

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025
УДК 616.61-089

Зоркин С.Н., Баязитов Р.Р., Гурская А.С., Екимовская Е.В.

Искусственный интеллект и нейронные сети в детской урологии

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва, Россия

Резюме

Введение. Искусственный интеллект (ИИ) и нейронные сети являются мощными инструментами, которые могут анализировать большие объёмы данных, выявлять закономерности и делать прогнозы. Применяемые в диагностике урологических заболеваний у детей ультразвуковые исследования, рентгенография, сцинтиграфия и расчётные данные (степени, размеры, индексы) являются идеальным объектом для обучения алгоритмов компьютерного зрения с целью автоматического анализа и расчёта интересующих врача показателей. Предложены различные модели ИИ для прогнозирования исходов лечения, рисков осложнений, разработки персонализированной терапии. ИИ позволяет снизить нагрузку на медицинский персонал, поскольку автоматизирует рутинные задачи. Система поддержки принятия решений, возможности удалённого мониторинга за пациентами, виртуальные симуляторы, чат-боты и ассистенты — технологии, крайне востребованные в медицине. Однако есть и ряд ограничений применения ИИ. Необходимо помнить, что алгоритмы тестируют на идеально подготовленных массивах данных, тогда как в реальной практике врачи сталкиваются с неполной информацией, техническими артефактами и нетипичными случаями. Поэтому для успешной интеграции моделей ИИ в детскую урологию необходимо обеспечить высокое качество данных для машинного обучения, безопасность сбора и хранения персональных данных пациентов, соблюдение этических норм. **Цель:** провести анализ данных применения ИИ в детской урологии при диагностике пузырно-мочеточникового рефлюкса, гидронефроза, гипоспадии, клапана задней уретры.

Проведён систематический поиск научных публикаций в базах данных PubMed, Scopus, Google Scholar, eLIBRARY.RU за 2018–2024 гг. В выборку включены клинические исследования ($n \geq 50$), метаанализы, для систематических обзоров применяли PRISMA-методологию. Интеграция технологий ИИ в клиническую практику обладает большим потенциалом для решения клинических задач в детской урологии. Ограничениями для успешного внедрения остаются недостаточная надёжность существующих моделей и отсутствие адаптированных для клинического применения алгоритмов.

Ключевые слова: обзор; искусственная нейронная сеть; искусственный интеллект; машинное обучение; детская урология

Для цитирования: Зоркин С.Н., Баязитов Р.Р., Гурская А.С., Екимовская Е.В. Искусственный интеллект и нейронные сети в детской урологии. *Российский педиатрический журнал*. 2025; 28(4): 282–287. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2025-28-4-282-287> <https://elibrary.ru/fxlytq>

Для корреспонденции: *Баязитов Римир Радикович*, канд. мед. наук, ст. науч. сотр., врач — детский хирург, врач — детский уролог-андролог хирургического отделения новорождённых и детей грудного возраста, доцент каф. детской хирургии с курсом анестезиологии и реаниматологии Института подготовки медицинских кадров ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, i@rbayazitov.ru

Участие авторов: Зоркин С.Н., Гурская А.С. — концепция и дизайн работы; Баязитов Р.Р. — написание текста; Екимовская Е.В., Гурская А.С. — редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 18.06.2025
Принята к печати 25.07.2025

Sergey N. Zorkin, Rimir R. Bayazitov, Aleksandra S. Gurskaya, Ekaterina V. Ekimovskaya

Artificial intelligence and neural networks in pediatric urology

National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation

Summary

Introduction. Artificial intelligence (AI) and neural networks are powerful tools that can analyze large amounts of data, identify patterns, and make forecastings. Ultrasound, radiography, scintigraphy, and the quantitative indices (degrees, sizes, indices) used in the diagnosis of urological diseases in children are an ideal object for training computer vision algorithms for the purpose of automatic analysis and calculation of the indices of interest to the doctor. Various AI models have been proposed for predicting treatment outcomes, risks of complications, and developing personalized therapy. AI can reduce the workload on medical personnel by automating routine tasks. A decision support system, remote patient monitoring capabilities, virtual simulators, chatbots, and assistants are technologies that are in high demand among health workers. However, there is a number of limitations to the use of AI. It is important to remember that algorithms are tested on ideally prepared data sets, while in real practice, doctors are faced with incomplete information, technical artifacts, and atypical cases. Therefore, for the successful integration of AI models into pediatric urology, it is necessary to ensure high quality of data for machine learning, security of collection and storage of personal patient

data, and compliance with ethical standards. **Aim.** To analyze the literature data on the use of AI in pediatric urology in the world and Russia in the diagnosis of vesicoureteral reflux, hydronephrosis, hypospadias, posterior urethral valve.

