

МЕТОДЫ АППАРАТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА

Один из парадоксов науки состоит в том, что порой кажущееся совершенно очевидным бывает очень трудноточного научно определить. Действительно, каждый представляет себе, что такое «жизнь» или «старение», а споры вокруг их научного определения не затихают и по сей день. Или другой парадокс. По внешнему виду человека, как правило, нетрудно, в большинстве случаев с ошибкой в 5–8 лет, определить его возраст. Вместе с тем, если, не показывая этого человека, дать специалисту отдельные данные о состоянии его организма (артериальное давление, частота сердечных сокращений, число эритроцитов, сахар в крови и др.), то ошибка окажется значительно большей.

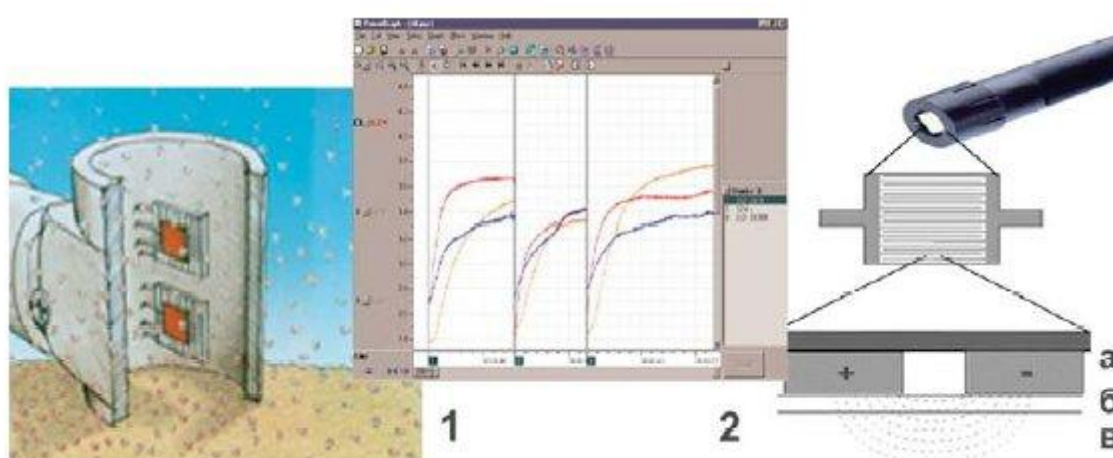
Активное развитие биохимии, генетики, клеточных технологий дало возможность «раздробить» целый организм на отдельные кирпичики, найти закономерности молекулярно-клеточной организации человека и новые молекулярные и генетические маркеры старения. Но Бернард Шоу прекрасно сказал: «Исследователь, который в поисках истины все более и более дробит изучаемые явления, в конце концов узнает все — ни о чем». Особенно это важно для биологии и медицины — уметь проецировать самые глубинные молекулярные, клеточные изменения на весь процесс в целом. Такие задачи по своей сути являются сложными кибернетическими и далеко не всегда находят решение. Поэтому самым перспективным выходом из этой ситуации остается эксперимент. Сначала на молекулярном, потом на клеточном уровне и только потом — на уровне целого организма или органа.

При воздействии на кожу, стараясь замедлить ее старение, врач или косметолог далеко не всегда может предугадать, как та или иная молекула в составе крема или инъекции повлияет на функции кожи. А для того чтобы проверить правильность принятого решения, вряд ли он будет проводить сложные эксперименты на молекулярном и клеточном уровне. Как же оценить эффективность косметической процедуры? Как доказать, что кожа помолодела? Традиционно такие оценки проводятся «на глаз». Но ведь мы уже знаем, что расхождение в определении возраста человека по внешнему виду составляет 5–8 лет. Кроме того, видимые изменения функционирования кожи являются следствием физиологических нарушений, которые на начальных этапах визуально оценить практически невозможно. Эту проблему с успехом решают современные методы исследования кожи *in vivo*.

