

# Интеллектуальные медицинские системы в диагностике и лечении воспалительных заболеваний поджелудочной железы (систематический обзор)

**А. А. Литвин**

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы поддержки принятия решений, искусственные нейронные сети, острый и хронический панкреатит, диагностика, лечение

**Введение.** Воспалительные заболевания поджелудочной железы (ПЖ) занимают первое место в структуре заболеваний ПЖ [29]. Особо остро стоит проблема своевременной диагностики, объективизации степени тяжести, прогнозирования исходов и лечения острого и хронического панкреатита (ОП и ХП). Это связано со сложностью данных заболеваний, высокой заболеваемостью и летальностью от панкреонекроза и осложнений ХП [3, 18].

Использование в клинической практике современных персональных компьютеров позволило расширить возможности прогнозирования течения и исхода ОП и ХП, поскольку стал доступным быстрый анализ относительно больших по составу и числу групп параметров заболевания [10, 22, 27]. Весьма актуальными в настоящее время считаются компьютерные системы поддержки принятия решений на основе алгоритмов, разработанных с использованием методов интеллектуального анализа медицинских данных [5, 12, 20].

Известно, что при принятии медицинских решений проблемами являются недостаточность знаний, ограниченность временных ресурсов, отсутствие возможности привлечения большого количества компетентных экспертов, неполнота информации о состоянии больного и др. [12, 20]. В настоящее время сохраняется немалый процент врачебных ошибок, сопровождаемых дальнейшей потерей здоровья больного или летальным исходом из-за неточности в оценке его состояния, усложнения процесса принятия верных решений ввиду множественности факторов и признаков заболеваний, их взаимодействий. На состояние пациента могут оказывать влияние определенные факторы не только по отдельности, но и в определенных сочетаниях. Обработать большое количество информации и выявить закономерности врачу-клиницисту зачастую не под силу. Справиться с этим может только современная вычислительная техника с соответствующим программным обеспечением [12]. В настоящее время назрела необходимость

более широкого использования различных методов компьютерной поддержки принятия решений [4, 7, 20]. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР) позволяют врачу не только проверить собственные прогностические и диагностические предположения, но и использовать искусственный интеллект в сложных клинических случаях [7]. Одним из примеров СППР являются системы, использующие программные реализации искусственных нейронных сетей (ИНС) [1, 13].

**Целью** статьи явился систематический обзор литературы об эффективности различных интеллектуальных медицинских СППР на основе ИНС в диагностике и лечении воспалительных заболеваний ПЖ.

**Методы. Литературный поиск.** Систематический поиск литературы был проведен по онлайн-базам данных PubMed, используя строку поиска: "automatic data processing"[MeSH Terms] OR "computer systems"[MeSH Terms] OR "artificial intelligence"[MeSH Terms] OR "medical informatics"[MeSH Terms] OR "computer security"[MeSH Terms] OR "information storage and retrieval"[MeSH Terms] AND "pancreatitis"[MeSH Terms] AND "humans"[MeSH Terms] AND ("1990/01/01"[PDAT] : "2017/02/28"[PDAT]), а также eLibrary: «искусственные нейронные сети» И «панкреатит» в эти же сроки публикации. Полученные публикации затем рассматривали на основе predetermined критериев включения и исключения.

**Критерии включения и исключения.** Были включены все опубликованные в медицинских журналах работы по проблеме использования ИНС при ОП и ХП в человеческой популяции. Были исключены публикации до 1990 года, описания случаев заболевания (case reports), сообщения редколлегии (editorials) и статьи-комментарии (commentaries).

**Основные понятия.** ИНС являются математическими моделями, позволяющими, как правило, несколько лучше классифицировать объекты, чем стохастические модели [2, 9, 11]. Метод построения ИНС

базируется на некоторых принципах обработки информации в биологических системах. Основу каждой ИНС составляют относительно простые, в большинстве случаев однотипные элементы, имитирующие работу нейронов мозга. Каждый искусственный нейрон характеризуется своим текущим состоянием по аналогии с нервными клетками головного мозга, которые могут быть возбуждены или заторможены. Искусственный нейрон обладает группой «синапсов» — односторонних входных связей, соединенных с выходами других искусственных нейронов, а также имеет аксон — выходную связь данного нейрона, с которой сигнал (возбуждения или торможения) поступает на синапсы следующих искусственных нейронов [2]. Для ИНС характерен принцип параллельной обработки сигналов, который достигается путем объединения большого числа нейронов в так называемые слои и соединения определенным образом нейронов различных слоев. Сила синаптических связей модифицируется в процессе извлечения знаний из обучающего набора данных (режим обучения), а затем используется при получении результата на новых данных (режим исполнения) [9]. Нейронные сети позволяют принимать решения на основании выявляемых ими скрытых закономерностей в многомерных данных.

