На правах рукописи

ЕРШОВ

Артем Владимирович

ВЫБОР МЕТОДА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КАМНЕЙ ПОЧЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ОЦЕНОК

3.1.13. - урология и андрология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Барнаул – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

Неймарк Александр Израилевич – доктор медицинский наук, профессор.

Официальные оппоненты:

Теодорович Олег Валентинович – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра эндоскопической урологии, заведующий.

Белоусов Игорь Иванович – доктор медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра урологии и репродуктивного здоровья человека (с курсом детской урологии-андрологии), профессор.

Ведущая организация:

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского» (г. Москва).

Защита диссертации состоится « » _____2021 г. в__часов на заседании диссертационного совета Д 21.2.001.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (656038, г. Барнаул, проспект Ленина, 40).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России (656038, г. Барнаул, ул. Папанинцев, 126; https://www.asmu.ru/nauka-i-innovatsii/ds/).

Автореферат разослан « » _____2021г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Николаева Мария Геннадьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В настоящий момент мочекаменная болезнь (МКБ) занимает до 45% в эпидемиологии урологических нозологий. На сегодняшний момент основной тактикой радикального лечения нефролитиаза является хирургический метод. Не менее 17% от всего количества оперативных вмешательств в урологии производятся по поводу мочекаменной болезни. Наиболее распространенными операциями при МКБ являются – дистанционная литотрипсия, перкутанная нефролитотрипсия, лапароскопические операции. Тем не менее, даже применение современных высокотехнологичных методов лечения далеко не всегда удовлетворяет своей эффективностью. Это связанно с достаточно большим возникновением остаточных фрагментов камня, увеличением количества взаимодополняющих мероприятий и возникновением послеоперационных осложнений, ведущих к неудовлетворённости пациента от отказния медицинской помощи. Неверно выбранная хирургическая тактика может привести к печальным последствиям – до 28% пациентов имеют осложнения, связанные с ранее перенесенными операциями. Если говорить об традиционных открытых операциях: послеоперационная летальность может достигать до 3%. Поэтому, выбор оптимального оперативного метода лечения должен осуществляться индивидуально для каждого конкретного пациента. Данный процесс является весьма сложной задачей, требующей учета большого количества данных пациента.

В силу ряда причин проблема выбора варианта хирургического лечения при МКБ остается открытой и на сегодняшний день. При выборе метода элиминации конкремента специалисту необходимо учесть множество параметров: размеры и локализацию конкремента, рентгенологическую плотность камня, инвазивность метода, ранее перенесенные операции у пациента, сопутствующие осложнения, возможные аномалии развития мочевых путей, и др. Иногда часть параметров, либо связь одних данных с другими выявить невозможно, в этом и заключается сложность прогнозирования в урологии.

В настоящий момент известен факт применения математических алгоритмов целью прогноза в медицине. В связи с этим возникает необходимость внедрения в лечебную практику врача-уролога современных информационных технологий, позволяющих помочь выбрать оптимальный алгоритм ведения пациентов с нефролитиазом.

Степень разработанности темы исследования

Использование нейронных сетей в медицинской практике является так называемым «трендом» современных научных работ и широко освещается в последнее десятилетие зарубежными исследователями. Между тем в России количество работ с применением интеллектуального анализа представлены в гораздо меньшем количестве. В связи с этим работа имеет научную новизну и, несомненно, полезна как в научном плане, так и для практического использования врачами-урологами.

Цель исследования

Улучшение результатов хирургического лечения камней почек на основе использования унифицированной диагностики с применением нейронных сетей.

Задачи исследования

1. Выявить основные диагностические критерии мочекаменной болезни, определяющие выбор хирургического лечения.

2. На основе выявленных критериев построить модель прогнозирования лечения нефролитиаза.

3. Провести сравнительный анализ результатов хирургического лечения камней почек с использованием разработанной методики нейросетевого оценивания.

4. Оценить риски осложнений при хирургическом лечении камней почек с помощью методики нейросетевых оценок.

Научная новизна исследования

1. Определена прогностическая значимость клинически выявляемых параметров МКБ при выборе лечения пациентов с данной патологией.

2. Создана экспертная система, позволяющая выбирать лечебную тактику при МКБ с учетом оценки возможных ранних послеоперационных осложнений.

3. Для определения тактики лечения больных с МКБ применена современная система нейросетевого оценивания в рамках разработанной методики.

4. Установлено, что разработанная методика нейросетевого оценивания правильно определяла тактику хирургического лечения в 88% случаях. Специфичность созданной нейросетевой методики составила 83,7%, а чувствительность – 88%.

5. Произведена проспективная оценка рисков осложнений хирургического лечения камней почек с использованием методики нейросетевого оценивания, по результатам которой выявлено: чувствительность при выявлении осложнений геморрагического и воспалительного характера составляет до 82%.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Создана методика на основе нейронных сетей по выбору метода хирургического лечения у пациентов с камнями почек, позволяющая улучшить показатели качества оказания медицинской помощи в целом. С помощью рекомендаций нейросетевых алгоритмов удалось добиться снижения количества койко-дня, уменьшения количества взаимодополняющих мероприятий, снижения частоты повторных госпитализаций, количества инфекционно-воспалительных осложнений и снижение количества остаточных фрагментов после дистанционной литотрипсии. Показана возможность применения разработанной методики, практически, на любом этапе лечебно-диагностического процесса у больных с камнями почек, как на этапе дообследования, так и в раннем послеоперационном периоде.

Методология и методы исследования

Клиническое исследование выполнено у 625 пациентов с мочекаменной болезнью. Предметом исследования стало определение эффективности применения нейросетевых алгоритмов с целью прогноза развития послеоперационных (воспалительных или геморрагических) осложнений при хирургическом лечении нефролитиаза. Полученные результаты обработаны с использованием методов статистического анализа экспериментальных данных.

Положения, выносимые на защиту

1. Наибольшее прогностическое значение при развитии воспалительных осложнений в послеоперационном периоде у больных нефролитиазом имеют следующие факторы: количество лейкоцитов в осадке мочи, уровень палочкоядерного сдвига нейтрофилов, уровень СОЭ, результаты бактериологического посева мочи, показатели лейкоцитов в клиническом анализе крови, обтурация нижележащего отдела мочеточника, наличие пиелонефрита в анамнезе и предшествующие урологические операции.

2. В результате применения нейросетевого анализа удалось выявить показатели, позволяющие оценивать вероятность возникновения геморрагических осложнений у пациентов в послеоперационном периоде при элиминации конкремента: размеры, локализация и количество конкрементов, значительная эктазия чашечно-лоханочной системы, наличие участков «просветлений» в тени конкремента по результатам урографии, рентгенологическая плотность камня по данными компьютерной томографии, а также показатели, которые указывали на нарушение гемостаза, наличие артериальной гипертензии.

3. Разработанная методика нейросетевого оценивания и прогнозирования лечения нефролитиаза, позволяет на основе выявленных диагностических критериев решить задачу выбора метода хирургического лечения камней почек.

Апробация работы и внедрение в практику результатов исследования

Основные положения данной работы отражены в материалах: Восточно-Сибирской межрегиональной научно-практической конференции Сибири (г. Красноярск, 2014); Восточно-Сибирской межрегиональной конференции урологов-нефрологов (г. Красноярск, 2015); IV конгресса урологов Сибири (г. Омск, 2015); V конгресса урологов Сибири с международным участием (г. Красноярск, 2016); Региональной конференции урологов Восточной Сибири (г. Красноярск, 2018); VI Российском Конгрессе по Эндоурологии и Новым Технологиям (г. Санкт-Петербург, 2018); IV Конгресса урологов ОАО «РЖД» и Междисциплинарной научно-практической конференция с международным

участием «Актуальные вопросы эндоурологии» (г. Москва, 2019), XX конгресса Российского Общества Урологов (г. Казань, 2020); IX Конгресса урологов Сибири с международным участием (г. Новосибирск, 2021).

Степень достоверности результатов

Высокая степень достоверности результатов подтверждается достаточным объемом материала, использованием современных методов исследования и адекватных критериев для статистической обработки результатов.

Публикации

По материалам исследования опубликовано 11 печатных работ, из них 3 в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук.

Личный вклад автора в исследование

Автором лично был проведен анализ литературных данных по научной теме исследования. Обследование пациентов, обработка статистических данных, формирование реестра пациентов и выделение «пространства информативных признаков». Автором производилось оперативное лечение, пациентов, включенных в научную работу. Производился анализ полученных результатов, написание публикаций по теме исследования.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 132 страницах машинописного текста, и состоит из: введения, 4-х глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Содержит 21 таблицу и 42 иллюстрации. Список литературы содержит 166 источников, из них отечественных – 106, иностранных – 60.

Диссертация выполнена на базе кафедры урологии, андрологии и сексологии ИПО ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России и урологического отделения Частного учреждения здравоохранения «Клиническая больница «РЖД-Медицина» города Красноярск».

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Научные положения диссертации соответствуют специальности 3.1.13. - урология и андрология. Результаты проведенного исследования соответствуют области исследования специальности.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Основу настоящий работы составило ретроспективное исследование историй болезни 625 пациентов с нефролитиазом, проходивших лечение на базе НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Красноярск ОАО «РЖД» за период с 2014 по 2016 годы.

Из 625 пациентов с камнями почек: 294 (47%) пациентам была выполнена ДУВЛ, 266 (42,6%) больным – перкутанная нефролитолапаксия (ПНЛЛ), 65 (10,4%) пациентов подверглись традиционну открытому методу элиминации конкремента: в 15 (2,4%) случаях выполнена нефролитотомия, 50 (8%) выполнена пиелолитотомия.

Пациентов мужского пола было 68% (425), женщин – 32% (200). В плановом порядке госпитализировано 88,2% (551) пациентов, 45 пациентов поступали с нефростомой предварительно установленной по поводу обтурационного пиелонефрита. В экстренном порядке госпитализированы 11,8% (74) пациента, с клиникой почечной колики или клиникой обтурационного пиелонефрита. Впервые диагноз «Камень почки» был установлен у 60% (375) госпитализированных, рецидив заболевания выявлен в 40% (250) случаях.

У 556 (89%) из общего числа пациентов наблюдался единственный камень в почке. В остальных случаях были обнаружены несколько конкрементов, в частотности у 57 пациентов – 2 конкремента, а у 12 пациентов – 3 конкремента. Правосторонняя локализация камней почек отмечена у 240 (38,4%) больных, левосторонняя – у 216 (34,5%), двусторонние камни обнаружены у 162 (27,1%) пациентов.

Камни размерами 0,5-3,6 см чаще всего были локализованы в чашечках почки – 398. Из них в верхней группе чашечек локализовалось 114 конкрементов,

в средней группе чашечек – 72, в нижней группе чашечек конкременты локализовались в 212 случаях. В почечной лоханке конкременты находились у 262 больных. Обструкцию пиелоуретерального (ПУС) сегмента камнем наблюдали у 46 пациентов.

Формирование базы данных

Для формирования базы данных была создана единая система критериев, призванных выдать объективное решение по выбору методики элиминации конкремента при наличии диагноза «камень почки». Значения входящих данных сформированы на основании обследования больных, согласно стандартам оказания медицинской помощи утвержденным Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации.

При помощи совместной оценки группой высококвалифицированных врачей-урологов составлен перечень из 52 параметров x_i, для определения тактики лечения пациентов с нефролитиаза, определен вклад каждого из параметров в определении принадлежности объекта к выделенным классам.

В созданном нами реестре были представлены:

1. Данные объективного осмотра и опроса пациентов (возраст и пол пациента, пульс и показатели АД, анамнез мочекаменной болезни, ранее перенесенные урологические).

2. Показатели лабораторных анализов больных в предоперационном периоде: данные анализов периферической крови; показатели общего анализа мочи; биохимические показатели крови.

3. Данные инструментального обследования: ультразвуковое исследование (определялась толщина паренхимы почки в среднем сегменте, наличие или отсутствие нарушений органного кровотока при эходоплерографии, визуализация конкремента, а также выраженность пиелокаликоэктазии). Оценивались данные радиоизотопной нефросцинтиграфии. Результаты рентгенологических методов диагностики (возможность визуализации конкремента на обзорной урограмме, количество, размер конкрементов, четкость контуров камня, наличие просветлений в тени конкремента, рентгенологическая плотность камня по результатам

компьютерной томографии, S-образный перегиб мочеточника, нефроптоз, обтурация нижележащего отдела мочеточника, наличие уретероцеле, сдавление мочеточника извне).

4. Наличие сопутствующей патологии.

Ниже представлены все показатели, которые отражены в базе данных пациентов. В количественном формате представлены показатели лабораторных данных, данные инструментальных методов исследования. Такие показатели, как визуализация конкремента по данным обзорной урографии, перегиб мочеточника, сопутствующая патология в каждом случае представлены в двоичном коде, наличие обозначается – 1, а отсутствие – 0.

Дополнительно в реестре отражены послеоперационные осложнения, если таковые были во время лечения (также представлены в двоичном ключе).

Вся информация по результатам предоперационного обследования была преобразована в виде многомерного вектора, сформирована база данных, где каждому пациенту соответствует информация по 52 признакам. Каждая запись заканчивается определённым выводом (выходной параметр) – заранее известную тактику лечения.

В нашей работе использовалась так называемая «Нейронная сеть Хэмминга» (трёхслойная нейронная сеть с обратной связью) как наиболее оптимальная определения весовых коэффициентов значимости из множества данных, используемых в естественных науках. Процесс обучения состоит в поиске наилучшего набора весов для максимизации точности предсказания.

Для определения места приложения нейросетевых алгоритмов в прогнозе и профилактики послеоперационных осложнений мы представили этот процесс в виде информационной модели (рисунок 1). Использование алгоритмов нейронный сетей отмечены знаками «*» и «**»: знаком «**» определены модули, входящие в непосредственные задачи диссертационной работы. Знаком «*» определены модули, обозначающие профилактические мероприятия по тактике ведения пациента на основе представленных рекомендаций.

В практическом применении данная модель отражает следующую тактику врача уролога при профилактике ранних послеоперационных осложнений.

Рисунок 1 – Дизайн проект разрабатываемой системы прогноза и профилактики ранних послеоперационных осложнений
при выполнении хирургического удаления конкрементов почке
(пунктирной линией представлены действия врача-уролога)

Используя нейросетевые алгоритмы до и после операционного вмешательства вычисляются риски и прогнозы различных форм геморрагических и воспалительных осложнений. Данный процесс выполняется лечащим врачом на основе практических рекомендаций, реализуемых данной методикой. После проведения лечения осуществляется контроль за состоянием пациента (лабораторные анализы, дополнительные методы исследования). Затем определяются риски развития различных осложнений, тем самым производится прогноз.

Изучение значимости факторов в развитии ранних послеоперационных осложнений при хирургическом лечении камней почек

Используя результаты предоперационных обследований 625 пациентов оперированных по поводу камней почек нами была создана и обучена

нейросетевая программа, в которой входными величинами являлись полученные данные, а выходная величина была представлена одним из методов элиминации конкремента.

Целью изучения на первом этапе обработки данных явилось определение уровня значимости входных параметров для выбора метода элиминации конкремента.

Применение установленных таким образом показателей значимости каждого параметра дало возможность значительно уменьшить число вводных элементов сети. Так, обученная нейросетевая программа произвела расчет значимости отдельных входных величин и автоматически удалила наименее значимые из них. В результате, мы выделили 27 параметров, которые имели наибольшее влияние на выбор метода оперативного лечения при камнях почек.

Были ранжированы факторы, влияющие на выбор метода оперативного лечения: визуализация конкремента по результатам обзорной урографии (0,821), плотность камней определенных МСКТ (0,781), количество конкрементов на стороне поражения (0,749), четкость их контуров (0,722), наличие обструкции нижележащего отдела мочеточника (0,637), ранее перенесенные оперативные вмешательства на мочевыводящих путях (0,620), наличие участков меньшей плотности в тени камня по данным рентгенографии (0,592), гипертермия (0,512), скорость клубочковой фильтрации (0,471), количество лейкоцитов в осадке мочи (0,450), наличие лейкоцитоза в клинических анализах крови (0,342), уровень палочкоядерного сдвига (0,380) качественные и количественные показатели УЗ-исследования (0,590).

Параметры, указывающие на наличие сердечно-сосудистой или легочной патологии, уровни мочевины и креатинина, степень развития подкожно-жировой клетчатки, результаты бактериологического исследования мочи, оказались менее значимыми ($p>0,05$).

Отдельно методику обучения нейросетевой программы мы применили на примере ДУВЛ. Факт полного отхождения всех фрагментов конкремента после дистанционной литотрипсии являлся выходной величиной в этом случае.

Прогностическими наиболее значимыми величинами ($p<0,05$) являлись: локализация, рентген-позитивность плотность в HU камня (сюда также входила четкость контуров и участки низкой плотности на рентгенограммах), а также большое значение индекса массы тела у пациентов, нарушение уродинамики, лейкоцитоз в клинических анализах крови.

При выборе перкутанной нефролитолапаксии (ПНЛЛ), как основного метода удаления конкремента, факт отсутствия резидуальных фрагментов, полученный проведением контрольных исследований, являлся базовой выходной величиной.

Факторы, служившие в пользу выбора ПНЛЛ: размер конкрементов на стороне поражения (0,872), плотность их по данным МСКТ (0,798), количество на стороне поражения (0,760). Далее идут показатели состояния мочевых путей, степень ретенционных изменений: перегиб мочеточника ниже камня (0,740), обтурация нижележащего отдела мочеточника (0,670), степень расширения ЧЛС по данным УЗИ (0,650). Затем, степень нарушения органного кровотока, при эходоплерографии сосудов почки (0,620), время накопления фармпрепарата при реносцинтиграфии (0,600), уровень лейкоцитоза в клиническом анализе крови (0,590).

Менее значимые параметры ($p>0,05$): компрессия мочеточника извне (0,550), количество лейкоцитов в осадке мочи (0,500), толщина паренхимы почки (0,350), бактериологическое исследование мочи (0,265).

При сравнении результатов средней значимости входных параметров между ДУВЛ и ПНЛЛ были выявлены особенности: визуализация конкремента по данным обзорной урографии при ПНЛЛ имеет сравнимо меньшее значение, чем при ДУВЛ, 0,620 и 0,821 соответственно.

Определяющее значение в выборе дистанционной литотрипсии как основой методики элиминации конкремента в сравнении параметрами при перкутанной нефролитолапаксии имеют параметры, как количество камней на стороне поражения, четкость их контуров на обзорной и состояние нижележащего отдела мочеточника на экскреторной урограммах.

Обучение идентичного нейронного классификатора по входящим данным тех же пациентов, где выходной величиной был не выбор метода лечения, а возможное послеоперационное осложнение являлось очередной задачей

Были отобраны случаи с ранними послеоперационными осложнениями после проведения сеанса ДУВЛ такими как геморрагические осложнения (образование подкаспульной гематомы), обострения калькулезного пиелонефрита, обструкции мочеточника в том числе и «каменной дорожкой». Т.е. были созданы и обучены три нейросети, в каждой из которых «входными» параметрами являлись 50 показателей предоперационного обследования.

Одно из трех вышеуказанных осложнений было представлено выходной величиной у 294 пациентов, перенесших ДУЛВ. Так, были получены нейросетевые классификаторы, способные по предоперационным показателям прогнозировать развитие того или иного послеоперационного осложнения.

Инфекционные осложнения после перенесенных хирургических операций наблюдались в 70 случаях, что составило 11,2%. Наиболее часто инфекционные осложнения регистрировались после проведения ПНЛЛ – 32 случая (5,12%).

Инфекционные осложнения после ДУВЛ наблюдались у 21 пациента с локализацией камня в полостной системе почки, что составило 3,4% от общего числа оперированных.

Факторы, вызывающие развитие пиелонефрита: уровень лейкоцитоза в общем анализе крови ($p<0,05$), количество лейкоцитов в осадке мочи ($p<0,05$), уровень палочкоядерного сдвига нейтрофилов ($p<0,05$), степень нарушения органного кровотока при эходоплерографии сосудов почки, обтурация нижележащего отдела мочеточника ($p>0,05$), уровень СОЭ ($p>0,05$), выявление бактерий по результатам бактериологического исследования мочи ($p>0,05$), а также ранее перенесенный пиелонефрит в анамнезе и предшествующие операции на органах мочевыделительной системы ($p>0,05$).

Менее значимыми параметрами оказались ($p>0,05$) – степень выраженности гидронефроза по данным УЗИ, время накопления и выведения фармпрепарата при нефросцинтиграфии, скорость клубочковой фильтрации.

Далее на входных данных 266 пациентов которым проводилась ПНЛЛ была создана и обучена нейронная сеть, в которой выходной величиной явился факт развития пиелонефрита после данного вида лечения. Затем нейросеть произвела стандартный расчет значимости отдельных входных величин. В итоге, мы выделили 19 параметров, которые имели наибольшее влияние на послеоперационный исход.

Наиболее важными факторами, влияющими на возникновение пиелонефрита в раннем послеоперационном периоде, явились ($p<0,05$): уровень СОЭ, количество лейкоцитов в осадке мочи, степень нарушения органного кровотока, при эходоплерографии сосудов почки, хронический пиелонефрит в анамнезе, недавние предшествующие операции на мочевых путях, уровень палочкоядерного сдвига нейтрофилов в общем анализе крови, длительность заболевания, уровень лейкоцитоза в общем анализе крови, наличие недавней гипертермии, уровень фибриногена.

