



¹ Приволжский
исследовательский
медицинский
университет,
Нижний Новгород

² Московский
государственный
технический
университет
им. Н.Э. Баумана

³ Нижегородский
областной клинический
онкологический
диспансер

⁴ Общество
с ограниченной
ответственностью
«АИМЕД»,
Москва

⁵ Российский
университет
дружбы народов,
Москва

Искусственный интеллект как инструмент популяционного скрининга опухолей кожи

К.А. Ускова¹, О.Е. Гаранина, к.м.н., доц.¹, А.О. Ухаров, к.т.н.²,
И.А. Клеменова, д.м.н., проф.¹, С.В. Гамаюнов, д.м.н.³,
А.М. Миронычева¹, В.И. Дардык⁴, А.В. Бурдаков, к.т.н.², Я.Л. Степанова¹,
В.А. Сайфуллина¹, С.С. Короткий⁵, И.Л. Шливко, д.м.н., доц.¹

Адрес для переписки: Ксения Александровна Ускова, k_balyasova@bk.ru

Для цитирования: Ускова К.А., Гаранина О.Е., Ухаров А.О. и др. Искусственный интеллект как инструмент популяционного скрининга опухолей кожи. Эффективная фармакотерапия. 2024; 20 (1): 62–71.

DOI 10.33978/2307-3586-2024-20-1-62-71

Меланома и немеланомный рак кожи являются самыми распространенными видами злокачественных новообразований (ЗНО) кожи. Низкая осведомленность населения, недоступность профессиональной дерматологической экспертизы и неэффективность скрининговых программ препятствуют раннему выявлению ЗНО кожи, их своевременному и эффективному лечению.

Цель исследования – определить возможности использования мобильного приложения на базе искусственного интеллекта (ИИ) как инструмента популяционного скрининга.

Материал и методы. Предложен инструмент самообследования на базе ИИ, позволяющий регулярно проводить осмотр кожи по фотографии, сделанной смартфоном, в сочетании с анкетными данными. Предложенная модель позволяет бинарно различать злокачественные и доброкачественные новообразования, побуждая людей обращаться к специалистам для углубленного обследования в случае подозрения на ЗНО кожи.

Результаты. За время работы мобильного приложения с января 2021 г. по декабрь 2022 г. получено и обработано ИИ более 500 тыс. изображений новообразований кожи от более 290 тыс. пользователей из 86 регионов Российской Федерации (РФ). Выявлено 5957 случаев, подозрительных на немеланомный рак кожи, и 7622 – на меланому. Анализ результатов популяционного скрининга выявил значительно более высокую распространенность ЗНО кожи на 100 тыс. населения. Наши результаты показали гораздо более молодой средний возраст пациентов со ЗНО кожи как у мужчин, так и у женщин по сравнению с официальной статистикой, с разницей в 15 лет.

Заключение. Мобильное приложение на основе ИИ дает возможность проведения популяционного скрининга населения без крупных материальных вложений со стороны государственной системы здравоохранения. Данный инструмент может эффективно использоваться с целью повышения информированности населения о факторах риска развития ЗНО кожи и маршрутизации пользователей в случае выявления подозрительного новообразования в специализированное медицинское учреждение.

Ключевые слова: опухоли кожи, искусственный интеллект, популяционный скрининг, самообследование, нейросети, факторы риска, ИИ



Введение

Злокачественные новообразования (ЗНО) кожи являются ведущей локализацией в общей структуре заболеваемости злокачественными опухолями [1, 2]. Расположение опухоли на кожном покрове должно приводить к ранней диагностике и активному обращению пациентов к специалистам. Вследствие низкой осведомленности населения, страха обратиться к врачу и отсутствия в отдаленных регионах квалифицированных онкологов-дерматологов диагностика опухолей кожи происходит уже на поздних стадиях заболевания [3].

Приблизительно 80% всех ЗНО кожи составляет базальноклеточный рак кожи (БКРК), однако доля смертельных исходов от этого заболевания составляет не более 0,1%. Чаше смертельные исходы регистрируются при плоскоклеточном раке кожи (ПКРК), который составляет приблизительно 19% от всех ЗНО кожи. 95–98% случаев ПКРК могут быть вылечены при ранней диагностике, но при инвазивном росте пятилетняя выживаемость составляет менее 50%. Приблизительно 1% от всех ЗНО кожи составляет меланома, но доля смертельных исходов, в отличие от ПКРК, гораздо выше. Пятилетняя выживаемость для локализованных рано диагностированных случаев меланомы составляет приблизительно 98%, однако при регионарном метастазировании показатели уменьшаются до 68%, а при отдаленном – до 30% [4–6].

В качестве причин, препятствующих ранней диагностике и соответственно эффективности лечения ЗНО кожи, выступают следующие: 1) недоступность квалифицированной медицинской помощи, особенно для жителей отдаленных регионов; 2) недостаток знаний и опыта врачей общей практики и других специалистов, а также времени, отведенного на прием; 3) низкая осведомленность населения об опухолях кожи [7–10].

Методы машинного обучения, применяемые уже несколько десятилетий, в настоящий момент переживают взрывной рост [11]. Нейронные сети (НС) глубокого обучения (Deep Neural Network, DNN) прекрасно зарекомендовали себя для решения самых различных задач. В области компьютерного зрения доминируют сверточные НС (Convolutional Neural Network, CNN), которые используются для всех видов анализа медицинских изображений. Методы машинного обучения успешно применяются для классификации изображений и прогнозирования в области дерматологии [12–17].

Для успешного обучения с помощью НС требуются большие и хорошо аннотированные наборы данных, поэтому большинство современных подходов основаны на использовании предобученных моделей, которые уже готовы распознавать основные закономерности и элементы в изображениях. Такие модели необходимо в дальнейшем настроить для решения конкретной задачи. По результатам исследования, предварительно обученные модели ImageNet обеспечивают точность классификации

медицинских изображений в дерматологии на уровне человека, а некоторые модели даже превосходят эффективность дерматологов в диагностике кожных заболеваний [18–20].

Подавляющее большинство нейросетевых моделей в дерматологии базируются на дерматоскопических изображениях и предназначены для использования в качестве инструментов поддержки принятия решений в медицинских учреждениях [21–23].

Обследование новообразований кожи без применения дерматоскопии основано на качественной оценке медицинским персоналом факторов риска, которые включают в себя как общие характеристики (оттенок кожи, цвет волос и глаз, наличие веснушек и солнечных ожогов, частое пребывание на солнце, наличие рака кожи в анамнезе), так и характеристики конкретного новообразования, которые обычно оцениваются тестом ABCDE [24, 25].

