

## Неинвазивные аппаратные методы диагностики состояния кожи

© А.Р. КОШКИНБАЕВА<sup>1</sup>, Я.А. ЮЦКОВСКАЯ<sup>2</sup>, О.А. ПОНОМАРЕВА<sup>1</sup>, Б.К. ОМАРКУЛОВ<sup>1</sup>,  
А.В. ОГИЗБАЕВА<sup>1</sup>, Т.Б. АБРАМОВА<sup>1</sup>, С.Г. УРУСТЕМБЕКОВА<sup>3</sup>, А.А. КОСЯКОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НАО «Медицинский университет Караганды», Караганда, Казахстан;

<sup>2</sup>ООО «Клиника профессора Юцковской», Москва, Россия;

<sup>3</sup>РГП на ПХВ «Казахский научный центр дерматологии и инфекционных заболеваний» МЗ РК, Алматы, Казахстан

### РЕЗЮМЕ

Кожа обладает важными защитными функциями от множества экзогенных факторов и патогенных микроорганизмов, а также играет важную роль в терморегуляции, метаболических процессах и сенсорном восприятии. Помимо этого важна и эстетическая составляющая кожи. В настоящее время люди все более беспокоятся возрастными изменениями кожи лица (появление морщин и пигментных пятен, провисание, тусклая и сухая кожа, неровный тон кожи). Существует множество косметологических и лечебных процедур, которые помогают улучшить состояние стареющей кожи. Однако зачастую их эффективность оценивается субъективно — насколько пациент и врач визуально довольны результатами проведенного лечения. Поэтому актуален вопрос объективизации оценки эффективности таких процедур. Мы рассмотрели неинвазивные аппаратные методики диагностики состояния кожи (дерматоскопия, измерение эластичности кожи, мексаметрия, оценка трансэпидермальной потери воды, конфокальная микроскопия, себуметрия, спектроскопия), которые используют не только для первичной диагностики состояния кожи, но и для объективной оценки эффективности косметологических и лечебных процедур. Воспроизводимость, оперативность и интерпретируемость являются критическими аспектами для того, чтобы устройство считалось валидным и надежным.

**Ключевые слова:** диагностика кожи, аппаратные методы диагностики, кожный анализатор, неинвазивные методы диагностики кожи, старение кожи, характеристики кожи.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кошкинбаева А.Р. — <https://orcid.org/0009-0003-9795-6091>

Юцковская Я.А. — <https://orcid.org/0000-0003-3370-3039>

Понамарева О.А. — <https://orcid.org/0000-0002-0222-5794>

Омаркулов Б.К. — <https://orcid.org/0000-0002-3955-4452>

Огизбаева А.В. — <https://orcid.org/0000-0003-1006-1870>

Абрамова Т.Б. — <https://orcid.org/0009-0007-8121-1908>

Урустембекова С.Г. — <https://orcid.org/0009-0001-1523-6329>

Косякова А.А. — <https://orcid.org/0009-0007-4866-8826>

**Автор, ответственный за переписку:** Кошкинбаева А.Р. — e-mail: shar\_surgeon89@mail.ru

### КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Кошкинбаева А.Р., Юцковская Я.А., Понамарева О.А., Омаркулов Б.К., Огизбаева А.В., Абрамова Т.Б., Урустембекова С.Г., Косякова А.А. Неинвазивные аппаратные методы диагностики состояния кожи. *Клиническая дерматология и венерология*. 2024;23(3):332–338. <https://doi.org/10.17116/klinderma202423031332>

## Non-invasive hardware methods of skin condition diagnosis

© A.R. KOSHKINBAYEVA<sup>1</sup>, YA.A. YUTSKOVSKAYA<sup>2</sup>, O.A. PONOMAREVA<sup>1</sup>, B.K. OMARKULOV<sup>1</sup>, A.V. OGIZBAYEVA<sup>1</sup>,  
T.B. ABRAMOVA<sup>1</sup>, S.G. URUSTEMBEKOVA<sup>3</sup>, A.A. KOSSYAKOVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Clinic of Professor Yutskovskaya, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Kazakh Scientific Center of Dermatology and Infectious Diseases, Almaty, Kazakhstan

