

Глава 3

Методы цифровой визуализации при оценке кожи и внешности

Визуальная оценка внешности — первый и самый распространенный метод, который применяют сами к себе пациенты и который применяют к пациентам врачи косметологи и дерматологи. В косметологии и эстетической медицине визуальная оценка имеет ряд серьезных проблем, связанных прежде всего с условиями наблюдения (освещенность, ракурс, положение) и психологическим статусом пациента, определяющим его самооценку. В дерматологии к перечисленным проблемам прибавляются ограничения возможностей человеческого глаза как оптического детектора — предел разрешающей способности не дает рассматривать детали на микроскопическом уровне, а узкий спектральный диапазон не позволяет воспринимать мир в инфракрасном и ультрафиолетовом свете. Данные ограничения делают затруднительным и даже невозможным определение некоторых признаков, присущих дерматологическим заболеваниям.

С момента появления в медицинской практике инструментов, расширяющих возможности глаза, например дерматоскопов, ряд ограничений в визуальной оценке внешности и диагностике заболеваний был преодолен. Но настоящий прорыв в этом направлении случился в 90-х гг. прошлого века, когда в нашу жизнь вошли методы создания цифровых изображений, появились дешевые способы их хранения и копирования, а также стали развиваться алгоритмы их анализа.

3.1. Сферы применения и виды методов цифровой визуализации поверхности кожи

В широком смысле можно сказать, что цифровая визуализация поверхности кожи — это фотография непокрытой одеждой или косметикой кожи, полученная с помощью цифровых методов захвата изображений. В дерматологии она необходима для постановки диагноза и назначения лечения.

В косметологии и эстетической медицине — для оценки состояния кожи и внешности и назначения соответствующих средств и процедур. При решении как терапевтических, так и эстетических задач цифровая визуализация позволяет оценивать эффективность проводимого лечения или коррекции.

В **косметологии** распространены следующие виды цифровой визуализации:

- 1) цифровая фотография;
- 2) цифровое видео;
- 3) системы построения трехмерных моделей на основе анализа цифровых фотографий.

В **эстетической медицине** основными направлениями цифровой визуализации являются:

- 1) выявление проблем и эстетических дефектов, диагностика;
- 2) консультации пациентов, повышение их комплаентности;
- 3) фотодокументирование;
- 4) создание фотографий «до» и «после», оценка эффективности лечения;
- 5) моделирование результата лечения.

В **дерматологии** с помощью оптических устройств для захвата макроснимков (цифровая фотография) и микроснимков (цифровая дерматоскопия) осуществляют:

- 1) тотальное картирование тела;
- 2) цифровую дерматоскопию;
- 3) цифровую трихоскопию.

Воспринимающая часть большинства аппаратов для цифровой визуализации — это оптический инструмент, фиксирующий свет, отраженный кожей. Верхние слои кожи полупрозрачны для видимого света, особенно для его красного диапазона. Тем не менее глубина проникновения света в кожу невелика, и объектом исследования методов цифровой визуализации поверхности кожи является в основном эпидермис и верхние слои дермы с глубиной анализа не более 0,5 мм. Этим данные методы отличаются от ультразвуковой диагностики, позволяющей визуализировать структуры на глубине до 10 мм.

Все цифровые методы используют цифровые изображения. Первичное изображение захватывает **матрица устройства захвата изображения** — фото- или видеочамера, затем это изображение проходит обработку, компрессию и в готовом виде демонстрируется **устройством цифровой визуализации** через экран компьютера.

Устройством цифровой визуализации может выступать как обычный цифровой фотоаппарат или смартфон, так и сложный программно-аппаратный комплекс, использующий компьютерные алгоритмы оценки изображений, базы данных и даже искусственный интеллект.

