

Математическая оценка диагностической информативности лабораторных показателей при серозном и гнойном пиелонефрите

М.Н. Шатохин², И.М. Холименко¹, А.И. Конопля¹, О.И. Братчиков¹, В.П. Гаврилюк¹, А.В. Краснов², М.Ю. Маврин²

¹ГБОУ ВПО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России;

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, урологический центр НУЗ «Научный клинический центр ОАО «Российские железные дороги»

Сведения об авторах:

Шатохин М.Н. – д.м.н., профессор кафедры эндоскопической урологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, урологический центр НУЗ «Научный клинический центр ОАО «Российские железные дороги». 25367, г. Москва, Волоколамское шоссе, 84. E-mail: sh.77@mail.ru.

Shatokhin M.N. - Dr. Sc. Professor of the Department of Endoscopic urology of Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, urological center of Scientific Clinical Center of Joint Stock Company «Russian Railways». 125367. Moscow, Volokolamskoe Shosse, 84. E-mail: sh.77@mail.ru.

Холименко И.М. – аспирант кафедры урологии. Курский государственный медицинский университет Минздрава России; 305000, г. Курск, улица Карла Маркса 3. E-mail: kholimenko@uandex.ru

Kholimenko I.M. – graduate student of the Department of Urology of the Kursk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation. 305000, Kursk, Karl Marx Street, 3.

E-mail: kholimenko@uandex.ru

Конопля А.И. – д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой биохимии Курского государственного медицинского университета, Минздрава России; 305000, г. Курск, ул. Карла Маркса 3. E-mail: konoplya51@mail.ru

Konoplya A.I. – Dr. Sc., Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, chief of the Department of Biochemistry of the Kursk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation. 305000, Kursk, Karl Marx Street, 3. E-mail: konoplya51@mail.ru

Братчиков О.И. – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой урологии Курского государственного медицинского университета Минздрава России. 305000, г. Курск, ул. Карла Маркса, 3. e-mail: bratov45@mail.ru

Bratchikov O.I. – Dr. Sc., Professor, chief of the Department of Urology of the Kursk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation. 305000, Kursk, Karl Marx Street, 3. E-mail: bratov45@mail.ru

Гаврилюк В.П. – д.м.н., доцент, заведующий кафедрой детской хирургии и педиатрии ФПО Курского государственного медицинского университета Минздрава России. 305000, г. Курск, ул. Карла Маркса, 3. E-mail: wvas@mail.ru

Gavriilyuk V.P. – Dr. Sc., docent, chief of the Department of Children Surgery and Pediatrics of Postgraduate Education of the Kursk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation. 305000, Kursk, Karl Marx Street, 3. E-mail: wvas@mail.ru

Краснов А.В. – к.м.н., врач-уролог урологического центра НУЗ «Научный клинический центр» ОАО «Российские железные дороги». 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, 84. E-mail: krasnovurolog@gmail.com

Krasnov A.V. – PhD, urologist of urological center of Scientific Clinical Center of Joint Stock Company «Russian Railways». 125367, Moscow, Volokolamskoe Shosse, 84. E-mail: krasnovurolog@gmail.com

Маврин М.Ю. – к.м.н., врач-уролог урологического центра НУЗ «Научный клинический центр» ОАО «Российские железные дороги». 125367, город Москва, Волоколамское шоссе, 84.

E-mail: krasnovurolog@gmail.com

Mavrin M.Y. – PhD, urologist of urological center of Scientific Clinical Center of Joint Stock Company «Russian Railways». 125367, Moscow, Volokolamskoe Shosse, 84. E-mail: krasnovurolog@gmail.com

Проблема гнойных осложнений урологических заболеваний с выраженной эндогенной интоксикацией, острой и хронической почечной недостаточностью, развитием вторичного иммунодефицитного состояния, являются одной из наиболее актуальных проблем современной урологии, так как, протекая в условиях нарушенной уродинамики, они сопровождаются развитием осложнений, к числу которых относятся: интоксикация, уросепсис, септический шок, при этом летальность достигает 50-60 % [1-6].

Тактика ведения больных острым пиелонефритом определяется патогенезом и особенностями клинического течения заболевания. При первичном серозном пиелонефрите показано консервативное лечение, при вторичном серозном и гнойном

пиелонефрите, помимо антибактериальной, противовоспалительной и дезинтоксикационной терапии необходимо хирургическое лечение, в связи с чем раннее разделение больных острым пиелонефритом на группы с серозной и гнойной формами является принципиальным [7-11].

В настоящее время во многих отраслях медицины прогнозирование приобретает все большую значимость. Так, например, в хирургической практике это обусловлено возрастающим процентом лиц, поступающих в стационар в тяжелом состоянии с высоким риском летального исхода [12-14]. Одним из подходов к решению задачи классификации степени тяжести острого пиелонефрита может быть использован нейросетевой классификатор, основанный на использовании самообучающихся нейроструктур [15,16].