Нейронные сети нашли применение во многих областях человеческой деятельности, где они используются для решения многочисленных прикладных задач [9, 17]. В связи с бурным ростом технических возможностей современных компьютеров ИНС в настоящее время переживают очередной ренессанс [17]. Примеры использования компьютерного прогнозирования на основании технологии ИНС в медицине также являются достаточно многочисленными, в том числе в терапевтической и хирургической гастроэнтерологии [6, 14, 15, 21, 26, 28].

**Результаты. Поиск.** В ходе первоначального поиска были идентифицированы 349 работ по базе данных PubMed и 45 публикаций в базе данных eLibrary, из которых 11 соответствовали нашим критериям включения и исключения (рис. 1).

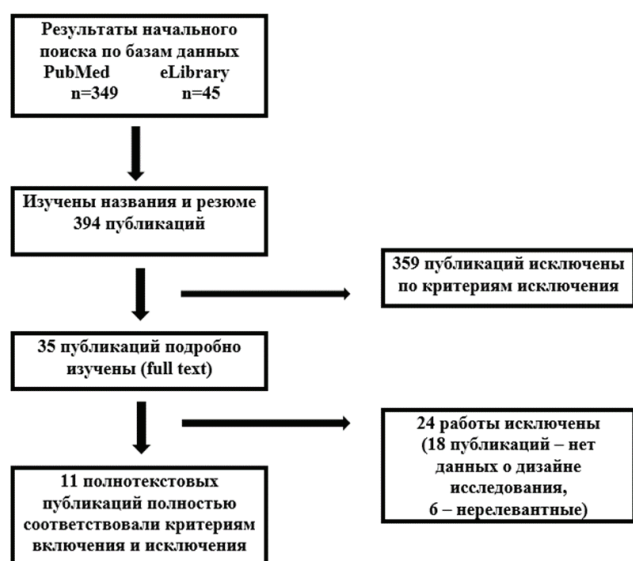


Рис. 1. Процесс отбора публикаций для анализа.

**Анализ.** Первую попытку прогнозирования степени тяжести ОП и обострения ХП на основе ИНС предприняли S. C. Kazmierczak et al. (1993) путем анализа активности панкреатических ферментов сыворотки крови [23]. Панкреатическая липаза оказалась лучшим прогностическим фактором тяжелого ОП, ее точность составила 82% (95% ДИ: 77–87). Точность прогнозирования при использовании значения амилазы сыворотки крови оказалась достаточно низкой — 76% (71–81), комбинация же таких показателей, как липаза и амилаза, не позволила достоверно увеличить точность созданной ИНС — прогностическая точность составила 84% (79–89).

В исследовании M. T. Keogan et al. (2002) нейросетевая модель была использована для предсказания длительности лечения ОП дольше средней, составившей 8,4 дня [24]. Поскольку большое количество (23) входных переменных относительно небольшого числа больных (n=92) создавало риск так называемого переобучения ИНС, число переменных было сокращено с помощью пошагового дискриминантного анализа с 23 до 6: дефицит жидкости; уровень креатинина в сыворотке крови; наличие тяжелого сопутствующего заболевания; артериальное давление; степень воспаления по данным КТ; уровень кальция сыворотки крови. Вышеперечисленные данные были подвергнуты нейросетевому и линейному дискриминантному анализу. ИНС показала наилучшую прогностическую точность (AUC=0,83±0,05<sup>1</sup>) по сравнению со шкалами Ranson (AUC=0,68±0,06; P<0,02) и Balthazar (AUC=0,62±0,06; P<0,003). Однако по сравнению с линейной дискриминантной функцией значимых различий в прогнозировании длительности лечения ОП выявлено не было (AUC=0,82±0,05; P=0,53). Недостатком данной модели ИНС и всего исследования было то, что она была обучена и протестирована на одном и том же наборе данных, поэтому полученные результаты должны быть проверены в других исследованиях.

K. I. Halonen et al. (2003) на основании ретроспективного анализа историй болезни 234 пациентов с тяжелым ОП разработали две прогностических модели для предсказания возможного летального исхода при панкреонекрозе [23]. В первой модели, названной «LR4», летальный исход прогнозировался методом логистической регрессии на основании анализа четырех показателей — возраста, наличия сердечно-сосудистой патологии, дыхательной недостаточности и наивысшего уровня креатинина крови в течение 72 часов с момента поступления. Во вторую модель на основе ИНС («ANN8») помимо вышеупомянутых переменных были включены еще четыре: необходимость вазопрессорной поддержки, пол, индекс массы тела и самый низкий уровень гемоглобина в течение первых 72 часов после госпитализации. Прогностическая точность различных моделей была сравнена при помощи ROC-анализа. Наибольшую прогностическую точность показали «LR4» (AUC=0,862) и «ANN8» (AUC=0,847). Остальные шкалы продемонстрировали следующие

<sup>1</sup> Здесь и далее указаны стандартные ошибки оценки AUC.

результаты в прогнозировании летального исхода при тяжелом ОП: шкала Glasgow —  $AUC=0,536$ , Ranson —  $AUC=0,655$ , MODS —  $AUC=0,781$  и APACHE II —  $AUC=0,817$ . Причем более простая модель «LR4», в состав которой входят четыре общепринятых показателя, имела самую высокую точность [25].

W. E. Pofahl et al. (1998) использовали ИНС для прогнозирования длительности пребывания больных панкреатитом в стационаре [31]. В своем исследовании они сравнили ИНС с системами Ranson, APACHE II по критериям чувствительности, специфичности, положительной прогностической значимости и точности. Входными признаками нейросети (входными нейронами) послужил 71 показатель клинических, лабораторных и инструментальных методов обследования, оцененный у 156 случайно отобранных больных при поступлении в стационар. Результаты на выходе из ИНС состояли из показателя «длительность пребывания в стационаре» с двумя возможными значениями « $\geq 7$  суток» (тяжелый ОП) и « $< 7$  суток» (нетяжелый ОП). Обученная ИНС была протестирована на 39 пациентах с ОП. Авторы приводят сведения о высокой чувствительности (75%), специфичности (81%) и точности (79%) ИНС в определении степени тяжести ОП, выявляемой по прогнозируемой длительности пребывания больных в стационаре [31].

В 2007 г. R. Mofidi et al. разработали нейросетевую модель для классификации тяжести ОП, прогнозирования органной недостаточности и летального исхода [22]. Для этого авторы провели ретроспективный анализ 664 историй болезни пациентов с ОП, в том числе 181 больного с тяжелым ОП (27,3%). Для разработки ИНС использован многослойный перцептрон (четыре слоя, два из них невидимых промежуточных слоя) с обратным распространением ошибки. 60% данных выделены для обучения ИНС, 15% — тестирования, 25% — валидации. Предварительно была снижена размерность признаков пространства с 29 до 10 признаков. В итоге разработанная ИНС базировалась на 10 клинических параметрах (возраст, наличие артериальной гипотензии, двух и более признаков синдрома системной воспалительной реакции, уровень  $PaO_2$ , лактатдегидрогеназы, глюкозы, мочевины, кальция, гематокрита и число лейкоцитов крови), определенных при госпитализации и через 48 часов. Эта модель показала существенно лучшие результаты, чем системы APACHE II и Glasgow: ИНС была более точной, чем APACHE II и Glasgow при прогнозировании тяжелого ОП ( $P<0,05$  и  $P<0,01$ , соответственно), предсказании развития полиорганной недостаточности ( $P<0,05$  и  $P<0,01$ ) и при прогнозировании летального исхода ( $P<0,05$ ). Данная работа отличается от рассмотренных выше включением большого количества больных ( $n=664$ ), а также тем, что обучение и валидация были выполнены на разных группах пациентов. Не менее важным преимуществом является то, что все десять входных переменных являются доступными для дежурного врача в пределах первых 6 часов после госпитализации.

