

<https://doi.org/10.17238/2072-3180-2025-1-56-63>

УДК: 006.617–089

© Протасов А.В., Канахина Л.Б., Мазурова О.И., Чорбаджи А.П., 2025

Оригинальная статья / Original article



РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОИСКА ЗНАЧИМЫХ КТ-ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРЕДОПЕРАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ ПАЦИЕНТОВ С БОЛЬШИМИ И ГИГАНТСКИМИ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫМИ ВЕНТРАЛЬНЫМИ ГРЫЖАМИ

А.В. ПРОТАСОВ, Л.Б. КАНАХИНА, О.И. МАЗУРОВА, А.П. ЧОРБАДЖИ

ФГАОУ ВО "Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы". 117198, Москва, Россия

Резюме

Введение. Цель: разработать методику выявления ключевых признаков КТ-абдоменометрии, помогающих хирургу принимать решения о предоперационной подготовке пациентов с большими послеоперационными вентральными грыжами (W3) с использованием алгоритмов машинного обучения.

Материал и методы. В ретроспективное исследование включено 90 пациентов (2020–2024 гг.), разделенных на три группы: без послеоперационных вентральных грыж (ПОВГ) (N=30), с W2 ПОВГ (N=30) и с W3 ПОВГ (N=30). Анализировались параметры мышц передней брюшной стенки, окружность брюшной полости, ширина грыжевых ворот, Defect ratio (%) и индекс разделения компонентов. Применялись ANOVA, критерий Краскела-Уоллиса, t-критерий Стьюдента, U-критерий Манна-Уитни, Random Forest, логистическая регрессия и кластеризация (K-Means, DBSCAN).

Результаты. Логистическая регрессия показала точность 86 % (AUC–ROC = 0,95). Значимыми предикторами ботулинотерапии оказались Defect ratio (%), индекс разделения компонентов и площадь мышц (справа). Кластеризация методом K-Means позволила выделить группы пациентов, одна из которых на 83 % состояла из пациентов, получавших ботулинотерапию, что подтверждает объективную дифференциацию по клиническим показаниям. Оптимальный порог вероятности предсказания ботулинотерапии составил 0,6, что снижает количество ложных отрицательных предсказаний.

Выводы. Использование машинного обучения позволило объективизировать процесс принятия решений и персонализировать предоперационное планирование, снижая субъективный фактор и повышая точность прогнозирования ботулинотерапии.

Ключевые слова: инженерия признаков, машинное обучение, вентральные грыжи, КТ-абдоменометрия, герниология

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Протасов А.В., Канахина Л.Б., Мазурова О.И., Чорбаджи А.П. Ретроспективный анализ с использованием машинного обучения и поиска значимых КТ-признаков для оптимизации предоперационной подготовки пациентов с большими и гигантскими послеоперационными вентральными грыжами. *Московский хирургический журнал*, 2025. № 1. С. 56–63. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2025-1-56-63>

Вклад авторов: Протасов А.В. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, редактирование, Канахина Л.Б. – концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста, Мазурова О.И. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование, Чорбаджи А.П. – сбор и обработка материала.

RETROSPECTIVE CT-ANALYSIS USING MACHINE LEARNING AND FEATURE SELECTION FOR OPTIMIZING PREOPERATIVE PREPARATION OF PATIENTS WITH LARGE AND GIANT POSTOPERATIVE VENTRAL HERNIAS

ANDREY V. PROTASOV, LIYA B. KANAKHINA, OLGA I. MAZUROVA, ANDREY P. CHORBADZHI

FSAEI HE "Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia". 117198, Moscow, Russia

Abstract

Introduction. Purpose: this study aimed to develop a machine learning–based approach for identifying key CT abdominometry features to assist in the preoperative planning of patients with large and giant postoperative ventral hernias.

Materials and methods of research. A retrospective analysis was conducted on 90 patients examined between 2020 and 2024. Patients were divided into three groups: those without postoperative ventral hernias (n=30), patients with W2 hernias (n=30), and patients with large or giant hernias who underwent preoperative botulinum therapy (n=30). CT scans of the abdomen, retroperitoneum, and pelvis were performed, and parameters such as anterior abdominal

wall muscle characteristics, abdominal circumference, hernia gate width, defect ratio, and component separation index were measured. Statistical analyses included ANOVA, the Kruskal-Wallis test, Student's t-test, and the Mann-Whitney U test. Feature selection was performed using a random forest algorithm, logistic regression was utilized for predicting the need for botulinum therapy, and clustering methods (K-Means, DBSCAN) were applied to identify distinct patient subgroups.

