

УДК 616.211-002.193-056.3:616.983-073.781
<https://doi.org/10.18692/1810-4800-2023-4-57-67>

Диагностика хламидийной инфекции при круглогодичном аллергическом рините с использованием медицинских экспертных систем

Е. Г. Портенко¹, Г. Б. Бурдо², В. С. Кузнецова¹, Н. А. Вашневская¹

¹ Тверской государственный медицинский университет, Тверь, 170100, Россия

² Тверской государственный технический университет, Тверь, 170026, Россия

Повышение надежности диагностики ЛОР-заболевания является достаточно актуальной научной задачей. Поэтому целью настоящей работы явилось создание методики диагностики наличия хламидийной инфекции при круглогодичном аллергическом рините, пригодной для ее применения в качестве базы знаний в медицинской экспертной системе. На основе результатов ведения пациентов с подтвержденным круглогодичным аллергическим ринитом, у которых по результатам базисного лечения наблюдалась нестойкая ремиссия, были установлены симптомы хламидийной инфекции и разработана методика определения ее наличия. Все симптоматические данные были разбиты на четыре группы признаков, всего предложено 23 показателя, часть из которых является обязательными для установления диагноза, а часть – альтернативными. Методика прогнозирования основана на анализе соотношения обязательных и альтернативных признаков и была представлена в виде четких правил, пригодных для реализации в вычислительной среде МАТЛАБ. Особенностью методики является целенаправленное повышение надежности прогноза, что исключает избыточность обследований. Была решена задача создания базы знаний для медицинских экспертных систем. Практическая ценность результатов работы состоит в повышении надежности диагностирования круглогодичного аллергического ринита, вызванного хламидийной инфекцией. Установлено, что выявленные 23 показателя диагностики обеспечивают получение достаточно достоверного прогноза наличия хламидийной инфекции.

Ключевые слова: хламидийная инфекция, круглогодичный аллергический ринит, диагностика, медицинские экспертные системы, дистанционная диагностика заболевания.

Для цитирования: Портенко Е. Г., Бурдо Г. Б., Кузнецова В. С., Вашневская Н. А. Диагностика хламидийной инфекции при круглогодичном аллергическом рините с использованием медицинских экспертных систем. *Российская оториноларингология*. 2023;22(4):57–67. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2023-4-57-67>

Diagnostics of chlamydia infection in perennial allergic rhinitis using medical expert systems

E. G. Portenko¹, G. B. Burdo², V. S. Kuznetsova¹, N. A. Vashnevskaya¹

¹ Tver State Medical University, Tver, 170100, Russia

² Tver State Technical University, Tver, 170026, Russia

Increasing the reliability of diagnosing otorhinolaryngological diseases is a rather urgent scientific task. Therefore, the purpose of this work was to create a methodology for diagnosing the presence of chlamydial infection in perennial allergic rhinitis, suitable for its use as a knowledge base in a medical expert system. Based on the results of management of patients with confirmed perennial allergic rhinitis, who, according to the results of basic treatment, had an unstable remission, symptoms of chlamydial infection were established, and a method for determining its presence was developed. All symptomatic data were divided into four groups of signs, a total of 23 indicators were proposed, some of which are mandatory for establishing a diagnosis, and some are alternative. The forecasting technique is based on the analysis of the ratio of mandatory and alternative features and was presented in the form of clear rules suitable for implementation in the MATLAB computing environment. A feature of the methodology is a targeted increase in the reliability of the forecast, which eliminates the redundancy of surveys. The task of creating a knowledge base for medical expert systems was solved. The practical value of the results of the work is to increase the reliability of diagnosing perennial allergic rhinitis caused by chlamydial infection. It was found that the identified 23 diagnostic indicators provide a fairly reliable prediction of the presence of chlamydial infection.

Keywords: chlamydial infection; perennial allergic rhinitis; diagnostics; medical expert systems; remote diagnosis of the disease.

For citation: Portenko E. G., Burdo G. B., Kuznetsova V. S., Vashnevskaya N. A. Diagnostics of chlamydia infection in perennial allergic rhinitis using medical expert systems. *Russian Otorhinology*. 2023;22(4):57-67. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2023-4-57-67>

Введение

В настоящее время аллергический ринит (АР), представляющий собой IgE – опосредованное воспалительное заболевание слизистой полости носа [1], является серьезной проблемой в области лечения ЛОР-заболеваний [2].

По статистическим данным, приведенным Всемирной аллергологической организацией (ВАО), более 400 млн человек в мире страдает АР [3]. На территории Российской Федерации распространенность данной аллергической патологии в среднем составляет 16,5%. Поэтому в настоящее время пристальное внимание врачей-клиницистов обращено на изучение проблемы круглогодичного аллергического ринита (КАР). Опираясь на современные исследования, можно сделать вывод о том, что значительное количество случаев АР у пациентов средней полосы Российской Федерации отмечается при сенсибилизации аллергенами клещей домашней пыли, эпидермальными аллергенами кошек и собак, аллергенами насекомых и плесневых грибов родов *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium* и *Aspergillus* [4–6].

Стоит отметить, что проявления КАР менее выражены, чем при сезонном АР, но присутствуют в течение всего календарного года, снижая качество жизни пациентов и их способность к трудовой деятельности [4, 6, 7].

Для современного течения КАР характерны недлительная ремиссия, частые рецидивы заболевания, а также устойчивость к противоаллергическому лечению, утвержденному современными клиническими рекомендациями [8]. Следовательно, необходима более углубленная диагностика данной патологии, направленная на выявление иных факторов, не позволяющих достичь стойкой положительной динамики.

