

Искусственный интеллект в физической реабилитации

Е.Д. Намиот

Аннотация – Бурное развитие современных систем искусственного интеллекта (генеративных моделей, которые чаще всего и рассматриваются как ИИ), в частности мощных базовых и мультимодальных моделей, открывает новые перспективы для персонализации и повышения эффективности физической реабилитации. Эти технологии позволяют анализировать и интегрировать разнородные данные о пациенте: от объективных показателей движения и мышечной активности (биомеханика, ЭМГ) до данных визуализации (МРТ, УЗИ) и субъективных отчетов. Современные модели ИИ способны выявлять сложные пространственно-временные закономерности в процессе восстановления двигательных функций. Это стало возможным благодаря обучению на больших объемах «сырых» клинических и инструментальных данных. Такие ИИ-решения потенциально могут трансформировать все ключевые направления реабилитации, такие как оценка и мониторинг, автоматизированный анализ движений и походки по видео, интерпретация данных носимых датчиков для объективного отслеживания прогресса, создание адаптивных, «сумных» планов терапии на основе прогностических моделей, предсказывающих индивидуальный ответ на разные виды нагрузок, моделирование рисков и прогнозирование долгосрочных результатов реабилитации после инсульта, травм спинного мозга или ортопедических операций. Цель данной статьи – оценить применимость доступных моделей для построения программ реабилитации после инсульта.

Ключевые слова—искусственный интеллект, физическая реабилитация, инсульт, базовые модели, языковые модели.

I. ВВЕДЕНИЕ

Генеративные модели машинного обучения, которые сегодня и понимаются, в основном, как модели Искусственного Интеллекта (ИИ), быстро привлекли к себе внимание, как возможные инструменты для поддержки принятия решений во многих областях. Во многих работах отмечается, что генеративный ИИ будет играть все более важную роль в медицине и здравоохранении по мере его дальнейшего развития и адаптации к уникальным условиям и требованиям медицинской сферы, а также по мере формирования законов, политики и нормативно-правовой базы, регулирующих его использование [1].

Статья получена 25.12.2025

Намиот Е.Д. – ординатор ФФМ МГУ имени М.В. Ломоносова
(email: enamiot@gmail.com)

Компания OpenAI оказалась пионером коммерческого применения генеративных моделей с популярной системой ChatGPT. Подобные системы стали мощными инструментами, способными изменить ландшафт здравоохранения, благодаря их способности к обработке естественного языка [2]. Эти продвинутые языковые модели демонстрируют удивительную способность понимать и генерировать текст, похожий на человеческий. Это делает их идеальными кандидатами для многих приложений, включая медицину и здравоохранение. Используя огромные объемы медицинских данных и знаний, базовые модели (большие языковые модели - LLM) могут трансформировать различные аспекты отрасли здравоохранения [3], предлагая новую эру поддержки принятия клинических решений, общения с пациентами и управления данными. Их потенциал в обработке и интерпретации сложной медицинской информации породил оптимизм относительно их преобразующего влияния на практику здравоохранения [4].

В последнее время начинается активное использование мультимодальных LLM, которые обрабатывают, например, текст и изображения [5,6]. Появились уже и специализированные LLM системы для медицины. Например, ChatDoctor [7] или HuatuoGPT [8], которые представляют собой настройку базовых моделей для медицинского домена.

Конечно, на пути применения LLM в медицинском домене есть множество не решенных проблем. Например, генеративные модели подвержены так называемым состязательным атакам [9], равно как и привносят новые риски, связанные непосредственно с создаваемым контентом [10].

К числу рисков, особенно опасных для медицины, относятся:

- Модели могут генерировать убедительную, но ложную информацию – так называемые галлюцинации.
- Может отсутствовать повторяемость выводов
- Модели могут отражать и усиливать предвзятость, присущую в обучающих данных.
- Важным моментом является конфиденциальность и этика, обеспечение безопасности данных.

LLM в медицинском домене применяются уже в самых разных областях. На рисунке 1 представлена

сравнительная оценка эффективности решения задач в медицинском домене с помощью LLM. Показатель эффективности задач количественно оценивает потенциал различных задач для повышения операционной эффективности в медицинской практике,

отражая улучшения в управлении временем, использовании ресурсов и общей эффективности рабочего процесса [11].