### ABSTRACT

Skin has important barrier functions against a variety of exogenous factors and pathogenic microorganisms, as well as plays an important role in thermoregulation, metabolic processes and sensory perception. In addition, the aesthetic component of the skin is also important. Currently, people are increasingly concerned about age-related facial skin changes (wrinkles and pigmented spots appearance, sagging, dull and dry skin, uneven skin tone). There are many cosmetic and treatment procedures that help to improve the condition of aging skin. Nevertheless, their effectiveness is often assessed subjectively, namely how the patient and doctor are visually satisfied with the treatment results. Therefore, the issue of objective evaluation of these procedures' effectiveness is relevant. We have considered non-invasive hardware methods of skin condition diagnosis (dermoscopy, skin elasticity measurement, mexametry, assessment of transepidermal water loss, confocal microscopy, sebumetry, spectroscopy), which are used not only for the primary diagnosis of skin condition, but also for the objective evaluation of cosmetic and treatment procedures' effectiveness. Repeatability, efficiency and interpretability are critical aspects for the device to be considered valid and reliable.

**Keywords:** skin diagnosis, hardware methods of diagnosis, skin analyzer, non-invasive methods of skin diagnosis, skin aging, skin characteristics.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:**Koshkinbayeva A.R. — <https://orcid.org/0009-0003-9795-6091>Yutskovskaya Ya.A. — <https://orcid.org/0000-0003-3370-3039>Ponomareva O.A. — <https://orcid.org/0000-0002-0222-5794>Omarkulov B.K. — <https://orcid.org/0000-0002-3955-4452>Ogizbayeva A.V. — <https://orcid.org/0000-0003-1006-1870>Abramova T.B. — <https://orcid.org/0009-0007-8121-1908>Urustembekova S.G. — <https://orcid.org/0009-0001-1523-6329>Kossyakova A.A. — <https://orcid.org/0009-0007-4866-8826>**Corresponding author:** Koshkinbayeva A.R. — e-mail: shar\_surgeon89@mail.ru**TO CITE THIS ARTICLE:**

Koshkinbayeva AR, Yutskovskaya YaA, Ponomareva OA, Omarkulov BK, Ogizbayeva AV, Abramova TB, Urustembekova SG, Kossyakova AA. Non-invasive hardware methods of skin condition diagnosis. *Russian Journal of Clinical Dermatology and Venereology*. 2024;23(3):332–338. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/klinderma202423031332>

## Введение

В настоящее время старение кожи лица — одна из наиболее распространенных косметологических проблем. Многие заметные проявления, такие как морщины, провисание, неровный тон кожи, тусклая и сухая кожа, могут существенно повлиять на самооценку и социальные отношения [1–3]. Механические свойства кожи обусловлены толщиной и качественными свойствами эпидермиса, дермы и подкожного слоя. С возрастом теряется эластичность, уменьшается толщина эпидермиса и снижается содержание коллагена, увеличивается количество морщин и пигментных изменений [4]. В старении кожи участвуют как внутренние (снижение биологических функций и воздействия активных форм кислорода, образующихся в результате клеточного метаболизма), так и внешние факторы (например, фотостарение кожи, индуцируемое хроническим воздействием солнечного света) [5].

Существует множество методов, которые могут улучшить состояние стареющей кожи и воздействовать на основные механизмы клеточного и молекулярного повреждения. Обычно качество кожи и улучшение ее состояния после проведенных процедур оцениваются просто визуально пациентом и врачом, что делает результаты довольно ненадежными. Для оценки эффективности применяемых процедур в косметологии и дерматологии могут применять стандартизованные шкалы, которые все же остаются в некотором смысле субъективными: общая оценка исследователем гиперпигментации (investigator global assessment of hyperpigmentation), общая оценка исследователем фотоповреждения (investigator global assessment of photodamage), оценка «гусиных лапок» по шкале Базина, глобальное эстетическое улучшение, оцениваемое как врачом, так и пациентом (subject global aesthetic improvement), а также различные субъективные опросники по косметическим свойствам качества и удовлетворенности лечением [6]. Но для определения эффективности применяемых в косметологии препаратов и процедур необходимы

не только субъективные, но и объективные методы оценки. В данном обзоре мы представляем информацию о существующих неинвазивных аппаратных методиках диагностики состояния кожи, о том, какие параметры они определяют и какие из них эффективнее применять в рутинной практике врача.

