

S tehnologijo do posamezniku prilagojenega (urološkega) zdravljenja

Sebastian Jeršinovič,

doktor medicine in doktor medicinskih znanosti (Eberhard Karls Universität Tübingen, Nemčija), FEBU, specialist urologije, Center sodobne urologije Jeršinovič, d.o.o., Ljubljana

Urologija je v zadnjih dveh desetletjih doživela izjemen tehnološki preboj, ki je spremenil način diagnostike in zdravljenja bolezni sečil ter moških spolnih organov. Napredne metode omogočajo bolj natančno odkrivanje bolezni, manj invazivne operativne posege ter hitrejše okrevanje bolnikov. Ključna področja, kjer se tehnološki razvoj še posebej izraža, so fuzijska transperinealna biopsija prostate, robotsko asistirana prostatektomija, fluorescenčna diagnostika raka sečnega mehurja (PDD – *Photodynamic Diagnosis*) in robotsko asistirana parcialna nefrektomija. Dodatno pa danes pomembno vlogo pri diagnostiki, prognozi in načrtovanju zdravljenja prevzema umetna inteligenca.

1. Fuzijska transperinealna biopsija prostate – večja natančnost in varnost

Rak prostate je eden najpogostejših malignomov pri moških v razvitem svetu, [v Sloveniji letno zbolijo več kot 1500 moških](#), zato je natančna in varna diagnostika ključnega pomena. Klasična biopsija prostate, izvedena skozi danko (transrektalno), je sicer dolgo veljala za standard, vendar ima svoje omejitve – predvsem tveganje za okužbe ter manjšo zanesljivost pri odkrivanju klinično pomembnih tumorjev.

Fuzijska transperinealna biopsija prostate predstavlja sodoben pristop, ki združuje prednosti magnetnoresonančnega slikanja (MRI) in ultrazvoka (UZ). Postopek temelji na »fuziji«
slik MRI, ki prikazujejo sumljiva področja, in realnočasovnega ultrazvočnega vodenja. S tem urolog dobi tridimenzionalno navigacijo in lahko z izjemno natančnostjo ciljno vzame vzorce tkiva iz sumljivih področij.¹

Dostop skozi presredek (transperinealno) zmanjšuje tveganje za okužbe, saj se izognemo črevesni flori, poleg tega pa omogoča boljši dostop do sprednjih delov prostate, ki so pogosto spregledani pri klasični transrektalni tehniki. Prednost metode je tudi manjša potreba po ponavljajočih biopsijah, saj je diagnostika zanesljivejša. V praksi to pomeni hitrejšo postavitve diagnoze, manj zapletov in večje zadovoljstvo bolnikov.²

Robotsko asistirana prostatektomija – manj invaziven poseg in hitrejše okrevanje

Radikalna prostatektomija, kirurška odstranitev prostate zaradi raka, je že desetletja temeljno zdravljenje lokalno omejene bolezni. Tradicionalno se je poseg izvajal z odprto kirurgijo, kar je zahtevalo večje reze, povzročalo večjo izgubo krvi ter daljše obdobje okrevanja. S pojavom

¹ Teerachai Singharat, Winn Wisawasukmongchol, Julin Opanurak, Kaureuk Suksupha, Supoj Ratchanon, Pea Pobpan, Gantapong Sainont, Kawintharat Harirugsakul, Dutsadee Sowanthip: Transperineal vs transrectal MRI-fusion ultrasound-guided prostate biopsy: Detection rate of prostate cancer and clinically significant prostate cancer, v: *Asian J Urol.* 12 (2025) 1, str. 31–39; doi:10.1016/j.ajur.2024.09.005.

² Paul Gravestock, Matthew Shaw, Rajan Veeratterapillay, Rakesh Heer: Prostate Cancer Diagnosis: Biopsy Approaches, v: Noor N. Barber, Asif Ali (ur.): [Urologic Cancers](#). Exon Publications, Brisbane (Avstralija), 12. september 2022.

robotsko asistirane kirurgije, zlasti sistema **da Vinci**,³ pa se je pristop k zdravljenju bistveno spremenil.

Robotsko asistirana prostatektomija je minimalno invaziven poseg, pri katerem kirurg upravlja robotske roke prek konzole. Te omogočajo izjemno natančnost, stabilnost in 3D-povečavo operativnega polja. Robotski instrumenti so gibljivejši od človeške roke, kar kirurgom omogoča izvedbo zahtevnih manevrov tudi na težko dostopnih mestih.

