



Анализ прогностических факторов летальности у пациентов с желудочно-кишечными кровотечениями: применение методов машинного обучения

©А.О. Исмати¹, В.Д. Аносов², С.Э. Мамараджабов^{1*}

¹ Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Республика Узбекистан

² Городская клиническая больница № 15 им. О.М. Филатова, Москва, Россия

* С.Э. Мамараджабов, *h*-индекс в Scopus 2, Самаркандский государственный медицинский университет, 140100, Республика Узбекистан, Самарканд, ул. Амира Темура, 18, sobirjon_mamarajabov@mail.com

Поступила в редакцию 4 октября 2024 г. Исправлена 31 октября 2024 г. Принята к печати 1 ноября 2024 г.

Резюме

Введение: Лечение пациентов с желудочно-кишечными кровотечениями из верхних отделов желудочно-кишечного тракта является непростой задачей ввиду широкого спектра причин, вызвавших данное состояние, а также факторов, способных оказывать влияние на исходы госпитализации.

Цель: Исследование степени влияния факторов на 30-дневные исходы стационарного лечения с использованием методов машинного обучения.

Материалы и методы: Был собран ретроспективный набор данных у 101 пациента, включающий клинико-anamnestические, лабораторные, инструментальные показатели. В последующем база данных была разделена по этиологии желудочно-кишечных кровотечений на две группы: язвенные, варикозные. Полученные выборки были обработаны с помощью инструментов машинного обучения в два этапа: импутация при помощи модели MICE (multiple imputation by chained equations), анализ важности факторов при помощи модели Random Forest.

Результаты: Согласно выполненному исследованию среди наиболее прогностически ценных показателей, вне зависимости от типа кровотечения, были не только хорошо известные предикторы летальности, а также факторы, подающие надежды на роль предикторов в научном сообществе: уровень креатинина, артериальное давление, АЧТВ, уровень сознания, показатели мочевины, лактата, а также коморбидности, уровни прокальцитонина, ферритина, общего белка крови.

Заключение: Применение прогрессивных методов статистического анализа подтвердило значимость популярных и проверенных предикторов летальности, внесло вклад в развитие не только исследуемых научным сообществом в последние времена новых предикторов, но и еще неисследованных.

Ключевые слова: желудочно-кишечное кровотечение, исходы, предиктор, летальность, прогностически значимый

Цитировать: Исмати А.О., Аносов В.Д., Мамараджабов С.Э. Анализ прогностических факторов летальности у пациентов с желудочно-кишечными кровотечениями: применение методов машинного обучения. *Инновационная медицина Кубани*. 2024;9(4):68–76. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-4-68-76>

Analysis of Prognostic Factors for Mortality in Patients With Gastrointestinal Bleeding: Application of Machine Learning Tools

©Amir O. Ismati¹, Viktor D. Anosov², Sobirjon E. Mamarajabov^{1*}

¹ Samarkand State Medical University, Samarkand, Republic of Uzbekistan

² O.M. Filatov City Clinical Hospital No. 15, Moscow, Russian Federation

* Sobirjon E. Mamarajabov, Scopus *h*-index 2, Samarkand State Medical University, Amir Temur ko'chasi, 18, Samarkand, 140100, Republic of Uzbekistan, sobirjon_mamarajabov@mail.com

Received: October 4, 2024. Received in revised form: October 31, 2024. Accepted: November 1, 2024.

Abstract

Introduction: Treatment of upper gastrointestinal bleeding (UGIB) is a complex challenge due to the wide range of causes and factors affecting hospitalization outcomes.

Objective: To study the impact of various factors on 30-day hospital outcomes using machine learning (ML) tools.

Materials and methods: We compiled a retrospective data set that includes clinical, laboratory, and imaging data of 101 patients. The database was divided into 2 groups by UGIB etiology: ulcer and variceal bleedings. Both etiological groups were processed using ML tools in 2 steps: imputation by the MICE (multiple imputation by chained equations) model and factor importance analysis using the Random Forest model.



Results: Analysis revealed that the most prognostically valuable parameters in both groups were well-known mortality predictors and emerging predictive factors, such as creatinine, blood pressure, activated partial thromboplastin time, level of consciousness, urea, lactate, comorbidity status, procalcitonin, ferritin, and total protein.

Conclusions: The application of advanced tools confirmed the significance of popular and validated mortality predictors and contributed to the development of predictors, both explored and unexplored ones.

Keywords: gastrointestinal bleeding, outcomes, predictor, mortality, prognostic significance

Cite this article as: Ismati AO, Anosov VD, Mamarajabov SE. Analysis of prognostic factors for mortality in patients with gastrointestinal bleeding: application of machine learning tools. *Innovative Medicine of Kuban*. 2024;9(4):68–76. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-4-68-76>

Введение

Желудочно-кишечные кровотечения (ЖКК) из верхних отделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) входят в актуальный список основных патологий хирургических стационаров скоромощных больниц [1, 2]. Летальность при этой патологии зависит от множества факторов, увеличивается с возрастом и с количеством сопутствующих заболеваний [3]. Для прогнозирования летальности существует ряд достоверных факторов, помогающих врачу стратифицировать пациентов по группам риска. Наиболее надежные из подобных показателей упоминаются в роли предикторов [4].

Со стремительным развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ) применение моделей машинного обучения (МО) становится обыденностью. За последние годы появляется все больше исследований с использованием моделей МО [5, 6], следовательно, ученые все чаще останавливают свой выбор на прогрессивных методах статистического анализа.