В большинстве клинических

ситуаций одновременно действует множество факторов (параметров), при этом между ними существуют сложные взаимные влияния, например, общий эффект от двух факторов может превышать их индивидуальную сумму, или наличие одного показателя нивелирует эффективность другого и так далее. Поэтому привычное понимание и анализ важности только одного лабораторного или инструментального показателя в условиях нейронной сети не правомочно.

Искусственные нейронные сети, отличаются от других методов математического анализа тем, что при поиске решения не следуют строго фиксированному набору математических методов, а повторяют дедуктивные методы поиска решения, свойственные работе высококвалифицированного эксперта. Более того, нейронные сети могут

включать практически неограниченное число факторов для построения прогноза, и эти факторы можно добавлять в модель. Метод может также оценить степень прогностической значимости и взаимодействие новых факторов с уже имеющимся набором. Это отличает его от традиционных статистических методов. Особенностью метода нейронных сетей является то, что освоить и применять технологии нейронных сетей значительно проще, чем изучать математическую статистику [17].

Использование данного метода в оценке тяжести острого пиелонефрита, на наш взгляд, обусловлено тем, что, несмотря на проводимую модернизацию системы здравоохранения, достаточно большое количество лечебно-профилактических учреждений все еще не в состоянии в полной мере реализовать стандарт обследования данной категории пациентов, который бы позволил максимально объективно оценить степень тяжести острого пиелонефрита, тогда как применение нейронной сети с уже имеющимся арсеналом диагностиче-

ских методов исследования позволит улучшить качество диагностики степени тяжести пациентов с острым пиелонефритом.

Цель работы – разработка системы оценки тяжести острого пиелонефрита с использованием нейронных сетей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен ретроспективный анализ 206 историй болезни пациентов, проходивших стационарное лечение в урологическом отделении ОБУЗ ГБ СМП г. Курска и в Урологическом центре НУЗ «Научный клинический центр ОАО «РЖД» г. Москва (клиническая база кафедры эндоскопической урологии РМАПО) с диагнозом острый серозный (ОСП) или острый гнойный пиелонефрит (ОГП), на основе которого создана нейросеть для оценки тяжести острого пиелонефрита. Для того, чтобы проверить работоспособность созданной нейросети в оценке тяжести состояния пациентов с пиелонефритом под постоянным наблюдением находилось 40

пациентов с верифицированным диагнозом, подтвержденным клиническими и инструментальными методами обследования (обзорная и экскреторная урография, ультразвуковое исследование (УЗИ), мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) мочевыводящих путей): острый серозный (20 пациентов) и острый гнойный пиелонефрит (20 больных), рандомизированных по возрасту, полу, минимальному количеству сопутствующих заболеваний в стадии ремиссии. Группа контроля включала 15 здоровых доноров-добровольцев того же возраста.


Критериями включения в исследование были: верифицированный диагноз ОСП и ОГП, вовлечение в процесс одной почки, переносимость использованных в исследовании фармакологических препаратов, уровень простатспецифического антигена (PSA) у лиц мужского пола ниже 4,0 нг/мл, письменное согласие на участие в проводимых исследованиях. Критериями исключения были: наличие специфических инфекций, передаваемых половым путем, 

Таблица 1. Субъективные, объективные и анамнестические данные у больных с пиелонефритом

Показатели	Степени показателя			
	выраженная	умеренная	слабо интенсивная	нет
Боль поясничной области	с обеих сторон	с одной стороны	не может указать точно	нет болей
Тошнота	постоянная	периодическая	нет	
Рвота	неукротимая	многократная	однократная	нет
Слабость	выраженная	средняя	легкая	нет
Давность заболевания, сутки	> 3	1-3	¼-1	< ¼
Наличие заболеваний, аномалий развития мочеполовой системы	есть		нет	
Возраст, лет	75-90	61-75	22-60	< 21
Пол	мужчины		женщины	
Общее состояние	крайне тяжелое	тяжелое	средней степени тяжести	удовлетворительное
Сознание	кома	сопор	ступор	ясное
Положение тела	вынужденное	пассивное	активное	
Окраска кожных покровов	цианотичная	иктеричная	бледная	обычная
Влажность кожных покровов	сухая	влажная	обычная	
Температура, °С	39 и больше	38-39	37-38	< 37
Наличие озноба	периодические ознобы	да, однократно	нет	
Частота дыхательных движений	25 в минуту и более	21-24	16-20	
Симптом поколачивания	положительный		отрицательный	
Пульс, в мин	более 110	100-110	90-100	до 90
Количество выделяемой мочи, мл	отсутствует	менее 500	500-1000	1000-1500
Артериальное давление систолическое, мм.рт.ст.	> 180	161- 180	141-160	< 140
Артериальное давление диастолическое, мм.рт.ст.	> 115	106-115	95 – 105	< 95
Наличие шока	да		нет	

наличие инфравезикальной обструкции, соматической патологии в стадии неполной ремиссии и стадии обострения, аллергических реакций на проводимое лечение, уровень простатспецифического антигена у лиц мужского пола выше 4,0 нг/мл, отказ от проводимого исследования.

