

РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА РАЗВИТИЯ ОСТРОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЧЕК ПУТЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА

EARLY DIAGNOSIS OF ACUTE KIDNEY INJURY USING NEURAL NETWORK ANALYSIS

Коновалова А.А. Konovalova A.A.
Цепелев В.Л. Tsepelev V.L.

ФГБОУ ВО «Читинская государственная
медицинская академия» Министерства здравоохранения
Российской Федерации,
г. Чита, Россия

Chita State Medical Academy,
Chita, Russia

Цель исследования — разработать модель ранней диагностики острого повреждения почек у пациентов с термическими ожогами кожи.

Материалы и методы. В исследование включены 109 пациентов, из них 74 с термическими ожогами кожи I–III степени. Уровень β 2-микроглобулина (β 2-MG), цистатина C (Cyst.C), белка 7, связывающего инсулиноподобный фактор роста (IGFBP7), фактора трилистника 3 (TFF3), кластерина (CLU) определяли методом мультиплексного анализа на проточном цитофлуориметре.

Результаты. В многослойный перцептон были включены маркеры острого повреждения почек в моче: β 2-MG, Cyst.C, IGFBP7, TFF3, CLU. На основе разработанной модели определяли вероятность наличия острого повреждения почек у больных с термическими ожогами кожи путем анализа показателей, выявленных в моче. Точность прогноза разработанной модели составила 99,1 %.

Заключение. Применение нейронной сети для ранней диагностики острого повреждения почек обладает достаточной степенью точности. Данную технологию следует использовать для оптимизации ведения больных с обширными и/или глубокими ожогами кожи, что может позволить снизить число летальных исходов от острого повреждения почек при термических ожогах кожи.

Ключевые слова: термические ожоги; острое повреждение почек; нейронная сеть; цистатин C; кластерин

Objective — to develop a technology for early diagnosis of acute kidney injury in patients with thermal skin burns through neural network data analysis.

Materials and methods. The study included 109 patients, 74 of them with thermal skin burns of I–III degree. The levels of β 2-microglobulin (β 2-MG), cystatin C (Cyst.C), protein 7 binding insulin-like growth factor (IGFBP7), trefoil factor 3 (TFF3), clusterin (CLU) were determined by multiplex analysis on a flow cytometer.

Results. Markers of acute kidney injury in urine were included in the multilayer perceptron: β 2-MG, Cyst.C, IGFBP7, TFF3, CLU. Based on the developed model, the probability of acute kidney injury in patients with thermal skin burns was determined. By analyzing the indicators detected in urine, the accuracy of the forecast of the developed model was 99.1 %.

Conclusion. The use of the neural network for early diagnosis of acute kidney injury has a sufficient degree of accuracy. This technology should be used to optimize the administration of patients with extensive and/or deep skin burns, which may reduce the number of deaths from acute kidney injury in thermal skin burns.

Keywords: thermal burns; acute kidney injury; neural network; cystatin C; clusterin

Ранняя диагностика и прогнозирование острого повреждения почек (ОПП) — сложный, часто упущенный этап ведения больных с термическими ожогами кожи, что нередко приводит к летальному исходу [1]. Острое почечное повреждение встречается в 20 % случаев термических ожогов и возрастает при увеличении глубины и площади поражения кожи [2]. В клинической практике диагностика ОПП основывается на определении факта повышения порога концентрации сывороточного креатинина и снижения суточного диуреза.

Следует подчеркнуть, что имеются ограничения в использовании данных показателей при диагностике ОПП [3]. Демографические, антропометрические показатели, наличие хронических заболеваний, при которых происходит коррективная лекарственными препаратами, влияют на изменение уровня креатинина. При лечении пациентов с термической травмой проводят гормональную, инфузионную, антибактериальную терапию, которая оказывает влияние на такой показатель как креатинин сыворотки крови, тем са-

мым происходит искажение полученных данных и промедление в диагностике ОПП. Имеются сведения, что возрастание концентрации креатинина происходит тогда, когда гибнет более половины нефронов почечной ткани [4]. При обширных и/или глубоких ожогах суточный диурез снижается, в том числе и за счет плазмотерии с кожных покровов, что не в полной мере может указывать на ОПП [5].

В практической медицине при термических ожогах наиболее важна ранняя диагностика ОПП, что

Для цитирования: Коновалова А.А., Цепелев В.Л. РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА РАЗВИТИЯ ОСТРОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЧЕК ПУТЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА // ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2025. № 1. С. 6–12.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/568>

DOI: 10.24412/1819-1495-2025-1-6-12

позволяет снизить вероятность летального исхода.

