

**СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ХИРУРГИИ**

У «Гомельская областная клиническая больница»<sup>1</sup>,  
УО «Гомельский государственный медицинский университет»<sup>2</sup>,  
Белорусский государственный университет<sup>3</sup>, г. Минск,  
Республика Беларусь

В статье представлен обзор литературы по использованию систем поддержки принятия решений (СППР) в хирургии. СППР – это компьютерные системы, которые путем сбора и анализа большого количества информации могут эффективно влиять на процессы принятия решений. Проблема обеспечения компьютерной поддержки принятия решений в медицине является актуальной в связи с возрастающей информационной нагрузкой на врача, развитием компьютерных технологий. В хирургии при принятии медицинских решений характерны дефицит времени, высокая динамика течения заболеваний, высокая цена врачебной ошибки и др.

СППР состоит из следующих компьютеризированных процедур: сбор, обработка, анализ медицинской информации, математическое моделирование, выработка альтернатив и выбор наиболее оптимального метода диагностики или лечения. В настоящее время в клинической практике выделяются ассистирующие СППР, в обучении и повышении квалификации – тестирующие и оппонирующие СППР, в научных исследованиях – аналитические СППР.

СППР в хирургии могут использоваться для дифференциальной диагностики и выбора лечения, оценки эффективности лечения, анализа динамики патологического процесса, оценки состояния больного в режиме реального времени. Компьютерные медицинские системы позволяют врачу-хирургу не только проверить собственные прогнозные и диагностические предположения, но и использовать технологии искусственного интеллекта в сложных клинических случаях.

*Ключевые слова: клинические системы поддержки принятия решений, компьютер-ассистированное принятие решений в хирургии, медицинская информатика, экспертные системы*

This article presents a literature review of decision support systems (DSS) use for surgery. A decision support system (DSS) is a computer-based information system that collects, organizes and analyzes the large amounts of clinical data and medical knowledge that can effectively influence on the decision-making processes to generate case-specific advice. The problem of providing computer support decision-making in medicine is thought to be actual due to the increasing information load on the physician and the development of computer technology. In surgery while making medical decisions the lack of time, high dynamics of disease course, high price of medical errors, etc are considered to be specific.

DSS consists of the following computerized procedures: collection, processing, analysis of medical data, mathematical modeling, elaboration of alternatives and selection of the optimal method of diagnosis or treatment. Currently the assisting DSS in clinical practice, the test and opposing DSS in training and advanced training, analytical DSS in the scientific researches have been singled out.

DSS in surgery can be used as a source of medical knowledge for decision making in a diagnosis or treatment process to assist the physician in the diagnostic decision-making process, evaluate the effectiveness of treatment, analysis of the pathological process dynamics, assess of a patient's condition in real-time regime. Medical computer systems permit surgeons not only to test their own predictive and diagnostic assumptions, but to use artificial intelligence technologies in complex clinical situations.

*Keywords: clinical decision support systems, computer-assisted decision-making in surgery, medical informatics, expert systems*

**Novosti Khirurgii. 2014 Jan-Feb; Vol 22 (1): 96-100**

**Clinical decision support systems for surgery**

**A.A. Litvin, V.A. Litvin**

В настоящее время исследователи особое внимание уделяют использованию в сложных аналитических случаях систем поддержки принятия решений (СППР) или Decision Support System (DSS). СППР – это компьютерная система, которая путем сбора и анализа большого количества информации может влиять на процессы принятия решений в различных областях человеческой деятельности [1, 2].

Известно, что при принятии каких-либо медицинских решений проблемами могут являться недостаточность знаний, ограниченность временных ресурсов, отсутствие возможности привлечения большого числа компетентных экспертов, неполнота информации о состоянии пациента [3]. Принятие верных решений в медицине обычно затруднено в связи с множественностью факторов и признаков

большинства заболеваний, их взаимодействий. На общее состояние пациента могут оказывать влияние определенные факторы не только по отдельности, но и в определенных сочетаниях значений. Принятие решений в медицине непосредственно связано со здоровьем и жизнью человека, поэтому полученные в медицинской СППР решения должны быть максимально достоверными. Обработать большое количество информации и выявить определенные закономерности врачу-клиницисту зачастую не под силу. Справиться с этим может помочь современная вычислительная техника с соответствующим программным обеспечением [3, 4, 5, 6].

