

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-686

УДК 616.21



Научная статья | Оториноларингология

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАЛИЧИЯ ХЛАМИДИЙНОЙ ИНФЕКЦИИ ПРИ ПЕРСИСТИРУЮЩЕМ КРУГЛОГОДИЧНОМ АЛЛЕРГИЧЕСКОМ РИНИТЕ

Е.Г. Портенко, Г.Б. Бурдо, В.С. Кузнецова, Н.А. Вашиневская

Обоснование. Учитывая ряд особенностей при диагностике круглогодичного аллергического ринита, вызванного хламидийной инфекцией, актуальным является повышение эффективности его выявления.

Цель. Создание методики прогнозирования наличия хламидийной инфекции при круглогодичном аллергическом рините, пригодной для последующей реализации в виде базы данных экспертной системы поддержки принятия решений.

Методы. На основе литературного анализа результатов исследований, результатов ведения пациентов с подтвержденным круглогодичным аллергическим ринитом, у которых по результатам базисного лечения нестойкая ремиссия, были установлены симптомы данного заболевания и сформулирована методика прогнозирования его наличия. Все симптоматические данные были разбиты на четыре группы признаков с определенным числом показателей в каждой. Всего предложено 23 показателя, часть из которых является обязательными для подтверждения инфекции, а часть имеет альтернативный характер. Методика прогнозирования основана на анализе соотношения обязательных и альтернативных признаков и была представлена в виде четких правил, пригодных для реализации в вычислительной среде МАТЛАБ. Использование данных, связанных с пациентами, осуществлялось согласно Хельсинской Декларации Всемирной Медицинской Ассоциации, регламентирующей проведение научных исследований.

Результаты исследований и их обсуждение. На основании выполненного комплекса исследований была предложена методика прогнозирования наличия данной патологии. Особенностью методики является постепенное повышение надежности прогноза, что исключает избыточность обследований.

Учитывая возможности современных информационных технологий, была решена задача создания базы знаний для экспертных систем для диагностики круглогодичного аллергического ринита, вызванного хламидийной инфекцией.

Практическая значимость результатов работы состоит в повышении надежности диагностирования круглогодичного аллергического ринита, вызванного хламидийной инфекцией.

Выводы. Было установлено, что выявленные 23 показателя диагностики обеспечивают получение достаточно достоверного прогноза наличия хламидийной инфекции и, как следствие, повышение качества диагностики круглогодичного аллергического ринита.

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

Для цитирования. Портенко Е.Г., Бурдо Г.Б., Кузнецова В.С., Вашневская Н.А. Прогнозирование наличия хламидийной инфекции при персистирующем круглогодичном аллергическом рините // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, №1. С. 276-296. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-686

Original article | Otorhinolaryngology

PREDICTION OF THE PRESENCE OF CHLAMYDIA INFECTION IN PERSISTENT YEAR-ROUND ALLERGIC RHINITIS

E.G. Portenko, G.B. Burdo, V.S. Kuznetsova, N.A. Vashnevskaya

Background. Taking into account a number of features in the diagnosis of year-round allergic rhinitis caused by chlamydial infection, it is important to increase the efficiency of its detection.

Purpose. Creation of a methodology for predicting the presence of chlamydial infection in perennial allergic rhinitis, suitable for subsequent implementation in the form of a database of an expert decision support system.

Methods. Based on the literature analysis of the research results, the results of managing patients with confirmed year-round allergic rhinitis, who, according to the results of basic treatment, have an unstable remission, the symptoms of this disease were established and a method for predicting its presence was formulated. All symptomatic data were divided into four groups of signs with a certain number of indicators in each. A total of 23 indicators have been proposed, some of which

are mandatory for confirming infection, 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. The use of data related to patients was carried out in accordance with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association, which regulates the conduct of scientific research.

Research results and discussion. Based on the complex of studies performed, a method for predicting the presence of this pathology was proposed. A feature of the technique is a gradual increase in the reliability of the forecast, which eliminates the redundancy of surveys. Taking into account the possibilities of modern information technologies, the problem of creating a knowledge base for expert systems for the diagnosis of year-round allergic rhinitis caused by chlamydial infection was solved.

