

СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О МЕЛАНОМЕ КОЖИ В ДЕРМАТОВЕНЕРОЛОГИИ

Стеценко Е.Д., Мустафина Г.Р., Имаева Л.Б., Назарова Э.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Российская Федерация, Уфа, e-mail: gulgenarm@mail.ru

Меланома кожи представляет собой одно из наиболее агрессивных злокачественных новообразований, исход которого во многом определяется своевременностью и точностью диагностики. Цель исследования – проведение комплексного анализа современных возможностей и перспектив ранней диагностики меланомы кожи, с фокусом на оценке диагностической ценности дерматоскопии, внедрении компьютерных технологий и изучении молекулярно-генетических основ заболевания для совершенствования диагностических алгоритмов. В ходе написания данной статьи авторами проведен систематический анализ более 50 научных публикаций в базах данных PubMed, CrossRef, eLibrary. ru, cyberleninka.ru за 1987–2024 гг. Методология включала сравнительный анализ и синтез данных из рецензируемых отечественных и зарубежных источников, посвященных клинической диагностике, дерматоскопическим паттернам меланомы кожи. Анализ подтвердил высокую диагностическую ценность дерматоскопии в выявлении ранней меланомы. Современные алгоритмы демонстрируют высокую чувствительность и специфичность. Алгоритмы машинного обучения показывают точность, сопоставимую с опытными дерматовенерологами. Выявлена корреляция между дерматоскопическими паттернами и молекулярными подтипами меланомы. Различные генетические подтипы опухолей проявляют характерные дерматоскопические особенности. Обнаружены значительные региональные различия в использовании дерматоскопии. Основными барьерами внедрения являются экономические факторы и дефицит квалифицированных специалистов. Интеграция дерматоскопии с молекулярной диагностикой способствует повышению эффективности таргетной терапии. Комбинированный подход позволяет улучшить показатели выживаемости пациентов. Перспективным направлением признано развитие мобильных скрининговых систем на основе цифровой дерматоскопии, что может существенно увеличить доступность ранней диагностики. Современная диагностика меланомы кожи находится на этапе трансформации, где традиционные методы эффективно дополняются цифровыми технологиями. Перспективным направлением является создание гибридных систем «врач – искусственный интеллект», сочетающих преимущества компьютерного анализа с клиническим опытом специалиста.

Ключевые слова: меланома, кожа, выявление, диагностика, дерматоскопия.

MODERN UNDERSTANDING OF SKIN MELANOMA IN DERMATOVENEROLOGY

Stetsenko E.D., Mustafina G.R., Imaeva L.B., Nazarova E.M.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Bashkir State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Russian Federation, Ufa, e-mail: gulgenarm@mail.ru

Skin melanoma is one of the most aggressive malignant neoplasms, the outcome of which is largely determined by the timeliness and accuracy of diagnosis. Conducting a comprehensive analysis of the current possibilities and prospects for early diagnosis of skin melanoma, with a focus on assessing the diagnostic value of dermatoscopy, introducing computer technologies, and studying the molecular and genetic basis of the disease in order to improve diagnostic algorithms. During the writing of this article, the authors conducted a systematic analysis of more than 50 scientific publications in the PubMed, CrossRef, eLibrary. ru, and cyberleninka.ru databases for the period 1987-2024. The methodology included a comparative analysis and synthesis of data from peer-reviewed domestic and foreign sources on clinical diagnosis and dermatoscopic patterns of skin melanoma. The analysis confirmed the high diagnostic value of dermatoscopy in detecting early melanoma. Modern algorithms demonstrate high sensitivity and specificity. Machine learning algorithms show accuracy comparable to that of experienced dermatovenerologists. A correlation between dermatoscopic patterns and molecular melanoma subtypes has been identified. Different genetic tumor subtypes exhibit characteristic dermatoscopic features. Significant regional differences in the use of dermatoscopy have been observed. The main barriers to implementation are economic factors and a shortage of qualified specialists. The integration of dermatoscopy with molecular diagnostics contributes to the improvement of targeted therapy efficiency. The combined approach allows to improve the survival rates of patients. The development of mobile screening systems based on digital

dermatoscopy is recognized as a promising direction, which can significantly increase the availability of early diagnostics. Modern skin melanoma diagnostics is at a transformational stage, where traditional methods are effectively complemented by digital technologies. A promising area is the creation of hybrid "doctor-artificial intelligence" systems that combine the advantages of computer analysis with the clinical expertise of a specialist.

Keywords: melanoma, skin, detection, diagnosis, dermatoscopy.

