

УДК 519.816

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

Карякина О.Е., Карякин А.А.

*ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
Архангельск, e-mail: novogil@mail.ru, biophysica@gmail.com*

В статье представлены результаты разработки вероятностно-статистической модели оценки степени тяжести состояния пациентов, перенесших кардиохирургические вмешательства. При создании модели использованы методы многомерной статистической обработки, логистического регрессионного анализа, расчета коэффициентов информативности выделенных предикторов риска неблагоприятного исхода оперативного вмешательства. Полученная модель включает в себя 12 дооперационных, а также 11 интра-/послеоперационных факторов риска. Разработана прогностическая шкала оценки вероятного риска летальности пациентов после кардиохирургических вмешательств, которая была заложена в основу программного модуля, представляющего собой автоматическую систему поддержки принятия решений врача в клинической практике. Прогностическая значимость сформированной модели составила для оценки вероятности выживания 96,4%, летального исхода 98,0%.

Ключевые слова: математическая модель, кардиохирургические вмешательства, риск летальности

SEVERITY ASSESSMENT MODEL AFTER CARDIAC SURGERY

Karyakina O.E., Karyakin A.A.

*FSAEI HVE «Northern (Arctic) Federal University»,
Arkhangelsk, e-mail: novogil@mail.ru, biophysica@gmail.com*

The article presents the results probabilistic and statistical models for assessing the severity of patients undergoing cardiac surgery. Developed model used methods of multivariate statistical processing, logistic regression analysis, calculating the coefficients of informativeness selected predictors of risk of adverse outcome of surgery. The resulting model includes 12 presurgical and 11 intra/post-operative risk factors. Developed by our group prognostic risk assessment scale of mortality of patients after cardiac surgery, which was laid in the foundation of the program module, is an automated decision support system the physician in clinical practice. Prognostic significance of the model was formed to assess the probability of survival of 96,4 and 98,0% mortality respectively.

Keywords: mathematical model, cardiac surgery, mortality risk

В настоящее время болезни сердечно-сосудистой системы занимают ведущее место по уровню заболеваемости и причинам смертности людей во всем мире. Значительную помощь врачам в своевременной диагностике, лечении сердечно-сосудистых заболеваний, а также в прогнозировании риска летальности пациентов оказывает применение современных компьютерных технологий. Именно поэтому в настоящее время основные акценты делаются на информационную поддержку врача, на создание новой информационной среды его деятельности [1].

Следует отметить, что многообразие и сложность форм клинического проявления заболеваний, трудности в получении представительных выборок для обучения, значительная доля индивидуальных особенностей разных людей и зачастую недопустимость выделения контрольной группы пациентов создает для молодого специалиста серьезные трудности в процессе принятия решений. В подобных случаях ему требуется аргументированная поддержка принятия решения. Кроме того, медицинские данные крайне

изменчивы, подвержены влиянию многих сложных взаимодействующих факторов и, как правило, имеют качественный, а иногда и субъективный характер [4]. Разработка универсальных автоматизированных программ мониторинга качества лечения и поддержки принятия клинических решений для применения их в широкой практике предполагает развитие методологии систематизации клинических событий и ситуаций с целью формализованного представления правил надлежащего оказания медицинской помощи и фактически выполненных медицинских воздействий. Структурированная в электронных базах знаний информация о моделях качественной клинической практики позволяет проводить конструктивный анализ клинических событий, сопоставлять результаты разных подходов к лечению и принимать оптимальные решения по совершенствованию клинической практики [7, 8].

Известно достаточно большое количество прогностических моделей, которые позволяют оценивать тяжесть состояния пациентов и определять вероятность наступления

неблагоприятного исхода (летальность) пациентов после оперативных вмешательств, в том числе и после кардиохирургических вмешательств (Euro Score, SYNTAX Score) [2, 3, 5, 6]. Следует тем не менее отметить, что многие из них трудоемки в определении и не обладают достаточной точностью, поэтому во всем мире выполняются значительное число научных исследований, направленных на выявление факторов, влияющих на продолжительность лечения, на риск возникновения послеоперационных осложнений и наступления неблагоприятного исхода у пациентов. Следует отметить, что разнообразные патологические состояния имеют свои детерминанты исхода заболевания, поэтому для точной оценки риска наступления летального исхода и возможности выздоровления необходимо использовать специфическую прогностическую шкалу, максимально адаптированную для конкретной нозологической формы.