Treatment results. Logistic regression achieved an accuracy of 86 % (AUC-ROC = 0,95). The defect ratio, component separation index, and right muscle area were identified as significant predictors for botulinum therapy. K-Means clustering delineated a subgroup in which 83 % of patients underwent botulinum therapy, underscoring the objective differentiation based on CT features. An optimal predictive threshold of 0.6 was established to minimize false negatives.

Conclusion. The application of machine learning techniques facilitates objective and personalized preoperative planning, thereby enhancing surgical decision-making in the management of postoperative ventral hernias.

Key words: feature engineering, Machine learning, ventral hernias, CT-abdominometry, herniology

Conflict of interests: none.

For citation: Protasov A.V., Kanakhina L.B., Mazurova O.I., Chorbazhi A.P. Retrospective ct-analysis using machine learning and feature selection for optimizing preoperative preparation of patients with large and giant postoperative ventral hernias. *Moscow Surgical Journal*, 2025, № 1, pp. 56–63. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2025-1-56-63>

Contribution of the authors: Protasov A.V. – concept and design of the study, data collection and processing, statistical processing of the data, editing, Kanakhina L.B. – concept and design of the study, statistical processing of the data, text writing, Mazurova O.I. – concept and design of the study, data collection and processing, text writing, editing, Chorbazhi A.P. – data collection and processing.

Введение

Послеоперационная вентральная грыжа является одним из наиболее распространенных последствий абдоминальных хирургических вмешательств, встречающимся в 9–20 % случаев в течение первого года после операции [1]. Согласно исследованию Fink и соавт. [2], через три года после лапаротомии частота этого осложнения возрастает до 22,4 %. Лечение больших и гигантских вентральных грыж (категория W3, классификация EHS [3]) связано с анатомической сложностью и высоким риском осложнений. У таких пациентов часто наблюдаются атрофия и контрактура мышц передней брюшной стенки, что затрудняет закрытие дефекта без значительного натяжения тканей, повышая риск рецидива. Кроме того, значительный объем содержимого грыжевого мешка при репозиции в брюшную полость может спровоцировать развитие интраабдоминальной гипертензии и развитие абдоминального компартмент-синдрома [4, 5].

В литературе описано множество стратегий для предоперационного и интраоперационного расслабления и увеличения объема брюшной полости, включая прогрессивный пневмоперитонеум (PPP), послеоперационную вентиляцию с использованием релаксации, резекцию органов с реконструкцией брюшной стенки, вытяжение мышечно-фасциальных структур передней брюшной стенки и другие методы [6, 7, 8]. Однако все эти подходы требуют дополнительного инвазивного вмешательства, что сопровождается риском осложнений и увеличением продолжительности пребывания в стационаре [9, 10].

В последнее время для подготовки пациентов с большими вентральными грыжами начала применяться техника «химического разделения компонентов», основанная на использовании ботулотоксина типа А (БТА). БТА вызывает временную

релаксацию мышц, увеличивая их длину и эластичность [9]. Однако до сих пор отсутствуют единые протоколы и четко определенные критерии отбора пациентов, что ограничивает объективность принятия решений.

С учетом потенциала методов искусственного интеллекта (ИИ) для анализа медицинских данных, целью данного исследования является применение ИИ для выявления ключевых признаков и пороговых значений, способствующих оптимизации отбора пациентов для предоперационной подготовки. Такой подход позволяет повысить точность и объективность принятия клинических решений.

Цель исследования. Целью статьи является разработка подхода к выявлению ключевых признаков и пороговых значений, необходимых для отбора пациентов с большими и гигантскими вентральными грыжами, требующих предоперационной подготовки. Работа направлена на использование методов искусственного интеллекта для оптимизации принятия решений, повышения объективности критериев и улучшения исходов хирургического лечения.

Материалы и методы

В исследование, проведенное на базе ФГБУЗ КБ № 85 ФМБА России и ЧУЗ «КБ «РЖД-Медицина» имени Н.А. Семашко», включены данные 90 пациентов, прошедших обследование или лечение в период с января 2020 года по сентябрь 2024 года. Сформированы 3 группы: группа 1 (N=30) — пациенты без послеоперационных вентральных грыж. Группа 2 (N=30) – пациенты с диагностированными W-2 ПОВГ, группа 3 (N=30): пациенты с большими или гигантскими вентральными грыжами, которые являются кандидатами для предоперационной ботулотерапии перед хирургическим этапом лечения (рис. 1).