В связи с тенденцией к увеличению роли хламидийной (*Chlamydia pneumoniae*) инфекции в развитии и хронизации заболеваний верхних дыхательных путей [9] мы установили, что, длительно персистируя в организме в связи с особенностями форм существования, хламидийная инфекция может оказывать значительное влияние на течение КАР у пациентов с короткой ремиссией и частыми рецидивами заболевания.

Известные данные литературы в основном отражают частоту выявления указанной инфекции при различных ЛОР-патологиях, которая составляет от 22 до 74,4% [9]. По мнению авторов [10], широкий диапазон показателей распространенности данной респираторной внутриклеточной

инфекции объясняется отсутствием единого утвержденного метода забора клинического материала и использованием различных методов диагностики хламидийной инфекции.

Рядом авторов отмечено, что для ринитов и риносинуситов в сочетании с респираторным хламидиозом характерна более яркая клиническая картина по сравнению с таковой без ассоциации с внутриклеточной респираторной инфекцией. Доказано, что гипертрофический ринит с ассоциированной хламидийной респираторной инфекцией в 83,3% приобретает непрерывно-рецидивирующее течение [11]. Кроме того, как отмечается в [12], у пациентов с респираторным хламидиозом чаще наблюдаются обострения хронического гайморита по сравнению с теми, у кого данная инфекция не обнаружена (67,9 против 4,3%).

Поэтому, учитывая актуальность вопроса и специфичность выявления наличия хламидийной инфекции при заболеваниях верхних дыхательных путей, целью работы явилось совершенствование методики прогнозирования наличия данной инфекции при круглогодичном аллергическом рините.

Исходя из понимания того факта, что диагностика может вызвать затруднения у практикующих врачей, в работе показаны результаты решения следующих научных задач:

- разработка методики, позволяющей предположить наличие хламидийной инфекции при КАР;
- разработка базы знаний для экспертной системы поддержки принятия решений при диагностике хламидийной инфекции при КАР.

1. Методика диагностики хламидийной инфекции

Процедура выполнения диагностики состоит из нескольких этапов.

1.1. Выявление клинически значимых признаков для диагностики

Клинически значимые признаки выявлялись на основании обследования пациентов с ранее подтвержденным КАР, у которых по результатам базисного лечения заболевания согласно клиническим рекомендациям, отмечались нестойкие ремиссии (возвращение симптоматики через 3–4 недели после завершения курса лечения).

На первом этапе все клинически значимые для диагностики признаки были разбиты на 4 группы: 1) жалобы и изучение истории болезни пациента; 2) инструментальные обследования

пациента; 3) лабораторные обследования пациента; 4) осмотр пациента. Статистическая обработка результатов велась по методу Уилсона (Wilson) [13].

Первая группа признаков формируется на основании жалоб и изучения истории болезни пациента: 1) заложенность носа; 2) вязкое слизистое отделяемое, не зависящее от времени суток; 3) есть установленный диагноз персистирующего (круглогодичного) аллергического ринита; 4) получал базовую противоаллергическую терапию; 5) ремиссия длительностью до 3 недель. На основании обследования 95 пациентов, у которых позднее была подтверждена хламидийная инфекция, было установлено, что у 90 из них имеются признаки 2–5 (что при 95%-ном уровне вероятности соответствует значению доверительного интервала $94,7 \pm 2,3\%$), а у 61 из них – признак 1 (что при 95%-ном уровне вероятности соответствует значению доверительного интервала $64,2 \pm 7,92\%$). Поэтому принято, что наличие показателей 2–5 является обязательным для предположения хламидийной инфекции. Для удобства реализации этой информации в моделях определим их как множество параметров A_i . Виды показателей и соответствующие им значения параметров приведены в табл. 1.

Вторая группа признаков формируется по данным инструментального обследования пациента (рекомендуется КТ придаточных пазух носа) – множество параметров B_i . Установлено, что отсутствие показателей 1–6 является обязательным для предположения хламидийной инфекции. У группы из 95 человек, у которых позднее была подтверждена хламидийная инфекция, данные признаки отсутствовали.

Третья группа признаков формируется по данным лабораторных обследований пациента и представлена тремя подгруппами, приведенными ниже.

1. Бактериологический посев мазка из носа (параметры C_i).

2. Посев на грибы (параметры D_i).

3. ПЦР-соскоб из носоглотки (параметры E_i).

Из группы в 95 обследуемых, у которых позднее была подтверждена хламидийная инфекция, у 91 отклонения от нормы по показателям 2–4 не наблюдалось, а показатель 5 был положительным (что при 95%-ном уровне вероятности соответствует значению доверительного интервала $98,1–89,9\%$ от абсолютного значения пациентов).

