

<https://doi.org/10.22416/1382-4376-2025-35-6-42-49>  
УДК 616.36-004-06-089+616-089:004.8



# Искусственный интеллект в прогнозировании рисков хирургических вмешательств у пациентов с циррозом печени

Н.В. Корочанская<sup>1,2\*</sup>, В.М. Дурлештер<sup>1,2</sup>, М.А. Басенко<sup>1,2</sup>, Д.С. Мурашко<sup>1,2</sup>, А.А. Халафян<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Краснодар, Российская Федерация

<sup>2</sup> ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2» Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Российская Федерация

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар, Российская Федерация

**Цель:** создать нейросетевую прогностическую модель риска послеоперационных осложнений и летальности у пациентов с циррозом печени, перенесших малоинвазивные хирургические вмешательства.

**Материал и методы.** У 90 пациентов с циррозом печени выполнены операции, направленные на коррекцию осложнений портальной гипертензии (лигирование варикозно расширенных вен пищевода ( $n = 57$ ), трансъюгулярное внутривенное портосистемное шунтирование ( $n = 6$ )) и хирургическое лечение коморбидной патологии ( $n = 30$ ). Трем пациентам было выполнено две операции в течение одной госпитализации. Летальность составила 2,2 %, послеоперационные осложнения выявлены у 16 (17,8 %) человек. У всех пациентов рассчитывали и включали в прогностическую модель шкалы, разработанные для пациентов с циррозом печени и приведенные в клинических рекомендациях: шкалу Чайлда — Тюркотта — Пью, модель для оценки терминальной стадии заболеваний печени (индекс MELD), а также шкалы, предложенные для оценки риска хирургических вмешательств у пациентов с циррозом печени (Mayo Postoperative Surgical Risk Score, VOCAL-Penn). С использованием автоматизированных нейронных сетей Data mining пакета Statistica построены комплексные модели прогноза хирургических осложнений и летальности.

**Результаты.** Созданы комплексные прогностические модели, включающие оценку клинических, биохимических показателей и параметров качества жизни, обладающие высокой прогностической ценностью, на основе которых предложены два калькулятора для расчета риска послеоперационных осложнений и летального исхода у пациентов с циррозом печени. Для предсказания риска послеоперационных осложнений наиболее значимыми оказались следующие показатели: индексы MELD и Mayo Postoperative Surgical Risk Score, число перенесенных ранее лигирований варикозно расширенных вен пищевода и трансъюгулярных внутривенных портосистемных шунтирований, параметры нутритивного статуса пациентов, курение, данные биохимического и клинического анализов крови, показатели качества жизни пациентов. Для предсказания риска летального исхода прогностическое значение имели: шкалы Чайлда — Тюркотта — Пью, VOCAL-Penn, индекс MELD, параметры базовой функциональной активности и нутритивного статуса пациентов, число этапов лигирования варикозно расширенных вен пищевода, количество выкуриваемых сигарет в сутки и длительность анамнеза курения; данные биохимического и клинического анализов крови.

**Выводы.** Интеграция малоинвазивных технологий коррекции осложнений портальной гипертензии и прогностических моделей, созданных на основании машинного обучения, открывает новые возможности в улучшении исходов хирургических вмешательств у пациентов с циррозом печени.

**Ключевые слова:** цирроз печени, прогностические модели, малоинвазивные хирургические вмешательства

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Корочанская Н.В., Дурлештер В.М., Басенко М.А., Мурашко Д.С., Халафян А.А. Искусственный интеллект в прогнозировании рисков хирургических вмешательств у пациентов с циррозом печени. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2025;35(6):42–49. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2025-35-6-42-49>

## Artificial Intelligence in Predicting Risks of Surgical Interventions in Patients with Liver Cirrhosis

Natalia V. Korochanskaya<sup>1,2\*</sup>, Vladimir M. Durlshcher<sup>1,2</sup>, Mihail A. Basenko<sup>1,2</sup>, Dmitriy S. Murashko<sup>1,2</sup>, Aleksan A. Khalafyan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

<sup>2</sup> Regional Clinical Hospital No. 2 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory, Krasnodar, Russian Federation

<sup>3</sup> Kuban State University, Krasnodar, Russian Federation

**Aim:** to develop neural network predictive model for the risk of postoperative complications and mortality in patients with liver cirrhosis undergoing minimally invasive surgical interventions.

**Material and methods.** Surgical interventions were performed on 90 patients with liver cirrhosis to correct complications of portal hypertension (ligation of esophageal varices ( $n = 57$ ), transjugular intrahepatic portosystemic shunting ( $n = 6$ )) and for surgical treatment of comorbid conditions ( $n = 30$ ). Two operations were performed on three patients during a single hospitalization. Mortality was 2.2 %, and postoperative complications were identified in 16 (17.8 %) individuals. For all patients, internationally recognized scales developed for patients with liver cirrhosis were calculated and included in the predictive model: Child — Turcotte — Pugh, MELD, Mayo Postoperative Surgical Risk Score, and VOCAL-Penn. Using automated neural networks and the Data Mining package in Statistica, comprehensive models for predicting surgical complications and mortality were developed.