Введение

Меланома кожи – это одно из самых агрессивных и опасных злокачественных новообразований, которое отличается высокой склонностью к метастазированию и смертельным исходом при поздней диагностике. Прогноз заболевания в значительной мере зависит от глубины проникновения опухоли, степени метастазирования и, что особенно важно, от того, на какой стадии заболевания был поставлен диагноз [1, 2].

Одним из важнейших достижений современной дерматологии в области ранней диагностики кожных новообразований стало введение дерматоскопии – неинвазивного метода оптической визуализации, который позволяет выявлять микроструктурные изменения кожи, недоступные для обычного осмотра. Этот метод значительно улучшил точность диагностики меланомы и расширил возможности врачей при дифференциации пигментных и непигментных поражений. Дерматоскопия позволяет обнаружить характерные признаки, отражающие морфологические и биологические особенности опухоли, такие как пигментные сетки, сосудистые структуры, регрессивные изменения и асимметрию архитектуры [3].

Несмотря на высокую информативность дерматоскопии, ее эффективность в повседневной практике во многом зависит от квалификации врача и его опыта в интерпретации визуальных паттернов. Отсутствие стандартизированного обучения и различия в восприятии дерматоскопических признаков могут снижать точность диагностики, особенно среди неспециалистов. В связи с этим наблюдается устойчивый рост интереса к автоматизированным методам анализа дерматоскопических изображений, использующим алгоритмы машинного обучения и компьютерного зрения [4, 5].

Цель исследования – проведение комплексного анализа современных возможностей и перспектив ранней диагностики меланомы кожи, с фокусом на оценке диагностической ценности дерматоскопии, внедрении компьютерных технологий для совершенствования диагностических алгоритмов.

Материал и методы исследования

Для анализа и написания литературного обзора были использованы материалы из научных баз данных PubMed, CrossRef, eLibrary. ru, cyberleninka.ru. В работе представлен комплексный обзор современных научных публикаций, включая оригинальные исследования, клинические рекомендации, консенсусные документы и обзоры, опубликованные в международных дерматологических изданиях за период с 1987 по 2024 г. Особое внимание уделено материалам, отражающим развитие дерматоскопических алгоритмов (правило ABCD

(Asymmetry, Border, Color, Different structural components), 7-точечный чек-лист, метод Мензиса, CASH (Color, Architectural disorder, Symmetry, Homogeneity), а также эпидемиологическим данным о распространенности использования дерматоскопии среди дерматологов в различных странах. Методология исследования включала систематизацию, сравнительный анализ и синтез данных из рецензируемых отечественных и зарубежных публикаций, посвященных клинической диагностике, дерматоскопическим паттернам меланомы кожи.

Результаты исследования и их обсуждение

Меланома кожи является злокачественным новообразованием, развивающимся из меланоцитов, может возникать в результате малигнизации доброкачественных пигментных образований. Основным фактором риска ее развития является ультрафиолетовая нагрузка на кожу человека, которая не обладает достаточной генетической устойчивостью к такому воздействию.

W.H. Clark и соавт. предложили клинко-гистологическую классификацию меланомы кожи, основанную на биологических свойствах опухоли – ее гистологическом типе и характере роста. Выделены основные морфологические типы: поверхностно-распространяющаяся, узловая, акрально-лентигинозная и меланома типа злокачественного лентиго [6].

Диагностика меланомы кожи носит комплексный характер и включает три основные группы методов: клинические, инструментальные (дерматоскопия, ультразвуковое исследование кожи, регионарных лимфоузлов, термография, радиоизотопная диагностика, рентгенологическая диагностика для выявления метастазов), морфологические (цитологическая диагностика, эксцизионная биопсия). Задачи диагностического процесса включают верификацию диагноза, раннее выявление, определение стадии заболевания. Данный многоуровневый диагностический подход обеспечивает не только максимальную точность диагностики, но и позволяет разработать оптимальную стратегию лечения для каждого конкретного пациента.

Среди неинвазивных методов наибольшее практическое значение имеют дерматоскопия и компьютерная диагностика, в основе которой лежит алгоритмический анализ цифрового изображения и сопоставления его с библиотекой известных паттернов [6].

Использование дерматоскопии восходит к XVII в., однако лишь в 1980-х гг. научные исследования продемонстрировали ее эффективность в диагностике пигментных поражений кожи на основе анализа характерных визуальных паттернов [7]. В 1987 г. Н. Pehamberger и коллеги опубликовали описание общих дерматоскопических признаков меланоцитарных и немеланоцитарных поражений, что стало основой для разработки диагностических

дерматоскопических методов. Сопоставление дерматоскопических структур с гистопатологическими данными позволило утвердить дерматоскопию как важнейшее связующее звено между клиническими наблюдениями и гистопатологическим анализом [8, 9].

