

УДК 616.37-006.327.03-073.756.8

<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2026-3-77-86>

Прогностические возможности параметров компьютерной томографии для оценки выраженности фиброза поджелудочной железы

След Н.Ю.¹, Комкова Т.Б.², Аржаник М.Б.², Петров Л.Ю.², Дроздов Е.С.^{2,3}, След О.Н.¹

¹ Красноярская межрайонная клиническая больница (КМКБ) № 20 им. И.С. Берзона
Россия, 660123, г. Красноярск, ул. Инструментальная, 12

² Сибирский государственный медицинский университет (СибГМУ)
Россия, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2

³ Томский областной онкологический диспансер (ТООД)
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 115

РЕЗЮМЕ

Цель исследования – разработать количественную систему оценки фиброзных изменений ткани поджелудочной железы (ПЖ), определить прогностические параметры компьютерной томографии (КТ) для оценки фиброза и риска развития специфических послеоперационных осложнений.

Материалы и методы. По поводу осложненных форм хронического панкреатита в 2009–2022 гг. прооперированы 136 пациентов. Среди пациентов преобладали мужчины – 100 (73,5%), женщин было 36 (26,5%); возраст 17,0–76,0 лет, медиана возраста составила 45,0 [37,8; 53,0] лет, медиана продолжительности заболевания – 36,0 [12,0; 84,8] мес. До операции выполнялась мультиспиральная КТ с контрастированием, после вмешательства – гистологическое исследование по разработанным протоколам исследования.

Результаты. Для количественной оценки структуры железы использовали соотношение сохраненной функциональной паренхимы и стромы, полученное в результате гистологического исследования, выраженное в виде паренхиматозно-стромального соотношения (ПСС). На основании проведенного ROC-анализа определен диапазон числовых значений ПСС < 1,561, что соответствует клинически значимому фиброзу. В результате проведенного корреляционного анализа определены предоперационные параметры компьютерной томографии, показавшие сильную (коэффициент контрастирования) и умеренную (плотность паренхимы ПЖ в нативную фазу, диаметра панкреатического протока, панкреатический индекс) связь с гистологическим показателем, а также высокую диагностическую значимость по данным ROC-анализа. На основании объединения параметров КТ в многомерную модель с помощью ROC-анализа разработана балльная методика оценки прогноза клинически значимого фиброза. Точкой разделения стал 1 балл. Предложена шкала оценки риска развития специфических послеоперационных осложнений. При сумме 3 балла и более риск развития специфических осложнений в послеоперационном периоде возрастает в 12,3 раза.

Заключение. Морфометрический метод оценки фиброзных изменений паренхимы железы позволяет количественно оценить степень фиброзных изменений ткани ПЖ. Анализируемые параметры КТ показали хорошую диагностическую значимость в отношении прогноза о состоянии морфологической структуры ПЖ. Полученные значения предоперационных параметров КТ позволяют достоверно оценить риск развития специфических послеоперационных осложнений.

Ключевые слова: поджелудочная железа, хронический панкреатит, фиброз, компьютерная томография

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

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

✉ Петров Лев Юрьевич, petrovlev67@mail.ru

Соответствие принципам этики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено этическим комитетом СибГМУ.

Для цитирования: След Н.Ю., Комкова Т.Б., Аржаник М.Б., Петров Л.Ю., Дроздов Е.С., След О.Н. Прогностические возможности параметров компьютерной томографии для оценки выраженности фиброза поджелудочной железы. *Бюллетень сибирской медицины*. 2026;25(3):77–86. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2026-3-77-86>.

Prognostic Value of Computed Tomography Parameters for Assessing the Severity of Pancreatic Fibrosis

Sled N.Yu.¹, Komkova T.B.², Arzhanik M.B.², Petrov L.Yu.², Drozdov E.S.^{2,3}, Sled O.N.¹

¹ Berzon Krasnoyarsk Interdistrict Clinical Hospital (KICH) No. 20
12 Instrumentalnaya St., 660123 Krasnoyarsk, Russian Federation

² Siberian State Medical University (SSMU)
2 Moskovsky trakt, 634050 Tomsk, Russian Federation

³ Tomsk Regional Oncological Center
115 Lenin Ave., 634050 Tomsk, Russian Federation

ABSTRACT

The **aim** of the study was to develop a quantitative scoring system for fibrotic changes in pancreatic tissue (P), and to identify prognostic computed tomography (CT) parameters for assessing pancreatic fibrosis and the risk of specific postoperative complications.

Materials and methods. Between 2009 and 2022, 136 patients underwent surgery for complicated forms of chronic pancreatitis. The study population was predominantly male: 100 patients (73.5%) were men and 36 (26.5%) were women. Age ranged from 17.0 to 76.0 years, with a median of 45.0 [37.8; 53.0] years. The median disease duration was 36.0 [12.0; 84.8] months. All patients underwent contrast-enhanced multislice CT before surgery, and histological examination was performed after the intervention according to developed research protocols.

