

Применение информационных технологий для оптимизации лечения мочекаменной болезни

С.С. Туманян[✉], И.В. Лукьянов, О.Б. Лоран

ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия
✉sargis_tumanyan@mail.ru

Аннотация

Мочекаменная болезнь (МКБ) является одной из самых часто встречающихся патологий в урологической практике. Для обеспечения персонализированного подхода в лечении уrolитиаза с учетом конкретных особенностей каждого отдельного пациента, при наличии различных альтернативных методов лечения все чаще привлекают математические модели и алгоритмы, значительно повышающие качество оказания медицинской помощи. Одним из самых перспективных направлений в области создания математических компьютерных моделей является разработка и внедрение в ежедневную практику прогностических моделей на базе так называемых искусственных нейронных сетей, которые объединяют в себе сложные свойства нейронов головного мозга человека по анализу и обработке получаемой информации. Проведен анализ отечественной и зарубежной литературы, который показал, что идет активное развитие компьютерных технологий с использованием нейросетевых моделей, позволяющих рационализировать тактику лечения пациентов, в частности с МКБ. С целью персонализации подхода по ведению пациентов с МКБ, повышения достоверности прогнозирования результатов лечения на базе урологического отделения ГБУЗ «ГКБ им. С.П. Боткина» в рамках научно-исследовательской работы кафедры урологии и хирургической андрологии ФГБОУ ДПО РМАНПО совместно с кафедрой высшей математики №1 ФГАОУ ВО «НИУ «Московский институт электронной техники» планируется разработать программу на основе нейросетевого моделирования. Данная программа позволит стандартизировать выборы метода лечения камней мочеточника и поможет практикующему врачу принимать сложные решения в нестандартных ситуациях, что приведет к повышению эффективности и качества оказываемой медицинской помощи.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь, нейросетевое моделирование, искусственный интеллект, уrolитиаз.

Для цитирования: Туманян С.С., Лукьянов И.В., Лоран О.Б. Применение информационных технологий для оптимизации лечения мочекаменной болезни. Consilium Medicum. 2020; 22 (12): 63–68. DOI: 10.26442/20751753.2020.12.200549

Review

Application of information technology to optimize treatment of urolithiasis

Sargis S. Tumanian[✉], Igor V. Luk'ianov, Oleg B. Loran

Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia
✉sargis_tumanyan@mail.ru

Abstract

Urolithiasis is one of the most common pathologies in urological practice. To ensure a personalized approach in the treatment of urolithiasis by taking into account the specific characteristics of each individual patient and various alternative methods of treatment, mathematical models and algorithms are increasingly being used that significantly improve the quality of medical care. One of the most promising directions in the field of creating mathematical computer models is the development and implementation into daily practice predictive models based on the so-called artificial neural networks. They combine the complex properties of neurons of the human brain to analyze and process the information received. An analysis of domestic and foreign literature has been carried out showed that there is an active development of computer technologies using neural network models that allow rationalizing the tactics of treating patients, in particular with urolithiasis. In order to personalize the approach to the management of patients with urolithiasis and increase the reliability of predicting treatment results on the basis of the urological department of the State Clinical Hospital of S.P. Botkin within the framework of the research work of the Department of Urology and Surgical Andrology of Medical Academy of Continuous Professional Education along with the National Research University of Electronic and Technology "MIET" it has been planned to develop a program based on neural network modeling. This program will allow to standardize the choice of the method of treatment of ureteral stones and will help urologists make difficult decisions in non-standard situations, which will lead to an increase in the efficiency and quality of medical care.

Key words: urolithiasis, neural network modeling, artificial neural networks.

For citation: Tumanian S.S., Luk'ianov I.V., Loran O.B. Application of information technology to optimize treatment of urolithiasis. Consilium Medicum. 2020; 22 (12): 63–68. DOI: 10.26442/20751753.2020.12.200549

В урологической практике мочекаменная болезнь – МКБ (уролитиаз) является одной из самых часто встречающихся патологий. Данная патология широко распространена в мире и поражает более 5% населения развитых стран [1]. Каждый год камни образуются у 1100–1500 человек из 100 тыс. населения [2], и в среднем вероятность появления камней у пациентов в течение жизни составляет от 5 до 10% [3]. Различные факторы, такие как проблемы с экологией, старение общей популяции, высокий темп жизни, хронический стресс, гиподинамия, привели к двукратному увеличению заболеваемости МКБ в развитых странах за последние два десятилетия [4–6]. Только в Российской Федерации с 2002 по 2009 г. число зарегистрированных больных с МКБ увеличилось на 17,3%, и в 2010 г. составило 533,9 на 100 тыс. населения [7]. У большинства пациентов уrolитиаз диагностируется в трудоспособном возрасте 30–50 лет [8–10]. Широкая распространенность и риск возникновения серьезных осложнений определяют социальную

значимость этого заболевания. Длительный срок реабилитации больных и потеря трудоспособности определяют медико-экономические проблемы, возникающие из-за МКБ [9, 11]. Экономические потери, связанные с обеспечением помощи больным с МКБ и по причине потери нетрудоспособности, составляют более 500 млн евро [10]. За последние три десятка лет появилось много малоинвазивных методов удаления камней у пациентов с МКБ, и тем не менее остаются актуальными вопросы профилактики и лечения уrolитиаза. Однако результаты лечения пациентов с МКБ не удовлетворяют в полной мере ожидания ни пациентов, ни врачей в связи с тем, что перед врачом стоит сложный выбор тактики лечения пациентов с камнями различной локализации. Частота рецидивов повторного камнеобразования и высокая стоимость также усложняют выбор тактики лечения и влияют на результаты терапии [12].

