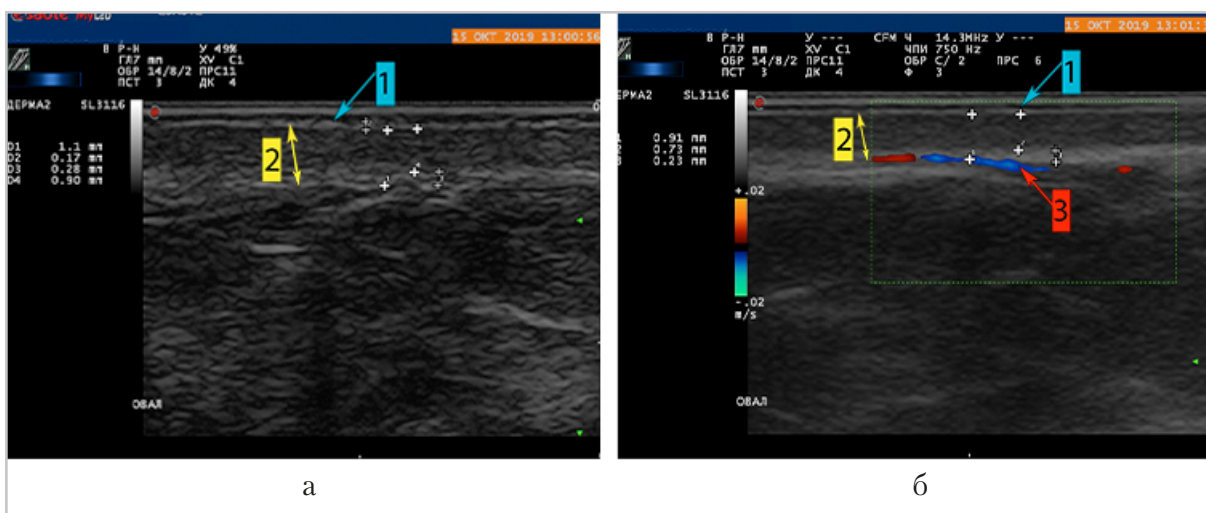


Рис. 2. Эхограммы кожи в проекции овала лица датчиком 10–22 МГц в В-режиме (а) и режиме ЦДК (б), глубина сканирования 7 мм: 1 – эпидермис, 2 – дерма, 3 – сосуд на границе дермы и гиподермы

лярно сосуды дермы по направлению к эпидермису (рис. 2, б; 3, б; 4, а). Эпидермис отличался по толщине на разных участках в зоне интереса, как видно на рисунке 3, а, варьируя в пределах 0,15–0,29 мм, что соответствует физиологическим процессам эксфолиации. Толщина дермы составила в обоих режимах 1,8 мм (рис. 3, а, б).

В ПЖК определялись септы, оторги поверхностной фасции лица, которые соответствовали волнистым, линейным гиперэхогенным структурам (рис. 4, б). Толщина дермы на эхограммах пациента 4 в ЦДК 1,2 мм (рис. 4, а), в В-режиме – 1,1 мм (рис. 4, б).

Исследование разными датчиками могло отличаться в пределах 0,1–0,2 мм.