Рис. 1. А - пациент с диагностированной W3 - послеоперационной вентральной грыжей, Б - процесс введения ботулотоксина А в мышцы передней брюшной стенки как этап предоперационной подготовки пациента

Fig. 1. A - a patient with a diagnosed W3 - postoperative ventral hernia, B - the process of injecting botulinum toxin A into the muscles of the anterior abdominal wall as a stage of preoperative adjustment of the patient

Всем пациентам проводилась компьютерная томография органов грудной полости, брюшной полости и органов малого таза (3 зоны). Исследование выполняли на компьютерных томографах GE Optima CT660 или Aquilion lighting SP, CT. В программе Vidar Dicom Viewer с использованием программ измерения «отрезок» и «кривая», и измерялись такие параметры, как толщина, длина (средняя длина, измеренная по внутреннему и наружному контуру), площадь мышц передней брюшной стенки, плотность в единицах HU (m. obliquus externus abdominis, m. obliquus internus abdominis, m. transversus abdominis), а так же оценивались такие показатели как длина окружности стенок брюшной полости, ширина грыжевых ворот или расстояние между прямыми мышцами живота (белой линии живота), доля удаляемой ткани при герниопластике, defect ratio, индекс разделения компонентов (табл. 1, рис. 2).

В исследовании для реализации методов машинного обучения, обработки данных и визуализации использовались библиотеки на языке программирования Python: pandas, numpy, scikit-learn, scipy, а также matplotlib и seaborn для визуализации.

Статистическая обработка данных включала дисперсионный анализ (ANOVA) и критерий Краскела-Уоллиса для выявления статистически значимых различий между исследуемыми группами. Для оценки различий между пациентами, которым была назначена ботулинотерапия, и пациентами без предоперационной подготовки использовались t-критерий Стьюдента для параметрических данных и U-критерий Манна-Уитни для непараметрических данных. Корреляционный анализ проводился с использованием коэффициента Спирмена, что позволило установить силу и направление связи между параметрами.

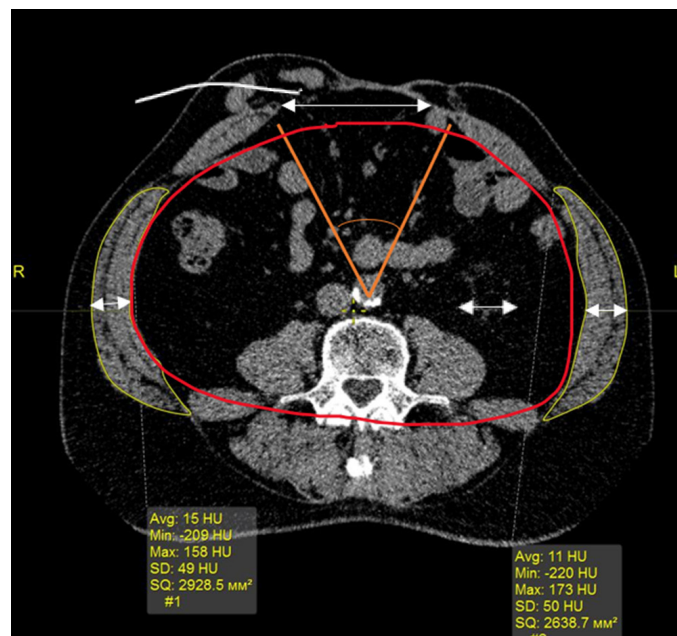


Рис. 2. КТ- схема измерений мышечного слоя передней брюшной стенки у пациента с ПОВГ: как толщина, площадь мышц передней брюшной стенки, окружность брюшной полости, расстояние между прямыми мышцами живота, угол расхождения

Fig. 2. CT diagram of measurements of the muscle layer of the anterior abdominal wall in patients with ADHD: how thick, the area of the muscles of the anterior abdominal wall, the circumference of the abdominal cavity, the distance between the rectus abdominis muscles, the angle of divergence

Методы машинного обучения включали отбор значимых признаков с использованием алгоритма случайного леса (Random Forest), а также построение модели логистической регрессии для прогнозирования вероятности назначения ботулинотерапии. Оценка предсказательной способности модели осуществлялась на основе метрик точности, полноты, F1 – меры и площади под кривой ROC (AUC-ROC).

Для идентификации естественных групп пациентов использовались алгоритмы кластеризации K-Means и DBSCAN. Метод K-Means позволил выделить группы пациентов с различной вероятностью назначения ботулинотерапии, тогда как алгоритм DBSCAN выявил плотные группы пациентов с характерными параметрами и пациентов с атипичными характеристиками. Для снижения размерности данных и их визуализации применялся метод анализа главных компонент (PCA), позволяющий определить основные оси вариативности параметров.

