

ЛАГУТИН М.Д.,

ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: lagutinmd@mednet.ru

ТЮФИЛИН Д.С.,

ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: tyufilinds@mednet.ru

КОБЯКОВА О.С.,

д.м.н., профессор, ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: kobyakovaos@mednet.ru

ДЕЕВ И.А.,

д.м.н., профессор, ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: deevia@mednet.ru

МЕТАВСЕЛЕННЫЕ В МЕДИЦИНЕ: ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

DOI: 10.25881/18110193_2023_2_4

Аннотация.

В работе систематизированы и обобщены сведения о возможных вариантах использования технологий метавселенных в практической медицине для оценки перспектив их широкого применения. Поиск публикаций проводился в базах данных PubMed и ScienceDirect, релевантными тематике обзора стали 35 научных работ за период 2021 г. — декабрь 2022 г.

Метавселенные потенциально могут быть использованы как для создания эффекта реалистичного погружения при взаимодействии с пациентом, так и для улучшения процессов диагностики, лечения и реабилитации. Использование метавселенных безусловно имеет определенные потенциальные риски. Важно определить, для каких целей и в каких случаях необходимо и обосновано их внедрение.

В случае тесного взаимовыгодного сотрудничества регуляторных органов, академического медицинского сообщества, IT-компаний и постепенного решения имеющихся проблем, становится возможным перейти от далеких фантазий о виртуальной вселенной к реальным ее воплощениям.

Ключевые слова: медицинская метавселенная, метавселенные в медицине, иммерсивное обучение, виртуальные миры.

Для цитирования: Лагутин М.Д., Тюфилин Д.С., Кобякова О.С., Деев И.А. Метавселенные в медицине: оценка перспектив применения для практического здравоохранения. *Врач и информационные технологии.* 2023; 2: 4-15. doi: 10.25881/18110193_2023_2_4.

LAGUTIN M.D.,

Russian Research Institute of Health, Moscow, Russia, e-mail: lagutinmd@mednet.ru

TYUFILIN D.S.,

Russian Research Institute of Health, Moscow, Russia, e-mail: tyufilinds@mednet.ru

KOBYAKOVA O.S.,

DSc, Prof., Russian Research Institute of Health, Moscow, Russia, e-mail: kobyakovaos@mednet.ru

DEEV I.A.,

DSc, Prof., Russian Research Institute of Health, Moscow, Russia, e-mail: deevia@mednet.ru

METAVERSES IN MEDICINE: ASSESSING THE PROSPECTS FOR PRACTICAL HEALTHCARE

DOI: 10.25881/18110193_2023_2_4

Abstract.

The article contains systematized and summarized data on the possible uses of metaverse technologies in practical healthcare in order to assess the prospects of their widespread use. We searched PubMed and ScienceDirect for publications. The search resulted in 35 relevant articles published during 2021–2022 period.

Metaverses could be used both to create realistic immersive patient interactions and to improve diagnosis, treatment, and rehabilitation processes. The use of metaverses certainly has some potential risks. It is important to determine for what purposes and in what cases their implementation is necessary and justified.

In case of close mutually beneficial cooperation of regulatory bodies, academic medical community, IT companies and step-by-step solution of existing problems, it becomes feasible to move from fantasies about the virtual universe to its real embodiments.

Keywords: *medical metaverse, metaverses in medicine, immersive learning, virtual worlds.*

For citation: *Lagutin M.D., Tyufilin D.S., Kobyakova O.S., Deev I.A. Metaverses in Medicine: Assessing the Prospects for Practical Healthcare. e. Medical doctor and information technology. 2023; 2: 4-15. doi: 10.25881/18110193_2023_2_4.*

ВВЕДЕНИЕ

В современное здравоохранение, как одну из важнейших социальных отраслей, активно внедряются по мере развития новые информационные технологии. Телемедицина, системы поддержки принятия врачебных решений, персональные помощники — все это является уже сегодня частью процессов оказания медицинской помощи населению [1, 2].

За последние годы новыми и перспективными для медицины стали технологии метавселенных [3, 4]. Данный термин впервые употребил Нил Стивенсон в своем научно-фантастическом романе «Лавина» в 1992 г., описав виртуальный мир, который являлся альтернативной реальностью для людей [5]. Сейчас под метавселенными принято подразумевать виртуальные миры, где люди могут через цифровых двойников взаимодействовать как друг с другом, так и с объектами реального мира, используя технологии искусственного интеллекта (ИИ), дополненной реальности (Augmented reality, AR) и виртуальной реальности (Virtual reality, VR) [6].

Считается, что в будущем тренд создания и внедрения метавселенных в систему здравоохранения будет только развиваться [7]. На текущий момент исследователями уже представлены как концепции применения компонентов метавселенных в разных сферах медицины, так и накоплены данные о реальных попытках их внедрения, например, в офтальмологии, терапии, сестринском деле, медицинском образовании и т.д.

Цель настоящего обзора — систематизация и обобщение сведений о возможных вариантах использования технологий метавселенных в практической медицине для оценки перспектив их широкого применения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск публикаций проведен в базах данных PubMed, ScienceDirect; в качестве ключевых слов для поиска использованы: «metaverse», «metaverse in medicine», «medical metaverse», «metaverse in health care».

