

*А.А. Жилияков, С.Ю. Соколов, С.А. Чернядьев,
О.В. Киршина, Н.Ю. Коробова*

ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЫБОРЕ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПРИ КРОВОТЕЧЕНИЯХ ИЗ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА (ОБЗОР)

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет»,
г. Екатеринбург, Российская Федерация

Резюме. *Цель представленного обзора* — анализ современной литературы по оценке возможностей искусственного интеллекта в диагностике кровотечений из желудочно-кишечного тракта для разработки предложений его интеграции в практику. *Материалы и методы.* В ходе исследования были использованы статьи из базы данных PubMed, выбранные по ключевым словам «искусственный интеллект», «язвенное кровотечение», «неварикозное кровотечение», «глубокое обучение» или «машинное обучение». *Результаты.* Изучение литературы позволило установить, что применение современных методов лечения снизило частоту язвенных кровотечений у пациентов и процент ошибок у эндоскопистов. Однако, лечение таких пациентов требует совместной работы врачей нескольких специальностей. Применение искусственного интеллекта (ИИ) значительно повышает качество работы врачей и, в частности, системы ИИ показали большой потенциал во многих областях гастроэнтерологии. Недавно была представлена система с применением ИИ для обнаружения и диагностики полипов методом колоноскопии, позволяющая повысить качество работы эндоскопистов. *Заключение.* в связи с этим, применение технологий искусственного интеллекта является перспективным направлением не только в диагностике, но и в персонифицированном лечении язв желудочно-кишечного тракта и язвенных кровотечений.

Ключевые слова: язвенная болезнь; кровотечение; глубокое обучение; искусственный интеллект

Конфликт интересов отсутствует.

Контактная информация автора, ответственного за переписку:

Жилияков Александр Андреевич

usma@usma.ru

Дата поступления: 12.01.2023

Образец цитирования:

Жилияков А.А., Соколов С.Ю., Чернядьев С.А., Киршина О.В., Коробова Н.Ю. Возможности искусственного интеллекта в выборе лечебно-диагностического алгоритма при кровотечениях из желудочно-кишечного тракта (Обзор). [Электронный ресурс] Вестник уральской медицинской академической науки. 2023, Том 20, № 3, с. 109–120, DOI: 10.22138/2500-0918-2023-20-3-109-120

Введение

Желудочно-кишечное кровотечение (ЖКК) является распространенным осложнением, которое может привести к смерти пациента в 2-10% случаев [1-3]. Однако, благодаря развитию эндоскопической гемостатической терапии, уровень госпитализации и смертности при ЖКК снижается [4, 5]. Существует обновленный план лечения, который разделен на три этапа: доэндоскопический, эндоскопический и постэндоскопический [6, 7]. Этап доэндоскопического вмешательства заключается в оценке необходимости госпитализации, восстановлении водно-солевого баланса и проведении гемотрансфузии, назначении необходимых препаратов и определении времени проведения повторной эндоскопии. Эндоскопический этап включает в себя оценку источника кровотечения

и проведение соответствующей эндоскопической гемостатической терапии. На последнем этапе назначается внутривенная терапия ингибиторами протонной помпы (ИПП), также возможно проведение эрадикации *Helicobacter pylori* [8] антибактериальными препаратами.

В связи с уменьшением частоты заболеваемости язвенной болезнью, согласно исследованию, выполненному в Великобритании, наблюдается снижение процента правильных диагнозов при ЖКК у начинающих эндоскопистов с 76% в 1996 году до 15% в 2011 году [1]. Применение искусственного интеллекта (ИИ) при диагностике ЖКК может предоставить более точную информацию и помочь в принятии правильного тактического решения в экстренных ситуациях [9].

Искусственный интеллект (ИИ) — это компьютерные программы, которые позволяют имитировать мыслительный процесс человека. В медицине технология искусственного интеллекта, включающая машинное обучение (ML) и глубокое обучение (DL), является многообещающей и интересной для решения различных задач. С помощью ML и DL возможна обработка больших объемов данных и построение прогнозирующих моделей, что является важным для прогнозирования вероятности заболевания на основе медицинской истории пациента. DL особенно полезно для обработки медицинских изображений и диагностики различных заболеваний.

Одним из наиболее перспективных примеров применения искусственного интеллекта в медицине является технология DL, которая успешно имитирует нейронные сети человека и демонстрирует повышенную производительность, особенно в области анализа медицинских изображений. Предполагаемые применения этой технологии в медицинской практике могут быть связаны с автоматизированной диагностикой различных заболеваний, что позволяет снизить человеческий фактор и минимизировать ошибки, особенно в экстренных ситуациях.

Таким образом, введение искусственного интеллекта в практику, особенно в области диагностики и лечения ЖКК, становится более актуальным и перспективным. Это открывает новые возможности для улучшения качества лечения и улучшения работы медицинских учреждений в целом.

Материалы и методы

В этом обзоре мы анализируем опубликованную за последние 6 лет литературу, выбранную по ключевым словам «искусственный интеллект», «язвенное кровотечение», «неварикозное кровотечение», «глубокое обучение» или «машинное обучение» из базы данных PubMed, чтобы получить представление о текущем состоянии и о роли ИИ в лечении ЖКК.

Результаты

При госпитализации в стационар пациентов с ЖКК часто возникает необходимость разделять их на различные потоки с учетом выраженности гемодинамической нестабильности, потребности в гемотрансфузии и вероятности рецидива или летального исхода [6, 7, 10]. Разработка модели ML, которая, принимая во внимание исходное состояние пациента, достоверно ранжирует риски неблагоприятного исхода у больных с кровоточащими идиопатическими язвами, является перспективным направлением.