Results. To quantitatively assess the gland structure, the ratio of preserved functional parenchyma to stroma, obtained from histological examination, was used and expressed as the parenchymal-stromal ratio (PSR). Based on ROC analysis, a PSR value of < 1.561 was identified as the threshold corresponding to clinically significant fibrosis. Correlation analysis identified preoperative CT parameters that showed a strong (contrast enhancement coefficient) and moderate (native-phase pancreatic parenchymal density, pancreatic duct diameter, and pancreatic index) correlation with the histological marker, as well as high diagnostic significance according to ROC analysis. Based on the integration of CT parameters into a multivariate model using ROC analysis, a scoring system was developed to predict the risk of clinically significant fibrosis. The cut-off point was set at 1 point. We proposed a risk assessment scale for predicting specific postoperative complications. A score of ≥3 points was associated with a 12.3-fold increase in the risk of specific postoperative complications.

Conclusion. Morphometric analysis enables quantitative assessment of fibrotic changes in the pancreatic parenchyma. The analyzed CT parameters were effective in predicting the morphological structure of the pancreas. The obtained preoperative CT parameters allow for reliable prediction of the risk of specific postoperative complications.

Keywords: pancreas, chronic pancreatitis, fibrosis, computed tomography

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

Source of financing. The authors declare no funding for the study.

Conformity with the principles of ethics. All patients signed an informed consent to participate in the study. The study was approved by the local Ethics Committee of SSMU.

For citation: Sled N.Yu., Komkova T.B., Arzhanik M.B., Petrov L.Yu., Drozdov E.S., Sled O.N. Prognostic Value of Computed Tomography Parameters for Assessing the Severity of Pancreatic Fibrosis. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2026;25(3):77–86. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2026-3-77-86>.

ВВЕДЕНИЕ

Основным морфологическим субстратом хронического панкреатита (ХП) является фиброзная трансформация паренхимы поджелудочной железы (ПЖ) [1, 2]. Этот процесс предопределяет клинические проявления, тяжесть течения заболевания, развитие осложнений (является показанием к проведению хирургического этапа лечения) и в конечном итоге определяет показания и выбор метода инвазивного (малоинвазивного, хирургического) вмешательства [3, 4]. Возможность предоперационной количественной оценки интенсивности фиброза позволяет обосновать показания к проведению хирургического этапа лечения, сроки их проведения и оценить операционные риски с целью их профилактики.

В ряде клинических исследований авторы предлагают проводить количественную патоморфологическую оценку фиброза по занимаемой структурными элементами ПЖ площади (ацинарная, фиброзная ткань), выраженной в процентах от общей площади среза или поля зрения [5–8]. Наиболее популярным и воспроизводимым в клинической практике на сегодняшний день является полуколичественный морфометрический метод оценки выраженности фиброза с использованием оценочных шкал [9]. Но данные методики не нашли применения в клинической практике по причине слабой корреляции с клиническими проявлениями ХП и субъективной оценкой. При этом на сегодняшний день нет общепринятой, легко воспроизводимой количественной системы оценки степени фиброзных изменений, доступной для применения в клинико-диагностической практике [10].

Другие исследователи проводят корреляционный анализ данных инструментальных методов диагностики, полученных до операции, с результатами гистологического исследования и частотой развития специфических осложнений в послеоперационном периоде в виде панкреатической фистулы. Однако данные работы направлены на профилактику несостоятельности панкреатодигестивных анастомозов и формирования панкреатических свищей. Таким образом, достоверных количественных критериев фиброзной трансформации паренхимы как основного субстрата заболевания, позволяющих обосновать хирургический этап лечения, на сегодняшний день нет.

Цель исследования – разработать количественную систему оценки фиброзных изменений ткани ПЖ, определить прогностические параметры КТ для оценки фиброза и риска развития специфических послеоперационных осложнений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Клиническое исследование выполнено на базе отделения абдоминальной хирургии городского панкреатологического центра КГБУЗ «КМКБ № 20 им. И.С. Берзона» г. Красноярск и КГБУЗ «Красноярское краевое патолого-анатомическое бюро», охватывает ретроспективный период с 2009 по 2022 г. В исследование включены 136 пациентов, которым были выполнены различные варианты хирургических вмешательств по поводу осложненных форм хронического панкреатита. Критериями включения в исследование являлись лабораторно-инструментальная диагностика, включающая компьютерную томографию (КТ) с контрастированием, гистологическую верификацию диагноза хронического панкреатита, согласие пациента на участие в исследовании. Критериями исключения из исследования являлись выявление злокачественной опухоли и отказ пациента от дальнейшего исследования. Среди пациентов преобладали мужчины – 100 (73,5%), женщин было 36 (26,5%); возраст 17,0–76,0 лет, медиана возраста составила 45,0 [37,8; 53,0] лет, медиана продолжительности заболевания – 36,0 [12,0; 84,8] мес.

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) выполнена всем пациентам ($n = 136$) на 16-срезовом мультиспиральном компьютерном томографе Toshiba Aquilion (Canon Medical Systems, Япония) с двухколбовым инжектором для введения контрастного вещества Imaxeon – MEDRAD Salient D. Исследование выполнялось по стандартному протоколу, включающему сканирование в нативную фазу и последующие постконтрастные – артериальную, венозную и отсроченную.

Визуальную интерпретацию и анализ полученных результатов МСКТ проводили согласно разработанному протоколу исследования с учетом интересующих данных. Он включал оценку таких морфометрических показателей, как ширина панкреатического протока (d), тела железы (P) в проекции мезентеральных сосудов, их отношение (d/P) – панкреатический индекс. Также анализировали денситометрические параметры МСКТ, а именно плотность паренхимы ПЖ, которую измеряли в единицах HU с помощью ROI (Region of Interest, зоны интереса) площадью 5–10 мм. Измерения осуществляли в области головки, тела и хвоста в одних и тех же точках трехкратно. Вычисляли среднее значение плотности каждого из отделов ПЖ по формуле: $(HU_1 + HU_2 + HU_3) / 3$. Измеряли плотность ПЖ в нативную фазу сканирования HU_N .

