

Индекс УДК 004.82:616.322-002

Код ГРНТИ 28.23.13:76.29.54

DOI: 10.22204/2410-4639-2026-129-01-64-75



**В.А. БЕЛОВ,
Б.А. КОБРИНСКИЙ,
А.А. АКИМОВА***

Экспертный подход к формированию признакового пространства факторов риска хронического тонзиллита у детей

Системы искусственного интеллекта в медицине позволяют эффективно решать различные задачи, в частности, связанные с выявлением факторов, угрожающих развитием заболеваний. Профилактика и ранняя диагностика хронического тонзиллита остаётся одной из ведущих проблем оториноларингологии. Воспаление миндалин, в том числе хронический тонзиллит, может приводить к различным осложнениям, включая системные заболевания. Этим определяется значение профилактических мероприятий, учитывающих наличие угрожающих факторов на донозологическом этапе. В статье рассматривается проблема экспертной оценки контролируемых факторов риска развития хронического тонзиллита, их объективная характеристика с учётом возможной неопределённости. В связи с этим введено представление факторов с их характеристиками, сопровождаемыми соответствующими числовыми значениями. Каждая характеристика сопровождается экспертной оценкой уровня риска, что является оригинальным решением для систем искусственного интеллекта. На этой основе построен вопросник с альтернативными ответами, включающий актуальные факторы риска развития хронического тонзиллита. Структурированные показатели — предикторы заболевания — формируют поле знаний риск-факторов хронического тонзиллита, что послужит базой знаний интеллектуальной рекомендательной системы.

Ключевые слова: экспертные знания, признаковое пространство, структуризация знаний, факторы риска, оценка риска, хронический тонзиллит

* **Белов Владимир Алексеевич** — кандидат медицинских наук, заведующий отделением оториноларингологии НИКИ педиатрии и детской хирургии им. Ю.Е. Вельтищева, РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России.

E-mail: belov_v_a@mail.ru

Кобринский Борис Аркадьевич — академик РАЕН, профессор, доктор медицинских наук, заведующий отделом систем интеллектуальной поддержки принятия решений, заслуженный деятель науки Российской Федерации ФИЦ «Информатика и управление» РАН, ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России.

E-mail: kba_05@mail.ru

Акимова Анна Анатольевна — специалист отдела систем интеллектуальной поддержки принятия решений, ФИЦ «Информатика и управление» РАН.

E-mail: anna.djerg@mail.ru

Введение

В указе Президента № 309 от 7 мая 2024 года «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» важнейшей определена цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной среды. Здравоохранение является одним из ведущих направлений социума, и именно искусственный интеллект может послужить решению сложных проблем медицины, включая выявление предболезненных состояний, и реализовать персонализированный подход в профилактике патологических состояний. Сохранение здоровья населения за счёт профилактических мероприятий является одним из приоритетов «Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2030 года», утверждённой Указом Президента Российской Федерации от 8 декабря 2025 г. N 896. Рост числа случаев хронических заболеваний отмечается во всех странах, что является одной из важнейших проблем здравоохранения в XXI веке [1]. Длительный характер хронических заболеваний существенно влияет на качество жизни людей и приводит к значительным расходам государства на здравоохранение из-за лечебных мероприятий, повторных госпитализаций и инвалидности [2]. Хронический тонзиллит (ХТ) и его осложнения не являются исключением.

Несмотря на многоплановые исследования и определённые достижения в разработке и оптимизации лечебно-диагностического алгоритма, частота хронической патологии миндалин в настоящее время возросла в 1,5 – 1,8 раза по сравнению с 70-ми годами XX века [3].

Нёбные миндалины служат первым барьером на пути микробных антигенов и участвуют в непрерывных иммунных реакциях, которые помогают поддерживать местный и системный иммунологический гомеостаз. Воспаление миндалин может оказывать влияние на отдалённые органы, в том числе на сердце, почки и суставы.

Нёбные миндалины являются естественным природным резервуаром для рецидивирующих инфекций, которые могут являться причиной возникновения таких заболеваний, как гломерулонефрит, острый ревматоидный артрит, эндокардит и миокардит [4,5]. Неблагоприятное течение хронического тонзиллита может приводить к тонзиллоиндуцированному аутоиммунному/воспалительному процессу (Tonsil-induced autoimmune/inflammatory syndrome – TIAS), характеризующемуся нарушением регуляции иммунитета и хроническим воспалением. TIAS включает такие заболевания, как ревматическая лихорадка, IgA-нефропатия и псориаз. Предполагается, что эти состояния могут быть вызваны нарушением иммунной толерантности к микроорганизмам, обитающим в миндалинах [4, 6].

Хронический тонзиллит выявляется, в основном, при появлении жалоб и первых симптомов. Это может происходить в процессе профилактических осмотров. Континуум переходных состояний нёбных миндалин при развитии хронического тонзиллита движется через функциональные отклонения (включая клеточный уровень) и пограничные состояния, в направлении нарушения функций (от возникновения ХТ к возникновению вышеназванных заболеваний) [7].

