

Исследовательский ландшафт в сфере технологий мобильного здравоохранения

Педро Ф. Кастильо-Вальдес

Научный сотрудник, a01318528@tec.mx

Марисела Родригес-Сальвадор

Профессор, marisrod@tec.mx

Монтеррейский технологический институт (Tecnologico de Monterrey), Мексика, Av. Eugenio Garza Sada 2501, Col. Tecnológico, Monterrey, N.L., C.P. 64849, México

Ю-Шан Хо

Профессор, ysho@asia.edu.tw

Центр исследований трендов, Азиатский университет (Trend Research Centre, Asia University), Тайвань, No. 500, Lioufeng Road, Wufeng, Taichung 41354, Taiwan

Аннотация

В последние годы появляется все больше сквозных технологий, позволяющих находить ответы одновременно по разным измерениям, синтезируются «веерные» решения для актуальных и сложных задач, возникает кумулятивный эффект. В статье анализируется потенциал подобных технологий на примере мобильного здравоохранения (mHealth), обеспечивающего быстрый доступ к медицинским услугам даже в самых отдаленных регионах, сглаживая неравенство между разными слоями населения в этом отношении. Их внедрение обретает особую значимость в контексте стремительного распространения хронических и аутоиммунных заболеваний, сильно влияющих на качество и продолжительность жизни.

Умные приложения на основе искусственного интеллекта (ИИ) и виртуальной реальности предоставляют возможность управлять здоровьем, комбинируя самоконтроль пациентов с оперативным получением консультаций у медицинского персонала. За счет этого снижаются риски, повышается физиологическое и ментальное благополучие. В статье проведен масштабный анализ литературы по методикам лечения диабета посредством мобильных технологий с целью систематизации и выявления наиболее передовых решений. Для того чтобы подобные инновации могли обеспечить максимальный эффект, государственная политика в области здравоохранения должна согласовываться со стратегией цифровизации.

Ключевые слова: сквозные технологии; мобильное здравоохранение; инновации в медицине; лечение хронических заболеваний; диабет; медицинские услуги; самоуправление здоровьем; политика здравоохранения; стратегия цифровизации

Цитирование: Castillo-Valdez P.F., Rodriguez-Salvador M., Ho Y.S. (2024) Research Landscape of mHealth Technologies. *Foresight and STI Governance*, 18(1), pp. 19–32. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.1.19.32

Research Landscape of mHealth Technologies

Pedro F. Castillo-Valdez

Research Assistant, a01318528@tec.mx

Marisela Rodriguez-Salvador

Professor, marisrod@tec.mx

Tecnologico de Monterrey), Av. Eugenio Garza Sada 2501, Col. Tecnologico, Monterrey, N.L., C.P. 64849, México

Yuh-Shan Ho

Professor, ysho@asia.edu.tw

Trend Research Centre, Asia University), No. 500, Lioufeng Road, Wufeng, Taichung 41354, Taiwan

Abstract

In recent years, more and more generic technologies have appeared, allowing one to find answers simultaneously along different dimensions, “fan” solutions for urgent and complex problems are synthesized and cumulative effects emerge. This article analyzes the potential of such technologies using the example of mobile health (mHealth), which provides rapid access to medical services even in the most remote regions, mitigating the inequalities between different segments of the population in this regard. The implementation of mobile health becomes especially important in the context of the rapid spread of chronic and

autoimmune diseases, which strongly impact the quality and duration of life. Smart applications based on AI and virtual reality provide the opportunity to manage one’s health by combining patient self-monitoring with rapid consultations with medical staff. By doing so, risks are reduced and physiological and mental well-being is enhanced. This article conducts a large-scale literature review of diabetes management techniques through mobile technology to systematize and identify the most advanced solutions. For such innovations to maximize their impact, public health policies must be aligned with a digitalization strategy.

Keywords: generic technologies; mHealth; health innovation; chronic disease management; diabetes; health services; health self-management; health policy; digitalization strategy

Citation: Castillo-Valdez P.F., Rodriguez-Salvador M., Ho Y.S. (2024) Research Landscape of mHealth Technologies. *Foresight and STI Governance*, 18(1), pp. 19–32. DOI: 10.17323/2500-2597.2024.1.19.32

Постоянное совершенствование цифровых технологий и их интеграция с разными видами деятельности создают колоссальный потенциал в повышении производительности многих секторов (Leung et al., 2017). Среди отраслей, прилагающих масштабные усилия по переходу к цифровизации, особое место принадлежит здравоохранению, в результате значительно повышается эффективность оказания медицинских услуг (Sharma et al., 2018). Расширяются возможности профилактической медицины, лечение становится более персонализированным и охватывает все слои населения, в том числе в удаленных районах (Ronquillo et al., 2022). Пациенты получают цифровые инструменты, помогающие им самостоятельно управлять проблемами, связанными со здоровьем (Ding et al., 2019). Для описания подобных тенденций введен термин «мобильное здравоохранение» (*mHealth*) (Kumar et al., 2013). Использование соответствующих технологий «стирает» фактор не только географического расстояния (Nahum-Shani et al., 2016), но и привязки ко времени (Stoyanov et al., 2015). Нательные устройства, оснащенные датчиками и передающие информацию в мобильные приложения на смартфонах, открывают новые перспективы мониторинга здоровья, оказывают значительное влияние на лечение хронических заболеваний, помогая контролировать ожирение, болезни сердца, диабет и др. (Silva et al., 2015). Исследования в этом направлении особенно актуальны с учетом прогнозов роста динамики диабета. По данным за 2021 г., его глобальная распространенность среди взрослого населения в возрасте 20–79 лет составила 9.3% (около 463 млн чел.). Прогнозируется, что к 2045 г. диабетом будут страдать 783.2 млн чел. населения в указанной возрастной категории (12.2%). Таким образом, число пациентов увеличится к 2030 г. на 25% по сравнению с текущим уровнем, а к 2045 г. – на 51%. Что касается глобальных расходов на здравоохранение по этому заболеванию, то в 2021 г. они оценивались в 966 млрд долл., а к 2045 г. сумма ожидается на уровне 1054 млрд долл. (IDF, 2021).

Исследовательский ландшафт в сфере мобильных технологий для лечения диабета быстро развивается, однако его комплексный анализ пока не осуществлялся. Восполнение данного пробела является целью статьи. Результаты представленного обзора могут стать информационной основой при планировании государственной политики в области здравоохранения. Нами выявлены релевантные исследовательские темы, поддержка которых повысит результативность инновационной деятельности в рассматриваемом направлении.

Методология

Исследование проводилось методом дистрибутивного анализа, с помощью которого выявляются значимые научные темы путем пословного сканирования публикаций по их названиям, авторским ключевым словам

и ресурсу Keywords Plus¹ (Zhang et al., 2010; Wang, Ho, 2016). Это дает ученым, предпринимателям и государственному сектору более полное представление о тематическом ландшафте и возможных траекториях развития для определения приоритетов научно-исследовательской деятельности. Мы использовали базу SCI Expanded, охватывающую свыше 9500 журналов по 182 тематическим категориям и включающую до 61 млн записей². Рассматривался период с 1998 по 2021 г. (с учетом выхода новейшей на момент проведения исследования версии рейтинга — Journal Citation Report 2021³). При поиске использовались релевантные термины, встречающиеся в журнальных статьях и схожих с ними по структуре научных публикациях иных жанров, связанные с диабетом и мобильными технологиями. Отфильтровывались документы, которые хотя и содержали упомянутые термины, но фокусировались на других темах (генетика, белки, мобильность, портативные устройства без мобильной или беспроводной связи, и др.). Релевантные ключевые слова и формула поискового запроса отражены на рис. 1.

За период с 1998 по 2021 г. в общей сложности получено 1848 публикаций. С помощью фильтра «первой страницы» (Wang, Ho, 2011) отсеивались нерелевантные работы. Из оставшихся 1668 статей (90% от исходной выборки) были вручную отобраны 1574, непосредственно фокусирующиеся на исследованиях в области Diabetes mHealth.