Сравнительный анализ международных данных демонстрирует существенную разницу в частоте использования дерматоскопии между врачами Западной и Восточной Европы, что явилось прямым следствием экономического неравенства. Для преодоления этого разрыва возникла необходимость реализации целевых региональных программ, направленных на комплексное решение проблемы, включая оснащение медицинских и учебных учреждений современным диагностическим оборудованием и организацию системного непрерывного обучения врачей [10]. Особое значение имеет преемственность между этапами оснащения и обучения, когда поставка оборудования сопровождается развернутой программой обучения работе на этом оборудовании. Основными препятствиями на этом пути остаются дефицит практических навыков интерпретации дерматоскопических изображений у врачей и ограниченная доступность структурированных, качественных образовательных курсов.

Литературный анализ показал, что дерматоскопия эволюционировала от вспомогательного метода визуализации до одного из основных инструментов неинвазивной диагностики кожных новообразований. Для интерпретации дерматоскопических изображений пигментных поражений кожи применяются различные модели дерматоскопов.

Особого внимания заслуживает использование методов машинного обучения для анализа дерматоскопических изображений. Согласно ряду исследований, нейросетевые алгоритмы показывают диагностическую точность, сопоставимую с опытом высококвалифицированных дерматологов, а в некоторых случаях – даже превосходящую ее [11]. Однако вопросы клинической валидации, стандартизации изображений и интерпретируемости алгоритмов остаются актуальными и требуют дальнейшего детального изучения.

Увеличение объема научных исследований, разработка более удобных и портативных дерматоскопов, а также повышение уровня подготовки специалистов в области дерматоскопии способствовали росту ее применения среди клиницистов. Современные поляризованные бесконтактные дерматоскопы, не требующие использования жидкостного интерфейса, отличаются компактностью и удобством, что делает их особенно востребованными в практике.

Дерматоскопия позволяет существенно повысить точность диагностики пигментных образований, обеспечивая визуализацию структур и цветов, которые недоступны для наблюдения невооруженным глазом [12]. Сравнение серийных дерматоскопических

изображений родинок дает возможность выявить изменения, которые происходят задолго до того, как нестабильность будет заметна при обычной макроскопической оценке.

Одной из ключевых задач цифровой дермоскопии является упрощение процесса хранения и последующего сравнения серийных изображений атипичных родинок. Нестабильность таких образований, проявляющаяся через нарастающую атипичность, может сигнализировать о возможности перерождения родинки в меланому.

Современные дерматоскопические алгоритмы, включая ABCD-правило, 7-точечный чек-лист, метод Мензиса, CASH, продемонстрировали высокую чувствительность и специфичность в выявлении меланомы на ранних стадиях. Среди наиболее популярных методов – анализ дерматоскопических паттернов, правило ABCD (асимметрия, границы, цвет и дерматоскопические структуры), метод Мензиса и 7-балльный чек-лист [13].

Так, система ABCDE представляет собой пошаговый алгоритм осмотра невусов, включающий следующие признаки: Asymmetry (асимметрия) – одна половина родинки не соответствует другой; Border irregularity (неровность края) – неровные, зазубренные или нечеткие границы родинки; Color (цвет) – неоднородность цвета, различные оттенки в разных частях невуса; Diameter (диаметр) – увеличение диаметра более 6 мм; Elevation and/or evolution (возвышение и/или изменение) – возвышение над кожей и/или любое изменение родинки в течение последних двух месяцев [14].

Выбор дерматоскопического алгоритма остается в значительной степени индивидуальным и зависит от уровня подготовки врача, клинической ситуации и технического оснащения. Основная цель большинства этих алгоритмов заключается в дифференциации доброкачественных и злокачественных меланоцитарных поражений.

С морфофункциональной точки зрения определенные дерматоскопические признаки меланомы, такие как нерегулярная пигментация, голубовато-серая вуаль, псевдоподостковая сеть, атипичные сосудистые структуры, отражают биологические процессы, происходящие в опухоли, включая активную клеточную пролиферацию, ангиогенез, инвазивный рост и регрессию. Визуализация этих признаков не только позволяет дифференцировать меланому кожи от доброкачественных образований, но и служит косвенным индикатором степени биологической агрессии опухоли [15].

Существует несколько возможных сценариев диагностики меланомы кожи с использованием дерматоскопии. Один из них связан с необходимостью проведения морфологической дифференциальной диагностики между возможной меланомой кожи и немеланоцитарными поражениями, такими как себорейный кератоз или базальноклеточная карцинома. В данном случае дифференциальная диагностика строго морфологическая, и высокая диагностическая точность дермоскопии по сравнению с визуальным осмотром

помогает избежать ненужных или неоправданно срочных биопсий и иссечений. Более того, использование дермоскопии способствует предотвращению неадекватного или запоздалого лечения меланомы.

