

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет
имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи

ЕРШОВ

Артем Владимирович

**ВЫБОР МЕТОДА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КАМНЕЙ ПОЧЕК
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ОЦЕНОК**

3.1.13. - урология и андрология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

Неймарк Александр Израилевич

доктор медицинский наук, профессор

Красноярск – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 Актуальность, распространенность и структура мочекаменной болезни	10
1.2 Методы хирургического лечения	13
1.3 Прогнозирование в медицине и, в частности, в области урологии	19
1.4 Методы прогнозирования в медицине, основанные на использовании искусственных нейронных сетей	23
Глава 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	31
2.1 Характеристика клинических наблюдений. Общие данные	31
2.2 Общая характеристика пациентов	33
2.3 Сопутствующая урологическая патология у пациентов с камнями почек	37
2.4 Интеркуррентные заболевания у пациентов с мочекаменной болезнью	39
2.5 Результаты обследования пациентов с камнями почек	41
2.6 Дистанционная ударно-волновая литотрипсия	43
2.7 Перкутанная нефролитолапаксия.....	45
2.8 Принцип работы нейросетевой программы	47
Глава 3 МЕТОДЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КАМНЕЙ ПОЧЕК БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ	52
3.1 Выбор хирургической тактики лечения камней почек	52
3.2 Дистанционная ударно-волновая литотрипсия	53
3.3 Сравнительный анализ хирургических методов лечения камней почек	57

Глава 4 ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУПП ПАЦИЕНТОВ С МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНЬЮ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ	60
4.1 Формирование реестра пациентов	61
4.2 Определение значимости входных параметров в развитии ранних послеоперационных осложнений	74
4.3 Анализ осложнений у пациентов после перкутанной нефролитолапаксии.....	84
4.4 Анализ осложнений открытых оперативных вмешательств.....	90
4.5 Характеристика и результаты клинических наблюдений в группе тестирования	93
4.6 Оценка эффективности реализации методики нейросетевого оценивания при дистанционной ударно-волновой литотрипсии	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	105
ВЫВОДЫ	111
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	112
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	114

ВВЕДЕНИЕ

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 связано с достаточно большим возникновением остаточных фрагментов камня, увеличением количества взаимодополняющих мероприятий и возникновением послеоперационных осложнений, ведущих к неудовлетворённости пациента от отказания 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 нефролитоазом.

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 нефролитоаза.
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 данным 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 18 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 131 странице 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 негосударственного учреждения здравоохранения «Дорожная Клиническая больница на станции Красноярск» ОАО «РЖД».

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Научные положения диссертации соответствуют специальности 14.01.23 – «урология». Результаты проведенного исследования соответствуют области исследования специальности.

Глава 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Актуальность, распространенность и структура мочекаменной болезни

В эпидемиологии урологических заболеваний нефролитиаз занимает до 45%. Частота встречаемости мочекаменной болезни (МКБ) в развитых странах неуклонно увеличивается. У большинства пациентов нефролитиаз проявляется в трудоспособном возрасте, особенно в возрастной группе от 30 до 60 лет [56, 102, 136]. Возникновение серьезных, порой критических осложнений при нефролитиазе, распространенность данного заболевания у лиц трудоспособного возраста обуславливают экономическую и социальную значимость проблемы. По оценкам многих авторов, на протяжении последнего десятилетия во всем мире отмечается неуклонный рост этого заболевания, в 2014 г. число пациентов с МКБ приблизилось к 850 тыс., а абсолютный прирост заболеваемости за 12 лет составил 35% [3, 5].

За 10 лет с 2003 по 2013 гг. прирост больных впервые в жизни установленным диагнозом «МКБ» составил 17,8%: к 2003 году число больных составляло 178 417, а к 2013 году данный показатель составлял уже 210 119. По данным Департамента мониторинга Минздрава РФ, количество больных с мочекаменной болезнью в 2015 году продолжало расти и на конец отчетного периода составило 857 701 человек, число больных с диагнозом «МКБ» на 100 тыс. населения увеличилось до 586,4. [14]. Абсолютное количество зарегистрированных пациентов с нефролитиазом в РФ на период 2002-2012 гг. увеличилось на 158 102 человек [6]. По сравнению с 2002 годом прирост пациентов с нефролитиазом составил порядка 25,1%. Максимальная частота встречаемости мочекаменной болезни за этот период была зафиксирована в Дальневосточном федеральном округе (рост с 529,9 до 604,3).

Эндемичными зонами высокой распространенности МКБ на территории России при оценке числа случаев на 100 000 населения остаются: Алтайский край (1234,7), Ненецкий АО (989,7), Амурская область (939,1), Новгородская область (926,9).

Результаты большинства исследований позволяет сделать заключение, что нефролитиаз многофакторная патология [27, 98, 117, 135].

Высокая частота рецидивов является одной из самых серьезных проблем нефролитиаза. В течение 5 лет после удаления конкремента у половины пациентов отмечаются рецидивы заболевания, зависящие от формы камнеобразования, а также методики элиминации конкремента. Уже в течении года после оперативного лечения при отсутствии метафилактики встречаются до 10% всех рецидивов [13, 26, 161]. Некоторые авторы указывают, что риск рецидива нефролитиаза может составить до 90% в течение первых 10 лет после оперативного лечения [157]. Доказано, что 25 до 75 процентов с впервые в жизни диагностированным уролитиазом мочевой системы пациентов в течение последующих 10-20 лет могут получить рецидив заболевания [20, 61, 156]. При этом степень метаболических нарушений по результатам лабораторных исследований у данной группы пациентов мало отличается от характера подобных нарушений у пациентов с длительным течением мочекаменной болезни и частыми рецидивами заболевания [103]. Вышеуказанное определяет достаточно высокую актуальность проблем, связанных с диагностикой и лечении мочекаменной болезни [40, 123]. В настоящее время разработана номограмма «ROKS» для расчета риска рецидивов первого эпизода мочекаменной болезни. База данных для программы построена на пациентах из реестра «Rochester Epidemiology Project» проходивших лечение за период с 1984 по 2003гг. Анализ данных номограмм, позволил установить – рецидив после первого эпизода литогенеза встречается в течение 2 лет с частотой до 11%, в течение 5 лет – до 20%, в течение 10 лет – до 31%, и в течение 15 – до 39% [157, 164].

Особо следует отметить, что методы элиминации конкрементов, какой бы эффективностью они не обладали, в полной мере не убирают проблему рецидива камнеобразования, а порой даже добавляют факторы ухудшающие дальнейшее

течение мочекаменной болезни [15, 85, 125, 137, 146, 153]. По наблюдениям О.Л. Тиктинского (2010) само оперативное вмешательство с целью элиминации конкрементов повышает риск рецидива камнеобразования до 80%. Если говорить о традиционных открытых операциях – у 26% пациентов они приносят дополнительные факторы для образования рецидивов. В течении следующих четырех лет после проведения дистанционной литотрипсии вероятность рецидива нефролитиаза так же остается высокой и составляет до 42%. Представленные примеры показывают, что после удаления конкремента любым способом причина, его вызывающая, не исчезает. Немаловажную роль в рецидивировании играют также резидуальные камни. Как отмечают [14, 58] остаточные фрагменты могут быть причиной рецидива образования камней (ложный уролитиаз), который на протяжении от 2 до 10 лет отмечается у 26-65% пациентов. Метафилактика часто бывает не эффективной, а рецидивы у данной группы пациентов встречаются в 34% случаев [114, 119, 149, 160]. В исследовании Taguchi (2019), посвященном динамическому наблюдению за пациентами после эндоскопического удаления камня, показано что вероятность рецидива камнеобразования при условии «Stone Free Rate» в течение последующих 3 лет составляла около 15%, а в случае выявления резидуальных фрагментов камня вероятность рецидива достигала 80%. В исследовании, продолжавшемся в течение 5,5 лет, охватившем наблюдение за 129 пациентами после проведенной перкутанной нефролитолапаксии, выявлена характерная закономерность – в 30-33% случаев возникала потребность в проведении повторной операции у больных с резидуальными фрагментами более 2 мм в диаметре, однако, у больных без остаточных камней она была минимальной и составляла 4%. Это исследование подчеркивает важность достижения «Stone Free Rate» (SFR), как одного из основных факторов борьбы с рецидивом камнеобразования [126, 166]. Таким образом, наблюдается рост числа рецидивов мочекаменной болезни, прямо или косвенно связанных с предыдущими операциями на мочевых путях.

1.2 Методы хирургического лечения

Анализ научных работ указывает на то, что на сегодняшний момент консервативная тактика в лечении пациентов с ранее диагностированными конкрементами зачастую оказывается неэффективной. Множество авторов указывают на проведение малоинвазивных оперативных вмешательств, показания к которым определяются строго индивидуально, учитывая результаты комплексного обследования каждого пациента [56, 87, 82]. Консервативное лечение в данном случае направлено только лишь на коррекцию воспалительных и метаболических изменений и подготовке больного к оперативному лечению с целью элиминации конкрементов.

Вопрос о выборе методики удаления конкремента остается открытым по настоящее время. При выборе хирургического пособия необходимо учитывать следующие данные: расположение и размеры конкремента, его рентгенологическую плотность конкремента, имеющиеся аномалии развития верхних мочевых путей, инвазивность метода и многие другие [130, 141]. Выбор метода хирургического лечения для каждого пациента является сложным процессом, требующим от врача учета большого количества данных.

До конца 1970-х годов основным методом лечения пациентов с нефролитиазом были открытые операции. Поскольку «традиционный» хирургический доступ связан с большим повреждением здоровых тканей, люмботомия в подавляющем большинстве случаев превышала травматичность основного этапа операции. Процент тяжелых послеоперационных осложнений у больных МКБ увеличивался прямо пропорционально количеству оперативных вмешательств. Особенностью современного этапа в развитии различных методик оперативного лечения нефролитиаза является тенденция к сокращению количества открытых операций и увеличение доли экстракорпоральных, лапароскопических и эндоурологических вмешательств. По литературным данным, на долю традиционных открытых вмешательств по поводу МКБ в настоящий момент приходится только 2% всех операций [52, 56, 68, 84].

Значительным прорывом в лечении МКБ стала разработка и внедрение в клиническую практику методики дистанционной ударно-волновой литотрипсии (ДУВЛ). После первой литотрипсии, которая была выполнена в Москве в 1987 году, этот метод стал своеобразным «золотым стандартом» в лечебном процессе при локализации камней в почках и в верхней трети мочеточника [24, 26, 70]. Применение литотрипсии позволяет быстро восстанавливать уродинамику и устранить почечную колику, что, в свою очередь, является профилактикой обтурационных осложнений при нефролитиазе [26, 55, 62, 165].

Благодаря внедрению в практику ДУВЛ сократилось количество традиционных открытых операций при небольших конкрементах почек и верхней трети мочеточника. Экстракорпоральная литотрипсия является методом выбора при фрагментации конкрементов почки диаметром до 2,0 см, или нескольких конкрементов диаметром до 0,5 см без нарушения уродинамики. Эффективность дистанционной литотрипсии при размере камня до 2,0 см объясняется параметрами современных литотриптеров, а именно диаметром «рабочего фокуса» (от 1,2 до 1,8 см). Именно использование ДУВЛ позволило увеличить число эффективно излеченных больных среди лиц старческого и пожилого возраста, имеющих тяжелые интеркуррентные заболевания [16, 43].

Тем не менее, применение ДУВЛ не всегда приводит к удовлетворительным результатам. Кроме размеров камней, необходимо рассматривать и их расположение в чашечно-лоханочной системе. Многие авторы отмечают низкую эффективность при дроблении камней, расположенных в нижней группе чашечек, в основном из-за затрудненного отхождения большого количества остаточных фрагментов [158]. Далек не всегда удаётся разрушить камень во время первой сессии дробления. Чаще всего приходится прибегать ко второй, а иногда и к третьей, и четвертой сессии литотрипсии [45]. По данным многих авторов, особенность структуры и состава мочевых конкрементов во многом определяют эффективность дробления. Без знания данных параметров весьма затруднительно добиться значительных результатов при фрагментации камней. В.Н. Степанов в 1992 году предположил, что основное значение для эффективности ДУВЛ имеют

не размер и локализация конкремента, а его строение и состав. Предполагается, что от химического состава конкремента зависят его прочность и плотность. Понятие «плотность камня» выражается в количестве единиц Хаунсфилда (HU) [122]. В большинстве случаев на основании рентгенологических признаков конкремента можно спрогнозировать результаты ДУВЛ [97, 155]. Так, рядом исследователей установлено, что при плотности камня более 900 HU, результаты ДУВЛ будут неутешительными, поэтому предпочтительнее выбирать метод перкутанной нефролитотомии [50, 132, 147, 152].

В 2001 году было проведено проспективное мультицентровое сравнительное исследование методов ПНЛЛ и ДУВЛ конкрементов размерами более 1 см с локализацией в нижней группе чашечек [100]. Результаты исследования показали, что полная элиминация конкремента с помощью ПНЛЛ достигала 95%, когда при выполнении ДУВЛ состояние «stone free» достигалось только в 37% случаев. При уменьшении размеров конкрементов менее 1 см успешность ПНЛЛ составила уже 100%. Напротив, с увеличением размеров конкремента более 1-2 см эффективность фрагментации снижалась до 93%. При размерах конкремента более 2 см снижалась еще ниже и составляла 86%. Подобная, но более удручающая картина характерна для ДУВЛ, при этом в зависимости от размеров конкрементов успешность составляла 63%, 23% и 14% соответственно. Следует отметить, что ДУВЛ при довольно высоком уровне радикальности вмешательства имеет и более высокие риски послеоперационных осложнений, проявляющихся в виде миграции конкрементов обратно в почку (в случае дробления камней мочеточника) и активации мочевой инфекции [38]. Установлено, что применение ДУВЛ при так называемых «вколоченных» камнях мочеточника, а также использование ее в качестве единственного метода с целью фрагментации крупных и коралловидных конкрементов, хоть и не являются противопоказанием, но в то же время не считается оптимальным методом лечения. Чаще всего данный метод применяется для фрагментации оставшихся фрагментов после перкутанной нефролитотомии крупных конкрементов [32, 51, 68, 115]. Это обусловлено несколькими факторами: во-первых, эффективная дезинтеграция крупных конкрементов

подразумевает гораздо большее количество импульсов, но при этом повышается опасность травматизации почечной паренхимы; во-вторых, дробление крупных конкрементов приводит к образованию большого количества разноразмерных фрагментов, тем самым повышая риск обструкции проксимального отдела мочеточника; в-третьих, в результате дезинтеграции крупных и коралловидных камней высвобождаются бактерии, способные проникать в сосудистое русло паренхимы почки и вызвать инфекционно-воспалительные осложнения. Поэтому, даже несмотря на назначение противомикробных препаратов, специалисту следует ожидать обострение калькулёзного пиелонефрита [39, 71, 142]. Камни крупных размеров и формы требуют либо применения других методов лечения, либо комбинированного лечения – сочетания ДУВЛ с предстентированием мочеточника перед сессией дробления, а также проведения повторных сеансов литотрипсии [53, 70]. По данным Ю.Г. Аляева (2010) полное отхождение резидуальных фрагментов конкремента после ДУВЛ к моменту выписки отмечается лишь у 28,1% пациентов.

В выборе метода ДУВЛ важным является индекс массы тела пациента (ИМТ), поскольку от степени ожирения зависит расстояние от поверхности кожи до камня [156]. Известно, что при увеличении данного расстояния более 9 см эффективность ДУВЛ в значительной мере снижается и составляет только 57% [109, 134]. Таким образом тип телосложения пациента может серьезно повлиять на выбор тактики лечения. С увеличением массы тела предпочтительными оказываются малоинвазивные методики удаления камней [150].

Методика ДУВЛ имеет целый ряд осложнений, самые грозные из которых – это повреждение паренхимы почки с образованием субкапсулярных гематом во время сеанса дробления, обострение хронического пиелонефрита и обструкция проксимальных мочевых путей крупными фрагментами разрушенного камня, образование «каменной дорожки» [21, 95]. По данным литературы описаны случаи перфорации кишки, а также возникновение паранефрального абсцесса [44]. Эти осложнения значительно снижают эффективность ДУВЛ у больных с нефролитиазом [3]. Более того, при отсутствии эффекта при повторных сессиях, приходится прибегать к инверсии тактики лечения в сторону инвазивных методик,

выполняемых на условном воспалении после проведенных сеансов ДУВЛ. Во время дробления у всех без исключения пациентов происходит повреждение почечной паренхимы. У 21% пациентов после дробления происходит обструкция мочеточника фрагментами конкремента. Склеротические изменения паренхимы почек после ДУВЛ встречаются у 63-74% больных [23, 96].

Перекутанная нефролитолапсия (ПНЛЛ) как методика удаления конкрементов почек возникла в 1953 г., когда Y. Goodwin впервые произвел перкутанную пункционную нефростомию, которая по сути является первым шагом при проведении перкутанной нефролитотрипсии. В настоящий момент нефролитолапсия является рутинной операцией для урологических отделений [115]. ПНЛЛ является методом выбора при удалении крупных и коралловидных конкрементов почек и служит «золотым стандартом» удаления крупных и коралловидных камней, особенно у пациентов с сопутствующей патологией, у которых открытая операция невозможна [31, 39, 80]. Полное удаление конкремента при ПНЛЛ не зависит ни от размеров конкремента, ни от его расположения [118, 131, 144]. В то же время, инвазивность перкутанной хирургии, связанная с формированием рабочего нефростомического канала, сопряженная с травмой почки, а, следовательно, и высоким риском развития кровотечения, остается весьма проблемной [138]. При нефролапсии потребность в переливании крови достигает до 12,5%, а на эмболизацию сосудов по поводу кровотечения, возникающего из артериовенозной фистулы, приходится до 3% случаев [44, 107].

Одним из методов уменьшения риска возникновения интраоперационного кровотечения, является уменьшение диаметра «рабочего хода» за счет уменьшения размера инструмента [88, 107]. В 1997 году М. Хелал и соавторы [121] предложили методику мини-перкутанной нефролитотрипсии. Впервые данная методика была применена у детей Вудсайдом в 1985 году и почти сразу же стала использоваться у взрослых пациентов. С тех пор метод мини-перкутанной нефролитотрипсии стал стандартным подходом в удалении конкрементов у пациентов, которым показано оперативное вмешательство. D.Y. Chan et al. (2000) использовали уретероскоп Ch 13 для мини-перкутанной нефролапсии. При этом ими было отмечено

значительное уменьшение количества осложнений, а также сроков госпитализации и потребности пациентов в обезболивающих средствах. Высокую эффективность (до 86,2%) в лечении мочекаменной болезни при использовании «мини-ПЕРК» показали Д.С. Меринов и соавт. (2013). В раннем послеоперационном периоде частота макрогематурии (11,1%) и гипертермии (13,8%) была минимальной, а количество резидуальных фрагментов не превышало 13,8%. А. Sakr et al. (2018) провели сравнительное исследование мини-перкутанной нефролитолапаксии, стандартной и перкутанной нефролитолапаксии при удалении почечных камней размером 2-3 см. Цель научной работы состояла в оценке эффективности и безопасности мини-ПНЛЛ по сравнению со стандартной ПНЛЛ при удалении почечных камней размером 2-3 см, когда пациент находился в положении только на спине без поворота набок. Частота интраоперационных кровотечений при которых требовалось переливание крови, были на порядок ниже в группе мини-ПНЛЛ. Однако, показатель «stone free rate» (SFR) был выше в группе стандартной ПНЛЛ, 97,1% и 95,4% соответственно (хотя, данное различие не было статистически значимым). Мини-ПНЛЛ эффективна для удаления почечных камней и сопоставима со стандартной ПНЛЛ по времени проведения оперативного лечения и наркоза, а также по показателю SFR, но при этом метод мини-ПНЛЛ более безопасен из-за меньшей частоты возникновения интраоперационных кровотечений и среднему снижению уровня гемоглобина.

Завершая раздел, необходимо отметить, что массовое внедрение в клиническую практику современных методов элиминации конкрементов, таких как ДУВЛ, фиброуретеропиелоскопия и перкутанные операции, и их комбинации позволяют в значительной степени повысить эффективность терапии, снизить риск развития ранних послеоперационных осложнений, а также в значительной мере улучшить качество лечения пациентов. Однако, проблема выбора тактики лечения при каждом конкретном случае до сих пор остается дискуссионной.

1.3 Прогнозирование в медицине и, в частности, в области урологии

Не менее важна и проблема предвидения исхода заболеваний в результате лечения, она обусловила возникновение самостоятельного направления в клинической медицине, занимающегося прогнозированием исхода заболеваний, поскольку оно позволяет предугадывать развитие ситуации у каждого пациента и уже на ранних этапах лечения предпринимать соответствующие меры. Думается, что прогнозирование является наиболее актуальной задачей врачебной деятельности. Ещё в XIX веке впервые было доказано, что применение математических методов статистики способствует достижению точности получаемых результатов.

Современными исследованиями подтверждено – применение информационных технологий позволяет прогнозировать эффективность терапии в зависимости от персональных особенностей больного [17, 42, 79, 89, 163].

Необходимость использования прикладных компьютерных методик признается на международном уровне. В 2005 году ВОЗ приняла резолюцию, получившую обозначение WHA 58.28. В ней отмечается потенциальное значение информационных технологий для медицинских исследований и клинической медицины в целом, а также подчеркивается важность разработки новых методов диагностики и прогнозирования в здравоохранении.

Прогнозирование тесно связано с такими разделами медицины как хирургия [33, 42], онкология [47], офтальмология [25, 37], неврология [10, 78, 83, 162], кардиология [82], пульмонология [49, 112] и лабораторная диагностика [106]. Для реализации прогнозирования в медицине на сегодняшний день используются следующие методы математического анализа: метод квадратов, дискриминантный анализ, статистические методики, корреляционно-регрессионный анализ, метод вариационных рядов, математическое моделирование, методы с использованием нечеткой логики и нейронные сети.

Ещё в 1941 году Я.Я. Кальф-Калиф предложил применять для прогнозирования динамики осложнений гнойно-воспалительных заболеваний формулу так называемого лейкоцитарного индекса интоксикации [11]:

$$ЛИИ = (2 \times П + С) / ((Мо + Л) \times Э + 1), \quad (1)$$

где $П$ – палочкоядерные нейтрофилы;

$С$ – сегментоядерные нейтрофилы;

$Мо$ – моноциты;

$Ли$ – лимфоциты;

$Э$ – эозинофилы.

Позже, в усовершенствованной В.К. Островским (1983) формуле ЛИИ была предложена фиксация числа следующих клеточных элементов периферической крови: миелоцитов, метамиелоцитов, эозинофилов и базофилов:

$$ЛИИ = (ПК + Ми + Ю + П + С) / (Л + Мо + Э + Б), \quad (2)$$

Первые попытки прогнозирования результатов лечения в онкологии приставлены в номограммах Катана и таблицах Партина (1993). Данные модели служат для прогноза патоморфологического заключения, являясь номограммами на основе анализа большого количества критериев. Эти модели были разработаны на больших совокупностях онкологических данных, однако достоверность прогноза не превышает 50-70%. Основной недостаток подобных прогностических моделей заключается в зависимости их от структуры популяции и размеров выборки больных. Применение данных методик для анализа других популяций и выборок приводило к снижению их прогностической ценности [90, 120].

Дискриминантный анализ также используется для прогноза в медицине, который позволяет оценивать различные данные между группами по нескольким признакам одновременно [99].

В 2007 году [81] была спроектирована математическая модель для оценки тяжести и прогнозирования течения пневмонии. С помощью дискриминантного анализа выявлены 10 наиболее информативных критериев, которые определяли

тяжесть течения воспаления. В предложенную модель включили также лабораторные показатели, которые позволяли проводить раннюю диагностику и быструю коррекцию терапии внебольничной пневмонии. Разработанная прогностическая модель анализа довольно высокой результативностью, достигавшей до 88,3%, а также высоким совпадением прогнозируемого исхода течения пневмонии с эталонными результатами. При этом авторы отмечали совпадение результатов лечения в 82,1% от анализируемых случаев.

А.А. Капшитарь (2011) использовал дискриминантный анализ Фишера для математического моделирования исходов лечения пациентов при закрытой травме печени.

В прогнозировании также используется метод регрессии. Методика представляет собой анализ отношений между данными, а также оценки того, как эти критерии вместе влияют на получение определенного результата.

С помощью методики многомерного корреляционно-регрессионного анализа Е.А. Бересневой (2004) удалось установить неблагоприятные прогностические факторы прогрессирования ХПН у детей. Метод подтвердил связь возраста начала заболевания, с уровнем протеинурии, установленном по общему анализу мочи, уровнем суточной протеинурии и артериальной гипертензией. Е.С. Завьялова (2010) разработала систему на основе регрессионного анализа, позволяющую получать дополнительную прогностическую информацию о течении переходноклеточного рака мочевого пузыря.

А.К. Цэндин (2004), используя корреляционный анализ данных инфракрасной спектроскопии, рентгеновской дифрактометрии и поляризационной микроскопии, определил показатели характерные для относительной плотности мочевых конкрементов, имеющих определенный минеральный состав. Результаты его работы свидетельствуют в пользу представления о том, что эффективность как дистанционной литотрипсии, так и контактной литотрипсии зависит от физико-химических свойств уrolитов. Оказалось, что камни, состоящие из вевеллита или гидроксилapatита, хуже поддаются разрушению.

Н.К. Гаджиевым и Х.Н. Байрамовым (2017) разработана достаточно простая система прогнозирования исхода перкутанной нефролитолапаксии в рутинной практике врача-уролога при помощи так называемой системы ACS, состоящей из трех показателей таких как: наличие конкремента в чашечке, отходящей под острым углом ($Acute\ angle \leq 45^\circ$); наличие конкремента в длинной (более 10 мм) чашечке с узким перешейком (менее 8 мм), обозначенным как «осложненная чашечка» (Complicated calyx). Размер (Size) камня более 23,5мм. Наличие одного из критериев обозначается как 1 балл. Таким образом при суммарном балле ACS 0 вероятность полного удаления конкремента при перкутанной нефролитолапаксии составляет 91%. Напротив, при балле равном 3, вероятность достижения состояния «stone free rate» составляет не более 10%.

Н.Н. Поповкиным (1992) разработан математический алгоритм, применяющийся в диагностике различных форм мочекаменной болезни. Также разработана компьютерная консультативная система выбора консервативных методов метафилактики нефролитиаза; методика прогнозирования эффективности консервативного лечения больных с доброкачественной гиперплазией предстательной железы (ДГПЖ); алгоритмы, применяемые в выборе оптимального хирургического лечения пациентов с раком почки.

Н.Т. Березуцким (1995) предложен автоматизированный подход к процедуре тестирования состояния пациентов с симптомами нижних мочевых путей (СНМП), разработана модель отбора и лечения данной группы больных, компьютерный мониторинг ранних и отдаленных результатов хирургического лечения ДГПЖ.

А.Г. Коцарь, С.П. Серегин (2013) на основе использования системы нечеткой логики, разработали систему поддержки принятия решений по прогнозированию и управлению профилактическими мероприятиями при МКБ с использованием аппарата нечеткой логики принятия решений. На основе сравнения полученных данных с предельными коэффициентами уверенности производилась дефазификация вывода, то есть используя результаты всех выходных переменных, получить стандартное количественное значение. В соответствии с полученными

данными разработан алгоритм управления профилактическими мероприятиями при МКБ.

Несмотря на огромную помощь различных математических методов, многие авторы признают невысокую специфичность и достоверность данных методик при прогнозировании в медицине. К сожалению, большинство задач в лечебно-диагностическом процессе отличаются нелинейностью и не могут решаться при помощи стандартных методов прогнозирования.

1.4 Методы прогнозирования в медицине, основанные на использовании искусственных нейронных сетей

Большинство задач в лечебно-диагностическом процессе в медицине, в том числе и в урологии, являются трудно формализуемыми, оперирующими с нечеткими множествами, порой не имеющими стандартными алгоритмами решения [30, 54, 65]. Специалисту важно предусмотреть всевозможные варианты исхода заболевания, а также спрогнозировать, как может изменяться состояние больного в течение всего процесса лечения. При этом трудно не только учесть, но даже перечислить все параметры, закономерности и условия, определяющие развитие заболевания в каждом конкретном случае. В этом и заключается основная сложность прогнозирования в медицине, когда значительная часть полученной информации требует субъективной интерпретации врача, основанной, главным образом, на его собственных знаниях и опыте. В качестве иллюстрации демонстративного примера приведем результаты диагностики инфаркта миокарда. Обычно врач правильно диагностирует его только примерно у 80% больных. В тоже время согласно данным В. Бакста (1990) нейросеть, применяемая в аналогичных целях и использующая всего 20 параметров продемонстрировала куда более высокую точность в 92% случаях, а ложные сигналы выдавала лишь в 4%

случаев, ошибочно подтверждая госпитализацию пациентов без инфаркта в отделение кардиологии.

Интерес к изучению нейросетевых программ для решения медицинских клинических задач возник в начале 90-х годов двадцатого века [8, 18, 54]. Сам принцип организации искусственных нейронных сетей родился из исследований в области искусственного интеллекта, а конкретно из попыток воспроизведения главной способности центральной нервной системы к самообучению и исправлению ошибок, путем моделирования простейшей структуры мозга [93]. Главное отличие от стандартных математических методик – это возможность обучения нейросетей, которое заключается в выявлении весовых коэффициентов значимости нейронов и настройки связей между ними [19]. Система нейросетевых оценок может самостоятельно выделять скрытые закономерности между входящей информацией и выходными данными, обобщать их, либо наоборот, исключать ненужные параметры из процесса обучения. Еще одна особенной нейронных сетей заключается в том, что они успешно могут применяться даже при дефиците информации, когда единственным источником является стандартная выборка, состоящая из небольшого объема данных. Однако, значение этих критериев на установку диагноза либо выбора тактики лечения довольно высоко. Экспертные системы позволяют обратиться к нейросетевой программе за консультацией в трудных клинических ситуациях. При этом система не заменяет врача, а придает ему больше уверенности, выступая в роли консультанта в сомнительных диагностических случаях [48, 73, 74].

