



Российский
национальный
исследовательский
медицинский
университет
им. Н.И. Пирогова
(Пироговский
Университет),
Москва

Морфофункциональные маркеры старения кожи лица и шеи и их интеграция в индекс биологического возраста

Е.В. Черная, А.С. Дворников, д.м.н., проф., О.Н. Ткачева, д.м.н., проф., И.Д. Стражеско, д.м.н., проф., Л.В. Терентьева, к.м.н.

Адрес для переписки: Елизавета Вадимовна Черная, e.v.chernaya@mail.ru

Для цитирования: Черная Е.В., Дворников А.С., Ткачева О.Н. и др. Морфофункциональные маркеры старения кожи лица и шеи и их интеграция в индекс биологического возраста. Эффективная фармакотерапия. 2026; 22 (20): 32–37.

DOI 10.33978/2307-3586-2026-22-20-32-37

Старение кожи лица и шеи является многоуровневым процессом, связанным с накоплением молекулярных и клеточных повреждений и проявляющимся изменением клинического фенотипа и функциональных свойств кожи, что обосновывает ее использование в качестве модели для оценки биологического возраста.

Цель – оценить возрастную динамику клинических и инструментальных показателей кожи лица и шеи и выделить параметры, наиболее чувствительные к возрасту, для последующей интеграции в комплексную оценку биологического возраста кожи.

Материал и методы. Проведено обследование взрослых и пожилых лиц с применением клинической шкалы Merz Aesthetics Scale, трехмерной морфометрии кожи методом 3D LifeViz® и инструментальной оценки функциональных характеристик с использованием комплекса Multi Skin Test Center MC 1000 (корнеометрия, кутометрия, себуметрия, мексаметрия). Измерения выполнялись в четырех анатомических зонах (лоб, периорбитальная область, подбородок, шея) с расчетом интегральных средних показателей.

Результаты. Показано, что шкала Merz обладает высокой чувствительностью к возрастным изменениям ($p < 0,001$). Эластичность кожи и секреция кожного сала демонстрируют устойчивый возрастной градиент, тогда как показатели гидратации, эритемы и пигментации в большей степени зависят от поведенческого и внешнесредового контекстов. Трехмерные морфометрические параметры характеризуются выраженной возрастной динамикой по большинству анализируемых показателей.

Обсуждение. Совместный анализ клинических, функциональных и 3D-морфометрических данных позволяет выделить устойчивый морфофункциональный профиль старения кожи лица и шеи, отражающий согласованное вовлечение дермальных и эпидермальных структур и различную чувствительность отдельных показателей к возрасту.

Заключение. 3D-морфометрические показатели в сочетании с параметрами эластичности и себуметрии формируют ядро-профиль старения кожи лица и шеи, перспективное для построения интегрального индекса биологического возраста кожи (Scoring Atopic Dermatitis, SCORE).

Ключевые слова: старение кожи, лицо и шея, шкала Merz, Multi Skin Test Center, 3D LifeViz®

Введение

В последние годы понятие биологического возраста привлекает все более пристальное внимание медицинского и научного сообществ, поскольку данный

показатель отражает индивидуальные темпы старения организма и во многих случаях не совпадает с календарным возрастом. Вместе с тем на современном этапе отсутствует общепринятая классификация,



позволяющая четко разграничить физиологическое и патологическое старение, что обуславливает активный поиск информативных, воспроизводимых и клинически значимых маркеров биологического возраста. Значительная часть клинических и лабораторных исследований направлена на выявление таких биомаркеров, при этом особый интерес представляет кожа как доступный орган-мишень, наглядно и чувствительно отражающий морфофункциональные возрастные изменения [1].