Несмотря на существующий широкий ряд популярных предикторов летальности, остается актуальной потребность в исследованиях с целью не только пересмотра известных предикторов, но и потенциального выявления новых. В данном исследовании внимание направлено на анализ спектра данных пациентов с использованием моделей МО для выявления значимости факторов в прогнозе 30-дневной летальности.

Материалы и методы

Дизайн исследования

Одноцентровое ретроспективное исследование было выполнено в условиях городской клинической больницы № 15 им. О.М. Филатова Департамента здравоохранения г. Москвы, Российская Федерация. База данных охватывала информацию о пациентах с кровотечениями из верхних отделов ЖКТ за период с 2020 по 2023 г.

Критериями включения пациентов в исследование были: достижение восемнадцатилетнего возраста, жалобы пациента на симптомы ЖКК при поступлении в больницу либо жалобы пациента или медицинского персонала на признаки возникшего ЖКК при прохождении стационарного лечения, эндоскопическое обоснование активного или состоявшегося ЖКК из верхних отделов ЖКТ.

Критериями исключения пациентов из исследования были: отсутствие выполненного эндоскопического исследования, отказ подписывать информированное согласие на исследование, выписка по собственному желанию.

Сбор данных

В исследовании участвовал 101 пациент. Больные были сгруппированы по этиологии кровотечения: 53 пациента в группе с язвенными ЖКК и 48 пациентов – с ЖКК из варикозно-расширенных вен. Исследование проводилось в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации пересмотра 2013 г.

Все параметры в базе данных включали анамнестические, клинические, лабораторные, эндоскопические, а также некоторые дополнительные инструментальные данные.

Анамнестические данные включали: пол пациента, возраст, рост, вес, вредные привычки, сопутствующие заболевания, принимаемые амбулаторно лекарственные препараты, первоначальные проявления ЖКК и временной интервал с момента их возникновения, место выявления (внегоспитально или в период стационарного лечения), информация о возможном перенесенном ранее ЖКК, выполненная консервативная терапия ЖКК стационарно.

Лабораторные данные были получены на 1-, 3-, 5-е сут. с момента выявления ЖКК и включали в себя показатели общего анализа крови и разницу уровня гемоглобина в динамике, биохимического анализа крови (биохимия почек и печени, альбумин, общий белок, глюкоза, амилаза), ферритина, лактатдегидрогеназы (ЛДГ), С-реактивного белка (СРБ), прокальцитонина, Д-димера, pH венозной или артериальной крови, уровней электролитов (калий, натрий, хлор), уровней лактата, газов крови при выполненном заборе артериальной крови, коагулограммы (МНО, АЧТВ, фибриноген, ПТВ).

Эндоскопические данные включали в себя информацию о приоритетном по риску жизнеугрожающего неблагоприятного клинического исхода источнике кровотечения (язва, варикозно расширенные вены пищевода и желудка) из верхних отделов ЖКТ и их количестве, локализации, глубине дефекта, размерах при возможности измерения, классификации Forrest

при язвенном кровотечении, методах выполненного эндоскопического гемостаза (инъекции, электрокоагуляция, аргоно-плазменная обработка, клипирование, лигирование), данные о возможных рецидивах, а также вычисление площади основных кровоточащих дефектов у пациентов с язвами желудка и двенадцатиперстной кишки.

Группа с язвенными кровотечениями включала пациентов с основным источником ЖКК в виде острых язв желудка или двенадцатиперстной кишки, совпадающих по классификации Forrest с F1a, F1b, F1a, F1b, F1c. Группа с варикозными кровотечениями могла включать в себя пациентов с незначимыми эрозиями и язвами верхних отделов ЖКТ.

Инструментальные данные: результаты компьютерной томографии (КТ) паренхимы легких, эхокардиография с определением фракции выброса левого желудочка.

Клинические данные включали информацию о состоянии пациента в течение 1-, 3-, 5-х сут. от момента инструментального подтверждения ЖКК, а именно: о частоте сердечных сокращений и их ритмичности, систолическом и диастолическом артериальном давлении (АД), наличии или отсутствии вазопрессорной поддержки, уровне сознания пациента, температуре тела, информации о диурезе, информация о наличии болей в животе с уточнением относительно их локализации, информацию о частоте дыхания при самостоятельном дыхании или проводимой искусственной вентиляции легких. Также был выполнен учет принимаемых пациентом до возникновения ЖКК препаратов с последующей классификацией на группы: антикоагулянты, антиагреганты (в том числе ацетилсалициловая кислота), ингибиторы протонной помпы, антигипертензивные препараты, антибиотики, анальгетики, стероидные препараты, нестероидные противовоспалительные препараты (за исключением ацетилсалициловой кислоты), терапия биологическими препаратами (тоцилизумаб, левилимаб, олокизумаб) при факте проведения пациентам с выявленным COVID-19. Была также зарегистрирована информация о проведении гастропротективной терапии и гемостатических мероприятий консервативного характера (гемостатические препараты, зонд-обтуратор Блэкмора) после выявления ЖКК. Гемотрансфузионная терапия была учтена в миллилитрах: эритроцитарная и тромбоцитарная массы, плазма. Клинические данные также включали информацию о наличии рецидивов кровотечения, факте выполненной операции при несостоятельности эндоскопического и эндоваскулярного методов гемостаза и их возможных осложнениях, данные о длительности госпитализации, а также некоторые рассчитываемые индексы и шкалы на основе собранной в базе данной информации: индекс массы тела, индекс Чарльсона

в балловом и процентном выражениях, среднее АД на основе измеренных систолического и диастолического, систематизация минимально зарегистрированного уровня сознания пациентов в период 1-, 3-, 5-х сут. на три группы по тяжести, а именно 0–9 баллов по шкале Глазго, 10–12 баллов, 13–15 баллов, расчеты шокового индекса и наличия геморрагического шока, калькуляция шкалы ASA, общее количество сопутствующих заболеваний. Клинические исходы были сформированы в бинарном формате: благополучная выписка или летальный исход.

