

**СТРУКТУРА И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА  
(обзор литературы)**

*Ключевые слова:* кожа, строение кожи, слои кожи, эпидермис, дерма, подкожно-жировая клетчатка (гиподерма).

*В обзорной статье представлены результаты анализа анатомо-морфологических особенностей кожи – одного из ключевых органов человеческого организма. Подробно описаны гистологическая структура и физиологические функции основных ее слоев: эпидермиса, дермы и гиподермы. Детально рассмотрены клеточный состав и структурная организация эпидермиса (базальный, шиповатый, зернистый, блестящий и роговой слои), а также дермы (сосочковый и сетчатый слои). Проведен анализ морфофункциональных особенностей клеток кожи, включая кератиноциты, меланоциты, клетки Лангерганса и фибробласты.*

**Введение.** Кожа представляет собой сложную многослойную структуру, осуществляющую широкий спектр жизненно важных функций, обеспечивая не только механическую защиту организма от внешних факторов, но и играя ключевую роль в поддержании постоянства внутренней среды (гомеостаза), иммунной регуляции, терморегуляции, а также сенсорном восприятии окружающей среды. Кожа также является важным компонентом эндокринной системы, синтезируя и метаболизируя биологически активные вещества, такие как витамин D. Изучение строения кожи имеет огромное значение для медицины, косметологии и дерматологии, поскольку позволяет лучше понять механизмы ее функционирования, а также выявить и разработать методы лечения различных заболеваний.

**Цель обзора** – на основе анализа научной литературы изучить морфологические особенности здорового кожного покрова.

Для обзора литературы был проведен поиск в электронных базах данных PubMed, eLIBRARY.RU, КиберЛенинка и др. за период с 2000 по 2025 г. Использовались следующие ключевые слова и их комбинации: кожа, строение кожи, эпидермис, дерма, гиподерма, клетки кожи, слои кожи. Для анализа было использовано 26 отечественных и зарубежных литературных источников, включая учебники, учебные пособия и научные статьи.

**Общие сведения о коже.** Кожа является крупнейшим органом человеческого тела, составляющим около 15% массы взрослого, и отличается высокой скоростью обновления [15, 22]. Средняя толщина кожи около 2 мм, но она может варьировать в зависимости от анатомического расположения от 0,5 до 5 мм [4]. Так, на спине, ладонях и подошвах толщина кожи может достигать 3 мм, а в области век – всего 0,05 мм. Участок кожи площадью около 6,5 квадратных сантиметра может содержать в среднем 25 нервных волокон, более тысячи нервных окончаний, 65 волосяных фолликулов и кровеносные сосуды общей протяженностью около 6 м [1]. Благодаря такому строению кожа быстро реагирует

на внешние раздражители. Выдающийся патологоанатом Р. Вирхов рассматривал кожу как эффективный, но не одушевленный барьер, однако было установлено динамичное взаимодействие между кожей и другими компонентами иммунной системы [21]. В коже может накапливаться до одного литра крови, что связано с развитой в ней сосудистой сетью [2]. Через кожные покровы выводятся различные продукты обмена, а также до 1% всей воды, которая содержится в организме [2].

Кожные покровы человека обладают рядом индивидуальных характеристик, которые варьируют в зависимости от возраста, пола, этнической принадлежности, типа кожи, а также анатомической локализации. Характеристики кожи могут изменяться в зависимости от индекса массы тела и образа жизни [9]. Так, в литературных источниках имеются сведения о том, что люди африканского, латиноамериканского, азиатского, гавайского, тихоокеанского и коренного происхождения, имеющие более темный оттенок кожи, чаще страдают от уникальных кожных заболеваний или от распространенных заболеваний, которые имеют уникальный внешний вид. Это объясняется структурными и функциональными различиями между этой группой населения и людьми со светлым оттенком кожи, в частности, речь идет о структурных различиях в меланосомах, роговом слое, эпидермисе и дерме [14]. Любопытны данные, освещающие взаимосвязь центральной нервной системы и кожных покровов. Недавние научные исследования выявили, что механизмы, регулирующие пигментацию кожи, могут оказывать прямое или косвенное воздействие на поведение человека. В то же время установлено, что нейронные и гормональные реакции, которые контролирует центральная нервная система, влияют на пигментацию кожи, например, в состоянии стресса. В дополнение можно привести болезнь Паркинсона, которая характеризуется нейродегенеративными изменениями в базальных ганглиях. Одним из интересных аспектов этого заболевания является повышенный риск развития меланомы [7].

