Верхневолжский медицинский журнал. 2025; 24(4): 42-46
Upper Volga Medical Journal. 2025; 24(4): 42-46
УДК 616.25-002:519.22

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ ПАЦИЕНТА С ЭКССУДАТИВНЫМ ПЛЕВРИТОМ

[1]Наталья Юрьевна Смирнова, [2]Евгений Валерьевич Тришин, [3]Леонид Борисович Шубин

[1]ГБУЗ «Клиническая онкологическая больница», Ярославль, Россия,
[2]Кафедра хирургии ИПДО ФГБОУ ВО ЯГМУ Минздрава России, Ярославль, Россия,
[3]Кафедра общественного здоровья и здравоохранения
ФГБОУ ВО ЯГМУ Минздрава России, Ярославль, Россия

Аннотация. **На основании изучения 352 случаев экссудативного плеврита с помощью методов математической статистики был разработан оригинальный диагностический алгоритм для установления этиологической природы заболевания еще на дооперационном этапе, чувствительность и специфичность метода превышают 90 %. Диагностическая ценность метода апробирована в ходе проспективного анализа 72 случаев экссудативного плеврита: при туберкулёзной этиологии плеврита его диагностическая эффективность достигла 100 %, при онкологической патологии – 97 %. Тем самым была доказана возможность установления предполагаемой причины экссудативного плеврита на этапе дооперационной диагностики, что позволяет улучшить результаты диагностики и лечения пациентов.**

Ключевые слова: экссудативный плеврит, этиология, видеоторакоскопия, математическая статистика, алгоритм диагностики, чувствительность, специфичность метода

Для цитирования: Смирнова Н.Ю., Тришин Е.В., Шубин Л.Б. Результаты использования методов математической статистики в разработке модели пациента с экссудативным плевритом. Верхневолжский медицинский журнал. 2025; 24(4): 42-46.

RESULTS OF USING MATHEMATICAL STATISTICS METHODS IN THE DEVELOPMENT OF A MODEL OF A PATIENT WITH PLEURAL EFFUSIONS

[1]N. Yu. Smirnova, [2]E. V. Trishin, [2]L. B. Shubin

[1]Yaroslavl «Clinical Oncology Hospital», Yaroslavl, Russia,
[2]Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia

Abstract. **Based on a study of 352 cases of pleural effusions using mathematical statistics methods, a unique diagnostic algorithm was developed for establishing the etiologic nature of the disease preoperatively. Its sensitivity and specificity exceed 90%. The diagnostic value of the method was tested during a prospective analysis of 72 cases of pleural effusions: its diagnostic efficiency reached 100% for pleuritis with tuberculous etiology, and 97% for oncological pathology. This demonstrated the possibility of establishing the presumed cause of pleural effusions during preoperative diagnostics, which allows for improved diagnostic and treatment outcomes.**

Key words: pleural effusions, etiology, videothoracoscopy, mathematical statistics, diagnostic algorithm, sensitivity, specificity of the method

For citation: Smirnova N.Yu., Trishin E.V., Shubin L.B. Results of using mathematical statistics methods in development of a model of a patient with pleural effusions. Upper Volga Medical Journal. 2025; 24(4): 42-46.

Введение

Диагностика экссудативных плевритов, гетерогенных по своему возникновению и течению, остается сложной, до сих пор не разработаны эффективные диагностические алгоритмы и общеклинические рекомендации для этой патологии [1]. Широкая распространенность плевритов (около 10 % пациентов стационаров ежегодно) диктует необходимость выбора оптимальной диагностической тактики [2]. В среднем срок диагностического этапа у пациентов с плевритом составляет 4 недели, а в некоторых случаях его срок может достигать 6 месяцев.

Самая частая причина, вызывающая накопление экссудата в плевральной полости, – туберкулёзный процесс, который является следствием туберкулёза легких [3]. Удельный вес диссеминированных форм туберкулёза в последние десятилетия растет, одним из его проявлений является экссудативный плеврит. У пациентов с туберкулёзным плевритом, которым своевременно не был установлен диагноз и не назначена специфическая антимикробная терапия, быстро развиваются различные осложненные и диссеминированные формы заболевания.

В современной литературе представлено небольшое число публикаций по теме диагностики экссудативных плевритов, при этом вопросами разработки диагностических алгоритмов с использованием методов параметрической и непараметрической статистики в принципе никто не занимается. Основные публикации посвящены изучению строго специфичных и дорогостоящих маркеров, таких как уровень лактатдегидрогеназы, аденозиндезаминазы, щелочной фосфатазы в плевральной жидкости, вопросам ПЦР-диагностики туберкулёзных плевритов [4, 5]. Очевидно, что необходим поиск более дешевых и легкодоступных методов диагностики.