Для обеспечения персонализированного подхода в лечении, определения индивидуальной тактики лечения

пациента с учетом конкретных особенностей, характерных для каждого отдельного пациента, при наличии различных альтернативных методов лечения и профилактики все чаще привлекают математические и информационные модели и алгоритмы, значительно повышающие качество оказания медицинской помощи при различных заболеваниях [13–15]. Поэтому создание, внедрение и применение компьютерных информационных систем и программ, в частности в медицине, является важной и актуальной задачей [16, 17]. Но, несмотря на активное развитие информационных систем, в настоящее время отсутствует широкое применение разработанных математических моделей и вычислительных алгоритмов в диагностике, прогнозировании и рационализации лечения уролитиаза в повседневной работе уролога.

Европейскими коллегами созданы специальные номограммы, применяемые как при МКБ, так и в онкоурологии. Более подробно об их эффективности и степени достоверности будет изложено ниже.

Клиницисту в своей повседневной практике необходимо анализировать большое количество факторов и особенностей для рационализации подхода правильного решения в отношении тактики лечения и наблюдения. С этой целью разработчики вычислительной техники пытались собрать математическую компьютерную модель, которая объединяла бы в себе сложные свойства нейронов головного мозга человека по анализу и обработке получаемой информации. Эти попытки привели к созданию прогностических моделей на базе так называемых искусственных нейронных сетей, способных обрабатывать большие массивы информации [18]. Основой работы сети являются сложные связи между элементами сети. Искусственные нейронные сети имеют возможность обучаться и создавать специфические взаимосвязи между внутренними элементами, для этой цели разработаны специальные обучающие алгоритмы. Градус нейронной сети определяют наборы данных из проанализированных клинических примеров, которые образуют нелинейные связи между собой благодаря обучающим алгоритмам [19]. Экспертные системы, разрабатываемые в 1980-е годы, положили начало для создания искусственного интеллекта. Такие системы не могли претендовать на дублирование сложной системы взаимосвязей человеческого мозга. А основой искусственного интеллекта является воспроизведение структур человеческих нейронов и их связей. Разработан формальный нейрон, модель которого максимально приближена к модели биологического нейрона и, несмотря на простоту математической модели, сеть, образованная из таких искусственных нейронов, способна анализировать большие входные данные и воспроизводить готовые решения.

Входными сигналами для формального нейрона выступают исходные данные обучающих примеров и/или выходные сигналы других сетей нейронов. Получая большие объемы обучающих данных, искусственные нейронные сети способны самостоятельно обучаться на примерах, внедренных в систему. После внесения в обучаемую систему множества различных примеров с известными начальными и конечными результатами происходит поиск достоверных взаимосвязей и зависимостей, на основании которых нейронная сеть прогнозирует различные ситуации. После прохождения обучения искусственный интеллект способен предсказать вероятные значения некоей последовательности, основываясь на анализе предыдущих значений и существующих в настоящий момент факторов. При этом все прогностические модели разрабатываются на результатах ретроспективного анализа данных. Они (прогностические модели) включают в себя и отражают те подходы к диагностике и лечению определенных групп пациентов, данные которых использовались и включены в исследование [20].

В настоящее время существует большое количество экспертных систем. Во всем мире, особенно в развитых странах, существуют организации, которые активно финансируют разработки вычислительных систем и их внедрение в разные сферы жизни, в частности и в медицину. В США на создание и развитие искусственного интеллекта в сфере медицины тратится около 8,5 млрд дол. США в год [21].

Одними из первых попыток оптимизировать стадирование опухолевого процесса и прогнозировать данные патоморфологического заключения при раке простаты являлись разработки прогностических моделей – таблицы Партина и номограммы Катана, в разработке которых использовались очень крупные объемы данных пациентов, при этом их прогностическая ценность не превышает 60–80%. Использование этих моделей при анализе различных популяций и когорт с другими характеристиками приводит к значительному снижению их прогностической ценности, потому что достоверность этих систем напрямую зависит от характеристик и особенностей популяций, чьи данные использовались при разработке этой системы [20].

Несмотря на это, многие прогностические модели, разработанные впоследствии, оценивались в сравнении с таблицами Партина. Например, прогностическая экспертная система оценки вероятности наличия локализованного рака предстательной железы и поражения лимфатических узлов, которая S. Naito и соавт. на данных 1188 больных в Японии оценивалась в сравнении с таблицами Партина и показала даже несколько лучшую прогностическую ценность [22].

