

Сажеци научних скупова АМН СЛД
Волумен 2, број 1, 2026.

4. НЕФРОЛОШКИ ФОРУМ – ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА У НЕФРОЛОГИЈИ

4. NEPHROLOGY FORUM –
ARTIFICIAL INTELLIGENCE
IN NEPHROLOGY

Уредници/Editors

Нада Димковић/Nada Dimković

Виолета Кнежевић/Violeta Knežević

Академија медицинских наука
Српског лекарског друштва
Београд, 2026



Сажеци научних скупова АМН СЛД
Волумен 2, број 1, 2026.
Abstracts of Scientific Meetings, AMS SMS
Volume 2, Number 1, 2026.

4. НЕФРОЛОШКИ ФОРУМ – ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА У НЕФРОЛОГИЈИ

**4. NEPHROLOGY FORUM –
ARTIFICIAL INTELLIGENCE
IN NEPHROLOGY**

Уредници/Editors
Нада Димковић/Nada Dimković
Виолета Кнежевић/Violeta Knežević

Академија медицинских наука
Српског лекарског друштва
Academy of Medical Sciences
Serbian Medical Society

**Сажеци научних скупова АМН СЛД
Волумен 2, број 1, 2026.**

**Abstracts of Scientific Meetings
Academy of Medical Sciences, Serbian Medical Society
Volume 2, Number 1, 2026.**

**4. НЕФРОЛОШКИ ФОРУМ – ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА У НЕФРОЛОГИЈИ
4. NEPHROLOGY FORUM – ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN NEPHROLOGY**

Уредници/Editors

Nada Dimković/Nada Dimković
Violeta Knežević/Violeta Knežević

12. децембар 2025.
Галерија Матице српске
Трг Галерија 1, Нови Сад
12. December 2025.
Gallery Square 1, Novi Sad

Академија медицинских наука Српског лекарског друштва
Београд, 2026.
Academy of Medical Sciences Serbian Medical Society
Belgrade, 2026

Academy of Medical Sciences, Serbian Medical Society
Belgrade, 2026.

Наслов књиге

4. Нефролошки форум – вештачка интелигенција у нефрологији

Book title

4. Nephrology forum – artificial intelligence in nephrology

Издавач

Академија медицинских наука Српског лекарског друштва, Београд

Publisher

Academy of Medical Sciences, Serbian Medical Society, Belgrade

За издавача

Небојша Станковић

For publisher

Nebojša Stanković

Уредници

Нада Димковић

Виолета Кнежевић

Editors

Nada Dimković

Violeta Knežević

Дизајн корица

Горан Лечић

Cover design

Goran Lečić

Доступни на: <https://amnsld.in.rs/izdavacka-delatnost/>

Available on: <https://amnsld.in.rs/izdavacka-delatnost/>

Место и година издавања

Београд, 2026.

Place and year of publication

Belgrade, 2026.

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР ИЗДАВАЧКЕ ДЕЛАТНОСТИ АМН СЛД
EDITORIAL BOARD OF PUBLISHING ACTIVITIES OF AMS SMS

Главни и одговорни уредник

Нада Димковић

Editor -in-chief

Nada Dimković

Заменик главног и одговорног уредника

Marina Jovanović

Deputy editor -in-chief

Марина Јовановић

Чланови/Members

Гордана Богдановић/Gordana Bogdanović

Милена Божић/Milena Božić

Андреј Вељковић/ Andrej Veljković

Драгослава Ђерић/ Dragoslava Đerić

Љубица Ђукановић/ Ljubica Đukanović

Обрад Зелић/ Obrad Zelić

Мирослава Јашовић Гашић/ Miroslava Jašović Gašić

Вишња Лежаић/ Višnja Ležaić

Павле Миленковић/ Pavle Milenković

Јован Поповић/ Jovan Popović

Кармен Станков/ Karmen Stankov

Власник и издавач

Академија медицинских наука Српског лекарског друштва

Owner and publisher

Academy of Medical Sciences, Serbian Medical Society

Председник

Небојша Станковић

President

Nabojša Stanković

Секретар редакције

Сара Јањић

Editorial office secretary

Sara Janjić

Уредништво и администрација

Џорџа Вашингтона 19, 11 000 Београд

Editorial office and administration

19 Georg Washington str, 11000 Belgrade

Предговор

Вештачка интелигенција је софтвер који омогућава рачунарима и машинама да обављају задатке који обично захтевају људску интелигенцију, као што су: учење, доношење одлука, решавање проблема, тумачење информација, стварање новог садржаја итд. Мада је последњих година постала нарочито популарна, неки је називају главном технолошком револуцијом нашег доба, ВИ се развија деценијама уназад, тачније, од педесетих година 20. века. Током развоја ВИ смењивали су се периоди интензивног развоја и периоди разочарења и смањеног интересовања. Међутим, упркос изазовима, научници су наставили рад на развоју и примени ВИ. У медицини, примена ВИ заузима све веће место. Бројне су могућности где примена ВИ може помоћи у доношењу одлука и анализи података а захваљујући својој свеобихватности.

Нефрологија није изузета из осталих грана науке и медицине. Суочавајући се са највећим изазовима у нефрологији, а то је рана дијагноза, процена ризика, предвиђање напредовања болести, адекватна анализа података и индивидуализација лечења-нефролози очекују да им у томе може помоћи управо ВИ. Овим симпозијумом су сумирана знања о примени ВИ у неким најчешћим бубрежним обољењима: гломерулонефритису, дијабетесној нефропатији, инфекцијама мокраћних путева, трансплантацији, хроничној слабости бубрега али и током примене хемодијализе и перитонеумске дијализе. Приказима случајева циљ је био да се покаже примена ВИ у непосредној пракси, на конкретном болеснику. Иако је до шире примене ВИ потребно још пуно предуслова, образовање нефролога је основни предуслов њене критичке примене.

Preface

Artificial intelligence is software that allows computers and machines to perform tasks that usually require human intelligence, such as: learning, decision-making, problem solving, interpreting information, creating new content, etc. Although it has become particularly popular in recent years, some call it the main technological revolution of our time, AI has been developing for decades, more precisely, since the 1950s. During the development of AI, periods of intensive development alternated with periods of disappointment and decreased interest. However, despite the challenges, scientists have continued to work on the development and application of AI. In medicine, the application of AI is taking an increasingly important place. There are numerous opportunities where the application of AI can help in decision-making and data analysis, thanks to its comprehensiveness. Nephrology is not exempt from other branches of science and medicine. Facing the biggest challenges in nephrology, namely early diagnosis, risk assessment, prediction of disease progression, adequate data analysis and individualization of treatment, nephrologists expect that VI can help them with the above-mentioned challenges. This symposium summarized the knowledge about AI in some of the most common kidney diseases: glomerulonephritis, diabetic nephropathy, urinary tract infections, transplantation, chronic kidney failure, but also during the use of hemodialysis and peritoneal dialysis. Case reports demonstrated the use of AI in daily practice, on a specific patient. Although many prerequisites are still needed, the education of nephrologists is the basic prerequisite for critical use of AI.

ПРОГРАМ СИМПОЗИЈУМА

Сатница	Тема	Предавач
11.00-11.15	Отварање симпозијума	Проф. др Драган Данкуц Председник Војвођанског органка Академије
11.15-11.30	Иновације, нове технолозије и нова ера клиничке медицине	Нада Димковић
11.30-12.00	Present and Future at the Crossroads: Artificial Intelligence in Nephrology - Challenges and Opportunities	Dr Jose Ibeas
12.00-12.20	Вештачка интелигенција, IgA нефропатија, Lupus nephritis и GN	Александар Јанковић
12.20-12.30	Приказ случаја	Верица Тодоров Сакић
12.30-12.50	Вештачка интелигенција и дијабетесна нефропатија	Зорица Димитријевић
12.50-13.10	Приказ случаја болесника са дијабетесном нефропатијом	Др Елена Јорданова
13.10-13.20	Дискусија	
13.20-13.45	П а у з а	
13.45-14.05	Вештачка интелигенција и инфекције мокраћних путева	Вишња Лежаић
14.05-13.25	Вештачка интелигенција и хроничне болести бубрега	Бранка Митић
14.25-14.40	Вештачка интелигенција и хемодијализа	Дијана Јовановић
14.40-15.00	Вештачка интелигенција и васкуларни приступ	Тамара Јемцов
15.00-15.20	Вештачка интелигенција и перитонеумска дијализа	Дејан Пилчевић
15.20-15.40	Вештачка интелигенција и трансплантација	Дејан Ћелић
15.40-16.00	Приказ случаја трансплантираног болесника	Владимир Ђуровић
16.00-16.15	Дискусија	
16.15	Закључци симпозијума	Виолета Кнежевић

SYMPOISUM PROGRAMM

Time	Topic	Lecturer
11.00-11.15	Opening remarks	Проф. др Драган Данкуц Председник Војвођанског органка Академије
11.15-11.30	Innovations, new technologies and a new era of clinical medicine	Нада Димковић
11.30-12.00	Present and Future at the Crossroads: Artificial Intelligence in Nephrology - Challenges and Opportunities	Dr Jose Ibeas
12.00-12.20	Artificial Intelligence, IgA Nephropathy, Lupus Nephritis and GN	Александар Јанковић
12.20-12.30	Case report	Верица Тодоров Сакић
12.30-12.50	Artificial intelligence and diabetic nephropathy	Зорица Димитријевић
12.50-13.10	Patient with diabetic nephropathy- case report	Др Елена Јорданова
13.10-13.20	Discussion	
13.20-13.45	Break	
13.45-14.05	Artificial intelligence and urinary tract infections	Вишња Лежаић
14.05-13.25	Artificial intelligence and chronic kidney disease	Бранка Митић
14.25-14.40	Artificial intelligence and hemodialysis	Дијана Јовановић
14.40-15.00	Artificial intelligence and vascular access	Тамара Јемцов
15.00-15.20	Artificial intelligence and peritoneal dialysis	Дејан Пилчевић
15.20-15.40	Artificial intelligence and transplatation	Дејан Ћелић
15.40-16.00	Transplanted patient- case report	Владимир Ђуровић
16.00-16.15	Discussion	
16.15	Conclusion	Виолета Кнежевић

ИНОВАЦИЈЕ, НОВЕ ТЕХОЛОГИЈЕ И НОВА ЕРА КЛИНИЧКЕ МЕДИЦИНЕ

Нада Димковић

*Медицински факултет, Универзитет у Београду
Академија медицинских наука Српског лекарског друштва*

Вештачка интелигенција (ВИ) у нефрологији има за циљ да истражи њену примену у дијагностици, предвиђању ризика, оптимизацији лечења и праћењу пацијената. Иако постоје бројни изазови и етичка разматрања повезана са њеном применом, област ВИ има огроман потенцијал у развоју нефрологије и отварању пута за ефикасан и персонализован приступ пацијентима са бубрежним болестима.

Модел „машинског учења“ могу анализирати огроман број података о пацијентима, укључујући лабораторијске резултате, медицинске снимке, РН налазе и клиничке белешке, како би открили поремећаје повезане са бубрезима. Од примене ВИ највише се очекује у неколико области.

Омикс анализа за идентификацију генетских варијанти повезаних са болестима бубрега и проучавање прогресије болести и одговора на лечење. Касне дијагнозе често су резултат мултифакторског узрока оштећења бубрега са сложеним и преклапајућим фенотиповима. Иако се многи гени укључени у болести бубрега користе у клиничком лечењу, комбинација омикс методе са ВИ у клиничкој дијагностици и нези пацијената још увек нема довољно доказа [1]

Персонализована и прецизна медицина, где клинички системи за подршку одлучивању (CDSS) и предиктивни аналитички модели интегришу молекуларне податке са медицинским подацима и начином живота и могу идентификовати ризик од болести код појединаца и промовисати персонализован третман. Неки од тих система су већ прихваћени од стране ЕМА јуна 2021. године (iBox систем бодовања, Predigraft (<https://www.predict4health.com/solution/doctors>) и UNOS евиденција о праћењу трансплантације органа (<https://unos.org/solutions/organ-tracking>).

Персонализована дијализа такође користи предности све развијенијих система за праћење како би анализирала и открила ране знаке преоптерећења течности, електролитског дисбаланса и дозирања лекова коришћењем носивих уређаја и апликација за паметне телефоне [2].

Дигитална патологија (ДП) - дигитализација РН слајдова омогућава патолозима да прегледају слике високе резолуције на рачунарима и уз напредну анализу побољшају дијагностичку прецизност, смање варијабилност између посматрача и побољшају поузданост патолошких извештаја.

Истраживање фактора ризика за одређене болести и акутне догађаје, као што је идентификација фактора ризика за тешко акутно оштећење бубрега код пацијената са

акутним инфарктом миокарда.

Откривање нових лекова, идентификација потенцијалних кандидата за лекове, предвиђање њихове ефикасности, избегавање непотребних клиничких испитивања и откривање нежељених ефеката лекова.

Оптимизација ресурса: податак о броју пацијената, потребних ресурса и другим факторима који помажу здравственим установама да побољшају ефикасност и смање трошкове.