Единственный подход к самообследованию основан на визуальном осмотре на предмет несоответствия структуры одного новообразования структуре большинства других новообразований, что, очевидно, является весьма субъективной и неточной оценкой. В данной публикации предложен инструмент на базе ИИ для самооценки новообразований кожи, основанный на клинических фотографиях, сделанных с помощью смартфона, с оценкой факторов риска. В отличие от традиционных кампаний популяционных скринингов «лицом к лицу», которые являются высоко время- и ресурсозатратными, наш подход позволяет удаленно собрать и обработать данные, необходимые для визуальной оценки новообразований кожи.

Цель исследования – определить возможности использования мобильного приложения на базе ИИ как инструмента популяционного скрининга.

Материал и методы

Авторами предложено решение на основе ИИ для самообследования кожи с помощью мобильного приложения «ПроРодинки» для Android/iOS.

Проведение исследования было одобрено независимым локальным этическим комитетом Приволжского исследовательского медицинского университета (ПИМУ), протокол № 1 от 18 января 2021 г. Перед началом использования мобильного приложения «ПроРодинки» предусмотрено пользовательское соглашение.

Пользователи могут сфотографировать новообразование в приложении, добавить метаданные, включая демографическую информацию, характеристики самого новообразования и факторы риска (оттенок кожи, цвет волос, наличие веснушек, количество родинок на одной руке, случаи солнечных ожогов, наличие больших родинок, случаи меланомы в анамнезе, случаи меланомы у родственников, посещение солярия), отправить этот набор данных для анализа ИИ. Каждое изображение на первом этапе проходит контроль качества, затем сегментируется CNN-моделью для обнаружения границ объекта и, наконец,

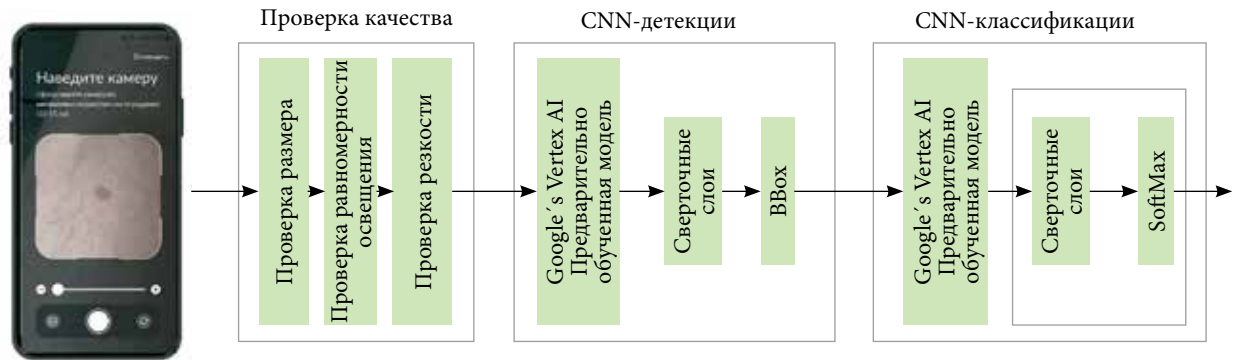


Рис. 1. Архитектура предложенного решения

классифицируется CNN-моделью на предмет наличия риска рака кожи. Метаданные используются исключительно для проверки качества и статистических исследований.

Наша модель различает пять классов образований: доброкачественные – невус, гемангиому, себорейный кератоз, а также злокачественные – меланому, БКРК или ПКРК. В связи с нормативными ограничениями на оказание медицинских услуг пользователям приложения предоставляется только бинарный ответ, указывающий на высокий или низкий риск наличия рака кожи. В случае обнаружения высокого риска ЗНО приложение предлагает пользователям незамедлительно обращаться к онкологам для проведения очной консультации.

В разработанном авторами статьи решении для самостоятельной оценки риска заболевания раком кожи используется ансамбль сверточных НС для детекции новообразования и его классификации. Передаче изображения в CNN-модели предшествует оценка его качества (рис. 1). Компонент оценки изображения проверяет каждую представленную фотографию по следующим критериям: равномерное освещение без тени, резкость и размер.

Для оценки равномерности освещенности использовали метод локального контраста на основе среднеквадратического отклонения с порогом 63 и крите-

рий Майкельсона с порогом 0,99; для оценки уровня резкости – фильтр Лапласа с порогом 16. Минимальный требуемый размер изображения был определен в 100 пикселей. Проверка изображения реализована с помощью библиотеки OpenCV. Все изображения, не прошедшие проверку, отклоняются с просьбой предоставить новое фото (уровень отказа составляет около 37%).

Изображения, прошедшие проверку, передаются в первую CNN-модель детекции, задача которой обнаружить границы новообразования и кадрировать фото. В случае обнаружения нескольких объектов для дальнейшего анализа выбирается тот, который имеет признаки ЗНО кожи. Мы использовали предварительно обученную модель Google с Vertex AI в качестве основы и дообучили ее для обнаружения новообразований кожи, используя 7680 верифицированных клинических изображений, собранных специалистами ПИМУ. Характеристики разработанной модели для тестового подмножества из 1523 изображений показаны на рис. 2 А: точность и чувствительность модели составляют 91,94 и 81,06% соответственно.

Изображение, кадрированное CNN-моделью детекции, поступает на вход модели классификации. Мы снова применили метод дообучения и настройки предварительно обученной модели Google с Vertex AI

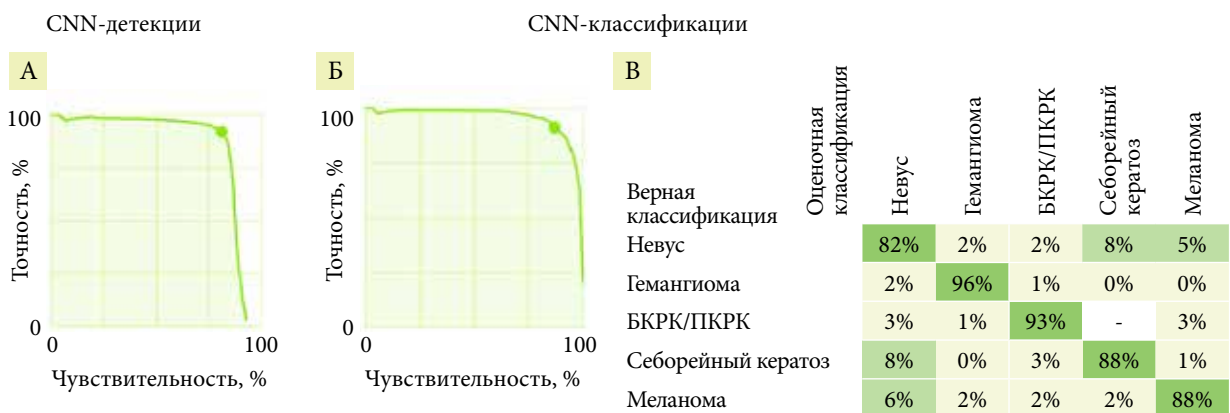


Рис. 2. Характеристики CNN-модели детекции (А) и классификации (Б), матрица несоответствий модели классификаций (В)



для распознавания пяти заболеваний: невус, гемангиома, себорейный кератоз, меланома, БКРК/ПКРК. Для модели классификации использовали набор данных, содержащий 11 429 клинических изображений: 7680 изображений, используемых в CNN-детекции, дополненных 3749 изображениями, собранными через приложение «ПроРодинки» в начале 2021 г. и классифицированными дерматологами Университетской клиники. Характеристики полученной модели классификации и матрица несоответствий представлены на рис. 2 Б и 2 В. Достигнутая точность и чувствительность модели на тестовом подмножестве из 1233 изображений составляют 90,92 и 86,94% соответственно.

