стимости. Все исследованные образцы – как компоненты, так и готовые изделия – продемонстрировали стабильно высокие показатели биологической безопасности. Значения индекса токсичности It за четырехлетний период находились в диапазоне 93,9–107,3%, что значительно превышает установленный нормативными документами [4, 5] пороговый уровень в 80% и соответствует критериям, предъявляемым к биологически инертным материалам. Корректность использования относительного показателя. Подтверждено, что использование нормированного индекса токсичности (It) нивелирует значительные колебания абсолютных значений подвижности сперматозоидов (Scp.), обусловленные естественной вариабельностью биологической тест-системы. Это позволяет корректно сравнивать результаты, полученные в разные временные промежутки, и делает итоговую оценку объективной. Надежность производственных процессов. Отсутствие систематического снижения показателей It в готовых изделиях на протяжении четырех лет испытаний подтверждает стабильность и эффективность применяемых технологических регламентов, а также высокий уровень входного контроля сырья и материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронов, А. В. Биологическая безопасность медицинских изделий: современные подходы к оценке рисков на этапах производства / А. В. Миронов, И. П. Семенова // Медицинская техника и токсикология. – 2023. – № 4 (45). – С. 22–29.

2. Шляхтин, Г. С. Контроль качества и безопасности медицинских изделий одноразового применения: монография / Г.С. Шляхтин, В.П. Яковлев. – М. : Логос, 2021. – 192 с.

3. Гольдберг, М. А. Биосовместимость и токсикология медицинских материалов / М. А. Гольдберг, О. С. Воробьева. – М. : Медицина, 2020. – 320 с.

4. ФС.2.2.0011.18. Оценка цитотоксичности *in vitro* (Фармакопейная статья, включена в ГФ XIV). – М., 2018.

5. Протоколы испытаний цитотоксичности шприцев типа «Луер» за 2022–2025 гг. // Архив учреждения «Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья». – Гомель, 2026. – 24 протокола. – Рукопись. Не опубликовано.

6. ГОСТ ISO 10993-1-2021. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 1. Оценка и испытания в процессе управления рисками. – Введ. 2022-07-01. – М. : Стандартинформ, 2021. – VI, 28 с.

УДК 616.345-006.6-089.168:004.8

М. В. Гринкевич

Научный руководитель: к.м.н., доцент В. Н. Жданович

Учреждения образования
«Гомельский государственный медицинский университет»
г. Гомель, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ АЛГОРИТМА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ АНАТОМИЧЕСКОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СИГМОВИДНОЙ КИШКИ У ПАЦИЕНТОВ С КОЛОРЕКТАЛЬНЫМ РАКОМ КАК ПРЕДИКТОРА ХИРУРГИЧЕСКОГО РИСКА

Введение

Колоректальный рак (КРР) остается одной из ведущих причин онкологической смертности, при этом частота поражения левых отделов ободочной кишки, включая сигмовидную, сохраняется на высоком уровне. Хирургическое вмешательство является основой радикального лечения, однако его техническая сложность напрямую зависит от индивидуальных анатомических особенностей пациента. Сигмовидная кишка и ее брыжейка характеризуются значительной межиндивидуальной вариабельностью длины, формы и топографического

расположения по отношению к мочеточникам, магистральным сосудам и органам малого таза [1]. Недостаточный учет этих особенностей на этапе предоперационного планирования может повышать риск интраоперационных осложнений, таких как повреждение мочеточника или кровотечение [2].

Современные методы лучевой диагностики, включая магнитно-резонансную томографию (МРТ), предоставляют детальную информацию об анатомии толстой кишки. Однако интерпретация данных зачастую остается субъективной. В последние годы методы искусственного интеллекта (ИИ), в частности нейронные сети, активно внедряются в различные области медицины, демонстрируя высокую эффективность в задачах анализа изображений и прогнозирования рисков [3, 4]. Исследования показывают, что алгоритмы машинного обучения способны не только автоматизировать процесс сегментации анатомических структур, но и выявлять скрытые закономерности, влияющие на исходы лечения [5, 6].

Цель

Разработать и провести первичную валидацию алгоритма машинного обучения для автоматизированной количественной оценки анатомической вариабельности сигмовидной кишки на основе предоперационных МРТ-изображений у пациентов с колоректальным раком, а также оценить связь выделенных анатомических параметров с интраоперационными хирургическими рисками.