Период публикаций: 2021 — декабрь 2022 гг.; всего проанализировано 197 источников (PubMed: 145 публикаций; ScienceDirect: 52 публикации), из которых отобрано 35 наиболее репрезентативных исследования, соответствующих тематике обзора. Остальные

источники были исключены преимущественно либо из-за несоответствия теме применения технологий метавселенных в практическом здравоохранении (то есть описывалось использование в других сферах), либо из-за своей технической направленности (работы были посвящены узким проблемам разработки и функционирования устройств для реализации метавселенных, в том числе в медицине). Также часть источников не была включена в настоящий обзор из-за отсутствия доступа к полной версии публикации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате исследования источников были выявлены возможности применения технологий метавселенных, в том числе в контексте медицинского образования, и потенциальные риски, а также необходимые условия для внедрения этих технологий в практическое здравоохранение.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАВСЕЛЕННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТА РЕАЛИСТИЧНОГО ПОГРУЖЕНИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПАЦИЕНТОМ

Основным перспективным направлением для использования технологий метавселенных из-за их возможности передавать впечатления, близкие к реальным (эффект реалистичного погружения), являются телемедицинские консультации расширенного формата, когда при помощи цифровых двойников врач и пациент встречаются в виртуальном кабинете с целью удаленной диагностики, лечения или информирования о заболевании или предстоящих медицинских процедурах на наглядных 3D-моделях. Так, в аллергологии и иммунологии такие консультации могли бы применяться не только для разъяснения пациенту механизмов возникновения и течения заболевания (анафилаксии, астмы и т. д.) в зависимости от наличия вредных привычек и приема лекарственных средств, но и для облегчения восприятия им процедуры аллергического тестирования при повышенной тревожности [8]. Аналогичным образом в дерматологии можно отвлекать внимание ребенка, погружая его в виртуальную реальность во время проведения физически неприятных лечебных процедур (например, биопсии и криотерапии), тем самым субъективно облегчая переживание дискомфорта [9].

В онкологии особую роль играет потенциальная возможность создавать в метавселенной для пациента психологически комфортные домашние условия вместо обезличенной, гнетущей стерильной больничной среды [10]. Zhou et al. (2022), рассуждая о вопросах применения технологий метавселенных при удаленном консультировании в психиатрии и неврологии, выдвинули гипотезу о пользе создания метаболиц, где будут посредством цифровых двойников взаимодействовать между собой врачи и пациенты пожилого возраста, которым по разным объективным причинам очная медицинская помощь может быть менее доступна [11].

Anwer et al. (2022) увидели пользу использования таких инноваций в сфере предоперационного консультирования. Авторы отметили, что при помощи VR-технологий можно воссоздать в метавселенной предстоящую операцию настолько реалистично, как если бы пациент находился в этот момент непосредственно в операционной. Получение информации таким образом, по их мнению, должно повысить осведомленность пациентов о сути предлагаемых медицинских вмешательств, о планируемых результатах и о возможных осложнениях. Кроме того, предоперационную консультацию в метавселенной проще встроить в плотный график врача, а пациенты, чье состояние здоровья не позволяет им прийти очно, смогут в полной мере получить всю необходимую информацию [12].

Другим перспективным направлением для использования технологий метавселенных является обучение пациентов. Для аллергологии и иммунологии могла бы быть актуальна концепция, когда при помощи технологий метавселенных можно было бы предупреждать пациента во время покупки тех продуктов, на которые у него есть аллергия. Например, при выборе пациентом в виртуальной метавселенной через цифрового двойника опасных для него продуктов питания ИИ мог бы уведомлять его об этом после проведенного анализа их состава и сопоставления с данными в медицинской документации об указанных врачом аллергенах [8]. В работе Albujeer et al. (2022) описана возможность применения технологий метавселенных в просветительской деятельности по охране здоровья зубов и полости рта [13].

Наконец, за счет эффекта реалистичного погружения технологии метавселенных могли бы

применяться для проведения удаленных врачебных консилиумов. Например, по мнению Chessucci et al. (2022), для урологии была бы актуальной работа междисциплинарной команды, в процессе которой врачи из разных точек мира могли бы посредством VR-технологий собираться вместе в метавселенной и, используя свои цифровые двойники, взаимодействовать с наглядно демонстрирующими реальную патологию анатомическими 3D-моделями пациента. После дискуссии врачи могли бы выбирать наилучшую тактику ведения конкретного пациента, а посредством AR-инструментов осуществлять медицинские вмешательства под контролем более опытных коллег [14].

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАВСЕЛЕННЫХ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ И ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ

Для осуществления удаленной диагностики при телемедицинской консультации в метавселенной возможно использование технологий ИИ и смешанной реальности (mixed reality, MR), портативных сканирующих устройств для создания 3D-моделей тела или отдельных органов, а также сенсорных иммерсивных перчаток, передающих реалистичные тактильные ощущения при прикосновении к цифровому двойнику пациента. Такой подход, по мнению исследователей, особенно актуален для гинекологии и перинатологии, дерматологии, кардиологии и офтальмологии [15–20]. Так, например, реальный опыт внедрения цифровых голограмм глаза, которые можно увидеть через специальные очки смешанной реальности представлен Ramesh et al. (2022). В этих очках пользователь может рассмотреть с разных сторон детальную анатомию глаза, изменяя при помощи движения рук расположение и размеры цифровой модели в реальном пространстве [21]. В работе Zeng et al. (2022) отдельно подчеркнули важность внедрения технологий, позволяющих воссоздавать при телемедицинских консультациях в метавселенных тактильные ощущения, поскольку в онкологии особенно важен персональный контакт для проявления эмпатии от врача [22].

Отдельное место в теледиагностике отводится дистанционному наблюдению при помощи технологий так называемого лайфлоггинга, т.е. автоматической постоянной записи

на цифровой носитель сведений о состоянии какого-либо объекта при помощи носимых устройств, и особенно AR-технологий, поскольку может появиться больше возможностей для быстрой и полной оценки состояния здоровья пациента в реальном времени, что актуально для кардиологии и экстренной медицинской помощи [17–19, 23].