В хирургии при принятии медицинских решений еще более характерны дефицит времени на принятие решения, неполнота данных о клинических проявлениях и анамнезе заболевания, высокая динамика течения заболеваний, изменчивость заболеваний и появление новых, высокая цена врачебной ошибки. Перед принятием решения врач-хирург на основе анализа большого количества факторов, опираясь на свои знания и предшествующий опыт должен зачастую мгновенно принять решение об оптимальной тактике хирургического лечения, во время хирургического вмешательства — о способе оперативного пособия и завершения операции [7]. Поэтому с развитием и совершенствованием информационных технологий актуальной является проблема обеспечения компьютерной поддержки принятия решений в хирургии.

**Цель** данной статьи — предоставить современные возможности использования СППР в хирургии.

В целом, процесс принятия медицинских решений можно представить в виде цикла, состоящего из последовательных, следующих друг за другом процедур. Первые три процедуры реализуют сбор, обработку и анализ медицинской информации. Четвертая процедура — это поддержка принятия решения, включающая концептуальное или математическое моделирование, выработку альтернатив и выбор тех, которые в наибольшей степени удовлетворяют поставленным целям, что означает выбор наиболее оптимального варианта лечения больного. Пятая и шестая процедуры включают выбор совокупности наиболее эффективных медицинских мероприятий и их реализацию. После чего цикл замыкается и начинается вновь сбор информации и т. д. [3]. Для процесса принятия решений в хирургии характерны такие же этапы.

Теоретические исследования в области разработки первых СППР проводились в тех-

нологическом институте Карнеги в конце 50-х начале 60-х годов XX века. Объединить теорию с практикой удалось специалистам из Массачусетского технологического института в 60-х годах прошлого века. Использование систем поддержки принятия решений в клинической медицине началось в 70-х годах XX века [8]. Первая клиническая реализация методов биомедицинской информатики в виде компьютерной системы поддержки принятия решений была отмечена в 1971 году, когда ученые из Лидского университета (Великобритания) автоматизировали диагностику острой боли в животе [9]. В 1974 году была создана компьютерная система под названием INTERNIST-I для помощи в установлении диагноза в сложных клинических случаях. Это были первые попытки клинического использования биомедицинских информационных систем. С того времени произошла существенная эволюция в развитии компьютерных диагностических систем поддержки принятия решений во всех областях медицины и хирургии, в первую очередь с привлечением возможностей искусственного интеллекта [8, 10]. Системы искусственного интеллекта отличаются от обычных компьютерных программ тем, что они оперируют не данными, а знаниями. Второе отличие состоит в том, что для обычных программ всегда программируется тот или иной результат, который должна выдать программа при определенных данных, а система искусственного интеллекта способна сама выработать решения на основе проведенного обучения определенным знаниям [10].

В диагностике хирургических заболеваний, в первую очередь, использовались современные возможности компьютерной обработки и анализа цифровых (рентгенография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография) изображений. В исследовании, проведенном В. Van Ginneken et al. [11], приведено более 150 публикаций по автоматизированному диагнозу при рентгенографии грудной клетки. W. Chen et al. [12] разработали и внедрили в клиническую практику компьютерную диагностическую систему, которая автоматически анализирует КТ головного мозга пациентов с черепно-мозговой травмой. Эта система дополнительно автоматически оценивает уровень внутричерепного давления в головном мозге. В другом исследовании, Р. Davaluri et al. [13] разработали и применили компьютерную систему принятия решений у пострадавших с повреждениями таза. В литературном обзоре основных радиологических систем поддержки принятия решений, используемых в медицине в течение последних 40

лет S.M. Stivaros et al. [14] отметили необходимость более широкого использования СППР в клинической работе и важность приближения следующего поколения СППР к рутинному практическому применению.

Одним из наиболее активных направлений исследований в области биомедицинской информатики и систем поддержки принятия решений является интенсивная терапия и экстренная хирургическая помощь. Для пациентов, нуждающихся в неотложной медицинской помощи, очень важно, чтобы диагностика и лечение проводились своевременно. Автоматизированные системы поддержки принятия решений играют жизненно важную роль в сокращении времени диагностики, повышении эффективности распределения ресурсов, и снижении смертности пациентов. S.Y. Ji et al. [15] провели сравнительный анализ эффективности компьютерных систем принятия решений у пациентов с тяжелой сочетанной травмой. Клиническое использование ССПР, созданной M. Frize et al. [16], позволило значительно улучшить выживаемость пациентов в отделениях интенсивной терапии. A.X. Garg et al. [17] выполнили систематический обзор литературы по современным медицинским СППР, используемых в интенсивной терапии для принятия решения о начале (38 исследований), продолжении (23) или прекращении (3) того или иного лечебного пособия. По данным авторов, использование системы для принятия решения о начале терапии продемонстрировало статистически значимое улучшение в результатах лечения в пользу СППР. СППР также оказались эффективными для мониторинга терапии с помощью используемых лабораторных тестов. Однако ни в одном из исследований, касающихся прекращения терапии с помощью СППР, не было выявлено статистически значимых различий в эффективности обычного и интеллектуального подходов.