The practical significance of the results of the work is to increase the reliability of diagnosing year-round allergic rhinitis caused by chlamydial infection.

Conclusion. It was found that the identified 23 diagnostic indicators provide a fairly reliable prediction of the presence of chlamydial infection and, as a result, improve the quality of diagnosis of year-round allergic rhinitis.

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

For citation. Portenko E.G., Burdo G.B., Kuznetsova V.S., Vashnevskaya N.A. Prediction of the Presence of Chlamydia Infection in Persistent Year-Round Allergic Rhinitis. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2024, vol. 16, no. 1, pp. 276-296. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-1-686

Введение

В настоящее время аллергический ринит (АР), представляющий собой IgE – опосредованное воспалительное заболевание слизистой полости носа [18], является серьезной проблемой в области лечения ЛОР - заболеваний [15].

По статистическим данным, приведенным Всемирной аллергологической организацией (BAO), более 400 млн. человек в мире страдает АР [17]. 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 Фе-

дерации отмечается при сенсбилизации аллергенами клещей домашней пыли, эпидермальными аллергенами кошек и собак, аллергенами насекомых и плесневых грибов родов *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium* и *Aspergillus* [1, 14, 16].

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 [1,6,16]. Для современного течения КАР характерна недлительная ремиссия, частые рецидивы заболевания, а также устойчивость к противоаллергическому лечению, утвержденному современными клиническими рекомендациями [3]. 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 [8] мы установили, что длительно персистирующая 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 литературные данные в основном отражают частоту выявления указанной инфекции при различных ЛОР-патологиях, которая составляет от 22% до 74,4% [8]. По мнению авторов [11], 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 [10]. Кроме того, как отмечается в [5], 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 предположительно 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, отмечалось 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.

Третья группа была разбита на 3 подгруппы, четвертая - на две.

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, т.е. у 94,7% (95% ДИ 88,2-99,7), а у 61 из них - признак 1, т.е. у 64,2% (95% ДИ 54,1-73,1); здесь и далее статистическая обработка ведется по методу Уилсона (Wilson) [19]. Поэтому установлено, что наличие показателей 2-5 является обязательным для предположения хламидийной инфекции. Для удобства реализации этой информации в моделях определим их как множество параметры A_i .

Виды показателей и соответствующие им значения параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Жалобы и история болезни пациента

	Показатели	(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	+	$A_3 = 1$	Обязательное условие
4.	Получал базовую противоаллергическую терапию	+	$A_4 = 1$	Обязательное условие
5.	Ремиссия длительностью до 3 недель	+	$A_5 = 1$	Обязательное условие

Вторая группа признаков формируется по данным инструментально-го 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 человека, у которых позднее была подтверждена хламидийная инфекция, данные признаки отсутствовали.

Таблица 2.

Данные инструментального обследования

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

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 т.е. у 95,7% (95% ДИ 89,6-98,3).

Поэтому, отсутствие отклонения микрофлоры от нормы, отсутствие отклонений от нормы при посеве на грибы и в ПЦР соскобе из носоглотки на Вирус Эпштейна - Барра, вирус герпеса человека 6 и цитомегаловирус, и положительный анализ в соскобе на хламидийную инфекцию, являются обязательными условиями для предположения хламидийной инфекции (табл. 3).

Таблица 3.

Данные лабораторных обследований

	ПОКАЗАТЕЛИ	(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	-	$D_1 = 1$	Обязательное условие
3	Вирус Эпштейна - Барра в ПЦР соскобе из носоглотки	-	$E_1 = 1$	Обязательное условие
4	Цитомегаловирус и вирус герпеса человека 6 типа в ПЦР соскобе из носоглотки	-	$E_2 = 1$	Обязательное условие
5	Хламидийная инфекция (<i>Chlamydia pneumoniae</i>) в ПЦР соскобе из носоглотки	+	$E_3 = 1$	Обязательное условие

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

1. Осмотр носа (параметры G_i), таблица 4.
2. Осмотр глотки (параметры F_i), таблица 5.

