

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ИНФОРМАТИВНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ И КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ОПИСАНИЯ ЖИДКОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ, ОСЛОЖНЯЮЩИХ ТЕЧЕНИЕ ОСТРОГО ДЕСТРУКТИВНОГО ПАНКРЕАТИТА

USE OF A MATHEMATICAL MODEL TO IDENTIFY THE MOST INFORMATIVE ULTRASONIC AND CRYSTALLOGRAPHIC FEATURES TO DESCRIBE FLUID FORMATIONS COMPLICATING THE COURSE OF ACUTE DESTRUCTIVE PANCREATITIS

**A. Gorpinich
R. Shatalov**

Summary. The aim of this study was to explore the feasibility of using a mathematical model to identify the most informative ultrasound and crystallographic features for describing fluid formations complicating acute destructive pancreatitis (ADP). A scoring system for evaluating the crystallographic pattern of fluid formations and ultrasound data for ADP complicated by the development of fluid formations was developed in a group of 36 patients. To differentiate fluid formations complicating ADP, we performed pancreatic ultrasound, followed by crystallographic evaluation of the fluid formation aspirate and evaluation of the resulting data using a scoring system. A multiparameter linear mathematical model was used to develop the scoring system. This mathematical model allows us to identify the most informative ultrasound and crystallographic features describing fluid formations that complicate the course of acute destructive pancreatitis, assign points to each feature, and determine the role of the sum of these points in the differential diagnosis of fluid formations (acute pseudocyst, acute fluid collection, pancreatic abscess). The mathematical model used allowed us to identify the most informative ultrasound and crystallographic features describing fluid formations that complicate the course of acute destructive pancreatitis, assign points to each feature, and determine the role of the sum of these points in the differential diagnosis of fluid formations (acute pseudocyst, acute fluid collection, pancreatic abscess). Timely diagnosis of these complications allows us to determine the optimal treatment strategy for patients at an early stage of their development, depending on the nature of the fluid formation.

Keywords: mathematical model, acute destructive pancreatitis, differential diagnosis of fluid formations.

Горпинич Александр Борисович

доктор медицинских наук, профессор, ФГАОУ ВО
Государственный университет просвещения, г. Москва
doc.goralex@mail.ru

Шаталов Роман Петрович

кандидат медицинских наук, врач-хирург,
БУЗ Орловской области Орловская областная
клиническая больница, г. Орел
shatalovrp@mail.ru

Аннотация. Целью исследования явилось изучение возможности применения математической модели для выявления наиболее информативных ультразвуковых и кристаллографических признаков описания жидкостных образований, осложняющих течение острого деструктивного панкреатита (ОДП). В группе из 36 пациентов, была создана бальная система оценки кристаллографической картины жидкостных образований и данных УЗИ при ОДП, осложненном развитием жидкостных образований. Для дифференциальной диагностики жидкостных образований, осложняющих течение ОДП выполняли УЗИ поджелудочной железы с последующей кристаллографической оценкой аспирата жидкостного образования и оценкой полученных данных по бальной системе. С целью разработки бальной системы нами использована многопараметрическая линейная математическая модель. Данная математическая модель позволяет выявить наиболее информативные ультразвуковые и кристаллографические признаки описания жидкостных образований, осложняющих течение ОДП, присвоить баллы каждому из признаков, определить роль суммы этих баллов в дифференциальной диагностике жидкостных образований (острая ложная киста, острое скопление жидкости, панкреатический абсцесс). Использованная математическая модель позволила выявить наиболее информативные ультразвуковые и кристаллографические признаки описания жидкостных образований, осложняющих течение ОДП, присвоить баллы каждому из признаков, определить роль суммы этих баллов в дифференциальной диагностике жидкостных образований (острая ложная киста, острое скопление жидкости, панкреатический абсцесс). Своевременная диагностика указанных осложнений позволяет на ранних сроках их развития определить оптимальную тактику лечения больных в зависимости от природы жидкостного образования.

Ключевые слова: математическая модель, острый деструктивный панкреатит, дифференциальная диагностика жидкостных образований.

Введение

В настоящее время диагностика и лечение острого панкреатита продолжают оставаться одними из самых сложных и дискутабельных разделов неотложной хирургии органов брюшной полости [1,2]. При этом, данные литературы свидетельствуют о прогрессирующем росте заболеваемости и возрастании числа больных с острым деструктивным панкреатитом (ОДП) [3,4]. В то же время отсутствуют четкие рекомендации по дифференцированию жидкостных образований при ОДП, т.к. ведущие клинические и лабораторные проявления различных осложнений острого панкреатита схожи, а традиционно используемые методы инструментальной диагностики не всегда позволяют достоверно дифференцировать форму ОДП и жидкостных образований, осложняющих его течение [5,6]. Их дифференцировка важна, т.к. лечение отличается в зависимости от типа скопления [7, 8].

Одним из наиболее перспективных направлений оптимизации анализа медицинских данных, является создание математических моделей прогнозирования [9].

Математическое моделирование представляет собой систему математических выражений, описывающих свойства, взаимосвязи, структурные и функциональные параметры объектов моделирования [10].

Цель исследования

Изучить возможности применения математической модели для выявления наиболее информативных ультразвуковых и кристаллографических признаков описания жидкостных образований, осложняющих течение острого деструктивного панкреатита.

Материал и методы исследования

Проведено исследование по изучению применения математической модели для выявления наиболее информативных ультразвуковых и кристаллографических признаков описания жидкостных образований, осложняющих течение острого деструктивного панкреатита.

В группе из 36 пациентов, была создана бальная система оценки кристаллографической картины жидкостных образований и данных УЗИ при ОДП, осложненном развитием жидкостных образований.

Для дифференциальной диагностики жидкостных образований, осложняющих течение ОДП выполняли УЗИ поджелудочной железы с последующей кристаллографической оценкой аспирата жидкостного образования и оценкой полученных данных по бальной системе. С целью разработки бальной системы нами использо-

вана многопараметрическая линейная математическая модель:

$$Y(x_1, x_2, \dots, x_{141}) = C_0 + \sum_{i=1}^{141} C_i * x_i,$$

где: $Y(\dots)$ — вычисленные баллы больного; x_i — независимая переменная заболевания; C_i — коэффициенты многопараметрической линейной математической модели.

Данная математическая модель позволяет выявить наиболее информативные ультразвуковые и кристаллографические признаки описания жидкостных образований, осложняющих течение ОДП, присвоить баллы каждому из признаков, определить роль суммы этих баллов в дифференциальной диагностике жидкостных образований (острая ложная киста, острое скопление жидкости, панкреатический абсцесс).

Мы ставили оптимизационную многофакторную задачу по целям:

- 1) Наименьшее число значимых коэффициентов многопараметрической линейной математической модели, описывающей три группы заболеваний;
- 2) В среднем коэффициенты многопараметрической линейной математической модели по абсолютной величине должны иметь минимально возможное значение;
- 3) Наименьшее отклонение суммарного числа баллов больного от средней величины по группе заболевания;
- 4) Наибольшее возможное удаление средних баллов по группе заболеваний;
- 5) Равномерное удаление средних баллов по группе заболеваний друг от друга.

Пункты целевой функции оптимизационной задачи расставлены по степени важности (величине веса в целевой функции).

Программа оптимизации многофакторной математической модели написана на языке Pascal в интегрированной системе Delphi-7. Используется метод штрафных функций и рандомизации исходных данных для анализа устойчивости вычисленных коэффициентов многопараметрической математической модели. Сама программа состоит из двух основных блоков:

- а) блок случайного перебора параметров математической модели, выбор наилучшего набора параметров модели и передача его в блок регулярного поиска;
- б) блок регулярного поиска, работающий по методу конфигураций Розенброка (иногда называют

«метод вращения осей координат»), являющийся очень эффективным в случае сложных многопараметрических задач оптимизации.

Результаты исследования и их обсуждение

При проведении УЗИ поджелудочной железы определяли количество жидкостных образований, контуры, наличие капсулы, форму, экзогенность структуры жидкостного образования, ее однородность и оценивали указанные показатели следующим образом в баллах:

- наличие одного очага жидкостного образования — 1 балл;
- наличие множественных жидкостных образований — 3 балла;
- четкие ровные контуры жидкостного образования — 1 балл;
- четкие неровные контуры жидкостного образования — 2 балла;
- нечеткие контуры жидкостного образования — 3 балла;
- нечеткие и неровные контуры жидкостного образования — 4 балла;
- определяется капсула жидкостного образования — 2 балла;
- капсула жидкостного образования не визуализируется — 3 балла;
- капсула жидкостного образования утолщена — 4 балла;
- округлая форма жидкостного образования — 1 балл;
- овальная форма жидкостного образования — 2 балла;
- неправильная форма жидкостного образования — 4 балла;
- гиперэхогенность структуры жидкостного образования — 2 балла;
- гипоехогенность или изоэхогенность структуры жидкостного образования — 3 балла;
- неоднородная эхогенность структуры жидкостного образования — 4 балла;
- отсутствие включений в структуре жидкостного образования — 1 балл;
- наличие равномерно расположенных включений в структуре жидкостного образования — 2 балла;
- наличие единичных беспорядочно расположенных включений в структуре жидкостного образования — 3 балла;
- наличие множественных беспорядочно расположенных включений в структуре жидкостного образования — 4 балла.

Полученные при оценке результатов УЗИ баллы суммировали. Затем проводили кристаллографическое исследование аспирата жидкостного образования. При этом определяли соотношение площади белковой

зоны фации к общей площади фации, расположение трещин, однородность зоны кристаллизации и оценивали указанные показатели следующим образом в баллах:

- соотношение площади белковой зоны к общей площади фации меньше 0,4–1 балл;
- соотношение площади белковой зоны к общей площади фации от 0,4 до 0,6–2 балла;
- соотношение площади белковой зоны к общей площади фации больше 0,6–3 балла;
- радиальное расположение трещин по всей площади фации — 1 балл;
- хаотичное расположение трещин на площади, составляющей до 10 % площади фации — 2 балла;
- хаотичное расположение трещин на площади, составляющей 20–50 % площади фации — 3 балла;
- хаотичное расположение трещин на площади, превышающей 50 % площади фации — 4 балла;
- однородная зона кристаллизации — 1 балл;
- наличие в зоне кристаллизации одного участка другого цвета и/или структуры на площади менее или равной 25 % площади зоны кристаллизации — 2 балла;
- наличие в зоне кристаллизации одного участка другого цвета и/или структуры на площади более 25 % и менее 50 % площади зоны кристаллизации — 3 балла;
- наличие в зоне кристаллизации двух и более участков другого цвета и/или структуры — 4 балла.

Полученные при оценке результатов кристаллографического исследования баллы суммировали. При сумме баллов, полученных при оценке результатов УЗИ поджелудочной железы, от 7 до 11 и сумме баллов, полученных при оценке результатов кристаллографического исследования, от 3 до 5 диагностировали острую ложную кисту. При сумме баллов, полученных при оценке результатов УЗИ поджелудочной железы, от 12 до 16 и сумме баллов, полученных при оценке результатов кристаллографического исследования, от 6 до 8 диагностировали острое скопление жидкости. При сумме баллов, полученных при оценке результатов УЗИ поджелудочной железы, от 17 до 23 и сумме баллов, полученных при оценке результатов кристаллографического исследования, от 9 до 11 диагностировали панкреатический абсцесс. В ходе исследования необходимо проводить оба способа исследования, так как любое из них, выполненное отдельно, является недостаточно информативным.

В результате нашего исследования 15 пациентов были отнесены в группу с острой ложной кистой, 12 пациентов в группу с острым скоплением жидкости и 9 пациентов — с панкреатическим абсцессом. Поставленный диагноз во всех случаях совпал с заключительным клиническим диагнозом.

Заключение

Использованная математическая модель позволила выявить наиболее информативные ультразвуковые и кристаллографические признаки описания жидкостных образований, осложняющих течение ОДП, присвоить баллы каждому из признаков, определить роль

суммы этих баллов в дифференциальной диагностике жидкостных образований (острая ложная киста, острое скопление жидкости, панкреатический абсцесс). Своевременная диагностика указанных осложнений позволяет на ранних сроках их развития определить оптимальную тактику лечения больных в зависимости от природы жидкостного образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуликян Г.Н., Пахомова Р.А., Козлов В.В. Применение методики атомно-силовой микроскопии для сравнения острого панкреатита средней тяжести и тяжелого течения в ранние сроки заболевания // Доказательная гастроэнтерология. 2025. Т.14. №3. С.29–34. <https://doi.org/10.17116/dokgastro20251403129>
2. Алиев С.А., Алиев Э.С. Малоинвазивные технологии в хирургии инфицированного панкреонекроза: возможности и перспективы // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2017. Т.176. №6. С.106–110. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2017-176-6-106-110>
3. Гуликян Г.Н., Швец Л.И. Актуальные вопросы диагностики деструктивного острого панкреатита // Московский хирургический журнал. 2024. №2. С.116–123. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2024-2-116-123>
4. Мальцев В.О., Яшнов А.А., Коновалова О.Г., Юмцунова Ч., Черешнева О.И., Вдовина М.Г. Проблемы современной диагностики острого панкреатита (обзор) // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2024. — №04/2. — С. 183–187 DOI 10.37882/2223–2966.2024.4–2.24
5. Ремизов С.И., Андреев А.В., Дурлештер В.М., Габриэль С.А., Засядько О.В. Модифицированный метод чрескожного дренирования острых некротических скоплений у пациентов с инфицированным панкреонекрозом // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2023. №11. С.47–55. <https://doi.org/10.17116/hirurgia202311147>
6. Эктов В.Н., Ходорковский М.А., Федоров А.В. Лучевые методы визуализации в диагностике и оценке тяжести острого панкреатита. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология // 2021.Т.195. №11. С. 42–51. DOI: 10.31146/1682–8658-ecg-195-11-42-51
7. Хоха В.М. Скопления при остром панкреатите // Новости хирургии. 2013. Т. 21, № 2. С. 111–118. <https://elib.vsmu.by/handle/123/4715>
8. Acute pancreatitis classification working group. Classification of acute pancreatitis-2012: revision of the Atlanta classification and definition by international consensus / P.A. Banks, T.L. Bollen, C. Dervenis, H.G. Gooszen, C.D. Johnson, M.G. Sarr, G.G. Tsiotos, S.S. Vege // Gut. — 2013. — Vol. 1, № 62. — P. 102–111. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2012-302779>
9. Цуканов А.В., Иванов И.С., Горюшкин Е.И., Пономарева И.В. Методы прогнозирования и моделирования в хирургии // Современные проблемы науки и образования. 2023. №4. С. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.17513/spno.32747>
10. Валитов Д.Р., Кубряк А.И., Беляева М.Б. Сравнительный анализ MATLAB и Mathcad в контексте математического моделирования // Научное обозрение. Технические науки. 2024. № 3. С. 5–9; URL: <https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=1468> (дата обращения: 29.05.2025). DOI: <https://doi.org/10.17513/srts.1468>

© Горпинич Александр Борисович (doc.goralex@mail.ru); Шаталов Роман Петрович (shatalovrp@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»