Первые сообщения о разработке и применении нейросетевого моделирования в диагностике рака простаты появились в 1994 г., когда доктор P. Snow и соавт. представили статью о разработке пилотной версии прогностической программы с использованием нейронной сети [23].

В 2000 г. R. Babaian и соавт. представили искусственную нейронную сеть, определяющую вероятность развития рака простаты при уровнях гормона простатспецифического антигена (ПСА) от 2,5 до 4,0 нг/мл [24].

В 2005 г. нашим соотечественником В.А. Солововым разработана модель искусственных нейронных сетей для выявления рака простаты. В ходе разработки создано большое количество нейронных связей. Входными данными в них служили следующие характеристики пациентов: результаты трансректального ультразвукового исследования, уровень общего ПСА крови, свободный ПСА крови, отношение свободного ПСА к общему ПСА, объем простаты, плотность ПСА, уровень общего тестостерона крови, возраст пациента. В исследовании участвовал 71 пациент. Данные пациентов использовались в обучении нейронных сетей. А для контроля и проверки использовались данные еще 40 пациентов. По опубликованным данным, созданная нейросетевая модель имела специфичность – 89%, чувствительность – 95%, предсказательную ценность положительного результата – 85% и отрицательного – 92%, благодаря чему дополнительно выявлено от 3 до 43% злокачественных новообразований простаты в сравнении с традиционными методами диагностики. Количество биопсий, которые не имели достаточных показаний, снижено на 4–43% [25].

И.В. Лукьянов в статье, опубликованной в 2008 г., говорил о перспективах диагностических и лечебных мероприятий с применением искусственного интеллекта при симптомах нижних мочевых путей. Разработана и внедрена в практику экспертная система, которая основывалась на мнении опытных урологов-экспертов. Основные характеристики, которые определяли диагноз и состояние пациента и использовались в создании ЭС: Qmax, объем простаты, уровень гормона ПСА, объем остаточной мочи. Экспертная модель учитывала выбранные факторы в качестве основных. Затем, проанализировав данные реальных и возможных пациентов, создали математическую модель, предлагающую различные тактики

лечения в зависимости от исходных данных. Базу данных экспертной системы в дальнейшем многократно дополняли и корректировали для возможности более точной оценки специфических случаев. Разработанная диагностическая система внедрена в практику работы урологической клиники ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» на базе ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина» и позволяла проводить обучение начинающих врачей-урологов на конкретных примерах [26].

С целью прогнозирования результатов лечения злокачественных новообразований мочевого пузыря врачами Ш.Х. Ганцевым и соавт. в 2010 г. создана нейронная сеть, которая прогнозировала результаты лечения новообразований мочевого пузыря в зависимости от их характеристик, морфологических и клинических, а также учитывая при прогнозировании особенности методов лечения. В основную исходную группу включены данные 546 пациентов, которые проходили лечение в клинике урологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» в период с 2000 по 2004 г. С целью определения частоты рецидивов заболевания, а также случаев генерализации опухолевого процесса проводили наблюдение за больными в течение 5 лет. Исследование провели методом случай–контроль. По данным авторов, трехслойная нейронная сеть позволяет выбрать оптимальную тактику лечения и с высокой степенью достоверности предсказать исход лечения [27].

В 2015 г. под руководством профессора И.В. Лукьянова доктором Н.А. Демченко защищена диссертация на тему «Нейросетевое прогнозирование и мониторинг больных после радикальной позадилоной простатэктомии». В исследование вошли 223 пациента, перенесшие радикальную позадилоную простатэктомию в период с 2006 по 2013 г. По итогам работы разработали нейросетевую модель UroStat на базе Neural Network Toolbox MatLab, прогностическая ценность которой сопоставима с прогностической ценностью номограмм Европейской ассоциации урологов, а также позволяющую с высокой долей достоверности выявлять больных, требующих коррекции лечения при наблюдении после операции. Эффективность прогнозирования составляла 89% [28].

В 2015 г. докторами из ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» с целью оптимизации ПСА-скрининга пациентов с аденокарциномой простаты создана модель искусственного интеллекта. Данная нейросетевая модель прогнозировала результат трансректальной биопсии простаты, а также степень риска онкологической прогрессии по системе классификации Д'Амико в случае подтверждения рака простаты. При построении искусственной нейросетевой модели использовали результаты клинических, лабораторных и инструментальных исследований 398 больных, которые в период с 2012 по 2014 г. перенесли трансректальную биопсию простаты в Университетской клинической больнице №1 им. С.Р. Миротворцева СГМУ им. В.И. Разумовского. Прогностическая ценность разработанной модели проверена на результатах исследований 80 пациентов, которым в период с сентября по декабрь 2014 г. выполнена трансректальная биопсия простаты. Точность прогнозирования возможного выявления аденокарциномы в биоптате, полученном при трансректальной биопсии, составила 93,75% (чувствительность – 97,56%, специфичность – 89,70%). У 28 (70% случаев) пациентов из 40 реальная категория риска по Д'Амико совпала с прогнозируемой категорией риска, предложенной системой [29].