A systematic search of scientific publications was conducted in the PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary.ru databases for the period 2018–2024. The sample included clinical studies ($n \geq 50$), meta-analyses, and PRISMA methodology was used for systematic reviews. The integration of AI technologies into clinical practice has great potential for solving clinical problems in pediatric urology. The limitations for successful implementation remain the insufficient reliability of existing models and the lack of algorithms adapted for the clinical use.

Keywords: literature review; artificial neural network; artificial intelligence; machine learning; pediatric urology

For citation: Zorkin S.N., Baiazitov R.R., Gurskaya A.S., Ekimovskaya E.V. Artificial intelligence and neural networks in pediatric urology. *Rossiyskiy Pediatricheskiy Zhurnal (Russian Pediatric Journal)*. 2025; 28(4): 282–287. (In Russian). <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2025-28-4-282-287> <https://elibrary.ru/fxlytq>

For correspondence: *Rimir R. Baiazitov*, PhD (Medicine), senior researcher, pediatric surgeon, pediatric urologist-andrologist of the Surgical department of newborns and infants, associate professor of the Department of pediatric surgery with a course in anesthesiology and resuscitation of the Institute for Training Medical Personnel of the National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, 119991, Russian Federation, i@rbayazitov.ru

Contribution: Zorkin S.N., Gurskaya A.S. — concept and design; Baiazitov R.R. — writing the text; Gurskaya A.S., Ekimovskaya E.V. — editing the text. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Information about the authors:

Zorkin S.N., <https://orcid.org/0000-0002-4038-1472>

Baiazitov R.R., <https://orcid.org/0000-0002-2809-1894>

Gurskaya A.S., <https://orcid.org/0000-0001-8663-2698>

Ekimovskaya E.V., <https://orcid.org/0000-0001-5098-2266>

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

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

Received: June 18, 2025
Accepted: July 25, 2025
Published: August 28, 2025

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) становится важным инструментом в современной медицине, предлагая новые возможности для диагностики, лечения и прогнозирования исходов заболеваний [1, 2]. В детской урологии, где многие заболевания требуют точной диагностики и индивидуального подхода, ИИ может быть ценным помощником для врачей [3, 4]. Особенности детского организма, такие как быстрое изменение анатомо-физиологических параметров, возрастная вариабельность нормативных показателей, а также высокая распространённость врождённых аномалий мочевыводящей системы, делают детскую урологию одним из перспективных направлений для клинического применения ИИ [5]. В современной практике детского уролога большую роль в диагностике играют ультразвуковое исследование (УЗИ), рентгенография, сцинтиграфия и расчётные количественные показатели: степени, размеры и индексы. Все эти числовые данные являются идеальным объектом для обучения алгоритмов компьютерного зрения с целью автоматического анализа и расчёта интересующих врача показателей.

Для прогнозирования исходов лечения предложены различные модели с применением ИИ. Описана методика для прогнозирования результатов эндоскопической коррекции пузырно-мочеточникового рефлюкса (ПМР), что позволяет оптимизировать выбор лечения для конкретного больного [6]. Разработан гибридный алгоритм диагностики и классификации степени ПМР на основе цистографии [7]. Аналогичные подходы используют для оценки тяжести гидронефроза и выявления обструкции лоханочно-мочеточникового сегмента [8, 9]. Определено использование глубокого машинного обучения для автоматической оценки характеристик

уретральной пластинки, что может значительно упростить диагностику и планирование хирургических вмешательств [10].

Для оценки рисков развития осложнений была разработана модель на основе искусственных нейронных сетей для прогнозирования наличия инфравезикальной обструкции (клапана задней уретры) у мальчиков [11]. Аналогично, был предложен инструмент машинного обучения для прогнозирования клинически значимых исходов у пациентов с клапаном задней уретры [12].