**Results.** Comprehensive predictive models were created, incorporating the assessment of clinical, biochemical parameters, and quality of life indicators, which possess high predictive value. Based on these models, two calculators were proposed for calculating the risk of postoperative complications and mortality in patients with liver cirrhosis.

**Conclusion.** The integration of minimally invasive technologies for correcting complications of portal hypertension and predictive models developed through machine learning opens new possibilities for improving the outcomes of surgical interventions in patients with liver cirrhosis.

**Keywords:** liver cirrhosis, predictive models, minimally invasive surgical interventions

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Korochanskaya N.V., Durlshter V.M., Basenko M.A., Murashko D.S., Khalafyan A.A. Artificial Intelligence in Predicting Risks of Surgical Interventions in Patients with Liver Cirrhosis. Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology. 2025;35(6):42–49. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2025-35-6-42-49>

## Введение

Цирроз печени (ЦП) — это диффузный процесс, характеризующийся фиброзом и трансформацией нормальной структуры печени с образованием узлов; прогноз жизни пациентов с ЦП во многом зависит от развития его осложнений [1]. Согласно глобальным эпидемиологическим данным [2, 3], 112 млн пациентов во всем мире имеют компенсированный ЦП, а 10,6 млн — декомпенсированный, причем на протяжении последних нескольких десятилетий число таких больных неуклонно увеличивалось, что закономерно привело к росту лиц, страдающих ЦП и нуждающихся в различных видах плановых и экстренных хирургических вмешательств. Одной из основных проблем в ведении таких пациентов является высокий риск развития осложнений при проведении операций, в том числе малоинвазивных, включая эндоскопическое лигирование варикозно расширенных вен пищевода (ВРВП), трансъюгулярное внутрипеченочное портосистемное шунтирование (ТВПШ) и хирургическое лечение коморбидной патологии. В этом контексте искусственный интеллект (ИИ) и малоинвазивные технологии открывают новые возможности для персонализированного прогноза и снижения послеоперационных рисков.

Шкала Чайлда — Тюркотта — Пью остается основным инструментом стратификации риска у пациентов с ЦП, учитывающим такие параметры, как уровни билирубина, альбумина, протромбиновый индекс, наличие асцита и печеночной энцефалопатии [4, 5]. Индекс Model for End-Stage Liver Disease (MELD) основан на объективных и легко определяемых лабораторных компонентах [6]. Первоначально он был предложен для предсказания трехмесячной смертности после ТВПШ, однако в последующем было продемонстрировано, что этот индекс обладает прогностической

ценностью в отношении целого ряда оперативных вмешательств [7]. Следует подчеркнуть, что единые критерии предсказательной ценности MELD применительно к различным видам хирургических операций отсутствуют.

Из специфических хирургических прогностических шкал у пациентов с ЦП чаще всего используется Mayo Postoperative Surgical Risk Score (MPSRS), которая включает показатели MELD, возраст, класс ASA (American Society of Anesthesiologists), оценку этиологии ЦП, нацелена на предсказание смерти у пациентов с ЦП в течение 7, 30, 90 дней, 1 года и 5 лет после операции [8]. Эта шкала была разработана в ходе ретроспективного исследования S.H. Teh et al. [8], включающего 772 пациента с ЦП, которые подверглись различным хирургическим вмешательствам (586 человек — операциям на пищеварительной системе, 107 пациентов перенесли ортопедические операции, 79 — кардиоваскулярные). В более позднем исследовании N. Mahmud et al. [9] сообщили о снижении предсказательной ценности MPSRS с течением времени в связи с развитием малоинвазивных хирургических технологий, оптимизацией анестезиологического пособия и медикаментозной терапии, достижениями в отборе пациентов для планового хирургического лечения.

С целью преодоления ограничений шкал Чайлда — Тюркотта — Пью и MPSRS, индекса MELD в 2021 г. N. Mahmud et al. [9] предложили новую прогностическую шкалу для пациентов с ЦП, перенесших хирургические вмешательства за исключением операций на печени. Шкала VOCAL-Penn была разработана на основании мультицентрового ретроспективного исследования Veterans Outcomes Costs Associated with Liver Disease (VOCAL), включающего 3785 пациентов

с ЦП, которым были выполнены различные виды операций (на передней брюшной стенке, сосудистые, абдоминальные, на сердце, грудной клетке или ортопедические). Шкала учитывает возраст пациента, дооперационные показатели альбумина, билирубина, число тромбоцитов, тип операции, экстренность показаний к хирургическим вмешательствам, данные о неалкогольной жировой болезни печени, класс ASA, ожирение (индекс массы тела  $\geq 30$ ). Данная шкала направлена на предсказание смертности через 30, 90 и 180 дней после операции. На основании проведенной авторами внутренней валидации продемонстрировано, что эта шкала имеет большую предсказательную ценность по сравнению со шкалами Чайлда – Тюркотта – Пью, MELD и MPSRS [9, 10]. В дальнейшем валидации данной шкалы на других контингентах больных были проведены в США, Испании и Германии [10–12]. Несмотря на то, что шкала VOCAL-Penn является шагом вперед в отношении более точного прогнозирования послеоперационных рисков, она имеет ряд ограничений: в число исследуемых входили в основном мужчины с высоким уровнем психосоциальных коморбидных заболеваний, в основном это были лица с низкими показателями MELD и классом А цирроза печени согласно шкале Чайлда – Тюркотта – Пью (88,3 %). Одно из недавних европейских исследований с использованием шкалы VOCAL-Penn продемонстрировало снижение прогностической ценности данной шкалы у пациентов с сахарным диабетом, без клинических проявлений портальной гипертензии, у лиц, перенесших экстренные хирургические вмешательства и операции на передней брюшной стенке [11].

Все рассмотренные прогностические шкалы включают ограниченный набор показателей. Вместе с тем у пациентов с ЦП осложнения после операции развиваются вследствие взаимодействия нескольких патогенетических механизмов, связанных с печеночной недостаточностью (снижение синтеза альбумина, факторов свертывания, нарушение метаболизма лекарственных препаратов), портальной гипертензией (повышенный риск кровотечений, асцита, спонтанного бактериального перитонита), иммуносупрессией (повышенная восприимчивость к инфекциям), почечной дисфункцией (риски развития гепаторенального синдрома), метаболическими нарушениями (гипогликемия, электролитный дисбаланс) [13]. Традиционные методы прогнозирования (например, шкала Чайлда – Тюркотта – Пью и индекс MELD) не учитывают все аспекты хирургического стресса, что делает необходимым внедрение комплексного подхода к оценке рисков.

Нейронные сети могут преодолеть имеющиеся ограничения существующих прогностических шкал у пациентов с ЦП: они способны обрабатывать большие объемы многомерных данных и интегрировать сотни клинических, лабораторных и инструментальных параметров, выявлять сложные

нелинейные взаимосвязи и могут непрерывно улучшать свои прогностические характеристики (точность прогноза послеоперационных осложнений и летального исхода) по мере поступления новых данных [14].

Цель исследования: создать нейросетевую прогностическую модель риска послеоперационных осложнений и летальности у пациентов с циррозом печени, перенесших малоинвазивные хирургические вмешательства.

## Материал и методы

В ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2» Министерства здравоохранения Краснодарского края с 2021 по 2024 г. проведено проспективное лонгитюдное когортное исследование, включающее 90 пациентов с ЦП в возрасте от 28 до 64 лет (51 мужчина и 39 женщин), которым были выполнены хирургические вмешательства, направленные на коррекцию осложнений портальной гипертензии (лигирование ВРВП ( $n = 57$ ), ТВПШ ( $n = 6$ )) и хирургическое лечение коморбидной патологии (холецистэктомия, герниопластика ( $n = 30$ )). Двадцати (35,1 %) пациентам был выполнен 1 этап лигирования ВРВП, 19 (33,3 %) – 2 этапа лигирования, 13 (22,8 %) больным – 3 этапа, 4 (7,0 %) – 4 этапа и 1 (1,8 %) пациенту было выполнено 5 этапов лигирования. У двух человек выполнено повторное ТВПШ в связи с рецидивом кровотечения через 5 и 18 месяцев после первой операции. Трем участникам исследования выполнено два оперативных вмешательства за одну госпитализацию. Преобладали пациенты с вирусным поражением печени ( $n = 34$ ; 37,8 %), алкогольным ( $n = 14$ ; 15,6 %) и смешанным вирусным и алкогольным ( $n = 19$ ; 21,1 %) циррозом печени. Перед проведением оперативного вмешательства у 10 (11,1 %) человек диагностирован ЦП класса А по шкале Чайлда – Тюркотта – Пью, у 52 (57,8 %) пациентов – класс В и у 28 (31,1 %) человек – декомпенсированный ЦП. Срок наблюдения в послеоперационном периоде составил не менее одного года. Протокол исследования одобрен Независимым комитетом по этике ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации от 29 ноября 2021 г. № 139.

Летальность в данной группе составила 2,2 % (умерли два человека в течение 30 дней от госпитализации). Пациент 57 лет во время 10-й госпитализации в хирургическое отделение умер от рецидива кровотечения после выполненного лигирования ВРВП, прогрессирования гепаторенального синдрома. Второй умерший пациент 45 лет был госпитализирован в хирургическое отделение в 7-й раз; в анамнезе имел 5 этапов лигирования ВРВП, выполненное ТВПШ. Причиной летального исхода явилось рецидивирующее кровотечение из ВРВП, которое не удалось остановить консервативным

путем, попытка лигирования на высоте кровотечения оказалась неэффективной, прогрессировали печеночная, а затем и полиорганная недостаточность. Оба умерших больных находились в листе ожидания трансплантации печени. Послеоперационные осложнения развились у 16 (17,8 %) пациентов и включали гепато-ренальный синдром ( $n = 2$ ), нарастание печеночной энцефалопатии ( $n = 4$ ), рецидивирующее кровотечение из ВРВП ( $n = 4$ ), рецидивирующий асцит ( $n = 4$ ), кишечную непроходимость ( $n = 1$ ), ущемление пупочной грыжи ( $n = 1$ ), тромбоз ТВПШ ( $n = 1$ ), венозный тромбоз ( $n = 2$ ). Каждый пациент мог иметь два и более послеоперационных осложнения. В процессе динамического наблюдения за больными учитывали 109 клинических, лабораторных, морфологических показателей, параметры качества жизни. У всех пациентов рассчитывали и включали в прогностическую модель шкалы, разработанные для лиц с ЦП: Чайлда – Тюркотта – Пью, MPSRS, VOCAL-Penn, индекс MELD. Базовую функциональную активность оценивали согласно индексу Бартела [15], оценка нутритивного статуса осуществлялась на основании краткой шкалы оценки питания (Mini Nutritional assessment, MNA) [15]. В качестве инструмента прогнозирования использованы автоматизированные нейронные сети Data mining пакета Statistica [16].

## Результаты исследования

Датчиком случайных чисел 90 больных были разделены на обучающую и тестовую выборки. Проведенное исследование на тестовой выборке продемонстрировало, что в отношении предсказания риска послеоперационных осложнений наиболее важными были следующие показатели: индекс MELD и шкала MPSRS, число перенесенных ранее лигирований ВРВП и (или) ТВПШ; параметры нутритивного статуса пациентов и особенности жевательного аппарата – данные краткой шкалы питания (Mini Nutritional assessment) [16], соотношение талия/бедр, окружность бицепса и бедер, отсутствие зубов; вредные привычки – число выкуриваемых сигарет в сутки; данные биохимического и клинического анализов крови – скорость оседания эритроцитов (мм/час), гемоглобин (г/л), прямой билирубин (мкмоль/л), мочевины (ммоль/л), альбумин (г/л); параметры качества жизни [18]: общее здоровье, физическое состояние, эмоциональное состояние в баллах. Площадь под ROC-кривой для тестовой выборки составила 0,98, что характеризует свойства модели прогноза послеоперационных осложнений как высокие. Чувствительность и специфичность модели на тестовой выборке составили 100 и 92,593 %.

В отношении предсказания риска летального исхода наиболее важными оказались следующие показатели: шкалы Чайлда – Тюркотта – Пью и VOCAL-Penn, индекс MELD; параметры базовой

функциональной активности (индекс Бартела [15]) и нутритивного статуса пациентов (снижение массы тела за прошлый год в килограммах, отсутствие зубов), число этапов лигирования ВРВП; вредные привычки – количество выкуриваемых сигарет в сутки и длительность анамнеза курения; данные биохимического и клинического анализов крови – эритроциты ( $\times 10^{12}/л$ ), гемоглобин (г/л), тромбоциты ( $\times 10^9$ ), уровень глюкозы натощак (мкмоль/л), альбумин (г/л), холинэстераза (Ед/л), креатинин (мкмоль/л), мочевины (ммоль/л), аспартат аминотрансфераза (Ед/л), билирубин общий и прямой (мкмоль/л). Площадь под ROC-кривой равна 0,981, что характеризует прогностические свойства модели как высокие. Все больные с летальным исходом и без летального исхода (100 %) были правильно классифицированы. Чувствительность и специфичность модели на тестовой выборке составили по 100 %.

По результатам проведенного исследования были созданы два калькулятора для расчета риска послеоперационных осложнений и риска летального исхода (рис.) у пациентов с ЦП, подвергшихся малоинвазивным оперативным вмешательствам.

## Обсуждение

В нашем исследовании продемонстрированы преимущества комплексного подхода, основанного на ИИ. В первую очередь это индивидуализация прогноза, так как алгоритмы ИИ могут учитывать все клинические особенности пациента, включая показатели общего и биохимического анализов крови, этиологию цирроза (вирусный, алкогольный, смешанный), сопутствующие заболевания, параметры качества жизни. Предложенная нами прогностическая модель может обновлять прогноз по мере поступления новых данных о состоянии обследуемого, что обеспечивает динамическую оценку риска для каждого конкретного пациента; полученные нами результаты совпадают с данными литературы [17–19]. В частности, исследование G. Zhang et al. [19] с использованием ИИ продемонстрировало, что ранняя диагностика минимальной печеночной энцефалопатии позволяет вовремя начать лечение и снизить риски клинически значимых осложнений. Важно подчеркнуть, что проведенный нами анализ клинических и лабораторных показателей позволяет прогнозировать развитие послеоперационных осложнений до их клинической манифестации.