Результаты

Представлены результаты анализа данных, собранных приложением «ПроРодинки» за 15 месяцев 2021–2022 гг. Обработано 401 606 изображений новообразований, присланных через приложение. Выявлено 9321 подозрение на ЗНО, из них на меланому – 5230. По гендерному признаку подозрительные новообразования распределились следующим образом: 3602 образования выявлены у женщин и 1628 – у мужчин. Профили пользователей по возрасту, фототипу и полу представлены на рис. 3. Распределение по возрасту близко к нормальному с медианой и средним возрастом 37 лет и 38,46 года соответственно, что делает возможным использовать возраст для дальнейшего совместного анализа с другими факторами риска. Распределение фототипов соответствует профилю Российской Федерации (РФ) [26]. Распределение по полу сильно скошено в сторону женщин: 3/4 изображений получено от лиц женского пола. Поскольку пол считается важным фактором риска развития рака кожи, в дальнейшем следует отдельно анализировать мужские и женские изображения новообразований.

Наибольшее количество пользователей приложения «ПроРодинки» в четырех регионах РФ представлено на рис. 4. Можно увидеть количество новообразований в процентах от населения региона в масштабе $\times 100$, то есть фактически процент населения, охваченного массовым скринингом. Весь дальнейший анализ основан на данных из Москвы и Московской области, Нижнего Новгорода и Нижегородской области, Санкт-Петербурга и Ленинградской области, Краснодарского края.

Как показано на рис. 5 А, средний возраст мужчин с БКРК/ПКРК составляет 56,28 года (1-й квартиль: 45,50 лет; 3-й квартиль: 68,00 лет), женщин – 55,98 года (1-й квартиль: 44,00 года; 3-й квартиль: 69,00 лет). Средний возраст пациентов с меланомой заметно ниже: 46,78 года у мужчин (1-й квартиль: 31,00 года; 3-й квартиль: 60,00 лет) и 41,35 года у женщин (1-й квартиль: 28,50 года; 3-й квартиль: 54,00 года).

Показатель распространенности среди мужчин (количество случаев на 100 тыс. человек) для БКРК/ПКРК составляет 4,42 случая, а для меланомы – 5,43 случая. Цифры для женского населения значительно выше: 8,98 случая БКРК/ПКРК и 11,88 случая меланомы.

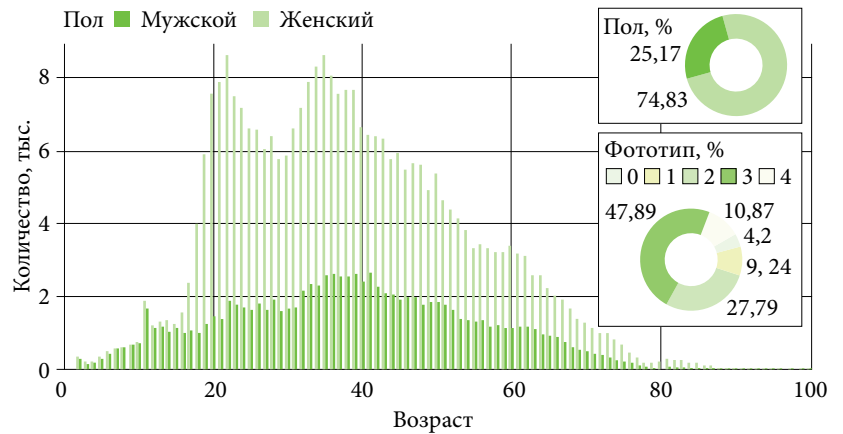


Рис. 3. Профиль пользователей: распределение по полу, возрасту и фототипу

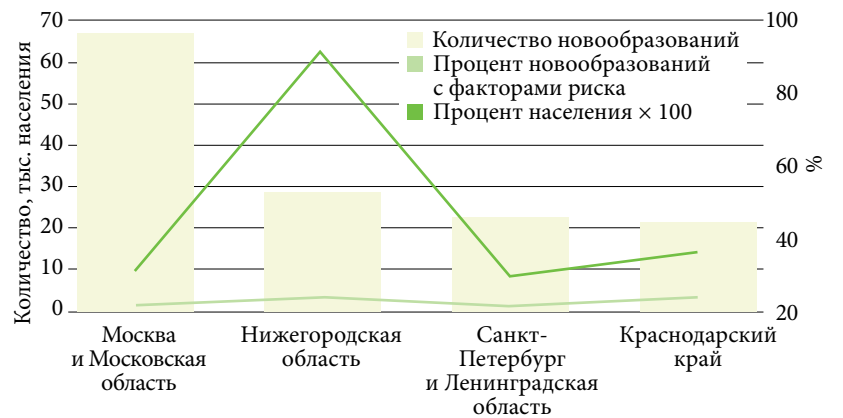


Рис. 4. Профиль пользователей: четыре региона по наибольшему количеству полученных изображений

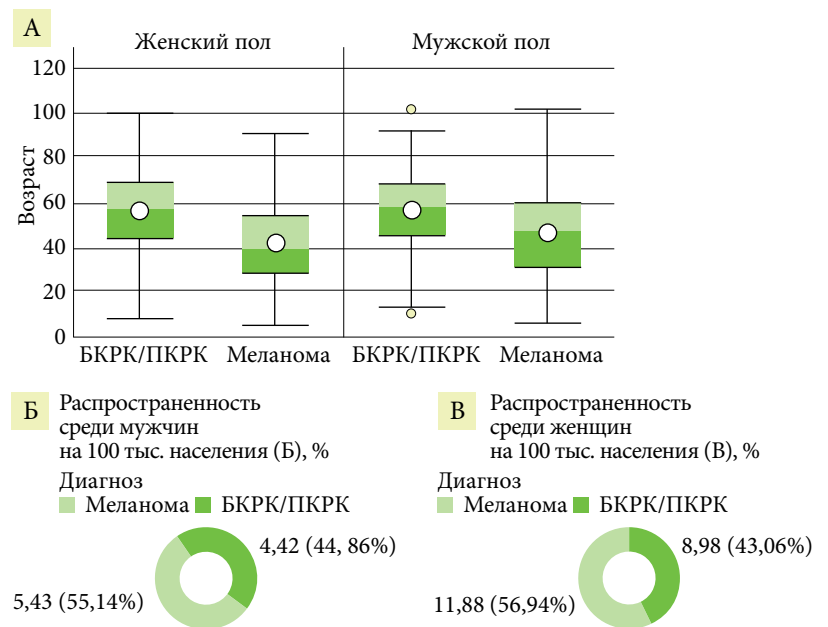


Рис. 5. Злокачественные новообразования: распределение по возрасту (А), распространенность (количество случаев на 100 тыс. населения) среди мужчин (Б) и женщин (В)