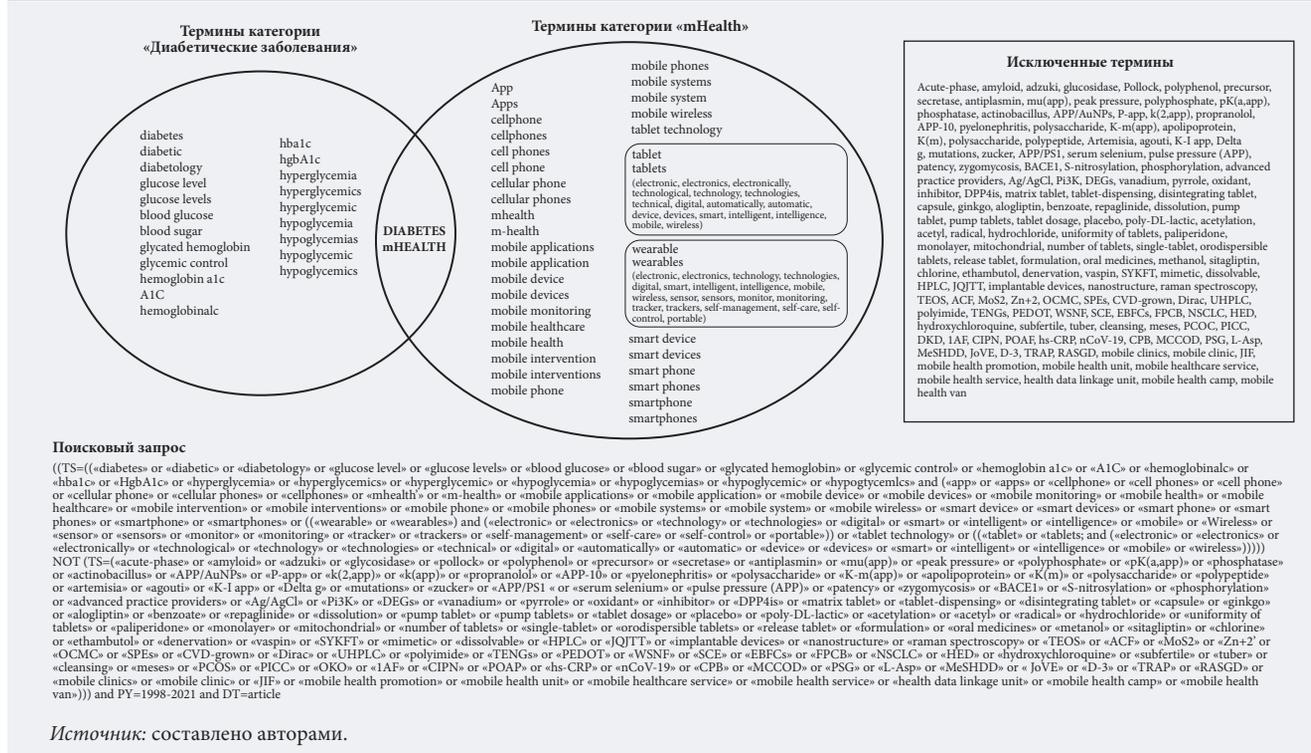
Сканировались названия публикаций и два вида ключевых слов (составляемые авторами, а также входящие в базу Keywords Plus). Перечисленные метаданные служат опорным источником для читателей, раскрывая самые релевантные детали по теме, смысловые акценты, выбранные направления исследований и авторские обоснования в пользу их актуальности (Mao et al., 2010; Fu et al., 2013). В целях получения более полной аналитической базы названия делились на отдельные слова и подвергались статистическому анализу. Всего в заголовках статей после фильтрации было обнаружено 3467 слов. Авторские ключевые слова и Keywords Plus использовались в исходном виде, без дробления. На их основе выявлялись научные направления и исследовательские тренды, заслуживающие непрерывного мониторинга (Mao et al., 2010). Связующие слова (предлоги, союзы, местоимения, артикли и пр.) удалялись, поскольку не представляли исследовательской ценности.

Таким образом, размер выборки анализируемых авторских ключевых слов составил 3274 элемента. Из них только 419 встретились в трех и более работах, тогда как 322 появились в двух, и оставшиеся 2523 фигурировали лишь однажды. Подобный расклад, по-видимому, указывает на широкий разброс исследовательских направлений и неоднородность тем. Что касается Keywords Plus, число релевантных элементов составило 2287.

В табл. А1 (см. Приложение) приведены топ-50 самых часто используемых терминов в названиях статей,

¹ Keywords Plus (ресурс Web of Science) предлагает дополнительные поисковые запросы, сформулированные с использованием слов или фраз, извлеченных авторами из названий цитируемых статей (Mao et al., 2010).

Рис. 1. Диаграмма Венна, обобщающая термины из категорий Diabetes + mHealth, и результирующий запрос



авторских ключевых словах и Keywords Plus, ранжированных в зависимости от числа статей, где они встречаются, и их процентного отношения к общей выборке работ.

Дистрибутивный анализ позволил составить вспомогательные слова, с включением всех терминов, и уточнить содержание исследовательских тем (Mao et al., 2010; Fu et al., 2013; Wang, Ho, 2016). Для формулирования опорных слов использовались термины, фигурирующие три и более раз, как минимум в одном из выбранных нами аналитических измерений (названия статей, авторские ключевые слова и Keywords Plus). Этому критерию в общей сложности соответствовали 1876 слов⁴. Из терминов составлены вспомогательные слова как основа неавтоматизированного анализа, позволившего на завершающем этапе выявить релевантные темы исследовательских работ. Отдельные термины исключались из-за излишне широкого смыслового содержания. Наконец, релевантность каждой темы и ее вспомогательных слов обосновывалась заключением экспертов.

Результаты и обсуждение

Посредством дистрибутивного анализа с использованием вспомогательных слов осуществлены идентификация и ранжирование тем. Их суммарный массив (141) распределен по шести категориям: «Нарушения

здоровья», «Технологии», «Приложения», «Глобальные перспективы», «Группы населения», «Медицинский персонал». Общее описание каждой категории кратко отражено в табл. 1, а ключевые слова — идентификаторы входящих в них исследовательских тем отражены в табл. 2. Первые три категории лидируют по количеству исследовательских тем (31, 29 и 27 соответственно). Остановимся на них подробнее в следующих подразделах.

Каждая публикация из нашей выборки может охватывать несколько исследовательских тем. Например, статья с названием «Воздействие ежедневной физической активности на результаты контроля уровня глюкозы во время приема пищи среди пациентов с диабетом 1-го типа согласно данным наиболее распространенных нательных устройств» (“Impact of Daily Physical Activity as Measured by Commonly Available Wearables on Mealtime Glucose Control in Type 1 Diabetes”) учитывается одновременно в категориях: «Нарушения здоровья» (тема «Сахарный диабет 1-го типа»), «Технологии» («Нательные устройства») и «Приложения» (темы «Контроль за уровнем глюкозы», «Физическая активность» и «Режим питания»).

Категория 1. Нарушения здоровья. Содержит темы, отражающие вклад mHealth в лечение диабетических патологий и устранение факторов риска. В табл. A2 приведены темы в этой категории, распределенные

² <https://clarivate.com/products/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-workflow-solutions/web-of-science/web-of-science-core-collection/science-citation-index-expanded/>, дата обращения 05.04.2023.

³ <https://clarivate.com/blog/the-2021-journal-citation-reports-a-continuing-evolution-in-journal-intelligence/>, дата обращения 05.07.2022.

⁴ 939 из названий статей, 419 из авторских ключевых слов и 516 из Keywords Plus.

Табл. 1. Содержание тематических категорий

Категория	Содержание
Проблемы со здоровьем	Диабетические осложнения и факторы риска, в устранении которых достигнут заметный прогресс благодаря применению технологий mHealth
Технологии	Высокотехнологичные решения, повышающие эффективность врачебного наблюдения за пациентами, самоконтроля со стороны последних, коммуникаций между сторонами и разработки терапевтических программ лечения
Приложения	Инновационные программные приложения mHealth для решения различных диабетических проблем, меняющие традиционные способы управления течением заболевания
Глобальные перспективы	Распространенность диабетических заболеваний, факторы риска, обусловленные спецификой конкретной страны (культура питания, образ жизни и др.), профилактические меры
Группы населения	Демографические факторы — возраст, гендер, география и др.
Медицинский персонал	Развитие профессиональных компетенций, способствующих прогрессу методов лечения диабета

Источник: составлено авторами.

по рангу и подкатегории. В топ-3 тем в подкатегории «Заболевания» входят сахарный диабет 1-го, 2-го и гестационного типов, а также сердечно-сосудистые и хронологические заболевания. Из «Диабетических осложнений» (324 статьи) чаще всего исследуются ретинопатия и синдром диабетической стопы, среди «Факторов риска» — ожирение. Наиболее активные исследования и выраженные тенденции прослеживаются в категории «Нарушения здоровья» (рис. 2).

Разные виды диабета имеют свою методику лечения, но в целом корректируются путем изменений в образе жизни и самостоятельного управления терапевтическим процессом. В последние годы динамично развиваются исследования возможностей цифровых платформ, оценка их результативности, а также способы текстовой коммуникации через приложения социальных сетей и по мобильной связи. Доказана высокая экономическая эффективность ведения пациентов с диабетом

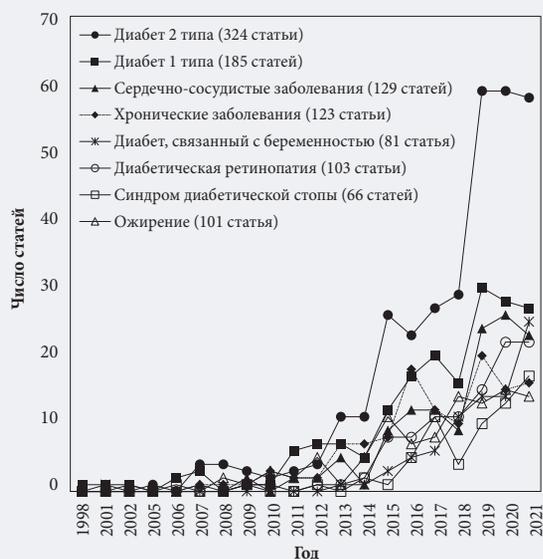
2-го типа с помощью mHealth по сравнению с традиционными методиками (Li et al., 2021). Текстовая коммуникация через мессенджеры оперативно дает подсказки по самостоятельному контролю (этой теме посвящено 185 публикаций), благодаря чему состояние организма существенно улучшается (Alanzi et al., 2018; Middleton et al., 2021). Сложилась предпосылка к появлению мобильных приложений для подсчета углеводов, основанных на распознавании изображений еды с помощью искусственного интеллекта (ИИ) (Alfonsi et al., 2020). Технология флеш-мониторинга продемонстрировала эффективность регуляции уровня глюкозы и управления качеством сна пациентов (Al Hayek, Al Dawish, 2020). Разработаны автоматизированные системы типа «искусственная поджелудочная железа», функционирующие по принципу «сделай сам» и основанные на цифровых моделях с открытым кодом для определения уровня инсулина (Ahmed et al., 2020).