СППР нашли широкое применение в сердечно-сосудистой хирургии. K. Polat et al. [18] создана компьютерная система диагностики, которая автоматически определяет и классифицирует аритмии путем анализа электрокардиографических сигналов. Авторы отмечают 100% точность выявления и классификации аритмий в исследуемой выборке пациентов. S. Shandilya et al. [19] представили свои работы по проектированию и разработке СППР для анализа эффективности автоматической дефибрилляции при возникновении фибрилляции желудочков.

В систематическом обзоре, выполненном P.J. Lisboa и A.F. Taktak [20], представлены современные данные об эффективности

СППР в диагностике и лечении рака. В частности, в обзоре идет речь о тех исследованиях, в которых из методов интеллектуального анализа данных применялись искусственные нейронные сети. При анализе результатов 27 рандомизированных контролируемых испытаний выявлено, что в 21 исследовании отмечены преимущества использования СППР на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) в диагностике и лечении онкологических пациентов, в остальных шести исследованиях такие преимущества не выявлены.

СППР получили определенное распространение в экстренной абдоминальной хирургии. Так, А.А. Егоровым и В.С. Микшиной [7] была разработана СППР для определения возможных исходов и способов завершения операции по поводу перитонита. Известно, что хирургическое вмешательство по поводу перитонита может быть завершено тремя способами: 1) ушивание лапаротомной раны «наглухо»; 2) лапаростомия; 3) программируемая релапаротомия. Принятие решения о способе завершения операции у пациентов с перитонитом обычно затруднено из-за сложности прогнозирования дальнейшего течения этого заболевания. Хирургическое лечение пациента с перитонитом может закончиться тремя исходами: 1) летальным исходом (неблагоприятный исход); 2) повторным хирургическим вмешательством (благоприятный исход); 3) выздоровлением (благоприятный исход). Этими авторами показано, что для решения задачи о выборе способа завершения операции по поводу перитонита может быть применена СППР на основе искусственных нейронных сетей. Проценты верных отнесений в модели на основе ИНС составили 74% [7].

В 2007 г. R. Mofidi et al. [21] разработали СППР для классификации тяжести острого панкреатита (ОП), прогнозирования летального исхода, которая базировалась на 10 клинических параметрах (возраст, наличие гипотензии, двух и более признаков SIRS, уровне  $PaO_2$ , ЛДГ, глюкозы, мочевины, кальция, гематокрита и числа лейкоцитов крови), определенных при госпитализации и через 48 часов после поступления в стационар. Эта модель показала существенно лучшие результаты, чем системы APACHE II и Glasgow. В данной работе проведен анализ чувствительности для отбора входных параметров сети с большей прогностической информативностью. В исследовании включено достаточно большое количество пациентов с ОП (n=664): обучение и валидизация ИНС были выполнены на различных 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.

В. Andersson et al. [22] провели исследование, целью которого явилось разработка и проверка эффективности СППР на основе ИНС для раннего прогнозирования тяжести острого панкреатита. 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 острому панкреатиту в Атланте. Из 23 потенциальных показателей тяжести ОП авторы с помощью ИНС отобрали шесть наиболее информативных критериев: продолжительность болевого приступа, уровень креатинина крови, гемоглобин, АЛТ, частота сердечных сокращений и лейкоциты крови. Архитектура ИНС следующая: шесть входных нейронов, один скрытый промежуточный слой, один выходной нейрон (показатель — тяжелый острый панкреатит). Площадь под ROC-кривой операционных характеристик у нейросетевой модели составила 0,92, у логистической регрессии — 0,84 ( $p=0,030$ ) и 0,63 — при оценке тяжести острого панкреатита с помощью APACHE II ( $p<0,001$ ). Количество правильно классифицированных пациентов с тяжелым острым панкреатитом была значительно выше при использовании ИНС, чем логистической регрессии ( $p=0,002$ ) и APACHE II ( $p<0,001$ ). Авторы заключили, что СППР на основе ИНС из шести признаков, полученных на момент поступления пациента в стационар, является достаточно точной для прогнозирования тяжести ОП [22].