Материал и методы исследования

Проведен ретроспективный анализ данных пациентов с верифицированным диагнозом злокачественного новообразования сигмовидной кишки (код МКБ-10: С18.7) по данным УЗ «Гомельский областной клинический онкологический диспансер» («Экспорт информации сигмовидная кишка за 2025»). В исследование включены 30 пациентов, имевших в наличии предоперационные МРТ-изображения (Т2-ВИ) и детализированные протоколы хирургических вмешательств.

На предоперационных МРТ-изображениях вручную, под контролем эксперта-рентгенолога, выполнялась сегментация сигмовидной кишки, мочеточников и магистральных сосудов. На основе сегментированных данных разрабатывался алгоритм машинного обучения (архитектура U-Net) для автоматического выделения данных структур [6].

Количественная оценка анатомической вариабельности включала расчет следующих параметров с последующим построением интегрального индекса анатомической сложности (I_anat) с использованием метода главных компонент [3]:

– общая длина сигмовидной кишки (L_total);

– длина брыжейки (L_mes);

– минимальное расстояние до левого мочеточника (D_ureter);

– расстояние до подвздошных сосудов (D_vessels);

– наличие петли кишки в полости малого таза (S_depth).

Клинические исходы (длительность операции, объем кровопотери, наличие осложнений) оценивались по протоколам операций. Статистический анализ выполнен в среде Python с использованием корреляционного анализа Спирмена и ROC-анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Средний возраст пациентов (N=30) составил 64,5±11,2 года, при этом большинство составили женщины (60,0%). В структуре хирургических вмешательств преобладала резекция сигмовидной кишки (73,3%), средняя продолжительность операции и объем кровопотери составили 145,5±38,2 мин и 185,5±95,6 мл соответственно. Разработанный алгоритм машинного обучения продемонстрировал высокую точность сегментации сигмовидной кишки (Dice coefficient = 0,89±0,04), что сопоставимо с мировыми данными по применению ИИ для анализа медицинских изображений [4, 6].

Анализ анатомических параметров выявил значительную вариабельность, подтверждающую данные литературы о сложности хирургической анатомии этой зоны [3]. Длина кишки варьировала от 28 до 62 см. Расстояние до левого мочеточника – от 2 до 21 мм. У 4 пациентов (13,3%) это расстояние было менее 5 мм, что позволяет отнести их к группе повышенного риска повреждения мочеточника [2] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Примеры анатомической вариабельности сигмовидной кишки на МРТ

Примечание: на рисунке представлены два варианта анатомии: слева – с высоким расположением петли и типичным ходом мочеточника (низкий индекс сложности); справа – с длинной брыжейкой, петлей в малом тазу и тесным контактом с мочеточником (высокий индекс сложности).

Корреляционный анализ выявил статистически значимую связь интегрального индекса анатомической сложности (I_anat) с длительностью операции (r=0,52; p=0,003) и объемом кровопотери (r=0,47; p=0,009). Это подтверждает гипотезу о том, что объективная предоперационная оценка анатомии с помощью количественных методов может служить предиктором технической сложности вмешательства.

ROC-анализ (рисунок 2) продемонстрировал хорошую прогностическую способность I_anat в отношении риска интраоперационных осложнений (AUC=0,81). Пороговое значение I_anat>0,65 позволило выделить группу высокого риска с чувствительностью 80% и специфичностью 78%.

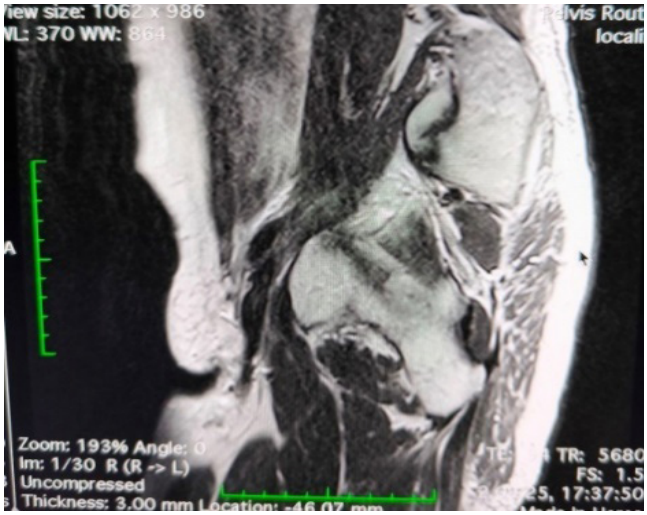


Рисунок 2 – ROC-кривая, характеризующая прогностическую способность индекса I_anat