Результаты

Для оценки различий между группами пациентов был использован дисперсионный анализ (ANOVA) и критерий Краскела-Уоллиса. Наиболее значимые различия между группами выявлены для показателей «Defect ratio (%)» ($p < 0,001$), «Индекс разделения компонентов» ($p < 0,001$) и «Доля удаляемого сегмента» ($p < 0,001$). Дополнительно, был проведен сравни-

тельный анализ между группами пациентов, которым была выполнена ботулинотерапия, и теми, кому она не назначалась. Для этого использовались t-критерий Стьюдента и U-критерий Манна-Уитни, которые подтвердили статистически значимые различия для тех же ключевых параметров: «Defect ratio (%)» ($p < 0,001$), «Индекс разделения компонентов» ($p < 0,001$) и «Доля удаляемого сегмента» ($p < 0,001$). Эти результаты указывают на то, что указанные параметры могут быть использованы в качестве предикторов для определения необходимости применения ботулинотерапии. Анализ корреляций с использованием коэффициента Спирмена показал, что наиболее высокая связь с назначением ботулинотерапии наблюдается у показателей «Defect ratio (%)» ($r = 0,78$), «Индекс разделения компонентов» ($r = 0,76$) и «Доля удаляемого сегмента» ($r = 0,78$) (рис. 3).

Таблица 1

Параметры КТ-измерений на аксиальных срезах

Table 1

Parameters of CT measurements on axial sections

Показатель Value	Способ измерения Measuring method
Ширина грыжевых ворот или белой линии живота The width of the hernial gate or the white line of the abdomen	Инструмент «отрезок» – максимальное поперечное расстояние на аксиальном срезе, измеренное на уровне наибольшего дефекта The segment tool is the maximum transverse distance on the axial slice, measured at the level of the largest defect.
Доля удаляемой ткани Proportion of tissue being removed	Отношение площади поверхности брюшной полости к площади удаляемой ткани при герниопластике The ratio of the abdominal cavity surface area to the area of the tissue to be removed during hernioplasty
Defect ratio (коэффициент дефекта)	Отношение ширины грыжевых ворот к окружности стенок брюшной полости x 100 The ratio of the width of the hernial gate to the circumference of the abdominal walls x 100
Индекс разделения компонентов Component Separation Index	Угол расхождения (угол между краями прямых мышц на уровне наибольшей ширины дефекта и аортой) разделенный на 360° The angle of divergence (the angle between the edges of the rectus muscles at the level of the largest width of the defect and the aorta) divided by 360°

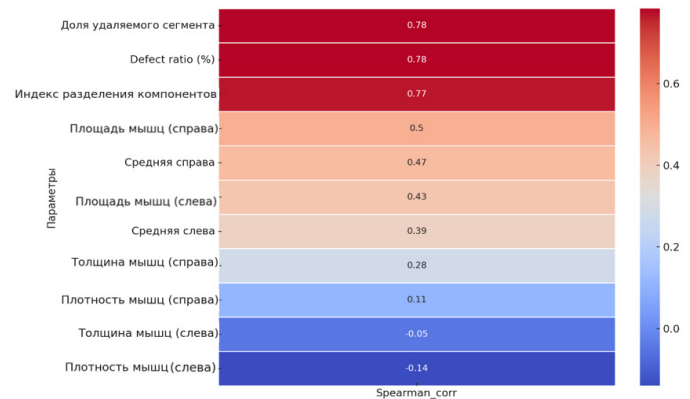


Рис. 3. Анализ корреляции Спирмена: ключевые предикторы назначения ботулинотерапии

Fig. 3. Spearman correlation analysis: key predictors of botulinum therapy appointment

Данный факт подтверждает их значимость для необходимости предоперационной подготовки пациентов.

Дополнительно была проведена оценка значимости признаков с использованием метода случайного леса (Random Forest). Наибольший вклад в предсказание назначения ботулинотерапии внесли те же параметры: «Defect ratio (%)» (весовой коэффициент 0,28), «Индекс разделения компонентов» (0,26) и «Доля удаляемого сегмента» (0,25) (рис. 4).

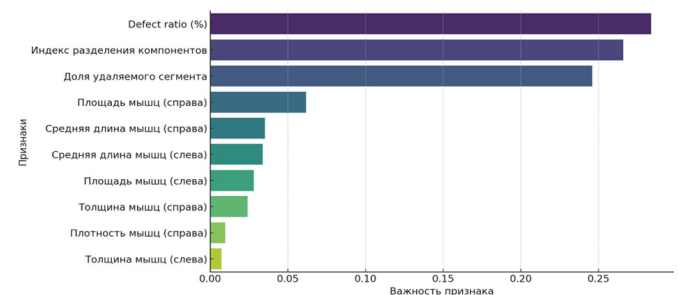


Рис. 4. Топ -10значимых признаков по Random Forest

Fig. 4. Top 10 significant features according to Random Forest

Таким образом, эти показатели не только статистически значимо различаются между группами, но и обладают высокой предсказательной ценностью при использовании методов машинного обучения.