Цель исследования – учитывая вышеизложенное, целью настоящей работы была разработка математической модели оценки тяжести состояния пациентов после кардиохирургических вмешательств, позволяющая выполнить объективизированную оценку и учет комплекса дооперационных и интра-/послеоперационных факторов риска неблагоприятного исхода.

Материалы и методы исследования

Для построения математической модели была сформирована специальная выборка и проведено ретроспективное исследование по схеме «случай-контроль», в ходе которого были проанализированы истории болезни 81 пациента в возрасте от 20 до 89 лет, находившихся на лечении в отделении кардиохирургии Первой городской клинической больницы им. Е.Е. Волоосевич г. Архангельска за период с 2012 по 2014 гг. Среди прооперированных пациентов мужчин – (70,0 ± 0,9)%, женщин – (30,0 ± 0,9)%. Статистический анализ показал, что среди всех прооперированных пациентов выжило – (67,9 ± 0,9)%, умерло – (32,1 ± 0,9)%. Для оценки объема оперативного вмешательства условно сформированы три группы с учетом проведения комбинированных кардиохирургических вмешательств: соответственно одно, два, три и более одновременно выполняемых оперативных вмешательств. Статистический анализ результатов исследования проведен с использованием пакета прикладных программ «Microsoft Excel 2003» (США) и «Statistica 7.0» (США). Вычислялась одномерная описательная статистика для каждого из анализируемых показателей, проверка законов распределения выполнялась с использованием статистического критерия Пирсона. Сравнение двух разных групп по количественным признакам проводилось с использованием t-критерия Стьюдента, U-критерия Манна – Уитни. С целью анализа категориальных переменных и изучения частоты совместного появления наблюдений при различных градациях рассматриваемых показателей осуществляли построение таблиц кросстабуляции. Сравнение двух разных групп по

качественным признакам проводилось с использованием статистического критерия χ^2 -Пирсона. Количественную оценку информативности факторов риска осуществляли с использованием статистического метода Шеннона. Результатом разработки математической модели оценки степени тяжести состояния пациентов после кардиохирургических вмешательств является логистическое регрессионное уравнение, значимость коэффициентов которого определяли методом максимального правдоподобия. Значимость логистической регрессионной модели оценивали с помощью χ^2 -критерия, также производили анализ соответствия распределения остатков нормальному закону. Критический уровень значимости (p) принимался равным 0,05. Разработка программного модуля оценки тяжести состояния пациентов после кардиохирургических вмешательств осуществлялась с использованием среды визуального программирования «Borland Delphi 7.0».

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный статистический анализ позволил выявить значимые факторы риска, повышающие риск летальности пациентов после кардиохирургических вмешательств (табл. 1). Для каждого фактора риска дополнительно с помощью метода Шеннона были рассчитаны коэффициенты информативности (KI_i), отражающие вклад индивидуального параметра в оценку неблагоприятного исхода после операции. С учетом абсолютного значения KI_i , частоты встречаемости различных градаций признаков в группе выживших и умерших пациентов каждый фактор риска был ранжирован на диапазоны с присвоением соответствующих баллов.

На следующем этапе для каждого пациента была рассчитана итоговая сумма баллов по всем включенным в математическую модель оценки тяжести состояния дооперационным и интра-/послеоперационным параметрам. Для оценки вероятности неблагоприятного исхода пациентов после оперативных вмешательств на сердце нами была использована модель логистической регрессии. С помощью модуля «Nonlinear Estimation» программы «Statistica 7.0» был проведен логистический анализ, в результате которого получено следующее регрессионное уравнение:

$$Logit = -6,776 + X \cdot 0,307, \quad (1)$$

где *Logit* – значение логистического регрессионного уравнения; *X* – сумма баллов.