Табл. 2. Распределение исследовательских тем по категориям

Категория	Ключевые слова для описания исследовательских тем
Проблемы со здоровьем	Type 2 Diabetes mellitus; Gestational diabetes mellitus; Cardiovascular disease; Type 1 diabetes mellitus; Chronic diseases; Coronary-heart-disease; Cancer; Non-communicable disease; Comorbid; Covid-19; Asthma; Chronic obstructive pulmonary disease; Multiple sclerosis; Diabetic retinopathy; Diabetic foot; Wound healing; Hypoglycemia; Diabetic peripheral neuropathy; Diabetic nephropathy; Ketoacidosis; Atrial fibrillation; Myocardial-infarction; Stroke; Obesity; Hypertension; Metabolic syndrome; Insulin resistance; Prediabetes; Hyperglycemia; Sedentary behavior; Smoking
Технологии	Smartphones; Mobile Apps; Sensors; Wearables; Text messaging; Machine learning; Internet; Artificial intelligence; Artificial pancreas; Medical devices; Big data; Internet of things (IoT); Biosensor; Smart contact lens; Web-based; Video games; Cloud computing; Fundus camera; Virtual reality; Calls; Tablet; Voice assistant; Blockchain; Electrocardiogram; Photoplethysmography; Glucometer; Infrared; thermography; Spectroscopy; 3D-Printing
Приложения	Glucose handling; Interventions; Patient monitoring; Diabetes self-care; Physical activity; Healthcare delivery; Medication adherence; Diabetes education; Usability evaluation; Behavior change; Treatment; Patient examination; Healthy lifestyle; Decision-support-systems; Food-intake; Diabetes prevention; Personalized medicine; Insulin delivery-system; Mental health; Weight control; Patient empowerment; Electronic health record; Social support; Health promotion; Blood-pressure control; Diabetes management; Health policy
Глобальные перспективы	Healthcare practice; Patients' perspectives; Risk factors; Population; Prevalence; Primary care; Facilities; Mortality; Barriers; Public health; Pervasive healthcare; Survivors; Costs; Communities; Rural; Low-resource; Underserved; Urban; Socioeconomic; Developing countries; Digital divide; Ethnic-differences; Middle-income countries; Segmentation; Disability
Группы населения	Adults; Adolescents; Children; Older adults; Youth; Women; Men; China; India; Africa; United States; Bangladesh; Latin America; Arabia Saudi; Norway; Asia; Pakistan; United Kingdom; Europa; Australia; Brazil; Canada; Peru; Taiwan
Медицинский персонал	Physician; Nurse; Pediatrician; Student; Specialist

Источник: составлено авторами.

Рис. 2. Основные темы исследований в категории «Проблемы здоровья» и тенденции их развития



Источник: составлено авторами.

Тема «Сердечно-сосудистые заболевания» (129 статей) охватывает исследования ряда основных факторов, увеличивающих риски упомянутых патологий как сопутствующих диабету: высокий уровень сахара в крови, сидячий образ жизни и избыточный вес. Цифровые средства играют важную роль в изменении поведенческих паттернов с целью снижения остроты сердечно-сосудистых проблем, связанных с указанными аспектами. Эффективное овладение ими требует соответствующего уровня технологических компетенций (Ernsting et al., 2019). Коммуникация посредством мобильных мессенджеров способствует лучшему пониманию рисков пациентами, повышает остроту рефлексии в их отношении (Nepfer et al., 2019). Применение нательных устройств для отслеживания физической активности снижает угрозу сердечно-сосудистых осложнений (Cirilli et al., 2019). Диабет в контексте рассматриваемой тематики стал предметом внимания в 123 статьях. Многие мобильные решения применимы в борьбе не только с диабетом, но и с другими хроническими заболеваниями. Известен опыт использования масштабной платформы телемедицинских услуг для своевременного распознавания стадии их обострения (Omboni et al., 2021). Изучено отношение пациентов с разными хроническими проблемами к самостоятельному мониторингу параметров организма и реагированию на их изменения. Так, диабетики продемонстрировали большую готовность использовать подобные инструменты, чем астматики (Abbasi et al., 2020).

Тема «Диабетическая ретинопатия» (103 статьи) касается осложнений, связанных с глазами. Высокий интерес вызывают цифровые технологии ее скрининга, контроля и лечения. Разработана мобильная система оказания телемедицинских офтальмологических услуг по первичной диагностике ретинопатии, которую мо-

жет использовать лечащий персонал без офтальмологического образования (Nunes et al., 2021). Оценена возможность установки на смартфонах специальной скрининговой камеры для сканирования сетчатки, с тем чтобы увеличить охват населения таким мониторингом (Malerbi et al., 2020). За счет передачи информации от датчиков к мобильным приложениям по принципу интернета вещей точность диагностики повышается до 99.58% (Jebaseeli et al., 2020).

Согласно публикациям, относящимся к теме «Ожирение» (101), увеличился спрос на программы, помогающие снизить вес, мобильные приложения, мессенджеры и ИИ-решения для осуществления иных вмешательств. На их основе разработаны мобильные устройства и чат-боты для корректировки пищевого поведения, регуляции уровня глюкозы и метаболизма липидов (Zhang et al., 2021; Stevens et al., 2019). Что касается гестационного диабета, которому посвящена 81 публикация, созданы мобильные приложения с умными алгоритмами, способствующие его оперативному выявлению и контролю. Подтверждена их польза для восстановления оптимального веса, перехода к здоровому образу жизни и профилактике диабета 2-го типа (Lim et al., 2021; Velardo et al., 2021).

Тема «Синдром диабетической стопы» охватывает 66 статей. Высокий уровень глюкозы может повредить нервы стопы, привести к потере чувствительности, появлению ран с последующим инфицированием и даже к ампутации. В целях снижения перечисленных рисков предлагаются программы мониторинга при помощи умных приборов, встраиваемых, например, в обувь и оповещающих обо всех необходимых показателях в режиме реального времени через мобильный телефон, позволяя своевременно обнаружить аномалии (Wang et al., 2021).

Категория 2. Технологии. В нее входят темы, посвященные технологиям лечения и мониторинга диабета (табл. А3, рис. 3). Топ-6 основных тем: «Смартфоны», «Мобильные приложения», «Датчики», «Нательные устройства», «Передача сообщений» и «Машинное обучение». Тема «Смартфоны» (494 статьи) фокусируется на разработках мобильных камер, осуществляющих сбор данных с последующей обработкой ИИ-алгоритмами, например, сканирования сетчатки глаз с целью распознавания ретинопатии (Jain et al., 2021). Оценена функциональность флуоресцентного микроскопа на базе смартфона с настраиваемыми оптофлюидными линзами и датчиками в определении уровня глюкозы (Song et al., 2021).

Тема «Мобильные приложения» (400 работ) относится к программному обеспечению, разработанному для мобильных устройств (смартфоны, планшеты и нательные устройства с широким спектром функций, направленных на оказание медицинских услуг). Повышение эффективности лечения диабета видится в комбинировании возможностей умных устройств, ИИ и цифровых интерфейсов мобильных приложений. В частности, это касается телемедицинского регулирования инсулинотерапии, диеты и физической активности (Franc et al., 2020; Hernandez-Ordóñez et al., 2020).

Рис. 3. Основные темы исследований в категории «Технологии» и тенденции их развития

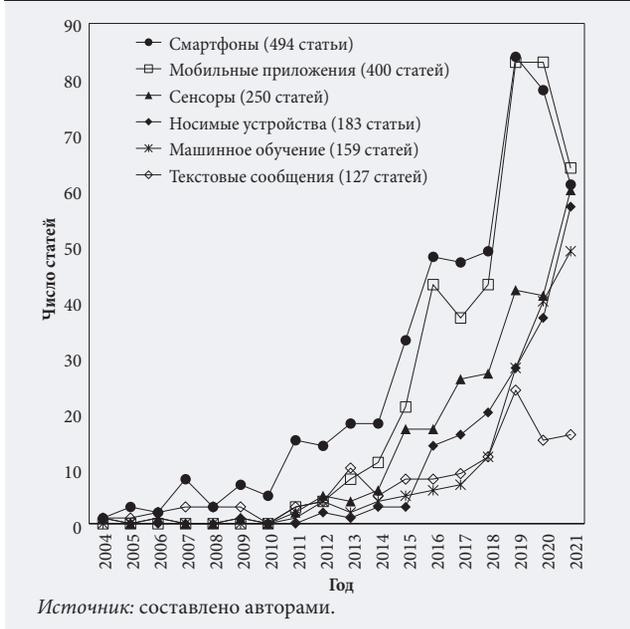
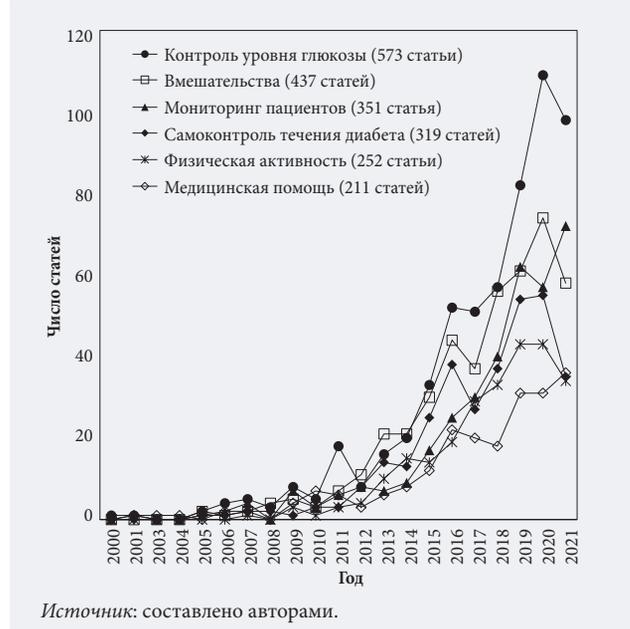