Уровень цитокинов (ФНО, ИЛ-1 α , ИЛ-8, ИЛ-2, ИЛ-10, ИФА, РАИЛ), иммуноглобулинов классов М, G, А, СРБ определяли в биологическом материале (плазме крови) методом твердофазного иммуноферментного анализа с детекцией продуктов реакции в диапазоне длин волн 405-630 нм с использованием коммерческих наборов. Компоненты системы комплемента (С3а и С5а) и фактор Н определяли диагностическим набором с использованием двух принципов: гемолитического метода учета активации системы комплемента и ИФА-метода определения терминального комплекса, выявляемого специфическими антителами. Для оценки уровня циркулирующих иммунных комплексов применяли метод селективной преципитации с полиэтиленгликолем.

В качестве базовых (входных) параметров, на основе которых проводилась диагностика характера пиелонефрита, были выбраны показа-

тели, представленные в таблицах 1 и 2.

В качестве выходного (прогнозируемого) параметра использовалась форма острого пиелонефрита: серозная и гнойная. Оценка информативности качественных факторов, построение на их основе прогностической модели осуществлялось с помощью нейромимитатора NeuroPro 0,25 [10].

Статистическую обработку результатов исследования проводили по общепринятым критериям вариационно-статистического анализа с вычислением средних величин (М), ошибки средней арифметической (m) с помощью пакета компьютерных программ Microsoft Excel (2010). Существенность различий оценивали по U-критерию. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обучение нейромимитатора проводилось в режиме классификатора для консилума из 43 нейросетей-экспертов с заданной степенью надежности (это объективные, субъективные и лабораторные показатели, оцениваемые у пациентов с пиелонефритом) (табл. 1, 2). Включение именно данных показателей в программу для оценки тяжести острого пиелонефрита проводилось методом сплош-

ной выборки из представленных 206 историй болезни пациентов с острым пиелонефритом. Разделение каждого из показателей на 4 группы (градации) осуществлялось путем равномерного распределения их у 206 пациентов (по 25%).

Для всех без исключения нейросетей было осуществлено обучение и упрощение структуры для основной обучающей выборки (102 набора первого класса – серозный пиелонефрит и 104 – второго – гнойный пиелонефрит) и тестирование на тестовой выборке (по 20 наборов записей каждого класса). Тестирование нейросетей показало высокую степень уверенности прогнозируемых состояний заболевания – «Пиелонефрит».

После проведения эксперимента было получено из 43 предложенных 24 нейросети минимальной структуры, правильно решающих поставленную задачу. Отличия в структуре этих сетей объясняются многозначностью решения задачи поиска системы информативных факторов.

Для оценки информационной значимости каждого из симптомов в работе нейросети нами рассчитывался коэффициент использования фактора (КИФ) по формуле:

$$\text{КИФ} = M/N,$$

где М – число нейросетей, в которых используется после упрощения данный фактор, N – мощность

Таблица 2. Лабораторные показатели у больных с пиелонефритом

Показатели	Степени показателя			
	60 и больше	21-60	меньше 20	нет
Количество лейкоцитов в моче	60 и больше	21-60	меньше 20	нет
Количество эритроцитов в моче	60 и больше	30-60	5-30	1-5
Белок в моче, г/л	1,1- 3,0	0,51%-1,0	0,034-0,5	постоянная
Суточное количество белка выделяемого с мочой, г	> 0,51	0,051-0,5	< 0,05	нет
Микрофлора мочи	выделение двух и более возбудителей	выделение одного возбудителя	наличие бактерий в моче	нет
Кислотность мочи	щелочная	нейтральная	кислая	
СОЭ, мм/час	60-80	21-59	15-20	2-15
Уровень лейкоцитов крови, 10 ⁹ /л	> 20	15-20	9-15	< 9
Количество палочкоядерных нейтрофилов, %	> 20 %	15-20	6-15	1-6
Общий белок, г/л	< 40	40-65	65-85	
Мочевина, ммоль/л	> 15	7,5-15	1,75-7,5	
Креатинин, мкмоль/л	> 200	140-200	120-140	53-120
Глюкоза крови, ммоль/л	< 5,5	5,5-10	> 10	
Мочевая кислота, мкмоль/л	< 140	140-420	> 420	
Скорость клубочковой фильтрации	15-29	30-59	60-89	> 90

множества (общее число) обученных нейросетей.