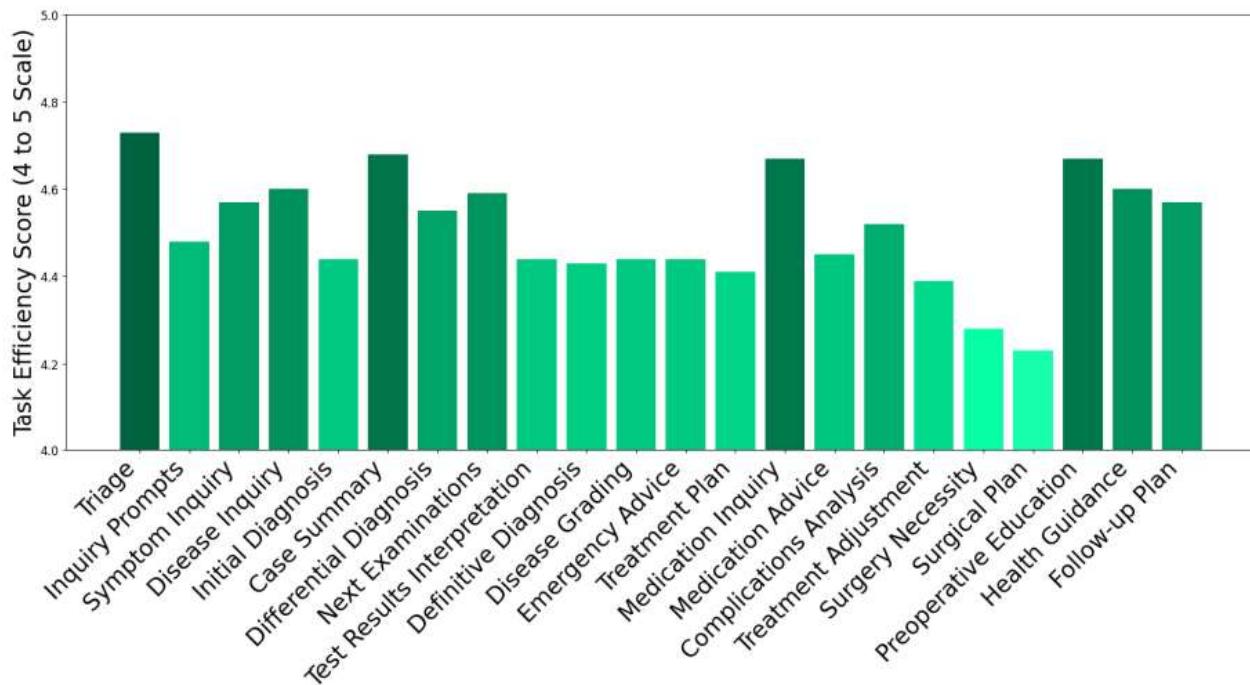


Рис. 1. Оценки эффективности применения [11].

В настоящей статье мы хотим остановиться на использовании LLM в физической реабилитации на примере инсульта.

II LLM В РЕАБИЛИТАЦИИ

Свежий литературный обзор [12] отмечает, что в процессе лечения инсульта генерируются огромные объемы текстовых записей, которые замедляют анализ медицинских карт и затрудняют повторное использование данных. Крупные языковые модели (LLM) были опробованы в качестве решения в задачах, начиная от интерпретации изображений и заканчивая прогнозированием исходов. Этот обзор включает пятнадцать исследований, демонстрирующих, что LLM могут: (i) извлекать ключевые переменные из отчетов о тромбэктомии с точностью до 94%, (ii) локализовать очаги инсульта по тексту отчета о случае с показателями F1² от 0,74 до 0,85 и (iii) прогнозировать функциональный исход точнее, чем традиционные подходы, в небольших пилотных группах.

Однако эти результаты основаны на узких, ретроспективных наборах данных - часто из отдельных центров или общедоступных отчетов о случаях, с которыми модели могли столкнуться во время

предварительного обучения. Большинство оценок используют проприетарные системы, что ограничивает воспроизводимость и скрывает особенности разработки подсказок. Ни одна из них не дифференцирует результаты по полу, языку или социально-экономическому статусу, и лишь немногие раскрывают меры защиты от галлюцинаций или утечки данных.

Авторы рассматривают 5 областей применения LLM, касающейся инсультов (рис. 2)

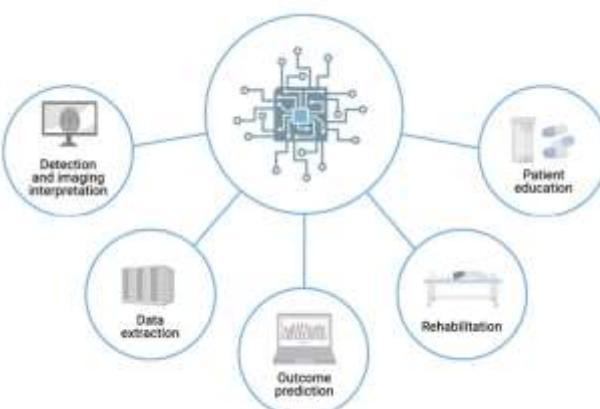


Рис.2. LLM и инсульты [12].

К области реабилитации здесь, по смыслу, примыкает и тема обучения пациентов.

В части реабилитации, обзор отмечает, что реабилитация после инсульта – это, в высшей степени, индивидуальный процесс, однако модели, управляемые ИИ, могут оптимизировать терапию, прогнозируя потенциал восстановления и адаптируя вмешательства. Обзор выделяет две работы. В работе [13] авторы

² F1-Score - это критическая метрика производительности в машинном обучении (ML), используемая для оценки точности моделей классификации. Метрика объединяет точность и полноту: показывает, одновременно, насколько хорошо модель находит объекты положительного класса из всех объектов положительного класса, и какая доля из тех, кого алгоритм назвал положительным классом, действительно являются положительным классом.