Также следует отметить преимущества искусственный нейросетевых программ [151]. Во-первых, это простота в их использовании. Пользователь выбирает входные параметры, затем запускает алгоритм обучения нейронной сети, которая воспринимает структуру вводных данных в автоматическом режиме. Тем не менее, от пользователя требуется набор минимальных эвристических знаний о том, как следует отбирать и подготавливать клинические данные для ввода в программу, выбирать нужную архитектуру нейронной сети и (самое главное) интерпретировать полученные результаты [2, 34]. Во-вторых, нейросетевая

экспертная система отличается стабильностью работы, и её функционирование не зависит от настроения пользователя. Очень часто от различных субъективных причин зависят ошибки в диагностике и прогнозировании. Главное в данном моменте как ни странно, так это исключение так называемого «человеческого фактора» [113]. На работоспособность и эффективность доктора влияет множество критериев: самочувствие врача в данный момент времени, условия труда, возможные проблемы и конфликты на работе, абьюзивные отношения в семье, материальное положение [7, 76].

В-третьих, нейросетевая модель при использовании принципа самообучения способна решать задачи современной клинической медицины, в которых присутствуют скрытые закономерности развития событий и отсутствуют явные зависимости между входными и выходными параметрами [1, 66, 106]. Наконец, вывод нейронной сети, не является императивным, позволяет специалисту критически оценивать ответ [72].

Применение в медицине нейросетевых компьютерных программ началось в начале 90-х годов XX века, главным образом, за рубежом [111, 124, 140, 143, 145]. В нашей стране нейронные сети начали применять только во второй половине 90-х годов. В.Г. Щетинкин с соавторами в 1998 году впервые применили нейросетевые программы, работающие в условиях неполной информации. Авторами показано, что отсутствие необходимых данных приводит к тому, что предынфарктное состояние не распознается в 94% случаев острых инфарктов, а латентный ревматизм у детей подтверждается только в 62% случаев.

Нейронные сети также могут выполнять функции секретаря, управляя большим базами данных историй болезней пациентов медицинских ЛПУ. В частности, программа от Zebra Medical Vision позволяет самостоятельно анализировать рентгенологические изображения пульмонологических отделений больниц. Искусственная нейронная сеть выявляет на снимках детали, выделяя даже незаметные для человеческого глаза, которые доктор мог бы пропустить, и помогает диагностировать проблему [46].

На основе нейронных сетей компанией «НейроПроект» [59] создана программа объективной диагностики слуха у грудных детей. При стандартной

диагностике для определения качества слуха у ребенка опытному аудиологу необходимо провести множество тестов, что по времени занимает около часа. С той же достоверностью нейросетевая система способна определить уровень слуха по гораздо меньшим наблюдениям в течение нескольких минут, и это без участия врача-эксперта.

Группа специалистов (Rajpurkar P., Irvin J., Bagul A. et al.) из Стэнфордского университета в 2018 году завершила работу над одним из самых крупных проектов в распознавании изображений. MURA: Large Dataset for Abnormality Detection in Musculoskeletal Radiographs. Это база данных, включающая в себя более 40 000 рентгеновских снимков с разметкой радиобиологов. Благодаря системе MURA врачи смогли обучить нейросетевую программу распознавать травмы конечностей.

Одно из главных преимуществ нейросети перед врачом заключается в непредвзятости. Известно большое количество случаев, когда врач-рентгенолог, замечая признаки одного заболевания, игнорирует признаки остальных. Данное явление называется «satisfaction of search» (удовлетворение поиска) и достаточно часто встречается в параклинике. Исключение «человеческого фактора» делает нейросетевую программу как минимум эффективным помощником рентгенолога. На текущий момент она не дает идеально точные результаты, тем не менее, во время контрольного теста показатели нейросети сравнивали с показателями трех профессиональных радиологов и ее результат (74,9% точности) был выше, чем у одного из них [112].

Есть опыт применения нейротехнологий в диагностике «острого живота» в акушерстве и гинекологии, острого панкреатита миом матки, вирусного гепатита. Апробирована нейросетевая модель выявления скрытой гормональной активности у больных с инциденталомиями надпочечников [22].

С.В. Есин, А.А. Дмитращенко (2007) произвели анализ точности традиционных медицинских методик и нейросетевой программы при скрининге, диагностике, лечении у 3 167 больных язвенной болезнью желудка, раком молочной железы, посттравматическим стрессовым расстройством и лихорадкой

различного генеза. Исследование показало, что эффективность лечебно-диагностического процесса при применении нейронных сетей увеличилась на 14%.

На основе нейронных сетей P.L. Liew et al. создана система прогноза развития желчнокаменной болезни (ЖКБ) у пациентов с ожирением. Ретроспективно были изучены анамнестические, клиничко-лабораторные и морфометрические данные 117 пациентов с избыточной массой тела, прооперированных по поводу ЖКБ. Использовалось 30 входных данных, включая результаты гистологического исследования. Разработанная система показала лучшую прогностическую ценность чем стандартные математические алгоритмы [110].

Т.П. Бондарь и соавт. (2013) изучали возможность применения нейросетевой программы с целью прогнозирования развития нарушений свертывающей системы крови у новорожденных и их матерей в интранатальном периоде. Параметры обследований 214 пациентов (107 детей и 107 родильниц) использовали при обучении нейросети с классической структурой. Тестирование нейронной сети произвели на примере двух пациенток и их новорожденных детей, у одной из которых беременность протекала физиологически, а у другой с нарушением гемостаза. При этом на выходе нейронная сеть правильно подтвердила наличие и отсутствие патологии свёртывающей системы крови.

В онкоурологии В.М. Попков, Р.Н. Фомкин (2014) исследовали возможности нейростевой модели при прогнозировании результатов гистологического исследования биоптатов простаты. Определены критерии, влияющие на прогноз и установлена средняя значимость каждого фактора. Полученная прогностическая система в 92,5% случаев давала правильное предположение о наличии или отсутствии онкологического заболевания простаты. Чувствительность представленной модели составила 93,8%, специфичность 91,9%, позитивная предиктивная значимость достигала порядка 83,3%, отрицательная – 97,1%.

Предиктивная ценность искусственных нейронных сетей по результатам биопсии предстательной железы была исследована Т.В. Шатылко в 2015 году. Как отмечает автор точность прогнозирования наличия аденокарциномы при биопсии предстательной железы составила 93,7%.

Д.Ю. Стрункин, Э.Ф. Адрахманов (2012), используя нейронные сети, сделали попытку прогноза пятилетней выживаемости у пациентов с раком почки. Результаты исследования показали, что усредненный прогноз нейронной сети отражал ту же тенденцию, что и статистически рассчитанный уровень выживаемости.

И.В. Лукьянов, Н.А. Демченко (2011) проанализировали результаты работы интеллектуальной системы при мониторинге рака предстательной железы (РПЖ) с элементами нейронных сетей у пациентов, перенесших радикальную простатэктомию (РПЭ). Обученная нейронная сеть позволяет прогнозировать уже на предоперационном этапе степень распространенности рака простаты, возможность поражения семенных пузырьков, а также вовлечение лимфатических узлов и вероятную выживаемость у пациентов в течение последующих пяти лет. Программа помогает осуществлять мониторинг за больными после оперативного лечения. Учитывая вышеперечисленное, разработанная система позволит значительно упростить процесс стадирования рака предстательной железы и выборе тактики лечения и дальнейшего наблюдения пациентов, перенесших РПЭ.

V. Roulakis et al. (2001), также используя нейронную сеть, прогнозировали результаты ДУВЛ при локализации камней в нижней группе чашечек почек. При этом в исследовании учитывали следующие параметры: лабораторные показатели, характеристики камня, анатомию нижних групп чашечек (инфундибуло-пельвикальный угол). Разработанная нейросетевая программа в 92% случаев точно предсказывала полную дезинтеграцию конкремента. А.В. Барашин (2011), используя трехслойную нейронную сеть, производил моделирование воздействия пневматического литотриптора на миграцию конкремента при проведении уретроскопии. На основе созданной им экспертной нейросетевой системы прогностически оценивалась индивидуальная мощность, используемая при проведении контактной литотрипсии.

Совместной работой китайских (К. Ванг, В. Янг и др.) специалистов в 2015 г. была разработана система на основе нейросети глубокого машинного обучения (Deep Convolutional Neural Network, DCNW) для выявления рака простаты на

снимках МРТ. Специалистами проведена точность использования системы в экспериментальном клиническом исследовании при участии 172 пациентов. Эффективность предложенного алгоритма сравнивалась с ранее разработанной методикой, в которой для распознавания используются алгоритм «мешка слов» (bag-of-words, BoW) и функция SIFT (до появления алгоритма глубокого машинного обучения этот метод продемонстрировал себя как один из лучших методов компьютерной диагностики на сегодняшний день). При полностью автоматизированном выявлении пациентов с раком предстательной железы новый алгоритм имел большую площадь под кривой рабочей характеристики приемника, чем алгоритм неглубокого обучения (0,87 и 0,70 соответственно).

Д.С. Седовым и Т.В. Шатылко (2014) была спроектирована и обучена искусственная нейронная сеть, определяющая предполагаемые гистологические находки в предстательной железе по имеющимся клиническим данным у пациентов с ПСА в диапазоне 4-10 нг/мл, так называемая «серая зона». Нейронная сеть с в 92,6% случаев выдавала верный ответ о наличии у пациента злокачественного новообразования простаты, а в 85,2% случаях выдавала верное патогистологическое заключение, даже указывая различие между формами простатической интраэпителиальной неоплазии. Нейронная сеть была неспособна точно указать сумму баллов по Глиссону, количество верных ответов составило 14,8%. Также программой определены критерии, высоко влияющие на прогноз в отношении РПЖ: ПСА общий, ПСА свободный, объём предстательной, плотность железы при проведении пальцевого исследования, возраст больного, скорость прироста ПСА, прием ингибиторов 5-альфа-редуктазы, а также раннее произведённая биопсия простаты с отрицательным гистологическим результатом.

Использование нейронных сетей в медицинской практике является, трендом современных научных работ и широко освещается в последнее десятилетие зарубежными исследователями. Между тем в России количество работ с применением интеллектуального анализа представлены в меньшем количестве и их основные направления изложены выше. В связи с этим работа имеет научную

новизну и, несомненно, полезна как в научном плане, так и для практического использования врачами-урологами.

Глава 2

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика клинических наблюдений. Общие данные

В урологическом отделении НУЗ «Дорожная клиническая больница (ст. Красноярск ОАО «РЖД») за период с 2010 по 2016 год. Оперативному лечению по поводу нефролитиаза подверглись 3 161 человек (таблица 1).

Таблица 1 – Общее количество и виды хирургического лечения пациентов с МКБ

Всего пациентов с МКБ	Всего	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
	3 831	380	366	342	760	650	694	639
Всего выполнено операций (без учета нефростомии)	3 161	233	246	206	672	601	607	596
Нефролитотомия	36	9	8	7	5	1	2	4
Пиелолитотомия	71	16	22	11	9	4	6	3
Уретеролитотомия	51	15	17	1	7	4	5	2
ПНЛЛ	1 035	128	131	101	167	175	165	168
ДУВЛ	1 124	0	0	22	313	257	277	255
Уретероскопия, КЛТ	844	65	68	64	171	160	152	164
Консервативное лечение	670	147	120	136	88	49	87	43

Дистанционная ударно-волновая литотрипсия (ДУВЛ), используется в урологическом отделении с ноября 2012 г., произведена 1 124 (35,6%) больным. Малоинвазивные методы лечения такие как уретероскопия контактная литотрипсия и перекутанная нефролитолапаксия (ПНЛЛ) проведены в 844 (26,7%) и 1 035 (32,7%) случаях. Во всех остальных случаях конкременты удалялись путем

проведения традиционных открытых операций – 158 (5,0%) случаев. Консервативную литокинетическую терапию производили в 670 случаях.

Нефрэктомии по поводу нефросклероза или гнойного пиелонефрита выполнены 18 пациентам. Нефростомии, выполненные по поводу обтурационного пиелонефрита, без второго этапа лечения, количественно не учитывались.

Среди пациентов, которым производилось хирургическое лечение (3 161): мужчины составляли 67% (2 118), женщины – 33% (1 043). Большая часть больных 82,8% (2617) госпитализирована в плановом порядке, меньшая – (17,2% (544) пациентов) по экстренным показаниям. Впервые нефролитиаз был у 61,4% (1941) пациентов, рецидив камнеобразования наблюдали в 38,6% (1 220) случаях.

Большинство госпитализированных больных составляли среднюю возрастную группу. В возрастном промежутке от 25 до 44 лет наблюдалось 25,5% (806) пациентов. В возрасте от 44 до 60 лет госпитализировано 64,1% (2 026) пациентов. В пожилом возрасте (от 60 до 75 лет) оперативному лечению по поводу мочекаменной болезни подверглись 10,4% (329) пациентов.

С целью получения клинических данных был проведен анализ данных 625 больных, получившим то или иное хирургическое пособия с целью удаления конкрементов почек в урологическом отделении НУЗ «Дорожной клинической больнице (на ст. Красноярск ОАО «РЖД»).

Все пациенты были обследованы по стандартному регламенту, включающему полную комплексную урологическую диагностику: объективный физикальный осмотр, сбор анамнеза и жалоб, лабораторные анализы крови и мочи, бактериологический посев мочи с определением расширенной антибиотикограммы. Дополнительные методы исследования, включающие: рентгенологические и ультразвуковые методы обследования, (внутривенная урография, компьютерная томография), радиоизотопная нефросцинтиграфия. Данные обследования проводили с целью определения критериев для выбора хирургического пособия в зависимости от функционального состояния мочевых путей, размеров и локализации конкрементов, а также фазы течения пиелонефрита.

Главным критерием включения пациента в исследовательский реестр служил: – законченный случай его стационарного лечения в урологическом отделении и основной диагноз при выписке: «МКБ. Камень почки».

В исследование не были включены несовершеннолетние, пациенты с единственной почкой, пациенты с тяжелой сопутствующей патологией (онкологические заболевания, а также хронические заболевания в стадии декомпенсации).

Из исследования также исключались пациенты, которые были оперированы в то время, когда не было возможности выполнить, некоторые исследования (КТ почек), и пациенты, в историях болезни которых отсутствовали данные, необходимые для нашего научного исследования. Группы больных формировали по сходному возрасту, локализации и размерам конкрементов почек.

2.2 Общая характеристика пациентов

Основу научной 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 традиционному открытому методу элиминации конкремента: в 15 (2,4%) случаях выполнена нефролитотомия, 50 (8%) выполнена пиелолитотомия, что отражено в данных представленных на рисунке 1.

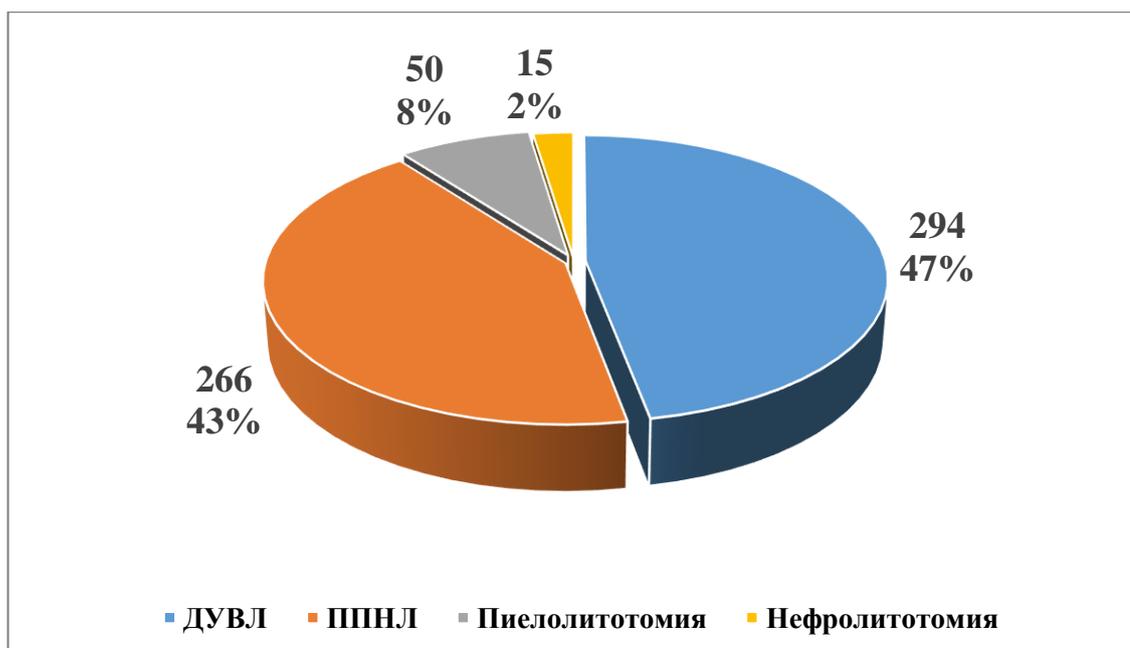


Рисунок 1 – Характеристика выполненных оперативных вмешательств у пациентов с МКБ

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 частности 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. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Локализация конкрементов у госпитализированные пациентов

Расположение конкрементов в почке	Общее количество конкрементов
Лоханка почки	262
ПУС	46
Верхняя группа чашечек	114
Средняя группа чашечек	72
Нижняя группа чашечек	212
Всего	706

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 пиелoureтерального (ПУС) сегмента камнем наблюдали у 46 пациентов (рисунок 2).

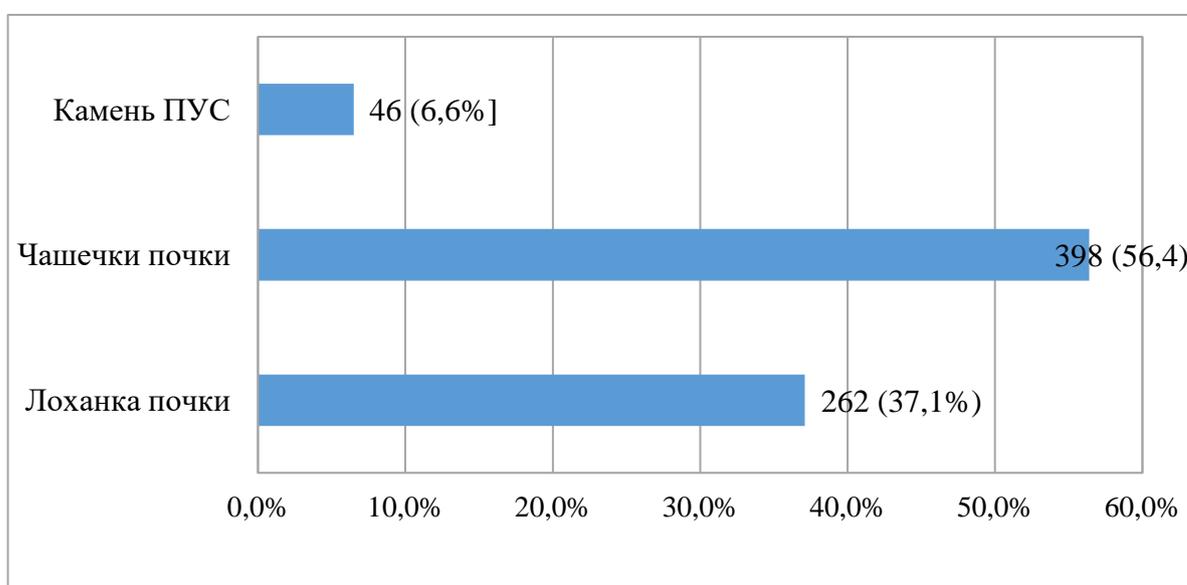


Рисунок 2 – Локализация конкрементов у пациентов с МКБ

Применение рутинных методов исследования позволили определить представленные ниже изменения в верхних мочевых путях (таблица 3).

Таблица 3 – Структурные изменения мочевых путей в тестовой группе пациентов

	Абс.	%
Ангиомиолипома	1	0,7%
Добавочный нижнеполярный сосуд	1	0,7%
Киста почки	21	15%
Нефроптоз	7	5%
Патологическая подвижность почки	5	3,6%
S-образный перегиб мочеточника	3	2,1%
Стриктура мочеточника	3	2,1%
Удвоение почки	13	9,3%

Бактериурия выявлена у 11,8% (74) пациентов. Клинически значимая бактериурия ($>10^5$ КОЕ/мл) имела место у 36,4% (27) больных. При оценке результатов бактериологического исследования мочи обращало на себя внимание преобладание грамотрицательной флоры: *Escherichia coli* – 22,9% (17), *Klebsiella pneumoniae* – 17,5% (13), *Enterococcus faecalis* – 14,8% (11), *Staphylococcus epidermidis* – 9,5% (7), *Candida albicans* – 8,1% (6), В 5 (6,8% пациентов) наблюдалась микст инфекция, вызванная *Escherichia coli* и *Enterococcus faecalis*. *Klebsiella pneumoniae* и *Enterococcus faecalis* обнаружены у 5,4% (4) пациентов. Полное распределение видов микроорганизмов представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Возбудители, выявленные по данным бактериологического посева мочи

Вид возбудителя	Абс. число (%)
<i>Escherichia coli</i>	17 (22,9%)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	13 (17,5%)
<i>Enterococcus faecalis</i>	11 (14,8%)
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	7 (9,5%)
<i>Candida albicans</i>	6 (8,1%)
<i>Escherichia coli</i> + <i>Enterococcus faecalis</i>	5 (6,8%)

Продолжение таблицы 4

Вид возбудителя	абс. число (%)
Enterococcus faecalis + Klebsiella pneumoniae	4 (5,4%)
Pseudomonas aeruginosa	4 (5,4%)
Proteus mirabilis	3 (4,1%)
Enterobacter	3 (4,1%)
Proteus vulgaris	1 (1,4%)
Всего	74 (11,8%)

Степень выраженности воспалительного процесса, характер и фазу течения пиелонефрита и оценивали по уровню СОЭ и повышению уровня лейкоцитоза, в клиническом анализе крови. В общем анализе мочи определяли наличие лейкоцитурии и бактериурии. Повышение СОЭ отмечали в 38,6% (241) случаях, наличие лейкоцитоза имело место в 28,5% (178) случаев. Лейкоцитурия была выявлена у 42,6% (266) пациентов.

Пиелокаликоектазия по данным инструментальных методов исследований была определена у 64% (400) пациентов. Снижение экскреторной функции почек данным внутривенной урографии отмечено нами в 42 случаях. У остальных пациентов функция почек была сохранена, что указывало на удовлетворительную сократительную способность полостной системы почки.

2.3 Сопутствующая урологическая патология у пациентов с камнями почек

В процессе полного урологического обследования у пациентов с нефролитиазом были выявлены сопутствующие заболевания. Хронический пиелонефрит был диагностирован нами у 52,8% (330) пациентов.

Кисты почек диагностированы у 85 (13,6%) пациентов, из них парапелльвикальные кисты – у 20 (23,5%) человек, экстраренальные – 65 (76,5%). Множественные кисты отмечались нами в 12 (1,9%) случаях. Доброкачественная гиперплазия предстательной железы (ДГПЖ) отмечалась у 46 (7,3%) пациентов. У 12 пациентов диагноз ДГПЖ выявлен впервые в жизни, что составило 26,1% от пациентов с ДГПЖ и от 1,9% общего числа пациентов. В 6 (0,9%) случаях диагностирован истинный дивертикул мочевого пузыря.

Среди женщин с камнями почек у 15 (2,4%) пациенток в анамнезе отмечали хронический цистит (средний возраст пациенток $37,2 \pm 4,5$ лет). Анамнез заболевания составил от 5 до 7 лет, а частота рецидива была от 3 до 5 раз в год. С целью верификации диагноза всем пациенткам до оперативного лечения произведена цистоскопия.

Диагноз хроническая болезнь почек (ХБП) различной степени тяжести в предоперационном периоде констатирована у 26 (4,2%), из них у 10 отмечалось умеренное снижение скорости клубочковой фильтрации (СКФ 45-59 мл/мин). Легкое снижение СКФ (60-89 мл/мин) отмечено у 16 больных, что соответствует 2 стадии. Распределение диагностированной урологической патологии показано на рисунке 3.

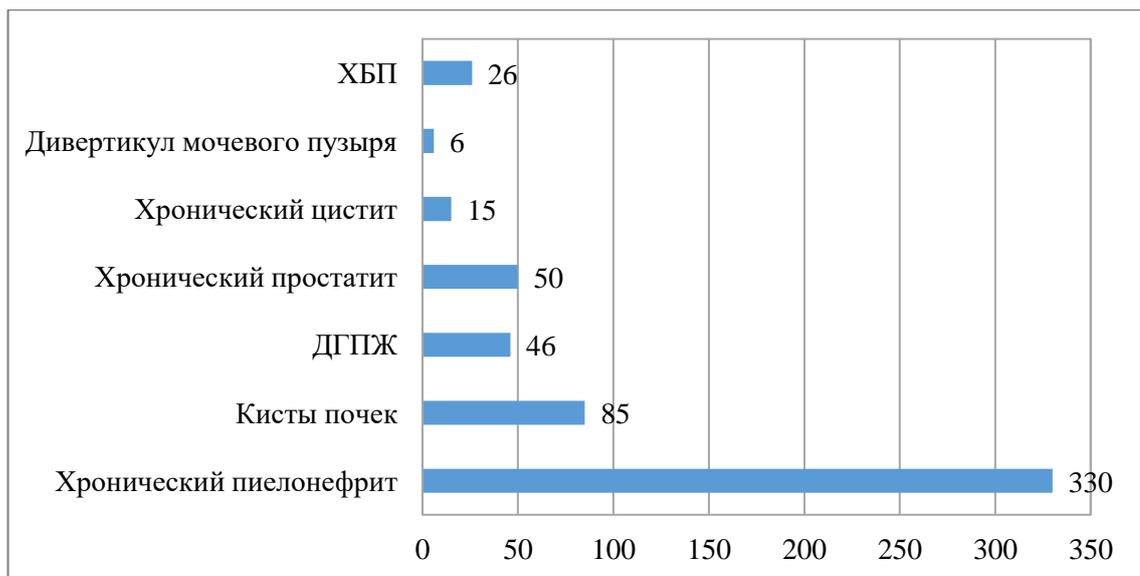


Рисунок 3 – Распределение сопутствующей урологической патологии у пациентов с МКБ

2.4 Интеркуррентные заболевания у пациентов с мочекаменной болезнью

В процессе предоперационного обследования у 435 пациентов были выявлены одно, а иногда и несколько заболеваний других систем и органов, что составило 69,6% от общего числа оперированных больных.

Среди всех выявленных патологий наибольшее количество составляли сердечно-сосудистые заболевания. Из 435 пациентов артериальная гипертензия различной степени тяжести отмечена у 296 (68%), ишемическая болезнь сердца – у 65 (15%), у 26 (5,9%) больных в анамнезе был инфаркт миокарда с последующим развитием кардиосклероза. Постоянная форма фибрилляции предсердий диагностирована в 11 (2,5%) случаях, у 8 (1,8%) пациентов наблюдались предсердные экстрасистолы, у 5 (1,1%) больных на ЭКГ отмечались желудочковые экстрасистолы.

Сахарный диабет диагностирован у 10,7% (67) пациентов из общего числа больных госпитализированных по поводу МКБ. Причем у 1,1% (7) пациентов диагностирован впервые в ходе предоперационного обследования. По степени тяжести пациенты с данной патологией были распределены следующим образом (рисунок 4): легкое течение – 35,9% (24) пациентов, средняя степень тяжести – 55,2% (37) больных, тяжелое течение наблюдалось нами в 8,9% (6) случаях.

Не менее важную роль в хирургическом лечении нефролитиаза имеет масса тела пациентов. По данным физикального осмотра у 46,7% (292) имели повышенную массу тела, а в 22,6% (141) случаев отмечалось ожирение различной степени. У 62,4% (88) пациентов выявлено ожирение I степени, у 24,8% (35) – ожирение II степени. Ожирение III степени – у 12,8% (18) пациентов. (рисунок 5):



Рисунок 4 – Распределение пациентов по степени тяжести течения сахарного диабета



Рисунок 5 – Распределение пациентов по ИМТ

У некоторых пациентов при дообследовании была выявлена легочная патология: бронхиальная астма у 4,9% (31) пациентов, в 6% (38) случаях был выявлен пневмосклероз, эмфизема легких – у 2,9% (18), хронический бронхит – у 12% (75) пациентов (рисунок 6).



Рисунок 6 – Распределение пациентов с заболеваниями легких

Изучены результаты дистанционной ударно-волновой литотрипсии ДУВЛ (I вариант) – у 294 (47,0%); ПНЛЛ (II вариант) – у 266 (42,6%); открытых традиционных операций (III вариант) – у 65 (10,4%).

2.5 Результаты обследования пациентов с камнями почек

Жалобы на боли острого характера во время обращения предъявляли 85,5% (535) пациентов, а у 14,4% (90) пациентов болевых ощущений на стороне локализации конкремента не было. Примесь крови в моче после физической нагрузки наблюдалась нами в 17,8% (111) случаев.