На основании разработанной нейросетевой прогностической модели нами предложен алгоритм тактики планового хирургического лечения пациентов с ЦП. Согласно данному алгоритму больные с отсутствием риска послеоперационных осложнений и летального исхода могут быть прооперированы после краткосрочной предоперационной подготовки; при наличии риска послеоперационных осложнений, но отсутствии риска летального

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ЦИРРОЗОМ ПЕЧЕНИ

Операция <input type="text"/>	Ограничение мобильности, баллы <input type="text"/>	Гематокрит, ед <input type="text"/>
MELD, баллы <input type="text"/>	Положение в семье, баллы <input type="text"/>	СО <sub>2</sub> , мм рт.ст. <input type="text"/>
ASA, баллы <input type="text"/>	Производственные условия, баллы <input type="text"/>	Билирубин общий, ммоль/л <input type="text"/>
MAYO 7 дней, % вероятности <input type="text"/>	Шкала питания, баллы <input type="text"/>	Билирубин прямой, ммоль/л <input type="text"/>
30 дней, % вероятности летального исхода <input type="text"/>	Окружность бедер, см <input type="text"/>	Мочевина, ммоль/л <input type="text"/>
90 дней, % вероятности летального исхода <input type="text"/>	Соотношения окружности талии/бедра <input type="text"/>	Альбумин, г/л <input type="text"/>
1 год, % вероятности летального исхода <input type="text"/>	Окружность бицепса, см <input type="text"/>	КЖ физическое состояние, баллы <input type="text"/>
5 лет, % вероятности летального исхода <input type="text"/>	Отсутствие зубов, баллы <input type="text"/>	КЖ болезной синдром, баллы <input type="text"/>
Число сигарет в сутки <input type="text"/>	Пролежни, баллы <input type="text"/>	КЖ общее здоровье, баллы <input type="text"/>
	Гемоглобин, г/л <input type="text"/>	КЖ эмоциональное состояние, баллы <input type="text"/>

Результаты прогноза (да, нет) Рассчитать

Сброс Выход

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ЛЕТАЛЬНОГО ИСХОДА У ПАЦИЕНТОВ С ЦИРРОЗОМ ПЕЧЕНИ

Пол больного <input type="text"/>	Отсутствие зубов, баллы <input type="text"/>	Альбумин, г/л <input type="text"/>
Шкала Чайл-Пью, баллы <input type="text"/>	Пролежни, баллы <input type="text"/>	Глюкоза натощак, ммоль/л <input type="text"/>
Лигирование, количество этапов <input type="text"/>	Эритроциты, $\times 10^{12}/л$ <input type="text"/>	Тромбоциты, $\times 10^9/л$ <input type="text"/>
MELD, баллы <input type="text"/>	Гемоглобин, г/л <input type="text"/>	Диаметр воротной вены, мм <input type="text"/>
ASA, баллы <input type="text"/>	Гематокрит, ед <input type="text"/>	Опросник комплаентности, б <input type="text"/>
Отрыжка, баллы <input type="text"/>	Билирубин общий, ммоль/л <input type="text"/>	Тест VP 30 дней, вероятность летального исхода в % <input type="text"/>
Курение, число лет <input type="text"/>	Билирубин прямой, ммоль/л <input type="text"/>	Тест VP 90 дней, вероятность летального исхода в % <input type="text"/>
Число сигарет в сутки <input type="text"/>	Мочевина, ммоль/л <input type="text"/>	Тест VP 180 дней, вероятность летального исхода в % <input type="text"/>
Количество поглотенных кг за последний год <input type="text"/>	Креатинин, ммоль/л <input type="text"/>	КЖ болезной синдром, баллы <input type="text"/>
Положение в семье, баллы <input type="text"/>	АСТ, ед/л <input type="text"/>	КЖ общее здоровье, баллы <input type="text"/>
Индекс Бартел, баллы <input type="text"/>	Холинэстераза, ед/л <input type="text"/>	КЖ эмоциональное состояние, баллы <input type="text"/>

Результаты прогноза (да, нет) Рассчитать

Сброс Выход

**Рисунок.** Калькулятор для расчета риска послеоперационных осложнений и риска летального исхода у пациентов с циррозом печени, подвергшихся малоинвазивным оперативным вмешательствам: MELD – Model for End-Stage Liver Disease; ASA – American Society of Anesthesiologists; Mayo – Mayo Postoperative Surgical Risk Score; VP – VOCAL-Penn (Veterans Outcomes and Costs Associated with Liver Disease); положение в семье – семейное положение (женат/замужем, разведен/разведена, проживает один/одна); КЖ – качество жизни

