

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ВЫБОРА МЕДИЦИНСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ НА ОСНОВЕ ПРОГНОСТИЧЕСКОГО И ОПТИМИЗАЦИОННОГО ОЦЕНИВАНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Гафанович Е. Я.¹, Львович И. Я.²

¹ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского Минздрава России», Россия (410012, Саратов, ГСП ул.Большая Казачья, 112), e-mail: lvovicha@mail.ru

²АНОО ВПО «Воронежский институт высоких технологий», Россия (394043, Воронеж, ул. Ленина, 73а), e-mail: office@vvt.ru

В статье рассматривается результативность использования математических методов прогнозирования и оптимизации и их реализации с применением информационных технологий при организации интеллектуальной поддержки врачебных решений по выбору эффективного лечения артериальной гипертензии. Предложена структура прогностической модели, которая формируется на основе нейросетевой технологии. Особое внимание уделено статистическому прогнозированию информативных параметров комплексного обследования, от числа которых зависит точность прогностических оценок, получаемых по результатам имитационного моделирования. С этой же целью осуществляется оптимизационное оценивание комплекса лекарственных средств. Предложено использование интегрального критерия для оценки эффективности лечения с учетом динамики изменения контролируемых показателей. Отдельные процедуры обработки информации и принятия решений интегрированы в информационную систему, с использованием которой достигнуто повышение эффективности медицинских вмешательств в клинических условиях.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, прогностическое моделирование, интеллектуализация выбора, оценка эффективности.

INTELLECTUALIZATION OF SELECTION OF MEDICAL INTERVENTION IN HYPERTENSIVE PROGNOSTIC TREATMENT BASED ON THE FORECASTING INCLUDING OPTIMIZATION EVALUATION OF THEIR EFFECTIVENESS

Gafanovich E. Y.¹, Lvovich I. Y.²

¹ *Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, Ministry of Health of the Russian Federation Saratov, Bolshaya Kazachia st., 112 Saratov, 410012 Russia*, e-mail: lvovicha@mail.ru

² *Voronezh Institute of High Technologies, Russia Voronezh Institute of High Technologies 394043, Voronezh, Russia, ul. Lenina, 73A*, e-mail: office@vvt.ru

The subject of the article is the effectiveness of the usage of mathematical methods of prediction and optimization and their implementation with the use of information technologies during the organization of intellectual support of medical decisions for choosing the effective treatment of arterial hypertension. The structure of a predictive model, which is based on neural network technology, is demonstrated in the article. Particular attention is given to the statistical prediction of informative parameters of an integrated survey, the number of which influences the accuracy of prognostic estimates obtained by simulation results. For the same purpose optimization assessment of a complex of medicaments is realized. Proposed the use of integrated criterion for evaluating the effectiveness of treatment with the dynamics of controlled parameters Specific procedures of information processing and decision-making are integrated into an information system, the use of which improved the efficiency of medical interventions in the clinical setting.

Key words: arterial hypertension, predictive modeling, selection intellectualization, evaluation of the effectiveness.

Эффективность систем интеллектуальной поддержки врача, основанных на современных информационных технологиях, существенным образом зависит от адекватности как самой прогностической модели, так и процедур ее использования, реальному процессу лечения и роли врача в этом процессе.

Недостаток существующих прогностических моделей эффективности медицинских вмешательств при лечении артериальной гипертензии (АГ) состоит, с одной стороны, в их

усложнении максимальным учетом динамического характера процесса, с другой стороны – отсутствием возможности использовать информативные параметры комплексной диагностики и субъективные оценки больного и врача. Кроме того, прогностическое оценивание показывает результативность в тех случаях, когда оно интегрировано с процедурой принятия решений в рамках информационной системы.

Поэтому целью исследования является выбор структуры, способа, показателей и параметров прогностического моделирования эффективности лечения АГ, результаты которого в наибольшей степени соответствуют ретроспективной и верификационной статистике, полученной в клинических условиях с использованием информационной системы интеллектуальной поддержки врачебных решений.