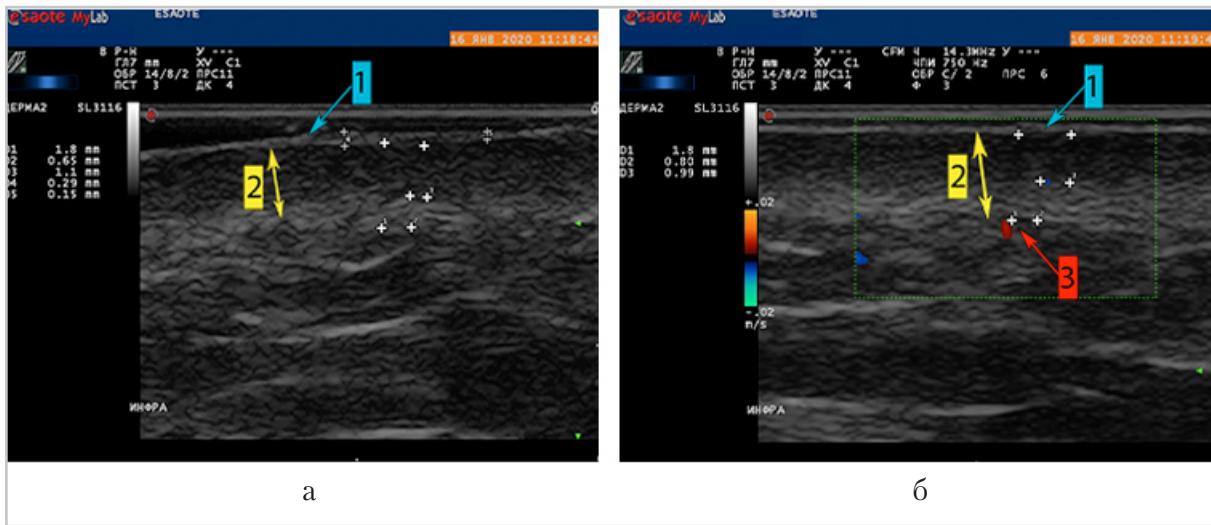


Рис. 3. Эхограммы кожи инфраорбитальной области по среднезрачковую линию датчиком 10–22 МГц в В-режиме (а) и в режиме ЦДК (б), глубина сканирования 7 мм, сагиттальный срез: 1 – эпидермис, 2 – дерма, 3 – сосуд на границе дермы и гиподермы

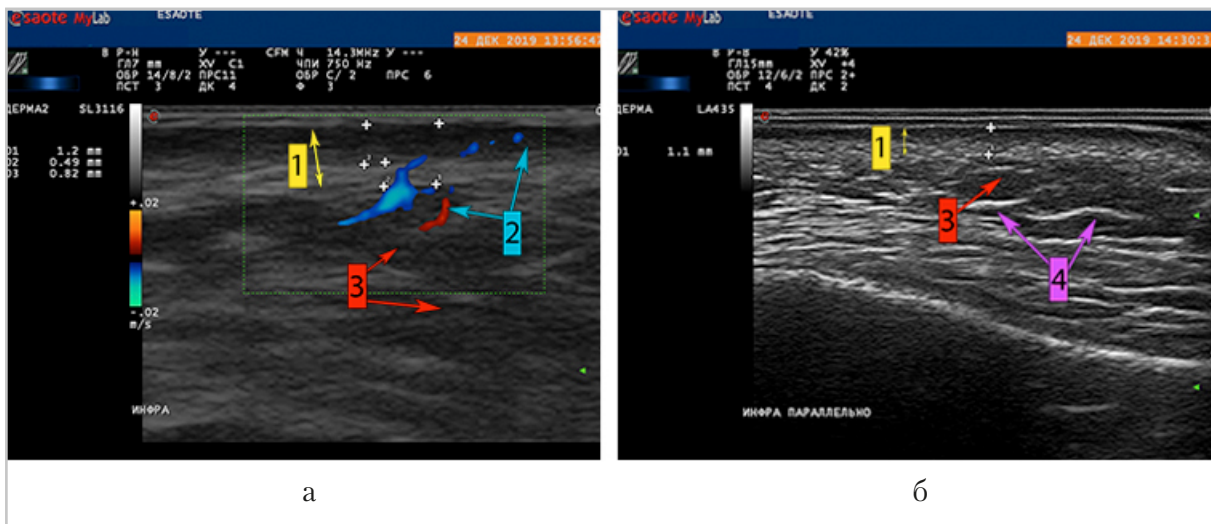


Рис. 4. Эхограммы дермы средней трети лица датчиком 10–22 МГц в режиме ЦДК (а), глубина сканирования 7 мм, и датчиком 6–18 МГц (б) в В-режиме, глубина сканирования 15 мм: 1 – дерма, 2 – сосуды дермы и гиподермы, 3 – ПЖК, 4 – септы поверхностной и собственной фасции лица

При сравнении параметров попарно наглядно видно, что различия статистически не значимы (табл. 2). В результате анализа дисперсий получили уровень значимости 0,15 и выше, на основании чего можно сделать вывод, что при измерении толщины дермы высокочастот-

ными датчиками 10–22 МГц и 6–18 МГц различия нет.

По мнению автора, лучшее качество изображения кожи достигается при использовании высокочастотных датчиков 10–22 МГц. В-режим позволяет получать информацию об эхострукту-

Таблица 2

Попарные уровни значимости 3 измерений толщины дермы

Датчик/режим	10–22 МГц / В-режим	10–22 МГц / режим ЦДК	6–18 МГц / В-режим
10–22 МГц / В-режим	—	0,306754*	0,920231*
10–22 МГц / режим ЦДК	0,306754*	—	0,154657*
6–18 МГц / В-режим	0,920231*	0,154657*	—

Примечание: * – уровень значимости по критерию Ф. Фишера.

