



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЯ ГИСТОГЕМАТИЧЕСКОГО БАРЬЕРА КОЖИ ЧЕЛОВЕКА НА МОДЕЛИ КЛЕЩЕЙ РОДА DEMODEX Пустовая К.Н.

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва; Фармацевтическое научно-производственное предприятие «Ретиноиды», Балашиха, Россия, e-mail: pustovaya.kristina@yandex.ru

Для цитирования:

Пустовая К.Н. Определение возможных причин повреждения гистогематического барьера кожи человека на модели клещей рода Demodex. Морфологические ведомости. 2023;31(4):803. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2023.31\(4\).803](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2023.31(4).803)

Резюме. Изучение морфофункциональных особенностей гистогематического барьера кожи, как важного компонента механизма, обеспечивающего гомеостаз общей реактивности, является актуальной задачей гистологии и дерматологии. Целью настоящего исследования явилось определение возможных причин повреждения гистогематического барьера кожи человека на модели с изучением клещей рода Demodex. Использовали материал соскобов и биоптатов кожи от 10 мужчин-добровольцев в возрасте 30-45 лет. Материал исследовали на предмет обнаружения клещей Demodex под световым микроскопом для проведения морфологического исследования. Для исследования использовали панч-биопсию, после приготовления препаратов срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Сканирующую электронную микроскопию осуществляли по стандартному методу. Для определения возможной патогенности микрофлоры проводили анализ с помощью полимеразной цепной реакции с дальнейшим культивированием и идентификацией полученного материала. Полученные данные свидетельствуют о возможности нарушения клещами рода Demodex целостности и нормальной структуры компонентов гистогематического барьера кожи человека. Выявлены обтурация волосяного канала и протоков сальных желез кожным детритом, разрушение себоцитов и стенок сальных желез с последующим склерозированием, а также лейкоцитарная инфильтрация стенок сально-волосяного комплекса. Прочный хитиновый экзоскелет и особенности строения пищеварительного тракта клещей защищают их от немедленной реакции систем местного иммунитета, а сложный ротовой аппарат, крючья, а также размеры взрослых клещей способствуют разрушению структур сально-волосяного комплекса человека. Со временем происходит склерозирование механически разрушенных участков тканей и инкапсуляция клещей. Бактерии рода Bacillus, выявленные в клещах, являются одним из возможных факторов, отягощающих отрицательное влияние Demodex на кожу человека. Разрушающее влияние клещей рода Demodex на структуры гистогематического барьера кожи, факторы патогенности и особенности строения клещей могут играть важную роль в их выживаемости и распространении в сально-волосяных комплексах кожи человека, а также в осложнении течения местных воспалительных процессов за счет разрушения структур кожного барьера.

Ключевые слова: кожа, гистогематический барьер, клещи рода Demodex, патоморфология, патогенность Demodex

Статья поступила в редакцию 11 апреля 2023
Статья принята к публикации 1 октября 2023

THE DETECTION OF POSSIBLE CAUSES FOR HUMAN SKIN BLOOD-TISSUES BARRIER DAMAGE IN THE DEMODEX MITE MODEL Pustovaya KN

Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow; Pharmaceutical Research and Production Enterprise «Retinoids», Balashikha, Russia, e-mail: pustovaya.kristina@yandex.ru

For the citation:

Pustovaya KN. The detection of possible causes for human skin blood-tissues barrier damage in the Demodex mite model. Morfologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter. 2023;31(4):803. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2023.31\(4\).803](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2023.31(4).803)

Summary. The study of the morphological and functional features of the blood-tissue barrier of the skin, as an important component of the mechanism that ensures the homeostasis of general reactivity, is an actual task in histology and dermatology. The purpose of this study was to detection of the possible causes of damage to the blood-tissue barrier of human skin using a model studying mites of the kind Demodex. Author used material from skin scrapings and biopsies from 10 male volunteers aged 30-45 years. The material was examined for the detection of Demodex mites under a light microscope for a morphological study. For the study, a punch biopsy was used; after preparing the slides were stained with hematoxylin and eosin. Scanning electron microscopy was performed using a standard method. To determine the possible pathogenicity of the microflora, an analysis was carried out using a polymerase chain reaction with further cultivation and identification of the resulting material. The data obtained indicate the possibility of Demodex mites violating the integrity and normal structure of the components of the blood-tissue barrier of human skin. Obstruction of the hair canal and ducts of the sebaceous glands with skin detritus, destruction of sebocytes and the walls of the sebaceous glands with subsequent sclerosis, as well as leukocyte infiltration of the walls of the pilosebaceous complex were revealed. The durable chitins exoskeleton and structural features of the digestive tract of ticks protect them from the immediate reaction of local immune systems, and the complex mouthparts, hooks, and size of adult individuals contribute to the destruction of the structures of the human pilosebaceous complex. Over time, sclerosis of mechanically destroyed tissue areas and encapsulation of individuals occurs. Bacteria of the genus Bacillus, identified in mites, are one of the possible factors aggravating the negative effect of Demodex on human skin. The destructive effect of mites of the genus Demodex on the structures of the blood-tissue barrier of the skin, pathogenicity factors and structural features of mites can play an important role in their survival and spread in the pilosebaceous complexes of human skin, as well as in complicating the course of local inflammatory processes due to the destruction of the structures of the skin barrier.