исследовали способность ChatGPT-4 генерировать реабилитационные программы и классифицировать пациентов после инсульта в соответствии с кодами МКФ (Международной классификации функционирования, инвалидности и здоровья/ICF - International Classification of Functioning, Disability, and Health), обнаружив, что LLM предоставляет комплексные, рациональные планы терапии. Хотя были отмечены незначительные ошибки классификации, способность ИИ генерировать структурированные стратегии реабилитации за считанные секунды открывает возможность персонализации ухода после инсульта. Модель обучалась (тонкая настройка) на наборе клинических случаев.

LLM также могут помочь в восстановлении когнитивных и языковых функций. В работе [14] авторы исследовали применение ИИ в оценке афазии, продемонстрировав, что предварительно обученные модели могут выявлять языковые проблемы у пациентов после инсульта и даже определять подтипы афазии на основе лингвистических паттернов. Такие модели могут дополнить традиционную логопедическую терапию, позволяя автоматизировать обучение разговорной речи, адаптированное к индивидуальным проблемам. Модель обучалась на датасете AphasiaBank [15].

LLM демонстрируют потенциал в обучении пациентов с инсультом, объясняя ишемический инсульт патофизиологию, диагностические процедуры и стратегии вторичной профилактики простым языком [16, 17]. В смоделированных ситуациях взаимодействия с пациентами эти модели оперативно рекомендовали вызвать скорую помощь и помогали пользователям понять, чего ожидать по прибытии в отделение неотложной помощи, демонстрируя, как диалог в режиме реального времени может улучшить распознавание симптомов и ускорить принятие решений [16]. Однако здесь отмечают и существенные ограничения, такие как отсутствие основных факторов риска и указания терапевтических временных окон. Также LLM создают практические проблемы для пациентов с дизартрией, дисфазией, афазией или алексией – это барьеры, которые необходимо преодолеть до клинической интеграции [17].

В работе [18] оценивается эффективность 4 моделей LLM — ChatGPT-4, MedGo, Qwen и ERNIE Bot, выбранных за их разнообразие по типу модели, клинической значимости и доступности на момент разработки исследования. Цель работы состояла в том, чтобы предложить пациентам с инсультом более точные и безопасные пути санитарно-просветительской работы, а также изучить возможность самостоятельного использования моделей LLM пациентами для получения рекомендаций по реабилитации. Именно датасеты из этой работы легли в основу нашего эксперимента, описанного в следующем разделе.

В работе [19] рассматривается интересная задача интерпретации данных носимых сенсоров в процессе реабилитации. Нарушения, связанные с инсультом,

остаются одной из ведущих причин длительной инвалидности, ограничивая способность людей выполнять повседневные действия. Хотя носимые датчики предлагают масштабируемые решения для мониторинга во время реабилитации, они с трудом различают функциональные и нефункциональные движения, а ручная аннотация данных датчиков требует тщательной и подвержена несоответствиям. В своей работе авторы предлагают новую структуру, использующую LLM для генерации описаний активности из видеокадров терапевтических сеансов. Эти описания сопоставляются с одновременно записанными сигналами акселерометра для создания размеченных обучающих данных. В ходе исследовательского анализа продемонстрировано, что сигналы акселерометра демонстрируют отчетливые временные и статистические закономерности, соответствующие конкретным видам активности, что подтверждает возможность генерации повествований на естественном языке непосредственно из данных датчиков. Полученные результаты закладывают основу для дальнейшего развития моделей преобразования данных датчиков в текст, которые могут обеспечить автоматизированный, неинтрузивный и масштабируемый мониторинг реабилитации после инсульта без необходимости ручной или видеоаннотации.

Еще в одном свежем (август 2025) обзоре применения LLM в лечении инсульта [20] упомянуты шесть примеров, касающихся реабилитации после инсульта.

Например, в работе [21] исследовались способности LLM (ChatGPT) надежно поддерживать оценку когнитивных способностей, что требует дальнейшего исследования его точности и полноты в этой области. Когорта из 60 человек с нормальными когнитивными функциями и 30 человек, перенесших инсульт, прошла комплексное обследование, охватывающее память, обработку числовых данных, вербальную беглость и абстрактное мышление. Медицинские работники и модели LLM GPT-3.5 и GPT-4 проводили оценку в соответствии с установленными стандартами. Результаты сравнивались, и были предприняты усилия по усовершенствованию протоколов оценки и методов взаимодействия для повышения потенциала ChatGPT в этих оценках. В когорте здоровых участников использование GPT-3.5 выявило значительные расхождения в оценке памяти по сравнению как с оценками, проводимыми врачами, так и с оценками, проведенными с использованием GPT-4 ($P < 0,001$). Кроме того, в области оценки памяти GPT-3.5 показал расхождения по 8 из 21 конкретных показателей по сравнению с оценками, проведенными врачами ($P < 0,05$). Также GPT-3.5 продемонстрировал статистически значимые отклонения от оценок врачей в оценке речи ($P = 0,009$). Среди участников с инсультом в анамнезе GPT-3.5 показал различия только в верbalной оценке по сравнению с оценками, проведенными врачами ($P = 0,002$). Примечательно, что благодаря внедрению оптимизированных методик оценки и усовершенствованию протоколов взаимодействия