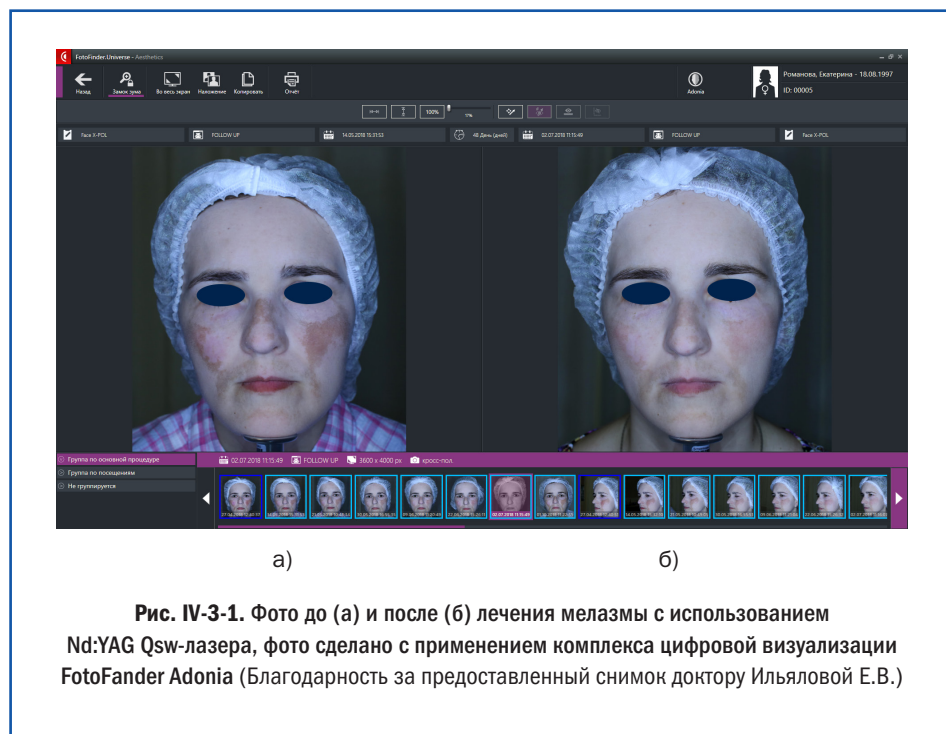
Ко всем системам цифровой визуализации предъявляется важное требование: единообразие условий захвата изображений (условий съемки). Только те системы, которые соответствуют этому требованию, могут быть использованы для объективного анализа изображений и оценки эффективности лечения. Приведем примеры систем, которые все активнее внедряются в клиническую практику.

3.2. Цифровая фотография и фотодокументирование

Система FotoFinder aesthetics ATBM (FotoFinder Systems GmbH, Германия) сегодня считается одной из наиболее совершенных и удобных для получения стандартизированных снимков лица и тела и их дальнейшего анализа [Salerni G., et al., 2012]. Основу системы составляет цифровая фотокамера, оснащенная роботизированным штативом, перемещающим камеру, и сопряженным устройством освещения объекта съемки. Расстояние между камерой и пациентом определяется лазерным указателем. Камера работает под управлением компьютерной программы, процесс съемки проводится в полуавтоматическом режиме: оператор просит пациента занимать нужные позиции, следуя встроенному настраиваемому гиду. Таким образом выполняется единообразие условий съемки: при каждом визите и фотографировании пациента захват изображений производится при следующих одинаковых параметрах:

- настройки камеры и объектива;
- расстояние до пациента;
- освещение (интенсивность, спектр, направление, количество источников света);
- ракурс — положение фотографируемого участка относительно объектива камеры и угол наклона его плоскости относительно оптической оси;
- поза пациента.

Поскольку единообразие этих параметров контролируются автоматически, получается создавать практически безупречные снимки «до» и «после» (**рис. IV-3-1**). Снимки хранятся в базе данных и привязаны к пациенту, дате снимка, участку съемки, позиции во время съемки и



даже планируемой процедуре. С ними удобно работать — сравнивать и смотреть динамику изменений, экспортировать в формат pdf и распространяемые форматы растровых изображений для последующего использования вне стен клиники. Помимо фотодокументирования, оценки эффективности лечения, создания собственного портфолио результатов «до» и «после» система FotoFinder используется для планирования лечения и обсуждения его вместе с пациентом. Во время консультаций врач может использовать встроенный редактор и конструктор назначений, создавая на готовом фотоизображении план будущего лечения и планируя различные процедуры. Возможность в ходе консультаций наблюдать свои фотографии на большом экране значительно повышает комплаентность пациента и его доверие к врачу.