П.И. Миронов и соавт. [23] также оценили возможности искусственных нейронных сетей в определении тяжести состояния и прогнозировании исходов острого панкреатита. В исследование были включены 100 пациентов с тяжелым острым панкреатитом, находившихся под наблюдением авторов с 2004 по 2010 гг. Для построения искусственной нейронной сети были выбраны тридцать три 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 и протестированы на всех случаях из базы данных с использованием алгоритма обратного распространения ошибки. Параметры нейронных сетей, такие как скорость обучения, число обучающих повторений, константы момента и число скрытых откликов были выбраны авторами эмпирически. Обучение нейронных сетей прекращалось, когда индекс площади под кривой операционных характеристик был максимальным для всех случаев. Авторами заключено, что предиктивная способность ИНС в ранней идентификации группы пациентов, угрожаемых по развитию тяжелого острого панкреатита, существенно превосходит возможности оценочных систем (Ranson, Glasgow, ТФС, APACHE II, критериев Balthazar). Дискриминационная способность искусственных нейронных сетей в оценке риска развития летального исхода у пациентов с панкреонекрозом достоверно выше, чем у шкал Ranson, Glasgow, ТФС, APACHE II, SOFA и критериев Balthazar. При прогнозировании длительности течения синдромов органной дисфункции у пациентов с тяжелым острым панкреатитом информационная ценность ИНС и шкалы SOFA сопоставима [23].

Н.А. Корневский с соавт. [24] разработали и использовали СППР для управления процессами принятия решений при ведении пациентов с острым холециститом. По данным авторов, применение предложенной СППР позволяет снизить риск развития и обострения заболеваний желчного пузыря, а также вырабатывать рациональные схемы проведения лечебных мероприятий, повышая эффективность лечения острого холецистита. Статистическая проверка точности правил принятия решений о степени тяжести острого холецистита превысила уровень 0,95.

Итак, в настоящее время в медицине в целом и в хирургии, в частности, накоплен достаточно большой опыт эффективного использования СППР. Это позволило выделить следующие типы систем поддержки принятия решений в соответствии с направлениями их применения: в клинической практике — ассистирующие; в обучении и повышении квалификации — тестирующие и оппонирующие; в научных исследованиях — для решения задач анализа и оценки ситуации [25]. Особенно хорошо СППР себя зарекомендовали в экспериментальной и клинической хирургии для выполнения следующих функций: дифференциальная диагностика и выбор лечения; оценка эффективности решений вне зависимости от выраженности клинических проявлений болезни; учет фоновых состояний (сопутствующих заболеваний); анализ динамики патологи-