Другой сценарий возникает, когда дермоскоп используется для мониторинга пигментных образований, которые имеют клинические признаки как меланомы кожи, так и обычной доброкачественной родинки. В таких случаях диагностическая ценность метода может быть ограничена, однако образовательная ценность крайне высока. На начальных этапах использования дермоскопа врач должен познакомиться с морфологическими особенностями как родинок, так и меланом, которые можно легко идентифицировать, чтобы позднее, при анализе атипичных родинок или зарождающихся меланом, иметь возможность более точно интерпретировать их сложные структурные признаки.

Поверхностные меланомы кожи часто характеризуются наличием одного или нескольких дерматоскопических признаков, таких как сине-белая вуаль, множественные коричневые точки, псевдоподии, радиальные потоки, депигментация в виде рубца, периферические черные точки/глобулы, многократные (5–6) цвета, особенно красный и синий, широкая сеть, четко ограниченные очаги, негативная сеть и неравномерная сосудистость [15].

Негативная сеть, хотя и является характерной чертой меланомы кожи, может также наблюдаться при некоторых доброкачественных меланоцитарных образованиях, таких как невус Шпица, а также при себорейном кератозе.

К числу ключевых дерматоскопических признаков меланомы кожи относятся пигментная сеть (включая ее атипичные и типичные варианты), полосы, регрессивные структуры, звездчатый узор, точки и глобулы, кляксы, сине-белая вуаль, участки розового и белого цвета, милиеподобные кисты и сосудистые паттерны. Эти признаки систематизируют по морфологическим типам, среди которых выделяют сетчатый, шаровидный, тип «булыжной мостовой», однородный, звездчатый, параллельный, многокомпонентный, лакунарный. При использовании этих признаков для идентификации меланомы, доброкачественные дерматоскопические особенности также могут сыграть важную роль в автоматической идентификации [16].

Как и сегментация очагов поражения, сегментация признаков включает несколько этапов: предварительную обработку, сегментацию и последующую обработку. Основными признаками, используемыми для сегментации клинических признаков, являются цвет, текстура, форма, структура, относительный размер, расположение в очаге поражения и др. Кроме того, распределение признаков в очаге поражения предоставляет дополнительную диагностическую информацию [17].

Клинический облик крупных меланом кожи не является случайным, а определяется генетическими изменениями, лежащими в основе опухолевых клеток, в сочетании с анатомическими и микроэкологическими характеристиками кожи, на которой развивается поражение. В последние десятилетия молекулярно-генетическая основа меланомы активно исследуется. Методы сегрегационного анализа и сравнительной геномной гибридизации позволили существенно продвинуться в картировании специфических генов, участвующих в наследственном и спорадическом канцерогенезе меланомы кожи [18].

Приобретенные доброкачественные родинки никогда не достигают тех размеров, которые характерны для крупных меланом на поздних стадиях. Определяющим признаком таких меланом является не скорость их пролиферации, которая может значительно варьироваться, а тот факт, что, в отличие от доброкачественных образований, их рост не имеет самоограничивающегося характера ни во времени, ни в пространстве. Предполагается, что механизм клеточного старения может частично объяснять самоограничивающийся рост родинок. В случае меланом этот механизм либо отсутствует изначально (при меланоме *de novo*), либо исчезает в процессе прогрессирования (при меланоме, развившейся из меланоцитарного невуса).

Генетическая нестабильность является одним из ключевых механизмов, стоящих за внутриопухолевой гетерогенностью, которая играет важную роль в прогрессии множества злокачественных опухолей. Этот процесс приводит к появлению различных субпопуляций опухолевых клеток, которые могут отличаться метастатической активностью и реакцией на терапевтические вмешательства, что представляет собой значительную терапевтическую проблему [19].

Меланома известна как иммуногенная опухоль [20, 21]. В крупных меланоме кожи часто наблюдаются очаги регрессии, что свидетельствует о том, что иммунная система активно борется с опухолью, частично разрушая ее. Этот процесс может быть видим невооруженным глазом, что облегчает диагностику. В некоторых случаях первичная меланома может разрушаться полностью, однако в ходе этого процесса могут выживать менее иммуногенные субклоны, которые способны к метастазированию.