Старение кожи рассматривается как биологически обусловленный процесс, в котором ключевую роль играют оксидативные механизмы: избыток реактивных форм кислорода повреждает липиды, белки и ДНК, способствуя деградации коллаген-эластинового каркаса, что клинически ассоциируется со снижением упругости и формированием морщин [2]. Поэтому кожа представляет собой информативную «модель-мишень» для оценки индивидуальных траекторий старения, поскольку ее состояние отражает не только календарный возраст, но и межиндивидуальные различия в темпе инволюционных изменений. Следовательно, биологический возраст нередко существенно отличается от хронологического, что обуславливает выявление объективных маркеров, в том числе тех, которые отражают состояние кожного покрова [3]. Важным патогенетическим контуром, обеспечивающим устойчивость возраст-ассоциированных перестроек, считается клеточная сенесценция и связанные с ней феномены (включая сенесцентный секреторный фенотип), что подчеркивает необходимость интерпретировать измеряемые морфофункциональные сдвиги как фенотипическое отражение глубинных биологических процессов [4]. Одновременно развитие профилактической и эстетической медицины укрепляет представление о старении как о комплексном и частично модифицируемом процессе, что повышает значимость воспроизводимых инструментальных маркеров для мониторинга динамики и оценки эффективности вмешательств [5].

С методологической точки зрения перспективным направлением является привлечение молекулярных интеграторов темпа старения, прежде всего эпигенетических часов, поскольку изменения метилирования ДНК аккумулируют влияние эндогенных программ и экспозомных факторов и позволяют количественно описывать биологический возраст, в том числе применительно к коже [6]. Однако построение интегральных моделей требует строгого отбора кандидатных показателей, в популяционных исследованиях подчеркивается отсутствие единого консенсуса относительно принципов скрининга биомаркеров, поэтому предлагается оценивать их по функциональной релевантности, операциональной реализуемости и методологической состоятельности, с последующим ранжированием критериев в рамках оценочного фреймворка [7]. В этой связи кожа особенно удобна как объект исследования, но при этом старение кожи описывается как сложный биологический процесс со снижением барьерных, иммунных

и репаративных функций и перестройкой эпидермиса и дермы, а также с биохимическими признаками дисбаланса про-/антиоксидантных систем, что усложняет интерпретацию отдельных параметров без учета контекста [8].

Существенный вклад в вариативность фенотипа старения вносят внешние воздействия и особенности образа жизни, включая хроническое фотоповреждение, в связи с этим при анализе возрастной динамики необходимо учитывать роль фотопротекции и поведенческих факторов [9]. На морфофункциональном уровне изменения кожи сопровождаются замедлением клеточного обновления, ослаблением дермально-эпидермальных взаимодействий, дезорганизацией волокнистого матрикса и снижением плотности коллагеновых структур, что клинически проявляется формированием морщин и изменением микрорельефа [10].

Для объективизации таких перестроек высокую практическую ценность имеет высокочастотная ультразвуковая морфометрия, позволяющая количественно оценивать толщину, эхогенность и эхоструктуру кожи, а также характеристики субэпидермальной полосы низкой эхогенности как возможного индикатора фотоповреждения и возраст-ассоциированных изменений [11].

Современные модели патогенеза дополнительно связывают старение кожи с хроническим низкоуровневым воспалением (англ. *inflammaging*), которое поддерживает ремоделирование внеклеточного матрикса и функциональную дисрегуляцию дермальных клеток [12]. Важным контекстом остается фотостарение как совокупность механизмов повреждения и неполного восстановления тканей, формирующих устойчивые клинические проявления [13].

Кроме того, отдельным звеном рассматривается гликация белков с образованием конечных продуктов гликирования, усиливающая «жесткость» матрикса и ухудшающая ремоделирование коллагена и эластина, что ассоциируется с изменением текстуры кожи и выраженностью морщин [14]. На популяционном уровне также обсуждаются ассоциации липидного обмена и признаков старения лица в рамках интегративных генетико-омиксных подходов, что подчеркивает мультифакторность фенотипа [15]. Одноклеточная транскриптомика дает молекулярное основание для интерпретации фенотипических маркеров, демонстрируя возраст-зависимые сдвиги в клеточных популяциях кожи, усиление воспалительного фона, накопление признаков фотостарения и снижение активности регуляторных программ, связанных с регенерацией и тканевым гомеостазом [16].