Рис. 6. Злокачественные новообразования кожи: распространенность (количество случаев на 100 тыс. населения) в зависимости от локализации среди женщин (А) и мужчин (Б) и в зависимости от анамнеза у женщин (В) и мужчин (Г)

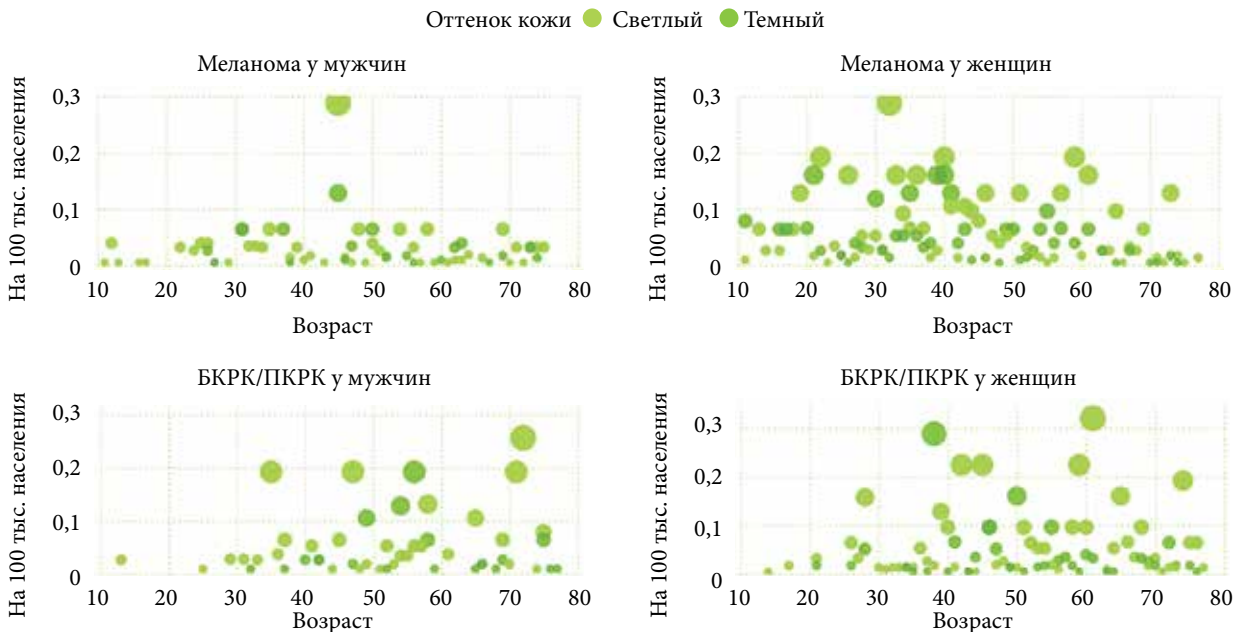


Рис. 7. Распространенность меланомы и БКРК/ПКРК для различных оттенков кожи, возраста и пола

В то время как БКРК является наиболее распространенным типом рака кожи, в нашем наборе данных мы наблюдаем более высокий показатель распространенности меланомы на 100 тыс. человек как среди мужчин (рис. 5 Б), так и среди женщин (рис. 5 В). Предположительно это связано с тем, что средний возраст появления БКРК составляет около 68–70 лет, тогда как пользователи приложения «ПроРодинки» намного моложе, средний возраст составляет 37 лет [1, 4].

На рис. 6 представлены данные о распространенности ЗНО (количество случаев на 100 тыс. населения) для БКРК/ПКРК и меланомы в зависимости от локализации (рис. 6 А и 6 Б) и анамнеза новообразований (рис. 6 В и 6 Г). Четыре основные локализации БКРК/ПКРК как у женщин, так и у мужчин, ответственные за 72,7% случаев, – это лицо, верхняя часть тела, нижняя часть тела и плечи. Четыре основные локализации меланомы как у женщин, так и у мужчин

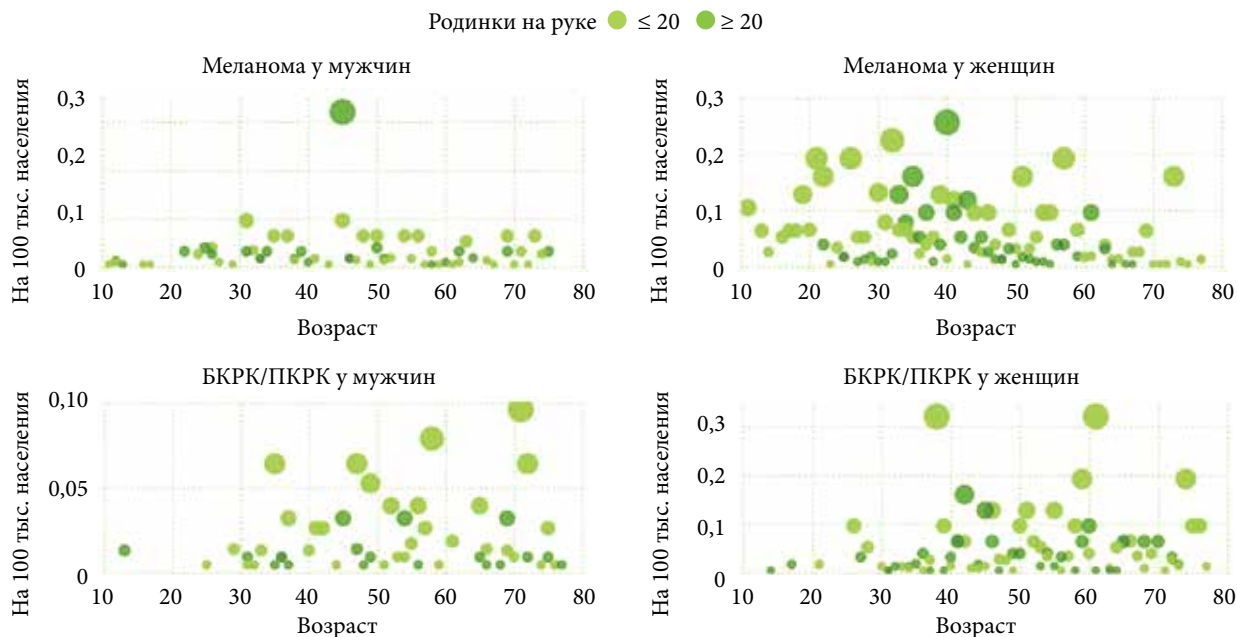


Рис. 8. Распространенность меланомы и БКРК/ПКРК в зависимости от количества родинок на руке