Для количественной оценки динамического контрастирования мы использовали результаты значе-

ний плотности различных отделов ПЖ, полученные в артериальную и венозную фазы сканирования, с последующим расчетом коэффициента накопления контраста ($KH_{A/B}$), который рассчитывали по формуле: $KH_{A/B} = HU_{арт} / HU_{вен}$. Исследование параллельно выполняли два врача-рентгенолога (независимо друг от друга) со стажем работы более 10 лет. При этом они не имели доступа к информации о клиническом течении заболевания и гистологических результатах.

Для гистологического исследования у пациентов исследуемой группы интраоперационно ($n = 136$) осуществляли забор фрагментов 0,5–1,0 см из головки, тела и хвоста поджелудочной железы. Забранный материал готовили по стандартной методике, окрашивали гематоксилином и эозином по методу Ван Гизона.

Оценку общей гистоархитектоники строения органа проводили на бинокулярных микроскопах Nikon Eclipse E 200 (Nikon, Япония). Микрофотографии для морфометрического исследования получали на микроскопе Olympus BX45 (Olympus Corporation, Япония) с насадкой Olympus DP 25 для фото- и видеодокументации и пакетом программного обеспечения Cell[^]D.

Для количественной оценки функциональной паренхимы и стромы ПЖ использовали принцип подсчета соотношения равноудаленных точек на гистологическом препарате [11]. Морфометрию осуществляли с помощью программы J Micro Vision 1.2.7, в которой с помощью модуля Point Counting (подсчет точек) выбирали опцию Recursive grid (рекурсивная сетка), и программа автоматически выставляла на изображении 250 равноудаленных друг от друга точек. Точки, которые выпали на ацинарные структуры поджелудочной железы, регистрировали как «паренхима». Точки, которые выпали на междольковую и внутридольковую соединительную ткань, междольковые кровеносные сосуды и выводные протоки, а также прилежащую к ним соединительную ткань, регистрировали как «строма». Подсчет 250 равноудаленных точек проводили на каждом из пяти случайно выбранных полей зрения гистологического препарата от каждой локализации (головка, тело или хвост поджелудочной железы) каждого пациента. Анализ гистологического материала проводили по разработанной методике два патоморфолога со стажем работы более 15 лет независимо друг от друга.

Статистический анализ полученных в ходе исследования данных осуществлялся с помощью программного пакета IBM SPSS Statistics v.23. Проверка на нормальность распределения количественных данных проводилась с помощью критерия Шапиро –

Уилка. Так как все количественные данные не подчинялись закону нормального распределения, они представлены в виде медианы, первого и третьего квартилей ($Me [Q_1; Q_3]$). Качественные данные представлены в виде абсолютных и относительных значений (n (%)) и 95%-го доверительного интервала (95% ДИ), рассчитанного методом Клоппера – Пирсона (абс., % [ДИ]).

Сравнение количественных данных между группами осуществлялось с помощью критерия Манна – Уитни, а качественных данных – критерия χ^2 или точного критерия Фишера в зависимости от значений ожидаемых частот таблиц сопряженности. Связь между количественными признаками пациентов оценивалась с помощью коэффициента корреляции Спирмена с оценкой статистической значимости его отличий от 0. Сила связи была: 1) очень сильная, когда $0,8 < R < 1,0$; 2) сильная, при $0,6 < R < 0,8$; 3) относительно сильная, если $0,4 < R < 0,6$; 4) средняя, при $0,2 < R < 0,4$; 5) слабая, при $0,1 < R < 0,2$; 6) незначительная, если $R < 0,1$.

ROC-анализ применялся для выявления показателей, выступающих в качестве прогностических факторов риска развития осложнений или панкреатолитиаза. Использовали общепринятые критерии качества модели в зависимости от AUC (площадь под кривой): 0,9–1,0 – отличное; 0,8–0,9 – очень хорошее; 0,7–0,8 – хорошее; 0,6–0,7 – удовлетворительное; менее чем 0,6 – неудовлетворительное. Пороговое значение (cut-off) изучаемого показателя определяли равным значению данного параметра при максимальной чувствительности и специфичности. На основании полученного значения cut-off рассчитывали параметры диагностической значимости: чувствительность, специфичность, общая точность, положительная прогностическая значимость, отрицательная прогностическая значимость. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,001$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основываясь на результатах опубликованных исследований, для анализа прогностической значимости нами были определены следующие показатели КТ с контрастным усилением: HU_N – плотность паренхимы в нативную фазу КТ-исследования; $KH_{A/B}$ – коэффициент накопления контраста; d – ширина главного панкреатического протока (ГПП) в области тела ПЖ; P – ширина тела ПЖ в проекции мезентериальных сосудов; d/P – панкреатический индекс.