Прогнозирование доброкачественности или злокачественности кожного поражения представляет собой задачу бинарной классификации. Для решения этой задачи необходимы признаки или атрибуты, которые характеризуют исследуемые образцы. В контексте обнаружения меланомы признаки могут быть как клиническими, так и получаемыми через анализ дермоскопических изображений. Сегментация поражения и его признаков представляет собой важные предварительные этапы в процессе генерации этих признаков.

Морфологические признаки, связанные с поражением, такие как предполагаемый диаметр (определяемый через анализ изображений при различных уровнях увеличения), симметрия, асимметрия, эксцентриситет и др., могут быть рассчитаны на основе границ поражения. Цветовые и текстурные характеристики, относящиеся к поражению, могут быть извлечены из области поражения и обычно называются глобальными признаками. Для этого часто используют различные цветовые каналы. Учитывая значимость различий в распределении цвета и текстуры вокруг очага поражения, можно применить методы кластеризации для разделения поражения на несколько областей, после чего можно вычислить отдельные цветовые и текстурные признаки для каждой из этих областей. Также область поражения может быть разделена концентрически на центральную и периферийную части, из которых извлекаются глобальные признаки.

Завершающим этапом является использование этих атрибутов (глобальных и локальных) в классификаторе для различения меланомы кожи от доброкачественных образований. Для таких задач существует множество классификаторов, которые можно выбрать на основе их производительности. Итоговая модель может быть дополнительно оптимизирована для повышения ее точности. Среди наиболее часто используемых классификаторов можно выделить искусственные нейронные сети, машины опорных векторов (SVM – Support Vectors Machines), логистическую регрессию, деревья решений, ансамблевые методы, алгоритм ближайших соседей (k-NN – k-Nearest Neighbors), байесовские классификаторы, методы глубокого обучения и дискриминантный анализ. Существует также ряд других классификаторов, которые могут быть применены для решения данной задачи.

Оценка работы классификатора в контексте диагностики меланомы кожи основывается на таких показателях, как общая точность, чувствительность и специфичность системы при тестировании на независимом наборе данных. В данной области крайне важно минимизировать вероятность пропуска случаев меланомы, одновременно обеспечивая правильную идентификацию доброкачественных новообразований. Таким образом, конечной целью является достижение высокой чувствительности, при этом оптимизируя систему с целью повышения специфичности, что способствует улучшению общей точности диагностики.

Меланома традиционно характеризуется значительной устойчивостью к стандартным методам химиотерапии, что обусловлено ее молекулярной сложностью и гетерогенностью опухолевых клеток. Эти особенности делают меланому одной из самых сложных для лечения онкологических болезней, что подчеркивает необходимость поиска более эффективных терапевтических подходов. В связи с этим исследование молекулярно-генетических

механизмов развития меланомы продолжает оставаться актуальной проблемой современной онкологии.

С целью разработки новых терапевтических подходов, включая таргетную терапию, активно проводятся исследования молекулярно-генетических механизмов развития меланомы. На основе идентификации характерных мутаций в генах, было выделено четыре ключевых молекулярных подтипа меланомы кожи. BRAF (B-rapidly accelerated fibrosarcoma) – мутантный подтип (52 %) – характеризуется мутациями в гене BRAF, который кодирует серин-треониновую протеинкиназу, являющуюся важным элементом сигнального пути MAPK/ERK (mitogen-activated protein kinase / Extracellular signal-Regulated Kinases), который регулирует клеточный рост и пролиферацию. Эти мутации активируют путь, способствующий опухолевому росту. RAS (Rat Sarcoma) – мутантный подтип (28 %) – в этом подтипе наблюдаются мутации в генах семейства RAS, кодирующих малые G-белки (ГуанозинТриФосфатазы), которые играют ключевую роль в внутриклеточной сигнализации и контроле клеточной пролиферации. NF1 (Neurofibromin 1) – мутантный подтип (14 %) – связан с мутациями в гене NF1, кодирующем белок нейрофибромин, который участвует в регуляции активности RAS-белков. Потеря функции нейрофибромина ведет к избыточной клеточной пролиферации. Triple WT (Wild Type) подтип (6 %) – в этом подтипе отсутствуют мутации в генах BRAF, RAS и NF1, что делает его уникальным по сравнению с другими подтипами и требует дальнейших исследований для выявления дополнительных молекулярных маркеров.

Комплексные данные, полученные в ходе исследований, подчеркивают важность понимания поэтапной молекулярной эволюции, которая приводит к трансформации нормальных меланоцитов в метастатическую меланому [22, 23].

Понимание молекулярных механизмов, лежащих в основе развития меланомы кожи, является ключевым элементом для ранней диагностики заболевания и эффективного выбора терапевтической стратегии. Это знание не только позволяет точно дифференцировать подтипы меланомы, что критически важно для индивидуализации лечения, но и способствует оптимизации применения таргетной терапии. Адекватное молекулярное тестирование дает возможность выбора наиболее подходящего лечения, что, в свою очередь, повышает эффективность терапии и улучшает прогноз для пациентов.

Современные молекулярно-генетические методы позволяют не только точно идентифицировать мутационные изменения, характерные для различных подтипов меланомы, но и дают более глубокое понимание патогенеза заболевания. Это открывает новые горизонты для разработки таргетных препаратов, направленных на конкретные молекулярные мишени, а также помогает в поиске новых биомаркеров для прогноза и мониторинга заболевания. В

итоге, интеграция молекулярных технологий в клиническую практику может существенно повысить эффективность лечения меланомы, обеспечивая более высокие шансы на выживание и улучшение качества жизни пациентов.

Заключение

Раннее выявление меланомы является критически важным для обеспечения успешности лечения и прогнозирования заболевания, поскольку позволяет начать терапию на ранних стадиях, когда опухоль поддается более эффективному вмешательству. В этом контексте дерматоскопия, благодаря своей доступности, неинвазивности и высокой информативности, представляет собой оптимальную платформу для интеграции современных методов обработки изображений и алгоритмов машинного обучения. Ее использование в диагностике меланомы обладает значительным потенциалом для трансформации традиционной клинической практики, основанной на визуальной оценке и последующем морфологическом подтверждении, часто на более поздних стадиях заболевания, когда возможности для эффективного вмешательства ограничены.

На сегодняшний день дерматоскопия служит основой для создания новых технологий диагностики. Цифровая дерматоскопия предоставляет возможность не только документировать изображения патологических очагов на коже и слизистых оболочках, но и осуществлять динамическое наблюдение, позволяя сравнивать снимки, сделанные в разные временные промежутки. Это дает возможность выявлять даже минимальные изменения, что особенно важно для раннего обнаружения меланомы.

Интеграция автоматизированных систем анализа изображений значительно повышает эффективность диагностики. Такие системы способны сократить количество ненужных биопсий, а также улучшить скрининговые программы как в амбулаторных условиях, так и на уровне самоконтроля. Однако для достижения высокой диагностической точности необходимо учитывать особенности дерматоскопических изображений, такие как наличие артефактов и вариативность клинических проявлений различных поражений кожи. Внедрение алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ), способных анализировать тысячи изображений, способствует снижению зависимости от субъективной интерпретации и повышению точности диагностики. ИИ анализирует и выделяет подозрительные образования с большей точностью, что позволяет врачам делать более обоснованные выводы.

Развитие и внедрение высокоточных технологий, основанных на детальном анализе структуры кожи и компьютерном распознавании паттернов, значительно совершенствует диагностику кожных заболеваний, особенно меланомы, и открывает новые возможности для раннего вмешательства, что, в свою очередь, повышает шансы на успешное лечение и улучшение прогноза для пациентов.

Значимым достижением последних лет стало выявление молекулярных подтипов меланомы, что открыло новые возможности для таргетной терапии и углубило понимание патогенеза заболевания. Эти достижения подчеркивают важность комплексного подхода, сочетающего клинические, инструментальные и морфологические методы диагностики.

Внедрение современных диагностических технологий сталкивается с организационными вызовами, включая неравенство в оснащении медицинских учреждений и дефицит квалифицированных кадров. Преодоление этих барьеров требует реализации целевых образовательных программ и развития инфраструктуры.

Наиболее перспективным направлением представляется создание гибридных систем «врач – искусственный интеллект», которые сочетают преимущества компьютерного анализа с клиническим опытом специалиста. Такой интегративный подход позволяет максимально использовать сильные стороны как технологий, так и человеческого опыта.

Активное развитие диагностики меланомы кожи, в которой традиционные методы дополняются цифровыми технологиями и углубленным изучением молекулярных механизмов, открывает новые возможности для повышения эффективности лечения и совершенствования медицинской помощи в дерматоонкологии.