Измерение водного баланса в коже

Рядом авторов показано, что большинство измеряемых параметров, таких, как рельеф кожи, липидный и водный баланс, микроциркуляция, упругость кожи, которые значительно изменяются при старении, находятся в тесной взаимосвязи друг с другом. Особенно важная роль отводится водному балансу. Водный баланс кожи определяется

коллоидно-осмотическим и гидростатическим равновесием между дермой, эпидермисом и окружающей средой. Это равновесие поддается регуляции. Так, использование в составе косметических средств веществ, создающих тонкую окклюзивную пленку на поверхности кожи, например гиалуроновой кислоты или насыщенных липидов, плохо проникающих в глубокие слои эпидермиса, приводит к сохранению и накоплению в роговом слое жидкости, поступающей из дермы. При этом происходит размягчение кератина, а также его набухание. Это приводит к натяжению клеточных оболочек и, как следствие, увеличению их упругости. На гистологическом уровне этот процесс отражается в увеличении толщины эпидермиса, его натяжении в продольном направлении и разглаживании микроморщин. Наибольшее количество кератина содержится в роговом слое, поэтому именно этот слой наиболее чувствителен к изменению водного баланса. Одним из самых распространенных методов оценки содержания жидкости в эпидермисе — метод корнеометрии.



Корнеометрия. Датчик для корнеометрии представляет собой конденсатор (рис. 1), состоящий из золотого ленточного проводника под стеклянным покрытием. Ток, проходящий через проводник с частотой 0,9–1,2 мГц, формирует электрическое поле, которое проникает в кожу. Обычно конструкция датчика подбирается таким образом, чтобы глубина проникновения электрического поля в кожу не превышала 10–20 нм и затрагивала только роговой слой. Такой подход оправдан тем, что роговой слой наиболее чувствителен к изменению водного баланса. Емкость конденсатора будет зависеть от диэлектрической постоянной рогового слоя, которая изменяется в зависимости от содержания воды в эпидермисе.

Водный баланс также можно регулировать, влияя на количественный и качественный состав липидов эпидермиса. Например, известно, что в эпидермисе существуют достаточно крупные гидрофильные поры в межклеточном «липидном цементе» рогового слоя. Причем степень гидрофильности определяется преимущественно церамидами, в частности гликофинголипидами. Огромную роль в регуляции водного баланса играют сальные железы. В его составе много насыщенных жирных кислот, которые плохо проникают вглубь эпидермиса и формируют окклюзивную пленку, задерживающую испарение воды. С нарушением липидного барьера связывают нарушение проницаемости кожи и трансэпидермальную потерю воды, которые можно оценить широко распространенным ТЭПВ-тестом.

ТЭПВ-тест — метод измерения трансэпидермальной потери воды. Наиболее распространен датчик с проточной системой (рис. 1). При помощи двух датчиков влажности измеряется разница парциальных давлений воды вблизи поверхности кожи и на некотором расстоянии от нее. Испаряющаяся с кожи вода при этом не задерживается в камере датчика, а проходит насквозь. Вычисление количества испарившейся жидкости производится по закону, открытому в 1855 году Фиком. Второй метод оценки ТЭПВ основан на измерении парциального давления воды в замкнутой камере с одним датчиком влажности. При прикладывании камеры к коже происходит постепенное увеличение в ней парциального давления воды. Измеряется прирост парциального давления в камере за определенный промежуток времени. Эти методы наиболее объективны для оценки липидного барьера в отношении сохранения жидкости.

Корнеометрия и ТЭПВ-тест являются наиболее распространенными и позволяют получать наиболее воспроизводимые результаты. Тем не менее не забыт и старинный метод оценки увлажненности кожи по измерению электропроводности.

Электропроводность. Существует большое количество датчиков для измерения электропроводности. Данной методикой измеряется вольтамперная характеристика и электрическое сопротивление между двумя электродами. Фундаментально показания этого метода зависят от содержания жидкости в эпидермисе, а также количества высокопроницаемых межклеточных контактов. Естественно, что показания в огромной степени будут зависеть от активности потовых желез. Кроме того, изменение кожно-гальванической реакции связано с активностью симпатической системы. Показано, что при перерезке симпатических нервов происходит увеличение сопротивления без существенного изменения активности потовых желез. Кроме того, показана зависимость вольтамперной характеристики от состояния биологически активных точек. Фундаментально этот факт объясняется высокой холинэргической иннервацией этих участков кожи, а также высокой плотностью высокопроницаемых щелевых контактов. Для оценки водного баланса чаще всего применяют КВЧ-диэлектрометрию с частотой около 40 ГГц.

