

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ: ЭКСПЕРТНАЯ ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ «ЭНДОСКОПИЧЕСКИЙ ГЕМОСТАЗ ЯЗВЕННОГО ГАСТРОДУОДЕНАЛЬНОГО КРОВОТЕЧЕНИЯ»

© Баранников С.В.¹, Чередников Е.Ф.¹, Банин И.Н.^{1,2}, Чопоров О.Н.¹, Судаков Д.В.¹, Болховитинов А.Е.³, Каширина И.Л.⁴, Воротилина А.И.⁴

¹ Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко (ВГМУ им. Н.Н. Бурденко)

Россия, 394036, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10

² Министерство здравоохранения Воронежской области (МЗ ВО)

Россия, 394006, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Красноармейская, д. 52д

³ Воронежская городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1 (ВГКБСМП № 1)

Россия, 394065, Воронежская область, г. Воронеж, проспект Патриотов, д. 23

⁴ Воронежский государственный университет (ВГУ)

Россия, 394018, Воронежская область, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

Экстренная хирургическая патология является одной из наиболее тяжелых и сложных проблем клинической хирургии. Особое место в структуре неотложных хирургических заболеваний занимают язвенные гастродуоденальные кровотечения. Перспективной технологией совершенствования оказания медицинской помощи пациентам с язвенными гастродуоденальными кровотечениями является использование экспертных цифровых алгоритмов поддержки принятия врачебных решений.

Цель – разработать мобильное приложение «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»».

Материалы и методы. На первом этапе работы был разработан алгоритм эндогемостаза язвенного кровотечения в виде дерева решений. Однако дерево решений является крайне неудобным, что ограничило возможности его практического применения. Решить данный недостаток алгоритма позволила разработка мобильного приложения «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024680004 Российская Федерация).

Результаты. Разработанное мобильное приложение «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»» является программой, реализованной для смартфонов и планшетов, что позволяет в online и offline режимах оценивать персонализированные клинические особенности пациентов с различными типами язвенных кровотечений и давать врачам экспертные рекомендации по тактике проведения экстренного эндогемостаза и профилактике возобновления кровотечения. Мобильное приложение обеспечивает врачей быстрым доступом к экспертному алгоритму эндогемостаза язвенных кровотечений, что ускоряет принятие решений в условиях ограниченного времени, а также позволяет врачам, опираясь на данный алгоритм, улучшить качество оказания медицинской помощи.

Заключение. Таким образом, впервые разработано мобильное приложение «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»», реализованное для смартфонов и планшетов, позволяющее оценивать персонализированные клинические проявления язвенных гастродуоденальных кровотечений и давать экспертные рекомендации по тактике лечения пациентов.

Ключевые слова: желудочно-кишечные кровотечения; язвенная болезнь; эндоскопический гемостаз; клинические решения; мобильное приложение; компьютер-ассистированное принятие решений в хирургии; медицинская информатика; экспертные системы.

Баранников Сергей Викторович – канд. мед. наук, доцент кафедры urgentной и факультетской хирургии, ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж. ORCID iD: 0000-0002-2620-9836. E-mail: svbarannikov@gambler.ru (автор, ответственный за переписку)

Чередников Евгений Федорович – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой urgentной и факультетской хирургии, ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж. ORCID iD: 0000-0003-2048-6303. E-mail: facult-surg.vsmuburdenko@yandex.ru

Банин Игорь Николаевич – канд. мед. наук, доцент кафедры urgentной и факультетской хирургии, ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, Министр здравоохранения Воронежской области. ORCID iD: 0000-0003-2359-9215. E-mail: banin_igor@mail.ru

Чопоров Олег Николаевич – д-р техн. наук, профессор, проректор по цифровой трансформации, профессор кафедры управления в здравоохранении, ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж. ORCID iD: 0000-0002-3176-499X. E-mail: onchoporov@vrmgmu.ru

Судаков Дмитрий Валериевич – канд. мед. наук, доцент кафедры оперативной хирургии с топографической анатомией, ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж. ORCID iD: 0000-0003-4911-1265. E-mail: sdvvrn@yandex.ru

Болховитинов Алексей Евгеньевич – заведующий эндоскопическим отделением, ВГКБСМП № 1, г. Воронеж. ORCID iD: 0009-0003-8174-1862. E-mail: docbarmaley@gmail.com

Каширина Ирина Леонидовна – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры математических методов исследования операций, ВГУ, г. Воронеж. ORCID iD: 0000-0002-8664-9817. E-mail: kash.irina@mail.ru

Воротилина Анастасия Игоревна – студент магистратуры кафедры математических методов исследования операций, ВГУ, г. Воронеж. ORCID iD: 0009-0006-1823-9441. E-mail: an_vorotilina@mail.ru

Экстренная хирургическая патология является одной из наиболее тяжелых и сложных проблем клинической хирургии. Особое место в структуре неотложных хирургических заболеваний занимают язвенные гастродуоденальные кровотечения (ЯГДК), на долю которых приходится более 60% всех желудочно-кишечных кровотечений. В Российской Федерации в 2023 г. было зарегистрировано 47224 пациентов с ЯГДК, летальность при которых составила от 1,49-17,81%, при уровне послеоперационной летальности – 6,17-62,5% [1,2].

Лечение пациентов с острыми ЯГДК представляет собой трудную задачу для клинической практики. Применение стандартизированных подходов, отраженных в Национальных клинических рекомендациях, позволило улучшить результаты диагностики и лечения пациентов с ЯГДК. Однако сохраняющиеся высокие показатели летальности и особенно послеоперационной летальности диктуют поиски совершенствования технологических подходов в лечении ЯГДК [3-5].