В последнее десятилетие намечается переход от лечения уже развившихся заболеваний к воздействиям на донозологическом этапе: к прогностической, профилактической, персонализированной медицине, учитывающей различные факторы риска, что предполагает вовлеченность пациента и соответствует 4Р медицине [7-10]. Этот сдвиг парадигмы в пользу предупреждения хронической патологии в условиях широкой цифровизации системы здравоохранения, включая методы и технологии искусственного интеллекта (ИИ), позволяет, наряду с поддержкой врачей в принятии диагностических, прогностических и лечебных решений, углублять контакты с пациентами в процессе профилактических мероприятий и при контроле за их

состоянием, в том числе с использованием дистанционных средств общения [11, 12].

Существует множество определений понятия «риск для здоровья», в докладе ВОЗ он трактуется как «фактор, повышающий вероятность неблагоприятных последствий для здоровья» [13]. Восприятие риска включает социальное измерение, которое делает его профилактику сложной. Люди подвергаются риску неравным образом. Поэтому важно, чтобы они получали лучшую поддержку в отношении рисков подверженности болезни [14]. Соответственно, рекомендации по снижению рисков должны носить индивидуальный и ситуативный характер, обращая внимание родителей детей на актуальные риски.

Важную роль в регулярном анализе динамически изменяющихся факторов риска (ФР) и профилактике заболеваний играют рекомендательные интеллектуальные медицинские системы, в рамках которых может эффективно осуществляться мониторинг изменений, характерных для нечётких донозологических ситуаций [15, 16]. Они обеспечивают мониторинг факторов, способствующих развитию заболеваний, и предлагают доступные для человека мероприятия. Контроль за появлением и динамикой персональных факторов риска отвечает концептуальному изменению тактики — от лечения возникшего хронического тонзиллита к профилактическим мероприятиям.

Целью настоящего исследования являлась экспертная оценка и концептуализация факторов риска хронического тонзиллита для разработки в дальнейшем интеллектуальной рекомендательной системы профилактической направленности.

Материал и методы

Исходным материалом послужили данные литературы, содержащие информацию о факторах, угрожающих развитием хронического тонзиллита. Были проанализированы литературные источники из баз данных: ELibrary, Google Scholar, PubMed — и отобраны обсервационные исследования (перекрёстные, «случай-контроль», когорт-

ные), в которых рассматривались ФР развития хронического тонзиллита.

Аналитический метод был использован в процессе поиска информации о факторах риска в литературе.

Структурирование отобранных экспертным путём факторов риска осуществлялось методами инженерии знаний, являющейся необходимым условием для формирования баз знаний систем искусственного интеллекта [17].

Факторы риска хронического тонзиллита

При воздействии на организм повреждающих факторов имеют место специфические и неспецифические изменения. Неспецифические изменения зависят от реактивности организма, определяя его адаптационную реакцию. Эти изменения могут возникать задолго до клинических проявлений и отражать развитие патологического процесса на ранних стадиях. В случае срыва молекулярных компенсаторных механизмов адаптации создаются условия для перехода патологического процесса на более высокие уровни (субклеточный, клеточный, тканевой, органный), способствуя патологическим изменениям. Это определяет необходимость контроля за предрасполагающими факторами, способствующими нарушению процессов регуляции, что отражает континуальная модель развития и течения хронического тонзиллита [7].

Донозологические мероприятия, ориентированные на предупреждение развития хронического тонзиллита, предполагают выявление факторов риска. На первом этапе был проведён поиск актуальных факторов риска развития хронического тонзиллита. В процессе анализа литературных источников были выявлены наиболее значимые факторы, способствующие развитию хронического тонзиллита, на которые было обращено внимание в проведённых исследованиях [18-22]. Их можно подразделить на этногеографические, наследственные, медико-социальные, медицинские (характеризующие состояние здоровья индивиду-

ма). Этногеографические факторы включают сведения о проживании местного или мигрирующего населения в приполярных территориях. Воспаление миндалин сравнительно часто развивается в детстве, что можно объяснить влиянием экологических факторов: контакт с холодным воздухом, вирусная и бактериальная агрессия. Математическое моделирование показало, что генетические эффекты объясняют 62% вариативности предрасположенности к рецидивирующему тонзиллиту [23, 24].