В работе Skalidis et al. (2022) представлен первый в мире реальный случай проведения телемедицинской консультации в виртуальном мире, приближающемся по своим характеристикам к полноценной метавселенной, для пациента с вазоспастической стенокардией. После экстренной госпитализации с жалобами на рецидивирующие боли в груди при нормальных результатах инструментальных и лабораторных исследований мужчине 30 лет с ожирением на дом выданы компактное носимое устройство, подключенное к смартфону и регистрирующее электрокардиограмму (ЭКГ) в 12 отведениях, автоматический тонометр, пульсоксиметр и VR-шлем, а также предоставлен доступ к платформе медицинской метавселенной «Aimedix Avalon» для срочной консультации с врачом при рецидиве боли. Во время очередного приступа на 10 день пациент и врач уже через 4 минуты провели консультацию в виртуальной больнице. Врач собрал анамнез и, согласно предоставленному авторами видеоматериалу, проинтерпретировал результаты ЭКГ, выведенные на виртуальный экран, а также обсудил с пациентом результаты мониторинга артериального давления и сатурации. Несмотря на отсутствие патологии на ЭКГ и нормальное артериальное давление пациенту было рекомендовано явиться в клинику для обследования, по итогам которого был поставлен предварительный диагноз вазоспастической стенокардии. Пациент и врач позитивно оценили возможность проведения телемедицинских консультаций в виртуальном мире [24].

По результатам обзора источников выявлены две возможные сферы применения технологий метавселенных для лечения пациентов. Первая сфера — это телехирургия. Например, в гастроэнтерологии могло бы быть актуальным проведение удаленных полноценных эндоскопических вмешательств на органах пищеварительного тракта, в кардиологии — операций на сосудах и сердце, во время которых через

специальные очки могли бы проецироваться анатомические структуры конкретного пациента, а в стоматологии — лечебных манипуляций, во время которых будет визуализироваться в 3D-формате как морфология корневого канала зуба, так и анатомическое расположение всех структур полости рта за счет проецирования через специальные очки результатов рентгенологических исследований конкретного пациента для точной установки импланта или аккуратного удаления новообразования [17–19, 25, 26].

Вторая сфера представляет собой использование метавселенных для терапии и реабилитации пациентов психиатрического и неврологического профиля. В обзоре Usmani et al. (2022) рассмотрено возможное влияние широкого внедрения технологий метавселенных на сферу психического здоровья и описан опыт исследований о положительных эффектах применения VR-технологий, являющихся одним из компонентов технологий метавселенных, в качестве вспомогательной терапии различных психических расстройств и неврологических заболеваний (посттравматического стрессового расстройства, болезни Альцгеймера, персекуторного бреда и других продуктивных симптомов при шизофрении и т.д.). При этом отмечено, что результаты этих исследований не показывают значительное превосходство в эффективности VR-терапии по сравнению с традиционными доказанными методами терапии и имеют низкое качество с точки зрения доказательной медицины. Авторы предположили, что метавселенные, имеющие в совокупности больше технических возможностей, чем взятые в отдельности VR-технологии, будут не менее полезны для пациентов психоневрологического профиля, так как они предоставляют возможности для решения проблем недоступности психиатрической помощи из-за разных причин: географической, эпидемической, логистической, нехватки специалистов и др. Кроме того, такая помощь может быть востребована у пациентов, желающих полностью сохранить свою анонимность из-за опасения стигматизации со стороны общества [27].

В другом обзоре, проведенном Cerasa et al. (2022), подчеркнута принципиальная разница между существующей VR-терапией и потенциальной терапией будущего с использованием всех технологий метавселенных, которая

заключается в возможности мультисенсорного, в т.ч. интероцептивного, воздействия на пациента через цифровой двойник, при этом авторы посчитали, что эффект «Протей» (влияние на психику и поведение человека из-за постепенного отождествления себя с виртуальным образом) может быть использован для терапии дисморфофобии и расстройств пищевого поведения. Кроме того, в метавселенных возможно относительно реалистичное социальное взаимодействие, что потенциально влияет на эффективность лечения. Также подчеркивается исключительная роль технологий ИИ, являющихся одним из компонентов метавселенных, в персонализации плана лечения пациента за счет анализа данных о его физиологических и поведенческих реакциях при переживании опыта погружения в виртуальный мир [28].

Возможность моделировать различные персонализированные жизненные сценарии в виртуальном мире была отмечена Yin et al. (2022) как важное преимущество метавселенных перед традиционной «схема-терапией» при лечении расстройств личности. Авторы сочли, что образных представлений и вербального получения чужого опыта в кабинете психотерапевта для изменения дезадаптивных паттернов поведения на более здоровые и адекватные при лечении данных психических расстройств не всегда достаточно, потому что в реальном мире пациент вновь сталкивается с провоцирующими ситуациями и без контроля врача возвращается к исходному дезадаптивному поведению. В связи с этим, по мнению авторов, важно регулярно закреплять новые здоровые паттерны поведения путем реалистичного переживания разных жизненных сценариев в виртуальном мире под контролем психотерапевта, позволяя пациенту с расстройством личности пережить этот опыт так же, как будто это происходило бы на самом деле [29].

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАВСЕЛЕННЫХ В РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ

Вопросам применимости технологий метавселенных в лечении и реабилитации пациентов с болезнью Альцгеймера посвящена работа Zhou et al. (2022). Так, в метавселенной можно организовать тренинги по улучшению когнитивных способностей пациентов. В реабилитации пациентов с болезнью Альцгеймера важную

роль могут сыграть технологии, позволяющие не только фиксировать весь жизненный опыт, в том числе для раннего сигнализирования об отклонениях витальных функций, но и осуществлять, не выходя из дома, виртуальные путешествия и походы по магазинам [11].