В одном из многочисленных исследований показано, что для оптимизации и автоматизации этой сортировки может оказаться полезным ИИ, способный принимать в расчет особенности анамнеза заболевшего и показатели его рутинных анализов крови [11]. При этом изучаемый в статье вариант ИИ продемонстрировал лучшие результаты, чем общеизвестные системы прогнозирования осложнений у пациентов с вероятностью повторного ЖКК, например, такие как Glasgow-Blatchford score (GBS) [12, 13], Rockall score [14] и AIMS65 [15-17]. Использование ИИ в повседневной работе врача приемного покоя является более практичным, чем традиционное оценивание шансов повторного ЖКК, т.к. позволяет быстро развернуть нейросеть и получить индивидуальные рекомендации, основанные на анамнестических данных и результатах ранее выполненных обследований, зафиксированных в электронных медицинских картах пациента. Длительное и тщательное протоколирование всех случаев применения ML способно выявить более информативные предикты необходимости переливания крови, контрольной эндоскопической оценки или экстренного хирургического лечения больных с рецидивом ЖКК [18].

Также изучение больших статических и динамических данных пациентов гастроэнтерологического профиля может быть использовано для прогнозирования кратко- и долгосрочных исходов

после эпизода ЖКК [28]. В работе Deshmukh et al. [27] описана модель ML, основанная на анализе данных о 5691 пациенте с ЖКК. Ее эффективность сравнена с общепринятой шкалой APACHE, и ML оказалась более точной в прогнозировании смертности среди пациентов с ЖКК, что позволило перевести некоторых пациентов с низким риском смертности от ЖКК из палат интенсивной терапии в общетерапевтические отделения и даже выписать их под амбулаторное наблюдение.

В 2020 году Shung et al. [19] провели исследование использования модели ML для оценки рисков срочного хирургического вмешательства или смертности в течение месяца после повторного ЖКК. При составлении модели были учтены неэндоскопические сведения, такие как возраст, пол, клинические симптомы и значения некоторых лабораторных показателей (гемоглобин, альбумин, МНО, мочевины и креатинин), собранные из нескольких национальных медицинских центров. Позднее эта модель была обучена на данных 6367 пациентов с персистирующим кровотечением из ДПК, которые представляли собой уже комплекс из 35 типов статических и семи типов нерегулярно регистрируемых и динамических лабораторных параметров. Модель показала высокую способность в прогнозировании летальности и способствовала выявлению основных факторов риска и разработке персонализированных методов лечения для улучшения клинических исходов.

Другая модель машинного обучения, основанная на данных из отделений интенсивной терапии, и включающая в себя несколько лабораторных анализов и демографическую информацию, позволила достоверно прогнозировать потребность в гемотрансфузии в ближайшие 24 часа с высоким уровнем точности [21]. В 2018 году был предложен гибридный вариант нейросети для повышения точности прогнозирования смертности при ЖКК. Набор данных включал 35 типов статических переменных и семь типов динамических временных рядов результатов лабораторных тестов. Этот метод достиг AUC 0,94 при прогнозировании 10-летней смертности пациентов после эпизода ЖКК [29].

В 2020 году проведено большое исследование, которое интегрировало результаты предыдущих работ. Исследователи выделили четыре основных алгоритма ML и сравнили их эффективность с балльными методами оценки. Было выявлено, что для эффективного расчета наиболее клинически значимыми переменными были возраст, а также биохимические показатели анализов крови, такие как мочевины, лактат и альбумин, а также гемоглобин, тромбоциты, протромбиновое время. Результаты исследования показали, что модель ML имела более высокую эффективность по сравнению с традиционными системами подсчета баллов: AUC (0,91), чем GBS (0,88, $p = 0,001$), Rockall score (0,73, $p < 0,001$) и AIMS65 score (0,78, $p < 0,001$). Подводя итоги, можно сказать, что модели ML могут использоваться для раннего выявления высокорисковых групп пациентов, но эффективность таких моделей зависит от качества исходных данных, а главное, требует накопления большего массива информации для обеспечения большей достоверности результатов [20].

Многие исследователи соглашаются с тем, что применение ИИ должно быть сосредоточено не только на первичной сортировке, но и на поддержке при выборе тактики лечения для оптимизации рабочего процесса врача-клинициста. С целью профилактики повторного кровотечения из пептических язв желудка и двенадцатиперстной кишки (ЖКК) необходимо скорейшее выявление факторов риска, вызвавших первый эпизод кровотечения. Среди них особенно выделяются следующие: инфекция *Helicobacter pylori* (*H. pylori*) и применение нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП), включая аспирин. Для верификации инфицированности *H. pylori* все чаще используется специально разработанный алгоритм ИИ, который демонстрирует высокий уровень чувствительности и специфичности (более 80%) [30] как метод диагностики. Выделение группы пациентов с повышенным риском рецидива из-за приема НПВП и назначение им длительных курсов ИПП способны значительно улучшить их состояние и прогноз [32, 33]. Клиническое применение данной модели ML может помочь не только выявлять больных с высоким риском рецидива, которые нуждаются в назначении профилактических терапевтических средств, но и избежать побочных эффектов от полипрагмазии [31].

Поскольку в современной медицине врачи-эндоскописты играют важную роль на протяжении всего периода курации пациентов с ЖКК, то исследования применения ИИ в случаях дифференциальной диагностики иных заболеваний желудочно-кишечного тракта [45, 46], проявляющихся геморрагиями различной степени выраженности, являются актуальными. Для создания модели, способной решить данные задачи, Wong et al. [31] использовали данные о 22 854 пациентах в обучающей когорте и 1265 пациентах в исследуемой группе. Модель включала в себя шесть клини-

ческих параметров: возраст, исходный уровень гемоглобина, наличие язвы желудка, заболевания ЖКТ, злокачественные новообразования и инфекции.

Для повышения достоверности диагностики заболеваний желудка, таких как рак и хронические (каллезные) язвы, во всех протоколах рекомендовано проведение прицельной биопсии, которая иногда технически невозможна [34]. Однако, учитывая существенные визуальные различия между доброкачественными и злокачественными заболеваниями желудка, в таких случаях возможно использовать системы ИИ [35]. На данный момент исследуются различные системы ИИ, которые могут дифференцировать кровоточащие злокачественные и доброкачественные язвы желудка.