Факторы риска были подразделены на неуправляемые, на которые отсутствует возможность воздействия, и управляемые (модифицируемые). К неуправляемым (не модифицируемым) факторам риска относятся возраст, пол, наследственность (повышение риска при наличии хронического тонзиллита у родственников первой линии родства, в том числе подвергшихся тонзилэктомии), этнические особенности (к примеру, у коренных народов Севера распространённость хронического тонзиллита гораздо выше), воздействие окружающей среды, с которыми человек сталкивается ежедневно (так, на риск развития ХТ влияет география и место проживания, к примеру, длительное проживание некоренного населения в приполярных областях). К управляемым факторам риска, в первую очередь, относятся особенности образа жизни и привычки человека (на повышенный риск развития ХТ влияет активное и пассивное табакокурение, онихофагия). Сопутствующие заболевания, которые могут повышать вероятность развития хронического тонзиллита, можно отнести к частично модифицируемым ФР. Это частые респираторные инфекции, особенно с жалобами на дискомфорт и боли в горле, гипертрофия миндалин, аллергическая патология, ларинго-фарингеальный рефлюкс, кариес, заболевание парадонта и т.п. [18-24].

Формирование признакового пространства факторов риска

Знания о факторах риска, в контексте данного исследования, представляют со-

бой суммацию литературных знаний, подвёрнутых опыту эксперта. Их получение и особенности представления в структурированной и формализованной форме являются результатом обработки с помощью методов инженерии знаний, являющейся ветвью искусственного интеллекта.

Каждый ФР описан с указанием его наименования (атрибута, от лат. *attributio* — свойство), характеристики или вида проявления и соответствующего значения атрибута, представленного в качественной или количественной форме. Тройки «атрибут — характеристика атрибута — значение атрибута» формируют полноценное семантическое понятие фактора риска. Нечёткость и неопределённость, имеющие место в представлении факторов риска, были уточнены в процессе их структурирования. Характеристика атрибута может включать и возрастные ограничения, позволяющие сфокусировать внимание на особенностях, характерных для определённого периода жизни.

Формат структурированного представления факторов риска можно видеть из примеров, включённых в таблицу 1.

Результатом структуризации является поле знаний — структурированное описание понятий и взаимосвязей между понятиями проблемной области, представленными на основе анализа литературы и знаний эксперта. Признаковое пространство уточнялось, что крайне важно, в процессе его формирования и впоследствии, при введении экспертных оценок. Признаковое пространство факторов риска ХТ состояло из 16 факторов, включавших 42 характеристики. Не модифицируемых факторов риска было 5, модифицируемых — 11.

Экспертная оценка факторов риска

Оценка риска — это рациональная процедура, которая вносит значительный вклад в принятие решений [25, 26].

Информация для измерения риска, полученная из баз данных на основе частоты возникновения конкретного события, может быть недостаточной или искажённой. Более

Таблица 1

**Фрагмент структурированного представления знаний
о факторах риска хронического тонзиллита**

Фактор риска (атрибут)	Характеристика атрибута	Значение атрибута
Отягощённый семейный анамнез	Наличие хронического тонзиллита в семье	Родственники I линии родства
	Наличие тонзиллэктомий в семье	Родственники I линии родства
	Коренные народы Севера	Мать
		Отец
География проживания	Проживание в приполярных и заполярных регионах (пришлось население)	> 5 лет
	Проживание в приполярных и заполярных регионах (пришлось население)	< 5 лет
	Сосание пальцев	Присутствует
Кариес	Выявление кариеса, в том числе излеченного (включая пломбированные зубы)	≥ 1 раза в год
		≤ 1 раза в 2 года
		≤ 1 раза в 3 года
Респираторные заболевания	С симптомами тонзиллита, болями в горле	≥ 4 раз в данный год
		2-3 раза в данный год
		1 раз в данный год
		≥ года назад

Таблица 2

**Фрагмент структурированного представления факторов риска
хронического тонзиллита с экспертными оценками**

Фактор риска (атрибут)	Характеристика атрибута	Значение атрибута	Уровень риска
Отягощённый семейный анамнез	Наличие хронического тонзиллита в семье	Родственники I линии родства	Высокий
	Наличие тонзиллэктомий в семье	Родственники I линии родства	Очень высокий
Этнические особенности	Коренные народы Севера	Мать	Высокий
	Коренные народы Севера	Отец	Средний
Ринит	Рецидивирующий	В настоящее время	Высокий
		В анамнезе	Средний

точным может быть характеристика риска, уточнённая экспертами [15, 27]. Формализация суждений делает представления более явными и структурированными [26, 28]. Факторы риска, отобранные на основе анализа литературных источников и подвергшиеся структуризации, затем оценивались врачом-экспертом совместно с когнитологом. Некоторая субъективность экспертного суждения может быть преодолена путём использования накопленной информации [15, 26]. Такой

подход делает акцент на знаниях, включающих опыт экспертов и доказательства.

Принципиально важным является понимание значимости каждого фактора риска с учётом выделенных характеристик. Экспертная оценка уровня риска осуществлялась по 5-балльной шкале: очень высокий, высокий, средний (умеренный), низкий, очень низкий. Пример факторов риска, сопровождаемых экспертными оценками, представлен в таблице 2.