При госпитализации в стационар скрининговое УЗИ почек выполнено у всех пациентов с камня почек. Эктазия чашечно-лоханочной системы наблюдалась в 76,6 % (478) случаях.

Методикой ультразвукового скрининга диагноз «конкремент почки» установлен у 68,9% (430) пациентов. Дальнейшее диагностическое обследование показало, что чувствительность УЗ-скрининга, прямо пропорциональна размерам эхосигнала. К примеру, при размере гиперэхогенного образования 0,5-1,0 см

чувствительность обследования составила 56,5% (конкременты диагностированы в 353 случаях).

При выявлении камней почки, в 500 случаях было проведено МСКТ с компьютерной и 3D визуализацией. Ниже представлены размеры и плотность конкрементов, удаленных во время оперативного лечения (таблицы 5, 6).

Таблица 5 – Размеры конкрементов (n=706)

От 0,5 до 1,0 см	От 1,1 до 1,5 см	От 1,6 до 2,0 см	От 2,1 до 3,0 см	Свыше 3,0 см
196 (27,9%)	153 (21,7%)	159 (22,4%)	110 (15,6%)	88 (12,4%)
Всего 706				

Таблица 6 – Плотность камней (n=706)

От 100 до 500 HU	От 501 до 1000 HU	Свыше 1001 HU
132 (18,7%)	351 (49,7%)	223 (31,6%)

Конкременты с плотностью до 500 HU обнаружены в 18,7% случаях, 49,7% пациентов имели плотность камней 501-1000 HU, 31,6% больных – плотность свыше 1000 HU.

Из таблицы 7 видно, что у 566 (89%) больных были одиночные камни, у 69 (11%) – множественные.

Таблица 7 – Характеристика камней почек (n=706)

МКБ	Одиночный конкремент		Множественные конкременты		Всего	
	число пациентов		число пациентов			
	всего	%	всего	%	всего б-х	%
Всего	566	89%	69	11	625	100

Одной из основных проблем МКБ является рецидивирующее течение. Поэтому полная санация полостной системы, противовоспалительная терапия

в раннем послеоперационном периоде имеет важное значение с позиции профилактики рецидива камнеобразования.

Из 625 пациентов с камнями почек: 294 (47%) больным была выполнена ДУВЛ, 266 (42,6%) пациентам – перкутанная нефролитотомия (ПНЛ), 65 (10,4%) пациента подверглись традиционному открытому методу элиминации конкремента: в 15 (2,4%) случаях выполнена нефролитотомия, 50 (8%) выполнена пиелолитотомия, что отражено в данных представленных на рисунке 7.

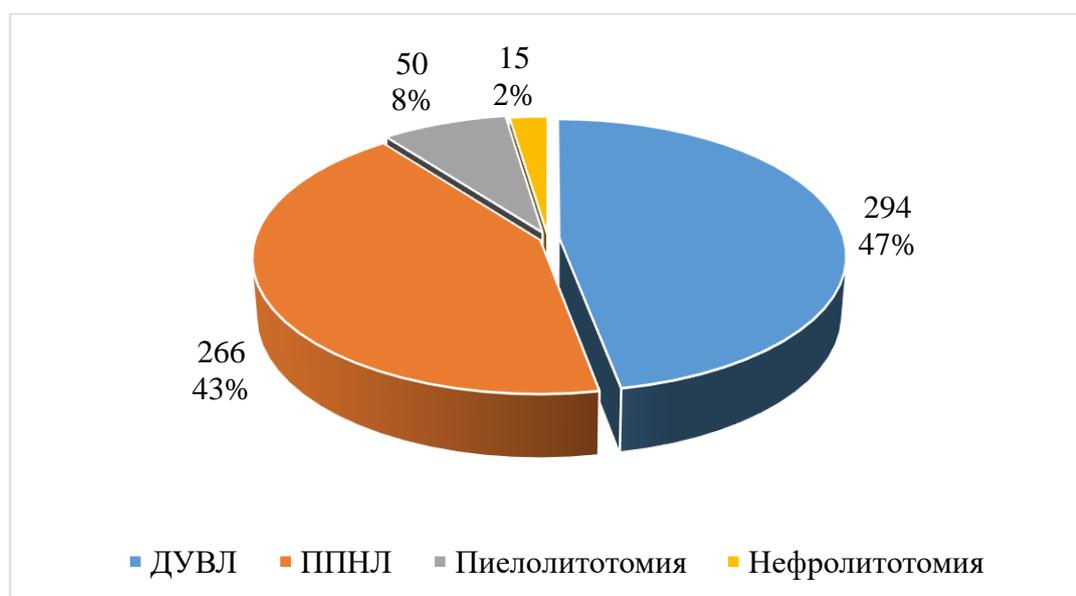


Рисунок 7 – Методы хирургического лечения МКБ

2.6 Дистанционная ударно-волновая литотрипсия

При дистанционном дроблении камней в стационаре урологического отделения использовалась Modularis Uro Plus производства Siemens (рисунок 8).

В состав системы заходит: урологический стол, модуль ударно-волновой литотрипсии, рентгеновская С-дуга производства Siemens Healthineers и ультразвуковой аппарат «ACUSON X-300».

Центральный ручной пульт управления системы Modularis Variostar позволяет управлять практически всеми компонентами платформы.

С его помощью можно контролировать сам урологический модуль, перемещать стол для пациента, изменять угол С-дуги рентгеновского аппарата и включать рентгеноскопию.



Рисунок 8 – Общий вид рабочего места

Контроль за динамикой фрагментации конкрементов во время сессии ДУВЛ осуществлялся при помощи ультразвукового и рентгенологического методов (рисунок 9).

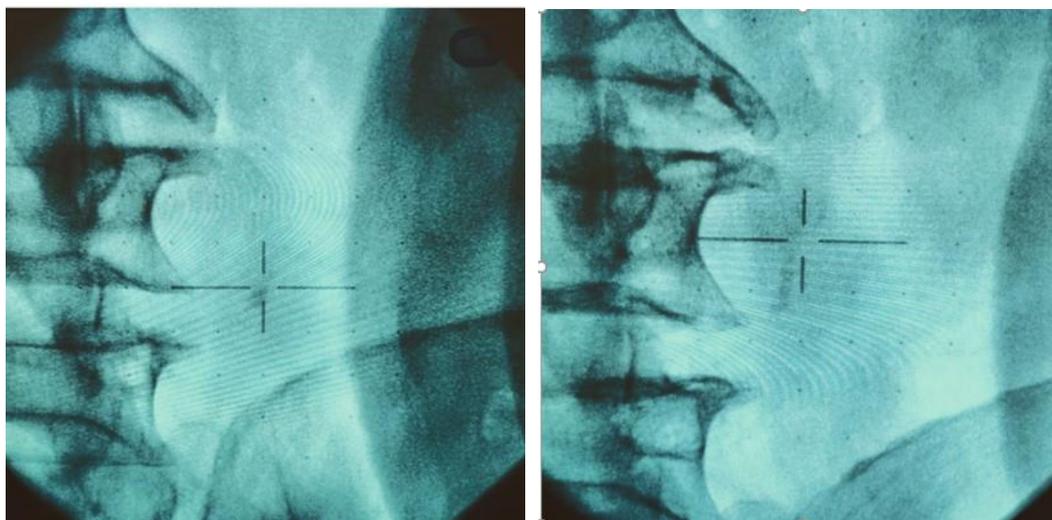


Рисунок 9 – Пример ДУВЛ камня верхней трети левого мочеточника

В установке используется электромагнитная ударно-волновая система C-plus, которая характеризуется высоким уровнем энергии для разрушения конкрементов, достаточно широким фокусом для максимально возможного процента попаданий и низкой энергетической плотностью.

Дробление мочевого конкремента производилось после предварительного введения наркотических анальгетиков (1 мл 2% раствора промедола) и наведения на камень при помощи рентгеноскопии и аппаратного прицела. В дальнейшем при переведении С-дуги в положение 20° производилось повторное наведение на конкремент путем изменения высоты урологического стола. После успешного рентгенологического наведения на камень начинался сеанс литотрипсии. Количество ударов за сеанс дистанционной литотрипсии не превышало 2500-3000 ударов, с частотой 90-120 ударов в минуту, на средней мощности 2,5.

Рентгеннегативные конкременты подвергались литотрипсии после предварительного ультразвукового наведения с помощью аппарата «ACUSON X-300» и/или внутривенного введения Йогексола 40мл с целью визуализации полостной системы почки. В послеоперационном периоде фрагментацию камня оценивали, выполняя обзорную урографию на следующий день после сеанса литотрипсии.

2.7 Перкутанная нефролитолапаксия

Перкутанная нефролитолапаксия производилась нами в один или два этапа в рентгенооперационной на рентгеннегативном столе. Оперативное лечение проводили под интубационным наркозом в положении пациента на животе (prone position), либо на спине (supine position), начиная с цистоскопии и ретроградной катетеризации мочеточника на стороне планируемого хирургического вмешательства.

Затем катетер фиксировали и удлиняли для проведения ретроградной пиелографии и создания искусственного гидронефроза. Известно, что выбор места пункции чашечно-лоханочной системы строго индивидуален. При помощи ультразвукового наведения мы определяли место пункции ЧЛС почки, далее под рентгеновским контролем – расположение наиболее доступного их «рогов» коралловидного камня, путем создания искусственного гидронефроза приступали к пункции ЧЛС. Во время пункции нами использовались ультразвуковые аппараты «LOGIQ L 200» и «ACUSON X-300» с конвексными абдоминальными датчиками (частота 3,5-5,0 МГц).

Иногда, когда визуализация чашечно-лоханочной системы была недостаточно четкой, пункция производилась под R-TV контролем, при помощи техники «ушка иглы» («eye of the needle» technique). С-дуга перемещалась в положение 30°, игла G18 помещалась таким образом, чтобы нужная чашечка, наконечник иглы и ступица иглы находились на одной линии с коллимированным изображением, таким образом представляя собой «игольное ушко» на мониторе, затем мы пытались получить доступ к нужной чашечке и относительно аваскулярной линии Брёделя. С целью создания искусственного гидронефроза по мочеточниковому катетеру вводился рентгенконтраст и производилась ретроградная пиелография.

Обязательно устанавливались две струны-проводника, одна из которых («рабочая») была ригидной. Вторая струна («страховая») всегда оставалась вне просвета инструментов, но находилась в сформированном рабочем канале.

Затем производилось рассечение кожи и мышц и при помощи металлических телескопических бужей Алкена осуществлялось бужирование и формирование рабочего канала. После завершения устанавливалась Amplatz-трубка (Ch30), либо бужирования заканчивали, используя тубус нефроскопа (Ch25). Далее осуществлялся осмотр чашечно-лоханочной системы.

После визуализации конкремента в чашечке почки и оценки его формы, а также визуального состава производится удаление камня после предварительной его литотрипсии. Очень важный момент, как можно быстрее очистить чашечку

почки с последующей тракцией кожуха нефроскопа в лоханку почки, тем самым избежать выраженного интраоперационного кровотечения. При выполнении нефролитотрипсии использовались разные виды контактных литотрипторов: Olympus «Shockpulse» (комбинированный механический и ультразвуковой литотриптор); Stone Breaker от фирмы Cook Medical (пневматический литотриптор). После удаления всех фрагментов камня и контрольной инспекции ЧЛС на предмет резидуальных фрагментов операция заканчивалась установкой нефростомического дренажа согласно размеров используемого кожуха.

2.8 Принцип работы нейросетевой программы

В процессе решения медицинских задач в основном возникают две категории ситуаций неопределенности: во-первых, если представить организм пациента как динамически изменяющуюся систему, то даже незначительное изменение нескольких данных требует от доктора безотлагательного принятия решений.

Во-вторых, порой отсутствие точной информации о состоянии человека, следовательно, дать точный прогноз развития паталогического состояния у пациента, предугадать ответ организма на выбранный врачом метод лечения.

В этом и заключается основная сложность прогнозирования в медицине, когда значительная часть полученной информации требует субъективной интерпретации врача, основанной, главным образом, на его собственных знаниях и опыте.

Одной из важнейших задач интеллектуального анализа данных является классификация. Нейронные сети в значительной мере отличаются от других математических классификаторов. Изначально, что задача классификации для нейронных сетей, не является основной, так как главной задачей для данных систем является численное предсказание. Однако (и это повсеместно используется) можно адаптировать нейронную сеть для работы используя специальные способы

представления данных. Для этого номинальные признаки соответствующим образом преобразуются при помощи числовых значений, самый простой пример – использование двоичного кода. Можно выделить ряд преимуществ нейросетей при использовании в качестве классификаторов. Во-первых, нейронные сети являются самообучающимися моделями, работа которых практически не требует вмешательства пользователя. Во-вторых, нейронные сети являются универсальными аппроксиматорами, позволяющими аппроксимировать любую непрерывную функцию с приемлемой точностью. В-третьих, нейронные сети являются нелинейными моделями, что позволяет эффективно решать задачи классификации даже при отсутствии линейной разделимости классов, они способны принимать решения, основываясь на скрытых закономерностях многочисленных данных.

Нейросетевая модель является ничем иным как совокупностью нейронов между собой определенным образом. Работа сети очень схожа с функционированием реального биологического нейрона. Нейрон получает входной сигнал, который умножается на весовой коэффициент данного нейрона и суммируется с другими сигналами в сети, которые, в свою очередь являются, также умноженными на весовые коэффициенты своих входов. Затем формируется определенный выходной сигнал, который передается далее. Исходя из этого, нейронная сеть, получив на входе определенный сигнал, выдает ответ, который зависит от всех весов нейронов в сети. Так называемое «самообучение» нейронной сети есть ни что иное, как распределение коэффициентов так, чтобы определенному сигналу на входе соответствовал определенный сигнал на выходе.

Нейронная сеть состоит из нерекурсивного адаптивного фильтра, который вычисляет скалярное произведение вектора сигнала x на вектор параметра a (который имеет вектор настраиваемых параметров) (рисунок 10). Для многих прогностических задач нужно иметь неоднородную линейную функцию выходных сигналов. Ее вычисление также можно определить при помощи адаптивного фильтра, имеющего $n+1$ вход и получающего на 0-й вход постоянный единичный сигнал (рисунок 11). Нелинейный преобразователь (рисунок 12) принимает скалярный входной сигнал x , переводя его в $\phi(x)$. Точка ветвления обязательно

служит для рассылки сигнала по нескольким нейронам (рисунок 13). Она принимает скалярный входной сигнал x и затем переправляет его по всем своим выходам.

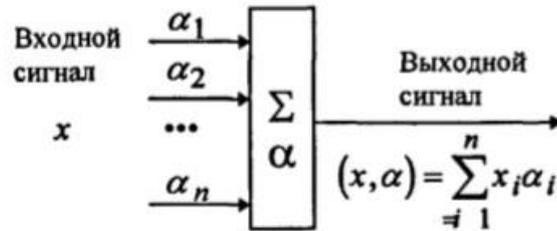


Рисунок 10 – Адаптивный фильтр

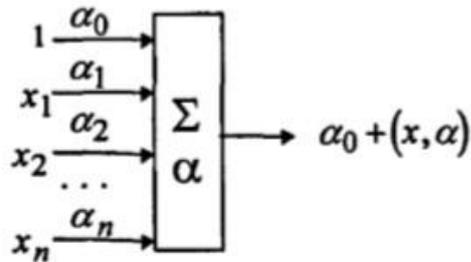


Рисунок 11 – Неоднородный адаптивный фильтр



Рисунок 12 – Нелинейный преобразователь сигнала

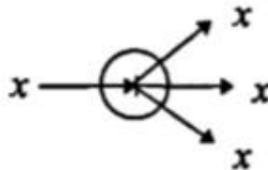


Рисунок 13 – Точка ветвления

Формальный нейрон (рисунок 14) состоит из входного сумматора, преобразователя и точки ветвления на выходе. Линейная связь – это синапс (рисунок 15), который умножает входной сигнал на собственный вес. Различные «веса» синапсов в нейронной сети образуют набор адаптивных данных, настраивая которые, нейросетевая модель обучается решению различных задач. Среди возможных нейросетевых архитектур самый распространенный тип – слоистые сети, когда существует несколько слоев нейронов.

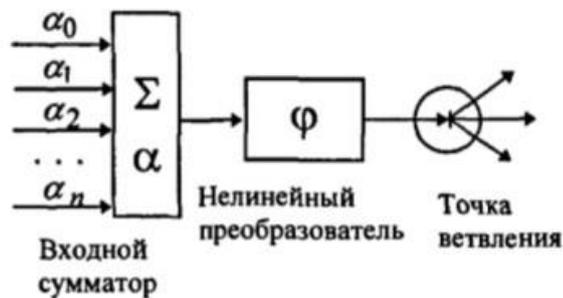


Рисунок 14 – Формальный нейрон

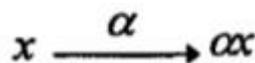


Рисунок 15 – Линейная связь (синапс)

Первый слой в системе получает входной сигнал, преобразует его и передает нейронам второго слоя (рисунок 16). Далее идет обороток сигнала на втором слое и происходит передача информации далее, до последнего n -го слоя, который и выдает выводной ответ.

При помощи методов статистики была определена обучающая выборка, обеспечивающая репрезентативность исследования. На основании результатов статического анализа, а также того, что были использованы достаточно узкие критерии исключения объектов из исследования, используемую выборку можно считать репрезентативной.

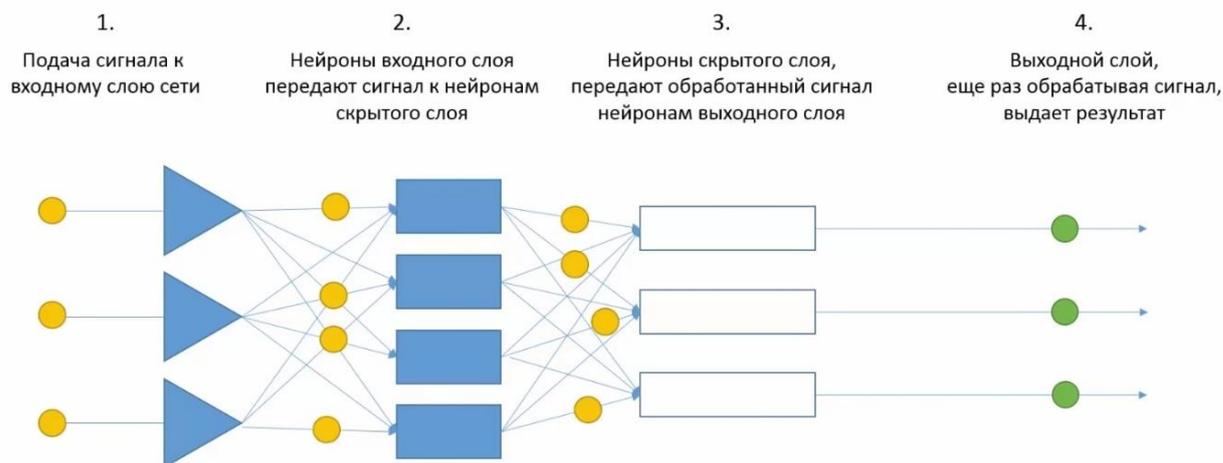


Рисунок 16 – Этапы работы нейронной сети

Результаты обрабатывали, используя метод вариационных рядов. Адекватность распределения и достоверность различий выходных результатов проверены с использованием критериев Пирсона и Уилка и критерия Стюдента. Достоверными признавались различия при значении p не менее 0,05. Для оценки типа распределения признаков использовали показатели эксцесса и асимметрии. Значения непрерывных величин представлены в виде $M \pm m$ (M – выборочное среднее арифметическое, стандартная ошибка – m). Связь между данными оценивалась с помощью методики парной корреляции и вычислением r – коэффициента. Если значение $r > 0,7$ сопряжение признавалось сильным, при значении r от 0,5 до 0,7 корреляции связь была средней и если значение коэффициента $r < 0,5$, связь признавалась слабой. Обработку статистических данных проводили с помощью программ StatSoft Statistica 10, Panalayer 5.0.

Глава 3

МЕТОДЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КАМНЕЙ ПОЧЕК БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ

3.1 Выбор хирургической тактики лечения камней почек

В последнее время отмечается уменьшение общего количества выполняемых дистанционных литотрипсии на фоне увеличения возможностей перкутанной хирургии в лечении нефролитиаза. Благодаря широкому использованию этих методов значительно сократилось количество открытых операций при локализации камней в почках.

В недавнем прошлом, лишь не возможность избавить больных от камней при помощи ДУВЛ, служило поводом использования других методов хирургического лечения. На современном этапе накопленный опыт отчетливо выявил преимущества и недостатки ДУВЛ. Хотя после ДУВЛ в 10-30% приходится проводить такие эндоскопические манипуляции, как ПНЛЛ или уретероскопию.

В настоящее же время знание плотности конкремента, его локализации, состояния верхних мочевых путей и т. д. позволяет выбрать оптимальный метод санации полостной системы почки.

Миниатюризация эндоурологического оборудования и расширение сектора их использования проведением лазерной литотрипсии камней почек, способствует большему распространению малоинвазивных методов в лечении больных этой категории.

В последнее время традиционные открытые оперативные вмешательства в лечении нефролитиаза рассматриваются крайне редко.

Основная особенность мочекаменной болезни в Красноярском крае – это большое количество конкрементов достаточно высокой рентгенологической плотности с большим трудом поддающихся ДУВЛ.

Стремление улучшить качество оперативного лечения нефролитиаза, минимизировать количество послеоперационных осложнений побудило провести сравнительный анализ результатов ПНЛЛ, ДУВЛ и открытых операций. Полученные данные нами использованы в обучении нейросетевой программы, которая позволит врачам разной квалификации критически принимать решения в выборе оперативного метода лечения пациентов с камнями почек.

3.2 Дистанционная ударно-волновая литотрипсия

Экстракорпоральное дробление использовалось нами при конкрементах размерами до 1,5 см в диаметре и небольшой рентгенологической плотности. Отсутствие лейкоцитурии в общем анализе мочи и проходимость мочеточника – обязательные условия при проведении сеансов литотрипсии.

Если ранжировать эти критерии это выглядит так:

1. Размеры камня, определённые на обзорном снимке.
2. Рентгенологическая плотность камня по данным МСКТ.
3. Строение полостной системы в том числе выраженность расширения ЧЛС и толщина паренхимы почки.
4. Отсутствие нарушения уродинамики ниже локализации конкремента.
5. Результаты клинических анализов крови.
6. Результаты общего анализа мочи.
7. Результаты бактериологического посева мочи.
8. Сахарный диабет.
9. Сердечно-сосисочные заболевания (ССЗ).
10. Возраст.
11. Масса тела.

ДУВЛ производили на аппарате «Siemens MODULARIS Uro». Было произведено 530 сессий ДУВЛ 294 пациентам, в среднем $1,8 \pm 0,4$ сеанса

литотрипсии на пациента. В первые 3 суток отхождение фрагментов камней отмечалось нами в 66% (194) случаях. При отборе пациентов на данный вид лечения нами учтены общепринятые показания и противопоказания для проведения ДУВЛ. Отмечена прямая зависимость в результатах дистанционного дробления от размеров и рентгенологической плотности конкремента. Для профилактики послеоперационных геморрагических осложнений при дроблении конкрементов в почках, как правило, использовались энергетические режимы от 2,0 до 3,2, общее количество импульсов составило от 1 600 до 2 200, при частоте 90 ударов в минуту. Интервалы между повторными сессиями дистанционной литотрипсии составляли 4-5 суток. Размеры и локализация у пациентов представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты применения ДУВЛ при конкрементах почек

Камни почек	Размер конкрементов	Количество конкрементов	Время операции	Койко-день
	<0,5 см	32 (11%)	35±15 мин	9,1±0,8
	0,6-1,0 см	156 (53%)		
	1,1-2,0 см	106 (36%)		

Дистанционная ударноволновая литотрипсия выполнялась под местной анестезией (р-р Промедола 2% – 1мл, р-р Грамадола 5% – 2мл).

При локализации конкрементов в почке удавалось проводить полную дезинтеграцию в 56%, а частичная в 44% случаев. В 15,3% (45) случаев выявлены резидуальные фрагменты (у 30 пациентов в дистальном отделе мочеточника, в 15 случаях фрагменты располагались в почке). В 20 случаях отмечалось отхождение фрагментов в амбулаторном периоде. Повторные сессии литотрипсии оказались малоэффективными у 25 пациентов (8,5% от всех случаев), что требовало инверсии тактики лечения и выполнения ПНЛЛ. Во время нефроскопии при визуализации конкрементов обнаруживались остаточные дефекты на поверхности

и трещины от воздействия ударных волн, а в чашечках почки – мелкодисперсные фрагменты. Данную нефроскопическую картину можно объяснить высокой плотностью конкрементов (у всех 25 пациентов плотность камней была выше 1100НУ, по данным МСКТ), низкой энергией ударной волны и конституциональными особенностями пациента (избыточный вес или ожирение I-II ст.). Особенности конституции в 5 случаях не позволили вывести конкремент в фокус ударной волны.

В своем исследовании мы анализировали ранние послеоперационные осложнения. При проведении ДУВЛ оценивались: гематома почки, продолжительная макрогематурия, острый обструктивный пиелонефрит. Анализ 7 пациентов с геморрагическими осложнениями почек после ДУВЛ показал, что причинами гематомы почки были следующие факторы:

1. Нарушение гемостаза у двух пациентов за счет приема антикоагулянтов.
2. Использование большого количества импульсов (свыше 3,5 тысяч) при литотрипсии у больных с хроническим пиелонефритом.
3. Коротким временным промежутком (менее 5 суток) между сеансами ДУВЛ при литотрипсии конкрементов почек.
4. Выраженная артериальная гипертензия во время проведения сессии.

У пациентов с гематомой почки (объемом менее 60 мл) консервативная тактика лечения оказалась эффективной в 5 случаях. У 2 (0,7%) пациентов сеансы ДУВЛ осложнились образованием крупной гематомы почки объемом до 180 мл, что требовало проведения оперативного лечения в объеме люмботомии, и дренирования гематомы.

Макрогематурия более двух суток наблюдалась нами в 5 случаях. Проведение УЗ-исследования почек исключило у данной группы пациентов наличия гематомы. Проведенная консервативная гемостатическая терапия оказалась эффективной у всех пациентов.

Обтурация мочеточника фрагментами камня после сеанса ДУВЛ наблюдалась в 35 случаях. Чаще всего такая ситуация возникала при дроблении крупных камней размерами более 1,5 см и требовала проведения повторных сессий

дробления, если фрагменты локализовались в верхней трети мочеточника, или проведения уретероскопии и литоэкстракции при локализации фрагментов в дистальном отделе мочеточника. Ретроспективный анализ историй болезни позволил выделить основные причины обструкции.

Использование высокоэнергичных импульсов, приводящее к быстрому одномоментному разрешению крупных конкрементов (размерами более 1,5 см) приводит к образованию крупнодисперсных фрагментов. Особенности анатомии чашечно-лоханочной системы (острый угол чашечки почки, длинные чашечки с узким перешейком, вертикальное расположение внепочечной лоханки), либо отсутствие выраженного расширения полостной системы. При такой ситуации даже фрагментация камней средних размеров, может привести к быстрой миграции фрагментов в мочеточник, а, следовательно, являться причиной будущей обструкции. Самостоятельное отхождение фрагментов зависит от анатомо-функционального состояния мочевых путей.

В 10 (3,4%) случаях консервативная литокинетическая терапия была неэффективна, данным пациентам была проведена уретероскопия и литоэкстракция. Дистальная обструкция мочеточника и почечная колика после ДУВЛ наблюдалась нами в 75 случаях (25,5%).

Инфекционные осложнения у пациентов, которым выполнялась дистанционная литотрипсия мы наблюдали в 21 (3,4%) случае.

Во всех указанных случаях пиелонефрит носил обструктивный характер, что потребовало проведения различных мероприятий для восстановления оттока мочи из мочевых путей (стентирования, либо катетеризация мочеточника) с назначением антибактериальной, инфузионной, детоксикационной терапии.

Анализ историй болезней позволил выявить основные ошибки при выборе методики ДУВЛ. В 15 случаях дистанционное дробление проводилось в активной фазе течения хронического пиелонефрита. У 6 пациентов отмечалось ранее проведение повторной сессии дробления.

Таким образом, при тщательном отборе пациентов для ДУВЛ эффективность метода составляет 88,1%.

3.3 Сравнительный анализ хирургических методов лечения камней почек

Комплексная оценка общего состояния пациента, наличие сопутствующей патологии, состояние функциональной способности почек, а также выраженность воспалительного процесса и рентгенологическая характеристика камня – все это являлось критериями для определения показаний к выбору метода оперативного лечения пациентов с камнями почек.

Дистанционная литотрипсия произведена у пациентов с диаметром камней от $0,6 \pm 0,3$ до $1,8 \pm 0,4$ см. Традиционные открытые операции произведены в 65 (10% среди всех операций) случаях. У большинства пациентов, подвергнутых открытой нефро- или пиелолитотомии, конкременты имели большие размеры. Перкутанная нефролитолапаксия производилась при размере камней от $1,2 \pm 0,4$ до $3,5 \pm 0,5$ см.

Нами проведена оценка непосредственных результатов оперативного лечения у пациентов с камнями почек по длительности оперативного лечения, объему интраоперационной кровопотери, выраженности болевого синдрома после операции, а также частоте ранних послеоперационных осложнений.

В каждом конкретном случае перед операцией оценивались следующие параметры: состояние уродинамики верхних мочевых путей, активность фазы течения калькулёзного пиелонефрита, а также функциональное состояние оперированной почки. Сопоставлены сроки дренирования полостной системы почки и длительность койко-дня (таблица 9).