Для количественной оценки гистологической структуры железы использовали соотношение сохраненной функциональной паренхимы (ацинусы)

и стромы (выраженность фиброзных изменений) в виде паренхиматозно-стромального соотношения (ПСС) рассчитываемый по следующей формуле:

$$\text{ПСС} = \frac{\text{паренхима dot (поле зр.}^1 + \text{поле зр.}^2 + \text{поле зр.}^3 + \text{поле зр.}^4 + \text{поле зр.}^5)}{\text{строма dot (поле зр.}^1 + \text{поле зр.}^2 + \text{поле зр.}^3 + \text{поле зр.}^4 + \text{поле зр.}^5)}$$

Результаты подсчета выгружали из программы J Micro Vision 1.2.7. в Excel-совместимом формате файла *.csv и вносили в протокол исследования (табл. 1).

Таблица 1

Пример вычисления паренхиматозно-стромального соотношения							
Препарат	Поле зрения	1	2	3	4	5	П/СС
ПЖ	Паренхима dot	101	74	101	113	76	0,59
	Строма dot	149	176	149	137	174	

У пациентов с неизменной ПЖ риск развития специфических осложнений после инвазивных вмешательств значительно выше, чем у больных с выраженными фиброзными изменениями по данным гистологического исследования. Иными словами, развитие специфических осложнений является косвенным признаком нормальной паренхимы, а клинически гладкое течение послеоперационного периода – фиброзной трансформацией. В послеоперационном периоде у 30 (22,1%) пациентов развились специфические осложнения.

Для оценки зависимости предоперационных параметров КТ и гистологической структуры ПЖ от течения послеоперационного периода все пациенты были разделены на две группы. В I группу вошли 30 пациентов, у которых в послеоперационном периоде развились специфические осложнения, II группу составили 106 пациентов с гладким течением послеоперационного периода (табл.2).

Таблица 2

Данные мультиспиральной компьютерной томографии в группах пациентов с развившимися специфическими осложнениями и без осложнений, Me [Q ₁ ; Q ₃]			
Показатель	Группа I, n = 30	Группа II, n = 106	p
КН _{А/В}	1,24 [1,19; 1,29]	0,86 [0,76; 1,01]	<0,001
HU _N	44,15 [41,46; 46,50]	37,59 [34,00; 41,28]	<0,001
Ширина ГПП d	2,50 [2,00; 3,50]	5,00 [3,00; 8,00]	<0,001
Толщина тела ПЖ	17,00 [15,00; 18,00]	15,00 [12,50; 18,00]	0,064
d/P	0,14 [0,11; 0,23]	0,49 [0,22; 0,67]	<0,001
ПСС	2,11 [1,63; 2,20]	0,89 [0,60; 1,65]	<0,001

Как видно из табл. 2, статистически значимые различия ($p < 0,001$) были получены по всем иссле-

дуемым показателям, кроме толщины тела ПЖ ($p = 0,064$).

Для определения группы пациентов с клинически значимым фиброзом паренхимы ПЖ был использован ROC-анализ (табл. 3). Нормальной паренхиме ПЖ (осложненное течение послеоперационного периода) соответствовало – 1, фиброзно-измененной ткани (гладкое течение) – 0.

Таблица 3

Результаты ROC-анализа для определения риска развития специфических осложнений в зависимости от ПСС					
Показатель	Площадь под ROC-кривой AUC, [95% ДИ]	p	Пороговое значение (cut-off)	Чувствительность, %	Специфичность, %
ПСС	0,786 (0,707; 0,851)	<0,0001	Более 1,561	80,0	72,6

При значениях ПСС менее 1,561 вероятность фиброза паренхимы ПЖ в 2,82 раза выше, что соответствует клинически значимому фиброзу (рис. 1).

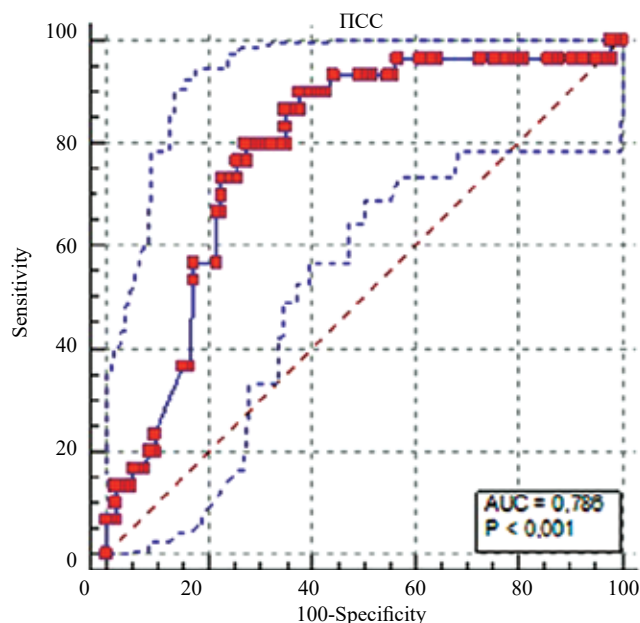


Рис. 1. ROC-кривая паренхиматозно-стромального соотношения в зависимости от специфических послеоперационных осложнений: AUC (Area Under the ROC Curve) – мера, которая позволяет суммировать производительность модели одним числом, измеряя площадь под кривой ROC (здесь и на рис. 3, 5)

Таким образом, диапазон числовых значений ПСС $< 1,561$ соответствует клинически значимому фиброзу, что является показанием к проведению хирургического этапа лечения. Однако данный показатель возможно оценить после проведения оперативного лечения, что исключает возможность его использования с прогностической целью. Следова-

тельно, необходимо изучить зависимость параметров предоперационного КТ от гистологического показателя ПСС.