Величина данного показателя

свидетельствует о частоте использования показателя нейросетью для оценки тяжести острого пиелонефрита.

Таблица 3. Средние показатели значимости и коэффициенты информативности факторов у пациентов с пиелонефритом

Показатели	СПЗ	КИФ
Боль поясничной области	0,04	0,10
Тошнота	0,09	0,14
Рвота	0,21	0,62
Давность заболевания	0,03	0,06
Общее состояние	0,05	0,10
Сознание	0,18	0,26
Положение тела	0,03	0,06
Окраска кожных покровов	0,31	0,38
Влажность кожных покровов	0,27	0,34
Температура	0,07	0,06
Наличие озноба	0,13	0,62
Частота дыхательных движений (ЧДД)	0,32	0,38
Пульс	0,19	0,46
Артериальное давление диастолическое	0,4	0,54
Наличие шока	0,12	0,30
Количество лейкоцитов в моче	0,28	0,74
Белок в моче	0,82	0,70
Суточное количество белка выделяемого с мочой	0,35	0,74
Уровень лейкоцитов крови	0,07	0,12
Количество палочкоядерных нейтрофилов	0,19	0,60
Общий белок	0,01	0,04
Мочевина	0,03	0,08
Креатинин	0,16	0,24
Мочевая кислота	0,3	0,36

Таблица 4. Тестирование консилиума нейросетей

Показатели	Результаты тестирования		
	Правильно:	Неуверенно:	Неправильно:
Боль поясничной области	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Тошнота	39 (97,5%)	0 (0%)	1 (2,5%)
Рвота	36 (95%)	3 (7,5%)	1 (2,5%)
Давность заболевания	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Общее состояние	39 (97,5%)	1 (2,5%)	0 (0%)
Сознание	39 (97,5%)	1 (2,5%)	0 (0%)
Положение тела	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Окраска кожных покровов	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Влажность кожных покровов	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Температура	39 (97,5%)	0 (0%)	1 (2,5%)
Наличие озноба	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Частота дыхательных движений	40 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Пульс	39 (97,5%)	1 (2,5%)	0 (0%)
Артериальное давление диастолическое	39 (97,5%)	1 (2,5%)	0 (0%)
Наличие шока	40 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Количество лейкоцитов в моче	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Белок в моче	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Суточное количество белка выделяемого с мочой	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Уровень лейкоцитов крови	39 (97,5%)	1 (2,5%)	0 (0%)
Количество палочкоядерных нейтрофилов	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Общий белок	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Мочевина	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Креатинин	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Мочевая кислота	38 (95%)	2 (5%)	0 (0%)
Среднее значение	96%	3,5%	0,5%

Кроме этого был рассчитан средний показатель значимости (СПЗ) для каждого из симптомов, значения которого свидетельствуют о значимости данного показателя в принятии решения нейросетью в оценке тяжести состояния пациентов с острым пиелонефритом (табл. 3).

Анализ представленных характеристик показывает, что для исследуемой системы факторов наибольшим СПЗ соответствуют наибольшие КИФ, что свидетельствует о том, что соответствующие факторы могут быть отнесены к категории наиболее информативных, поскольку имеют высокие показатели значимости и оказываются часто востребованными при обучении на множестве нейросетей. Данное предположение подтверждено проведенными ранее исследованиями с использованием нейросетевого классификатора у детей с аппендикулярным перитонитом [12,13], тогда как по данным литературы у пациентов с пиелонефритом данный метод анализа не применялся.

Итоги тестирования консилиума нейросетей на контрольной выборке (по 20 пациентов с острым пиелонефритом гнойным и серозным) выявили высокие показатели точности диагностики заболевания «Пиелонефрит» – среднее число правильно решенных примеров на консилиуме нейросетей составило 96% при 100% степени уверенности в результате, что свидетельствует о работоспособности нейросети с использованием 24 показателей, а не всех 43 (табл. 4).

С целью повышения эффективности прогнозирования тяжести острого пиелонефрита нами проведен поиск достоверных иммунных лабораторных показателей, для чего выполнен анализ иммунных нарушений у пациентов с ОСП и ОГП.

У пациентов с ОСП в плазме периферической крови установлено повышение концентрации провоспалительных цитокинов (ФНО, ИЛ-1α, ИЛ-8), ИФα, ИЛ-2 и разнонаправленное изменение противовоспалительных (повышение ИЛ-10

и снижение РАИЛ). У больных ОГП также выявлено повышение провоспалительных, ИЛ-2, ИФ α , но снижение противовоспалительных цитокинов (табл. 5).

