

Д.Н. Афонин

WEB-СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ХИРУРГИИ

Аннотация

В статье рассмотрены основные принципы построения и практическая реализация web-системы поддержки принятия решений в хирургии воспалительных заболеваний позвоночника, позволяющей выбрать оптимальную тактику хирургического лечения данной категории больных.

Известны принципы и методы оперативного пособия больным воспалительными заболеваниями позвоночника, осложненными компрессией спинного мозга, методики предоперационной терапии и послеоперационной реабилитации этой категории больных [1]-[3]. Однако реконструктивно-восстановительные операции на позвоночнике не всегда приводят к ожидаемому регрессу неврологической симптоматики. Это заставляет искать пути и способы улучшения результатов лечения.

Оценка степени угрозы развития осложнений при хирургических вмешательствах может быть произведена с использованием математической модели [4] вида

$$P_{\text{уг}} = P_{\text{ооп}} \cdot P_{\text{осп}} \cdot P_{\text{ас}} \cdot P_{\text{ох}}, \quad (1)$$

где P_i – численное значение вероятностей развития осложнений основного процесса, сопутствующей патологии, анатомических сложностей, ошибки хирурга и т. д. При этом считается, что нет как «идеальных» больных (без осложнений и сопутствующей патологии, с «классической» анатомией, не измененной патологическим процессом), так и «идеальных» хирургов, которые никогда не ошибаются. Соответственно, ни одна из составляющих (P_i) не может быть равна нулю. С другой стороны очевидно, что ошибка хирурга не является независимой величиной и ее вероятность возрастает при наличии осложнений основного процесса, сопутствующей патологии, анатомических сложностей и т. д. Согласно классической теории вероятности [4], вероятность хирургической ошибки можно представить выражением

$$P(O) = \sum_{j=1}^k P(A_j)P(O | A_j), \quad (2)$$

где O – ошибка хирурга; A_j – наличие осложнений, сопутствующей патологии.

Таким образом, модель (1) не может претендовать на полную адекватность, однако вполне удовлетворяет условиям полезности и прагматичности.

Любое хирургическое вмешательство связано с риском. Нет никаких оснований утверждать, что этот риск может быть сведен к нулю, но теория и

практика хирургии показывают, что можно значительно снизить его уровень. Это позволяет рассматривать управление риском как одну из составляющих организационного процесса ведения больного в предоперационном периоде. Таким образом, управление риском актуально при подготовке пациента и проведении любого хирургического вмешательства. При этом должны использоваться результаты анализа и моделирования риска.

Сущность предлагаемого подхода к определению степени риска состоит в том, что мера риска R определяется как мультипликативная свертка вероятности $P_{\text{уг}}$ угрозы развития осложнений и вероятного относительного ущерба здоровью пациента M по формуле

$$R = P_{\text{уг}} \cdot M,$$

где R – количественная мера (степень) риска; M – вероятный относительный ущерб здоровью пациента вследствие развития осложнения.

Вероятный относительный ущерб может выражаться снижением уровня качества жизни больного или экономическим ущербом вследствие снижения его работоспособности (увеличения срока временной или получения стойкой нетрудоспособности).

Управление риском должно быть интегрировано в организационный процесс предоперационного ведения больного, иметь свою стратегию и тактику. Важно не только осуществлять управление риском, но и периодически пересматривать меры по управлению риском с учетом современных достижений науки, появления новых лекарственных средств, разработки новых видов и совершенствования существующих методик хирургических вмешательств.

В общем случае по отношению к риску как вероятной неудаче возможны следующие действия: предупреждение и снижение за счет устранения факторов, его увеличивающих, изменения тактики предоперационной подготовки, хирургического вмешательства и послеоперационного ведения пациента.

Предупреждением (устранением) условимся называть исключение источника риска в результате

целенаправленных действий субъекта риска. В предупреждении риска также выделим два подхода: широкий и узкий.

Узкий подход состоит в предупреждении риска с помощью конкретных мероприятий, проводимых в предоперационном периоде. Широкий подход может подразумевать выбор принципиально другой тактики лечения данного пациента.