Благодаря совместным усилиям специалистов ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ», кафедры компьютерных медицинских систем, и докторов кафедры урологии ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический уни-

верситет им. А.И. Евдокимова» создана компьютерная программа поддержки принятия решений при диагностике рака простаты, которая основывалась на знаниях экспертов и результатах исследований роботических микроскопов и виртуальных гистологических препаратов. Разработанная нейросетевая модель позволяла находить участки аденокарциномы предстательной железы в оцифрованных снимках гистологических препаратов. Работы по системе ведутся по сей день, и их предварительные результаты весьма многообещающие [30].

В 2018 г. красноярскими докторами (А.В. Ершов и соавт., 2018) разработана экспертная система в оценке данных урофлоуметрий. Обучение искусственной нейронной сети происходило по данным 210 урофлоуграмм. Тестирование системы проводили на 40 примерах – данных урофлоуграмм пациентов, не участвовавших в обучении нейронной сети. При этом нейронная сеть смогла определить все предложенные ей примеры результатов урофлоуметрий [31].

С целью повышения эффективности лечения МКБ разработано и внедрено в практику несколько номограмм. Самыми распространенными считаются номограммы CROES, Guu's и S.T.O.N.E. С их помощью пациенты распределяются по группам в зависимости от площади камня, количества и расположения, и рассчитывается эффективность перкутанной нефролитотрипсии (ПНЛ) для каждой группы отдельно.

Данные номограммы определяют сложность выполнения ПНЛ при различных объемах камней и особенностях анатомического строения чашечно-лоханочной системы.

Проводили большое количество сравнений данных номограмм между собой и определение их валидности [32–34]. Предсказательная точность этих номограмм при определении эффективности ПНЛ при разных вариантах камней достигает 85%. Однако они определяют лишь вероятность полного удаления камня (эффективность ПНЛ), при этом не определяют вероятность развития осложнений, связанных с перкутанным вмешательством. Этот факт диктует необходимость в создании систем, позволяющих предсказывать осложнения при различных методах лечения и помогающих определить оптимальную тактику лечения при камнях разного расположения, размера, состава для каждого отдельно взятого пациента.

А. Aminsharifi и соавт. в журнале «Journal of Endourology» опубликовали результаты создания и обучения искусственной нейронной сети, которая может предсказывать послеоперационные осложнения ПНЛ. Обучение нейросети проводилось на основе программного обеспечения MATLAB с использованием данных 200 пациентов. Тестирование проводили на примере 254 пациентов. В итоге точность и чувствительность системы при прогнозировании различных послеоперационных переменных (эффективность лечения и частота развития осложнений) колебались от 81,0 до 98,2%. Самыми значимыми предоперационными параметрами, влияющими на результат, стали площадь камней и их плотность [35].

Докторами из Красноярска (Ф.П. Капсаргин и соавт., 2015) предложена нейросетевая модель, позволяющая выбрать наиболее правильную тактику лечения МКБ. Обучение трехслойной нейросетевой модели производилось на основании данных 510 историй болезни и многомерного вектора, имеющего 28 входных параметров. Дистанционная литотрипсия выполнена 141 (27,6%) пациенту, литокинетическая терапия – 125 (24,5%). Эндоурологические методы лечения – уретероскопия, ПНЛ применены в 110 (21,6%) и 81 (15,9%) случаях соответственно. Открытые оперативные вмешательства проводили в 53 (10,5%) случаях. Исходные данные для обучения – 28 входных параметров: результаты клинического, инструментального и лабораторного исследований. Тестирование проводили на 22 примерах, при

этом ошибка экспертной системы составила 9%. Разработанная нейросетевая система классифицировала методы лечения МКБ со степенью уверенности в 91% [36].

Коллеги из Турции (I. Seckiner и соавт., 2017) разработали нейросетевую модель, которая предсказывает эффективность дистанционной нефролитотрипсии, анализируя такие входные данные, как: количество камней, их размер и расположение, плотность, расстояние от поверхности кожи до камня, угол шейки чашек, наличие или отсутствие гидронефроза. Всего в разработке использовались данные 203 пациентов. Впоследствии пациентов разделили на 3 группы: обучающая группа (n=139), группа проверки (n=32) и тестовая группа (n=32). Анализ искусственной нейросети показал, что точность прогноза эффективности дистанционной ударно-волновой литотрипсии (достижение полной дезинтеграции камней почек) составила 99,25% в обучающей группе, 85,48% – в проверочной и 88,70% – в тестовой [37].

В Республике Корея в 2018 г. также представили систему принятия решения с использованием алгоритма машинного обучения для прогнозирования эффективности лечения после однократного сеанса ударно-волновой литотрипсии при камнях мочеочечника. Всего в исследование включен 791 пациент. Модели принятия решений построены со всеми возможными комбинациями факторов. Модель с 15 факторами имела точность более 92%, и среднее значение ROC AUC при проведении ROC-анализа составило 0,951. Тремя основными факторами, влияющими на результат, стали объем камня, его длина и плотность [38].