Анкета-опросник для сбора информации о факторах риска у пациента

На основе отобранных факторов риска для выявления угрозы развития заболевания был разработан опросник с альтернативными ответами, ориентированный на заполнение его как врачом, так и пациентом или его родителями.

Вопросы сформулированы так, чтобы они интерпретировались одинаково, относительно независимо от образовательного, культурного уровня респондентов [29]. Респонденту предлагается сделать выбор из перечня альтернативных ответов на каждый вопрос. Примером может служить ответ на представленный ниже вопрос:

«Переселялись ли Вы в приполярные или заполярные регионы (если проживали и там, и там, то выберите тот вариант ответа, где проживали дольше)?»

- Нет
- Да, в приполярных менее 5 лет
- Да, в заполярных менее 5 лет
- Да, в приполярных более 5 лет
- Да, в заполярных более 5 лет

Более объективным является вариант заполнения анкеты в процессе интервьюирования пациентов или родителей ребёнка врачом. В этом случае появляется возможность корректировки недостаточно ясных ответов. Кроме того, у врача-интервьюера есть возможность представить и объяснить респонденту цель исследования, побудить дать откровенные ответы. Полноценность и правильность ответов повышают качество выявляемых факторов риска.

Обсуждение полученных результатов

В практике здравоохранения в большинстве случаев диагноз хронического тонзиллита опирается на местные клинические проявления. В основном проводится «профилактика развития» уже возникшего хронического тонзиллита, проявляющаяся минимальными значимыми клиническими симптомами [30].

Донозологическая диагностика представляет собой комплекс предсказательных факторов, указывающих на возможность развития болезни. Это видно из начального периода континуума переходных состояний организма в процессе формирования хронического тонзиллита [7].

Для профилактики болезней необходимо выявить причины их возникновения, чтобы затем воздействовать на них, то есть на те ФР, которые лежат в их основе [13]. Подходы к разработке сценариев, основанные на правдоподобии, были выдвинуты на первый план как подходящая практика для управления рисками, такими как системные риски и возникающие риски [25]. Системными рисками являются исходно присутствующие у пациента, такие как наследственные факторы. Возникающими — появляющиеся в процессе жизни, например, кариес. По мнению R. Flage [27], концепция правдоподобия предлагает ряд ценных идей, поскольку она включает в себя два ключевых аспекта риска: вероятность и знание.

Следствием уточняющих вопросов к эксперту явилось выявление определённой нечёткости в характеристике факторов риска хронического тонзиллита у детей. Структурирование факторов риска позволяет более подробно их характеризовать, что приводит к детализации уровня риска (например, различной продолжительности проживания на крайнем севере). Структурированные факторы риска являются основой для учёта их трансформации в процессе жизни. Это позволяет осуществлять оперативную переоценку уровня риска, что будет вести к изменению профилактических рекомендаций.

Заключение

Методы искусственного интеллекта позволяют значительно повысить эффективность исходной медицинской информации, превратив часто расплывчатые данные в чёткие знания, пригодные для построения систем интеллектуальной поддержки принятия клинических решений.

Контроль факторов риска является основой для выявления пациентов, находя-

щихся под угрозой развития хронического тонзиллита. При этом необходимо отметить, что каждый фактор риска должен сопровождаться его характеристикой, указывающей на особенности проявления, и значением, указывающим на качественные или количественные его проявления и временные ограничения. Их мониторинг позволит повысить регулярность контроля динамики изменений и обеспечить персонализированный подход к профилактическим воздействиям, основанный

на сопоставлении имеющихся у пациента признаков с известными факторами риска, сопровождающимися оценками уровня угрозы для развития заболевания [26, 28]. Важно отметить, что даже очень высокий уровень риска ХТ не означает, что заболевание манифестирует в ближайшее время.