Предложено сформировать структуру прогностической модели, отвечающую следующим требованиям: отражает начальное и исходное состояние больного по основному показателю АД за период стационарного лечения (AD_{12}^0); учитывает индивидуальные характеристики больного (x_1 – возраст, x_2 – рост, x_3 – вес); включает параметры комплексной диагностики y , выполненной на начальном этапе лечения; учитывает субъективные оценки больного (v_1) и врача (v_2) степени ухудшения состояния на момент начала стационарного лечения; оценивает реакцию на лекарственные воздействия по суммарным дозам за период стационарного лечения (D).

В математической форме структура такой модели имеет вид:

$$AD_{12}^{пр} = f(x, y, v_1, v_2, AD_{12}^0, y, D) \quad (1)$$

где $AD_{12}^{пр}$ – прогнозируемые значения соответственно систолического и диастолического артериального давления при выписке больного из стационара.

В большинстве случаев для этих целей с использованием методов статистической обработки данных строится регрессионная модель. Однако адекватность этой модели подтверждается только на этой выборке ретроспективной информации, на которой она построена, и требуется ее коррекция по текущей информации. Кроме того, она позволяет учитывать значения лингвистических переменных v_1, v_2 , характеризующих субъективные оценки больного и врача. В тех случаях, когда основное назначение модели – имитировать выходные показатели процесса при заданных параметрах, более эффективной считается нейросетевая модель [5]. Нейронные сети работают с неполными, зашумленными и противоречивыми данными, что характерно для результатов комплексной диагностики. Для адекватного отражения структуры с учетом размытости ряда ее компонентов приемлемой является нейро-нечеткая система моделирования [7]. Структурная схема вычислительного алгоритма выбора стационарного лечения АГ приведена на рис. 1 [3].

Для оценки и выбора информативных параметров комплексной диагностики было обследовано 107 больных с артериальной гипертензией в возрасте 35–75 лет, среди которых 31 (28,9 %) мужчин и 76 (71,1 %) женщин. Распределение больных по полу, возрасту и поставленному диагнозу представлено в табл.1, из которой видно, что больные в возрасте до 40 лет составляют 8,4 % от всего контингента, в возрасте 40–49 лет – 25,2 %, в возрасте 50–59 лет – 38,3 % и в возрасте 60 лет и старше – 28,1 % .

По полу наибольший удельный вес больных среди мужчин в возрасте до 40 лет (66,7 %), в остальных возрастных группах преобладают женщины, причем наибольший их удельный вес в возрастной группе 40–49 лет (85,2 %).

Первая стадия артериальной гипертензии отмечена в возрасте до 49 лет – 6 (5,6 %) случаев, третья стадия – в возрастных группах 50 лет и старше – 11 (10,3 %) случаев; вторая стадия АГ отмечена у 90 (84,1 %) обследованных больных. Наибольший удельный вес больных с первой стадией АГ в возрастной группе «до 40 лет» – 44,4 %; больных с третьей стадией заболевания – в возрастной группе «5–59 лет» – 17,1 %. Распределение обследованных больных с АГ по полу, возрасту, индексу Кетле и уровню артериального давления представлено в табл. 2.

Оценка значимости параметров комплексной диагностики производилась на основе вычисления коэффициентов корреляции, характеризующих степень взаимосвязи исследуемых параметров с уровнем систолического, диастолического и среднего артериального давления. На основе полученных данных производилось ранжирование показателей по степени их влияния на выраженность артериальной гипертензии.

Таблица 1

Распределение обследованных больных с артериальной гипертензией по полу, возрасту и стадии заболевания

Возраст	Пол				Стадия АГ					
	муж		жен		I		II		III	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
до 40 лет	6	66,7	3	33,3	4	44,4	5	55,6	0	0
40-49 лет	4	14,8	23	85,2	2	7,4	25	92,6	0	0
50-59 лет	9	22,0	32	78,0	0	0	34	82,9	7	17,1
60 лет и старше	10	33,3	20	66,7	0	0	26	86,7	4	13,3