Поэтому отсутствие отклонения микрофлоры от нормы, отсутствие отклонений от нормы при посеве на грибы и в ПЦР-соскобе из носоглотки

Жалобы и история болезни пациента

Таблица 1

Complaints and medical history of the patient

Table 1

Показатель	(да +/нет -)	Значение A_i	Примечание
1. Заложенность носа	+/-	$A_1 = 1$ или 0	Альтернативное условие
2. Вязкое слизистое отделяемое, не зависящее от времени суток	+	$A_2 = 1$	Обязательное условие
3. Есть установленный диагноз персистирующего (круглогодичного) аллергического ринита		$A_3 = 1$	
4. Получал базовую противоаллергическую терапию		$A_4 = 1$	
5. Ремиссия длительностью до 3 недель		$A_5 = 1$	

Данные инструментального обследования

Таблица 2

Instrumental examination data

Table 2

Показатель	(да +/нет -)	Значение	Примечание
1. Утолщенная слизистая	-	$B_1 = 1$	Обязательное условие
2. Кисты верхнечелюстных пазух		$B_2 = 1$	
3. Грибковые тела		$B_3 = 1$	
4. Полипозная ткань		$B_4 = 1$	
5. Пломбировочный материал		$B_5 = 1$	
6. Искривленная носовая перегородка		$B_6 = 1$	

Данные лабораторных обследований

Таблица 3

Table 3

Data from laboratory examinations

Показатель	(да + /нет -)	Значение	Примечание
1. Есть отклонения микрофлоры от нормы при бактериологическом посеве мазка из носа	-	$C_1 = 1$	Обязательное условие
2. Есть отклонения от нормы при посеве на грибы		$D_1 = 1$	
3. Вирус Эпштейна – Барр в ПЦР-соскобе из носоглотки		$E_1 = 1$	
4. Цитомегаловирус и вирус герпеса человека 6-го типа в ПЦР-соскобе из носоглотки		$E_2 = 1$	
5. Хламидийная инфекция (<i>Chlamydia pneumoniae</i>) в ПЦР-соскобе из носоглотки	+	$E_3 = 1$	

на Вирус Эпштейна–Барр, вирус герпеса человека 6 и цитомегаловирус и положительный анализ в соскобе на хламидийную инфекцию являются обязательными условиями для предположения хламидийной инфекции (табл. 3).

Четвертая группа признаков формируется по обследованию больного врачом и подразделяется на 2 подгруппы:

- 1) осмотр носа (параметры G_i), табл. 4;
- 2) осмотр глотки (параметры F_i), табл. 5;

При анализе показателей в соответствии с табл. 4 у 95 обследуемых у 17 из них (12,1–27,8% доверительный интервал) было установлено полное их отсутствие, у 58 – наличие всех 4 показателей (53,2–72,9%-ный доверительный интервал), у остальных их наблюдалось от 1 до 3 (11,1–26,6%-ный доверительный интервал).

Следовательно, показатели 1–4 могут иметь альтернативные значения для предположения хламидийной инфекции (табл. 4).

При анализе показателей в соответствии с табл. 5 у 95 обследуемого у 90 из них (88,3–97,7%-ный доверительный интервал) было установлено наличие показателей 2 и 3, у 56 – наличие показателя 1 (48,8–68,3%-ный доверительный интервал). Следовательно, показатель 1 может иметь

альтернативные значения, а показатели 2 и 3 должны обязательно присутствовать для предположения хламидийной инфекции (табл. 5).

В каждой группе и подгруппе признаков каждому из них были присвоены соответствующие значения, что также показано в таблицах. Всего было предложено 17 обязательных признаков и 6 альтернативных, что показано в табл. 1–5. Учитывая, что все показатели носят вероятностный характер, а ПЦР-диагностика на *Chlamydia pneumoniae* в соскобе из носоглотки (выполнен ранее, см. табл. 3) свидетельствует только о наличии ДНК *Chlamydia pneumoniae* в слизистой, но не о протекании указанного заболевания у пациента, в целях увеличения вероятности установления правильного диагноза были предложены следующие обследования дополнительно к данным в соответствии с табл. 1 – 5:

1) на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции (учитывая, что мы говорим о пациентах с ранее подтвержденным КАР, у которых по результатам базисного лечения заболевания согласно клиническим рекомендациям отмечались нестойкие ремиссии (возвращение симптоматики через 3–4 недели после завершения курса лечения), что так-

Показатели осмотра носа

Таблица 4

Table 4

Nose examination indicators

Показатель	Признак сильно выражен (да+ /нет-)	Значение G_i	Примечание
1. В полости носа обильное слизистое отделяемое	+/-	$G_1 = 1$ или 0	Альтернативное условие
2. Гипертрофия нижних носовых раковин		$G_2 = 1$ или 0	
3. Гипертрофия задних концов средних носовых раковин		$G_3 = 1$ или 0	
4. Слизистая оболочка полости носа бледно-розового или цианотичного цвета		$G_4 = 1$ или 0	

Таблица 5

Показатели осмотра глотки

Table 5

Throat examination indicators

Показатель	Признак сильно выражен (да+/нет-)	Значение F_i	Примечание
1. Большое количество гранул на задней стенке глотки	+/-	$F_1 = 1$ или 0	Альтернативное условие
2. Выраженная инъеция сосудов слизистой оболочки задней стенки глотки	+	$F_2 = 1$	Обязательное условие
3. Гипертрофия боковых валиков глотки		$F_3 = 1$	

же может свидетельствовать о том, что человек подвергнулся данной инфекции (далее – анализ 1); 2) на авидность антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции, что служит подтверждением перенесенной ранее инфекции (далее – анализ 2); 3) на проверку уровня интерлейкина 6 в сыворотке крови, что может явиться показателем острых воспалительных процессов в тканях (далее – анализ 3).

При этом в зависимости от числа выполненных альтернативных условий может быть назначено 1, 2 или 3 обследования. Здесь мы исходим из того факта, что неверный диагноз в случае применения нескольких не абсолютно надежных показателей будет иметь малую вероятность. К примеру, если мы имеем 4 показателя, имеющих вероятность подтверждения 70% каждый, то вероятность противоположного диагноза будет равна $(1 - 0,7)^4 = 0,0081$, т. е. 0,81%.