Современное направление в диагностике ОПП — изучение уровня новых биомаркеров, которые могут выявить субклиническую форму ОПП и отразить динамику состояния почечной паренхимы при разных стадиях течения ожоговой болезни [6]. В прогнозировании ОПП при термических ожогах перспективна разработка инновационных технологий. Искусственный интеллект позволяет решать задачи прогнозирования и диагностики различных заболеваний, осложнений, а также оптимизации тактики лечения.

Искусственный интеллект — это способность машины решать интеллектуальные задачи разного уровня и разной направленности, а под машинным обучением понимают некие приемы искусственного интеллекта, при котором последний не только решает поставленные однонаправленные задачи, но стремится перейти к решению многочисленных сходных задач одновременно [7]. В медицине искусственный интеллект помогает подвергать анализу большое количество вводных данных и на основании определенного алгоритма в итоге прогнозировать исход.

Нейронные сети — это математические модели, с помощью которых можно извлекать данные как линейной, так и с применением других видов зависимости переменных. Блоки, из которых состоит нейронная сеть, являются «слоями». Слои можно менять между собой, искать более подходящую зависимость в определенных условиях, что называется архитектурой сети [8].

Главная задача нейронной сети — обнаружить такие веса нейронов, при использовании которых искусственный интеллект будет делать правильные предсказания. Одним из принципов составления нейронной сети является принцип многослойного перцептона [9].

Цель исследования — разработать модель ранней диагностики ОПП у больных с термическими ожогами кожи с помощью нейросетевого анализа данных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Под нашим наблюдением находились 74 пациента с термическими ожогами кожи I–III степени с площадью поражения кожных покровов от 25 до 85 % (из них не менее 15 % глубокого ожога), которые получали лечение в ГУЗ «Краевая клиническая больница» и ГУЗ «Городская клиническая больница № 1» г. Читы в период с 2021 по 2024 г. Возраст пациентов с термическими поражениями кожи составил 42 (21; 53,5) года; мужчин было 47 (63,5 %), женщин — 27 (36,5 %), площадь поражения кожи — 33 (30; 45) % поверхности тела, уровень смертности — 45,9 %. Группу сравнения составили 35 здоровых людей в возрасте 36 (28; 53) лет, в соотношении 21 (60 %) мужчина и 14 (40 %) женщина.

Критерии исключения: хроническая болезнь почек, хронические заболевания почек (амилоидоз почек, гипертоническая нефропатия, тубуло-интерстициальный нефрит, стеноз почечной артерии, подагрическая нефропатия, артериальная гипертензия, гломерулонефрит, гидронефроз, мочекаменная болезнь), больные сахарным диабетом, возраст старше 70 и младше 15 лет, наличие онкологических заболеваний.

Проведенное исследование соответствует стандартам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской организации, одобрено независимым этическим комитетом ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Мининистерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 117 от 10.11.2021). Все пациенты были проинформированы о проведении исследования, получены добровольные согласия.

Исследование осуществлялось в два этапа. Сначала были изучены уровни β 2-микроглобулина, цистатина С, белка 7, связывающего инсулиноподобного фактора роста, фактора трилистника 3, кластерина в моче. Измерения проводили методом мультиплексного анализа на проточном цитофлуориметре CytoFlex LX (Beckman Coulter, США) с использованием наборов Human Kidney Function Panel 1 Mix and Match Subpanel (For Urine

Sample) (BioLegend, США). Анализ выполняли в программе BioLegend's LEGENDplex™ data analysis software v8.0 (BioLegend, США) согласно инструкции фирмы-производителя. Определение уровня креатинина в сыворотке крови выполняли кинетическим методом Яффе с пикриновой кислотой на аппарате AU-680.

Вторым этапом была произведена статистическая обработка с помощью пакета программ IBM SPSS Statistics Version 25.0 (International Business Machines Corporation, USA). Нормальность распределения количественных признаков оценивали с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. Учитывая распределение признаков, отличное от нормального во всех исследуемых группах, статистическую обработку полученных данных проводили непараметрическим методом Манна — Уитни с учетом поправки Бонферрони для сравнения исследуемой группы с группой контроля. Для определения корреляционных связей между исследуемыми параметрами использовали коэффициент Спирмена. Силу связи между исследуемыми параметрами определяли по шкале Чеддока [9]. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Последние параметры включены в базу данных и легли в основу обучения многослойного перцептрона.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В нашем исследовании первоначально были оценены клинические параметры. В первые сутки после получения травмы суточный диурез составил 400,0 (350; 512) мл, $U = 0,0$, $p < 0,001$ в сравнении объем мочи в группе здоровых людей — 2000,0 (1950; 2100) мл.