При анализе показателей в соответствии с таблицей 4 у 95 обследуемых, у 17 из них было установлено полное отсутствие их, т.е. у 17,9% (95% ДИ 11,5 - 26,8); у 58 - наличие всех 4 показателей, т.е. у 61,1% (95%

ДИ 51-70,2), а у остальных их наблюдалось от 1 до 3, т.е. у 21,1% (95% ДИ 14,1-30,2). Следовательно, показатели 1-4 могут иметь альтернативные значения для предположения хламидийной инфекции (табл. 4).

Таблица 4.

Показатели осмотра носа

	ПОКАЗАТЕЛИ	(признак сильно выражен +/-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	Альтернативное условие
3.	Гипертрофия задних концов средних носовых раковин	+/-	$G_3 = 1$ или 0	Альтернативное условие
4.	Слизистая оболочка полости носа бледно-розового или цианотичного цвета	+/-	$G_4 = 1$ или 0	Альтернативное условие

При анализе показателей в соответствии с таблицей 5 у 95 обследуемого, у 90 из них было установлено наличие показателей 2 и 3, т.е. у 94,7% (95% ДИ 88,2-99,7), а у 56 – наличие показателя 1, т.е. у 58,9 % (95% ДИ 48,9-68,3), Следовательно, показатель 1 может иметь альтернативные значения, а показатели 2 и 3 должны обязательно присутствовать для предположения хламидийной инфекции (табл. 5).

Таблица 5.

Показатели осмотра глотки

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

В каждой группе и подгруппе признаков каждому из них были присвоены соответствующие значения, что также показано в таблицах. 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, с целью 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 Ig G 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 также может свидетельствовать о том, что человек подвергался данной инфекции (далее - анализ 1);

2) на avidность антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам Ig G хламидийной инфекции, что служит подтверждением перенесенной ранее инфекции (далее - анализ 2);

3) на проверку уровня интерликина 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

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

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

2. В том случае, когда выполняются все обязательные условия и 3 или 4 альтернативных условий из шести, то назначается анализы 1 и 2.

Если анализ 1 положительный и avidность антител в анализе 2 высокая, то диагноз считается подтвержденным, в противном случае потребуется повторная консультация врача – лора для определения смежного врача.

3. В том случае, когда выполняются все обязательные показатели (условия) и 2 и менее альтернативных показателей (условий) условий из шести, то назначаются анализы 1, 2 и 3.

При положительном анализе 1, достаточной avidности в анализе 2 и высоком уровне интерликина 6 в анализе 3 диагноз считается подтвержденный. В противном случае целесообразна повторная консультация врача – лора для определения смежного врача. По результатам обследования группы из 98 пациентов из оговоренных ранее, у 95 из них был установлен положительный диагноз в соответствии с предлагаемой методикой, т.е. у 96,9% (95% ДИ 91,3-98,9). При этом для 63 человек, т.е. для 66,3% (95% ДИ 56,3-75,1) потребовался 1 дополнительный анализ, для 18 пациентов, т.е. для 18,9% (95% ДИ 12,3-27,9) - 2, а для 14 пациентов, т.е. для 14,7% (95% ДИ 8,9-23,2) - 3. При последующем лечении 95 больных в соответствии с установленным диагнозом, у 92 из них, т.е. у 96,8% (95% ДИ 91,1-98,9) 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.т.н., проф. -1, к.т.н., доц. -2.

Модули и алгоритмы диагностики были созданы на основе экспертной интеллектуальной базы знаний, сформированной на производственных моделях [2,9,12,13]. Выбор класса базы знаний в виде производственных моделей вызван понятностью моделей, наличия программных средств для их реализации, 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 $(A_1 + G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + F_1) \leq 2$ **ТО** степень уверенности в наличии хламидийной инфекции низкая

12. **ЕСЛИ** выполняется производственное правило 10 **И** анализ на антигена в сыворотке крови к иммуноглобулинам Ig G хламидийной инфекции отрицательный **ИЛИ** avidность антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам Ig G хламидийной инфекции недостаточная **ИЛИ** уровень ин-

терликина 6 в сыворотке крови не высокий **ТО** назначается повторная консультация врача – лора для определения смежного врача.