В обзоре Calabrò et al. (2022), посвященном вопросам нейрореабилитации с применением технологий метавселенных, отмечена перспектива реализации в виртуальном мире мультikomпонентного подхода восстановления пациентов с моторными, сенсорными и когнитивными нарушениями из-за неврологической патологии и с протезами, установленными на месте ампутированных конечностей. В метавселенных можно моделировать, причем уже на стадии госпитализации и практически неподвижного нахождения в койке, разные социальные и трудовые сценарии вместе с другими пациентами, повышая их общую вовлеченность в процессы обратной интеграции в общество и возвращая в некоторой степени способность к самостоятельной жизни за счет нейропластичности. Кроме того, в условиях полного погружения в виртуальный мир, имитирующий стрессовые условия, можно проводить реабилитацию спортсменов [30]. При этом важно применять к пациентам персонализированный подход [31].

МЕТАВСЕЛЕННЫЕ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

В этом разделе приведены выводы авторов работ, посвященных общим вопросам применения технологий метавселенных в медицинском образовании.

Так, Kye et al. (2021) привели пример AR-футболки, на которой при наведении на нее камеры смартфона со специальным приложением проецируются внутренние органы. Также авторы отметили, что виртуальные миры могли бы помочь обучающимся реализовать свою академическую мобильность для знакомства с множеством разных стран и их культур, не пропуская при этом занятия в собственном университете. К потенциальным опасностям широкого внедрения метавселенных в медицинское образование авторы отнесли возможное ослабление социальных связей, дезадаптацию к жизни в реальном мире и негативное информационное воздействие на молодых людей из-за имеющейся

в виртуальном мире высокой свободы действий, в том числе для создания контента, с одной стороны, и отсутствия в нем модерации и законодательного регулирования, с другой стороны. Было предложено изучать отношение обучающихся к метавселенным, влияние такого обучения на последующую лечебно-диагностическую работу с пациентами, а также разработать специализированные классы для проведения групповых творческих исследований и применять образовательную платформу, обеспечивающую надежную защиту персональных данных студентов [32].

По мнению Werner et al. (2022), метавселенные могут выступать в качестве цифровых учебных пособий за счет моделирования в них различных сложных пренатальных и гинекологических патологий [15]. В обзоре Wu et al. (2022) увидели перспективу применения AR- и VR-технологий, являющихся отдельными компонентами метавселенных, поскольку они обеспечивают большую интерактивность и приближенность учебных условий к реальным по сравнению с традиционными методами. Отмечено, что на текущий момент уже есть небольшой опыт обучения при помощи этих технологий: например, постановка центрального венозного катетера, интубация трахеи, сердечно-легочная реанимация, отработка навыков ультразвуковой диагностики, терапия септического шока у детей, диабетического кетоацидоза и эпилептического статуса. Согласно авторам, метавселенные могут иметь широкое применение и в медицине катастроф в рамках моделирования в виртуальном мире различных, в том числе редких, чрезвычайных ситуаций для проведения тренировок, что потенциально дешевле и наиболее приближено к реальным условиям [23].

В работе Коо (2021) описан пример использования технологий метавселенных при обучении более 200 торакальных хирургов оперативному вмешательству при раке легкого в больнице Бунданг Сеульского Национального Университета. После создания каждым участником своего виртуального аватара врачи, используя VR-шлемы или ноутбуки, посетили виртуальную конференцию, на которой демонстрировался ход операции. Трансляция осуществлялась при помощи современных VR-камер высокого разрешения с обзором в 360 градусов из умной операционной. У обучающихся была возможность не

только дискутировать непосредственно в виртуальном пространстве, но и видеть то, что при очном посещении операционной или обычной 2D-трансляции, как правило, не видно: монитор для оперирующего хирурга, работу медсестры с хирургическими инструментами, движение щипцов в самом теле и даже выступающий пот на лице врача при ушивании операционной раны. Дальнейшими перспективами могло бы стать улучшение разрешения камеры и использование технологий, передающих тактильные ощущения [33]. Подобное применение технологий метавселенных было отмечено для обучения врачей-гастроэнтерологов, для врачей-кардиологов и для врачей-урологов [14, 17–19, 25].

Исследователи Park et al. (2022) заключили, что на текущий период, когда потребители образовательных услуг среди молодых людей предпочитают больше аутентичное и индивидуализированное обучение, у вузов возникает серьезная конкуренция не только с платформами массовых открытых онлайн курсов, но и с развивающимися платформами метавселенных. Для сохранения востребованности у высшего классического медицинского образования вузам было рекомендовано активнее сотрудничать с вышеперечисленными платформами, интегрируя их в образовательный процесс, а также мотивировать преподавателей создавать и проводить на них различные курсы для привлечения потенциальных обучающихся [34].

Дополнительно, по итогам проведенного небольшого по выборке опроса преподавателей анатомии Iwanaga et al. (2022) пришли к выводу: на текущий момент технологии метавселенных в обучении студентов-медиков анатомии получили лишь ограниченное распространение несмотря на то, что в клинических сферах оно гораздо шире. Потенциально это может быть мотивировано тем, что у преподавателей и студентов больше возможностей для очных встреч на занятиях, а у практикующих врачей, которые что-то хотят изучить, этих возможностей, наоборот, меньше. В связи с этим, для них обучение в метавселенных становится более привлекательным [35].