Более чем столетние исследования кожи и ее структуры позволили получить более детальное представление о ее сложности. Изучены микроанатомия кожи и множество иммунных и других клеток, которые в ней содержатся. Недавно проведенные транскриптомические исследования, включая анализ на уровне отдельных клеток, позволили составить карту экспрессии генов в клетках кожи и выявить специфические для кожи гены. Это указывает на то, что кожа и ее клетки используют уникальные протеомы для выполнения структурных, гомеостатических и иммунных функций [11]. Относительно недавнее открытие – микроРНК (класс малых некодирующих РНК, выполняющих множество биологических функций благодаря своей способности регулировать экспрессию генов посредством посттранскрипционного подавления генов). Интересно, что ряд микроРНК активно экспрессируется в коже и, вероятно, является ключевым регулятором многочисленных жизненно важных процессов, поддерживающих нормальное функционирование [12]. Все основные типы клеток в коже человека имеют функциональную циркадную систему и демонстрируют определенные периоды и фазовые соотношения в экспрессии генов, что указывает на наличие регуляторных механизмов, характерных для каждого типа клеток. Эти колебания в разных типах клеток, вероятно, действуют согласованно, обеспечивая ритмические функции в коже [19].

Следует отметить, что в настоящее время в литературных данных имеются сведения о применении 3D-эквивалентов человеческой кожи в ее исследовании. Они могут частично воспроизводить физиологические функции кожи,

в частности, способность к пролиферации, синтез внеклеточного матрикса, клеточную передачу сигналов и реакцию на различные раздражители, а также являются более полезными моделями для разработки лекарств, моделирования заболеваний и фундаментальных исследований кожи, нежели двумерные монослойные клеточные культуры. Данные модели могут применяться в качестве альтернативы экспериментам на животных [16].

В процессе развития организма кожа формируется из двух зародышевых листков – эктодерма дает начало эпидермису и его производным, в свою очередь, мезодерма формирует дерму, подкожно-жировую клетчатку, включая соединительную ткань и кровеносные сосуды.

**Строение кожи.** Кожа – это многослойный орган, включающий в себя эпидермис, дерму и гиподерму (подкожно-жировую клетчатку), а также в ней присутствуют потовые и сальные железы, производными кожи являются волосы и ногти.

**Эпидермис.** Самым верхним слоем кожи является эпидермис, представленный многослойным плоским ороговевающим эпителием. В составе эпидермиса отсутствуют сосуды, а толщина его может меняться от 0,03 до 1,5 мм и более. Так, наиболее «толстая» кожа покрывает ладони и подошвы, а «тонкая» – остальные области тела. Уникален и клеточный состав данного слоя, в нем встречаются кератиноциты, меланоциты, Т-лимфоциты, клетки Лангерганса, клетки Гринштейна, осязательные клетки Меркеля [4]. Основная функция эпидермиса – образование защитного, полупроницаемого рогового слоя, барьерная функция которого обеспечивается упорядоченными липидными пластинами, локализованными во внеклеточном пространстве между корнеоцитами [18]. Эпидермис защищает организм от механических повреждений, проникновения микроорганизмов, ультрафиолетового излучения, предотвращает потерю воды и нарушение баланса электролитов в организме. Стоит добавить, что эпидермис участвует в распознавании чужеродных агентов (в частности, бактерий) и активации иммунного ответа, а также выполняет регенеративную функцию. В эпидермисе содержатся рецепторы, которые воспринимают тактильные, температурные и другие внешние воздействия. Под воздействием ультрафиолетовых лучей в данном слое кожи происходит синтез витамина D. Процесс дифференцировки эпидермиса регулируется концентрацией внеклеточных ионов кальция. В исследованиях *in vitro* было выявлено, что кератиноциты, культивируемые в среде с низкой концентрацией кальция (около 0,04 мМ), демонстрируют недифференцированный фенотип, характерный для базальных клеток, а увеличение концентрации кальция до 0,14 мМ приводит к терминальной дифференцировке [17].

Эпидермис состоит из пяти основных слоев: базального, шиповатого, зернистого, блестящего, рогового, каждый из которых представлен в коже ладоней и подошв, однако на остальных участках тела отсутствует блестящий слой [6]. Структура эпидермиса преобразуется от безъядерных клеток рогового слоя на поверхности до клеток шестиугольной формы в базальном слое [25].

Самым глубоким слоем эпидермиса является базальный слой, представленный одним рядом клеток. Базальный слой состоит в основном из клеток кератиноцитов, которые активно делятся, что способствует обновлению эпидермиса. Помимо кератиноцитов, встречаются и другие клеточные популяции, в частности, меланоциты, стволовые клетки, клетки Меркеля и Лангерганса [2]. Благодаря особенностям клеточного состава базального слоя происходит физиологическая регенерация эпидермиса (каждые 3-4 недели). Роль базального слоя состоит в производстве кератиноцитов, выработке витамина D,

защите от ультрафиолетового излучения, а также создании тактильных ощущений. Клеточные популяции базального слоя могут стать основой для возникновения раковых опухолей.

Шиповатый слой включает в себя от 5 до 10 рядов клеток, связь между которыми осуществляется так называемыми десмосомами, что способствует прочности кожного покрова, а клеточный состав представлен полигональной формы кератиноцитами, синтезирующими кератин и ламеллярные гранулы, а также клетками Лангерганса, располагающимися между ними [2]. Вероятно, ламеллярные гранулы формируются в аппарате Гольджи и на сегодняшний день рассматриваются как составляющие тубуло-везикулярной транс-Гольджи-сети [18]. Они представляют собой трубчатые или яйцевидные мембрано-связанные органеллы [17]. Шиповатый слой представляет собой основной барьер, препятствующий внедрению в организм чужеродных веществ из окружающей среды.