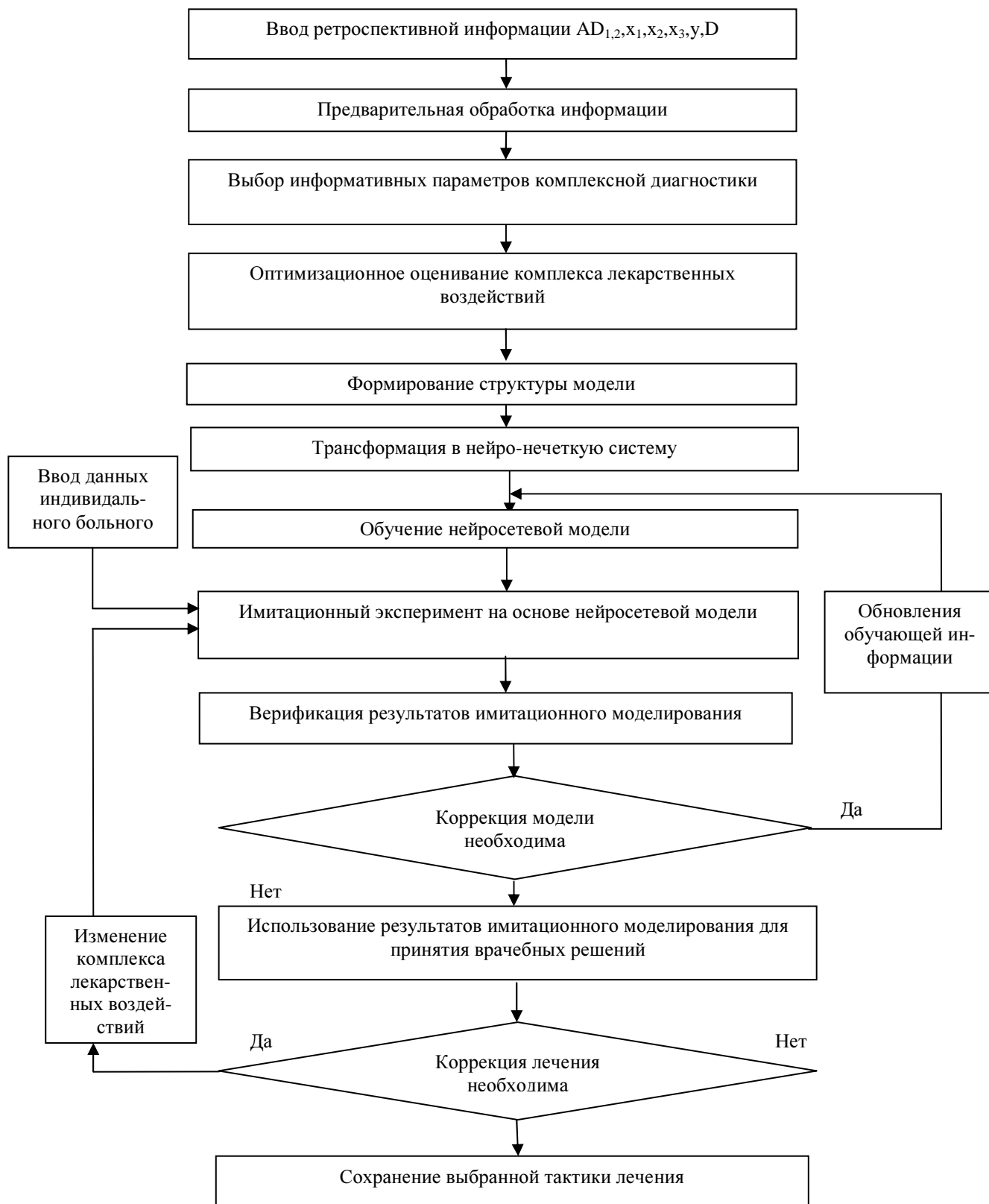


Рис. 1. Структурная схема вычислительного алгоритма выбора медицинских вариантов при лечении АГ

Распределение обследованных больных с АГ по полу, возрасту, индексу Кетле и уровню артериального давления