ИИ также находит применение в персонализированной медицине, т. е. разработке индивидуальных подходов к лечению, учитывающих уникальные особенности каждого больного. Например, разработана модель машинного обучения для отбора целевых групп детей с ПМР, для которых будет более эффективна консервативная терапия (выжидательная тактика с антибиотикопрофилактикой) [13]. Это позволяет минимизировать ненужное лечение и снизить риск развития резистентности к антибиотикам.

Учёные обращают внимание на высокий потенциал нейронных сетей для анализа медицинских изображений и прогнозирования исходов лечения, что особенно актуально в условиях нехватки специализированных кадров [14]. Исследования в области взрослой онкоурологии показали эффективность ИИ в диагностике и мониторинге опухолей почек [15]. Несмотря на значительный прогресс, внедрение ИИ в детскую урологию сопряжено с рядом актуальных задач, в том числе с необходимостью обеспечения высокого качества данных, соблюдения этических норм и интеграции технологий в клиническую практику [16, 17]. Вместе с тем ИИ обладает огромными возможностями для улучшения качества диагностики и лечения детей с урологическими заболеваниями [2].

Для подготовки данного обзора литературы был проведён систематический поиск научных публикаций, посвящённых применению ИИ в детской урологии, в базах данных PubMed, Scopus, Google Scholar, eLIBRARY.RU за 2018–2024 гг. Ключевые слова включали: искусственный интеллект в детской урологии (artificial intelligence in pediatric urology), машинное обучение в детской урологии (machine learning in pediatric urology), нейронные сети в детской урологии (neural networks in pediatric urology). Было идентифицировано 147 публикаций, из которых для детального анализа были отобраны исследования, соответствующие следующим критериям: оригинальные клинические исследования, метаанализы и работы с объёмом выборки не менее 50 пациентов.

Анализ показал, что большинство исследований (58%) имели ретроспективный когортный дизайн. Проспективные исследования составили 23%, мультицентровые — 12%, а метаанализы — 7% от общего числа публикаций. По объёму выборки работы распределились следующим образом: 41% исследований включали 50–100 больных, 35% — 101–500 пациентов, 24% — более 500 больных.

При обработке данных мы систематизировали публикации по типу используемого ИИ (машинное обучение, глубокое обучение, обработка естественного языка), решаемой клинической задаче и показателям эффективности. В процессе исследования мы использовали PRISMA-методологию для систематических обзоров. Для обеспечения достоверности результаты были независимо проверены всеми авторами обзора.

Общие аспекты применения искусственного интеллекта в медицине

ИИ — это собирательное понятие, включающее в себя множество технологий, методов и подходов, направленных на создание систем, способных выполнять задачи, требующие человеческого (естественного) интеллекта. Современные системы ИИ в медицине основаны на трёх основных ключевых технологиях: машинное обучение, глубокое обучение и обработка естественного языка [18–20].

Машинное обучение — подраздел ИИ, в котором алгоритмы автоматически выявляют закономерности в данных и учатся принимать решения. Машинное обучение особенно эффективно работает со структурированными данными (таблицами, базами данных). Ключевыми алгоритмами являются логистическая регрессия, метод опорных векторов, случайные леса (построение дерева решений). Машинное обучение решает три типа задач: классификация (например, определение степени заболевания); регрессия (прогноз времени до наступления исхода); кластеризация (выявление подгрупп пациентов с похожими характеристиками). В клинической практике применяется для прогностического моделирования и анализа клинических параметров.

Глубокое обучение — более продвинутая ветвь машинного обучения, где используются многослойные (глубокие) искусственные нейронные сети для автоматического извлечения признаков и анализа сложных данных. В отличие от традиционных методов машинного обучения, глубокое обучение особенно эффективно для работы с неструктурированными данными: изобра-

жениями, видео- и аудиозаписями. Использует многослойные нейронные сети для анализа сложных данных, включает архитектуры сверточных и рекуррентных нейронных сетей. Эффективно применяются для реализации компьютерного зрения при обработке медицинских изображений (УЗИ, МРТ, КТ). То есть, основная цель этой технологии — помощь в диагностике заболеваний. Преимущества перед ручным анализом: выявляет незаметные глазу паттерны (например, микроскопические изменения ткани), обрабатывает изображения в 30–50 раз быстрее человека, не подвержен усталости/субъективности.