удалось частично уменьшить эти расхождения. В итоге авторы отмечают, что ChatGPT может давать результаты оценки, сопоставимые с традиционными методами. Несмотря на различия с оценками врачей, усовершенствование алгоритмов оценки и протоколов взаимодействия улучшило согласованность. ChatGPT хорошо работает даже в группах населения со специфическими заболеваниями, такими как инсульт, что свидетельствует о его универсальности. Результаты GPT-4 ближе к оценкам врачей, что указывает на потенциал для дальнейшего улучшения. Эти результаты подчеркивают важность ChatGPT как дополнительного инструмента, открывающего новые возможности для сбора информации в медицинской сфере и определяющего направление его дальнейшего развития и применения.

В работе [22] рассматривается использование LLM в качестве интерфейса управления для реабилитационного робота для верхних конечностей. Объединяя высокоуровневое выполнение задач на основе LLM и низкоуровневую прямую кинематику, авторы используют интуитивность LLM и точность управления на основе моделей для более легкого выполнения различных реабилитационных задач. Результаты показывают, что интерфейс управления на основе LLM значительно превосходит традиционные элементы управления на основе клавиатуры в тестах на удобство использования реабилитационного робота, достигая высокого уровня успешности в испытаниях.

III Вычислительный эксперимент

В данном разделе описан проведенный вычислительный эксперимент. Мы воспроизводим эксперимент, описанный в работе [18]. Авторы опубликовали свой тестовый датасет (15 вопросов и 2 клинических случая). Все этические вопросы касательно его использования описаны в оригинальной работе [18].

В нашем эксперименте мы использовали две LLM: GigaChat и DeepSeek. Обе модели доступны в России без каких-либо прокси-сервисов. Обе модели доступны в хостинговом варианте, который не требует от пользователя ничего более, кроме доступа в Интернет и, возможно, бесплатной регистрации. Соответственно, обе модели использовались с параметрами умолчания, заданными их производителями.

Для работы с моделями использовался промпт из оригинальной работы, который был просто дополнен указанием необходимости ответа на русском языке:

Assume you are an experienced rehabilitation specialist responsible for assessing the home rehabilitation needs of stroke patients and providing personalized advice based on their specific conditions. Use your professional knowledge to provide detailed answers to the following questions. Note that the inquirer is a patient or caregiver with no medical background. Ensure your responses include clear explanations and reference relevant medical evidence to aid understanding. Ответь на русском языке

Каждый вопрос и клинический случай из тестового датасета спрашивался дважды, каждый раз в новой сессии, чтобы исключить влияние контекста. Повторные вопросы нужны для того, чтобы оценить влияние случайности для ответов LLM.

Примеры вопросов:

Q1 How to recognize a stroke?

Q2 How to prevent a stroke?

Q3 What is the optimal period for stroke rehabilitation?

Пример клинического случая:

Mr. Shen, male, 71 years old, suffered a stroke two months ago and has been undergoing pharmacological treatment. The patient still experiences hemiparesis, with no active movement in the left upper limb and poor stability in the left upper and lower limbs, requiring assistance when walking. He also needs assistance with daily activities such as bathing. The patient has had hypertension for two years. How should he proceed with home rehabilitation?

Результаты работы доступны на GitHub³. Для удобства, там же размещен и тестовый датасет (опросник)⁴ из работы [18].

Что можно заключить по этим ответам?

Нет явных ошибок в ответах для обеих моделей. При этом ответы DeepSeek всегда больше по размеру и содержат более конкретную информацию. Сравните, например, из ответов на один и тот же вопрос:

Программа упражнений для восстановления подвижности конечностей GigaChat

Для улучшения мышечной силы и функциональности рекомендуется выполнение комплекса специальных упражнений, направленных на укрепление мышц и развитие моторики. Пример программы включает упражнения для рук и ног, выполняемые ежедневно по 20-30 минут утром и вечером. Вот некоторые из возможных упражнений:

- Активные движения пальцами руки (например, сжимание и разжимание кисти).
- Подъемы ноги лежа на спине с использованием опоры (стул или кровать).
- Упражнения на равновесие стоя возле стены или стола, постепенно увеличивая сложность.

Эти упражнения способствуют улучшению кровообращения, укреплению мышечного корсета и восстановлению нервной проводимости.

ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ (основные компоненты) DeepSeek

*1. Для левой руки (паретичной) *

³ https://github.com/JaneNamiot/Stroke-rehab-project/blob/main/stroke_rehabilitation.pdf
⁴ https://github.com/JaneNamiot/Stroke-rehab-project/blob/main/Stroke_dataset.pdf

- **Пассивные движения**: 2-3 раза в день по 10-15 минут. Аккуратно, без боли, сгибайте-разгибайте пальцы, кисть, локоть, плечо. Это предотвращает контрактуры и поддерживает связь "мозг-рука"

- **Позиционирование**: Когда г-н Шень сидит или лежит, подкладывайте подушку под руку, чтобы она не свисала. Кисть должна быть в нейтральном положении (можно использовать легкую шину)

- **Стимуляция**: легкий массаж, поглаживания, контрастные ванночки для кисти (тепло/прохладно) для улучшения чувствительности

2. Упражнения для ног и ходьбы

- **Сидя на кровати/стуле**: поднимание колен, сгибание-разгибание стоп. 2 подхода по 10 повторений, 2 раза в день

- **Тренировка стояния у устойчивой опоры** (кухонная стойка, специальный поручень):

- Перенос веса с ноги на ногу
- Мини-приседания (с поддержкой)
- Начинайте с 2-3 минут, доводите до 10-15 минут 2 раза в день

- **Ходьба с помощью**: используйте **ходунки с колесами и тормозами** или специальную раму. Сначала между комнатами, затем по квартире

3. Упражнения на равновесие (сидя на стуле)

- Поднимание предметов с пола (с поддержкой)
- Повороты туловища в стороны
- Бросание мяча (с помощником)

При работе с клиническими случаями и ответами на вопросы GigaChat подкреплял свои выводы несколькими (3-5) библиографическими ссылками, но среди них были очевидные галлюцинации (выдуманные работы). Вся литература в библиографии – англоязычные работы до 2020 года.

Интересно, что при ответах на вопросы GigaChat (Россия) использовал термин FAST - правило FAST («лицо-рука-речь-время»), рекомендованное Всемирной организацией здравоохранения:

- FACE (лицо): попросите улыбнуться - заметна асимметрия?
- ARMS (руки): поднимите обе руки вверх - одна опускается быстрее?
- SPEECH (речь): спросите имя, возраст - разборчиво ли звучит речь?
- TIME (время): немедленно звоните в скорую помощь, если заметили хотя бы одно отклонение.

А DeepSeek (Китай) оперировал русскоязычным УДАР – российской версией международного метода FAST
У — Улыбка

Д — Движение
А — Артикуляция
Р — Решение

Получается, что DeepSeek “прочел” больше русскоязычных материалов?

Если оценивать повторные запросы, то для обеих систем ответы были похожи, при этом ответы DeepSeek различались между собой меньше. Например, повторный запрос по методам стимуляции к GigaChat выдал новые методы, которых совсем не было в первом запросе. GigaChat также добавляет библиографические ссылки в ответ по каким-то своим соображениям. Например, в первом ответе присутствуют, при повторном запросе – нет.

Галлюцинации в ответах изредка присутствуют. Например, рекомендация DeepSeek: “**Двигайтесь:** Ходите печенью 30 минут в день.”

У DeepSeek, при, в целом, хорошем русском языке, изредка встречаются английские слова в ответах: “*Из положения сидя медленно вставать, опираясь на здоровую руку и помочь caregiver*”

V ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый вычислительный эксперимент и анализ современной литературы показывают, что большие языковые модели в их текущем виде могут быть использованы для формирования рекомендаций по реабилитации пациентов после инсульта. Наибольшую практическую ценность такие модели демонстрируют в задачах санитарно-просветительской поддержки, структурирования планов упражнений и объяснения реабилитационных мероприятий доступным языком. Воспроизведение ранее опубликованного эксперимента подтвердило, что даже без дополнительной настройки LLM способны генерировать логически последовательные, клинически обоснованные и в целом безопасные рекомендации по реабилитационному процессу.

Вместе с тем полученные результаты ясно показывают, что рекомендации, формируемые LLM, носят обобщённый характер. Несмотря на их корректность и соответствие современным представлениям о реабилитации после инсульта, такие ответы недостаточно учитывают индивидуальные особенности конкретного пациента. К ним относятся тип и локализация инсульта, выраженность когнитивных и сенсорных нарушений, наличие сопутствующих заболеваний, психоэмоциональное состояние, социальный контекст и динамика восстановления. Это ограничение является принципиальным. Оно подтверждается данными недавних обзоров, указывающих, что оценки эффективности LLM в основном основаны на ретроспективных и ограниченных наборах данных и редко анализируют межиндивидуальную вариабельность результатов [23, 24].

Полученные данные согласуются с опубликованными исследованиями, согласно которым LLM следует рассматривать как вспомогательный инструмент, а не замену клинического мышления и индивидуальной оценки пациента [23, 25, 26]. Наиболее перспективной моделью применения на текущем этапе является использование LLM в качестве ассистента врача-реабилитолога [26].

Отдельного внимания заслуживает задача повышения персонализации реабилитационных рекомендаций. Современные исследования показывают, что интеграция LLM с методами машинного обучения, прогнозными моделями восстановления, носимыми сенсорами и мультимодальными данными позволяет повысить точность оценки функционального состояния пациента [27, 28]. В этом контексте LLM целесообразно рассматривать не как автономный клинический инструмент, а как часть гибридных систем, объединяющих языковые модели с количественными методами анализа движений, объективным мониторингом и клиническими шкалами.

Таким образом, результаты работы подтверждают потенциал больших языковых моделей в физической реабилитации после инсульта, одновременно подчёркивая их текущие ограничения. Общие и универсальные рекомендации, даже будучи корректными, не отражают всей сложности индивидуального восстановительного процесса. Это делает клинический контроль и персонализацию ключевыми условиями безопасного внедрения таких технологий. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку специализированных, воспроизводимых и интерпретируемых LLM-решений, ориентированных на индивидуальные траектории восстановления и интегрированных в клинический контур принятия решений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Хотелось бы поблагодарить сотрудников кафедры Информационной безопасности факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова за плодотворные дискуссии и обсуждения. Статья является продолжением работы [29].

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Zhang, Peng, and Maged N. Kamel Boulos. "Generative AI in medicine and healthcare: promises, opportunities and challenges." Future Internet 15.9 (2023): 286.
- [2] Shool, Sina, et al. "A systematic review of large language model (LLM) evaluations in clinical medicine." BMC Medical Informatics and Decision Making 25.1 (2025): 117.
- [3] Goyal, Sagar, et al. "Healai: A healthcare llm for effective medical documentation." Proceedings of the 17th ACM International Conference on Web Search and Data Mining. 2024.
- [4] Lucas, Harrison C., Jeffrey S. Upperman, and Jamie R. Robinson. "A systematic review of large language models and their implications in medical education." Medical education 58.11 (2024): 1276-1285.
- [5] AlSaad, Rawan, et al. "Multimodal large language models in health care: applications, challenges, and future outlook." Journal of medical Internet research 26 (2024): e59505.
- [6] Zhang, Yutong, et al. "Potential of multimodal large language models for data mining of medical images and free-text reports." Meta-Radiology 2.4 (2024): 100103.
- [7] Li, Yunxiang, et al. "Chatdoctor: A medical chat model fine-tuned on a large language model meta-ai (llama) using medical domain knowledge." Cureus 15.6 (2023).
- [8] Zhang, Hongbo, et al. "HuatuoGPT, towards taming language model to be a doctor." Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2023. 2023.
- [9] Намюэт, Д. Е. Схемы атак на модели машинного обучения / Д. Е. Намюэт // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Т. 11, № 5. – С. 68–86. – EDN YVRDOB.
- [10] Namiot, Dmitry, and Eugene Ilyushin. "On Cyber Risks of Generative Artificial Intelligence." International Journal of Open Information Technologies 12.10 (2024): 109-119.
- [11] Xie, Wenya, et al. "Llms for doctors: Leveraging medical llms to assist doctors, not replace them." arXiv preprint arXiv:2406.18034 (2024).
- [12] Soffer, Shelly, et al. "Large Language Models in Stroke Management: A Review of the Literature." medRxiv (2025): 2025-06.
- [13] Zhang, Liang, et al. "Use of artificial intelligence large language models as a clinical tool in rehabilitation medicine: a comparative test case." Journal of Rehabilitation Medicine 55 (2023): 13373.
- [14] Cong, Yan, Arianna N. LaCroix, and Jiyeon Lee. "Clinical efficacy of pre-trained large language models through the lens of aphasia." Scientific reports 14.1 (2024): 15573.
- [15] AphasiaBank <https://talkbank.org/aphasia/> Retrieved Dec 2025
- [16] Lam, W. & Au, S. C. Stroke care in the ChatGPT era: Potential use in early symptom recognition. Journal of Acute Disease 12, 129 (2023).
- [17] Vora, N. N. & Doshi, P. K. Use of ChatGPT in Creating Awareness about Ischemic Stroke. Indian J Community Med 48, 633–635 (2023)
- [18] Qiang, Shiqi, et al. "Application of large language models in stroke rehabilitation health education: 2-phase study." Journal of Medical Internet Research 27 (2025): e73226.
- [19] Hoque, Mohammad Akidul, et al. "Toward Sensor-to-Text Generation: Leveraging LLM-Based Video Annotations for Stroke Therapy Monitoring." Bioengineering 12.9 (2025): 922.
- [20] Zhu, XingCe, et al. "Current Landscape and Future Directions Regarding Generative Large Language Models in Stroke Care: Scoping Review." JMIR Medical Informatics 13.1 (2025): e76636.
- [21] Fei, Xiao, et al. "Evaluating cognitive performance: Traditional methods vs. ChatGPT." Digital Health 10 (2024): 20552076241264639.
- [22] Rifai, Yanayir, et al. "Upper limb rehabilitation robot control based on large language model." 2024 International Conference on Computer, Control, Informatics and its Applications (IC3INA). IEEE, 2024.
- [23] Qiang S, Zhang H, Liao Y, Zhang Y, Gu Y, Wang Y, Xu Z, Shi H, Han N, Yu H. Application of Large Language Models in Stroke Rehabilitation Health Education: 2-Phase Study. J Med Internet Res. 2025 Jul 22;27:e73226. doi: 10.2196/73226. Erratum in: J Med Internet Res. 2025 Oct 14;27:e84717. doi: 10.2196/84717. PMID: 40694436; PMCID: PMC12306586.
- [24] Kopalli SR, Shukla M, Jayaprakash B, Kundlas M, Srivastava A, Jagtap J, Gulati M, Chigurupati S, Ibrahim E, Khandige PS, Garcia DS, Koppula S, Gasmi A. Artificial intelligence in stroke rehabilitation: From acute care to long-term recovery. Neuroscience. 2025 Apr 19;572:214-231. doi: 10.1016/j.neuroscience.2025.03.017. Epub 2025 Mar 9. PMID: 40068721.
- [25] Hager P, Jungmann F, Holland R, Bhagat K, Hubrecht I, Knauer M, Vielhauer J, Makowski M, Braren R, Kaassis G, Rueckert D. Evaluation and mitigation of the limitations of large language models in clinical decision-making. Nat Med. 2024 Sep;30(9):2613-2622. doi: 10.1038/s41591-024-03097-1. Epub 2024 Jul 4. PMID: 38965432; PMCID: PMC1405275.
- [26] Pressman SM, Boma S, Gomez-Cabello CA, Haider SA, Haider CR, Forte AJ. Clinical and Surgical Applications of Large Language Models: A Systematic Review. J Clin Med. 2024 May 22;13(11):3041. doi: 10.3390/jcm13113041. PMID: 38892752; PMCID: PMC11172607.
- [27] O'Brien MK, Shin SY, Khazanchi R, Fanton M, Lieber RL, Ghaffari R, Rogers JA, Jayaraman A. Wearable Sensors Improve Prediction of Post-Stroke Walking Function Following Inpatient Rehabilitation. IEEE J Transl Eng Health Med. 2022 Sep 22;10:2100711. doi: 10.1109/JTEHM.2022.3208585. PMID: 36304845; PMCID: PMC9592048.
- [28] Wei S, Wu Z. The Application of Wearable Sensors and Machine Learning Algorithms in Rehabilitation Training: A Systematic Review. Sensors (Basel). 2023 Sep 5;23(18):7667. doi: 10.3390/s23187667. PMID: 37765724; PMCID: PMC10537628.
- [29] Намюэт, Е. Д. "Большие языковые модели в неврологии." International Journal of Open Information Technologies 14.1 (2026): 177-184.

Artificial intelligence in physical rehabilitation

Eugenia Namiot

Abstract - The rapid development of modern artificial intelligence systems (generative models, which are most often considered AI), particularly powerful basic and multimodal models, is opening up new prospects for personalization and increased effectiveness of physical rehabilitation. These technologies enable the analysis and integration of diverse patient data: from objective indicators of movement and muscle activity (biomechanics, EMG) to imaging data (MRI, ultrasound) and subjective reports. Modern AI models are capable of identifying complex spatiotemporal patterns in the process of motor function restoration. This is made possible by training on large volumes of raw clinical and instrumental data. Such AI solutions have the potential to transform all key areas of rehabilitation, including assessment and monitoring, automated movement and gait analysis using video, interpretation of wearable sensor data for objective progress tracking, creation of adaptive, "smart" therapy plans based on predictive models that predict individual responses to various types of exercise, risk modeling, and prediction of long-term rehabilitation outcomes after stroke, spinal cord injury, or orthopedic surgery. The purpose of this article is to evaluate the applicability of available models for developing rehabilitation programs after stroke.

Keywords— artificial intelligence, physical rehabilitation, stroke, base models, language models.

REFERENCES

- [1] Zhang, Peng, and Maged N. Kamel Boulos. "Generative AI in medicine and healthcare: promises, opportunities and challenges." Future Internet 15.9 (2023): 286.
- [2] Shool, Sina, et al. "A systematic review of large language model (LLM) evaluations in clinical medicine." BMC Medical Informatics and Decision Making 25.1 (2025): 117.
- [3] Goyal, Sagar, et al. "Healai: A healthcare llm for effective medical documentation." Proceedings of the 17th ACM International Conference on Web Search and Data Mining. 2024.
- [4] Lucas, Harrison C., Jeffrey S. Upperman, and Jamie R. Robinson. "A systematic review of large language models and their implications in medical education." Medical education 58.11 (2024): 1276-1285.
- [5] AlSaad, Rawan, et al. "Multimodal large language models in health care: applications, challenges, and future outlook ." Journal of medical Internet research 26 (2024): e59505.
- [6] Zhang, Yutong, et al. "Potential of multimodal large language models for data mining of medical images and free-text reports." Meta-Radiology 2.4 (2024): 100103.
- [7] Li, Yunxiang, et al. "Chatdoctor: A medical chat model fine-tuned on a large language model meta-ai (llama) using medical domain knowledge ." Cureus 15.6 (2023).
- [8] Zhang, Hongbo, et al. "Huatuogpt, towards taming language model to be a doctor." Findings of the association for computational linguistics: EMNLP 2023. 2023.
- [9] Namiot, D. E. Shemy atak na modeli mashinnogo obuch en ija / D. E. Namiot // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – T. 11, # 5. – S. 68-86. – EDN YVRDOB.
- [10] Namiot, Dmitry, and Eugene Ilyushin. "On Cyber Risks of Generative Artificial Intelligence." International Journal of Open Information Technologies 12.10 (2024): 109-119.
- [11] Xie, Wenya, et al. "Llms for doctors: Leveraging medical llms to assist doctors, not replace them." arXiv preprint arXiv:2406.18034 (2024).
- [12] Soffer, Shelly, et al. "Large Language Models in Stroke Management: A Review of the Literature." medRxiv (2025): 2025-06.
- [13] Zhang, Liang, et al. "Use of artificial intelligence large language models as a clinical tool in rehabilitation medicine: a comparative test case." Journal of Rehabilitation Medicine 55 (2023): 13373.
- [14] Cong, Yan, Arianna N. LaCroix, and Jiyeon Lee. "Clinical efficacy of pre-trained large language models through the lens of aphasia." Scientific reports 14.1 (2024): 15573.
- [15] AphasiaBank <https://talkbank.org/aphasia/> Retrieved Dec 2025
- [16] Lam, W. & Au, S. C. Stroke care in the ChatGPTera: Potential use in early symptom recognition. Journal of Acute Disease 12, 129 (2023).
- [17] Vora, N. N. & Doshi, P. K. Use of ChatGPT in Creating Awareness about Ischemic Stroke. Indian J Community Med 48, 633–635 (2023)
- [18] Qiang, Shiqi, et al. "Application of large language models in stroke rehabilitation health education: 2-phase study." Journal of Medical Internet Research 27 (2025): e73226.
- [19] Hoque, Mohammad Akidul, et al. "Toward Sensor-to-Text Generation: Leveraging LLM-Based Video Annotations for Stroke Therapy Monitoring." Bioengineering 12.9 (2025): 922.
- [20] Zhu, XingCe, et al. "Current Landscape and Future Directions Regarding Generative Large Language Models in Stroke Care: Scoping Review." JMIR Medical Informatics 13.1 (2025): e76636.
- [21] Fei, Xiao, et al. "Evaluating cognitive performance: Traditional methods vs. ChatGPT." Digital Health 10 (2024): 20552076241264639.
- [22] Rifai, Yanayir, et al. "Upper limb rehabilitation robot control based on large language model." 2024 International Conference on Computer, Control, Informatics and its Applications (IC3INA). IEEE, 2024.
- [23] Qiang S, Zhang H, Liao Y, Zhang Y, Gu Y, Wang Y, Xu Z, Shi H, Han N, Yu H. Application of Large Language Models in Stroke Rehabilitation Health Education: 2-Phase Study. J Med Internet Res. 2025 Jul 22;27:e73226. doi: 10.2196/73226. Erratum in: J Med Internet Res. 2025 Oct 14;27:e84717. doi: 10.2196/84717. PMID: 40694436; PMCID: PMC12306586.
- [24] Kopalli SR, Shukla M, Jayaprakash B, Kundlas M, Srivastava A, Jagtap J, Gulati M, Chigurupati S, Ibrahim E, Khandige PS, Garcia DS, Koppula S, Gasmi A. Artificial intelligence in stroke rehabilitation: From acute care to long-term recovery. Neuroscience. 2025 Apr 19;572:214-231. doi: 10.1016/j.neuroscience.2025.03.017. Epub 2025 Mar 9. PMID: 40068721.
- [25] Hager P, Jungmann F, Holland R, Bhagat K, Hubrecht I, Knauer M, Vielhauer J, Makowski M, Braren R, Kaassis G, Rueckert D. Evaluation and mitigation of the limitations of large language models in clinical decision-making. Nat Med. 2024 Sep;30(9):2613-2622. doi: 10.1038/s41591-024-03097-1. Epub 2024 Jul 4. PMID: 38965432; PMCID: PMC11405275.
- [26] Pressman SM, Borna S, Gomez-Cabello CA, Haider SA, Haider CR, Forte AJ. Clinical and Surgical Applications of Large Language Models: A Systematic Review. J Clin Med. 2024 May 22;13(11):3041. doi: 10.3390/jcm13113041. PMID: 38892752; PMCID: PMC11172607.
- [27] O'Brien MK, Shin SY, Khazanchi R, Fanton M, Lieber RL, Ghaffari R, Rogers JA, Jayaraman A. Wearable Sensors Improve Prediction of Post-Stroke Walking Function Following Inpatient Rehabilitation. IEEE J Transl Eng Health Med. 2022 Sep 22;10:2100711. doi: 10.1109/JTEHM.2022.3208585. PMID: 36304845; PMCID: PMC9592048.
- [28] Wei S, Wu Z. The Application of Wearable Sensors and Machine Learning Algorithms in Rehabilitation Training: A Systematic Review. Sensors (Basel). 2023 Sep 5;23(18):7667. doi: 10.3390/s23187667. PMID: 37765724; PMCID: PMC10537628.
- [29] Namiot, Eugenia. "Large Language Models in Neuroscience." International Journal of Open Information Technologies 14.1 (2026): 177-184.