В Курске в 2014 г. защищена докторская диссертация на тему «Математическое моделирование и алгоритмизация прогнозирования, диагностики, профилактики и лечения мочекаменной болезни» (А.Г. Коцарь). Разработали математическую модель прогнозирования рецидива образования камней мочевого выделительной системы, которая учитывала индивидуальные факторы риска и особенности течения МКБ. Созданная модель продемонстрировала высокую прогностическую ценность (специфичность – 0,98, чувствительность – 0,89). Следование тактике по профилактике, основанной на данных математического алгоритма, приводило к статистически значимому снижению частоты рецидивов заболевания с 75 до 8,7%. С целью оценки эффективности алгоритмов по выбору тактики лечения мочекаменной болезни проведен анализ результатов лечения 500 больных с МКБ. Анализ являлся проспективным слепым рандомизированным. В 1-ю группу вошли пациенты (n=250), которые получали лечение в соответствии с рекомендациями, предложенными алгоритмами. А пациентам 2-й группы (n=250) проводили лечение в соответствии с традиционными клиническими рекомендациями. По результатам работы рационализация выбора лечебной тактики с применением математической модели привела к повышению эффективности лечения и снижению сроков госпитализации. Применение рекомендаций, предложенных созданной программой, приводило к снижению риска возникновения осложнений и неблагоприятных исходов лечения у пациентов с МКБ на 64,7–100% [39].

В публикации есть информация по поводу планов создания информационно-аналитической автоматизированной системы «МЕГАЛИТ» с целью оптимизации диагностики и лечения МКБ (М.П. Кривенко, 2013). Создание системы осуществлялось ИПИ РАН совместно с НИИ урологии Минздрава России в рамках серии совместных научно-исследовательских работ. Однако последующий поиск работ, касающихся результатов разработки, не увенчался успехом [40].

В университете Пекина (X. Zhu и соавт.) создали нейросетевую прогностическую модель с использованием алгоритма машинного обучения XGBoost, которая способна с высокой точностью прогнозировать эффективность (полная элими-

нация конкрементов) использования гибкой ретроградной литотрипсии при удалении камней почек. Проведен ретроспективный анализ данных 201 пациента, перенесших ретроградную гибкую литотрипсию. Сравнились следующие факторы: возраст пациента, индекс массы тела, количество камней, объем камней и их плотность, наличие гидронефроза. При камнях в нижних чашечках почки оценивались также такие анатомические параметры, как угол шейки чашки, ширина и длина шейки чашек. Прогностическая ценность нейросетевой модели оценивалась проспективно на основе данных 71 пациента. Результаты показали, что общая точность прогнозирования, специфичность, чувствительность модели составила 81,4, 87,0 и 68,0% соответственно. Главными прогностическими факторами являлись объем камня, его средняя и максимальная плотность, а также индекс массы тела пациента [41].

В журнале «International Brazilian Journal of Urology» I. Seckiner и соавт. в 2017 г. опубликовали работу, в которой рассказали о разработке прототипа модели искусственной нейронной сети, позволяющей прогнозировать эффективность дистанционной ударно-волновой литотрипсии при камнях почек. В обучающую группу вошли данные 139 пациентов, в проверочную и тестовую группу – по 32 пациента соответственно. В обучении и дальнейшей оценке модели использовались 11 параметров пациентов. В результате анализа нейросетевая модель показала точность прогнозирования эффективности дистанционной литотрипсии в обучающей группе – 99,25%, в проверочной и тестовой группе – 85,48 и 88,7% соответственно [37].

Анализ литературы показал, что идет активное развитие компьютерных информационных технологий с использованием нейросетевых моделей, позволяющих рационализировать тактику лечения пациентов, в частности с МКБ.

При этом количество и качество разработанных программ, помогающих практикующему врачу принимать решения в спорных, сложных ситуациях, является недостаточным. Выбор метода лечения с прогнозированием исходов и осложнений при камнях мочеочечника разного размера, плотности и расположения – именно одна из таких ситуаций.

В ГБУЗ «ГКБ им. С.П. Боткина» ежегодно проводятся сотни операций по дезинтеграции конкрементов. С целью персонализации подхода к ведению пациентов с МКБ, повышения достоверности прогнозирования результатов лечения и как следствие – повышения эффективности лечения на базе урологического отделения ГБУЗ «ГКБ им. С.П. Боткина» в рамках научно-исследовательской работы кафедры урологии и хирургической андрологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» совместно с кафедрой высшей математики №1 ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» планируют разработать и внедрить в практику программы с использованием нейросетевого моделирования. Такая программа позволит стандартизировать выборы метода лечения камней мочеочечника и поможет практикующему врачу принимать сложные решения в нестандартных ситуациях, что приведет к повышению эффективности и качества оказываемой медицинской помощи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Литература/References

- Knoll T et al. Epidemiology, Pathogenesis, and Pathophysiology of Urolithiasis. Eur Urol Suppl 2010; 9: 802–6.
- Turk C и др. Мочекаменная болезнь. Пер. О.В. Антонова; ред. Н.А. Григорьев. Европейская ассоциация урологов, 2016.
[Turk C et al. Urolithiasis disease. Per. O.V. Antonova; ed. ON. Grigoriev. European Association of Urology, 2016 (in Russian).]