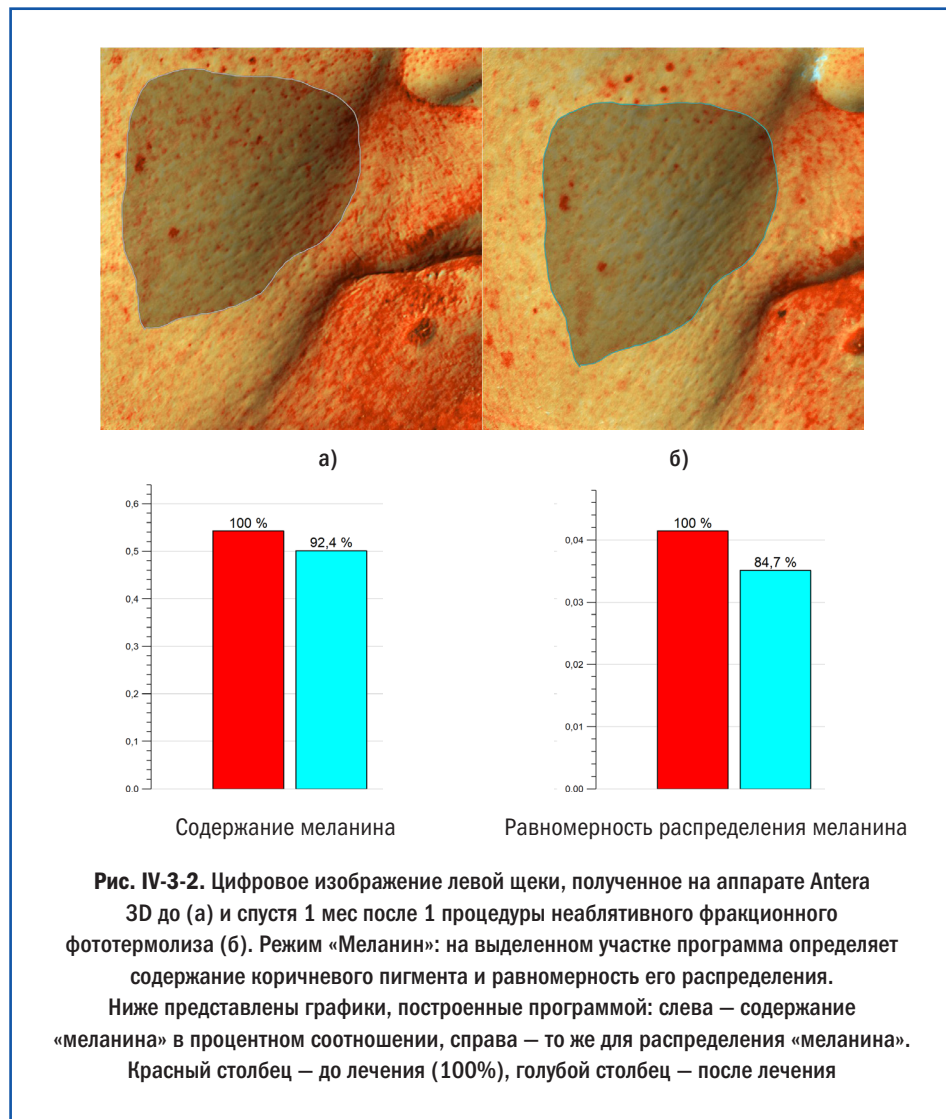
3.3. 3D-моделирование на основе анализа цифровых фотографий