Системи за праћење засновани на ВИ нуде увид у опште здравље пацијената у реалном времену. Континуирано праћење виталних знакова, лабораторијских и података других података са носивих уређаја може пружити свеобухватан увид у стања пацијента и рано откривање компликација које захтевају интервенцију [3].

Потенцијалне препреке у примени ВИ. Мишљење лекара о примени ВИ је подељено. Док су неки веома позитивни, други су мишљења да лекари не треба да буду међу првима који ће бити њени корисници („wait and see”). Лекари су углавном сагласни да је ВИ најприменљивија у радиологији, примарној здравственој заштити, патологији. Много мањи број лекара заговара њену примену у клиничкој медицини. Основна сумња се односи на угрожавање самосталности лекара и могућност лекарске грешке. Неопходни су бројни кораци које треба усагласити пре примене ВИ а пре свега обезбедити:

- приватност болесника
- сагласност болесника за примену вештачке интелигенције
- квалитет и тачности података
- технолошку инфраструктуру
- обуку и континуирану подршку корисника
- усаглашеност корисника са носиоцима здравственог система земље.

У свему наведеном, нефрологија има заједничке циљеве са осталим гранама медицине а нефролози треба да буду једнако укључени у развој и примену ВИ у систему здравства.

Литература:

1. Grobe N, Scheiber J, Zhang H, Garbe C, Wang X. Omics and Artificial Intelligence in kidney diseases. *Adv Kidney Dis Health* 2023; 30(1):47–52. <https://doi.org/10.1053/j.akdh.2022.11.005>.
2. Hueso M, Vellido A, Montero N, Barbieri C, Ramos R, Angoso M, et al. Artificial Intelligence for the Artificial Kidney: pointers to the future of a personalized hemodialysis therapy. *Kidney Dis (Basel)* 2018; 4(1):1–9. <https://doi.org/10.1159/000486394>.
3. Feng C, Liu F. Artificial intelligence in renal pathology: current status and future. *Biomol Biomed* 2023; 23(2):225–34. <https://doi.org/10.17305/bjbm.2022.8318>.

INNOVATION, NEW TECHNOLOGIES AND A NEW ERA OF CLINICAL MEDICINE

Nada Dimković

Faculty of Medicine, University of Belgrade

Academy of Medical Sciences of the Serbian Medical Society

Artificial intelligence (AI) in nephrology aims to explore its application in diagnostics, risk prediction, treatment optimization and patient monitoring. Although there are numerous challenges and ethical considerations associated with its application, the field of AI has enormous potential in the development of nephrology and paving the way for an efficient and personalized approach to patients with kidney diseases.

Machine learning models can analyze a huge amount of patient data, including laboratory results, medical images, PH findings and clinical notes, to detect kidney-related disorders. The application of AI is most expected in several areas.

Omics analysis to identify genetic variants associated with kidney disease and study disease progression and response to treatment. Late diagnoses are often the result of multifactorial causes of kidney damage with complex and overlapping phenotypes. Although many genes involved in kidney disease are used in clinical treatment, the combination of omics methods with AI in clinical diagnostics and patient care is still lacking in evidence [1].

Personalized and precision medicine, where clinical decision support systems (CDSS) and predictive analytical models integrate molecular data with medical and lifestyle data and can identify disease risk in individuals and promote personalized treatment. Some of these systems have already been accepted by the EMA in June 2021 (iBox scoring system, Predigraft (<https://www.predict4health.com/solution/doctors>) and UNOS Organ Transplant Tracking Registry (<https://unos.org/solutions/organ-tracking>)).

Personalized dialysis also takes advantage of increasingly sophisticated monitoring systems to analyze and detect early signs of fluid overload, electrolyte imbalance and medication dosing using wearable devices and smartphone apps [2].

Digital Pathology (DP) - Digitization of PH slides allows pathologists to review high-resolution images on computers and with advanced analysis improve diagnostic accuracy, reduce interobserver variability and improve the reliability of pathology reports.

Investigating risk factors for specific diseases and acute events, such as identifying risk factors for severe acute kidney damage in patients with acute myocardial infarction.

Discovery of new drugs, identification of potential drug candidates, prediction of their efficacy, avoidance of unnecessary clinical trials, and detection of adverse drug reactions.

Resource optimization: data on the number of patients, required resources, and other factors that help healthcare institutions improve efficiency and reduce costs.

Monitoring systems based on artificial intelligence offer real-time insight into the overall health of patients. Continuous monitoring of vital signs, laboratory data, and other data from wearable devices can provide comprehensive insight into patient conditions and early detection of complications requiring intervention [3].

Potential barriers to the use of AI. Physicians' opinions on the use of AI are divided. While some are very positive, others are of the opinion that physicians should not be among the first to be its users ('wait and see'). Physicians are mostly agree that AI is most applicable in radiology, primary health care, pathology. A much smaller number of doctors advocate its application in clinical medicine. The main doubt is related to the threat to the independence of doctors and the possibility of medical error. Numerous steps are necessary that need to be agreed upon before the application of AI, and above all to ensure:

- patient privacy
- patient consent to the application of AI
- data quality and accuracy
- technological infrastructure
- training and continuous user support
- user compliance with the country's health system.

In all of the above, nephrology has common goals with other branches of medicine, and nephrologists should be equally involved in the development and application of AI in the health system.

References:

1. Grobe N, Scheiber J, Zhang H, Garbe C, Wang X. Omics and Artificial Intelligence in kidney diseases. *Adv Kidney Dis Health* 2023; 30(1):47–52. <https://doi.org/10.1053/j.akdh.2022.11.005>.
2. Hueso M, Vellido A, Montero N, Barbieri C, Ramos R, Angoso M, et al. Artificial Intelligence for the Artificial Kidney: pointers to the future of a personalized hemodialysis therapy. *Kidney Dis (Basel)* 2018; 4(1):1–9. <https://doi.org/10.1159/000486394>.
3. Feng C, Liu F. Artificial intelligence in renal pathology: current status and future. *Biomol Biomed* 2023; 23(2):225–34. <https://doi.org/10.17305/bjbm.2022.8318>.

ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА У ГЛОМЕРУЛСКИМ БОЛЕСТИМА (IgA нефропатија, лупус нефритис)

Александар Јанковић^{1,2}

¹Клиничко одељење за нефрологију и поремећаје метаболизма са дијализом “Проф. др Василије Јовановић”, КБЦ Звездара, Београд

²Медицински факултет, Универзитет у Београду, Србија

Вештачка интелигенција (ВИ) је грана науке која омогућава да машине опонашају људску когницију, да мисле, уче, резонују и понашају се у складу са претходним искуством [1]. Три основне врсте ВИ су: машинско учење, роботика и процесуирање језика, од којих је машинско учење најприменљивије у нефрологији [1].

Један модел настао коришћењем ВИ, *International IgA nephropathy Risk prediction Tool*, се већ широко примењује у клиничкој пракси. Он служи да се предвиди када ће код болесника са новодијагностикованом IgA нефропатијом доћи до смањења процењене јачине гломерулске филтрације (ЈГФ) за 50%. У модел се уврсте следећи подаци о болеснику у тренутку биопсије: *MEST* скор (наводи се у патохистолошком налазу биопсије бубрега), коришћење имуносупресивне терапије, коришћење инхибитора ангиотензин-конвертујућег ензима, раса, старост, вредност средњег артеријског крвног притиска, 24-часовна протеинурија и процењена јачина гломерулска филтрације по *CKD-EPI* формули [2]. Обзиром да је IgA нефропатија болест која се презентује веома варијабилном клиничком сликом, хистопатолошким налазом, одговором на терапију и ризиком за развој терминалне бубрежне слабости, податак који се добија коришћењем овог модела није подједнако значајан за све болесике, обзиром да је временски оквир у којем је модел валидан лимитиран на 5 година. Такође, израчунава се само у тренутку биопсије, док промене настале током праћења болесника не могу кориговати иницијалну предикцију.

Болесници са системским еритемским лупусом (СЕЛ) и клиничким и лабораторијским знацима афекције бубрега у склопу ове аутоимуне болести подвргавају се биопсији бубрега у циљу одређивања класе лупус нефритиса (ЛН), како би се се на основу тога одредила даља имуносупресивна терапија. Обзиром да болесници са СЕЛ могу имати и хематолошке манифестације (антифосфолипидни синдром, снижен број тромбоцита) што спада у релативне контраиндикације за извођење биопсије бубрега, креирање модела ВИ код болесника са лупус нефритисом (ЛН) је највише ишло у правцу покушаја прогнозе врсте ЛН без извођења биопсије. Један од првих је био покушај Танга и сарадника из 2018, да на основу 32 клиничко-лабораторијске варијабле покушају предвидети класу ЛН [3]. Ипак, тотална прецизност два различита ВИ модела за класе 3 и 4 је била око 60%, а за класе 2 и 5 и нижа (табела 1).

Табела 1. Предвиђање класе СЕЛ на основу два модела

	<i>Three-classification Random Forest Model (accuracy)</i>	<i>Two-classification Random Forest Model (accuracy)</i>
Класа 2	0.537	0.562
Класа 3 и 4	0.562	0.637
Класа 5	0.401	0.610

Закључак

Иако се чини да ће се ВИ највише користити у патохистологији, креирање предиктивних модела уз помоћ ВИ би могло наћи своје значајно место у нефрологији, обзиром да могу пружити одговоре на значајна питања која постављају болесници са различитим врстама гломерулонефритиса: „Како ћу реаговати на терапију?“ и „Да ли ћу доћи до дијализе?“. Уз помоћ модела ВИ са тачно одређеним степеном сигурности лекари ће моћи и да им одговоре на ова питања.

Литература:

1. Singh P, Goyal L, Mallick D, Surani SR, Kaushik N, Chandramonah D, et al. Artificial Intelligence in Nephrology: Clinical Applications and Challenges. *Kidney Med* 2024; 7(1): 100927. doi: 10.1016/j.xkme.2024.100927.
2. Barbour SJ, Coppo R, Zhang H, Zhi-Hong L, Yusuke S, Keiicki M, et al. Evaluating a New International Risk-Prediction Tool in IgA Nephropathy. *JAMA Intern Med* 2019; 179(7):942–52. doi:10.1001/jamainternmed.2019.0600.
3. Tang Y, Zhang W, Zhu M, Zheng L, Xie L, Yao Z, et al. Lupus nephritis pathology prediction with clinical indices. *Sci Rep* 2018; 8(1):10231. doi: 10.1038/s41598-018-28611-7.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN GLOMERULAR DISEASES (IgA nephropathy, lupus nephritis)

Aleksandar Janković^{1,2}

¹*Clinical Department of Nephrology and Metabolic Disorders with Dialysis “Prof. dr Vasilije Jovanović”, KBC Zvezdara, Belgrade*

²*Faculty of Medicine, University of Belgrade, Serbia*

Artificial intelligence (AI) is a science that enables machines to mimic human cognition, such as thinking, learning, reasoning, and behaving based on previous experience [1]. The three main types of AI are: machine learning, robotics, and language processing, with machine learning being the most widely used in nephrology [1].

One AI model, the *International IgA Nephropathy Risk Prediction Tool*, is already widely used in clinical practice for predicting the moment when patient with newly diagnosed IgA nephropathy will experience a 50% decline in estimated glomerular filtration rate (eGFR). The following patient data at the time of biopsy are included in the model: MEST score (reported in the histopathological findings of the kidney biopsy), use of immunosuppressive therapy, use of angiotensin-converting enzyme inhibitors, race, age, mean arterial blood pressure, 24-hour proteinuria, and estimated glomerular filtration rate according to the CKD-EPI formula [2]. Given that IgA nephropathy is a disease that presents with a highly variable clinical picture, histopathological findings, response to therapy, and risk for developing end-stage renal disease, the data obtained using this model are not equally significant for all patients, given that the time frame in which the model is valid is limited to 5 years. Also, it is calculated only at the time of biopsy, while changes that occur during patient follow-up cannot correct the initial prediction.

Patients with systemic lupus erythematosus (SLE) and clinical and laboratory signs of kidney involvement as part of this autoimmune disease should undergo a kidney biopsy to determine the class of lupus nephritis (LN), in order to determine further immunosuppressive therapy based on this. Considering that patients with SLE may also have hematological manifestations (antiphospholipid syndrome, low platelet count), which are relative contraindications for performing a kidney biopsy, the creation of a AI model for patients with lupus nephritis (LN) has mostly been aimed at trying to predict the type of LN without performing biopsy. One of the first attempts was performed by Tang et al. in 2018th when they created different models trying to predict the class of LN based on 32 clinical and laboratory variables [3]. However, the total accuracy of the two different VI models for classes 3 and 4 was around 60%, and for classes 2 and 5 even lower (Table 1).