На рис. 1 показано взаимодействие факторов, определяющих уровень внутреннего (воспринимаемого) риска предстоящего хирургического вмешательства [8]. При выборе тактики хирургического лечения больного врач руководствуется четырьмя ожидаемыми составляющими этого действия:

- 1) эффективностью хирургического вмешательства;
- 2) осложнением в раннем и отдаленном послеоперационном периоде;

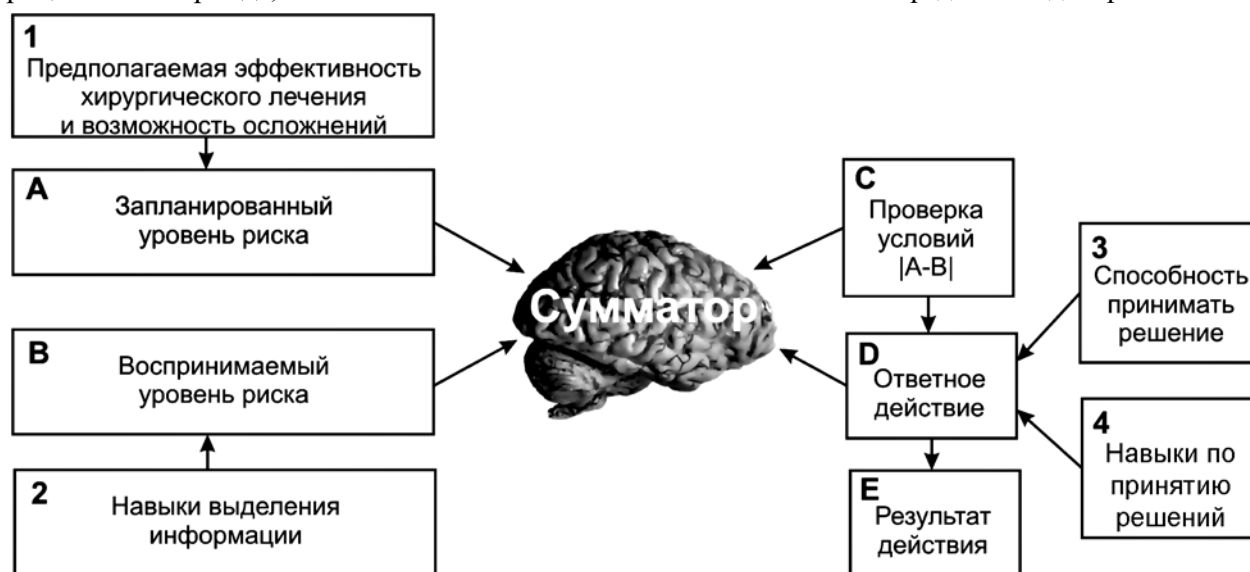


Рис. 1. Взаимодействие факторов, определяющих уровень воспринимаемого риска

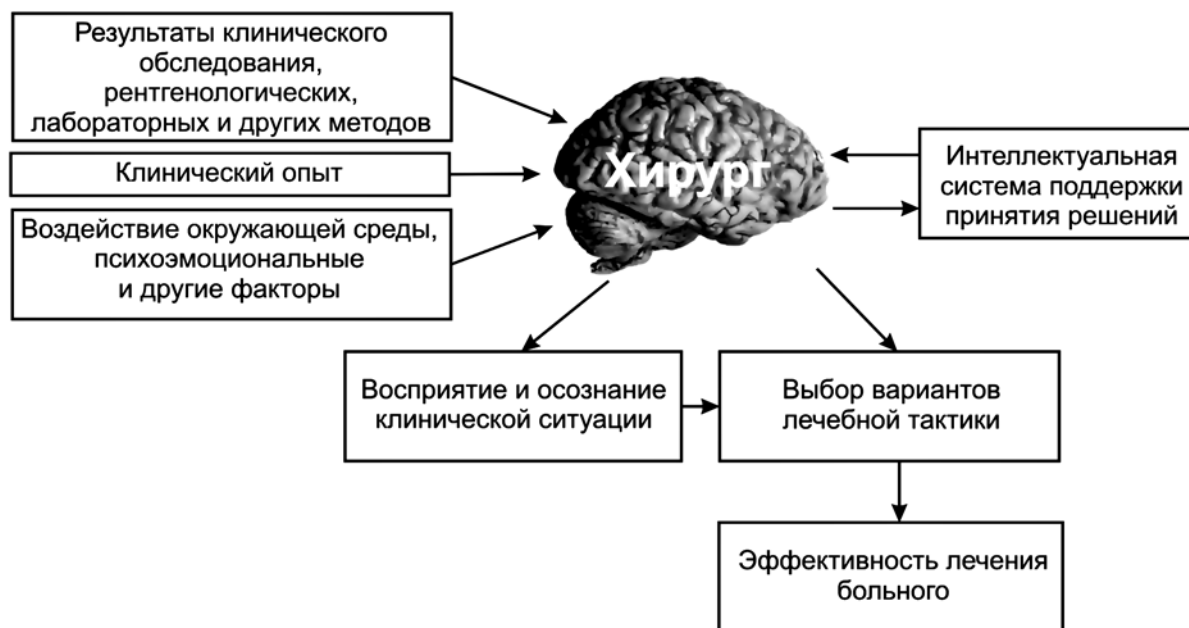


Рис. 2. Модель принятия решений хирургом

- 3) эффективностью консервативного лечения;
- 4) отрицательными последствиями при отказе от хирургического лечения.

На основании этих данных хирург определяет для себя действия в сложившейся ситуации, а также запланированный уровень риска. Чем выше значение в категориях 2 и 3, тем выше запланированный уровень риска. Он будет снижаться при повышении значений в категориях 1 и 4.

«Запланированный» уровень риска – это уровень риска, который врач считает допустимым для получения максимально возможной эффективности лечения больного. Модель принятия решения врачом при выборе лечебной тактики представлена на рис. 2.

Высокий уровень информационных технологий позволяет создавать на базе современных вычислительных систем средства моделирования слож-

ных патологических процессов и сценарии развития их клинического течения, обусловленные различными воздействиями, в том числе и хирургическим вмешательством. Это дает возможность выбрать оптимальную хирургическую тактику и повысить эффективность лечения каждого конкретного пациента.

Использование современных методов прогнозирования, основанных на знании закономерностей патологического процесса, позволяет предвидеть возникновение осложнений, развитие и исход заболевания в зависимости от тактики лечения конкретного больного.

Чаще всего в медицине для прогностических целей используется методология построения регрессионных моделей различной сложности [6]. Кроме того, широко применяются методы корреляционного, дискриминантного, факторного, кластерного и других видов статистического анализа, используемых как отдельно, так и в сочетании, в зависимости от существа решаемой задачи [5]. Из вероятностных методов широко применяются процедура Байеса, методология марковских цепей [6]. Особые надежды вызывает перспектива использования в медицине методологии искусственных нейронных сетей, способных отыскивать закономерности в больших массивах данных [6].