3. Tiselius HG, Davison AM, Cameron JS et al. Aetiological factors in stone formation. Oxford textbook of clinical nephrology, 3rd ed. Oxford: Oxford University Press, 2008; p. 1201–23.
4. Indridason OS et al. Epidemiology of kidney stones in Iceland: a population-based study. Scand J Urol Nephrol 2009; 40 (3): 215–20.
5. Chang IH, Kim KD, Moon YT et al. Possible Relationship between Metabolic Syndrome Traits and Nephrolithiasis: Incidence for 15 Years According to Gender. Korean J Urol 2011; 52 (8): 548–53.
6. Romero H, Akpinar DG, Assimos V. Kidney Stones: A Global picture of prevalence, incidence, and associated risk factors. Rev Urol 2010; 12 (2): 86–96.
7. Аполихин О.И. и др. Анализ уронефрологической заболеваемости в Российской Федерации по данным официальной статистики. Эксперим. и клин. урология. 2010; 1: 4–11.
[Apolikhin O.I. et al. Analiz uronefrologicheskoi zaobolevaemosti v Rossiiskoi Federatsii po dannym ofitsial'noi statistiki. Ekspirim. i klin. urologia. 2010; 1: 4–11 (in Russian).]
8. Дзеранов Н.К. Лечение мочекаменной болезни – комплексная медицинская проблема. Consilium Medicum. Урология. 2003; 5 (1): 18–22.
[Dzeranov N.K. Treatment of urolithiasis is a complex medical problem. Consilium Medicum. Urology. 2003; 5 (1): 18–22 (in Russian).]
9. Лопаткин Н.А., Яненко Э.К. Мочекаменная болезнь. Рус. мед. журн. 2000; 8 (3): 117–20.
[Lopatkin N.A., Ianenko E.K. Mochekamennaya bolezni'. Rus. med. zhurn. 2000; 8 (3): 117–20 (in Russian).]
10. Аляев Ю.Г., Руденко Е.В. и др. Современные аспекты медикаментозного лечения больных мочекаменной болезнью. Рос. мед. журн. 2010; 8: 14–8.
[Aliaev Yu.G., Rudenko E.V. et al. Sovremennye aspekty medikamentoznogo lecheniia bol'nykh mochekamennoi bolezni'u. Ros. med. zhurn. 2010; 8: 14–8 (in Russian).]
11. Тиктинский О.Л., Александров В.П. Мочекаменная болезнь. СПб.: Питер, 2000.
[Tiktinsky O.L., Alexandrov V.P. Urolithiasis disease. Saint Petersburg: Peter, 2000 (in Russian).]
12. Борисов В.В., Дзеранов Н.К. Мочекаменная болезнь. Терапия больных камнями почек и мочеточников. М., 2011.
[Borisov V.V., Dzeranov N.K. Urolithiasis disease. Therapy of patients with kidney and ureteral stones. Moscow, 2011 (in Russian).]
13. Львович Е.Я., Фролов В.Н. Интегрированная информационная система интеллектуальной поддержки принятия решений при организации нозологоориентированной медицинской помощи. Системный анализ и управление в биомед. системах. 2007; 6 (2): 273–6.
[Lvovich E.Ya., Frolov V.N. Integrirovannaya informatsionnaya sistema intellektual'noi podderzhki priiniatia reshenii pri organizatsii nozologoorientirovannoi meditsinskoi pomoshchi. Sistemyi analiz i upravlenie v biomed. sistemakh. 2007; 6 (2): 273–6 (in Russian).]
14. Зезюков Д.Н., Зезюкова Ю.Б., Котова А.В. и др. Логическое моделирование процесса диагностики, лечения и применения решений при выборе хирургической компоненты. Системный анализ и управление в биомед. системах. 2005; 4 (3): 280–3.
[Zesukov D.N., Zesukova Yu.B., Kotova A.V. et al. Logicheskoe modelirovanie protsessa diagnostiki, lecheniia i primeneniia reshenii pri vybore khirurgicheskoi komponenty. Sistemyi analiz i upravlenie v biomed. sistemakh. 2005; 4 (3): 280–3 (in Russian).]
15. Корневский Н.А. Проектирование нечетких решающих сетей, настраиваемых по структуре данных для задач медицинской диагностики. Системный анализ и управление в биомед. системах. 2005; 4 (1): 12–20.
[Korenevskii N.A. Proektirovanie nechetkikh reshaiushchikh setei, nastroivaemykh po strukture dannykh dlia zadach meditsinskoi diagnostiki. Sistemyi analiz i upravlenie v biomed. sistemakh. 2005; 4 (1): 12–20 (in Russian).]
16. Жарко В.И., Цыбин А.К., Малахова И.В. и др. Здоровье народа и программа развития здравоохранения Республики Беларусь. Вopr. организации и информатизации здравоохранения. 2006; 4: 3–7.
[Zharko V.I., Tsybin A.K., Malakhova I.V. et al. Zdorov'e naroda i programma razvitiia zdравookhraneniia Respubliki Belarus'. Vopr. organizatsii i informatizatsii zdравookhraneniia. 2006; 4: 3–7 (in Russian).]
17. Ковалев В.А., Литвин А., Жариков О.Г. Современные возможности использования некоторых экспертных систем в медицине. Врач и информ. технологии. 2008; 5: 24–30.
[Kovalev V.A., Litvin A., Zhariikov O.G. Sovremennye vozmozhnosti ispol'zovaniia nekotorykh ekspertnykh sistem v meditsine. Vrach i inform. tekhnologii. 2008; 5: 24–30 (in Russian).]
18. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. М.: Вильямс, 2006.
[Khaikin S. Neural networks: a complete course. 2nd ed. Moscow: Williams, 2006 (in Russian).]
19. Миркес Е.М. Нейроинформатика: учеб. пособие для студентов. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002.
[Mirkes E.M. Neuroinformatics: textbook. manual for students. Krasnoyarsk: IPC KSTU, 2002 (in Russian).]
20. Лукьянов И.В., Демченко Н.А., Аюпов И.П. Математическое моделирование послеоперационного течения рака простаты. Мед. вестн. Башкортостана. 2011; 2: 244–8.
[Luk'ianov I.V., Demchenko N.A., Aiupov I.P. Matematicheskoe modelirovanie posleoperatsionnogo techeniia raka prostaty. Med. vestn. Bashkortostana. 2011; 2: 244–8 (in Russian).]