Уровень креатинина при поступлении пациентов в отделение реанимации и интенсивной терапии был 96,0 (85; 103) мкмоль/л, $U = 297,0$, $p < 0,001$, но через 48 часов отмечалось нарастание концентрации до 134,0 (124; 147) мкмоль/л, $U = 34,0$, $p < 0,001$, показатель Z-score составил $Z = -7,1$, $p < 0,001$. В группе здоровых пациентов уровень креатинина был равен 75,0 (71; 77) мкмоль/л.

По уровню креатинина произведен расчет скорости клубочковой фильтрации (СКФ), который был равен 81,0 (67; 94) мл/мин, $U = 426,0$, $p < 0,001$, затем показатель снизился до значений 52,0 (40; 64) мл/мин $U = 34,0$, $p < 0,001$ и $Z = -7,1$, $p < 0,001$. В группе контроля СКФ была равна 103,0 (93; 112) мл/мин.

Нами отмечено, что концентрация биомаркеров ОПП в моче у пациентов с тяжелой термической травмой была значительно выше, чем в группе контроля. Среди всех показателей максимально увеличился цистатин С (табл.).

При анализе полученных данных выявлены взаимосвязи между общепринятыми клиническими показателями и биомаркерами ОПП. Обнаружены значимые корреляционные связи $\beta 2$ -микроглобулина с уровнем креатинина — высокая прямая связь ($\rho = 0,8$, $p < 0,001$),

с СКФ — заметная обратная связь ($\rho = 0,6$, $p < 0,001$).

Установлены прямая заметная связь цистатина С и уровня креатинина ($\rho = 0,6$, $p < 0,001$) и высокая обратная корреляция цистатина С и показателя суточного диуреза ($\rho = -0,8$, $p < 0,001$).

Уровни креатинина и кластерина коррелировали между собой посредством прямой заметной связи ($\rho = 0,5$, $p < 0,001$).

Рекомбинантный фактор трилистника и уровень суточного диуреза имели прямую заметную связь ($\rho = 0,5$, $p < 0,001$) при течении шока.

Белок 7, связывающий инсулиноподобный фактор роста, и уровень диуреза имели обратную заметную корреляционную связь ($\rho = -0,6$; $p < 0,001$).

При выполнении нейросетевого анализа в качестве входных нейронов было решено включить

уровни маркеров, различающиеся статистически значимо в группах исследования: $\beta 2$ -микроглобулина, цистатина С, белка 7, связывающего инсулиноподобного фактора роста, фактора трилистника 3, кластерина, а также данные о концентрации креатинина в сыворотки крови в качестве основного общепринятого критерия диагностики ОПП. За пороговую точку принимали значение креатинина при ОПП выше 110 мкмоль/л.

В архитектуру многослойного перцептона мы включили два скрытых слоя, что является оптимальным для числа входных нейронов, которых было 5, и они соответствовали количеству исследуемых параметров. Автоматический выбор архитектуры сети включил 4 нейрона в первый слой и 3 — во второй, чтобы определить раннюю диагностику ОПП. Нами была включена сигмоидная функ-

Таблица
Концентрация биомаркеров острого повреждения почек в моче
Table
Concentration of biomarkers of acute kidney injury in urine

Параметр Parameter	Группа контроля Control group (n = 35)	Больные с термической травмой Patients with thermal injury	Тестовая статистика Test statistics
		Ожоговый шок (1–3-и сутки) Burn shock (days 1–3) (n = 74)	Манна – Уитни Mann–Whitney test
$\beta 2$ -микроглобулин, нг/мл $\beta 2$ -microglobulin, ng/ml	325.0 (223; 449)	5943.0 (4466; 8654)	$U = 0.0$ $p < 0.001$
Цистатин С, нг/мл Cystatin C, ng/ml	60.0 (35; 84)	1307.0 (1177; 1499)	$U = 28.0$ $p < 0.001$
Кластерин, нг/мл Clusterin, ng/ml	745.0 (658; 838)	1709.0 (1324; 1879)	$U = 0.0$ $p < 0.001$
Рекомбинантный фактор трилистника 3, нг/мл Recombinant trefoil factor 3, ng/ml	13804.0 (12496; 15068)	31851.0 (30832; 33084)	$U = 85.0$ $p < 0.001$
Белок 7, связывающий фактора роста, нг/мл Protein 7 binding insulin-like growth factor, ng/ml	1483.0 (1298; 1713)	2460.0 (2096; 2980)	$U = 255.0$ $p < 0.001$

Примечание. Тестовая статистика критерии Манна – Уитни рассчитывали для сравнения группы больных с термически ожогами кожи с группой контроля.