ческого процесса; оценка состояния больного в режиме реального времени. В целом, компьютерные медицинские системы позволяют врачу-хирургу не только проверить собственные прогнозные и диагностические предположения, но и использовать искусственный интеллект в сложных клинических случаях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Greenes R. A. Clinical decision support: the road ahead / R. A. Greenes. — Boston : Elsevier Academic Press, 2007. — 581 p.
- Андрейчиков А. В. Интеллектуальные информационные системы / А. В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. — М. : Финансы и статистика, 2006. — 364 с.
- Симанков В. С. Системный анализ и современные информационные технологии в медицинских системах поддержки принятия решений / В. С. Симанков, А.А. Халафян. — М. : БиноМПресс, 2009. — 362 с.
- Глотко В. Л. Автоматизированные информационно-интеллектуальные средства поддержки профессиональной деятельности врачей специалистов военно-медицинских учреждений / В. Л. Глотко // *Вестн. новых мед. технологий.* — 2005. — № 3-4. — С. 103–104.
- Кобринский Б. А. Медицинская информатика : учебник / Б. А. Кобринский, Т. В. Зарубина. — М. : Академия, 2009. — 192 с.
- Халафян А. А. Современные статистические методы медицинских исследований / А. А. Халафян. — М. : URSS : ЛКИ, 2008. — 316 с.
- Егоров А. А. Модель принятия решения хирурга / А. А. Егоров, В. С. Микшина // *Вестн. новых мед. технологий.* — 2011. — Т. 7, № 4. — С. 178–81.
- Miller R. A. Medical diagnostic decision support systems — past, present, and future: a threaded bibliography and brief commentary / R. A. Miller // *J Am Med Inform Assoc.* — 1994 Jan-Feb. — Vol. 1, N 1. — P. 8–27.
- Computer-aided diagnosis of acute abdominal pain / F. T. de Dombal [et al.] // *BMJ.* — 1972 Apr 1. — Vol. 2, N 5804. — P. 9–13.
- Belle A. Biomedical informatics for computer-aided decision support systems: a survey / A. Belle, M. A. Kon, K. Najarian // *Scientific World Journal.* — 2013. — P. 769639.
- Van Ginneken B. Computer-aided diagnosis in chest radiography: a survey / B. Van Ginneken, B.M. Ter Haar Romeny, M.A. Viergever // *IEEE Trans on Med Imaging.* — 2001 Dec. — Vol. 20, N 12. — P. 1228–41.
- Intracranial pressure level prediction in traumatic brain injury by extracting features from multiple sources and using machine learning methods / W. Chen [et al.] // *Proceedings of the IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM '10), December 2010.* — P. 510–15.
- An automated method for hemorrhage detection in traumatic pelvic injuries / P. Davuluri [et al.] // *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc (EMBC '11).* — 2011. — P. 5108–11.
- Decision support systems for clinical radiological practice — towards the next generation / S. M. Stivaros [et al.] // *Br J Radiol.* — 2010 Nov. — Vol. 83, N 995. — P. 904–14.
- A comparative analysis of multilevel computer-assisted decision making systems for traumatic injuries / S.Y. Ji [et al.] // *BMC Med Inform Decis Mak.* — 2009 Jan 14. — Vol. 9, N 2. — P. 1–17.
- Frize M. Clinical decision-support systems for intensive care units using case-based reasoning / M. Frize, R. Walker // *Med Eng Phys.* — 2000 Nov. — Vol. 22, N 9. — P. 671–77.
- Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review / A. X. Garg [et al.] // *JAMA.* — 2005 Mar. — Vol. 293, N 10. — P. 1223–38.
- Polat K. Computer aided diagnosis of ECG data on the least square support vector machine / K. Polat, B. Akdemir, S. Gьne // *Digit Signal Process.* — 2008. — Vol. 18, N 1. — P. 25–32.
- Non-linear dynamical signal characterization for prediction of defibrillation success through machine learning / S. Shandilya [et al.] // *BMC Med Inform Decis Mak.* — 2012 Oct 15. — Vol. 12. — P. 116.
- Lisboa P. J. The use of artificial neural networks in decision support in cancer: a systematic review / P. J. Lisboa, A. F. Taktak // *Neural Networks.* — 2006 May. — Vol. 19, N 4. — P. 408–15.
- Identification of severe acute pancreatitis using an artificial neural network / R. Mofidi [et al.] // *Surgery.* — 2007 Jan. — Vol. 141, N 1 — P. 59–66.
- Prediction of severe acute pancreatitis at admission to hospital using artificial neural networks / B. Andersson [et al.] // *Pancreatol.* — 2011. — Vol. 11, N 3. — P. 328–35.
- Прогнозирование течения и исходов тяжелого острого панкреатита / П. И. Миронов [и др.] // *Фундам. исследования.* — 2011. — № 10. — С. 319–23.
- Прогнозирование, ранняя диагностика и оценка степени тяжести острого холецистита на основе нечеткой логики принятия решений / Н. А. Корневский [и др.] // *Вестн. Воронеж. гос. техн. ун-та.* — 2009. — Т. 5, № 11. — С. 150–55.
- Кобринский Б. А. Системы поддержки принятия решений в здравоохранении и обучении / Б. А. Кобринский // *Врач и информ. технологии.* — 2010. — № 2. — С. 39–45.

#### Адрес для корреспонденции

246029, Республика Беларусь,  
г. Гомель, ул. Братьев Лизюковых, д. 5,  
У «Гомельская областная клиническая больница»,  
тел. раб.: +375 232 48-71-89,  
e-mail: aalitvin@gmail.com,  
Литвин Андрей Антонович

#### Сведения об авторах

Литвин А.А., к.м.н., доцент, заместитель главного врача по хирургии У «Гомельская областная клиническая больница», доцент кафедры хирургических болезней №1, УО «Гомельский государственный медицинский университет».

Литвин В.А., студент, факультет радиофизики и компьютерных технологий, Белорусский государственный университет.

Поступила 12.12.2013 г.