Рис. 4. Основные темы исследований в категории «Приложения» и тенденции их развития



Тема «Датчики» (250 публикаций) раскрывает применение сенсорных устройств для слежения за показателями жизненно важных функций, физической активности, соблюдения режима приема лекарств и распознавания нетипичных состояний. Подчеркивается необходимость комбинирования разных сенсоров для получения данных неинвазивным способом с целью своевременного оповещения о рисках и ответов на них. Распознавание движений и поз помогает определить расход энергии организмом и скорректировать введение необходимых гормонов искусственной поджелудочной железой (Sawaryn et al., 2021). Встроенные в одежду датчики и алгоритмы ИИ, взаимодействующие по принципу интернета вещей, идентифицируют преддиабетическое состояние и диабет 2-го типа (Baig et al., 2021). Среди «Нательных устройств» (183 статьи) можно выделить разного рода специализированные мини-датчики. «Умные» носки с инфракрасной термографией и оснащенные сенсорами стельки позволяют контролировать температуру разных участков стопы, чтобы предотвратить кожные осложнения диабета (Torreblanca-González et al., 2021; Beach et al., 2021). В настоящее время тестируется эффективность встроенных в капты биосенсоров, позволяющих определить содержание глюкозы в слюне. Если будет доказано точное совпадение с показателем сахара в крови, то появится более совершенное решение для неинвазивного мониторинга (Arakawa et al., 2020).

Работы по теме «Машинное обучение» (159) описывают алгоритмы распознавания и анализа закономерностей в больших массивах данных, увеличивающие результативность выполнения разных задач, вклю-

чая диагностику, прогнозирование течения заболевания, разработку индивидуальных протоколов лечения. Расширяются возможности мониторинга диабетических осложнений с помощью текстовых данных, изображений и видеоматериалов. Пристальное внимание уделяется внедрению ИИ в цифровые платформы и умные устройства. Облачные алгоритмы глубокого обучения в сочетании с технологиями интернета вещей позволяют точнее идентифицировать уровень глюкозы (Nasser et al., 2021). Изучен потенциал комплексного моделирования на основе ИИ, синтезирующего данные о метаболизме, питании и образе жизни для оценки перспектив развития диабета 2-го типа. На его основе могут совершенствоваться инструменты самоконтроля, применяемые на мобильных устройствах (Stolfi, Castiglione, 2021). Предложен ИИ-алгоритм неинвазивного распознавания уровня глюкозы по видеозаписям отпечатков пальцев, снятых камерой смартфона, который преобразуется в сигнал фотоплетизмографии (Islam et al., 2021).

Наконец, тема «Передача текстовых сообщений» (127 статей) описывает коммуникацию через аналоговые или цифровые сети. Автоматическая генерация персонализированных сообщений напоминает пациентам о своевременном контроле уровня глюкозы, стимулирует к физической активности (Aguilera et al., 2020; Kundury et al., 2020).

Категория 3. Приложения. Охватывает темы, связанные с применением mHealth для восстановления здоровья. С развитием этой технологии изменяются способы контроля⁵ и лечения диабета (табл. А4). Основные направления исследования — отслеживание уровня глюкозы, вмешательства, самостоятельное управле-

⁵ Основным фактором мониторинга с помощью приложений, связанных с диабетом, выступают: питание, вес, физическая активность, уровень глюкозы в крови, кровяное давление, режим сна, медикаменты, самочувствие, уровень стресса и др. (Keller et al., 2022).

ние стабилизацией физиологических состояний, физическая активность и оказание медицинской помощи (рис. 4). В 573 публикациях затрагиваются вопросы определения уровня глюкозы, его регулярного мониторинга и мер по оптимизации. Новейшие достижения предполагают неинвазивные альтернативы, обеспечивающие возможность измерения содержания сахара через потовые и слезные выделения. Продемонстрирована эффективность мобильного колориметрического нательного биосенсора, определяющего концентрацию глюкозы в потовых отделениях, который можно применять вместе с камерой смартфона для считывания сигнала (Vaquer et al., 2021). Предлагается также использовать многослойную модифицированную лакмусовую бумагу (Wang et al., 2018). Разработан метод прогнозирования уровня глюкозы после приема пищи на основе извлекаемой с помощью мобильного приложения информации об индивидуальных пищевых привычках и образе жизни (Pustozerov et al., 2020).

Профилактическим и лечебным вмешательствам в отношении диабета посвящены 437 работ. Достигнут заметный прогресс в использовании мобильных технологий (смартфоны, приложения, интернет вещей и умные нательные устройства). Оценена эффективность нательных устройств, работающих по принципу интернета вещей, для корректировки образа жизни (Kato et al., 2020; Jiwani et al., 2021). Предметом охвата 351 публикации стал мониторинг состояния здоровья с учетом окружающей среды. Например, с помощью ИИ разработана архитектура, обеспечивающая совместимость умных аналитических устройств с датчиками мониторинга пациента (Rghoui et al., 2020).

Тема «Самоконтроль пациента» (319 статей) описывает ежедневные обязательные рутинные действия, которые должны выполняться самостоятельно для поддержки оптимальных состояний. Результативность в этой области обеспечили цифровые платформы (мобильные приложения и др.) и их интеграция с нательными устройствами. Мобильные приложения рассматриваются как доступный ресурс самоконтроля пациентов, имеющих ограниченные возможности непосредственного контакта с медицинским персоналом (Luo, White-Means, 2021). Свыше 250 работ описывают достижения в области нательных устройств с инновационным дизайном и мобильных приложений, отслеживающих физическую активность. В контексте оказания медицинской помощи (211 статей) обсуждаются разные аспекты взаимодействия больных с медицинскими работниками: консультации, рекомендации, обследования, диагностирование, лечение, физиотерапевтические процедуры и т. д. Например, рассматриваются действенные коммуникационные стратегии, улучшающие качество консультаций по видеосвязи (Shaw et al., 2020).

Заключение

Мобильное здравоохранение находится на этапе бурного развития. Налажен динамичный поток возникающих возможностей для усовершенствования профилактики и своевременного принятия мер по улучшению здоровья, что ярко проявляется в отношении диабетиче-

ских заболеваний и связанных с ними осложнений. Исследования в этом направлении имеют особую актуальность, учитывая прогнозы роста динамики диабета, согласно которым число пациентов каждые следующие 10–15 лет будет прирастать на 25% (IDE, 2021). Ожидается, что умные приложения на основе ИИ и виртуальной реальности создадут передовые решения, обеспечивающие новое качество жизни, снижение рисков и повышение физиологического благополучия.

В статье проведен масштабный анализ литературы за последние 25 лет, посвященной технологиям лечения диабета, с целью систематизации и выявления наиболее прогрессивных разработок и их связей с более широким контекстом. Определена в общей сложности 141 тема, сгруппированная в шесть категорий: «Нарушения здоровья», «Технологии», «Приложения», «Глобальные перспективы», «Группы населения» и «Медицинский персонал».

Пристальное внимание было уделено первым трем из перечисленных категорий, поскольку они охватывают наибольшее количество тем. Сквозь призму технологий Diabetes mHealth, которая предлагает всесторонний контроль над рассматриваемым заболеванием через мобильные устройства, были изучены проблемы: сахарный диабет 1-го, 2-го и гестационного типов, а также осложнения в виде сердечно-сосудистых и хронических заболеваний, сопутствующие этой болезни. Умные устройства с применением ИИ способствовали значительному прогрессу в выявлении, контроле и лечении диабета, позволяя оказывать медицинскую помощь повсеместно и в любое время. Основными технологиями, используемыми в направлении Diabetes mHealth, являются смартфоны и мобильные приложения. За ними по частоте упоминаний идут датчики, встроенные в нательные устройства, которые, работая по принципу интернета вещей, преобразуют физические сигналы в цифровой формат для дальнейшего анализа. Следующий уровень — носимые устройства, осуществляющие мониторинг здоровья и физической активности, а также текстовая коммуникация между медицинским персоналом и пациентами. Наконец, работа с большими данными с помощью ИИ позволяет выявлять закономерности и составлять прогнозы течения заболевания. На основе интернета вещей создаются системы, интегрирующие беспроводные приборы и нательные устройства для мониторинга и улучшения здоровья.

Используя мобильные технологии для дистанционного мониторинга в здравоохранении, следует учитывать их ограничения. При всех своих преимуществах они не могут предоставить информацию о состоянии здоровья пациента с такой детализацией, которая могла бы быть получена при очном осмотре. Кроме того, при взаимодействии в удаленном формате врач имеет неполное представление о факторах среды и условиях жизни пациентов, влияющих на их благополучие.

Технологии mHealth обеспечивают максимальный охват населения, достигая самых удаленных локаций, испытывающих нехватку медицинских работников, и тем самым сглаживают неравенство

между разными слоями населения, социальными группами в доступе к качественным медицинским услугам. Для того чтобы добиться такого эффекта повсеместно, государственная политика в области здравоохранения должна согласовываться со стратегией цифровизации.