Фотография и видео — это моментальная или динамическая проекция трехмерного объекта на двумерную плоскость. Однако изображение на плоскости не может дать нам абсолютно точного представления об объемной форме предмета. Мы определяем объемы лица и тела на фотографии только по соотношению контуров и распределению теней, ориентируясь на наш собственный опыт восприятия. Чтобы облегчить процесс оценки формы, в эстетической медицине используются системы 3D-моделирования. Работа таких систем основана на анализе снимков разных проекций одной и той же области или участка тела. Программное обеспечение строит трехмерное изображение, анализируя несколько снимков [Clementoni M.T., et al., 2015]. Рассмотрим это на примере системы Antera 3D (Miravex Ltd., Ирландия).

Antera 3D представляет из себя цифровую фотокамеру с кожухом, ограничивающим поле съемки от внешнего освещения. Камера окружена светодиодами, которые включаются поочередно и освещают поле съемки светом разного спектрального диапазона. В течение пары секунд устройство делает несколько сот снимков одного и того же участка кожи, при этом каждый снимок освещен с разного направления и имеет разную цветность подсветки. Программа анализирует информацию и строит трехмерную модель, на которой с высокой точностью прорисована вся геометрия поверхности. Компьютерный алгоритм позволяет количественно оценить самые разные параметры, такие как глубину и протяженность морщин, число пор, индекс неровности, объемы «минус-ткани» и «плюс-ткани». Использование светодиодов различного диапазона излучения дает возможность выявить распределение в коже меланина и гемоглобина. Таким образом, данное устройство является универсальным инструментом как для оценки макро- и микрорельефа кожи, так и для цифровой оценки цвета, что важно во время первичного приема для выявления проблем, разработки стратегии лечения, подбора процедур и в дальнейшем для мониторинга изменений (**рис. рис. IV-3-2, IV-3-3**).

3.4. Цифровая фотография и цифровая дерматоскопия

Дерматоскопия и цифровая фотография используется дерматологами в разных аспектах, но, пожалуй, самым важным из них является оценка



и мониторинг злокачественных новообразований. Определение рака кожи на ранних стадиях может быть организовано гораздо проще, чем большинство других видов рака, но для этого требуется решение двух задач: а) своевременное обнаружение всех недавно появившихся новообразований, б) анализ визуально определяемых признаков новообразований и отсле-

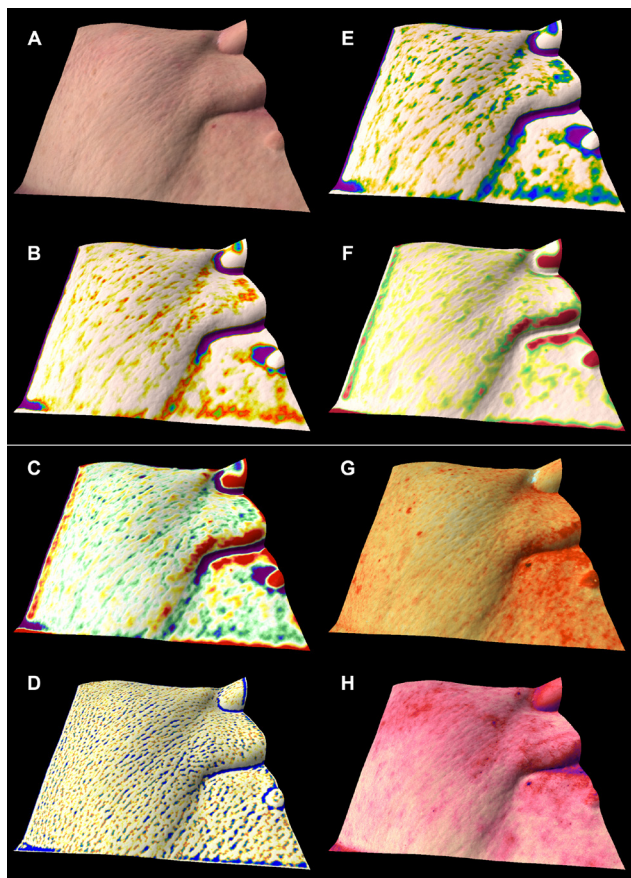


Рис. IV-3-3. Трехмерная визуализация участка правой щеки, выполненная с использованием аппарата Antera 3D: А – цветной снимок, В – режим «Морщины», С – режим «Текстура», D – режим «Поры», E – режим «Углубления», F – режим «Выступы», G – режим «Меланин», H – режим «Гемоглобин»