Зернистый слой формируют кератиноциты, расположенные в 3–4 ряда, для которых характерна овальная форма и наличие гранул кератогиалина [2]. Содержащиеся в зернистом слое липиды способствуют формированию водонепроницаемого барьера, который, в свою очередь, защищает кожу от потери влаги.

Основу блестящего слоя составляют плоские кератиноциты (эпидермальные корнеоциты) [2], тело которых пропитано элеидином (особое белковое вещество), придающим коже гладкость и блеск. Задачами этого слоя являются увеличение растяжимости, защита ладоней и подошв от трения и участие в формировании водонепроницаемости кожных покровов.

Роговой слой является самым верхним и самым толстым слоем эпидермиса, который представлен роговыми чешуйками, имеющими вид расположенных друг на друге плоских многогранников, а также связанных между собой межклеточным цементирующим веществом, в составе которого содержатся липиды, что обеспечивает непроницаемость для воды [2]. Помимо удерживания влаги, указанный слой играет роль среды для собственной микрофлоры, а также препятствует попаданию чужеродных агентов в организм. Роговой слой постоянно обновляется, и его клетки отшелушиваются.

Основной клеточной популяцией эпидермиса, составляющей примерно 85% от общего числа клеток и встречающейся во всех его слоях, являются кератиноциты [4]. Кератиноциты представляют собой стволовые клетки межфолликулярного эпидермиса, наделенные высокой митотической активностью, благодаря которой поддерживается постоянное обновление данной ткани [3]. Эти клетки участвуют в формировании защитного барьера благодаря десмосомам, соединяющим клетки глубоких слоев, и гидрофобным свойствам роговых чешуек, а также в привлечении и активации Т-лимфоцитов, регуляции уровня кальция, обеспечивая поглощение ультрафиолетового излучения кожей и способствуя активации витамина D [4]. В кератиноцитах синтезируется ряд важных белков – кератин, инволюкрин, филагрин и др. Они являются активными участниками процесса ороговения (кератинизации) эпидермиса. Кератиноциты претерпевают радикальные изменения по мере продвижения из самого глубокого слоя эпидермиса, где они «рождаются», в верхний слой, где они в итоге отшелушиваются. Кератиноциты вырабатывают широкий спектр цитокинов, которые высвобождаются под действием таких внешних раздражителей, как травмы, бактериальные инфекции, ультрафиолетовое излучение [24].

Около 10–25% клеток базального слоя эпидермиса – это меланоциты, имеющие многоотростчатую форму. В их телах и отростках находятся меланосомы (специфические мембранные органеллы), содержащие пигмент меланин. Меланин образуется из аминокислот тирозина под воздействием ферментов тирозиназы и ДОФА-оксидазы [4]. Процесс образования меланина регулируется гипофизом посредством меланоцитстимулирующего гормона. В процессе меланогенеза также участвуют ионы меди, витамин С, адреналин, норадреналин, гормоны щитовидных и половых желез [5]. Меланин встраивается в кератиноциты при перемещении меланоцитов в верхние слои эпидермиса, обеспечивая защиту кожи от ультрафиолетового излучения и определяя ее цвет. Количество пигмента меланина варьирует в зависимости от интенсивности ультрафиолетового облучения. Стоит отметить, что с патологией пигментных клеток меланоцитов связано развитие меланомы и витилиго.

В составе базального и шиповатого слоя содержатся клетки Лангерганса (эпидермальные макрофаги), составляющие от 2 до 8% клеток эпидермиса и выступающие в роли клеточных иммунных защитников первой линии кожи [2, 4]. Для них характерна многоотростчатая форма, а также эти клетки содержат гранулы Бирбека и цитоплазматические органеллы в форме теннисной ракетки [26]. Эпидермальные макрофаги активно участвуют в иммунных процессах, продуцируя интерлейкины, лизоцим, интерферон. Благодаря особенностям строения клетки Лангерганса могут выполнять формообразующую функцию, что способствует послойной организации кератиноцитов [4]. А также эти клетки способны перемещаться в дерму и лимфатические узлы, где они выполняют роль макрофагов [5].

Клетки Меркеля – нейроэндокринные клетки, отвечающие за сенсорное восприятие [3]. Локализуются они в базальном слое эпидермиса и в волосяных луковицах [4]. Данные клетки служат механорецепторами для восприятия легкого прикосновения, локализуются в ладонях, ступнях, в слизистой оболочке полости рта и половых органов. Примечательно, что наибольшая их концентрация наблюдается в кончиках пальцев [26]. Эти клетки распределены поодиночке либо формируют группы (диски Меркеля), с кератиноцитами образуют десмосомные контакты. В клетках Меркеля содержатся гранулы с гормоноподобными факторами, среди которых энкефалин, бомбезин и другие пептиды, они оказывают влияние на регенерацию эпителия и на тонус кровеносных сосудов, находящихся вблизи [4]. Клеточные мембраны клеток Меркеля взаимодействуют со свободными нервными окончаниями в коже [26].