Данная база знаний хорошо реализуется в среде МАТЛАБ [4]. Таким образом, можно отметить, что на основании обследования больного и лабораторных показателей делается заключение врачом о наличии либо отсутствии инфекции, либо предлагаются дополнительные обследования смежными специалистами. Комплекс обследований назначается последовательно на основании имеющихся промежуточных результатов, что исключает их избыточный объем.

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 [4,13], 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 придание им различных весов 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** вероятность положительного диагноза равна B_j . В данном выражении A_i и B_j являются лингвистическими переменными. Экспертами для лингвистической переменной A_i предложено три терма: низкая степень уверенности в диагнозе, средняя уверенность в диагнозе и высокая уверенность в диагнозе. График функции принадлежности $\mu(A_i)$ показан на рисунке 1. Для лингвистической переменной B_j предложено 5 термов (применительно к оценке вероятности положительного диагноза): весьма низкая, низкая, сомнительная, высокая, весьма высокая. График функции принадлежности $\mu(B_j)$ показан на рисунке 2.

Продукционная база знаний, сформированная с участием врачей -экспертов, состоит из 27 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 вероятность положительного диагноза *весьма высокая*.....

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

27. ЕСЛИ степень уверенности первого врача *низкая* И степень уверенности второго врача *низкая* И степень уверенности третьего врача *низкая* ТО вероятность положительного диагноза *весьма низкая*.

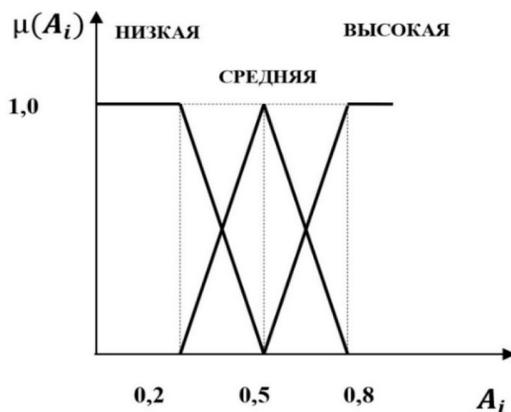


Рис. 1. Функция принадлежности лингвистической переменной A_i

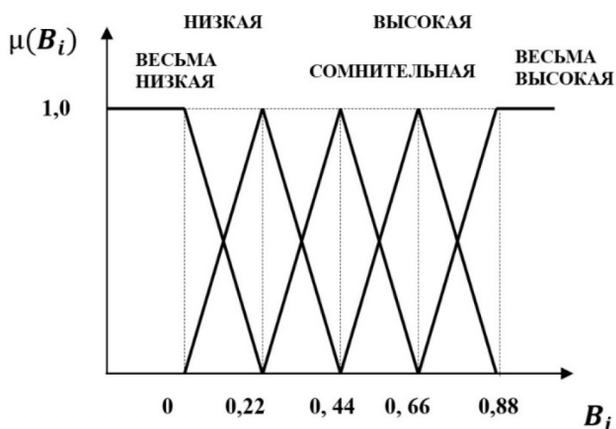


Рис. 2. Функция принадлежности лингвистической переменной B_j

Система функционирует в соответствующих пакетах МАТЛАБ [4]. Фазилогическая конъюнкция подусловий выполняется по правилу минимума. Нахождение функций совместной принадлежности – по правилу нечеткой импликации Мамдани. Дефазификация взвешенной оценки подтвержденности диагноза (результат) выполняется по центроидному методу [4,7,9].

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.

1. Ведущий врач пациента, на основании разговора с больным, выполнения лабораторных и инструментальных обследований, заполняет данные, находящиеся в первых трех столбцах таблиц 1-5 по форме таблицы 6.

Таблица 6.

Анализируемые показатели

	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 - Барра	
2.	Цитомегаловирус	
3.	Вирус герпеса человека 6 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	

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

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

4. Данные вводятся в программную среду МАТЛАБ.

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

6. Результаты интерпретируются на основании таблицы 7, полученной с участием экспертов.