Ввиду того, что внесение всех факторов в базу данных в условиях скоромощной больницы весьма проблематично, была выполнена инженерия признаков в столбцах базы данных с большим количеством пропусков – пустых ячеек. Были сформированы столбцы с объединением аналогичных лабораторных показателей из 1-, 3-, 5-х сут. по принципу приоритетного сбора данных из хронологически более ранних суток при наличии показателя. Тот же самый алгоритм действий был выполнен для показателя объема диуреза, позволив уменьшить количество пропусков в новом столбце в более, чем 2 раза.

Сформированная база данных состояла из изначальных 223 параметров для пациентов с язвенными кровотечениями, 202 параметров – для пациентов с варикозными кровотечениями с последующим добавлением 36 параметров, сформированных методом инженерии признаков, в каждую группу.

Статистический анализ

Сложность данного исследования заключалась в том, что заполнение более 200-х клинических параметров для каждого из пациентов представлялось затруднительным, особенно в условиях скоромощного центра. Ввиду наличия данной проблемы, связанной с частой невозможностью заполнения в базе данных всех рубрицированных факторов, потенциально обладающих влиянием на исход лечения, было принято решение прибегнуть к заполнению пропущенных значений при помощи продвинутых алгоритмов статистического анализа на основе машинного обучения – импутации с применением мощной модели МО под названием MICE (Multiple Imputation by Chained Equations). Алгоритм множественной импутации был реализован на языке программирования Python с применением специализированных библиотек «scikit-learn», «pandas», «numpy». Числовые переменные в алгоритме MICE обрабатывались итеративной циклической функцией «IterativeImputer» в исполнении регрессора случайного леса (RandomForestRegressor) с количеством итераций 500, категориальные переменные обрабатывались в исполнении классификатора случайного леса (RandomForestClassifier),

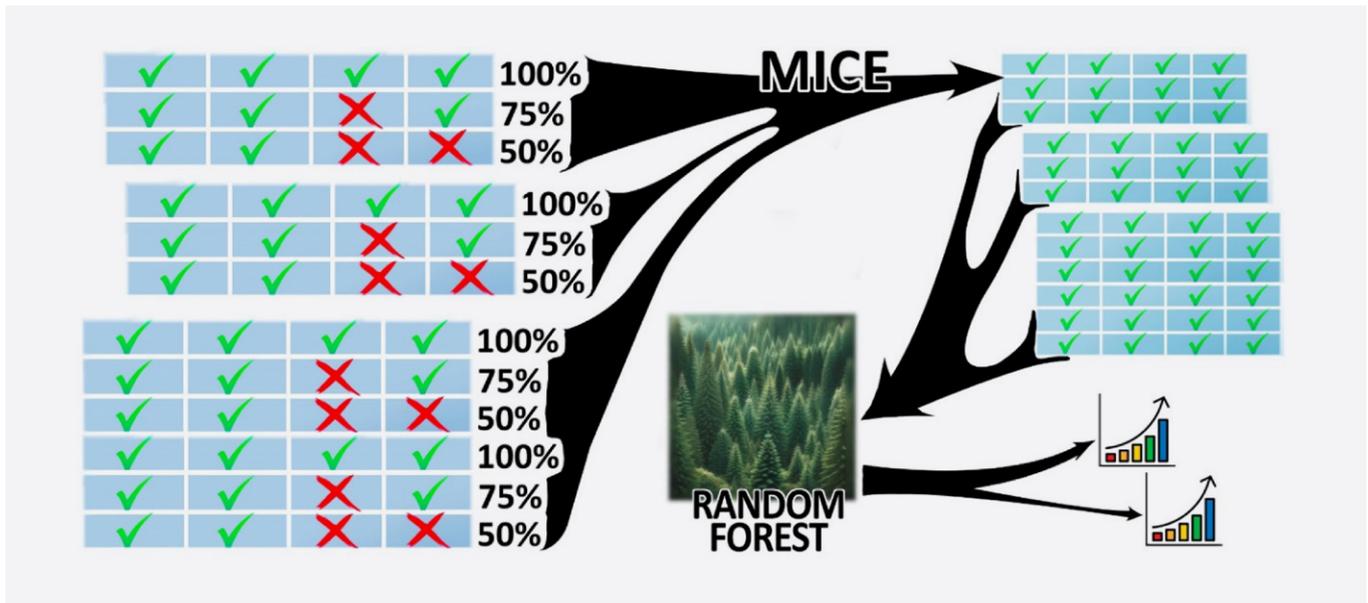


Рисунок 1. Схематическое изображение выполненного комплексного анализа на основе машинного обучения
 Figure 1. Schematic representation of the comprehensive machine learning-based analysis

с усложненным параметром кросс-валидации «RepeatedStratifiedKFold», в специальном режиме-сетке «GridSearchCV».