Таким образом, предложенный подход согласуется с современными тенденциями персонализации медицины и использования ИИ для прогнозирования жизнеугрожающих состояний и осложнений [3, 5]. Разработанный алгоритм позволяет не только визуализировать, но и количественно оценить факторы риска, что может способствовать улучшению предоперационного планирования и снижению частоты ятрогенных повреждений.

Выводы

Разработанный алгоритм машинного обучения на основе сверточной нейронной сети позволяет с высокой точностью (Dice 0,89) сегментировать сигмовидную кишку на предоперационных МРТ-изображениях и проводить количественную оценку ее анатомических параметров.

Выявлена значительная анатомическая вариабельность сигмовидной кишки; у 13% пациентов расстояние до левого мочеточника составляло менее 5 мм, что является критическим фактором риска.

Внедрение методов искусственного интеллекта в предоперационное планирование позволяет объективизировать оценку анатомических особенностей и может способствовать персонализации хирургической тактики и снижению риска осложнений у пациентов с колоректальным раком.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патоморфоз воспалительных заболеваний кишечника / И. В. Маев, Ю. А. Шелыгин, М. И. Скалинская [и др.] // Вестник РАМН. – 2020. – Т. 75, № 1. – С. 27–35.

2. Bonnet, S. Anatomical risk factors for ureteral injury during laparoscopic colorectal surgery / S. Bonnet, A. Berger, F. Zinzindohoué // Surgical Endoscopy. – 2013. – Vol. 27, № 9. – P. 3210–3216.

3. Прогнозирование развития жизнеугрожающих осложнений воспалительных заболеваний кишечника с использованием нейронных сетей: инструменты для практического здравоохранения / Ю. П. Успенский, С. В. Иванов, Ю. А. Фоминых [и др.] // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2023. – № 9. – С. 20–33.

4. Systematic review of artificial intelligence-based image diagnosis for inflammatory bowel disease / A. Kawamoto, K. Takenaka, R. Okamoto [et al.] // Digestive Endoscopy. – 2022. – Vol. 34, № 7. – P. 1311–1319.

5. Artificial intelligence: A new tool in the pathologist's armamentarium for the diagnosis of IBD / A. L. Cannarozzi, L. Massimino, A. Latiano [et al.] // Computational and Structural Biotechnology Journal. – 2024. – Vol. 11, № 23. – P. 3407–3417.

6. Ronneberger, O. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015 : proc. of the 18th intern. conf., Munich, 5–9 Oct. 2015. – Cham : Springer, 2015. – P. 234–241.

7. Bruner, L. P. Inflammatory Bowel Disease / L. P. Bruner, A. M. White, S. Proksell // Primary Care. – 2023. – Vol. 50, № 3. – P. 411–427.

8. Оценка гистологической активности колитов / Х. М. Ахриева, Е. А. Коган, А. С. Тертычный [и др.] // Архив патологии. – 2022. – Т. 84, № 2. – С. 51–57.

УДК 616-24-006.327:616.42-006.441

Р. В. Гусев, П. П. Сацута, Д. А. Волчкевич

Научный руководитель: к. м. н, доцент Д. А. Волчкевич

Учреждение образования
«Гродненский государственный медицинский университет»
г. Гродно, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ SITUS INVERSUS TOTALIS С ОЧАГОВЫМ ПНЕВМОФИБРОЗОМ ВЕРХНЕЙ ДОЛИ ЛЕВОГО ЛЕГКОГО И В-КЛЕТОЧНОЙ КРУПНОКЛЕТОЧНОЙ ЛИМФОМОЙ ПАРААОРТАЛЬНЫХ, ПОДВЗДОШНЫХ, ПАХОВЫХ, ЗАПИРАТЕЛЬНЫХ И БЕДРЕННЫХ ЛИМФОУЗЛОВ

Введение

Situs inversus totalis является редким врожденным заболеванием, при котором происходит полное зеркальное отражение органов грудной и брюшной полостей [2]. В доступной