## Дерматоскопия

Дерматоскопия — метод исследования поверхностных поражений кожи с помощью дерматоскопа, важными элементами которого являются источник света (поляризованного или неполяризованного) и увеличительное стекло. Чаще используется для диагностики невусов, грибковых поражений, бородавок, опухолей кожи. В первые годы использования дерматоскопии распознавание и классификация дерматоскопических изображений в основном зависели от зрительного восприятия человека, но сегодня разрабатываются цифровые дерматоскопы с автоматической диагностикой состояния кожи, классификацией изображений по их визуальным характеристикам в рамках глубокого обучения, а также проводятся исследования с использованием нейронных сетей. Однако алгоритмы необходимо тщательно оценить, чтобы убедиться, что они точны, эффективны, экономичны и достаточно безопасны для клинического использования [7–9].

## Измерение эластичности кожи (кутометрия)

**Кутометр** — это неинвазивное измерительное устройство, которое позволяет определять вязкоупругие свойства кожи человека методом отсасывания кожи с помощью датчика с отрицательным давлением 400–500 мбар, благодаря чему кожа втягивается в апертуру зонда. Параметры кутометра коррелируют с уплотнением кожи и отеком дермы, и его используют для исследований нормальной кожи и заболеваний, влияющих на механику кожи, таких как псориаз

аз, склеродермия, рожа и др. [4]. Кутометры имеют зонды диаметром 2, 4, 6 и 8 мм. Чем больше диаметр всасывающего зонда, тем более глубокие слои кожи (дерма и подкожный слой) деформируются за счет всасывания, и это может влиять на результаты обследования. Чаще используют зонды диаметром 2 мм. Упругая кожа всасывается зондом хуже дряблой, и чем кожа эластичнее, тем быстрее она возвращается в исходное состояние [3, 4].

В день измерения обследуемых просят не пользоваться косметикой, комнатную температуру желательно держать в пределах от 19 °C до 23 °C для предотвращения потоотделения, а относительную влажность — на уровне 26—50%. Кроме того, обследуемые должны провести в обстановке, в которой будет проводиться измерение, в среднем в течение 20—30 мин, как, в принципе, и при любых методах аппаратной диагностики кожи. Измерение обычно проводят 3—5 раз с временем всасывания 2—5 с и последующим временем релаксации 2—3 с для каждого измерения. Полученные кривые деформации кожи анализируются с помощью встроенного программного обеспечения для получения значений параметров эластичности кожи. В большинстве исследований используют такие параметры, как R2 (общая эластичность кожи), R5 (чистая эластичность) и R7 (отношение упругого восстановления к общей деформации). Чем выше значения, тем лучше эластичность [1, 3, 10—13].

Однако систематический обзор M. Langeveld и соавт. показал, что для оценки эластичности кожи ни один кутометр в исследованиях не мог быть признан лучшим, поскольку ни одно исследование не продемонстрировало как минимум внутри- и межисследовательской надежности [14].

### Оценка трансэпидермальной потери воды и измерение гидратации кожи

Трансэпидермальная потеря воды (Transepidermal Water Loss, TEWL) — это плотность потока воды, которая диффундирует из дермы и эпидермиса через роговой слой к поверхности кожи. Значение TEWL зависит от проницаемости рогового слоя. Для нормальной кожи в условиях окружающей среды значение TEWL колеблется от 4 до 10 г/ч/м<sup>2</sup> (около 500 мл в день), но она может увеличиться в 30 раз при повреждении эпидермиса, поэтому показатели TEWL коррелируют с барьерной функцией кожи и могут являться показателем целостности рогового слоя [10, 15].

Европейская группа по измерению эффективности косметики и других продуктов местного применения (European Group for Efficacy Measurements on Cosmetics and Other Topical Products, EEMCO) опубликовала пересмотренные рекомендации по измерению гидратации и TEWL. Для определения TEWL

используют измеритель испарения, при этом существуют открытые, полукрытые и закрытые камеры, и у каждой из них есть свои недостатки. Измерения в открытой камере подвержены изменениям в зависимости от температуры, влажности и условий движения воздуха. Полуоткрытая камера помогает защитить от потока окружающего воздуха, но не допускает накопления влаги, которая может возникнуть в системе с закрытой камерой [15].