ре различных слоев кожи, измерять их толщину. В режиме реального времени возможно неинвазивно исследовать кровоснабжение кожи, определять вид сосудов и в случае необходимости оценивать скоростные показатели, применяя режим ЦДК. Недостатком высокочастотных датчиков 10–22 МГц является отсутствие режима компрессионной эластографии, который есть в датчике 6–18 МГц, что позволяет дополнительно получать информацию о жесткости кожи. Для экспертной оценки состояния кожи оптимально использовать оба датчика и все режимы. Полученные в ходе исследования результаты оптимизируют методологию ультразвукового сканирования кожи, дополняют имеющиеся данные, повышают качество проведения диагностической процедуры. Толщину кожи необходимо учитывать при планировании инъекционных и аппаратных процедур по эстетическим показаниям.

Выводы

1. Статистический анализ не выявил значимых различий в определении толщины дермы датчиками 10–22 МГц и 6–18 МГц в В-режиме и в режиме ЦДК при глубине сканирования 7–15 мм.
2. Для лучшей визуализации дермы рекомендуется использовать высо-

кочастотный датчик 10–22 МГц в В-режиме и в режиме ЦДК при частоте повторения импульса от 1 КГц и ниже, с определением субдермального сосудистого сплетения как анатомической границы между дермой и гиподермой.

3. При отсутствии высокочастотных датчиков 10–22 МГц для измерения толщины дермы можно использовать датчики 6–18 МГц.

Список литературы

1. Безуглый А. П., Бикбулатова Н. Н, Шугина Е. А., Белков П. А., Хабутдинова Н. Р. Ультразвуковое исследование кожи в практике врача-косметолога // Вестник дерматологии и венерологии. 2011. № 3. С. 142–152.
2. Бондаренко И. Н. Роль ультразвукового исследования высокого разрешения в анализе структуры и причин осложнений после имплантации косметологических нитей в мягкие ткани лица и шеи // Инновационная медицина Кубани. 2021. № 2. С. 14–20. <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2021-22-2-14-20>
3. Бондаренко И. Н. Ультразвуковая характеристика кожи, мягких тканей лица, шеи, кистей рук у женщин разных возрастных групп: нерандомизированное наблюдательное кросс-секционное исследование // Кубанский научный

- медицинский вестник. 2021. № 28 (3). С. 16–28. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-3-16-28>
4. Васильев А. Ю., Привалова Е. Г., Бондаренко И. Н. Ультразвуковое исследование в косметологии. М.: ООО «Фирма СТРОМ», 2020. 112 с.: ил.
 5. Вендиктова Д. Ю. Диагностические возможности комплексного ультразвукового исследования кожи // Смоленский медицинский альманах. 2016. № 1. С. 53–56.
 6. Зубейко К. А., Курлович М. В., Смысленкова М. В., Привалова Е. Г. Ультразвуковое исследование кожи (обзор литературы) // Радиология — практика. 2014. № 6 (48). С. 40–49.
 7. Омурзакова А. Т., Изранов В. А. Ультразвуковые особенности строения кожи лица. Ультразвуковая диагностика // Лучевая диагностика и терапия. 2020. № 1S. С. 208–229. DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-1S-208-229.
 8. Привалова Е. Г. Применение УЗИ высокого разрешения в дифференциальной диагностике осложнений после контурной пластики лица. Лучевая диагностика в стоматологии, отоларингологии и офтальмологии // Лучевая диагностика и терапия. 2020. № 1S. С. 43–55. DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-1S-43-55.
 9. Троян В. Н., Васильев А. Ю., Крюков Е. В., Дмитращенко А. А., Курлович М. В., Лубашев Я. А., Асеева И. А. Ультразвуковое исследование высокого разрешения в дифференциальной диагностике злокачественных образований кожи и подкожной клетчатки // Военно-медицинский журнал. 2017. № 7. С. 31–35.
 10. Agabalyan N. A., Su S., Sinha S., Gabriel V. Comparison between high-frequency ultrasonography and histological assessment reveals weak correlation for measurements of scar tissue thickness. *Burns*. 2017. V. 43. No. 3. P. 531–538. DOI: 10.1016/j.burns.2016.09.008.
 11. Ambroziak M., Pietruski P., Noszczyk B., Paluch Ł. Ultrasonographic elastography in the evaluation of normal and pathological skin — a review. *Postepy Dermatol. Alergol.* 2019. V. 36. No. 6. P. 667–672. DOI: 10.5114/ada.2018.77069.
 12. Barcaui E. de O., Carvalho A. C., Piñeiro-Maceira J., Barcaui C. B., Moraes H. Study of the skin anatomy with high-frequency (22 MHz) ultrasonography and histological correlation. *Radiol. Bras.* 2015. V. 48. No. 5. P. 324–329. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-3984.2014.0028>.
 13. Wortsman X. Sonography of Dermatologic Emergencies. *J. Ultrasound Med.* 2017. V. 36. No. 9. P. 1905–1914. DOI: 10.1002/jum.14211.