21. Петров С.В., Корневский Н.А. и др. Применение информационных технологий при урологических заболеваниях. Фундам. исследования. 2015; 1 (Ч. 4): 810–3.
[Petrov S.V., Korenevskii N.A. et al. Primenenie informatsionnykh tekhnologii pri urologicheskikh zaobolevaniakh. Fundam. issledovaniia. 2015; 1 (Ch. 4): 810–3 (in Russian).]
22. Naito S, Kuroiwa K, Kinukawa N et al. Clinicopathological Research Group for Localized Prostate Cancer Investigators Validation of Partin tables and development of a preoperative nomogram for Japanese patients with clinically localized prostate cancer. J Urol 2008; 180: 904–9.
23. Snow PB, Smith DS, Catalona WJ. Artificial neural networks in the diagnosis and prognosis of prostate cancer: a pilot study. J Urol 1994; 152: 1923–6.
24. Babaian J, Fritsche H, Ayala A et al. Performance of a neural network in detecting prostate cancer in the prostate-specific antigen reflex range of 2.5 to 4.0 ng/mL. Urology 2000; 56: 1000–6.
25. Соловов В.А. Нейросетевой анализ в диагностике рака предстательной железы. Вестн. СамГУ – Естественнонауч. сер. 2005; 5 (39): 209–14.
[Solovov V.A. Neurosetevoi analiz v diagnostike raka predstatel'noi zhelezy. Vestn. SamGU – Estestvennonauch. ser. 2005; 5 (39): 209–14 (in Russian).]
26. Лукьянов И.В. Симптомы нижних мочевых путей: перспективы диагностических и лечебных мероприятий с применением элементов искусственного интеллекта. Consilium Medicum. 2008; 2 (4): 24–6.
[Lukyanov I.V. Lower urinary tract symptoms: perspectives of diagnostic and therapeutic measures using the elements of artificial intelligence. Consilium Medicum. 2008; 2 (4): 24–6 (in Russian).]
27. Ганцев Ш.Х., Зимичев А.А., Хрисанов Н.Н., Климентьева М.С. Применение нейронной сети в прогнозировании рака мочевого пузыря. Мед. вестн. Башкортостана. 2010; 3: 44–6.
[Gantsev Sh.Kh., Zimichev A.A., Khrisanov N.N., Kliment'eva M.S. Primenenie neuronnoi seti v prognozirovanii raka mochevogo puzыria. Med. vestn. Bashkortostana. 2010; 3: 44–6 (in Russian).]
28. Демченко Н.А. Нейросетевое прогнозирование и мониторингирование больных после радикальной позадилоной простатэктомии. Дис. ... канд. мед. наук. М., 2015.
[Demchenko N.A. Neurosetevoe prognozirovaniie i monitorirovanie bol'nykh posle radikal'noi pozadiloi prostatektomii. Dis. ... kand. med. nauk. Moscow, 2015 (in Russian).]
29. Попков В.М., Шатылко Т.В., Королев А.Ю. и др. Оптимизация PSA-скрининга с помощью искусственного интеллекта. Мед. вестн. Башкортостана. 2015; 10 (3): 232–5.
[Popkov V.M., Shatyloko T.V., Korolev A.Yu. et al. Optimizatsiia PSA-skrininga s pomoshch'iu iskusstvennogo intellekta. Med. vestn. Bashkortostana. 2015; 10 (3): 232–5 (in Russian).]
30. Никитаев В.Г., Проничев А.Н., Прилепская Е.А. и др. Компьютерные системы поддержки принятия решений в диагностике рака предстательной железы. Эксперим. и клин. урология. 2016; 4: 52–5.
[Nikitaev V.G., Pronichev A.N., Prilepskaia E.A. et al. Komp'yuternye sistemy podderzhki priiniatia reshenii v diagnostike raka predstatel'noi zhelezy. Ekspirim. i klin. urologia. 2016; 4: 52–5 (in Russian).]
31. Ершов А.В., Капсаргин Ф.П., Бережной А.Г., Мылтыгашев М.П. Экспертные системы в оценке данных урофлуограмм. Вестн. урологии. 2018; 6 (3): 12–6.
[Ershov A.V., Kapsargin F.P., Berezhnoi A.G., Myltygashiev M.P. Ekspertnye sistemy v otsenke dannykh urofluogramm. Vestn. urologii. 2018; 6 (3): 12–6 (in Russian).]
32. Sfoungaristos S, Gofrit ON, Yulkin V et al. External validation of CROES nephrolithometry as a preoperative predictive system for percutaneous nephrolithotomy outcomes. J Urol 2015. DOI: 10.1016/j.juro.2015.08.079
33. Taily T, Okhunov Z et al. Multicenter External Validation and Comparison of Stone Scoring Systems in Predicting Outcomes After Percutaneous Nephrolithotomy J Endourol 2016; 30 (5): 594–601. DOI: 10.1089/end.2015.0700
34. De Nunzio C, Bellangino M, Voglino OA et al. Value of CROES, S.T.O.N.E nomograms and Guy's stone score as preoperative predictive system for percutaneous nephrolithotomy (PCNL) outcomes. Eur Urol Suppl 2017; 16 (3): e941.
35. Aminsharif A, Irani D et al. Artificial Neural Network System to Predict the Postoperative Outcome of Percutaneous Nephrolithotomy. J Endourology 31 (5): 461–7. DOI: 10.1089/end.2016.0791
36. Капсаргин Ф.П., Ершов А.В., Зуева Л.Ф. и др. Применение нейронных сетей в выборе метода лечения мочекаменной болезни. Омский науч. вестн. 2015; 1: 68–70.
[Kapsargin F.P., Ershov A.V., Zueva L.F. et al. Primenenie neuronnykh setei v vybore metoda lecheniia mochekamennoi bolezni. Omskii nauch. vestn. 2015; 1: 68–70 (in Russian).]
37. Seckiner I, Seckiner S et al. A neural network – based algorithm for predicting stone-free status after ESWL therapy. Int Braz J Urol 2017; 43: 1110–4. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2016.0630
38. Choo M, Uhm S et al. A Prediction Model Using Machine Learning Algorithm for Assessing Stone-Free Status after Single Session Shock Wave Lithotripsy to Treat Ureteral Stones. J Urol 2018; 200: 1–7. DOI: 10.1016/j.juro.2018.06.077
39. Коцарь А.Г. Математическое моделирование и алгоритмизация прогнозирования, диагностики, профилактики и лечения мочекаменной болезни. Дис. ... д-ра мед. наук. Курск, 2014.