Современные принципы лечения ЯГДК основаны на применении эндоскопического, медикаментозного, эндоваскулярного, хирургического гемостазов. При этом важно отметить, что именно эндоскопический гемостаз (ЭГ) в настоящее время занимает ведущие позиции в лечении ЯГДК. В клинической практике разработано множество различных методов эндоскопической остановки ЯГДК, отличающихся по воздействию на кровоточащую гастродуоденальную язву. К таким методам ЭГ относят инъекционные и коагуляционные методы, клипирование, а также использование порошкообразных гемостатических систем. Следует отметить, что использование только одного метода ЭГ зачастую не позволяет надежно остановить ЯГДК, что приводит к рецидиву ЯГДК. Развитие технологий ЭГ привело к внедрению в клиническую практику комбинированных методов ЭГ, однако даже при применении комбинированных методик частота рецидивов при ЯГДК находится на высоком уровне, достигая 5-15% [6-8].

Перспективной технологией совершенствования оказания медицинской помощи пациентам с ЯГДК является использование экспертных цифровых алгоритмов поддержки принятия врачебных решений. Однако в доступной литературе имеются лишь единичные данные о разработке и применении экспертных цифровых систем поддержки принятия врачебных решений в лечении ЯГДК [9-12].

Новым направлением клинической медицины является использование смартфонов и мобильных приложений. За последнее десятилетие количество приложений для здравоохранения, предназначенных для решения меди-

цинских задач, стремительно возросло. В магазинах мобильных приложений по всему миру доступно для скачивания более 400000 медицинских приложений. Однако количество мобильных приложений, используемых в хирургии желудочно-кишечного тракта, значительно ограничено по сравнению с другими направлениями хирургии. Считается, что мобильные приложения открывают новые широкие возможности в диагностике и лечении неотложных хирургических заболеваний и для практического здравоохранения в целом [13, 14].

Цель исследования: разработать мобильное приложение «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу разработки экспертной цифровой системы поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»» положены Национальные клинические рекомендации по лечению ЯГДК в Российской Федерации, международные клинические рекомендации по лечению ЯГДК, а также 30-летний опыт по лечению больных с ЯГДК в Воронежском городском специализированном Центре желудочно-кишечных кровотечений [15].

На первом этапе работы был разработан алгоритм эндогемостаза ЯГДК в виде дерева решений (рис. 1, 2). В данном алгоритме каждая рекомендация имеет свой идентификационный номер, что позволило уменьшить объем дерева и упростить работу с ним. Однако дерево решений имеет громоздкий вид и в практическом применении является крайне неудобным, особенно в условиях оказания медицинской помощи пациентам с жизнеугрожающим состоянием, таким как ЯГДК.

Решить данный недостаток алгоритма ЭГ позволила разработка мобильного приложения «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024680004 Российская Федерация), реализованного для таких устройств, как смартфон и планшет.

При разработке мобильного приложения «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»» выбран фреймворк React Native языка программирования JavaScript. React Native имеет возможность разработки приложений для iOS