Обработка естественного языка позволяет компьютеру понимать, интерпретировать и генерировать человеческий язык. Наиболее известными для широкого круга пользователей являются продукты в виде Алисы от компании Яндекс, ChatGPT от OpenAI и ряд других. В медицине обработка естественного языка особенно ценна для работы с неструктурированными текстовыми данными (медицинские карты, эпикризы, протоколы операций). Примеры использования: автоматическое заполнение регистров, извлечение из большого массива интересующих данных, кодирование по международной классификации болезни, надиктовывание врачом для ускорения рабочего процесса при заполнении документации и др.

Эти технологические основы находят специфическое применение в детской урологии, где сочетание интерпретации методов лучевой диагностики, построение моделей прогнозирования и персонализированного подхода делает ИИ особенно перспективным инструментом.

Клинические примеры использования ИИ в детской урологии

Диагностика и прогнозирование результатов лечения ПМР. Для автоматической классификации степени ПМР разработан гибридный алгоритм на основе глубокого обучения для анализа изображений микционной цистоуретрографии (МЦУГ). Авторы обучили модель на 678 изображениях МЦУГ от 227 пациентов с разметкой по 5 степеням ПМР. Точность модели составила 89% [7]. В отличие от этой работы предложен метод машинного обучения для количественной оценки степени ПМР на данных, полученных при МЦУГ. Алгоритм присваивает рефлюксу числовое значение (например, 2.7 вместо «II–III степень»). Предложенный количественный подход решает задачи дискретной классификации ПМР (I–V), предлагая более гибкую оценку [17]. Предложена модель для прогнозирования результатов однократной эндоскопической коррекции ПМР с использованием декстраномера гиалуроновой кислоты на основании опыта 6 клиник Российской Федерации и Республики Беларусь. Для прогнозирования результатов лечения применяли бинарную логистическую регрессию и многослойную искусственную нейронную сеть. В качестве предикторов были выбраны возраст, пол, степень рефлюкса, удвоение мочеточников и степень дилатации мочеточника. Точность модели варьировала от 75 до 90% в зависимости от полученных результатов из разных клиник [6].

Разработана искусственная нейронная сеть (ИНС), использующая клинические, лабораторные и данные УЗИ 611 больных с неосложнённой инфекцией моче-

делительной системы (ИМС). Алгоритм продемонстрировал точность 78% в диагностике ПМР до проведения МЦУГ, что делает его перспективным инструментом для предварительного скрининга [21]. При этом была предложена прогностическая модель на основе ИНС, которая оценивает риск наличия ПМР II–III степени по данным УЗИ мочевого пузыря. На выборке из 2259 детей в возрасте 0–60 мес с ИМС модель показала точность 67% (чувствительность 18%, специфичность 98%) для ПМР II–III степени и 79% (чувствительность 32%, специфичность 100%) для ПМР выше III степени. Авторы подчёркивали, что традиционные предикторы (анамнез ИМС, УЗИ почек) оказались менее значимыми, чем параметры УЗИ мочевого пузыря [22]. Это подтверждает, что УЗИ и МЦУГ следует рассматривать как взаимодополняющие методы.

Описанные исследования демонстрируют, что ИИ способен сократить количество инвазивных процедур (например, МЦУГ) за счёт предварительного отбора пациентов с высоким риском ПМР. Однако низкая чувствительность моделей для ранних стадий ПМР указывает на необходимость дальнейшего совершенствования алгоритмов.

Диагностика гидронефроза. Для определения степени гидронефроза был предложен алгоритм глубокого обучения для анализа ультразвуковых изображений для снижения субъективности визуальной оценки. Модель обучена на 1500 ультразвуковых снимках с заключениями специалистов экспертного класса. В результате получена нейросетевая модель с точностью 89% по определению степени обструкции лоханочно-мочеточникового сегмента [8]. Была разработана модель машинного обучения для прогнозирования исхода заболевания у детей с внутриутробно выявленным гидронефрозом. Проведён анализ данных 876 больных с пренатальным гидронефрозом. Модель использует данные УЗИ и клинические параметры для оценки риска развития хронической болезни почек. Авторами достигнута точность прогноза 91% [5].

Кроме того, был предложен алгоритм анализа динамической нефросцинтиграфии с диуретической нагрузкой у детей с антенатально выявленным гидронефрозом. Авторами проанализированы данные 152 больных. Полученная модель определяет высокий и низкий риск развития хронической болезни почек с точностью 73% [23].