Клеткам Гринштейна отведена роль в иммунных реакциях в коже [4]. Они относятся к популяции дендритических клеток, морфологически напоминают клетки Лангерганса, но в их структуре отсутствуют гранулы Бирбека и некоторые макрофагальные мембранные антигены [5].

Что касается эпидермальных лимфоцитов, они представлены в основном Т-лимфоцитами. Эти клетки контролируют структурные изменения кератиноцитов и уничтожают мутировавшие клетки. Вместе с макрофагами они передают информацию о бактериологическом состоянии кожи на В-систему лимфоцитов.

Таким образом, эпидермис представляет собой сложную систему, которая участвует в иммунной защите и обеспечивает регенерацию кожных покровов. Стоит добавить, что в эпидермисе концентрируется значительная часть нашей нормальной микрофлоры, причем состав микробиома варьирует в зависимости

от локализации на теле. Наиболее распространенными бактериями являются *Staphylococcus epidermidis* и *S. aureus*, *Cutibacterium acnes*, *Corynebacterium*, *Streptococcus*, *Candida* и *Clostridium perfringens* [26]. Наиболее изученные представители *S. Acnes* и *S. Epidermidis* оказывают влияние на молекулярную среду кожи посредством активации иммунной и воспалительной систем, а также барьерных свойств [23].

Эпидермис включает в себя физический, химический/ биохимический (антимикробный, врожденный иммунитет) и адаптивный иммунологический барьеры. Физический барьер состоит в основном из рогового слоя, химический/ биохимический барьер – из липидов, кислот, гидролитических ферментов, антимикробных пептидов и макрофагов, а иммунологический барьер – из гуморальных и клеточных компонентов иммунной системы [20].

Граница между эпидермисом и дермой формируется через дермо-эпидермальное соединение (ДЭС). Ключевым элементом этого соединения является базальная мембрана, функция которой сводится к регуляции поступления в клетки питательных веществ из сосудов и выведению продуктов метаболизма. Состоит она из ламининов – 1 и – 5, нидогена и сетевой структуры, образованной коллагеном IV типа (коллагеном базальных мембран) [3].

**Дерма.** Дерма – это основа кожи, которая выступает в роли «скелета», толщина ее варьирует от 0,5 до 5 мм, максимально на спине, плечах и бедрах [2, 3]. Дерма включает в себя два слоя – сосочковый, состоящий из рыхлой соединительной ткани, который контактирует с эпидермисом и залегает сверху, и сетчатый из плотной соединительной ткани с наличием пучков коллагеновых волокон, расположенный глубже [26]. Дерма – это сложный структурный остов, состоящий из внеклеточного вещества и разнообразных клеток, включая перicyты, эндотелиальные, гладкомышечные, иммунные клетки и фибробласты [3]. Дерма содержит в себе потовые железы, волосные фолликулы, волосы, мышцы, сенсорные нейроны и кровеносные сосуды [26]. Дерма имеет ключевое значение для нормального функционирования кожи как органа [3]. Дерма обеспечивает прочность и упругость кожи, участвует в регуляции температуры тела, выполняет иммунную и сенсорную функции, а за счет входящих в ее состав кровеносных сосудов – и трофическую.

Сосочковый слой дермы относительно тонкий, занимает приблизительно треть ее объема [3]. Количественный состав, а также размеры сосочков неодинаковы в различных анатомических зонах. Так, наибольшее их содержание отмечается в области ладоней и подошв, а в коже лица они развиты слабо [2]. Для сосочкового слоя характерна большая плотность фибробластов, плотная сетчатая структура, в составе которой имеются тонкие беспорядочно расположенные волокна коллагена (преимущественно III типа) и незрелые (окситалановые и элауниновые) волокна эластической сети [3]. Представителями клеточного состава данного слоя также являются макрофаги, тучные клетки и другие [2]. Сосочковый слой богат нервными окончаниями, в частности, на прикосновения реагируют тельца Мейснера, колбы Краузе улавливают холод, а тельца Руфини отвечают за восприятие тепла.

Сетчатый слой дермы в своем составе содержит высокоупорядоченные толстые пучки коллагеновых волокон (главным образом коллагена I типа) и зрелые эластические волокна. В отличие от сосочкового слоя, данный слой обладает низкой плотностью фибробластов [3]. Наряду с фибробластами в составе данного слоя стоит отметить наличие фиброцитов. Особенности строения сетчатого слоя обуславливают прочность кожного покрова.

Коллагеновые волокна в коже распределяются по-разному в зависимости от механических нагрузок: в областях с сильным давлением, таких как стопы и локти, они образуют широкопетлистую сеть, а в зонах с высокой растяжимостью, например в области суставов, на лице и тыльной стороне стопы, сеть коллагеновых волокон становится узкопетлистой и более нежной. Эластические волокна, следующие за коллагеновыми пучками, особенно сконцентрированы в областях с частым растяжением, таких как кожа лица и суставов [2]. В сетчатом слое находятся потовые и сальные железы, корни волос, а также тельца Фатера-Пачини (рецепторные нервные окончания), чувствительные к давлению и вибрации.