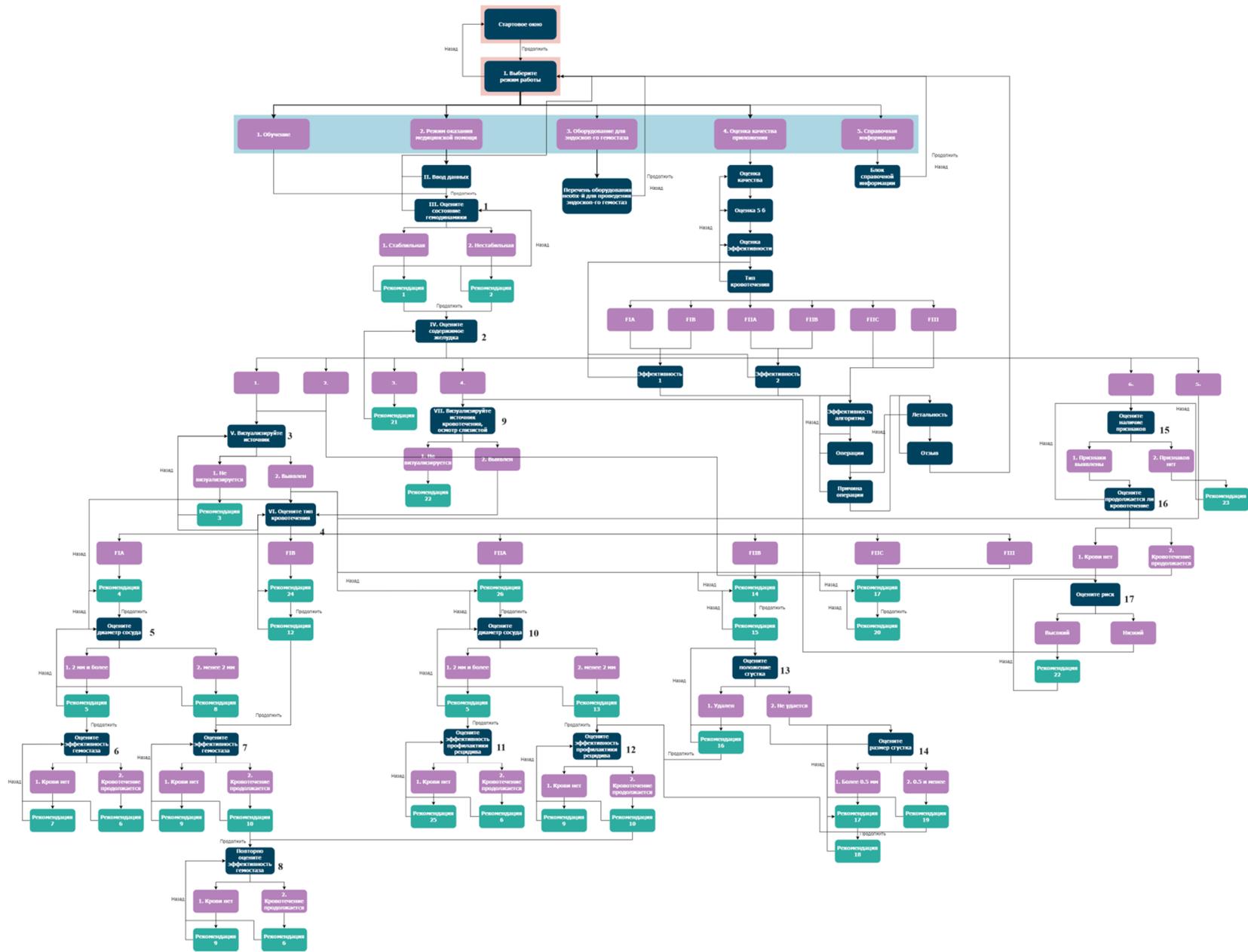


Рис. 1. Дерево решений.
 Fig. 1. The decision tree.

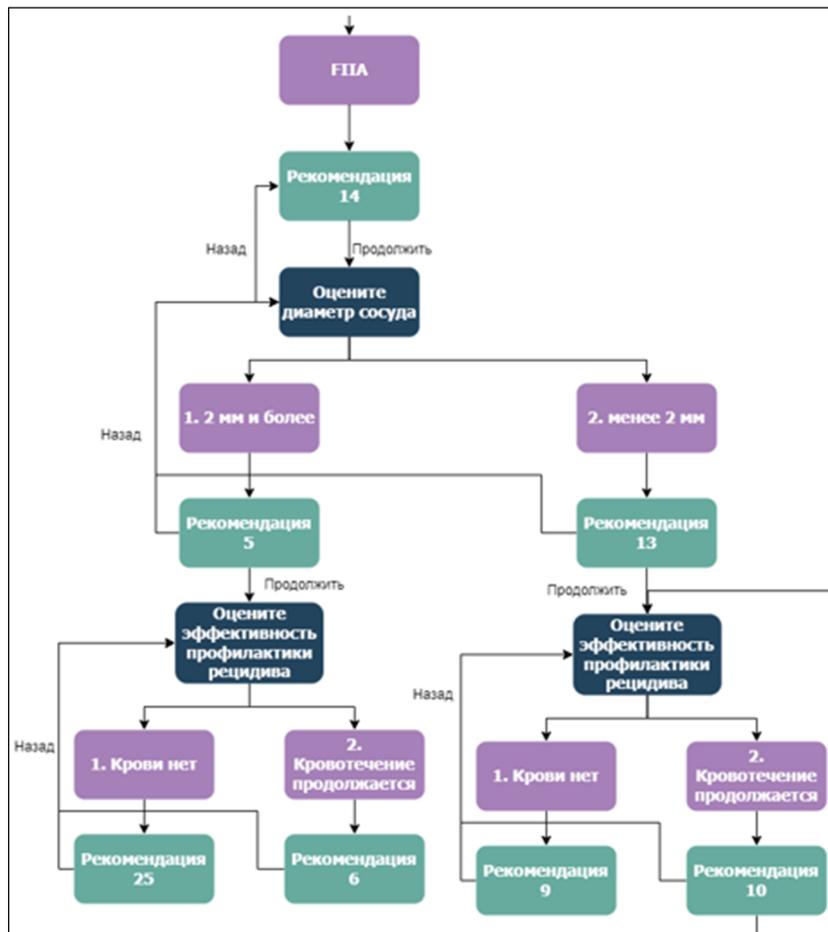


Рис. 2. Ветвь дерева решений: тактика лечения типа кровотечения Forrest IIА.

Fig. 2. Branch of the decision tree: tactics of treatment of Forrest type IIА bleeding.

и Android с использованием единого кода. Выбор фреймворка React Native для разработки настоящего мобильного приложения позволил получить ряд преимуществ: высокая производительность, интеграция с нативным кодом, богатая экосистема, возможность повторного использования кода и улучшенное пользовательское взаимодействие. Для создания проекта React Native использовался Expo CLI.

Дизайн мобильного приложения имел определенные особенности:

1. Header с заголовком экрана или содержанием вопроса;
2. Кнопки «Назад» и «Продолжить», обеспечивающие последовательную навигацию внутри приложения;
3. Возможность заполнения данных о медицинской организации;
4. Наличие обратной связи: возможность пользователю оставлять отзыв о работе с настоящим мобильным приложением;
5. Возможность изменения цветовой схемы приложения.

Следующим этапом был разработан макет интерфейса. На стартовом экране мобильного приложения отображена вводная клиническая ситуация «Подозрение на язвенное гастродуо-

денальное кровотечение», переключатель цветовой схемы изображения и кнопка «Продолжить», позволяющая осуществлять переход в главное меню приложения. Во вкладке «Главное меню» (рис. 3А) осуществляется выбор модуля работы приложения. Доступны для использования следующие модули: «Обучение», «Оказание медицинской помощи», «Оборудование для эндоскопического гемостаза», «Оценить качество приложения» и «Справочная информация».

Мобильное приложение имеет разветвленную логику принятия решений и большое количество экранов, поэтому React Navigation выступает ключевым инструментом для обеспечения навигации внутри приложения. Параметры передаются через метод navigate, так как это позволяет динамически адаптировать содержимое экранов на основе пользовательского ввода и минимизирует дублирование кода. Такая архитектура облегчает добавление новых экранов и маршрутов. Интеграция React Navigation поддерживает централизованное управление навигацией при помощи файла Navigation, который содержит в себе настройки и информацию о всех экранных переходах.