References

1. Bezugly A. P., Bikbulatova N. N., Shuginina E. A., Belkov P. A., Habutdinova N. R. Ultrasound examination of the skin in the practice of a cosmetologist. *Bulletin of dermatology and venerology*. 2011. No. 3. P. 142–152 (in Russian).
2. Bondarenko I. N. The role of high-resolution ultrasonic examination in the analysis of the structure and causes of complications after cosmetological thread implantation into the face and neck soft tissues. *Innovative Medicine of Kuban*. 2021. No. 2. P. 14–22. <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2021-22-2-14-20> (in Russian).
3. Bondarenko I. N. Ultrasonic diagnosis of skin, facial, neck and hand soft tissue in women of different age: a non-randomised observational cross-sectional study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2021. No. 28 (3). P. 16–28. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-3-16-28> (in Russian).

4. *Vasil'ev A. Yu., Privalova E. G., Bondarenko I. N.* Ultrasound Examination in Esthetic Sciencs. STROM, 2020. 122 p. (in Russian).
5. *Venidiktova D. Yu.* Diagnostic possibilities of an integrated ultrasonic study of skin. Smolensk Medical Almanac. 2016. No. 1. P. 53–56 (in Russian).
6. *Zubeyko K. A., Kurlovich M. V., Smyslenova M. V., Privalova E. G.* Ultrasound examination of the skin (literature review). Radiology – practice. 2014. No. 6 (48). P. 40–49 (in Russian).
7. *Omurzakova A.T., Izranov V.A.* Ultrasonic features of the structure of the skin of the face. Ultrasound diagnostics. Diagnostic radiology and radiotherapy. 2020. No. 1S. P. 208–229. DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-1S-208-229 (in Russian).
8. *Privalova E. G.* High-resolution ultrasonography in differential diagnosis of complications after face contouring. Imaging in dentistry, otolaryngology and ophthalmology. Diagnostic radiology and radiotherapy. 2020. No. 1S. 43–55. DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-1S-43-55 (in Russian).
9. *Troyan V. N., Vasil'ev A. Yu., Kryukov E. V., Dmitrashchenko A. A., Kurlovich M. V., Lubashev Ya. A.* High resolution ultrasound in the differential diagnosis of malignant skin and subcutaneous tissue. Military Medical Journal. 2017. No. 7. P. 31–35 (in Russian).
10. *Agabalyan N. A., Su S., Sinha S., Gabriel V.* Comparison between high-frequency ultrasonography and histological assessment reveals weak correlation for measurements of scar tissue thickness. Burns. 2017. V. 43. No. 3. P. 531–538. DOI: 10.1016/j.burns.2016.09.008.
11. *Ambroziak M., Pietruski P., Noszczyk B., Paluch Ł.* Ultrasonographic elastography in the evaluation of normal and pathological skin – a review. Postepy Dermatol. Alergol. 2019. V. 36. No. 6. P. 667–672. DOI: 10.5114/ada.2018.77069.
12. *Barcaui E. de O., Carvalho A. C., Piñeiro-Maceira J., Barcaui C. B., Moraes H.* Study of the skin anatomy with high-frequency (22 MHz) ultrasonography and histological correlation. Radiol. Bras. 2015. V. 48. No. 5. P. 324–329. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-3984.2014.0028>.
13. *Wortsman X.* Sonography of Dermatologic Emergencies. J. Ultrasound Med. 2017. V. 36. No. 9. P. 1905-1914. DOI: 10.1002/jum.14211.

Сведения об авторе

Бондаренко Игорь Николаевич, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», Москва.

Адрес: 109431, г. Москва, ул. Авиаконструктора Миля, д. 15, к. 1.

Тел.: +7 (918) 433-35-29. Электронная почта: docbin81@gmail.com

ORCID.org/0000-0003-0545-47-09

Bondarenko Igor Nikolaevich, Ph. D. Med., Senior Research Fellow, Central Research Institute of Radiation Diagnostics, Ltd, Moscow.

Address: 15/1, ul. Aviakonstruktora Milya, Moscow, 109431, Russia.

Phone number: +7 (918) 433-35-29. E-mail: docbin81@gmail.com. ORCID.org/0000-0003-0545-47-09

Дата поступления статьи в редакцию издания: 08.07.2021 г.

Дата одобрения после рецензирования: 26.07.2021 г.

Дата принятия статьи к публикации: 09.07.2021 г.