Cho et al. разработали модель на основе сверточных нейронных сетей (CNN), которая может автоматически классифицировать новообразования желудка на основе эндоскопических изображений. Для обучения модели они использовали 5017 изображений, тестовый набор данных состоял из 812 изображений, а еще 200 изображений использовали для проспективной валидации. Статистически значимой разницы между результатами диагностики моделью и опытными эндоскопистами не было, хотя результаты при автоматическом определении рака желудка оказались менее точными [36].

Namikawa et al. улучшили диагностическую точность этой модели CNN за счет добавления 4453 изображений язвы желудка к оригинальным 13 584 изображениям рака желудка и 373 изображениям язвы желудка. Общая точность была повышена с 45,9% до 95,9% [37].

Wu et al. разработали систему ИИ на основе DL, которая может использоваться для ранней диагностики рака желудка и прогнозирования глубины инвазии рака и статуса дифференциации. Было проведено человеко-машинное соревнование с участием системы ИИ и 46 экспертов-эндоскопистов из 19 провинций Китая, где система превзошла экспертов в идентификации раковых поражений и была сравнима с ними в прогнозировании глубины инвазии опухоли и статуса дифференцировки ее клеток [23].

Не менее важным является создание систем ИИ для поддержки принятия решения и идентификации источника кровотечения, чтобы помочь молодым эндоскопистам в выборе наилучших тактик лечения, особенно в экстренных случаях [47, 48]. Последние исследования показали, что использование модели DL имеет особую значимость для молодых эндоскопистов, которые еще не обладают достаточным опытом работы в экстренных ситуациях. Использование ИИ способно привести к заметному увеличению скорости определения источника кровотечения и выбора наиболее эффективной тактики лечения пациента. На текущий момент все мировые данные свидетельствуют о высокой точности моделей ИИ, однако необходимо проведение многоцентровых проспективных исследований для доказательства их эффективности и надежности [49].

Современные клинические рекомендации регламентируют объем и способы эндоскопического лечения пациентов с высокой вероятностью развития активного кровотечения или повторного кровотечения [3, 6, 7] в зависимости от класса по шкале J.A. Forrest. Однако, правильное отношение каждого конкретного случая к определенному классу сильно [22] зависит от опыта врача-эндоскописта. Уровень повышения достоверности определения кровотечения по шкале J.A. Forrest зависит от уровня изначальной подготовки. Исследование, проведенное Laine et al., показало, что правильность определения класса кровотечения повышается с ростом эндоскопического опыта, особенно после прохождения специализированного обучения [25].

Исследование, выполненное итальянскими коллегами, показало, что тип кровотечения Ia/b по шкале Forrest определялась большинством врачей корректно, в то время как типы II/III были идентифицированы менее точно [26]. В другой найденной нами работе была предложена модель DL, способная классифицировать эндоскопические изображения с различными типами кровотечения в соответствии с классификацией J.A. Forrest. Модель была обучена с использованием 2378 эндоскопических изображений от 1694 пациентов с персистирующим кровотечением из ДПК, точность ее верификации находилась на том же уровне, что и у опытного врача-эндоскописта, и при этом значительно выше, чем у начинающего эндоскописта [23].

Внедрение систем ИИ в клиническую практику может стать мощным инструментом для помощи врачам-эндоскопистам в диагностике и наблюдении за пациентами после эпизода кровотечения. Важно отметить, что несоблюдение практических рекомендаций может привести к различным исходам лечения пациентов [41]. При этом, несмотря на большое число практических рекомендаций, до сих пор ЖКК является распространенной проблемой среди пациентов гастроэнтерологического

профиля, а результаты лечения остаются неоптимальными [40].

Заключение

Вопрос оптимизации стратегии лечения пациентов с язвенными кровотечениями продолжает оставаться актуальным в мировой системе здравоохранения. В данной статье были описаны способы использования методов ИИ для решения данной проблемы. Клиническое применение ИИ может помочь врачам быстро выявлять пациентов с высоким риском кровотечения и назначать им профилактические терапевтические средства. С другой стороны, адекватная стратификация по риску рецидива снизит вероятность побочных эффектов необоснованно назначенной терапии у пациентов с низким риском повторного кровотечения. Использование ИИ может также помочь эндоскопистам более эффективно следить за пациентами после эпизода кровотечения.

Хотя модели ИИ продемонстрировали определенный потенциал в ассистенции при курации пациентов с язвенными кровотечениями из ДПК, однако был выявлен ряд лимитирующих факторов, требующих дальнейшего изучения. Например, распространенность и основные причины язвенной болезни различаются в западных и восточных странах, и большинство моделей ИИ, обученных на основе данных одного региона, могут быть неприменимы к другим этническим популяциям [43]. Поэтому специалисты должны быть осведомлены об ограничениях и особенностях применения ИИ для обеспечения наилучшего качества оказываемой помощи и профилактики возможных негативных последствий ЖКК.

Кроме того, качество обучения модели зависит от качества и количества обучающих данных, однако информация о язвенных кровотечениях остается малодоступной из-за законодательных и этических соображений. При исследовании наличия доступных датасетов, состоящих из изображений эндоскопии при персистирующих язвенных кровотечениях, многими авторами указано на отсутствие таких наборов данных в открытом доступе [43, 44]. Поэтому, с учетом тенденции к снижению заболеваемости и распространенности заболеваний желудочно-кишечного тракта, для повышения качества разработки моделей необходимо создание проспективного национального или международного набора соответствующих, классифицированных по единым стандартам, данных.

Однако, учитывая снижение заболеваемости и повышение востребованности эндоскопистов не только как диагностов, но и как специалистов, выполняющих видеоассистированные манипуляции, необходимы дальнейшие исследования, расширяющие сферу применения искусственного интеллекта в клинической практике. Также научные изыскания в данной сфере способствуют более точному определению возможных ограничений и рисков, связанных с использованием ИИ в медицинской практике, и разработке соответствующих стратегий для их устранения.