По завершению этапа статистической обработки данных, связанной с множественной импутацией, был проведен анализ данных с использованием ансамблевого алгоритма на основе МО – «Random Forest», что переводится как «случайный лес» (рис. 1). Данному анализу были подвергнуты не только группы с варикозными и язвенными ЖКК по отдельности, но и «общая» выборка с включением в вычислительный процесс обеих групп одновременно. Анализ «случайный лес» проводился в режиме-сетке «GridSearchCV» для автоматического поиска наилучших гиперпараметров. Параметр кросс-валидации был также выставлен в режиме «RepeatedStratifiedKFold» с параметрами «n_splits», равной 10, «n_repeats» – 5. Все выборки были случайно разделены на обучающую и тестовую со значением «test_size», равным 0.3, что соответствовало 70% обучающей выборки и 30% тестовой, использована стратификация по параметру целевого исхода. Параметр оценки «scoring» всегда оставался на опции «assuqasy».

По завершению анализа «случайный лес», результаты значимости признаков-параметров, которые принято обозначать ценностью признаков, были сгруппированы по их аналогичности с выведением общей суммы для упрощения дальнейшего просмотра и анализа. Для результатов общей и каждой из этиологических групп были рассчитаны средние значения сгруппированных признаков с получением двух итоговых результатов. Для облегчения восприятия полученные средние значения были преобразованы в относительные путем нормализации с суммой, равной 100. Оба

итога представлены в виде гистограмм с сортированными по величине значениями (рис. 2, 3).

Результаты

Характеристики исследуемых групп

В группе с язвенными ЖКК было больше мужчин, а среди пациентов с варикозными кровотечениями – больше женщин. Пациенты более молодого возраста чаще встречались в группе с варикозными ЖКК (табл. 1).

Пациентов с неотягощенным фоном было больше в группе с язвенными ЖКК, однако в этой же группе наблюдались более частые случаи разнообразных сопутствующих состояний, за исключением циррозов печени и случаев алкоголизма, которые были более характерны для группы с варикозными ЖКК. Тахикардия была более распространена в группе с варикозными кровотечениями, а любой измененный уровень сознания – в группе с язвенными. В группе с варикозными ЖКК чаще наблюдались резкие изменения общего анализа крови. Уровни билирубина, АСТ, АЛТ нередко превышали норму в группе варикозных ЖКК, а показатели почечной функции – в группе язвенных. Уровни ферритина достигали разницы в 6–7 раз в группах. Повышенные маркеры воспалительных реакций, гипопроteinемия и метаболический ацидоз чаще преобладали в группе с язвенными ЖКК. В группе с варикозными ЖКК были более распространены повышение лактата и гипокоагуляция, а в группе с язвенными кровотечениями – выбросы Д-димера. При сходных показателях длительности стационарного лечения, количество рецидивов чаще встречалось в группе язвенных ЖКК. Летальность в обеих группах была схожей (табл. 1).

Таблица 1
Основные характеристики групп
Table 1
Main characteristics of the groups

Группа пациентов по этиологии ЖКК	Язвенное	Варикозное
Основные характеристики		
Количество пациентов в группе, <i>n</i>	53	48
Мужчин, <i>n</i> (%)	33 (62)	21 (44)
Возраст, <i>медиана</i> (IQR)	65 (52–79)	58 (49–66)
Рост, см, <i>медиана</i> (IQR)	168 (165–176)	170 (165–175)
Вес, кг, <i>медиана</i> (IQR)	80 (71–95)	80 (65–94)
Задержка начала медицинской помощи, часы, <i>медиана</i> (IQR)	3 (1–12)	3,5 (2–24)
Значимые состояния коморбидности		
Неотягощенные, <i>n</i> (%)	6 (11,3)	1 (2,1)
ЖКК из верхних отделов ЖКТ в анамнезе, <i>n</i> (%)	8 (15,1)	10 (20,8)
COVID-19, <i>n</i> (%)	16 (30,2)	6 (12,5)
Инфаркт миокарда в анамнезе, <i>n</i> (%)	13 (24,5)	3 (6,3)
Гипертоническая болезнь, <i>n</i> (%)	40 (75,5)	25 (52,1)
Острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе, <i>n</i> (%)	10 (18,9)	3 (6,3)
Хронические респираторные заболевания, <i>n</i> (%)	5 (9,4)	4 (8,3)
Цирроз печени, <i>n</i> (%)	2 (3,8)	36 (75)
Сахарный диабет, <i>n</i> (%)	15 (28,3)	12 (25)
Хроническая почечная недостаточность, <i>n</i> (%)	11 (20,8)	2 (4,2)
Злокачественное новообразование, <i>n</i> (%)	4 (7,5)	6 (12,5)
Злоупотребление алкоголем, <i>n</i> (%)	4 (7,5)	13 (27,1)
Некоторые данные объективного осмотра		
ЧСС, в минуту, <i>медиана</i> (IQR)	78 (70–88)	91,5 (85–111)
Систолическое АД, мм рт. ст., <i>медиана</i> (IQR)	120 (108–129)	113,5 (100–130)
Диастолическое АД, мм рт. ст., <i>медиана</i> (IQR)	75 (64–80)	70 (60–80)
Измененный уровень сознания, <i>n</i> (%)	16 (30,2)	9 (18,8)
Некоторые лабораторные данные		
Лейкоциты, 10 ⁹ /л, <i>медиана</i> (IQR)	9,4 (7–13)	10,5 (7–17)
Гемоглобин, г/л, <i>медиана</i> (IQR)	88 (69–110)	81 (68–93)
Тромбоциты, 10 ⁹ /л, <i>медиана</i> (IQR)	223 (145–271)	158,5 (123–198)
Общий белок, г/л, <i>медиана</i> (IQR)	51,4 (44–61)	56,3 (52–60)
Мочевина, ммоль/л, <i>медиана</i> (IQR)	15,3 (9–24)	10,6 (7–15)
Креатинин, мкмоль/л, <i>медиана</i> (IQR)	106,7 (88–184)	83,3 (74–108)
Билирубин, мкмоль/л, <i>медиана</i> (IQR)	12,7 (8–26)	26,9 (19–64)
АСТ, ед/л, <i>медиана</i> (IQR)	26 (16–66)	69,2 (42–148)
АЛТ, ед/л, <i>медиана</i> (IQR)	30,3 (14–57)	40,6 (25–74)
Ферритин, нг/мл, <i>медиана</i> (IQR)	457,3 (64–584)	74,5 (38–79)
СРБ, мг/л, <i>медиана</i> (IQR)	30,1 (10–74)	14,7 (7–32)
Прокальцитонин, нг/мл, <i>медиана</i> (IQR)	0,6 (0,1–1,2)	0,3 (0,2–0,7)
рН крови, <i>медиана</i> (IQR)	7,34 (7,28–7,37)	7,41 (7,35–7,44)
Хлор, ммоль/л, <i>медиана</i> (IQR)	107,5 (103–111)	105 (103–110)
Лактат, ммоль/л, <i>медиана</i> (IQR)	2,2 (1,7–4,2)	3,3 (2,2–5,8)
Бикарбонат, ммоль/л, <i>медиана</i> (IQR)	20,7 (19–24)	26,5 (23–29)
МНО, <i>медиана</i> (IQR)	1,2 (1,1–1,4)	1,6 (1,5–2,2)
АЧТВ, секунды, <i>медиана</i> (IQR)	27,8 (24–32)	30,9 (27–36)
ПТВ, секунды, <i>медиана</i> (IQR)	13,2 (12–18)	17,3 (16–25)
Фибриноген, г/л, <i>медиана</i> (IQR)	3,2 (2,4–4,6)	2 (1,4–2,4)
Д-димер, нг/мл, <i>медиана</i> (IQR)	970,5 (512–2645)	891 (430–1558)
Длительность госпитализации, дни, <i>медиана</i> (IQR)	5 (2–10)	7,5 (5–12)
Рецидивы, <i>n</i> (%)	17 (32,1)	5 (10,5)
Летальность, <i>n</i> (%)	20 (37,7)	15 (31,3)