Содержание воды в дерме может быть оценено с помощью методов УЗИ и ОКТ, позволяющих анализировать внутреннюю структуру кожи. Об этих методах будет сказано далее.

Измерение липидного баланса кожи

Липидный баланс кожи является важным условием поддержания водного баланса не только в самой коже, но и в организме в целом, поэтому сложно переоценить его значение как маркера старения.

Клетки гранулярного слоя эпидермиса постоянно синтезируют, накапливают и выделяют в межклеточное пространство различные липидные молекулы (фосфолипиды, церамиды, холестерин и другие), которые формируют препятствующий испарению влаги

водонепроницаемый липидный барьер кожи в виде слоистых ламеллярных структур, располагающихся в межклеточных пространствах рогового слоя. Сальные железы вырабатывают воскообразный сквален, триглицериды и свободные жирные кислоты. Squier с соавт. [7] обнаружили в экспериментах на грызунах, что экзогенное кожное сало не только не усиливает, но ослабляет барьерную функцию эпидермиса. А нарушение барьерной функции непременно приводит к нарушению водного баланса. Поэтому функциональное состояние липидного барьера можно оценить с помощью ТЭПВ-теста.

Качественный состав липидов кожи оценивается преимущественно в экспериментальных условиях, так как для этих целей необходимо применение химических или дорогостоящих физических методов, например газохроматографический анализ. Более доступными методами измерения липидного баланса являются себуметрия и методы визуального анализа. Следует отметить, что эти методы измеряют количество жиров на поверхности кожи, поэтому их показания зависят в большей степени от активности сальных желез.

Себуметрия. Принцип измерения основан на фотометрии. Специальная синтетическая лента чувствительная к жирам, прикладывается к поверхности кожи и меняет свою оптическую плотность в зависимости от количества жиров. Затем производится измерение оптического пропускания ленты и пересчет содержания жира на см². Показания этого метода зависят от активности сальных желез и отражают количество вырабатываемого кожного сала.

Визуализация. Разработаны методы более детального анализа активности сальных желез. Для этих целей используют различные вещества, способные адсорбировать жиры. Эти вещества наносятся либо непосредственно на кожу, после чего делается фотоснимок, который обрабатывается специальным программным обеспечением. Либо вещества наносятся на прозрачную пленку, которая потом фотографируется в проходящем свете с высоким разрешением. Часто для этих методов используется то же оборудование, что и для профилометрии (см. далее). В конечном итоге на обработанном снимке видны пятна различной величины, которые могут быть подсчитаны, а также определены их размеры. Такой подход позволяет не только определить жирность кожи, но и функционирование отдельных сальных желез и подсчитать их количество на определенной площади.



Изучение цветовых характеристик кожи

Рис. 2. Методы измерения цветовых характеристик кожи.

А — хронометрия, Б — мексаметрия

Эта группа методов оказывается полезна при исследованиях процессов, связанных с фотостарением кожи.

Мексаметрия. Датчик для мексаметрии позволяет измерять количество меланина в коже и степень эритемы[9]. Принцип измерения основан на поглощении кожей света разной длины волны в красной, зеленой и инфракрасной областях спектра (рис. 2). Длина волны подбирается таким образом, чтобы она соответствовала максимуму поглощения меланина и гемоглобина. Третья компонента используется для поправки на другие пигменты, в том числе билирубин. Источники и приемники света расположены таким образом, чтобы обеспечить измерения только отраженного от кожи света, исключая помехи от фонового освещения. Метод мексаметрии оказывается особенно полезен при количественной оценке аллергии или воспалительной реакции, вызванной УФ-повреждением, а также при подтверждении диагноза гемангиомы. Измерение уровня меланина применяется как для определения степени загара или типа кожи, определения эффективности отбеливающих процедур, так и для подтверждения меланомы.