Основным компонентом дермы является коллаген, в частности, в большом количестве содержится коллаген I и III типов. Однако и входящие в состав дермы эластические волокна также играют важную структурную роль. Они содержат микрофибриллы эластина и фибриллина, биохимическая конфигурация эластина позволяет волокнам скользить, растягиваться и сворачиваться [8].

Основными клетками дермы являются фибробласты, однако такие клетки, как гистиоциты, тучные клетки, адипоциты, шванновские клетки и стволовые клетки, также играют важную роль в поддержании нормальной структуры и функционировании дермы [8]. Примечательно, что вышеописанные слои дермы содержат в себе разные субпопуляции фибробластов, имеющие специфические для каждого слоя фенотипы [3].

Фибробластам отводится роль в регуляции синтеза коллагена, эластичных и ретикулярных волокон, а также внеклеточного матрикса [8]. Они поддерживают морфофункциональную организацию всех слоев кожи [3]. Фибробласты дермы характеризуются разной степенью дифференцировки. К ним относятся слабодифференцированные фибробласты, дифференцированные фибробласты, фиброциты и фиброкласты [5]. Дифференцированные фибробласты являются ключевыми элементами фибробластического дифферона, поскольку именно они синтезируют и структурируют все компоненты внутриклеточного матрикса [3].

Гистиоциты, относящиеся к системе фагоцитирующих мононуклеаров, выполняют роль тканевых макрофагов [5, 8]. Они выделяют медиаторы межклеточного взаимодействия (интерлейкин-1,  $\gamma$ -интерферон и др.), которые регулируют процессы пролиферации и дифференцировки фибробластов и иммунокомпетентных клеток. Примечательно, что некоторые гистиоциты содержат гранулы Бирбека, что подтверждает их идентичность с клетками Лангерганса, способными мигрировать из эпидермиса и обратно [5]. Макрофаги способны к самообновлению на протяжении всей жизни [10].

Тучные клетки обычно локализуются вокруг дермальных капилляров [8] и характеризуются наличием в цитоплазме специфических гранул, содержащих биологически активные вещества, такие как гистамин, гепарин, серотонин, гиалуриновая кислота, хондроитин сульфат и др. Эти вещества влияют на проницаемость сосудов кожи, количество воды в межклеточном веществе дермы, а также на пролиферацию и дифференцировку клеток и синтез гликозаминогликанов [5].

Дермальные адипоциты обеспечивают изоляцию и накопление энергии, а также способствуют регенерации волосяных фолликулов и заживлению ран [8, 13].

В области анального отверстия и в околососковых кружках присутствуют дермальные меланоциты, которые, вероятно, получают меланосомы от эпидермальных меланоцитов [2, 4].

Гладкие миоциты в дерме образуют мышцы, поднимающие волос, а также пучки, с волосами не связанные. Сокращение их на холоде приводит к феномену «гусиной кожи» [4].

Относительно недавно в дерме были обнаружены телоциты, имеющие небольшие размеры и содержащие несколько длинных отростков – телоподий. Предполагается, что они выполняют трофическую функцию и регулируют активность фибробластов и других клеток соединительной ткани дермы [6].

**Гиподерма.** Ниже дермы залегает рыхлая неоформленная соединительная ткань, известная как гиподерма, или подкожно-жировая клетчатка, в которой сосредоточены жировые клетки и поддерживающая волокнистая строма. Более 90% объема гиподермы обусловлено так называемыми дольками, представляющими собой организованные адипоциты [3]. Этот слой выполняет несколько важных функций, включая терморегуляцию, амортизацию и хранение энергии. Толщина гиподермы может варьировать в зависимости от анатомической зоны и индивидуальных особенностей организма. Особо хорошо она развита в участках кожи, подвергающихся сильному механическому воздействию, к которым относятся, к примеру, подушечки пальцев, ступни [2]. Гиподерма содержит в себе кровеносные сосуды, сенсорные нейроны и немногочисленные волосяные фолликулы [26].

**Обсуждение.** Результаты исследования демонстрируют сложную иерархическую организацию кожного покрова, где каждый структурный элемент выполняет специфические функции. Эпидермис, дерма и гиподерма образуют единую систему, обеспечивающую защиту организма и поддержание гомеостаза. Особую роль в функционировании кожи играют клеточные популяции. Кератиноциты, меланоциты, фибробласты и иммунные клетки формируют сложную сеть взаимодействий, обеспечивающую регенерацию, защиту и адаптацию кожи к внешним воздействиям. Современные исследования показывают, что структурная организация кожи определяется сложными межклеточными взаимодействиями. Цитокины, факторы роста и экстрацеллюлярная матрица играют ключевую роль в регуляции клеточной пролиферации, дифференцировки, миграции клеток, регенеративных процессов. Исследование показало, что кожа выполняет не только защитную функцию, но и участвует в терморегуляции, иммунном ответе, метаболических процессах, восприятии внешних сигналов, выделении продуктов обмена. Понимание архитектоники кожи имеет важное значение для разработки новых методов лечения дерматологических заболеваний, создания эффективных косметических средств, оценки возрастных изменений. Особого внимания заслуживает изучение роли микробиома кожи в поддержании структурной целостности и функциональной активности кожного покрова.