Часто присутствие жидкости в плевральной полости скрывает рентгенологические и физикальные признаки основного заболевания, будь то опухоль или воспалительный процесс, в то время как симптомы, связанные с накоплением плеврального экссудата, более заметны [6-8].

Кроме того, большинство публикаций по диагностике плевритов посвящено методу видеоторакоскопии, рассматривающих ее как единственно правильный и необходимый метод диагностики [9-11]. Однако в ряде случаев, а именно, при воспалительных «неспецифических» плевритах, инвазивный подход не требуется и даже может носить риски осложнений у ослабленных больных в разгар инфекционного процесса [12, 13]. Таким образом, необходим поиск более безопасных, но вместе с тем эффективных методов диагностики этиологической природы экссудативного плеврита.

Такой метод был разработан в ходе представленного исследования и показал свою высокую эффективность. Его отличает инновационный подход к диагностике экссудативных плевритов, который основывается на применении методов математической статистики для создания алгоритмов диагностики на дооперационном этапе.

Цель работы: улучшить результаты диагностики и лечения больных с экссудативным плевритом путем применения методов математической статистики для установления этиологии заболевания на дооперационном этапе.

Материал и методы исследования

В исследование было включено 352 случая (214 мужчин – 60,8 %, 138 женщин – 39,2 %) заболевания экссудативным плевритом у пациентов, проходивших лечение на базе двух областных клиник г. Ярославля. Пациенты включались в исследование по следующим критериям: наличие только экссудативного плеврита, как сочетающегося с поражением легких, так и без поражения легких; сроки заболевания не были ограничены, плевриты были различны по объему.

Таблица 1. Частота разных видов плеврита у мужчин и женщин, абс. (%)

Table 1. Frequency of different types of pleuritis in men and women, abs. (%)

Виды плеврита	Мужчины	Женщины	Всего
Условно неспецифический	130 (36,9)	67 (19,0)	197 (55,9)
Туберкулезный	40 (11,3)	11 (3,0)	51 (14,3)
Связанный с онкопатологией	44 (12,5)	60 (17,0)	104 (29,5)
Итого	214 (60,8)	138 (39,3)	352 (100,0)

Возраст пациентов (от 25 до 88 лет) представлен в таблице 2.

Таблица 2. Частота разных видов плеврита в разные возрастные периоды, абс. (%)

Table 2. Frequency of different types of pleuritis in different age periods, abs. (%)

Возрастные группы пациентов	Виды плеврита		
	Условно неспецифический	Связанный с онкопатологией	Туберкулезный
Молодые (18-30 лет)	8 (4,0)	0 (0)	11 (20,0)
Среднего возраста (31-55 лет)	88 (44,7)	20 (19,2)	29 (52,7)
Пожилые (55-88 лет)	101 (51,3)	84 (80,7)	11 (20,0)
Итого	197 (55,9)	104 (29,5)	51 (14,5)

Выполнены следующие этапы сбора данных у пациентов, включенных в исследование:

1 – сбор жалоб;
2 – сбор анамнестических данных;
3 – оценка результатов визуального осмотра пациента и внешних признаков болезни;
4 – оценка данных лабораторных анализов;
5 – сбор и оценка данных рентгенологических и специальных методов обследования;
6 – оценка результатов хирургического вмешательства (операция была выполнена у 155 человек);
7 – оценка результатов гистологического исследования биоптатов плевры или легкого (выполнено у155 прооперированных пациентов).

На основе программы Excel была сформирована база данных по 352 случаям экссудативного плеврита; в результате обобщения и систематизации собранных данных пациенты были разделены на три группы: группа № 1 – пациенты, страдающие неспецифическими плевральными выпотами (197 случаев); группа № 2 – пациенты с туберкулёзными плевритами (51 случай); группа № 3 – пациенты, страдающие плевритами онкологической природы (104 случая).

При работе с полученными данными были использованы методы математической статистики: первичный анализ данных, кластерный анализ, дискриминантный анализ и ROC-анализ. Для статистического анализа использовались программы STATISTICA StatSoft, Inc. (2014).