Хронометрия. В основе данной группы методов лежит отражательная спектроскопия или колориметрия (рис. 2). По системе цветового пространства, рекомендованной «Commission Internationale l'Éclairage» (CIE) к оценке цвета кожи, каждому цвету приписывается численная характеристика $L^*a^*b^*$, где L^* — яркость цвета по шкале серого (0–100), a^* — сбалансированное значение между красным и зеленым цветами, b^* — баланс между желтым и синим цветами. Шкала значений a^* хорошо описывает пигментацию и васкуляризацию кожи. Шкала значений b^* хорошо описывает изменение интенсивности пигментации кожи. Данный метод для оценки эритемы и пигментации менее эффективен по сравнению с методом мексаметрии. Но метод хронометрии интересен тем, что позволяет оценить активность свободнорадикальных процессов в коже при различных патологиях. Так же хронометрия позволяет оценить антиоксидантный эффект косметических средств. Известно, что β -каротин представляет собой оранжевый пигмент, который при взаимодействии со свободными радикалами обесцвечивается, именно эта особенность лежит в основе метода оценки антиоксидантной активности кожи [10]. Значение интенсивности окраски можно измерить по шкале b^* и рассчитать цветовой индекс, пропорциональный содержанию β -каротина.

Оценка микроциркуляции в коже

Нарушения микроциркуляции и застойные явления — неотъемлемая часть воспалительных процессов, тканевых дистрофий, обусловленных вегетативно-

трофическими нарушениями, некоторых функциональных нарушений и естественного процесса старения. В течение последнего десятилетия для оценки состояния кровотока в микрососудах все большее применение находит методика лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Суть этого метода заключается в том, что монохроматический пучок света малой интенсивности, излучаемый лазерным диодом, освещает исследуемую ткань. В соответствии с эффектом Доплера только движущиеся частицы (главным образом эритроциты) приводят к частотному сдвигу отраженного света, который регистрируется фотоприемником аппарата. Спектр принятого сигнала обрабатывается в соответствии с алгоритмом, полученным Боннером для такого типа отражения, и рассчитывается удельный поток крови. Показания датчика зависят не только от скорости кровотока, но и от количества функционирующих капилляров и гематокрита крови.

Для оценки микроциркуляции в случае эритемных или других реакций, связанных с раскрытием большого количества капилляров, может быть использован метод мексаметрии, описанный выше.

Изучение топографии кожи

Топография кожи зависит как от состояния соединительно-тканых волокон дермы, так и от увлажненности эпидермиса. Причем натяжение и ориентация коллагеновых и эластиновых волокон в большей степени определяет формирование глубоких морщин и складок кожи, а содержание влаги в эпидермисе влияет на такие параметры, как его гладкость и шероховатость. Топография кожи является наряду с водным балансом одним из наиболее информативных маркеров старения кожи.

Один из распространенных методов — анализ реплик кожи с использованием механических или оптических профилометров. Наиболее популярным в настоящее время является метод оптической профилометрии. Первый этап этого метода — приготовление силикона и последующее нанесение его на участок кожи. После того как реплика готова, через нее пропускают свет от источника параллельного излучения, который регистрируется специальной камерой. При помощи программного обеспечения моделируется 3D изображение поверхности кожи (рис. 3), и рассчитываются различные показатели ее рельефа, такие, как шероховатость, гладкость, морщинистость. Недостатками метода являются возникновение погрешностей на этапах исследования, а также длительность процесса изготовления реплики