Key words: skin, blood-tissue barrier, mites of the kind Demodex, pathology, pathogenicity of Demodex

Article received 11 April 2023
Article accepted 1 October 2023

Введение. Одной из актуальных задач в медицине является выявление особенностей механизмов патогенности организмов, оказывающих воздействие на развитие воспалительных процессов в коже человека. Одновременно с этим актуальным для гистологической науки является изучение особенностей строения и повреждения гистогематического барьера кожи (далее - ГГБК), как пути проникновения в организм инфекционных агентов. По современным данным, до 80% населения планеты являются носителями клещей рода *Demodex*, которые считаются представителем нормальной арахнофауны кожи человека, особенно в области щек, лба, носогубного треугольника [1-2]. Однако имеются данные о том, что клещи рода *Demodex* могут способствовать усугублению течения воспалительных процессов в коже [3], в связи с чем важной задачей является понимание причин и механизма возникновения патогенности этих организмов. Можно полагать, что наличие ротового аппарата, способного к повреждению окружающих тканей, и, как следствие, ГГБК, может быть одним из обстоятельств, объясняющих патогенность этих членистоногих. С точки зрения организации защитных гистологических механизмов барьера кожи, данные виды клещей могут послужить адекватной моделью для изучения. Это требует более детального рассмотрения особенностей их строения и, вероятно, определения наличия бактериальной флоры, как возможных причин развития и усугубления признаков местного воспаления в коже. Одним из диагностических методов обнаружения клещей рода *Demodex* является соскоб (панч-биопсия) с воспаленных участков кожи, который позволяет выявить количество клещей у пациента, и который также является первым этапом при подготовке материала для дальнейших гистологических исследований [4]. В свою очередь метод панч-биопсии с последующим приготовлением гистологических препаратов является наиболее информативным методом для анализа последствий влияния клещей рода *Demodex* на компоненты ГГБК человека [5]. В дополнение к этим методам важным способом изучения мор-

фологических особенностей клещей является сканирующая электронная микроскопия (далее - СЭМ), которая способствует визуализации поверхности объекта и его частей в виде 3D-изображений высокой четкости [6]. Детальные снимки отдельных клещей, полученные этим методом, сделали возможным характеристику структуры их хитинового экзоскелета, оценку его свойств, а также отдельных частей тела [7-8]. Эти данные, в свою очередь, помогают проанализировать механизмы воздействия клещей на кожу человека. Согласно имеющимся данным, наличие большого количества клещей рода *Demodex* у человека вызывает усугубление течения воспалительных процессов в коже, однако причины такого явления до конца не изучены, поскольку для этого в основном применяется метод световой микроскопии. Изучение морфологических особенностей клещей рода *Demodex*, обитающих в коже человека, их роль в воспалительных процессах, а также выявление признаков и критериев повреждения ГГБК, могут стать важными направлениями в изучении структуры кожи в норме и патологии.

Цель исследования: определение возможных причин повреждения гистогематического барьера кожи человека на модели с использованием исследования клещей рода *Demodex*.

Материалы и методы исследования. Материалом послужили биоптаты и соскобы кожи от 10 мужчин-добровольцев в возрасте 30-45 лет с признаками воспалительного процесса. Материал исследовали на предмет обнаружения клещей с использованием микроскопа Carl Zeiss AxioLab A1, камеры AxioCam 105 и программного обеспечения Zen (Carl Zeiss, Германия) для проведения морфометрии. Биопсию осуществляли с добровольного информированного согласия пациентов. Обследуемым проводили анестезию выбранного участка пораженной кожи 1% раствором ультракаина. Далее использовали метод панч-биопсии. Полученный фрагмент помещали в пластиковую гистологическую кассету и фиксировали в 10% нейтральном формалине. Окраску материала проводили гематоксилином и

эозином по стандартной методике. Всего было получено 10 препаратов от 10 обследуемых.

Определяли наличие лейкоцитарной инфильтрации, целостности структур сально-волосяного комплекса, а также коэффициент разрушения ГТБК в 6-ти полях зрения на гистологическом препарате от каждого пациента. Для определения коэффициента склерозирования сальных желез вычисляли отношение площади участков фиброза сальной железы или волосяного фолликула к их общей площади соответственно. Материал соскоба сально-волосяных комплексов с клещами рода *Demodex* фиксировали в 2,5% растворе глютарового альдегида на фосфатно-солевом буфере. Далее трехкратно промывали в дистиллированной воде по 40 минут. Проводили обезвоживание в спиртах восходящей концентрации от 40 до 95% по 40 минут в каждом. Затем проводили сушку и фиксировали на столике. Всего было выделено 30 клещей *Demodex*.