Рассмотренный подход к представлению факторов риска является основой для создания рекомендательной системы компьютерной поддержки профилактики ХТ на донозологическом этапе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hajat C., Stein E. The Global Burden of Multiple Chronic Conditions: A Narrative Review // Prev. Med. Rep. 2018. Vol. 12. P. 1–14. DOI: 10.1016/j.pmedr.2018.10.008.
2. Holman H.R. The Relation of the Chronic Disease Epidemic to the Health Care Crisis // ACR Open Rheumatol. 2020. Vol. 2, No. 3. P. 167–173. DOI: 10.1002/acr2.11114.
3. Чистякова В.Р. Ангина и хронический тонзиллит (аналитический обзор) // Вестник оториноларингологии. 2012. № 1. С. 68–76.
4. Harabuchi Y. Tonsil-Induced Autoimmune/Inflammatory Syndrome: Current Insights into the Pathogenic Role of Tonsils in Immunoglobulin A Nephropathy, Palmoplantar Pustulosis and Psoriasis // Auris Nasus Larynx. 2025. Vol. 52, No. 4. P. 463–470. DOI: 10.1016/j.anl.2025.06.004.
5. Пальчун В.Т., Крюков А.И., Гуров А.В., Ермолаев А.Г. Небные миндалины: физиология и патология // Вестник оториноларингологии. 2019. Т. 84, № 6. С. 11–16. DOI: 10.17116/otorino20198406111.
6. Abulikemu N., Liu Z., Liu Y. Novel Findings on the Development and Immunological Functions of Palatine Tonsils // Clin. Rev. Allergy Immunol. 2025. Vol. 68, No. 1. Art. 58. DOI: 10.1007/s12016-025-09071-0.
7. Белов В.А. Континуум хронического тонзиллита с общепатологических позиций // Учёные записки Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова. 2024. Т. 31, № 3. С. 11–18. DOI: 10.24884/1607-4181-2024-31-3-11-18.
8. Flores M., Glusman G., Brogaard K., Price N. D., Hood L. P4 Medicine: How Systems Medicine Will Transform the Healthcare Sector and Society // Per. Med. 2013. Vol. 10, No. 6. P. 565–576. DOI: 10.2217/PME.13.57.
9. Кобринский Б.А. Континуум переходных состояний организма и мониторинг динамики здоровья детей. М.–Берлин: DIRECT-MEDIA, 2016. 220 с.
10. Kobrinskii B.A., Grigoriev O.G., Molodchenkov A.I., Smirnov I.V., Blagosklonov N.A. Artificial Intelligence Technologies Application for Personal Health Management // IFAC-PapersOnLine. 2019. Vol. 52, No. 25. P. 70–74. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.12.448.
11. Кобринский Б.А. Системы искусственного интеллекта в медицинской практике: состояние и перспективы // Вестник Росздравнадзора. 2020. № 3. С. 37–43. DOI: 10.35576/2070-7940-2020-3-37-43.
12. Krishnan G., Singh S., Pathania M., Gosavi S., Abhishek S., Parchani A., Dhar M. Artificial Intelligence in Clinical Medicine: Catalyzing a Sustainable Global Healthcare Paradigm // Front. Artif. Intell. 2023. Vol. 6. Art. 1227091. DOI: 10.3389/frai.2023.1227091.
13. Глобальные факторы риска для здоровья: смертность и бремя болезней, обусловленные некоторыми основными факторами риска [Электронный ресурс]. М.: ВОЗ, 2015. 62 с. URL: <https://rumedo.ru/uploads/materials/47bf42d1b28f923b4a3ca2e1b6c7ad65.pdf>

14. Assailly J.P. Le risque, au bénéfice du danger // Soins: la revue de reference infirmiere. 2019. Vol. 64, No. 832. P. 16–19. DOI: 10.1016/j.soin.2018.12.003.
15. Кобринский Б.А. Интеллектуальные рекомендательные системы для медицины: особенности и ограничения // Искусственный интеллект и принятие решений. 2022. № 3. С. 51–62. DOI: 10.14357/20718594220304.
16. Cai Y., Yu F., Kumar M., Gladney R., Mostafa J. Health Recommender Systems Development, Usage, and Evaluation from 2010 to 2022: A Scoping Review // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2022. Vol. 19, No. 22. Art. 15115. DOI: 10.3390/ijerph192215115.
17. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы: учебник для вузов. СПб.: Лань, 2023. 324 с.
18. Белов В.А., Воропаева Я.В., Кобринский Б.А. Значимость этнических особенностей коренных народов Севера в формировании хронического тонзиллита у детей // Экология человека. 2013. № 2. С. 50–57.
19. Крюков А.И., Товмасын А.С., Кишиневский А.Е., Данилюк Л.И., Мосин В.В., Шведов Н.В., Филина Е.В., Осипян А.А. Клинико-морфологическая картина хронического тонзиллита и его патогенетическая связь с пародонтопатиями: обзор литературы // Вестник оториноларингологии. 2022. Т. 87, № 5. С. 75–80. DOI: 10.17116/otorino20228705175.
20. Cinamon U., Goldfarb A., Marom T. The Impact of Tobacco Smoking Upon Chronic/Recurrent Tonsillitis and Post Tonsillectomy Bleeding // Int. Arch. Otorhinolaryngol. 2017. Vol. 21, No. 2. P. 165–170. DOI: 10.1055/s-0036-1593835.
21. Косяков С.Я., Лоранская И.Д., Анготоева И.Б., Мулдашева А.А. Ларингофарингеальный рефлюкс: вчера, сегодня, завтра // Медицинский совет. 2016. № 6. С. 78–80.
22. Li'e C., Juan C., Dongying J., Guiling F., Tihua Z., Yanfei W. The Role of Environmental Tobacco Exposure and Helicobacter Pylori Infection in the Risk of Chronic Tonsillitis in Children // Sao Paulo Med. J. 2017. Vol. 135, No. 1. P. 29–33. DOI: 10.1590/1516-3180.2016.023602102016.
23. Kvestad E., Kvaerner K.J., Røysamb E., Tambs K., Harris J.R., Magnus P. Heritability of Recurrent Tonsillitis // Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg. 2005. Vol. 131, No. 5. P. 383–387. DOI: 10.1001/archotol.131.5.383.
24. Bani-Ata M., Aleshawi A., Alali M., Kanaan Y., Al-Momani W., Kanaan N., Abdalla K., Alhowary A. Familial and Environmental Risk Predisposition in Tonsillectomy: A Case-Control Study // Risk Management and Healthcare Policy. 2020. Vol. 13. P. 847–853. DOI: 10.2147/RMHP.S258748.
25. Glette-Iversen I., Aven T., Flage R. The Concept of Plausibility in a Risk Analysis Context: Review and Clarifications of Defining Ideas and Interpretations // Safety Science. 2022. Vol. 147. Art. 105635. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105635.
26. Григорьев О.Г., Кобринский Б.А., Благосклонов Н.А., Гинзбург Б.Г. Рекомендательная интеллектуальная система для управления рисками хронических заболеваний // Информационные технологии и вычислительные системы. 2023. № 2. С. 27–37. DOI: 10.14357/20718632230203.
27. Flage R., Aven T., Zio E., Baraldi P. Concerns, Challenges, and Directions of Development for the Issue of Representing Uncertainty in Risk Assessment // Risk Anal. 2014. Vol. 34, No. 7. P. 1196–1207. DOI: 10.1111/risa.12247.
28. Toth-Laufer E., Batyrshin I.Z. Similarity-based personalized risk calculation // 2022 IEEE 16th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI 2022, Timisoara, Romania, 25–28 May 2022). IEEE, 2022. P. 129–134. DOI: 10.1109/SACI55618.2022.9919457.
29. Дорофеева С.В., Кокорева Я.А. Лингвистически сбалансированный инструментарий для оценки навыков чтения у взрослых носителей русского языка // Вопросы образования / Educational Studies Moscow. 2025. № 2. С. 32–72. DOI: 10.17323/vo-2025-21026.
30. Портенко Г.М., Шматов Г.П. Хронический тонзиллофарингит и информационная технология его диагностики // Российская оториноларингология. 2017. № 6. С. 100–106. DOI: 10.18692/1810-4800-2017-6-100-106.

Expert Approach to Forming the Signal Space of Chronic Tonsillitis Risk Factors in Children

Vladimir Alekseevich Belov — Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Otorhinolaryngology at the Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation.
E-mail: belov_v_a@mail.ru

Boris Arkadyevich Kobrinsky — Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Professor, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Intelligent Decision Support Systems, Honored Scientist of the Russian Federation, Federal Research Center “Informatics and Management” of the Russian Academy of Sciences, Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation.
E-mail: kba_05@mail.ru

Anna Anatolyevna Akimova — Specialist of the Department of Intelligent Decision Support Systems, Federal Research Center “Informatics and Management” of the Russian Academy of Sciences.
E-mail: anna.djerg@mail.ru

Artificial intelligence systems in medicine allow for the effective solution of various problems, in particular those related to the identification of factors threatening the development of diseases. Prevention and early diagnosis of chronic tonsillitis remains one of the leading problems of otorhinolaryngology. Inflammation of the tonsils, including chronic tonsillitis, can lead to various complications, including systemic diseases. This determines the importance of preventive measures that take into account the presence of threatening factors at the pre-nosological stage. In the article discusses the problem of expert assessment of controlled risk factors for the development of chronic tonsillitis, their objective characteristics, taking into account possible uncertainty. Due to this purpose, a representation of factors with their characteristics, accompanied by corresponding numerical values, is introduced. Each characteristic is accompanied by an expert assessment of the risk level, which is an original solution for artificial intelligence systems. On this basis, a questionnaire with alternative answers has been constructed, including current risk factors for the development of chronic tonsillitis. Structured indicators — disease predictors — form a knowledge field of risk factors for chronic tonsillitis, which will serve as the knowledge base for an intelligent recommendation system.

Keywords: expert knowledge, feature space, knowledge structuring, risk factors, risk assessment, chronic tonsillitis

REFERENCES

1. Hajat C., Stein E. The Global Burden of Multiple Chronic Conditions: A Narrative Review // Prev. Med. Rep. 2018. Vol. 12. P. 1–14. DOI: 10.1016/j.pmedr.2018.10.008.
2. Holman H.R. The Relation of the Chronic Disease Epidemic to the Health Care Crisis // ACR Open Rheumatol. 2020. Vol. 2, No. 3. P. 167–173. DOI: 10.1002/acr2.11114.
3. Chistyakova V.R. Angina i khronicheskiy tonzillit (analiticheskiy obzor) // Vestnik otorinolaringologii. 2012. № 1. S. 68–76 (in Russian).
4. Harabuchi Y. Tonsil-Induced Autoimmune/Inflammatory Syndrome: Current Insights into the Pathogenic Role of Tonsils in Immunoglobulin A Nephropathy, Palmoplantar Pustulosis and Psoriasis // Auris Nasus Larynx. 2025. Vol. 52, No. 4. P. 463–470. DOI: 10.1016/j.anl.2025.06.004.