Note: The Mann-Whitney test statistics were calculated to compare the group of patients with thermal skin burns with the control group.

ция активации, которая позволяет искать взаимосвязи взвешенных сумм в обоих скрытых слоях. В завершающем выходном слое использовали сигмоид, поскольку функция действий переменных опосредована и переводит их в значения (0; 1), что согласуется с первичным дизайном исследования. Для проверки ошибок была анализирована сумма квадратов. Выходной слой содержал две целевые переменные, которые являются зависимыми: наличие или отсутствие ОПП (рис. 1).

В группе 109 пациентов, не имевших ОПП, результат расчета оказался отрицательным у 40 (97,6 %) человек, положительным — у 1 (2,4 %); у 68 (100 %) больных с ОПП расчеты свидетельствовали

о положительном результате. Безошибочность прогноза полученной модели составила 99,1 %, чувствительность — 100,0 %, специфичность — 97,6 %. Площадь под кривой — 0,99 [95 % доверительный интервал: 0,97–1,00], $p < 0,001$. Опираясь на прогноз модели, который приближен к 100 %, можно акцентировать внимание, что разработанная нейронная сеть обладает высокой результативностью.

Наглядная информативность нейросети для диагностики ОПП обозначена на графике ROC-анализа (рис. 2).

Важность нейронов в структуре разработанной модели указывает на наибольшую значимость $\beta 2$ -микроглобулина и цистатина С, белка 7, связывающего инсулиноподобный

фактор роста, в качестве маркеров развития ОПП (рис. 3).

В ходе проверки работы полученной нейронной сети при выборке пациентов, сформированной методом RANDOMIZE из 33 человек, процент ошибочных предсказаний составил 3,0 % (1/33), что соизмеримо с результатами на этапе обучения нейронной сети.

ОБСУЖДЕНИЕ

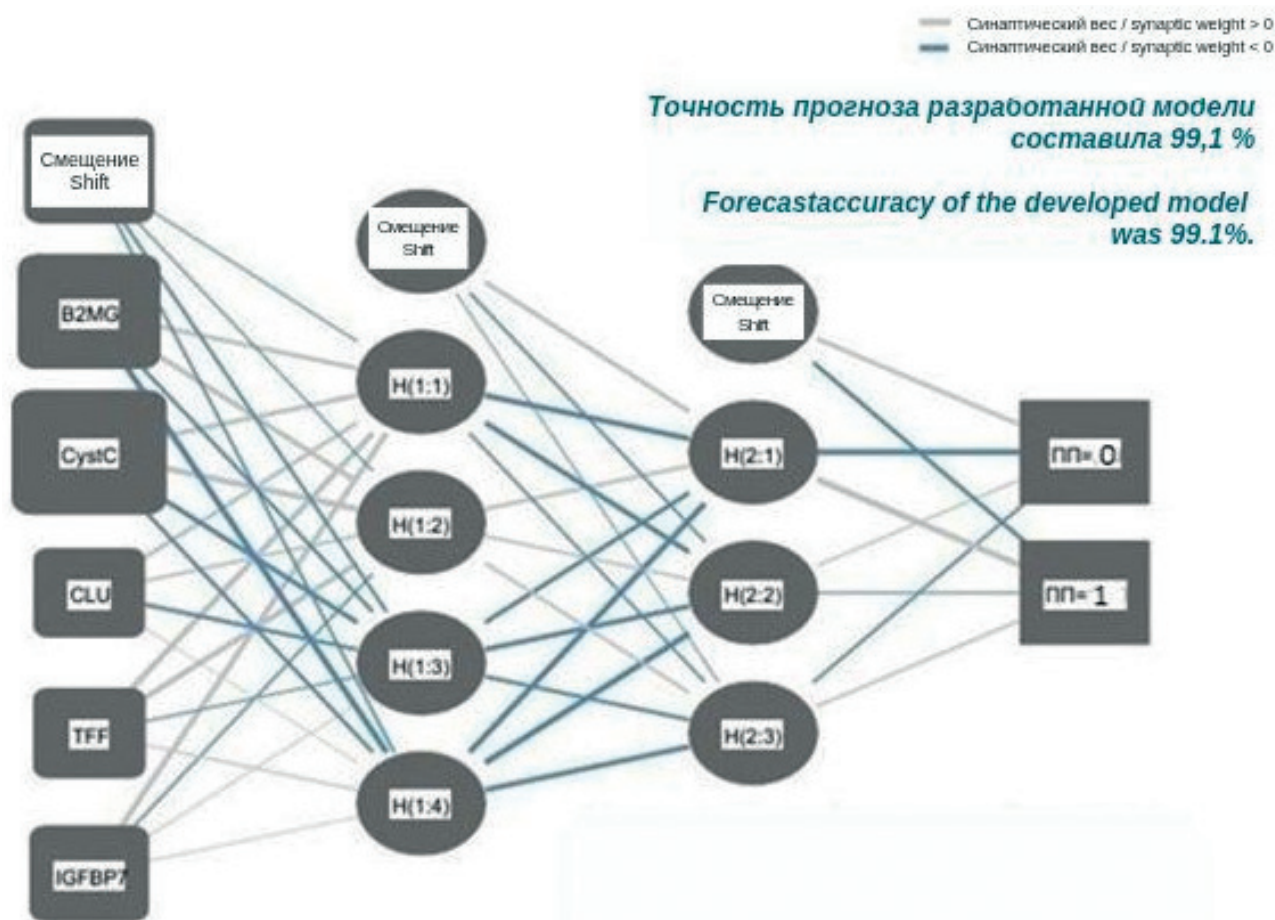
Термические ожоги кожи имеют большой вариационный ряд осложнений, при которых одну треть занимает ОПП. Общепринятые диагностические критерии по классификации KDIGO 2021 года, такие как концентрация креатинина и объем диуреза при ожоговой болезни, не отражают полной кар-