1.2. Методика диагностики практикующим врачом

На втором этапе были разработана методика диагностики, состоящая в следующем.

Врачом выполняется занесение данных в таблицы по формам, соответствующим табл. 1–5, а затем выполняется анализ обязательных и альтернативных условий. Диагностика ведется следующим образом.

Пункт 1. В том случае, когда выполняются все обязательные показатели (условия), то есть все 17, и более четырех любых альтернативных показателей (условий) из шести, то назначается анализ 1. Если анализ положительный, то диагноз считается подтвержденным. В противном случае назначается повторная консультация ЛОР-врача – для определения смежного врача.

Пункт 2. В том случае, когда выполняются все обязательные условия (то есть 17) и 3 или 4 любых альтернативных условия из шести, то назначаются анализы 1 и 2.

Если анализ 1 положительный и авидность антител в анализе 2 высокая, то диагноз считается подтвержденным, в противном случае по-

требуется повторная консультация ЛОР-врача для определения смежного врача.

Пункт 3. В том случае, когда выполняются все обязательные показатели (условия) и 2 и менее альтернативных показателей (условий) из шести, то назначаются анализы 1, 2 и 3. При положительном анализе 1, достаточной авидности в анализе 2 и высоком уровне интерлейкина 6 в анализе 3 диагноз считается подтвержденным. В противном случае целесообразна повторная консультация ЛОР-врача для определения смежного врача.

По результатам обследования группы из 98 пациентов из оговоренных ранее у 95 из них (91,4–98,2%-ный доверительный интервал) был установлен положительный диагноз в соответствии с предлагаемой методикой. При этом у 63 человек (56,3–75,1%-ный доверительный интервал) потребовался 1 дополнительный анализ, для 18 пациентов (12,3–27,9%-ный доверительный интервал) – 2, а для 14 пациентов (8,9–23,2%-ный доверительный интервал) – 3.

При последующем лечении 95 больных в соответствии с установленным диагнозом у 92 из них (91,1–98,9%-ный доверительный интервал) наблюдалась стойкая ремиссия не менее 1 года.

2. Алгоритмы и модели экспертной системы для диагностики хламидиоза отдельным врачом

Следует отметить, что для разработки базы знаний для экспертной системы в качестве экспертов привлекались 6 специалистов – ЛОР-врачей высшей категории, из них д-р техн. наук, проф. – 1, канд. техн. наук, доц. – 2.

Модули и алгоритмы диагностики были созданы на основе экспертной интеллектуальной базы знаний, сформированной на продукционных моделях [2, 9, 12, 13] по методике, показанной в п. 1.2. В этом случае заполнение и анализ таблиц выполняется в автоматическом режиме, врачу требуется лишь отмечать соответствующие пункты. Выбор класса базы знаний в виде продукционных моделей вызван понятностью моделей, наличием программных средств для их реализа-

ции, удобством корректировки моделей, их схожестью с процедурой человеческого мышления. База знаний для диагностики на хламидиоз на основании показателей групп $A_i - G_i$ представлена 12 продукциями, некоторые из них приведены ниже (записаны в принятом виде).

1. **ЕСЛИ** значения $A_2 = A_3 = A_4 = A_5 = B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B_5 = B_6 = C_1 = D_1 = E_1 = E_2 = E_3 = 1$ и сумма значений $(A_1 + G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + F_1) > 4$, **ТО** степень уверенности в наличии хламидийной инфекции высокая.

3. **ЕСЛИ** значения $A_2 = A_3 = A_4 = A_5 = B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B_5 = B_6 = C_1 = D_1 = E_1 = E_2 = E_3 = 1$ и сумма значений $(A_1 + G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + F_1) \leq 4$, **ТО** степень уверенности в наличии хламидийной инфекции низкая

12. **ЕСЛИ** выполняется продукционное правило 10 **И** анализ на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции отрицательный **ИЛИ** авидность антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции недостаточная, **ИЛИ** уровень интерлейкина 6 в сыворотке крови невысокий, **ТО** назначается повторная консультация ЛОР-врача для определения смежного врача.

Данная база знаний хорошо реализуется в среде МАТЛАБ [14]. Таким образом, можно отметить, что на основании обследования больного и лабораторных показателей делается заключение врачом о наличии либо отсутствии инфекции или предлагаются дополнительные обследования смежными специалистами.

3. Модели и метод работы с экспертной системой дистанционной коллективной диагностики хламидиоза

3.1. Модели дистанционной диагностики

В медицинской практике могут быть случаи, когда врач в силу ряда причин (непрофильный больной, сомнения в достаточности обследования, неявная симптоматика и т. д.) сомневается в диагнозе. Для этих случаев предлагается модель, обеспечивающая объединение естественных интеллектов коллектива врачей и экспертных интеллектуальных систем.

Модель дистанционной диагностики основана на теории нечетких множеств с использованием продукционных баз знаний [14–16] и может быть использована как аппарат интеллектуальной поддержки принятия решений.