Таблица 9 – Результаты оперативного лечения пациентов с камнями почек

Показатель	Вид лечебного пособия		
	ДУВТ (n=294)	ПНЛЛ (n=266)	открытые вмешательства (n=65)
Длительность манипуляции (минуты)	$35,0 \pm 15,0$	$55,0 \pm 10,0^{**}$	$110,7 \pm 10,7$
Длительность наркоза (минуты)	–	$60,0 \pm 5,0$	$55,0 \pm 10,6^*$

Продолжение таблицы 9

Показатель	Вид лечебного пособия		
	ДУВТ (n=294)	ПНЛЛ (n=266)	открытые вмешательства (n=65)
Кровопотеря (миллилитры)	–	110,0±30,5	215,0±35,0*
Длительность постельного режима	–	1,5±0,5	4,0±1,0*
Сроки дренирования раны (полостной системы для ПНЛЛ и открытых операций)	–	8,0±2,0	11,0±3,5*
Осложнения раннего п/о периода	28 (9,5%)	44 (14,9%)	20 (30,7%)
Послеоперационный койко-день	10,0±1,2	7,0±4,0**	12,6±0,6*
Период реабилитации (дни)	7,6±0,6	8,5±0,5**	12,9±0,6*
Повт. вмешательства за 1 -й год	10 (3,4%)	4 (1,5%)	–
Примечание – статистическая достоверность следующая: * – в сравнении с первым вариантом лечения $p < 0,01$; ** – в сравнении с дистанционной литотрипсией первым вариантом лечения $p < 0,05$.			

Применение наркотических анальгетиков у пациентов после традиционных открытых операций производилось в течение $3,5 \pm 0,5$ дней. После эндоурологических вмешательств наркотические анальгетики назначались всего $1,5 \pm 0,5$ дней. Чаще всего уже на вторые сутки производилась активизация пациента: разрешалось присаживаться и вставать, чтобы предупредить парез кишечника после операции.

Как видно из представленной таблицы 10, частота полного одномоментного избавления от камней почек различных методов оперативного лечения определялась с помощью контрольных обзорной урографии и МСКТ почек (чаще использовалась после ПНЛЛ) в раннем послеоперационном периоде.

Таблица 10 – Результаты рентгенологических методик (обзорная урография, МСКТ почек) для различных методов хирургического лечения с целью вычисления частоты одномоментной элиминации камней почек

Вид лечения	Количество пациентов с полностью удаленными камнями почек
ПНЛЛ (266 пациентов)	42 (96%)
ДУВЛ (294 пациентов)	21 (88,1%)
Открытые вмешательства (65 пациентов)	41 (90%)

Малоинвазивные методы лечения, обладая высокой эффективностью при меньшей хирургической агрессии являются методами выбора в лечении пациентов с камнями почек. В этой связи именно обоснованный, оптимальный выбор метода способствует полной санации полостной системы почек от конкрементов.

Глава 4

ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУПП ПАЦИЕНТОВ С МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНЬЮ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ

Достаточно часто в анализе клинических данных возникают вопросы неопределенности, которые можно разделить на две группы:

1. Невозможность получить полную информацию о состоянии больного, а, следовательно, дать уверенный прогноз развития того или иного паталогического состояния у пациента или ответную реакцию организма на выбранную тактику лечения.
2. Организм пациента – динамически изменяющаяся система и даже небольшое изменение небольшого количества параметров требует от специалиста быстрого принятия решений.

Одним из критериев объективизации современной медицины, является перевод в количественное выражение субъективных лечебно-диагностических данных. На сегодняшний день, одной из перспективных методик, используемых для решения подобных задач, является искусственные нейронные сети.

Главное преимущество нейронных алгоритмов – это обработка большого массива данных, явную связь между которыми порой выявить специалисту не под силу. В этом и заключается основная сложность прогнозирования в медицине: большая часть полученной информации по результатам обследований представляет собой оценочные суждения врача, основанные на его опыте и знаниях. Однако, влияние этих данных на лечебно-диагностический процесс очень высоко. Одно из преимуществ нейросетей – они могут быть использованы без четкого понимания механизма обучения данных программ. Так же как использование персонального компьютера происходит без четкого понимания, как работает микросхемы внутри него.

4.1 Формирование реестра пациентов

Обучение разрабатываемой нейронной сети, заключалось в определении принадлежности исследуемого случая к одному из трех возможных вариантов оперативного лечения: дистанционная ударно-волновая литотрипсия (ДУВЛ), перкутанная нефролитолапаксия (ПНЛЛ), традиционные открытые операции (пиелолитотомия или нефролитотомия).

Каждый из вышеуказанных методов лечения может применяться как монотерапия, либо в комбинации с другими лечебными манипуляциями в зависимости от наличия обструктивных воспалительных осложнений: чрескожная пункционная нефростомия, катетеризация или стентирование мочеточника. Другими словами, вырабатывая тактику ведения больного с нефролитиазом, приходится выбирать из множества доступных в отделении вариантов лечения. Учитывая, многообразие и нечеткую связь входных параметров, определяющих пациента к выбору той или иной из представленных тактик лечения, другие математические модели неприменимы для однозначного ответа в принятии решений по лечебной методике. Поэтому в качестве основного математического аппарата выбрана методика нейронных алгоритмов в принятии решений с расчетом показателей уверенности в принадлежности к нужным классам.

Исследование проводилось при помощи ретроспективного анализа материалов 625 историй болезни пациентов с камнями почек, находившимися на стационарном лечении в урологическом отделении НУЗ «Дорожная клиническая больница (ст. Красноярск ОАО «РЖД») 2013-2015 гг. Наиболее полное предоперационное обследование в каждом конкретном случае служило основным фактором для отбора резидентных пациентов.

Реестр пациентов был сформирован на основании единой системы признаков, призванных выдать объективное решение по выбору методики хирургического пособия с целью элиминации конкремента почки. Значения признаков сформированы на основании результатов диагностики пациентов,

согласно стандартам оказания медицинской помощи утвержденным Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации.

В созданном реестре были представлены:

1. Параметры физикального осмотра и опроса пациентов.
2. Показатели лабораторных анализов пациентов в предоперационном периоде: данные анализов периферической крови; показатели общего анализа мочи; биохимические показатели крови.
3. Данные инструментального обследования: ультразвуковое исследование. Оценивались данные радиоизотопной нефросцинтиграфии. Результаты рентгенологических методов диагностики.
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 пациента. Эти показатели также представлены в двоичном коде.

Данные, полученные по результатам опроса пациента:

x_1 – Возраст пациента.

x_2 – Пол пациента.

x_3 – Длительность заболевания.

x_4 – Пиелонефрит в анамнезе.

x_5 – МКБ в анамнезе.

x_6 – Раннее перенесенные операции на мочевых путях.

Данные, полученные в результате объективного осмотра:

x_7 – Симптом XII ребра.

x_8 – Боли при пальпации живота в проекции почки.

x₉ – Повышение температуры тела.

x₁₀ – Частота сердечных сокращений.

x₁₁ – Артериальное давление.

x₁₂ – Степень развития ПЖК.

Лабораторные данные перед оперативным лечением:

x₁₃ – Показатель мочевины, ммоль/л.

x₁₄ – Показатель креатинина, мкмоль/л

x₁₅ – Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин.

x₁₆ – Показатель мочевой кислоты.

x₁₇ – Показатель глюкозы, ммоль/л.

x₁₈ – Показатель билирубина, ммоль/л.

x₂₀ – Показатель общего белка, г/л.

x₂₁ – Фибриноген, г\л.

x₂₂ – Активированное частичное тромбопластиновое время.

x₂₃ – Протромбиновое время.

x₂₄ – Показатель гемоглобина в общем анализе крови, г/л.

x₂₅ – Показатель лейкоцитоза в общем анализе крови.

x₂₆ – Показатель палочкоядерного сдвига нейтрофилов, %.

x₂₇ – Эритроциты в осадке мочи.

x₂₈ – Лейкоциты в осадке мочи.

x₂₉ – Показатель СОЭ, мл/мин.

x₃₀ – Показатель рН мочи.

x₃₁ – Удельный вес мочи.

x₃₂ – Бактериологический посев мочи.

Данные по результатам УЗ-исследования:

x₃₃ – Толщина паренхимы почки, мм.

x₃₄ – Визуализация камня по данным УЗИ.

x₃₅ – Степень расширения ЧЛС при УЗИ.

x₃₆ – Степень нарушения кровотока в почке при ЦДК.

x₃₇ – Время накопления фармпрепарата при реносцинтиграфии, мин.

x₃₈ – Время выведения фармпрепарата при реносцинтиграфии, мин.

Данные, полученные по результатам рентгенологических исследований:

x₃₉ – Визуализация конкремента.

x₄₀ – Количество камней, шт.

x₄₁ – Размер камней, мм.

x₄₂ – Четкость контуров камня.

x₄₃ – Наличие просветлений тени камня.

x₄₄ – Плотность камня по результатам МСКТ.

x₄₅ – Обтурация нижележащего отдела мочеточника.

x₄₆ – Перегиб мочеточника ниже камня.

x₄₇ – Уретероцеле.

x₄₈ – Компрессия мочеточника извне.

Сопутствующие патологии:

x₄₉ – легочные заболевания.

x₅₀ – урологические заболевания.

x₅₁ – сердечно-сосудистые заболевания.

x₅₂ – сахарный диабет.

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 17). Использование алгоритмов

проведения лечения осуществляется контроль за состоянием пациента (лабораторные анализы, дополнительные методы исследования). Затем определяются риски развития различных осложнений, тем самым производится прогноз (рисунок 18).

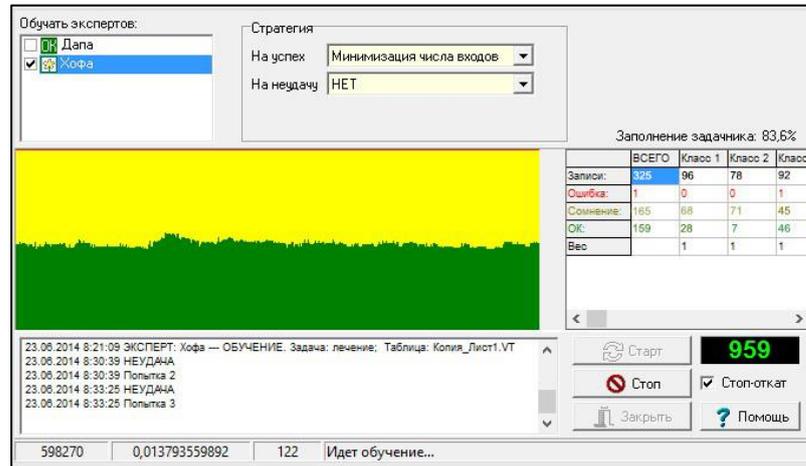


Рисунок 18 – Процесс обучения нейростевой системы

Первая цель на этапе обработки входящих данных являлась определение значимости вводных параметров для выбора методики удаления камня.

Процесс обучения представляет собой автоматический поиск закономерности между совокупностью обучающих данных и заранее известным результатом. В очень упрощенном виде его можно представить в виде некоторых действий, производящихся в пространстве, размерность которого равна числу классов в задаче.

У нейронной сети имеется набор n -мерных векторов данных x^i $i=1, \dots, N$ (задачник) с координатами x_j^1 , $j=1, \dots, n$, M -мерный вектор параметров a с координатами a_k , $k=1, \dots, M$, и некоторая функция оценки $H(x, a)$, оценивающая работу сети с параметрами a на векторе данных x . Требуется выделить у сети наименее значимые параметры a_k и сигналы x_j и модифицировать систему, отбрасывая эти параметры и компоненты данных. Для каждого a_k определено некоторое значение a_k^0 и сокращение a_k означает приравнивание $a_k = a_k^0$.

Аналогично для каждой компоненты данных x_j и любого примера x^i определено x_j^{i0} и отбрасывание j -ой компоненты данных для i -го примера означает приравнивание $x_j = x_j^{i0}$.

Это допускает очень большую свободу в определении процедуры сокращения описания. В качестве простейшего базового варианта будем иметь в виду что $a_k^0 = 0$ и для всех i .

$$x_j^{i0} = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n x_j^p, \quad (3)$$

Показатели значимости вычислялись в два этапа: сначала они вычислялись для одного вектора данных (примера), а потом – по всей выборке. Для данного x^p значимости a_k и x_j оценивались так:

$$\chi(a_k | x^p) = \left| \frac{\partial H(x^p, a)}{\partial a_k} (a_k - a_k^0) \right|; \quad \chi(x_j | x^p) = \left| \frac{\partial H(x^p, a)}{\partial x_j} (x_j^p - x_j^{p0}) \right|, \quad (4)$$

Здесь X – просто вычисленные в линейном приближении абсолютные величины изменения H при сокращении описания; частные производные вычислялись при двойственном функционировании. Естественно, значение функции оценки должно быть ненулевым. Поэтому, если использовались специализированные функции оценки, на этапе вычисления значимости необходимо возвращаться к оценке МНК.

Оценка по всему задачку производилась с использованием некоторой нормы, например, с использованием нормы в виде суммы модулей:

$$\chi(a_k) = \sum_p \chi(a_k | x^p); \quad \chi(x_j) = \sum_p \chi(x_j | x^p), \quad (5)$$

или максимума модулей

$$\chi(a_k) = \max \chi(a_k | x^p); \quad \chi(x_j) = \max \chi(x_j | x^p). \quad (6)$$

Часто приходится иметь дело с системой, которая меняет свои параметры, например, в ходе обучения. Тогда к моменту принятия решения о значимости может быть накоплена информация о частных производных H в разных точках $a = a^1, \dots, a^q$. Тогда показатели значимости для одного вектора данных вычислялись так:

$$\chi(a_k | x^p) = \frac{1}{q} \sum_{s=1}^q \left| \frac{\partial H(x^p, a^s)}{\partial a_k} \right| * |a_k - a_k^0|; \quad \chi(x_j | x^p) = \frac{1}{q} \sum_{s=1}^q \left| \frac{\partial H(x^p, a^s)}{\partial x_j} \right| * |x_j^p - x_j^{p0}|, \quad (7)$$

Усреднялись абсолютные значения производных, а приращения брались в той точке, в которой будет проводиться процедура сокращения. Далее для всей выборки показатели значимости усреднялись в одной из норм.

Использование вычисленных таким образом показателей значимости каждого параметра позволяло выявить наиболее значимые, что дало возможность значительно уменьшить число элементов сети.

Обученная нейросеть обучается решать только одну задачу классификации, однако может использовать для обучения различные обучающие выборки. Они могут различаться по количеству примеров, но должны соответствовать друг другу по числу обучающих параметров и их порядку, числу классов, а главное, по смыслу.

Затем обученная нейронная сеть производит расчет значимости отдельных вводимых параметров и автоматически удаляет те данные, которые имеют наименьшее значение. В результате, нами определены 27 критериев, имеющие ведущее влияние на выбор тактики оперативного лечения при нефролитиазе (таблица 11).

Возможность визуализации конкремента, четкость контуров камня и наличие «светлых» участков по данным обзорной урографии, рентгенологическая плотность камня по данным КТ, количество конкрементов на стороне поражения – являлись определяющими критериями в выборе методики удаления камня.

Таблица 11 – Значимость предоперационных данных пациентов с МКБ для выбора методики хирургического лечения

№	Входной параметр	Значимость	№	Входной параметр	Значимость
1	Возраст пациента	0,172	16	Время выведения фармпрепарата при реносцинтиграфии	0,251
2	Предшествующие операции на мочевых путях в анамнезе	0,420	17	Визуализация конкремента по R-графии	0,821
3	Гипертермия	0,512	18	Количество камней	0,749
4	Степень развития подкожно- жировой клетчатки	0,290	19	Четкость контуров камня	0,722
5	Уровень мочевины	0,208	20	Наличие просветлений тени камня	0,793
6	Уровень креатинина	0,302	21	Обтурация нижележащего отдела мочеточника	0,637
7	Скорость клубочковой фильтрации	0,471	22	Перегиб мочеточника ниже камня	0,370
8	Повышение лейкоцитов в клиническом анализе крови	0,602	23	Уретероцеле	0,521
9	Уровень палочкоядерного сдвига нейтрофилов в общем анализе крови	0,580	24	Компрессия мочеточника извне	0,759
10	Количество лейкоцитов в осадке мочи	0,450	25	Легочная патология	0,207
11	Бактериологическое исследование мочи	0,284	26	Сердечно-сосудистая патология	0,310
12	Толщина паренхимы почки	0,170	27	Сахарный диабет	0,241
15	Дилатация ЧЛС по данным УЗИ	0,590	28	Плотность камня, по данным МСКТ	0,781

Возможность визуализации конкремента, четкость контуров камня и наличие «светлых» участков по данным обзорной урографии, рентгенологическая плотность камня по данным КТ, количество конкрементов на стороне поражения – являлись определяющими критериями в выборе методики удаления камня.

Менее значимыми факторами оказались: показатели креатинина и мочевины, наличие сердечно-сосудистой и легочной патологии, степень развития подкожно-жировой клетчатки и результаты бактериологического анализа мочи ($p < 0,05$).

Отмечены определенные особенности: при выборе метода элиминации конкрементов результаты рентгенологического обследования имели достоверно большее значение для прогноза чем данные УЗИ. Наличие лейкоцитоза в анализе периферической крови достоверно менее важный параметр чем лейкоцитурия. А вот наличие сопутствующих патологий имело малое значение для выбора оперативного лечения. Так же как повышенная масса тела пациента и возраст – данные параметры не имеют определяющего значения при выборе ПНЛЛ как ведущего метода лечения ($p < 0,05$).

На примере дистанционной литотрипсии произведено обучение нейронной сети, где выводом являлся факт отхождения всех фрагментов в течение двух недель после литотрипсии. Нами произведен процесс обучения несколько раз, пока не остался минимум из наиболее значимых прогностических параметров (рисунок 19).

Таким образом, наиболее значимыми данными при прогнозировании полного отхождения фрагментов после ДУВЛ являлись: рентгенологическая плотность и локализация конкремента, неравномерность контуров камня и наличие участков просветления на обзорной урограмме, уровень ИМП у пациентов, нарушение пассажа мочи, а также степень лейкоцитоза по данным общего анализа крови ($p < 0,05$).

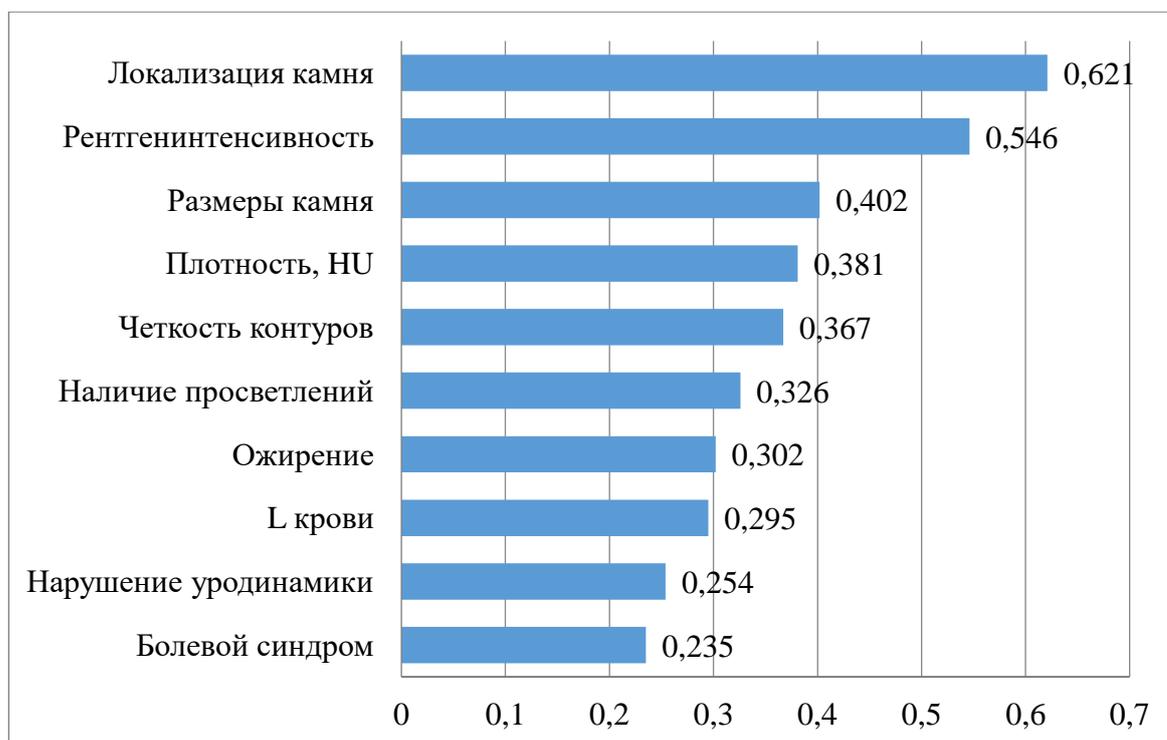


Рисунок 19 – Степень значимости вводных данных при ДУВЛ

Аналогичную методику обучения нейросети применяли при проведении перкутанной нефролитолапаксии. Ответом служил факт полной санации ЧЛС на момент окончания операции и отсутствие остаточных фрагментов по результатам контрольных рентгенологических методов обследования. Затем мы повторили процедуру обучения нейронной сети несколько раз, для того, чтобы нейронная сеть произвела автоматическое удаление наименее значимых вводных параметров. В результате нами получены 19 входных величин, имеющих определяющее значение при выборе методики ПНЛЛ (таблица 12).

Основными параметрами, определяющими выбор перкутанной нефролитолапаксии как основного метода хирургического лечения, являлись: размер и количество камней почек, рентгенологическая плотность конкремента по данным КТ. Вторыми по степени значимости указаны параметры, определяющие функциональное состояние мочевых путей, а также степень их ретенционных изменений ($p < 0,05$).

Таблица 12 – Значимость предоперационных данных пациентов с МКБ при проведении ПНЛЛ

№	Входной параметр	Значимость	№	Входной параметр	Значимость
1	Визуализация конкремента	0,620	11	Бактериологическое исследование мочи	0,265
2	Количество камней, шт.	0,760	12	Толщина паренхимы почки	0,350
3	Размер камней, мм	0,872	13	Дилатация ЧЛС по данным УЗИ	0,650
4	Четкость контуров камня	0,560	14	Время выведения фармпрепарата при реносцинтиграфии	0,576
5	Плотность камня по результатам МСКТ	0,798	15	Степень нарушения кровотока в почке при ЦДК	0,620
6	Наличие просветлений тени камня	0,602	16	Время накопления фармпрепарата при реносцинтиграфии, мин	0,600
7	Обтурация нижележащего отдела мочеточника	0,670	17	Перегиб мочеточника ниже камня	0,740
8	Повышение лейкоцитов в клиническом анализе крови	0,590	18	Уетероцеле	0,454
9	Уровень палочкоядерногосдвига нейтрофилов в общем анализе крови	0,560	19	Компрессия мочеточника извне	0,550
10	Количество лейкоцитов в осадке мочи	0,500			

Наименее значимыми параметрами при данной методике явились: сдвиг лейкоцитарной формулы по данным общего анализа крови, содержание лейкоцитов в общем анализе мочи, наличие уетероцеле и бактериологический посев мочи ($p < 0,05$).

При общем сравнении предоперационных параметров между двумя вышеперечисленными методами (ДУВЛ и ПНЛЛ) нами были подчеркнуты определённые особенности: визуализация конкремента по данным обзорной урографии при перкутанной операции имеет меньшую значимость, чем при дистанционном дроблении камня.

Ведущее значение в выборе дистанционной литотрипсии как основного метода элиминации конкремента имеют такие параметры как: количество камней и четкость контуров по данным обзорной урографии, проходимость мочеточника. Данные факторы имеют большее прогностическое значение в сравнении аналогичными параметрами при выборе методики перкутанной нефролитолапаксии.

Далее произведено обучение аналогичного нейронного алгоритма по предоперационным параметрам той же группы больных, однако, где выходным параметром явился не выбор методики элиминации конкремента, а возникновение того или иного послеоперационного осложнения.

Следующим этапом нами было проведено исследование по возникновению послеоперационных осложнений после сессии дистанционной литотрипсии. Оценивались геморрагические осложнения: продолжительная макрогематурия и образование гематомы после сеанса литотрипсии. Оценка обструктивно-воспалительных осложнений состояла из анализа факта обострения пиелонефрита в послеоперационном периоде, а также возникновения обструкции мочеточника фрагментами раздробленного конкремента. Таким образом, нами были обучены четыре нейронных сети, с входными данными обследований 294 пациентов, которым были проведены сеансы дистанционной литотрипсии, а выходной величиной – наличие того или иного из вышеуказанных осложнений в послеоперационном периоде. В результате чего, были созданы и обучены нейросети, которые, могут быть объединены в единый классификатор, либо использованы друг от друга отдельно, в зависимости от поставленной цели.

4.2 Определение значимости входных параметров в развитии ранних послеоперационных осложнений

Следующей важной задачей, являлся расчёт отдельной значимости каждого из предоперационных показателей для возникновения определённого вида послеоперационных осложнений. Использование нейростевого алгоритма позволило выявить наиболее значимые параметры, что дало возможность сократить число других элементов в сети. Ниже рассмотрим, какие входные сигналы имели наибольшее значение в плане возникновения обострения калькулезного пиелонефрита.

Воспалительные осложнения в раннем послеоперационном периоде возникли у 11,2% (70) пациентов с нефролитиазом. Наибольшее количество данного вида осложнений наблюдали у больных, которым выполнялись перкутанные хирургические методики – у 45,7% (32) пациентов, что, в свою очередь, составило 10,9% от числа пациентов, оперированных данным методом (таблица 13).

Таблица 13 – Структура инфекционно-воспалительных осложнений у пациентов с МКБ после хирургического лечения

Осложнения воспалительного характера	Число пациентов, n= 108
Бактериурия, при неинфицированных конкрементах	74
Серозный пиелонефрит	21
Гнойный пиелонефрит	7
Уросепсис	6

Инфекционные осложнения в группе ДУВЛ послеоперационном периоде отмечались нами в 30% (21) случаях, что составляло 7,9% от общего количества пациентов с использованием данной методики.

Во всех вышеуказанных случаях воспалительные изменения носили обструктивный характер. Всем пациентам были проведены активные мероприятия целью восстановления уродинамики верхних мочевых путей: катетеризация, стентирование мочеточника, либо наложение пункционной нефростомы, с последующим назначением инфузионной детоксикационной терапии (рисунок 20).

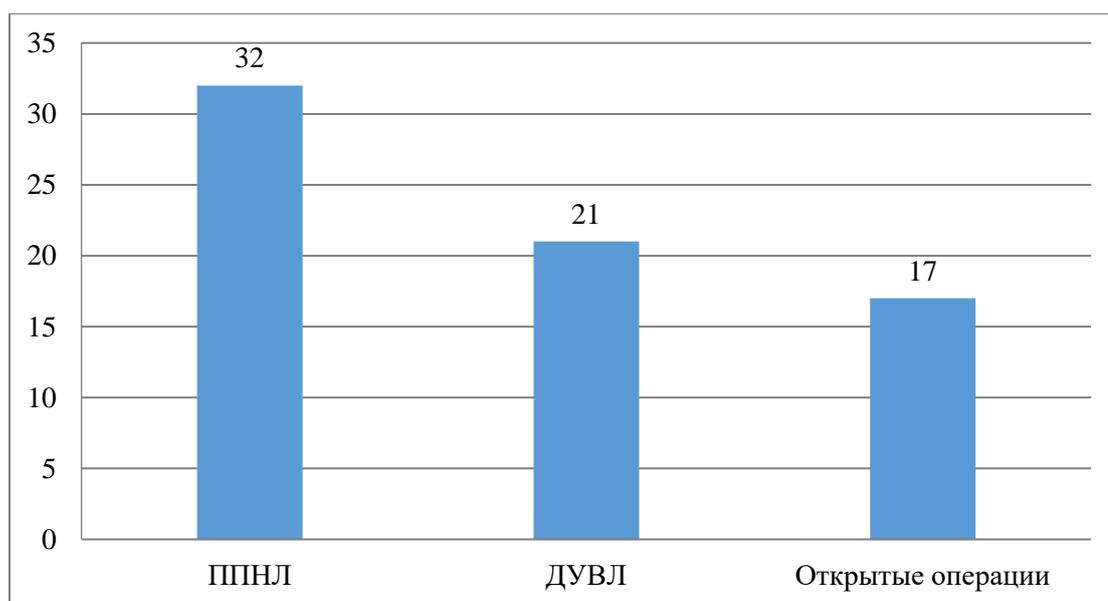


Рисунок 20 – Обострение хронического пиелонефрита при хирургическом лечении МКБ

На основании данных предоперационного обследования 294 больных, которым произведено дистанционное дробление мочевых камней мы обучили нейросеть, выходной величиной в которой было возникновение пиелонефрита после сеанса дробления. Затем нейронная сеть автоматически произвела расчет значимости отдельных параметров и удалила имеющие наименьшее значение. В результате, нами определен 21 параметр, имеющие наибольшее влияние на возникновение послеоперационного пиелонефрита (таблица 14).