В первую очередь проводилось сравнение данных пациентов трех исследуемых групп между собой для установления достоверно различающихся переменных по 56 параметрам. После первичного анализа проводили редукцию данных путём сопоставления значимых корреляций и различий с помощью кросс-проверки для оценки устойчивости полученной модели. В ходе кросс-проверки анализом зависимостей количество выделенных переменных уменьшилось до 20. Затем был проведен дискриминантный анализ, который позволяет определить критерий для классификации собранных данных, что включает в себя создание дискриминирующей функции, а также выявление переменных, которые способны различать две или более образующихся групп. Признаки были организованы таким образом, чтобы на каждом этапе происходил обзор всех исследуемых переменных с целью выявления той, которая вносит наибольший вклад в различия между группами. После выполнения дискриминантного анализа оказалось, что лишь 9 признаков имеют значение в постановке диагноза туберкулёзного плеврита, а именно: возраст пациента, давность заболевания, бронхофония, увеличение надключичных лимфатических узлов, кровохарканье, острота течения, уровни С-реактивного белка, альбумина крови и аспартатаминотрансферазы венозной крови. Все остальные переменные не выявили значимых корреляционных связей.

При проверке гипотез p оказался меньше 0,05, что свидетельствует о верности статистической гипотезы.

Проведение нескольких последовательных процедур учета и устранения всех ошибок классификации привело к значительному снижению значения лямбды Уилкса до 0,06 и формированию клинически значимого набора дискриминирующих переменных. Значение лямбды Уилкса, равное 0,06, свидетельствует о высоком качестве дискриминации по выбранным параметрам оценки.

На основании вышеуказанных 9 признаков было разработано уравнение логистической регрессии, результатом решения которого является прогностический коэффициент. При значениях коэффициента ≤ 0,471 высока вероятность туберкулёзной этиологии плеврита. Такого пациента необходимо направить к фтизиатру для более углубленного обследования в условиях фтизиатрического стационара и исключения туберкулёзного процесса. С помощью данных ROC-анализа подтверждена высокая специфичность и чувствительность данной модели (рисунок 1). Чувствительность модели составляет 89 % при специфичности 78 %.

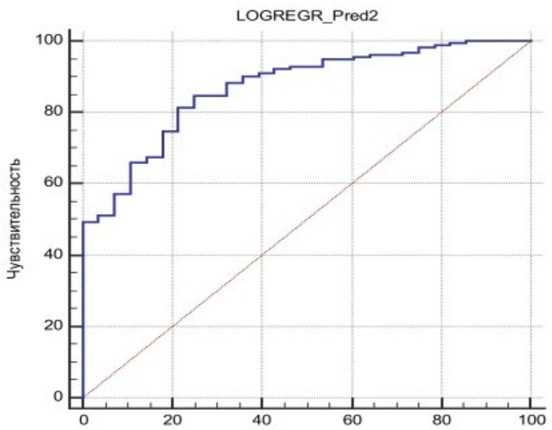

Рис. 1. Чувствительность и специфичность модели плеврита туберкулезной этиологии по результатам ROC-анализа данных

Fig. 1. Sensitivity and specificity of the model of pleuritis of tuberculous etiology based on the results of ROC analysis of data

После выполнения процедуры расчета по первому математическому уравнению при попадании пациента в группу, где исключен туберкулёзный плеврит (прогностический коэффициент выше 0,471), в отношении его требуется дальнейшая, более углубленная, дифференциальная диагностика. Для таких пациентов было разработано второе логарифмическое уравнение, включавшее набор переменных другого характера, а именно: характер начала болезни, данные анамнеза, токсический синдром, рентгенологическая картина легких до лечения, данные первой пункции и цитология плеврита, уровень белка крови, ультразвуковое исследование плевральной полости, данные фибробронхоскопии.

Результатом решения второго уравнения логистической регрессии стал прогностический коэффициент, при его величине ≤ 0,397 высока вероятность онкологической природы плеврита. Такого пациента необходимо направить в клинику онкологического профиля для диагностики и лечения. Чувствительность модели для плеврита при онкологических заболеваниях составляет 80 %, специфичность 78,5 % (рисунок 2).