Помимо ведущего врача предлагается привлечение еще двух врачей (принципиально не представляет труда увеличить число врачей, как и придать им различные веса значимости в модели). В этом случае осмотр, лабораторные и инструментальные исследования выполняет и назначает ведущий (далее в продукциях – первый) врач. Остальные врачи – эксперты принимают

участие в обсуждении результатов. Поэтому, форма записи подусловий и вывода в продукционной базе знаний имеет вид:

ЕСЛИ степень уверенности первого врача A_1 , **И** степень уверенности второго врача A_2 , **И** степень уверенности третьего врача A_3 , **ТО** степень подтвержденности диагноза равна H_i . В данном выражении A_i и H_i являются лингвистическими переменными. Экспертами для лингвистической переменной A_i предложены три термина: низкая степень уверенности в диагнозе, средняя степень уверенности в диагнозе и высокая степень уверенности в диагнозе. График функции принадлежности $\mu(A_i)$ показан на рис. 1.

Для лингвистической переменной B_i предложены 5 термов (применительно к степени подтвержденности диагноза): весьма низкая, низкая, сомнительная, высокая, весьма высокая. График функции принадлежности $\mu(B_i)$ показан на рис. 2.

Продукционная база знаний, сформированная с участием врачей-экспертов, состоит из 27

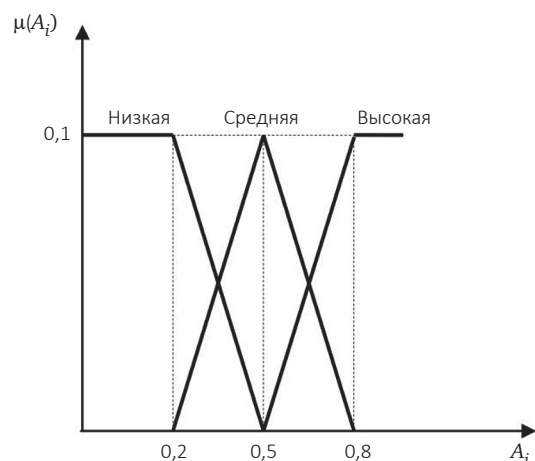


Рис. 1. Функция принадлежности лингвистической переменной A_i

Fig. 1. Membership function of a linguistic variable A_i

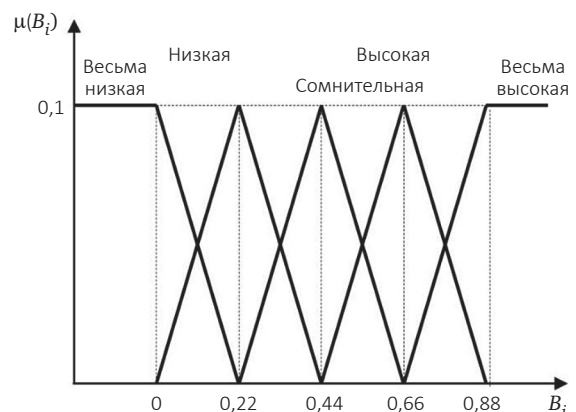


Рис. 2. Функция принадлежности лингвистической переменной B_i

Fig. 2. Membership function of a linguistic variable B_i

правил. Некоторые из них (записаны в принятом виде):

1. **ЕСЛИ** степень уверенности первого врача высокая, **И** степень уверенности второго врача высокая, **И** степень уверенности третьего врача высокая, **ТО** степень подтвержденности диагноза *весьма высокая...*

5. **ЕСЛИ** степень уверенности первого врача высокая **И** степень уверенности второго врача средняя **И** степень уверенности третьего врача средняя **ТО** степень подтвержденности диагноза *сомнительная...*

27. **ЕСЛИ** степень уверенности первого врача *низкая*, **И** степень уверенности второго врача *низкая*, **И** степень уверенности третьего врача *низкая* **ТО** степень подтвержденности диагноза *весьма низкая*.

Система функционирует в соответствующих пакетах МАТЛАБ [14]. Фазилогическая конъюнкция подусловий выполняется по правилу минимума. Нахождение функций совместной принадлежности – это правило нечеткой импликации Мамдани. Дефазификация взвешенной оценки подтвержденности диагноза (результат) выполняется по центроидному методу [14, 17–19].

Таблица 6

Анализируемые показатели

Table 6

Analyzed indicators

Показатели на основании жалоб и изучения истории болезни пациента	(да + /нет -)
1. Заложенность носа	
2. Вязкое слизистое отделяемое, не зависящее от времени суток	
3. Есть установленный диагноз персистирующего (круглогодичного) аллергического ринита	
4. Получал базовую противоаллергическую терапию	
5. Ремиссия длительностью до 3 недель	
Показатели инструментального обследования	(да + /нет -)
1. Утолщенная слизистая	
2. Кисты верхнечелюстных пазух	
3. Грибковые тела	
4. Полипозная ткань	
5. Пломбировочный материал	
6. Искривленная носовая перегородка	
Показатели бакпосева мазка из носа	(да + /нет -)
1. Есть отклонения микрофлоры от нормы	
Показатели посева на грибы	(да + /нет -)
1. Есть отклонения от нормы	
Показатели ПЦР-соскоба из носоглотки	(да + /нет -)
1. Вирус Эпштейна – Барр	
2. Цитомегаловирус	
3. Вирус герпеса человека 6-го типа	
4. Хламидийная инфекция (<i>Chlamydia pneumoniae</i>)	
Показатели осмотра носа	(признак сильно выражен + /нет -)
1. В полости носа обильное слизистое отделяемое	
2. Гипертрофия нижних носовых раковин	
3. Гипертрофия задних концов средних носовых раковин	
4. Слизистая оболочка полости носа бледно-розового или цианотичного цвета	
Показатели осмотра глотки	(признак сильно выражен + /нет -)
1. Большое количество гранул на задней стенке глотки	
2. Выраженная инъекция сосудов слизистой оболочки задней стенки глотки	
3. Гипертрофия боковых валиков глотки	

3.2. Методика работы с системой поддержки принятия решений при коллективной диагностике

Методика работы с системой поддержки принятия решений при коллективной диагностике состоит в следующем.