Таблица 14 – Значимость предоперационных параметров в обострении калькулезного пиелонефрита при проведении ДУВЛ

№	Входной параметр	Значимость	№	Входной параметр	Значимость
1	Длительность заболевания	0,498	12	Дилатация ЧЛС по данным УЗИ	0,452
2	Хронический пиелонефрит в анамнезе	0,620	13	Время выведения препарата при реносцинтиграфии	0,421
3	Гипертермия	0,415	14	Фибриноген	0,421
4	Предшествующие операции на мочевых путях в анамнезе	0,592	15	Степень нарушения кровотока в почке при ЦДК	0,450
5	Уровень креатинина	0,321	16	Время накопления препарата при реносцинтиграфии, мин.	0,311
6	Скорость клубочковой фильтрации	0,354	17	Обтурация нижележащего отдела мочеточника	0,611
7	Повышение лейкоцитов в клиническом анализе крови	0,652	18	Перегиб мочеточника ниже камня	0,440
8	Уровень палочкоядерного сдвига нейтрофилов в общем анализе крови	0,696	19	Уретероцеле	0,301
9	Количество лейкоцитов в осадке мочи	0,780	20	Урологическая патология	0,589
10	Бактериологическое исследование мочи	0,665	21	Сахарный диабет	0,453
11	Уровень СОЭ, мл/мин.	0,775			

Рисунок 21 – Средняя значимость предоперационных данных при возникновении калькулезного пиелонефрита после дистанционной литотрипсии

С целью оценки эффективности методики в выборе тактики лечения и возможным возникновением острого пиелонефрита в раннем послеоперационном периоде произведено тестовое прогнозирование.

Клинический пример. Пациентка 25 лет, госпитализирована в урологическое отделение с приступом почечной колики. В отделении дообследована. По данным обзорной и экскреторной урографии диагностирован камень пиело-уретрального сегмента размерами 0,8×0,6 см, гидронефроз справа (рисунок 22).



Рисунок 22 – Обзорная и внутривенная урография у пациентки с камнем ПУС правой почки

В контрольных анализах крови повышение уровня лейкоцитоза до $12,52 \times 10^9/\text{л}$, СОЭ – 15 мм/час. Все указанные данные обследования внесены в обученную программу, где выходной величиной являлось возможное возникновение пиелонефрита после сеанса дистанционного дробления камня. Обученная программа определила высокий риск возникновения пиелонефрита (рисунок 23).

Пациентке произведена катетеризация мочеточника, а затем противовоспалительная терапия с последующим лабораторным контролем (рисунок 24).

Развернутый анализ крови	
Лейкоциты *10 ⁹	12,52
Базофилы	0,01
Эозинофилы	0
Нейтрофилы	
Миелоциты	7
Юные	0
Палочкоядерные	3
Сегментоядерные	78
Лимфоциты	12
Моноциты	1,11
СОЭ	15

Протеинурия	
Белок, г/л	0,096

Нарушение уродинмики	
<input checked="" type="radio"/> да	<input type="radio"/> нет

Лейкоцитурия	
до 10 лейкоцитов в поле зрения	<input checked="" type="radio"/> да
10-25 лейкоцитов в поле зрения	<input type="radio"/> да
более 25 лейкоцитов в поле зрения	<input type="radio"/> да
лейкоциты сплошь в поле зрения	<input type="radio"/> да

Гидронефроз	
отсутствует	<input type="radio"/> да
Гидронефроз I степени	<input checked="" type="radio"/> да
Гидронефроз II степени	<input type="radio"/> да
Гидронефроз III степени	<input type="radio"/> да

Рисунок 23 – Лабораторные и инструментальные данные пациента



Рисунок 24 – Обзорная урография после катетеризации мочеточника

После введения новых данных по методике нейросетевой оценки, обученная программа определила риск возникновения серозного пиелонефрита в раннем послеоперационном период, как предельно низкий.

Пациентке произведено дистанционное дробление конкремента, которое прошло без особенностей. Выписана на 3-е сутки после операции (рисунок 25).

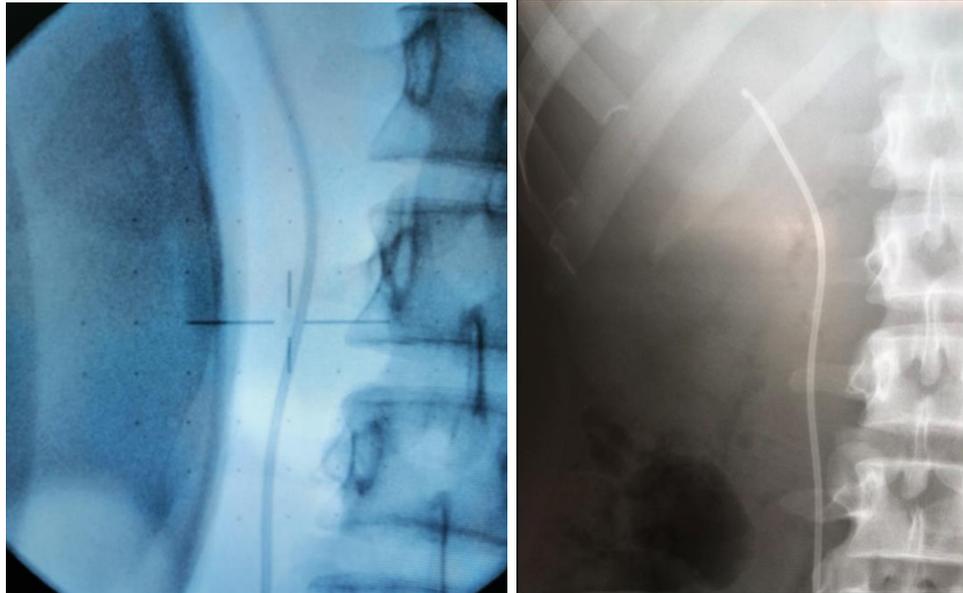


Рисунок 25 – Рентгеноскопия во время сеанса ДУВЛ.

Обзорная урография после ДУВЛ

Обструкция мочеточника

Обтурация мочеточника фрагментами камня после сеанса ДУВЛ наблюдалась в 35 случаях. Чаще всего такая ситуация возникала при дроблении крупных камней размерами более 1,5 см и требовала проведения повторных сессий дробления, если фрагменты локализовались в верхней трети мочеточника, или проведения уретероскопии и литоэкстракции при локализации фрагментов в дистальном отделе мочеточника. Ретроспективный анализ историй болезни позволил выделить основные причины обструкции.

Использование высокоэнергичных импульсов, приводящее к быстрому одномоментному разрешению крупных конкрементов (размерами более 1,5 см)

приводит к образованию крупнодисперсных фрагментов. Особенности анатомии чашечно-лоханочной системы (острый угол чашечки почки, длинные чашечки с узким перешейком, вертикальное расположение внепочечной лоханки), либо отсутствие выраженного расширения полостной системы. При такой ситуации даже фрагментация камней средних размеров, может привести к быстрой миграции фрагментов в мочеточник, а, следовательно, являться причиной будущей обструкции. Проподимость мочеточника также является важным фактором для профилактики обструкции, т.к. самостоятельное отхождение фрагментов зависит от функционального состояния мочевых путей.

Согласно расчётам программы, наиболее значимыми параметрами в возникновении «каменной дорожки» являлись факторы, которые указывали на образование крупных фрагментов после проведения сеанса литотрипсии (рисунок 26). А также параметры, указывающие на нарушение проходимости нижележащего отдела мочеточника. К примеру, если сеанс литотрипсии проводится на конкременте диаметром 1,5-2,0 см. Либо на конкременте среднего размера с максимальной мощностью и высокой частотой импульсов.

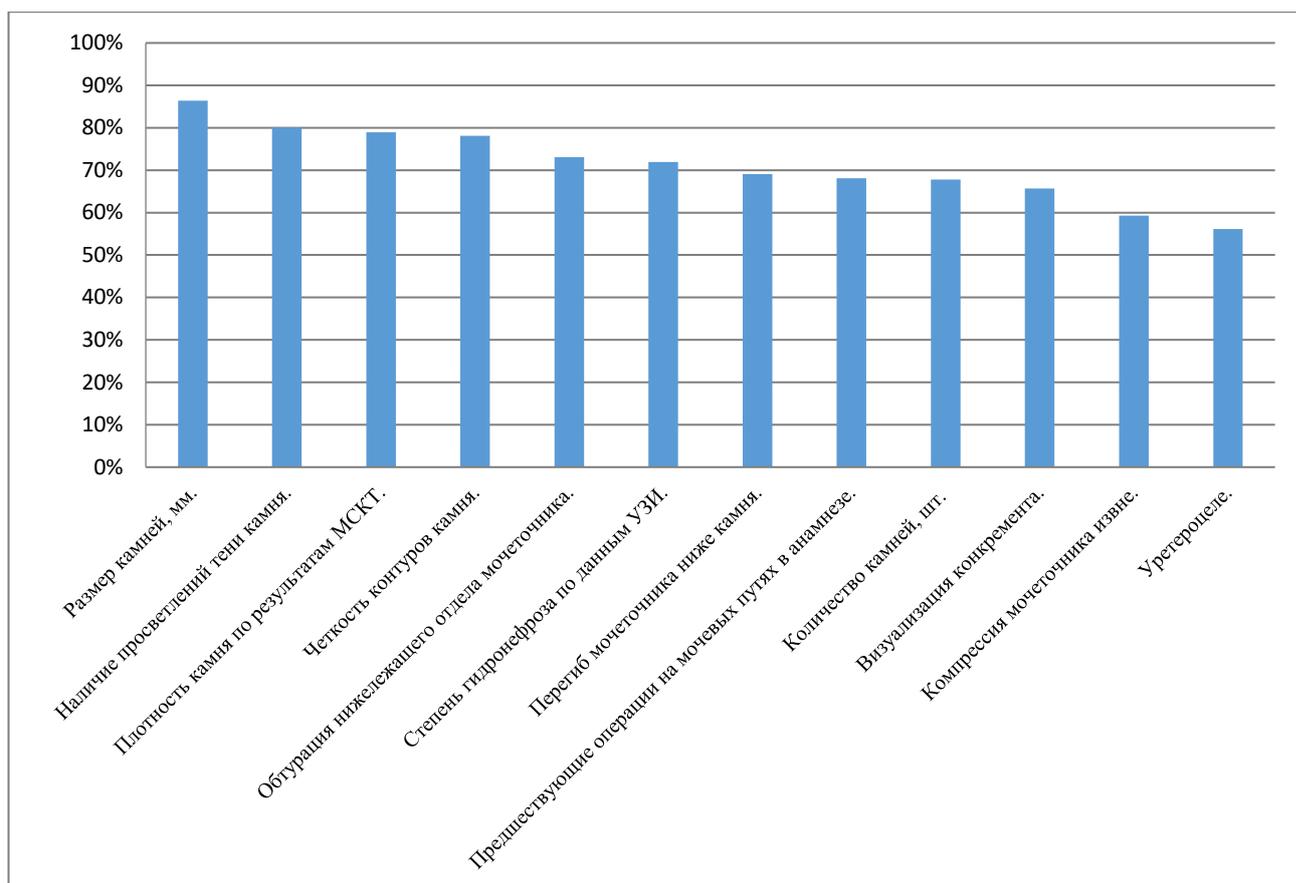


Рисунок 26 – Прогностическая значимость входных данных пациента в образовании «каменной дорожки» после сеанса ДУВЛ

Геморрагические осложнения у пациентов с ДУВЛ

В своем исследовании мы анализировали ранние послеоперационные осложнения. При проведении ДУВЛ оценивались: гематома почки, продолжительная макрогематурия, острый обструктивный пиелонефрит. Анализ 7 пациентов с геморрагическими осложнениями почек после ДУВЛ показал, что причинами гематомы почки были следующие факторы:

1. Нарушение гемостаза у двух пациентов за счет приема антикоагулянтов.
2. Использование большого количества импульсов (свыше 3,5 тысяч) при литотрипсии у больных с хроническим пиелонефритом.
3. Коротким временным промежутком (менее 5 суток) между сеансами ДУВЛ при литотрипсии конкрементов почек.
4. Выраженная артериальная гипертензия во время проведения сессии.

У пациентов с небольшой (60 мл) гематомой почки консервативная тактика лечения оказалась эффективной в 5 случаях. У 2 (0,7%) пациентов сеансы ДУВЛ осложнились образованием крупной гематомы почки объемом до 180 мл, что требовало проведения оперативного лечения в объеме люмботомии, и дренирования гематомы.

Длительная макрогематурия наблюдалась нами в 5 случаях. Проведение УЗИ-исследования почек исключило у данной группы пациентов наличия гематомы.

Риск геморрагических осложнений прямо пропорционально возрастал с ростом наличием у пациента хронического пиелонефрита в анамнезе. У 2 больных с гематомами почки, нами наблюдались проведение сеансов ДУВЛ на фоне умеренного нарушения свертывающей системы крови за счет приема антикоагулянтов. Еще у 2 пациентов с гематомами почки наблюдался дефицит масса тела (индекс массы тела менее 18,5). Недостаточное развитие подкожно-жировой клетчатки являлась причиной большей травматизации паренхимы почки при адекватном количестве импульсов по время сессии литотрипсии.

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 (таблица 15, рисунок 27).

Таблица 15 – Средняя значимость предоперационных параметров в развитии послеоперационных геморрагических осложнений при применении ДУВЛ

№	Входной параметр	Значимость	№	Входной параметр	Значимость
1	Фибриноген	0,672	10	Плотность камня по результатам МСКТ	0,547
2	АЧТВ	0,620	11	Обтурация нижележащего отдела мочеточника	0,311

3	ПТВ	0,656	12	Сердечно-сосудистая патология	0,440
4	Уровень гемоглобина в общем анализе крови, г/л	0,490	13	Сахарный диабет	0,310
5	Повышение лейкоцитов в клиническом анализе крови	0,358	14	Дилатация ЧЛС по данным УЗИ	0,470
6	Количество эритроцитов в осадке мочи, в поле зрения	0,460	15	Степень нарушения кровотока в почке при ЦДК	0,643
7	Количество лейкоцитов в осадке мочи, в поле зрения	0,321	16	Размер камней, мм	0,360
8	Уровень СОЭ, мл/мин	0,450	17	Наличие просветлений тени камня	0,510
9	Толщина паренхимы почки, мм	0,585			

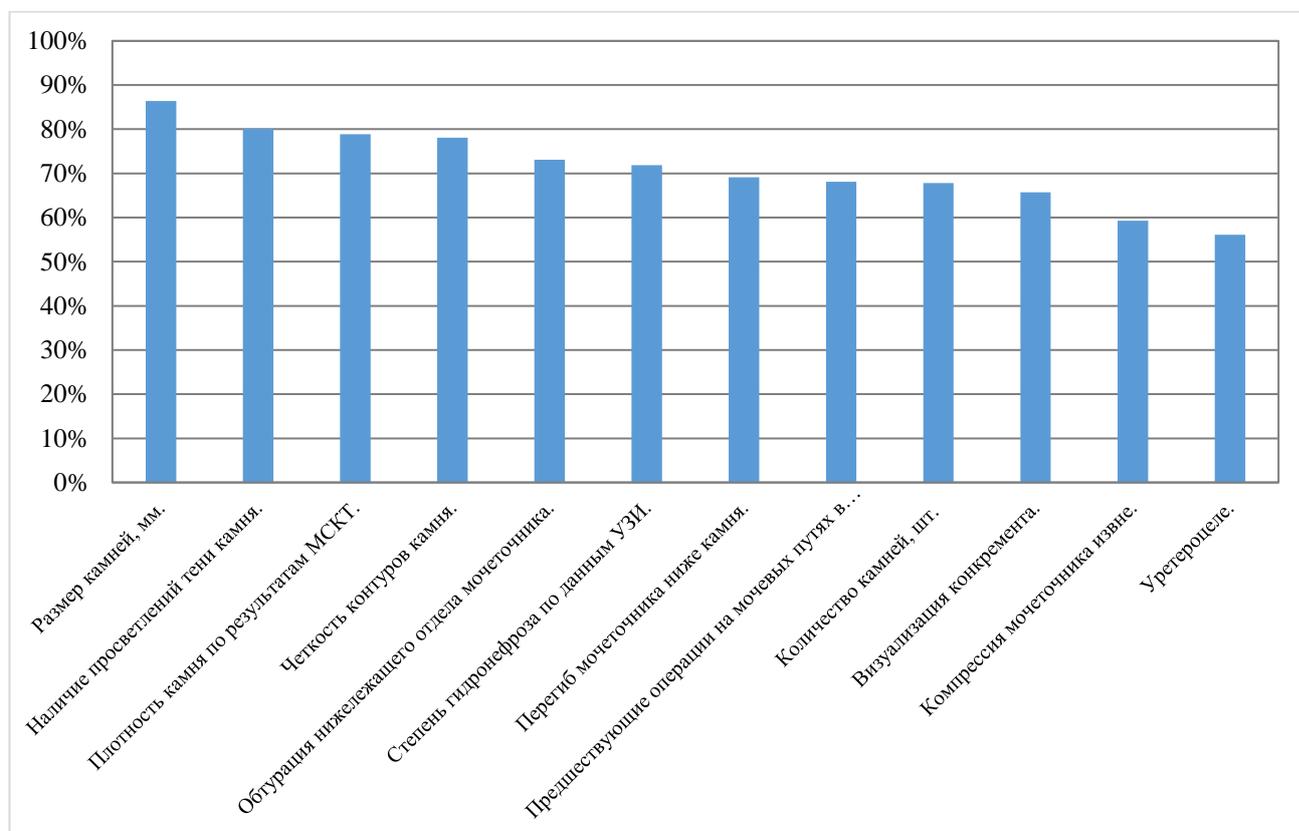


Рисунок 27 – Прогностическая значимость входящих данных пациента в развитии послеоперационных геморрагических осложнений у пациентов после ДУВЛ

Наибольшее значение имели ($p < 0,05$), показатели, указывающие на нарушение гемостаза, наличие артериальной гипертензии, а также выраженная эктазия полостной системы почки, размеры камня и высокая рентгенологическая плотность камня.

4.3 Анализ осложнений у пациентов после перкутанной нефролитолапаксии

Большое количество интраоперационных осложнений может случиться практически на любом этапе при выполнении ПНЛЛ: пункция, создание и расширение рабочего канала, КЛТ, удаление фрагментов, установка нефростомы (рисунок 28).

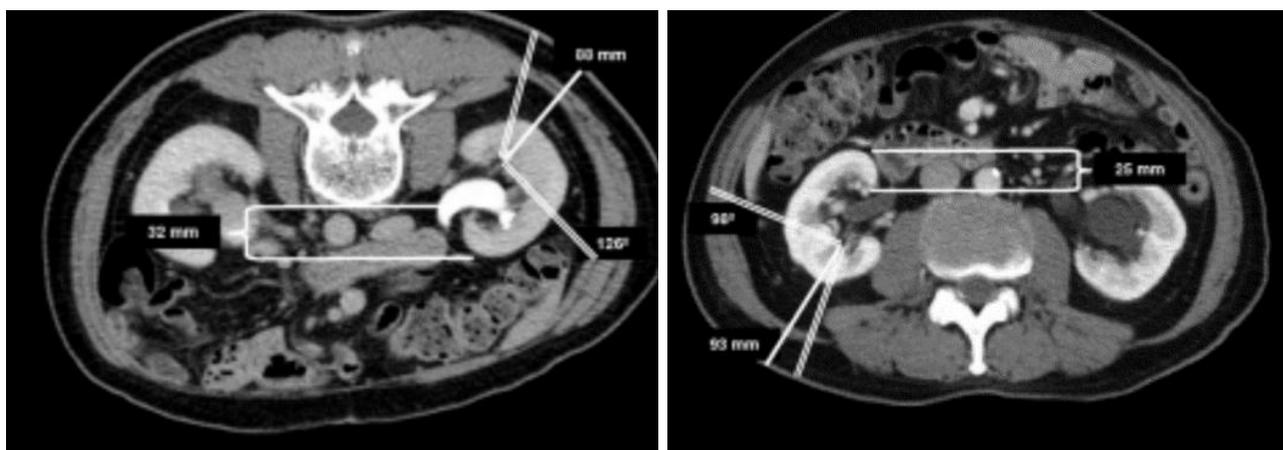


Рисунок 28 – Компьютерная томография, различия между пункцией полостной системы почки в положениях на спине и на животе

Уже на первом этапе пункции ЧЛС и формирования рабочего канала возможно развитие серьезных осложнений, заставляющих порой заканчивать операцию не удалив конкремент (рисунок 29).

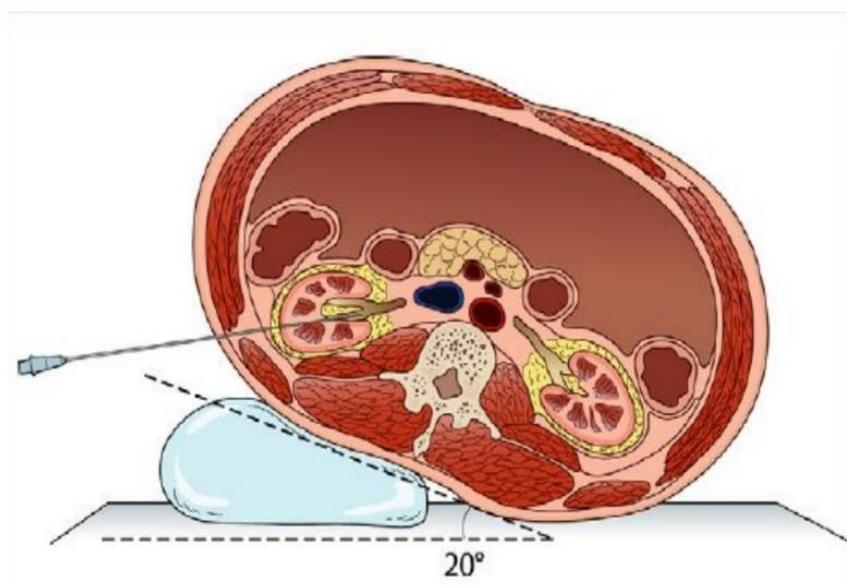


Рисунок 29 – Supine position с углом наклона 20°

Используя нейронную сеть, произведен расчет наиболее значимых предоперационных параметров в развитии послеоперационного кровотечения у пациентов после перкутанной нефролитолапаксии (таблица 16, рисунок 30).

Таблица 16 – Средняя значимость предоперационных данных в развитии послеоперационных геморрагических осложнений после ПНЛЛ

№	Входной параметр	Значимость	№	Входной параметр	Значимость
1	Количество камней, шт.	0,85	7	Фибриноген	0,55
2	Размер камней, мм	0,77	8	Плотность камня по результатам МСКТ	0,43
3	Дилатация ЧЛС по данным УЗИ	0,72	9	Толщина паренхимы почки, мм	0,41
4	Предшествующие операции на мочевых путях в анамнезе	0,68	10	ПТВ	0,40
5	Визуализация конкремента	0,61	11	Уровень СОЭ, мл/мин	0,33
6	Степень нарушения кровотока в почке при ЦДК	0,55			

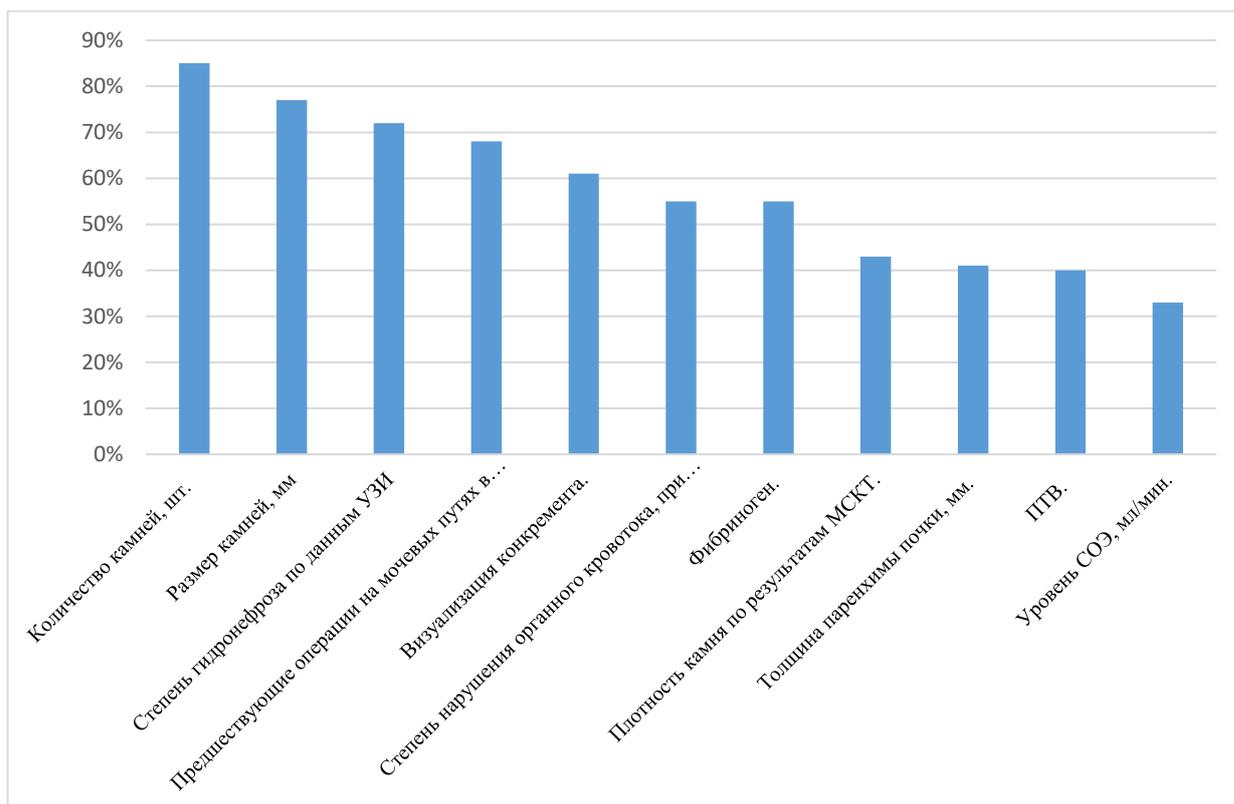


Рисунок 30 – Прогностическая значимость вводных данных в развитии послеоперационных геморрагических осложнений после перкутанных операций

Наиболее прогностически значимыми ($p < 0,05$), явились показатели, которые указывали на наличие крупного камня в лоханке, или нескольких камней в отлогах чашечках почки, по-нашему мнению именно манипуляции с целью удаления конкрементов чашечек, а также разрушение крупного камня почки способствовало возникновению кровотечения как интраоперационно, так и в раннем послеоперационном периоде. Из других наиболее значимых показателей нами отмечено наличие изменений в свёртывающей системе крови.

Кровотечение

У всех пациентов, подвергшихся ПНЛЛ, отмечалась кровопотеря, в той или иной степени. Большинство интраоперационных кровотечений устранялись путем пережатия нефростомы на 20-30 минут с целью создания гемотампонады в чашечно-лоханочной системе.

Вовремя нефроскопии с использованием стандартного тубуса (Ch25) у 12 пациентов кровотечение во время операции усиливалось, препятствуя успешному удалению камней. В подобных случаях операция заканчивалась установкой нефростомы, и конкременты у данной группы пациентов удалялись во второй этап через 3-5 дней. Нами отмечено, что выраженное кровотечение было у пациентов с множественными камнями почек. К примеру пациент с купным камнем лоханки почки и небольшими камнями в чашечках. Конкремент лоханки должен быть удален первым, соответственно его элиминация требует минимальные движения нефроскопом, затем удаляются уже камни в чашечках, здесь же активность движения инструментов увеличивается, следовательно, увеличивается и кровотечение. После проведения гемостатических мероприятий (холод на поясничную область, Транексам 1 000 мг) через 30 минут нефростомический дренаж открывался. Лизирование сгустков в почечной лоханке происходило на протяжении следующих 1-3 суток.

Инфекционные осложнения

Используя данные 266 пациентов которым проводилась ПНЛЛ была создана и обучена нейросеть, в которой выходной величиной явился факт, возникнет ли пиелонефрит после данного вида лечения. Затем нейронная сеть произвела автоматическое удаление наименее значимых факторов. Были определены 19 параметров, которые имели наибольшее влияние на возникновение пиелонефрита в послеоперационном периоде (таблица 17).

Таблица 17 – Средняя значимость предоперационных данных в обострении пиелонефрита после выполнения ПНЛЛ

№	Входной параметр	Значимость	№	Входной параметр	Значимость
1	Длительность заболевания	0,695	11	Уровень СОЭ, мл/мин	0,870
2	Хронический пиелонефрит в анамнезе	0,725	12	Дилатация ЧЛС по данным УЗИ	0,610

3	Гипертермия	0,655	13	Время выведения фармпрепарата при реносцинтиграфии	0,550
4	Предшествующие операции на мочевых путях в анамнезе	0,720	14	Фибриноген	0,585
5	Уровень креатинина	0,450	15	Степень нарушения кровотока в почке при ЦДК	0,741
6	Скорость клубочковой фильтрации	0,360	16	Время накопления фармпрепарата при реносцинтиграфии, мин.	0,535
7	Повышение лейкоцитов в клиническом анализе крови	0,670	17	Обтурация нижележащего отдела мочеточника	0,403
8	Уровень палочкоядерного сдвига нейтрофилов в общем анализе крови	0,710	18	Перегиб мочеточника ниже камня	0,350
9	Количество лейкоцитов в осадке мочи	0,865	19	Сахарный диабет	0,470
10	Бактериологическое исследование мочи	0,550			

Была подчеркнута определенная особенность, к примеру, наличие бактериурии в анализе мочи не имеет определяющего значения в возникновении пиелонефрита после операции (рисунок 31). В тоже время наличие лейкоцитурии играет важную роль в развитии послеоперационного пиелонефрита ($p < 0,05$).

