

достоверным смещением акрофазы на послеполуночные часы при незначительных изменениях количественных показателей ритма — амплитуды и мезора. Динамика ритмических колебаний в вечерней подгруппе, наоборот, характеризуется значимым изменением амплитудно-мезорных величин, в то время как смещение акрофаз недостоверно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Саркисов Д.С. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций. М.: Медицина; 1987.
2. Азизов А.Д., Убайдулаев А.М., Ливерко И.В. Десинхронизация дыхательной системы у больных хроническим бронхитом. Пульмонология 1996; 4: 66–69.
3. Kleitman N. Sleep and wakefulness. Chicago: Univ. Chicago Press; 1963.
4. Агаджанян Н.А., Елфимов А.И., Радыш И.В. Циркадианные ритмы дыхательной системы человека при адаптации к условиям высокогорья. В кн.: Тезисы докладов Международной конф. "Механизмы функционирования висцеральных систем", посвящ. 150-летию И.П.Павлова. СПб.; 1999.
5. Кривошецов С.Г. Компенсаторные механизмы регуляции при интервальной нормобарической гипоксии. В кн.: Материалы Второй Всероссийской конф. "Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция". М.: БЭБиМ; 1999. 36.
6. Меерсон Ф.З. Адаптационная медицина: механизмы и защитные эффекты адаптации. М.; 1993.
7. Piehl Aulin K., Svedenhag J., Berglund B., Saltin B. Scand. J. Med. Sci. Sports 1998; 8 (3): 132–137.
8. Колчинская А.З. Адаптация к гипоксии-эффективное средство повышения работоспособности, профилактики, лечения и реабилитации. В кн.: Прерывистая нормобарическая гипокситерапия. М.: ПАИМС; 1997; т. 1: 126–144.
9. Поддубная Р. Ю., Гринева О. В., Быков А.Т., Чижов А.Я. Прерывистая нормобарическая гипокситерапия в комплексе санаторно-курортного лечения и реабилитации лиц с бронхологической патологией. В кн.: Прерывистая нормобарическая гипокситерапия. М.; 1999; т. 3: 215.
10. Сильвестров В.П., Крысин Ю.С., Коваленко С.А. Импульсная гипоксия с использованием гелия при лечении хронического обструктивного бронхита. В кн.: Материалы VIII Российского съезда терапевтов. Н. Новгород; 1998. 20–21.
11. Ашофф Ю. Биологические ритмы: Пер. с англ. М.: Мир; 1984; т. 1–2.
12. Оранский И.Е. Природные лечебные факторы и биологические ритмы. М.: Медицина; 1988.
13. Алякринский Б.С. Биоритмологические критерии адаптации. В кн.: Хронобиология и хронопатология. М.; 1981 /: 21–22.
14. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты проблемы адаптации. М.: Наука; 1986.
15. Nelson W., Liang Tong J., Lee J.K., Halberg F. Methods for cosinor-rhythmometry. Chronobiologia 1979; 6: 305–323.
16. Путилов А.А. "Совы", "жаворонки" и другие. Новосибирск: Изд-во Новосибир. Ун-та; М.: Совершенство; 1997.
17. Моисеева Н.И., Сысуев В.М. Временная среда и биологические ритмы. Наука; 1981.

Поступила 30.05.2000

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2004

УДК 616.248–08

*В.М.Провоторов, Я.Е.Львович, В.В.Кузнецов, Н.Ю.Полевой*

### **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СХЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА**

Кафедра факультетской терапии ВГМА им. Н.Н.Бурденко,  
Кафедра САПРИС Воронежского государственного технического университета

#### **NEURAL NETWORK MODELING IN TREATMENT OF VARIOUS-AGE PATIENTS WITH ASTHMA**

*V.M.Provotorov, Ya.E.Lvovitch, V.V.Kuznetsov, N.Yu.Polevoy*

#### **Summary**

The paper is concerned with bronchial asthma clinical features. Complications, co-existing diseases, clinical and pathogenic types of asthma are considered. Three hundred patients were examined. Treatment results were analyzed and commented. An improvement in the treatment of asthma patients using neural networks is offered.

#### **Резюме**

Обсуждаются вопросы различия в клинической картине бронхиальной астмы (БА) у 300 больных разного возраста с учетом наличия осложнений, сопутствующих заболеваний и клинко-патогенетических вариантов; приводятся комментарии по результатам лечения больных и предлагается способ оптимизации лечения больных БА различного возраста с применением нейросетевого моделирования.