живание их эволюции. Эти задачи с успехом выполняют сегодня два метода цифровой визуализации — **цифровая фотография, включающая картирование тела**, и **цифровая дерматоскопия**.

Цифровая фотография используется в среднем 82% американских дерматологов для постановки диагноза и динамического наблюдения [Oliveria

S.A., et al., 2004]. Данный метод способствует раннему выявлению меланомы у пациентов группы высокого риска [Wang S.Q., et al., 2004]. Разновидностью цифровых снимков является фотография, полученная в определенном УФ-диапазоне. Общий снимок тела (total body photography, TBP) подразумевает выполнение от 4 до 50 (в среднем 24) фотографий пациента в нескольких ракурсах [Dengel L.T., et al., 2014]. Дополнение TBP к самоанализу кожи повышает суммарную эффективность методов с 60 до 72% и увеличивает специфичность диагностики с 96 до 98% [Accetta P., et al., 2013].

Дерматоскопия использует 10 и более кратное увеличение для выявления широкого спектра дерматологических заболеваний. Снимки, выполненные с помощью дерматоскопа, можно сохранять для дальнейшего наблюдения, анализировать, использовать в телемедицине.

3.4.1. Автоматическое тотальное картирование поверхности тела (АТВМ)

Автоматическое тотальное картирование тела (automated total body mapping, АТВМ) — разновидность TBP, позволяющая делать снимок тела в автоматическом режиме и сравнивать фотографии одного и того же участка с использованием компьютерного алгоритма. Данный метод помогает выявить вновь появившиеся новообразования путем сопоставления актуального и предыдущего снимка. Является эффективным способом выявления меланомы *de novo* у пациентов с большим количеством невусов.

Система FotoFinder АТВМ bodystudio под управлением компьютера осуществляет съемку всей поверхности тела пациента с использованием циф-

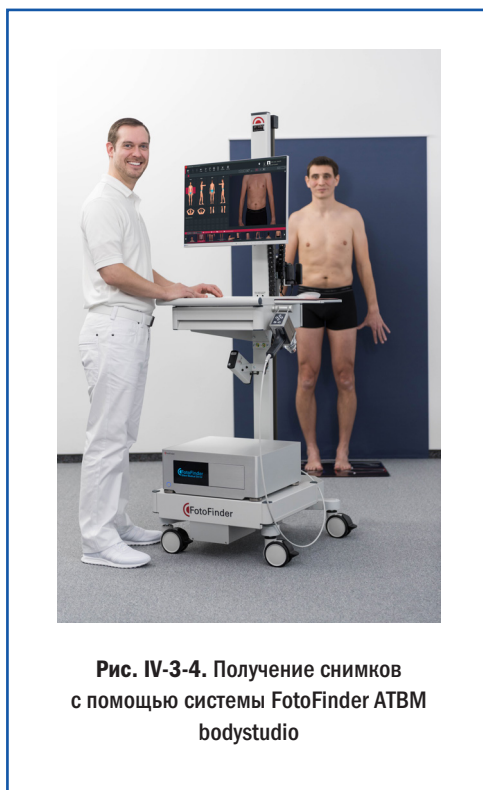


Рис. IV-3-4. Получение снимков с помощью системы FotoFinder АТВМ bodystudio

рового зеркального фотоаппарата. Создаются 20 стандартных снимков разных участков тела в строго определенной последовательности, при этом врач (или медицинская сестра) руководит пациентом, указывая, какие позы ему следует принять (**рис. IV-3-4**). На готовых фотографиях можно отметить все подозрительные участки, после чего перейти к режиму дерматоскопии.