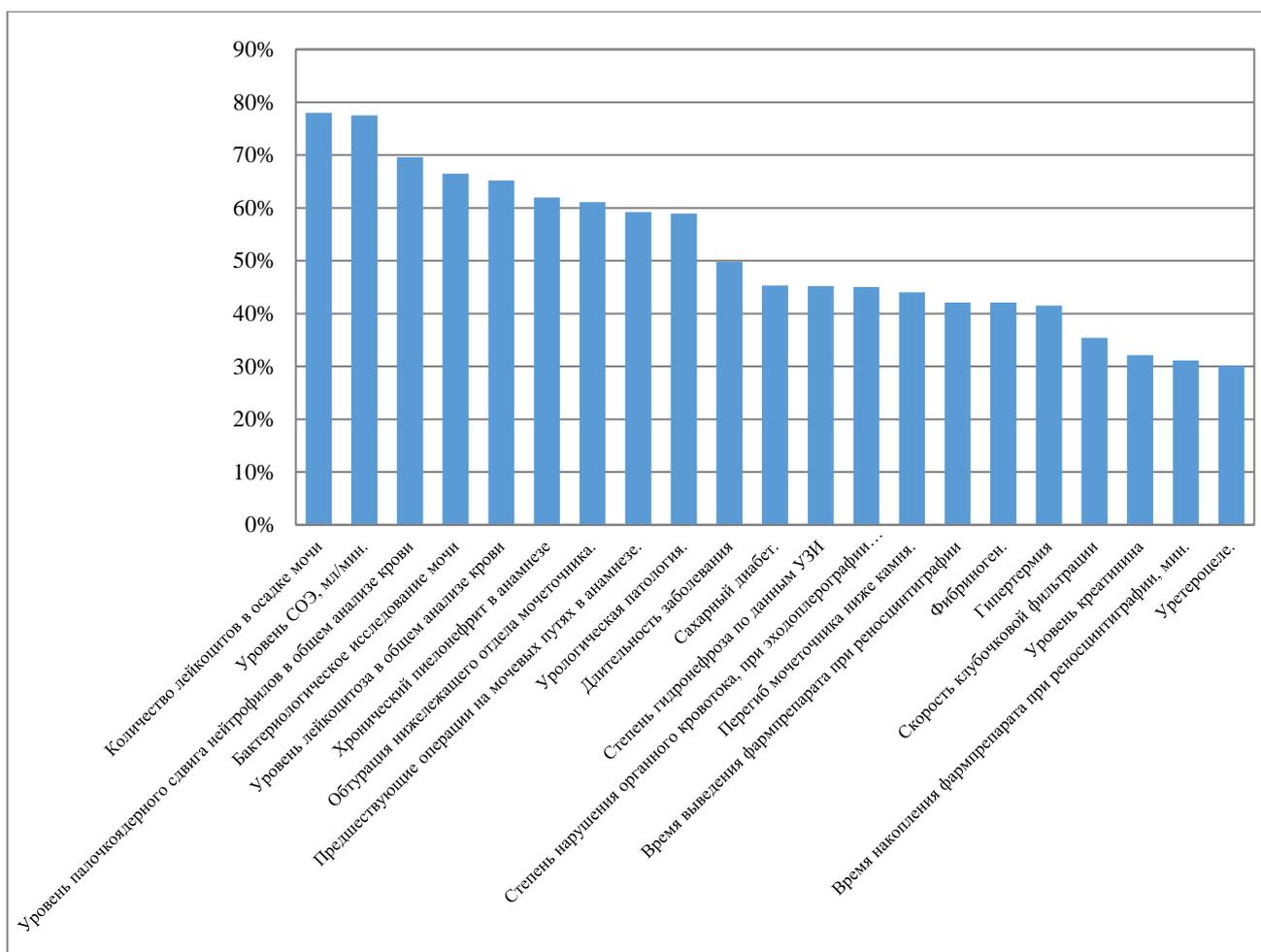


Рисунок 31 – Средняя значимость предоперационных данных в обострении калькулезного пиелонефрита после выполнения ПНЛЛ

Также нами определена прогностическая значимость отдельных параметров в развитии гнойного пиелонефрита.

Гнойный пиелонефрит

В данном случае выходной величиной являлся факт развития гнойного пиелонефрита у пациентов с камнями почек (рисунок 32).

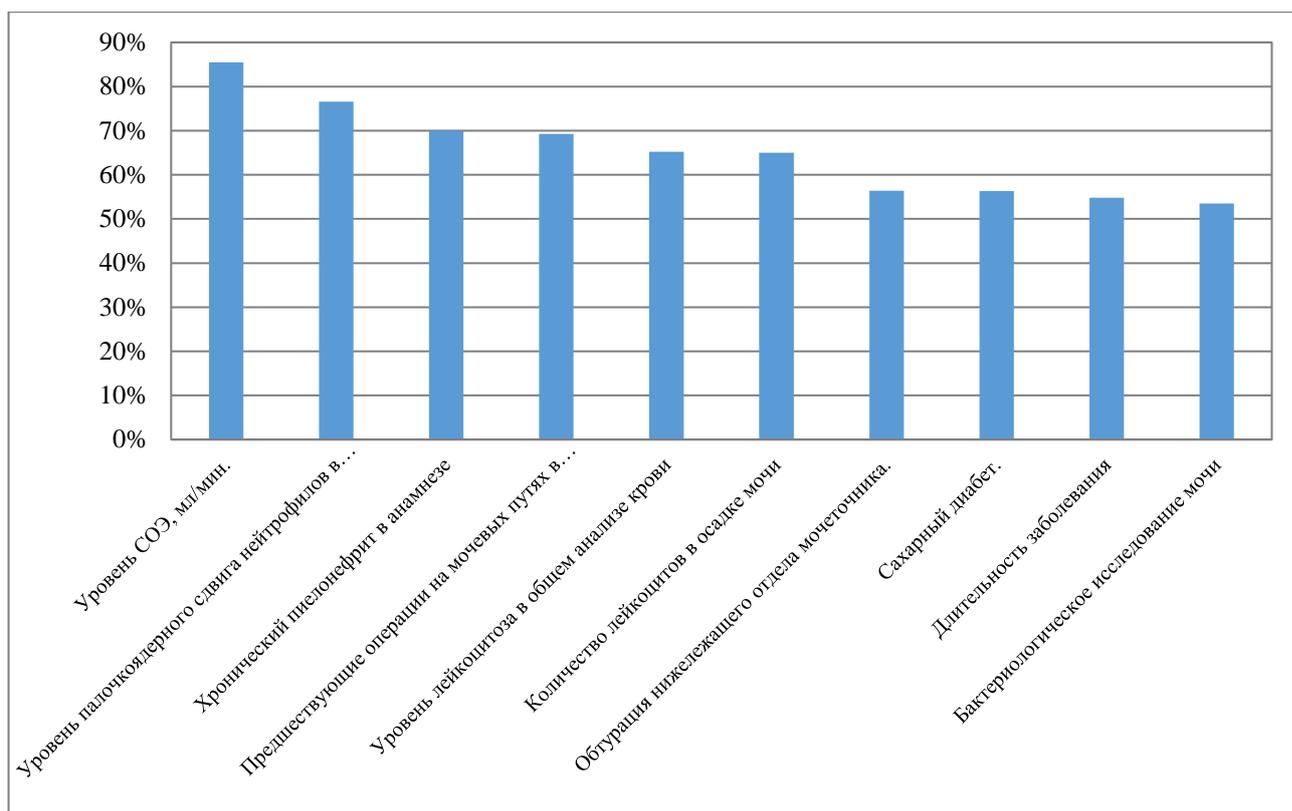


Рисунок 32 – Средняя значимость данных в возникновении гнойного пиелонефрита у пациента с МКБ

4.4 Анализ осложнений открытых оперативных вмешательств

Во всем мире просматривается тенденция в хирургическом лечении камней почек с применением перкутанной нефролитотомии. Открытые хирургические вмешательства стали выполняться гораздо реже, только в особых случаях. Однако, очевиден тот факт, что необходимость в открытой хирургии всегда будет присутствовать.

Инфекционно-воспалительные осложнения

Самым частым осложнением раннего послеоперационного периода был острый пиелонефрит. С данным осложнением столкнулись 17 (26,2%) пациентов. Развитие атаки пиелонефрита после пиелонефролитотомии в 5 (7,7%) случаях, в остальных 12 (18,5%) случаях пациентам была выполнена пиелолитотомия.

По нашему мнению, основными причинами возникновения данного вида осложнения явились: достаточно высокая травматичность вмешательства, а также наличие длительного латентного воспалительного процесса. В основе ликвидации воспалительного процесса находилось устранение первопричины, приведшей к данному осложнению, и проведение противомикробной, противовоспалительной, дезинтоксикационной терапии.

Используя систему нейросетевых оценок на входных данных 65 пациентов была создана и обучена нейронная сеть, в которой выходной величиной явился факт, возникнет ли пиелонефрит после данного вида лечения. Выделено 15 параметров, которые имели наибольшее влияние на возникновение пиелонефрита после операции (таблица 18).

Таблица 18 – Прогностическая значимость предоперационных данных пациентов с камнями почек в обострении калькулезного пиелонефрита при выполнении традиционных открытых операций

№	Входной параметр	Значимость	№	Входной параметр	Значимость
1	Повышение лейкоцитов в клиническом анализе крови	0,883	9	Длительность заболевания	0,621
2	Уровень СОЭ, мл/мин	0,821	10	Фибриноген	0,610
3	Уровень палочкоядерного сдвига нейтрофилов в общем анализе крови	0,813	11	Степень нарушения кровотока в почке при ЦДК	0,581
4	Количество лейкоцитов в осадке мочи	0,782	12	Дилатация ЧЛС по данным УЗИ	0,571
5	Сахарный диабет	0,726	13	Хронический пиелонефрит в анамнезе	0,550
6	Предшествующие операции на мочевых путях в анамнезе	0,682	14	Уровень креатинина	0,544
7	Гипертермия	0,675	15	Скорость клубочковой фильтрации	0,531

8	Бактериологическое исследование мочи	0,642
---	--------------------------------------	-------

Наиболее важными факторами, явились ($p < 0,05$): Повышение лейкоцитов в клиническом анализе крови, палочкоядерный сдвиг нейтрофилов в общем анализе крови, уровень СОЭ, количество лейкоцитов в осадке мочи, выявление клинической значимой бактериурии в бактериологическом посеве мочи, степень нарушения органного кровотока при эходоплерографии сосудов почки, наличие у пациента сахарного диабета, хронический пиелонефрит в анамнезе, ранее предшествующие операции на мочевых путях, длительность заболевания, наличие гипертермии, уровень фибриногена.

Были подчеркнуты некоторые особенности, факторы возникновения острого пиелонефрита в раннем послеоперационном периоде при выполнении открытых операций практически сопоставимы с факторами возникновения пиелонефрита при выполнении ПНЛЛ ($p < 0,05$) (рисунок 33).

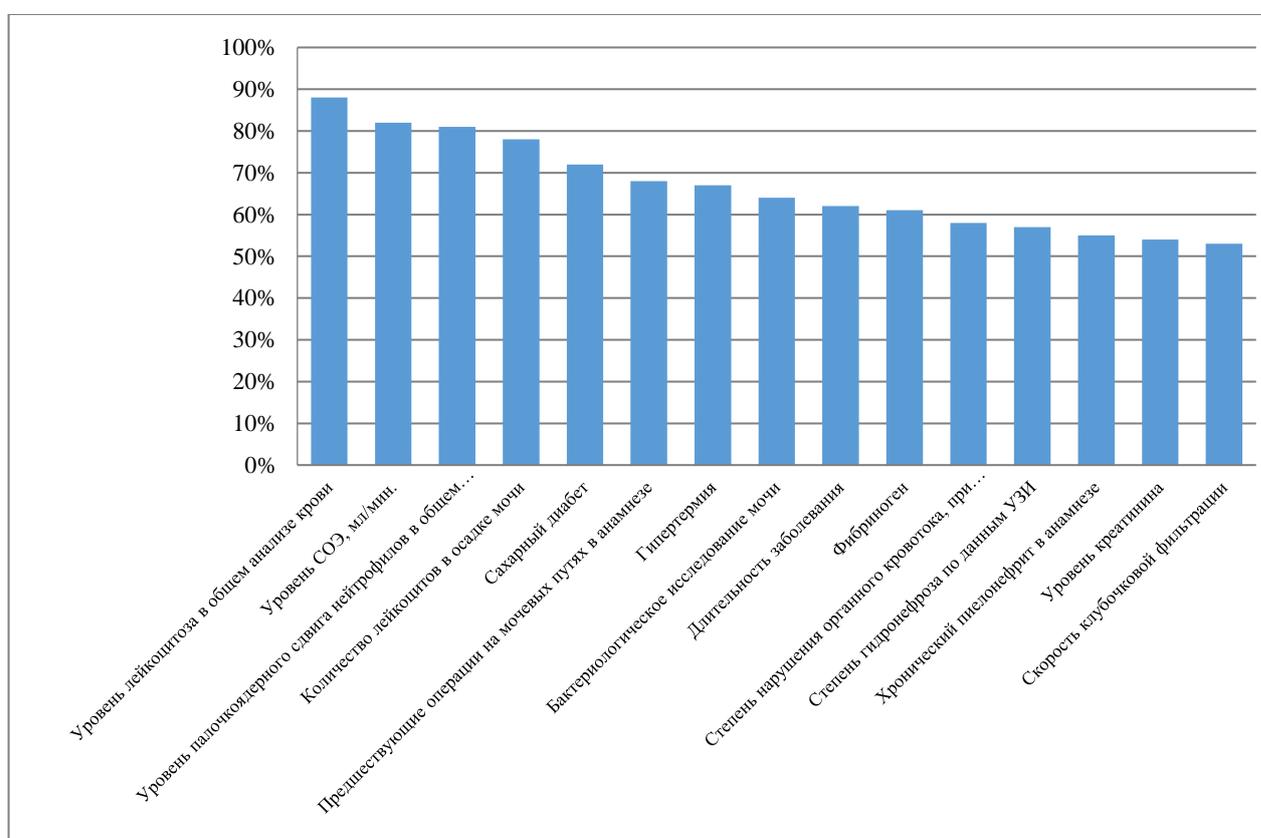


Рисунок 33 – Прогностическая значимость предоперационных данных

пациентов с камнями почек в обострении калькулезного пиелонефрита при выполнении традиционных открытых операций

4.5 Характеристика и результаты клинических наблюдений в группе тестирования

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 известных послеоперационными исходами и известной тактикой лечения. Параметры предоперационного обследования каждого пациента из группы вводились в обученную нейронную сеть, после программа автоматически добавляла пациентов к определённой группе хирургического лечения, другими словами индивидуально определяла метод оперативного 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%). 88% (123) пациентов госпитализировано в плановом порядке. В экстренном порядке госпитализированы 17 (12%) пациента с клиникой почечной колики. Впервые диагноз был установлен у 106 (75,5%), рецидив нефролитиаза выявлен в 40% (250) случаях. Двухсторонние камни определялись у 15% пациентов. Множественные конкременты встречались у 8% пациентов. Локализация конкрементов представлена на рисунке 34.

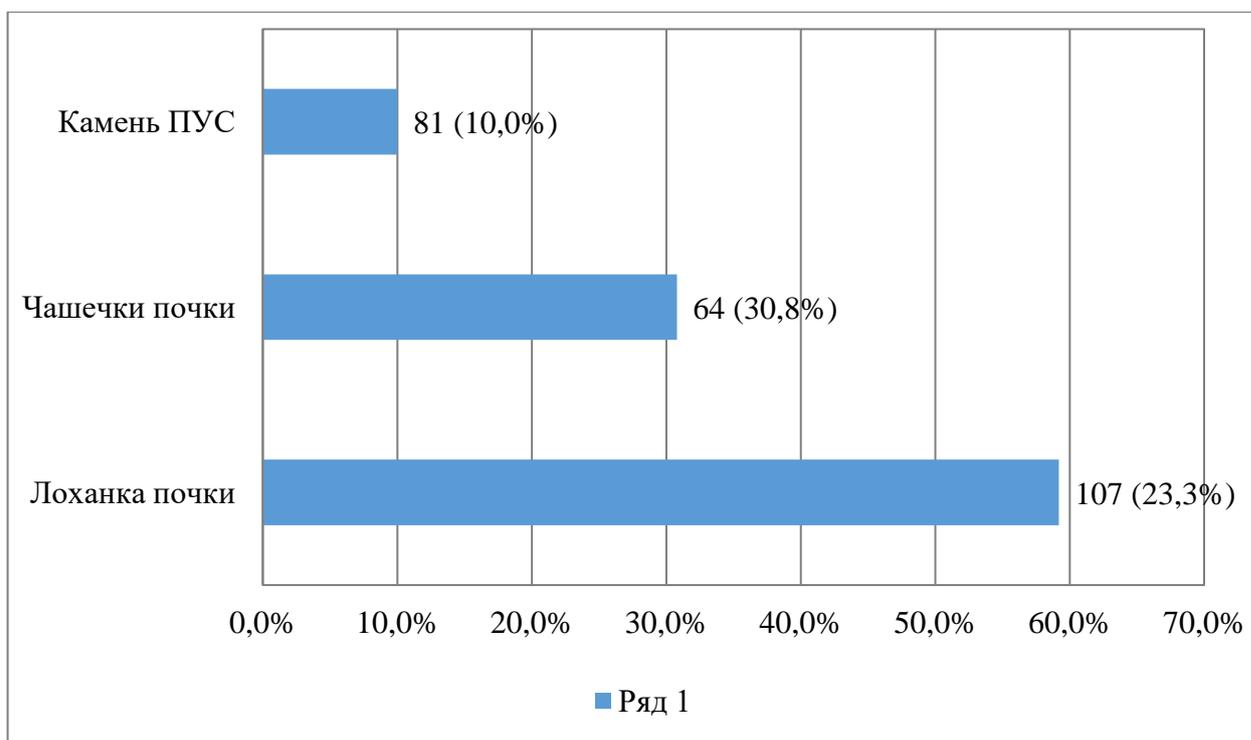


Рисунок 34 – Локализация конкрементов в группе тестирования

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 (рисунок 35).

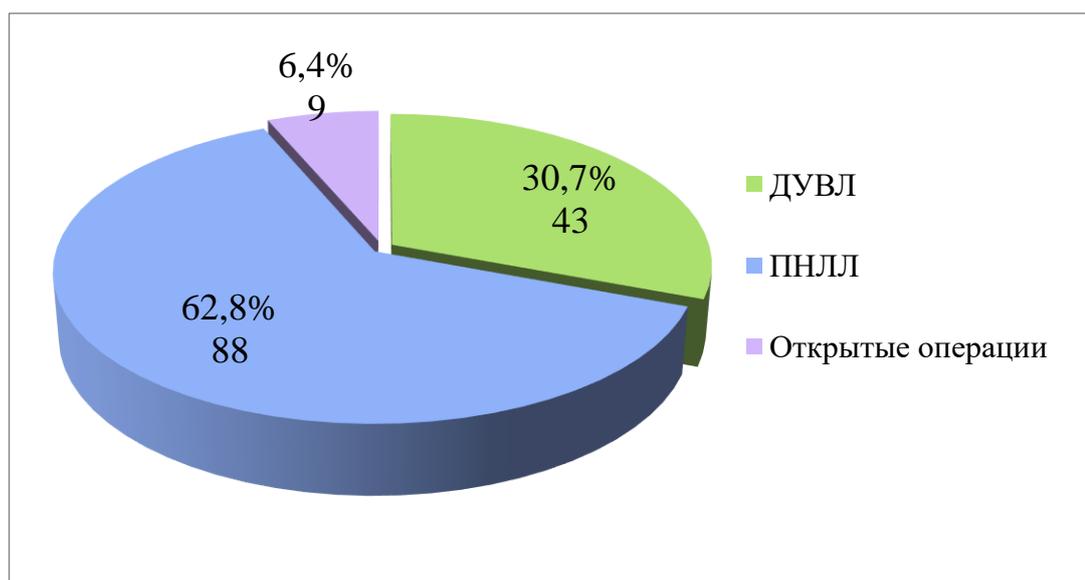


Рисунок 35 – Структура методов элиминации конкрементов

Кровопотеря при использовании хирургических вмешательств не превышала 300 мл. Во всех случаях данный вид осложнения компенсирован консервативными мероприятиями, без проведения гемотрансфузии.

Бактериурия выявлена у 65 пациентов. Клинически значимая бактериурия ($>10^5$ КОЕ/мл) имела место у 40 больных. При оценке результатов бактериологического исследования мочи обращало на себя внимание преобладание грамотрицательной флоры: *Klebsiella pneumoniae* – 21, *Escherichia coli* – 15, *Staphylococcus epidermidis* – 11, *Enterococcus faecalis* – 9, *Candida albicans* также у 9. У 11 пациентов наблюдалась микст инфекция, вызванная *Escherichia coli* и *Enterococcus faecalis*. *Klebsiella pneumoniae* и *Enterococcus faecalis*. Распределение штаммов микроорганизмов по группам представлено в таблице 19.

Таблица 19 – Возбудители хронического пиелонефрита

Вид возбудителя	Абс. число (%)
<i>Escherichia coli</i>	15
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	21
<i>Enterococcus faecalis</i>	9
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	11
<i>Candida albicans</i>	9
<i>Escherichia coli</i> + <i>Enterococcus faecalis</i>	5
<i>Enterococcus faecalis</i> + <i>Klebsiella pneumoniae</i>	6
Всего	65

Выраженность воспалительного процесса и тяжесть течения пиелонефрита оценивался по показателям лейкоцитов и уровню СОЭ в клиническом анализе крови, бактериурии и лейкоцитами в анализе мочи. Повышение лейкоцитов в крови имело место в 76 случаях, увеличение СОЭ отмечалось у 35 пациентов. Лейкоцитурия была выявлена у 45 больных, причем в половине случаев при микроскопии лейкоциты заполняли все поле зрения.

Снижение экскреторной функции почек данным внутривенной урографии отмечено нами в 42 случаях. У остальных пациентов функция почек была сохранена, что указывало на удовлетворительную сократительную способность полостной системы почки.

Показатель stone-free rate является основным критерием результативности хирургической операции. Наибольшее количество резидуальных фрагментов отмечалось при проведении дистанционной литотрипсии – 45% случаев. Полная дезинтеграция конкрементов наступала в 77%, частичная в 23% случаях. Среднее количество сеансов литотрипсии на пациента составило $2,5 \pm 0,4$. Резидуальные фрагменты на момент выписки наблюдались у 19 (45%) пациентов: у 9 в почке (в основном нами наблюдалась миграция фрагментов в нижнюю группу чашечек, у 7 пациентов). В 10 случаях фрагменты мигрировали в нижнюю треть мочеточника. У 7 пациентов отмечено отхождение фрагментов в амбулаторном периоде. Остальным пациентам была произведена уретероскопия, литоэкстракция через 3 недели после выписки на амбулаторный этап лечения. В 4 (9,3%) случаях сеансы ДУВЛ оказались неэффективными, что потребовало смены метода лечения, данной группе пациентов произведена перкутанная нефролитолапаксия.

Клиника обтурационного пиелонефрита после сеансов литотрипсии отмечалась нами в 9,3% (4) случаях. Всем пациентам произведено стентирование мочеточника. В дальнейшем после терапии пиелонефрита и купирования воспаления производилось удаление стента (в среднем через 2 недели), после чего происходило отхождение фрагментов камня.

При анализе результатов перкутанной нефролитолапаксии в 23% (26) случаях диагностированы клинически значимые резидуальные фрагменты диаметром более 4 мм. Повторная нефроскопия снизила данный показатель до 7%. Часть конкрементов удалить из одного рабочего канала не представлялась возможным, чаще всего из-за анатомических особенностей чашечно-лоханочной системы.

Воспалительные осложнения в раннем послеоперационном периоде после перкутанных операций отмечены в 34% (30). В 9 случаях наблюдались явления

обострения калькулёзного пиелонефрита (таблица 20). У 21 пациента отмечали случае бактериурию в анализе мочи. Продолжающаяся макрогематурия более чем 3 суток отмечалась у 8 (9,09%) пациентов. Выполнение КТ почек в раннем послеоперационном периоде позволило исключить образование подкапсульной гематомы у данной категории больных. Во всех случаях гематурия купирована консервативными методами.

Таблица 20 – Структура послеоперационных осложнений инфекционного характера у пациентов после ПНЛЛ

Осложнения инфекционного характера	Число пациентов, n=21
Бактериурия, при неинфицированных конкрементах	21
Серозный пиелонефрит	9

Разработанная программа правильно выбрала методику лечения в 88% случаях: 7 пациентов из группы где выполнялась дистанционная литотрипсии были определены нейросетью в группу пациентов с перкутанной методикой удаления камня. Ретроспективный анализ историй данных больных показал: в 4 случаях сеансы литотрипсии оказались неэффективными, а у двух пациентов случаях фрагментация камней происходила лишь на четвертой сессии дробления. В одном случае после фрагментации камня нами отмечалось образование «каменной дорожки», что потребовало проведения уретероскопии, литоэкстракции.

Обострение калькулёзного пиелонефрита верно указано у 2 больных из 4 в группе дистанционной литотрипсии, в 8 случаях из 9 у пациентов из группы перкутанной литолапаксии. Геморрагические осложнения предсказаны в группе ПНЛЛ – в 7 случаях из 8. В результате, специфичность созданных нейросетевых программ составила 83,7%, а чувствительность – 88%.

4.6 Оценка эффективности реализации методики нейросетевого оценивания

при дистанционной ударно-волновой литотрипсии

Клиническая эффективность разработанной системы рекомендаций по выбору метода хирургического лечения при мочекаменной болезни оценивалась при помощи проспективного исследования. Из 150 пациентов методом случайной выборки было сформировано две группы пациентов по 75 человек.

Пациентам первой группы метод хирургического лечения определялся согласно рекомендациям лечащих врачей. Во второй группе тактика лечения выбиралась, учитывая рекомендации с использованием системы в рамках разработанной методики. В каждом конкретном случае применялись уже созданные и обученные нейронные сети. Все пациенты в группах сравнения имели сходный возрастной состав, а также локализацию и размеры конкрементов.

В группах сравнения структура операций статистически значимо не различались (рисунок 36). Однако, во второй группе количество открытых операции и перкутанных нефролитотомий было меньше.

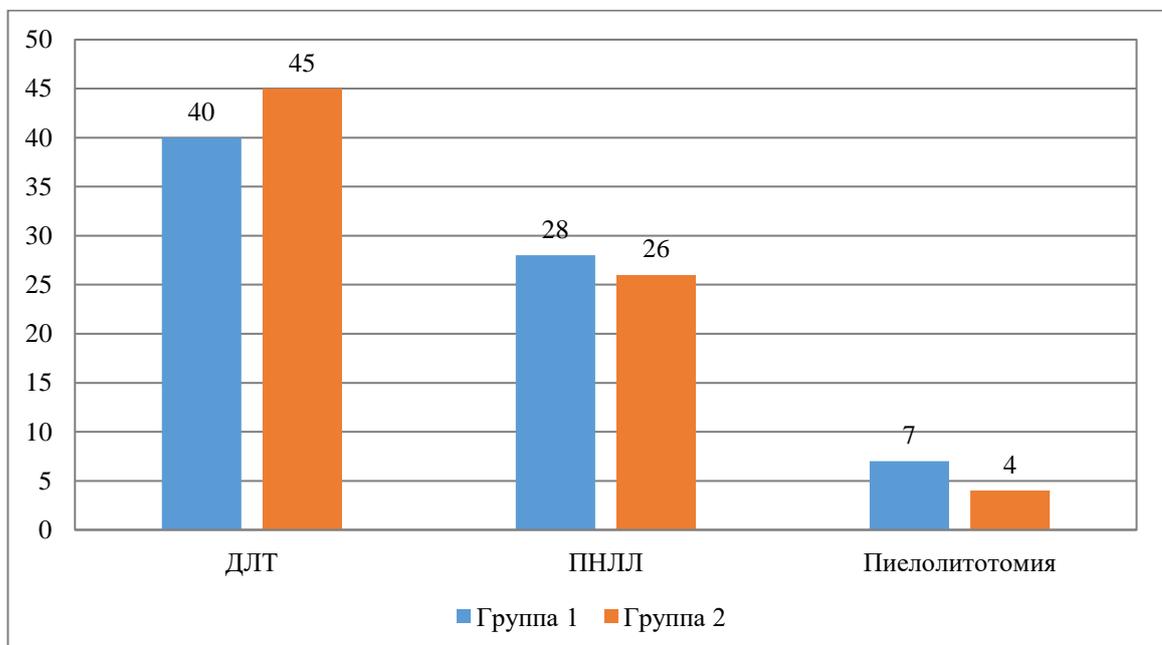


Рисунок 36 – Структура методов хирургического лечения в группах пациентов с МКБ

В первой группе методика дистанционной литотрипсии применялась нами в 40 (53,3%) случаях. Среднее количество сеансов – $2,2 \pm 0,3$. Остаточные фрагменты наблюдались в 30% (12) случаях, причем в 8 случаях отмечалось образование «каменной дорожки» (рисунок 37). Ретроспективный анализ данной ситуации выявил следующие причины: когда осуществлялась фрагментация крупного камня (диаметром 1,5-2,0 см) с использованием «жестких» режимов разрушения без предварительного дренирования верхних мочевых путей, наличие анатомических особенностей мочевых путей (точное устье мочеточника, уретероцеле, перегиб мочеточника), вклиненные в пиелоуретральный сегмент конкременты, повышенное потребление жидкости в первые сутки с применением мочегонных препаратов, длительный прием спазмолитиков в предоперационном периоде, приводящее к снижению перистальтики мочеточника.