5. Palchun V.T., Kryukov A.I., Gurov A.V., Ermolaev A.G. Nebnye mindaliny: fiziologiya i patologiya // Vestnik otorinolaringologii. 2019. T. 84, № 6. S. 11–16. DOI: 10.17116/otorino20198406111 (in Russian).
6. Abulikemu N., Liu Z., Liu Y. Novel Findings on the Development and Immunological Functions of Palatine Tonsils // Clin. Rev. Allergy Immunol. 2025. Vol. 68, No. 1. Art. 58. DOI: 10.1007/s12016-025-09071-0.
7. Belov V.A. Kontinuum khronicheskogo tonzillita s obshchepatologicheskikh pozitsiy // Uchenye zapiski Pervogo Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta imeni akademika I.P. Pavlova. 2024. T. 31, № 3. S. 11–18. DOI: 10.24884/1607-4181-2024-31-3-11-18 (in Russian).
8. Flores M., Glusman G., Brogaard K., Price N.D., Hood L. P4 Medicine: How Systems Medicine Will Transform the Healthcare Sector and Society // Per. Med. 2013. Vol. 10, No. 6. P. 565–576. DOI: 10.2217/PME.13.57.
9. Kobrinskiy B.A. Kontinuum perekhodnykh sostoyaniy organizma i monitoring dinamiki zdorovya detey. M.–Berlin: DIRECT-MEDIA, 2016. 220 s. (in Russian).
10. Kobrinskii B.A., Grigoriev O.G., Molodchenkov A.I., Smirnov I.V., Blagosklonov N.A. Artificial Intelligence Technologies Application for Personal Health Management // IFAC-PapersOnLine. 2019. Vol. 52, No. 25. P. 70–74. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.12.448.
11. Kobrinskiy B.A. Sistemy iskusstvennogo intellekta v meditsinskoй praktike: sostoyanie i perspektivy // Vestnik Roszdravnadzora. 2020. № 3. S. 37–43. DOI: 10.35576/2070-7940-2020-3-37-43 (in Russian).
12. Krishnan G., Singh S., Pathania M., Gosavi S., Abhishek S., Parchani A., Dhar M. Artificial Intelligence in Clinical Medicine: Catalyzing a Sustainable Global Healthcare Paradigm // Front. Artif. Intell. 2023. Vol. 6. Art. 1227091. DOI: 10.3389/frai.2023.1227091.
13. Globalnye faktory riska dlya zdorovya: smertnost i bremya bolezney, obuslovlennyye nekotorymi osnovnymi faktorami riska [Electronic resource]. M.: VOZ, 2015. 62 s. URL: <https://rumedo.ru/uploads/materials/47bf42d1b28f923b4a3ca2e1b6c7ad65.pdf> (in Russian).
14. Assailly J.P. Le risque, au bénéfice du danger // Soins: la revue de reference infirmiere. 2019. Vol. 64, No. 832. P. 16–19. DOI: 10.1016/j.soin.2018.12.003.
15. Kobrinskiy B.A. Intellektualnye rekomendatelnye sistemy dlya meditsiny: osobennosti i ogranicheniya // Iskustvennyy intellekt i prinyatie resheniy. 2022. № 3. S. 51–62. DOI: 10.14357/20718594220304 (in Russian).
16. Cai Y., Yu F., Kumar M., Gladney R., Mostafa J. Health Recommender Systems Development, Usage, and Evaluation from 2010 to 2022: A Scoping Review // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2022. Vol. 19, No. 22. Art. 15115. DOI: 10.3390/ijerph192215115.
17. Gavrilova T.A., Kudryavtsev D.V., Muromtsev D.I. Inzheneriya znaniy. Modeli i metody: uchebnik dlya vuzov. SPb.: Lan, 2023. 324 s. (in Russian).
18. Belov V.A., Voropaeva Ya.V., Kobrinskiy B.A. Znachimost etnicheskikh osobennostey korennykh narodov Severa v formirovanii khronicheskogo tonzillita u detey // Ekologiya cheloveka. 2013. № 2. S. 50–57 (in Russian).
19. Kryukov A.I., Tovmasyan A.S., Kishinevskiy A.E., Danilyuk L.I., Mosin V.V., Shvedov N.V., Filina E.V., Osipyany A.A. Kliniko-morfologicheskaya kartina khronicheskogo tonzillita i ego patogeneticheskaya svyaz s parodontopatiyami: obzor literatury // Vestnik otorinolaringologii. 2022. T. 87, № 5. S. 75–80. DOI: 10.17116/otorino20228705175 (in Russian).
20. Cinamon U., Goldfarb A., Marom T. The Impact of Tobacco Smoking Upon Chronic/Recurrent Tonsillitis and Post Tonsillectomy Bleeding // Int. Arch. Otorhinolaryngol. 2017. Vol. 21, No. 2. P. 165–170. DOI: 10.1055/s-0036-1593835.
21. Kosyakov S.Ya., Loranskaya I.D., Angotoeva I.B., Muldasheva A.A. Laringofaringealnyy refluks: vchera, segodnya, zavtra // Meditsinskiy sovet. 2016. № 6. S. 78–80 (in Russian).
22. Li'e C., Juan C., Dongying J., Guiling F., Tihua Z., Yanfei W. The Role of Environmental Tobacco Exposure and Helicobacter Pylori Infection in the Risk of Chronic Tonsillitis in Children // Sao Paulo Med. J. 2017. Vol. 135, No. 1. P. 29–33. DOI: 10.1590/1516-3180.2016.023602102016.
23. Kvestad E., Kvaerner K.J., Røysamb E., Tambs K., Harris J.R., Magnus P. Heritability of Recurrent Tonsillitis // Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg. 2005. Vol. 131, No. 5. P. 383–387. DOI: 10.1001/archotol.131.5.383.