**Вывод.** Кожа представляет собой сложный многофункциональный орган с уникальной структурной организацией. Каждый слой кожи выполняет специфические функции, при этом все слои тесно взаимосвязаны. Клеточный состав кожи обеспечивает ее регенеративную способность и защитные функции. Структурные особенности кожи определяют ее участие в различных физиологических процессах организма. Полученные данные могут быть использованы в клинической практике для разработки новых методов диагностики и лечения

кожных заболеваний. Дальнейшие исследования структурной организации кожи позволят расширить понимание механизмов ее функционирования и разработать инновационные подходы к лечению дерматологических патологий.

#### Литература

1. Гелашвили П.А., Супильников А.А., Плохова В.А. Кожа человека (анатомия, гистология, гистопатология). Самара: НОУ ВПО МИ «РЕАВИЗ», 2013. 168 с.
2. Гистология, эмбриология, цитология / Ю.И. Афанасьев, Н.А. Юрина, Е.Ф. Котовский и др.; под ред. Ю.И. Афанасьева, Н.А. Юриной. 6-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 800 с.
3. Зорина А., Зорин В., Колпин П. Архитектоника кожи человека (обзор) // Эстетическая Медицина. 2021. Т. 20, № 1. С. 42–51.
4. Кузнецов С.Л., Мушкамбаров Н.Н. Гистология, цитология и эмбриология. 3-е изд., испр. и доп. М.: МИА, 2016. 640 с.: ил., табл.
5. Самцов А.В., Барбинов В.В. Дерматовенерология. СПб.: СпецЛит, 2008. 352 с.
6. Цибулевский А.Ю., Дубовая Т.К. Кожа: морфология, гистохимия, гистофизиология // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. 2021. Т. 11, № 1. С. 37–42.
7. Ascillán A.A., Kemény L.V. The Skin-Brain Axis: From UV and Pigmentation to Behaviour Modulation. *Int J Mol Sci.*, 2024, vol. 25(11), 6199. DOI: 10.3390/ijms25116199.
8. Brown T.M., Krishnamurthy K. Histology, Dermis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2024 (Update date: 2022 Nov 14).
9. Dąbrowska A.K., Spano F., Derler S. et al. The relationship between skin function, barrier properties, and body-dependent factors. *Skin Res Technol.*, 2018, vol. 24(2), pp. 165–174. DOI: 10.1111/srt.12424.
10. Debroas G., Hoeffel G., Reynders A. et al. Interactions neuro-immunes dans la peau – Un lien entre douleur et immunité [Neuroimmune interactions in the skin: a link between pain and immunity]. *Med Sci (Paris)*, 2018, vol. 34(5), pp. 432–438. DOI: 10.1051/medsci/20183405016.
11. Dyring-Andersen B., Løvendorf M.B., Coscia F. et al. Spatially and cell-type resolved quantitative proteomic atlas of healthy human skin. *Nat Commun.*, 2020, vol. 11(1), 5587. DOI: 10.1038/s41467-020-19383-8.
12. Horsburgh S., Fullard N., Roger M. et al. MicroRNAs in the skin: role in development, homeostasis and regeneration. *Clin Sci (Lond)*, 2017, vol. 131(15), pp. 1923–1940. DOI: 10.1042/CS20170039.
13. Islam N., Garza L.A. Adipose and Hair Function: An aPPARent Connection. *J Invest Dermatol.*, 2018, vol. 138(3), pp. 480–482. DOI: 10.1016/j.jid.2017.10.019.
14. Iwuala C., Taylor S.C. Structural and functional differences in skin of colour. *Clin Exp Dermatol.*, 2022, vol. 47(2), pp. 247–250. DOI: 10.1111/ced.14892.
15. Kanitakis J. Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *Eur J Dermatol.*, 2002, vol. 12(4), pp. 390–399.
16. Kimura S., Tsuchiya A., Ogawa M. et al. Tissue-scale tensional homeostasis in skin regulates structure and physiological function. *Commun Biol.*, 2020, vol. 3(1), p. 637. DOI: 10.1038/s42003-020-01365-7.
17. Lee S.H., Jeong S.K., Ahn S.K. An update of the defensive barrier function of skin. *Yonsei Med J.*, 2006, vol. 47(3), pp. 293–306. DOI: 10.3349/ymj.2006.47.3.293.
18. Madison K.C. Barrier function of the skin: "a raison d'être" of the epidermis. *J Invest Dermatol.*, 2003, vol. 121(2), pp. 231–241. DOI: 10.1046/j.1523-1747.2003.12359.x.
19. Matsui M.S., Pelle E., Dong K. et al. Biological Rhythms in the Skin. *Int J Mol Sci.*, 2016, vol. 17(6), p. 801. DOI: 10.3390/ijms17060801.
20. Proksch E., Brandner J.M., Jensen J.M. The skin: an indispensable barrier. *Exp Dermatol.*, 2008, vol. 17(12), pp. 1063–1072. DOI: 10.1111/j.1600-0625.2008.00786.x.
21. Spellberg B. The cutaneous citadel: a holistic view of skin and immunity. *Life Sci.*, 2000, vol. 67(5), pp. 477–502. DOI: 10.1016/s0024-3205(00)00653-6.
22. Sreedhar A., Aguilera-Aguirre L., Singh K.K. Mitochondria in skin health, aging, and disease. *Cell Death Dis.*, 2020, vol. 11(6), p. 444. DOI: 10.1038/s41419-020-2649-z.
23. Szabó K., Balogh F., Romhányi D. et al. Epigenetic Regulatory Processes Involved in the Establishment and Maintenance of Skin Homeostasis-The Role of Microbiota. *Int J Mol Sci.*, 2025, vol. 26(2), p. 438. DOI: 10.3390/ijms26020438.
24. Uchi H., Terao H., Koga T. et al. Cytokines and chemokines in the epidermis. *J Dermatol Sci.*, 2000, vol. 24, suppl 1, pp. 29–38. DOI: 10.1016/s0923-1811(00)00138-9.
25. Wong R., Geyer S., Weninger W. et al. The dynamic anatomy and patterning of skin. *Exp Dermatol.*, 2016, vol. 25(2), pp. 92–98. DOI: 10.1111/exd.12832.
26. Yousef H., Alhaji M., Fakoya A.O., Sharma S. Anatomy, Skin (Integument), Epidermis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025 (Update date: 2024 Jun 8).