Список литературы

1. Синельников И.Е., Утяшев И.А., Назарова В.В. Особенности дерматоскопии в диагностике меланомы кожи. Обзор литературы // Эффективная фармакотерапия. 2024. Т. 20 (5). С. 10–17. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_65311358_17103707.pdf (дата обращения: 10.11.2025). DOI: 10.33978/2307-3586-2024-20-5-10-17.
2. Богданова В.А., Спирина Л.В., Чижевская С.Ю., Ковалева И.В., Никульников К.В. Современные представления о клинико-эпидемических и молекулярно-генетических особенностях меланомы кожи и слизистых // Успехи молекулярной онкологии. 2024. Т. 11 (1). С. 22–30. URL: <https://umo.abvpress.ru/jour/article/view/646> (дата обращения: 10.11.2025). DOI: 10.17650/2313-805X-2024-11-1-22-30.
3. Агакишизаде Н.Э., Гафтон И.Г., Зиновьев Г.В., Гафтон Г.И., Чуглова Д.А., Эберт М.А., Синячкин М.С., Рогачев М.В., Крживицкий П.И., Бородулин А.В., Байкалова О.И., Воропаева М.В., Андриевских Е.А. Современные методы неинвазивной диагностики меланоцитарных новообразований кожи: учебное пособие для обучающихся в системе высшего и дополнительного профессионального образования. СПб.: НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова, 2022. 68 с. ISBN 978-5-6046979-5-5.

4. Сергеев В.Ю., Сергеев Ю.Ю., Тамразова О.Б., Никитаев В.Г., Проничев А.Н., Сергеева М.А. Исследование эффективности программ автоматизированной диагностики меланомы кожи с применением технологий искусственного интеллекта // Российский журнал кожных и венерических болезней. 2020. Т. 23 (5). С. 288–292. URL: <https://rjsvd.com/1560-9588/article/view/52794> (дата обращения: 10.11.2025). DOI: 10.17816/dv52794.
5. Патрушев А.В., Мамунов М.В., Лемешева В.И. Возможности дерматоскопической диагностики меланомы кожи // Известия Российской военно-медицинской академии. 2020. Т. 39 (S3-3). С. 161–166. EDN: UZWVVK.
6. Демидов Л.В., Харкевич Г.Ю. Меланома кожи: стадирование, диагностика и лечение // РМЖ. 2003. 11. С. 658. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rmj.ru/articles/onkologiya/Melanoma_koghi_stadirovanie_diagnostics_i_lechenie/ (дата обращения: 12.11.2025).
7. Соколов Д.В., Демидов Л.В., Бельшева Т.С., Потекаев Н.Н., Ворожцов Г.Н., Кузьмин С.Г., Соколов В.В., Махсон А.Н. История развития метода поверхностной эпилюминесцентной микроскопии (дерматоскопии) кожи // Клиническая дерматология и венерология. 2009. № 7 (1). С. 11–15. EDN: QIZBTP.
8. Pehamberger H., Steiner A., Wolff K. *In vivo* epiluminescence microscopy of pigmented skin lesions. I. Pattern analysis of pigmented skin lesions // J Am Acad Dermatol. 1987. Vol. 17 (4). P. 571–583. DOI: 10.1016/s0190-9622(87)70239-4. PMID: 3668002.
9. Торшина И., Розендаль К., Булиньска А., Радион Е. Дерматоскопия как метод ранней диагностики злокачественных новообразований кожи // Врач. 2016. № 4. С. 16–20. URL: <https://vrachjournal.ru/ru/25877305-2016-04-05> (дата обращения: 11.11.2025). EDN: VVNJSR.
10. Forsea A.M., Tschandl P., Zalaudek I., Del Marmol V., Soyer H.P., Arenbergerova M., Azenha A., Blum A., Bowling J.C., Braun R.P., Bylaite-Bucinskiene M., Cabrijan L., Dobrev H., Helppikangas H., Karls R., Krumkachou U., Kukutsch N., McCormack I., Mekokishvili L., Nathansohn N., Nielsen K., Olah J., Özdemir F., Puig S., Rubegni P., Planinsek Rucigaj T., Schopf T.R., Sergeev V., Stratigos A., Thomas L., Tiodorovic D., Vahlberg A., Zafirovik Z., Argenziano G., Geller A.C. Inequalities in the patterns of dermoscopy use and training across Europe: conclusions of the Eurodermoscopy pan-European survey // Eur J Dermatol. 2020 Oct 1. 30 (5). Vol. 524–531. DOI: 10.1684/ejd.2020.3872. PMID: 33052101.
11. Соколов К.А., Шпудейко В.А. Динамика чувствительности и специфичности нейросети на фоне модернизации алгоритмов распознавания кожной патологии // Universum: медицина и фармакология. 2022. № 2. С. 85. URL: <https://7universum.com/ru/med/archive/item/12993> (дата обращения: 09.10.2025). DOI: 10.32743/UniMed.2022.85.2.12993.