Предикторы исхода госпитализации

Метрики, полученные в ходе валидации обученных моделей, указывают на то, что модель несколько эффективнее обучена на определение факторов, влияющих на выживаемость, нежели на летальность, что, вероятнее всего, связано с подавляющим количеством выживших пациентов в обеих группах (табл. 1). Общая точность – метрика «ассигасу» – во всех группах достигала высоких значений. При глубоком анализе метрики класса «выживание» демонстрировали превосходные результаты, а метрики смертности указывали на некоторую неоднозначность: в выборке с язвенными ЖКК показывали хорошие результаты, в выборке с варикозными – удовлетворительные, в общей группе – хорошая точность метрики «precision» и слабый показатель по метрике «recall» (табл. 2).

Итоговые результаты факторов в группе с язвенными ЖКК определяют не только известные классические предикторы, но и факторы, ранее не учитываемые в прогнозировании клинических исходов у пациентов данной группы (рис. 2). Наряду с известными предикторами в топ-20 было обнаружено большое количество воспалительных маркеров: лактат, прокальцитонин, СРБ, ферритин, лейкоциты. Доминирующие в рейтинге биохимические показатели почек составляли совместные почти 13 пунктов из 100. В списке наиболее эффективных предикторов группы язвенных ЖКК также оказались показатели коморбидности, АД и уровня сознания.

У пациентов с варикозными ЖКК почти половину топ-10 ценных факторов занимали показатели объективного осмотра и анамнеза: АД, уровень сознания, рост-весовые показатели и коморбидность (рис. 3).

Таблица 2

Полученные метрики по результатам «Random Forest»

Table 2

Metrics obtained from Random Forest results

Группы пациентов по типу ЖКК	Метрики выполненного анализа					
	Accuracy	Исходы	Precision	Recall	F1-score	Support
Язвенная	0.81	Выживание	0.89	0.80	0.84	10
		Летальность	0.71	0.83	0.77	6
Варикозная	0.73	Выживание	0.80	0.80	0.80	10
		Летальность	0.60	0.60	0.60	5
Язвенная + Варикозная	0.77	Выживание	0.78	0.90	0.84	20
		Летальность	0.75	0.55	0.63	11