В группе больных с ОСП в плазме крови выявлено разнонаправленное изменение содержания компонентов комплемента (снижение С3а и повышение С5а), снижение ингибитора системы комплемента фактора Н и ЦИК, повышение всех исследованных классов иммуноглобулинов (М, G и А). У больных ОГП перед началом лечения выявлены аналогичные с ОСП по направленности изменения показателей системы комплемента и иммуноглобулинов, за исключением повышенной концентрации фактора Н (табл. 5).

Для 14 нейросетей изученных лабораторных показателей было осуществлено обучение и упрощение структуры, в связи с чем было получено 3 нейросети минимальной структуры, правильно решающих поставленную задачу: ФНО, С3а, фактор Н.

Итоги повторного тестирования консилиума нейросетей при контрольной выборке с использованием этих 3-х иммунных лабораторных показателей, установили повышение точности прогнозирования заболевания «Пиелонефрит» до 99%, при 100% степени уверенности в результате.

Таблица 5. Показатели иммунного статуса у здоровых лиц и у больных с острым пиелонефритом (M \pm m)

Показатели, единицы измерения	Группы больных		
	Здоровые	ОСП	ОГП
ФНО, пкг/мл	5,8 \pm 0,7	36,8 \pm 1,9*	23,6 \pm 1,6**
ИЛ-1 α , пкг/мл	3,8 \pm 0,3	20,4 \pm 1,1*	14,3 \pm 1,0**
ИЛ-8, пкг/мл	24,7 \pm 1,9	52,6 \pm 2,3*	55,2 \pm 3,6*
ИФ α , пкг/мл	6,2 \pm 0,8	27,3 \pm 1,7*	167,3 \pm 5,1**
ИЛ-2, пкг/мл	0,2 \pm 0,03	182,5 \pm 8,4*	33,9 \pm 1,4**
ИЛ-10, пкг/мл	2,9 \pm 0,05	11,9 \pm 1,1*	1,3 \pm 0,09**
РАИЛ, пкг/мл	450,4 \pm 12,7	123,4 \pm 2,1*	326,4 \pm 13,3**
С3а, нг/мл	45,4 \pm 3,3	22,4 \pm 1,1*	13,2 \pm 1,1**
С5а, нг/мл	3,8 \pm 0,07	5,1 \pm 0,05*	14,8 \pm 0,4**
Фактор Н, мкг/мл	142,3 \pm 8,4	107,7 \pm 7,3*	239,7 \pm 7,2**
IgM, мг/мл	3,7 \pm 0,2	5,1 \pm 0,7*	4,5 \pm 0,4*
IgG, мг/мл	7,9 \pm 0,6	26,6 \pm 1,2*	25,1 \pm 0,8*
IgA, мг/мл	1,6 \pm 0,08	2,6 \pm 0,05*	4,4 \pm 0,06**
ЦИК, %	92,6 \pm 2,4	72,7 \pm 3,9*	83,5 \pm 5,3**

* $p < 0,05$ по отношению к показателям группы здоровых доноров;

** $p < 0,05$ между показателями ОСП и ОГП

В клинической практике распознавание различных форм острого пиелонефрита должно проводиться максимально результативно, в короткие сроки и на основе применения по возможности ограниченного числа рутинных методов инструментального и лабораторного исследований. Поэтому, далее нами производилась проверка эффективности установления формы острого пиелонефрита на основе минимального количества наиболее информативных лабораторных критериев. С этой целью нами были выбраны наиболее значимые показатели на основе СПЗ и КИФ: уровень белка в моче на основе общего анализа мочи (СПЗ – 0,82 и КИФ – 0,70), суточное количество белка выделяемого с мочой (СПЗ – 0,35 и 0,74), ЧДД (СПЗ – 0,32 и КИФ – 0,38), уровень ФНО (СПЗ – 0,72 и КИФ – 0,70). Проведение тестирования консилиума нейросетей на контрольной выборке с использованием 4 показателей позволяет прийти к следующему выводу. Наличие у больного с острым пиелонефритом в общем анализе мочи белка 1,1 г/л и более; выделение с мочой белка за сутки более 0,51 г; учащение ЧДД до 25 и более в минуту и уровень в плазме крови ФНО 10,0-25,0 пкг/мл с 96% вероятностью позволяет утверждать, что у пациента имеет место острый гнойный пиелонефрит, тре-

бующий активной хирургической тактики. Наличие в общем анализе мочи 0,033 и менее г/л белка, выделение с мочой за сутки менее 0,05 г белка, ЧДД менее 20 в минуту и уровень в плазме крови ФНО 32,0 пкг/мл и более с аналогичной вероятностью могут свидетельствовать об остром серозном пиелонефрите, для лечения которого необходимо проводить консервативную фармакотерапию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ результатов, полученных на нейросетях с различными топологиями и параметрами обучения, позволил найти оптимальную структуру нейросети, обеспечивающую максимально возможную для выбранной нейросетевой структуры точность прогнозирования формы пиелонефрита. Для данной нейросетевой структуры с использованием субъективных, объективных и анамнестических данных, рутинных и иммунных лабораторных показателей точность прогнозирования на тестирующей выборке, применявшейся для контроля за качеством обучения, составила 99%. Нейросетевой классификатор на основе характерных симптомов острого пиелонефрита, отдельных лабораторных и инструментальных данных позволяют с высокой степенью уверенности прогнозировать форму заболевания: острый серозный или гнойный пиелонефрит.

Это может использоваться как вспомогательный метод наряду с основными лабораторными и инструментальными методами.

На основе множества лабораторных параметров, в том числе и иммунологических, проведенная работа позволила нам выделить наиболее информативные показатели которые можно было бы использовать для составления программ.

Полученные нами результаты с высокими показателями точности прогнозирования дают основание для создания интерактивных ком-

пьютерных классификаторов (программ), позволяющих получать вспомогательную информацию при постановке диагноза в условиях урологической клиники с целью своевременного определения тактики лечения данной категории пациентов.

ВЫВОДЫ

Полученные данные могут быть использованы для составления обучающих программ с целью формиро-

вания правильного клинического мышления, а также как вспомогательное средство для врачей-урологов и врачей смежных специальностей, сталкивающихся с урологической патологией. Использование данной программы-классификатора не требует затрат на подготовку специалистов и дорогостоящей техники, так как данное приложение может быть установлено на любой планшет или телефон (iOS, Android, Windows и др.). Врачу необходимо будет внести в мультиме-

дийном интерфейсе показатели конкретного пациента в течение 5-7 мин и сразу получить ответ. Самым главным преимуществом нейросетевого классификатора является необязательность наличия всех показателей для его работы, что даже при отсутствии в лечебно-профилактическом учреждении иммунологической лаборатории, ряда лабораторных и инструментальных методов исследования, позволит с вероятностью 93% и более оценить тяжесть острого пиелонефрита. ■

Ключевые слова: острый пиелонефрит, нейросеть, иммунный статус, коэффициент использования фактора, средний показатель значимости.

Key words: acute pyelonephritis, neural network, immune status, utilization factor, average importance.

Резюме:

Целью исследования была разработка системы прогнозирования тяжести острого пиелонефрита с использованием нейронных сетей.

Введение. С практической точки зрения распознавание различных форм острого пиелонефрита должно проводиться максимально результативно, в короткие сроки и на основе применения, по возможности, ограниченного числа рутинных методов лабораторного и инструментального исследования.

Материалы и методы. В работе использован нейросетевой подход к анализу результатов обследования пациентов с острым пиелонефритом, основанный на применении самообучающихся нейроструктур. Основное достоинство нейросетевого классификатора – высокая степень уверенности прогнозирования верного диагноза у пациента с острым пиелонефритом на основе использования минимального количества субъективных и объективных показателей, данных анамнеза, лабораторных показателей, а так же инструментальных данных.

Результаты и обсуждение. Использование иммунных лабораторных показателей (ФНО, фактор Н и С3а) дополнительно в нейросетевом классификаторе у пациентов с острым пиелонефритом повышает точность прогнозирования серозного или гнойного пиелонефрита до 99%.

Заключение. Возможность получения вербальных описаний с высокими показателями точности прогнозирования дает дополнительную информацию при постановке диагноза и определения тактики лечения данной категории пациентов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Summary:

Mathematical evaluation of diagnostic informativity of laboratory values in serous and purulent pyelonephritis

M.N. Shatokhin, I. M. Kholimenko, A. I. Konoply, O. I. Bratchikov, V. P. Gavrioliouk, A. V. Krasnov, M. Y. Mavrin

From a practical point of view, the recognition of different forms of acute pyelonephritis should be most effective in a short time and through the use possible of a limited number of routine laboratory methods of the study.

Purpose: development of forecasting the severity of acute pyelonephritis system using neural networks.

Materials and methods. We used the neural network approach of the analysis of the results of examination of patients with acute pyelonephritis, based on the use of self-learning neural structures. The main advantage of neural network classifier is a high degree of confidence of predicting the correct diagnosis in a patient with acute pyelonephritis based on the use of a minimum number of subjective and objective index, medical history data and laboratory parameters.

Results and their discussion. The use of laboratory immune parameters (TNF, factor H and C3a) advanced neural network classifier in patients with acute pyelonephritis increases the accuracy of prediction of serous or purulent pyelonephritis to 99%. Conclusion. The possibility of obtaining verbal descriptions with high prediction accuracy provides additional information for diagnosis and determination of treatment strategies in these patients.

Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глыбочко П.В., Аляев Ю.Г. Практическая урология. М.: Медфорум, 2012. 352 с
2. Конопля А.И., Братчиков О.И., Холименко И.М., Шатохин М.Н., Джаримок А.Р., Маврин М.Ю., Локтионов А.Л. Состояние иммунного статуса у пациентов с серозной и гнойной формами острого пиелонефрита. *Урология*. 2016; (2): 10-16.
3. Шатохин М.Н., Теодорович О.В., Конопля А.И., Гаврилюк В.П., Маврин М.Ю., Краснов А.В. Иммунометаболические нарушения при хроническом бактериальном простатите и их коррекция. *Урология*. 2011;5: 39-42.
4. Мурзалиев А.Д. Иммунологические показатели у больных с острым пиелонефритом. *Вестник Кыргызско-Российского славянского университета*. 2015;7(15): 112-114.
5. Ханина Е.А., Добрынина И.С., Зуйкова А.А. Коррекция адаптационных возможностей у больных с острым пиелонефритом. *Альманах современной науки и образования*. 2015;1(91): 106-108.
6. Арбулиев К.М., Арбулиев М.Г., Магомедов М.Г., Абдурахманова Ф.М. Гнойный пиелонефрит и динамика цитокинов. *Вестник Дагестанской государственной медицинской академии*. 2014;1(10):54-59.
7. Глыбочко П.В., Аляев Ю.Г. Интегративная урология. Руководство для врачей. М.: Медфорум. 2014. 432 с.
8. Нефрология. Национальное руководство. Краткое изложение. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 213 с.
9. Холименко И.М., Братчиков О.И., Джаримок А.Р., Шатохин М.Н., Маврин М.Ю., Быстрова Н.А. Лабораторная эффективность стандартного лечения при остром серозном и гнойном пиелонефрите. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2016;1:62-68.
10. Джаримок А.Р., Маврин М.Ю., Шатохин М.Н., Чирков С.В., Холименко И.М., Быстрова Н.А. Система комплемента и цитокиновый спектр при остром обструктивном и необструктивном пиелонефрите. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация*. 2016;5(226),33:69-75.
11. Братчиков О.И., Охотников А.И., Озеров А.А., Чаплыгина С.В. Хирургическая тактика и лечение гнойно-деструктивных форм острого пиелонефрита беременных. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2012;1: 43-50.
12. Гаврилюк В.П., Конопля А.И., Лопин В.Н., Лапшиков О.И. Выбор объема хирургического пособия у детей с аппендикулярным перитонитом с использованием нейросетевых классификаторов. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2011;2(10):371-374.
13. Лопин В.Н., Лапшиков О.И., Гаврилюк В.П. Нейросетевые классификаторы в оценке тяжести аппендикулярного перитонита у детей. *Вестник новых медицинских технологий*. 2011;3(18):195-196.
14. Лобынцева Е.М., Локтионов А.Л., Конопля А.И., Лопин В.Н. Использование нейросетевых классификаторов в прогнозировании тяжести течения и вероятности летального исхода в зависимости от этиологии острого панкреатита. *Вестник новых медицинских технологий*. 2012;2(19):150-152.
15. Петров С.В., Серегин С.П., Агарков Н.М. Математическая оценка эффективности лечения острого гестационного пиелонефрита по диагностически значимым параметрам врожденного иммунитета. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика, медицинское приборостроение*. 2014;1:97-100.
16. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. 1996; 276 с.
17. Боженко В.К. Многопараметрический анализ лабораторных показателей крови для получения диагностической информации в экспериментальной и клинической онкологии. 2004; 223 с.

REFERENCES (1-17)

1. Glybochko P.V. Alyaev Y.G. Prakticheskaja urologija. [Practical Urology.] M.: MedForum, 2012. 352 p. (In Russia)
2. Konoplja A.I., Bratchikov O.I., Holimenko I.M., Shatohin M.N., Dzhari mok A.R., Mavrin M.Ju., Loktionov A.L. Sostojanie immunnogo statusa u pacientov s seroznoj i gnojnoj formami ostrogo pielonefrita. [Status of the immune status of patients with serous and purulent forms of acute pyelonephritis.] *Urologija*. 2016; (2): 10-16. (In Russia)
3. Shatohin M.N., Teodorovich O.V., Konoplja A.I., Gavriljuk V.P., Mavrin M.Ju., Krasnov A.V. Immunometabolicheskie narushenija pri hronicheskom bakterial'nom prostatite i ih korrekci ja. [Immune disorders in chronic bacterial prostatitis and their correction.] *Urologija*. 2011;(5): 39-42. (In Russia)
4. Murzaliev A.D. Immunologicheskie pokazateli u bol'nyh s ostrym pielonefritom. [The immunological parameters in patients with acute pyelonephritis.] *Vestnik Kyrgyzsko-Rossijskogo slavjanskogo universiteta*. 2015;7(15): 112-114. (In Russia)
5. Hanina E.A., Dobrynina I.S., Zujkova A.A. Korrekci ja adaptacionnyh vozmozhnostej u bol'nyh s ostrym pielonefritom. Al'manah sovremennoj nauki i obrazovanija. [Correction of adaptation possibilities in patients with acute pyelonephritis.] *Almanah sovremennoj nauki i obrazovanija*. 2015;1(91): 106-108. (In Russia)
6. Arbuliev K.M., Arbuliev M.G., Magomedov M.G., Abdurahmanova F.M. Gnojnyj pielonefrit i dinamika citokinov. [Purulent pyelonephritis and dynamics of cytokines.] *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. 2014;1(10): 54-59. (In Russia)
7. Glybochko P.V. Alyaev Y.G. Integrativnaja urologija [Integrative urology.] M.: MedForum. 2014. 432 p. (In Russia)
8. Nefrologija. Nacional'noe rukovodstvo. Kratkoe izlozhenie. [Nephrology. National leadership. Brief presentation.] M.: GEOTAR Media, 014. 213 p. (In Russia)
9. Holimenko I.M., Bratchikov O.I., Dzhari mok A.R., Shatohin M.N., Mavrin M.Ju., Bystrova N.A. Laboratornaja jeffektivnost' standartnogo lechenija pri ostrom seroznom i gnojnom pielonefrite. [Laboratory efficacy of the standard treatment for acute serous and purulent pyelonephritis.] *Kurskij nauchno-prakticheskij vestnik «Chelovek i ego zdorov'e»*. 2016;1:62-68. (In Russia)
10. Dzhari mok A.R., Mavrin M.Ju., Shatohin M.N., Chirkov S.V., Holimenko I.M., Bystrova N.A. Sistema komplementa i citokinovyj spekt r pri ostrom obstruktivnom i neobstruktivnom pi lonefrite. [The complement system and cytokine spectrum in acute obstructive and non-obstructive pyelonephritis.] *Seri ja: Medicina. Farmaci ja*. 2016;5(226), 33:69-75. (In Russia)
11. Bratchikov O.I., Ohotnikov A.I., Ozerov A.A., Chaplygina S.V. Hirurgicheskaja taktika i lechenie gnojno-destruktivnyh form ostrogo pielonefrita beremennyh. [Surgical tactics and treatment of purulent-destructive forms of acute pyelonephritis during pregnancy.] *Kurskij nauchno-prakticheskij vestnik «Chelovek i ego zdorov'e»*. 2012;1: 43-50. (In Russia)
12. Gavriljuk V.P., Konoplja A.I., Lopin V.N., Lapshikov O.I. Vyb or obema hirurgicheskogo posobija u detej s appendikuljarnym peritonitom s ispol'zovaniem nejrosetevyh klassifikatorov. [The choice of surgical aids in children with appendicular peritonitis using neural network classifiers.] *Sistemnyj analiz i upravlenie v biomedicinskih sistemah*. 2011;2(10): 371-374. (In Russia)
13. Lopin V.N., Lapshikov O.I., Gavriljuk V.P. Nejrosетевые классификаторы в оценке тяжести аппендикулярного перитонита у детей. [Neural network classifiers to assess the severity of appendiceal peritonitis in children.] *Vestnik novyh medicinskih tehnologij*. 2011;3(18):195-196. (In Russia)
14. Lobynceva E.M., Loktionov A.L., Konoplja A.I., Lopin V.N. Ispol'zovanie nejrosetevyh klassifikatorov v prognozirovanii tjazhesti techenija i verojatnosti letalnogo ishoda v zavisimosti ot jetiologii ostrogo pankreatita. [The use of neural network classifiers at predicting the severity and likelihood of death depending on the etiology of acute pancreatitis.] *Vestnik novyh medicinskih tehnologij*. 2012;2(19):150-152. (In Russia)
15. Petrov S.V., Seregin S.P., Agarkov N.M. Matematicheskaja ocenka jeffektivnosti lechenija ostrogo gestacionnogo pielonefrita po diagnosticheski znachimym parametram vrozhdenno go immuniteta. [Mathematical evaluation of the effectiveness of the treatment of acute pyelonephritis at gestational diagnostically significant parameters of innate immunity.] *Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika, medicinskoe priborostroenie*. 2014;1:97-100. (In Russia)
16. Gorban A.N., Rossiev D.A. Nejronnye seti na personal'nom komp'jutere. [Neural networks on personal computer.] M.: 1996. 276 p. (In Russia)
17. Bozhenko V.K. Mnogoparametricheskij analiz laboratornyh pokazatelej krovi dlja poluchenija diagnosticheskoj informacii v jeksperimental'noj i klinicheskoj onkologii. [Multi-variable analysis of blood laboratory parameters to obtain diagnostic information in experimental and clinical oncology.] 2004; 223 p. (In Russia)