Исходя из представленного массива существующих знаний, последующие исследования должны фокусироваться на вопросах патентования технологических достижений по данному направлению, разработки политики и нормативных актов, а также этических аспектах в практике лечения хронических заболеваний. Представленные результаты могут служить основой при определении приоритетов научно-исследовательской деятельности и эффективной консолидации разно-

направленных интересов. В свою очередь комплексная картина направлений будущих исследований о вкладе умных технологий в устранение проблем диабета, его негативных социальных последствий закладывает стратегический фундамент дальнейшего роста отрасли.

Исследование получило финансовую поддержку со стороны Монтеррейского технологического института (Tecnológico de Monterrey) и Национального совета гуманитарных и прикладных наук и технологий Мексики (National Council of Humanities, Science and Technology of Mexico, CONAHCYT) в виде магистерских и академических стипендий, предоставляемых CONAHCYT от имени членов Национальной системы исследователей (Sistema Nacional de Investigadores). Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиография

- Abbasi R., Zare S., Ahmadian L. (2020) Investigating the attitude of patients with chronic diseases about using mobile health. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 36(2), 139–144. <https://doi.org/10.1017/S0266462320000070>
- Aguilera A., Figueroa C.A., Hernandez-Ramos R., Sarkar U., Cembali A., Gomez-Pathak L., Miramontes J., Yom-Tov E., Chakraborty B., Yan X., Xu J., Modiri A., Aggarwal J., Jay Williams J., Lyles C. R. (2020) mHealth app using machine learning to increase physical activity in diabetes and depression: clinical trial protocol for the DIAMANTE Study. *BMJ Open*, 10(8), e034723. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-034723>
- Ahmed S.H., Ewins D.L., Bridges J., Timmis A., Payne N., Mooney C., MacGregor C. (2020) Do-It-Yourself (DIY) Artificial Pancreas Systems for Type 1 Diabetes: Perspectives of Two Adult Users, Parent of a User and Healthcare Professionals. *Advances in Therapy*, 37(9), 3929–3941. <https://doi.org/10.1007/s12325-020-01431-w>
- Al Hayek A.A., Al Dawish M.A. (2020) Assessing Diabetes Distress and Sleep Quality in Young Adults with Type 1 Diabetes Using FreeStyle Libre: A Prospective Cohort Study. *Diabetes Therapy*, 11(7), 1551–1562. <https://doi.org/10.1007/s13300-020-00849-3>
- Alanzi T., Bah S., Alzahrani S., Alshammari S., Almunsef F. (2018) Evaluation of a mobile social networking application for improving diabetes Type 2 knowledge: An intervention study using WhatsApp. *Journal of Comparative Effectiveness Research*, 7(9), 891–899. <https://doi.org/10.2217/ce-2018-0028>
- Alfonsi J.E., Choi E.E.Y., Arshad T., Sammott S.S., Pais V., Nguyen C., Maguire B.R., Stinson J.N., Palmert M.R. (2020) Carbohydrate Counting App Using Image Recognition for Youth with Type 1 Diabetes: Pilot Randomized Control Trial. *JMIR Mhealth and Uhealth*, 8(10), e22074. <https://doi.org/10.2196/22074>
- Arakawa T., Tomoto K., Nitta H., Toma K., Takeuchi S., Sekita T., Minakuchi S., Mitsubayashi K. (2020) A Wearable Cellulose Acetate-Coated Mouthguard Biosensor for In Vivo Salivary Glucose Measurement. *Analytical Chemistry*, 92(18), 12201–12207. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.0c01201>
- Baig M.M., GholamHosseini H., Gutierrez J., Ullah E., Lindén M. (2021) Early Detection of Prediabetes and T2DM Using Wearable Sensors and Internet-of-Things-Based Monitoring Applications. *Applied Clinical Informatics*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1719043>
- Beach C., Cooper G., Weightman A., Hodson-Tole E.F., Reeves N.D., Casson A.J. (2021) Monitoring of Dynamic Plantar Foot Temperatures in Diabetes with Personalised 3D-Printed Wearables. *Sensors*, 21(5), 1717. <https://doi.org/10.3390/s21051717>
- Cirilli I., Silvestri S., Marcheggiani F., Olivieri F., Galeazzi R., Antonicelli R., Recchioni R., Marcheselli F., Bacchetti T., Tiano L., Orlando P. (2019) Three Months Monitored Metabolic Fitness Modulates Cardiovascular Risk Factors in Diabetic Patients. *Diabetes & Metabolism Journal*, 43(6), 893–897. <https://doi.org/10.4093/dmj.2018.0254>
- Ding H., Fatehi F., Maiorana A., Bashi N., Hu W., Edwards I. (2019) Digital health for COPD care: The current state of play. *Journal of Thoracic Disease*, 11, S2210–S2220. <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.10.17>
- Ernsting C., Stühmann L.M., Dombrowski S.U., Voigt-Antons J.N., Kuhlmeier A., Gellert P. (2019) Associations of Health App Use and Perceived Effectiveness in People with Cardiovascular Diseases and Diabetes: Population-Based Survey. *JMIR Mhealth and Uhealth*, 7(3), e12179. <https://doi.org/10.2196/12179>
- Franc S., Hanaire H., Benhamou P. Y., Schaepelynck P., Catargi B., Farret A., Fontaine P., Guerci B., Reznik Y., Jeandier N., Penfornis A., Borot S., Chaillous L., Serusclat P., Kherbachi Y., D'Orsay G., Detournay B., Simon P., Charpentier G. (2020) DIABEO System Combining a Mobile App Software with and without Telemonitoring versus Standard Care: A Randomized Controlled Trial in Diabetic Patients Poorly Controlled with a Basal-Bolus Insulin Regimen. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 22(12), 904–911. <https://doi.org/10.1089/dia.2020.0021>
- Fu H.Z., Wang M.H., Ho Y.S. (2013) Mapping of drinking water research: A bibliometric analysis of research output during 1992–2011. *Science of the Total Environment*, 443, 757–765. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.061>
- IDF (2021) *IDF Diabetes Atlas 2021* (10th ed.), Brussels: International Diabetes Federation. Retrieved from <https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/>, accessed 08.03.2023.
- Islam T.T., Ahmed M.S., Hassanuzzaman M., Bin Amir S.A., Rahman T. (2021) Blood Glucose Level Regression for Smartphone PPG Signals Using Machine Learning. *Applied Sciences*, 11(2), 618. <https://doi.org/10.3390/app11020618>
- Jain A., Krishnan R., Rogye A., Natarajan S. (2021) Use of offline artificial intelligence in a smartphone-based fundus camera for community screening of diabetic retinopathy. *Indian Journal of Ophthalmology*, 69(11), 3150–3154. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_3808_20
- Jebaseeli T.J., Durai C.A., Peter J.D. (2020) IOT based sustainable diabetic retinopathy diagnosis system. *Sustainable Computing: Informatics & Systems*, 28 (2020), 100272. <https://doi.org/10.1016/J.SUSCOM.2018.08.004>
- Jiwani R., Dennis B., Bess C., Monk S., Meyer K., Wang J., Espinoza S. (2021) Assessing acceptability and patient experience of a behavioral lifestyle intervention using fitbit technology in older adults to manage type 2 diabetes amid COVID-19 pandemic: A focus group study. *Geriatric Nursing*, 42 (2020), 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2020.11.007>
- Kato S., Ando M., Honda H., Yoshida Y., Imaizumi T., Yamamoto N., Maruyama S. (2020) Effectiveness of Lifestyle Intervention Using the Internet of Things System for Individuals with Early Type 2 Diabetes Mellitus. *Internal Medicine*, 59(1), 45–53. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.3150-19>
- Keller R., Hartmann S., Teepe G.W., Lohse K.M., Alattas A., Tudor Car L., Müller-Riemenschneider F., von Wangenheim F., Mair J.L., Kowatsch T. (2022) Digital Behavior Change Interventions for the Prevention and Management of Type 2 Diabetes: Systematic Market Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 24(1), e33348. <https://doi.org/10.2196/33348>
- Kumar S., Nilsen W.J., Abernethy A., Atienza A., Patrick K., Pavel M., Swendeman D. (2013) Mobile Health Technology Evaluation. *American Journal of Preventive Medicine*, 45(2), 228–236. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2013.03.017>