Макроснимок и последующие дерматоскопические микроснимки связываются между собой в программе, что важно при анализе поверхности тела с большим количеством новообразований. Автоматический режим и одинаковые параметры съемки, строго повторяемые позиции и позы пациента позволяют создавать пары макроснимков, подходящих для объективного сравнения и компьютерного анализа изменений поверхности кожи. Встроенный модуль сканирования изображений Bodyscan автоматически сравнивает снимки, сделанные во время разных визитов, и отмечает все новообразования, которые появились с момента предыдущего посещения, а также те, которые значительно изменились. Подобное исследование позволяет осуществлять раннюю диагностику меланомы у пациентов, имеющих на теле десятки и сотни невусов, — в ситуации, когда ни они сами, ни их лечащий врач не в состоянии отследить появление новых поражений.

3.4.2. Цифровая дерматоскопия

Можно сказать, что цифровая дерматоскопия появилась в момент появления цифровой фотографии и микрообъективов, позволяющих делать снимок с 10–20-кратным увеличением. Сегодня распространены дерматоскопы, которые можно совмещать специальным адаптером с объективом фотоаппарата и даже с объективом камеры смартфона. Полученные на таком устройстве микроснимки можно копировать и сохранять на компьютере. Эти решения относительно дешевы и доступны, однако не всегда позволяют получить изображение высокого качества, поскольку в их основе лежит цифровая фотография, сделанная устройством, изначально не предназначенным для такого способа применения.

Пример профессионального цифрового дерматоскопа — видеодерматоскоп FotoFinder medicam 1000. Данное устройство содержит цифровую видеокамеру, сопряженную с автоматически настраиваемым объективом, персональным компьютером и работающую под управлением специального программного обеспечения. Оно позволяет получать высококачественные микрофотографии новообразований с использованием всех известных

методов дерматоскопии и увеличением до 140 крат (**рис. IV-3-5**). Камера видеодерматоскопа обеспечивает высокую точность цветопередачи и четкость изображения, что важно для выявления признаков злокачественности, а также при трихоскопическом исследовании. В отличие от фотокамеры видеокамера транслирует сигнал непрерывно, что облегчает фокусировку

и сокращает время на получение резких качественных изображений. Живое видео и полученные изображения транслируются на жидкокристаллическом экране монитора, предназначенном для просмотра медицинских изображений и откалиброванном так, чтобы врач видел цвета изображения на экране таким же, каким он видит его глазами в оптическом дерматоскопе.

Качество изображений, удобство и высокая скорость съемки — не единственное преимущество цифровой дерматоскопии. Компьютерная программа FotoFinder universe позволяет хранить все изображения в удобной базе данных. Например, каждому микроизображению предшествует создание обзорного макроснимка, который прикрепляется к профилю пациента, на макроснимке врач отмечает маркерами все интересующие его новообразования и затем изучает каждое из них, делая снимок при помощи видеодерматоскопа. При следующем визите пациента врач руководствуется уже сделанным обзорным макроснимком, чтобы найти на нем интересующие его новообразования и повторно исследовать их при помощи видеодерматоскопа. Так создаются условия, очень важные для продолжительного наблюдения: благодаря цифровой визуализации и базе данных программы врач точно знает, какое новообразование изменилось и как оно изменилось.