Результаты анализа влияния мышечных параметров на ботулинотерапию, оцененных по данным компьютерной томографии, показали, что наиболее значимыми предикторами являются «Площадь мышц (справа)» ($p < 0,001$, $r = 0,49$), «Средняя длина мышц (слева)» ($p < 0,05$, $r = 0,38$) и «Средняя длина мышц (справа)» ($p < 0,001$, $r = 0,47$). Эти параметры продемонстрировали статистически значимые различия между группами и высокий уровень предсказательной ценности при моделировании.

Для выявления естественных групп пациентов была проведена кластеризация с использованием алгоритмов машинного обучения: K-Means и DBSCAN. Метод K-Means позволил выделить три кластера (рис. 5).

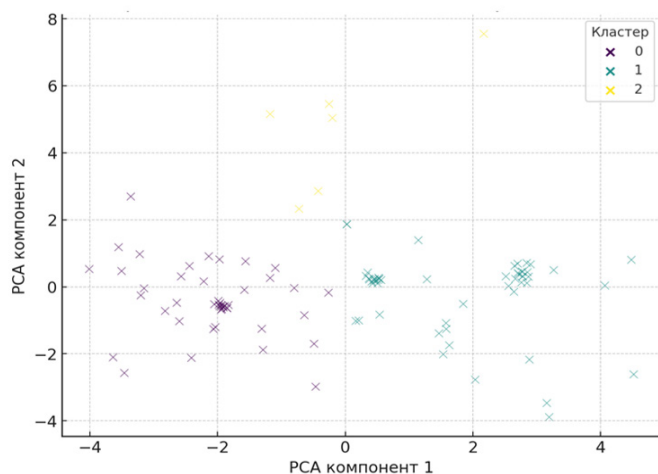


Рис. 5. Распределение пациентов по кластерам (K-Means)

Fig. 5. Distribution of patients by clusters (K-Means)

В кластере 2 ботулинотерапия назначалась в 83 % случаев, тогда как в кластере 0 её не получали 100 % пациентов. В кластере 1 ботокс был назначен 47 % пациентов, что указывает на смешанный характер группы. Эти результаты подтверждают, что метод K-Means способен автоматически выделять пациентов с высокой вероятностью назначения ботулинотерапии по предложенным параметрам.

Метод DBSCAN выявил плотные группы пациентов со схожими характеристиками, но часть пациентов осталась вне кластеров, что указывает на их атипичные параметры. Визуализация PCA показала четкие границы между группами, что подтверждает информативность использованных признаков.

В рамках анализа предсказательной ценности признаков была выполнена логистическая регрессия, целью которой являлось прогнозирование необходимости ботулинотерапии на основе совокупности изученных параметров (рис. 6).

Анализ метрик показал, что точность классификации пациентов без необходимости предоперационной ботулинотерапии составила 88 %, а полнота – 93 %, что указывает на высокую надежность модели при выявлении данной категории пациентов. Однако для группы пациентов, которым была назначена ботулинотерапия, показатели были ниже: точность составила 83 %, а полнота – 71 %, что свидетельствует о наличии некоторого количества ложноотрицательных предсказаний.

Модель продемонстрировала высокую точность (86 %), а также значимое качество предсказаний, подтвержденное

значением AUC-ROC (0,95), что свидетельствует о высокой дискриминирующей способности модели (рис. 7).