ГУСАРОВА АННА ЮРЬЕВНА – ассистент кафедры пропедевтики внутренних болезней с курсом лучевой диагностики, аспирантка кафедры пропедевтики внутренних болезней с курсом лучевой диагностики, Чувашский государственный университет, Россия, Чебоксары (annushkagus@mail.ru).

ДИОМИДОВА ВАЛЕНТИНА НИКОЛАЕВНА – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой пропедевтики внутренних болезней с курсом лучевой диагностики, Чувашский государственный университет; заведующая отделением ультразвуковой диагностики, Городская клиническая больница № 1, Россия, Чебоксары (diomidovavn@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3627-7971>).

Anna Yu. GUSAROVA, Valentina N. DIOMIDOVA

### STRUCTURE AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF HUMAN SKIN (literature review)

**Key words:** skin, skin structure, skin layers, epidermis, dermis, subcutaneous adipose tissue (hypodermis).

The review article presents the results of analyzing the anatomical and morphological features of the skin, one of the key organs of the human body. The histological structure and physiological functions of its main layers: epidermis, dermis and hypodermis are described in detail. The cellular composition and structural organization of the epidermis (basal, spinous, granular, clear layers and stratum corneum), as well as those in the dermis (papillary and reticular layers) are considered in detail. The morphofunctional features of skin cells, including keratinocytes, melanocytes, Langerhans cells and fibroblasts, are analyzed.

#### References

1. Gelashvili P.A., Supil'nikov A.A., Plokhova V.A. *Kozha cheloveka (anatomiya, gistologiya, gistopatologiya)* [Human Skin (Anatomy, Histology, Histopathology)]. Samara, 2013, 168 p.
2. Afanas'ev Yu.I., Yurina N.A., eds., Afanas'ev Yu.I., Yurina N.A., Kotovskii E.F. et al. *Gistologiya, embriologiya, tsitologiya. 6-e izd., pererab. i dop.* [Histology, embryology, and cytology. 6<sup>th</sup> ed.]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2012, 800 p.
3. Zorina A., Zorin V., Kopnin P. *Arkhitektonika kozhi cheloveka (obzor)* [Human Skin Architecture (Review)]. *Esteticheskaya Meditsina*, 2021, vol. 20, no. 1, pp. 42–51.
4. Kuznetsov S.L., Mushkambarov N.N. *Gistologiya, tsitologiya i embriologiya. 3-e izd., ispr. i dop.* [Histology, cytology and embryology]. Moscow, 2016, 640 p.
5. Samtsov A.V., Barbinov V.V. *Dermatovenerologiya* [Dermatovenereology]. St. Petersburg, SpetsLit Publ., 2008, 352 p.
6. Tsubulevskii A.Yu., Dubovaya T.K. *Kozha: morfologiya, gistokhimiya, gistofiziologiya* [Skin: Morphology, Histochemistry, and Histophysiology]. *Krymskii zhurnal eksperimental'noi i klinicheskoi meditsiny*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 37–42.
7. Ascillán A.A., Kemény L.V. The Skin-Brain Axis: From UV and Pigmentation to Behaviour Modulation. *Int J Mol Sci.*, 2024, vol. 25(11), 6199. DOI: 10.3390/ijms25116199.
8. Brown T.M., Krishnamurthy K. Histology, Dermis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishin, 2024 (Update date: 2022 Nov 14).
9. Dąbrowska A.K., Spano F., Derler S. et al. The relationship between skin function, barrier properties, and body-dependent factors. *Skin Res Technol.*, 2018, vol. 24(2), pp. 165–174. DOI: 10.1111/srt.12424.
10. Debroas G., Hoeffel G., Reynders A. et al. Interactions neuro-immunes dans la peau – Un lien entre douleur et immunité [Neuroimmune interactions in the skin: a link between pain and immunity]. *Med Sci (Paris)*, 2018, vol. 34(5), pp. 432–438. DOI: 10.1051/medsci/20183405016.
11. Dyring-Andersen B., Løvendorf M.B., Coscia F. et al. Spatially and cell-type resolved quantitative proteomic atlas of healthy human skin. *Nat Commun.*, 2020, vol. 11(1), 5587. DOI: 10.1038/s41467-020-19383-8.
12. Horsburgh S., Fullard N., Roger M. et al. MicroRNAs in the skin: role in development, homeostasis and regeneration. *Clin Sci (Lond)*, 2017, vol. 131(15), pp. 1923–1940. DOI: 10.1042/CS20170039.
13. Islam N., Garza L.A. Adipose and Hair Function: An aPPARent Connection. *J Invest Dermatol.*, 2018, vol. 138(3), pp. 480–482. DOI: 10.1016/j.jid.2017.10.019.
14. Iwuala C., Taylor S.C. Structural and functional differences in skin of colour. *Clin Exp Dermatol.*, 2022, vol. 47(2), pp. 247–250. DOI: 10.1111/ced.14892.
15. Kanitakis J. Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *Eur J Dermatol.*, 2002, vol. 12(4), pp. 390–399.