Несмотря на значительные успехи, достигнутые в лечении бронхиальной астмы (БА), до настоящего времени вопросам, связанным с особенностями ее течения у больных различного возраста, уделяется все еще мало внимания; практически не разработаны схемы лечения в различных возрастных группах.

Таким образом, целью настоящей работы является оптимизация схемы лечения БА у больных различных возрастных групп. Перед исследователями поставлены следующие задачи:

- определение входных параметров, по которым можно было бы оценить различия в клинической картине заболевания у больных различного возраста;
- ранжирование исследуемых параметров по степени значимости для составления схемы лечения и оценка полученных результатов;
- разработка предложений по оптимизации схем лечения (с учетом возраста больных) и их программной реализации с применением нейросети.

### Материал и методы

В базу данных (далее БД) были внесены сведения о 300 больных БА различного возраста, среди них 105 (35 %) мужчин и 195 (65 %) женщин в возрасте от 15 до 85 лет. Оценивались 3 группы данных: 1) клиничко-anamnestические особенности; 2) результаты лабораторных и инструментальных методов диагностики; 3) проведенное лечение и его эффективность.

К 1-й группе входных данных относились следующие признаки: пол, возраст, характер приступов, связь приступов с воздействием аллергенов внешней среды, эозинофилия крови и мокроты, положительный эффект после элиминации причинных аллергенов, наличие и характер сопутствующего риносинусита, толерантность к физической нагрузке, выраженность метеочувствительности, гормонозависимость, наследственная предрасположенность к астме, наличие различных сопутствующих заболеваний и осложнений основного заболевания, длительность болезни, частота приступов в ночное и дневное время.

Ко 2-й группе относились следующие параметры: наличие и характер пневмосклеротических изменений в легких (по данным рентгенограмм), характер изменений в легких при бронхоскопии, снижение проходимости дыхательных путей при метахолиновом тесте на гиперреактивность, реакция на  $\beta_2$ -миметики, пиковая скорость выдоха (ПСВ) или объем форсированного выдоха за 1-ю с (ОФВ<sub>1</sub>) и их колебания.

Наконец, 3-я группа данных включала в себя список применяемых при лечении БА групп препаратов и других методов лечебного воздействия (ингаляционные кортикостероиды, холинолитики,  $\beta_2$ -агонисты, а также экстракорпоральные методы — АУФОК, плазмаферез). Следует отметить, что учитывались и результаты физиотерапевтических воздействий, хотя не существует достоверных доказательств их эффективности при лечении БА.

Имеются данные о половых различиях в заболеваемости БА с учетом возраста [1]. В частности, большая частота развития атопической формы БА отмечается у женщин в возрасте 20–30 лет [1].

В то же время сам по себе возраст больных является ключевым параметром в нашем исследовании. Обследуемые пациенты были разделены на 5 возрастных групп: 1-я — 15–30 лет; 2-я — 30–40 лет; 3-я — 40–50 лет; 4-я — 50–60 лет; 5-я — старше 60 лет.

Актуальным является такой входной параметр, как характер приступов удушья у больных различных возрастов. Очерченность приступов с возрастом снижается, приобретая характер значительно выраженной смешанной одышки, сильной зависимости от физической нагрузки, погоды и т. д. [2].

О сопутствующем риносинусите была получена даже большая информация, чем то предполагалось вначале. Так, у молодых больных (15–35 лет) с преимущественно атопическим вариантом БА (40 человек, или 13,33 %) риносинусит является, как правило, аллергическим без признаков инфекции; иногда (в 1,67 % случаев) речь идет даже о полипозно-аллергическом, т. е. об аспириновой астме; риносинусит у более пожилых больных представлен в основном выделениями из носа слизистого характера и свидетельствует о наличии отека слизистой полости носа (14 %). В остальных случаях (81 %) воспаления придаточных носовых пазух не отмечалось.

Весьма часто у больных БА обнаруживали нейтрофилы в мокроте. Как и следовало ожидать, у молодых больных (в возрасте до 40 лет), особенно с атопией, нейтрофилы либо отсутствуют, либо находятся в мокроте в незначительном количестве (15,33 %), особенно при отсутствии сопутствующего бронхита. У более пожилых больных (3-я и особенно 4-я и 5-я возрастные группы), в основном у тех, у которых БА развилась на фоне хронического обструктивного бронхита, в мокроте имеется выраженный нейтрофильный лейкоцитоз (52,47 %), что свидетельствует о преобладании воспаления в бронхах.

Бронхоскопические исследования в проанализированных случаях заболевания довольно четко свидетельствуют о преобладании бронхоспастического механизма (14,33 %) у больных первых двух групп с атопической формой (отсутствие каких-либо морфологических изменений в бронхах) и отечного — у более старших (в возрасте 40–60 лет) астматиков (просвет бронхов в большинстве случаев заполнен вязким трудновымываемым при бронхосанациях секретом) — 19 %; у пожилых (старше 60 лет) и стариков в бронхах, как правило, выявлялись фиброзные или атрофические изменения различной степени выраженности (17,67 %). У 49 % больных бронхоскопическое исследование не проводилось.

Нередко у астматиков 3 старших возрастных групп на 1-е место выступают жалобы по поводу других заболеваний, не имеющих отношения к БА (это связано с характером приступов в различном возрасте, что рассмотрено выше). Очевидно, что с



возрастом увеличивается количество сопутствующих заболеваний, учет которых необходимо проводить с целью коррекции лечения. Заболеваний этих может быть очень много, но их можно объединить в 3 большие группы: сердечно-сосудистые (гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца и т. д.), бронхолегочные (наличие хронического обструктивного бронхита, легочно-сердечной недостаточности, эмфиземы и др.) и желудочно-кишечные (гастриты, язвенная болезнь желудка, панкреатиты, холециститы, гепатиты). Учитываются также осложнения гормональной терапии (кушингоидный синдром, стероидный диабет, остеопороз).

С увеличением возраста очень часто встречаются различные заболевания желудочно-кишечного тракта и почек, которые напрямую не влияют на лечение БА, но при обострениях, часто совпадающих с обострениями астмы, утяжеляют состояние и способствуют удлинению времени пребывания в стационаре, а также требуют назначения соответствующих дополнительных препаратов, что не всегда хорошо переносится больными.

Так, в нашем исследовании хронический гастрит был выявлен у 36 (12 %) больных, хронический рецидивирующий панкреатит — у 53 (15 %), хронический холецистит имел место в 14,67 % случаев, хронические гепатиты различной этиологии встречались у 36 (12 %) больных, хронический пиелонефрит был отмечен у 53 (17,67 %) обследованных.

Наиболее часто используемыми в стационаре препаратами являются глюкокортикостероиды, как правило, в сочетании с М-холинолитиками и  $\beta_2$ -агонистами.

Высокую эффективность имеют экстракорпоральные методы (такие как плазмаферез, АУФОК), прежде всего у молодых (до 40 лет) больных с атопическим вариантом БА.

Довольно осторожного подхода требует лечение больных (как правило, пожилого возраста), у которых имеются осложнения стероидной терапии (остеопороз, стероидный васкулит, кушингоидный синдром и др.).

В связи с наличием определенных сопутствующих заболеваний у пациентов старших возрастных групп снижается скорость достижения положительного результата; удлиняется время пребывания в стационаре, что способствует увеличению частоты обострений.

Эффективность лечения оценивалась на основании скорости нарастания положительной динамики (с учетом возраста, сопутствующих заболеваний и других факторов). С этой целью применялась 5-балльная шкала, соответствующая ступенчатому подходу к проводимой терапии на основании тяжести течения заболевания [3]. Степень тяжести определялась нами с учетом количества ночных симптомов в неделю, количества дневных симптомов в день и в неделю, кратности применения  $\beta_2$ -агонистов короткого действия, выраженности нарушений физической активности и сна, значения ПСВ и ее суточных колебаний.

Больным, которые нерегулярно использовали бронходилататоры, ставился 1 балл; 2 балла — тем, кто регулярно принимал ингаляционные противовоспалительные препараты; 3 баллами оценивалось лечение больных, которые применяли высокие дозы ингаляционных глюкокортикостероидов (Будесонид, Флунизолид до 2 мг в сутки) в комбинации с ингаляционными пролонгированными  $\beta_2$ -агонистами (Формотерол, Сальметерол по 12 мкг 2 раза в сутки); 4 баллами отмечались больные, применявшие высокие дозы ингаляционных ГКС в сочетании с регулярным приемом бронходилататоров; наконец, 5 баллами — пациенты, которые регулярно принимали ГКС в таблетках, помимо ингаляционных ГКС и бронходилататоров.

Для оптимизации схемы лечения нами была создана нейросетевая модель.

Основой работы самообучающихся нейропрограмм является нейронная сеть, представляющая собой совокупность нейронов — простых элементов, связанных между собой определенным образом. Структура связей между нейронами в нейрокомпьютере или нейропрограмме аналогична таковой в биологических объектах. Искусственный нейрон имеет связи с другими нейронами через синапсы, передающие сигналы от других нейронов к данному (дендриты) или от данного нейрона к другим (аксон). Кроме того, нейрон может быть связан сам с собой. Несколько нейронов, связанных между собой определенным образом, образуют нейронную сеть.

Рассмотрим устройство и функционирование отдельного нейрона [4]. Нейрон состоит из двух функциональных блоков: входного сумматора и собственно нейрона, или преобразователя (рис. 1).

Функционирование нейрона происходит следующим образом. В текущий момент времени через входные синапсы (на рис. 1 их 3) на нейрон направляются сигналы от других нейронов и/или из внешнего мира. Каждый синапс имеет параметр, называемый весом синапса и представляющий собой какое-либо число. Сигнал, проходящий через синапс, умножается на вес этого синапса. В зависимости от веса сигнал может быть усилен (модуль веса  $> 1$ ) или ослаблен (модуль веса  $< 1$ ) по амплитуде. Сигналы от всех синапсов, ведущих к данному нейрону, принимает сумматор.

Сумматор производит суммирование всех пришедших сигналов и подает на собственно нейрон (преобразователь) одно число — полученную сумму. Величина этого числа будет зависеть как от величин исходных сигналов, так и от веса синапсов. Нейрон,

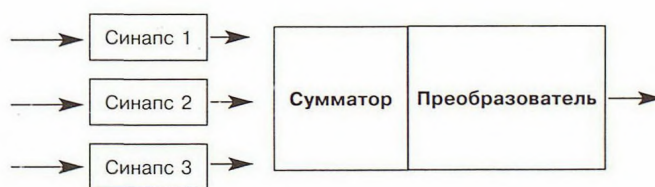


Рис. 1. Схема нейрона



получивший это число, преобразует его согласно своей функции, в результате которой получается другое число, и отправляет его по "аксону" всем остальным нейронам через соответствующие синапсы. Последующие нейроны производят с полученными сигналами такие же операции с тем лишь различием, что, во-первых, вес их синапсов может быть уже другим, во-вторых, другие нейроны могут иметь другой вид функции преобразования. Эта функция, называемая характеристической, имеет вид:

$$f(X) = X / (C + |X|),$$

где  $X$  — сигнал, поступающий с сумматора,  $C$  — константа, называемая характеристикой нейрона. Выбор функции такого вида был обусловлен тем, что она гладкая, непрерывная на всем диапазоне переменных  $X$ , диапазон значений всегда ограничен [5].

Не останавливаясь на математических алгоритмах, рассмотрим общую схему обучения нейросети [5].

1. Из обучающей выборки берется очередной пример, и его входные параметры подаются на входные синапсы обучаемой нейросети. Обычно каждый входной параметр примера подается на один соответствующий входной синапс.

2. Нейросеть производит заданное количество тактов функционирования.

3. Измеряются сигналы, выданные теми нейронами, которые считаются выходными.

4. Производится интерпретация выданных сигналов, и вычисляется оценка, характеризующая различие между выданным сетью ответом и требуемым ответом, имеющимся в примере. Оценка вычисляется с помощью соответствующей функции оценки: чем меньше оценка, тем лучше распознан пример, тем ближе выданный сетью ответ к требуемому.

5. Если оценка примера равна нулю, ничего не предпринимается. В противном случае на основании оценки вычисляются поправочные коэффициенты для каждого синаптического веса матрицы связей, после чего производится подстройка синаптических весов. В коррекции весов синапсов и заключается обучение.

6. Осуществляется переход к следующему примеру задачника, и вышеперечисленные операции повторяются. Прохождение по всем примерам обучающей выборки с первого по последний считается одним циклом обучения.

При прохождении цикла каждый пример имеет свою оценку. Вычисляется, кроме того, суммарная оценка множества всех примеров обучающей выборки. Если после прохождения нескольких циклов она равна нулю, обучение считается законченным, в противном случае циклы повторяются [5, 6].

Деление на группы соответственно возрастным особенностям течения БА в нашем исследовании проводилось с шагом 10 лет.

Довольно часто при формировании БД о характере течения заболевания у больных различного возраста приходится иметь дело с ситуацией, когда по тем или иным причинам не удается получить для каждо-

го конкретного больного весь набор входных данных. В этих случаях проявляется такое свойство нейросети, как экстраполяция, т. е. ее способность после обучения выдавать правильные ответы для наборов данных, которые не входили в обучающую выборку.

Для обучения и последующей корректной работы нейросети требуется наличие в БД описания не менее 400–500 случаев болезни; на настоящий момент в нашем исследовании учтено 300 случаев. Достоверность полученных результатов определяется после тестирования сети на специальной тестовой выборке (данные, которые были случайно взяты из исходной базы и исключены из программы обучения).

Созданная нами нейросеть имеет динамическую структуру, т. е. перестраивается (и соответственно переобучается) в зависимости от количества признаков, которые рассматривает исследователь (входные переменные), и вида этих признаков. В принципе, сеть может принимать на вход любые данные — логические переменные (да/нет), вещественные и целые числа, а также признаки типа "один из многих". Применяя дополнительные модули предобработки, можно будет подавать на вход сети даже такие данные, как характеристика спектральной туссограммы [7] (для этого достаточно подать на несколько входных нейронов амплитуды сигнала на различных частотах в различные моменты времени). Для ускорения работы нейросети мы предлагаем следующий подход к анализу туссограмм: пользователю предоставляются графические изображения нескольких наиболее характерных спектральных туссограмм (10–15 "классических" примеров), после чего он (пользователь) просто выбирает из них ту, которая наиболее сходна с туссограммой конкретного больного. Это один из примеров признака типа "один из многих", когда каждому значению, из которых производится выбор, соответствует один входной нейрон. При выборе одного из значений на соответствующий нейрон подается положительный сигнал (+1), а на остальные нейроны из данной группы — отрицательный (-1).

Приведем клинический пример принципа работы программы.

Больной С., 48 лет, поступил в стационар с жалобами на приступы удушья при физической нагрузке, приступы затрудненного дыхания (чаще в ночное время или по утрам), кашель в течение суток с небольшим количеством трудноотделяемой вязкой мокроты. Из анамнеза: болен астмой в течение 15 лет; приступы провоцировались физической нагрузкой, простудными заболеваниями, редко — внешними аллергенами (лакокрасочная продукция), наследственность по БА не отягощена. Приступы удушья возникают 2–3 раза в неделю в ночное время; днем физическая активность вызывает затрудненное дыхание (до 2 раз в день). Объективно: состояние средней тяжести. В мокроте и крови слабовыраженная эозинофилия, количество нейтрофилов в мокроте — 40–50 в поле зрения. Рентгенография органов грудной клетки: легочный рисунок деформирован, усилен, в прикорневых отделах — фиброз. ОФВ<sub>1</sub> — 65 % от нормы, колебания ПОС<sub>выд</sub> в течение суток — 24 %, при спирографии выявлено умеренное нарушение вентиляционной способности легких по обструктивному типу, нарушение проходимости мелких бронхов. Клинический диагноз: БА, смешанная форма, средней тяжести, обострение.



Эти данные были занесены в базу данных (БД) в виде, частично приведенном в табл. 1. При этом поль-

зователь нейросетевой модели не заносит в компьютер цифры (при таком варианте возможны ошибки), а

Таблица 1

Показатели базы данных больного БА

№ поля в БД	Текстовое описание входного признака	Выбранный вариант	Представление в БД
Клиническая картина заболевания			
1	Фамилия больного	Ххххххх	ххххххх
4	Пол больного	Мужской	1
6	Возраст больного	48	48
7	Характер приступов	Близкий к классическому	2
8	Связь приступов с воздействием аллергенов внешней среды	Аллергены внешней среды редко вызывают приступы	2
10	Характер сопутствующего риносинусита	Неизвестно	5
11	Толерантность к физической нагрузке	Физическая нагрузка относительно часто провоцирует приступы	3
12	Длительность заболевания, лет	15	15
13	Связано ли возникновение астмы или обострения с перенесенными инфекциями верхних дыхательных путей?	Да	1
14	Эозинофилия мокроты	Слабо выраженная эозинофилия со значительным преобладанием нейтрофилов	5
17	Характер пневмосклеротических изменений в легких	Фиброз в прикорневых отделах	5
18	Характер изменений в легких при бронхоскопии	Неизвестно	6
19	Длительность пребывания в стационаре, дней	18	ххххххх
20	Результаты спирографии	Умеренное снижение вентиляционной способности по обструктивному типу. Умеренное снижение ЖЕЛ	5
21	Наследственная предрасположенность	Нет	2
22	Гормонозависимость	Нет	2
24	Наличие легочной гипертензии	Нет	2
28	Наличие язвенной болезни желудка	Нет	3
29	Наличие артериальной гипертензии	Да	3
30	Наличие сахарного диабета	Нет	3
32	Наличие стенокардии	Нет	3
33	Наличие хронического гепатита	Нет	3
38	Наличие мерцательной аритмии	Нет	3
39	Наличие осложнений гормональной терапии, кушингоидизм	Нет	3
40	Снижение проходимости дыхательных путей при метахолиновом или анаприлиновом тесте на гиперреактивность	Неизвестно	4
42	ПСВ или ОФV <sub>1</sub>	60–80 % от нормы	3
43	Колебания ПСВ или ОФV <sub>1</sub>	От 20 % до 30 %	2
44	Частота ночных симптомов	Более 1 раза в нед.	3
45	Частота основных симптомов БА	Реже 1 раза в нед.	1

Окончание таблицы 1 на стр. 44



№ поля в БД	Текстовое описание входного признака	Выбранный вариант	Представление в БД
<b>Лечебные воздействия</b>			
47	Короткодействующие $\beta_2$ -агонисты по требованию. Длительность действия 4 ч	Да	3
48	Пролонгированные $\beta_2$ -агонисты с длительностью действия 12 ч	Нет	3
49	Ингаляционные кортикостероиды	Да	3
50	Системные кортикостероиды	Да	3
51	Пролонгированные теофиллины	Да	3
52	Короткодействующие теофиллины	Да	3
53	Холинолитики	Нет	3
54	Антигистаминные препараты (Кетотифен)	Нет	3
55	Антагонисты кальция	Нет	3
56	Отхаркивающие и муколитические средства	Да	3
57	Иммуностимуляторы и иммуномодуляторы	Нет	3
65	Ингаляции с лекарственными веществами	Да	3
66	Физиотерапия. Массаж грудной клетки	Нет	3
67	Экстракорпоральные методы. Плазмаферез	Нет	3
68	Экстракорпоральные методы. АУФОК	Нет	3
69	<b>Эффективность лечения по шкале от 1 до 5 баллов</b>		<b>4</b>

выбирает из представленных ему вариантов ответов на каждый вопрос наиболее подходящий. Списки вопросов и соответствующих им ответов хранятся в таблицах БД, что дает возможность адаптировать разработанное программное средство практически к любым задачам. Схема разделения ответов на каждый вопрос по входным нейронам нейросети также хранится в таблице БД и легко может быть отредактирована надлежащим образом специалистом по нейросетям, что придает программному продукту дополнительную гибкость. Кроме того, для каждого вопроса предусмотрен ответ "неизвестно", поскольку практика такова, что получить четкие ответы на все вопросы по каждому больному нереально [5]. Эта проблема решается следующим образом: сначала с помощью динамически формируемой в процессе работы специальной нейросети производится попытка восстановления пробелов в данных с требуемой достоверностью; если же восстановить часть пробелов не удалось, то пользователю предоставляется выбор: либо снизить порог необходимой достоверности, либо исключить из рассмотрения невосстановленные поля. Контроль достоверности в соответствии с современными требованиями к такого рода программным продуктам производится на всех этапах работы нейросетевой модели. Немаловажную роль в обеспечении необходимой степени достоверности результатов работы всего комплекса играет правильное построение набора входных параметров для обучения нейросетевой модели [9].

После занесения всех данных в БД пользователь выбирает, какие параметры будут являться входными, и какие — выходными. В нашем случае входными параметрами будут выступать значения полей с номерами 4, 6–18, 20–46, выходными — поля с номерами 19, 47–69. Таким образом, на выходе мы хотим получить планируемую длительность пребывания больного в стационаре или оптимальную схему лечения и планируемую эффективность лечения. Если в арсенале лечащего врача отсутствуют те или иные лечебные воздействия, в соответствующие поля заносится отрицательный ответ, и затем эти поля переводятся из списка выходных в список входных.

Затем все входные параметры нормируются (на входные нейроны подаются вещественные числа в интервале от  $-1$  до  $+1$ ), распределяются по входным нейронам в соответствии со схемой распределения, с выходных нейронов снимаются результаты, переводятся из нормированного вида в реальный и представляются для анализа пользователю.

В больнице, в которой проходил лечение больной С., доступными оказались практически все виды лечебных воздействий.

Для видов лечебных воздействий, пропущенных в табл. 2, были получены ответы "безразлично".

Достоверность предсказаний, по сравнению с имеющейся на январь 2001 г. БД из 300 больных, составляет около 83 %.



## Лечебное воздействие по данным базы данных больного БА

№ поля в БД	Текстовое описание входного признака	Результат
19	Длительность пребывания в стационаре, дней	12
47	Короткодействующие $\beta_2$ -агонисты по требованию. Длительность действия 4 часа	Применять
49	Ингаляционные кортикостероиды	Применять
50	Системные кортикостероиды	Лучше применять
51	Пролонгированные теофиллины	Применять
54	Антигистаминные препараты (Кетотифен)	Лучше не применять
56	Отхаркивающие и муколитические средства	Применять
59	Физиотерапия. УФО	Не применять
60	Физиотерапия. УВЧ	Не применять
64	Физиотерапия. Лекарственный электрофорез	Не применять
65	Аэрозольтерапия (ингаляции с лекарственными веществами)	Лучше применять
66	Физиотерапия. Массаж грудной клетки	Лучше не применять
69	<b>Эффективность лечения по шкале от 1 до 5 баллов (на основании улучшения показателей ПСВ)</b>	<b>4</b>

В данном случае нейросеть работала в качестве экспертной системы. Но этим все возможности нейросетевых технологий не исчерпываются. Благодаря способности нейросетей к экстраполяции за пределы обучающей выборки становится возможным поиск оптимального решения задачи. В нашем случае это означает, что мы используем нейросеть как модель больного и опробуем всевозможные комбинации лечебных воздействий с целью найти наилучшее сочетание. На текущий момент реализована только самая простая схема оптимизации — простой перебор всех доступных вариантов. Такая схема требует большого количества вычислений, поэтому ведется дальнейшая работа по поиску других способов оптимизации.

Предложенная схема лечения была опробована в пульмонологических отделениях больницы скорой медицинской помощи г. Воронежа (на 30 больных) и ГКБ № 17 (на 25 больных). Зафиксировано улучшение состояния больных при выписке, по сравнению с прогнозированным ранее, и достоверное ( $p < 0,05$ ) сокращение срока пребывания в стационаре (в среднем на 2 дня), по сравнению с прогнозированным ранее.

### Выводы

1. В исследовании учитываются 3 группы входных параметров: клинико-anamnestические данные, лабораторные показатели и результаты лечебных воздействий.
2. При обследовании 300 больных БА различного возраста выявлены различия в клинической карти-

не заболевания и определены различия в эффективности лечения с учетом сопутствующих заболеваний.

3. Предлагается оптимизация схемы лечения больных различных возрастных групп с применением нейросетевого моделирования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Куделя Л.М., Сидорова Л.Д. Особенности клинического течения поздней астмы. В кн.: Чучалин А.Г. (ред.) Актуальные проблемы пульмонологии: Сборник трудов Всероссийского науч. о-ва пульмонологов. М.: Универсум Паблишинг; 2000. 210–215.
2. Кузьмин А.З. Клинико-биохимические и морфофункциональные особенности течения бронхиальной астмы у больных различных возрастных групп: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Самара; 1998.
3. Бронхиальная астма. Руководство для врачей России. Формулярная система. М.; 1999.
4. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. М.: Изд. СССР–США СП "Параграф"; 1990.
5. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. М.: Наука; 1996.
6. Balakrishnan K., Honavar V. Intelligent Diagnosis systems // <http://www.cs.iastate.edu/~honavar/aigroup.html>.
7. Протоиоров В.М., Литвинов Е.В., Демьякина И.В. Метод спектральной туссографии. Мед. техника 1998; 4: 15–20.
8. Кузнецов В.В., Полевой Н.Ю. Нейросети и специфика задачи оптимизации схемы лечения. В кн.: Межвузовский сборник науч. трудов "Компьютеризация в медицине". Воронеж; 1999. 147–151.
9. Полевой Н.Ю. Методика построения набора входных параметров для нейросетевых моделей. В кн.: Труды Всероссийской конф. "Интеллектуальные информационные системы". Воронеж; 1999; ч. 2: 21–22.