B. Andersson et al. (2011) провели исследование, целью которого явились разработка и проверка эффективности модели ИНС для раннего прогнозирования тяжести ОП [27]. Авторы провели ретроспективный анализ результатов лечения 208 пациентов с ОП (с 2002 по 2005 г.,  $n=139$ , с 2007 по 2009 г.,  $n=69$ ). Тяжесть ОП определялась в соответствии с критериями, предложенными на конференции по ОП в Атланте. Из 23 потенциальных показателей тяжести ОП авторы с помощью ИНС отобрали шесть наиболее информативных критериев: продолжительность болевого приступа, уровень креатинина крови, гемоглобин, аланинаминотрансфераза, частота сердечных сокращений и лейкоциты крови. Площадь под ROC-кривой у нейросетевой модели составила 0,92 (95% ДИ: 0,85–0,99), 0,84 (0,76–0,92) — у логистической регрессии ( $P=0,030$ ,  $\chi^2$ ) и 0,63 (0,50–0,76) — при оценке тяжести ОП с помощью APACHE II ( $P<0,001$ ,  $\chi^2$ ). Авторы заключили, что разработанная ими ИНС на основании полученных при поступлении пациента в стационар данных является достаточно точной для прогнозирования тяжести ОП [27].

П. И. Миронов с соавт. (2011) также оценили возможности ИНС в определении тяжести состояния и прогнозировании исходов ОП [10]. В исследование были включены 100 пациентов с тяжелым ОП, находившихся под наблюдением авторов с 2004 по 2010 г. Для построения ИНС были выбраны 33 параметра по 5 категориям (демографические данные, физиологические переменные, лабораторные тесты, временные переменные, исходы заболевания). Впоследствии количество входных данных было уменьшено путем пошагового логистического регрессионного анализа до 6. Использовались стандартные трехслойные перцептроны с соединением каждого из скрытых и выходных нейронов со всеми элементами предыдущего слоя. Нейронные сети были обучены на всех случаях из базы данных с использованием алгоритма обратного распространения ошибки. Авторами заключено, что предиктивная способность ИНС ( $AUC=0,83\pm 0,04$ ) в ранней идентификации группы пациентов, угрожаемых по развитию тяжелого ОП, существенно ( $P<0,001$ ,  $\chi^2$ ) превосходит возможности оценочных систем Ranson ( $AUC=0,55\pm 0,06$ ), Glasgow ( $AUC=0,58\pm 0,06$ ), ТФС ( $AUC=0,53\pm 0,06$ ), APACHE II ( $AUC=0,58\pm 0,06$ ) и критериев УЗИ/КТ ( $AUC=0,68\pm 0,06$ ). При прогнозировании риска развития летального исхода авторами выявлено, что площадь под ROC-кривой для ИНС равнялась  $0,83\pm 0,04$ , шкалы Ranson —  $0,55\pm 0,06$ , Glasgow —  $0,58\pm 0,06$ , ТФС —  $0,53\pm 0,06$ , APACHE II —  $0,58\pm 0,06$ , SOFA —  $0,72\pm 0,05$  и критериев УЗИ/КТ —  $0,68\pm 0,06$ . Прогностическая ценность ИНС при определении риска развития летального исхода оказалась выше всех остальных систем ( $P<0,001$  для шкал Ranson, Glasgow, ТФС, APACHE II,  $P=0,033$  для критериев УЗИ/КТ,  $P=0,046$  для шкалы SOFA) [10].

А. А. Литвин с соавт. (2012) разработали систему прогнозирования инфицированного панкреонекроза на основании данных обследования, полученных в первые сутки после поступления больного с ОП в стационар [6]. Для этого использованы