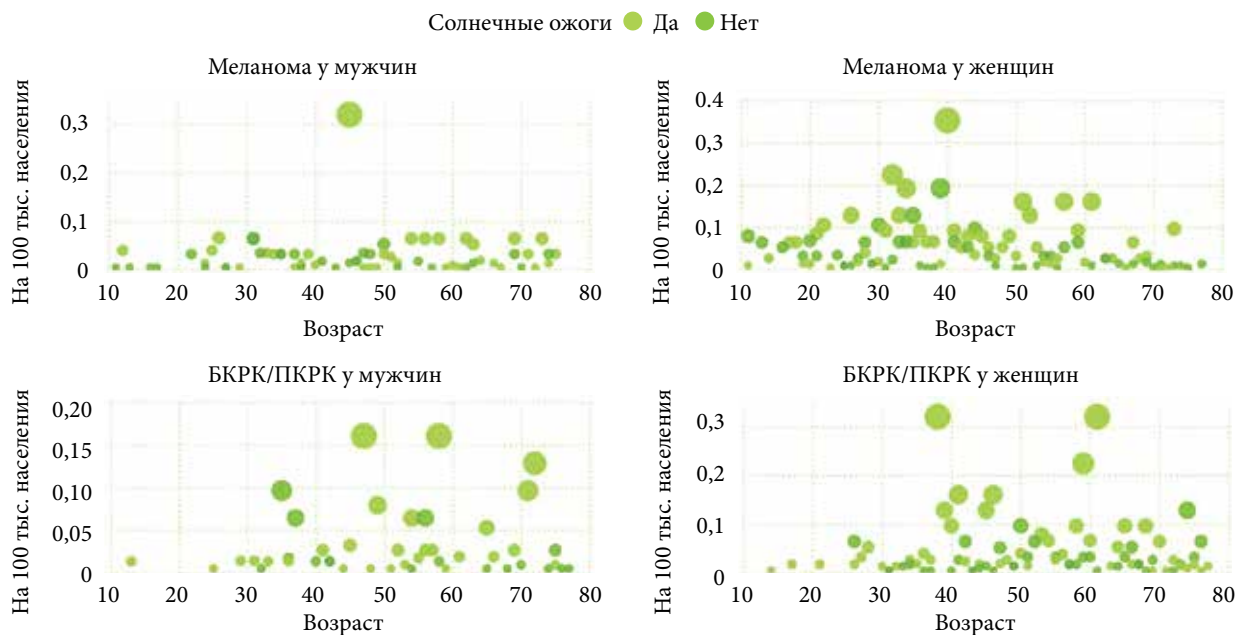


Рис. 9. Распространенность меланомы и БКРК/ПКРК в зависимости от истории солнечных ожогов, возраста и пола

в 64,59% случаев – это верхняя часть тела, нижняя часть тела, плечи и бедра.

Данные анамнеза новообразований при БКРК/ПКРК свидетельствуют о том, что недавнее развитие или изменение ранее возникших образований являются основными факторами риска (возникают в 60,86% случаев) независимо от пола. Данные анамнеза новообразований при меланоме равномерно распределены как в женской, так и в мужской популяции.

Факторы риска собираются на добровольной основе и поэтому доступны только в 22% случаев. Мы

не можем проверить корректность ответов пользователей приложения «ПроРодинки». Эти ответы носят субъективный характер, однако мы считаем, что объем собранных данных (более 88 тыс. заполненных анкет) нивелирует возможные искажения в ответах.

Отдельно исследовали каждый из факторов риска для случаев БКРК/ПКРК и меланомы в разбивке по полу и возрасту. Результаты приведены на рис. 7–12.

Светлый оттенок кожи преобладает у пользователей с подозрением как на меланому, так и на БКРК/ПКРК

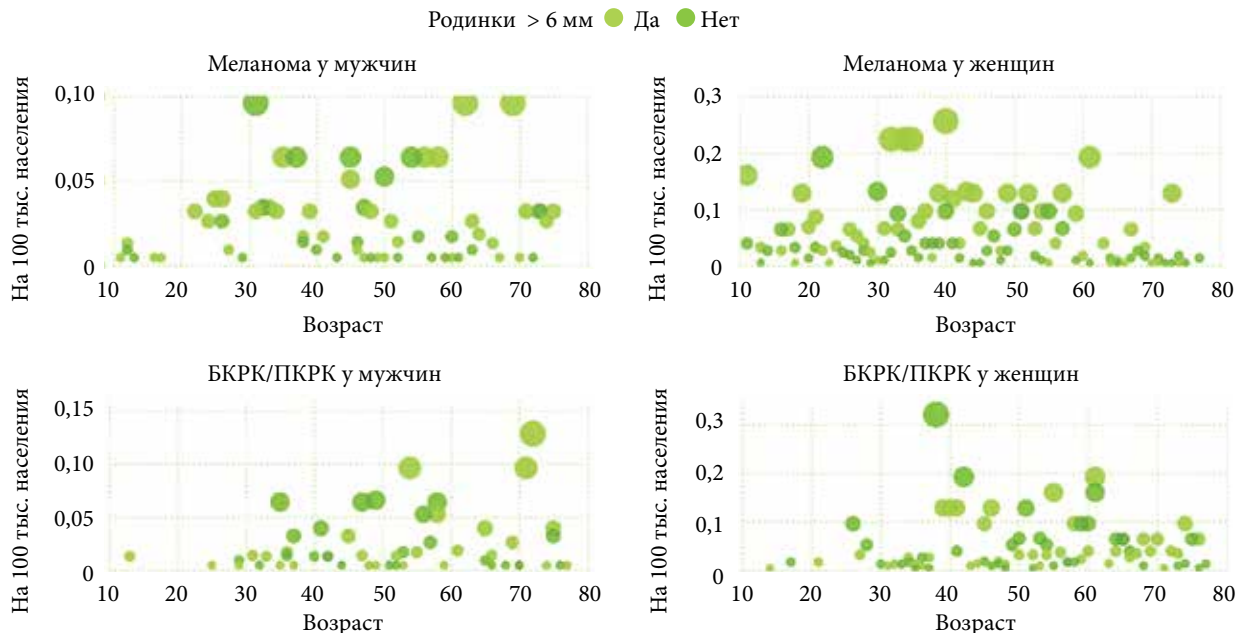


Рис. 10. Распространенность меланомы и БКРК/ПКРК в зависимости от размера образований, возраста и пола