По результатам обзора De Gagne et al. (2022) высказано предположение о целесообразности применения метавселенных в обучении среднего медицинского персонала. При использовании новых иммерсивных технологий у обучающихся

отмечено повышение успеваемости и мотивации в получении новых знаний [36]. В обзоре Zhao et al. (2022) также представлены результаты анализа исследований, посвященных использованию VR-технологий в обучении медицинских сестер. Авторы отмечают, что с развитием концепции метавселенных частота применения иммерсивных технологий в сестринском обучении будет только расти [37]. В соответствии с Locurcio L. (2022) для качественного обучения студентов-стоматологов следует применять технологии метавселенных вместе с технологиями передачи тактильных ощущений, чтобы ощущать виртуальные анатомические структуры и получать обратную связь при наложении швов и выполнении блокад. Несмотря на текущую высокую стоимость развивающихся технологий, автор заключил, что эти финансовые вложения в долгосрочной перспективе себя окупают [38].

РИСКИ И УСЛОВИЯ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ МЕТАВСЕЛЕННЫХ В МЕДИЦИНЕ

Большинство авторов отмечают, что основным риском при внедрении технологий метавселенных является потенциальная недоступность медицинской помощи для отдельных групп населения по причине неравного доступа к технологиям [17–19, 39]. Согласно Zhang et al. (2022), для успешной реализации потенциала метавселенных необходимо создание быстрой беспроводной сети с минимальной задержкой передачи данных (например, 5G-технологии мобильной связи), компактных и доступных по цене сенсорных иммерсивных перчаток и, наконец, высокоточных эндоскопических роботов со встроенным ИИ [25].

Существуют работы, в которых будущее технологий метавселенных в медицине ставится под сомнение. Так, на примере хирургии позвоночника Charman et al. (2022) обсудили возможные сферы использования этой инновации в травматологии и ортопедии и пришли к выводу, что, пока не будут решены текущие фундаментальные проблемы обеспечения доступности базового хирургического лечения заболеваний позвоночника, метавселенные останутся очередным абстрактным и бесполезным программно-аппаратным комплексом. По мнению авторов, хирурги до сих пор не могут определиться с терминологией,

методами лечения позвоночника и их конечными результатами, поэтому надежды на создание ИИ, который будет способен принимать наилучшие клинические решения, пока не имеют под собой даже реальной основы [40].

Среди потенциальных опасностей использования метавселенных часто упоминается возможность кибератак, когда злоумышленник может влиять через цифрового двойника и подключенные к нему устройства на физическое и ментальное здоровье пациента. Предупреждать возникновение этого риска можно, если на начальных этапах внедрения инновации тщательно отбирать и обучать пациентов навыкам информационно-безопасности, а также использовать технологии невзаимозаменяемых токенов (Non-fungible token, NFT) для идентификации и аутентификации пациента [9].

К отрицательным последствиям применения технологий метавселенных с точки зрения психического здоровья относят риск как ухудшения уже имеющихся психических расстройств у пациентов, так и развития новых: синдрома дефицита внимания и гиперактивности, игрового расстройства и т.д. Свобода в выборе настроек внешности у цифрового аватара может привести к ухудшению психического состояния у лиц, страдающих дисморфофобией, что, в свою очередь, спровоцирует рост расстройств пищевого поведения и расстройств аффективного и обсессивно-компульсивного спектров [27].

Эксперты Benrimoh et al. (2022) для решения проблем, связанных с потенциальным негативным влиянием метавселенных на психическое здоровье, выдвинули в своей работе несколько основополагающих принципов, на основе которых стоило бы создавать систему правового регулирования в области применения этих новых технологий. Авторы предложили считать медицинскими изделиями цифровые решения, созданные и применяемые в метавселенных с целью диагностики и лечения психических расстройств. Также было рекомендовано разработать системы улучшения прозрачности и самоконтроля в вопросах использования персональных данных, а также активной модерации, в том числе возможности очищать свое личное виртуальное пространство самим пользователем в случае домогательств к нему со стороны другого участника метавселенной. Для проведения исследований

безопасности на эмпирическом опыте, мониторинга и предотвращения негативного влияния на психику пользователей метавселенных авторы отметили важность проведения обязательных постмаркетинговых исследований, как это осуществляется на фармацевтическом рынке, масштабных бета-тестирований с передачей регуляторным органам и исследователям данных о влиянии технологий метавселенных на здоровье людей. Отдельно авторами был поставлен вопрос о необходимости урегулирования использования данных, в том числе о поведении пользователей в метавселенных, на основании которых может быть сделано медицинское заключение о состоянии здоровья человека [41].

Не менее важной проблемой, требующей решения для широкого применения технологий метавселенных в медицине, является так называемое киберукачивание (вид укачивания, возникающего в виртуальной среде из-за зрительного восприятия). По результатам систематического обзора Yang et al. (2022) следует развивать технологии ИИ для ранней диагностики этого состояния и исследовать его нейрофизиологические механизмы [42].

Наконец, согласно Mesko B. (2022), к трудно решаемым проблемам развития метавселенных относится несовместимость между собой нынешних цифровых платформ, претендующих в будущем на полноценные миры метавселенных. Если не будет найдено решение этой проблемы, то концепция метавселенных в медицине может стать несбыточной мечтой [43].

ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведенного обзора имеющих на текущий момент данных по вопросам применения метавселенных в медицине можно сделать несколько выводов. Во-первых, имеются достаточно перспективные сферы применения данной инновации с точки зрения практического здравоохранения. Причиной этому может являться наличие населения, которому по некоторым обстоятельствам недоступна в полной мере медицинская помощь. Кроме того, сейчас телемедицинские консультации и дистанционный мониторинг осуществляются в основном посредством телефонного звонка или видеоконференцсвязи, что накладывает свои ограничения на полноту и точность информации о здоровье пациента [44].