- Leung T.I., Goldstein M.K., Musen M.A., Cronkite R., Chen J.H., Gottlieb A., Leitersdorf E. (2017) The new HIT: Human health information technology. *Studies in Health Technology and Informatics, MEDINFO: Precision Healthcare through Informatics*, 245, 768–772. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-830-3-768>
- Li J., Sun L., Hou Y., Chen L. (2021) Cost-Effectiveness Analysis of a Mobile-Based Intervention for Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *International Journal of Endocrinology*, 2021, 8827629. <https://doi.org/10.1155/2021/8827629>
- Lim K., Chan S.Y., Lim S.L., Tai B.C., Tsai C., Wong S.R., Ang S.M., Yew T.W., Tai E.S., Yong E.L. (2021) A Smartphone App to Restore Optimal Weight (SPAROW) in Women With Recent Gestational Diabetes Mellitus: Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth and Uhealth*, 9(3), e22147. <https://doi.org/10.2196/22147>
- Luo J., White-Means S. (2021) Evaluating the Potential Use of Smartphone Apps for Diabetes Self-Management in an Underserved Population: A Qualitative Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9886. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189886>
- Malerbi F.K., Dal Fabbro A.L., Vieira P.B., Franco L.J. (2020) The feasibility of smartphone based retinal photography for diabetic retinopathy screening among Brazilian Xavante Indians. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 168, 108380. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108380>
- Mao N., Wang M.H., Ho Y.S. (2010) A bibliometric study of the trend in articles related to risk assessment published in Science Citation Index. *Human and Ecological Risk Assessment*, 16(4), 801–824. <https://doi.org/10.1080/10807039.2010.501248>
- Middleton T., Constantino M., McGill M., D'Souza M., Twigg S.M., Wu T., Thiagalasingam A., Chow C., Wong J. (2021) An Enhanced SMS Text Message-Based Support and Reminder Program for Young Adults with Type 2 Diabetes (TEXT2U): Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 23(10), e27263. <https://doi.org/10.2196/27263>
- Nahum-Shani I., Smith S.N., Spring B.J., Collins L.M., Witkiewitz K., Tewari A., Murphy S.A. (2016) Just-in-Time Adaptive Interventions (JITAs) in Mobile Health: Key Components and Design Principles for Ongoing Health Behavior Support. *Annals of Behavioral Medicine*, 52(6), 446–462. <https://doi.org/10.1007/s12160-016-9830-8>
- Nasser A.R., Hasan A.M., Humaidi A.J., Alkhayyat A., Alzubaidi L., Fadhel M.A., Santamaria J., Duan Y. (2021) IoT and Cloud Computing in Health-Care: A New Wearable Device and Cloud-Based Deep Learning Algorithm for Monitoring of Diabetes. *Electronics*, 10(21), 2719. <https://doi.org/10.3390/electronics10212719>
- Nepper M.J., McAtee J.R., Wheeler L., Chai W. (2019) Mobile Phone Text Message Intervention on Diabetes Self-Care Activities, Cardiovascular Disease Risk Awareness, and Food Choices among Type 2 Diabetes Patients. *Nutrients*, 11(6), 1314. <https://doi.org/10.3390/nu11061314>
- Nunes F., Madureira P., Rego S., Braga C., Moutinho R., Oliveira T., Soares F. (2021) A Mobile Tele-Ophthalmology System for Planned and Opportunistic Screening of Diabetic Retinopathy in Primary Care. *IEEE Access*, 9, 83740–83750. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3085404>
- Omboni S., Ballatore N., Rizzi F., Tomassini F., Panzeri E., Campolo L. (2021) Telehealth at scale can improve chronic disease management in the community during a pandemic: An experience at the time of COVID-19. *PLoS ONE*, 16(9), e0258015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258015>
- Pustozero E.A., Tkachuk A., Vasukova E.A., Anopova A.D., Kokina M.A., Gorelova I.V., Pervunina T.M., Grineva E.N., Popova P.V. (2020) Machine Learning Approach for Postprandial Blood Glucose Prediction in Gestational Diabetes Mellitus. *IEEE Access*, 8, 219308–219321. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042483>
- Rghioui A., Lloret J., Sendra S., Oumnad A. (2020) A Smart Architecture for Diabetic Patient Monitoring Using Machine Learning Algorithms. *Healthcare*, 8(3), 348. <https://doi.org/10.3390/healthcare8030348>
- Ronquillo Y., Meyers A., Korvek S.J. (2022) *Digital Health*, Treasure Island, FL: StatPearls Publishing.
- Sawaryn B., Klaassen M., van Beijnum B.J., Zwart H., Veltink P.H. (2021) Identification of Movements and Postures Using Wearable Sensors for Implementation in a Bi-Hormonal Artificial Pancreas System. *Sensors*, 21(17), 5954. <https://doi.org/10.3390/s21175954>
- Sharma A., Harrington R.A., McClellan M.B., Turakhia M.P., Eapen Z.J., Steinhubl S., Peterson E.D. (2018) Using digital health technology to better generate evidence and deliver evidence-based care. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(23), 2680–2690. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.03.523>
- Shaw S.E., Seuren L.M., Wherton J., Cameron D., ACourt C., Vijayaraghavan S., Morris J., Bhattacharya S., Greenhalgh T. (2020) Video Consultations between Patients and Clinicians in Diabetes, Cancer, and Heart Failure Services: Linguistic Ethnographic Study of Video-Mediated Interaction. *Journal of Medical Internet Research*, 22(5), e18378. <https://doi.org/10.2196/18378>
- Silva B.M.C., Rodrigues J.J.P.C., de la Torre Díez I., López-Coronado M., Saleem K. (2015) Mobile-health: A review of current state in 2015. *Journal of Biomedical Informatics*, 56, 265–272. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.06.003>
- Song C., Yang Y., Tu X., Chen X., Gong J., Lin C. (2021) A Smartphone-Based Fluorescence Microscope with Hydraulically Driven Optofluidic Lens for Quantification of Glucose. *IEEE Sensors Journal*, 21(2), 1229–1235. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3019889>
- Stolfi P., Castiglione F. (2021) Emulating complex simulations by machine learning methods. *BMC Bioinformatics*, 22(S14), 483. <https://doi.org/10.1186/s12859-021-04354-7>
- Stoyanov S.R., Hides L., Kavanagh D.J., Zelenko O., Tjondronegoro D., Mani M. (2015) Mobile app rating scale: A new tool for assessing the quality of health mobile apps. *JMIR mHealth and uHealth*, 3(1), e27. <https://doi.org/10.2196/mhealth.3422>
- Torreblanca-González J., Gómez-Martín B., Hernández Encinas A., Martín-Vaquero J., Queiruga-Dios A., Martínez-Nova A. (2021) The Use of Infrared Thermography to Develop and Assess a Wearable Sock and Monitor Foot Temperature in Diabetic Subjects. *Sensors*, 21(5), 1821. <https://doi.org/10.3390/s21051821>
- Vaquero A., Baron E., de la Rica R. (2021) Detection of low glucose levels in sweat with colorimetric wearable biosensors. *Analyst*, 146, 3273. <https://doi.org/10.1039/D1AN00283J>
- Velardo C., Clifton D., Hamblin S., Khan R., Tarassenko L., Mackillop L. (2021) Toward a Multivariate Prediction Model of Pharmacological Treatment for Women with Gestational Diabetes Mellitus: Algorithm Development and Validation. *Journal of Medical Internet Research*, 23(3), e21435. <https://doi.org/10.2196/21435>
- Wang M.H., Ho Y.S. (2011) Research articles and publication trends in environmental sciences from 1998 to 2009. *Archives of Environmental Science*, 5, 1–10.
- Wang C.C., Ho Y.S. (2016) Research trend of metal-organic frameworks: A bibliometric analysis. *Scientometrics*, 109 (1), 481–513. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1986-2>
- Wang D., Ouyang J., Zhou P., Yan J., Shu L., Xu X. (2021) A Novel Low-Cost Wireless Footwear System for Monitoring Diabetic Foot Patients. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, 15(1), 43–54. <https://doi.org/10.1109/TBCAS.2020.3043538>
- Wang X., Li F., Cai Z., Liu K., Li J., Zhang B., He J. (2018) Sensitive colorimetric assay for uric acid and glucose detection based on multilayer-modified paper with smartphone as signal readout. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 410(10), 2647–2655. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-0939-4>
- Zamanillo-Campos R., Serrano-Ripoll M.J., Taltavull-Aparicio J.M., Gervilla-García E., Ripoll J., Fiol-deRoque M.A., Boylan A.M., Ricci-Cabello I. (2022) Patients' Views on the Design of DiabeText, a New mHealth Intervention to Improve Adherence to Oral Antidiabetes Medication in Spain: A Qualitative Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 1902. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031902>
- Zhang G.F., Xie S.D., Ho Y.S. (2010) A bibliometric analysis of world volatile organic compounds research trends. *Scientometrics*, 83 (2), 477–492. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0065-3>
- Zhang Y., Guo X., Zhang N., Yan X., Li M., Zhou M., He H., Li Y., Guo W., Zhang M., Zhang J., Ma G. (2021) Effect of Mobile-Based Lifestyle Intervention on Body Weight, Glucose and Lipid Metabolism among the Overweight and Obese Elderly Population in China: A Randomized Controlled Trial Protocol. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4854. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094854>

ПРИЛОЖЕНИЯ

Табл. А1. Топ-50 часто встречающихся терминов в названиях статей, авторских ключевых словах и Keywords Plus