Оценка состояния гидратации рогового слоя эпидермиса обычно основана на использовании различных электроизмерительных систем, работающих на поверхности кожи, с использованием либо емкостного, либо кондуктометрического метода [16, 17]. Корнеометр с помощью прикладываемого зонда измеряет электрическую емкость, и чем выше содержание воды в эпидермисе, тем выше его электрическая емкость [3]. Однако различия в силе приложения зонда корнеометра (варьирующейся от 0,85 до 1,45 Н), низкое или высокое давление (неполное/полное сжатие пружины аппарата) приводит к разным результатам по гидратации. Исследователь должен соблюдать осторожность и не применять более сильное давление, в случае грубой и очень сухой поверхности кожи важно правильно прикладывать зонд [18].

### Оценка рельефа и текстуры кожи

Оценка рельефа и текстуры (микротопографии) кожи проводится оптическим трехмерным измерительным аппаратом с использованием цифрового полосного проекционного метода, а именно проецированием параллельных полос на поверхность кожи. Затем отраженные полосы попадают на матрицу фотокамеры, отцифровываются и обрабатываются программным обеспечением на основе разработанных математических алгоритмов, с помощью чего получают трехмерный профиль поверхности кожи. Можно оценить такие показатели, как гладкость, шероховатость, чешуйчатость кожи и наличие морщин. В систематическом обзоре M. Langeveld и соавт. выявлено, что наиболее надежным медицинским устройством для оценки текстуры кожи является аппарат PRIMOS с превосходной внутри- и межисследовательской надежностью по сравнению с аппаратом Visioscan [1, 3, 10, 14].

### Конфокальная микроскопия

Конфокальная микроскопия — неинвазивный метод, визуализирующий структуры на горизонтальных оптических срезах эпидермиса и дермы с хорошим контрастом и высоким разрешением, предоставляет цитологические и архитектурные детали кожи как, скажем, оптическая гистология кожи. Конфокальная микроскопия в основном ис-

пользуется в косметологии для изучения наличия кератиноцитов правильной и неправильной формы, морфологии коллагена, возможного эластола на дермальном уровне, пигментных характеристик кожи. Исследователи пытаются стандартизировать данные параметры по полуколичественным и качественным шкалам с целью улучшения распознавания, надежности и воспроизводимости этой методики [19].

Данный метод могут использовать также для изучения структуры коллагена путем оценки соотношения сетчатых, грубых, скрученных коллагеновых волокон, которое с возрастом меняется. У молодых людей здоровая кожа в основном имеет тонкие сетчатые волокна коллагена. С возрастом доля тонких сетчатых волокон уменьшается, появляется большое количество грубых и спутанных коллагеновых волокон, которые к тому же становятся фрагментированными, более короткими и менее организованными, что четко прослеживается на конфокальных изображениях. Данная методика помогает визуализировать кожу *in vivo* в ее естественном состоянии без дополнительной подготовки. По мнению некоторых авторов, конфокальная микроскопия может помочь врачам адаптировать лечение для удовлетворения уникальных потребностей отдельных пациентов, что в конечном счете приводит к оптимальному результату [19, 20]. Однако все же данная методика основана на субъективной оценке конфокальных изображений врачом.

### Оценка продукции себума ( кожного сала)

Количественное определение липидов поверхности кожи и липидов кожного сала, работы сальных желез проводят с помощью себуметра. Например, если сальные железы выделяют недостаточное количество себума, кожа будет более сухой. При этом исследовании к коже прикладывают специальную матовую ленту. Себуметр измеряет светопропускание данной ленты, которая меняется через 0,5 мин контакта с кожей и зависит от содержания кожного сала на поверхности кожи и того, как эта лента впитала его. Прозрачность ленты после контакта с кожей оценивают с помощью фотометрической системы себуметра. Уровень кожного сала выражается в микрограммах на 1 см<sup>2</sup> [21–23].

### Оценка пигментации кожи (индекс меланина)

Индекс меланина рассчитывается с помощью мексаметра по силе поглощенного и отраженного эпидермисом света различной длины при 660 и 880 нм. По результатам данного исследования врач определяет, насколько кожа подвержена фотостарению и

как хорошо она отражает ультрафиолетовые лучи. С помощью мексаметрии исследователи могут определить эффективность отбеливающих и солнцезащитных средств и процедур [1, 22–24].

### Методы обнаружения и оценки трансдермальной доставки активных соединений (лекарственных и косметологических средств)

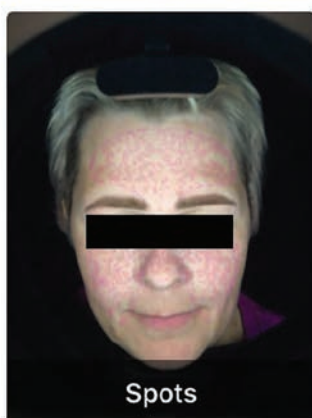
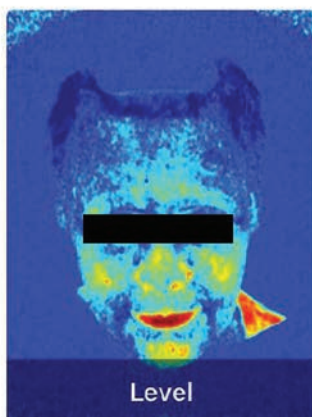
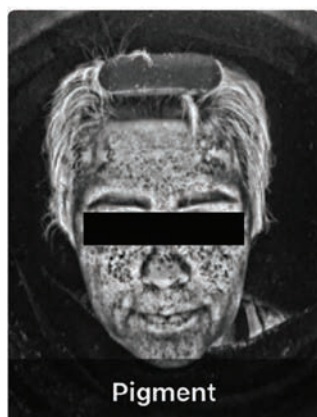
Электронная парамагнитная резонансная спектроскопия (ЭПР-спектроскопия) позволяет неинвазивно измерять способность кожи человека поглощать радикалы, тем самым исследуется антиоксидантная защита кожи. Например, в одном из исследований использовали радикал 2,2,6,6-тетраметил-1-пиперидинилокси (ТЕМРО), который наносили на кожу и оставляли на 10 мин для проникновения его в кожу. Затем делали измерения, в динамике количество радикалов уменьшалось, так как антиоксидантная система кожи уничтожает данные радикальные молекулы. Авторы выяснили, что чем больше уменьшение сигнала ЭПР с течением времени, тем выше антиоксидантная защита. Авторы также определили, что пероральное применение витамина С увеличивало способность кожи поглощать радикалы (т. е. антиоксидантную защиту) [25].

Помимо ЭПР-спектроскопии используют конфокальную рамановскую спектроскопию — неинвазивный метод, который предоставляет информацию о молекулярной и композиционной структуре кожи от поверхности кожи до нескольких микрон вглубь кожи (измеряется содержание аминокислот, белков, липидов и воды в различных участках кожи). Этот неинвазивный и неразрушающий метод может применяться бесконтактно, не требует подготовки проб и показывает большой потенциал для мониторинга чрескожного проникновения активных молекул лекарственных средств, косметических средств, выясняет их взаимодействие с компонентами кожи. Но есть и минусы данной методики: большинство методов когерентной рамановской спектроскопии либо слишком медленны, либо ограничены в диапазоне настройки. Многообещающим для решения этой проблемы является новое поколение волоконных лазеров, которые можно быстро настроить для визуализации гораздо большего количества видов лекарств в тканях. Пока основные трудности данного метода связаны с движениями тела, нарушениями сердечного ритма и эффектами лазерного нагрева, которые влияют на фокус лазера [26, 27].

В настоящее время FDA (Food and Drug Administration) поддерживает разработку и оценку технологий обнаружения и оценки трансдермальной



## Filters



Снимки, сделанные на анализаторе кожи лица Bitmoji AI SkinTester-MaxVersion (Китай).  
Images taken on Bitmoji AI SkinTester-MaxVersion facial skin analyzer (China).

доставки активных соединений, так как эти методы могут помочь охарактеризовать проникновение конкретных лекарств или косметологических средств в кожу. Продолжаются исследования в области масс-спектральной и оптической визуализации для повышения скорости, чувствительности, мультимодальности, компактности и портативности неинвазивных аппаратов.

### Современные «рутинные» анализаторы кожи лица

В описанных выше методах довольно часто используются различные зонды-датчики для измерения состояния кожи. Очевидно, что такого рода методы анализа отнимают много времени, помимо этого необходимы многократные контакты зондов-датчиков

с кожей, что может быть не очень удобным для пациентов. Для некоторых врачей аппараты не всегда доступны по ряду различных причин, в том числе из-за их дороговизны и возможных технических трудностей в использовании. В последнее время компьютерная диагностика широко применяется не только в области распознавания лиц, но и в косметологии и дерматологии для оценки состояния кожи [28].