Диагностика и лечение гипоспадии. Описан алгоритм автоматической оценки характеристик уретральной пластинки с использованием инструмента POST (Plate Objective Scoring Tool/Инструмент объективной оценки пластинки). Модель обучена на 800 изображениях уретральной пластинки с оценкой параметров (длина, ширина, васкуляризация) по шкале от 0 до 10 [10]. Этот подход помогает хирургам планировать операцию (например, одноэтапную или двухэтапную пластику уретры) с учётом индивидуальных анатомических особенностей пациента. Вместе с тем разработан алгоритм для классификации типов гипоспадии на основе анализа 1169 изображений (837 дистальных и 332 проксимальных форм гипоспадии) [24]. После обучения с 627 изображениями точность обнаружения составила 60%. С 1169 изображениями точность возросла до 90%. Авторы отмечают высокую точность разработанного алго-

ритма, что может стать ценным инструментом для диагностики и планирования лечения.

Диагностика и прогнозирование исходов лечения при клапанах задней уретры. Разработан инструмент PUVOP (Posterior Urethral Valves Outcomes Prediction/Прогнозирование результатов лечения клапанов задней уретры), который использует машинное обучение для прогнозирования клинически значимых исходов у пациентов с клапанами задней уретры [12]. В работе использовались данные 250 больных с диагнозом клапана задней уретры. Модель учитывала такие параметры, как функция почек, степень обструкции и возраст пациента. Точность клинически значимых исходов составила 85%, а чувствительность и специфичность — 90 и 80% соответственно.

Иной подход к диагностике инфравезикальной обструкции описан S. Abdovic и соавт., которые предложили модель на основе ИНС для прогнозирования обструкции задней уретры у мальчиков с симптомами нижних мочевыводящих путей (затруднённое мочеиспускание) [11]. В исследовании участвовали 150 мальчиков. Оценивали возраст, количество остаточной мочи и данные УЗИ. Точность модели составила 92%, чувствительность — 88%, специфичность — 95%.

Преимущества, ограничения и актуальные вопросы применения ИИ в детской урологии

Снижение нагрузки на медицинский персонал — одно из самых очевидных преимуществ применения ИИ в здравоохранении. Автоматизация рутинных задач, таких как анализ изображений и данных, система поддержки принятия решений, удалённый мониторинг за больными, виртуальные симуляторы, чат-боты и ассистенты, — всё это крайне востребовано. Однако важно помнить, что ИИ не заменяет человеческий фактор, а служит инструментом, который помогает врачам и медсёстрам эффективно выполнять свою работу.

ИИ помогает прогнозировать исходы лечения и выбирать оптимальные стратегии. Например, прогнозирование успешности эндоскопической коррекции пузырно-мочеточникового рефлюкса, обоснование необходимости антибиотикопрофилактики, определение показаний к проведению инвазивной диагностики (МЦУГ) после первого рецидива ИМС, классификация тяжести дисфункции мочевого пузыря у больных со spina bifida на основе данных уродинамических исследований, стратификация риска развития осложнений [6, 12, 13, 25, 26].

В контексте применения нейронных сетей в детской урологии можно отметить примеры использования алгоритмов компьютерного зрения, которые автоматизируют анализ медицинских изображений, тем самым уменьшая вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором. Так, алгоритм глубокого машинного обучения показал точность более 90% в диагностике ПМР [7], а алгоритм скрининга аномалий почек на основе ультразвуковых изображений показал точность модели 92% [27].

В число актуальных задач и ограничений применения ИНС входят также этические вопросы, конфиденциальность данных пациентов, необходимость обеспечения безопасного хранения и обработки данных [16]. Крайне важно обеспечить прозрачность алгоритмов, т.е.

понимание пользователями основных принципов работы используемой ИИС. Многие алгоритмы ИИ, особенно основанные на глубоком обучении, работают как «черные ящики», что затрудняет понимание их решений [17]. Даже разработчики не всегда могут объяснить, как именно система пришла к конкретному выводу. Это может вызывать недоверие со стороны врачей и пациентов к таким технологиям. Для решения подобных задач используются методы объяснимого ИИ, такие как визуализация значимых областей на изображениях методов лучевой диагностики (например, «тепловая карта» зон на УЗИ, критичных для решения), пояснение решений через ключевые клинические параметры (например, алгоритм выбора антибиотиков на основании чувствительности возбудителя, функции почек). В США обязали обеспечивать интерпретируемость медицинских ИИ-систем. Внедрение в клиниках проходит по принципу совместных консилиумов «врач + ИИ» с разбором рекомендаций, обязательным документированием точности алгоритма, протоколированием всех случаев расхождения с врачебным мнением. При использовании ИИС в клинической практике необходимо определить, кто несёт ответственность за принятие решений, основанных на выводах ИИС: врач, разработчик алгоритма или медицинское учреждение.

Если обучение нейронной сети проводят на неполных или нерепрезентативных данных, она может выдавать искажённый результат, что актуализирует ещё одну проблему — качество и объём данных, используемых для обучения моделей, необходимость валидации. Недостаточное количество данных или их низкое качество могут привести к некорректным результатам, ухудшению качества лечения для определённых групп пациентов [27].

Другим серьёзным ограничением является чрезмерное преувеличение достоинств ИИ по сравнению с традиционными методами диагностики, которые выполняет естественный интеллект (врачи-специалисты) [14]. Алгоритмы тестируют на идеально подготовленных массивах данных, тогда как в реальной клинической практике врачи сталкиваются с неполной информацией, техническими артефактами и нетипичными случаями.

Ярким примером является исследование, где ИИ действительно превзошёл врачей в точности диагностики [28]. В работе представлено масштабное международное исследование применения ИИ для скрининга рака молочной железы на анонимизированных маммограммах 25 856 женщин из Великобритании и США. В результате разработанная ИИ-система продемонстрировала сопоставимую с радиологами точность (94,9% против 92,2% у врачей), снизила частоту ложноположительных результатов на 5,7% (США) и на 1,2% (Великобритания). Однако ключевой прорыв произошёл, когда ИИ стали использовать в синергии как помощника для специалистов: это не только повысило точность диагнозов, но и сократило время анализа на 88%. Эти данные подчёркивают, что ИИ наиболее ценен не как замена врачам, а как интеллектуальный инструмент поддержки. Важно учитывать, что алгоритмы работают в искусственных условиях, тогда как реальная медицина требует клинического мышления и способности адаптироваться к нестандартным ситуациям. Поэтому внедрение ИИ должно сопровождаться чёткими протоколами

взаимодействия с врачами, где окончательное решение всегда остается за специалистом, а технологии выступают в роли мощного, но подконтрольного инструмента.

Однако для успешной интеграции в клиническую практику медицинские учреждения должны быть готовы инвестировать в обучение, инфраструктуру и пересмотр рабочих процессов, чтобы финансовые и организационные ограничения не оказались ещё одним серьёзным барьером на пути внедрения технологий ИИ [1, 2].

Заключение

ИИ имеет большой потенциал, предлагая инновационные решения для диагностики, лечения и мониторинга заболеваний, в том числе у детей с урологическими заболеваниями. Однако для его успешного внедрения необходимы новые решения технических и этических вопросов, интеграции ИИ в клиническую практику, что требует совместной работы врачей, учёных и разработчиков технологий.

Литература

(п.п. 1–5; 7–13; 16–28 см. References)

6. Дубров В.И., Сизонов В.В., Каганцов И.М., Негматова К.Н., Бондаренко С.Г. Прогнозирование результатов однократной эндоскопической коррекции пузырно-мочеточникового рефлюкса с использованием декстраномерагиалуроновой кислоты. Выбор оптимальной прогностической модели. *Вестник урологии*. 2021; 9(2): 45–55. <https://doi.org/10.21886/2308-6424-2021-9-2-45-55> <https://elibrary.ru/lwygjj>
14. Щамхалова К.К., Меринов Д.С., Артемов А.В., Гурбанов Ш.Ш. Искусственный интеллект и нейронные сети в урологии. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2023; 16(2): 32–7. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-2-32-37> <https://elibrary.ru/znnfhu>
15. Тимофеева Е.Ю., Азильгареева К.Р., Морозов А.О., Тараткин М.С., Еникеев Д.В. Использование искусственного интеллекта в диагностике, лечении и наблюдении за пациентами с раком почки. *Вестник урологии*. 2023; 11(3): 142–8. <https://doi.org/10.21886/2308-6424-2023-11-3-142-148> <https://elibrary.ru/kopikz>