Для улучшения качества оказываемой помощи больным с ЖКК нужно активнее внедрять новейшие разработки в области ИИ, которые способны оперативно определить уровень риска у пациента и принимать своевременные меры для предотвращения утяжеления состояния. Кроме того, ИИ позволяет уменьшить вероятность человеческой ошибки, особенно в экстренных ситуациях. В итоге, использование искусственного интеллекта в медицине может привести к заметному улучшению качества жизни пациентов и уменьшению расходов на медицинскую помощь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bello F.P.S. et al. Acute upper gastrointestinal bleeding due to portal hypertension in children: What is the best timing of endoscopy? // *Dig Liver Dis*, 2022 Vol. 54 № 1. P. 63-68. doi: 10.1016/j.dld.2021.09.010.
2. Segal J. et al. Training in endotherapy for acute upper gastrointestinal bleeding: a UK-wide gastroenterology trainee survey // *Frontline Gastroenterol*, 2020. Vol. 11, № 6. P. 430-435. doi: 10.1136/flgastro-2019-101345.
3. Gralnek I.M. et al. Endoscopic diagnosis and management of nonvariceal upper gastrointestinal hemorrhage (NVUGIH): European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline - Update 2021 // *Endoscopy*, 2021. Vol. 53, № 3. P. 300-332. doi: 10.1055/a-1369-5274.
4. Lau L.H.S., Sung J.J.Y. Treatment of upper gastrointestinal bleeding in 2020: New techniques and outcomes // *Dig Endosc*. Blackwell Publishing, 2021. Vol. 33, № 1. P. 83–94. doi:10.1111/den.13674
5. Shi W. et al. China Acute Myocardial Infarction (CAMI) Registry Study Group. In-hospital

- gastrointestinal bleeding in patients with acute myocardial infarction: incidence, outcomes and risk factors analysis from China Acute Myocardial Infarction Registry // *BMJ Open*, 2021. Vol. 11, № 9. P. e044117. doi: 10.1136/bmjopen-2020-044117.
6. Weissman S. et al. Relationships of hospitalization outcomes and timing to endoscopy in non-variceal upper gastrointestinal bleeding: A nationwide analysis // *World J Gastrointest Endosc*, 2023. Vol. 15, № 4. P. 285–296. doi: 10.4253/wjge.v15.i4.285.
 7. Mullady D.K. et al. AGA Clinical Practice Update on Endoscopic Therapies for Non-Variceal Upper Gastrointestinal Bleeding: Expert Review // *Gastroenterology*, 2020. Vol. 159, № 3. P. 1120–1128. doi: 10.1053/j.gastro.2020.05.095.
 8. Бордин Д.С. и др. *Helicobacter pylori*: клиническое значение и принципы диагностики // *Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение*. 2022. Т. 11, № 1. С. 119–129. doi:10.33029/2305-3496-2022-11-1-119-129
 9. Пулатов С.А., Мотыко А.А. Разработка алгоритма автоматического обнаружения кровотоков на эндоскопических снимках // *Наука настоящего и будущего*. 2019. Т. 1. С. 185–187. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41177370>
 10. Alali A.A. et al. Topical hemostatic agents in the management of upper gastrointestinal bleeding: a meta-analysis // *Endosc Int Open*, 2023. Vol. 11, № 4. P. E368–E385. doi: 10.1055/a-1984-6895.
 11. Shung D. et al. Early identification of patients with acute gastrointestinal bleeding using natural language processing and decision rules // *Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia)*. John Wiley and Sons Inc, 2021. Vol. 36, № 6. P. 1590–1597. doi:10.1111/JGH.15313
 12. Alali A.A., Barkun A.N. An update on the management of non-variceal upper gastrointestinal bleeding // *Gastroenterol Rep (Oxf)*, 2023. Vol. 11:goad011. doi: 10.1093/gastro/goad011.
 13. Воробьев П.А. Теория в построении автоматизированных диагностических опросников // *Проблемы стандартизации в здравоохранении*. 2016. Т. 7, № 8. С. 3–13. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26562019>
 14. Rockall T.A. et al. Risk assessment after acute upper gastrointestinal haemorrhage // *Gut*. BMJ Publishing Group, 1996. Vol. 38, № 3. P. 316–321. doi:10.1136/GUT.38.3.316
 15. Kim M.S., Choi J., Shin W.C. AIMS65 scoring system is comparable to Glasgow-Blatchford score or Rockall score for prediction of clinical outcomes for non-variceal upper gastrointestinal bleeding // *BMC Gastroenterol*. BioMed Central Ltd., 2019. Vol. 19, № 1. doi:10.1186/S12876-019-1051-8
 16. Ebrahimi Bakhtavar H. et al. Clinical Scoring Systems in Predicting the Outcome of Acute Upper Gastrointestinal Bleeding; a Narrative Review // *Emerg (Tehran)*, 2017. Vol. 5, № 1. P. e36.
 17. Park S.M. et al. Comparison of AIMS65 Score and Other Scoring Systems for Predicting Clinical Outcomes in Koreans with Nonvariceal Upper Gastrointestinal Bleeding // *Gut Liver*, 2016. Vol. 10, № 4. P. 526–31. doi: 10.5009/gnl15153.
 18. Shung D.L. et al. Validation of a Machine Learning Model That Outperforms Clinical Risk Scoring Systems for Upper Gastrointestinal Bleeding // *Gastroenterology*, 2020. Vol. 158, № 1. P. 160–167. doi: 10.1053/j.gastro.2019.09.009.
 19. Shung D.L. et al. Validation of a Machine Learning Model That Outperforms Clinical Risk Scoring Systems for Upper Gastrointestinal Bleeding // *Gastroenterology*. W.B. Saunders, 2020. Vol. 158, № 1. P. 160–167. doi:10.1053/J.GASTRO.2019.09.009
 20. Berbís M.A. et al. A Role of artificial intelligence in multidisciplinary imaging diagnosis of gastrointestinal diseases // *World J Gastroenterol*, 2021. Vol. 27, № 27. P. 4395–4412. doi: 10.3748/wjg.v27.i27.4395.
 21. Kang S. et al. Machine Learning Model for the Prediction of Hemorrhage in Intensive Care Units // *Healthc Inform Res*, 2022. Vol. 28, № 4. P. 364–375. doi: 10.4258/hir.2022.28.4.364.
 22. Forrest J.A.H., Finlayson N.D.C., Shearman D.J.C. Endoscopy in gastrointestinal bleeding // *The Lancet*. 1974. Vol. 304, № 7877. P. 394–397. doi:10.1016/S0140-6736(74)91770-X
 23. Yen H.H. et al. Performance Comparison of the Deep Learning and the Human Endoscopist for Bleeding Peptic Ulcer Disease // *J Med Biol Eng*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2021. Vol. 41, № 4. P. 504–513. doi:10.1007/S40846-021-00608-0
 24. Lai Y. et al. Development and validation of a model to predict rebleeding within three days after endoscopic hemostasis for high-risk peptic ulcer bleeding // *BMC Gastroenterol*, 2022. Vol. 22, № 1. P.