На основании анализа лабораторных результатов делается заключение врачом о наличии либо отсутствии инфекции, либо предлагаются дополнительные обследования. Программные средства прошли первичную верификацию и валидацию. Числовые значения входных и выходных параметров для нескольких примеров расчетов приведены в таблице 8.

Таблица 7.

Интерпретация результатов		
№ п.п.	Вероятность положительного 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 Ig G хламидийной инфекции весьма высока вероятность наличия хламидийной инфекции.
2	0,4 – 0,8	Назначается анализы: 1) на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам Ig G хламидийной инфекции; 2) на avidность антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам IgG хламидийной инфекции.
		При положительном анализе на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам Ig G хламидийной инфекции и высокой avidности антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам Ig G хламидийной инфекции весьма высока вероятность наличия хламидийной инфекции.
3	<0,4	назначается анализы: 1) на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам Ig G хламидийной инфекции; 2) на avidность антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам Ig G хламидийной инфекции; 3) на проверку уровня интерлейкина 6 в сыворотке крови.
		При положительном анализе на антитела в сыворотке крови к иммуноглобулинам Ig G хламидийной инфекции и высокой avidности антител в сыворотке крови к иммуноглобулинам Ig G хламидийной инфекции и высоком уровне интерлейкина 6 в сыворотке крови весьма высока вероятность наличия хламидийной инфекции.

Таблица 8.

Примеры расчётов				
№ п.п.	A_1	A_2	A_3	Вероятность положительного 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

Для сравнения у 29 пациентов установление диагноза осуществлялось врачами-экспертами (см. раздел 2) по принятыми ими методиками. В результате подтвержденный диагноз был установлен у 24 пациентов, т.е. у 82,7% (95% ДИ 65,4-92,4). У тех же 29 пациентов было выполнено прогнозирование

ние диагноза (у 19 пациентов вероятность наличия хламидийной инфекции была более 0,8; у 7 пациентов вероятность наличия хламидийной инфекции была от 0,4 до 0,8; у остальных (3) - вероятность наличия хламидийной инфекции была менее 0,4). У всех пациентов дальнейшее уточнение диагноза проводилось в соответствии с таблицей 7. У 26 из них хламидийная инфекция была подтверждена, т.е. у 89,6% (95% ДИ 73,6-96,4). Это говорит о хорошей сходимости результатов, полученных врачами экспертами, и по предлагаемой методике с помощью программных средств, так как имеется весьма значительное перекрытие доверительных интервалов.

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 системы установлено достаточно хорошее совпадение результатов, полученными 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 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.

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 рекомендующей, 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 с знаниями, заложенными в экспертной диагностической системе;
- выполнена проверка полученных практических результатов путем сравнения с результатами врачей - экспертов.

Информированное согласие. Информированное согласие было получено от всех субъектов, участвовавших в исследовании. Письменное информированное согласие было получено от пациентов на публикацию этой статьи.

Благодарности. Авторы выражают благодарность своим коллегам, принимавшим участие в обсуждении результатов данной работы.

Список литературы

1. Варламов Е.Е. Аллергический ринит: этиология, диагностика, лечение, профилактика // Практика педиатра. 2019. №3. С. 16-21.
2. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Санкт Петербург: Питер-пресс, 2016. 162 с.
3. Джимшелейшвили Н.П., Овчинников А.Ю., Мирошниченко Н.А. Современный подход к терапии больных с круглогодичным аллергическим ринитом // Наука и инновации в медицине. 2018. Т 1. №3. С. 31-36.
4. Дьяков В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB: специальный справочник. Санкт Петербург: Питер, 2001. 480 с.
5. Капустина Т.А., Маркина А. Н., Парилова О. В., Белова Е. В.. Медицинская помощь пациентам с респираторным хламидиозом // Российский медицинский журнал. 2013. № 1. С. 6-10.
6. Комплексное лечение и лабораторный мониторинг круглогодичного аллергического ринита, протекающего на фоне аллергодерматозов / Кузнецова Л.В., Литус В.И., Назаренко А.П., Осипова Л.С., Кузнецов А.Г. // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. 2018. Т. 1. № 7. С. 509-516.
7. Асаи К., Сугэно К., Тэрано Т. Прикладные нечеткие системы. М.: Мир, 1993. 189 с.
8. Лабораторная диагностика респираторного хламидиоза / Белова Е.В., Капустина Т.А., Маркина А.Н., Парилова О.В. // Сибирское медицинское обозрение. 2019. №1 (115). С. 5-16.
9. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к понятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.