[Kotsar' A.G. Matematicheskoe modelirovanie i algoritimizatsiia prognozirovaniia, diagnostiki, profilaktiki i lecheniia mochekamennoi bolezni. Dis. ... d-ra med. nauk. Kursk, 2014 (in Russian).]

40. Кривенко М.П., Голованов С.А. Информационно-аналитическая автоматизированная система «МЕГАЛИТ» в оптимизации и диагностики и лечения мочекаменной болезни. Информатика и ее применения. 2013; 7 (4): 82–93.

[Krivenko M.P., Golovanov S.A. Informatsionno-analiticheskaia avtomatizirovannaia sistema "MEGALIT" v optimizatsii i diagnostiki i lecheniia mochekamennoi bolezni. Informatika i ee primeniia. 2013; 7 (4): 82–93 (in Russian).]

41. Zhu XH, Yang MY, Xia HZ et al. Application of machine learning models in predicting early stone-free rate after flexible ureteroscopic lithotripsy for renal stones. Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban 2019; 51 (4): 653–9. DOI: 10.19723/j.issn.1671-167X.2019.04.010

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Туманян Саргис Сергеевич – аспирант каф. урологии и хирургической андрологии ФГБОУ ДПО РМАНПО. E-mail: sargis_tumanyan@mail.ru

Лукьянов Игорь Вячеславович – канд. мед. наук, проф., доц., зав. учебной частью каф. урологии и хирургической андрологии ФГБОУ ДПО РМАНПО

Лоран Олег Борисович – акад. РАН, д-р мед. наук, проф., зав. каф. урологии и хирургической андрологии ФГБОУ ДПО РМАНПО

Sargis S. Tumanian – Graduate Student, Medical Academy of Continuous Professional Education. E-mail: sargis_tumanyan@mail.ru

Igor V. Luk'ianov – Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Medical Academy of Continuous Professional Education

Oleg B. Loran – D. Sci. (Med.), Prof., Acad. RAS, Medical Academy of Continuous Professional Education

Статья поступила в редакцию / The article received: 26.11.2020

Статья принята к печати / The article approved for publication: 21.12.2020