64. doi: 10.1186/s12876-022-02145-9.

25. Laine L., Freeman M., Cohen H. Lack of uniformity in evaluation of endoscopic prognostic features of bleeding ulcers // *Gastrointest Endosc.* 1994. Vol. 40, № 4. P. 411–417. doi:10.1016/S0016-5107(94)70202-0

26. Yen HH. et al. Forrest Classification for Bleeding Peptic Ulcer: A New Look at the Old Endoscopic Classification. *Diagnostics (Basel)*, 2022. Vol. 12 № 5. P. 1066. doi: 10.3390/diagnostics12051066.

27. Deshmukh F., Merchant S.S. Explainable Machine Learning Model for Predicting GI Bleed Mortality in the Intensive Care Unit // *American Journal of Gastroenterology*. Wolters Kluwer Health, 2020. Vol. 115, № 10. P. 1657–1668. doi:10.14309/AJG.0000000000000632

28. Хасанов А.Г., Нуртдинов М.А., Гололобов Г.Ю. О прогнозировании осложнений язвенной болезни на основе искусственных нейронных сетей // *Анналы хирургии*. 2016. Т. 21, № 4. С. 231–234. doi:10.18821/1560-9502-2016-21-4-231-234

29. Sun C. et al. Interpretable time-aware and co-occurrence-aware network for medical prediction // *BMC Med Inform Decis Mak*, 2021. Vol. 21, № 1. P. 305. doi: 10.1186/s12911-021-01662-z.

30. Dilaghi E. et al. Systematic review and meta-analysis: Artificial intelligence for the diagnosis of gastric precancerous lesions and *Helicobacter pylori* infection // *Dig Liver Dis.* Vol. 54, № 12. P. 1630–1638. doi: 10.1016/j.dld.2022.03.007.

31. Wong G.L.H. et al. Machine learning model to predict recurrent ulcer bleeding in patients with history of idiopathic gastroduodenal ulcer bleeding // *Aliment Pharmacol Ther.* Blackwell Publishing Ltd, 2019. Vol. 49, № 7. P. 912–918. doi:10.1111/APT.15145

32. Wong G.L.H. et al. Prevention of recurrent idiopathic gastroduodenal ulcer bleeding: A double-blind, randomised trial // *Gut*. BMJ Publishing Group, 2020. Vol. 69, № 4. P. 652–657. doi:10.1136/GUTJNL-2019-318715

33. Кобринский Б.А., Хавкин А.И., Волинец Г.В. Перспективы применения систем искусственного интеллекта в гастроэнтерологии // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2020. Т. 179, № 7. С. 109–117. doi:10.31146/1682-8658-ecg-179-7-109-117

34. Zhao Q., Chi T. Biopsy in emergency gastroscopy does not increase the risk of rebleeding in patients with Forrest I acute nonvariceal upper gastrointestinal bleeding combined with suspected malignant gastric ulcer: a multicenter retrospective cohort study // *BMC Gastroenterol*. BioMed Central Ltd, 2021. Vol. 21, № 1. doi:10.1186/S12876-021-01836-Z

35. Afonso J. et al. Automated detection of ulcers and erosions in capsule endoscopy images using a convolutional neural network // *Med Biol Eng Comput.* 2022. Vol. 60, № 3. P. 719–725. doi: 10.1007/s11517-021-02486-9.

36. Cho B.J. et al. Automated classification of gastric neoplasms in endoscopic images using a convolutional neural network // *Endoscopy*. Georg Thieme Verlag, 2019. Vol. 51, № 12. P. 1121–1129. doi:10.1055/A-0981-6133

37. Namikawa K. et al. Artificial intelligence-based diagnostic system classifying gastric cancers and ulcers: Comparison between the original and newly developed systems // *Endoscopy*. Georg Thieme Verlag, 2020. Vol. 52, № 12. P. 1077–1083. doi:10.1055/A-1194-8771

38. Архипова А.А., Анищенко В.В. Современные возможности и перспективы ранней диагностики рака желудка // *Acta Biomed Sci.* 2021. Т. 6, № 3. С. 113–125. doi:10.29413 / ABS. 2021-6.3.12

39. Hamada K. et al. Application of convolutional neural networks for evaluating the depth of invasion of early gastric cancer based on endoscopic images // *J Gastroenterol Hepatol*, 2022. Vol. 37, № 2. P. 352–357. doi: 10.1111/jgh.15725.

40. Yen T. et al. Optimizing Endoscopy Procedure Documentation Improves Guideline-Adherent Care in Upper Gastrointestinal Bleeding // *Dig Dis Sci*, 2023 № 16. P. 1–12. doi: 10.1007/s10620-023-07823-6.

41. Alatawi A. et al.. Findings of Esophagogastroduodenoscopy in Patients Suspected of Upper Gastrointestinal Bleeding Referred to the Main Endoscopy Unit at King Fahad Specialist Hospital // *Cureus*, 2020. Vol. 12, № 12. P. e11862. doi: 10.7759/cureus.11862.

42. Thompson W.H. et al. Dataset decay and the problem of sequential analyses on open datasets // *Elife*. eLife Sciences Publications Ltd, 2020. Vol. 9. P. 1–17. doi:10.7554/ELIFE.53498

43. Smedsrud P.H. et al. Kvasir-Capsule, a video capsule endoscopy dataset // *Sci Data*, 2021. Vol. 8, № 1. P. 142. doi: 10.1038/s41597-021-00920-z.