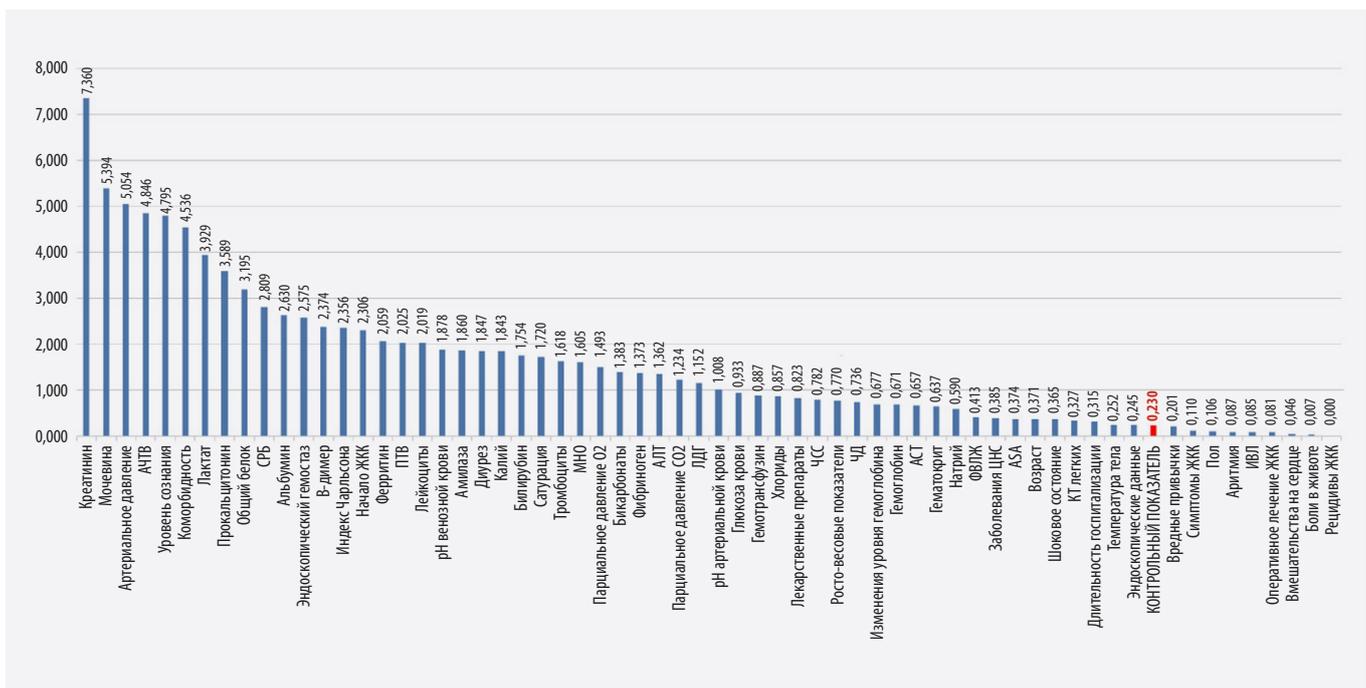


Рисунок 2. Значимость факторов у пациентов группы язвенных кровотечений согласно анализу «случайный лес»
Figure 2. Significance of factors in patients with ulcer bleedings according to the Random Forest analysis results

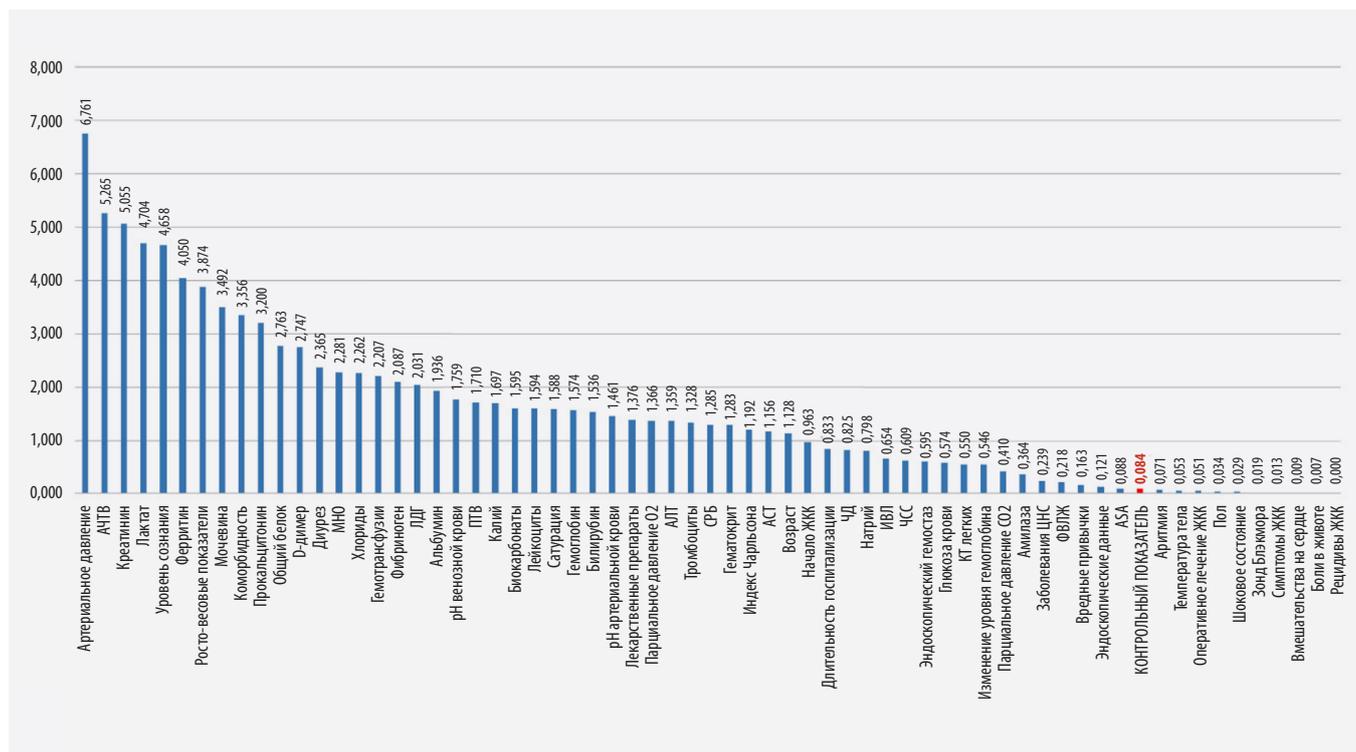


Рисунок 3. Значимость факторов у пациентов группы варикозных кровотечений согласно анализу «случайный лес»
 Figure 3. Significance of factors in patients with variceal bleedings according to the Random Forest analysis results

Креатинин и мочевина традиционно демонстрировали высокую прогностическую ценность. Результаты АЧТВ, как и в случае с группой язвенных ЖКК, занимали многообещающие позиции. Показатель уровня ферритина продемонстрировал отличные результаты и все еще не является официальным предиктором в мировой практике. Прокальцитонин замыкал десятку лидирующих предикторов, а в двадцатке наиболее эффективных были отмечены почти все показатели коагулограммы.