Table 1. Prediction of SEL class based on two models

	<i>Three-classification Random Forest Model (accuracy)</i>	<i>Two-classification Random Forest Model (accuracy)</i>
Class 2	0.537	0.562

Class 3 and 4	0.562	0.637
Class 5	0.401	0.610

Conclusion

Although it seems that AI will be used the most in histopathology, the creation of predictive models with the help of AI could find its significant place in nephrology, since these models can provide answers to important questions asked by patients with different types of glomerulonephritis: "How will I respond to therapy?", "Will I end up on dialysis?". With the help of AI models with a precisely determined degree of certainty, doctors will be able to answer these questions.

References:

1. Singh P, Goyal L, Mallick D, Surani SR, Kaushik N, Chandramonah D, et al. Artificial Intelligence in Nephrology: Clinical Applications and Challenges. *Kidney Med* 2024; 7(1): 100927. doi: 10.1016/j.xkme.2024.100927.
2. Barbour SJ, Coppo R, Zhang H, Zhi-Hong L, Yusuke S, Keiicki M, et al. Evaluating a New International Risk-Prediction Tool in IgA Nephropathy. *JAMA Intern Med* 2019; 179(7):942–52. doi:10.1001/jamainternmed.2019.0600.
3. Tang Y, Zhang W, Zhu M, Zheng L, Xie L, Yao Z, *et al.* Lupus nephritis pathology prediction with clinical indices. *Sci Rep* 2018; 8(1):10231. doi: 10.1038/s41598-018-28611-7.

ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА И ГЛОМЕРУЛОНЕФРИТИС- ПРИКАЗ СЛУЧАЈА

Тодоров Сакић В,¹ Јанковић А,^{1,2} Дамјановић Т,^{1,2} Бједов Ј,^{1,2} Булатовић А,^{1,2} Ђурић П,^{1,2} Наумовић Р.^{1,2}

¹Клиничко одељење за нефрологију и поремећаје метаболизма са дијализом “Проф. др Василије Јовановић”, КБЦ Звездара, Београд

²Медицински факултет, Универзитет у Београду, Србија

Увод

Последњих година, примена вештачке интелигенције (ВИ) у нефрологији постаје све значајнија. Велики потенцијал се види у анализи патохистолошких препарата добијених биопсијом бубрега [1]. Развијени су модели за дијагностиковање четири најчешћа типа гломерулских болести: фокално-сегментне гломерулосклерозе, мембранске нефропатије, IgA нефропатије и болести минималних промена [2]. Креирани су и модели за диференцијацију неких гломерулских болести: дијабетесне нефропатије и IgA нефропатије [3]. Ови модели могу помоћи патолозима у свакодневном раду, али их још увек не могу заменити.

Приказ случаја

Болесник Д.М, 1982. годиште из Београда, без претходне анамнезе о бубрежној болести, по први пут се јавио нефрологу због замарања и отицања ногу. Урађене лабораторијска анализе указале су на нефротски синдром (протеинурија, ПТ до 8,2/24h, хипоалбуминемија 25 g/l и хиперлипидемија- холестерол 10 mmol/l и триглицериди 5,5 mmol/l). Бубрежна функција је била нормална (еГФР 98 ml/min), вирусни маркери негативни имунолошке анализе у границама нормале (ANA, ANCA) и снижен IgG (3,3 g/l). Ултравучни налаз бубрега је био нормалан. Лечен диуретицима и ренопротективном терапијом.

Прва биопсија бубрега у другој установи (јануар 2017): мезангиопролиферативни GN, non-IgA.

Терапија: кортикостероиди (CS) перорално + Имунран (без ефекта), CS + Циклоспорин (парцијална ремисија, ПТ 2.5gr/24h). Остала терапија: Моноприл 2x20mg, Метилдопа 2x25 mg, Кардиопирин 1x100 mg, Аторис 1x10 mg, Нолпаза 1x40 mg.

Ребиопсија бубрега јануара 2020 због погоршања болести: налаз одговара мембранопротективном GN. Истовремено се региструје погоршање бубрежне функције (еГФР 147ml/min). Испитиван у правцу секундарног GN: MSCT грудног коша, Езофагогастродуоденоскопија и колоноскопија, налаз не указује на секундарну болест. Настављена дотадашња терапија (одустало се од ендоксана због потенцијалног потомства).

Децембра 2023. године, погоршање настало после обољења КОВИД-19. Примљен у КБЦ

Звездара по први пут. Лабораторијске анализе: sCr 307 $\mu\text{mol/l}$, sUrea 25,5 mmol/l , ПТ 19,8 g/24h , албумини 28 g/l , укупни протеини 48 g/l . Из терапије искључен Имуран.

Ребиопсија бубрега: мембранозни GN.

- ОМ: екстракапиларне формације (1 целуларни, 2 фиброцелуларна, 1 фиброзни полумесеца); фиброза око 70% кортикалног паренхима
- Имунофлуоресценца “full house pattern”: IgA ++, IgM +, IgG +++, C3++, C1q +
- Имунохистохемија: PLA2R +, C4D+, IgG4 + дуж GBM
- У серуму: antiPLA2R 346RU/ml

На основу датих анализа, постављена је трећа дијагноза: примарни мембранозни GN. Примењена је терапија Понтичелијевим протоколом и укупно спроведена четири терапијска циклуса.

Током лечења развио је тешку упалу плућа са погоршњем бубрежне функције: креатинин 493 $\mu\text{mol/l}$, уреа 18 mmol/l , albumini 23 g/l , фосфор 3 mmol/l , ПТ 7.3 gr/24h . Обустављена је имуносупресивна терапија и настављена реопротективна терапија. У даљем праћењу долази до даљег погоршања бубрежне функције до терминалног стадијума, те му је у септембру 2025. године пласиран *Tenckhoff* катетер и започет хронични програм лечења перитонеумском дијализом. Истовремено је спроведена припрема за трансплантацију бубрега.

Закључак

Према мишљењима лекара, ВИ има највећу перспективу у радиологији и патохистологији. Имајући у виду ток дијагностике и лечења приказаног болесника и чињеницу да је патохистолошка анализа рађена од стране различитих патолога, верујемо да би примена ВИ помогла у постављању дијагнозе и утицала на исход лечења овог болесника.

Литература:

1. Feng Ch, Liu F. Artificial intelligence in renal pathology: Current status and future. *Biomol Biomed* 2023; 23(2):225–34. doi: 10.17305/bjbms.2022.8318.
2. Nie S, Jia N, Chen N, Chen R, Geng J, Shao X, et al. Artificial intelligence-assisted diagnosis of glomerular nephritis using a pathological image analysis approach: a multicentre model development and validation study. *EClinicalMedicine* 2025; 89:103530. doi: 10.1016/j.eclinm.2025.103530.
3. Fan Z, Yang Q, Xia H, Zhang P, Sun K, Yang M, et al. Artificial intelligence can accurately distinguish IgA nephropathy from diabetic nephropathy under Masson staining and becomes an important assistant for renal pathologists. *Front Med (Lausanne)* 2023; 10:1066125. doi: 10.3389/fmed.2023.1066125

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND GLOMERULONEPHRITIS - A CASE REPORT

Todorov Sakić V,¹ Janković A,^{1,2} Damjanović T,^{1,2} Bjedov J,^{1,2} Bulatović A,^{1,2} Đurić P,^{1,2} Naumović R.^{1,2}

¹*Clinical Department of Nephrology and Metabolic Disorders with Dialysis "Prof. dr Vasilije Jovanović", KBC Zvezdara, Belgrade*

²*Faculty of Medicine, University of Belgrade, Serbia*

Introduction

In recent years, the application of artificial intelligence (AI) in nephrology has become increasingly important. Great potential is seen in the analysis of histological specimens obtained by kidney biopsy [1]. Models have been developed for the diagnosis of the four most common types of glomerular diseases: focal-segmental glomerulosclerosis, membranous nephropathy, IgA nephropathy and minimal change disease [2]. Models for the differentiation of some glomerular diseases have also been created, for diabetic nephropathy and IgA nephropathy [3]. These models can help but not replace pathologists in their analyses.

Case report

Patient D.M, born in 1982, from Belgrade, without previous history of kidney disease. Presented to a nephrologist due to fatigue and swelling of the legs. Laboratory tests indicated nephrotic syndrome (proteinuria-PT up to 8.2/24h, hypoalbuminemia 25 g/l and hyperlipidemia - cholesterol 10 mmol/l and triglycerides 5.5 mmol/l). Renal function was normal (eGFR 98 ml/min), viral markers were negative, immunological tests were within normal limits (ANA, ANCA) and IgG was reduced (3.3 g/l). Ultrasound findings of the kidneys were normal. He was treated with diuretics and renoprotective therapy.

First kidney biopsy, in another institution (January 2017): mesangioproliferative GN, non-IgA. Therapy: corticosteroids (CS) orally + Imunran (no effect), CS + Cyclosporine (partial remission, PT 2.5gr/24h). Other therapy: Monopril 2x20mg, Methyldopa 2x25 mg, Cardiopyrin 1x100 mg, Atoris 1x10 mg, Nolpaza 1x40 mg.

Kidney re-biopsy in January 2020 due to deterioration of disease: findings consistent with membranoproliferative GN. At the same time, worsening renal function (eGFR 147ml/min) was registered. He was examined for secondary GN: MSCT of the chest, Esophagogastroduodenoscopy and colonoscopy, findings do not indicate secondary disease. Previous therapy was continued (endoxan was not taken into consideration due to potential offspring).

In December 2023, deterioration occurred after COVID-19 illness. Admitted to the Zvezdara Clinical Center for the first time. Laboratory tests: sCr 307 umol/l, sUrea 25.5 mmol/l, PT 19.8 g/24h, albumin 28g/l, total protein 48 g/l. Imuran excluded from therapy.

Kidney re-biopsy: membranous GN.

- OM: extracapillary formations (1 cellular, 2 fibrocellular, 1 fibrous crescent); 70% fibrosis of the cortical parenchyma
- Immunofluorescence "full house pattern": IgA ++, IgM +, IgG +++, C3++, C1q +

- Immunohistochemistry: PLA2R +, C4D+, IgG4 + along the GBM
- In serum: antiPLA2R 346RU/ml

Based on the given analyses, a third diagnosis was made: primary membranous GN. Therapy was applied according to the Ponticelli protocol and a total of four therapy cycles were applied. During treatment, he developed severe pneumonia with worsening of renal function: creatinine 493umol/l, urea 18mmol/l, albumin 23g/l, phosphorus 3mmol/l, PT 7.3gr/24h. Immunosuppressive therapy was discontinued and renoprotective therapy was continued. During follow-up period, renal function deteriorated further to the terminal stage, and in September 2025, a Tenckhoff catheter was inserted and a chronic peritoneal dialysis program was initiated. At the same time, protocol for kidney transplantation was carried out.

Conclusion

According to the opinions, VI has the greatest perspective in radiology and pathohistology. Considering the course of diagnostic procedures and treatment of the presented patient and the fact that the pathohistological analyses was performed by different pathologists, we believe that the application of VI would help in establishing the diagnosis, treatment and outcome of this patient.

References:

1. Feng Ch, Liu F. Artificial intelligence in renal pathology: Current status and future. *Biomol Biomed* 2023; 23(2):225–34. doi: 10.17305/bjbms.2022.8318.
2. Nie S, Jia N, Chen N, Chen R, Geng J, Shao X, et al. Artificial intelligence-assisted diagnosis of glomerular nephritis using a pathological image analysis approach: a multicentre model development and validation study. *EClinicalMedicine* 2025; 89:103530. doi: 10.1016/j.eclinm.2025.103530.
3. Fan Z, Yang Q, Xia H, Zhang P, Sun K, Yang M, et al. Artificial intelligence can accurately distinguish IgA nephropathy from diabetic nephropathy under Masson staining and becomes an important assistant for renal pathologists. *Front Med (Lausanne)* 2023; 10: 1066125. doi: 10.3389/fmed.2023.1066125

ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА У ДИЈАБЕТЕСНОЈ БОЛЕСТИ БУБРЕГА: ОД РАНЕ ДЕТЕКЦИЈЕ ДО ПЕРСОНАЛИЗОВАНЕ НЕФРОПРОТЕКЦИЈЕ

Зорица Димитријевић

Клиника за нефрологију, Универзитетски клинички центар Ниш
Медицински факултет Универзитета у Нишу

Увод

Дијабетесна болест бубрега (ДББ) представља водећи узрок терминалне бубрежне слабости (ТБС) широм света и један од најзначајнијих проблема савремене медицине. Упркос напретку у разумевању патофизиологије и развоју нових терапијских опција, кључни изазов у клиничкој пракси остаје касна детекција болести и непрецизна процена ризика прогресије ка ТБС [1]. Традиционални параметри, попут процењене гломерулске филтрације (еГФР) и албуминурије, често не одражавају ране, субклиничке промене у бубрезима.

Развој вештачке интелигенције (ВИ), посебно метода машинског учења (*machine learning*, МЛ) и дубоког учења (*deep learning*, ДЛ), омогућио је анализу великих и комплексних скупова података, укључујући електронске здравствене картоне, лабораторијске и метаболичке параметре, хистопатолошке налазе и медицинске слике. У контексту ДББ, ВИ омогућава интеграцију великог броја хетерогених варијабли и идентификацију суптилних образаца који претходе клинички манифестној болести, што значајно превазилази могућности класичних статистичких модела.