Сканирующую электронную микроскопию проводили на аппарате Hitachi S-3400N (Япония). Осуществляли сравнительную морфометрию отдельных структур клещей *Demodex* на электронных микрофотографиях от каждого пациента. Для выявления микрофлоры, обитающей внутри клещей, также использовали содержимое соскобов сально-волосяных комплексов. Материал с клещами переносили в мясопептонный бульон (далее - МПБ) для дальнейших микробиологических анализов и постановки анализа с помощью полимеразной цепной реакции (далее - ПЦР). Содержимое в пробирке с МПБ культивировали 24 часа при 37°C. Затем проводили пересев до единичных колоний с МПБ на мясо-пептонный агар и культивировали от 24 до 48 часов при 37°C. После этого на мясопептонном агаре проводили идентификацию видового состава бактерий, выращенных из соскоба микроорганизмов.

Исследование бациллярных антигенов методом ПЦР анализа проводили путем выделения ДНК набором «РИБО-ПРЕП» (ООО «ИнтерЛабСервис», Россия). Олигонуклеотиды были синтезированы в ЗАО «Синтол», Россия. В качестве кон-

троля использовали материал ДНК, выделенный из бактерий видов: *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus oleronius*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris*.

Результаты исследования и обсуждение. На гистологических препаратах, окрашенных гематоксилином и эозином, видны деструктивные изменения компонентов ГТБК человека, вызванные клещами *Demodex* (рис. 1). Наблюдается лимфогистиоцитарная инфильтрация стенок сально-волосяного комплекса и окружающей соединительной ткани (красная стрелка), деструкция и вакуолизация клеток (белая стрелка), сужение просвета волосяного канала и протоков сальных желез кожным детритом (синяя стрелка), склерозирование поврежденных структур ГТБК (зеленая стрелка). Кроме того, на имеющихся изображениях показан начальный процесс инкапсуляции клещей, окруженных роговыми чешуйками в компонентах ГТБК (оранжевая стрелка). Также, внутри клещей находятся продукты их питания и бактерии, обитающие внутри (серая стрелка).

Коэффициент склерозирования ГТБК клещами *Demodex*, используемый для оценки степени повреждения сально-волосяного комплекса, был получен путем вычисления отношения площади участков фиброза сальной железы к ее общей площади (рис. 2). Полученные результаты позволяют оценить степень выраженности воспалительных, деструктивных и склеротических процессов, вызванных особями *Demodex* в тканях, составляющих компоненты ГТБК.

В дополнение к изучению местного тканевого воздействия клещей рода *Demodex* на барьер были проанализированы структурные особенности клещей методами СЭМ и ПЦР для определения причин его патогенного влияния. Методом СЭМ получены микрофотографии клещей рода *Demodex* в материалах соскоба (рис. 3). На этих изображениях визуализируется поперечно-исчерченный хитиновый экзоскелет клеща. Рис. 8 демонстрирует части тела взрослой особи (имаго): головной и грудной отделы, ротовой аппарат и конечности. К грудному отделу

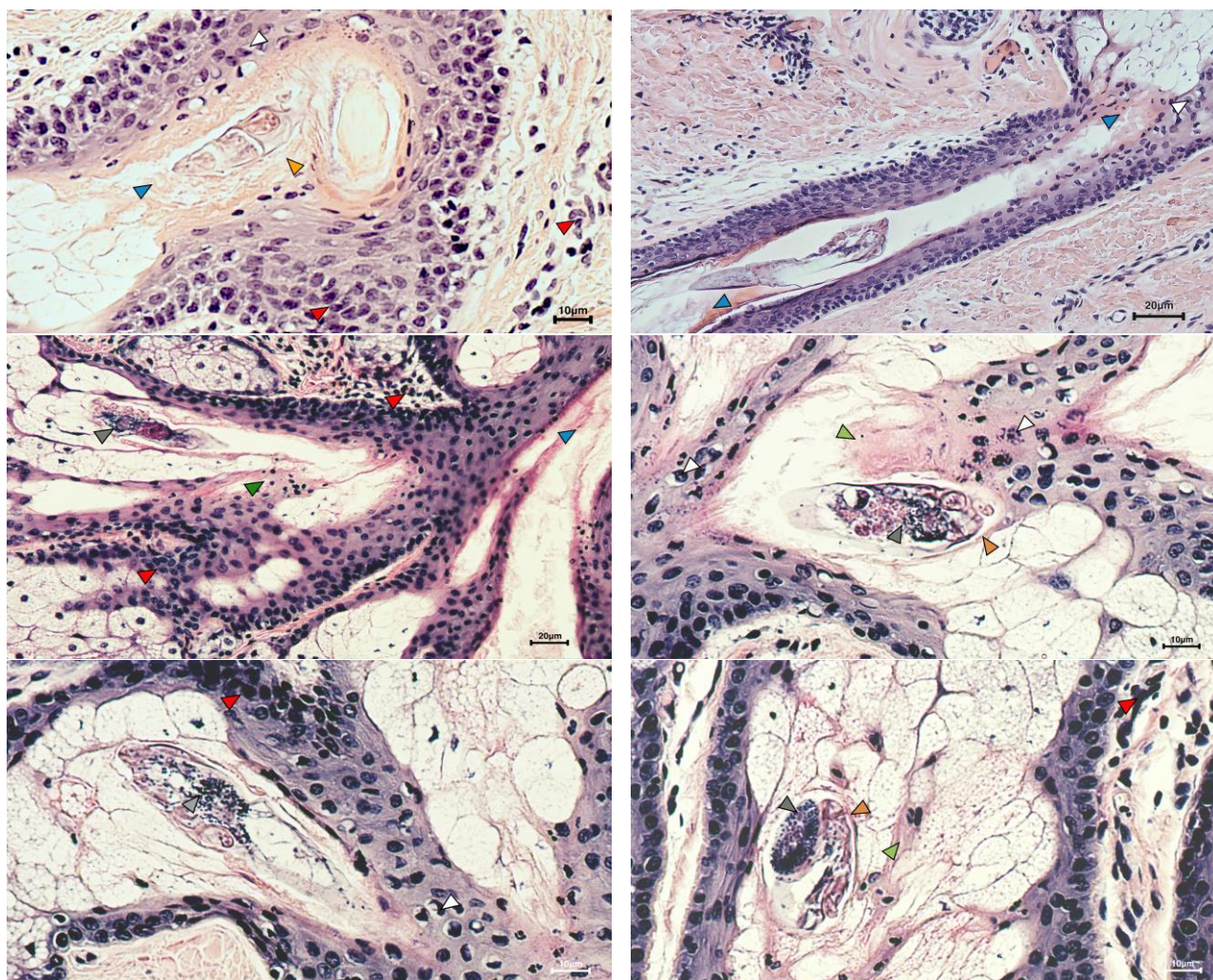


Рис. 1. Микрофотографии структур гистогематического барьера кожи пациентов (сально-волосая комплекс) и их повреждений клещом рода *Demodex*. Обозначения: указаны в тексте на предыдущей странице 27. Окр.: гематоксилином и эозином. Ув.: x400

прикреплены 4 пары сегментированных ножек, которые заканчиваются крючками. Ультрамикроскопические детали строения клеща на полученных изображениях демонстрируют его размерные характеристики и позволяют сделать вывод о возможности механического повреждения кожи ротовым аппаратом и конечностями клеща. Кроме того, колющие хелицеры и крючки способствуют перемещению и возможности закрепления клеща в структурах сально-волосного комплекса. Эти факторы могут быть одними из причин его патологического влияния на функционирование ГТБК. При подготовке материала соскобов к исследованию целостная структура поверхности тела клещей сохранилась благодаря прочности хитинового экзоскелета. Это демонстрирует обособленность антигенных компонентов



Рис. 2. Коэффициент склерозирования сальных желез ГТБК человека, %

клеща от окружающей среды и отсутствие иммунной реакции немедленного типа со стороны окружающих тканевых структур.

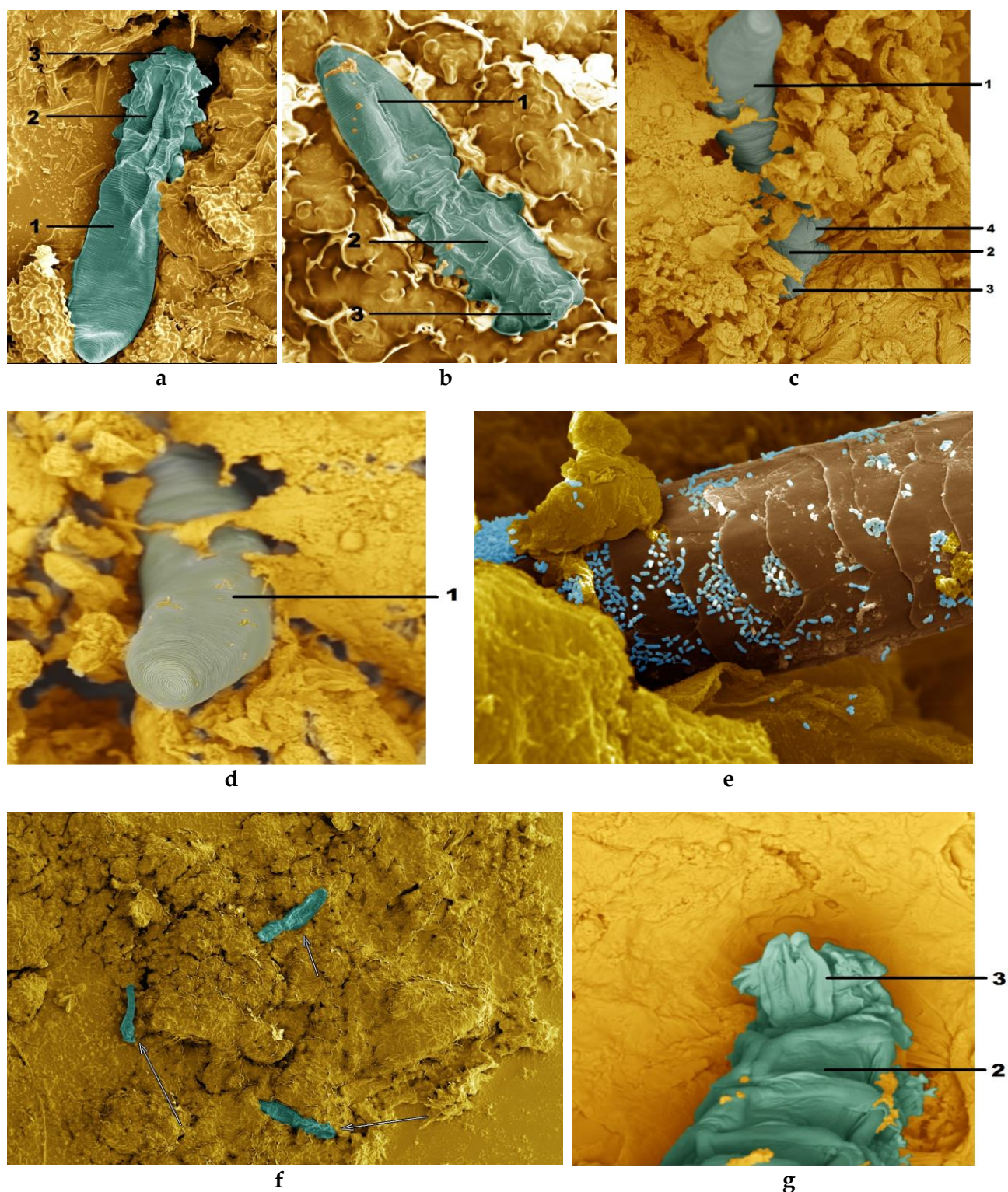


Рис. 3. Электронные микрофотографии материала соскобов с клещами рода *Demodex* на стадии имаго и волоса человека: а - дорсальное положение *Demodex folliculorum*; б - вентральное положение *Demodex brevis*; с - расположение в остатках кожного детрита *Demodex folliculorum*; д - слепо заканчивающаяся опистосома клеща *Demodex folliculorum*; е - стержневой волос человека с выявленными бактериями на поверхности; ф - обзорная картина группы клещей *Demodex folliculorum* в материалах соскоба (стрелками указаны 2 особи имаго справа и нимфа слева); г - сложный ротовой аппарат клеща *Demodex brevis*. Сканирующая электронная микроскопия с последующей цифровой графической цветовой коррекцией. Обозначения: 1 – брюшко; 2 – грудь; 3 – головной отдел; 4 – конечности. Ув.: а – $\times 400$; б – $\times 500$; с – $\times 420$; д – $\times 700$; е, г – $\times 1900$; ф – $\times 95$

На электронограммах была выполнена сравнительная морфометрия отдельных структур клещей разных видов, а также

сопоставление их размеров с размером человеческого волоса (таблица 1).

Таблица 1

Сравнительные показатели морфометрии структур клещей рода Demodex с показателями волос человека, Me (L25; U75)

Параметры в μm	Demodex folliculorum	Demodex brevis
Длина/ширина головного отдела (гнатосомы)	12,0 (11,78; 12,24) / 19,3 (18,92; 19,63)	16,3 (16,07; 16,71) / 28,6 (26,68; 29,80)
Длина/ширина ротового аппарата	13,1 (12,33; 13,75) / 9,0 (8,56; 9,79)	16,3 (14,98; 16,60) / 12,8 (11,18; 13,42)
Длина ротовой иглы (гипостомы)	10,4 (9,65; 11,90)	12,3 (11,86; 12,91)
Длина/ширина колющих хелицер	3,3 (3,14; 3,51) / 3,4 (3,03; 4,35)	3,6 (3,44; 4,08) / 4,9 (4,30; 5,27)
Длина/ширина туловища (подосомы)	79,4 (78,72; 82,53) / 36,8 (33,65; 48,64)	65,3 (63,44; 68,29) / 32,7 (30,57; 34,45)
Ширина крючьев	7,14 (6,77; 7,51)	7,1 (5,43; 8,82)
Длина/ширина хвостового отдела (опистосомы)	148,7 (124,88; 183,17) / 46,1 (45,05; 48,43)	87,6 (81,32; 94,84) / 40,8 (39,59; 42,63)
Толщина колец опистосомы	0,7 (0,58; 0,99)	0,6 (0,29; 0,63)
Длина/ширина хвостового отдела (опистосомы)	17,7 (16,47; 18,03) / 14,0 (13,96; 15,88)	16,4 (16,26; 17,70) / 16,9 (15,47; 18,54)
Толщина пушкового волоса человека	27,8* (26,75; 28,74)	

Примечание: жирным шрифтом выделены параметры со статистически достоверными различиями в группе Demodex brevis в сравнении с группой Demodex folliculorum, $p \leq 0,05$; *-статистически достоверные различия толщины пушкового волоса человека в сравнении с шириной опистосомы в группах Demodex brevis и Demodex folliculorum, $p \leq 0,05$

Результаты морфометрических измерений показали, что ширина опистосомы клещей Demodex достоверно больше ширины стержневого волоса человека (табл. 1), что позволяет судить о возможности механической травматизации и obturation канала волосяного фолликула клещами или детритом.

Клещи рода Demodex являются переносчиками микроорганизмов, обитающих на их поверхности и внутри [9]. Для изучения патоморфологических изменений кожи проводили микробиологический анализ содержимого клещей рода Demodex. В ходе исследования бациллярных антигенов нами получен ПЦР фрагмент, содержащий 299 пар нуклеотидов, что подтверждает наличие в исследуемом материале бациллярной ДНК. Изучали

образцы выделенной бактериальной культуры, а также в качестве контролей были использованы ДНК, выделенные из бактерий видов Staphylococcus epidermidis, Streptococcus pyogenes, Bacillus oleronius, Bacillus cereus, Bacillus subtilis, Proteus vulgaris. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в соскобе, содержащем Demodex folliculorum, присутствуют бациллярная ДНК. Установлено, что данные праймеры являются специфичными к роду Bacillus. Таким образом, нами выявлен генетический материал бактерий рода Bacillus, обитающих внутри клещей рода Demodex. Эти данные косвенно позволили подтвердить, что клещи рода Demodex являются переносчиками микроорганизмов, обитающих внутри клещей и на их поверхности.

История изучения клещей рода *Demodex* берет начало с 1841 года. Впервые их обнаружил французский дерматолог Berger, исследуя содержимое соскоба наружного слухового прохода у пациента [10]. Свой вклад в определение видов, особенностей строения и локализации *Demodex* внесли ученые Simon [11], Акбулатова [12], Ayres [13], Desch и соавт. [14]. Так, на сегодняшний день известно, что на поверхности кожи человека наиболее часто встречаются 2 вида: *Demodex folliculorum* и *Demodex brevis*. Первый вид преимущественно обитает в волосяных фолликулах, второй – в сальных железах. Зачастую эти организмы встречаются колониями по 10-15 клещей [15]. Размеры клеща варьируют от 0,1 до 0,4 мм в зависимости от вида, а жизненный цикл составляет 14-18 дней [16]. Наиболее распространенным методом обнаружения клещей рода *Demodex* в рутинной практике является соскоб кожи [5]. Этот способ позволяет дифференцировать кожу, пораженную *Demodex* от непораженной, даже при наличии других дерматологических патологий. Однако в сложных случаях, например, при хроническом рецидивирующем течении заболевания или неэффективности проводимой терапии требуется биопсия кожи с последующим проведением СЭМ. Создание в начале 30-х годов XIX века первого сканирующего электронного микроскопа фактически стало открытием нового метода исследований клеща *Demodex*. Так в 1983 году Crosti и соавт. в своей работе представили электронограммы хвостового конца (опистосомы) клещей, сделанные при помощи СЭМ с напылением образца палладиевым золотом. *Demodex* представили в сравнении с волосом и без него [17]. Авторы сделали краткое описание этой части клеща, сравнив его с отпечатком пальца. Kairinen и соавт. в 1984 г. с помощью СЭМ получили изображения опистосомы клещей *Demodex* в волосяном фолликуле [18]. Снимки гнатосомы и подосомы клещей, их расположение на ресницах и коже опубликовали English и соавт. [7]. В статье также описана локализация клещей, стадии развития и их влияние на эпителиальные клетки. В 2005 году Jing и соавт. [8]

с помощью сканирующей электронной микроскопии получили детальные 3D-снимки тела клеща *Demodex*, его ротового аппарата (круглое ротовое отверстие, острая ротовая игла, гипостом), конечностей с крючьями и половых органов без посмертных изменений. Похожие изображения структур взрослой особи клеща, а также микрофотографии начальной стадии развития (яйцо) получили Plewig и соавт. [19], а также Elston и Elston [2]. В настоящей работе мы также получили снимки сложного ротового аппарата клещей *Demodex* (рис. 3-g), слепо заканчивающейся опистосомы (рис. 3-d), поверхность которой напоминает отпечаток пальца, а также детальные изображения дорсальной и вентральной сторон клеща (рис. 3-a, 3-b). Анализ изображений, полученных с помощью, СЭМ, показал, что особи имаго имеют колюще-сосущегрызущего типа ротовой аппарат, с помощью которого могут разрушать структуры сально-волосяного комплекса. Кроме того, на микрофото видно, что пищеварительная система клещей редуцирована и не имеет задней кишки и ануса. Большую часть своего жизненного цикла клещи проводят в структурах кожи, питаются сально-роговыми массами, и накапливая продукты жизнедеятельности внутри (рис. 1). Хитиновая оболочка, покрывающая клеща, является прочной структурой, выполняющей защитную функцию от внешних воздействий, а также немедленной ответной иммунной реакции со стороны кожи [8]. После гибели клещей остатки хитинового экзоскелета и продуктов их жизнедеятельности также являются механизмом, способным вызвать воспалительную реакцию в коже. Так, Casas и соавт. в своем исследовании опубликовали данные об иммунном ответе, вызываемым *Demodex*. Авторы выявили у пациентов с розацеа, ассоциированной с *Demodex brevis*, повышение уровня в крови цитокинов IL-1b, IL-8, а также ФНО-α (TNF-α), что свидетельствует об остром воспалительном процессе [2-3]. Кроме этого, зафиксировано, что клещи рода *Demodex* имеют связь с развитием блефарита [15].

Вопрос о роли *Demodex* как переносчиков бактерий, вирусов и грибов

остаётся актуальным [15, 20-21]. Впервые о роли клеща, как переносчика бактерий, стало известно в 1970 году после публикации исследования English и соавт. [22]. Однако выделить чистую культуру микроорганизмов им не удалось. Исследование Abd-El-Al и соавт., опубликованное в 1997 году подтверждает способность клеща переносить на себе бактерии [23]. Авторы, используя метод СЭМ, получили микрофотографии Demodex с бактериями на его поверхности, а также внутри пищеварительного тракта [23]. Litwin и соавт. пишут о синергетических взаимоотношениях между клещами и стафилококками [5]. Относительно недавно у пациента с розацеа была выделена *Bacillus oleronius* из клещей Demodex. Эта бактерия продуцирует 2 антигена, которые вызывают пролиферацию мононуклеарных клеток в периферической крови в 3-4 раза чаще у пациентов с розацеа, чем без нее. Эта информация предполагает возможную патогенетическую роль бактерий в развитии болезни [2, 9, 24-25]. Роль *Bacillus pumilus* была исследована в работе Tatu и соавт. [25]. Авторы пишут о цитотоксичности и гемолитической активности этих бацилл, найденных в клещах Demodex у больных с розацеа. Murillo и соавт. в своей работе проанализировали микробиоту клещей у пациентов с разными формами розацеа в сравнении со здоровыми людьми. Результаты основаны на данных 367 клонов, полученных от 73 клещей. Выявлены 92 вида микроорганизмов, из которых выделены также 3 вида *Bacillus* [26]. Кроме того, в симбиоз с Demodex могут входить возбудители фолликулита *S. epidermidis* и *S. aureus*, а также бактерии *P. acnes* и *T. akamushi* [22]. Это подтверждает полученные нами данные о присутствии бактерий

рода *Bacillus*, которые способны активировать иммунные реакции кожи, индуцируя выделение провоспалительных цитокинов и антимикробных пептидов. Выявление этих микроорганизмов позволяет включить их в один из возможных механизмов повреждения кожи особями Demodex.

Заключение. Гистогематический кожный барьер человека является важной структурой, участвующей в поддержании гомеостаза кожи. Выявлено, что такие биологические факторы, как клещи рода Demodex способствуют нарушению структурной целостности и нормального его функционирования, вызывая воспалительный процесс окружающих тканей с образованием лимфогистиоцитарного инфильтрата, деструкцию и вакуолизацию клеток эпидермиса и дермы. В последствии происходит склерозирование механически разрушенных участков тканей и инкапсуляция клещей. Показаны особенности строения клеща и проведена сравнительная морфометрия электронограмм, подтверждающая возможности механического повреждения кожного барьера ротовым аппаратом и конечностями клеща. Благодаря своим размерам особи Demodex также являются переносчиками некоторых видов бактерий и вирусов. В материалах, содержащих Demodex folliculorum, получена бациллярная ДНК, а использованные праймеры являются специфичными к роду *Bacillus*. Выявленные факторы патогенности и особенности строения клещей могут играть важную роль в их выживаемости и распространении в сально-волосных комплексах кожи человека, а также осложнении течения местных воспалительных процессов за счет разрушения структур гистогематического барьера кожи человека.

Литература References

1. Chen W, Plewig G. Human demodicosis: Revisit and a proposed classification. *Br J Dermatol.* 2014;170(6):1219–1225
2. Elston CA, Elston DM. Demodex Mites. *Clin Dermatol.* 2014;32(6):739–743. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2014.02.012>
3. Casas C, Paul C, Lahfa M et al. Quantification of Demodex folliculorum by PCR in rosacea and its relationship to skin innate immune activation. *Exp Dermatol.* 2012;21(12):906–910
4. Demirdağ HG, Özcan H, Gürsoy Ş, Akbulut GB. The effects of sebum configuration on Demodex spp. density. *Turk J Med Sci.* 2016;46:1415–1421. <https://doi.org/10.3906/sag-1504-77>
5. Litwin D, Chen W, Dzika E, Korycinska J. Human Permanent Ectoparasites. *Recent Advances on Biology and Clinical Significance of Demodex Mites: Narrative Review Article.* *Iran J Parasitol.* 2017;12(1):12–21
6. Vernon-Parry KD. Scanning electron microscopy: an introduction. *III-Vs Review.* 2000;13(4):40–44. [https://doi.org/10.1016/s0961-1290\(00\)80006-x](https://doi.org/10.1016/s0961-1290(00)80006-x)

7. English FP, Zhang GW, McManus DP, Horne FA. The presence of the parasite *Demodex folliculorum* on the skin surface of the eyelid. *Aust N Z J Ophthalmol*. 1991;19(3): 229–234. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.1991.tb00666.x>
8. Jing X, Shuling G, Ying L. Environmental scanning electron microscopy observation of the ultrastructure of *Demodex*. *Microsc Res Tech*. 2005;68(5):284–289. <https://doi.org/10.1002/jemt.20253>
9. Jarmuda S, McMahon F, Zaba R, et al. Correlation between serum reactivity to *Demodex*-associated *Bacillus oleronius* proteins, and altered sebum levels and *Demodex* populations in erythematotelangiectatic rosacea patients. *J Med Microbiol*. 2014;63(2):258–262. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.065136-0>
10. Lavrinenko MV, Revenko ZhA. Sovremennye predstavleniya o biologii, epidemiologii, pathogenese i klinike demodekozov. *Klinicheskaya infektologiya i parazitologiya*. 2013;4(07): 118–126. In Russian
11. Simon G. Ueber eine in den kranken und normalen Haarsücken des Menschen lebende Milbe. *Arch Anat Physiol wissensch Med*. 1842;218–237
12. Akbulatova LKh. Demodetsidosy cheloveka. *Vestnik Dermatologii i Venerologii*. 1963;38:34–42. In Russian
13. Ayres S. Rosacea-like demodicidosis. *Calif Med*. 1963;98(6):328–330
14. Desch C, Nutting WB. *Demodex folliculorum* and *D. brevis* of man: redescription and reevaluation. *J Parasitol*. 1972;58(1):169–177
15. Zhu M, Cheng C, Yi H et al. Quantitative Analysis of the Bacteria in Blepharitis with *Demodex* Infestation. *Front Microbiol*. 2018;9:1719. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01719>
16. Foley R, Kelly P, Gatault S, Powell F. *Demodex*: a skin resident in man and his best friend. *J Europ Acad Dermatol Venereol*. 2020;35(1):62–72. <https://doi.org/10.1111/jdv.16461>
17. Crosti C, Menni S, Sala F, Piccinno R. Demodectic infestation of the pilosebaceous follicle. *J Cutan Pathol*. 1983;10(4):257–261. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0560.1983.tb01491.x>
18. Kairinen EO, Kaszynski E. Scanning electron microscopy of skin replicas showing demodectic infestation of the pilosebaceous follicle. *J. Cutan. Pathol*. 1984;11(2):103–106. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0560.1984.tb00359.x>
19. Plewig G, Melnik B, Chen W. *Demodex* Mites and Demodicosis. In: Plewig and Kligman's Acne and Rosacea. Springer: Cham, 2019.- P: 573–594. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49274-2_16
20. Kubiak K, Sielawa H, Chen W, Dzika E. Endosymbiosis and its significance in dermatology. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2018;32(3):347–354. <https://doi.org/10.1111/jdv.14721>
21. Li Y, Kim GE, Yoon KC, Choi W. First report of palpebral conjunctival inflammatory nodule associated with *Demodex* species. *Indian J Ophthalmol*. 2018;66(9):1365–1367
22. English FP, Iwamoto T, Darrell RW, DeVoe AG. The vector potential of *Demodex folliculorum*. *Arch Ophthalmol*. 1970;84(1):83–85. <https://doi.org/10.1001/archophth.1970.00990040085020>
23. Abd-El-Al AM, Bayoumy AM, Abou Salem EA. A study on *Demodex folliculorum* in rosacea. *J Egypt Soc Parasitol*. 1997;27(1):183–195
24. Lacey N, Delaney S, Kavanagh K, Powell FC. Mite-related bacterial antigens stimulate inflammatory cells in rosacea. *Br J Dermatol*. 2007;157:474–481. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2007.08028.x>
25. Tatu AL, Ionescu MA, Cristea VC. *Demodex folliculorum* associated *Bacillus pumilus* in lesional areas in rosacea. *Indian J Dermatol Venereol. Leprol*. 2017;83(5):610–611. https://doi.org/10.4103/ijdv.IJDVL_921_16
26. Murillo N, Aubert J, Raoult D. Microbiota of *Demodex* mites from rosacea patients and controls. *Microb Pathog*. 2014;71–72:37–40. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2014.04.002>

Автор заявляет об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пустовая Кристина Николаевна, ассистент, кафедра анатомии и гистологии человека, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, Москва; научный сотрудник, врач-дерматовенеролог, Фармацевтическое научно-производственное предприятие «Ретиноиды», Балашиха, Россия;
e-mail: pustovaya.kristina@yandex.ru

The Author declares that she have no conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Kristina N. Pustovaya, Assistant of the Department of Human Anatomy and Histology of the Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow and Researcher, Dermatologist of the Pharmaceutical Research and Production Enterprise «Retinoids», Balashikha, Russia;
e-mail: pustovaya.kristina@yandex.ru