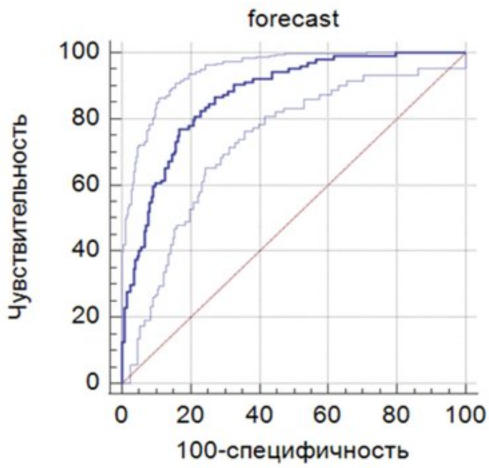

Рис. 2. Чувствительность и специфичность модели плеврита, ассоциированного с онкологической патологией, по результатам ROC-анализа данных

Fig. 2. Sensitivity and specificity of the model of pleuritis associated with oncological pathology based on the results of ROC analysis of data

У пациентов со значением прогностического коэффициента ≥0,397 предположительно имеет место плеврит неспецифической этиологии. Они могут получать консервативное лечение, их необходимо тщательно и активно наблюдать в динамике, а при появлении повторного накопления жидкости в плевральной полости необходимо вновь провести пациента по диагностическому алгоритму для исключения возможных ошибок диагностики, учитывая лишь 80 % эффективность алгоритма.

Таким образом, с помощью настоящего метода был найден дешевый, доступный и быстрый способ дооперационной диагностики природы плеврита, который позволит ускорить и оптимизировать диагностический этап путем направления пациентов в специализированные стационары, а также отказаться от необоснованной операции у существенной части пациентов.

Использование многомерного математического анализа способствует снижению влияния субъективных мнений при принятии ключевых решений. Кроме того, данный метод позволяет на основе существенных факторов разработать четкий алгоритм для установления диагноза и определения тактики лечения у пациентов с экссудативным плевритом.

Результаты исследования

С целью проверки эффективности разработанной диагностической модели было проведено проспективное исследование на базе областной больницы г. Ярославля 72 пациентов с экссудативным плевритом неустановленной этиологии. Все пациенты были сопоставимы по полу и возрасту, а также по другим искомым параметрам с группой ретроспективного исследования (таблица 3).

Таблица 3. Частота ошибочной диагностики этиологии плеврита при использовании методов математической статистики, абс. (%)

Table 3. Frequency of erroneous diagnosis of the etiology of pleuritis using mathematical statistics methods, abs. (%)

Установленная этиология плеврита	Всего	Ошибочные результаты диагностики	
		Ложноположительный	Ложноотрицательный
Туберкулезная	9 (12,5)	0	0
Связанная с онкопатологией	14 (19,4)	1 (1,4)	1 (1,4)
Условно неспецифическая	49 (68,1)	-	-
Итого	72 (100,0)	2 (2,8)	

У пациентов, включенных в исследование, были использованы разработанные математические диагностические модели, предшествующие выполнению видеоторакоскопии. Оказалось, что у 9 пациентов программа заподозрила туберкулёзный процесс, у 14 пациентов – онкологическую патологию, а у 49 – «условно неспецифический» процесс. После выполнения видеоторакоскопии оказалось, что у 9 пациентов туберкулёз подтвердился при гистологическом исследовании, а в группе онкологии наблюдалась одна ошибка. Таким образом, можно сказать, что программа сработала правильно на 100 % в случае туберкулёзного процесса и на 97 % в случае онкопроцесса.

На основе модели пациента создан оригинальный диагностический алгоритм. Уникальность предложенного алгоритма состоит в том, что он принимает во внимание не только результаты диагностических процедур, но и сведения, полученные из анамнеза и данные визуального осмотра. Это позволяет получить более полную картину состояния пациента, не прибегая к сложным и дорогостоящим исследованиям.

Обсуждение результатов исследования

Предложенный метод не позволяет однозначно определить этиологию плеврита, но позволяет предположить наиболее вероятную причину и оптимизировать диагностический процесс. Это помогает избежать неоправданного увеличения сроков диагностики и излишних обследований, что в конечном итоге снижает стоимость и ускоряет процесс установления диагноза.

Оригинальность метода в том, что впервые предпринята попытка выяснить природу экссудативного плеврита на дооперационном этапе, используя наименьший, но оптимальный арсенал средств, доступных в большинстве стационаров. Его применение также дает основания при необходимости в ранние сроки направить пациента на выполнение видеоторакоскопии в условиях специализированного стационара.

Разработанные методы были успешно применены в условиях торакального стационара Ярославской областной клинической больницы на пациентах с экссудативными плевритами и продемонстрировали высокую эффективность и простоту использования.