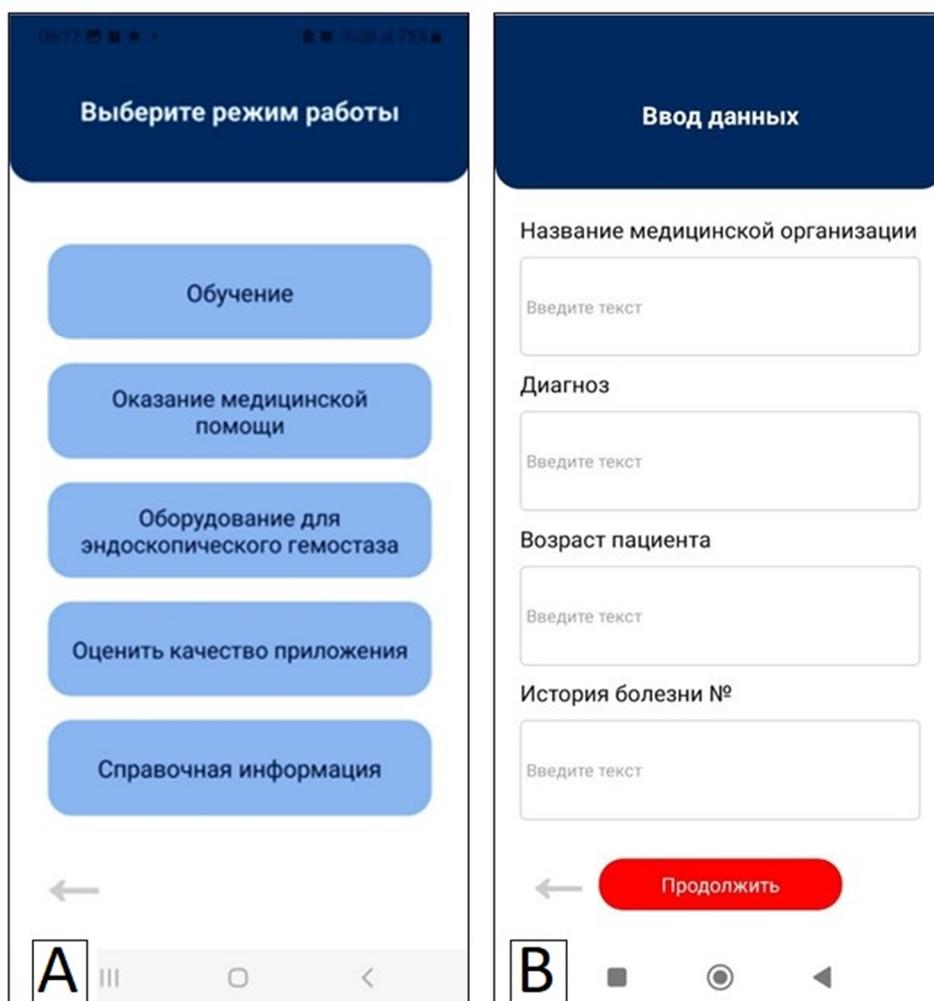


Рис. 3. Главное меню (А) и стартовое меню модуля «Оказание медицинской помощи» (В) мобильного приложения «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»».

Fig. 3. Main menu (A) and start menu of the module «Medical care» (B) of the mobile application «Expert digital decision support system «Endoscopic hemostasis of ulcerative gastroduodenal bleeding»».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мобильное приложение «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»» является программой, реализованной для смартфонов и планшетов, что позволяет в online и offline режимах оценивать персонализированные клинические особенности пациентов с различными типами ЯГДК и давать врачам экспертные рекомендации по тактике проведения экстренного ЭГ и профилактики возобновления кровотечения. Настоящее мобильное приложение предназначено в качестве инструмента помощи в принятии врачебных решений и обучения врачей-эндоскопистов, врачей-хирургов современным эндоскопическим технологиям оказания медицинской помощи пациентам с ЯГДК и может быть использовано для накопления и

анализа данных о клинических проявлениях ЯГДК, выборе персонализированной тактики ЭГ и профилактике рецидива кровотечений. Программа позволяет оценить клинические проявления и определить тактику дальнейшего ведения пациента.

Основным модулем настоящего мобильного приложения является «Оказание медицинской помощи». При работе в данном модуле пользователь вводит данные о названии медицинской организации, диагнозе, возрасте пациента и номере истории болезни (рис. 3В).

После введения кратких данных программа открывает доступ к цифровому алгоритму поддержки принятия решений. В случае экстренной ситуации, когда состояние пациента не позволяет ввести данные, пользователь может сразу нажать на кнопку «Продолжить» и перейти к цифровому алгоритму, а запрашиваемые данные возможно вести позже. Далее цифровой алгоритм оценивает клиническую ситуацию, учитывая персонализированные особенности паци-

ентов с ЯГДК, такие как: гемодинамика, характер желудочного содержимого, риск аспирации, возможность визуализации источника кровотечения, тип ЯГДК согласно классификации J. Forrest (1974), диаметр аррозированной сосуда, возможность удаления сгустка с язвенного дефекта, диаметр фиксированного сгустка, эффективность ЭГ и профилактики рецидива кровотечения и др. В режиме «Оказание медицинской помощи» программа на основании персонализированных клинических особенностей пациентов в пошаговом режиме дает врачам экспертные рекомендации по тактике лечения пациентов, оценивает эффективность проведения эндоскопического лечения. При этом важно отметить, что алгоритм поддержки принятия врачебных решений носит исключительно рекомендательный характер и в каждой конкретной ситуации врач может изменить свое решение в соответствии с клиническими особенностями.