Предиктивни модели и стратификација ризика у ДКД

Велике популационе студије засноване на *real-world* подацима показале су да МЛ модели имају високу предиктивну вредност за настанак и прогресију ДББ. У анализи више од 400.000 пацијената са дијабетесом типа 2, *random forest* модел је идентификовао седам кључних клиничких предиктора (старост, БМИ, еГФР, креатинин, глукоза, албумин и HbA1c), са AUC вредношћу од 0,833, што је супериорно у односу на логистичку регресију са истим параметрима [2].

Додатно, лонгитудинални МЛ модели показали су способност предикције погоршања ДББ у кратком временском периоду (6 месеци), при чему су пацијенти код којих је предвиђена прогресија имали значајно већу вероватноћу потребе за дијализом током дугорочног праћења. Ови резултати потврђују да ВИ може препознати рану прогресију ДБ, чак и пре појаве јасних клиничких симптома, омогућавајући ранију и ефикаснију терапијску интервенцију.

Метаболомика и вештачка интелигенција: идентификација нових биомаркера

Интеграција метаболомике и МЛ алгоритама представља један од најперспективнијих праваца у истраживању ДББ. Коришћењем метода попут *LASSO* регресије и *XGBoost*

модела, идентификовани су кључни серумски метаболити (одређене аминокиселине и ацилкарнитини) са изузетно високом предиктивном вредношћу за дијабетесну нефропатију (AUC до 0,96). *SHAP* анализа омогућила је интерпретацију ових модела, указујући на снажне интеракције између трајања дијабетеса, микроалбуминурије и метаболичких параметара [1]. Овакав приступ отвара могућност увођења метаболомике као дела рутинског скрининга код пацијената са дијабетесом типа 2, са циљем раније идентификације високоризичних пацијената.

АИ у хистопатологији и неинвазивној дијагностици

Примена дубоких конволутивних неуронских мрежа у анализи бубрежних биопсија омогућила је аутоматску идентификацију гломеруларних лезија и квантификацију морфолошких промена, уз резултате упоредиве са проценом искусних патолога. Овакав приступ доноси већу објективност, стандардизацију и брзину анализе [1].

Посебно значајан искорак остварен је у области неинвазивне дијагностике. Анализа дигиталних фотографија очног дна помоћу ДЛ алгоритама омогућава детекцију микроваскуларних промена које корелирају са бубрежним оштећењем. Модели попут *RetiCKD* показали су високе перформансе у предикцији ДББ и смањеног еГФР-а, без потребе за лабораторијским тестовима [3].

Закључак

Вештачка интелигенција има потенцијал да трансформише приступ дијабетесној болести бубрега, омогућавајући рану детекцију, прецизнију процену ризика прогресије и персонализовану нефропротекцију. Међутим, успешна имплементација АИ у клиничку праксу захтева висококвалитетне податке, адекватну клиничку валидацију и активно учешће лекара у развоју и тумачењу ових модела. ВИ може бити најјачи савезник у борби против ДББ – али само ако је заснована на поузданим подацима и правилно интегрисана у клиничко одлучивање.

Литература:

1. Chen L, Shao X, Yu P. Machine learning prediction models for diabetic kidney disease: a systematic review and meta-analysis. *Endocrine* 2024; 84(3):890-902. doi:10.1007/s12020-023-03574-4
2. Makino M, Yoshimoto R, Ono M, Itoko T, Katsuki T, Koseki A, et al. Artificial intelligence predicts the progression of diabetic kidney disease using big data machine learning. *Sci Rep* 2019; 9(1):11862. doi:10.1038/s41598-019-48263-5
3. Meng Z, Guan Z, Yu S, Wu Y, Zhao Y, Shen J, et al. Non-invasive biopsy diagnosis of diabetic kidney disease via deep learning applied to retinal images: a population-based study. *Lancet Digit Health* 2025; 7(5):100868. doi:10.1016/S2589-7500(25)00040-8

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIABETIC KIDNEY DISEASE: FROM EARLY DETECTION TO PERSONALIZED NEPHROPROTECTION

Zorica Dimitrijević

*Department of Nephrology, University Clinical Center Niš
Faculty of Medicine, University of Niš*

Introduction

Diabetic kidney disease (DKD) is the leading cause of end-stage renal disease (ESRD) worldwide and one of the most significant problems in modern medicine. Despite progress in understanding the pathophysiology and developing new therapeutic options, a key challenge in clinical practice remains late detection of the disease and imprecise assessment of the risk of progression to ESRD [1]. Traditional parameters, such as estimated glomerular filtration rate (eGFR) and albuminuria, often do not reflect early, subclinical changes in the kidneys. The development of artificial intelligence (AI), especially machine learning (ML) and deep learning (DL) methods, has enabled the analysis of large and complex data sets, including electronic health records, laboratory and metabolic parameters, histopathological findings, and medical images. In the context of DBD, AI allows the integration of a large number of heterogeneous variables and the identification of subtle patterns that precede clinically manifest disease, which significantly exceeds the capabilities of classical statistical models.

Predictive models and risk stratification in DKD

Large population studies based on real-world data have shown that ML models have a high predictive value for the onset and progression of DBD. In an analysis of more than 400,000 patients with type 2 diabetes, a random forest model identified seven key clinical predictors (age, BMI, eGFR, creatinine, glucose, albumin, and HbA1c), with an AUC value of 0.833, which is superior to logistic regression with the same parameters [2].

In addition, longitudinal ML models demonstrated the ability to predict worsening of CKD over a short time period (6 months), with patients predicted to progress having a significantly higher likelihood of requiring dialysis during long-term follow-up. These results confirm that AI can recognize early progression of CKD, even before the onset of clear clinical symptoms, allowing for earlier and more effective therapeutic intervention.

Metabolomics and Artificial Intelligence: Identifying New Biomarkers

The integration of metabolomics and ML algorithms represents one of the most promising directions in DBD research. Using methods such as LASSO regression and XGBoost models, key serum metabolites (certain amino acids and acylcarnitines) with extremely high predictive value for diabetic nephropathy (AUC up to 0.96) were identified. SHAP analysis enabled the interpretation of these models, indicating strong interactions between diabetes duration, microalbuminuria and metabolic parameters [1]. This approach opens the possibility of

introducing metabolomics as part of routine screening in patients with type 2 diabetes, with the aim of earlier identification of high-risk patients.

AI in histopathology and non-invasive diagnostics

The application of deep convolutional neural networks in the analysis of renal biopsies has enabled the automatic identification of glomerular lesions and the quantification of morphological changes, with results comparable to the assessment of experienced pathologists. This approach brings greater objectivity, standardization and speed of analysis [1].

A particularly significant step forward has been made in the field of non-invasive diagnostics. Analysis of digital fundus photographs using DL algorithms allows the detection of microvascular changes that correlate with renal damage. Models such as RetiCKD have shown high performance in predicting DBP and reduced eGFR, without the need for laboratory tests [3].

Conclusion

Artificial intelligence has the potential to transform the approach to diabetic kidney disease, enabling early detection, more accurate assessment of the risk of progression and personalized nephroprotection. However, successful implementation of AI in clinical practice requires high-quality data, adequate clinical validation, and active participation of physicians in the development and interpretation of these models. AI can be the strongest ally in the fight against DKD – but only if it is based on reliable data and properly integrated into clinical decision-making.

References:

1. Chen L, Shao X, Yu P. Machine learning prediction models for diabetic kidney disease: a systematic review and meta-analysis. *Endocrine* 2024; 84(3):890-902. doi:10.1007/s12020-023-03574-4
2. Makino M, Yoshimoto R, Ono M, Itoko T, Katsuki T, Koseki A, et al. Artificial intelligence predicts the progression of diabetic kidney disease using big data machine learning. *Sci Rep* 2019; 9(1):11862. doi:10.1038/s41598-019-48263-5
3. Meng Z, Guan Z, Yu S, Wu Y, Zhao Y, Shen J, et al. Non-invasive biopsy diagnosis of diabetic kidney disease via deep learning applied to retinal images: a population-based study. *Lancet Digit Health* 2025; 7(5):100868. doi:10.1016/S2589-7500(25)00040-8

ПРИКАЗ СЛУЧАЈА БОЛЕСНИКА СА ДИЈАБЕТЕСНОМ НЕФРОПАТИЈОМ

Јорданова Е,¹ Карапанџић М,¹ Марковић Р,¹ Животић М,² Поповић П,³ Јемцов Т^{1,4}

¹Служба нефрологије, Клиника за интерну медицину, Клиничко болнички центар Земун, Београд, Србија, ²Институт за патологију, Медицински факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија, ³Служба радиологије, Клиничко болнички центар Земун, Београд, Србија, ^{1,4}Медицински факултет, Универзитет у Београду, Београд, Србија

Увод

Пацијенти са ДМТ2, нефротским синдромом и брзом прогресијом бубрежне функције представљају дијагностички изазов

Приказ случаја

Болесник, стар 53 године, упућен је на преглед нефрологу због отока ногу, болова у абдомену и мучнине. У личној анамнези ДМТ2 уназад годину дана. У лабораторијским анализама верификован је нефротски синдром (протеинурија 16g/24h), eГФР *CKD-EPI* 42,6ml/min/1,73m². У седименту урина- еритроцитурија. Имунолошке анализе: ANA-*Her2*, ANCA, anti-GBM At, anti-PLA2R су негативне. Систем комплемента (C3, C4, C1C), серумски имуноглобулини (IgG, IgA, IgM) и бета-2 микроглобулин су у референтном опсегу. Електрофореза и имуноелектрофореза протеина серума и урина су уредне. Тумор маркери и вирусни маркери су негативни. Д димер је повишен. Антитромбин 3 износио је 114%.

Ултразвучни преглед бубрег: наглашених пирамида обострано, без калкулозе и стазе. У терапију су укључени орални хипогликемици, диуретици Хенлеове петље, блокатори AT2 рецептора, профилактичке дозе нискомолекуларног хепарина (*LWMH*), инхибитор протонске пумпе. Трећег дана хоспитализације верификована је макрохематурија и пораст *sCr* на 389μmol/l. Поставили смо питање ВИ *Chat GPT* како третирати даље болесника. Одговор је: поновити анализу седимента урина, лабораторијске анализе и коагулациони статус; урадити доплер преглед реналних крвних судова због сумње на тромбозу реналне вене; размотрити МСЦТ урографију; ако је доплер негативан и сумњамо на болест гломерула урадити биопсију бубрега.

По савету ВИ урађена је МСЦТ урографија- тромбоза леве реналне вене целом дужином, венска стаза и едем левог бубрега, уретерохидронефроза I/II стадијума левог бубрега, задебљање проксималног дела уретера диференцијално дијагностички: уретритис/ туморска промена. Пацијент је лечен хинолонима уз терапијске дозе *LWMH*. За недељу дана поновљена је МСЦТ урографија- налаз непромењен, постављена је сумња на туморску промену проксималног дела левог уретера. Уролог индикује експлоративну ретроградну уретерореноскопија- туморска лезија је искључена. Цитолошки налаз три

узаstopна седимента урина искључио је присуство туморских ћелија. Уретерална ЈЈ сонда је пласирана у леви уретер. Након месец дана ЈЈ сонда је екстрахована.

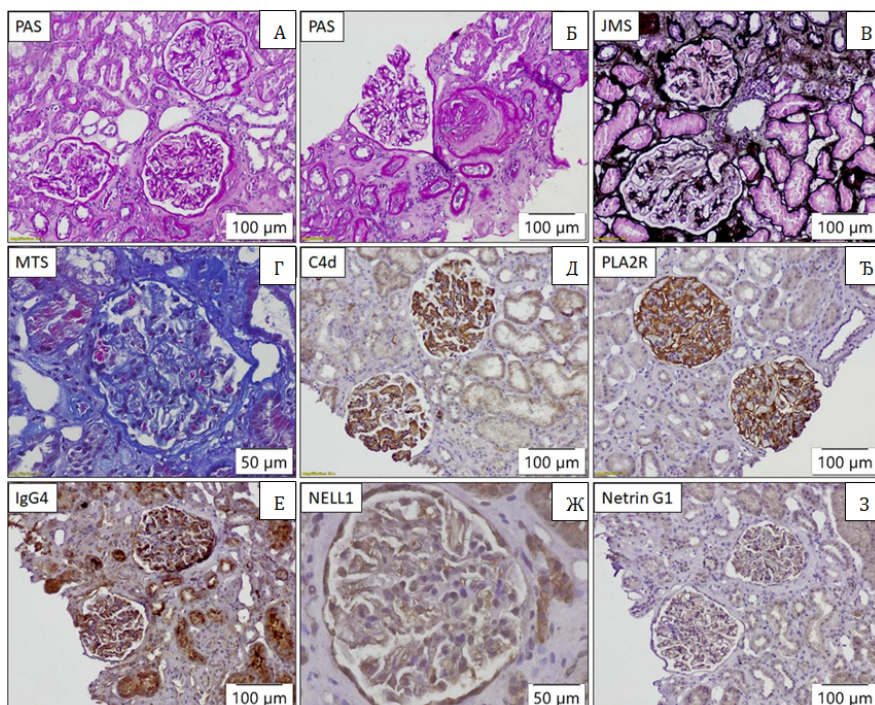
Након два месеца поновљена је МСЦТ урографија- реканализована тромбоза реналне вене, секвеле претходне тромбозе, без уретерохидронефозе лево. У лабораторијским анализама и даље се одржава нефротска протеинурија (13,43g/24h). Урађена је биопсија бубрега, ПХ налаз – мембранозни гломерулонефритис-МНГН (Слика 1):

- **ОМ:** задебљана базална мембрана гломерула (ГБМ) по типу МНГН, проширен мезангијум, умножене мезангијумске ћелије, увећање мезангијумског матрикса.
- **Тубулоинтерстицијум:** дисперзна интерстицијска фиброза захвата 50% паренхима, атрофија 40% тубула, инфилтрација мононуклеарима.
- **Имунофлуоресценца:** *IgA-*, *IgM-*, *IgG++/+++* ситнозрнасто дуж ГБМ, *C1q-*, *C3+*, ситнозрнасто дуж ГБМ, *kappa-*, *lambda-*, *fibronogen-*.
- **Имунохистохемија:** *C4d+*, *PLA2R+*, *IgG4+*, *NELL1+*, *Netrin G1+*.