ретроспективные клинические, лабораторные и инструментальные данные 398 больных, находившихся на лечении с 1995 по 2005 г. Выборка из 398 объектов разделена произвольным образом на две группы: объекты первой группы использовались для обучения ИНС (298 примеров); объекты второй группы использовались для тестирования обученной ИНС (100 примеров). В целях определения валидности разработанной системы прогнозирования произведен анализ исходов в экзаменационной выборке из 128 больных с тяжелым ОП, наблюдавшихся в 2006–2008 гг. С помощью генетического алгоритма отбора признаков авторами были выделены 12 наиболее информативных признаков возможного развития инфекционных осложнений панкреонекроза: 1) время от начала заболевания до госпитализации в стационар; 2) «ранние» операции в анамнезе у больных; 3) выраженный болевой синдром (купирующийся наркотическими анальгетиками); 4) индекс массы тела; 5) частота сердечных сокращений; 6) частота дыхания; 7) острые жидкостные скопления (по данным УЗИ и КТ) или пальпируемый инфильтрат; 8) вздутие живота (по клиническим данным); 9) число палочкоядерных форм лейкоцитов крови; 10) уровень глюкозы; 11) уровень мочевины сыворотки крови; 12) эффект от интенсивной комплексной терапии в течение 24 часов госпитализации [6].

Разработанная компьютерная программа показала достаточно высокую прогностическую способность в отношении инфицированного панкреонекроза на выборке больных с тяжелым ОП: чувствительность — 85,5% (95% ДИ: 73,3–93,5), специфичность — 91,8% (83,0–96,9). Данная система явилась более точной, чем сравниваемые шкалы для определения риска инфекционных осложнений тяжелого ОП: различия с М-АРАСНЕ II и шкалой Д. А. Тагановича обнаружены с  $P=0,005$ , Z-критерий, со шкалой С. И. Третьяка с соавт. —  $P=0,003$ , Z-критерий [6].

Те же авторы также разработали систему диагностики инфицированного панкреонекроза, использующуюся в процессе динамического наблюдения за пациентами с тяжелым ОП для выявления перехода стерильного панкреонекроза в инфицированный. С помощью ИНС были выделены 14 признаков, которые при использовании в качестве входных параметров ИНС позволяют с высокой вероятностью провести диагностику инфекционных осложнений панкреонекроза. В число информативных показателей вошли традиционные клинические исследования («время от начала заболевания», «ранние операции в анамнезе», «стационарное лечение ОП в анамнезе», «индекс массы тела», «температура тела», «частота сердечных сокращений», «частота дыхания», «вздутие живота», «эффект от консервативного лечения в течение 24 часов»); лабораторные показатели («лейкоциты крови», «СОЭ», «число палочкоядерных форм лейкоцитов», «глюкоза сыворотки крови») и инструментальные данные («наличие инфильтрата или жидкостных скоплений»). ИНС продемонстрировала очень хорошее

качество диагностической модели в распознавании инфицированного панкреонекроза — площадь под ROC-кривой составила 0,854 (95% ДИ: 0,791–0,917). ИНС в исследуемой выборке больных продемонстрировала чувствительность 81,8% (75,3–88,3), специфичность — 89,0% (83,5–94,5). При сравнительном изучении диагностических возможностей ИНС с М-АРАСНЕ II, Infection Probability Score и ССВР 3–4 выявлены статистически значимые различия —  $P=0,03$ ,  $P=0,001$  и  $P=0,005$  (Z-критерий) соответственно [6].

Hong Wan-dong et al. (2013) разработали СППР на основе ИНС для прогнозирования персистирующей (более 48 часов) органной недостаточности у пациентов с ОП [32]. Выборка включала 312 пациентов с ОП, в результате факторного анализа были отобраны 13 наиболее информативных в первые сутки от момента поступления в стационар показателей. Конечная трехслойная ИНС (5–5–1) с пятью входными параметрами: возраст, гематокрит, глюкоза крови, мочевины, кальций была обучена на 312 примерах. Чувствительность обученной сети составила 81,3%, специфичность — 98,9%, точность — 96,2%. Прогностическая точность у созданной ИНС ( $AUC=0,96\pm 0,02$ ) была статистически значимо лучше, чем построенной модели на основании логистической регрессии ( $AUC=0,88\pm 0,03$ ,  $P<0,001$ ,  $\chi^2$ ) и АРАСНЕ II ( $AUC=0,83\pm 0,03$ ,  $P<0,001$ ,  $\chi^2$ ). Авторы делают вывод, что созданная ИНС может быть полезной для прогнозирования развития персистирующей органной недостаточности у пациентов с ОП [32].

И. И. Лутфарахманов с соавт. (2016) сравнили дискриминационную способность ИНС с возможностями шкал SOFA, RISSC и АРАСНЕ для прогнозирования случаев абдоминального сепсиса у пациентов с панкреатитом. Площади под кривой операционных характеристик составили для модели нейронной сети —  $0,79\pm 0,04$ ; шкалы SOFA —  $0,76\pm 0,05$ ;  $p=0,032$ , шкалы АРАСНЕ II —  $0,67\pm 0,05$ ;  $p=0,036$ , шкалы RISSC —  $0,60\pm 0,06$ ;  $p=0,001$ . По заключению авторов модель ИНС позволила с высокой эффективностью прогнозировать развитие абдоминального сепсиса у больных с тяжелым ОП [8].

Y. Fei et al. (2017) использовали ИНС для прогнозирования развития тромбоза воротной вены у пациентов с панкреатитом. ИНС оказалась более точной в прогнозировании тромбоза воротной вены по сравнению с методом логистической регрессии. Площадь под ROC-кривой составила 0,849 (95% ДИ: 0,807–0,901) у ИНС, при использовании логистической регрессии —  $AUC=0,716$  (95% ДИ: 0,679–0,761) [16].

**Обсуждение.** ИНС используются для диагностики и лечения пациентов с воспалительными заболеваниями ПЖ почти 25 лет. Сначала была разработана ИНС для определения информативности лабораторных показателей в диагностике ОП и обострения ХП [23]. В последующем, основным направлением исследований явилось прогнозирование в начале заболевания тяжести ОП с выделением больных, у которых в последующем будет диагностирован нетяжелый ОП (mild acute pancreatitis) или

тяжелый ОП (severe acute pancreatitis). При этом определение тяжести ОП сначала проводилось косвенно через длительность нахождения больных в стационаре [24, 31], вероятность летального исхода [25]. В последующем исследователями была использована классификация ОП «Атланта-1992» с прогнозированием, в первую очередь, тяжелого ОП [10, 22, 27]. ИНС были также применены для предсказания возможного развития инфекционных осложнений ОП с целью их своевременной профилактики, а также для диагностики перехода стерильного панкреонекроза в инфицированный панкреонекроз с целью коррекции лечения [6].

В последние годы произошло улучшение прогностической точности ИНС при ОП и обострении ХП по сравнению с традиционными шкалами (Ranson, Glasgow), шкалами тяжести физиологического состояния пациентов (APACHE II). Если в первых публикациях по использованию ИНС указанные сети не продемонстрировали значимых различий с традиционными шкалами [23–25, 31], то в последующем все авторы отметили прогностическое превосходство ИНС [6, 8, 10, 16, 22, 27, 32].

Вместе с тем все приведенные исследования по использованию ИНС в неотложной панкреатологии имеют определенные недостатки и ограничения. Во-первых, данные всех исследований оценивались

ретроспективно, что могло привести к известным смещениям в результатах. Во-вторых, данные получались в больницах различного уровня, что ставит под сомнение вопрос воспроизводимости методики на основании данных других клиник. В-третьих, размер выборки в большинстве исследований был недостаточным для проведения обучения и тестирования ИНС, не во всех исследованиях обучение и тестирование ИНС осуществлялось на разных выборках пациентов. Наконец, разработка проблемы панкреатита сильно сопряжена с появлением различных вмешивающихся факторов (конфаундеров), связанных в основном с многопричинностью развития воспалительных заболеваний ПЖ, выраженной гетерогенностью выборок пациентов с ОП и ХП. Оценить степень влияния на конечный результат различных вмешивающихся факторов обычно крайне сложно [19, 30].

**Заключение.** Разработка и внедрение интеллектуальных СППР на основе использования ИНС является перспективным направлением улучшения прогнозирования, диагностики ОП и ХП и их осложнений. Вместе с тем, необходимы дальнейшее совершенствование ИНС с учетом недостатков предыдущих исследований, разработка простых, точных и максимально приближенных к рабочему месту врача-специалиста компьютерных систем поддержки решений в диагностике и лечении заболеваний ПЖ.

#### Литература:

1. Андрейчиков А. В. Интеллектуальные информационные системы / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. — М. : Финансы и статистика, 2006.
2. Боровиков В. П. Нейронные сети. Statistica Neural Networks: методология и технологии современного анализа данных / В. П. Боровиков. — М. : Горячая линия Телеком, 2008.
3. Диагностика и лечение острого панкреатита / А. С. Ермолов, П. А. Иванов, Д. А. Благовестнов, А. А. Гришин. — М. : «ВИДАР», 2013.
4. Кобринский Б. А. Медицинская информатика / Б. А. Кобринский, Т. В. Зарубина. — М. : Академия, 2009.
5. Кобринский Б. А. Системы поддержки принятия решений в здравоохранении и обучении / Б. А. Кобринский // Врач и информационные технологии. — 2010. — № 2. — С. 39–45.
6. Литвин А. А. Система поддержки принятия решений в прогнозировании и диагностике инфицированного панкреонекроза / А. А. Литвин, О. Г. Жариков, В. А. Ковалев // Врач и информационные технологии. — 2012. — № 2. — С. 54–63.
7. Литвин А. А. Системы поддержки принятия решений в хирургии / А. А. Литвин, В. А. Литвин // Новости хирургии. — 2014. — № 1. — С. 96–100.
8. Лutfарахманов И. И. Современные пути прогнозирования развития сепсиса у больных тяжелым острым панкреатитом / И. И. Лutfарахманов, П. И. Миронов // Практическая медицина. — 2016. — № 5/97. — С. 21–24.
9. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский ; пер. с польск. — М. : Финансы и статистика, 2004.
10. Прогнозирование течения и исходов тяжелого острого панкреатита / П. И. Миронов, О. И. Медведев, И. Х. Ишмухаметов, Р. Д. Булатов // Фундаментальные исследования. — 2011. — № 10. — С. 319–323.
11. Реброва О. Ю. Нейросетевой алгоритм диагностики патогенетических подтипов ишемического инсульта / О. Ю. Реброва, М. Ю. Максимова, М. А. Пирадов // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. Инсульт (Приложение). — 2004. — № 12. — С. 23–28.
12. Симанков В. С. Системный анализ и современные информационные технологии в медицинских системах поддержки принятия решений / В. С. Симанков, А. А. Халафян. — М. : Бином, 2009.
13. Чубукова И. А. Data Mining / И. А. Чубукова. — М. : БИНОМ, 2008.
14. Applying data mining techniques in the development of a diagnostics questionnaire for GERD / N. Horowitz, M. Moshkowitz, Z. Halpern, M. Leshno // Dig. Dis. Sci. — 2007. — Vol. 52, No 8. — P. 1871–1878.
15. Artificial neural networks in pancreatic disease / A. Bartosch-Härlid, B. Andersson, U. Aho [et al.] // Br. J. Surg. — 2008. — Vol. 95, No 7. — P. 817–826.
16. Artificial neural networks predict the incidence of portosplenomesenteric venous thrombosis in patients with acute pancreatitis / Y. Fei, J. Hu, W. Q. Li [et al.] // J. Thromb. Haemost. — 2017. — Vol. 15, No 3. — P. 439–445.
17. Baskin I. I. A renaissance of neural networks in drug discovery / I. I. Baskin, D. Winkler, I. V. Tetko // Expert Opin. Drug Discov. — 2016. — Vol. 11, No 8. — P. 785–795.
18. Beger H. G. Acute pancreatitis: research and clinical management / H. G. Beger, M. Büchler. — Springer Science & Business Media, 2012.
19. Clinical decision support systems for improving diagnostic accuracy and achieving precision medicine /

- C. Castaneda, K. Nalley, C. Mannion [et al.] // *J. Clin. Bioinform.* — 2015. — Vol. 5. — P. 4.
20. Greenes R. A. Clinical decision support: the road ahead / R. A. Greenes. — Amsterdam ; Boston : Elsevier, 2007.
21. Grossi E. International experience on the use of artificial neural networks in gastroenterology / E. Grossi, A. Mancini, M. Buscema // *Dig. Liver Dis.* — 2007. — Vol. 39, No 3. — P. 278–285.
22. Identification of severe acute pancreatitis using an artificial neural network / R. Mofidi, M. D. Duff, K. K. Madhavan [et al.] // *Surgery.* — 2007. — Vol. 141, No 1. — P. 59–66.
23. Kazmierczak S. C. Diagnostic accuracy of pancreatic enzymes evaluated by use of multivariate data analysis / S. C. Kazmierczak, P. G. Catrou, F. Van Lente // *Clin. Chem.* — 1993. — Vol. 39, No 9. — P. 1960–1965.
24. Outcome analysis of patients with acute pancreatitis by using an artificial neural network / M. T. Keogan, J. Y. Lo, K. S. Freed [et al.] // *Acad. Radiol.* — 2002. — Vol. 9, No 4. — P. 410–419.
25. Predicting fatal outcome in the early phase of severe acute pancreatitis by using novel prognostic models / K. I. Halonen, A. K. Leppäniemi, J. E. Lundin [et al.] // *Pancreatol.* — 2003. — Vol. 3, No 4. — P. 309–315.
26. Prediction of clinical outcomes using artificial neural networks for patients with acute biliary pancreatitis /

- O. Yoldaş, M. Koç, N. Karaköse [et al.] // *Pancreas.* — 2008. — Vol. 36, No 1. — P. 90–92.
27. Prediction of severe acute pancreatitis at admission to hospital using artificial neural networks / B. Andersson, R. Andersson, M. Ohlsson, J. Nilsson // *Pancreatol.* — 2011. — Vol. 11, No 3. — P. 328–335.
28. Prediction of successful weight reduction after bariatric surgery by data mining technologies / Y. C. Lee, W. J. Lee, T. S. Lee [et al.] // *Obesity Surg.* — 2007. — Vol. 17, No 9. — P. 1235–1241.
29. The pancreas: an integrated textbook of basic science, medicine, and surgery / H. G. Beger, A. L. Warshaw, M. W. Büchler [et al.]. — John Wiley and Sons Ltd., 2009.
30. The use of intelligent database systems in acute pancreatitis — a systematic review / M. van den Heever, A. Mittal, M. Haydock, J. Windsor // *Pancreatol.* — 2014. — Vol. 14, No 1. — P. 9–16.
31. Use of an artificial neural network to predict length of stay in acute pancreatitis / W. E. Pofahl, S. M. Walczak, E. Rhone, S. D. Izenberg // *Am. Surg.* — 1998. — Vol. 64, No 9. — P. 868–872.
32. Use of an artificial neural network to predict persistent organ failure in patients with acute pancreatitis / W. D. Hong, X. R. Chen, S. Q. Jin [et al.] // *Clinics (Sao Paulo).* — 2013. — Vol. 68, No 1. — P. 27–31.

УДК 616.37-002-07

**RU** **Интеллектуальные медицинские системы в диагностике и лечении воспалительных заболеваний поджелудочной железы (систематический обзор)**

**А. А. Литвин**

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы поддержки принятия решений, искусственные нейронные сети, острый и хронический панкреатит, диагностика, лечение

Статья является систематическим обзором литературы об использовании интеллектуальных медицинских систем в диагностике и лечении воспалительных заболеваний поджелудочной железы. Автор приводит современные литературные данные об эффективности различных систем поддержки принятия решений на основе искусственных нейронных сетей для определения степени тяжести, диагностики, прогнозирования исходов панкреатита и его осложнений.

УДК 616.37-002-07

**UA** **Інтелектуальні медичні системи в діагностиці та лікуванні запальних захворювань підшлункової залози (систематичний огляд)**

**А. А. Литвин**

Балтійський федеральний університет ім. І. Канта, Калінінград, Росія

**Ключові слова:** інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень, штучні нейронні мережі, гострий і хронічний панкреатит, діагностика, лікування

Стаття є систематичним оглядом літератури про використання інтелектуальних медичних систем в діагностиці та лікуванні запальних захворювань підшлункової залози. Автор наводить сучасні літературні дані про ефективність різних систем підтримки прийняття рішень на основі штучних нейронних мереж для визначення ступеня тяжкості, діагностики, прогнозування наслідків панкреатиту та його ускладнень.

**EN** **Intelligent medical systems in diagnosing and treating inflammatory diseases of the pancreas (systematic review)**

**A. A. Litvin**

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

**Key words:** intelligent decision support system, artificial neural networks, acute and chronic pancreatitis, diagnostics, treatment

This paper is a systematic review of the literature on the use of intelligent medical systems in the diagnosis and treatment of acute inflammatory pancreatic diseases. The author provides modern literature data on the efficacy of decision support systems based on artificial neural networks to determine the severity, diagnosis and outcome prognosis of pancreatitis and complications.