**Figure.** Calculator for calculating the risk of postoperative complications and the risk of death in patients with liver cirrhosis who underwent minimally invasive surgery: MELD – Model for End-Stage Liver Disease; ASA – American Society of Anesthesiologists; Mayo – Mayo Postoperative Surgical Risk Score; VP – VOCAL-Penn (Veterans Outcomes and Costs Associated with Liver Disease); положение в семье – marital status (married, divorced, living alone); КЖ – quality of life

исхода пациент нуждается в активной, патогенетически обоснованной предоперационной подготовке. В этом случае в соответствии с национальными клиническими рекомендациями [1] назначается мочегонная терапия, своевременно диагностируются и корректируются электролитные нарушения, осуществляются профилактика и лечение печеночной энцефалопатии, проводятся поиск и медикаментозная терапия инфекционных осложнений ЦП, профилактика кровотечений из ВРВП, коррекция нутритивного статуса. В последующем прогностические показатели у такого пациента могут быть пересмотрены. При высоком риске послеоперационных осложнений и летального исхода больной нуждается в паллиативной помощи и(или) может быть включен в лист ожидания трансплантации печени. Полученные нами результаты совпадают с данными M. Bhat et al. [20], согласно которым системы, основанные на ИИ, могут анализировать динамику до- и послеоперационных показателей (уровень билирубина, креатинина, наличие энцефалопатии) для своевременной коррекции терапии и профилактики осложнений.

Немаловажным фактом является то, что персонализированные прогностические модели, построенные с использованием методов машинного

обучения, могут выявлять сложные взаимосвязи между параметрами. В частности, нами была продемонстрирована сильная корреляция между показателями нутритивного статуса пациентов и риском послеоперационных осложнений и/или летального исхода. Представленные нами данные подтверждают мнение о том, что ранняя диагностика и коррекция белково-энергетической недостаточности и саркопении могут значительно снизить риски операций и улучшить выживаемость [5]. Известно, что мальнутриция у пациентов с ЦП может повышать риск инфекционных осложнений за счет саркопении и гипоальбуминемии, способствует развитию кровотечений и нарушению регенерации тканей за счет дефицита витамина К и гипопроteinемии [21], повышает риски печеночной недостаточности в связи со снижением детоксикации аммиака мышцами [22].

Вместе с тем проведенное нами исследование имеет ряд ограничений. Комплексная оценка клинических, лабораторных показателей и параметров качества жизни возможна только при плановых оперативных вмешательствах и не применима в экстренной хирургии. В нашем исследовании представлена небольшая выборка, разработанная преимущественно для операций,

направленных на коррекцию осложнений портальной гипертензии — лигирование ВРВП и ТВПШ. Прогностическая ценность разработанных нами калькуляторов должна быть оценена в отношении других видов оперативного лечения у этого сложного контингента больных, таких как лапароскопическая холецистэктомия, герниопластика, открытые абдоминальные вмешательства, кардиологические, сосудистые, торакальные, ортопедические операции, что может стать темой для дальнейших исследований. Следует подчеркнуть, что разрабатываемые с использованием ИИ прогностические модели — это инструмент поддержки, а не замена экспертного решения. ИИ обрабатывает данные и выявляет скрытые закономерности, а оперирующий хирург, опираясь на национальные клинические рекомендации, опыт и клиническое мышление, принимает окончательное решение.

## Заключение

Интеграция малоинвазивных технологий коррекции осложнений портальной гипертензии и прогностических моделей, созданных на основании машинного обучения, открывает новые возможности в улучшении исходов хирургических вмешательств у пациентов с ЦП. Современные алгоритмы, разработанные с участием ИИ, позволяют объединить традиционные прогностические шкалы с комплексным анализом клинических, биохимических параметров и показателей качества жизни и за счет интегрального подхода повысить прогностические свойства разрабатываемых моделей. Современные прогностические модели предусматривают динамический мониторинг лабораторных и функциональных показателей.

## Литература / References

1. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Клинические рекомендации. Цирроз и фиброз печени. 2023. [Ministry of Health of the Russian Federation. Clinical guidelines. Liver cirrhosis and fibrosis. 2023. (In Russ.).]
2. Huang D.Q., Terrault N.A., Tacke F., Gluud L.L., Arrese M., Bugianesi E., et al. Global epidemiology of cirrhosis — aetiology, trends and predictions. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2023;20(6):388–98. DOI: 10.1038/s41575-023-00759-2
3. Liu Y.B., Chen M.K. Epidemiology of liver cirrhosis and associated complications: Current knowledge and future directions. *World J Gastroenterol*. 2022;28(41):5910–30. DOI: 10.3748/wjg.v28.i41.5910
4. Бакулин И.Г., Оганезова И.А., Скалинская М.И., Сказываева Е.В. Цирроз печени и управление рисками осложнений. *Терапевтический архив*. 2021;93(8):963–8. [Bakulin I.G., Oganезова I.A., Skalinskaya M.I., Skazyvaeva E.V. Liver cirrhosis and complication risk management. *Terapevticheskii Arkhiv*. 2021;93(8):963–8. (In Russ.).] DOI: 10.26442/00403660.2021.08.200917
5. Kaplan D.E., Bosch J., Ripoll C., Thiele M., Fortune B.E., Simonetto D.A., et al. AASLD practice guidance on risk stratification and management of portal hypertension and varices in cirrhosis. *Hepatology*. 2023;79(5):1180–211. DOI: 10.1097/HEP.0000000000000647
6. Kim W.R., Mannalithara A., Heimbach J.K., Kamath P.S., Asrani S.K., Biggins S.W., et al. MELD 3.0: The model for end-stage liver disease updated for the modern era. *Gastroenterology*. 2021;161(6):1887–95. DOI: 10.1053/j.gastro.2021.08.050
7. Jadaun S.S., Saigal S. Surgical risk assessment in patients with chronic liver diseases. *J Clin Exp Hepatol*. 2022;12(4):1175–83. DOI: 10.1016/j.jceh.2022.03.004
8. Teh S.H., Nagorney D.M., Stevens S.R., Offord K.P., Therneau T.M., Plevak D.J., et al. Risk factors for mortality after surgery in patients with cirrhosis. *Gastroenterology*. 2007;132(4):1261–9. DOI: 10.1053/j.gastro.2007.01.040
9. Mahmud N., Fricker Z., Hubbard R.A., Ioannou G.N., Lewis J.D., Taddei T.H., et al. Risk prediction models for post-operative mortality in patients with cirrhosis. *Hepatology*. 2021;73(1):204–18. DOI: 10.1002/hep.31558
10. Mahmud N., Fricker Z., Panchal S., Lewis J.D., Goldberg D.S., Kaplan D.E. External validation of the VOCAL-Penn cirrhosis surgical risk score in 2 large, independent health systems. *Liver Transpl*. 2021;27(7):961–70. DOI: 10.1002/lt.26060
11. Canillas L., Pelegrina A., Colominas-González E., Salis A., Enriquez-Rodríguez C.J., Duran X. Comparison of surgical risk scores in a European cohort of patients with advanced chronic liver disease. *J Clin Med*. 2023;12(18):6100. DOI: 10.3390/jcm12186100
12. Chang J., Hoffstall S., Gödiker J., Lehmann J., Schwind L., Lingohr P., et al. Surgical site infections are independently associated with the development of postoperative acute-

- on-chronic liver failure in liver cirrhosis. *Liver Transpl.* 2023;29(9):928–39. DOI: 10.1097/LVT.000000000000135
13. Ostojic A., Mahmud N., Reddy K.R. Surgical risk stratification in patients with cirrhosis. *Hepatology Int.* 2024;18(3):876–91. DOI: 10.1007/s12072-024-10644-y
  14. Bou Jaoude J., Al Bacha R., Abboud B. Will artificial intelligence reach any limit in gastroenterology? *Artif Intell Gastroenterol.* 2024;5(2):91336. DOI: 10.35712/aig.v5.i2.91336
  15. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Клинические рекомендации. Старческая астения. 2021. [Ministry of Health of the Russian Federation. Clinical guidelines. Senile asthenia. 2021. (In Russ.)].
  16. Халафян А.А., Темеждаев З.А., Абакумов А.Г. Влияние кластерной структуры данных на прогностические свойства нейросетевой модели. *Искусственный интеллект и принятие решений.* 2025;2:19–31. [Khalafyan A.A., Temerdashev Z.A., Abakumov A.G. Influence of cluster data structure on neural network model predictive properties. *Iskusstvenniy Intellekt i Prinyatie Resheniy.* 2025;2:19–31. (In Russ.)]. DOI: 10.14357/20718594250202
  17. Veerankutty F.H., Jayan G., Yadav M.K., Manoj K.S., Yadav A., Nair S.R., et al. Artificial Intelligence in hepatology, liver surgery and transplantation: Emerging applications and frontiers of research. *World J Hepatol.* 2021;13(12):1977–90. DOI: 10.4254/wjh.v13.i12.1977
  18. Zhou X.Q., Huang S., Shi X.M., Liu S., Zhang W., Shi L., et al. Global trends in artificial intelligence applications in liver disease over seventeen years. *World J Hepatol.* 2025;17(3):101721. DOI: 10.4254/wjh.v17.i3.101721
  19. Zhang G., Li Y., Zhang X., Huang L., Cheng Y., Shen W. Identifying mild hepatic encephalopathy based on multi-layer modular algorithm and machine learning. *Front Neurosci.* 2020;14:627062. DOI: 10.3389/fnins.2020.627062
  20. Bhat M., Rabindranath M., Chara B.S., Simonetto D.A. Artificial intelligence, machine learning, and deep learning in liver transplantation. *J Hepatol.* 2023;78(6):1216–33. DOI: 10.1016/j.jhep.2023.01.006
  21. Tandon P., Montano-Loza A.J., Lai J.C., Dasarathy S., Merli M. Sarcopenia and frailty in decompensated cirrhosis. *J Hepatol.* 2021;75(Suppl 1):147–62. DOI: 10.1016/j.jhep.2021.01.025
  22. Lai J.C., Tandon P., Bernal W., Tapper E.B., Ekong U., Dasarathy S., et al. Malnutrition, frailty, and sarcopenia in patients with cirrhosis: 2021 Practice Guidance by the American Association for the Study of Liver Diseases. *Hepatology.* 2021;74(3):1611–44. DOI: 10.1002/hep.32049