Пункт 1. Ведущий (лечащий) врач пациента, инициирует дистанционную диагностику и на основании разговора с больным, выполнения лабораторных и инструментальных обследований заполняет данные, находящиеся в первых трех столбцах табл. 1–5 по форме табл. 6.

Пункт 2. Ведущий (лечащий) врач рассылает заполненную форму еще двум врачам, участвующим в диагностике, дается время на ознакомление.

Пункт 3. Все три врача, участвующие в диагностике, дают свою оценку уверенности в наличии хламидийной инфекции на основании заполненной лечащим врачом формы по непрерывной шкале от 0 до 1, где 1 – абсолютно уверен в нали-

чии инфекции, 0 – абсолютно уверен в отсутствии инфекции.

Пункт 4. Данные по пункту 3 вводятся в программную среду МАТЛАБ (делает лечащий врач).

Пункт 5. Получается результат по шкале от 0 до 1, характеризующий взвешенную уверенность 3 экспертов в наличии инфекции.

Пункт 6. Результаты интерпретируются на основании табл. 7, полученной с участием экспертов. Интерпретация делается автоматически, результаты предлагаются лечащему врачу в качестве возможного пути диагностики. Врач далее решает вопрос об их использовании.

Если результаты используются врачом, то на основании анализа лабораторных результатов им делается заключение о наличии либо отсутствии инфекции или предлагаются дополнительные обследования. Программные средства прошли первичную верификацию и валидацию. Числовые значения входных и выходных параме-

Таблица 7

Интерпретация результатов и действия врача

Table 7

Interpretation of results and actions of the doctor

№ пп	Взвешенная оценка подтвержденности диагноза	Действия врача, интерпретация результатов
1	> 0,8	Назначается анализ на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции При положительном анализе на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции весьма высока вероятность наличия хламидийной инфекции
2	0,4–0,8	Назначаются анализы: 1) на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции; 2) на авидность антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции При положительном анализе на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции и высокой авидности антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции весьма высока вероятность наличия хламидийной инфекции
3	<0,4	Назначаются анализы: 1) на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции; 2) на авидность антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции; 3) на проверку уровня интерликина 6 в сыворотке крови При положительном анализе на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции, высокой авидности антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции и высоким уровне интерликина 6 в сыворотке крови весьма высока вероятность наличия хламидийной инфекции

Таблица 8

Примеры расчетов

Table 8

Calculation examples

№ пп	A ₁	A ₂	A ₃	Степень подтвержденности диагноза
1	0,65	0,765	1	0,834
2	0,75	0,595	0,9	0,713
3	0,35	0,45	0,15	0,159

тров для нескольких примеров расчетов приведены в табл. 8.

Всего с помощью программных средств было выполнено прогнозирование диагноза у 29 пациентов (19 пациентов со степенью подтвержденности более 0,8; 7 пациентов со степенью подтвержденности 0,4–0,8; остальные – со степенью подтвержденности менее 0,4). У всех пациентов дальнейшее уточнение диагноза проводилось в соответствии с табл. 7. У 26 из них хламидийная инфекция была подтверждена (73,6–96,4%-ный доверительный интервал от абсолютного значения пациентов). У тех же 29 пациентов установление диагноза осуществлялось врачами-экспертами (см. п. 2) по принятым ими методикам. В результате подтвержденный диагноз был установлен у 24 (65,6–92,4%-ный доверительный интервал от абсолютного значения пациентов), то есть хорошая сходимость результатов.

4. Обсуждение результатов исследования

Анализируя разработанную методику и модели экспертной системы диагностики круглогодичного аллергического ринита, вызванного хламидийной инфекцией, следует обратить внимание на такие ее свойства:

1) методика установления инфекции предполагает выполнение пошаговой диагностики, подкрепляемой предыдущими результатами, что предотвращает выполнение избыточных обследований;

2) методика определения предположительно хламидийной инфекции пригодна для использования в обычном, неавтоматизированном режиме;

3) при опытной диагностике круглогодичного аллергического ринита, вызванного хламидийной инфекцией, с помощью экспертной систе-

мы установлено достаточно хорошее совпадение результатов, полученных по модели, с выводами врачей-экспертов;

4) использование экспертных систем диагностики круглогодичного аллергического ринита не требует от врачей специальных знаний в области информационных технологий;

5) входные и выходные параметры для автоматизированной экспертной системы задаются и выдаются в понятном мнемоническом виде, в диапазоне 0 (нет уверенности) – 1 (полностью уверен). Представленная в работе база знаний обязательно должна уточняться по мере накопления новой клинической информации как имеющейся группой экспертов, так и путем включения в нее новых врачей.