Менее значимыми параметрами оказались ($p<0,05$) – бактериологическое исследование мочи, время накопления и выведения фармпрепарата при реносцинтиграфии, наличие у пациента сахарного диабета, уровень креатинина. При этом были подчеркнуты некоторые особенности: наличие бактериурии до проведения перкутанной нефролитолапаксии не имеет выраженного значения в возникновении послеоперационного пиелонефрита, тогда как лейкоцитурия до операции играет важную роль в развитии пиелонефрита в послеоперационном периоде ($p>0,05$).

Была определена прогностическая значимость отдельных параметров предоперационного исследования в развитии тяжелых послеоперационных осложнений таких как гнойный пиелонефрит с развитием уросепсиса.

Наиболее значимыми показателями явились ($p<0,05$) уровни лейкоцитоза в клиническом анализе крови, лейкоцитурии, СОЭ, палочкоядерного сдвига нейтрофилов. Сахарный диабет, эпизоды хронического пиелонефрита в анамнезе, предшествующие операции на органах мочевыделительной системы.

Обструкция мочеточника после сеансов ДУВЛ определено в 35 случаях. Отмечено, что риск этого вида осложнений прямо пропорционально возрастал

вместе с увеличением размеров конкрементов (более 1,2 см) или конкрементов меньших размеров, но высокой плотности, согласно данным компьютерной томографии (свыше 1000Hu).

Прогностическими наиболее значимыми ($p<0,05$) были показатели, которые указывали как на вероятное образование крупнодисперсных фрагментов после ДУВЛ конкремента.

Прежде всего это размеры, наличие «просветлений» в тени камня, а также четкость контуров конкремента по данными обзорной урографии. Имело значение наличие обтурации, перегиба мочеточника, предшествующее на стороне дробления. Так особенно неблагоприятной была ситуация, когда сеанс ДУВЛ проводился пациенту с крупным конкрементом (от 1,5 до 2,0см), высокой плотности (свыше 1000Hu), или пациенту со средним размером камня в «жестком» режиме дробления (высокая частота импульсов, максимальная мощность.

Используя нейронную сеть, произведен расчет наиболее значимых предоперационных параметров в том случае, где выходной величиной являлся факт возникновения геморрагического осложнения (гематомы почки или макрогематурии более двух суток) в послеоперационном периоде.

Прогностическими наиболее значимыми ($p<0,05$), были показатели, которые указывали на нарушение свертывающей системы, наличие сопутствующей сердечно-сосудистой патологии (артериальной гипертензии), показатели нарушения органного кровотока в почке, а также выраженная дилатация ЧЛС: размеры конкремента, наличие «просветлений» в тени камня, а также плотность камня по данными МСКТ.

Результаты применения системы нейросетевых оценок в группе тестирования

Основу группы тестирования составил ретроспективный анализ историй болезни 140 пациентов с МКБ, проходивших лечение на базе НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Красноярск ОАО «РЖД» за период 2014-2016 гг.

Данные этой группы пациентов обучении нейронной сети не участвовали.

Группу тестирования работы обученной системы составили 140 пациентов с нефролитиазом, проходивших стационарное лечение в урологическом отделении и не участвовавшие в обучении нейронной сети.

Прогностическая ценность разработанной методики тестировалась на заранее известные послеоперационные исходы и известной тактикой лечения. Данные каждого пациента из группы тестирования загружались в обученную нейронную сеть, затем программа автоматически причисляла пациентов к определённой группе, в зависимости от того, какая тактика лечения являлся выводным параметром, другими словами индивидуально определяла метод хирургического лечения.

Используя обученные нейросети, изменяя выходной параметр по различным видам послеоперационных осложнений, классификатор распределял больных по подгруппам, где выводной величиной являлось то или иное осложнение, то есть прогнозировала исход операции в каждом конкретном случае.

Например, если выводным параметром являлось обострение пиелонефрита в раннем послеоперационном периоде, программа добавляет пациента к подгруппе больных с послеоперационным пиелонефритом либо к другой подгруппе где осложнения не возникало.

Пациентов мужского пола было 96 (69%, женщин было 44 (31%). В плановом порядке госпитализировано 123 (88%) пациентов. В экстренном порядке госпитализированы 17 (12%) пациента с клиникой почечной колики. Впервые диагноз мочекаменной болезни был установлен у 106 (75,5%) госпитализированных, рецидив заболевания выявлен в 40% (250) случаях. Двухсторонние камни определялись у 15% пациентов. Множественные конкременты встречались у 8% пациентов.

Дистанционная литотрипсия произведена в 30,7% (43) случаях. Перекутанная нефролитотрипсия применялась у 62,8% (88) пациентов. Остальные конкременты в удалены во время открытых операций – 6,4% (9) случаев.

В тестовой выборке пациентов нейросетевая программа правильно выбрала методику лечения в 88% случаях: 7 пациентов из группы ДУВЛ были перенесены нейросетью в группу пациентов которым показано выполнение ПНЛЛ. Анализ историй данных пациентов показал, что у 4 больных сеансы ДУВЛ оказались неэффективными, а в 2 случаях удовлетворительная фрагментация конкрементов происходила лишь на четвертом сеансе дробления. В одном случае после фрагментации камня нами отмечалось образование «каменной дорожки», что потребовало проведения уретероскопии, литоэкстракции.

Обострение калькулезного пиелонефрита было предсказано у 2 больных из 4 из группы ДУВЛ, и у 8 пациентов из 9 в группе ПНЛЛ, геморрагические осложнения в группе ПНЛЛ – у 7 больных из 8, обострение инфекции мочевых путей – у 17 больных из 21. В результате, специфичность созданных нейросетевых программ составила 83,7%, а чувствительность – 88%.

Оценка эффективности реализации методики нейросетевого оценивания при дистанционной ударно-волновойя литотрипсии

Для оценки клинической эффективности реализации рекомендаций экспертной системы по выбору лечебной тактики при мочекаменной болезни проведено проспективное исследование. Из 150 пациентов рандомизацией сформировано две группы по 75 человек.

В первой группе пациенты получали лечение согласно рекомендациям лечащих врачей. Во второй группе тактика лечения выбиралась, учитывая рекомендации по результатам нейросетевого анализа. В целях выбора лечебной тактики в каждом случае применялись уже созданные и обученные нейросети. Обе группы пациентов имели сходный возрастной состав, распределение локализации и размеров камней.

Как видно на рисунке 2, частота выполнения операций статистически значимо не различались в исследуемых группах. При этом применение рекомендаций нейростевой системы позволило сократить количество пиелолитотомий и перкутанных вмешательств во второй группе. За счет большего количества инверсий лечебной тактики количество хирургических манипуляций, приходящих на одного больного, было выше в 1-й группе.

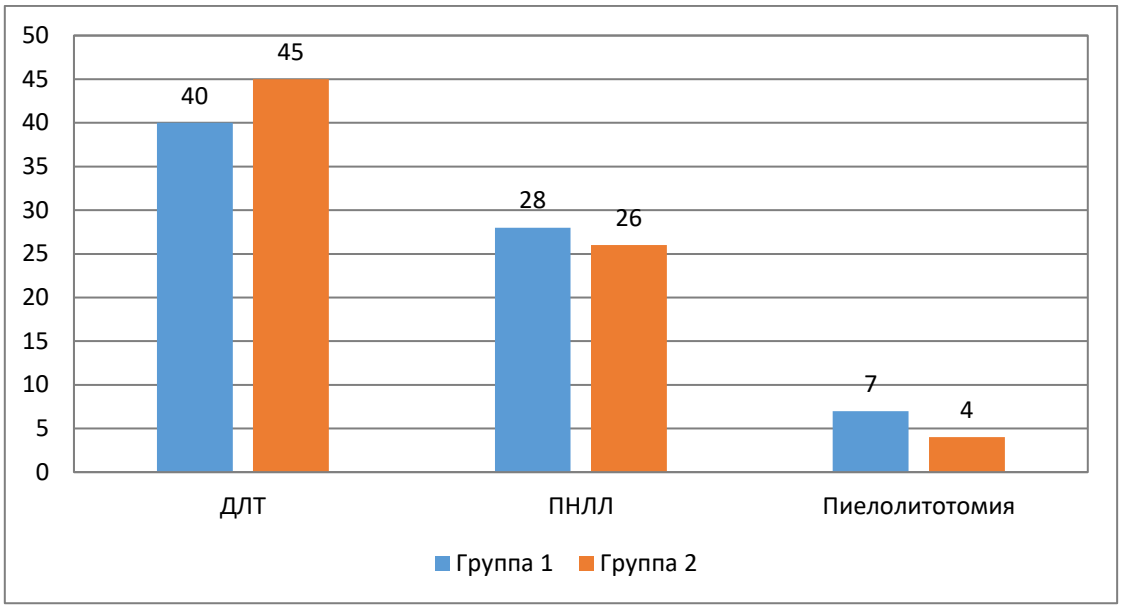

Рисунок 2 – Структура методов хирургического лечения в группах пациентов с МКБ

Дистанционная ударно-волновая литотрипсия выполнена 40 (53,3%) больным 1-й группы. Среднее количество сеансов составило 1,8. Резидуальные фрагменты остались на момент выписки у 12 (30%) пациентов: у 4 в почке, у 8 в нижней трети мочеточника («каменная дорожка»). Из-за отсутствия фрагментации конкремента после двух сеансов ДУВЛ инверсия лечебной тактики потребовалась в 10 случаях – всем пациентам выполнена перкутанная нефролитолапаксия. В 4 случаях развилась клиника острого пиелонефрита, что потребовало выполнения катетеризации почки и последующей терапии на катетере. Таким образом, эффективность ДУВЛ в 1-й группе составила 75% (рисунок 3).

Во 2-й группе ДУВЛ выполнена 45 (60%) больным. Среднее количество сеансов составило 1,4. Резидуальные фрагменты на момент выписки остались у 7 (15,6%) пациентов: у 4 в почке, у 3 в нижней трети мочеточника («каменная дорожка»). Инверсия потребовалась в 4 случаях – выполнена перкутанная нефролитолапаксия. Эффективность ДУВЛ во 2-й группе составила 91,1%.

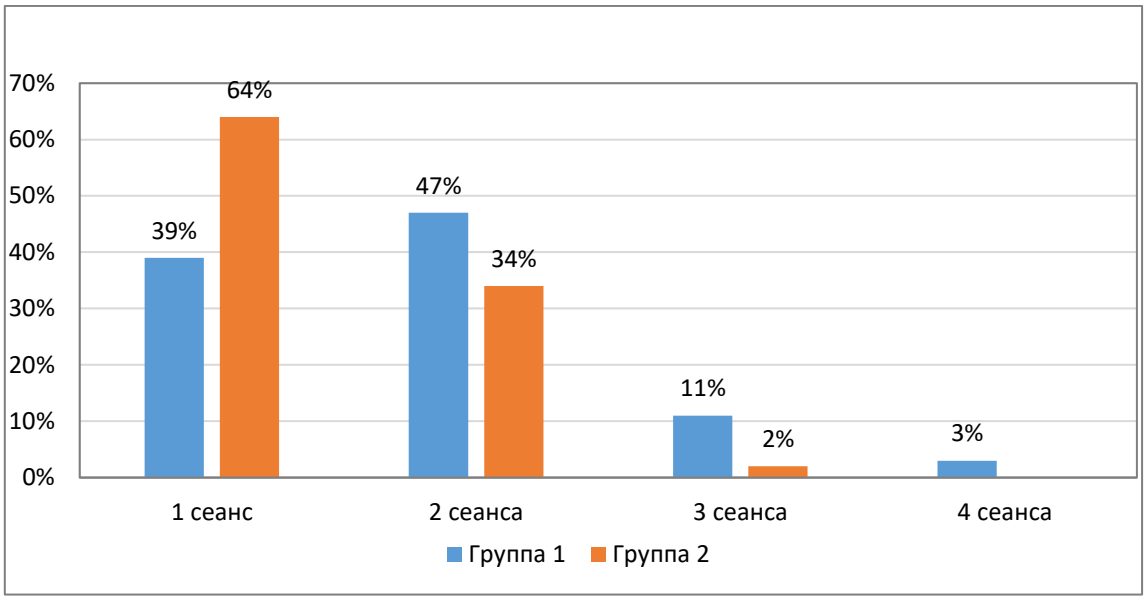

Рисунок 3 – Распределение пациентов в группах по количеству сеансов ДУВЛ

Показатели эффективности ДУВЛ в группах сравнения статистически значимо различались: во 2-й группе эффективность была выше за счет большего количества фрагментаций камня, при меньших энергетических затратах (среднее количество сеансов меньше на 0,4). По этой причине реже происходила инверсия лечебной тактики, меньше пациентов выписывалось с резидуальными фрагментами.

Усовершенствование тактики лечения за счет применения нейросетевых алгоритмов привело к снижению сроков госпитализации, а также к улучшению показателей качества лечения в целом. Низкая эффективность ДУВЛ, как изначально выбранного метода оперативного лечения, обусловила изменение лечебной тактики у 25% пациентов 1-й группы и лишь у 8,9% пациентов 2-й группы.

Как видно из таблицы 1, применение рекомендаций нейросетевых алгоритмов приводит к значительному повышению качества оказания медицинской помощи пациентам с МКБ. Используя данные алгоритмы, нам удалось добиться снижения сроков госпитализации, инверсий тактики лечения, уменьшения количества взаимодополняемых манипуляций, снижения повторных

госпитализаций, частоты развития воспалительных осложнений и количества резидуальных фрагментов после ДУВЛ.

Таблица 1 – Показатели качества лечения пациентов с МКБ в группах сравнения

Показатель качества лечения (p<0,01)	1-я группа	2-я группа
Эффективность ДУВЛ	75%	91,1%
Среднее количество сеансов ДУВЛ	1,8	1,4
Количество открытых операций	7 (9,3%)	4 (5,3%)
Частота инверсий лечебной тактики	10 (13,3%)	4 (5,3%)
Частота острого пиелонефрита	22 (29,3%)	9 (12%)
Количество пациентов, выписанных с резидуальными фрагментами	12 (16%)	7 (9,3%)
Средний койко-день	10,6±1,8	7,4±1,1
Повторные госпитализации	16 (21,3%)	7 (9,3%)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, определены диагностические критерии, влияющие на выбор метода лечения при МКБ. Визуализация конкремента по данным обзорной урографии при ПНЛЛ имеет сравнимо меньшее значение, чем при ДУВЛ. Такие параметры, как количество камней на стороне поражения, четкость контуров конкремента по данным обзорной урографии, а также состояние нижележащего отдела мочеточника имеют определяющее значение при выборе программой метода ДУВЛ, в сравнении с такими же параметрами при ПНЛЛ. Показана возможность применения методики нейросетевого прогнозирования на предоперационном этапе лечебно-диагностического процесса у пациентов с камнями почек. Представленная методика может помочь практикующему врачу-урологу принимать решение о выборе оптимального метода лечения у каждого

конкретного пациента, тем самым сводя к минимуму риск возникновения ранних послеоперационных осложнений, и вести лечебный процесс, основываясь на индивидуальных особенностях пациента, т.е. реализовывать принципы персонифицированной медицины.

ВЫВОДЫ

1. Сформировано «признаковое пространство» из параметров, влияющих на выбор хирургического лечения при нефролитиазе. Разработан нейросетевой классификатор, в котором каждому входному параметру соответствует определённая прогностическая ценность в том или ином послеоперационном исходе.

2. При помощи разработанной нейронной сети в тестовой группе пациентов верно определена тактика лечения в 88% случаях. Специфичность созданных искусственных нейронных сетей составила 83,7%, а чувствительность – 88%.