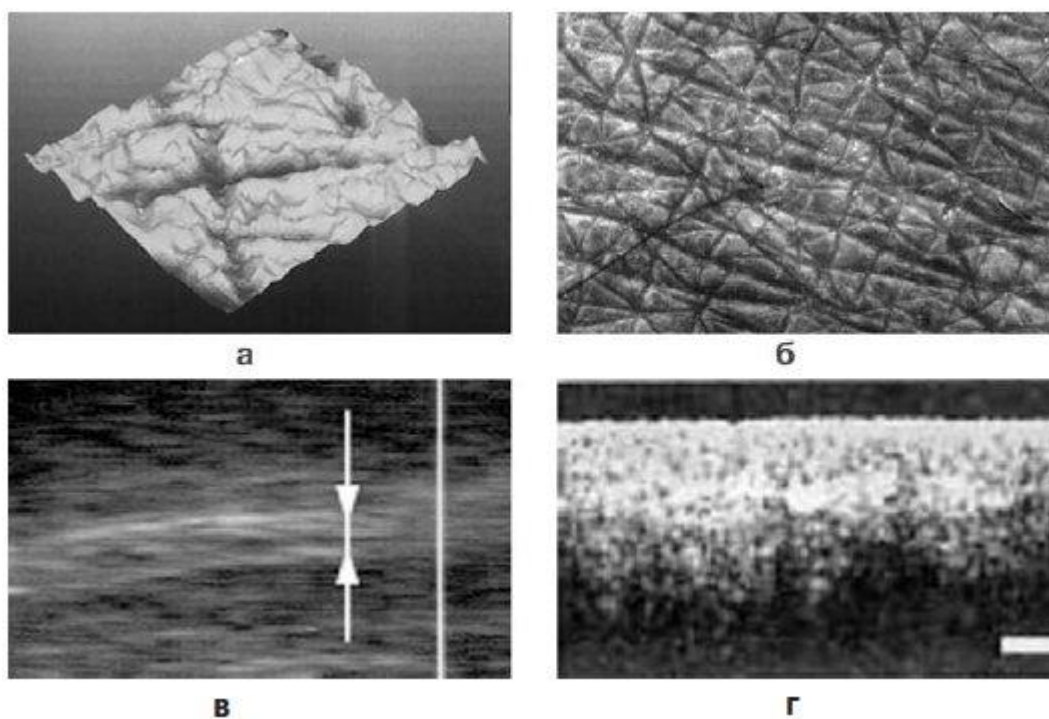


Рис. 3. Изображения, полученные при помощи метода профилометрии (а), цифровой УФ-камеры (б), УЗИ-микроскопии (в) и оптической когерентной томографии (г)

В настоящее время большое распространение нашел метод анализа изображений кожи, полученных напрямую с помощью цифровых камер (рис. 3) высокого разрешения. Часто в таких системах для увеличения чувствительности применяются специальные камеры с УФА-лампой. При помощи специального программного обеспечения рассчитываются различные индексы, отражающие топографию кожи: морщинистость, гладкость, шероховатость.

Исследование шелушения кожи. Для определения отшелушивания используются прозрачные клейкие ленты, к которым при прикладывании к коже прилипают корнеоциты. После этого ленты красятся и фотографируются в проходящем свете. Затем происходит обработка изображения и рассчитывается индекс шелушения. Оборудование для исследования используется то же, что и для оптической профилометрии. Разработаны также методы анализа изображений. В этом случае на кожу предварительно наносятся красители, специфические для отшелушивающихся клеток. Шелушение кожи зависит, прежде всего, от скорости пролиферации эпидермиса, а также от водного баланса. В норме слущенные корнеоциты примерно одинакового небольшого размера. Большое количество крупных клеток говорит о повреждении и дегидратации кожи.

Изучение дерматологических заболеваний. Основным источником информации для постановки диагноза дерматологом — это визуальная оценка различных дефектов кожи. Поэтому сложно переоценить важность применения методов анализа цифровых фотоснимков кожи. Для таких исследований применяют те же цифровые камеры, что и для изучения топографии, с той лишь разницей, что для расшифровки изображения используются другие алгоритмы анализа цвета и морфологии дефектов кожи. Следует отметить, что такие алгоритмы используются не столько для постановки и уточнения

диагноза, сколько для контроля эффективности лечебных мероприятий, а также для документального подтверждения правильности врачебного решения.

Анализ внутренних структур кожи

Оптическая когерентная томография (ОКТ) — метод неинвазивного исследования, который все шире применяют в медицине в диагностических целях. В основе получения изображения ткани методом ОКТ лежит принцип, аналогичный В-режиму ультразвука. В качестве зондирующего излучения используется свет ближнего инфракрасного диапазона. Различные структуры кожи имеют разные оптические характеристики, в том числе и коэффициент обратного рассеяния оптического излучения. Коэффициент преломления очень чувствителен к содержанию воды, поэтому можно получить информацию о гидратации кожи на различной глубине. Информация, получаемая с помощью ОКТ, является прижизненной и отражает не только структуру (рис. 3), но и особенности функционального состояния тканей.