5. Заключение

Методика прогнозирования наличия хламидийной инфекции и база знаний экспертной системы, реализованная в среде Матлаб, прошли апробацию у врачей-экспертов. Экспертная система использовалась в качестве рекомендуемой, вырабатывающей «подсказки». Таким образом, в работе:

– предложена методика прогнозирования наличия круглогодичного аллергического ринита, вызванного хламидийной инфекцией;

– предложены база знаний и модели экспертной системы, объединяющей знания практикующего врача со знаниями, заложенными в экспертной диагностической системе;

– выполнена проверка полученных практических результатов путем сравнения с результатами врачей-экспертов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Wallace D. V., Dykewicz M. S., Bernstein D. I., Blessing-Moore J., Cox L., Khan D. A., Lang D. M., Nicklas R. A., Oppenheimer J., Portnoy J. M., Randolph C. C., Schuller D., Spector S. L., Tilles S. A. The diagnosis and management of rhinitis: an updated practice parameter. *J Allergy Clin Immunol.* 2008;122(2):1-84. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2008.06.003>
- Тригубенко Р. А., Портенко Е. Г. Алгоритм диагностического поиска при IgE-независимом аллергическом рините. *Российская оториноларингология.* 2020;19(2):69–73. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-2-69-73>
- Царев С. В. Аллергический ринит: современная оценка медико-социальных аспектов и способов лечения. Интраназальные кортикостероиды в лечении ринитов. *Медицинский Совет.* 2018;(17):187–192. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-17-187-191>
- Варламов Е. Е. Аллергический ринит: этиология, диагностика, лечение, профилактика. *Практика педиатра.* 2019;3:16–21. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37152609>
- Терехова Е. П., Терехов Д. В. Аллергический ринит: современные методы терапии. *Медицинский совет.* 2016;17:74–79. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2016-17-74-79>
- Федоскова Т. Г., Свистушкин В. М., Шевчик Е. А. Аллергический ринит – сезонная беда, межсезонная проблема. *Российский аллергологический журнал.* 2016;2:36–43. <https://doi.org/10.36691/RJA390>
- Кузнецова Л. В., Литус В. И., Назаренко А. П., Осипова Л. С., Кузнецов А. Г. Комплексное лечение и лабораторный мониторинг круглогодичного аллергического ринита, протекающего на фоне аллергодерматозов. *Лабораторная диагностика. Восточная Европа.* 2018;7(1):509–516. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36975936>

8. Джимшелейшвили Н. П., Овчинников А. Ю., Мирошниченко Н. А. Современный подход к терапии больных с круглогодичным аллергическим ринитом. *Наука и инновации в медицине*. 2018;3(1):31–36. <https://doi.org/10.35693/2500-1388-2018-0-1-31-36>
9. Белова Е. В., Капустина Т. А., Маркина А. Н., Парилова О. В. Лабораторная диагностика респираторного хламидиоза. *Сибирское медицинское обозрение*. 2019;(1):5–16. <https://doi.org/10.20333/2500136-2019-1-5-16>
10. Пальчун В. Т., Гуров А. В., Руденко В. В. Хламидийная и микоплазменная инфекция в оториноларингологии (систематический обзор). *Вестник оториноларингологии*. 2012;77(6):91–97. <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2012/6/030042-46682012624>
11. Маркина А. Н., Капустина Т. А., Белова Е. В., Парилова О. В. Распространенность хламидиоза верхнего отдела респираторного тракта и оптимизация медицинской помощи инфицированным лицам. *Вестник Военно-медицинской академии*. 2015;1(49):131–135. https://www.vmeda.org/wp-content/uploads/2016/pdf/2_131-135.pdf
12. Капустина Т. А., Маркина А. Н., Парилова О. В., Белова Е. В. Медицинская помощь пациентам с респираторным хламидиозом. *Российский медицинский журнал*. 2013;1:6–10. <https://cyberleninka.ru/article/n/meditsinskaya-pomosch-patsientam-s-respiratornym-hlamidiozom/viewer>
13. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.
14. Дьяков В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB: специальный справочник. СПб.: Питер, 2001. 480 с.
15. Рыбина Г. В. Основы построения интеллектуальных систем: учебное пособие. М.: Финансы и статистика, 2010. 432 с.
16. Портенко Е. Г., Бурдо Г. Б., Вашневская Н. А. Интеллектуальная поддержка принятия решений при диагностике ЛОР-заболеваний. *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия Технические науки*. 2022;2(14):83–90.
17. Асаи К., Сугэно К., Тэрано Т. Прикладные нечеткие системы. М.: Мир, 1993. 189 с.
18. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к понятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.
19. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер-пресс, 2016. 162 с.