44. Yen H.H. et al. Current Status and Future Perspective of Artificial Intelligence in the Management of Peptic Ulcer Bleeding: A Review of Recent Literature // J Clin Med, 2021. Vol. 10, № 16. P. 3527. doi: 10.3390/jcm10163527.
45. Yu Q. et al. Empiric Transcatheter Embolization for Acute Arterial Upper Gastrointestinal Bleeding: A Meta-Analysis // AJR Am J Roentgenol, 2021. Vol. 216, № 4. P. 880-893. doi: 10.2214/AJR.20.23151.
46. Ini' C. et al. Embolization for acute nonvariceal bleeding of upper and lower gastrointestinal tract: a systematic review // CVIR Endovasc, 2023. Vol. 6, № 1. P. 18. doi: 10.1186/s42155-023-00360-3.
47. Vorčák M. et al. Endovascular Treatment of Gastrointestinal Hemorrhage // Medicina (Kaunas), 2022. Vol. 58, № 3. P. 424. doi: 10.3390/medicina58030424.
48. Ястремский А.П. и др. Обучение искусственной нейронной сети как этап разработки экспертной системы для дифференциальной диагностики острых заболеваний глотки // УМЖ, 2015, Т. 5, № 128, С. 74–79. <https://elibrary.ru/item.asp?id=24313600>

Авторы

Жилияков Александр Андреевич

Студент 3 курса Лечебно-профилактического факультета

Соколов Сергей Юрьевич

К.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедры медицинской физики, информатики и математики

Чернядьев Сергей Александрович

Д.м.н., профессор, заведующий кафедрой хирургических болезней, сердечно-сосудистой хирургии, реконструктивной и пластической хирургии

Киршина Ольга Владимировна

Д.м.н., профессор, профессор кафедры хирургических болезней, сердечно-сосудистой хирургии, реконструктивной и пластической хирургии

Коробова Наталья Юрьевна

К.м.н., доцент, доцент кафедры хирургических болезней, сердечно-сосудистой хирургии, реконструктивной и пластической хирургии

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Уральский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации

Екатеринбург, Российская Федерация

usma@usma.ru

***A.A. Zhilyakov, S.Yu. Sokolov, S.A. Chernyadyev,
O.V. Kirshina, N.Yu. Korobova***

**POSSIBILITIES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CHOICE
OF A THERAPEUTIC AND DIAGNOSTIC ALGORITHM FOR BLEEDING
FROM THE GASTROINTESTINAL TRACT**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ural State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russian Federation

Abstract. *The purpose of this review* is to analyze the current literature on the use of artificial intelligence in the diagnosis of ulcerative bleeding, in order to assess the current status and formulate

hypotheses regarding the further development of this technology and the requirements for its integration into practice. **Materials and methods:** The study used articles from the PubMed database, selected for the keywords «artificial intelligence», «ulcerative bleeding», «neurotic bleeding», «deep learning» or «machine learning». **Results:** The study of the literature made it possible to establish that the use of modern methods of treatment reduced the frequency of ulcerative bleeding in patients and the percentage of errors in endoscopists. However, the treatment of such patients requires the joint work of doctors of several specialties. The use of artificial intelligence (AI) significantly improves the quality of doctors' work and, in particular, AI systems have shown great potential in many areas of gastroenterology. Recently, an AI-powered system for detecting and diagnosing polyps by colonoscopy was introduced, which improves the quality of endoscopists' work. **Conclusion:** In this regard, the use of artificial intelligence technologies is a promising direction in the treatment of ulcerative bleeding and can significantly improve the practice of endoscopists.

Keywords: peptic ulcer; bleeding; deep training; artificial intelligence

There is no conflict of interest.

Contact details of the corresponding author:

Alexander A. Zhilyakov

usma@usma.ru

Received 12.01.2023

For citation:

Zhilyakov A.A., Sokolov S.Yu., Chernyadyev S.A., Kirshina O.V., Korobova N.Yu. Possibilities of artificial intelligence in the choice of a therapeutic and diagnostic algorithm for bleeding from the gastrointestinal tract. [Online] Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2023, Vol. 20, no. 3, pp. 109–120. DOI: 10.22138/2500-0918-2023-20-3-109-120 (In Russ)

REFERENCES

1. Bello F.P.S. et al. Acute upper gastrointestinal bleeding due to portal hypertension in children: What is the best timing of endoscopy? *Dig Liver Dis*, 2022 Vol. 54 № 1. P. 63-68. doi: 10.1016/j.dld.2021.09.010.
2. Segal J. et al. Training in endotherapy for acute upper gastrointestinal bleeding: a UK-wide gastroenterology trainee survey. *Frontline Gastroenterol*, 2020. Vol. 11, № 6. P. 430-435. doi: 10.1136/flgastro-2019-101345.
3. Gralnek I.M. et al. Endoscopic diagnosis and management of nonvariceal upper gastrointestinal hemorrhage (NVUGIH): European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline - Update 2021. *Endoscopy*, 2021. Vol. 53, № 3. P. 300-332. doi: 10.1055/a-1369-5274.
4. Lau L.H.S., Sung J.J.Y. Treatment of upper gastrointestinal bleeding in 2020: New techniques and outcomes. *Dig Endosc*. Blackwell Publishing, 2021. Vol. 33, № 1. P. 83–94. doi:10.1111/den.13674
5. Shi W. et al. China Acute Myocardial Infarction (CAMI) Registry Study Group. In-hospital gastrointestinal bleeding in patients with acute myocardial infarction: incidence, outcomes and risk factors analysis from China Acute Myocardial Infarction Registry. *BMJ Open*, 2021. Vol. 11, № 9. P. e044117. doi: 10.1136/bmjopen-2020-044117.
6. Weissman S. et al. Relationships of hospitalization outcomes and timing to endoscopy in non-variceal upper gastrointestinal bleeding: A nationwide analysis. *World J Gastrointest Endosc*, 2023. Vol. 15, № 4. P. 285-296. doi: 10.4253/wjge.v15.i4.285.
7. Mullady D.K. et al. AGA Clinical Practice Update on Endoscopic Therapies for Non-Variceal Upper Gastrointestinal Bleeding: Expert Review. *Gastroenterology*, 2020. Vol. 159, № 3. P. 1120-1128. doi: 10.1053/j.gastro.2020.05.095.
8. Bordin D.C. et al. Helicobacter pylori: clinical significance and principles of diagnosis. *Infectious diseases: news, opinions, training*. 2022. Vol. 11, № 1. P. 119–129. doi:10.33029/2305-3496-2022-11-1-119-129
9. Pulatov S.A., Motyko A.A. Development of an algorithm for automatic detection of bleeding on

endoscopic images. Science of the present and the future. 2019. Vol. 1, P. 185–187. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41177370>