Рис. 4. Магнитно-резонансная томография. Метод ультразвуковой микроскопии также позволяет



Оценить толщину различных слоев кожи (А-режим датчика) (рис. 3), их структуру и степень их гидратации (В-режим датчика). Но, в сравнении с методом ОКТ, обладает меньшей разрешающей способностью, так как в УЗИ используется акустическое возмущение, длина волны которого значительно больше длин волн оптического излучения. Оба метода оказываются полезны при исследовании морфологических

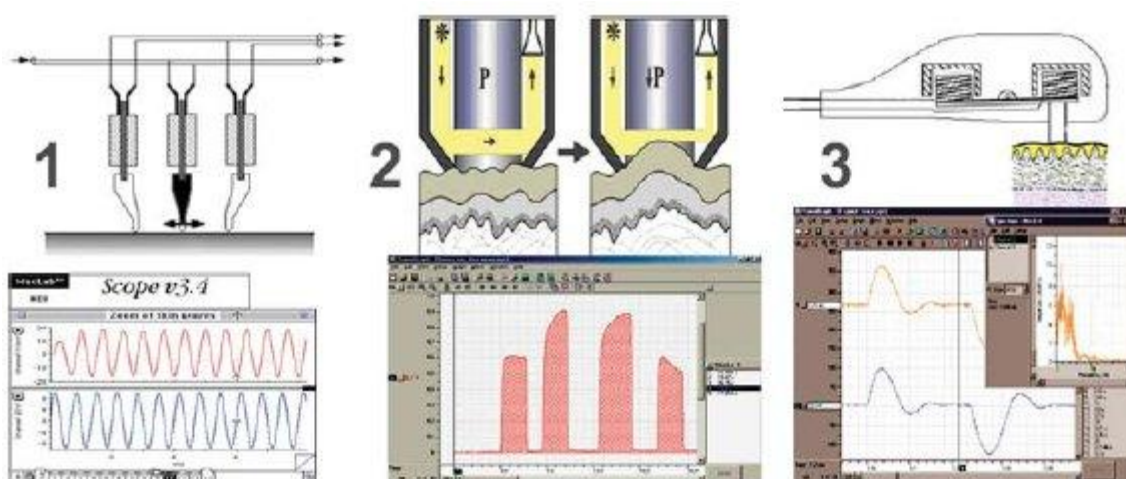
дефектов кожи, особенно при дифференциальной диагностике опухолей. Единственный недостаток методов — высокая стоимость оборудования.

Метод магнитно-резонансной томографии (МРТ). В 1946 году было открыто явление ядерно-магнитного резонанса, за что Bloch и Purcell впоследствии получили Нобелевскую премию. В основе этого явления лежат следующие физические процессы. Некоторые атомные ядра обладают магнитным моментом, который придает им свойства крошечных магнитов. Когда на них воздействует сильное внешнее магнитное поле, ядра намагничиваются и ориентируются в направлении поля. Если приложить к этим ядрам дополнительное поле с частотой резонанса в радиобласти, они ориентируются в другом направлении. Сигнал, принимаемый электромагнитной катушкой, характеризуется временем расслабления T1 и T2, связанными с возвращением к равновесию системы после ее возбуждения радиочастотами. После преобразования Фурье информация выводится или как спектр (MRS), или как изображение (MRI), в зависимости от типа выполненного излучения. Следует отметить, что наибольший вклад в параметр T2 дают ядра водорода, а следовательно, величина сигнала и яркость изображения будет во многом определяться содержанием воды в ткани (рис. 4). Современная техника позволяет визуализировать эпидермис с разрешением 0,86 мм. Фосфорилированные молекулы (АТФ, фосфокреатин) обеспечивают энергией метаболический цикл и содержат один или несколько атомов фосфора. Магнитный резонанс предусматривает количественную визуализацию этих молекул, при помощи ³¹P-спектроскопии, что позволяет оценить метаболическую активность в различных участках кожи.