Проблема сложности установления этиологической природы экссудативных плевритов на дооперационном этапе была успешно решена в результате настоящей работы путем создания диагностических алгоритмов. Результаты использования диагностических алгоритмов ведения пациентов с экссудативными плевритами и создание профилей пациентов доказывает, что на дооперационном этапе возможно заподозрить характер плеврита, что позволяет направить пациента на инвазивную диагностику в специализированный стационар или полностью отказаться от хирургического метода и вести пациента консервативно.

Выводы

1. Установлена возможность определения этиологической природы плеврального экссудата на дооперационном этапе с помощью диагностической модели, созданной на основе математического моделирования.
2. Использование данного метода диагностики позволяет снизить риск установления ошибочных диагнозов в лечении пациентов с экссудативным плевритом туберкулёзной этиологии на 89 %, а пациентов с онкологической этиологией на 80 %.
3. Внедрение созданной уникальной методики определения этиологической природы плеврального выпота позволяет у данной категории пациентов снизить риски принятия ошибочных диагностических решений и улучшить качество последующей медицинской помощи.

Список источников

1. Котельников М.В., Павлова В.Н., Булдакова А.А., Стуков А.И., Сараев Я.И. Современные представления об этиологии и лечении инфекционного плеврита. Вопросы устойчивого развития общества. 2022; 8: 1225-1232.
2. Кеворкова М.С., Баранова И.А., Галкин М.М. Плевральный выпот: проблемы диагностики на примере многопрофильного стационара. Практическая пульмонология. 2022; 1: 58-66.
3. Бабаева И.Ю., Шевченко А.И., Яцукова А.В. Дифференциальная диагностика туберкулеза с другими заболеваниями органов дыхания: учебно-методическое пособие для студентов лечебного, педиатрического, медико-профилактического факультетов. Краснодар: Изд-во «Новация». 2021: 114.
4. El-sokkary R.T., Abuelkassem N.M., Seddik M.I., Metwally A. New Biomarkers For The Diagnosis Of Pleural Effusion. Egyptian Journal of Bronchology. 2022; 16(1): 1-9. doi: 10.1186/s43168-022-00137-7
5. Fenhua J., Daohui W., Hui L., Xiaodong X., Wen H. Diagnostic value of combined pleural interleukin-33, adenosine deaminase and peripheral blood tuberculosis T cell spot detection TB for tuberculous pleurisy. BMC Infect Dis. 2021; 21(1): 861. doi: 10.1186/s12879-021-06575-w
6. Варин А.А., Стрелис А.К., Ханин А.Л. Заболевания плевры: руководство для врачей. Томск: Красное знамя. 2003: 144.
7. Плаксин С.А., Фаршатова Л.И. Качество жизни при плевральных выпотах различной этиологии. Медицинский альянс. 2020; 4: 59-64.
8. Garg A., Singla K., Kaur M., Jindal V., Kaur M. Massive pleural effusion: an uncommon but important cause to consider. Adv Respir Med. 2021; 89(6): 604-605. doi: 10.5603/ARM.a2021.0109
9. Имагожев Я.Г., Мургустов И.Б., Наурузов У.А. Хирургическое лечение экссудативного плеврита неясной этиологии. Вузовское образование и наука: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ингушский Государственный Университет. 2022: 124-125.
10. Плаксин С.А., Фаршатова Л.И. Роль торакоскопии и плевродеза в диагностике и лечении воспалительных плевральных выпотов. Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2018; 177(6): 45-48. doi: 10.24884/0042-4625-2018-177-6-45-48
11. Mondoni M., Saderi L., Trogu F., Terraneo S., Carlucci P., Ghelma F., Centanni S., Sotgiu G. Medical thoracoscopy treatment for pleural infections: a systematic review and meta-analysis. BMC Pulm Med. 2021; 21(1): 127. doi: 10.1186/s12890-021-01492-9
12. Сейилканов Б.К. Роль торакоскопии в диагностике экссудативных плевритов. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана.2017; 8: 71-73.
13. Dadas E., Erdogdu E., Toker A., Ersoz M., Okay T. Effectiveness of Video-Assisted Thoracoscopic Surgery in Undiagnosed Exudative Pleural Effusions. Turk Thorac J. 2019; 20(3):188-191. doi: 10.5152/TurkThoracJ.2018.18133

Смирнова Наталья Юрьевна (контактное лицо) – врач онколог хирургического торакального отделения ГБУЗ Ярославской областной клинической онкологической больницы; 150054, Ярославль, ул. Чкалова 4А; tatkabu@mail.ru

Поступила в редакцию / The article received 07.10.2025.

Принята к публикации / Was accepted for publication 09.12.2025.