References

1. Chen J., Remulla D., Nguyen J.H., Dua A., Liu Y., Dasgupta P., et al. Current status of artificial intelligence applications in urology and their potential to influence clinical practice. *BJU Int*. 2019; 124(4): 567–77. <https://doi.org/10.1111/bju.14852>
2. Scott Wang H.H., Vasdev R., Nelson C.P. Artificial intelligence in pediatric urology. *Urol. Clin. North Am.* 2024; 51(1): 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.ucl.2023.08.002>
3. Cooper C.S. A potpourri of pediatric urology: the winds of change. *J. Pediatr. Urol.* 2025; 21(3): 793–5. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2025.04.020>
4. Khondker A., Kwong J.C.C., Malik S., Erdman L., Keefe D.T., Fernandez N., et al. The state of artificial intelligence in pediatric urology. *Front. Urol.* 2022; 2: 1024662. <https://doi.org/10.3389/fruro.2022.1024662>
5. Lorenzo A.J., Rickard M., Braga L.H., Guo Y., Oliveria J.P. Predictive analytics and modeling employing machine learning technology: the next step in data sharing, analysis, and individualized counseling explored with a large, prospective prenatal hydronephrosis database. *Urology*. 2019; 123: 204–9. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2018.05.041>
6. Dubrov V.I., Sizonov V.V., Kagantsov I.M., Negmatova K.N., Bondarenko S.G. Predicting the outcomes of a single endoscopic correction of vesicoureteral reflux using a dextranomer/hyaluronic acid copolymer: selection of the optimal predictive model. *Vestnik urologii*. 2021; 9(2): 45–55. <https://doi.org/10.21886/2308-6424-2021-9-2-45-55> <https://elibrary.ru/lwygjj> (in Russian)
7. Eroglu Y., Yildirim K., Çinar A., Yildirim M. Diagnosis and grading of vesicoureteral reflux on voiding cystourethrography images in children using a deep hybrid model. *Comput. Methods*

- Programs Biomed.* 2021; 210: 106369. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106369>
8. Smail L.C., Dhindsa K., Braga L.H., Becker S., Sonnadara R.R. Using deep learning algorithms to grade hydronephrosis severity: toward a clinical adjunct. *Front. Pediatr.* 2020; 8: 1. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.00001>
 9. Blum E.S., Porras A.R., Biggs E., Tabrizi P.R., Sussman R.D., Sprague B.M., et al. Early detection of ureteropelvic junction obstruction using signal analysis and machine learning: a dynamic solution to a dynamic problem. *J. Urol.* 2018; 199(3): 847–52. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2017.09.147>
 10. Abbas T.O., Abdel Moniem M., Khalil I.A., Abrar Hossain M.S., Chowdhury M.E.H. Deep learning based automated quantification of urethral plate characteristics using the plate objective scoring tool (POST). *J. Pediatr. Urol.* 2023; 19(4): 373.e1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2023.03.033>
 11. Abdovic S., Cuk M., Cekada N., Milosevic M., Geljic A., Fusic S., et al. Predicting posterior urethral obstruction in boys with lower urinary tract symptoms using deep artificial neural network. *World J. Urol.* 2019; 37(9): 1973–9. <https://doi.org/10.1007/s00345-018-2588-9>
 12. Kwong J.C., Khondker A., Kim J.K., Chua M., Keefe D.T., Dos Santos J., et al. Posterior Urethral Valves Outcomes Prediction (PUVOP): a machine learning tool to predict clinically relevant outcomes in boys with posterior urethral valves. *Pediatr. Nephrol.* 2022; 37(5): 1067–74. <https://doi.org/10.1007/s00467-021-05321-3>
 13. Bertsimas D., Li M., Estrada C., Nelson C., Scott Wang H.H. Selecting children with vesicoureteral reflux who are most likely to benefit from antibiotic prophylaxis: application of machine learning to RIVUR. *J. Urol.* 2021; 205(4): 1170–9. <https://doi.org/10.1097/JU.0000000000001445>
 14. Shchamkhalova K.K., Merinov D.S., Artemov A.V., Gurbanov Sh.Sh. Artificial intelligence and neural networks in urology. *Experimentalnaya i klinicheskaya urologiya.* 2023; 16(2): 32–7. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-2-32-37> <https://elibrary.ru/znnfhu> (in Russian)
 15. Timofeeva E.Yu., Azilgareeva C.R., Morozov A.O., Taratkin M.S., Enikeev D.V. Use of artificial intelligence in the diagnosis, treatment and surveillance of patients with kidney cancer. *Vestnik urologii.* 2023; 11(3): 142–8. <https://doi.org/10.21886/2308-6424-2023-11-3-142-148> <https://elibrary.ru/kopikz> (in Russian)
 16. Wen Y., Di H. Potential and risks of artificial intelligence models: Common in medicine practice and special in pediatric urology. *J. Pediatr. Urol.* 2023; 19(5): 666–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2023.06.005>
 17. Khondker A., Kwong J.C.C., Rickard M., Skreta M., Keefe D.T., Lorenzo A.J., et al. A machine learning-based approach for quantitative grading of vesicoureteral reflux from voiding cystourethrograms: Methods and proof of concept. *J. Pediatr. Urol.* 2022; 18(1): 78.e1–78.e7. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2021.10.009>
 18. Topol E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat. Med.* 2019; 25(1): 44–56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
 19. Rajpurkar P., Chen E., Banerjee O., Topol E. AI in health and medicine. *Nat. Med.* 2022; 28(1): 31–8. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01614-0>
 20. Reis M., Reis F., Kunde W. Influence of believed AI involvement on the perception of digital medical advice. *Nat. Med.* 2024; 30(11): 3098–100. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03180-7>
 21. Keskinoglu A., Özgür S. The use of artificial neural networks for differential diagnosis between vesicoureteral reflux and urinary tract infection in children. *J. Pediatr. Res.* 2020; 7(3): 230–5. <https://doi.org/10.4274/jpr.galenos.2019.24650>
 22. Logvinenko T., Chow J.S., Nelson C.P. Predictive value of specific ultrasound findings when used as a screening test for abnormalities on VCUG. *J. Pediatr. Urol.* 2015; 11(4): 176.e1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2015.03.006>
 23. Weaver J.K., Logan J., Broms R., Antony M., Rickard M., Erdman L., et al. Deep learning of renal scans in children with antenatal hydronephrosis. *J. Pediatr. Urol.* 2023; 19(5): 514.e1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2022.12.017>
 24. Fernandez N., Lorenzo A.J., Rickard M., Chua M., Pippi-Salle J.L., Perez J., et al. Digital pattern recognition for the identification and classification of hypospadias using artificial intelligence vs experienced pediatric urologist. *Urology.* 2021; 147: 264–9. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2020.09.019>
 25. Bertsimas D., Estrada C., Nelson C., Li M., Scott Wang H.H., Dunn J. Advanced analytics group of pediatric urology and ORC personalized medicine group. Targeted workup after initial febrile urinary tract infection: using a novel machine learning model to identify children most likely to benefit from voiding cystourethrogram. *J. Urol.* 2019; 202(1): 144–52. <https://doi.org/10.1097/JU.0000000000000186>
 26. Weaver J.K., Martin-Olenski M., Logan J., Broms R., Antony M., Van Batavia J., et al. Deep learning of videourodynamics to classify bladder dysfunction severity in patients with spina bifida. *J. Urol.* 2023; 209(5): 994–1003. <https://doi.org/10.1097/JU.00000000000003267>
 27. Tsai M.C., Lu H.H., Chang Y.C., Huang Y.C., Fu L.S. Automatic screening of pediatric renal ultrasound abnormalities: deep learning and transfer learning approach. *JMIR Med. Inform.* 2022; 10(11): e40878. <https://doi.org/10.2196/40878>
 28. McKinney S.M., Sieniek M., Godbole V., Godwin J., Antropova N., Ashrafiyan H., et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature.* 2020; 577(7788): 89–94. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6>

Сведения об авторах:

Зоркин Сергей Николаевич, доктор мед. наук, проф., зав. урологическим отд-нием с группами репродуктологии и трансплантации, врач — детский уролог-андролог, и. о. руководителя «НИИ детской хирургии», руководитель «НИИ детской нефроурологии» ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, zorkin@nczd.ru; **Гурская Александра Сергеевна**, канд. мед. наук, ст. науч. сотр., врач — детский хирург, зав. хирургическим отд-нием новорождённых и детей грудного возраста ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, доцент каф. детской хирургии с курсом анестезиологии и реаниматологии Института подготовки медицинских кадров ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, aldra_gur@mail.ru; **Екимовская Екатерина Викторовна**, канд. мед. наук, ст. науч. сотр., врач — детский хирург хирургического отд-ния новорождённых и детей грудного возраста ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава России, ekimovskaia.ev@nczd.ru