С помощью полученного регрессионного уравнения нами был рассчитан предсказанный риск летальности пациентов (*R*, %) после проведенных кардиохирургических вмешательств по формуле

$$R = \frac{e^{\log it}}{1 + e^{\log it}}. \quad (2)$$

Таблица 1

Ранжирование факторов риска, влияющих на тяжесть состояния пациентов после кардиохирургических вмешательств

Фактор риска	Баллы				КИ _i
	+3	+2	+1	0	
Дооперационные факторы риска					
Количество сопутствующих заболеваний		≥ 5,0	4,0	< 5,0	0,1
Легочная гипертензия		да		нет	0,2
Постинфарктный кардиосклероз		да		нет	0,1
Ишемическая болезнь сердца	да			нет	0,1
Хроническая болезнь почек			да	нет	0,2
Lactate, моль/л		> 1,6		≤ 1,6	0,1
pH			> 7,45	< 7,45	0,1
Hct, %			< 36,0	≥ 36,0	0,1
Hb, г/л			< 110,0	≥ 110,0	0,2
Be, ммоль/л			< -4,0	≥ -4,0	0,1
Сахар, ммоль/л			> 5,50	< 5,5	0,1
Индекс массы тела			> 30,0	< 30,0	0,1
Интра-/послеоперационные факторы риска					
Количество проведенных кардиохирургических вмешательств		≥ 2		1	0,4
Операция по устранению аневризмы левого желудочка			да	нет	0,2
Аортокоронарное шунтирование			да	нет	0,1
Рестернотомия		да		нет	0,2
Операции на аорте			да	нет	0,1
Длительность искусственного кровообращения, минут		≥ 160		< 160	0,1
Ввод эритроцитарной массы		да		нет	0,3
Диурез, мл	≤ 500			> 500	0,2
Ультрафильтрация, мл		> 2000		≤ 2000	0,1
Lactate, моль/л (30–60 минут)			> 1,6	≤ 1,6	0,2
Инотропная поддержка			да	нет	0,1

Совокупность значений суммарного риска в баллах была разделена на интервалы, отражающие нарастание степени тяжести состояния пациентов после оперативных вмешательств на сердце (табл. 2).

Результаты проведенного математико-статистического моделирования легли

в основу программного модуля прогнозирования риска летальности пациентов после кардиохирургических вмешательств. Главное окно программного модуля оценки тяжести состояния пациентов после кардиохирургических вмешательств приведено на рисунке.

Таблица 2

Шкала градаций вероятного риска летальности пациентов после кардиохирургических вмешательств

Диапазон, в баллах	Предсказанный риск летальности, %	Градация
< 17	< 17	Очень низкий риск
17–20	18–41	Низкий риск
21–25	42–71	Повышенный риск
26–29	72–89	Высокий риск
> 29	> 90	Очень высокий риск

Диалоговое окно программного модуля оценки тяжести состояний пациентов после кардиохирургических вмешательств

При нажатии на кнопку «Расчет» запускается обработчик событий, который выполняет следующий алгоритм: заполненные данные о пациенте обрабатываются программой путем присвоения каждому из выделенных признаков соответствующего балла, вычисленного с учетом абсолютного значения коэффициента информативности и частоты встречаемости различных градаций признаков в группе выживших и умерших пациентов. Ввод дооперационных и интра-/послеоперационных факторов может быть осуществлен путем ввода данных с клавиатуры или выбора из выпадающего списка. Далее рассчитывается итоговая сумма баллов по всем включенным в модель прогнозирования тяжести состояния дооперационным и интра-/послеоперационным факторам риска, которая подставляется в полученное регрессионное уравнение. Полученный результат уравнения соотносится с выведенной шкалой градаций степени риска летальности и представляется пользователю в виде значения вероятности неблагоприятного исхода и отображения степени риска.