Методы измерения механических свойств кожи

Как указывалось выше, механические свойства эпидермиса определяются коллоидно-осмотическим и гидростатическим равновесием и, как следствие, липидным балансом. Кроме того, они тесно связаны с механическими свойствами компонентов дермы, которые во многом обусловлены растяжимостью ее эластиновых и коллагеновых волокон и их количественным соотношением, а также их пространственной организацией. Естественно, что у стареющей кожи при нарушении водного баланса и дезорганизации пространственной структуры соединительно-тканых волокон будут изменяться и механические свойства: кожа теряет эластичность, становится более грубой. Поэтому упругость и эластичность кожи являются одним из основных критериев оценки старения организма.

Методы поперечной деформации. Наиболее распространенные методы поперечной деформации — вакуум-ная кутометрия и метод вдавливания. Суть метода вакуумной кутометрии в том, что при прикладывании датчика в его полости создается отрицательное давление, и участок кожи всасывается в полость (рис. 5). Оптической системой регистрируется величина деформации под воздействием вакуума, а также способность кожи возвращаться в исходное положение после снятия нагрузки. Важно подчеркнуть, что показания этого датчика зависят от рельефа и толщины кожи: чем больше складчатость кожи, тем меньше ее упругость.



Сущность метода вдавливания сводится к определению способности кожи противостоять внедрению в нее твердого индентора под действием определенной силы. Было показано, что зависимость глубины погружения от прикладываемого усилия для индентора диаметром 0,2 мм отражает твердость рогового слоя, 0,5 мм — дермы и 1 мм — подкожного слоя. Существует ряд общих принципов при измерении механических свойств кожи методами поперечной деформации. Во-первых, измеряемые характеристики зависят от диаметра индентора или вакуумного датчика: с увеличением диаметра затрагиваются глубже лежащие слои кожи. Во-вторых, величина деформации, а также степень натяжения кожи зависят от приложенной к датчику силы: чем больше сила, тем больше натяжение, следовательно, больше и упругость кожи. При использовании метода вдавливания сила воздействия регулируется, а зависимость величины заглупления от силы дает дополнительную информацию. Но при измерениях вакуумным методом сила, приложенная к датчику, зависит от руки оператора, что вносит определенную погрешность в измерения.

Методы продольной деформации. Наиболее распространенными методами продольной деформации являются метод исследования растяжения кожи и метод кручения[15]. При использовании метода растяжения применяют как одноосные, так и двухосные модели. Такие измерения называются тензометрией, а датчики, воспринимающие деформации и преобразующие их в изменение какого-либо параметра, — тензодатчиками. Тензодатчики жестко фиксируются к коже при помощи биологического клея или пластыря, после чего кожа начинает растягиваться. Существует большое количество модификаций данного метода, но в конечном итоге для кожи вычисляется модуль Юнга в соответствии с законом Гука. Однако закон Гука не выполняется для кожи в связи с тем, что кожа неоднородна по составу и представляет собой нелинейную систему.

Датчик для метода кручения представляет собой круглый диск, на который наносится биологический клей. При нагружении диска постоянной крутящей силой он вместе с кожей поворачивается на угол, который зависит от механических свойств кожи.

Методы продольной деформации в настоящее время не получили широкого распространения в связи с неудобствами проведения измерений.

Акустический метод. Особое внимание к использованию поверхностных акустических волн в дермато-косметологических исследованиях вызвано тем, что скорость их распространения зависит как от молекулярного состава среды, так и от особенностей взаимодействия на более высоких уровнях ее организации. Датчики для этих измерений (рис. 5) представляют собой два щупа, расположенные на концах пьезоэлементов. На излучающий преобразователь подаются импульсы частотой 5–6 кГц. В результате изгибных колебаний в тонком поверхностном слое возбуждается акустический импульс и распространяется поверхностное сдвиговое возмущение, называемое иногда поверхностной волной Рэлея. Эти возмущения регистрируются вторым принимающим щупом, расположенным на некотором расстоянии от излучающего. Незначительные изменения в состоянии сред могут приводить к существенному изменению модуля сдвига и, соответственно, скорости поверхностных сдвиговых волн. В большей степени показания зависят от ориентации соединительно-тканых волокон и микроморщин: вдоль волокон и микроморщин волны распространяются быстрее. Данный метод наиболее информативен при исследовании ориентации волокон дермы, а также исследовании нарушения пространственной организации соединительно-тканых волокон, например при формировании рубцов, ультрафиолетовом облучении или старении кожи.

Динамический метод. Еще одной разновидностью методов измерения упругости кожи является динамический метод (рис. 5). Его преимущество перед вышеперечисленными методами — измерение не только относительных деформаций и силы воздействия, но и скорости деформации, что позволяет учесть не только упругий, но и вязкий компонент комплексного механического сопротивления кожи. Суть метода состоит в том, что с помощью специального датчика регистрируется одиночное колебание кожи [18]. После чего рассчитываются коэффициенты, отражающие упругий и вязкий компоненты механического сопротивления кожи.

Еще один вариант динамического метода определения упругости кожи — метод вибрационной реоэластографии. Из биомеханики известно, что упругость биологических тканей можно оценить по частоте их резонанса, что и лежит в основе измерения. У метода есть важное преимущество — он позволяет вести непрерывную регистрацию упругости кожи при воздействии на нее различных косметических средств. Такой подход оказывается полезным для исследования механизмов действия косметических средств на упругость кожи, особенно если их эффект направлен на изменение водного равновесия в различных компартментах.

Измерение температуры кожи

Часто приходится встречаться с работами, связанными с измерением температуры кожи, поэтому нельзя не остановиться на этой группе методов. Классически температуру

кожи можно измерить термометром или при помощи термопары, а также бесконтактными инфракрасными датчиками. Но в последнее время широко распространились методы тепловизиометрии с применением инфракрасных видеокамер

Одна из основных функций кожи — терморегуляция, которая в первую очередь зависит от условий внешней среды и регулируется, прежде всего, путем изменения тонуса сосудов кожи, а также путем теплоотдачи за счет испарения воды. Кроме того, теплоотдача в значительной степени зависит от уровня основного обмена, который различается, мало того, что в разное время года, но и в течение дня. Кроме того, метод учитывает лишь часть теплопотерь организма и не учитывает перенос тепла за счет проведения и конвекции, а также за счет испарения воды с кожи или со слизистых оболочек.

Поэтому к данным, полученным при помощи тепловизиометра, следует относиться с осторожностью, особенно если он применяется в диагностических целях. Но! Бесспорно вполне однозначное трактование результатов этого метода при контроле эффективности косметических или физиотерапевтических процедур, направленных на улучшение микроциркуляции. И все же не следует забывать, что теплоотдача в первую очередь зависит от температуры внешней среды. Поэтому при проведении таких исследований необходимо тщательно контролировать климат помещения, а измерения должны проводиться после адаптации к ним человека. Здесь же необходимо отметить, что соблюдение этих требований обязательно и при исследовании водного баланса.

С возрастом в коже нарушается и водный, и липидный баланс, микроциркуляция, структурная организация дермы и эпидермиса, а следовательно, появляются морщины. Все эти изменения находят свое отражение в параметрах кожи, измеряемых описанными методами. Каждому из них посвящено большое количество научных работ. В данной статье сделана лишь попытка объяснить суть методов измерения и отразить основные факторы, влияющие на измерения. Мы осветили лишь основные методы аппаратного исследования кожи, которые являются общепризнанными и широко применяются в мировой практике, как дерматологами, так и косметологами. Кроме них существует огромное количество исследовательских методов, которые не нашли широкого применения в основном из-за трудоемкости проведения исследований или же сложности однозначной интерпретации результатов. Следует подчеркнуть важность в решении ряда исследовательских задач методов измерения хемилюминесценции кожи, а также флуоресцентной спектроскопии, которые в настоящее время активно развиваются, но пока не нашли широкого применения.

В заключение хотелось бы отметить еще несколько важных аспектов применения аппаратных методов исследования кожи. Среди них: решение научно-исследовательских задач в дерматологии, косметологии и физиологии, инструментальное подтверждение правильности постановки диагноза врачом-дерматологом, а также контроль эффективности лечения, подтверждение результатов клинических исследований дерматотропных фармакологических препаратов, а также регламентационных испытаний косметических средств. Кроме того, как показывает опыт зарубежных коллег, применение таких методов в клиниках и косметических салонах может повысить эффективность работы маркетинговых компаний.