Для оценки взаимосвязи предоперационных параметров КТ и полученных гистологических данных проведен корреляционный анализ с оценкой силы и направления корреляционной связи. Так как в исследуемой выборке не отмечено нормального распределения, использовался метод ранговой корреляции Спирмена (табл. 4).

Таблица 4

Корреляционная зависимость между параметрами КТ и ПСС		
Показатель	r_s	p
КН _{А/В}	0,77 (сильная)	<0,001
HU _N	0,68 (умеренная)	<0,001
Ширина ГПП (d)	-0,60 (умеренная)	<0,001
Толщина тела ПЖ (Р)	0,19 (очень слабая)	<0,001
Панкреатический индекс (d/P)	-0,60 (умеренная)	<0,001

На основании полученных данных можно сделать выводы о том, что чем интенсивнее фиброзные изменения в структуре ПЖ по данным гистологического

исследования, тем ниже будет плотность паренхимы в нативную фазу исследования по данным КТ. Пик накопления контрастного вещества будет приходиться на венозную фазу динамического контрастирования, более выражена панкреатическая гипертензия, что отражается увеличением ширины ГПП и значениям панкреатического индекса.

Для расчета значений предоперационных параметров КТ, соответствующих клинически значимому фиброзу, использован ROC-анализ. Был применен следующий подход: числовые значения ПСС были переведены в баллы в соответствии с результатами ROC-анализа для ПСС. Значения ПСС более 1,561 были закодированы единицей, это соответствовало неизменной паренхиме ПЖ, а значения ПСС $\leq 1,561$ закодированы нулем, что соответствовало клинически значимому фиброзу. При помощи ROC-анализа рассчитаны точки отсечения (cut-off) для каждого из предоперационных параметров КТ, соответствующие клинически значимому фиброзу (табл. 5, рис. 2).

Таблица 5

Значения предоперационных параметров КТ, соответствующие клинически значимому фиброзу					
Показатель	Площадь под ROC-кривой AUC, [95% ДИ]	p	Пороговое значение (cut-off)	Чувствительность, %	Специфичность, %
КН _{А/В}	0,920 [0,860; 0,959]	<0,0001	0,983 и менее	90,57	89,16
HU _N	0,860 [0,790; 0,913]	<0,0001	39,4 и менее	92,45	77,11
Ширина ГПП (d)	0,869 [0,801; 0,921]	<0,0001	Более 3,2	79,25	90,36
Толщина тела ПЖ (Р)	0,609 [0,521; 0,691]	0,0246	15,0 и менее	56,6	65,06
Панкреатический индекс (d/P)	0,877 [0,809; 0,927]	<0,0001	Более 0,22	73,58	90,36

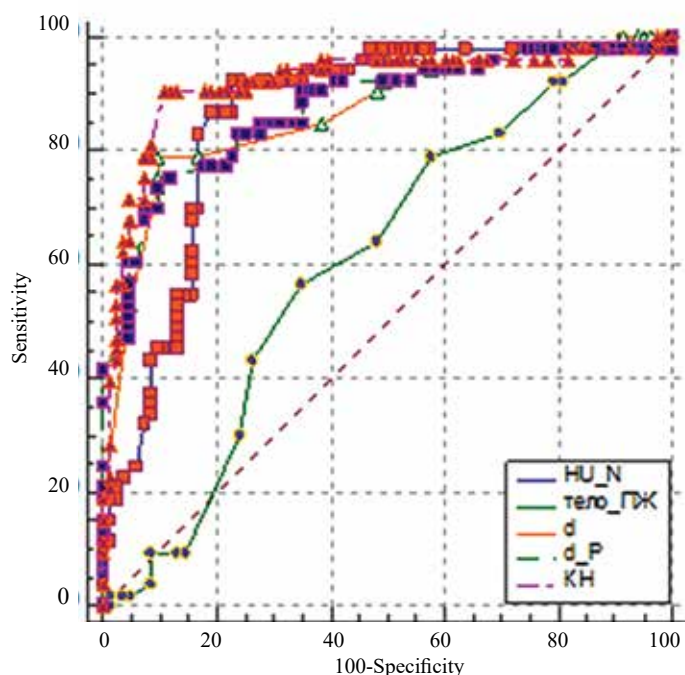


Рис. 2. ROC-кривые предоперационных параметров компьютерной томографии, соответствующие клинически значимому фиброзу: HU_N – плотность паренхимы в нативную фазу КТ исследования; ПЖ – поджелудочная железа; d – ширина главного панкреатического протока в области тела ПЖ; d_P – панкреатический индекс; КН – коэффициент накопления контраста (здесь и на рис. 4, 6)

Таким образом, в результате проведенного корреляционного анализа были определены предоперационные параметры КТ, показавшие сильную ($KN_{A/B}$) и умеренную (HU_N , d , d/P) связь с гистологическим показателем (ПСС), а также высокую диагностическую значимость по данным ROC-анализа. Данные критерии продемонстрировали высокую чувствительность и специфичность, могут быть использованы для прогноза фиброза ПЖ и определения тактики лечения. Предоперационный КТ-параметр – ширина тела ПЖ – показал очень слабую корреляционную связь и низкую диагностическую значимость при проведении ROC-анализа, что не позволяет его применение для прогнозирования клинически значимого фиброза ПЖ.