Обсуждение

Наиболее значимыми предикторами, универсальность которых позволяла прогнозировать исходы у пациентов, вне зависимости от этиологии ЖКК, были: уровень креатинина, АД, АЧТВ, уровень сознания, показатели мочевины, лактата и коморбидности, уровни прокальцитонина, ферритина, общего белка крови. Их значения превышали индикаторы контрольного показателя и позиционировались наиболее близко к верхнему концу рейтинга в обоих итоговых результатах. Допускается, что предикторы, оказавшиеся выше контрольного показателя лишь в одном итоговом результате, проявили специфичность и требуют отдельного углубленного исследования. Факторы с сравнительно низкими показателями требуют анализа с целью выявления условий, позволяющих предикторам убедительно коррелировать с исходами госпитализации.

Большинство результатов по значимости логично вписывались в традиционную клиническую картину патологии, однако были и непопулярные предикторы, такие как необычно высокий показатель ферритина у пациентов с варикозными ЖКК, исследовательских работ по которому проведено пока еще недостаточно [7, 8], или результаты анализа на D-димер, который научное сообщество ранее рассматривало в роли предиктора у пациентов с неварикозными кровотечениями [9, 10], но пока этот аспект не регламентирован в клинических рекомендациях. Важно отметить, что прогностический потенциал показателей коагулограммы активно рассматривается в научных кругах [11]. Несмотря на то что существует небольшое количество работ с применением АЧТВ в роли предиктора [12], данный показатель, продемонстрировавший в нашем исследовании довольно высокие результаты, все еще является одним из наиболее игнорируемых. Кроме того, не уступает по прогностическим показателям такой предиктор, как уровень лактата крови [4, 13]. Прокальцитонин обсуждается в контексте увеличения частоты варикозных кровотечений у пациентов с циррозом [14], и в нашем исследовании мы убедились в прогностической значимости полипептида. Снижение уровня общего белка крови может эффективно предсказывать рецидивы кровотечения и летальность [15], более ранние работы указывали на достоверное снижение уровня белка в крови у пациентов с любым типом ЖКК [16].

До недавних пор прогнозирование клинического исхода у пациентов с ЖКК ограничивалось небольшим числом факторов, на основе которых строилась последующая тактика лечения. На сегодняшний день применение ИИ постепенно входит в рутинную практику врачей. Машинное обучение, как отрасль ИИ, позволяет использовать продвинутое методы анализа и в результате получать массивы ценных данных.

По результатам данного исследования может быть выполнен не только пересмотр предикторов, но и изучен список ранее неизвестных, требующих валидации.

Тем не менее у выполненного исследования имеется ряд ограничений. Во-первых, работа являлась одноцентровой ретроспективной. Во-вторых, сбор данных пациентов осуществлялся на базе скоромощного центра, что затрудняло полное заполнение более, чем 200 параметров для каждого из пациентов, в связи с чем был применен метод импутации. В-третьих, были использованы небольшие выборки пациентов с несбалансированным по целевому показателю соотношением, что могло повлиять на отсутствие уверенного проявления некоторых предикторов летальности. В-четвертых, метод «случайного леса» является высокоточным, но сложно интерпретируемым по своим результатам анализом, в связи с чем требуются дополнительные исследования выявленных предикторов.

Заключение

На основе передовых методов анализа было выявлено, что наиболее важными предикторами, не обладающими специфичностью в отношении этиологии кровотечений из верхних отделов ЖКТ, являлись: уровень креатинина, АД, АЧТВ, уровень сознания, показатели мочевины и лактата, показатели коморбидности, уровень прокальцитонина, ферритина и общего белка крови.

Проведенного исследования может быть недостаточно для наиболее эффективного практического применения выявленных предикторов в стратификации риска 30-дневной летальности, в связи с чем рекомендуем проведение мультицентрового исследования с большим количеством участников-пациентов.