Однако полученные в результате статистического анализа прогностические модели редко используются в клинической практике. Среди причин можно назвать их громоздкость и относительную сложность применения.

Объединение современных методов прогнозирования с возможностями, предоставляемыми развитием современных средств телекоммуникаций, позволяет разрабатывать web-системы поддержки принятия решений практически в любой области медицины.

Такие системы, интегрированные в web-сайты крупных медицинских центров, постоянно доступны из любой точки мира и позволяют в считанные секунды определить прогноз исхода того или ино-

го заболевания (по профилю данного центра) в зависимости от той или иной тактики лечения.

Системы поддержки принятия решений (Decision Support System) возникли в 70-х годах прошлого столетия для поддержки процессов принятия решений в сложных малоструктурированных ситуациях. Они представляют собой вычислительный комплекс, ориентированный на анализ данных и обеспечивающий получение информации, необходимой для принятия решений. Главной особенностью информационной технологии поддержки принятия решений является качественно новый метод организации взаимодействия человека и компьютера [8].

В отличие от исследовательских приложений подобные системы должны ориентироваться на непрограммирующего пользователя и на решение конкретных проблем, которые оказываются довольно разнообразными и нередко требуют применения различных подходов.

В настоящее время системы поддержки принятия решений довольно широко внедряются в клиническую практику [9], [10]. Однако в доступной литературе мы не встречали работ, посвященных разработке web-систем поддержки принятия решений.

Простейший вариант построения подобной интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) включает в себя следующие этапы (рис. 3):

- 1) формирование предметно-ориентированной базы данных;
- 2) проведение статистического анализа данных для выбора факторов, наиболее значимых для прогнозирования;
- 3) построение прогнозной модели;
- 4) интеграцию построенной модели в программный комплекс web-сайта медицинского центра.