На следующем этапе была предпринята попытка объединения предоперационных параметров КТ ($KN_{A/B}$, HU_N , d и d/P) в многомерную модель прогноза клинически значимого фиброза для определения тактики лечения. К сожалению, применение логистической регрессии было затруднено в силу высокой корреляции используемых параметров. Поэтому был использован следующий подход: перевести числовые значения предоперационных параметров КТ в баллы в соответствии с результатами ROC-анализа. При полученных значениях параметров $KN_{A/B}$, HU_N , d и d/P , соответствующих значениями ПСС менее 1,561, присваивался 1 балл, значениям более порогового – 0 баллов. Для оценки прогностической значимости балльной шкалы прогноза клинически значимого фиброза был использован ROC-анализ. Площадь под ROC-кривой составил 0,909 [0,848; 0,952]. Точкой разделения стал 1 балл, т. е. при наличии 1 балла и более прогнозируется клинически значимый фиброз. Значения чувствительности составили 90,57%, специфичности – 81,93% (рис. 3).

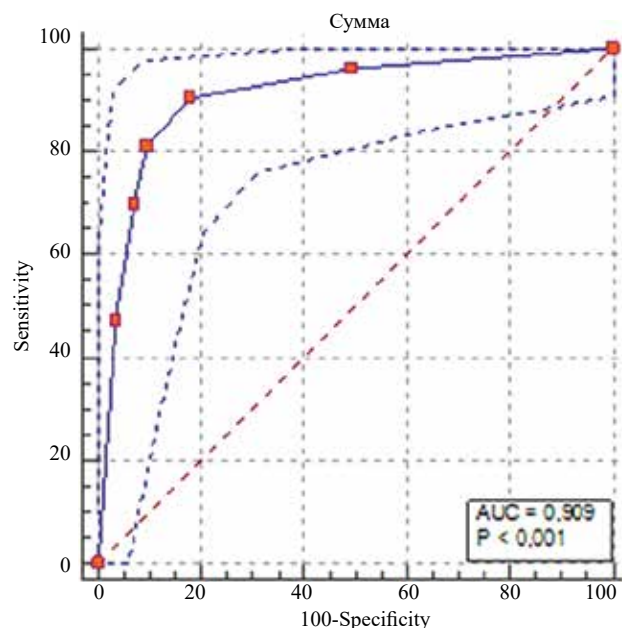


Рис. 3. ROC-кривая балльной оценки совокупности предоперационных параметров компьютерной томографии для прогнозирования клинически значимого фиброза поджелудочной железы и определения тактики лечения

Полученный график ROC-кривой свидетельствует об очень хорошей информативности предлагаемого метода ($AUC = 0,909$; $p < 0,0001$). Предложенная модель обладает высокой диагностической значимостью, что позволяет использовать данную балльную систему для прогноза клинически значимого фиброза ПЖ и определения тактики лечения.

Для определения предоперационных критериев КТ, позволяющих прогнозировать риск развития специфических осложнений в послеоперационном периоде, также был использован ROC-анализ. Были определены КТ-критерии с хорошей моделью AUC, наибольшей чувствительностью и специфичностью (табл. 6).

Таблица 6

Результаты ROC-анализа для определения маркеров развития специфических послеоперационных осложнений					
Показатель	Площадь под ROC-кривой AUC, [95% ДИ]	p	Пороговое значение (cut-off)	Чувствительность, %	Специфичность, %
$KN_{A/B}$	0,860 (0,790; 0,914)	<0,0001	Более 1,01	90,0	79,3
HU_N	0,812 (0,736; 0,874)	<0,0001	Более 41,2	80,0	75,5
Ширина ГПП (d)	0,868 (0,799; 0,920)	<0,0001	3,0 и менее	80,0	78,3
Толщина тела ПЖ (P)	0,681 (0,596; 0,759)	0,0004	Более 14,0	80,0	52,8
Панкреатический индекс (d/P)	0,882 (0,816; 0,931)	<0,0001	0,21 и менее	80,0	82,1

Сравнительный анализ ROC-кривых показал, что для тела ПЖ AUC статистически значимо ниже, чем для других параметров. Уровни значимости составили 0,0004 при сравнении с параметром d ; 0,0334 – для HU_N , 0,0021 – для $KN_{A/B}$, <0,0001 – для d/P . На

рис. 4 приведены соответствующие ROC-кривые. Для дополнительной оценки параметров КТ как маркеров развития специфических послеоперационных осложнений использовалось вычисление отношения рисков (табл. 6).

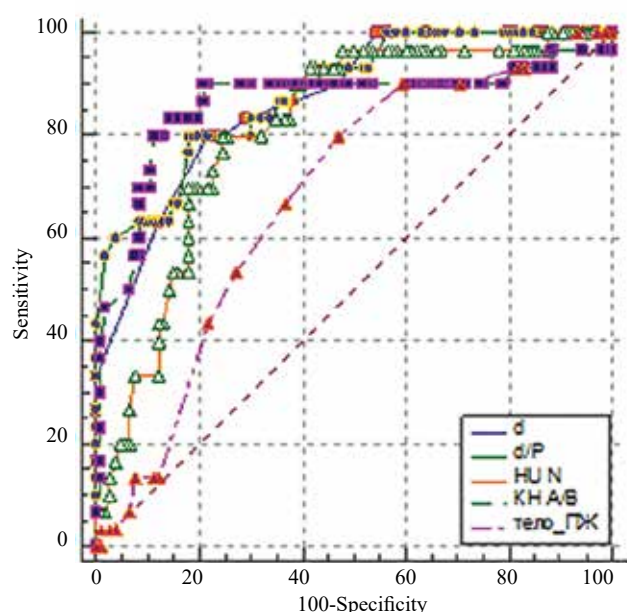


Рис. 4. ROC-кривые предоперационных параметров компьютерной томографии для определения риска развития специфических послеоперационных осложнений

Таблица 6

Оценка параметров КТ как маркеров развития специфических послеоперационных осложнений		
Показатель	Пороговое значение (cut-off)	Отношение рисков
KN _{A/B}	Более 1,01	15,98 (5,11; 49,98)
HU _N	Более 41,2	6,88 (3,02; 15,68)
Ширина ГПП (d)	3,0 и менее	7,57 (3,33; 17,23)
Толщина тела ПЖ (P)	Более 14,0	3,35 (1,46; 7,67)
Панкреатический индекс (d/P)	0,21 и менее	7,35 (3,43; 15,79)

Таким образом, в результате проведенного ROC-анализа были определены предоперационные параметры КТ (KN_{A/B}, HU_N, d, d/P) со значениями AUC, лежащими в интервале 0,8–0,9, что позволяет оценить прогностическую значимость предлагаемых критериев как очень хорошую. Вышеперечисленные предоперационные параметры КТ обладают высокой диагностической значимостью (чувствительностью и специфичностью) для оценки степени риска развития специфических послеоперационных осложнений. Значение AUC для толщины тела ПЖ (P) составило 0,68, что говорит о средней диагностической информативности анализируемого параметра и не позволяет использовать его изолированно для оценки риска развития осложнений.

На следующем этапе была предпринята попытка объединения параметров КТ (KN_{A/B}, HU_N, d, d/P) в многомерную модель оценки степени риска развития специфических послеоперационных осложнений. Был использован следующий подход: числовые

параметры переведены в баллы в соответствии с результатами ROC-анализа. Значениям предоперационных параметров КТ (KN_{A/B}, HU_N, P) больше точки разделения (порогового значения), соответствующим числовому диапазону риска развития осложнений, присваивался 1 балл; значениям КТ-параметров (d, d/P) меньше точки разделения (значения, соответствующие риску развития осложнений) также присваивался 1 балл (табл. 7).

Таблица 7

Шкала оценки риска развития специфических послеоперационных осложнений			
Показатель	Балл (менее <cut-off>)	<Cut-off>	Балл (менее <cut-off>)
KN _{A/B}	0	1,01	1
HU _N	0	41,2	1
Ширина ГПП (d)	1	3,0	0
Толщина тела ПЖ (P)	0	14,0	1
Панкреатический индекс (d/P)	1	0,2	0

При сумме баллов 3 и более – положительный прогноз риска развития специфических осложнений

Сумма баллов =

Для оценки прогностической значимости построенной балльной шкалы оценки степени риска развития специфических послеоперационных осложнений был использован ROC-анализ. Площадь под ROC-кривой составила 0,876 [0,809; 0,926]. Точкой разделения стали 3 балла. При этом чувствительность составила 86,7%, специфичность – 80,2% (рис. 5).

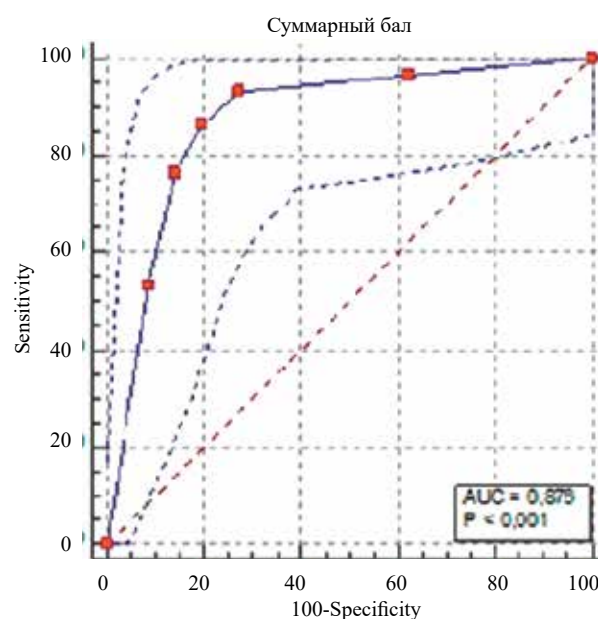


Рис. 5. ROC-кривая балльной оценки совокупности предоперационных параметров компьютерной томографии для прогноза степени риска развития специфических послеоперационных осложнений

При сумме 3 балла и более риск развития специфических осложнений в послеоперационном периоде возрастает в 12,3 раза (95% ДИ: [4,57; 33,18]).

Полученный график ROC-кривой говорит об очень хорошей информативности предлагаемого метода (AUC – 0,876; $p < 0,0001$). Предложенная модель обладает высокой диагностической значимостью, что позволяет использовать данную балльную систему для оценки степени риска развития специфических послеоперационных осложнений.

ВЫВОДЫ

1. Предложенный морфометрический метод оценки фиброзных изменений паренхимы железы, выраженный в виде гистологического показателя ПСС, позволяет количественно оценить степень фиброзных изменений ткани ПЖ, что дает возможность использовать его в клинических исследованиях.

2. Анализируемые предоперационные параметры КТ показали хорошую диагностическую значимость в отношении прогноза морфологической структуры ПЖ.