Слова в названии статьи	Число статей	R (%)	Авторские ключевые слова	Число статей	R (%)	Keywords Plus	Число статей	R (%)
diabetes	725	1 (46)	diabetes	238	1 (19)	care	205	1 (15)
mobile	347	2 (22)	mHealth	193	2 (15)	management	194	2 (14)
type	336	3 (21)	diabetes mellitus	132	3 (10)	glycemic control	171	3 (12)
patients	256	4 (16)	mobile health	127	4 (10)	adults	134	4 (10)
trial	244	5 (16)	telemedicine	122	5 (10)	health	124	5 (8.8)
health	237	6 (15)	self-management	98	6 (7.7)	risk	122	6 (8.7)
controlled	191	7 (12)	type 2 diabetes	91	7 (7.1)	intervention	120	7 (8.5)
glucose	173	8 (11)	smartphone	85	8 (6.7)	system	112	8 (7.9)
randomized	171	9 (11)	mobile phone	66	9 (5.2)	self-management	107	9 (7.6)
system	170	10 (11)	type 1 diabetes	61	10 (4.8)	physical-activity	93	10 (6.6)
intervention	142	11 (9)	ehealth	58	11 (4.5)	mellitus	92	11 (6.5)
care	137	12 (8.7)	physical activity	52	12 (4.1)	prevalence	90	12 (6.4)
monitoring	137	12 (8.7)	mobile applications	41	13 (3.2)	interventions	82	13 (5.8)
diabetic	129	14 (8.2)	machine learning	37	14 (2.9)	technology	82	13 (5.8)
management	128	15 (8.1)	type 2 diabetes mellitus	36	15 (2.8)	outcomes	78	15 (5.5)
app	117	16 (7.4)	digital health	35	16 (2.7)	metaanalysis	73	16 (5.2)
self-management	114	17 (7.2)	hypertension	33	17 (2.6)	support	72	17 (5.1)
mellitus	104	18 (6.6)	self-care	33	17 (2.6)	adherence	66	18 (4.7)
smartphone	104	18 (6.6)	telehealth	33	17 (2.6)	disease	66	18 (4.7)
support	100	20 (6.4)	obesity	32	20 (2.5)	impact	65	20 (4.6)
wearable	98	21 (6.2)	mobile apps	31	21 (2.4)	prevention	65	20 (4.6)
control	95	22 (6)	technology	31	21 (2.4)	people	64	22 (4.5)
adults	89	23 (5.7)	chronic disease	29	23 (2.3)	association	56	23 (4)
activity	78	24 (5)	e-health	27	24 (2.1)	validation	54	24 (3.8)
analysis	78	24 (5)	continuous glucose monitoring	26	25 (2)	children	53	25 (3.8)
phone	76	26 (4.8)	exercise	25	26 (2)	blood-glucose	51	26 (3.6)
protocol	76	26 (4.8)	glucose	25	26 (2)	glucose	51	26 (3.6)
technology	74	28 (4.7)	text messaging	25	26 (2)	adolescents	50	28 (3.5)
risk	72	29 (4.6)	artificial intelligence	24	29 (1.9)	education	48	29 (3.4)
mHealth	70	30 (4.4)	diabetic retinopathy	23	30 (1.8)	exercise	48	29 (3.4)
blood	68	31 (4.3)	internet	23	30 (1.8)	obesity	48	29 (3.4)
evaluation	67	32 (4.3)	primary care	23	30 (1.8)	internet	45	32 (3.2)
physical	63	33 (4)	gestational diabetes	22	33 (1.7)	program	43	33 (3)
development	62	34 (3.9)	internet of things	22	33 (1.7)	health-care	42	34 (3)
clinical	61	35 (3.9)	m-health	22	33 (1.7)	design	41	35 (2.9)
feasibility	58	36 (3.7)	randomized controlled trial	22	33 (1.7)	randomized controlled-trial	40	36 (2.8)
insulin	58	36 (3.7)	blood glucose	21	37 (1.6)	telemedicine	40	36 (2.8)
digital	57	38 (3.6)	qualitative research	21	37 (1.6)	efficacy	38	38 (2.7)
patient	57	38 (3.6)	gestational diabetes mellitus	20	39 (1.6)	hypoglycemia	37	39 (2.6)
people	57	38 (3.6)	mobile application	20	39 (1.6)	model	37	39 (2.6)
disease	55	41 (3.5)	sensors	20	39 (1.6)	mortality	37	39 (2.6)
randomised	55	41 (3.5)	type 2	20	39 (1.6)	therapy	37	39 (2.6)
apps	54	43 (3.4)	prevention	19	43 (1.5)	complications	35	43 (2.5)
improve	54	43 (3.4)	app	18	44 (1.4)	life-style intervention	35	43 (2.5)
assessment	53	45 (3.4)	hba1c	18	44 (1.4)	behavior	32	45 (2.3)
gestational	53	45 (3.4)	prediabetes	18	44 (1.4)	cardiovascular-disease	32	45 (2.3)
pilot	53	45 (3.4)	wearable sensors	18	44 (1.4)	quality-of-life	32	45 (2.3)
program	51	48 (3.2)	adherence	17	48 (1.3)	trial	32	45 (2.3)
detection	50	49 (3.2)	cellular phone	17	48 (1.3)	weight-loss	32	45 (2.3)
design	49	50 (3.1)	diabetes management	17	48 (1.3)	quality	31	50 (2.2)

Примечание: R — Ранжирование и доля статей, содержащих соответствующий термин, в общем числе статей (%).

Источник: составлено авторами.

Табл. А2. Опорные слова для исследовательских тем в категории «Проблемы со здоровьем»

Ранг	Научная тема	Опорные слова из заголовка, авторских ключевых слов и Keywords Plus	Число статей
<i>Подкатегория «Заболевания»</i>			
1	Диабет 2-го типа	diabetes mellitus type 2, "diabetes mellitus, type 2", diabetes type 2, t2dm, type 2, type 2 diabetes, type 2 diabetes mellitus, type-2, type-2 diabetes mellitus, type-2 diabetes-mellitus	212
2	Диабет, связанный с беременностью	gestational, gestational diabetes, gestational diabetes mellitus, gestational diabetes-mellitus, gdm, antenatal care, neonatal, maternal, maternal health, pregnancy, pregnant, pregnant-women, postpartum, gestational weight-gain, maternal obesity	196
3	Сердечно-сосудистые заболевания	cardiovascular, cardiovascular disease, cardiovascular diseases, cardiovascular outcomes, cardiovascular risk factors, cardiovascular risk-factors, cardiovascular-disease, vasculature, heart-disease, heart-failure, heart-rate, heart-rate-variability, cardiac, cardiac rehabilitation, cardiometabolic	142
4	Диабет 1 типа	diabetes mellitus type 1, "diabetes mellitus, type 1", iddm, type 1, type 1 diabetes, type 1 diabetes mellitus, type-1	120
5	Хронические заболевания	chronic, chronic conditions, long-term, chronic disease, chronic diseases, chronic disease management, chronic illness	120
6	Сердечно-сосудистые заболевания	coronary, coronary-heart-disease, artery	20
7	Рак	cancer	18
8	Неинфекционные заболевания	non-communicable, non-communicable disease, non-communicable diseases, noncommunicable diseases	18
9	Сопутствующие заболевания	comorbid, comorbid depression, comorbidity	13
10	Covid-19	covid-19, pandemic	13
11	Астма	asthma	5
12	ХОБЛ	copd	4
13	Рассеянный склероз	multiple sclerosis	3
<i>Подкатегория «Диабетические осложнения»</i>			
1	Диабетическая ретинопатия	diabetic retinopathy, diabetic-retinopathy, retinal, retina, retinal images, retinal imaging, retinopathy, microvascular complications, ophthalmology, ophthalmoscopy, eye diseases, macular, macular edema, ocular, optical, optical coherence tomography, slit-lamp biomicroscopy, tele-ophthalmology, tele-ophthalmology, visual acuity, acuity, blindness, hyperacuity, edema	180
2	Синдром диабетической стопы	Diabetic foot, diabetic foot ulcer, diabetic foot ulcers, amputations, gait, foot, foot ulcers, ulcer, ulceration, ulcers, plantar, plantar pressures, thermal, thermography	134
3	Лечение язв	wound, wound healing, healing, wounds, infection, epidermal, skin, transdermal, chronic wounds, impairment, dressing	66
4	Гипогликемия	hypoglycemia, hypoglycaemia, severe hypoglycemia	65
5	Диабетическая периферическая нейропатия	diabetic peripheral neuropathy, neuropathy, nerve, joint, peripheral, pain	34
6	Диабетическая нефропатия	diabetic nephropathy, kidney, chronic kidney-disease	13
7	Кетоацидоз	ketoacidosis, acid	12
<i>Подкатегория «Факторы риска»</i>			
1	Ожирение	obese, obese adults, obesity, overweight	144
2	Гипертензия	hypertension, hypertensive	95
3	Метаболический синдром	metabolic, metabolic health, metabolic syndrome, syndrome, metabolic-control, metabolism, metabolite	60
4	Инсулино-резистентность	insulin resistance, resistance, insulin sensitivity, insulin-resistance, cells, dna, beta-cell function	41
5	Преддиабетное состояние	pre-diabetes, prediabetes	40
6	Гипергликемия	hyperglycemia	30
7	Малоподвижный образ жизни	sedentary, sedentary behavior, sitting	18
8	Курение	smoking, smoking-cessation	9
<i>Подкатегория «Осложнения»</i>			
1	Мерцательная аритмия	atrial, atrial fibrillation, atrial-fibrillation, fibrillation	26
2	Инфаркт миокарда	acute, acute myocardial-infarction, myocardial-infarction, infarction, ischemia	17
3	Инсульт	stroke	16

Примечание: Общая сумма складывается из числа статей, в которых каждое опорное слово встречается в заголовках статей, авторских ключевых словах авторов и Keywords Plus.

Источник: составлено авторами.