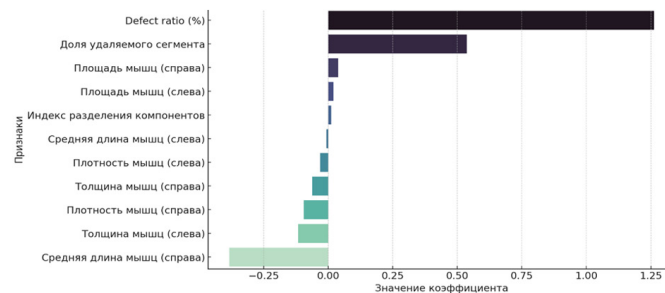


Рис. 6. Важность признаков в логистической регрессии

Fig. 6. The importance of features in logistic regression

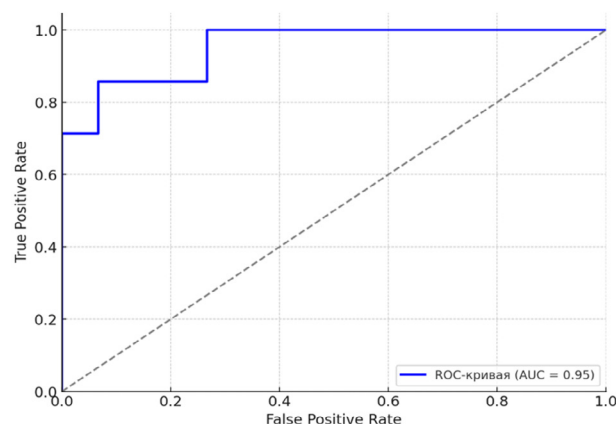


Рис. 7. ROC-кривая логистической регрессии

Fig. 7. ROC-logistic regression curve

Матрица ошибок подтвердила, что модель уверенно идентифицирует пациентов, не нуждающихся в ботулинотерапии, однако демонстрирует ограниченную способность в точном выявлении тех, кому она необходима (рис. 8).

Анализ зависимости F1-score от порога вероятности показал, что максимальное значение метрики достигается при пороге $\approx 0,6$, что свидетельствует о наилучшем балансе между точностью (precision) и полнотой (recall) (рис. 9).

При снижении порога модель чаще классифицирует пациентов как нуждающихся в ботулинотерапии, но увеличивает число ложных положительных результатов. При повышении порога уменьшается количество ошибочно предсказанных случаев ботокса, однако возрастает риск пропуска пациентов, которым терапия необходима.

Обсуждение

На сегодняшний день исследования, посвященные применению машинного обучения в контексте предоперационной

подготовки пациентов с большими и гигантскими вентральными грыжами, остаются немногочисленными. В доступной литературе основной акцент сделан на анализ хирургических исходов или оценке риска осложнений. Использование машинного обучения для выявления показаний к ботулотерапии является инновационным подходом, который впервые демонстрирует возможность использования ключевых параметров КТ-абдоменометрии для предсказания необходимости данного вмешательства. Сравнение с предыдущими исследованиями показало, что работы, посвященные использованию машинного обучения для предоперационной подготовки, практически отсутствуют. Это подчеркивает новизну подхода, ориентированного на автоматизацию и повышение объективности принятия решений.



Рис. 8. Матрица ошибок логистической регрессии
Fig. 8. Error matrix of logistic regression

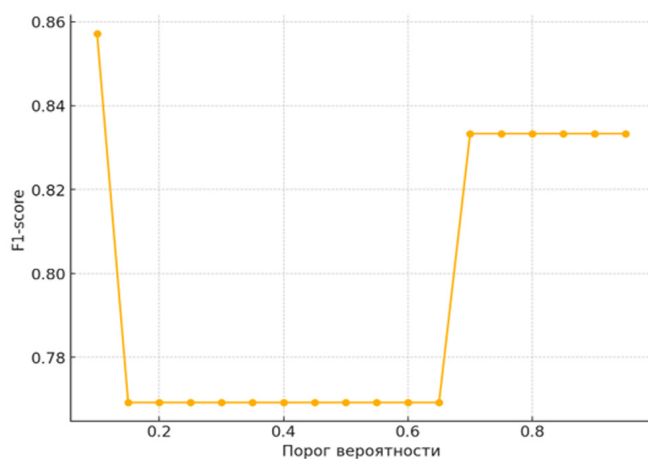


Рис. 9. F1 - score в зависимости от порога классификации
Fig. 9. F1 - score depending on the classification threshold

Основными ограничениями являются небольшой объем выборки и отсутствие внешней валидации модели. Для дальнейших исследований важно расширить базу данных и включить дополнительные параметры, такие как хирургические исходы. Важно отметить так же необходимость дальнейшей оптимизации модели машинного обучения, например, путем использования ансамблевых методов машинного обучения или увеличения размерности выборки. Тем не менее, полученные результаты подтверждают перспективность интеграции машинного обучения в клиническую практику, позволяя оптимизировать процесс предоперационной подготовки и улучшить результаты лечения.

Выводы

Полученные результаты подтверждают, что предложенный комплекс параметров является значимым предиктором и может быть использован для предварительного прогнозирования необходимости ботулинотерапии в предоперационном периоде. Исследование подтвердило потенциал методов машинного обучения для оптимизации предоперационной подготовки пациентов с большими вентральными грыжами. Выявлены ключевые параметры, значимые для принятия решений, что подчеркивает важность многомерного анализа данных в персонализации лечения.