3. Полученные значения предоперационных параметров КТ позволяют достоверно оценить риск развития специфических послеоперационных осложнений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гальперин Э.И., Семененко И.А. Фиброз поджелудочной железы при хроническом панкреатите. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2015;12:96–102. DOI: 10.17116/hirurgia20151296-102.
2. Шурыгина Е.И., Макаренко Н.В., Карнаухов Н.С., Никонова Ю.Б., Дубцова Е.А., Винокурова Л.В. и др. Методы оценки фиброза ткани поджелудочной железы. *Докладная гастроэнтерология*. 2024;13(1):48–57. DOI: 10.17116/dokgastro20241301148.
3. Deng Y., Zhao B., Yang M., Li C., Zhang L. Association between the incidence of pancreatic fistula after pancreaticoduodenectomy and the degree of pancreatic fibrosis. *J. Gastrointest. Surg.* 2018;22(3):438–443. DOI: 10.1007/s11605-017-3660-2.
4. An J., Jiang T., Qi L., Xie K. Acinar cells and the development of pancreatic fibrosis. *Cytokine Growth Factor Rev.* 2023;71-72:40–53. DOI: 10.1016/j.cytogfr.2023.05.003.
5. Захарова М.А., Кригер А.Г., Кармазановский Г.Г., Кондратьев Е.В., Калинин Д.В., Глотов А.В. Влияние морфологического состояния паренхимы поджелудочной железы на отдаленные результаты хирургического лечения хронического панкреатита. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2021;5:42–49. DOI: 10.17116/hirurgia202105142.
6. Гальчина Ю.С., Кармазановский Г.Г., Калинин Д.В., Кондратьев Е.В., Горин Д.С., Галкин Г.В. и др. Критерии диагностики «мягкой» поджелудочной железы и их влияние на возникновение панкреатического свища после панкреатодуоденальной резекции. *Анналы хирургической гепатологии*. 2020; 25(2):113–123. DOI: 10.16931/1995-5464.20202113-123.
7. Кугаев М.И., Щастный А.Т., Самсонова И.В. Взаимосвязь патоморфологических изменений в головке поджелудочной железы с интенсивностью болевого синдрома и качества жизни. *Новости хирургии*. 2011;19(2):31–36.
8. Laaninen M., Bläuer M., Vasama K., Jin H., Rätty S., Sand J. et al. The risk for immediate postoperative complications after pancreaticoduodenectomy is increased by high frequency of acinar cells and decreased by prevalent fibrosis of the cut edge of pancreas. *Pancreas*. 2012;41(6):957–961. DOI: 10.1097/MPA.0b013e3182480b81.
9. Паклина О.В., Чекмарева И.А., Сетдикова Г.Р., Никитин П.Н., Шабунин А.В., Бедин В.В. и др. Поражение нервных стволов при хроническом панкреатите. *Анналы хирургической гепатологии*. 2011;3:95–102.
10. Esposito I., Hruban R.H., Verbeke C., Terris B., Zamboni G., Scarpa A. et al. Working group for the International (IAP – APA – JPS – EPC) Consensus Guidelines for Chronic Pancreatitis. Guidelines on the histopathology of chronic pancreatitis. Recommendations from the working group for the international consensus guidelines for chronic pancreatitis in collaboration with the International Association of Pancreatologists, the American Pancreatic Association, the Japan Pancreas Society, and the European Pancreatic Club. *Pancreatol.* 2020;20(4):586–593. DOI: 10.1016/j.pan.2020.04.009.
11. Вейбель Э.Р. Морфометрия легких человека. М.: Медицина, 1970:175.

Вклад авторов

След Н.Ю. – разработка концепции и дизайна исследования, написание текста статьи, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи. Комкова Т.Б. – общее руководство проектом. Аржанник М.Б. – статистическая обработка проекта. Петров Л.Ю. – общая концепция научной статьи. Дроздов Е.С. – дизайн исследования. След О.Н. – оформление статьи.

Информация об авторах

След Николай Юрьевич – канд. мед. наук, зав. отделением абдоминальной хирургии, руководитель городского панкреатологического центра, КМКБ № 20 им. И.С. Берзона, г. Красноярск, nsled@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6035-6573>

Комкова Татьяна Борисовна – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой хирургических болезней с курсом травматологии и ортопедии, СибГМУ, г. Томск, tatyana.bkomkova@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-1622-2356>

Аржаник Марина Борисовна – канд. пед. наук, доцент кафедры медицинской и биологической кибернетики, СибГМУ, г. Томск, arzhanik.mb@ssmu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4844-9803>

Петров Лев Юрьевич – канд. мед. наук, доцент кафедры хирургических болезней с курсом травматологии и ортопедии, СибГМУ, г. Томск, petrovlev67@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9598-3748>

Дроздов Евгений Сергеевич – д-р мед. наук, зав. отделением абдоминальной и торакальной онкологии, ТООД, г. Томск, johnacro@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4157-9744>

След Ольга Николаевна – врач-хирург, отделение абдоминальной хирургии, КМКБ № 20 им. И.С. Берзона, г. Красноярск, o.sled@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3078-6043>

(✉) **Петров Лев Юрьевич**, petrovlev67@mail.ru

Поступила в редакцию 09.01.2026;
одобрена после рецензирования 19.01.2026;
принята к публикации 22.01.2026