Болесник је добио прву дозу Ритуксимаба (375мг/м² или 750 мг и.в.). Након две недеље поновљена је друга доза лека. Настављено је праћење тока болести.

Закључак

Биопсија бубрега неопходна је за ПХ дијагнозу и, заједно са клиничком сликом, помаже у доношењу одлуке о примени адекватне терапије. Примена алогоритама ВИ може бити подршка, али не и замена за свакодневну клиничку праксу.



А. и Б. ПАС (*Periodic acid-Schiff*), 200x; **В.** *Jones methenamine silver* бојење, 200x; **Г.** *Masson* трихром бојење, 400x; Имунохистохемијско бојење: **Д.** дифузно грануларна *C4d* позитивност дуж ГБМ, 200x; **Ђ.** дифузно грануларна *PLA2R* позитивност дуж ГБМ, 200x; **Е.** сегментна грануларна *IgG4* позитивност, 200x; **Ж.** *NELL1* сегментна позитивност дуж ГБМ, 400x; **З.** *Netrin G1* фокална позитивност дуж ГБМ, 200x.

Слика 1. Патохистолошки налаз: мембранозна нефропатија

PATIENT WITH DIABETIC NEPHROPATHY- A CASE REPORT

Jordanova E,^{1,+} Karapandžić M,¹ Marković R,¹ Životić M,² Popović P,³ Jemcov T^{1,4}

¹Department of Nephrology, Clinic for Internal Medicine, Clinical Hospital Center Zemun, Belgrade, Serbia, ²Institute of Pathology, Faculty of Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, ³Department of Radiology, Clinical Hospital Center Zemun, Belgrade, Serbia
⁴Faculty of Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

Introduction

Patients with T2DM, nephrotic syndrome, and rapid progression of renal function present a diagnostic challenge.

Case Report

A 53-year-old male patient was referred to nephrologist for examination due to swelling of legs, abdominal pain, and nausea. Patient's medical history was significant for T2DM, which was diagnosed a year ago. In laboratory tests the nephrotic syndrome was confirmed (daily proteinuria 16g), eGFR CKD-EPI 42,6ml/min/1,73m². In urine sediment-erithrocyturia. Immunological analysis: ANA-Hep2, ANCA, anti-GBM, anti-PLA2R were negative. The complement system components (C3, C4, CIC), serum immunoglobulins (IgG, IgA, IgM), and beta-2 microglobuline levels were in reference ranges. Electrophoresis and immunoelectrophoresis of serum and urine proteins were normal. Tumour markers and virus markers were negative. D-dimer was elevated. Antithrombin 3 was 114%.

Abdominal ultrasound imaging showed kidneys usually positioned, emphasized pyramids, without calculosis, and stasis. Oral hypoglycemics, loop diuretics, angiotensin II receptor antagonists, prophylactic doses of low-molecular-weight-heparin (LWMH), proton pump inhibitors were included in the therapy. We asked AI Chat GPT how to treat the patient further. The answer was: to repeat urinalysis, laboratory tests, and coagulation profile; to do the renal doppler ultrasound to detect renal vein thrombosis; consider MSCT urography; if glomerular disease is suspected consider renal biopsy.

MSCT urography was done- thrombosis of the left renal vein along its entire length, venous stasis and oedema of the left kidney, hydroureteronephrosis stage I/II left; focally thickened wall of the proximal part of the ureter differential diagnostics ureteritis/tumour lesion. The patient was treated with quinolones and therapeutic doses of LWMH. After a week MSCT urography was repeated- high suspicion of a tumour of the proximal part of the ureter. The urologist indicated an exploratory retrograde ureterorenoscopy- tumour lesion has not been verified. Cytological findings of three urine samples ruled out the presence of tumour cells. The ureteral JJ stent has been placed in the left ureter. After a month the JJ stent was extracted.

Two months later MSCT urography was repeated- the left vein was recanalized, minor

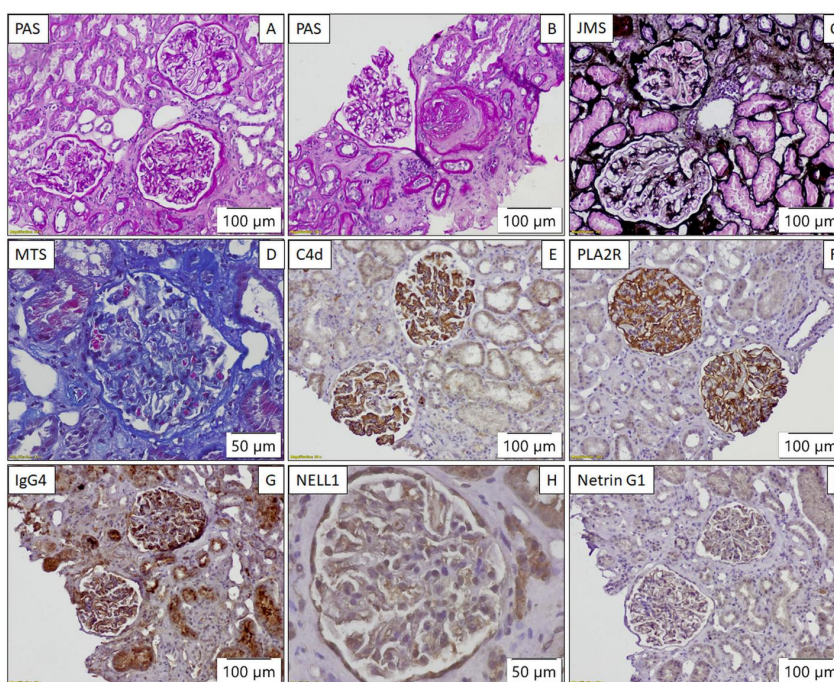
sequelae of previous thrombosis, without hydronephrosis on left side. In laboratory tests daily proteinuria (13.43g) was still present. Kidney biopsy was done, PH findings- MNGN (Figure 1):

- **OM:** thickening of the GBM with a membranous pattern of injury, mesangial expansion, mesangial hypercellularity, increased mesangial matrix.
- **The tubulointerstitial:** dispersed interstitial fibrosis involving 50% of the parenchyma, tubular atrophy 40% of tubules, mononuclear inflammatory infiltrate.
- **Immunofluorescence:** IgA-, IgM-, IgG++/+++ fine-grained along the GBM, C1q-, C3+, fine-grained along the GBM, kappa-, lambda-, fibronogen-.
- **Immunohistochemistry:** C4d+, PLA2R+, IgG4+, NELL1+, Netrin G1+.

The patient has received the first dose of Rituximab (375mg/m² or 750mg IV). After two weeks the second dose was repeated. Monitoring of the course of the disease continued.

Conclusion:

Kidney biopsy is essential for PH diagnosis and, together with the clinical features, helps in making a decision on the application of adequate therapy. The application of AI algorithms can support, but not replace, everyday clinical practice.



A. and B. Periodic acid-Schiff, 200x; **C.** Jones methenamine silver staining, 200x; **D.** Masson trichrome staining, 400x; Immunohistochemical staining: **E.** diffuse granular C4d positivity along the GBM, 200x; **F.** diffuse granular PLA2R positivity along the GBM, 200x; **G.** segmental granular IgG4 positivity, 200x; **H.** NELL1 segmental positive along the GBM, 400x; **I.** Netrin G1 focally positive along the GBM, 200x.

Figure 1. Histopathological finding: membranous nephropathy

ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА И ИНФЕКЦИЈЕ МОКРАЋНИХ ПУТЕВА

Вишња Лежаић

*Медицински факултет, Универзитет у Београду,
Академија Медицинских наука, Српско лекарско друштво*

Увод

Инфекције мокраћних путева (ИМП) су чест проблем који погађа милионе људи сваке године. Брза и тачна дијагноза је неопходна како би се осигурало ефикасно лечење, спречиле компликације и ограничила неодговарајућа употреба антибиотика, што је кључни покретач антимикуробне резистенције. Традиционално, дијагноза ИМП се ослањала на историју болести, клинички преглед, анализу урина и уринокултуру. Међутим, у пракси је емпиријски третман антибиотикима широког спектра и даље уобичајен. Упркос препорукама међународних смерница, дијагностички изазови и даље постоје, посебно у разликовању праве инфекције од асимптоматске бактериурије или неспецифичних уринарних симптома.

Технике вештачке интелигенције у инфекцијама мокраћних путева

Недавни напредак у дијагностици ИМП укључује технике молекуларне дијагностике, тестирање на месту неге и предиктивне моделе засноване на вештачкој интелигенцији (ВИ). Иако прве две методе побољшавају тачност дијагностике, оне су скупе и захтевају значајна технолошка улагања. Насупрот томе, алати засновани на ВИ користе рутински доступне клиничке податке, као што су демографски подаци пацијената, симптоми, претходна историја инфекција уринарног тракта, профили патогена, подаци о осетљивости на антимикуробне лекове, аутоматизована микроскопија урина и информације извучене из електронских здравствених картона. Ови подаци се анализирају коришћењем техника машинског учења (МУ), укључујући конволуционе неуронске мреже (КНН), случајне шуме, *XGBoost* и алгоритме дубоког учења, како би се идентификовали сложени обрасци и генерисала дијагностичка или терапијска предвиђања. Тачност модела се најчешће процењују коришћењем површине испод криве оперативних карактеристика пријемника (енгл. *area under the curve-AUROC*).

Вештачка интелигенција и дијагноза инфекција

Досадашња искуства су показала да се путем ВИ дијагноза ИМП поставља за неколико минута до неколико сати, смањује се број лажно негативних резултата, предвиђа могућност рекурентних инфекција, осетљивост и отпорност узрочника и пре добијања уринокултуре. На крају добијају се персонализоване препоруке, може се обавити преглед на даљину, са мање посла и трошкова. Применом модела МУ може се смањити број тражених уринокултура и примене антибиотика код болесника са ниским ризиком од ИМП, а усмерити циљану дијагностику и лечење болесника са високим ризиком од ИМП (1). Тешкоће у разликовању неспецифичног уретритиса од циститиса због сличних

симптома могу се отклонити анализом само три симптома: полакиурије, еритроцитурурије и супрапубичног бола помоћу КНН са *AUROC* од 0.98, без потребе за скупим лабораторијским тестирањем, ултразвучним или инвазивним методама прегледа (2). Може се предвидети осетљивост најчешћих узрочника ИМП на антибиотике прве линије (*AUROC* од 0.94) (3), или смањити коришћења хинолона за 80.5% и повећати тачност у прописивању антибиотика увођењем тзв. *UTI Smart-Set (UTIS)* (4).

Закључак

Упркос овом напретку, примена ВИ у области ИМП остаје у фази истраживања или пилот студија. Широко распрострањена клиничка примена захтева валидацију, регулаторно одобрење и интеграцију у рутински лабораторијски и клинички рад. Стога, практичне препоруке укључују: 1. придржавање утврђених клиничких смерница као примарног дијагностичког оквира, уз 2. коришћење алата ВИ за: (1) идентификацију атипичних случајева или пацијената којима је потребна рана интервенција; (2) предвиђање прогнозе и ризика од компликација; (3) оптимизацију избора антибиотика на основу индивидуалних и локалних образаца отпорности; и (4) праћење одговора на лечење и откривање раног поновног јављања или нежељених догађаја.

Референце:

1. Flores E, Martínez-Racaj L, Blasco Á, Diaz E, Esteban P, López-Garrigós M, et al. A step forward in the diagnosis of urinary tract infections: from machine learning to clinical practice. *Comput Struct Biotechnol J* 2024; 24:533-41. doi: 10.1016/j.csbj.2024.07.018.
2. Ozkan IA, Koklu M, Sert IU. Diagnosis of urinary tract infection based on artificial intelligence methods. *Comput Methods Programs Biomed* 2018; 166:51-59. doi: 10.1016/j.cmpb.2018.10.007.
3. Lee ALH, To CCK, Chan RCK, Wong JSH, Lui GCY, Cheung IYY, et al. Predicting antibiotic susceptibility in urinary tract infection with artificial intelligence-model performance in a multi-centre cohort. *JAC Antimicrob Resist* 2024; 7;6(4):dlae121. doi: 10.1093/jacamr/dlae121.
4. Shapiro Ben David S, Romano R, Rahamim-Cohen D, Azuri J, Grrenfeld S, Gedassi B et al. AI driven decision support reduces antibiotic mismatches and inappropriate use in outpatient urinary tract infections. *NPJ Digit Med* 2025; 8:61. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01400-5>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND URINARY TRACT INFECTIONS

Višnja Ležaić

*Faculty of Medicine, University of Belgrade,
Academy of Medical Sciences, Serbian Medical Society*

Introduction

Urinary tract infections (UTIs) are among the most common infections worldwide, affecting millions of people each year. Rapid and accurate diagnosis is essential to ensure effective treatment, prevent complications, and limit inappropriate antibiotic use, a key driver of antimicrobial resistance. Traditionally, UTI diagnosis has relied on patient history, clinical examination, urinalysis, and urine culture. In practice, however, empirical treatment with broad-spectrum antibiotics remains common. Despite international guideline recommendations, diagnostic challenges persist, particularly in distinguishing true infection from asymptomatic bacteriuria or nonspecific urinary symptoms.

Artificial intelligence techniques in urinary tract infections

Recent advances in UTI diagnostics include molecular diagnostic techniques, point-of-care testing, and predictive models based on artificial intelligence (AI). While molecular and point-of-care approaches improve diagnostic accuracy, they are costly and require significant technological investment. In contrast, AI-based tools utilize routinely available clinical data, such as patient demographics, symptoms, previous UTI history, pathogen profiles, antimicrobial susceptibility data, automated urine microscopy, and information extracted from electronic health records. These data are analyzed using machine learning techniques (ML), including convolutional neural networks (CNNs), random forests, XGBoost, and deep learning algorithms, to identify complex patterns and generate diagnostic or therapeutic predictions. Model performance is most commonly evaluated using the area under the receiver operating characteristic curve (AUROC).

Artificial intelligence and diagnosis of infections

Accumulating evidence suggests that AI-assisted diagnostics can enable UTI diagnosis within minutes to hours, reduce false-negative results, predict recurrent infections, and estimate pathogen susceptibility and antimicrobial resistance even before urine culture results are available. These tools can support personalized clinical decision-making, enable remote assessment, and reduce clinician workload and healthcare costs. Numerous studies have demonstrated that AI models can decrease unnecessary urine cultures and antibiotic prescriptions in patients at low risk of UTI, while facilitating targeted diagnostics and therapy in high-risk patients (1). Furthermore, AI-based symptom analysis has shown promise in differentiating nonspecific urethritis from cystitis by evaluating only three key symptoms—pollakiuria, erythrocyturia, and suprapubic pain—without the need for costly laboratory tests, imaging, or invasive procedures (2). Other AI models have successfully predicted susceptibility

of common uropathogens to first-line antibiotics (3), reduced quinolone use by up to 80.5%, and improved prescription accuracy through implementation of decision-support systems such as the UTI Smart-Set (UTIS) (4).

Conclusion

Despite these advances, most AI applications in UTI management remain in research or pilot phases. Widespread clinical implementation requires robust validation, regulatory approval, and seamless integration into routine laboratory and clinical workflows. Therefore, practical recommendations include: 1. adhering to established clinical guidelines as the primary diagnostic framework, while 2. using AI tools to: (1) identify atypical cases or patients requiring early intervention; (2) predict prognosis and risk of complications; (3) optimize antibiotic selection based on individual and local resistance patterns; and (4) monitor treatment response and detect early recurrence or adverse events.

References:

1. Flores E, Martínez-Racaj L, Blasco Á, Diaz E, Esteban P, López-Garrigós M, et al. A step forward in the diagnosis of urinary tract infections: from machine learning to clinical practice. *Comput Struct Biotechnol J* 2024; 24:533-41. doi: 10.1016/j.csbj.2024.07.018.
2. Ozkan IA, Koklu M, Sert IU. Diagnosis of urinary tract infection based on artificial intelligence methods. *Comput Methods Programs Biomed* 2018; 166:51-59. doi: 10.1016/j.cmpb.2018.10.007.
3. Lee ALH, To CCK, Chan RCK, Wong JSH, Lui GCY, Cheung IYY, et al. Predicting antibiotic susceptibility in urinary tract infection with artificial intelligence-model performance in a multi-centre cohort. *JAC Antimicrob Resist* 2024; 7;6(4):dlae121. doi: 10.1093/jacamr/dlae121.
4. Shapiro Ben David S, Romano R, Rahamim-Cohen D, Azuri J, Grrenfeld S, Gedassi B et al. AI driven decision support reduces antibiotic mismatches and inappropriate use in outpatient urinary tract infections. *NPJ Digit. Med* 2025; 8:61. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01400-5>

УЛОГА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ЛЕЧЕЊУ ХЕМОДИЈАЛИЗОМ

Дијана Јовановић

Клиника за нефрологију, УКЦ Србије, Медицински факултет, Универзитет у Београду

Увод

Хемодијализа (ХД) је сложена терапија која захтева континуирано праћење и прецизно подешавање више клиничких и техничких параметара. Упркос значајном напретку у технологији дијализе, ХД пацијенти и даље имају честе акутне и хроничне компликације. Вештачка интелигенција (ВИ), посебно системи засновани на алгоритмима машинског учења (МУ), нуде нове могућности за подршку доношењу клиничких одлука интегришући бројне података у реалном времену и дугорочно. Ови подаци укључују демографске податке пацијената, коморбидитете, лабораторијске резултате, параметре машине за дијализу и сигнале изведене из биосензора.

Технике машинског учења

Вештачке неуралне мреже, случајне шуме, модели градијентног појачавања и алгоритми дубоког учења - примењене су технике за идентификацију сложених образаца и генерисање дијагностичких или терапијских предвиђања. Перформансе модела се најчешће процењују коришћењем површине испод криве радних карактеристика пријемника (енгл. *receiver operating characteristic curve AUROC*). Континуираном анализом вишедимензионалних скупова података, платформе вођене ВИ могу подржати персонализоване планове за дијализу, оптимизовати брзине ултрафилтрације, прилагодити састав дијализата и помоћи у постизању адекватне дозе дијализе уз минимизирање стреса повезаног са лечењем.

Предвиђање и превенција интрадијализних компликација

Ово је једна од највреднијих примена вештачке интелигенције у ХД. Предиктивни модели могу идентификовати ране обрасце који претходе нежељеним догађајима као што су интрадијализна хипотензија, грчеви мишића, аритмије или интолеранција на дијализу, често много пре клиничке манифестације [1]. Рано предвиђање омогућава благовремене интервенције, укључујући модификацију ултрафилтрационих профила, подешавање натријума или температуре дијализата и промене у трајању сесије. Овај проактивни приступ може смањити прекиде лечења, побољшати хемодинамску стабилност и повећати квалитет живота пацијената.

Дугорочна стратификацији ризика

Алгоритми обучени на великим кохортама на дијализи могу проценити ризик од хоспитализације, кардиоваскуларних догађаја, отказа васкуларног приступа и смртности. Важно је напоменути да модели ВИ могу континуирано ажурирати процене ризика како нови клинички подаци постају доступни, омогућавајући динамично и

индивидуализовано планирање неге [2]. С обзиром на то да кардиоваскуларне болести остају водећи узрок смртности код ХД пацијената, процена кардиоваскуларног ризика уз помоћ ВИ може олакшати рану идентификацију особа са високим ризиком и подржати циљане превентивне стратегије.

Лечење анемије

Поред интрадијализног лечења, вештачка интелигенција има све већи потенцијал у лечењу анемије код ХД пацијената. Анализирајући трендове у нивоима хемоглобина, статусу гвожђа, инфламаторним маркерима и дозирању средстава која стимулишу еритропоезу, модели ВИ могу подржати индивидуализовану терапију, смањити варијабилност хемоглобина и минимизирати ризике повезане са прекомерном корекцијом или отпорношћу на лечење [3].

Закључак

Упркос бројним предностима, клиничка примена ВИ код ХД суочава се са изазовима, укључујући квалитет података, транспарентност алгорита, екстерну валидацију и етичка разматрања. ВИ треба посматрати као алат за подршку клиничким одлукама који допуњује, а не замењује, стручност лекара. Закључно, ВИ има потенцијал да трансформише негу ХД оптимизацијом пружања лечења, предвиђањем компликација и подржавањем управљања анемијом и кардиоваскуларним ризиком, што на крају омогућава безбеднију, персонализовану и ка бољем исходу оријентисану негу на дијализи.

Литература:

1. Yang IN, Liu CF, Chien CC, Wang HY, Wang JJ, Shen YT, Chen CC. Personalized prediction of intradialytic hypotension in clinical practice: Development and evaluation of a novel AI dashboard incorporating risk factors from previous and current dialysis sessions. *Int J Med Inform* 2024; 190:105538. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2024.105538.
2. Peng Z, Zhong S, Li X. *et al.* An artificial intelligence model to predict mortality among hemodialysis patients: A retrospective validated cohort study. *Sci Rep* 2025; 15:27699.
3. Kang C, Han J, Son S, Lee S, Baek H, Hwang DDJ, et al. Optimizing anemia management using artificial intelligence for patients undergoing hemodialysis. *Sci Rep* 2024; 14, 26739. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75995-w>

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HEMODIALYSIS TREATMENT

Dijana Jovanović

Clinic of Nephrology, Clinical Centre of Serbia, Faculty of Medicine, University of Belgrade, Serbia

Introduction

Hemodialysis (HD) is a complex technology-driven therapy that requires continuous monitoring and precise adjustment of multiple clinical and technical parameters. Despite significant advances in dialysis technology, HD patients continue to experience a high burden of acute and chronic complications. Artificial intelligence (AI), particularly systems based on machine learning (ML) algorithms, offers new opportunities to support clinical decision-making by integrating large volumes of real-time and longitudinal data. These data include patient demographics, comorbidities, laboratory results, dialysis machine parameters, and biosensor-derived signals.

Machine learning techniques

Various ML techniques: including artificial neural networks, random forests, gradient boosting models, and deep learning algorithms - have been applied to identify complex patterns and generate diagnostic or therapeutic predictions. Model performance is most commonly evaluated using the area under the receiver operating characteristic curve (AUROC). By continuously analyzing multidimensional datasets, AI-driven platforms can support personalized dialysis prescriptions, optimize ultrafiltration rates, adjust dialysate composition, and help achieve adequate dialysis dose while minimizing treatment-related stress.

Prediction and prevention of intradialytic complications

It is one of the most valuable applications of AI in HD. Predictive models can identify early patterns preceding adverse events such as intradialytic hypotension, muscle cramps, arrhythmias, or dialysis intolerance, often well before clinical manifestation [1]. Early prediction enables timely interventions, including modification of ultrafiltration profiles, adjustment of dialysate sodium or temperature, and changes in session duration. This proactive approach may reduce treatment interruptions, improve hemodynamic stability, and enhance patient comfort.

Long-term risk stratification

Algorithms trained on large dialysis cohorts can estimate the risk of hospitalization, cardiovascular events, vascular access failure, and mortality. Importantly, AI models can continuously update risk estimates as new clinical data become available, enabling dynamic and individualized care planning [2]. Given that cardiovascular disease remains the leading

cause of mortality in HD patients, AI-assisted cardiovascular risk assessment may facilitate early identification of high-risk individuals and support targeted preventive strategies.

Anemia treatment

Beyond intradialytic management, AI has growing potential in the treatment of anemia in HD patients. By analyzing trends in hemoglobin levels, iron status, inflammatory markers and erythropoiesis-stimulating agent dosing, AI models can support individualized therapy, reduce hemoglobin variability, and minimize the risks associated with overcorrection or treatment resistance [3].

Conclusion

Despite its promise, the clinical implementation of AI in HD faces challenges, including data quality, algorithm transparency, external validation, and ethical considerations. AI should be regarded as a clinical decision-support tool that complements, rather than replaces, physician expertise. In conclusion, AI has the potential to transform HD care by optimizing treatment delivery, predicting complications, and supporting the management of anemia and cardiovascular risk, ultimately enabling safer, more personalized, and outcome-oriented dialysis care.