24. Bani-Ata M., Aleshawi A., Alali M., Kanaan Y., Al-Momani W., Kanaan N., Abdalla K., Alhowary A. Familial and Environmental Risk Predisposition in Tonsillectomy: A Case-Control Study // Risk Management and Healthcare Policy. 2020. Vol. 13. P. 847–853. DOI: 10.2147/RMHP.S258748.
25. Glette-Iversen I., Aven T., Flage R. The Concept of Plausibility in a Risk Analysis Context: Review and Clarifications of Defining Ideas and Interpretations // Safety Science. 2022. Vol. 147. Art. 105635. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105635.
26. Grigoryev O.G., Kobrinskiy B.A., Blagosklonov N.A., Ginzburg B.G. Rekomendatelnaya intellektualnaya sistema dlya upravleniya riskami khronicheskikh zabolevaniy // Informatsionnye tekhnologii i vychislitelnye sistemy. 2023. № 2. S. 27–37. DOI: 10.14357/20718632230203 (in Russian).
27. Flage R., Aven T., Zio E., Baraldi P. Concerns, Challenges, and Directions of Development for the Issue of Representing Uncertainty in Risk Assessment // Risk Anal. 2014. Vol. 34, No. 7. P. 1196–1207. DOI: 10.1111/risa.12247.
28. Toth-Laufer E., Batyrshin I.Z. Similarity-based personalized risk calculation // 2022 IEEE 16th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI 2022, Timisoara, Romania, 25–28 May 2022). IEEE, 2022. P. 129–134. DOI: 10.1109/SACI55618.2022.9919457.
29. Dorofeeva S.V., Kokoreva Ya.A. Lingvisticheski sbalansirovanny instrumentariy dlya otsenki navykov chteniya u vzroslykh nositeley russkogo yazyka // Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow. 2025. № 2. S. 32–72. DOI: 10.17323/vo-2025-21026 (in Russian).
30. Portenko G.M., Shmatov G.P. Khronicheskii tonzillofaringit i informatsionnaya tekhnologiya ego diagnostiki // Rossiyskaya otorinolaringologiya. 2017. № 6. S. 100–106. DOI: 10.18692/1810-4800-2017-6-100-106 (in Russian).

Tables

Table 1

A fragment of a structured presentation of knowledge about the risk factors of chronic tonsillitis

Risk factor (attribute)	Attribute characteristics	Attribute value
Family history of disease	Presence of chronic tonsillitis in the family	First-degree relatives
	Presence of tonsillectomies in the family	First-degree relatives
	Indigenous peoples of the North	Mother
		Father
Geography of residence	Residence in the subpolar and polar regions (non-indigenous population)	> 5 years
	Residence in the subpolar and polar regions (non-indigenous population)	< 5 years
	Finger-sucking	Present
Caries	Detection of caries, including treated caries (including filled teeth)	≥ 1 time per year
		≤ 1 time per 2 years
		≤ 1 time per 3 years
Respiratory diseases	With symptoms of tonsillitis, sore throat	≥ 4 times this year
		2-3 times this year
		1 time this year
		≥ 1 year ago

Table 2

**A fragment of a structured presentation of the risk factors
of chronic tonsillitis with expert assessments**

Risk factor (attribute)	Attribute characteristics	Attribute value	Risk level
Family history of allergies	Presence of chronic tonsillitis in the family	First-degree relatives	High
	Presence of tonsillectomies in the family	First-degree relatives	Very high
Ethnic characteristics	Indigenous peoples of the North	Mother	High
	Indigenous peoples of the North	Father	Medium
Rhinitis	Recurrent	Currently	High
		In the past	Medium