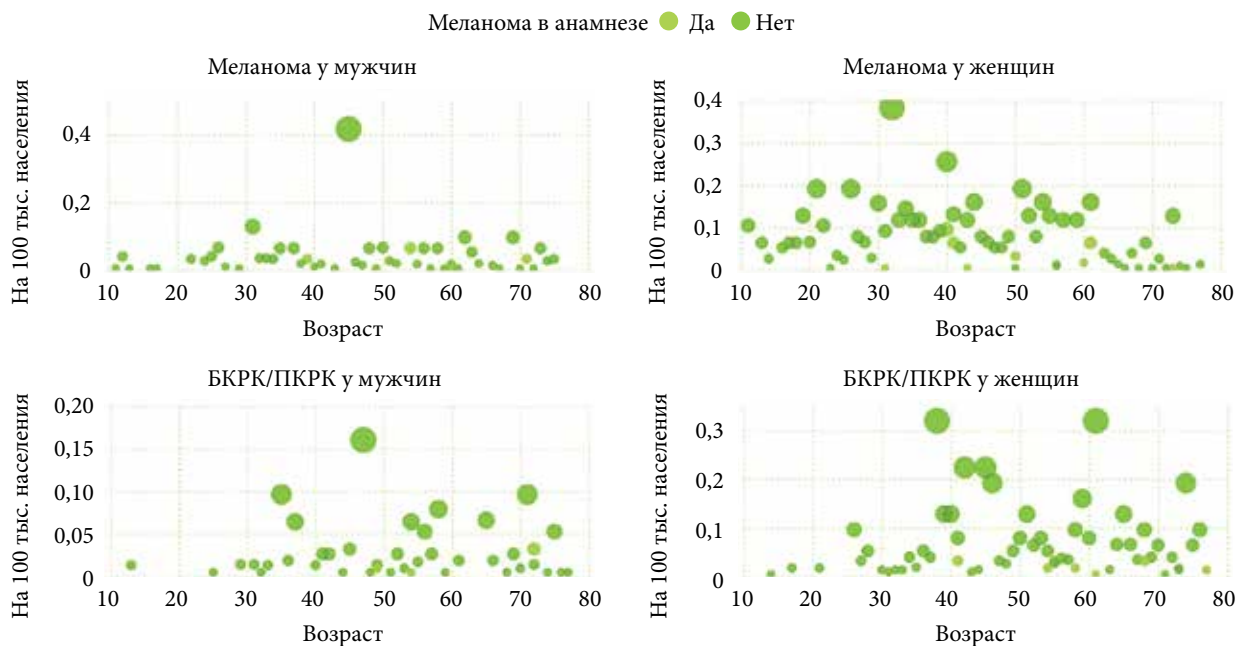


Рис. 11. Распространенность меланомы и БКРК/ПКРК в зависимости от меланомы в анамнезе, возраста и пола

независимо от пола и возраста (рис. 7). Количество случаев БКРК/ПКРК ожидаемо увеличивается с возрастом как для мужчин, так и для женщин.

Большое количество родинок (более 20 на одной руке) связано с более ранним развитием меланомы у женщин (рис. 8). Количество случаев БКРК/ПКРК ожидаемо увеличивается с возрастом как для мужчин, так и для женщин.

История солнечных ожогов преобладает в группах пользователей с подозрением на меланому и БКРК/ПКРК независимо от пола и возраста (рис. 9).

Большой размер новообразований преобладает в выявленных случаях меланомы, особенно у женщин (рис. 10).

Большинство пользователей с подозрением на меланому не имеют указания в анамнезе на предшествующий рак кожи, поэтому мы не можем должным образом оценить влияние этого фактора, однако наблюдаем значительное количество случаев БКРК/ПКРК у женщин с меланомами в анамнезе (рис. 11). Посещение солярия связано с более ранним развитием меланомы у женского населения (рис. 12). Количе-

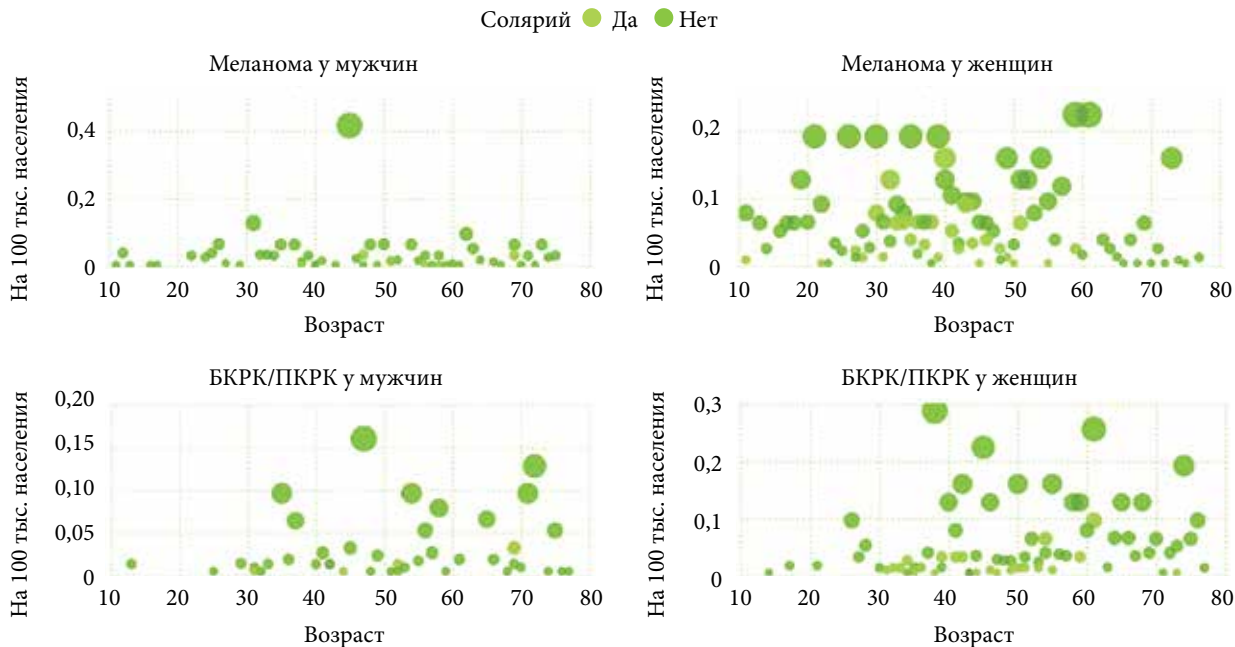


Рис. 12. Распространенность меланомы и БКРК/ПКРК в зависимости от посещения солярия, возраста и пола

ство случаев БКРК/ПКРК ожидаемо увеличивается с возрастом как для мужчин, так и для женщин.