Модуль «Обучение» позволяет ознакомиться с работой алгоритма и изучить современные тактические подходы к эндогемостазу ЯГДК. Данный модуль позволяет повышать уровень квалификации врачей-эндоскопистов и врачей-хирургов в вопросах оказания медицинской помощи пациентам с ЯГДК путем обучения современным технологиям эндоскопического ге-

мостаза и персонализированному выбору различных технологий его использования.

Модуль «Оборудование для эндоскопического гемостаза» включает детализированный перечень оборудования, необходимого для проведения эндоскопического гемостаза ЯГДК и работы с цифровым алгоритмом поддержки принятия врачебных решений (рис. 4А). В данном режиме пользователи программы могут подробно ознакомиться с оборудованием, предназначенным для проведения эндогемостаза: даются описание оборудования, особенности работы с данным инструментарием. Список необходимого оборудования для ЭГ помогает совершенствовать материальное оснащение эндоскопических отделений и кабинетов, оказывающих помощь пациентам с ЯГДК, повышая качество оказания помощи.

Модуль «Оценить качество приложения» (рис. 4В) предоставляет возможность пройти опрос о работе мобильного приложения и цифрового алгоритма, а также позволяет пользователям отправлять отзывы и пожелания по улучшению работы данного приложения. Кроме того, функционал обратной связи позволяет пользователям делиться опытом работы с приложением, что способствует его постоянному совершенствованию.

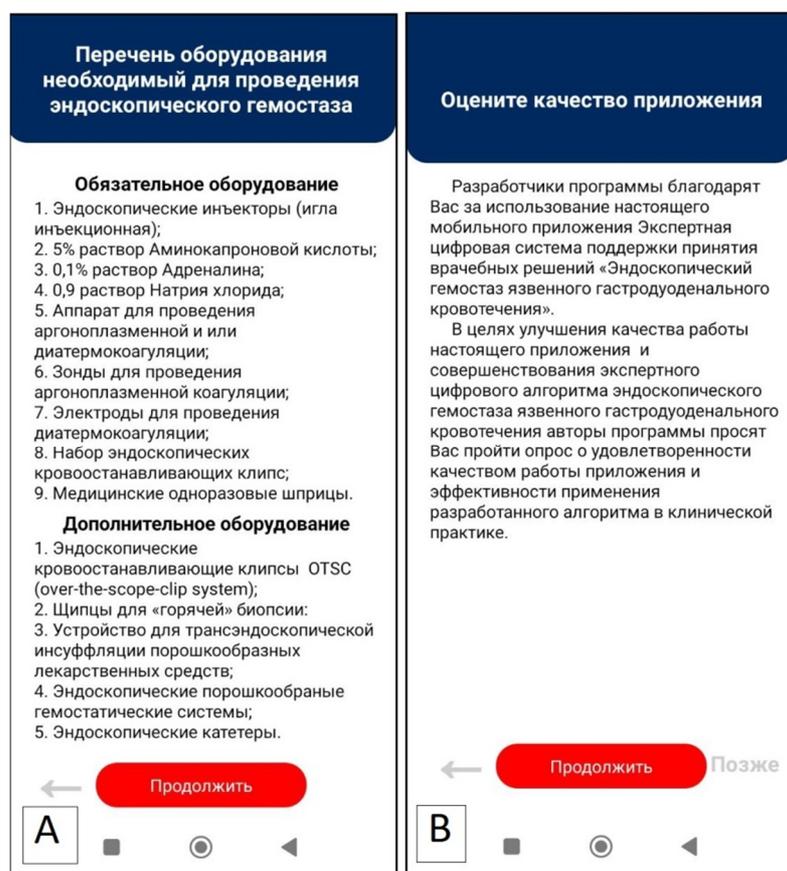


Рис. 4. Стартовое меню модулей «Оборудование для эндоскопического гемостаза» (А) и «Оценить качество приложения» (В).

Fig. 4. The start menu of the modules "Equipment for endoscopic hemostasis" (A) and «Evaluate the quality of the application» (B).

В модуле «Справочная информация» пользователи программы могут ознакомиться с методикой разработки настоящей экспертной цифровой системы поддержки принятия врачебных решений, данными разработчиков и правообладателя данного мобильного приложения.

В настоящее время в нашей стране в сфере здравоохранения и медицинского образования происходит ряд последовательных изменений, направленных на их оптимизацию и модернизацию. Однако полноценная и качественная оптимизация была бы невозможна без симбиоза медицины с современными достижениями в технической сфере [16, 17].

В последние годы своеобразными «помощниками» медицинских работников все больше становятся различные современные электронные гаджеты: смартфоны, планшеты, умные часы и т.д., для которых помимо встроенных операционных систем и программ разрабатываются и внедряются специализированные компьютерные программы и среды. Стоит отметить и важное значение разработки и внедрения искусственного интеллекта в различные сферы деятельности медицинских работников и здравоохранения в целом. Данное направление является крайне перспективным, так как внедрение искусственного интеллекта может способствовать более раннему обнаружению той или иной патологии у пациентов с последующей более точной постановкой диагноза; совершенствованию подходов к обработке полученных результатов различных инструментальных методов исследования, что положительно скажется на качестве диагностики и дифференциальной диагностике заболеваний; общей оптимизации лечебного процесса; составлению индивидуального плана лечения для каждого отдельного пациента; разработке специализированных систем поддержки принятия врачебных решений и др. [19, 20].

Системы поддержки принятия врачебных решений не так давно стали внедряться в различные отрасли медицины, но уже доказали свою значимость и эффективность в комплексном процессе диагностики и лечения. Однако в основном подобные системы применялись для пациентов, не нуждающихся в экстренной хирургической помощи [21, 22].

Для пациентов с ЯГДК крайне важным является оказание быстрой качественной и квалифицированной медицинской помощи [23]. Мобильное приложение «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»» обеспечивает врачей быстрым доступом к экспертному алгоритму эндогемостаза ЯГДК, что ускоряет при-

нятие решений в условиях ограниченного времени, а также позволяет врачам, опираясь на данный алгоритм, улучшить качество оказания медицинской помощи пациентам с ЯГДК. Использование настоящего алгоритма крайне полезно для молодых специалистов, имеющих небольшой опыт оказания специализированной помощи пациентам с ЯГДК. Ведь зачастую врач-эндоскопист работает в стационаре один, и посоветоваться или просто получить консультативную помощь не представляется возможным. Также важно отметить, что при продолжающемся кровотечении у врача имеется крайний дефицит времени для определения тактики лечения, что может приводить к неправильным тактическим действиям и влиять на результаты лечения жизнеугрожающего заболевания, которым является ЯГДК.

Разработанное приложение обладает высоким потенциалом для интеграции в клиническую практику, не требует дополнительного оборудования и может выступить повседневным надежным инструментом в работе врачей, оказывающих медицинскую помощь пациентам с ЯГДК. Благодаря использованию особой архитектуры и возможности установки приложения на различные операционные системы, включая iOS и Android, появляется возможность повсеместного распространения программы среди врачей, принимающих участие в лечении больных с ЯГДК. А удобный интуитивный интерфейс программы позволяет легко «разобраться» в ней даже медикам с небольшим опытом работы с компьютерами и специализированными электронными программами и средами.

Таким образом, впервые разработано мобильное приложение «Экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения»», реализованное для смартфонов и планшетов, позволяющее оценивать персонализированные клинические проявления ЯГДК и давать экспертные рекомендации по тактике лечения пациентов. Широкое применение разработанного мобильного приложения в клинической практике позволит повысить эффективность оказания медицинской помощи пациентам с ЯГДК, снизить число осложнений заболевания, а также улучшить качество подготовки специалистов в вопросах оказания медицинской помощи.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнялась на средства Гранта Президента Российской Федерации для государственной

поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук Грант № МК-1069.2020.7 (Конкурс МК-2020) и премии Правительства Воронежской области среди молодых ученых (Постановление Правительства Воронежской области от 18 декабря 2023 г. № 924).

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Баранников С.В., Чередников Е.Ф., Банин И.Н., Судаков Д.В., Болховитинов А.Е. – разработка концепции и дизайна, анализ и интерпретация данных, написание текста, редактирование; Чопоров О.Н., Каширина И.Л., Воротилина А.И. – анализ и интерпретация данных, написание текста, редактирование.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Saydam Ş.S., Molnar M., Vora P. The global epidemiology of upper and lower gastrointestinal bleeding in general population: A systematic review. *World J Gastrointest Surg.* 2023;15(4):723–739. DOI: 10.4240/wjgs.v15.i4.723.
- Ревিশвили А.Ш, Оловянный В.Е., Гогия Б.Ш., Гурмиков Б.Н., Марков П.В., Ручкин Д.В., Кузнецов А.В., Шелина Н.В. *Хирургическая помощь в Российской Федерации.* Москва, 2024. 192 с. [Revishvili A.Sh, Olovyannyj V.E., Gogiya B.Sh., Gurmikov B.N., Markov P.V., Ruchkin D.V., Kuznetsov A.V., Shelina N.V. *Surgical care in the Russian Federation.* Moscow, 2024. 192 p. (in Russ.).]
- Язвенные гастродуоденальные кровотечения клинические рекомендации. *Хирургическая практика.* 2015;(2):62–64 [Ulcerative gastroduodenal bleeding clinical recommendations. *Hirurgicheskaya praktika.* 2015;(2):62–64 (in Russ.).]
- Laine L., Barkun A.N., Saltzman J.R., Martel M., Leontiadis G.I. ACG Clinical Guideline: Upper Gastrointestinal and Ulcer Bleeding. *Am J Gastroenterol.* 2021;116(5):899–917. DOI: 10.14309/ajg.0000000000001245.
- Laine L., Barkun A.N., Saltzman J.R., Martel M., Leontiadis G.I. Correction to: ACG Clinical Guideline: Upper Gastrointestinal and Ulcer Bleeding. *Am J Gastroenterol.* 2021;116(11):2309. DOI: 10.14309/ajg.0000000000001506.
- Gralnek I.M., Stanley A.J., Morris A.J., Camus M., Lau J., Lanas A., Laursen S.B., Radaelli F., et al. Endoscopic diagnosis and management of nonvariceal upper gastrointestinal hemorrhage (NVUGIH): European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline - Update 2021. *Endoscopy.* 2021;53(3):300–332. DOI: 10.1055/a-1369-5274.
- Cherednikov E.F., Barannikov S.V., Yuzefovich I.S., Chernykh A.V., Berezhnova T.A., Polubkova G.V., Banin I.N., Maleev Yu.V., et al. Modern Technologies of Endoscopic Hemostasis in the Treatment of Ulcer Gastroduodenal Bleeding: A Literature Review. *International Journal of Biomedicine.* 2022;12(1):9–18. DOI: 10.21103/Article12(1)_RA1
- Ермолов А.С., Тверитнева Л.Ф., Тетерин Ю.С. Современные методы эндоскопического гемостаза в лечении язвенных гастродуоденальных кровотечений (обзор литературы). *Медицинский алфавит.* 2017;3(29):41–46 [Ermolov A.S., Tveritneva L.F., Teterin Yu.S. Modern methods of endoscopic hemostasis in the treatment of ulcerative gastroduodenal bleeding (literature review). *The Medical alphabet.* 2017;3(29):41–46 (in Russ.).] EDN: ZVGROV.
- Guo F., Meng H. Application of artificial intelligence in gastrointestinal endoscopy. *Arab J Gastroenterol.* 2024;25(2):93–96. DOI: 10.1016/j.ajg.2023.12.010.
- Nazarian S., Koo H.F., Carrington E., Darzi A., Patel N. The future of endoscopy – what are the thoughts on artificial intelligence? *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence.* 2023;36(8):1875–1884. DOI: 10.1080/0952813X.2023.2178516.
- Tang S., Yu X., Cheang C.F., Ji X., Yu H.H., Choi I.C. CLELNet: A continual learning network for esophageal lesion analysis on endoscopic images. *Comput Methods Programs Biomed.* 2023;231:107399. DOI: 10.1016/j.cmpb.2023.107399.
- Потахин С.Н., Шапкин Ю.Г. Разработка организационно-технологической модели оказания помощи больным язвенными гастродуоденальными кровотечениями. *Бюллетень медицинских интернет-конференций.* 2017;7(2):590–600 [Potahin S.N., Shapkin Yu.G. Development of an organizational and technological model of care for patients with ulcerative gastroduodenal bleeding. *Byulleten' meditsinskikh internet-konferencij.* 2017;7(2):590–600 (in Russ.).] EDN: YHLZKR.
- van der Storm S.L., Bektaş M., Barsom E.Z., Schijven M.P. Mobile applications in gastrointestinal surgery: a systematic review. *Surg Endosc.* 2023;37(6):4224–4248. DOI: 10.1007/s00464-023-10007-y.
- Ventola C.L. Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits. *P T.* 2014;39(5):356–364.
- Чередников Е.Ф., Полубкова Г.В., Деряева О.Г., Банин И.Н., Баранников С.В., Высоцкая О.Т., Кашурникова М.А., Изюмов М.С. *Факультетская хирургия: учебник.* Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2024:171–191. [Cherednikov E.F., Polubkova G.V., Deryaeva O.G., Banin I.N., Barannikov S.V., Vysotskaya O.T., Kashurnikova M.A., Izyumov M.S. *Faculty surgery: textbook.* Moscow: Society with Limited Liability Company «KnoRus» Publishing House, 2024:171–191 (in Russ.).]
- Мурашко М.А., Самойлова А.В., Швабский О.Р., Иванов И.В., Минулин И.Б., Щерблыкина А.А., Тавут Д.Ф. Обеспечение качества и безопасности медицинской деятельности в Российской Федерации как национальная идея. *Общественное здоровье.* 2022, 2(3):5–15. [Murashko M.A., Samoylova A.V., Shvabskii O.R., Ivanov I.V., Minulin I.B., Shcheblykina A.A., Taut D.F. Ensuring the quality and safety of healthcare in the Russian Federation as a national idea. *Public health.* 2022;2(3):5–15 (in Russ.).] DOI: 10.21045/2782-1676-2021-2-3-5-15. EDN: UPEYKE.
- Мурашко М.А. В любых условиях мы обязаны предоставить всем пациентам качественную и безопасную медицинскую помощь! *Менеджмент качества в медицине.* 2020;(2):2-3 [Murashko M.A. In all conditions, we are obliged to provide all pa-

- tients with high-quality and safe medical care!. *Quality management in medicine*. 2020;(2):2-3 (in Russ.]. EDN: JJJSL5.
18. Torres-Guzman R.A., Paulson M.R., Avila F.R., Maita K., Garcia J.P., Forte A.J., Maniaci M.J. Smartphones and Threshold-Based Monitoring Methods Effectively Detect Falls Remotely: A Systematic Review. *Sensors (Basel)*. 2023;23(3):1323 . DOI: 10.3390/s23031323.
19. Xiang H., Shen J., Wheeler K.K., Patterson J., Lever K., Armstrong M., Shi J., Thakkar R.K., et al. Efficacy of Smartphone Active and Passive Virtual Reality Distraction vs Standard Care on Burn Pain Among Pediatric Patients: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open*. 2021;4(6):e2112082. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.12082.
20. Hants L., Bail K., Paterson C. Clinical decision-making and the nursing process in digital health systems: An integrated systematic review. *J Clin Nurs*. 2023;32(19-20):7010–7035. DOI: 10.1111/jocn.16823.
21. Eloranta S., Boman M. Predictive models for clinical decision making: Deep dives in practical machine learning. *J Intern Med*. 2022;292(2):278–295. DOI: 10.1111/joim.13483.
22. Cherednikov E.F., Barannikov S.V., Yuzefovich I.S., Polubkova G.V., Maleev Yu.V., Volkova I.V., Vysotskaya A.T., Strygin O.V., et al. Innovative Endoscopic Technologies in the Complex Treatment of Patients with Unstable Stopped Gastroduodenal Bleeding. *International Journal of Biomedicine*. 2021;11(1): 24-28. DOI: 10.21103/Article11(1)_OA4

Поступила в редакцию 17.01.2025

Подписана в печать 25.04.2025

Для цитирования: Баранников С.В., Чередников Е.Ф., Банин И.Н., Чопоров О.Н., Судаков Д.В., Болховитинов А.Е., Каширина И.Л., Воротилина А.И. Мобильное приложение: экспертная цифровая система поддержки принятия врачебных решений «Эндоскопический гемостаз язвенного гастродуоденального кровотечения». *Человек и его здоровье*. 2025;28(1):21–30. DOI: 10.21626/vestnik/2025-1/03. EDN: HOLPGQ.

**MOBILE APPLICATION: EXPERT DIGITAL MEDICAL DECISION SUPPORT SYSTEM
«ENDOSCOPIC HEMOSTASIS OF ULCERATIVE GASTRODUODENAL BLEEDING»**

© Barannikov S.V.¹, Cherednikov E.F.¹, Banin I.N.^{1,2}, Choporov O.N.¹, Sudakov D.V.¹, Bolkhovitinov A.E.³,
Kashirina I.L.⁴, Vorotilina A.I.⁴

¹ **N.N. Burdenko Voronezh State Medical University (N.N. Burdenko VSMU)**

10, Studencheskaya Str., Voronezh, Voronezh region, 394036, Russian Federation

² **Ministry of Health of the Voronezh Region**

52d, Krasnoarmeyskaya Str., Voronezh, Voronezh region, 394006, Russian Federation

³ **Voronezh City Clinical Hospital of Emergency Medical Care № 1**

23, Patriotov Av., Voronezh, Voronezh region, 394065, Russian Federation

⁴ **Voronezh State University (VSU)**

1, University Sq., Voronezh, Voronezh region, 394018, Russian Federation

Emergency surgical pathology is one of the most difficult and complex problems of clinical surgery. Ulcerative gastroduodenal bleeding occupies a special place in the structure of urgent surgical diseases. A promising technology for improving medical care for patients with ulcerative gastroduodenal bleeding is the use of expert digital algorithms to support medical decision-making.

Objective – to develop a mobile application «Expert digital decision support system for endoscopic hemostasis of ulcerative gastroduodenal bleeding».

Materials and methods. At the first stage of the work, an algorithm for endohemostasis of ulcerative bleeding in the form of a decision tree was developed. However, the decision tree is extremely inconvenient, which has limited the possibilities of its practical application. The development of the mobile application «Expert digital decision Support system for Endoscopic hemostasis of ulcerative gastroduodenal bleeding» (Certificate of state registration of the computer program № 2024680004 RU) allowed to solve this disadvantage of the algorithm.

Results. The developed mobile application «Expert digital medical decision support system Endoscopic hemostasis of ulcerative gastroduodenal bleeding» is a program implemented for smartphones and tablets, which allows on-line and off-line modes to evaluate personalized clinical features of patients with various types of ulcerative bleeding and to give doctors expert recommendations on tactics of emergency endohemostasis and prevention of recurrence of bleeding. The mobile application provides doctors with quick access to an expert algorithm for endohemostasis of ulcerative bleeding, which speeds up decision-making in a limited time, and also allows doctors, relying on this algorithm, to improve the quality of medical care.

Conclusion. Thus, for the first time, the mobile application " Expert digital medical decision support system Endoscopic hemostasis of ulcerative gastroduodenal bleeding» was developed, implemented for smartphones and tablets, allowing to evaluate personalized clinical manifestations of ulcerative gastroduodenal bleeding and provide expert recommendations on patient treatment tactics.

Keywords: gastrointestinal bleeding; peptic ulcer; endoscopic hemostasis; clinical solutions; mobile application; computer-assisted decision-making in surgery; medical informatics; expert systems.

Barannikov Sergey V. – Cand. Sci. (Med.), Associate professor at the Department of Urgent and Faculty Surgery, N.N. Burdenko VSMU, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-2620-9836. E-mail: svbarannikov@rambler.ru (corresponding author)

Cherednikov Evgeniy F. – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Urgent and Faculty Surgery, N.N. Burdenko VSMU, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0003-2048-6303. E-mail: facult-surg.vsmuburdenko@yandex.ru

Banin Igor N. – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Urgent and Faculty Surgery, N.N. Burdenko VSMU, Ministry of Health of the Voronezh Region, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0003-2359-9215. E-mail: banin_igor@mail.ru

Choporov Oleg N. – Dr. Sci. (Tech.), Professor, Vice-Rector for Digital Transformation, Professor of the Department of Healthcare Management, N.N. Burdenko VSMU, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-3176-499X. E-mail: onchoporov@vrngmu.ru

Sudakov Dmitry V. – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Operative Surgery with Topographic Anatomy, N.N. Burdenko VSMU, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0003-4911-1265. E-mail: sdvvrn@yandex.ru

Bolkhovitinov Alexey E. – Head of the Endoscopic Department, Voronezh City Clinical Hospital for Emergency Medical Care №1, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0009-0003-8174-1862. E-mail: docbarmaley@gmail.com

Kashirina Irina L. – Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Department of Mathematical Methods of Operations Research, VASU, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-8664-9817. E-mail: kash.irina@mail.ru

Vorotilina Anastasia I. – Graduate student of the Department of Mathematical Methods of Operations Research, VSU, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0009-0006-1823-9441. E-mail: an_vorotilina@mail.ru

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The work was funded by a Grant from the President of the Russian Federation for state support of Young Russian Scientists – Candidates of Sciences Grant no. MK-1069.2020.7 (MK-2020 Competition) and the Voronezh Region Government Prize among young scientists (Decree of the Government of the Voronezh Region dated December 18, 2023 № 924).

AUTHORS CONTRIBUTION

Barannikov S.V., Cherednikov E.F., Banin I.N., Sudakov D.V., Bolkhovitinov A.E. – concept and design development, data analysis and interpretation, text writing editing; Choporov O.N., Kashirina I.L., Vorotilina A.I. – data analysis and interpretation, text writing editing.

Received 17.01.2025

Accepted 25.04.2025

For citation: Barannikov S.V., Cherednikov E.F., Banin I.N., Choporov O.N., Sudakov D.V., Bolkhovitinov A.E., Kashirina I.L., Vorotilina A.I. Mobile application: expert digital medical decision support system «Endoscopic hemostasis of ulcerative gastroduodenal bleeding» *Humans and their health*. 2025;28(1):21-30. DOI: 10.21626/vestnik/2025-1/03. EDN: HOLPGQ.