Во-вторых, метавселенные имеют огромный потенциал в медицине: к общим преимуществам их применения можно отнести проведение международных конференций и врачебных консилиумов, иммерсивного обучения студентов и медицинских работников, визуально насыщенных и информативных телемедицинских консультаций, практически не отличающихся от очных из-за использования технологий передачи тактильного ощущения и позволяющих осуществлять диагностику и лечение заболеваний, а также реабилитацию пациентов [45]. Эти технологии будут полезны в телехирургии, в радиологии, при организации процессов оказания медицинской помощи, а также в профилактике хронических неинфекционных заболеваний через популяризацию в виртуальном мире здорового образа жизни за счет геймификации и возможности попробовать ощутить на себе все бремя болезненного состояния [46–48].

В-третьих, делать конкретные заключения о безопасности и эффективности, в том числе социально-экономической, этих технологий сейчас достаточно затруднительно ввиду того, что метавселенные находятся еще на экспериментальной стадии развития [49, 50]. Существуют риски кибератак с кражей персональных данных о состоянии здоровья и, в худшем случае, с причинением реального вреда здоровью пациента путем воздействия на его цифровой аватар, ухудшения доступности медицинской помощи на определенных этапах развития технологий метавселенных (из-за высокой цены на оборудование, отсутствия стабильного подключения к сети Интернет в регионе и низкой цифровой грамотности пациентов старшего возраста), негативного влияния на психическое состояние, киберукачивания и несовместимости между собой разрабатываемых цифровых платформ [51]. Требуется больше исследований, направленных на изучение эффективности и безопасности внедрения данной технологии в практическое здравоохранение с точки зрения принципов доказательной медицины [52].

Наконец, существуют перспективные пути решения указанных рисков, что потребует тесного сотрудничества между государством, научным медицинским сообществом и бизнесом [53]. Помимо улучшения иммерсивных технологий, развертывания 5G-связи по всей стране и обучения населения цифровой грамотности, необходима

разработка законодательной базы для регулирования правовых отношений, возникающих в метавселенных между пользователями, в том числе для борьбы с киберпреступностью. Существует потребность в создании системы активной модерации внутри метавселенных для своевременного удаления вредоносного контента и ограничения доступа нежелательных пользователей к личному виртуальному пространству. С целью потенциального решения проблем с кибербезопасностью рекомендуется использовать технологии блокчейна и NFT, а для снижения риска угрозы здоровью пациентов стоит рассмотреть вопрос об определении, какие цифровые решения в метавселенных соответствуют понятию медицинского изделия.

Таким образом, цель исследования по обобщению сведений о возможных вариантах использования технологий метавселенных в практической медицине для оценки перспектив их широкого применения была достигнута. Дальнейшее изучение вопроса может заключаться в разработке методик оценки безопасности и эффективности применения метавселенных, а также программ обучения специалистов, которые будут заниматься созданием необходимого оборудования и проектированием умных клиник будущего. Также остается востребованным регулярный обзор опубликованных работ по этой теме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С начала 2021 г. отмечается большой прирост числа научных публикаций про метавселенные по сравнению с прошлыми годами (по статистике баз данных PubMed и ScienceDirect). Проведенный нами анализ позволил сформулировать следующие выводы:

- Применение технологий метавселенных предоставляет новые возможности для трансформации и улучшения процессов

консультирования пациентов, диагностики и лечения заболеваний, а также обучения медицинских работников. Инновация может быть востребована в аллергологии и иммунологии, дерматологии, онкологии, психиатрии и неврологии, хирургии, радиологии и терапии.

- Однако использование метавселенных также сопряжено с рядом рисков, таких как потенциальные угрозы информационной безопасности, причинение вреда здоровью пациентов, неравномерный доступ к технологиям для различных слоев населения и сложности в межплатформенном взаимодействии.
- Для минимизации рисков становится актуальным обучение пациентов навыкам информационной безопасности, создание беспроводной сети с минимальной задержкой передачи данных, а также компактных и доступных по цене устройств для иммерсивного погружения. Особый акцент следует делать на качественную разработку механизмов правового регулирования использования данных технологий.
- Несмотря на многообещающие перспективы от применения метавселенных, важно понимать, для каких целей и в каких случаях необходимо и обосновано их внедрение. Какие-то клинические ситуации требуют только традиционного очного визита к врачу, например, для физического осмотра с целью диагностики заболевания.

Тесное взаимовыгодное сотрудничество регуляторных органов, академического медицинского сообщества, IT-компаний и постепенное решение имеющихся проблем будут способствовать переходу от далеких фантазий о виртуальной вселенной к реальным ее воплощениям.

Финансирование. Работа не получала финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ricciardi W, Pita Barros P, Bourek A, et al. How to govern the digital transformation of health services. *Eur J Public Health*. 2019; 29(3): 7-12. doi: 10.1093/eurpub/ckz165.
2. Березной А.В., Сайгитов Р.Т. «Цифровая революция» и инновационные бизнес-модели в здравоохранении: глобальные тренды и российские реалии // Вестник РАМН. — 2016. — Т.71. — №3. — С.200-213. [Bereznoy AV, Saygitov RT. Digital Revolution and Innovative Business Models in Healthcare: Global Trends and Russian Realities. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2016; 71(3): 200-213. (In Russ.)] doi: 10.15690/vramn682.
3. Rahaman T. Into the Metaverse — Perspectives on a New Reality. *Med Ref Serv Q*. 2022; 41(3): 330-337. doi: 10.1080/02763869.2022.2096341.