Обсуждение

На территории РФ предложен инструмент для проведения популяционного населения. За ограниченный период использования были охвачены 85 регионов и более 290 тыс. пользователей. Без использования новых технологий аналогичный масштаб охвата населения с целью скрининга опухолей кожи требует значительных профессиональных ресурсов и материальных затрат.

В Европе с 1999 г. и в России с 2007 г. проводится ежегодная общеевропейская кампания «Евромеланома». За 10 лет (с 2000 по 2010 г.) в 27 странах было проведено 260 тыс. скрининговых обследований. В частности, в 2021 г. в России в кампании «День диагностики меланомы» приняли участие 8003 человека, из них у 227 выявлено ЗНО кожи. Таким образом, для того чтобы заподозрить ЗНО кожи у одного человека, потребовалось осмотреть 35 человек. Аналогичное соотношение обследованных к выявленным случаям ЗНО было получено в другом российском скрининговом исследовании «Жизнь без страха», в котором для обнаружения одного ЗНО кожи потребовалось осмотреть 30 человек [26, 27]. Анализ 401 606 новообразований кожи можно считать крупнейшей кампанией популяционного скрининга ЗНО кожи, когда-либо проводившейся в РФ, как по количеству собранных новообразований, так и по охвату населения.

По данным официальной статистики, в РФ в 2021 г. меланома диагностирована у 10 162 пациентов, в том числе 6077 женщин и 4085 мужчин [1]. Наши исследования выявили 5230 случаев подозре-

ния на меланому за 2021–2022 гг. (3-й квартал) в РФ, 3602 случая у женщин и 1628 случаев у мужчин.

Данные по Москве и Московской области, Нижнему Новгороду, Санкт-Петербургу и Ленинградской области, Краснодару составляют 5,43 случая для мужчин и 11,88 случая для женщин на 100 тыс., в то время как статистика дает нам общий показатель всего 4,12 [1].

Наши результаты показали гораздо более молодой средний возраст пациентов с ЗНО кожи как у мужчин, так и у женщин по сравнению с официальной статистикой. В статистическом ежегодном сборнике за 2021 г. в РФ средний возраст больных меланомой составил 61,5 года для мужчин и 62,1 года для женщин, аналогичные показатели получены в нашем исследовании – 46,78 и 41,35 соответственно [1]. Насколько большая разница в возрасте обратившихся к ИИ и в систему здравоохранения может быть связана с недостаточной информированностью населения об опухолях кожи, распространенными мифами и заблуждениями, страхом, отсутствием времени для обращения к врачу в самом активном возрасте. Мобильное приложение и ИИ оказались инструментом для преодоления психологического барьера на пути к очной консультации. Можно предположить, что обращение лиц за медицинской помощью в более молодом возрасте обеспечит своевременную выявляемость ЗНО.

Преобладание выявленных случаев, подозрительных на меланому, по сравнению с раком кожи, не совпадающее с данными официальной статистики, объясняется более молодым контингентом пользователей приложения и недостаточным охватом старшего поколения. Помимо более молодого возраста развития меланомы, отмечена значитель-



ная разница в среднем возрасте между мужчинами и женщинами: женское население оказывается в группе риска почти на пять лет раньше. Это можно объяснить более внимательным отношением женщин к своему состоянию здоровья и к состоянию здоровья кожи.

Согласно официальной статистике, средний возраст немеланомного рака кожи для мужчин 68,2 года и для женщин 70,2 года, в то время как наше исследование для БКРК/ПКРК показывает средний возраст – 56,28 года для мужчин и 55,98 года для женщин. Для пользователей с подозрением на немеланомный рак кожи также прослеживается тенденция более раннего обращения за медицинской помощью через предложенный инструмент, чем в первичное звено системы здравоохранения.

Анализ взаимосвязи между факторами риска и ранним развитием опухолей кожи выявил, что для меланомы статистически значимым маркером является наличие более 20 невусов на одной руке и наличие невусов большого размера, для всех опухолей – анамнестические данные о светлом фототипе и солнечных ожогах, и не выявил связи с цветом волос, наличием веснушек и наличием меланомы у родственников. Эти данные расходятся с данными официальных статистических источников, что, возможно, связано с субъективным фактором при заполнении анкетных данных.

Доказано, что инструмент самообследования на базе ИИ может использоваться для популяци-

онного скрининга рака кожи в качестве экономически эффективного решения, обеспечивающего большую охват населения и способствующего повышению его осведомленности. Соответствие анкетных данных изображениям, подозрительным на ЗНО кожи, побуждает исследователей пересмотреть существующий подход к определению групп риска.

Заключение

Приложение «ПроРодинки» продемонстрировало себя как эффективный и экономически выгодный для государства инструмент популяционного скрининга. ●

Источник финансирования

Работа выполнена при поддержке программы «Приоритет 2030», площадь Минина и Пожарского, 10/1, Нижний Новгород, 603005, Россия.

Качественное подтверждение данных

Метаданные в виде изображений новообразований, полученные через приложение, не могут быть валидированы нами и используются как есть. В случае субъективных ответов пользователей мы полагаем, что сумма собранных данных выравнивает сознательно искаженные ответы.