Таким образом, анализ современных отечественных и зарубежных исследований свидетельствует о том, что биологический возраст кожи лица и шеи формируется под влиянием сложного комплекса эндогенных и экзогенных факторов и не сводится к хронологическому возрасту, что обуславливает высокую вариативность индивидуальных траекторий старения. Кожа рассматривается как информативная модель-мишень,



в которой молекулярные механизмы (оксидативный стресс, гликация, хроническое воспаление, клеточное старение, или сенесценция, и эпигенетические изменения) находят отражение в объективно регистрируемых морфофункциональных признаках, включая изменения толщины, эхоструктуры, микроархитектоники дермы и функциональных свойств кожного покрова. Обзор литературы показывает, что наибольший потенциал для построения индекса биологического возраста кожи имеет интегративный подход, объединяющий неинвазивные морфофункциональные методы, прежде всего ультразвуковую морфометрию лица и шеи, с молекулярными маркерами, включая эпигенетические часы, что обеспечивает биологическую обоснованность, методологическую воспроизводимость и практическую применимость оценки процессов старения кожи. Представленный анализ фокусируется на характеристиках кожи лица и шеи у практически здоровых взрослых и пожилых людей с акцентом на клинические (шкала Merz Aesthetics Scale) и инструментальные (Multi Skin Test Center, 3D LifeViz®) методы оценки.

Материал и методы

В анализ включены данные 127 участников, удовлетворяющих критериям включения и исключения: 94 (74%) женщины и 33 (26%) мужчины с широким возрастным диапазоном – от 18 до 97 лет ($Me \pm SD = 49,9 \pm 16,7$ года; $Me = 47$ лет), что позволило охватить ключевые этапы ранней и поздней взрослости и обеспечить достаточную вариативность возрастных изменений кожи.

Участники исследования были разделены на три возрастные группы, отражающие условные стадии возрастного континуума:

- 18–34 года ($n = 27$; 21,26%) – молодые взрослые;
- 35–54 года ($n = 50$; 39,37%) – средний возраст;
- 55–100 лет ($n = 50$; 39,37%) – поздний возраст и старость.

Такое возрастное деление позволяет выделить период вероятного «перелома» в динамике кожных параметров (35–54 года) и сопоставить его с более ранними и более поздними возрастами.

Критерии включения в исследование:

- подписанное информированное добровольное согласие;
- мужчины и женщины ≥ 18 лет;
- отсутствие клинически значимых кожных заболеваний в зоне исследования (лицо, шея).

Критерии исключения:

- отсутствие информированного согласия;
- возраст < 18 лет;
- наличие кожных заболеваний, способных искажать оценку возрастных изменений лица и шеи;
- тяжелые соматические заболевания в стадии обострения/декомпенсации;
- невозможность понять процедуру исследования и следовать протоколу (когнитивные/психические нарушения);
- алкоголизм, наркомания.

Протокол исследования был рассмотрен и одобрен

локальным этическим комитетом Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова (протокол № 238 от 18 марта 2024 г.). Все участники до включения были информированы о целях исследования и подписали письменное информированное согласие, что обеспечивает соблюдение этических требований и повышает достоверность анкетных данных.

Клиническую оценку проводили в рамках стандартизированного осмотра, включавшего анализ жалоб и визуальную оценку признаков хроно- и фотостарения. Степень выраженности морщин и складок лица и шеи градуировали с помощью фотографической шкалы Merz Aesthetics Scale, позволяющей оценивать глубину и выраженность морщин в отдельных анатомических зонах по шкале от 0 до 4 баллов (0 – отсутствие морщин, 4 – резко выраженные глубокие морщины).

Использование шкалы Merz оправдано не только ее широким применением в эстетической и дерматологической практике, но и тем, что она хорошо адаптируется к задачам стратификации по возрасту, обеспечивая воспроизводимую количественную оценку клинического фенотипа старения.

Для объективизации функциональных характеристик кожи лица и шеи применяли комплекс Multi Skin Test Center MC 1000 (Courage + Khazaka electronic GmbH, Германия), включающий ряд специализированных датчиков:

- Corneometer – измерение гидратации рогового слоя эпидермиса;
- Cutometer – оценка эластичности кожи (упругость, способность к деформации и восстановлению);
- Sebumeter – количественная оценка секреции кожного сала;
- Mexameter – измерение уровня меланина и выраженности эритемы.

Измерения выполняли в четырех областях: лоб, периорбитальная зона, подбородок, шея. Для каждого показателя рассчитывали среднее значение по четырем зонам, что позволило сгладить локальную вариативность и работать с интегральным показателем состояния кожи лица/шеи, более подходящим для последующей модели биологического возраста.