4. Ahmadi Marzaleh M, Peyravi M, Shaygani F. A revolution in health: Opportunities and challenges of the Metaverse. *EXCLI J.* 2022; 21: 791-792. doi: 10.17179/excli2022-5017.
5. Sun M, Xie L, Liu Y, et al. The metaverse in current digital medicine. *Clinical eHealth* 2022; 5: 52-57. doi: 10.1016/j.ceh.2022.07.002.
6. Wiederhold B. Ready (or Not) Player One: Initial Musings on the Metaverse. *Cyberpsychology, behavior and social networking* 2022; 25(1): 1-2. doi: 10.1089/cyber.2021.29234.editorial.
7. Qiu CS, Majeed A, Khan S, Watson M. Transforming health through the metaverse. *J R Soc Med.* 2022; 115(12): 484-486. doi: 10.1177/01410768221144763.
8. Çerçi P, Kendirlihan R. Can Metaverse Provide Any New Developments in the Field of Allergy and Immunology? *Int Arch Allergy Immunol.* 2022; 183(10): 1060-1061. doi:10.1159/000525064.
9. Fernández-Parrado M, Perandones-González H. A new universe in Dermatology: From metaverse to Dermaverse [published online ahead of print, 2022 Aug 16]. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2022. doi: 10.1111/jdv.18525.
10. McWilliam A, Scarfe P. The Metaverse and Oncology. *Clin Oncol (R Coll Radiol).* 2023; 35(1): 12-14. doi: 10.1016/j.clon.2022.06.011.
11. Zhou H, Gao JY, Chen Y. The paradigm and future value of the metaverse for the intervention of cognitive decline. *Front Public Health.* 2022; 10: 1016680. doi: 10.3389/fpubh.2022.1016680.
12. Anwer A, Jamil Y, Bilal M. Provision of surgical pre-operative patient counseling services through the Metaverse technology. *Int J Surg.* 2022; 104: 106792. doi: 10.1016/j.ijss.2022.106792.
13. Albujeer A, Khoshnevisan M. Metaverse and oral health promotion. *Br Dent J.* 2022; 232(9): 587. doi: 10.1038/s41415-022-4255-1.
14. Checcucci E, Cacciamani GE, Amparore D, et al. The Metaverse in Urology: Ready for Prime Time. The ESUT, ERUS, EULIS, and ESU Perspective. *Eur Urol Open Sci.* 2022; 46: 96-98. doi: 10.1016/j.euros.2022.10.011.
15. Werner H, Ribeiro G, Arcoverde V, Lopes J, Velho L. The use of metaverse in fetal medicine and gynecology. *Eur J Radiol.* 2022; 150: 110241. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110241.
16. Kumari J, Das K, Goldust M. Metaverse in diagnosis of skin diseases. *J Cosmet Dermatol.* 2023; 22(2): 698-699. doi: 10.1111/jocd.15409.
17. Skalidis I, Muller O, Fournier S. CardioVerse: The cardiovascular medicine in the era of Metaverse. *Trends Cardiovasc Med.* 2022; S1050-1738(22): 00071-8. doi: 10.1016/j.tcm.2022.05.004.
18. Skalidis I, Muller O, Fournier S. The Metaverse in Cardiovascular Medicine: Applications, Challenges, and the Role of Non-Fungible Tokens. *Can J Cardiol.* 2022; 38(9): 1467-1468. doi: 10.1016/j.cjca.2022.04.006.
19. Skalidis I, Fournier S, Noirclerc N, et al. Consultation in the CardioVerse: The doctor will see your avatar now. *Trends Cardiovasc Med.* 2022; S1050-1738(22): 00108-6. doi: 10.1016/j.tcm.2022.07.005.
20. Tan TF, Li Y, Lim JS, et al. Metaverse and Virtual Health Care in Ophthalmology: Opportunities and Challenges. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2022; 11(3): 237-246. doi: 10.1097/APO.0000000000000537.
21. Ramesh PV, Joshua T, Ray P, et al. Holographic elysium of a 4D ophthalmic anatomical and pathological metaverse with extended reality/mixed reality. *Indian J Ophthalmol.* 2022; 70(8): 3116-3121. doi: 10.4103/ijo.IJO_120_22.
22. Zeng Y, Zeng L, Zhang C, Cheng ASK. The metaverse in cancer care: Applications and challenges. *Asia Pac J Oncol Nurs.* 2022; 9(12): 100111. doi: 10.1016/j.apjon.2022.100111.
23. Wu T, Ho C. A scoping review of metaverse in emergency medicine. *Australas Emerg Care.* 2023; 26(1): 75-83. doi: 10.1016/j.aucec.2022.08.002.
24. Skalidis I, Muller O, Fournier S, et al. Feasibility of Using the Metaverse as Telecardiology Platform: Remote Follow-up of a Patient With Vasospastic Angina. *Can J Cardiol.* 2022; 38(11): 1768-1769. doi: 10.1016/j.cjca.2022.07.020.
25. Zhang C, Feng S, He R, et al. Gastroenterology in the Metaverse: The dawn of a new era? *Front Med (Lausanne).* 2022; 9: 904566. doi: 10.3389/fmed.2022.904566.
26. Kurian N, Cherian J, Varghese K. Dentistry in the metaverse. *Br Dent J.* 2022; 232(4): 191. doi: 10.1038/s41415-022-4003-6.
27. Usmani S, Sharath M, Mehendale M. Future of mental health in the metaverse. *Gen Psychiatr.* 2022; 35(4): e100825. doi: 10.1136/gpsych-2022-100825.
28. Cerasa A, Gaggioli A, Marino F, et al. The promise of the metaverse in mental health: the new era of MEDverse. *Heliyon.* 2022; 8(11): e11762. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11762.
29. Yin B, Wang Y, Fei C, Jiang K. Metaverse as a possible tool for reshaping schema modes in treating personality disorders. *Front Psychol.* 2022; 13: 1010971. doi: 10.3389/fpsyg.2022.1010971.