Современные анализаторы кожи лица используют технологию анализа цифровых изображений через RGB (видимый свет), PL (поляризованный свет) и UV (ультрафиолетовый) спектры. Анализаторы оснащены камерой сверхвысокого разрешения, опорами для подбородка и лба, что обеспечивает стабилизацию головы пациента. Полученные мультиспектральные снимки лиц анализируются с помощью установленного программного обеспечения. Анализатор кожи лица является многофункциональным аппаратом, благодаря которому в зависимости от производителя возможно оценить текстуру и чувствительность кожи, кожный себум, гидратацию, шелушение, размеры пор, порфирины (наличие бактерий в порах), морщины, пигментные пятна, угри, черные точки [3, 29–33] (рисунки).

Сегодня активно проводятся исследования по разработке новых алгоритмов искусственного интеллекта, машинного обучения и даже мобильных приложений для диагностики состояния кожи, но из-за недостатка качественных и достоверных исследований пока широкое внедрение данных методов не может быть рекомендовано [8]. Несмотря на то что есть много методов диагностики состояния кожи, в большинстве проведенных исследований отсутствует достоверность, которая необходима для точного определения того, какие аппараты являются наиболее надежными и эффективными, в различных исследованиях используются совершенно разные аппараты от разных производителей. Устройства должны обладать как минимум внутри- и межисследовательской надежностью и обнаруживать клинически значимые изменения измеряемых параметров. Воспроизводимость, оперативность и интерпретируемость являются критическими аспектами для того, чтобы устройство считалось валидным и надежным [34].