10. Alali A.A. et al. Topical hemostatic agents in the management of upper gastrointestinal bleeding: a meta-analysis. *Endosc Int Open*, 2023. Vol. 11, № 4. P. E368-E385. doi: 10.1055/a-1984-6895.

11. Shung D. et al. Early identification of patients with acute gastrointestinal bleeding using natural language processing and decision rules. *Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia)*. John Wiley and Sons Inc, 2021. Vol. 36, № 6. P. 1590–1597. doi:10.1111/JGH.15313

12. Alali A.A., Barkun A.N. An update on the management of non-variceal upper gastrointestinal bleeding. *Gastroenterol Rep (Oxf)*, 2023. Vol. 11:goad011. doi: 10.1093/gastro/goad011.

13. Vorobyov P.A. Theory in the construction of automated diagnostic questionnaires // Problems of standardization in health care. 2016. Vol. 7, № 8. P. 3–13. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26562019>

14. Rockall T.A. et al. Risk assessment after acute upper gastrointestinal haemorrhage. *Gut*. BMJ Publishing Group, 1996. Vol. 38, № 3. P. 316–321. doi:10.1136/GUT.38.3.316

15. Kim M.S., Choi J., Shin W.C. AIMS65 scoring system is comparable to Glasgow-Blatchford score or Rockall score for prediction of clinical outcomes for non-variceal upper gastrointestinal bleeding. *BMC Gastroenterol*. BioMed Central Ltd., 2019. Vol. 19, № 1. doi:10.1186/S12876-019-1051-8

16. Ebrahimi Bakhtavar H. et al. Clinical Scoring Systems in Predicting the Outcome of Acute Upper Gastrointestinal Bleeding; a Narrative Review. *Emerg (Tehran)*, 2017. Vol. 5, № 1. P. e36.

17. Park S.M. et al. Comparison of AIMS65 Score and Other Scoring Systems for Predicting Clinical Outcomes in Koreans with Nonvariceal Upper Gastrointestinal Bleeding. *Gut Liver*, 2016. Vol. 10, № 4. P. 526-31. doi: 10.5009/gnl15153.

18. Shung D.L. et al. Validation of a Machine Learning Model That Outperforms Clinical Risk Scoring Systems for Upper Gastrointestinal Bleeding. *Gastroenterology*, 2020. Vol. 158, № 1. P. 160-167. doi: 10.1053/j.gastro.2019.09.009.

19. Shung D.L. et al. Validation of a Machine Learning Model That Outperforms Clinical Risk Scoring Systems for Upper Gastrointestinal Bleeding. *Gastroenterology*. W.B. Saunders, 2020. Vol. 158, № 1. P. 160–167. doi:10.1053/J.GASTRO.2019.09.009

20. Berbís M.A. et al. A Role of artificial intelligence in multidisciplinary imaging diagnosis of gastrointestinal diseases. *World J Gastroenterol*, 2021. Vol. 27, № 27. P. 4395-4412. doi: 10.3748/wjg.v27.i27.4395.

21. Kang S. et al. Machine Learning Model for the Prediction of Hemorrhage in Intensive Care Units. *Healthc Inform Res*, 2022. Vol. 28, № 4. P. 364-375. doi: 10.4258/hir.2022.28.4.364.

22. Forrest J.A.H., Finlayson N.D.C., Shearman D.J.C. Endoscopy in gastrointestinal bleeding. *The Lancet*. 1974. Vol. 304, № 7877. P. 394–397. doi:10.1016/S0140-6736, № 74)91770-X

23. Yen H.H. et al. Performance Comparison of the Deep Learning and the Human Endoscopist for Bleeding Peptic Ulcer Disease. *J Med Biol Eng*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2021. Vol. 41, № 4. P. 504–513. doi:10.1007/S40846-021-00608-0

24. Lai Y. et al. Development and validation of a model to predict rebleeding within three days after endoscopic hemostasis for high-risk peptic ulcer bleeding. *BMC Gastroenterol*, 2022. Vol. 22, № 1. P. 64. doi: 10.1186/s12876-022-02145-9.

25. Laine L., Freeman M., Cohen H. Lack of uniformity in evaluation of endoscopic prognostic features of bleeding ulcers. *Gastrointest Endosc*. 1994. Vol. 40, № 4. P. 411–417. doi:10.1016/S0016-5107(94)70202-0

26. Yen H.H. et al. Forrest Classification for Bleeding Peptic Ulcer: A New Look at the Old Endoscopic Classification. *Diagnostics (Basel)*, 2022. Vol. 12 № 5. P. 1066. doi: 10.3390/diagnostics12051066.

27. Deshmukh F., Merchant S.S. Explainable Machine Learning Model for Predicting GI Bleed Mortality in the Intensive Care Unit. *American Journal of Gastroenterology*. Wolters Kluwer Health, 2020. Vol. 115, № 10. P. 1657–1668. doi:10.14309/AJG.0000000000000632

28. Khasanov A.G., Nurtdinov M.A., Gololobov G.Yu. About predicting complications of peptic ulcer disease based on artificial neural networks. *Annals of Surgery*. 2016. Vol. 21, № 4. P. 231-234. doi:10.18821/1560-9502-2016-21-4-231-234

29. Sun C. et al. Interpretable time-aware and co-occurrence-aware network for medical prediction. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2021. Vol. 21, № 1. P. 305. doi: 10.1186/s12911-021-01662-z.

30. Dilaghi E. et al. Systematic review and meta-analysis: Artificial intelligence for the diagnosis of gastric precancerous lesions and Helicobacter pylori infection. *Dig Liver Dis*. Vol. 54, № 12. P. 1630–1638. doi: 10.1016/j.dld.2022.03.007.
31. Wong G.L.H. et al. Machine learning model to predict recurrent ulcer bleeding in patients with history of idiopathic gastroduodenal ulcer bleeding. *Aliment Pharmacol Ther*. Blackwell Publishing Ltd, 2019. Vol. 49, № 7. P. 912–918. doi:10.1111/APT.15145
32. Wong G.L.H. et al. Prevention of recurrent idiopathic gastroduodenal ulcer bleeding: A double-blind, randomised trial. *Gut*. BMJ Publishing Group, 2020. Vol. 69, № 4. P. 652–657. doi:10.1136/GUTJNL-2019-318715
33. Kobrinsky B.A., Khavkin A.I., Volynets G.V. Prospects for the use of artificial intelligence systems in gastroenterology. 2020. Vol. 179, № 7. P. 109–117. doi:10.31146/1682-8658-ecg-179-7-109-117
34. Zhao Q., Chi T. Biopsy in emergency gastroscopy does not increase the risk of rebleeding in patients with Forrest I acute nonvariceal upper gastrointestinal bleeding combined with suspected malignant gastric ulcer: a multicenter retrospective cohort study. *BMC Gastroenterol*. BioMed Central Ltd, 2021. Vol. 21, № 1. doi:10.1186/S12876-021-01836-Z
35. Afonso J. et al. Automated detection of ulcers and erosions in capsule endoscopy images using a convolutional neural network. *Med Biol Eng Comput*. 2022. Vol. 60, № 3. P. 719–725. doi: 10.1007/s11517-021-02486-9.
36. Cho B.J. et al. Automated classification of gastric neoplasms in endoscopic images using a convolutional neural network. *Endoscopy*. Georg Thieme Verlag, 2019. Vol. 51, № 12. P. 1121–1129. doi:10.1055/A-0981-6133
37. Namikawa K. et al. Artificial intelligence-based diagnostic system classifying gastric cancers and ulcers: Comparison between the original and newly developed systems. *Endoscopy*. Georg Thieme Verlag, 2020. Vol. 52, № 12. P. 1077–1083. doi:10.1055/A-1194-8771
38. Arkhipova A. A., Anishchenko V. B. Modern possibilities and prospects for early diagnosis of gastric cancer. *Acta Biomed Sci*. 2021. Vol. 6, № 3. P. 113–125. doi:10.29413 / ABS. 2021-6.3.12
39. Hamada K. et al. Application of convolutional neural networks for evaluating the depth of invasion of early gastric cancer based on endoscopic images. *J Gastroenterol Hepatol*, 2022. Vol. 37, № 2. P. 352–357. doi: 10.1111/jgh.15725.
40. Yen T. et al. Optimizing Endoscopy Procedure Documentation Improves Guideline-Adherent Care in Upper Gastrointestinal Bleeding. *Dig Dis Sci*, 2023 № 16. P. 1–12. doi: 10.1007/s10620-023-07823-6.
41. Alatawi A. et al.. Findings of Esophagogastroduodenoscopy in Patients Suspected of Upper Gastrointestinal Bleeding Referred to the Main Endoscopy Unit at King Fahad Specialist Hospital. *Cureus*, 2020. Vol. 12, № 12. P. e11862. doi: 10.7759/cureus.11862.
42. Thompson W.H. et al. Dataset decay and the problem of sequential analyses on open datasets. *Elife*. eLife Sciences Publications Ltd, 2020. Vol. 9. P. 1–17. doi:10.7554/ELIFE.53498
43. Smedsrud P.H. et al. Kvasir-Capsule, a video capsule endoscopy dataset. *Sci Data*, 2021. Vol. 8, № 1. P. 142. doi: 10.1038/s41597-021-00920-z.
44. Yen H.H. et al. Current Status and Future Perspective of Artificial Intelligence in the Management of Peptic Ulcer Bleeding: A Review of Recent Literature. *J Clin Med*, 2021. Vol. 10, № 16. P. 3527. doi: 10.3390/jcm10163527.
45. Yu Q. et al. Empiric Transcatheter Embolization for Acute Arterial Upper Gastrointestinal Bleeding: A Meta-Analysis. *AJR Am J Roentgenol*, 2021. Vol. 216, № 4. P. 880–893. doi: 10.2214/AJR.20.23151.
46. Ini' C. et al. Embolization for acute nonvariceal bleeding of upper and lower gastrointestinal tract: a systematic review. *CVIR Endovasc*, 2023. Vol. 6, № 1. P. 18. doi: 10.1186/s42155-023-00360-3.
47. Vorčák M. et al. Endovascular Treatment of Gastrointestinal Hemorrhage. *Medicina (Kaunas)*, 2022. Vol. 58, № 3. P. 424. doi: 10.3390/medicina58030424.
48. Yastremsky A.P. et al. Teaching an artificial neural network as a stage in the development of an expert system for differential diagnosis of acute pharyngeal diseases. *Ural. Med. Journal*, 2015, Vol. 5, № 128, P. 74–79. <https://elibrary.ru/item.asp?id=24313600>.

Authors

Alexander A. Zhilyakov

4th year student of the Faculty of Medicine and Prevention

Sergey Yu. Sokolov

Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Medical Physics, Computer Science and Mathematics

Sergey A. Chernyadyev

Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Surgical Diseases, Cardiovascular Surgery, Reconstructive and Plastic Surgery

Olga V. Kirshina

Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor Department of Surgical Diseases, Cardiovascular Surgery, Reconstructive and Plastic Surgery

Natalya Yu. Korobova

Ph.D., Associate Professor, Assistant Professor, Department of Surgical Diseases, Cardiovascular Surgery, Reconstructive and Plastic Surgery

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ural State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Yekaterinburg, Russian Federation

usma@usma.ru