### Сведения об авторах

**Корочанская Наталья Всеволодовна\*** — доктор медицинских наук, профессор кафедры хирургии № 3, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; руководитель гастроэнтерологического центра, ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2» Министерства здравоохранения Краснодарского края.

Контактная информация: nvk-gastro@mail.ru; 350087, г. Краснодар, ул. им. Митрофана Седина, 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5538-9418>

**Дурлештер Владимир Монсеевич** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой хирургии № 3, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; заместитель главного врача по хирургии, ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2» Министерства здравоохранения Краснодарского края.

Контактная информация: durlshter59@mail.ru; 350087, г. Краснодар, ул. им. Митрофана Седина, 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7420-0553>

**Басенко Михаил Андреевич** — ассистент кафедры хирургии № 3, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач-хирург хирургического отделения № 5, ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2» Министерства здравоохранения Краснодарского края.

Контактная информация: mihailbasenko@mail.ru; 350087, г. Краснодар, ул. им. Митрофана Седина, 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3286-030X>

**Мурашко Дмитрий Сергеевич** — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры хирургии № 3, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач-хирург хирургического отделения № 5, ГБУЗ «Краевая клиническая больница № 2» Министерства здравоохранения Краснодарского края.

Контактная информация: mulder42@yandex.ru; 350087, г. Краснодар, ул. им. Митрофана Седина, 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4655-7368>

### Information about the authors

**Natalia V. Korochanskaya\*** — Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Surgery No. 3, Kuban State Medical University; Head of the Gastroenterology Center, Regional Clinical Hospital No. 2 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory.

Contact information: nvk-gastro@mail.ru; 350087, Krasnodar, Mitrofana Sedina str., 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5538-9418>

**Vladimir M. Durlshter** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Surgery No. 3, Kuban State Medical University; Deputy Chief Physician for Surgery, Regional Clinical Hospital No. 2 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory.

Contact information: durlshter59@mail.ru; 350087, Krasnodar, Mitrofana Sedina str., 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7420-0553>

**Mihail A. Basenko** — Assistant Professor at the Department of Surgery No. 3, Kuban State Medical University; Surgeon, Surgical Department No. 5, Regional Clinical Hospital No. 2 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory.

Contact information: mihailbasenko@mail.ru; 350087, Krasnodar, Mitrofana Sedina str., 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3286-030X>

**Dmitriy S. Murashko** — Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor at the Department of Surgery No. 3, Kuban State Medical University; Surgeon, Surgical Department No. 5, Regional Clinical Hospital No. 2 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory.

Contact information: mulder42@yandex.ru; 350087, Krasnodar, Mitrofana Sedina str., 4. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4655-7368>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

**Халафян Алексан Альбертович** — доктор технических наук, профессор кафедры анализа данных и искусственного интеллекта, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет». Контактная информация: statlab@kubsu.ru; 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2324-3649>

**Aleksan A. Khalafyan** — Dr. Sci. (Techn.), Professor of the Department of Data Analysis and Artificial Intelligence, Kuban State University. Contact information: statlab@kubsu.ru; 350040, Krasnodar, Stavropolskaya str., 149. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2324-3649>

### Вклад авторов

**Концепция и дизайн исследования:** Корочанская Н.В., Дурлештер В.М.

**Сбор и обработка материалов:** Басенко М.А., Мурашко Д.С.

**Статистическая обработка:** Халафян А.А.

**Написание текста:** Корочанская Н.В., Басенко М.А.

**Редактирование:** Дурлештер В.М., Халафян А.А.

**Проверка и согласование верстки с авторским коллективом:** Корочанская Н.В.

### Authors' contributions

**Concept and design of the study:** Korochanskaya N.V., Durlshster V.M.

**Collection and processing of the material:** Basenko M.A., Murashko D.S.

**Statistical processing:** Khalafyan A.A.

**Writing of the text:** Korochanskaya N.V., Basenko M.A.

**Editing:** Durlshster V.M., Khalafyan A.A.

**Proof checking and approval with authors:** Korochanskaya N.V.

Поступила: 30.07.2025 Принята: 01.11.2025 Опубликована: 20.12.2025  
Submitted: 30.07.2025 Accepted: 01.11.2025 Published: 20.12.2025