10. 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). С. 131-135.
11. Пальчун В.Т., Гуров А.В., Руденко В.В. Хламидийная и микоплазменная инфекция в оториноларингологии (систематический обзор) // Вестник оториноларингологии. 2012. № 77(6). С.91-97.
12. 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). С. 83-90.
13. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем: учебное пособие. М.: Финансы и статистика, 2010. 432 с.
14. Терехова Е.П., Терехов Д.В. Аллергический ринит: современные методы терапии // Медицинский совет. 2016. № 17. С. 74-79.
15. Тригубенко Р. А., Портенко Е. Г. Алгоритм диагностического поиска при IgE-независимом аллергическом рините // Российская оториноларингология. 2020. №19(2). С. 69-73.
16. Федоскова Т.Г., Свистушкин В.М., Шевчик Е.А. Аллергический Ринит – Сезонная Беда, Межсезонная Проблема // Российский аллергологический журнал. 2016. № 3. С. 36-43.
17. Царев С.В. Аллергический ринит: современная оценка медико-социальных аспектов и способов лечения интраназальные кортикостероиды в лечении ринитов // Медицинский Совет. 2018. № 17. С.187-192.
18. 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. Vol. 122. No. 2. P. 1-84.
19. Гланц Э. Медико-биологическая статистика / Э. Гланц; перевод с английского. Москва: Практика, 1998. 459 с.

References

1. Varlamov E.E. Allergic rhinitis: etiology, diagnosis, treatment, prevention. *Praktika pediatria* [Pediatrician's Practice], 2019, no. 3, pp. 16-21.
2. Gavrilova T. A., Khoroshevskiy V. F. *Knowledge bases of intelligent systems*. St. Petersburg: Peter-press, 2016, 162 p.
3. Jimsheleishvili N.P., Ovchinnikov A.Yu., Miroshnichenko N.A. Modern approach to therapy of patients with year-round allergic rhinitis. *Nauka i inno-*

- vatsii v meditsine* [Science and Innovations in Medicine], 2018, vol. 1, no. 3, pp. 31-36.
4. Dyakov V., Kruglov V. *Mathematical packages of MATLAB extension: special reference book*. St. Petersburg: Peter, 2001, 480 p.
 5. Kapustina T.A., Markina A.N., Parilova O.V., Belova E.B. Medical care for patients with respiratory chlamydia. *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal* [Russian Medical Journal], 2013, no. 1, pp. 6-10.
 6. Complex treatment and laboratory monitoring of year-round allergic rhinitis occurring on the background of allergodermatoses / Kuznetsova L.V., Litus V.I., Nazarenko A.P., Osipova L.S., Kuznetsov A.G. *Laboratornaya diagnostika. Vostochnaya Evropa* [Laboratory Diagnostics. Eastern Europe], 2018, vol. 1, no. 7, pp. 509-516.
 7. Asai K., Sugeno K., Terano T. *Applied fuzzy systems*. Moscow: Mir, 1993, 189 p.
 8. Laboratory diagnosis of respiratory chlamydia / Belova E.V. Belova, Kapustina T.A., Markina A.N., Parilova O.V. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie* [Siberian Medical Review], 2019, no. 1 (115), pp. 5-16.
 9. Zadeh L. *The concept of linguistic variable and its application to the concept of approximate solutions*. Moscow: Mir, 1976, 165 p.
 10. Markina A.N., Kapustina T.A., Belova E.V., Parilova O.V. Prevalence of chlamydia of the upper respiratory tract and optimization of medical care for infected individuals. *Vestnik voenno-meditsinskoy akademii* [Bulletin of the Military Medical Academy], 2015, no. 1(49), pp. 131-135.
 11. Palchun V.T., Gurov A.V., Rudenko V.V. Chlamydia and mycoplasma infection in otorhinolaryngology (systematic review). *Vestnik otorhinolaryngologii*, 2012, no. 77(6), pp. 91-97.
 12. Portenko E.G., Bourdeau G.B., Vashnevskaya N.A. Intellectual decision support in diagnostics of ENT diseases. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya Tekhnicheskie nauki*, 2022, no. 2 (14), pp. 83-90.
 13. Rybina G.V. *Fundamentals of building intelligent systems*. Moscow: Finance and Statistics, 2010, 432 p.
 14. Terekhova E.P., Terekhov D.V. Allergic rhinitis: modern methods of therapy. *Meditsinskiy sovet* [Medical Council], 2016, no. 17, pp. 74-79.
 15. Trigubenko R.A., Portenko E. G. Algorithm of diagnostic search in IgE-independent allergic rhinitis. *Rossiyskaya otorinolaringologiya* [Russian Otorhinolaryngology], 2020, no. 19(2), pp. 69-73.
 16. Fedoskova T.G., Svistushkin V.M., Shevchik E.A. Allergic Rhinitis - Seasonal Trouble, Interseasonal Problem. *Rossiyskiy allergologicheskiy zhurnal* [Russian Allergological Journal], 2016, no. 3, pp. 36-43.