References:

1. Yang IN, Liu CF, Chien CC, Wang HY, Wang JJ, Shen YT, Chen CC. Personalized prediction of intradialytic hypotension in clinical practice: Development and evaluation of a novel AI dashboard incorporating risk factors from previous and current dialysis sessions. *Int J Med Inform* 2024; 190:105538. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2024.105538.
2. Peng Z, Zhong S, Li X. *et al.* An artificial intelligence model to predict mortality among hemodialysis patients: A retrospective validated cohort study. *Sci Rep* 2025; 15:27699.
3. Kang C, Han J, Son S, Lee S, Baek H, Hwang DDJ, et al. Optimizing anemia management using artificial intelligence for patients undergoing hemodialysis. *Sci Rep* 2024; 14, 26739. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75995-w>

ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА И ВАСКУЛАРНИ ПРИСТУП

Тамара Јемцов

Служба нефрологије клинике за интерну медицину, Клиничко болнички центар Земун, Медицински факултет Универзитета у Београду

Увод

Функционалан васкуларни приступ представља кључну предуслов у хемодијализном лечењу болесника у терминалној бубрежној слабости и један је од четири фактора који значајно утичу на квалитет живота ове групе болесника [1].

Вештачка интелигенција у медицини и васкуларној хирургији

Основни темељи вештачке интелигенције (ВИ) укључују: 1) анализу великог броја података, 2) препознавање образаца, 3) предвиђање исхода и све то са циљем да помогне у извођењу закључака ради побољшања и олакшања радних процеса. Стога, примена ВИ у медицини и васкуларној хирургији треба да буду дизајнирана и имплементирана са циљем да помогне, али не и да замени здравственог радника [2].

Васкуларни приступи и примена вештачке интелигенције - досадашња достигнућа

Прва примена ВИ је била на пољу "читања" рентгенских снимака плућа и тумачења позиције врха периферно постављених централних катетера (*Peripherally Inserted Central Catheter, PICC*) како код одраслих тако и код деце [3,4].

Следећи корак је био пункција феморалне вене вођена ВИ на анималном моделу који је за циљ имао да омогући мање искусним медицинским радницима да изврше феморални васкуларни приступ брзином и стопом успеха упоредивом са стручњацима [5].

Надаље, група америчких истраживача применила је ВИ у анализи преко 1000 фотографија артериовенских фистула (АВФ) снимљених мобилним телефоном и на основу њих вршила процену и класификацију озбиљности постојећих анеуризми васкуларног приступа болесника на хемодијализи [6].

Регрутација билесника за *CANSCAN trial* је завршена. Болесници који се припремају за хемодијализу су испитани роботском томографском ултразвучном систему. Систем интегрише напредну роботску, машинско учење и ултразвучну обраду сигнала у циљу креирања 3Д васкуларног модела и добијања детаљног извештаја о крвним судовима у циљу пружања увида у могућа места за креирање васкуларног приступа [7].

Крајем прошле године објављена је и успешна прва клиничка употреба роботски потпомогнутог система за периферну интравенску катетеризацију - најчешћи инвазивни поступак у медицини (*Hyperion Surgical's Ivy™ platform*).

Пуно се наде полаже у широку имплементацију ове безконтактне методе која би својом применом могла значајно смањити могућност контаминације и унапредила стерилност и сигурност ове методе [8].

Закључак

Вештачка интелигенција је увелико наша реалност и свакодневица. Њен развој и примена су неминовност савременог друштва и његовог напретка. Колико смо стручни и колико су добре наше идеје одразиће се и на помоћ коју очекујемо од вештачке интелигенције.

Литература:

1. Evangelidis N, Tong A, Manns B, Hemmelgarm B, Wheeler D, Tugwell P, et al. Developing a Set of Core Outcomes for Trials in Hemodialysis: An International Delphi Survey. *Am J Kidney Dis* 2017; 70(4):464-75.
2. Fischer UM, Shireman PK, Lin JC. Current applications of artificial intelligence in vascular surgery. *Semin Vasc Surg* 2021; 34(4):268-71. doi: 10.1053/j.semvascsurg.2021.10.008. Epub 2021 Oct 27. PMID: 34911633; PMCID: PMC9883982.
3. Lee H, Mansouri M, Tajmir S, Lev MH, Do S. A Deep-Learning System for Fully-Automated Peripherally Inserted Central Catheter (PICC) Tip Detection. *J Digit Imaging* 2018; 31(4):393-402. doi:10.1007/s10278-017-0025-z
4. Schalekamp S, Klein W.M, van Leeuwen, K.G. Current and emerging artificial intelligence applications in chest imaging: a pediatric perspective. *Pediatr Radiol* 2022; 52:2120–30.
5. Brattain LJ, Pierce TT, Gjestebly LA, Johnson MR, DeLosa ND, Werblin JS, et al. AI-Enabled, Ultrasound-Guided Handheld Robotic Device for Femoral Vascular Access. *Biosensors* 2021; 11(12):522.
6. Zhang H, Preddie D, Krackov W, Sor M, Waguespack P, Kuang Z, et al. Deep learning to classify arteriovenous access aneurysms in hemodialysis patients. *Clin Kidney J* 2021; 15:829–30.
7. <https://vascularnews.com/canscan-shows-benefit-of-ultrasound-scanning-system-for-avf-mapping/>
8. <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/10/29/3176402/0/en/Hyperion-Surgical-Announces-Completion-of-First-in-Human-Study-Using-Its-Ivy-Robotic-Vascular-Access-Platform-Achieving-World-s-First-Robotic-Assisted-IV-Catheterization.html>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND VASCULAR ACCESS

Tamara Jemcov

Nephrology Department, Clinic for Internal Medicine, Clinical Hospital Center Zemun, Faculty of Medicine, University of Belgrade

Introduction

Functional vascular access is a cornerstone of hemodialysis treatment for patients with end-stage renal disease and is one of the four factors that significantly influence this group's quality of life [1].

Artificial Intelligence in Medicine and Vascular Surgery

The basic foundations of artificial intelligence (AI) include: 1) analysis of large amounts of data, 2) pattern recognition, 3) prediction of outcomes, and all this with the aim of 4) assistance through motion control. and facilitating work processes. Therefore, the application of AI in medicine and vascular surgery should be designed and implemented to assist, not replace, healthcare professionals [2].

Vascular Access and the Application of Artificial Intelligence - Achievements to Date

The first application of artificial intelligence was in the field of “reading” chest X-rays and interpreting the position of peripherally inserted central catheters (PICC) tips in adults and children [3,4].

The next step was AI-guided femoral vein puncture (in an animal model), which allowed less experienced medical workers to perform femoral vascular access quickly and accurately [5]. Furthermore, a group of American researchers applied AI to analyse over 1000 photographs of arteriovenous fistulas (AVFs) taken with a mobile phone and, based on these images, assessed and classified the presence of AVF aneurysms [6].

Recruitment of volunteers for the CANSCAN trial has been completed. Patients undergoing hemodialysis are scanned with a robotic tomographic ultrasound system.

The system integrates advanced imaging, machine learning, and ultrasound signal processing to generate a 3D vascular model and provide detailed vascular imaging for vascular mapping [7].

Late last year, the first successful clinical use of a robotically assisted peripheral intravenous catheterisation system, the most invasive procedure in medicine, was announced (Hyperion Surgical's Ivy™ platform). There is great hope for widespread adoption of this non-contact method, which could significantly reduce the risk of contamination and improve its sterility and safety [8].

Conclusion

Artificial intelligence is increasingly part of our everyday reality. Its development and

application are inevitable in modern society and its progress. How expert we are and how good our ideas are will also be reflected in the help we expect from artificial intelligence.

References:

2. Evangelidis N, Tong A, Manns B, Hemmelgarm B, Wheeler D, Tugwell P, et al. Developing a Set of Core Outcomes for Trials in Hemodialysis: An International Delphi Survey. *Am J Kidney Dis* 2017; 70(4):464-75.
9. Fischer UM, Shireman PK, Lin JC. Current applications of artificial intelligence in vascular surgery. *Semin Vasc Surg* 2021; 34(4):268-71. doi: 10.1053/j.semvascsurg.2021.10.008. Epub 2021 Oct 27. PMID: 34911633; PMCID: PMC9883982.
10. Lee H, Mansouri M, Tajmir S, Lev MH, Do S. A Deep-Learning System for Fully-Automated Peripherally Inserted Central Catheter (PICC) Tip Detection. *J Digit Imaging* 2018; 31(4):393-402. doi:10.1007/s10278-017-0025-z
11. Schalekamp S, Klein W.M, van Leeuwen, K.G. Current and emerging artificial intelligence applications in chest imaging: a pediatric perspective. *Pediatr Radiol* 2022; 52:2120–30.
12. Brattain LJ, Pierce TT, Gjestebj LA, Johnson MR, DeLosa ND, Werblin JS, et al. AI-Enabled, Ultrasound-Guided Handheld Robotic Device for Femoral Vascular Access. *Biosensors* 2021; 11(12):522.
13. Zhang H, Preddie D, Krackov W, Sor M, Waguespack P, Kuang Z, et al. Deep learning to classify arteriovenous access aneurysms in hemodialysis patients. *Clin Kidney J* 2021; 15:829–30.
14. <https://vascularnews.com/canscan-shows-benefit-of-ultrasound-scanning-system-for-avf-mapping/>
15. <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/10/29/3176402/0/en/Hyperion-Surgical-Announces-Completion-of-First-in-Human-Study-Using-Its-Ivy-Robotic-Vascular-Access-Platform-Achieving-World-s-First-Robotic-Assisted-IV-Catheterization.html>

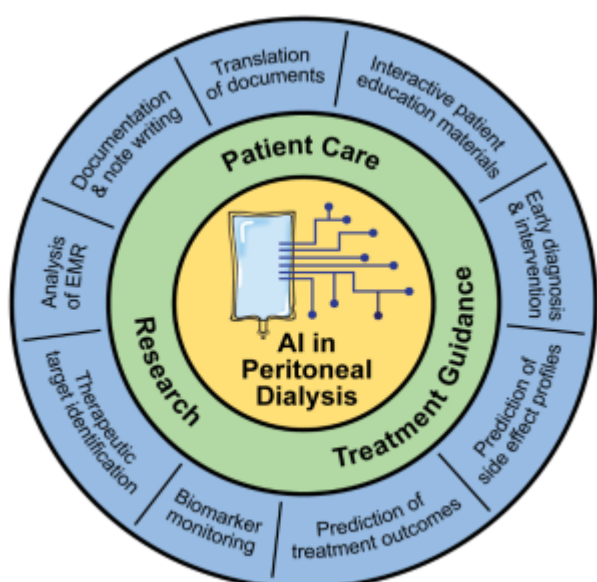
ПРИМЕНА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ПЕРИТОНЕАЛНОЈ ДИЈАЛИЗИ

Пилчевић Дејан

Клиника за нефрологију ВМА, Медицински факултет ВМА, Универзитет одбране

Увод: Вештачка интелигенција (ВИ) као подобласт рачунарства која има за циљ развој софтвера који омогућава рачунарима да користе огромну количину података како би самостално донели одлуку или извршили неку активност, има све већу примену у медицини - како у превенцији, тако и у дијагностици и проналажењу најоптималнијих терапијских решења.

Примена: У области перитонеалне дијализе (ПД), вештачка интелигенција игра значајну улогу у побољшању стратификације пацијената пре дијализе, предвиђању и раном откривању најозбиљнијих компликација као и техничких проблема током дијализе, оптимизацији прописивања лекова, побољшању едукације и контроле пацијената (Слика 1) [1].



Слика 1. Опсежан приступ и могућности примене вештачке интелигенције у свим сферама лечења болесника на перитонеумској дијализи

Улога ВИ била је кључна у развоју такозваних „вештачких бубрега“ - минимизираних преносивих уређаја за дијализу заснованих на принципима перитонеалне дијализе. Актуелно, примена ВИ у концепту даљинског праћења пацијената на аутоматизованој ПД омогућава лекару да у сваком тренутку има увид у ток и квалитет процеса дијализе, укључујући постигнути степен ултрафилтрације, број и дужину извршених измена, контролу крвног притиска, али пре свега идентификацију (не)комплијансе што последично омогућава избегавање непотребних прегледа и хоспитализација, али пре свега побољшање контроле пацијената [2]. Још боље резултате омогућава двосмерна комуникација са пацијентом која је препозната у Јапану, где је имплементиран програм телемедицинских видео конференција [3].

Такође, улога ВИ била је непроцењива у формирању *ChatBot* платформе, која је током

пандемије Covid 19 одиграла значајну улогу у едукацији пацијената у решавању свакодневних недоумица и компликација које су пацијенти на ПД на Тајвану имали у условима изолације. Током годину дана, платформа је имала 20.784 упита са стопом задовољства одговорима од 97,6% [4].

Од 2005. године спроведено је укупно 28 студија везаних за употребу вештачке интелигенције у ПД (од чега 17 у последње 3 г.). Анализирале су морталитет, дужину хоспитализације, кардиоваскуларне компликације, техничке проблеме, транспортне карактеристике мембране, перитонеалну презервацију, оптимизацију прескрипције, рано откривање перитонитиса са „мапирањем“ узрочника и оптимизацију терапије, едукацију пацијената као и детекцију адхеренце и комплијантности уз дефинисање алгоритама који су укључивали различите варијабле.