3. Создана методика по выбору метода хирургического лечения у пациентов с камнями почек. Для оценки клинической эффективности проведено проспективное исследование. В группе пациентов с использованием рекомендаций нейросетевых алгоритмов реже происходила инверсия тактики лечения, у меньшего количества пациентов мы отмечали образование «каменной дорожки» в нижней трети мочеточника. Улучшение хирургического лечения за счет применения нейросетевых алгоритмов привело к снижению количества койко-дня и к улучшению показателей качества оказания медицинской помощи в целом С помощью рекомендаций нейросетевых алгоритмов, нам удалось добиться снижения количества койко-дня, уменьшения количества взаимодополняющих мероприятий, снижения частоты повторных госпитализаций, количества инфекционно-воспалительных осложнений и снижение количества остаточных фрагментов после литотрипсии.

4. Показана возможность применения методики нейросетевых оценок, практически, на любом этапе лечебно-диагностического процесса у больных с камнями почек, как на этапе дообследования, так и в раннем послеоперационном периоде. В предоперационном периоде методика нейросетевых оценок помогает

врачу принимать решение о выборе оптимального метода лечения у каждого конкретного пациента, тем самым сводя к минимуму риск возникновения ранних послеоперационных осложнений.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Послеоперационные осложнения в хирургическом лечении мочекаменной болезни характеризуется наличием специфических факторов, характерных для геморрагических и воспалительных осложнений, позволяющих прогнозировать неблагоприятного течение послеоперационного периода.

2. Нейросетевые алгоритмы в прогнозировании развития ранних послеоперационных осложнений при нефролитиазе разработаны для персонифицированного устранения факторов риска с целью предупреждения развития осложнений в лечении заболевания.

3. Применение нейросетевых алгоритмов в профилактике осложнений раннего послеоперационного периода в лечебном процессе позволяет снизить риск развития неблагоприятного течения заболевания.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Капсаргин, Ф.П. Использование нейронных сетей в выборе метода лечения мочекаменной болезни / Ф.П. Капсаргин, **А.В. Ершов**, Л.Ф. Зуева, А.Г. Бережной, Е.А. Алексеева // Журнал «Первая краевая». – Красноярск, 2015. – Т. 58, № 5. – С. 46-47.
2. Капсаргин, Ф.П. Применение нейронных сетей в выборе метода лечения МКБ / Ф.П. Капсаргин, М.П. Мылтыгашев, **А.В. Ершов** // Материалы XV конгресса Российского Общества Урологов Урология в XXI веке. – Санкт-Петербург: РОУ, 2015. – С. 155.
3. Капсаргин, Ф.П. Применение нейронных сетей в выборе метода лечения мочекаменной болезни / Ф.П. Капсаргин, **А.В. Ершов**, Л.Ф. Зуева, М.П. Мылтыгашев, А.Г. Бережной // Омский научный вестник. – 2015. – Т. 138, № 1. – С. 68-70.
4. **Ершов, А.В.** Выбор метода и сроков дренирования при пластике пиелоуретрального сегмента на основе нейросетевого классификатора / А.В. Ершов, М.П. Мылтыгашев, Ф.П. Капсаргин, Е.А. Алексеева // Уральский медицинский журнал. – 2016. – № 5. – С. 128-130.

5. **Ершов, А.В.** Нейронные сети в выборе метода лечения МКБ / А.В. Ершов, Ф.П. Капсаргин, К.В. Симонов, А.Г. Бережной, М.П. Мылтыгашев // V Российский Конгресс по Эндоурологии и Новым Технологиям. – Ростов-на-Дону: ООО Аркол, 2016. – С. 171-172.
6. **Ершов, А.В.** Нейронные сети в оценке данных урофлоуметрограмм / А.В. Ершов, А.Г. Бережной, М.П. Мылтыгашев, С.Ю. Красноперов // Проблемы и перспективы современной науки. – Москва: Международные научные исследования, 2016. – С. 113-116.
7. **Ершов, А.В.** Экспертные системы в оценке данных урофлоуграмм / А.В. Ершов, Ф.П. Капсаргин, А.Г. Бережной, М.П. Мылтыгашев // Вестник урологии. – 2018. – Т. 6, № 3. – С. 12-16.
8. Капсаргин, Ф.П. Клиническое обоснование эффективности ДУВЛ камней почек с использованием нейронных сетей / Ф.П. Капсаргин, А.Г. Бережной, **А.В. Ершов**, Т.О. Дугаржапова // Сборник трудов XVIII конгресса Российского общества урологов и российско-китайского форума по урологии. – Екатеринбург, 2018. – С. 116-117.
9. **Ершов, А.В.** Результаты применения нейросетевых программ при прогнозировании эффективности дистанционной литотрипсии камней почек / А.В. Ершов, Ф.П. Капсаргин, А.Г. Бережной // Урологические ведомости. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 38-39.
10. **Ершов, А.В.** Создание нейростевой системы поддержки в выборе тактики лечения при мочекаменной болезни / А.В. Ершов, Ф.П. Капсаргин, А.Г. Бережной // Урологические ведомости. – 2019. – Т. 9, № 1. – С.39-40.
11. **Ершов, А.В.** Использование нейронных алгоритмов при выборе метода оперативного лечения мочекаменной болезни / А.В. Ершов, А.И. Неймарк, Ф.П. Капсаргин, А.Г. Бережной, Ю.Ю. Винник // Урология. – 2021. – № 4. – С. 47-53.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЧТВ – активированное частичное тромбопластиновое время

ДУВЛ – дистанционная ударно-волновая литотрипсии

МКБ – мочекаменная болезнь

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

ПНЛЛ – перкутанная нефолитолапаксия

ПТВ – протомбиновое время

СОЭ – скорость оседания эритроцитов

УЗИ – ультразвуковое исследование

ЧЛС – чашечно-лоханочная система

HU – единицы Хаунсфилда