Вклад авторов

Разработка концепции и дизайна: А.О. Исмати, С.Э. Мамараджабов

Обзор литературы: С.Э. Мамараджабов

Проведение статистического анализа: В.Д. Аносов

Редактирование текста: А.О. Исмати

Author contributions

Concept and design: Ismati, Mamarajabov

Literature review: Mamarajabov

Statistical analysis: Anosov

Manuscript revising: Ismati

Литература/References

1. Kamboj AK, Hoversten P, Leggett CL. Upper gastrointestinal bleeding: etiologies and management. *Mayo Clin Proc.* 2019;94(4):697–703. PMID: 30947833. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2019.01.022>
2. Antunes C, Tian C, Copelin II EL. Upper gastrointestinal bleeding. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing; 2024. PMID: 29262121.
3. Elsebaey MA, Elashry H, Elbedewy TA, et al. Predictors of in-hospital mortality in a cohort of elderly Egyptian patients with acute upper gastrointestinal bleeding. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(16):e0403. PMID: 29668596. PMCID: PMC5916675. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000010403>
4. Zeng F, Du L, Ling L. Lactate level as a predictor of outcomes in patients with acute upper gastrointestinal bleeding: a systematic review and meta-analysis. *Exp Ther Med.* 2024;27(3):113. PMID: 38361514. PMCID: PMC10867736. <https://doi.org/10.3892/etm.2024.12401>
5. Ungureanu BS, Gheonea DI, Florescu DN, et al. Predicting mortality in patients with nonvariceal upper gastrointestinal bleeding using machine-learning. *Front Med (Lausanne)*. 2023;10:1134835. PMID: 36873879. PMCID: PMC9982090. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1134835>
6. Udriștoiu AL, Cazacu IM, Gruionu LG, et al. Real-time computer-aided diagnosis of focal pancreatic masses from endoscopic ultrasound imaging based on a hybrid convolutional and long short-term memory neural network model. *PLoS One.* 2021;16(6):e0251701. PMID: 34181680. PMCID: PMC8238220. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251701>
7. Abbas OM, Khalifa KAE, Makhlof MM, Osman NF, Abdel Razek WM, Atta AS. Influence of esophageal variceal bleeding on iron status in chronic hepatitis C patients. *Eur J Gastroenterol Hepatol.* 2020;32(5):616–622. PMID: 31567713. <https://doi.org/10.1097/MEG.0000000000001547>
8. Oikonomou T, Goulis I, Soulaïdopoulos S, et al. High serum ferritin is associated with worse outcome of patients with decompensated cirrhosis. *Ann Gastroenterol.* 2017;30(2):217–224. PMID: 28243043. PMCID: PMC5320035. <https://doi.org/10.20524/aog.2016.0112>
9. Yue W, Liu Y, Jiang W, Huang J, Liu J. Prealbumin and D-dimer as prognostic indicators for rebleeding in patients with nonvariceal upper gastrointestinal bleeding. *Dig Dis Sci.* 2021;66(6):1949–1956. PMID: 32583220. <https://doi.org/10.1007/s10620-020-06420-1>
10. Zhuang Y, Xia S, Chen J, et al. Construction of a prediction model for rebleeding in patients with acute upper gastrointestinal bleeding. *Eur J Med Res.* 2023;28(1):351. PMID: 37715244. PMCID: PMC10502990. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01349-3>
11. Shingina A, Barkun AN, Razzaghi A, Martel M, Bardou M, Gralnek I; RUGBE Investigators. Systematic review: the presenting international normalised ratio (INR) as a predictor of outcome in patients with upper nonvariceal gastrointestinal bleeding. *Aliment Pharmacol Ther.* 2011;33(9):1010–1018. PMID: 21385193. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2011.04618.x>
12. Rady HI, Emil A, Samy K, Baher S. Prediction of stress related gastrointestinal bleeding in critically ill children using PRISM III score. *Journal of Anesthesia & Critical Care: Open Access.* 2014;1(4):00023. <https://doi.org/10.15406/jaccoa.2014.01.00023>
13. Gulen M, Satar S, Tas A, Avci A, Nazik H, Toptas Firat B. Lactate level predicts mortality in patients with upper gastrointestinal bleeding. *Gastroenterol Res Pract.* 2019;2019:5048078. PMID: 31781189. PMCID: PMC6855015. <https://doi.org/10.1155/2019/5048078>
14. Zidan MHS, Zaghoul SG, Seleem WM, Ahmed HS, Gad AI. Bacteremia as a risk factor for variceal upper gastrointestinal tract

bleeding in cirrhotic patients: a hospital-based study. *Egyptian Liver Journal*. 2021;11(1):8. <https://doi.org/10.1186/s43066-021-00078-8>

15. Tatlıparmak AC, Dikme Ö, Dikme Ö, Toraçoğlu H. Cancer, platelet distribution width, and total protein levels as predictors of rebleeding in upper gastrointestinal bleeding. *PeerJ*. 2022;10:e14061. PMID: 36128193. PMCID: PMC9482764. <https://doi.org/10.7717/peerj.14061>

16. Tomizawa M, Shinozaki F, Hasegawa R, et al. Laboratory test variables useful for distinguishing upper from lower gastrointestinal bleeding. *World J Gastroenterol*. 2015;21(20):6246–6251. PMID: 26034359. PMCID: PMC4445101. <https://doi.org/10.3748/wjg.v21.i20.6246>

Сведения об авторах

Исмат Амир Олимович, базовый докторант, ассистент кафедры хирургических заболеваний, Самаркандский государственный медицинский университет (Самарканд, Республика Узбекистан). <https://orcid.org/0009-0008-3042-3019>

Аносов Виктор Давидович, к. м. н., заместитель главного врача по хирургической помощи, Городская клиническая больница № 15 им. О.М. Филатова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-8486-7159>

Мамараджабов Собиржон Эргашевич, д. м. н., декан факультета международного образования, заведующий кафедрой хирургических заболеваний, педиатрический факультет, Самаркандский государственный медицинский университет (Самарканд, Республика Узбекистан). <https://orcid.org/0000-0002-4409-4315>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Amir O. Ismati, Basic Doctoral Student, Assistant Professor at the Department of Surgical Diseases, Samarkand State Medical University (Samarkand, Republic of Uzbekistan). <https://orcid.org/0009-0008-3042-3019>

Viktor D. Anosov, Cand. Sci. (Med.), Deputy Chief Physician for Surgical Care, O.M. Filatov City Clinical Hospital No. 15 (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-8486-7159>

Sobirjon E. Mamarajabov, Dr. Sci. (Med.), Dean of the Faculty of International Education, Head of the Department of Surgical Diseases, Samarkand State Medical University (Samarkand, Republic of Uzbekistan). <https://orcid.org/0000-0002-4409-4315>

Conflict of interest: none declared.