Рисунок 1

Структура многослойного перцептона, позволяющего осуществлять раннюю диагностику острого повреждения почек

Figure 1

Structure of a multilayer perceptron that allows early diagnosis of acute kidney injury



Примечание. B2MG — бета 2 микроглобулин; Cyst.C — цистатин С; TFF — рекомбинантный фактор трилистника; IGFBP7 — инсулино-подобный фактор роста 7; ПП — повреждение почек

Note. B2MG — beta2 microglobulin; Cyst.C — cystatin C; CLU — clusterin; CLU — кластерин; TFF — recombinant trefoil factor; IGFBP7 — insulin-like growth factor 7; KI — kidney injury

тины ОПП [2]. Проведенные нами исследования также подтверждают эти данные: когда оценивалась концентрация креатинина, рост его показателей был отмечен позднее 48 часов после получения термической травмы, что может обусловить промедление начала терапии и неблагоприятный исход. Объем суточного диуреза в первые сутки едва достигал 500 мл, но при этом ОПП развивается не у всех больных. Для того чтобы диагностировать ОПП в первые сутки после получения травмы, необходим поиск новых биомаркеров.

Для построения нейронной сети были отобраны такие показатели, как $\beta 2$ -микроглобулин, цистатин С, белок 7, связывающий инсулиноподобный фактор роста, фактор трилистника 3, кластерин.

При проведении тестовой статистики мы отмечали статистически значимую разницу концентрации белков при течении ожогового шока с группой контроля, а затем выявили корреляционную взаимосвязь с креатинином, диурезом и функциональным показателем — СКФ. Данные связи позволяют использовать эти новые биомаркеры как предикторы развития ОПП.

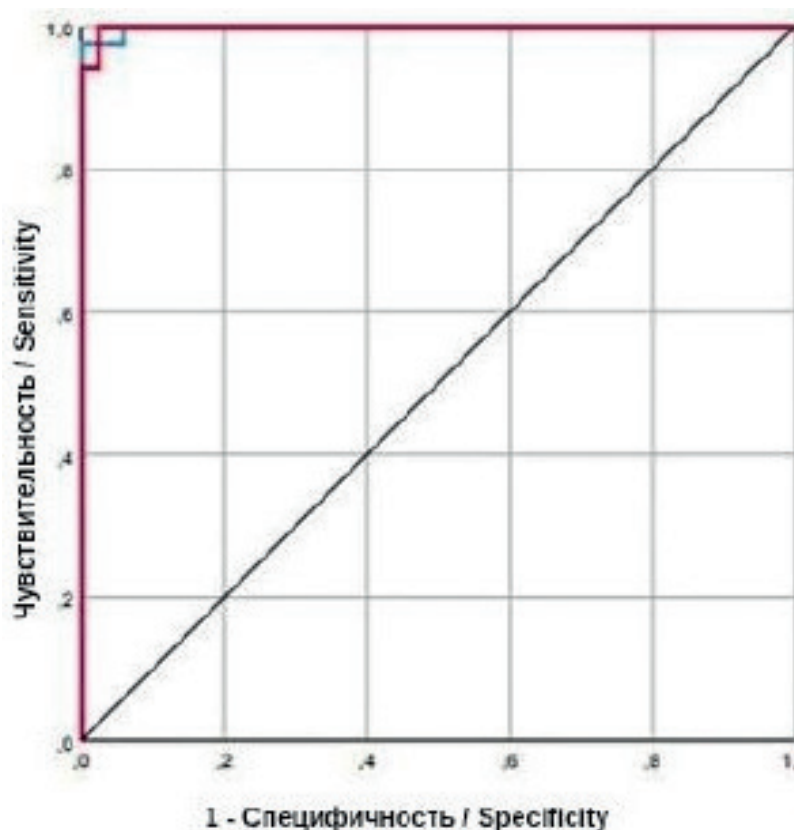
Информации по исследованию $\beta 2$ -микроглобулина как маркера ОПП при термических ожогах кожи нами не было обнаружено, но при этом положительные результаты дало исследование данного параметра при гемофагоцитарном лимфогистиоцитозе, патологиях аортального клапана [5]. $\beta 2$ -микроглобулин — белок, который присут-

Рисунок 2

ROC-анализ информативности многослойного перцептрона в ранней диагностике острого повреждения почек

Figure 2

ROC analysis of the informativeness of multilayer perceptron in the early diagnosis of acute kidney injury



Примечание. ROC-AUC = 0,99 [95 % ДИ: 0,97–1,00], $p < 0,001$.

Note. ROC-AUC = 0.99 [95% CI: 0.97–1.00], $p < 0.001$.

ствует на поверхности всех клеток организма человека, одно из самых высококонцентрированных веществ в сыворотке крови. В связи с его постоянной концентрацией и маленькой молекулярной массой (12 кДа) $\beta 2$ -микроглобулин практически пол-

ностью реабсорбируется в проксимальных канальцах почки, соответственно, при повреждении данных структур он выводится с мочой, что и было установлено в полученных нами данных у больных при термических ожогах кожи [12].

Рисунок 3

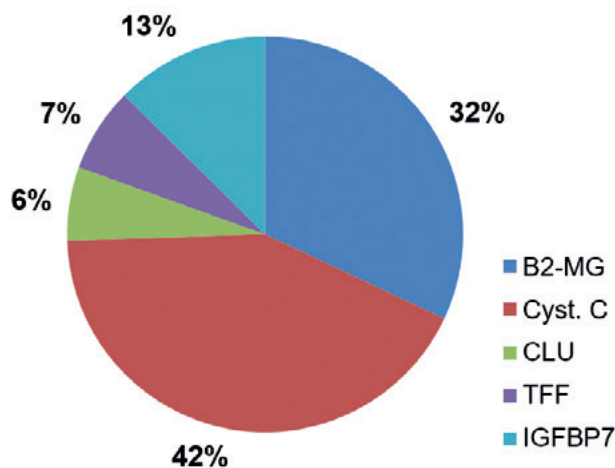
Важность нейронов в структуре разработанной модели

Figure 3

The importance of neurons in the structure of the developed model

Примечание. B2-MG — бета 2 микроглобулин; Cyst.C — цистатин С; CLU — кластерин; TFF — рекомбинантный фактор трилистника; IGFBP7 — инсулино-подобный фактор роста 7.

Note. B2-MG — beta2 microglobulin; Cyst.C — cystatin C; CLU — clusterin; TFF — recombinant trefoil factor; IGFBP7 — insulin-like growth factor 7.



По физиологическому механизму синтеза и реабсорбции схожим с $\beta 2$ -микроглобулином белком является цистатин С, который секретируется всеми ядерными клетками, в 90 % полностью реабсорбируется в почках, но при тубулярной дисфункции появляется в моче [13]. В результате изучения показателя цистатина С при термических ожогах кожи была выявлена взаимосвязь с СКФ, что также полностью подтверждается в нашей работе [14].

В исследование был включен кластерин — белок массой свыше 80 кДА, основная роль которого состоит в расщеплении клеточного «мусора», в связи с чем его экспрессия в крови увеличивается при термических ожогах кожи. Экстрагирование кластераина происходит с мочой в незначительных количествах при его молекулярном изменении, но при поражении дистального извитого канальца и собирательных трубочек выводится и неизмененный кластерин. Кластерин исследован при диабетической нефропатии, в результате чего отмечено увеличение его концентрации при развитии ОПП и хронической болезни почек. Данных об

исследовании кластераина при термических ожогах кожи в аспекте почечного повреждения обнаружено не было [15].

Нами также не отмечено работ по влиянию факторов роста на развитие ОПП при термотравме. Рекомбинантный фактор трилистника был исследован как новый биомаркер ОПП при спондилоартритах и показал положительные результаты [16]. Он начинает выводиться с мочой при повреждении эпителиальных клеток проксимального канальца, а инсулиноподобный фактор роста 7 — при повреждении проксимальных и дистальных почечных канальцев почек [17, 18].

Важно отметить, что каждый биомаркер отражает свою топографическую роль при возникновении ОПП, поэтому при применении нейронных сетей все показатели являлись важными для прогнозирования ОПП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение искусственного интеллекта для ранней диагностики ОПП при возникновении термических ожогов кожи обладает высокой степенью точности — 99 %. Несомненно, в наших реалиях

представленный метод диагностики не может использоваться повсеместно, потому что, во-первых, данные биомаркеры широко не применяются в клинической практике, во-вторых, нет профильного обучения специалистов, которые могли бы работать с соответствующим программным обеспечением. Поэтому в ближайшее время нами планируется создание мобильного приложения, позволяющего в считанные секунды оценить вероятность развития ОПП на основании анализа указанных маркеров.

Данную технологию можно рассматривать для оптимизации диагностики ОПП у пациентов с термическими ожогами кожи, что позволит снизить частоту развития ОПП и улучшить исходы заболевания.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России в рамках утвержденного плана НИР.

Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Chen B, Zhao J, Zhang Z, Li G, Jiang H, Huang Y, et al. Clinical characteristics and risk factors for severe burns complicated by early acute kidney injury. *Burns*. 2020;46(5):1100-1106. doi: 10.1016/j.burns.2019.11.018.
- Nephrology. Clinical guidelines. Edited by Shilov EM, Smirnov AV, Kozlovskaya NL. Moscow: GEOTAR-Media, 2020. 561-633. Russian (Нефрология. Клинические рекомендации / под ред. Е. М. Шиловой, А. В. Смирнова, Н. Л. Козловской. Москва: ГЕОТАР-Медиа, 2020. С. 561-633.)
- Malyarchikov AV, Shapovalov KG, Lukyanov SA, Tereshkov PP, Kazantseva LS. Acute kidney injury in patients with pneumonia due to influenza A/H1N1. *Acta Biomedica Scientifica*. 2021; 6(3):53-59. Russian (Малыарчиков А. В., Шаповалов К. Г., Лукьянов С. А., Терешков П. П., Казанцева Л. С. Острое почечное повреждение у больных пневмониями на фоне гриппа А/Н1Н1 // *Acta Biomedica Scientifica*. 2021; Т. 6, № 3. С. 53-59. <https://doi.org/10.29413/ABS.2021-6.3.5>)
- Khandelwal A, Satariano M., Doshi K. Management and outcomes of acute kidney injury due to burns: a literature review. *Journal of Burn Care Research*. 2024; 45(2): 323-337.
- Desai RJ, Kazarov CL, Wong A, Kane-Gill JL. Kidney damage and stress biomarkers for early identification of drug-induced kidney injury: a systematic review. *Drug Saf*. 2022; 45(8): 839-852. 10.1007/s40264-022-01202-2.
- Benoit SV, Chichcha EA. Cystatin C as a biomarker of chronic kidney disease: recent developments. *Expert review of molecular diagnostics*. 2020; 20(10):1019-1026. Russian (Бенуа С. В., Чичча Э. А. Циста-
- тин С как биомаркер хронической болезни почек: последние разработки // *Экспертный обзор молекулярной диагностики*. 2020. Т. 20, № 10. С. 1019-1026.)
- Yanamala AKY, Suryadevara S. Emerging frontiers: data protection challenges and innovations in artificial intelligence. *International Journal of Machine Learning Research in Cybersecurity and Artificial Intelligence*. 2024; 15(1): 74-102.
- Mfetoum IM, Ngoh SK, Molu RJ, Nde Kenfack BF, Onguene R, Naooussi SR, et al. A multilayer perceptron neural network approach for optimizing solar irradiance forecasting in Central Africa with meteorological insights. *Scientific Reports*. 2024; 14(1): 3572.
- Mudrov VA. Algorithms for statistical analysis of biomedical research data using the SPSS software package (in accessible language): a tutorial. Moscow: Logosfera. 2022; 143 p. Russian (Мудров В. А. Алгоритмы статистического анализа данных биомедицинских исследований с помощью пакета программ SPSS (доступным языком): учебное пособие. Москва: Логосфера, 2022. 143 с.)
- Lehmann JS, Rughwani P, Kolenovic M, Ji S, Sun B. LEGENDplex™: bead-assisted multiplex cytokine profiling by flow cytometry. *Methods Enzymol*. 2019;629:151-176. doi: 10.1016/b.s.mie.2019.06.001.
- Kawasaki Y, Nishiki K, Nojiri M, Kato R, Shinomiya S, Oikawa T. Prognostic value of the serum creatinine/cystatin C ratio in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiratory Investigation*. 2024; 62(1): 143-149.
- Zhang J, Lu X, Zu Y, Li H, Wang, S. Prognostic value of beta-2 microglobulin on mortality in chronic kidney disease patients: a system-

atic review and meta analysis. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*. 2022; 26(2): 267-274.

13. Haines RW, Fowler AJ, Liang K, Pearse RM, Larsson AO, Puthuchery Z, et al. Comparison of cystatin C and creatinine in the assessment of measured kidney function during critical illness. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2023; 18(8): 997-1005.
14. Khandelwal A, Satariano M, Doshi K, Aggarwal P, Avasarala V, Sood A, et al. Management and outcomes of acute kidney injury due to burns: a literature review. *J Burn Care Res*. 2024;45(2):323-337. doi: 10.1093/jbcr/irad121.
15. He J, Dijkstra KL, Bakker K, Bus P, Bruijn JA, Scharpfenecker M, et al. Glomerular clusterin expression is increased in diabetic nephropathy and protects against oxidative stress-induced apoptosis in podocytes. *Scientific Reports*. 2020; 10(1):14888.
16. Smirnov AV, Rumyantsev AS. Acute kidney injury. Part I. *Nephrology*. 2020; 24(1):67-95. Russian (Смирнов А. В., Румянцев А. Ш. Острое

повреждение почек. Часть I. // Нефрология. 2020. Т. 24, № 1. С. 67-95. doi: 10.36485/1561-6274-2020-24-1-67-95)

17. Plenkina LV. The role of trefoil factor 3 in assessing the impact of basic therapy on the condition of the kidneys in patients with ankylosing spondylitis. *Attending Physician*. 2022; 25(1): 35-38. <https://www.lvrach.ru/2022/01/15438193> (addressing date: 25.10.2024). doi: 10.51793/OS.2022.25.1.006. Russian (Пленкина Л. В. Роль фактора трилистника 3 в оценке влияния базисной терапии на состояние почек у пациентов с анкилозирующим спондилитом // *Лечащий врач*. 2022. Т. 25, № 1. С. 35-38. <https://www.lvrach.ru/2022/01/15438193> (дата обращения: 25.10.2024). doi: 10.51793/OS.2022.25.1.006)
18. Levitskaya ES, Batyushin MM. The tubular apparatus of the kidneys - scientific and applied significance. *Archives of Internal Medicine*. 2022; 12(6):405-421. Russian (Левицкая Е. С., Батюшин М. М. Канальцевый аппарат почек — научное и прикладное значение // *Архивъ внутренней медицины*. 2022. Т. 12, № 6. С. 405-421. DOI: 10.20514/2226-6704-2022-12-6-405-421)

Сведения об авторах:

Коновалова А.А., аспирант кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России, г. Чита, Россия. <https://orcid.org/0009-0007-2565-0359>

Цепелев В.Л., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой госпитальной хирургии с курсом детской хирургии ФГБОУ ВО ЧГМА Минздрава России, г. Чита, Россия. <https://orcid.org/0000-0002-2166-5154>

Адрес для переписки:

Коновалова Алина Анатольевна, ул. Богдана Хмельницкого 24/2-28, г. Чита, Россия, 672039
Тел: +7 (914) 434-64-99
E-mail: kuzmina-aa@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.01.2024

Рецензирование пройдено 30.01.2024

Подписано в печать 01.02.2024

Information about authors:

Kononova A.A., postgraduate of chair of hospital surgery with pediatric surgery course, Chita State Medical Academy, Chita, Russia. <https://orcid.org/0009-0007-2565-0359>

Tsepelev V.L., MD, PhD, professor, chief of chair of hospital surgery with pediatric surgery course, Chita State Medical Academy, Chita, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-2166-5154>

Address for correspondence:

Kononova Alina Anatolyevna, Bogdana Khmel'nitskogo St., 24/2-28, Chita, Russia, 672039
Tel: +7 (914) 434-64-99
E-mail: kuzmina-aa@mail.ru

Received 12.01.2024

Review completed 30.01.2024

Passed for printing 01.02.2024