Заключение

Для оценки точности разработанной математической модели оценки тяжести состояния пациентов после кардиохирургических вмешательств было проведено

её тестирование на исходных записях базы данных. Прогностическая значимость составила: для оценки вероятности выживания – 96,4 %, летального исхода – 98,0 %, что позволяет судить о достаточно высокой достоверности полученных результатов при их использовании в клинической практике.

В результате проведенного вероятностно-статистического моделирования совокупности предикторов риска у пациентов, перенесших кардиохирургические вмешательства в условиях искусственного кровообращения, были выделены дооперационные и интра-/послеоперационные факторы, влияющие на риск возникновения неблагоприятного исхода, а также разработана прогностическая шкала, которая легла в основу создания программного модуля, обеспечивающего объективизированную оценку тяжести состояния пациентов после кардиохирургических вмешательств.

Список литературы

1. Волкова Н.А. Алгоритм диагностики состояния сердечно-сосудистой системы по результатам многократных измерений артериального давления и пульса // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – № 1. – С. 43-49.
2. Думлер, А.А., Полещук А.Н., Богданов К.В. Опыт создания нейросетевой системы для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний // Вестник Пермского университета. – 2011. – № 1. – С. 95-101.

3. Дюк В.А., Курапеев Д.И. Применение методов интеллектуального анализа данных для оценки риска оперативного вмешательства в кардиохирургии // Труды СПИИРАН. – 2009. – № 9. – С. 187–196.

4. Карп В.П., Агарвал Р.К. Новая концепция использования методов искусственного интеллекта в проблеме расширения профессиональных знаний молодых специалистов // Здоровье и образование в XXI веке. – 2012. – № 1. – С. 134–136.

5. Кириков И.А., Колесников А.В., Румовская С.Б. Функциональная гибридная интеллектуальная система для поддержки принятия решений при диагностике артериальной гипертензии // Системы и средства информатики. – 2014. – № 1. – С. 153–179.

6. Клименко Д.Г., Одинак М.М. Прогнозирование ранних исходов лечения ишемических и геморрагических инсультов по данным первичного обследования больных в стационаре // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2008. – № 3. – С. 48–51.

7. Луговкина, Т.К., Тютикова Т.К., Нуриев А.В. Понятийный аппарат для программирования продукта поддержки принятия решений в клинической практике // Системная интеграция в здравоохранении. – 2013. – № 1. – С. 46–54.

8. Садыкова Е.В. Информационные технологии систем поддержки принятия решений врача // Информационно-управляющие системы. – 2012. – № 5. – С. 89–91.

References

1. Volkova N.A. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Tehnicheskie nauki*, 2015, no. 1, pp. 43–49.

2. Dumler, A.A., Poleshuk A.N., Bogdanov K.V. *Vestnik Permskogo universiteta*, 2011, no. 1, pp. 95–101.

3. Djuk V.A., Kurapeev D.I. *Trudy SPIIRAN*, 2009, no. 9, pp. 187–196.

4. Karp V.P., Agarval R.K. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*, 2012, no. 1, pp. 134–136.

5. Kirikov I.A., Kolesnikov A.V., Rumovskaja S.B. *Sistemy i sredstva informatiki*, 2014, no. 1, pp. 153–179.

6. Klimenko D.G., Odnak M.M. *Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii*, 2008, no. 3, pp. 48–51.

7. Lugovkina, T.K., Tjutikova T.K., Nuriev A.V. *Sistemnaja integracija v zdravoochranenii*, 2013, no. 1, pp. 46–54.

8. Sadykova E.V. *Informacionno-upravljajushhie sistemy*, 2012, no. 5, pp. 89–91.

Рецензенты:

Мартынова Н.А., д.м.н., профессор кафедры анатомии и оперативной хирургии, ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск;

Новожилов Е.В., д.т.н., профессор кафедры биотехнологии и биотехнических систем, ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск.