

УДК 616.71

М.А. Сидорова, Н.А. Сержантова

**АНАЛИЗ НАИБОЛЕЕ ИНФОРМАТИВНО-ЗНАЧИМЫХ ПАРАМЕТРОВ
ГЕМОСТАЗА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ СВЕРТЫВАЕМОСТИ
КРОВИ**

Рассмотрены вопросы разработки системы скринингового исследования параметров гемостаза. Анализируется возможность повышения качества диагностики тромбозов и эмболий. Выявляются наиболее информативные параметры диагностики.

Гемостаз; нейронная сеть; норма; патология; анализ значимости; вероятность правильной классификации; эффективность диагностики.

M.A. Sidorova, N.A. Serzhantova

**THE ANALYSIS OF THE INFORMATIVELY MOST-SIGNIFICANT OF THE
HEMOSTASIS PARAMETERS AT OF DISTURBANCES COAGULABILITY
OF THE BLOOD DIAGNOSTICS**

Questions of system engineering screening researches of a hemostasis parameters are surveyed. The opportunity of improvement of diagnostics quality of clottages and embolisms is analyzed. The most informative parameters of diagnostics are taped.

Hemostasis; neuronic network; norm; pathology; analysis of the importance; probability of correct classification; efficiency of diagnostics.

В настоящее время одной из важнейших проблем медицины является высокая смертность населения России из-за сердечно-сосудистых заболеваний практически всегда сопровождающихся тромбозами, опасными увеличением риска внезапной смерти.

Согласно современным представлениям, внутрисосудистое тромбообразование является сложным процессом, обусловленным воздействием многих факторов. Среди причин, способствующих развитию внутрисосудистого тромбоза, большое значение придается изменению сосудистой стенки, нарушению гемодинамики, склонности к спазмам артерий, изменению в системе гемостаза (нарушения свертывания крови). Очевидно, что исследование параметров гемостаза и их влияния на процессы тромбообразования представляет большой практический интерес [1].

Под системой гемостаза понимают совокупность компонентов кровеносных сосудов, крови и их взаимодействий, которая обеспечивает поддержание целостности кровеносных сосудов, жидкое состояние крови внутри сосудов и остановку кровотечения при повреждении сосуда [1].

Современная медицина оперирует множеством различных биохимических показателей, характеризующих коагуляционный гемостаз. Основными параметрами гемостаза (наиболее часто используются при диагностике нарушений свертывания крови в силу своей информативности и невысокой стоимости реагентов для лабораторной диагностики) являются следующие: *Vc* – время свертывания (мин); *Эх* – эхитоксовое время (с); *Ат3* – антитромбин III (мг/л); *АПТВ* – активированное парциальное (частичное) тромбопластиновое время (с); *АПТВк* – активированное парциальное (частичное) тромбопластиновое время (с) в контрольном образце; *Тв* – тромбиновое время (с); *Оф* – ортофенантролин (мг/дл); *Кл* – клампинг-тест (тест

склеивания стафилококков) (г/л); ААТ2 – показатель агрегационной активности одного тромбоцита при индукции агрегации разведением гемолизата 10^{-2} (с); ААТ6 – показатель агрегационной активности одного тромбоцита при индукции агрегации разведением гемолизата 10^{-6} (с); ИАТ – индекс активации тромбоцитов (ААТ6/ААТ2); Хзф – хагеман-зависимый фибринолиз (мин); Иэф – индуцированный стрептокиназой эуглобулиновый фибринолиз (с); Пти – протромбиновый индекс (%); Фг – фибриноген (г/л); Тромб – количество тромбоцитов (тыс./мкл).

При анализе параметров возникает ряд трудностей, связанных с невозможностью разграничить диапазоны нормальных и патологических значений параметров. Проведенные авторами исследования показали, что для назначения комплекса диагностических мероприятий целесообразно производить скрининговое исследование, позволяющее получить предварительный диагноз, и, с заданной точностью, определить вероятность возникновения той или иной патологии системы гемостаза.

Постановка диагноза, в общем случае сводящаяся к классификации состояния пациента как нормального или патологического, очень плохо алгоритмируется. Поэтому в качестве основы для построения скрининговой системы были выбраны нейронные сети, так как они способны обучаться, а также обобщать накопленную информацию и вырабатывать ожидаемую реакцию применительно к данным, не обрабатывавшимся в процессе обучения.

В рассматриваемой скрининговой системе были использованы однонаправленные двухслойные нейронные сети (рис. 1). Число входов определяется количеством исследуемых параметров гемостаза – их 16. Выходов у нейронной сети два – первый выход несет информацию о патологических значениях параметров гемостаза, второй выход отвечает за формирование единичного сигнала в случае, когда параметры гемостаза соответствуют области нормы.

Нейронные сети обучались и тестировались на реальных клинических данных, предоставленных специалистами Городской больницы скорой медицинской помощи им. Г.А. Захарьина, г. Пензы.

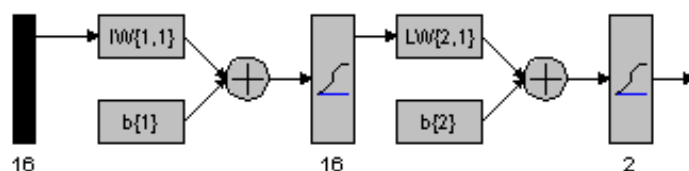


Рис. 1. Однонаправленные двухслойные нейронные сети

На первом этапе было сформировано обучающее множество – матрица, содержащая как нормальные, так и патологические комбинации значений 16 параметров свертывания, приведенных ранее. Количество столбцов матрицы равно количеству исследуемых параметров свертывания, количество строк соответствует объему данных о значениях параметров свертывания при различных патологиях системы гемостаза, а также о значениях этих параметров у здоровых людей. Одновременно была сформирована матрица желаемых результатов, состоящая из нулей и единиц. Количество строк в матрице желаемых результатов (МЖР) соответствует количеству строк обучающего множества (ОМ), количество столбцов равно двум. Значения в столбцах всегда парные: 0 и 1, если строка ОМ содержит нормальные значения параметров гемостаза; 1 и 0, если строка ОМ содержит патологические значения. В качестве примера в табл. 1 приведен фрагмент данных для ОМ и МЖР.

Раздел I. Медицинская диагностика и терапия

На втором этапе производилось обучение нейронных сетей, созданных с использованием стандартных средств пакета *MATLAB*, то есть настройку весов и смещений нейронной сети таким образом, чтобы при предъявлении входного множества, на выходе формировалась МЖР. В ходе тестирования [2] алгоритмов обучения, наиболее эффективным был признан алгоритм Левенберга – Марквардта (наименьшее время обучения, наименьшее количество циклов обучения, наименьшая вычислительная сложность).

Таблица 1

Данные для обучающего множества						Данные для матрицы желаемых результатов	
Тв	ИАТ	Иэф	Пти	Фг	Тромб	Патология	Норма
16	0		86	3,17	176	1	0
14	1,14	77	88	3,77	188	0	1

После обучения сети производился контроль работы, т.е. оценка эффективности работы нейронной сети в задаче обнаружения (классификации). С этой целью использовались контрольные множества, содержащие наборы как нормальных, так и патологических параметров гемостаза, а также МЖР для контрольных множеств. Сравнивая результат работы нейронной сети с контрольным МЖР (табл. 2), на основании различных статистических критериев оценили эффективность работы нейронной сети, а также интерпретировали результаты исследования.

Для оценки качества работы рассматриваемой нейронной сети был применен стандартный статистический аппарат [3], а именно произведена проверка независимости, информативности и точности нейросетевой модели (табл. 3).

Таблица 2

Результат работы НС		Контрольная МЖР	
Патология	Норма	Патология	Норма
1,99E-05	0,99999	0	1
0,99998	1,73E-05	1	0

Таблица 3

Для Y(t)ф	Среднее значение	Дисперсия	СКО	Cv	Cs
	0,158003	0,088401	0,297323	188,1753	26,61201
Для Y(t)р	Среднее значение	Дисперсия	СКО	Cv	Cs
	0,307692	0,221538	0,470679	152,9706	21,63331
Оценка информативности $R^2=0,399033$					

Проведенные исследования показали, что использование стандартного статистического аппарата не позволяет адекватно оценить работу нейронных сетей, так как рассматриваемые признаки варьируют в широких пределах.

Дополнительно применялся математический аппарат биометрических исследований [4]. Произведен расчет количества информации по Шеннону ($\alpha = 1,12$), коэффициент информативности по Кульбаку ($I=-10, 24$), аргумент распределения Стьюдента ($t=5,35$), а также коэффициент корреляции симптома с верифицированным диагнозом ($r=0,64$) для всех исследуемых показателей. Также анализирована

лись отдельные параметры. Однако математический аппарат биометрических исследований также не дал положительного результата, так как в его основе лежит изучение отдельных пациентов и отдельных симптомов, влияющих на конкретный диагноз. Нейронные сети работают с экспериментальными выборками клинических данных, касающихся группы пациентов, а результат работы нейронной сети фактически представляет собой один симптомокомплекс. Однако поиск оптимального набора исследуемых параметров [4] позволил определить процент эффективности постановки предварительного диагноза нейронной сетью.

Оценка эффективности диагностики проводилась согласно следующему алгоритму [4]:

1. Проведение нейросетевой диагностики с использованием всех информативных симптомов.

2. Определение эффективности диагностики по формуле

$$\eta = P_{\text{пр}} + Ш_1 P_1 + Ш_2 P_2,$$

где η – эффективность диагностики, $P_{\text{пр}}$ – процент правильных диагнозов, $Ш_1$ – штраф за ошибку первого рода, P_1 – процент ошибок первого рода, $Ш_2$ – штраф за ошибку второго рода, P_2 – процент ошибок второго рода.

Эффективность нейросетевой диагностики, с использованием всех информативных симптомов, составила 85 %.

3. Исключается один из параметров и вновь ставится диагноз и определяется эффективность диагностики. Если новое значение эффективности больше предыдущего, то исключается следующий параметр и опять определяется эффективность. Так продолжается до тех пор, пока не наступит момент, когда нельзя ни прибавить ни убавить ни одного параметра с тем, чтобы не уменьшить значение η .

Результаты расчета эффективности при исключении параметров сведены в табл. 4.

Таблица 4

Искл. парам.	Все парам.	вс	эх	ат3	аптв	аптвк	тв	оф	кл	ААТ2	ААТ6	ИАТ	хзф	изф	пти	фг	тромб
η	85	85	85	88	92	81	73	77	85	88	88	88	73	73	85	88	85

В табл. 4 цветом выделены параметры, исключение которых приводит к увеличению вероятности правильной классификации состояния пациента. На основании этого построили нейронную сеть, обученную на тех же данных, но по 10 параметрам (из исходного обучающего множества исключили столбцы, в которых содержится информация о параметрах Ат3, АПТВ, ААТ2, ААТ6, ИАТ, Фг; анализируемые параметры: Вс, Эх, АПТВк, ТВ, Оф, Кл, Хзф, Изф, Пти, Тромб). Для данной нейронной сети была рассчитана эффективность диагностики, которая составила 92 %. Таким образом, сокращение анализируемых параметров привело к повышению качества классификации состояния пациента нейронной сетью.

В настоящий момент авторами проводится дополнительная статистическая обработка результатов исследования, целью которой является выявление опти-

мального математического аппарата, применение которого позволит адекватно оценить результат работы нейронных сетей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Панченко В.М.* Свертывающая, противосвертывающая системы в патогенезе и лечении внутрисосудистых тромбозов. – М., 1966. – С. 286.
2. *Оссовский С.* Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – С. 344.
3. *Лапач С.Н., Чубученко А.В., Бабич П.Н.* Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. – Киев: Морион, 2000. – С. 468.
4. *Спиридонов И.Н., Самородов А.В.* Методы и алгоритмы вычислительной диагностики. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – С. 50.

Сержантова Наталья Александровна

Пензенская государственная технологическая академия (ПГТА).

E-mail: itmmbsspghta@yandex.ru.

440605, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, д.1а/11, тел.: (8412)496155.

Кафедра «Информационные технологии и менеджмент в медицинских биосистемах» (ИТММБС), ассистент.

Sergantova Nataliya Alexandrovna

Penza State Technological Academy (PSTA).

E-mail: itmmbsspghta@yandex.ru.

Pr. Bayducova/st. Gagaryna, 1a/11, Penza, 440605, Russia, Phone: (8412)496155.

Department Computer Technologies and Management in Medical and Biotechnical Systems» (CTMMBS), assistant.

Сидорова Маргарита Александровна.

Пензенская государственная технологическая академия (ПГТА).

E-mail: itmmbsspghta@yandex.ru.

440605, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, д.1а/11, тел.: (8412)496155.

Кафедра «Информационные технологии и менеджмент в медицинских биосистемах» (ИТММБС), доцент, к.т.н.

Sydorova Margarita Alexandrovna.

Penza State Technological Academy (PSTA).

E-mail: itmmbsspghta@yandex.ru.

Pr. Bayducova/st. Gagaryna, 1a/11, Penza, 440605, Russia, Phone: (8412)496155.

Department Computer Technologies and Management in Medical and Biotechnical Systems» (CTMMBS), senior lecturer, Cand. of Tech. Sci.

УДК 612.821

А.А. Скоморохов, С.М. Захаров

ЭГОСКОПИЯ – ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТЫ

Рассмотрены основные принципы эгоскопии и технология работы, базирующейся на регистрации и анализе физиологических и пиктографических реакций в процессе выполнения психологических и психофизиологических тестов.

Психологическое тестирование; психофизиология эгоскопия; пиктополиграфия.