Кластеризация показала возможность выделения подгрупп пациентов, а предсказательные модели продемонстрировали высокую точность и надежность. Разработанный подход открывает перспективы для внедрения автоматизированных систем поддержки решений, повышая объективность и эффективность предоперационной подготовки.

Результаты подтверждают значимость интеграции машинного обучения в клиническую практику и его вклад в развитие персонализированной медицины.

Список литературы:

1. Le Huu Nho R., Mege D., Ouaiissi M., Sielezneff I., Sastre B. Incidence and prevention of ventral incisional hernia. *J. Visc. Surg.*, 2012, № 149, e3–e14. <https://doi.org/10.1016/j.jviscsurg.2012.05.004>
2. Fink C., Baumann P., Wentz M. N., Knebel P., Bruckner T., Ulrich A., Werner J., Büchler M. W., Diener M. K. Incisional hernia rate 3 years after midline laparotomy. *Br. J. Surg.*, 2014, № 101, pp. 51–54. <https://doi.org/10.1002/bjs.9364>
3. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Общероссийская общественная организация «Российское общество хирургов», Всероссийская общественная организация «Общество герниологов». *Клинические рекомендации «Послеоперационная вентральная грыжа»*. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/685_2 (дата обращения: 23–02–2025).
4. Сулайманова Н., Рахмонов Ш., Махмудов Ф., Рахимов А. Мониторинг внутрибрюшного давления и профилактика синдрома абдоминальной компрессии при герниопластике больших и гигантских

срединных грыж. *Вестник врача*, 2014, № 1, С. 171–174. URL: https://inlibrary.uz/index.php/doctors_herald/article/view/4568 (дата обращения: 23–02–2025).

5. Самарцев В.А., Гаврилов В.А., Пушкарев Б.С. Синдром интраабдоминальной гипертензии: современное состояние проблемы. *Хирургическая практика*, 2020, № 2, С. 35–42. <https://doi.org/10.38181/2223-2427-2020-2-35-42>

6. Vasiliadis K., Knaebel H. P., Djakovic N., Nyarangi-Dix J., Schmidt J., Büchler M. Challenging surgical management of a giant inguinoscrotal hernia: Report of a case. *Surg. Today*, 2010, № 40, pp. 684–687. <https://doi.org/10.1007/s00595-009-4125-3>

7. El-Dessouki N. I. Preperitoneal mesh hernioplasty in giant inguinoscrotal hernias: A new technique with dual benefit in repair and abdominal rooming. *Hernia*, 2001, № 5, pp. 177–181. <https://doi.org/10.1007/s10029-001-0030-4>

8. Топчиев А.М., Протасов А.В., Федосеев А.В., Топчиев М.А., Паршин Д.С., Самсонов А.В. Возможности интраоперационного вытяжения мышечно-фасциальных структур передней брюшной стенки как этап подготовки их к пластике при послеоперационных грыжах W3. *Совр. пробл. науки и образования*, 2022, № 5, С. 140–140. <https://doi.org/10.17513/spno.32137>

9. Crist D. W., Gadacz T. R. Complications of laparoscopic surgery. *Surg. Clin. N. Am.*, 1993, № 73, pp. 265–289. [https://doi.org/10.1016/S0039-6109\(16\)45981-5](https://doi.org/10.1016/S0039-6109(16)45981-5)

10. Huerta S., et al. Botulinum Toxin A as an Adjunct for the Repair of Giant Inguinal Hernias: Case Reports and a Review of the Literature. *J. Clin. Med.*, 2024, № 13(7), pp. 1879. <https://doi.org/10.3390/jcm13071879>

References:

1. Le Huu Nho R., Mege D., Ouaiissi M., Sielezneff I., Sastre B. Incidence and prevention of ventral incisional hernia. *Journal of Vascular Surgery*, 2012, vol. 149, pp. e3–e14. <https://doi.org/10.1016/j.jviscsurg.2012.05.004>

2. Fink C., Baumann P., Wentz M.N., Knebel P., Bruckner T., Ulrich A., Werner J., Büchler M.W., Diener M.K. Incisional hernia rate 3 years after midline laparotomy. *British Journal of Surgery*, 2014, № 101, pp. 51–54. <https://doi.org/10.1002/bjs.9364>

3. Ministry of Health of the Russian Federation. All-Russian public organization “Russian Society of Surgeons”, All-Russian public organization “Society of Herniologists”. *Clinical recommendations «Posleoperacionnaja ventralnaja gryzha»* [Postoperative ventral hernia]. (In Russ.). Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/685_2. (accessed: 23–02–2025)