16. Kimura S., Tsuchiya A., Ogawa M. et al. Tissue-scale tensional homeostasis in skin regulates structure and physiological function. *Commun Biol.*, 2020, vol. 3(1), p. 637. DOI: 10.1038/s42003-020-01365-7.
17. Lee S.H., Jeong S.K., Ahn S.K. An update of the defensive barrier function of skin. *Yonsei Med J.*, 2006, vol. 47(3), pp. 293–306. DOI: 10.3349/ymj.2006.47.3.293.
18. Madson K.C. Barrier function of the skin: "a raison d'être" of the epidermis. *J Invest Dermatol.*, 2003, vol. 121(2), pp. 231–241. DOI: 10.1046/j.1523-1747.2003.12359.x.
19. Matsui M.S., Pelle E., Dong K. et al. Biological Rhythms in the Skin. *Int J Mol Sci.*, 2016, vol. 17(6), p. 801. DOI: 10.3390/ijms17060801.
20. Proksch E., Brandner J.M., Jensen J.M. The skin: an indispensable barrier. *Exp Dermatol.*, 2008, vol. 17(12), pp. 1063–1072. DOI: 10.1111/j.1600-0625.2008.00786.x.
21. Spellberg B. The cutaneous citadel: a holistic view of skin and immunity. *Life Sci.*, 2000, vol. 67(5), pp. 477–502. DOI: 10.1016/s0024-3205(00)00653-6.
22. Sreedhar A., Aguilera-Aguirre L., Singh K.K. Mitochondria in skin health, aging, and disease. *Cell Death Dis.*, 2020, vol. 11(6), p. 444. DOI: 10.1038/s41419-020-2649-z.
23. Szabó K., Balogh F., Romhányi D. et al. Epigenetic Regulatory Processes Involved in the Establishment and Maintenance of Skin Homeostasis-The Role of Microbiota. *Int J Mol Sci.*, 2025, vol. 26(2), p. 438. DOI: 10.3390/ijms26020438.
24. Uchi H., Terao H., Koga T. et al. Cytokines and chemokines in the epidermis. *J Dermatol Sci.*, 2000, vol. 24, suppl 1, pp. 29–38. DOI: 10.1016/s0923-1811(00)00138-9.
25. Wong R., Geyer S., Weninger W. et al. The dynamic anatomy and patterning of skin. *Exp Dermatol.*, 2016, vol. 25(2), pp. 92–98. DOI: 10.1111/exd.12832.
26. Yousef H., Alhadj M., Fakoya A.O., Sharma S. Anatomy, Skin (Integument), Epidermis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025 (Update date: 2024 Jun 8).

---

**ANNA Yu. GUSAROVA – Assistant Lecturer, Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Radiation Diagnostics, Post-Graduate Student, Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course of Radiation Diagnostics, Chuvash State University, Russia, Cheboksary (annushkagus@mail.ru).**

**VALENTINA N. DIOMIDOVA – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Propaedeutics of Internal Diseases with a Course in Radiation Diagnostics, Chuvash State University; Head of the Department of Ultrasound Diagnostics, City Clinical Hospital No. 1, Russia, Cheboksary (diomidovavn@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3627-7971>).**

---

**Формат цитирования:** Гусарова А.Ю., Диомидова В.Н. Структура и морфологические особенности кожи человека (обзор литературы) [Электронный ресурс] // Acta medica Eurasica. 2025. № 3. С. 44–54. URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2025/3/6>. DOI: 10.47026/2413-4864-2025-3-44-54.