Разработанные нами в предыдущих работах принципы биомеханики компрессии спинного мозга при воспалительных заболеваниях позвоночника и методы прогнозирования результатов лечения

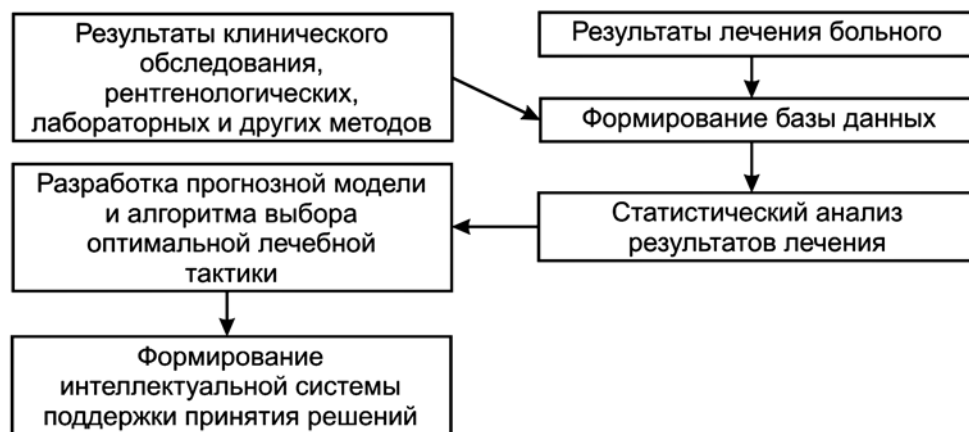


Рис. 3. Алгоритм построения ИСППР

данной патологии [11] легли в основу системы поддержки принятия решений (свидетельство о государственной регистрации ПЭВМ № 2009610906), которая позволяет автоматизировать процесс обработки клинических и биомеханических данных и предоставить врачу информацию о биомеханических показателях деформации позвоночника и компрессии спинного мозга и вероятности эффективности хирургического вмешательства у данного пациента.

Для максимально широкого внедрения данной системы в клиническую практику было решено реализовать ее в виде web-сайта и разместить его в сети Интернет.

В качестве языка программирования был выбран свободно распространяемый и не требующий лицензии на использование PHP 5, функциональные возможности которого позволяют реализовать данный программный продукт, а повсеместное использование интерпретаторов данного языка делает возможным реализацию программы на любом web-сайте.

Система состоит из двух файлов. Первый файл является формой для ввода данных. Второй – обрабатывает полученные данные и выводит на экран компьютера результат. Предусмотрена динамическая система подсказок для пользователя на Java-скриптах и интеграция с СУБД MySQL, по-

зволяющая накапливать и в последующем обрабатывать вводимые показатели.

На первом этапе производится расчет биомеханических показателей деформации позвоночника и компрессии спинного мозга. На втором – определяется вероятность эффективности хирургического вмешательства в ближайшем и отдаленном послеоперационных периодах.

Работа системы представлена на рис. 4 и 5.

На рис. 4 приведена стартовая страница программы с формой для ввода данных, на рис. 5 – результат работы программы.

Тестирование разработанной ИСППР производилось на 164 больных воспалительными заболеваниями позвоночника. Всем больным были выполнены реконструктивно-восстановительные операции на позвоночнике. Ближайшие результаты операций были изучены у всех (100 %) больных, отдаленные – у 98 (59,8 %) пациентов. Результаты практического применения предложенной ИСППР врача-хирурга для оценки риска при оперативных вмешательствах представлены в табл. 1.

Таким образом, точность прогноза по результатам исследования 164 больных воспалительными заболеваниями позвоночника для ближайших результатов хирургического лечения – 84,8 %, для отдаленных результатов – 83,7 %.

Пожалуйста, введите информацию о пациенте.

Фамилия, Имя и Отчество	Иванов Иван Иванович
Возраст	45 полных лет
Пол	☒ мужской ☐ женский
Диагноз	☒ Туберкулез ☐ Остеомиелит
Активность процесса	☐ Острый ☒ Подострый ☐ Хронический
Длительность заболевания	14 месяцев
Степень неврологических расстройств по Frankel H.L.	☒ Тип A ☐ Тип B ☐ Тип C ☐ Тип D ☐ Тип E ☐ Тип R
Длительность неврологических расстройств	15 месяцев
Уровень поражения позвоночника	12
Количество пораженных позвонков	2
Наличие пре- и/или паравертебральных абсцессов	☒ есть ☐ нет

Пожалуйста, введите рентгенометрические показатели.