4. Sulaymanova N., Rakhmonov Sh., Makhmudov F., Rakhimov A. Monitoring of intra-abdominal pressure and prevention of abdominal compression syndrome in hernioplasty of large and giant median hernias. *Vestnik vracha*, 2014, № 1, pp. 171–174. (In Russ.) Available at: https://inlibrary.uz/index.php/doctors_herald/article/view/4568 (accessed: 23–02–2025)

5. Samartsev V.A., Gavrilov V.A., Pushkarev B.S. Intraabdominal hypertension syndrome: the current state of the problem. *Khirurgicheskaya praktika*, 2020, № 2, pp. 35–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.38181/2223-2427-2020-2-35-42>

6. Vasiliadis K., Knaebel H.P., Djakovic N., Nyarangi-Dix J., Schmidt J., Büchler M. Challenging surgical management of a giant inguinoscrotal hernia: Report of a case. *Surgery Today*, 2010, № 40, pp. 684–687. <https://doi.org/10.1007/s00595-009-4125-3>

7. El-Dessouki N.I. Preperitoneal mesh hernioplasty in giant inguinoscrotal hernias: A new technique with dual benefit in repair and abdominal rooming. *Hernia*, 2001, vol. 5, pp. 177–181. <https://doi.org/10.1007/s10029-001-0030-4>

8. Topchiev A.M., Protasov A.V., Fedoseev A.V., Topchiev M.A., Parshin D.S., Samsonov A.V. Possibilities of intraoperative stretching of the musculofascial structures of the anterior abdominal wall as a stage of their preparation for plastic surgery in postoperative hernias W3. *Sovremennyye problem nauki i obrazovaniya*, 2022, № 5, pp. 140–140. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/spno.32137>

9. Crist D.W., Gadacz T.R. Complications of laparoscopic surgery. *Surgical clinics of North America*, 1993, № 73, pp. 265–289. [https://doi.org/10.1016/S0039-6109\(16\)45981-5](https://doi.org/10.1016/S0039-6109(16)45981-5)

10. Huerta S. et al. Botulinum Toxin A as an Adjunct for the Repair of Giant Inguinal Hernias: Case Reports and a Review of the Literature. *Journal of Clinical Medicine*, 2024, vol. 13, № 7, pp. 1879. <https://doi.org/10.3390/jcm13071879>

Сведения об авторах:

Канахина Лия Бекетаевна – аспирант кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии имени И.Д. Кирпатовского, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, ул. Миклухо-Маклая, д. 8, г. Москва, Россия, email: glb.1994@mail.ru. ORCID: 0000–0003–0260–1478

Протасов Андрей Витальевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оперативной хирургии и клинической анатомии имени И.Д. Кирпатовского, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, ул. Миклухо-Маклая, д. 8, г. Москва, Россия, email: protasov@bk.ru. ORCID: 0000–0001–5439–9262

Мазурова Ольга Игоревна – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии имени И.Д. Кирпатовского, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, ул. Миклухо-Маклая, д. 8, г. Москва, Россия, email: mazurova_oi@kb85.ru. ORCID: 0000–0003–2677–6272

Чорбаджи Андрей Павлович – ординатор кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии имени И.Д. Кирпатовского, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», 117198, ул. Миклухо-Маклая, д. 8, г. Москва, Россия, email: 956ach357@gmail.com. ORCID: 0009–0007–9981–2840

Information about the authors:

Kanakhina Liya Beketaevna – Postgraduate student of the Department of Operative Surgery and Clinical Anatomy named after I.D. Kirpatovsky, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia,

117198, Miklukho-Maklaya St. 8, Moscow, Russia, email: glb.1994@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2677-6272

Protasov Andrey Vitalievich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Operative Surgery and Clinical Anatomy named after I.D. Kirpatovsky, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, 117198, Miklukho-Maklaya St. 8, Moscow, Russia, email: andrei.protasov@bk.ru. ORCID: 0000-0001-5439-9262

Mazurova Olga Igorevna – Candidate of Medical Sciences, Assistant Professor of the Department of Operative Surgery and Clinical Anatomy named after I.D. Kirpatovsky, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, 117198, Miklukho-Maklaya St. 8, Moscow, Russia, email: mazurova_oi@kb85.ru. ORCID: 0000-0003-2677-6272

Chorbadzhi Andrey Pavlovich – Resident of the Department of Operative Surgery and Clinical Anatomy named after I.D. Kirpatovsky, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, 117198, Miklukho-Maklaya St. 8, Moscow, Russia, email: 956ach357@gmail.com. ORCID: 0009-0007-9981-2840