REFERENCES

1. Wallace D. V., Dykewicz M. S., Bernstein D. I., Blessing-Moore J., Cox L., Khan D. A., Lang D. M., Nicklas R. A., Oppenheimer J., Portnoy J. M., Randolph C. C., Schuller D., Spector S. L., Tilles S. A. The diagnosis and management of rhinitis: an updated practice parameter. *J Allergy Clin Immunol*. 2008;122(2):1-84. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2008.06.003>
2. Trigubenko R. A., Portenko E. G. Diagnostic search algorithm for IgE-independent allergic rhinitis. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2020;19(2):69–73. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-2-69-73>
3. Tsarev S.V. Allergic rhinitis: current assessment of medical and social aspects and methods of treatment. intranasal corticosteroids in the treatment of rhinitis. *Meditsinskiy sovet = Medical Council*. 2018;(17):187-192. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-17-187-191>
4. Varlamov E. E. Allergicheskij rinit: etiologiya, diagnostika, lechenie, profilaktika. *Praktika pediatria*. 2019;3:16-21. (In Russ.)
5. Terekhova E.P., Terekhov D.V. Allergic rhinitis: modern methods of treatment. *Meditsinskiy sovet = Medical Council*. 2016;(17):74-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2016-17-74-79>
6. Fedoskova T.G., Svistushkin V.M., Shevchik E.A. Allergic rhinitis is a seasonal trouble and off-seasonal problem // *Russian Journal of Allergy*. 2016;13(2)36-43. <https://doi.org/10.36691/RJA390>
7. Kuznecova L. V., Litus V. I., Nazarenko A. P., Osipova L. S., Kuznecov A. G. Comprehensive treatment and laboratory monitoring of year-round allergic rhinitis occurring against the background of allergic dermatoses. *Laboratornaya diagnostika. Vostochnaya Evropa*. 2018;7(1):509–516. (In Russ.)
8. Dzhimshelishvili N. P., Ovchinnikov A. Yu., Miroshnichenko N. A. New ways of treating perennial allergic rhinitis. *Science and Innovations in Medicin*. 2018;3(1):31–36. (In Russ.) <https://doi.org/10.35693/2500-1388-2018-0-1-31-36>
9. Belova E. V., Kapustina T. A., Markina A. N., Parilova O. V. Laboratory diagnostics of respiratory chlamydia. *Siberian Medical Review*. 2019;(1):5-16. (In Russ.) <https://doi.org/10.20333/2500136-2019-1-5-16>
10. Pal'chun V. T., Gurov A. V., Rudenko V. V. Chlamydia and mycoplasmal infections in otorhinology (a systematic review). *Vestnik Oto-Rino-Laringologii*. 2012;77(6):91-97. (In Russ.)
11. Markina A. N., Kapustina T. A., Belova E. V., Parilova O. V. Chlamydia prevalence related to upper respiratory tract and optimization of medical assistance to infected subjects. *Vestnik voenno-meditsinskoi akademii*. 2015;1(49):131-135. (In Russ.)
12. Kapustina T. A., Markina A. N., Parilova O. V., Belova E. V. Medical care for patients with respiratory chlamydia. *Rossiiskii medicinskiy zhurnal*. 2013;1:6-10. (In Russ.)
13. Glanc S. Mediko-biologicheskaya statistika / S. Glanc; perevod s anglijskogo. Moscow: Praktika, 1998. 459 p. (In Russ.)
14. D'yakov V., Kruglov V. Matematicheskie pakety rasshireniya MATLAB: special'nyy spravochnik. Sankt Peterburg: Piter, 2001. 480 s. (In Russ.)
15. Rybina G. V. Osnovy postroeniya intellektual'nyh sistem: uchebnoe posobie. Moscow: Finansy i statistika, 2010. 432 p. (In Russ.)
16. Portenko E. G., Burdo G. B., Vashnevskaya N. A. Intelligent decision support in the diagnosis of ENT diseases. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya Tekhnicheskie nauki*. 2022;2(14):83-90. (In Russ.)
17. Asai K., Sugeno K., Terano T. Prikladnye nechetkie sistemy. Moscow: Mir, 1993. 189 p. (In Russ.)
18. Zade L. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoj i ee primenenie k ponyatiyu pri-blizhennyh reshenij. Moscow: Mir, 1976. 165 p. (In Russ.)
19. Gavrilova T. A., Horoshevskij V. F. Bazy znaniy intellektual'nyh sistem. Saint Petersburg: Piter-press, 2016. 162 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Портенко Елена Геннадиевна – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой оториноларингологии, Тверской государственной медицинской университет (1070100, Россия, Тверь, Советская ул., д. 4); e-mail: gbtms@yandex.ru
SPIN-code: 9667-8583

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9985-9442>

Scopus Author ID: 6505828435

Бурдо Георгий Борисович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и автоматизации машиностроения, Тверской государственной технической университет (170026, Россия, Тверь, наб. А. Никитина, д. 22); e-mail: gbtms@yandex.ru

SPIN-code: 2245-7781

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2978-3750>

Researcher ID: ABH-9771-2020

Scopus Author ID: 57188973020

✉ **Кузнецова Валерия Сергеевна** – аспирант кафедры оториноларингологии, Тверской государственной медицинской университет, (1070100, Россия, Тверь, Советская ул., д. 4)

SPIN-code: 3251-9921

Вашневская Наталья Александровна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры оториноларингологии, Тверской государственной медицинской университет (1070100, Россия, Тверь, Советская ул., д. 4)

SPIN-code: 2177-5677

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1290-2066>

Information about authors

Elena G. Portenko – MD, Professor, Head of the Department of Otorhinolaryngology, Tver State Medical University (4, Sovetskaya str., Tver, Russia, 170100); e-mail: gbtms@yandex.ru

SPIN-code: 9667-8583

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9985-9442>

Scopus Author ID: 6505828435

Georgii B. Burdo – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Tver State Technical University (22, A. Nikitin nab., Tver, Russia, 170026); e-mail: gbtms@yandex.ru

SPIN-code: 2245-7781

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2978-3750>

Researcher ID: ABH-9771-2020

Scopus Author ID: 57188973020

✉ **Valeriya S. Kuznetsova** – Postgraduate Student of the Department of Otorhinolaryngology (4, Sovetskaya str., Tver, Russia, 170100)

SPIN-code: 3251-9921

Nataliya A. Vashnevskaya – MD Candidate, Associate Professor of the Department of Otorhinolaryngology, Tver State Medical University (4, Sovetskaya str., Tver, Russia, 170100)

SPIN-code: 2177-5677

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1290-2066>

Статья поступила 13.06.2023

Принята в печать 05.07.2023