Дорсальная высота блока остатков тел разрушенных позвонков	55
Вентральная высота блока остатков тел разрушенных позвонков	45
Длина тела позвонка в сагиттальной проекции на уровне компрессии	46
Сагиттальный размер позвоночного канала вне зоны компрессии	16
Сагиттальный размер позвоночного канала на уровне максимальной компрессии	10

Рис. 4. Окно с формой ввода данных в программу

Таблица 1

**Результаты практического применения
предложенной ИСППР врача-хирурга для
оценки риска при оперативных
вмешательствах**

Наименование показателя	Ближайшие результаты (n = 164)	Отдаленные результаты (n = 98)
Положительная динамика	142	73
Отрицательная динамика или нет динамики	22	25
Истинно-положительные предсказания	122	62
Истинно-отрицательные предсказания	17	20
Ложно-положительные предсказания	8	9
Ложно-отрицательные предсказания	17	7
Точность, %	84,8	83,7
Чувствительность, %	85,9	84,9
Специфичность, %	77,3	80,0

**Результаты прогнозирования эффективности хирургического лечения больного
ИВАНОВ ИВАН ИВАНОВИЧ
45 лет**

Анализ состояния позвоночника и позвоночного канала	
Расчетные показатели	Значение
Угол Кобба	12.48°
Индекс Харингтона	6.24°
Степень костной компрессии	9.42%
Степень компрессии абсцессом	68.50%
Общая степень компрессии	77.93%
Объемная степень компрессии	61.64%
Вероятность регресса неврологических расстройств	
В ближайшем п/о периоде	98.15%
Дальнейший регресс отдаленном п/о периоде	26.09%

Рис. 5. Результат работы программы

Интеграция данной системы с разработанной нами ранее программой для прогнозирования инвалидности при гематогенном остеомиелите позвоночника (свидетельство о государственной регистрации ПЭВМ № 2008610881) позволяет расширить возможности программного продукта и, помимо прогнозирования эффективности хирургического вмешательства, определять степень утраты трудоспособности в различные сроки после выявления исследуемой патологии [12].

Таким образом, разработанная нами система поддержки принятия решения при хирургическом лечении воспалительных заболеваний позвоночника, построенная на основе результатов статистического анализа и биомеханического моделирования, помогает врачу выбрать хирургическую тактику и определить вероятность эффективности хирургического вмешательства.

Список литературы:

1. Гарбуз А.Е. Реконструктивная хирургия позвоночника при распространенных формах туберкулезного спондилита и их последствиях / Дис. ... докт. мед. наук. – Л.: ЛНИИ фтизиопульмонологии, 1987. 425 с.
2. Тиходеев С.А. Хирургическое лечение гематогенного остеомиелита позвоночника / Автореф. дис. ... докт. мед. наук. – Л.: Воен.-мед. акад., 1990. 41 с.
3. Hadjipavlou A.G., Mader J.T., Necessary J.T., Muffoletto A.J. Hematogenous pyogenic spinal infections and their surgical management // Spine. 2000. Vol. 25. № 13. PP. 1668-1679.
4. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Физматлит, 2002. 496 с.
5. Максимов Г.К., Синицын А.Н. Статистическое моделирование многомерных систем в медицине. – Л.: Медицина, 1983. 143 с.
6. Шиган Е.Н. Методы прогнозирования и моделирования в социально-гигиенических исследованиях. – М.: Медицина, 1986. 206 с.
7. Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. – New York: Macmillan Publishing, 1994. 508 p.
8. Кобринский Б.А. Телемедицина и искусственный интеллект // Новости искусств. интеллекта. 2003. № 1. С. 12-15.
9. Чекинов Г.П., Чекинов С.Г. Применение технологии многоагентных систем для интеллектуальной поддержки принятия решений // Сетевой электронный научный журнал «Системотехника». 2003. <http://www.systech.miem.edu.ru>.
10. Шустерман И.Л. О проблеме построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений в рамках разработки автоматизированного рабочего места врача акушера-гинеколога / Научно-практический семинар «Новые информационные технологии». – М., 2001. С. 162-165.
11. Афонин Д.Н. Передняя компрессия позвоночника при туберкулезе и гематогенном остеомиелите позвоночника / Дисс. ... докт. мед. наук. – СПб., 2003. 277 с.
12. Афонин П.Н., Афонин Д.Н., Дору-Товт В.П. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования нарушений жизнедеятельности больных гематогенным остеомиелитом позвоночника // Вестник новых медицинских технологий. 2007. № 3. С. 42-44.

Дмитрий Николаевич Афонин,

д-р мед. наук,

ведущий научный сотрудник,

ФГУ «СПбНИИ фтизиопульмонологии

Росмедтехнологий»,

г. Санкт-Петербург,

e-mail: dm239@mail.ru