Табл. А3. Опорные слова для исследовательских тем в категории «Технологии mHealth для лечения диабета»

Ранг	Научная тема	Опорные слова из заголовка, авторских ключевых слов и Keywords Plus	Число статей
1	Смартфоны	cell, cell phone, cell phones, cell-phone, cellphone, cellular, cellular phone, cellular phone, smartphone, smartphone-based, smartphone-powered, smartphone-enabled, smartphones, phone, phone-based, phones, telephone, mobile phone, mobile phone technology, mobile phones, radiation, photography	594
2	Мобильные приложения	app, app-based, apps, health apps, mobile app, mobile application, mobile applications, mobile apps, mobile health applications, mobile phone applications, phone applications, smartphone app, smartphone application, smartphone application (app), smartphone applications, smartphone apps, application, applications, apple, android, diabetes apps	440
3	Датчики	sensing, sensing technology, sensitive, sensitivity, sensor, sensor-based, sensors, wearable sensor, wearable sensors, electrochemical, electromagnetic, energy harvesting, magnetic, calibration, self-powered, remote sensing technology, glucose sensor, optical sensors, wireless sensor networks, temperature sensors, accelerometer, accelerometers, accelerometry	269
4	Носимые устройства	wearable, wearable computing, wearable device, wearable devices, wearable electronic devices, wearable electronics, wearable system, wearable technology, wearables, portable, wristband	188
5	Текстовые сообщения	message, message-based, messages, messaging, messaging system, short message service, short-message service, sms, text message, text messages, text messaging, text-med, text-messaging, chat	171
6	Машинное обучение	machine learning, deep learning, pattern recognition, patterns, algorithm, algorithms, mpc, artificial neural networks, neural networks, convolutional, convolutional neural network, classification, classifier	165
7	Интернет	internet, internet use, internet-based, net, network, networks, wireless, wireless communication, architecture	162
8	Искусственный интеллект	artificial intelligence, ai, reinforcement learning, offline, ontology, taxonomy, online, computer vision, computational modeling, computer, computer-based, computerized, simulation, image processing, image-based, images, imaging	153
9	Искусственная поджелудочная железа	artificial pancreas, bionic pancreas, artificial, pancreas, implantable	103
10	Медицинские устройства	device, devices, medical devices	101
11	Большие данные	big data, big, data mining, data models, data-driven, information, information-seeking, search	91
12	Интернет вещей	internet of things, internet of things (iot), iot, iot-based, things	75
13	Биосенсоры	biosensing, biosensor, biosensors, mouthguard biosensor, optical biosensor	65
14	Умные контактные линзы	lens, lenses, contact, smart, tear glucose	65
15	Онлайн-формат	web, web-based, patient portal, portal, content	57
16	Видеоигры	video games, video, videos, game, games	27
17	Облачные вычисления	cloud, cloud computing, cloud-based	24
18	Эндоскопия	fundus, fundus photography, retinal camera	20
19	Виртуальная реальность	virtual, augmented	16
20	Телефонная связь	call, calls, automated calls	13
21	Планшеты	tablet, tablet-based, screen	11
22	Голосовой помощник	voice, assistant, assisted	11
23	Блокчейн	Blockchain	10
24	Электрокардиография	electrocardiogram, ecg	10
25	Фотоплетизмография	Photoplethysmography	9
26	Глюкометр	Glucometer	7
27	Инфракрасная термография	infrared thermography	6
28	Спектроскопия	spectroscopy, near-infrared	6
29	Трёхмерная печать	3d-printed	4

Примечание: Общая сумма складывается из числа статей, в которых каждое опорное слово встречается в заголовках статей, авторских ключевых словах авторов и Keywords Plus.

Источник: составлено авторами.

Табл. А4. Темы исследований приложений mHealth для лечения диабета и ключевые слова для их обоснования

Научная тема	Опорные слова из заголовка, авторских ключевых слов и Keywords Plus	Число статей
Контроль уровня глюкозы	glucose, glucose control, glucose detection, glucose oxidase, glucose-tolerance, impaired glucose-tolerance, loop glucose control, overnight glucose control, sugar, glycaemia, glycaemic, glycaemic control, glyceimic, glyceimic control, glyceimic index, blood glucose, ambulatory glucose profile, blood glucose monitoring, blood glucose self-monitoring, blood-glucose, blood-glucose control, self-monitoring of blood glucose, plasma-glucose, hba, hba(1c), hba1c, 1c, a1c, fasting, hemoglobin, glycosylated haemoglobin, glycated hemoglobin a1c, biomarker, biomarkers, strip, basal, postprandial, ppg	755
Вмешательства	intervention, interventions, complex intervention, complex interventions, life-style intervention, life-style interventions, lifestyle intervention, multifactorial intervention, motivational interviewing, emid	443
Мониторинг пациентов	health monitoring, monitor, monitored, monitoring, monitoring-system, monitors, follow-up, patient monitoring, remote monitoring, home health monitoring, home-based, home-use, telemonitoring, tracker, trackers, tracking, biomedical monitoring, self-monitoring, self-tracking, continuous glucose monitoring, continuous glucose monitoring (cgm), cgm, glucose monitoring, glucose monitoring-system, patch, non-invasive, noninvasive, invasive	434
Самоконтроль при диабете	diabetes self-management, self-management, self-management support, self care, self-care	401
Физическая активность	exercise, aerobic exercise, activation, activity recognition, activity tracker, fitness, motor activity, physical, physical activity, physical-activity, cardiorespiratory fitness, free-living, free-living conditions, walking, energy expenditure, energy-expenditure	388
Доступ к услугам здравоохранения	telemedical, telemedicine, telemedicine system, remote consultation, medical services, interactions, interactive, interactive diary, providers, delivery of health care	252
Прием лекарств	adherence, improve adherence, medication adherence, medication, patient compliance, compliance, nonadherence, reminder, reminder system, reminders, medicine	251
Повышение уровня знаний о диабете	diabetes education, education, educational, health education, health literacy, literacy, management education, patient education, self-management education, training, coaching, retention, awareness, health coaching, learned, lessons	246
Оценка полезности	usability, usability evaluation, usage, usefulness, utility, utilization, utilizing, efficient, user, users, user acceptance, user centered design, user-centered, user-centered design, profile, profiles, performance, heuristic, heuristic evaluation, evaluation studies, experience, experienced, experiences	245
Изменение поведения	behavior, behavior change, behavior modification, behavior-change, behavior-change techniques, behavioral, behavioral medicine, behaviors, behaviour, behaviour change, behavioural, health behavior, intention, self-efficacy, change, changes, readiness	245
Лечение	therapy, therapeutic, counseling, counselling, acceptability, acceptance, acceptance and commitment therapy, intensive, treat, treated, treatment, guidance, guidelines, recommendation, recommendations, recommender system, position statement, adoption, rehabilitation, clinical-practice guidelines	242
Диагностика пациентов	diagnosed, diagnosis, diagnostic, diagnostics, disease diagnosis, detect, detection, simultaneous, examining, newly, exploratory, exploring, screening, recognition, determinants, determination, determine, evaluate, evaluating, indicators	234
Здоровый образ жизни	life, life-style, lifestyle, lifestyle modification, lifestyles, health-related quality of life, healthy, healthy lifestyle, quality, quality of life, quality-of-life	225
Системы поддержки принятия решений	decision, decision support, decision-support, decision support systems, decision-support-systems, decision-making, support, supporting, clinical decision support, clinical decision support system	222
Прием пищи	diet, diet monitoring, dietary, bolus, bolus calculator, calculation, calculator, counting, carbohydrate, carbohydrate counting, disorder, disorders, eating, energy-efficient, energy-intake, food, food-intake, food recognition, intake, meal, meal-time, ersonalized, nutrition, nutrition assessment, nutritional, protein	219
Профилактика диабета	diabetes prevention, prevent, prevention, prevention program, preventive, preventive medicine, primary prevention, perceived, perception, perceptions, secondary, secondary prevention	213
Персонализированная медицина	personal, personalized, personalization, personalized, personalized medicine, tailored, precision, precision medicine, predict, predicting, prediction, predictive, predictive models, predictive-validity, predictors, model-predictive control, prognosis, prospective	168
Система обеспечения инсулином	insulin delivery, insulin delivery-system, automated insulin delivery, insulin injections, multiple daily injections, insulin pump, insulin pump therapy, loop insulin delivery, insulin-treated, intensive insulin therapy, insulin therapy, insulin, titration, pump, pump therapy	166
Психическое здоровье	distress, anxiety, psychological, psychological distress, psychosocial, depression, depressive, phq-9, mindfulness, rationale, balance, mental, mental health, mental-health, cognitive, cognitive-behavior therapy, stress, sleep, night, nocturnal	159
Контроль массы тела	weight, weight loss, weight management, weight-gain, weight-loss, weight-loss interventions, body, body composition, body weight, body-mass index, waist circumference, gain	146
Работа с пациентами	patient engagement, patient empowerment, patient participation, patient satisfaction, patient-centered, patient-centered care, satisfaction, self-efficacy, treatment satisfaction, motivation, encourage, nudge, empowerment, empowerment scale, do-it-yourself, self-reported, engage, engagement	132
Электронный мониторинг состояния здоровья	electronic health record, electronic health records, electronic medical record, health records, health information, record, records, patient-generated, patient-generated data, patient-generated health data, sharing, documentation, personal health record, personal health records, phr, history, interoperability, electronic	115
Социальная поддержка	social support, social, social media, media, culturally, context, focus, focus groups, family, group, groups, help, peer, peer support, peer support	110
Медицинское консультирование, ЗОЖ-образование	health communication, health promotion, promote, promoting, promotion, communication, dissemination	78
Контроль кровяного давления	blood pressure, blood-pressure, blood-pressure control, pressure	64
Управление течением диабетических заболеваний	diabetes management, care management, disease management, health management, management-system, managing, control 1 st	61
Политика в области здравоохранения	health policy, standard, financial incentives, incentives, privacy, willingness, willingness-to-pay	29

Примечание: Общая сумма складывается из числа статей, в которых каждое опорное слово встречается в заголовках статей, авторских ключевых словах авторов и keywords plus.

Источник: составлено авторами.