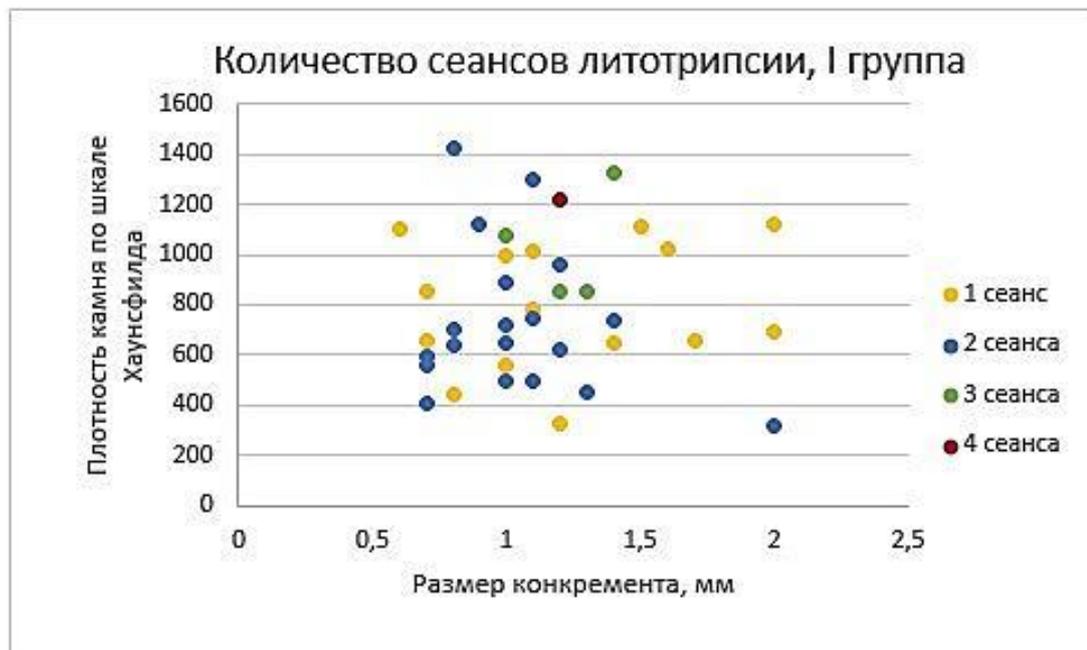


Рисунок 37 – Частота успеха сеансов литотрипсии для I группы пациентов

У 10 пациентов выполнена инверсия лечебной тактики по причине полного отсутствия фрагментации камня после второго сеанса литотрипсии. Во всех случаях нами выполнялась ПНЛЛ. В 4 случаях наблюдались явления

пиелонефрита, имеющего обтурационный характер, что требовало выполнения манипуляций с целью восстановления пассажа мочи – катетеризации мочеочника.

Ретроспективный анализ причин пиелонефрита выявил следующие факторы, определяющие развитие данного состояния: недооценка степени тяжести хронического воспалительного процесса, значительное нарушение оттока мочи, отсутствие выполнения предварительного стентирования или катетеризации мочеочника на фоне терапии пиелонефрита, использование «жестких» режимов разрушения при наличии крупного конкремента (диаметром 1,5-2,0 см), обтурация мочеочника в нижней трети крупными фрагментами конкремента.

Эффективность дистанционной ударно-волновой литотрипсии в первой группе составила 75%.

Во второй группе пациентов дистанционная литотрипсия выполнялась в 45 (60%) случаях. Среднее количество сеансов – $1,7 \pm 0,2$. Остаточные фрагменты наблюдались в 15,6% (7) случаях. Лишь у троих пациентов. В 8 случаях мы наблюдали образование «каменной дорожки». Из-за неэффективности ДУВЛ выполнение перкутанной нефролитолапаксии осуществлялось нами в 4 случаях. Таким образом, эффективность ДУВЛ в группе пациентов с использованием нейронных сетей составила 91,1% (рисунок 38).

Говоря об эффективности сеансов дистанционной литотрипсии в группах сравнения параметры различались в значительной степени – в группе больных с использованием нейросетей ДУВЛ имела большую эффективность за счет большего количества фрагментаций камня, при меньших энергетических затратах (рисунок 39).

Улучшение хирургического лечения за счет применения нейросетевых алгоритмов привело к снижению количества койко-дня и к улучшению показателей качества оказания медицинской помощи в целом (таблица 21). Низкая эффективность дистанционной литотрипсии обусловила изменение лечебной тактики у 25 % (10) пациентов первой группы и лишь у 8,9 % (4) пациентов второй группы.

Таблица 21 – Показатели качества лечения пациентов с МКБ в группах сравнения

Показатель качества лечения (p<0,05)	I группа	II 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%)

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.

Ниже представлен клинический пример использования разработанной методики при применении дистанционной литотрипсии.

Пациентка 19 лет, госпитализирована в отделение в экстренном порядке с клиникой почечной колики справа. Обзорная урография: в проекции мочевых путей теней, подозрительных на конкременты не определяется. Эскреторная урография: рентгенологические признаки («симптом указательного пальца») камня пиелоуретрального сегмента, гидронефроз справа, так же отмечается особенное строение полостной системы почки: тип АII по классификации Samraio.

По данным компьютерной томографии почек обнаружен камень пиелоуретрального размера до 0,6 см в d, гидронефроз справа.

В развернутом анализе крови – повышение лейкоцитов до $9,42 \times 10^9/\text{л}$, СОЭ – 11 мм/час, сдвига лейкоцитарной формулы нет. ОАМ: лейкоциты 2-4 в поле зрения, эритроциты единичные. Данные предоперационного обследования внесены в программу. Система рекомендует использовать дистанционную ударно-волновую литотрипсию (рисунок 40).

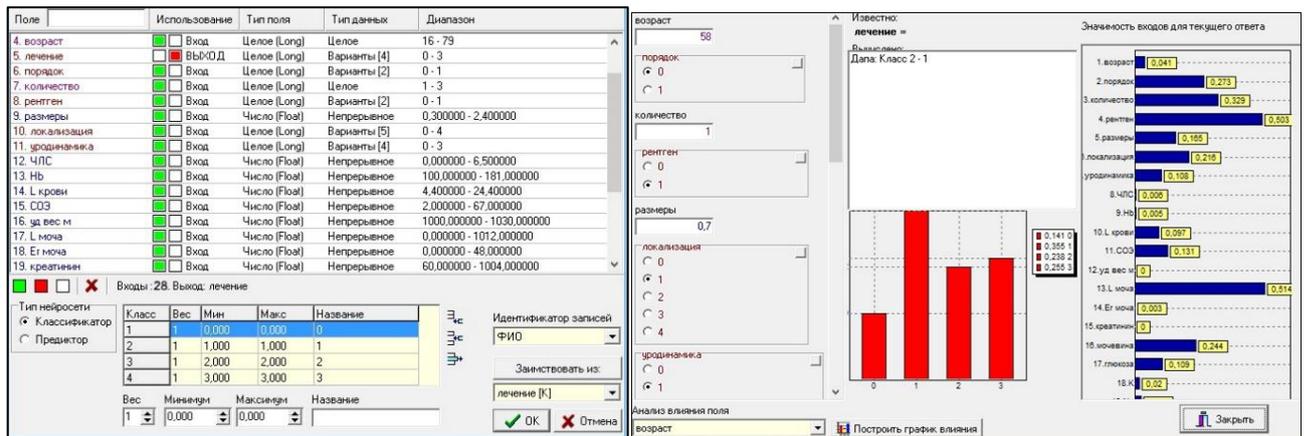


Рисунок 40 – Процесс работы нейросетевой программы

Затем, используя вторую обученную нейронную сеть, мы также ввели все имеющиеся данные пациентки, с целью определения вероятности возникновения пиелонефрита после проведения сеанса литотрипсии. Программа определяет риск вышеуказанного осложнения как низкий (рисунок 41).

Развернутый анализ крови

Лейкоциты * 10⁹

Базофилы

Эозинофилы

Нейтрофилы

Миелоциты

Юные

Палочкоядерные

Сегментоядерные

Лимфоциты

Моноциты

СОЭ

Нарушение уродинамики

да нет

Гидронефроз

отсутствует да

Гидронефроз I степени да

Гидронефроз II степени да

Гидронефроз III степени да

Рисунок 41 – Параметры на этапе предоперационного обследования

Пациентке произведено ДУВЛ камня ПУС справа с внутривенным контрастированием полостной системы почки, для более точного наведения. Дистанционное дробление конкремента прошло без особенностей. В конце сессии отмечается характерный признак восстановления оттока мочи из почки – прохождение контраста ниже по мочеточнику. Пациентка выписана на 3-е сутки после операции.

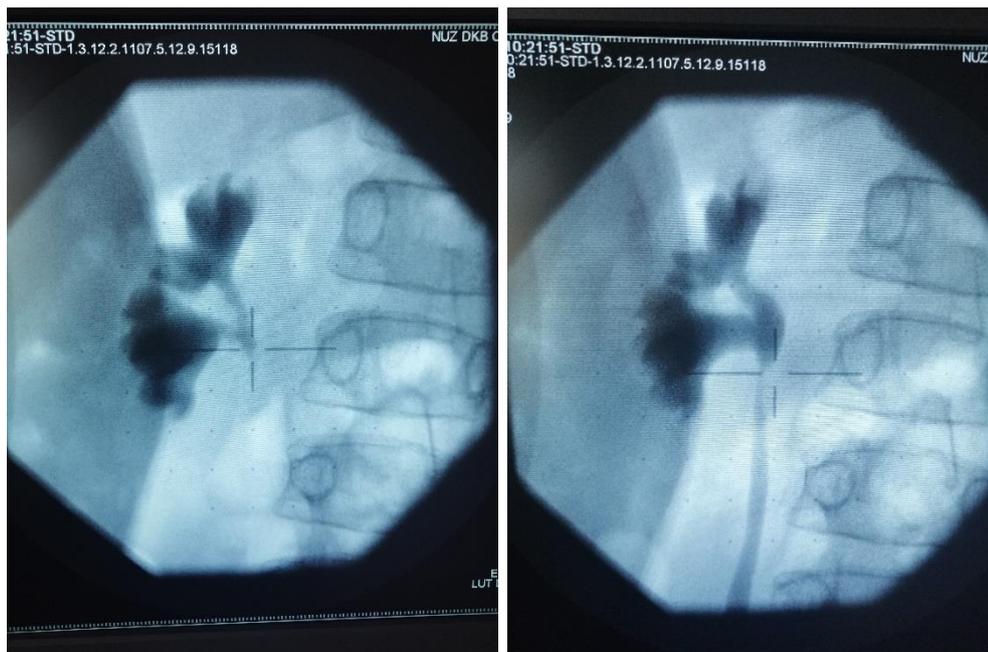


Рисунок 42 – Рентгеноскопия во время сеанса ДУВЛ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбор тактики хирургического лечения при нефролитолизе должен быть направлен не только на полную элиминацию конкремента, но также и учитывать возможные риски возникновения различных послеоперационных осложнений. Именно поэтому решение об оперативном лечении должно приниматься индивидуально в каждом конкретном случае.

Существует огромная когорта пациентов с нефролитизом с латентным течением калькулезного пиелонефрита, имеющие скрытые патологические состояния, для которых любое хирургическое вмешательство может привести к очень неблагоприятному исходу. С данных позиций приобретает особое значение индивидуальный выбор оптимального метода удаления конкремента. Предугадать возможные послеоперационные осложнения, быть уверенными в успехе предлагаемого оперативного лечения при использовании методики нейросетевых алгоритмов, позволяет объективизировать тактические решения в лечении нефролитолиза. С этих позиций вывод о том, что выбор той или иной манипуляции должен быть максимально точным и базироваться на объективных показателях – достаточно закономерен.

В нашей работе был проведен ретроспективный анализ 625 историй болезни пациентов, получившим хирургическое лечение по поводу конкрементов почек. Всем пациентам в предоперационном периоде производно комплексное урологическое обследование.

Все больные были поделены на группы, в зависимости от вида выполненного оперативного вмешательства:

1 группа пациентов, которым выполнялось экстракорпоральное дробление камней – 294 (47%) человек.

2 группа пациентов, которым конкременты удалены при помощи перкутанной хирургии – 266 (42,6%) человек.

3 группа пациентов, которые прооперированы путем традиционной люмботомии, пиело- либо нефролитотомии – всего 65 (10,4%) человек.

В первой группе пациентов полную фрагментацию конкрементов после сеансов дробления камней наблюдали в 56% случаях, частичную фрагментацию – у 44% человек. У 20 пациентов отмечено самостоятельное отхождение фрагментов на амбулаторном этапе в течение трех последующих недель. Оставшимся пациентам фрагменты удалены при помощи уретероскопии, контактной литотрипсии и литоэкстракции. В части случаев (25 (8,5%) пациентов) сеансы литотрипсии оказались неэффективными, что потребовало инверсии тактики лечения и проведения ПНЛЛ.

Также оценивались случаи послеоперационных осложнений: геморрагических и воспалительных. Для прогнозирования ранних послеоперационных осложнений была применена методика нейросетвых алгоритмов. При создании и обучении нейронной сети за входные параметры приняты все данные предоперационного обследования больных, полученные при помощи комплексного урологического обследования. Все возможные исходы оперативного лечения и возникновение осложнений в раннем послеоперационном периоде составили выходные параметры в системе. В результате была создана нейросетевая модель, в которой каждому параметру, полученному в результате обследования, соответствовала степень его значимости в том или ином послеоперационном исходе.

Наиболее важные параметры, имеющие ведущее значение в определении методики хирургического лечения у пациентов с камнями почек – возможность визуализации конкремента, четкость контуров камня и наличие «светлых» участков по данным обзорной урографии, рентгенологическая плотность камня, плотность камня по данным КТ, количество конкрементов на стороне поражения – являлись определяющими критериями в выборе методики удаления камня.

Менее значимыми факторами оказались: показатели креатинина и мочевины, наличие сердечно-сосудистой и легочной патологии, степень развития подкожно-жировой клетчатки и результаты бактериологического анализа мочи ($p < 0,05$).

Отмечены определенные особенности: при выборе метода элиминации конкрементов результаты рентгенологического обследования имели достоверно большее значение для прогноза чем данные УЗИ. Наличие лейкоцитоза в анализе периферической крови достоверно менее важный параметр чем лейкоцитурия. А вот наличие сопутствующих патологий имело малое значение для выбора оперативного лечения. Так же как повышенная масса тела пациента и возраст – данные параметры не имеют определяющего значения при выборе ПНЛЛ как ведущего метода лечения ($p < 0,05$).

Также была определена прогностическая значимость данных предоперационного обследования в отношении развития инфекционно-воспалительных осложнений. В нашем исследовании была создана и обучена нейронная сеть, где выходной величиной являлся факт развития пиелонефрита в раннем послеоперационном периоде.

Обтурация мочеточника фрагментами камня после сеанса ДУВЛ наблюдалась в 35 случаях. Чаще всего такая ситуация возникала при дроблении крупных камней размерами более 1,5 см и требовала проведения повторных сессий дробления, если фрагменты локализовались в верхней трети мочеточника, или проведения уретероскопии и литоэкстракции при локализации фрагментов в дистальном отделе мочеточника. Ретроспективный анализ историй болезни позволил выделить основные причины обструкции. Использование высокоэнергичных импульсов, приводящее к быстрому одномоментному разрешению крупных конкрементов (размерами более 1,5 см) приводит к образованию крупнодисперсных фрагментов. Особенности анатомии чашечно-лоханочной системы (острый угол чашечки почки, длинные чашечки с узким перешейком, вертикальное расположение внепочечной лоханки), либо отсутствие выраженного расширения полостной системы. При такой ситуации даже фрагментация камней средних размеров, может привести к быстрой миграции фрагментов в мочеточник, а, следовательно, являться причиной будущей обструкции. Проподимость мочеточника также является важным фактором для профилактики обструкции.

Согласно расчётам программы, наиболее значимыми параметрами в возникновении «каменной дорожки» являлись факторы, которые указывали на образование крупных фрагментов после проведения сеанса литотрипсии. А также параметры, указывающие на нарушение проходимости нижележащего отдела мочеточника. К примеру, если сеанс литотрипсии проводится на конкременте диаметром 1,5-2,0 см. Либо на конкременте среднего размера с максимальной мощностью и высокой частотой импульсов.

Набольшее значение имели ($p < 0,05$), показатели, указывающие на нарушение гемостаза, наличие артериальной гипертензии, а также выраженная эктазия полостной системы почки, размеры камня и высокая рентгенологическая плотность камня.

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 известных послеоперационными исходами и известной тактикой лечения. Параметры предоперационного обследования каждого пациента из группы вводились в обученную нейронную сеть, после программа автоматически добавляла пациентов к определённой группе хирургического лечения, другими словами индивидуально определяла метод оперативного лечения.

В группе тестируемых пациентов обтурация фрагментами конкремента мочеточника и возникновения клиники острого пиелонефрита отмечалось у 4 (9,3%) больных – произведено стентирование мочеточника. Нейросеть правильно предсказала исход во всех четырёх случаях. В тестовой выборке пациентов нейросетевая программа правильно выбрала методику лечения в 88% случаях.

Инфекционные осложнения в послеоперационном периоде после ПНЛЛ наблюдались у 30, что составило 34% от общего числа пациентов, подвергшихся данному хирургическому лечению. В 21 случае наблюдалась бактериурия, в 9 случаях – клиника калькулезного пиелонефрита. В результате, специфичность созданных нейросетевых программ составила 83,7%, а чувствительность – 88%.

Клиническая эффективность разработанной системы рекомендаций по выбору метода хирургического лечения при мочекаменной болезни оценивалась при помощи проспективного исследования. Из 150 пациентов методом случайно выборки было сформировано две группы пациентов по 75 человек.

Пациентам первой группы метод хирургического лечения определялся согласно рекомендациям лечащих врачей. Во второй группе тактика лечения выбиралась, учитывая рекомендации с использованием системы в рамках разработанной методики. В каждом конкретном случае применялись уже созданные и обученные нейронные сети. Все пациенты в группах сравнения имели сходный возрастной состав, а также локализацию и размеры конкрементов.

В группах сравнения структура операций статистически значимо не различались. Однако, во второй группе количество открытых операции и перкутанных нефролитотомий было меньше.

Говоря об эффективности сеансов дистанционной литотрипсии в группах сравнения параметры различались в значительной степени – в группе больных с использованием нейросетей ДУВЛ имела большую эффективность за счет большего количества фрагментаций камня, при меньших энергетических затратах. По этой причине, в группе с использованием рекомендаций нейросетевых алгоритмов реже происходило изменение тактики лечения, у меньшего количества пациентов мы отмечаем образование «каменной дорожки» в дистальном отделе мочеточника. Улучшение хирургического лечения привело к снижению количества койко-дня и к улучшению показателей качества оказания медицинской помощи в целом.

Таким образом, продемонстрирована возможность применения методики нейросетевого прогнозирования у больных с камнями почек. Представленная методика может помочь практикующему врачу-урологу принимать решение о выборе оптимального метода лечения у каждого конкретного пациента. А послеоперационном периоде, повторно проводя диагностику при помощи предложенной методики, специалист имеет возможность предотвратить возникновение и развитие ранних послеоперационных осложнений в каждом

конкретном случае, 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.

Фактически, это подтверждает целесообразность применения разработанной методики нейросетевого оценивания в помощь практикующим врачам-урологам.

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 отмечаем 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 нейростевых алгоритмов в профилактике осложнений раннего послеоперационного периода в лечебном процессе позволяет снизить риск развития неблагоприятного течения заболевания.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЧТВ	– Активированное частичное тромбопластиновое время
ДГПЖ	– доброкачественная гиперплазия предстательной железы
ДУВЛ	– дистанционная ударно-волновая литотрипсия
ЖКБ	– желчнокаменная болезнь
КЛТ	– контактная литотрипсия
МКБ	– мочекаменная болезнь
мини-ПЕРК	– мини-перкутанная нефролитотрипсия
МСКТ	– мультиспиральная компьютерная томография
МРТ	– магнитно-резонансная томография
ПНЛЛ	– перкутанная нефролитолапаксия
ПСА	– простат специфический антиген
ПТВ	– протромбиновое время
ПУС	– пиело-уретральный сегмент
РПЖ	– рак предстательной железы
РПЭ	– радикальная простатэктомия
СКФ	– скорость клубочковой фильтрации
СНМП	– симптомы нижних мочевых путей
СОЭ	– скорость оседания эритроцитов
ССЗ	– сердечно-сосисочные заболевания
УЗИ	– ультразвуковое исследование
ХБП	– хроническая болезнь почек
ХПН	– хроническая почечная недостаточность
ЦДК	– цветное доплеровское картирование
ЧЛС	– чашечно-лоханочная система
ЭКГ	– электрокардиография
HU	– Hounsfield unit
SFR	– Stone Free Rate
WHA	– World Health Assembly

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев, А.А. Преимущество нейронных сетей в системе современных методов прогнозирования / А.А. Авдеев // Современные технологии сельскохозяйственного производства : XIV международная научно-практическая конференция. Материалы конференции: в двух частях / Часть 1: Агрономия, защита растений, экономика, бухгалтерский учёт. – Гродно, 2011. – С. 250-251.
2. Алексеева, О.В. Применение искусственных нейронных сетей в дифференциальной диагностике рецидивирующего бронхита у детей / О.В. Алексеева, Д.А. Россиев, Н.А. Ильенкова // Сибирское медицинское обозрение. – 2010. – № 6. – С. 75-79.
3. Аль-Шукри, С.Х. Урология : учебник / С.Х. Аль-Шукри, В.Н. Ткачук. – Санкт-Петербург, 2012. – 480 с.
4. Аляев, Ю.Г. Лекции по урологии : учебное пособие / Ю.Г. Аляев. – Москва: Медицина, 2010. – 128 с.
5. Анализ урологической заболеваемости в Российской Федерации в 2005-2010 годах / О.И. Аполихин, Сивков А.В., Т.В. Солнцева, В.А. Комарова // Экспериментальная и клиническая урология. – 2012. – № 2. – С. 64-72.
6. Анализ уронефрологической заболеваемости и смертности в Российской Федерации за десятилетний период (2002-2012 гг.) по данным официальной статистики / О.И. Аполихин, А.В. Сивков, Н.Г. Москалева [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. – 2014. – № 2. – С. 2-52.
7. Байдык, Т.Н. Нейронные сети и задачи искусственного интеллекта / Т.Н. Байдык. – Киев: Наукова думка, 2001. – 263 с.
8. Барский, А.Б. Нейронные сети: распознавание, обучение, принятие решений / А.Б. Барский. – Москва: Финансы и статистика, 2004. – 286 с.
9. Белай, С.И. Мочекаменная болезнь: актуальность вопроса и перспективы его развития / С.И. Белай, М.А. Довбыш, И.М. Белай // Вестник Витебского

- государственного медицинского университета. – 2016. – Т. 15, № 5. – С. 19-26.
10. Березин, М.А. Опыт применения искусственных нейронных сетей для целей дифференциальной диагностики и прогноза нарушений психической адаптации / М.А. Березин, С.В. Пашков // Вестн. ЮУрГУ Сер.: Компьютер. технологии, управление, радиоэлектроника. – 2006. – Т. 69, № 14. – С. 41-45.
 11. Бережной, А.Г. Изменение экспрессии молекул сосудистой адгезии при мочекаменной болезни / А.Г. Бережной, С.С. Дунаевская // Современные проблемы науки и образования – 2021. – № 1. – С. 1-8.
 12. Березуцкий, Н.Т. Адаптивный подход к выбору вида консервативной терапии доброкачественной гиперплазии простаты / Н.Т. Березуцкий, О.Б. Попова // Компьютеризация в медицине. – Воронеж: ВГТУ, 1995. – С. 48-53.
 13. Борисов, В.В. Консервативная литокинетическая терапия камней почек и мочеточников : руководство для практикующего врача / В.В. Борисов, Н.К. Дзеранов. – Москва: Оверлей, 2006. – 55 с.
 14. Борисов, В.В. Мочекаменная болезнь. Терапия больных камнями почек и мочеточников / В.В. Борисов, Н.К. Дзеранов. – Москва, 2011. – 96 с.
 15. Вошула, В.И. Мочекаменная болезнь: этиотропное и патогенетическое лечение, профилактика : монография / В.И. Вошула.– Минск: ВЭВЭР, 2006. – 268 с.
 16. Гайнетдинов, А.И. Современные методы хирургического лечения пациентов с мочекаменной болезнью при неотложных состояниях / А.И. Гайнетдинов // Практическая медицина. – 2017. – Т. 109, № 8. – С. 47-49.
 17. Гергет, О.М. Математические методы доказательной медицины в задачах прогнозирования здоровья детей раннего возраста / О.М. Гергет, В.А. Кочегуров, Г.А. Сакбасынова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10-1. – С. 29-34.
 18. Горбань, А.Н. Нейронные сети на персональном компьютере / А.Н. Горбань, Д.А. Россиев. – Новосибирск: Наука, 1996. – 276 с.

19. Горбань, А.Н. Обучение нейронных сетей / А.Н. Горбань. – Москва: Изд-во СССР-США СП «ParaGraph», 1990. – 160 с.
20. Дасаева, Л.А. Возрастные особенности мочекаменной болезни: распространенность и факторы риска / Л.А. Дасаева, А.Е. Вермель, С.И. Петриченко // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. – 2004. – № 4. – С. 64-68
21. Демидов, Д.А. Выбор оптимальной тактики удаления конкрементов дистального отдела мочеточника / Д.А. Демидов, А.Б. Мелконян, А.В. Никольский // Урологические ведомости. – 2015. – № 1. – С. 98-99.
22. Диагностика гиперальдостеронизма у больных с инциденталомиями надпочечников при помощи нейронных сетей / Л.К. Куликов, Н.М. Быкова, Ю.А. Привалов [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2010. – № 3. – С. 88-94.
23. Дистанционная ударно-волновая литотрипсия: прошлое, настоящее, будущее / Н.А. Лопаткин, М.Ф. Трапезникова, В.В. Дутов, Н.К. Дзеранов // Урология. – 2007. – № 6. – С. 3-13.
24. Дистанционная уретеролитотрипсия в неотложной урологии / В.Б. Мухин, С.А. Кочетов, Д.В. Хромов, Д.Л. Перепечай // Пленум Правления Всероссийского общества урологов. – Москва, 1996. – С. 372-373.
25. Долматова, И.А. Применение нейронных сетей к дифференциальной диагностике опухолей орбиты / И.А. Долматова, И.С. Югай // Нейроинформатика и ее приложение. – Красноярск, 2000.– С. 57-58.
26. Дутов, В.В. Растворение камней почек: Кому? Когда? Как? / В.В. Дутов // Медицинский совет. – 2016. – № 9. – С. 84-90.
27. Дутов, В.В. Современные аспекты лечения некоторых форм мочекаменной болезни : дис. д-ра мед. наук : 14.00.40 / Дутов В.В. – Москва, 2000. – 386 с.
28. 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. – Спецвыпуск. – С. 38-39.

29. Завьялова, Е.С. Клинико-морфологические критерии прогнозирования клинического течения переходно-клеточного рака мочевого пузыря : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.23, 14.03.02 / Завьялова Е.С. – Санкт-Петербург, 2010. – 19 с.
30. Заде, Л. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений / Л. Заде // Математика сегодня. – Москва: Знание, 1974. – С. 5-49.
31. Зенков, С.С. Клинические и физиологические аспекты внутреннего дренирования верхних мочевых путей : автореф. ... дис. канд. мед. наук : 14.00.40 / Зенков С.С. – Москва, 1998. – 29 с.
32. Исаенко, В.И. Хирургия нефролитиаза на современном этапе / В.И. Исаенко, И.В. Феофилов // Медицина и образование в Сибири. – 2015. – № 3. – С. 64.
33. Искусственные нейронные сети в прогнозировании развития сепсиса у больных тяжелым острым панкреатитом / П.И. Миронов, И.И. Лутфарахманов, И.Х. Ишмухаметов, В.М. Тимербулатов // Анналы хирург. гепатологии. – 2008. – Т. 13, № 2. – С. 85-89.
34. Использование нейронных сетей в выборе метода лечения мочекаменной болезни / Ф.П. Капсаргин, А.В. Ершов, Л.Ф. Зуева [и др.] // Первая краевая. – 2015. – Т. 58, № 5. – С. 46-47.
35. Кальф-Калиф, Я.Я. О ЛИИ и его практическое значение / Я.Я. Кальф-Калиф // Врачебное дело. – 1941. – № 1. – С. 31-33.
36. Капшитарь, А.А. Математическое моделирование прогноза исхода изолированной и сочетанной закрытой травмы печени / А.А. Капшитарь, А.В. Капшитарь, И.Ф. Сырбу // Запорожский медицинский журнал. – 2011. – Т. 13, № 5. – С. 25-28.
37. Киселева, О.А. Анализ использования новых компьютерных технологий в медицине и офтальмологии / О.А. Киселева, Т.В. Ткачева // Вестник офтальмологии. – 2004. – № 3. – С. 53-56.