17. Tsarev S.V. Allergic rhinitis: a modern assessment of medical and social aspects and ways of treatment intranasal corticosteroids in the treatment of rhinitis. *Meditsinskiy Sovet* [Medical Council], 2018, no. 17, pp. 187-192.
18. 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, vol. 122, no. 2, pp. 1-84.
19. Glantz E. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Medico-biological statistics]. Moscow: Praktika, 1998, 459 p.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Портенко Елена Геннадиевна, заведующая кафедрой оториноларингологии, д. м. н., профессор
Тверской государственный медицинский университет
ул. Советская, 4, г. Тверь, Тверская область, 170100, Российская Федерация
gbtms@yandex.ru

Бурдо Георгий Борисович, заведующий кафедрой технологии и автоматизации машиностроения, д.т.н., профессор
Тверской государственный технический университет
наб. А. Никитина, 22, г. Тверь, Тверская область, 170026, Россия
gbtms@yandex.ru

Кузнецова Валерия Сергеевна, аспирант кафедры оториноларингологии
Тверской государственный медицинский университет
ул. Советская, 4, г. Тверь, Тверская область, 170100, Российская Федерация
gbtms@yandex.ru

Вашневская Наталья Александровна, доцент кафедры оториноларингологии, к.м.н.
Тверской государственный медицинский университет
ул. Советская, 4, г. Тверь, Тверская область, 170100, Российская Федерация
gbtms@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Elena G. Portenko, Head of the Department of Otorhinolaryngology, MD,
Professor

Tver State Medical University

4, Sovetskaya Str., Tver, Tver region, 170100, Russian Federation

gbtms@yandex.ru

SPIN-code: 9667-8583

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

Scopus Author ID: 6505828435

Georgy B. Burdo, Head of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Doctor of Technical Sciences, Professor

Tver State Technical University

22, A. Nikitin nab., Tver, Tver region, 170026, Russian Federation

Email address: gbtms@yandex.ru

SPIN-code: 2245-7781

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

Researcher ID: ABH-9771-2020

Scopus Author ID: 57188973020

Valeria S. Kuznetsova, postgraduate student of the Department of Otorhinolaryngology

Tver State Medical University

4, Sovetskaya Str., Tver, Tver region, 170100, Russian Federation

gbtms@yandex.ru

SPIN-code: 3251-9921

Natalia A. Vashnevskaya, Associate Professor of the Department of Otorhinolaryngology, Candidate of Medical Sciences

Tver State Medical University

4, Sovetskaya Str., Tver, Tver region, 170100, Russian Federation

gbtms@yandex.ru

SPIN-code: 2177-5677

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

Поступила 11.04.2023

После рецензирования 21.06.2023

Принята 27.06.2023

Received 11.04.2023

Revised 21.06.2023

Accepted 27.06.2023