Заявление об информированном согласии

Не применимо.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2021 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ, 2022. <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2022/05/sostoyanie-onkologicheskoy-pomoshhi-naseleniyu-rossii-v-2021-godu.pdf>.
2. Siegel R.L., Miller K.D., Fuchs H.E., Jemal A. Cancer statistics, 2022. *CA Cancer J. Clin.* 2022; 72 (1): 7–33.
3. Gupta A.K., Bharadwaj M., Mehrotra R. Skin cancer concerns in people of color: risk factors and prevention. *Asian Pac. J. Cancer Prev.* 2016; 17 (12): 5257–5264.
4. Ciężyńska M., Narbutt J., Woźniacka A., Lesiak A. Trends in basal cell carcinoma incidence rates: a 16-year retrospective study of a population in central Poland. *Postepy Dermatol. Alergol.* 2018; 35 (1): 47–52.
5. Fontanillas P., Alipanahi B., Furlotte N.A. (ed.). Disease risk scores for skin cancers. *Nat. Commun.* 2021; 12 (1): 160.
6. Zhu S., Sun C., Zhang L., Du X. Incidence trends and survival prediction of malignant skin cancer: a SEER-based study. *Int. J. Gen. Med.* 2022; 15: 2945–2956.
7. Davis L.E., Shalin S.C., Tackett A.J. Current state of melanoma diagnosis and treatment. *Cancer Biol. Ther.* 2019; 20 (11): 1366–1379.
8. Apalla Z., Nashan D. Skin cancer: epidemiology, disease burden, pathophysiology, diagnosis, and therapeutic approaches. *Dermatol. Ther. (Heidelb.)*. 2017; 7 (1): 5–19.
9. Steeb T., Wessely A., Mastnik S., Brinker T.J. (ed.). Patient attitudes and their awareness towards skin cancer-related apps: cross-sectional survey. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2019; 7 (7): e13844.
10. Quinlan C., Gill R., Murphy M. Increasing melanoma awareness among health and social care professionals in secondary care in an era of reduced skin cancer referrals due to COVID-19. *Clin. Exp. Dermatol.* 2020; 45 (7): 920–921.
11. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM.* 2016; 60 (6): 84–90.
12. Escalé-Besa A., Fuster-Casanovas A., Börve A., Yélamos O. Using artificial intelligence as a diagnostic decision support tool in skin disease: protocol for an observational prospective cohort study. *JMIR Res. Protoc.* 2022; 11 (8): e37531.
13. Jones O.T., Matin R.N., van der Schaar M., Prathivadi Bhayankaram K. Artificial intelligence and machine learning algorithms for early detection of skin cancer in community and primary care settings: a systematic review. *Lancet Digit. Health.* 2022; 4 (6): e466–e476.



14. La Salvia M., Torti E., Leon R., et al. Deep convolutional generative adversarial networks to enhance artificial intelligence in healthcare: a skin cancer application. *Sensors (Basel)*. 2022; 22 (16): 6145.
15. Thapar P., Rakhra M., Cazzato G., Hossain M.S. A novel hybrid deep learning approach for skin lesion segmentation and classification. *J. Healthc. Eng.* 2022; 2022: 1709842.
16. Yap J., Yolland W., Tschandl P. Multimodal skin lesion classification using deep learning. *Exp. Dermatol.* 2018; 27 (11): 1261–1267.
17. Zhao Z., Wu C.M., Zhang S., et al. (ed.). A novel convolutional neural network for the diagnosis and classification of rosacea: usability study. *JMIR Med. Inform.* 2021; 9 (3): e23415.
18. Esteva A., Kuprel B., Novoa R.A., Ko J. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017; 542 (7639): 115–118.
19. Haenssle H.A., Fink C., Toberer F., et al. Man against machine reloaded: performance of a market-approved convolutional neural network in classifying a broad spectrum of skin lesions in comparison with 96 dermatologists working under less artificial conditions. *Ann. Oncol.* 2020; 31 (1): 137–143.
20. Sangers T., Reeder S., van der Vet S., et al. Validation of a market-approved artificial intelligence mobile health app for skin cancer screening: a prospective multicenter diagnostic accuracy study. *Dermatology*. 2022; 238 (4): 649–656.
21. Felmingham C., MacNamara S., Cranwell W. Improving skin cancer management with artificial intelligence (SMARTI): protocol for a preintervention/postintervention trial of an artificial intelligence system used as a diagnostic aid for skin cancer management in a specialist dermatology setting. *BMJ Open*. 2022; 12 (1): e050203.
22. Shetty B., Fernandes R., Rodrigues A.P. Skin lesion classification of dermoscopic images using machine learning and convolutional neural network. *Sci. Rep.* 2022; 12 (1): 18134.
23. Xin C., Liu Z., Zhao K., et al. An improved transformer network for skin cancer classification. *Comput. Biol. Med.* 2022; 149: 105939.
24. Duarte A.F., Sousa-Pinto B., Azevedo L.F. Clinical ABCDE rule for early melanoma detection. *Eur. J. Dermatol.* 2021; 31: 771–778.
25. Miller K.D., Fidler-Benaoudia T.H. Cancer statistics for adolescents and young adults. *CA Cancer. J. Clin.* 2020; 70 (6): 443–459.
26. Lieberherr S., Lieber-hert S., Jafari M.S., et al. Evaluation of the national skin cancer campaign: a Swiss experience of eumelanoma. *Wiss Med. Wkly.* 2017; 147: w14511.
27. Demidov L., Samoylenko I.V. Screening for melanoma and other skin cancer shows a higher early melanoma incidence: social educational program “Life Fear-Free”. *Dermatopathology*. 2021; 8: 54–68.

Artificial Intelligence as a Tool for Population Screening of Skin Tumors

K.A. Uskova¹, O.E. Garanina, PhD, Assoc. Prof.¹, A.O. Ukharov, PhD², I.A. Klemenova, PhD, Prof.¹, S.V. Gamayunov, PhD³, A.M. Mironycheva¹, V.I. Dardyk⁴, A.V. Burdakov, PhD², Ya.L. Stepanova¹, V.A. Sayfullina¹, S.S. Korotkiy⁵, I.L. Shlivko, PhD, Assoc. Prof.¹

¹ Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod

² Bauman Moscow State Technical University

³ Nizhny Novgorod Regional Oncology Center

⁴ “AIMED” Limited liability company, Moscow

⁵ Peoples Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow

Contact person: Ksenia A. Uskova, k_balyasova@bk.ru

BCC/SCC and melanoma are the most common types of skin cancer. Low public awareness, unavailability of local professional dermatological expertise, and ineffective screening programs prevent early detection critical for successful treatment.

Aim. Evaluate capabilities of AI-powered mobile application for population screening.

Materials and methods. We proposed a free mobile application for regular skin self-examination based on AI analysis of photos taken using a smartphone enriched with demographic data and risk factors. Our model provides a binary output (malignant/benign), encouraging people to see dermatologists for an in-depth examination if a risk of a malignant skin tumor is detected.

Results. We received and processed 500,000+ images of skin neoplasms taken by 290,000 users from 86 regions of the Russian Federation from 01.2021 to 12.2022. The images were accompanied by demographic data and responses to a questionnaire on cancer risk factors. 5,957 cases of BCC/SCC and 7,622 cases of melanoma were detected. Analysis of the campaign results revealed a significantly higher prevalence of malignant skin tumors per 100,000 population. Our results exposed a much younger average age of skin cancer patients in both men and women populations compared to official statistics, with a difference of 15 years.

Conclusion. The AI-based mobile application proved to be a feasible vehicle for skin cancer mass screening campaigns requiring no significant investment from the public health authorities. The proposed tool provides an efficient way to increase public awareness about skin cancer and associated risk factors as well as encourages people to seek dermatologists' help in case of skin cancer risk.

Keywords: skin tumors, artificial intelligence, population screening, self-examination, neural networks, and risk factors