Возраст	Пол	Индекс Кетле	АДС	АДД	АДср
до 40 лет	муж.	34,1	164,2	98,3	120,3
	жен.	28,9	150,0	93,3	112,2
40–49 лет	муж.	26,9	156,7	93,3	114,4
	жен.	30,7	161,4	93,2	115,9
50–59 лет	муж.	30,1	168,3	97,8	121,3
	жен.	32,0	169,0	97,1	121,1
60 лет и старше	муж.	29,9	163,0	98,0	119,7
	жен.	32,7	170,0	97,5	121,7
Итого	муж.	30,5	164,3	97,5	119,8

В качестве информативных параметров комплексной диагностики отобраны следующие показатели: фибриноген, возраст, ТЗСЛЖ, ГГТП, направление оси (ЭКГ), КДР, белок, ПТИ, индекс Кетле.

Другой этап, влияющий на адекватность модели реальному процессу АГ и позволяющий использовать возможности группового экспертного оценивания эффективности медицинских вмешательств [6] – структуризация лекарственных воздействий.

Разнообразие современных лекарственных средств, используемых при лечении артериальной гипертензии, приводит к необходимости постоянного сравнительного анализа эффекта от применения лекарства, приведенного в описаниях фирмы-производителя и литературных источниках и полученного в реальной клинической практике. Результатом такого анализа предлагается считать структуризацию всего множества средств в некоторый комплекс лекарственных воздействий, наиболее приемлемых для лечения с позиций практического опыта определенной группы врачей-экспертов. При этом первоначально рассматривается максимальный перечень препаратов, и по каждому из них решается альтернатива включения в рекомендуемый комплекс, т.е. процесс выбора представляется процедурой многоальтернативного оптимизационного оценивания эффективности этого медицинского вмешательства.

В условиях активной информатизации лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) отдельные модули ввода и обработки информации, формирования информационного обеспечения, моделирования и принятия решений объединяются в информационную систему интеллектуальной поддержки врача (рис. 2). Функционирование этой системы скоординировано с форматами представления информации в существующей подсистеме ЛПУ автоматизированного ведения истории болезни [4].

Реализация выбора варианта лечения алгоритмических процедур по построению прогностической модели, структуризации комплекса лекарственных воздействий в рамках ин-

формационной системы интеллектуальной поддержки врача основана на программной реализации трех групп модулей: ввода ретроспективной, текущей и экспертной информации, настройки и верификации прогностической модели, рационального выбора с использованием экспертной информации и имитационного моделирования для оптимизационного оценивания эффективности выбранного медицинского вмешательства [8].

Комплекс этих модулей, объединенных вместе с подсистемой «История болезни» в единую информационную систему, полностью реализует цикл интеллектуальной поддержки принятия решения врачом при лечении артериальной гипертензии в стационарных условиях.

С использованием разработанных алгоритмов и моделей осуществлен выбор лечебных мероприятий для 42-х больных артериальной гипертензией в возрасте от 37 до 68 лет, среди которых было 16 мужчин и 26 женщин. При этом регистрировалось изменение уровня артериального давления на 2-й, 7-й и 12-й день лечения.

Значения уровня систолического, диастолического и среднего АД в основной (лечение с использованием разработанной информационной системы) и контрольной (традиционное лечение) группах представлены в табл. 3.

Таблица 3

Значения уровня АД в основной и контрольной группах больных

Показатель	при поступлении		2-й день		7-й день		12-й день	
	осн.	контр.	осн.	контр.	осн.	контр.	осн.	контр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
АДС	166,1	165,8	154,9	159,3	141,5	147,6	134,7	135,9
АДД	96,9	96,3	89,7	92,8	80,2	85,1	75,9	77,8
АДср	120,0	119,5	110,2	114,6	99,8	105,2	96,0	97,2

Как видно из представленных данных, несмотря на примерно одинаковый начальный уровень АД в сравниваемых группах, в основной группе отмечено более резкое снижение уровня АД, что благоприятно сказывается на состоянии здоровья больных и говорит об эффективности предложенного подхода к выбору лечебных мероприятий.