Трехмерный анализ морфологии кожи проводили с использованием портативной фотосистемы 3D LifeViz® (QuantifiCare, Франция). Фотографирование выполняли в положении анфас и полупрофиль с обеих сторон лица и шеи, что обеспечивало стандартизированное захватывание ключевых зон.

Регистрировали и далее подвергали количественному анализу следующие параметры:

- суммарная выраженность морщин (лоб, щеки, «гусиные лапки»);
- поры;
- гладкость поверхности;
- жирность;
- гиперпигментация (коричневые области).

Использование 3D-анализа принципиально важно, поскольку позволяет перейти от субъективного ви-



зуального впечатления к количественным метрикам, сопоставимым с данными приборных измерений (кутометрия, корнеометрия, мексаметрия и себуметрия) и открывающим путь к комплексным индексам.

Для каждого участника формировали комплексный профиль, включающий клинические и инструментальные параметры, что принципиально важно для анализа возможных «путей влияния» от поведения и экспозиций к фенотипу кожи. Статистическую обработку проводили в программе RStudio (2025.9.1.401).

Для анализа различий применяли непараметрические статистические методы. Сравнение трех независимых возрастных групп осуществляли с использованием критерия Краскела – Уоллиса, тогда как для сопоставления двух независимых выборок применяли U-критерий Манна – Уитни. При выявлении статистически значимых межгрупповых различий проводили попарные пост-хок сравнения с использованием теста Данна. Для контроля ошибки множественных сравнений применяли коррекцию Холма. Уровень статистической значимости принимали значимым при $p < 0,05$. Значения $p \geq 0,001$ представляли с точностью до трех знаков после запятой, тогда как значения $p < 0,001$ указывали как $< 0,001$.

Результаты

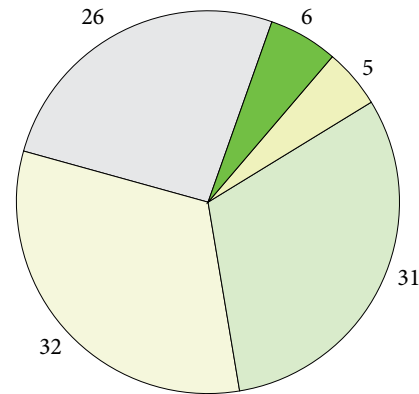
Распределение баллов по шкале Merz в общей выборке демонстрировало ожидаемое смещение от низких к более высоким значениям по мере увеличения возраста. Балл 0 был зарегистрирован у 5,5% обследованных; 1 балл – у 30,7%; 2 балла – у 31,5%; 3 балла – у 26,0%; 4 балла – у 6,3% (рисунок).

Между тремя возрастными группами выявлены статистически значимые различия ($p < 0,001$ по Краскелу – Уоллису) с последующими значимыми попарными контрастами для всех пар групп. Шкала Merz в данном исследовании чувствительна к возрастным изменениям и может рассматриваться как надежный клинический индикатор инволютивных процессов, который далее логично использовать в качестве одного из якорных выходных параметров для биологического возраста кожи.

Результаты приборных измерений показали, что не все параметры кожи одинаково чувствительны к возрасту.

Эластичность кожи (Cutometer) последовательно снижалась с возрастом:

- 18–34 года: Me = 65,00 усл. ед. [61,25; 68,25];
- 35–54 года: Me = 57,62 усл. ед. [52,50; 67,00];
- 55–100 лет: Me = 47,50 усл. ед. [39,81; 56,86].



Примечание. По шкале Merz: 0 баллов – у 5,5%; 1 балл – у 30,7%; 2 балла – у 31,5%; 3 балла – у 26,0%; 4 балла – у 6,3% обследованных.

Распределение баллов по шкале Merz Aesthetics Scale в общей выборке пациентов, %

Общий тренд $p < 0,001$; снижение начинается уже после 35 лет (различия между 18–34 и 35–54; $p < 0,02$).

Секреция кожного сала (Sebumeter):

- 18–34 года: Me = 17,25 [10,63; 22,25];
- 55–100 лет: Me = 8,38 [4,00; 14,86]; $p < 0,001$ при сравнении младшей и старшей группы; между 18–34 и 35–54 различия незначимы ($p \geq 0,05$).

Показатели гидратации, пигментации и эритемы по данным корнеометрии и мексаметрии в целом не различались между возрастными группами ($p > 0,05$), что косвенно указывает на роль ухода, фотопротекции и поведенческих стратегий, сглаживающих возрастной градиент по этим параметрам (табл. 1).

С методологической точки зрения важно, что эластичность и себум демонстрируют устойчивый возрастной градиент и, следовательно, являются перспективными кандидатами для включения в интегральный индекс биологического возраста кожи. В то время как для показателей гидратации/эритемы необходим учет ухаживающего и поведенческого контекста (использование домашнего ухода, посещение косметолога), чтобы их информативность для «чистого» возраста не была переоценена или, наоборот, нивелирована.

По данным 3D LifeViz® для всех регистрируемых показателей выявлен значимый возрастной градиент ($p < 0,001$ – для морщин, гладкости, пор, жирности; $p < 0,05$ – для коричневых областей).

Для выявления возраст-зависимых различий морфофункциональных характеристик кожи лица и шеи было проведено попарное сравнение показателей в трех возрастных группах (18–34, 35–54 и 55–100 лет). В та-

Таблица 1. Возрастные изменения основных функциональных параметров кожи

Параметр	Тренд с возрастом	p (Краскел – Уоллис)	Комментарий
Эластичность	Снижение	$< 0,001$	Падение уже после 35 лет – «критический коридор»
Себум	Снижение (особенно ≥ 55)	$< 0,001$	Значимое уменьшение после 55 лет
Гидратация	Без явного тренда	$> 0,05$	Вероятное влияние ухода и солнцезащитных средств
Пигментация	Без явного тренда	$> 0,05$	Детализируется на уровне фототипов
Эритема	Без явного тренда	$> 0,05$	Детализируется по фототипам и факторам жизни



блицях 2–4 представлены медианные значения с интерквартильным размахом (Me [Q1; Q3]) и уровни статистической значимости различий, что позволяет оценить направленность и выраженность возрастной динамики таких параметров, как морщинистость, гладкость кожного рельефа, выраженность пор, жирность и пигментированные (коричневые) области, а также определить наиболее чувствительные к возрасту показатели, потенциально пригодные для включения в индекс биологического возраста кожи.

В совокупности полученные данные подчеркивают, что 3D-морфометрические показатели демонстрируют выраженную возрастную динамику и в сочетании с параметрами эластичности и себуметрическими характеристиками формируют устойчивое морфофункциональное ядро-профиль фенотипа кожного старения.

Обсуждение

Полученные данные подтверждают, что фенотип старения кожи лица и шеи формируется не как линейное снижение показателей, а как сочетание параметров с различной чувствительностью к возрасту и неодинаковой зависимостью от внешнесредовых и поведенческих факторов. Особое значение имеет выявленный «критический коридор» 35–54 года, в пределах которого фиксируются первые выраженные возрастные сдвиги.

Наиболее раннюю и устойчивую возрастную динамику продемонстрировали кутометрические показатели: эластичность кожи снижалась статисти-

чески значимо уже после 35 лет ($p < 0,02$; общий тренд $p < 0,001$), что указывает на раннее вовлечение дермального матрикса и подтверждает их роль как функциональных маркеров старения. Секреция кожного сала также характеризовалась возрастным градиентом, однако выраженное снижение наблюдалось преимущественно в старшей возрастной группе ($p < 0,001$).

Показатели гидратации, эритемы и пигментации не выявили значимых возрастных различий ($p > 0,05$), что подчеркивает их высокую зависимость от условий измерения и поведенческого контекста. В отличие от них, показатели по 3D LifeViz® продемонстрировали наиболее стабильную и выраженную возрастную динамику по большинству параметров ($p < 0,001$), отражая кумулятивный характер морфологических изменений кожи лица и шеи. При интерпретации 3D-метрик принципиально учитывать их шкалирование и направление изменений, фокусируясь на межгрупповых различиях и согласованности трендов.

Совместный анализ клинической шкалы Merz, эластичности, себума и 3D-морфометрии позволяет выделить устойчивое морфофункциональное ядро-профиль старения кожи, перспективное для интеграции в индекс биологического возраста лица и шеи.

Заключение

Результаты исследования показывают, что возрастные изменения кожи лица и шеи проявляются как согласованный комплекс клинических, функциональных и морфометрических сдвигов, но выраженность этих сдвигов по разным параметрам неодинакова. Среди приборных показателей наиболее устойчивый возрастной градиент выявлен для эластичности кожи, причем снижение становится заметным уже после 35 лет, а также для секреции кожного сала, где наиболее выраженные различия формируются в старшей возрастной группе.

Трехмерный анализ показателей по 3D LifeViz® выявил наиболее выраженную и стабильную возрастную динамику по ключевым морфометрическим параметрам, что подтверждает высокую чувствительность 3D-метрик к фенотипу старения. В совокупности данные клинической шкалы Merz, показатели эластичности и себуметрии, а также 3D-морфометрии формируют устойчивое ядро-профиль морфофункционального профиля старения кожи лица и шеи, что обосновывает возможность перехода от разрозненных измерений к стандартизированной интегральной оценке (Scoring Atopic Dermatitis, SCORE), позволяющей сопоставлять выраженность возраст-ассоциированных изменений между людьми вне зависимости от их хронологического возраста и более корректно описывать индивидуальные вариативность и особенность образа жизни. ●

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование.

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Таблица 2. Попарное сравнение групп 18–34 года и 35–54 года (Me [Q1; Q3])

Показатель	18–34 года	35–54 года	p
Морщины	5,14 [4,50; 5,71]	0,86 [-1,14; 3,32]	< 0,001
Гладкость	4,86 [3,79; 5,71]	1,50 [0,14; 2,71]	< 0,001
Поры	4,57 [2,79; 6,43]	2,07 [0,61; 3,53]	< 0,001
Жирность	-3,00 [-3,71; -2,14]	1,29 [0,36; 2,35]	< 0,001
Коричневые области	4,00 [3,33; 5,16]	4,00 [3,00; 4,33]	< 0,05

Таблица 3. Попарное сравнение групп 35–54 года и 55–100 лет (Me [Q1; Q3])

Показатель	35–54 года	55–100 лет	p
Морщины	0,86 [-1,14; 3,32]	-5,79 [-7,10; -4,00]	< 0,001
Гладкость	1,50 [0,14; 2,71]	-1,64 [-3,82; 1,29]	< 0,001
Поры	2,07 [0,61; 3,53]	-0,43 [-2,11; 2,29]	< 0,001
Жирность	1,29 [0,36; 2,35]	4,00 [3,29; 4,82]	< 0,001
Коричневые области	4,00 [3,00; 4,33]	3,67 [2,75; 4,00]	< 0,05

Таблица 4. Попарное сравнение групп 18–34 года и 55–100 лет (Me [Q1; Q3])

Показатель	18–34 года	55–100 лет	p
Морщины	5,14 [4,50; 5,71]	-5,79 [-7,10; -4,00]	< 0,001
Гладкость	4,86 [3,79; 5,71]	-1,64 [-3,82; 1,29]	< 0,001
Поры	4,57 [2,79; 6,43]	-0,43 [-2,11; 2,29]	< 0,001
Жирность	-3,00 [-3,71; -2,14]	4,00 [3,29; 4,82]	< 0,001
Коричневые области	4,00 [3,33; 5,16]	3,67 [2,75; 4,00]	< 0,05