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Rattanawitpong P, Wanitphakdeedecha R, Bumrungrert A, Maiprasert M. Anti-aging and brightening effects of a topical treatment containing vitamin C, vitamin E, and raspberry leaf cell culture extract: A split-face, randomized controlled trial. *J Cosmet Dermatol*. 2020;19(3):671–676. <https://doi.org/10.1111/jocd.13305>
- Gupta M, Gilchrist B. Psychosocial aspects of aging skin. *Clin Dermatol*. 2005;23(4):643–648.
- Goldie K, Kerscher M, Fabi SG, Hirano C, Landau M, Lim TS, Woolery-Lloyd H, Mariwalla K, Park Je-Y, Yutskovskaya Ya. Skin Quality — A Holistic 360° View: Consensus Results. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2021;14:643–654. <https://doi.org/10.2147/CCID.S309374>
- Ryu HS, Joo YH, Kim SO, Park KC, Youn SW. Influence of age and regional differences on skin elasticity as measured by the Cutometer. *Skin Res Technol*. 2008;4(3):354–358. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0846.2008.00302.x>
- Ichihashi M, Ando H, Yoshida M, Niki Y, Matsui M. Photoaging of the skin. *Anti-Aging Med*. 2009;6:46–59.
- Cantelli M, Ferrillo M, Granger C, Fabbrocini G. An open-label, investigator-initiated, single-center, prospective, pilot clinical study to evaluate the efficacy of a skin whitening serum applied twice daily combined with a spot-preventing SPF50+ sunscreen in healthy female subjects with melasma hyperpigmentation. *J Cosmet Dermatol*. 2022;21:1523–1532. <https://doi.org/10.1111/jocd.14271>
- Lai M, Muscianese M, Piana S, Chester J, Borsari S, Paolino G, Pellacani G, Longo C, Pampena R. Dermoscopy of cutaneous adnexal tumours: a systematic review of the literature. *JEADV*. 2022;36:1524–1540. <https://doi.org/10.1111/jdv.18210>
- Jones OT, Matin RN, van der Schaar M, Prathivadi Bhayankaram K, Ramuthu CKI, Islam MS, Behiyat D, Boscott R, Calanzani N, Emery J, Williams HC, Walter FM. Artificial intelligence and machine learning algorithms for early detection of skin cancer in community and primary care settings: a systematic review. *Lancet Digit Health*. 2022;4:e466–476. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(22\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(22)00023-1)
- Yang Sh, Shu C, Hu H, Ma G, Yang M. Dermoscopic Image Classification of Pigmented Nevus under Deep Learning and the Correlation with Pathological Features. *Comput Math Methods Med*. 2022; Article ID 9726181:11. <https://doi.org/10.1155/2022/9726181>
- Myung D-B, Lee J-H, Han H-S, Lee K-Y, Ahn HS, Shin Y-K, Lee K.-T. Oral Intake of Hydrangea serrata (Thunb.) Ser. Leaves Extract Improves Wrinkles, Hydration, Elasticity, Texture, and Roughness in Human Skin: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Nutrients*. 2020;12(6):1588. <https://doi.org/10.3390/nu12061588>
- Kim D-U, Chung H-C, Choi J, Sakai Y, Lee B-Y. Oral Intake of Low-Molecular-Weight Collagen Peptide Improves Hydration, Elasticity, and Wrinkling in Human Skin: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Nutrients*. 2018;10(7):826. <https://doi.org/10.3390/nu10070826>
- Ma L, Tan Y, Zheng S, Li J, Jiang C, Chen Z., Wang X. Correlation study between image features and mechanical properties of Han Chinese facial skin. *Int J Cosmet Sci*. 2016;39(1):93–100. <https://doi.org/10.1111/ics.12356>
- Yutskovskaya YaA, Kogan EA, Koroleva AYU. Clinical and histomorphological effectiveness comparison of the combined (stepwise) injection of a native biorevitalizing agent and calcium hydroxyapatite. *Russian Journal of Clinical Dermatology and Venereology*. 2022;21(6):849–859. <https://doi.org/10.17116/klinderma20221061849>
- Langeveld M, van de Lande LS, O' Sullivan E, van der Lei B, van Dongen JA. Skin measurement devices to assess skin quality: A systematic review on reliability and validity. *Skin Res Technol*. 2022;28:212–224. <https://doi.org/10.1111/srt.13113>
- Klotz T, Ibrahim A, Maddern G, Caplash Yu., Wagstaff. Devices measuring transepidermal water loss: A systematic review of measurement properties. *Skin Res Technol*. 2022;28:497–539. <https://doi.org/10.1111/srt.13159>
- Clarys P, Clijnsen R, Barel AO. Influence of probe application pressure on in vitro and in vivo capacitance (Corneometer CM 825) and conductance (Skicon 200 EX) measurements. *Skin Res Technol*. 2011;17(4):445–450. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0846.2011.00516.x>
- Tsai W-H, Chou C-H, Chiang Y-J, Lin C-G, Lee C-H. Regulatory effects of Lactobacillus plantarum-GMNL6 on human skin health by improving skin microbiome. *Int J Med Sci*. 2021;18(5):1114–1120. <https://doi.org/10.7150/ijms.51545>
- Kaźmierska A, Bolesławska I, Polańska A, Dańczak-Pazdrowska A, Jagielski P, Drzymała-Czyż S, Adamski Z, Przysławski J. Effect of Evening Prim-