Для численной оценки эффективности лечения с учетом динамики изменения контролируемых показателей использован критерий E , основанный на предположении, что важность изменения уровня АД изменяется по экспоненциальному закону, начиная с первого дня наблюдения [1, 2]:

$$E = (AD_0 - AD_2) \cdot k_1 + (AD_2 - AD_7) \cdot k_2 + (AD_7 - AD_{12}) \cdot k_3, \quad (2)$$

где $AD_0, AD_2, AD_7, AD_{12}$ – уровень АДС (АДД, АДср) соответственно, при поступлении, на 2-й, 7-й и 12-й день лечения; k_1, k_2, k_3 – коэффициенты, характеризующие важность изменения показателей между соответствующими измерениями.



Рис. 2. Структура информационной системы интеллектуальной поддержки врача при лечении АГ

Коэффициенты k_i ($i = \overline{1,3}$) рассчитываются исходя из предположения, что важность улучшения показателей снижается со временем по экспоненциальному закону (e^{-ax}), причем на 12-й день лечения она составляет Δ процентов от первоначальной:

$$k_i = e^{-a\overline{t}_i}, i = \overline{1,3}, \quad (3)$$

где $a = -\frac{\ln \frac{\Delta}{100}}{12}$, $\overline{t}_i = \frac{t_i + t_{i+1}}{2}$, $t_1 = 0, t_2 = 2, t_3 = 7, t_4 = 12$.

Значение Δ задается экспертом, в нашем случае $\Delta = 10$. Результаты расчетов представлены в табл. 4, из которой видно, что эффективность лечения больных с АГ выше при использовании предложенного комплекса алгоритмов и моделей выбора лечебных мероприятий.

Таблица 4

Результаты оценки эффективности лечения больных АГ
в сравниваемых группах

Показатель	Коэффициент эффективности (Е)	
	Основная группа	Контрольная группа
АДС	17,0	13,4
АДД	11,4	8,1
АДср	13,8	10,2

Список литературы

1. Бабкин А. П. Алгоритмизация выбора оптимальной тактики лечения сосудистых поражений / А. П. Бабкин, Э. В. Минаков, Я. Е. Львович, О. Н. Чопоров.
2. Бабкин А. П. Разработка интегрального показателя тяжести течения артериальной гипертонии / А. П. Бабкин, Н. А. Воробьева, О. Н. Чопоров // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2009. – Т. 8, № 4. – С. 901-904.
3. Гафанович Е. Я. Оценка эффективности диагностики и лечения больных артериальной гипертонией в условиях интеллектуализации стационарозамещающих технологий Е. Я. Гафанович, М. В. Фролов // Вестник новых медицинских технологий. – Тула, 2012. – Т. XIX, № 1. – С.118-120.
4. Интеллектуализация обработки информации и принятия решений в структуре автоматизированного рабочего места отделения многопрофильного стационара / Гафанович Е. Я., Долгова М. С., Савина Е. В., Фролов В. М. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах: журнал практической и теоретической биологии и медицины. – М., 2011. – Т. 10, №4. – С. 817-820.
5. Лившиц В. Б. Статистический и нейросетевой методы идентификации и прогнозирования в медицине / В. Б. Лившиц, Т. И. Булдакова, С. И. Суятинов, С. В. Колентьев // Информационные технологии. – 2004. – № 3. – С. 60-63.
6. Львович Я. Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде: монография / Я. Е. Львович, И. Я. Львович. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2010.
7. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы /Д. Рутковский, М. Пилиньский, Л. Рутковский; пер. с польского И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия

– Телеком, 2008.

8. Чопоров О. Н. Оптимизационная модель выбора начального плана управляющих воздействий для медицинских информационных систем / О. Н. Чопоров, К. А. Разинкин // Системы управления и информационные технологии. – 2011. – Т. 46, №. 4.1. – С. 185-187.

Рецензенты:

Чопоров О. Н., д.т.н., профессор, проректор по научной работе АНОО ВПО Воронежского института высоких технологий, г. Воронеж.

Разинкин К. А., д.т.н., доцент, профессор кафедры технологических и автоматизированных систем электронного машиностроения ФГБОУ ВПО Воронежского государственного технического университета, г. Воронеж.