12. Kittler H., Pehamberger H., Wolff K., Binder M. Diagnostic accuracy of dermoscopy // *Lancet Oncol.* 2002 Mar. 3 (3). Vol. 159–165. DOI: 10.1016/s1470-2045(02)00679-4. PMID: 11902502.
13. Козачок А.В., Спирин А.А., Козачок Е.С. Обзор методов раннего обнаружения меланомы с использованием методов компьютерного зрения // *Труды ИСП РАН.* 2022. № 34 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-rannego-obnaruzheniya-melanomy-s-ispolzovaniem-metodov-kompyuternogo-zreniya> (дата обращения: 09.10.2025).
14. Абдурахманов А.К., Тонкачева А.А. Диагностика меланомы кожи. Обзор литературы // *БМИК.* 2021. № 11 (1). С. 5–6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-melanomy-kozhi-obzor-literatury> (дата обращения: 09.10.2025).
15. Панкратов В.Г., Ревотюк А.А. Дерматоскопия пигментных образований кожи – неинвазивный тест для дифференциальной диагностики меланомы кожи // *Медицинские новости.* 2011. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dermatoskopiya-pigmentnyh-obrazovaniy-kozhi-neinvazivnyy-test-dlya-differentsialnoy-diagnostiki-melanomy-kozhi> (дата обращения: 01.10.2025).
16. Соколов Д.В., Потекаев Н.Н., Демидов Л.В., Ворожцов Г.Н., Махсон А.Н., Бельшева Т.С., Кузьмин С.Г., Соколов В.В. Опыт автоматического распознавания меланомы кожи на основе цифровой эпилюминесцентной дерматоскопии // *Клиническая дерматология и венерология.* 2010. № 8 (3). С. 72–75. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/klinicheskaya-dermatologiya-i-venerologiya/2010/3/031997-28492010315> (дата обращения: 11.11.2025).
17. Akram T., Lodhi H.M.J., Naqvi S.R. et al. A multilevel features selection framework for skin lesion classification // *Hum. Cent. Comput. Inf. Sci.* 2020. Vol. 10 (12). DOI: 10.1186/s13673-020-00216-y.
18. Черненко П.А., Петерсон С.Б., Любченко Л.Н. Наследственная меланома кожи: Клинико-молекулярная диагностика // *Российский биотерапевтический журнал.* 2012. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nasledstvennaya-melanoma-kozhi-kliniko-molekulyarnaya-diagnostika> (дата обращения: 02.10.2025).
19. Султанбаев А.В., Тузанкина И.А., Насретдинов А.Ф., Султанбаева Н.И., Мусин Ш.И., Меньшиков К.В., Султанбаев М.В., Сатышев О.В., Измайлов А.А., Кудлай Д.А., Имянитов Е.Н. Механизмы формирования специфического противоопухолевого иммунитета и резистентности к ингибиторам контрольных точек иммунного ответа // *Вопросы онкологии.* 2024. № 70 (3). С. 433–439. URL: <https://voprosyonkologii.ru/index.php/journal/article/view/3-24-Mechanisms-of-Formation> (дата обращения: 11.10.2025). DOI: 10.37469/0507-3758-2024-70-3-433-439.
20. Сагакянц А.Б., Теплякова М.А., Владимирова Л.Ю., Бондаренко Е.С., Златник Е.Ю., Новикова И.А., Дженкова Е.А. Параметры системного клеточного иммунитета у пациентов с

меланомой кожи на фоне проводимой иммунотерапии с различной ее эффективностью // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32598> (дата обращения: 02.10.2025).

21. Златник Е.Ю., Пржедецкий Ю.В., Кочуев С.С., Новикова И.А., Непомнящая Е.М., Закора Г.И., Бондаренко Е.С., Позднякова В.В. Иммунологические факторы в ткани меланомы кожи различной распространенности // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2018. Т. 13. № 1. URL: https://medvestnik.stgm.ru/ru/articles/670-Immunologicheskie_faktery_v_tkani_melanomy_kozhi_razlichnoj_rasprostranennosti.html (дата обращения: 11.10.2025). DOI: <https://doi.org/10.14300/mnnc.2018.13013>. ISSN 2073-8137.

22. Ситдикова Е.Е., Изюров Л.Н. Генетические основы меланомы кожи // Вестник УГМУ. 2023. № 1. С. 29–38. URL: <https://vestnikusmu.ru/index.php/vestnik/article/view/32> (дата обращения: 11.10.2025).

23. Зарецкий А.Р., Демидов Л.В., Самойленко И.В. Биомаркеры при метастатической меланоме кожи: можем ли мы точнее выбирать тактику лечения наших пациентов? // Медицинский совет. 2021. № 9. С. 48–63. URL: <https://www.med-sovet.pro/jour/article/view/6248> DOI: 10.21518/2079-701X-2021-9-48-63 (дата обращения: 01.11.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.