Литература

1. Bulbiantkova D., Díaz-Puertas R., Álvarez-Martínez F.J., et al. Hallmarks and biomarkers of skin senescence: an updated review of skin senotherapeutics. *Antioxidants*. 2023; 12 (2): 444.
2. Burke K.E. Environmental aging of the skin: new insights. *Plast. Aesthet. Res.* 2020; 7: 60.
3. Delao-Escamilla A., Khalil S., Galadari H., Guida S. Epigenetic clocks in skin aging: from exposome drivers to biomarkers and therapeutic interventions. *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol.* 2025; 18: 3681–3694.
4. He Y., Li Z., Niu Y., et al. Progress in the study of aging marker criteria in human populations. *Front. Public Health*. 2024; 12: 1305303.
5. Hussein R.S., Dayel S.B., Abahussein O., El-Sherbiny A.A. Influences on skin and intrinsic aging: Biological, environmental, and therapeutic insights. *J. Cosmet. Dermatol.* 2024; 23 (10): 3055–3068.
6. Iannaccone M.R., Hughes M.C.B., Green A.C. Effects of sunscreen on skin cancer and photoaging. *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.* 2014; 30 (1): 55–61.
7. Papaccio F., D'Arino A., Caputo S., Bellei B. Focus on the contribution of oxidative stress in skin aging. *Antioxidants*. 2022; 11 (6): 1121.
8. Pequeno A.L.V., Bagatin E. Dermatological ultrasound in assessing skin aging. *Front. Med. (Lausanne)*. 2024; 11: 1353605.
9. Pilkington S.M., Bulfone-Paus S., Griffiths C.E.M., Watson R.E.B. Inflammaging and the skin. *J. Invest. Dermatol.* 2021; 141 (4 Suppl.): 1087–1095.
10. Rabe J.H., Mamelak A.J., McElgunn P., et al. Photoaging: mechanisms and repair. *J. Am. Acad. Dermatol.* 2006; 55 (1): 1–19.
11. Rella A., Layman D., Dang R., et al. Fructose-induced glycation end products promote skin-aging phenotypes and senescence marker expression in human dermal fibroblasts. *Int. J. Mol. Sci.* 2025; 26 (13): 6162.
12. Zhao M., He Z., Liu L., et al. Causal and mediating effects of lipid and facial aging: association study integrating GWAS, eQTL, mQTL, and pQTL data. *Lipids Health Dis.* 2024; 23: 342.
13. Zou Z., Long X., Zhao Q., Zheng Y., et al. A single-cell transcriptomic atlas of human skin aging. *Dev. Cell.* 2021; 56 (3): 383–397.e8.
14. Бернс С.А., Савичева А.А., Исайкина О.Ю. и др. Биологический возраст: проблемы и перспективы. Обзор литературы. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2024; 23 (12): 4254.
15. Закирова Г.Ш., Губанова Е.И. Индекс старения для оценки возрастных изменений лица и шеи. Клиническая дерматология и венерология. 2021; 20 (3): 92–100.
16. Киселев И.С., Баулина Н.М., Фаворова О.О. Эпигенетические часы: метилирование ДНК как маркер биологического возраста и возраст-ассоциированных заболеваний. Успехи биологической химии. 2025; 65: 523–546.

Morphofunctional Markers of Facial and Neck Skin Aging and Their Integration into a Biological Age Index

E.V. Chernaya, A.S. Dvornikov, PhD, Prof., O.N. Tkacheva, PhD, Prof., I.D. Strazhesko, PhD, Prof., L.V. Terentyeva, PhD

Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow

Contact person: Elizaveta V. Chernaya, e.v.chernaya@mail.ru

Facial and neck skin aging is a multilevel process associated with the accumulation of molecular and cellular damage and manifested by changes in the clinical phenotype and functional properties of the skin, which substantiates its use as a model for assessing biological age.

Objective. To assess age-related dynamics of clinical and instrumental parameters of facial and neck skin and to identify the indicators most sensitive to age for their subsequent integration into a comprehensive assessment of skin biological age.

Material and methods. Adult and elderly participants were examined using the Merz Aesthetics Scale, three-dimensional skin morphometry with the 3D LifeViz® system, and instrumental assessment of functional skin characteristics employing the Multi Skin Test Center MC 1000 (corneometry, cutometry, sebumetry, and mexametry). Measurements were performed in four anatomical regions (forehead, periorbital area, chin, and neck) with subsequent calculation of integrated mean values.

Results. The Merz scale demonstrated high sensitivity to age-related changes ($p < 0.001$). Skin elasticity and sebum secretion exhibited a stable age-related gradient, whereas hydration, erythema, and pigmentation were largely influenced by behavioral and environmental factors. Three-dimensional morphometric parameters showed pronounced age-related dynamics across most analyzed indices. Discussion. The combined analysis of clinical, functional, and 3D morphometric data made it possible to identify a stable morphofunctional aging profile of facial and neck skin, reflecting coordinated involvement of epidermal and dermal structures and differential age sensitivity of individual parameters.

Conclusion. Three-dimensional morphometric parameters, together with elasticity and sebumetry indices, form a “core aging profile” of facial and neck skin, which is promising for the development of an integrated skin biological age index (Scoring Atopic Dermatitis, SCORE).

Keywords: skin aging, face and neck, Merz scale, Multi Skin Test Center, 3D LifeViz®