- rose Oil Supplementation on Selected Parameters of Skin Condition in a Group of Patients Treated with Isotretinoin-A Randomized Double-Blind Trial. *Nutrients*. 2022;14(14):2980. <https://doi.org/10.3390/nu14142980>
19. Guida S, Longo C, Amato S, Rossi AM, Manfredini M, Ciardo S, Spadafora M, Nisticò SP, Mercuri SR, Rongioletti F, Zerbinati N, Pellacani G. Laser Treatment Monitoring with Reflectance Confocal Microscopy. *Medicina*. 2023;59(6):1039. <https://doi.org/10.3390/medicina59061039>
  20. Laing S, Bielfeldt S, Ehrenberg C, Wilhelm K-P. A Dermonutrient Containing Special Collagen Peptides Improves Skin Structure and Function: A Randomized, Placebo-Controlled, Triple-Blind Trial Using Confocal Laser Scanning Microscopy on the Cosmetic Effects and Tolerance of a Drinkable Collagen Supplement. *J Med Food*. 2020;23(2):147-152. <https://doi.org/10.1089/jmf.2019.0197>
  21. Rybak I, Carrington AE, Dhaliwal S, Hasan A, Wu H, Burney W, Sivamani RK. Prospective Randomized Controlled Trial on the Effects of Almonds on Facial Wrinkles and Pigmentation. *Nutrients*. 2021;13(3):785. <https://doi.org/10.3390/nu13030785>
  22. Li JN, Henning SM, Thames G, Bari O, Tran PT, Tseng C, Li Z. Almond consumption increased UVB resistance in healthy Asian women. *J. Cosmet. Dermatol*. 2021;20(9):2975-2980. <https://doi.org/10.1111/jocd.13946>
  23. Leo TK, Tan ESS, Amini F, Rehman N, Ng ESC, Tan CK. Effect of Rice (*Oryza sativa* L.) Ceramides Supplementation on Improving Skin Barrier Functions and Depigmentation: An Open-Label Prospective Study. *Nutrients*. 2022;14(13):2737. <https://doi.org/10.3390/nu14132737>
  24. Kim J, Lee YI, Mun S, Jeong J, Lee D-G, Kim M, Jo H, Lee S, Han K, Lee JH. Efficacy and Safety of Epidermidibacterium Keratini EPI-7 Derived Postbiotics in Skin Aging: A Prospective Clinical Study. *Int J Mol Sci*. 2023;24(5):4634. <https://doi.org/10.3390/ijms24054634>
  25. Lauer A-C, Groth N, Haag SF, Darvin ME, Lademann J, Meinke MC. Radical Scavenging Capacity in Human Skin before and after Vitamin C Uptake: An In Vivo Feasibility Study Using Electron Paramagnetic Resonance Spectroscopy. *J Invest Dermatol*. 2013;133(4):1102-1104. <https://doi.org/10.1038/jid.2012.420>
  26. Basson R, Lima C, Muhamadali H, Li W, Hollywood K, Li L, Bayat A. Assessment of transdermal delivery of topical compounds in skin scarring using a novel combined approach of Raman spectroscopy and HPLC. *Adv. Wound Care*. 2020;10(1):1-12. <https://doi.org/10.1089/wound.2020.1154>
  27. Penaa A-M, Chen X, Pence IJ, Bornschlög T, Jeong S, Grégoire S, Luen-go GS, Hallegot P, Obeidy P, Feizpour A, Chan KF, Evans CL. Imaging and quantifying drug delivery in skin — Part 2: Fluorescence and vibrational spectroscopic imaging methods. *Adv Drug Deliv Rev*. 2020;153:147-168. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2020.03.003>
  28. Chilicka K, Rogowska AM, Szyguła R, Dzieńdziora-Urbińska I, Taradaj J. A comparison of the effectiveness of azelaic and pyruvic acid peels in the treatment of female adult acne: a randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2020;10(1):12612. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69530-w>
  29. Adlina WA, Kasolang S. Skin behavior analysis using 3D skin analyzer: Pigmentation & elasticity. *Proc Inst Mech Eng*. 2020;367-368.
  30. Ratmelya DS, Reveny J, Harahap U. Test anti-aging activity in a face scrub preparation that contains coffee-grade active charcoal (*Coffea arabica* L.) with the addition of vitamin E. *Sci.: Pharm Sci* 2022;5(39):74-82. <https://doi.org/10.15587/2519-4852.2022.265402>
  31. Selivanova KG, Trubitsin AA, Avrunin OG. Development of a comprehensive method for the dermatoscopic images analysis of the facial skin with acne. *Biophysical bulletin*. 2021;46:34-45. <https://doi.org/10.26565/2075-3810-2021-46-01>
  32. Yu J-Y, Jang A-Y, Chang B-S. Comparative Analysis of Skin Condition after Using Cleansing Oil and Cleansing Water for Removing Facial Makeup. *Medico-legal Update*. 2019;19(2):526-532. <https://doi.org/10.5958/0974-1283.2019.00230.5>
  33. Widyawati T, Syarifah S, Nufus H. Artocarpus heterophyllus leaves extract improve facial skin in clay mask formulation. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ Sci*. 2021;713:012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/713/1/012040>
  34. Langeveld, M, van de Lande, LS, O' Sullivan, E, van der Lei, B, van Dongen, JA. Skin measurement devices to assess skin quality: A systematic review on reliability and validity. *Skin Res Technol*. 2022;28:212-224. <https://doi.org/10.1111/srt.13113>

Поступила в редакцию 25.09.2023

Received 25.09.2023

Принята к печати 31.03.2024

Accepted 31.03.2024