Закључак: Примена ВИ значајно је побољшала квалитет контроле пацијената у ПД, али као и у свакој другој области, захтева континуирану стандардизацију, валидацију и безбедност података који се анализирају, као и очување приватности пацијената. о,независно од примене ВИ, ПД захтева континуирану мотивацију и едукацију особља и пацијената више од било које друге области у нефрологији .

Литература:

1. Yetman HE, Chan L. Artificial Intelligence and Its Future Impact on Peritoneal Dialysis. *Kidney Dial* 2025; 5(2):20.
2. Augustyńska J, Lichodziejewska-Niemierko M, Naumnik B, Seweryn M, Leszczynska A, Gellert L, et al. Automated Peritoneal Dialysis With Remote Patient Monitoring: Clinical Effects and Economic Consequences for Poland. *Value Health Reg Issues* 2024; 40:53-62.
3. Nakamoto H, Aoyagi R, Kusano T. Peritoneal dialysis care by using artificial intelligence (AI) and information technology (IT) in Japan and expectations for the future. *Ren Replace Ther* 2023; 9:31.
4. Chemg CI, Lin WJ, Liu HT, Chen YT, Chiang CK, Hung KY. Implementation of artificial intelligence Chatbot in peritoneal dialysis nursing care: Experience from a Taiwan medical center. *Nephrology* 2023; 28(12):655-62.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PERITONEAL DIALYSIS

Pilčević Dejan

Clinic for nephrology MMA Belgrade, Medical Faculty MMA, University of defence

INTRODUCTION: Artificial intelligence (AI) as a subfield of computer science that aims to develop software that allows computers to use a huge amount of data to independently make a decision or perform an activity, has an increasing application in medicine - both in prevention and in diagnostics and finding the most optimal therapeutic approaches.

PRACTICE: In the field of peritoneal dialysis (PD), AI plays a significant role in improving the stratification of patients before dialysis, predicting and early detecting the most serious complications as well as technical problems during dialysis, optimizing drug prescription, improving patient education and control (Figure 1)[1].

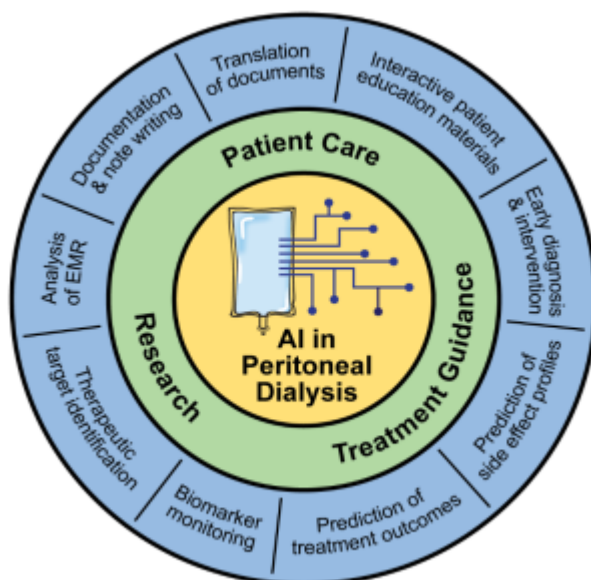


Figure 1. Comprehensive approach and possibilities for applying artificial intelligence in all areas of peritoneal dialysis patient treatment

The role of AI was key in the development of the so-called "artificial kidneys" - minimized portable dialysis devices based on the principles of peritoneal dialysis.

Currently, the application of AI in the concept of remote monitoring of patients on automated PD allows the doctor to have insight into the course and quality of the dialysis process at any time, including the achieved degree of ultrafiltration, the number and duration of changes performed, blood pressure control, but above all, the identification of (non)compliance during the dialysis process, which consequently allows avoiding unnecessary examinations and hospitalizations, but above all, improving patient control [2]. Even better results are provided by two-way communication, which has been recognized in Japan, where a telemedicine video conference program between doctors and patients on PD has been implemented [3].

AI was also instrumental in the creation of the ChatBot platform, which played a significant role in educating patients during the Covid-19 pandemic to address the daily concerns and complications that PD patients in Taiwan were experiencing while in isolation. Over the course of a year, the platform received 20,784 inquiries with a 97.6% satisfaction rate with

the education [4].

Since 2005, a total of 28 studies have been conducted on the use of artificial intelligence in PD (17 of which in the last 3 years). They analyzed mortality, length of hospitalization, cardiovascular complications, technical problems, membrane transport characteristics, peritoneal preservation, prescription optimization, early detection of peritonitis with “mapping” of the causative agent and optimization of therapy, patient education, as well as detection of patient adherence and compliance with the definition of algorithms that included different variables.

CONCLUSION: As in any other field, the application of AI has significantly improved the quality of patient control in PD, but it requires continuous standardization, validation and security of the data being analyzed, as well as preserving patient privacy. Also, regardless of the application of artificial intelligence, PD requires continuous motivation and education of staff and patients more than in any other field of nephrology.

References:

5. Yetman HE, Chan L. Artificial Intelligence and Its Future Impact on Peritoneal Dialysis. *Kidney Dial* 2025; 5(2):20.
6. Augustyńska J, Lichodziejewska-Niemierko M, Naumnik B, Seweryn M, Leszczynska A, Gellert L, et al. Automated Peritoneal Dialysis With Remote Patient Monitoring: Clinical Effects and Economic Consequences for Poland. *Value Health Reg Issues* 2024; 40:53-62.
7. Nakamoto H, Aoyagi R, Kusano T. Peritoneal dialysis care by using artificial intelligence (AI) and information technology (IT) in Japan and expectations for the future. *Ren Replace Ther* 2023; 9:31.
8. Chemg CI, Lin WJ, Liu HT, Chen YT, Chiang CK, Hung KY. Implementation of artificial intelligence Chatbot in peritoneal dialysis nursing care: Experience from a Taiwan medical center. *Nephrology* 2023; 28(12):655-62.

ЗНАЧАЈ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ТРАНСПЛАНТАЦИЈИ БУБРЕГА

Ђуровић Владимир^{1,2}, Ђелић Дејан^{1,2}, Кнежевић Виолета^{1,2}

¹ Медицински факултет, Универзитет у Новом Саду, Нови Сад, Србија

² Универзитетски Клинички Центар Војводине, Нови Сад, Србија

Увод. Интеграција вештачке интелигенције (ВИ) у трансплантациону медицину значајно је унапредила могућности како дијагностике, тако и лечења ових изузетно комплексних болесника, попуњавајући празнине на местима где је досадашња медицина достигла плато.

Кратак преглед литературе. Вештачка интелигенција у трансплантацији бубрега може се применити у претрансплантационој припреми, у сврху асистенције хируршким методама, дијагностици различитих компликација и на крају у посттрансплантационој нези болесника. Процес трансплантације бубрега полази од потенцијалног донора, односно доступног органа, те је сходно томе одлука о алокацији органа од изразито значаја. До сада су развијени различити модели засновани на ВИ, попут *KDPI-EPTS* модела [1], као и многи други, чија употреба помаже правилној алокацији органа, а заснива се на предикцији преживљавања како графта, тако и реципијента, али и живог донора. У предикцији морталитета помогло је и развијање модела ВИ који укључују и време проведено на листи чекања [2]. Вештачка интелигенција нашла је своје место и у биопсији графта пре саме трансплантације, па су тако развијени *RENFAST* и *RENTAG* алгоритми [3]. У хирургији, ВИ потпомаже побољшаној прецизности операције, ергономици, и побољшаном навођењу хирурга. Осим тога, ВИ је нашла место и у континуираном мониторингу болесника током саме интервенције. Употреба алгоритама машинског учења омогућава и прецизнију стратификацију ризика од раних постоперативних компликација, попут одложене функције графта, акутног одбацивања, инфекција, итд. На тај начин, ВИ доприноси индивидуализацији интензитета мониторинга, избора терапијске стратегије и рационализацији ресурса у високоризичним клиничким ситуацијама. Вештачка интелигенција је нашла своје место и у радиолошкој процени графта (ЦТ, МРИ, реновазографија). На крају, вреди споменути и значај ВИ у комуникацији са самим болесницима, како кроз различите алате који омогућавају приступ тачним и провереним информацијама, тако и кроз различите носиве уређаје који континуирано прате виталне параметре и омогућавају лекару интервенцију „на даљину“ [4].

Закључак. Иако примена ВИ носи бројне предности, неопходно је нагласити важност клиничке валидизације, интерпретабилности модела, као и етичких и правних аспеката употребе алгоритама у медицини. Свеукупно, интеграција вештачке интелигенције у трансплантацију бубрега представља значајан корак ка персонализованој, прецизнијој и безбеднијој медицини, са потенцијалом да унапреди исходе како примаоца, тако и донорског програма у целини.

Литература:

1. Bae S, Massie AB, Thomas AG, Bahn G, Luo X, Jackson KR, et al. Who can tolerate a marginal kidney? Predicting survival after deceased donor kidney transplant by donor-recipient combination. *Am J Transplant* 2019; 19(2):425-33.
2. Sapiertein Silva JF, Ferreira GF, Perosa M, Nga HS, de Andrade LGM. A machine learning prediction model for waiting time to kidney transplant. *PLoS One* 2021; 16(5):e0252069.
3. Salvi M, Mogetta A, Meiburger KM, Gambella A, Molinaro L, Barreca A, et al. Karpinski Score under Digital Investigation: A Fully Automated Segmentation Algorithm to Identify Vascular and Stromal Injury of Donors' Kidneys. *Electronics* 2020; 9(10):1644.
4. Kotsifa E, Mavroeidis VK. Present and Future Applications of Artificial Intelligence in Kidney Transplantation. *J Clin Med* 2024; 13(19):5939.

THE IMPORTANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN KIDNEY TRANSPLANTATION

Durović Vladimir^{1,2}, Ćelić Dejan^{1,2}, Knežević Violeta^{1,2}

1 Faculty of Medicine, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia

2 University Clinical Center of Vojvodina, Novi Sad, Serbia

Introduction. The integration of artificial intelligence (AI) into transplantation medicine has significantly improved the possibilities of both diagnostics and treatment of these extremely complex patients, filling gaps in places where previous medicine has reached a plateau.

Brief review of the literature. Artificial intelligence in kidney transplantation can be applied in pre-transplantation preparation, for the purpose of assisting with surgical methods, diagnosing various complications and finally in post-transplantation patient care. The kidney transplantation process starts with a potential donor, i.e. an available organ, and accordingly, the decision on organ allocation is of great importance. Various AI-based models have been developed so far, such as the KDPI-EPTS model [1], as well as many others, the use of which helps in the correct allocation of organs, and is based on the prediction of the survival of both the graft and the recipient, as well as the living donor. The development of AI models that include the time spent on the waiting list has also helped in the prediction of mortality [2]. Artificial intelligence has also found its place in graft biopsy before transplantation, and the RENFAST and RENTAG algorithms have been developed [3]. In surgery, AI helps to improve the precision of the operation, ergonomics, and improved guidance of the surgeon. In addition, AI has found its place in continuous monitoring of patients during and after the intervention. The use of machine learning algorithms also enables more precise stratification of the risk of early postoperative complications, such as delayed graft function, acute rejection, infections, etc. In this way, AI contributes to the individualization of monitoring intensity, the choice of therapeutic strategy, and the rationalization of resources in high-risk clinical situations. Artificial intelligence has also found its place in radiological assessment of grafts (CT, MRI, renovasography). Finally, it is worth mentioning the importance of AI in communication with patients themselves, both through various tools that provide access to accurate and verified information, and through various wearable devices that continuously monitor vital parameters thus allowing doctor to intervene “remotely” [4].

Conclusion. Although the application of AI has numerous advantages, it is necessary to emphasize the importance of clinical validation, model interpretability, as well as the ethical and legal aspects of the use of algorithms in medicine. Overall, the integration of artificial intelligence into kidney transplantation represents a significant step towards personalized, more precise, and safer medicine, with the potential to improve outcomes for both the recipient and the donor program as a whole.

References:

1. Bae S, Massie AB, Thomas AG, Bahn G, Luo X, Jackson KR, et al. Who can tolerate a marginal kidney? Predicting survival after deceased donor kidney transplant by donor-recipient combination. *Am J Transplant* 2019; 19(2):425-33.
2. Sapiertein Silva JF, Ferreira GF, Perosa M, Nga HS, de Andrade LGM. A machine learning prediction model for waiting time to kidney transplant. *PLoS One* 2021; 16(5):e0252069.
3. Salvi M, Mogetta A, Meiburger KM, Gambella A, Molinaro L, Barreca A, et al. Karpinski Score under Digital Investigation: A Fully Automated Segmentation Algorithm to Identify Vascular and Stromal Injury of Donors' Kidneys. *Electronics* 2020; 9(10):1644.
4. Kotsifa E, Mavroeidis VK. Present and Future Applications of Artificial Intelligence in Kidney Transplantation. *J Clin Med* 2024; 13(19):5939.