38. Ключев, С.Д. Влияние микрофлоры организма человека на развитие мочекаменной болезни / С.Д. Ключев, Б.А. Бердичевский // Академический журнал Западной Сибири. – 2019. – Т. 15, № 5. – С. 108-117.
39. Коган, М.И. Неэффективность ДЛТ камней почек и мочеточников. Что дальше? / М.И. Коган, В.Л. Медведев, С.И. Костыков // Материалы пленума Российского общества урологов, 28-30 апр. 2003 г. – Москва, 2003. – С. 165-166.
40. Константинова, О.В. Метафилактика мочекислых камней / О.В. Константинова, Э.К. Яненко, В.А. Шадеркина // ЭКУРО. – 2016. – № 3. – С. 17-29.
41. Левенков, К.О. Нейросетевое моделирование процесса выбора схемы лечения пациентов с хроническим пиелонефритом и мочекаменной болезнью / К.О. Левенков, Е.Н. Коровин, Е.И. Новикова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 61-71.
42. Левенков, К.О. Цифровая обработка результатов ультразвуковой доплерографии у больных хроническим пиелонефритом и мочекаменной болезнью / К.О. Левенков, Е.Н. Коровин // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2018. – Т. 17, № 3. – С. 686-692.
43. Лечение крупных камней верхней и средней трети мочеточника на современном этапе / О.В. Теодорович, О.Э. Луцевич, Э.А. Галлямов [и др.] // Вестник РНЦРР. – 2008. – Т. 8, № 1. – С. 36.
44. Лопаткин, Н.А. Мочекаменная болезнь / Н.А. Лопаткин, Э.К. Яненко // Русский медицинский журнал. – 2000. – Т. 8, № 3. – С. 117-120.
45. Лопаткин, Н.А. Пятнадцатилетний опыт применения ДЛТ в лечении МКБ / Н.А. Лопаткин, Н.К. Дзеранов // Материалы Пленума правления Российского общества урологов. – Москва, 2003. – С. 5-25.
46. Лукичева, Л.И. Управленческие решения / Л.И. Лукичева, Д.Н. Егорычев. – Москва: Омега-Л, 2009. – 383 с.

47. Лукьянов, И.В. Применение нейросетевого моделирования при мониторинге пациентов, перенесших радикальную простатэктомию / И.В. Лукьянов, Н.А. Демченко // Онкоурология. – 2011. – Т. 7, № 4. – С. 67-70.
48. Львович, Е.Я. Интегрированная информационная система интеллектуальной поддержки принятия решений при организации нозологоориентированной медицинской помощи / Е.Я. Львович, В.Н. Фролов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2007. – Т. 6, № 2. – С. 273-276.
49. Макарова, Л.С. Разработка решающих правил для системы поддержки принятия решений дифференциальной диагностики бронхиальной астмы / Л.С. Макарова, Е.Г. Семерякова // Вестник науки Сибири. – 2012. – Т. 4, № 3. – С. 162-167.
50. Малоинвазивные методы лечения мочекаменной болезни / Г.А. Степаненко, С.А. Жунусов, А.С. Цветков [и др.] // Медицина и экология. – 2018. – Т. 89, № 4. – С. 83-86.
51. Мартов, А.Г. Особенности эндоурологических операций на верхних мочевых путях у взрослых и детей / А.Г. Мартов // Материалы Пленума правления Российского общества урологов. – Москва, 2005. – С. 53-67.
52. Мартов, А.Г. Реабилитация пациентов после выполнения современных эндоурологических операций по поводу мочекаменной болезни / А.Г. Мартов, Д.В. Ергаков // Урология. – 2018. – № 4. – С. 49-55.
53. Мартов, А.Г. Рентген-эндоскопические методы диагностики и лечения заболеваний почек и верхних мочевых путей (суправезикальная эндоурология) : дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.23 / Мартов А.Г. – Москва, 1993. – 36 с.
54. Масалович, А.И. Этот нечеткий, нечеткий, нечеткий мир / А.И. Масалович // PC Week/RE. – 1995. – № 16. – С. 15-18.
55. Москаленко, С.Л. Дистанционная литотрипсия в лечении различных форм нефролитиаза единственной почки : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.23 / Москаленко С.Л. – Москва, 1998. – 22 с.

56. Мочекаменная болезнь / В.И. Руденко, И.В. Семенякин, В.А. Малхасян, Н.К. Гаджиев // Урология. – 2017. – № 2. – С. 30-63.
57. Мочекаменная болезнь как новый компонент метаболического синдрома / О.И. Аполихин, С.Ю. Калинин, А.А. Камалов [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2014. – Т. 7, № 52. – С. 117.
58. Мочекаменная болезнь / С. Turk, Т. Knoll, А. Petrik [et al.]; пер. О.В. Антонова; ред. Н.А. Григорьев. – Европейская ассоциация урологов, 2011. – 97 с.
59. Муромцев, Д.И. Введение в технологию экспертных систем / Д.И. Муромцев – Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2005. – 93 с.
60. Назаров, Т.Х. Восходящий литолиз и метафилактика при нефролитиазе / Т.Х. Назаров // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2007. – № 2. – С. 103-106.
61. Назаров, Т.Х. Современные аспекты патогенеза, диагностики и лечения мочекаменной болезни : дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.40 / Назаров Т.Х. – Санкт-Петербург, 2009. – 370 с.
62. Неотложная дистанционная литотрипсия в комплексном лечении мочекаменной болезни / Л.Н. Орлов, С.В. Берендеев, В.А. Петров, И.В. Панфилова // Медицинский журнал Чувашии. – 1997. – Т. 7, № 1-2. – С. 137-138.
63. Обоснование модели организации популяционного скрининга в урологии на основе телемедицинских технологий / О.И. Аполихин, А.В. Сивков, И.А. Шадеркин [и др.] // Вестник урологии. – 2017. – Т. 5, № 3. – С. 5-13.
64. Общая заболеваемость взрослого населения России в 2015 году: (статистические материалы). Часть II / ФГБУ «Центрального научно-исследовательского института организации и информатизации здравоохранения» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – Москва, 2016. – 140 с.
65. Орловский, С.А. Проблемы принятия решений при расплывчатой информации / С.А. Орловский. – Москва: Наука, 1981. – 370 с.

66. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский; пер. с польского И.Д. Рудинского.– Москва: Финансы и статистика, 2002. – 34 с.
67. Островский, В.К. Оценка тяжести и прогноз гнойно-деструктивных заболеваний органов брюшной полости / В.К. Островский, А.В. Машенко, С.В. Макаров // Хирургия. – 2007. – № 1. – С. 33-37.
68. Патент № 2633594 Российская Федерация, А61В 17/22 (2006.01). Способ лечения мочекаменной болезни путем перекутанной нефролитотрипсии : № 2016121246 : заявл. 30.05.2016 : опубл. 13.10.2017 / Гаджиев Н.К., Тагиров Н.С., Григорьев В.Е. [и др.]. – Бюл. 29.
69. Патент № 2689853 Российская Федерация. Способ хирургического малоинвазивного лечения нефролитиаза у взрослых : № 2018137712 : опубл. 29.05.2019 / Меринов Д.С., Гурбанов Ш.Ш., Артемов А.В., Перепанова Т.С., Каприн А.Д. – Бюл. 16.
70. Первый отечественный литотриптор «УРАТ-П»: к 30-летию создания / Д.А. Бешлиев, А.Г. Мартов, И.В. Голубчиков, В.В. Дутов // Урология. – 2018. – № 3. – С. 5-11.
71. Послеоперационные инфекционные осложнения у больных с мочекаменной болезнью / А.Ч. Усупбаев, Б.А. Кабаев, А.С. Иманкулова [и др.] // Research'n Practical Medicine Journal. – 2018. – № 1. – С. 30-37.
72. Представление нейронной сети матрицей оператора / С.В. Поляков, И.Ю. Королева, Д.Н. Авдеюк [и др.] // ИВД. – 2019. – Т. 52, № 1. – С. 56.
73. Применение информационных технологий при урологических заболеваниях / С.В. Петров, Н.А.Кореневский, С.П. Серегин [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – Т. 4, № 1. – С. 810-813.
74. Применение нейронных сетей в выборе метода лечения мочекаменной болезни / Ф.П. Капсаргин, А.В. Ершов, Л.Ф. Зуева [и др.] // Омский научный вестник. – 2015. – Т. 138, № 1. – С. 68-70.
75. Прогнозирование эффективности литокинетической терапии при уретеролитиазе с помощью нечеткой логики / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, С.И.

- Криковцов, М.Н. Цуканова // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 5. – С. 147.
76. Разработка нейронной сети для постановки диагноза «хронический пиелонефрит» / В.Н. Коровин, Е.Н. Коровин, К.О. Левенков, М.В. Лущик // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2015. – Т. 14, № 3. – С. 585-588, 647-651.
77. Распространенность мочекаменной болезни среди взрослого населения Российской Федерации / А.Ф. Даренков, Н.Н. Поповкин, Н.Н. Ненашева, Н.В. Гришкова // Тезисы докладов Пленума Всероссийского научного общества урологов. – Ростов-на-Дону, 1992. – С. 43-45.
78. Резниченко, Н.С. Использование нейросетевой системы для диагностики синдрома дефицита внимания с гиперактивностью / Н.С. Резниченко, С.Н. Шилов // Вестник Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. – 2014. – № 1. – С. 48-54.
79. Резниченко, Н.С. Нейросетевой подход при решении медико-биологических проблем / Н.С. Резниченко // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева. – 2013. – Т. 26, № 4. – С. 279-283.
80. Руденко, В.И. Мочекаменная болезнь. Актуальные вопросы диагностики и выбора метода лечения : дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.40 / Руденко В.И. – Москва, 2004. – 260 с.
81. Самойлов, Р.Г. Оценка тяжести и прогнозирования течения внебольничной пневмонии у лиц молодого возраста : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.43 / Самойлов Р.Г. – Самара, 2007. – 164 с.
82. Сараев, И.А. Альтернативные возможности дифференцирования коронарогенных и некоронарогенных заболеваний миокарда / И.А. Сараев, А.Н. Боева, В.И. Вишневский // Человек и его здоровье. – 2013. – № 4. – С. 103-109.
83. Славутская, Е.В. Использование искусственных нейронных сетей для анализа гендерных различий младших подростков / Е.В. Славутская, Л.А. Славутский // Психология исследования. – 2012. – Т. 5, № 23. – С. 4.

84. Современная консервативная (цитратная) терапия при уратных камнях мочеточников / П.В. Глыбочко, Ю.Г. Аляев, Л.М. Рапопорт [и др.] // Урология. – 2014. – № 5. – С. 10-13.
85. Современные технологии в диагностике и лечении мочекаменной болезни / Ю.Г. Аляев, В.А. Григорян, В.И. Руденко [и др.]. – Москва: Изд-во Литтерра, 2007. – 139 с.
86. Спиральная компьютерная томография в прогнозировании эффективности дистанционной литотрипсии / Ю.Г. Аляев, В.И. Руденко, Л.М. Рапопорт [и др.] // Материалы научно-практической конференции, посвященной 55-летию поликлиники № 1 Российской Академии Наук. – Москва, 2001. – С. 4.
87. Сравнение эффективности и безопасности пневматической и лазерной контактной уретеролитотрипсии / М.И. Коган, И.И. Белоусов, В.К. Хван, П.В. Трусов // Медицинский вестник Башкортостана. – 2013. – Т. 8, № 2. – С. 79-82.
88. Сравнительная характеристика различных эндоскопических методов лечения мочекаменной болезни / М.К. Алчинбаев, М.А. Малих, А.И. Каимбаев [и др.] // International Scientific Review. – 2015. – Т. 3, № 2. – С. 70-75.
89. Старков, Е.Ф. Система поддержки принятия решений в медицине / Е.Ф. Старков // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. XIII, № 2. – С. 23-24.
90. Статистический и нейросетевой методы идентификации и прогнозирования в медицине / В.Б. Лифшиц, Т.И. Булдакова, С.И. Суятинов [и др.] // Информационные технологии. – 2004. – № 3. – С. 60-63.
91. Стрункин, Д.Ю. Система прогнозирования индивидуальной выживаемости пациентов на основе нечеткой нейронной сети / Д.Ю. Стрункин, Э.Ф. Абдрахманов // Врач и информационные технологии. – 2012. – № 5. – С. 63-67.
92. Теодорович, О.В. Некоторые причины малоэффективного дистанционной ударно-волновой литотрипсии (ДУВЛ) при камнях мочеточников / О.В. Теодорович, З.А. Кадыров // Материалы пленума Российского общества урологов, Сочи, 28-30 апр. 2003 г. – Москва, 2003. – С. 294.

93. Терелянский, П.В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования / П.В. Терелянский. – Волгоград, 2009. – 127 с.
94. Тиктинский, О.Л. Мочекаменная болезнь / О.Л. Тиктинский, В.П. Александров. – Санкт-Петербург: «Питер», 2000. – 384 с.
95. Трансуретеральные методы лечения мочекаменной болезни / С.И. Сулейманов, З.А. Кадыров, В.Ш. Рамишвили [и др.] // Урологические ведомости. – 2017. – Спецвыпуск. – С. 104-105.
96. Учваткин, Г.В. Применение методики дистанционной литотрипсии у больных уролитиазом, осложненным почечной коликой / Г.В. Учваткин, Н.Г. Капустин, Е.А. Гайворонский // Урологические ведомости. – 2015. – № 1. – С. 115.
97. Факторы, влияющие на результаты дистанционной литотрипсии / В.Н. Степанов, В.М. Перельман, В.Г. Истратов [и др.] // Научно практическая конференция, посвященная 50-летию кафедры урологии ВМА : материалы. – Санкт-Петербург, 1992. – С. 51-52.
98. Филиппова, С.И. Мочекаменная болезнь. Заболеваемость. Динамика. Прогноз / С.И. Филиппова // Урологические ведомости. – 2015. – № 1. – С. 115-116.
99. Формирование словаря информативных признаков на основе критерия информативности Кульбака при решении задач диагностики / И.Я. Львович, Н.А. Гладских, С.Н. Шипилов, Е.В. Богачева // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2011. – Т. 14, № 2. – С. 37-43.
100. Холодова, В.Е. Методы хирургического лечения мочекаменной болезни: сравнительный анализ / В.Е. Холодова // Аллея науки. – 2019. – Т. 2, № 1 (28). – С. 503-505.
101. Цэндин, А.К. Прогнозирование эффективности литотрипсии в зависимости от физико-химических свойств мочевых камней: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.40 / Цэндин А.К. – Санкт-Петербург, 2004. – 120 с.
102. Черепанова, Е.В. Метафилактика мочекаменной болезни в амбулаторных условиях / Е.В. Черепанова, Н.К. Дзеранов // Здоровье мужчины. – 2014. – № 2. – С. 21-25.

103. Черненко, В.В. Современные подходы к про- и метафилактике мочекаменной болезни / В.В. Черненко, Л.М. Штильвасер, Н.И. Желтовская // *Врачебное сословие*. – 2007. – № 3. – С. 20-23.
104. Шатылко, Т.В. Пути совершенствования ранней диагностики рака предстательной железы / Т.В. Шатылко, А.Ю. Королёв // *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. – 2015. – Т. 5, Вып. 4. – С. 264.
105. Шатылко, Т.В. Серая зона PSA: статистико-математический анализ с применением метода искусственных нейронных сетей / Т.В. Шатылко, Д.С. Седов // *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. – 2014. – Т. 4, № 4. – С. 417.
106. Щетинин, В.Г. Применение компьютерных «нейронных сетей» в клинической лабораторной диагностике / В.Г. Щетинин, А.А. Соломаха // *Клиническая лабораторная диагностика*. – 1998. – № 10. – С. 21-33.
107. A multicentre retrospective study of transcatheter angiographic embolization in the treatment of delayed haemorrhage after percutaneous nephrolithotomy / L. Li, Y. Zhang, Y. Chen [et al.] // *Eur. Radiol.* – 2015. – Vol. 25, № 4. – P. 1140-1147.
108. A comparison of urinary nuclear matrix protein – 22 and bladder tumour antigen tests with voided urinary cytology in detecting and following bladder cancer: the prognostic value of false-positive results / V. Poulakis, U. Witzsch, R. De Vries [et al.] // *BJU International*. – 2001. – Vol. 88. – P. 692-701.
109. A neural network-based algorithm for predicting stone-free status after ESWL therapy / I. Seckiner, S. Seckiner, H. Sen [et al.] // *Int. Braz. J. Urol.* – 2017. – Vol. 43, № 6. – P. 1110-1114.
110. Ahmed, F.E. Artificial Neural Networks for Diagnosis and Survival Prediction in Colon Cancer / F.E. Ahmed // *Mol. Cancer*. – 2005. – Vol. 4. – P. 29.
111. Artificial neural network system to predict the postoperative outcome of percutaneous nephrolithotomy / A. Aminsharifi, D. Irani, S. Pooyes, F. Zibaie // *J. Endourology*. – 2017. – Vol. 31, № 5. – P. 461-467.

112. Artificial Neural Networks (ANNs) for Differential Diagnosis of Interstitial Lung Disease: Results of a Simulation Test with Actual Clinical Cases / H. Abe, K. Ashizawa, F. Li [et al.] // Acad. Radiol. – 2004. – Vol. 11, № 1. – P. 29-37.
113. Artificial Neural Networks for Estimation of Dementias Types / D. Mantzaris, M. Vrizas, S. Trougakos [et al.] // Artif. Intell. Appl. – 2014. – Vol. 1, № 1. – P. 74-82.
114. Asper, R. Stone analysis / R. Asper // Urol. Res. – 1990. – № 8. – P. 9-12.
115. AUA guideline on management of staghorn calculi: diagnosis and treatment recommendations : Chapter 1 / G.M. Perminger, D.G. Assimos, J.E. Lingeman [et al.] // J. Urology. – 2005. – Vol. 173, № 6. – P. 1991-2000.
116. Body size and risk of kidney stones / G.C. Curhan, W.C. Willett, E. Rimm [et al.] // J. Am. Soc. Nephrol. – 1998. – Vol. 9, № 9. – P. 1645-1652.
117. Brikowski, T.H. Climate-related increase in the prevalence of urolithiasis in the United States / T.H. Brikowski, Y. Lotan, M.S. Pearle // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2008. – Vol. 105, № 28. – P. 9841-9846.
118. Chen, R.N. Extracorporeal shock wave lithotripsy for lower pole calculi: long-term radiographic and clinical outcome / R.N. Chen, S.B. Strem // J. Urol. – 1996. – Vol. 156, № 5. – P. 1572-1584.
119. Clinical characteristics of ureteral calculi detected by nonenhanced computerized tomography after unclear results of plain radiography and ultrasonography / T. Kobayashi, K. Nishizawa, J. Watanabe, K. Ogura // J. Urol. – 2003. – Vol. 170. – P. 799-802.
120. Combination of prostate-specific antigen, clinical stage, and Gleason score to predict pathological stage of localized prostate cancer. A multi-institutional update / A.W. Partin, M.W. Kattan, E.N. Subong [et al.] // JAMA. – 1997. – Vol. 277, № 18. – P. 1445-1451.
121. Complications of percutaneous nephrolithotomy / W.J. Lee, A.D. Smith, V. Cubelli [et al.] // AJR Am. J. Roentgenol. – 1997. – Vol. 148. – P. 177.
122. Computerized tomography attenuation value of renal calculus: can it predict successful fragmentation of the calculus by extracorporeal shock wave lithotripsy?

- A preliminary study / P. Joseph, A.K. Mandal, S.K. Singh [et al.] // J. Urol. – 2002. – Vol. 167, № 5. – P. 1968-1971.
123. Cost-effectiveness of medical management strategies for nephrolithiasis / Y. Lotan, J.A. Cadeddu, C.G. Roerhborn [et al.] // J. Urol. – 2004. – Vol. 172. – P. 2275-2281.
124. Current status of artificial intelligence applications in Urology and its potential to influence clinical practice / J. Chen, D. Remulla, J.H. Nguyen [et al.] // BJU international. – 2019. – Vol. 124, № 4. – P. 567-577.
125. Dellabella, M. Medical-expulsive therapy for distal ureterolithiasis: randomized prospective study on role of corticosteroids used in combination with tamsulosin-simplified treatment regimen and health-related quality of life / M. Dellabella, G. Milanese, G. Muzzonigro // Urology. – 2005. – Vol. 66. – P. 712-715.
126. Denstedt, J.D. Medical and surgical management of urolithiasis / J.D. Denstedt // Asian. J. Urol. – 2018. – Vol. 5, № 4. – P. 203-204.
127. EAU guidelines on interventional treatment for urolithiasis / C. Türk, A. Petřík, K. Sarica [et al.] // Eur. urol. – 2016. – Vol. 69, № 3. – P. 475-482.
128. Elman Neural Network for the Early Identification of Cognitive Impairment in Alzheimer's Disease / F. Berte, G. Lamponi, R.S. Calabrd, P. Bramanti // Funct. Neurol. – 2014. – Vol. 29, № 1. – P. 57-65.
129. Eng, J. Predicting the Presence of Acute Pulmonary Embolism: A Comparative Analysis of the Artificial Neural Network, Logistic Regression, and Threshold Models / J. Eng // AMJ. Am. J. Roentgenol. – 2002. – Vol. 179, № 4. – P. 869-874.
130. Epidemiology and risk factors in urolithiasis / R. Bartoletti, T. Cai, N. Mondaini [et al.] // Urol. Int. – 2007. – Vol. 79, Suppl. 1. – P. 3-7.
131. Evaluation and comparison of urolithiasis scoring systems used in percutaneous kidney stone surgery / K. Labadie, Z. Okhunov, A. Akhavein [et al.] // J. Urol. – 2015. – Vol. 193, № 1. – P. 154-159.
132. Factors affecting stone free rate and complications of percutaneous nephrolithotomy for treatment of staghorn stone / A.R. El-Nahas, I. Eraky, A.A. Shokeir [et al.] // Urology. – 2012. – Vol. 79, № 6. – P. 1236-1241.

133. Goodwin, W.E. Percutaneous trocar (needle) nephrostomy in hydronephrosis / W.E. Goodwin, W.S. Casey, W. Woolf // JAMA. – 1955. – Vol. 157. – P. 891-894.
134. Kamihira, O. Long-term stone recurrence rate after extracorporeal shock wave lithotripsy / O. Kamihira, Y. Ono, N. Katoh // J. Urol. – 1996. – Vol. 156, № 4. – P. 1267-1271.
135. Kidney stones / S.R. Khan, M.S. Pearle, W.G. Robertson [et al.] // Nat. Rev. Dis. Primers. – 2016. – Vol. 2. – P. 16008.
136. Knoll, T. Epidemiology, Pathogenesis, and Pathophysiology of Urolithiasis / T. Knoll // Eur. Urol. Suppl. – 2010. – № 9. – P. 802-806.
137. Kok, D.J. Calcium oxalate nephrolithiasis, a free or fixed particle disease / D.J. Kok, S.R. Khan // Kidney Int. – 1994. – Vol. 46. – P. 847-854.
138. Learning curves in urolithiasis surgery: a systematic review / K. Quirke, A. Aydin, O. Brunckhorst [et al.] // J. Endourol. – 2018. – Vol. 32, № 11. – P. 1008-1020.
139. Limb, J. Tubeless percutaneous renal surgery: review of first 112 patients / J. Limb, G.C. Bellman // Urology. – 2002. – Vol. 59, № 4. – P. 527-531.
140. Maclin, P.S. Using an Artificial Neural Network to Diagnose Hepatic Masses / P.S. Maclin, J. Dempsey // J. Med. Syst. – 1992. – Vol. 16, № 5. – P. 215-225.
141. Mendez Probst, C.E. Preoperative indications for percutaneous 228 nephrolithotripsy in 2009 / C.E. Mendez Probst, J.D. Denstedt, H. Razvi // J. Endourol. – 2009. – Vol. 23, № 10. – P. 1557-1561.
142. Moonga, M. Minipercutaneous nephrolithotomy / M. Moonga, S. Oglevie // J. Endourol. – 2000. – № 14. – P. 419-421.
143. Neural Network in the Clinical Diagnosis of Acute Pulmonary Embolism / S. Patil, J.W. Henry, M. Rubenfire, P.D. Stein // Chest. – 1993. – Vol. 104, № 6. – P. 1685-1689.
144. New stone formation: a comparison of extracorporeal shock wave lithotripsy and percutaneous nephrolithotomy / L.K. Carr, J. Dah, M.A. Jewett [et al.] // J. Urol. – 1996. – Vol. 155, № 5. – P. 1565-1567.

145. Potential Usefulness of an Artificial Neural Network for Differential Diagnosis of Interstitial Lung Diseases: Pilot Study / N. Asada, K. Doi, H. MacMahon [et al.] // *Radiology*. – 1990. – Vol. 177, № 3. – P. 857-860.
146. Prevalence of urolithiasis in asymptomatic adults: objective determination using low dose noncontrast computerized tomography / C.J. Boyce, P.J. Pickhardt, E.M. Lawrence [et al.] // *J. Urol.* – 2010. – Vol. 183. – P. 1017-1021.
147. Role of computed tomography with no contrast medium enhancement in predicting the outcome of extra- corporeal shock wave lithotripsy for urinary calculi / N.P. Gupta, M.S. Ansari, P. Kesarvani [et al.] // *BJU Int.* – 2005. – Vol. 95, № 9. – P. 1285-1288.
148. Schwartz, B.F. Endourologic management of urinary fistulae / B.F. Schwartz, M.L. Stoller // *Techniques in Urology*. – 2000. – Vol. 6, № 3. – P. 193-195.
149. Shekarriz, B. Uric acid nephrolithiasis: current concepts and controversies / B. Shekarriz, M.L. Stoller // *J. Urol.* – 2002. – Vol. 168. – P. 1307-1314.
150. Shock wave lithotripsy success determined by skin-to-stone distance on computed tomography / G. Pareek, S.P. Hedican, F.T. Lee [et al.] // *Urology*. – 2005. – Vol. 66, № 5. – P. 941-944.
151. Solakhan, M. A neural network-based algorithm for predicting the spontaneous passage of ureteral stones / M. Solakhan, S.U. Seckiner, I. Seckiner // *Urolithiasis*. – 2020. – Vol. 48, № 6. – P. 527-532.
152. Stone attenuation and skin-to-stone distance on computed tomography predicts for stone fragmentation by shock wave lithotripsy / A.E. Perks, T.D. Schuler, J. Lee [et al.] // *Urology*. – 2008. – Vol. 72, № 4. – P. 765-769.
153. Stone formation in human kidney / F. Hering, T. Briellmann, G. Lünd [et al.] // *Urol. Res.* – 1987. – Vol. 15, № 2. – P. 67-73.
154. Sun, Y. Deeply learned face representations are sparse, selective, and robust. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* / Y. Sun, X. Wang, X. Tang. – Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2015. – P. 2892-2900.

155. Tamsulosin treatment increases clinical success rate of single extracorporeal shock wave lithotripsy of renal stones / G.L. Gravina, A.M. Costa, P. Ronchi [et al.] // *Urology*. – 2005. – Vol. 66. – P. 24-28.
156. Taylor, E.N. Diabetes mellitus and the risk of nephrolithiasis / E.N. Taylor, M.J. Stampfer, G.C. Curhan // *Kidney Int.* – 2005. – Vol. 68. – P. 1230-1235.
157. The ROKS nomogram for predicting a second symptomatic stone episode / A.D. Rule, J.C. Lieske, X. Li [et al.] // *J. Am. Soc. Nephrol.* – 2014. – Vol. 25, № 12. – P. 2878-2886.
158. The role of percutaneous nephrolithotomy in the management of medium-sized (1-2 cm) lower-pole renal calculi / A. Unsal, B. Resorlu, C. Kara [et al.] // *Acta. Chir. Belg.* – 2011. – Vol. 111, № 5. – P. 308-311.
159. The Urological Association of Asia clinical guideline for urinary stone disease / K. Taguchi, S.Y. Cho, A.C. Ng, T. Yasui // *Int. J. Urol.* – 2019. – Vol. 26, № 7. – P. 688-709.
160. Urinary lithogenic risk profile in recurrent stone formers with hyperoxaluria: a randomized controlled trial comparing DASH (Dietary Approaches to Stop Hypertension)-style and low-oxalate diets / N. Noori, E. Honarkar, D.S. Goldfarb [et al.] // *Am. J. Kidney Dis.* – 2014. – Vol. 63, № 3. – P. 456-463.
161. Urine volume, water and recurrences in idiopathic calcium nephrolithiasis: a 5-year randomized prospective study / L. Borghi, T. Meschi, F. Amato [et al.] // *J. Urol.* – 1996. – Vol. 155, № 3. – P. 839-843.
162. Using Artificial Neural Networks in Clinical Neuropsychology: High Performance in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease / M. Quintana, J. Guardia, G. Sánchez-Benavides [et al.] // *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* – 2012. – Vol. 34, № 2. – P. 195-208.
163. Using Artificial Neural Networks to Select the Parameters for the Prognostic of Mild Cognitive Impairment and Dementia in Elderly Individuals / A.J.C.C. Lins, M.T.C. Muniz, A.N.M. Garcia [et al.] // *Comput. Methods Programs Biomed.* – 2017. – Vol. 152. – P. 93-104.

164. Vision for the future on urolithiasis: research, management, education and training—some personal views / A. Rodgers, A. Trinchieri, M.H. Ather, N. Buchholz // Urolithiasis. – 2019. – Vol. 47, Iss. 5. – P. 401-413.
165. Wang, R.C. Managing urolithiasis / R.C. Wang // Ann. Emerg. Med. – 2016. – Vol. 67, № 4. – P. 449-454.
166. Zeng, G. Miniaturised percutaneous nephrolithotomy: Its role in the treatment of urolithiasis and our experience / G. Zeng, W. Zhu, W. Lam // Asian. J. Urol. – 2018. – Vol. 5, № 4. – P. 295-302.