Рис. IV-3-5. Цифровое изображение злокачественной меланомы, выполненное при помощи цифрового видеодерматоскопа medicam 1000, 20-кратное увеличение

3.4.3. Цифровая трихоскопия

В трихологии фототрихограмма наряду с трихоскопией предоставляет важные данные для постановки правильного диагноза. Для построения трихограммы небольшой участок волосистой части головы пациента вырывают и спустя 48 ч отросшие волосы красят черной краской. После делают микрофотографию цифровым



Рис. IV-3-6. Цифровое изображение волосистой части головы, выполненное при помощи цифрового видеодерматоскопа medicam 1000, 70-кратное увеличение

дерматоскопом и анализируют изображение в компьютерной программе, алгоритм которой распознает каждый волос и измеряет его длину и ширину. Затем выстраивается трихограмма, содержащая исчерпывающие данные о плотности волос, соотношении волос в телогене и анагене, средней толщине стержней волос, количестве пушковых и терминальных волос и т.д. (**рис. IV-3-6**). Для обычных трихоскопических изображений используются сервисы удаленного анализа, для чего привлекаются высококлассные специалисты-трихологи, которые могут подтвердить диагноз на основе изображений и предварительного анамнеза. Для цифровой трихоскопии чрезвычайно важно качество изображения и точность цветопередачи, дифференциальная диагностика здесь почти всегда построена на визуальном определении признаков заболевания [Sar-Pomian M., et al., 2014].

Конечно, фототрихограмма существовала еще до появления цифровой визуализации и успешно применялась для диагностики заболеваний волос, но современные аналитические программы заменяют человека, беря на себя рутинную работу по подсчету и измерению. Те результаты, на получение которых раньше приходилось тратить час, сегодня получают за минуту.

3.5. Искусственный интеллект в системах цифровой визуализации

Вместе с созданием высококачественных цифровых изображений и развитием информационных технологий появились новые уникальные возможности анализа новообразований. Если раньше видимые признаки злокачественного новообразования или заболевания мог определить только специалист в области дерматоскопии, то сегодня роль человека все больше и больше берут на себя компьютерные алгоритмы. Самым новым и очень перспективным направлением в анализе изображений сегодня является использование искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект на основе конвенциональных нейронных сетей для диагностики онкологических заболеваний кожи впервые был описан в журнале Nature в 2017 г. [Esteva A., et al., 2017]. Первой коммерчески доступной программой, использующей искусственный интеллект на основе нейросетей, стала Moleanalyser pro. Предварительное обучение искусственного интеллекта происходило на более чем 100 000 цифровых изображений с доказанным диагнозом. Сейчас искусственный интеллект Moleanalyser pro определяет риск наличия злокачественного процесса точнее, чем это делает опытный специалист в области дерматоскопии. Опубликованное недавно исследование, проведенное в институте Хейдельберга [Haenssle H.A., et al., 2018], показало более высокую точность и специфичность искусственного интеллекта в определении злокачественных новообразований по сравнению со специалистами в области дерматоскопии.

В момент написания этой главы компания FotoFinder Systems готовится представить новую систему АТВМ для автоматического тотального картирования с 50-мегапиксельной фотокамерой, делающей фотоснимки тела такой степени разрешения, что возможно увеличивать часть изображения с новообразованием без потери качества до масштабов, сопоставимых с масштабом микроснимка, полученного на дерматоскопе. Фактически в ходе такой тотальной дерматоскопии программа определяет каждое новообразование и делает его «микроснимок» фотоаппаратом. Далее такой микроснимок может быть отправлен для оценки модулем искусственного интеллекта, который определит риск наличия злокачественного процесса. В итоге всего после нескольких минут, ушедших на фотографирование и анализ изображений, врач получает карту новообразований, в отношении которых следует предпринимать меры.

Цифровые технологии — это одна из самых активно развивающихся сегодня отраслей науки и техники. Возможности сенсоров, программ, отображающих экранов, линий телекоммуникаций постоянно растут. Вместе с этим растут и возможности цифровой визуализации в поверхности кожи. Будущее, в котором цифровая визуализация и анализ изображений станут стандартами в эстетической медицине, косметологии и дерматологии, уже началось.