30. Calabrò R, Cerasa A, Ciancarelli I, et al. The Arrival of the Metaverse in Neurorehabilitation: Fact, Fake or Vision? *Biomedicines*. 2022; 10(10): 2602. doi: 10.3390/biomedicines10102602.
31. Fontanella M. The neurosurgery of the metaverse. *J Neurosurg Sci*. 2022; 66(5): 387-388. doi: 10.23736/S0390-5616.22.05869-6.
32. Kye B, Han N, Kim E, et al. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *J Educ Eval Health Prof*. 2021; 18: 32. doi: 10.3352/jeehp.2021.18.32.
33. Koo H. Training in lung cancer surgery through the metaverse, including extended reality, in the smart operating room of Seoul National University Bundang Hospital, Korea. *J Educ Eval Health Prof*. 2021; 18: 33. doi: 10.3352/jeehp.2021.18.33.
34. Park C, Park N. Adapting to cutocracy: A survival strategy for prospective health professions educators in the era of the metaverse. *J Prof Nurs*. 2022; 41: A1-A4. doi: 10.1016/j.profnurs.2022.06.004.
35. Iwanaga J, Muo EC, Tabira Y, et al. Who really needs a Metaverse in anatomy education? A review with preliminary survey results. *Clinical Anatomy* 2022, 1—6. doi: 10.1002/ca.23949.
36. De Gagne JC, Randall PS, Rushton S, et al. The Use of Metaverse in Nursing Education: An Umbrella Review. *Nurse Educ*. 2023; 48(3): E73-E78. doi: 10.1097/NNE.0000000000001327.
37. Zhao J, Lu Y, Zhou F, et al. Systematic Bibliometric Analysis of Research Hotspots and Trends on the Application of Virtual Reality in Nursing. *Front Public Health*. 2022; 10: 906715. doi: 10.3389/fpubh.2022.906715.
38. Locurcio L. Dental education in the metaverse. *Br Dent J*. 2022; 232(4): 191. doi: 10.1038/s41415-022-3990-7.
39. Sandrone S. Medical education in the metaverse. *Nat Med*. 2022; 28(12): 2456-2457. doi: 10.1038/s41591-022-02038-0.
40. Chapman J, Wang J, Wiechert K. Into the Spine Metaverse: Reflections on a future Metaspine (Universe). *Global Spine J*. 2022; 12(4): 545-547. doi: 10.1177/21925682221085643.
41. Benrimoh D, Chheda F, Margolese H. The Best Predictor of the Future—the Metaverse, Mental Health, and Lessons Learned From Current Technologies. *JMIR Ment Health*. 2022; 9(10): e40410. doi: 10.2196/40410.
42. Yang A, Kasabov N, Cakmak Y. Machine learning methods for the study of cybersickness: a systematic review. *Brain Inform*. 2022; 9(1): 24. doi: 10.1186/s40708-022-00172-6.
43. Mesko B. The promise of the metaverse in cardiovascular health. *Eur Heart J*. 2022; 43(28): 2647-2649. doi: 10.1093/eurheartj/ehac231.
44. Лагутин М.Д., Чигрина В.П., Самофалов Д.А., и др. Анализ применения телемедицинских технологий в Российской Федерации в 2019—2022 гг. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. — 2023. — №31(2). — С.264-269. [Lagutin MD, Chigrina VP, Samofalov DA, et al. The analysis of application of telemedicine technologies in the Russian Federation in 2019—2022. *Problemi socialnoi gigieni, zdravookhranenia i istorii meditsini*. 2023; 31(2): 264-269. (In Russ.)] doi: 10.32687/0869-866X-2023-31-2-264-269.
45. Yang D, Zhou J, Chen R, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine. *Clinical eHealth*. 2022; 5. doi: 10.1016/j.ceh.2022.02.001.
46. Thomason J. Metaverse, token economies, and non-communicable diseases. *Glob Health J* 2022, 6(3): 164-167. doi: 10.1016/j.glohj.2022.07.001.
47. Plechatá A, Makransky G, Böhm R. Can extended reality in the metaverse revolutionise health communication? *NPJ Digit Med*. 2022; 5(1): 132. doi: 10.1038/s41746-022-00682-x.
48. Garavand A, Aslani N. Metaverse phenomenon and its impact on health: A scoping review. *Inform. Med*. 2022, 32: 101029. doi: 10.1016/j.imu.2022.101029.
49. Bhugaonkar K, Bhugaonkar R, Masne N. The Trend of Metaverse and Augmented & Virtual Reality Extending to the Healthcare System. *Cureus*. 2022; 14(9): e29071. doi: 10.7759/cureus.29071.
50. Kawarase MA 4th, Anjankar A. Dynamics of Metaverse and Medicine: A Review Article. *Cureus*. 2022; 14(11): e31232. doi: 10.7759/cureus.31232.
51. Petrigna L, Musumeci G. The Metaverse: A New Challenge for the Healthcare System: A Scoping Review. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2022; 7(3): 63. doi: 10.3390/jfmk7030063.
52. Yang D, Zhou J, Song Y, et al. Metaverse in medicine. *Clin eHealth*. 2022; 5: 39-43. doi: 10.1016/j.ceh.2022.04.002.
53. Lee C. Application of Metaverse Service to Healthcare Industry: A Strategic Perspective. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(20): 13038. doi: 10.3390/ijerph192013038.