Источники и рекомендуемая литература

Книги серии «Курс НОВАЯ КОСМЕТОЛОГИЯ» (под общ. ред. Эрнандес Е.И.), М.: ИД «Косметика и медицина»:

- Основы современной косметологии, 2-е изд., расширенное и дополненное (2019)
- Инъекционные методы в косметологии, 2-е изд., расширенное и дополненное (2018)
- Возрастная и гендерная косметология (2016)
- Косметические средства (2015)

Книги серии «Мировой бестселлер» (под общ. ред. Эрнандес Е.И.), М.: ИД «Косметика и медицина»):

- Барретт-Хилл Ф. Advanced skin Analysis. Диагностика кожи в практике косметолога и дерматолога (2017)

Вебсайт ООО «БиоМедТех», www.biomedtech.biz

Вебсайт СК electronic GmbH, Германия; www.courage-khazaka.de

Вебсайт Cortex Technology, Дания; www.cortex.dk

Вебсайт FotoFinder Systems GmbH, Германия; www.fotofinder.de

Вебсайт Miravex Ltd, Ирландия; www.miravex.com

Захарова М.А., Куроедов А.В. Оптическая когерентная томография: технология, ставшая реальностью. РМЖ «Клиническая офтальмология» 2015; 4: 204–211.

Accetta P., Accetta J., Kostecki J. The use of digital cameras by US dermatologists. J Am Acad Dermatol 2013; 69(5): 837–838.

Clementoni M.T., Lavagno R. A novel 1565 nm non-ablative fractional device for stretch marks: A preliminary report. J Cosmet Laser Ther. 2015; 17(3): 148–155.

Dengel L.T., Petroni G.R., Judge J., et al. Total body photography for skin cancer screening. Int J Dermatol 2014; 54(11): 1250–1254.

Dinnes J., Bamber J., Chuchu N., et al. Cochrane Skin Cancer Diagnostic Test Accuracy Group. High-frequency ultrasound for diagnosing skin cancer in adults. Cochrane Database Syst Rev. 2018 Dec 4; 12: CD013188.

Esteva A., Kuprel B., Novoa R.A., Ko J., Swetter S.M., Blau H.M., Thrun S. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017; 542(7639): 115–118.

Haenssle H.A., Fink C., Schneiderbauer R., et al. Man against machine: diagnostic performance of a deep learning convolutional neural network for dermoscopic melanoma recognition in comparison to 58 dermatologists. *Ann Oncol*. 2018; 29(8): 1836–1842.

Oliveria S.A., Chau D., Christos P.J., et al. Diagnostic accuracy of patients in performing skin self-examination and the impact of photography. *Arch Dermatol* 2004; 140(1): 57–62.

Rajadhyaksha M., González S., Zavislan J.M., Anderson R.R., Webb R.H. In vivo confocal scanning laser microscopy of human skin II: advances in instrumentation and comparison with histology. *J Invest Dermatol*. 1999; 113(3): 293–303.

Salerni G., Carrera C., Lovatto L., MD, Puig-Butille J.A., Badenas C., Plana E., Puig S, Malvehy J., Benefits of total body photography and digital dermatoscopy (“two-step method of digital follow-up”) in the early diagnosis of melanoma in patients at high risk for melanoma. *J Am Acad Dermatol*. 2012; 67(1): 17–27.

Sar-Pomian M, Kurzeja M, Rudnicka L, Olszewska M. The value of trichoscopy in the differential diagnosis of scalp lesions in pemphigus vulgaris and pemphigus foliaceus. *An Bras Dermatol*. 2014; 89(6): 1007–1012.

Schmitt A.M. Principles and application of optical coherent tomography in dermatology. *Dermatology*. 2008; 217(1): 12–13.

Serban E.D., Farnetani F., Pellacani G., Constantin M.M. Role of In Vivo Reflectance Confocal Microscopy in the Analysis of Melanocytic Lesions. *Acta Dermatovenerol Croat*. 2018; 26(1): 64–67. Review.

Wang S.Q., Kopf A.W., Koenig K., et al. Detection of melanomas in patients followed up with total cutaneous examinations, total cutaneous photography, and dermoscopy. *J Am Acad Dermatol* 2004; 50(1): 15–20.