Za bolnika to pomeni več pomembnih prednosti: manjša izguba krvi, manj bolečin, krajše bivanje v bolnišnici in hitrejše okrevanje. Poleg tega so dolgoročni rezultati, kot so kontinenca urina in ohranitev erektilne funkcije, pogosto boljši kot pri klasičnih kirurških tehnikah. Robotsko asistirana kirurgija torej združuje vrhunsko tehnologijo in kirurško izkušnost, bolnikom pa ponuja učinkovitejše in varnejše zdravljenje.⁴

PDD – fluorescenčna diagnostika raka sečnega mehurja

Rak sečnega mehurja sodi med pogostejše urogenitalne tumorje, njegova zgodnja diagnostika pa je ključna za uspešno zdravljenje. Klasična cistoskopija, pri kateri urolog z optičnim instrumentom pregleda notranjost mehurja, včasih ne zazna ploskih ali zgodnjih sprememb.

Fotodinamična diagnostika (PDD) uvaja nov standard v diagnostiki raka mehurja. Postopek temelji na intravezikalni aplikaciji posebne snovi (heksilaminolevulinata), ki se selektivno kopiči v rakavih celicah. Ob osvetlitvi s posebno modro svetlobo se te celice zasvetijo v rdeči barvi, kar omogoča jasno razlikovanje med zdravim in patološkim tkivom.⁵

Prednosti PDD so večja občutljivost pri odkrivanju zgodnjih oblik raka, kot je karcinom *in situ*, ter zmanjšanje verjetnosti, da bi bolezen ostala spregledana. S tem je mogoče zagotoviti bolj temeljito odstranitev tumorjev med transuretralnimi resekcijami (TURB), kar zmanjšuje tveganje za ponovitve bolezni.⁶

Robotsko asistirana parcialna nefrektomija – natančnost pri ohranjanju ledvice

Pri zdravljenju tumorjev ledvic se vse pogosteje izvaja **parcialna nefrektomija**, kjer se odstrani samo tumorska sprememba, medtem ko se preostanek ledvice ohrani. To je izjemnega pomena za dolgoročno delovanje ledvic in kakovost življenja bolnika.

Robotsko asistirana parcialna nefrektomija omogoča kirurgu izjemno natančnost pri odstranitvi tumorja in rekonstrukciji ledvice. Pri tem ima pomembno vlogo **Firefly tehnologija**, ki temelji na uporabi fluorescentnega kontrasta (najpogosteje indocianin zeleno – ICG). Ta kontrast se po

³ Glej tudi Milena Zupanič: [Tisoč operacij z robotskim sistemom](#), v: Delo, 10. marec 2023, in Ksenja Tratnik: [Robotika v kirurgiji: hitrejše okrevanje za bolnika, lažje delo za kirurga](#), v: MMC RTV SLO, 30. junij 2023.

⁴ Davide Castellani, Leonard Perpepaj, Demetra Fuligni, Giuseppe Chiacchio, Pietro Tramanzoli, Silvia Stramucci, Valeria De Stefano, Vincenzo Cammarata, Simone Cappuccelli, Vincenzo Pasarella, Valerio Ferretti, Stefania Campobasso, Daniele Gauhar, Antonio B. Galosi: [Advancements in artificial intelligence for robotic-assisted radical prostatectomy in men suffering from prostate cancer: results from a scoping review](#), v: Chinese Clinical Oncology. 13 (2024) 4, str. 54; doi:10.21037/cco-24-52.

⁵ Chen Chen, Hao Huang, Yue Zhao, Hao Liu, Yuming Luo, Richard J. Sylvester, Jia Ping Li, Thomas B. Lam, Tianxin Lin, Jian Huang: [Diagnostic accuracy of photodynamic diagnosis with 5-aminolevulinic acid, hexaminolevulinate and narrow band imaging for non-muscle-invasive bladder cancer](#), v: Journal of Cancer. 11 (2020) 5, str. 1082–1093; doi:10.7150/jca.34527.

⁶ Yair Lotan, Trinity J. Bivalacqua, Timothy Downs, Ashish M. Kamat, Seth P. Lerner, Gary Steinberg, David J. McCullough, John S. W. Davis, Peter C. Black: [Blue light flexible cystoscopy with hexaminolevulinate in non-muscle-invasive bladder cancer: review of the clinical evidence and consensus statement on optimal use in the USA — update 2018](#), v: Nature Reviews Urology. 16 (2019) 6, str. 377–386; doi:10.1038/s41585-019-0184-4.

intravenskem dajanju kopiči v žilju in tkivih ter pod posebno infrardečo osvetlitvijo zasveti **rumeno-zeleno**.⁷

S tem lahko kirurg jasno prepozna mejo med tumorjem in zdravim tkivom, vizualizira ledvično žilje ter preveri prekrvavitev ledvice po odstranitvi tumorja. Prednost metode je večja varnost posega, bolj natančna odstranitev tumorja, manj zapletov in maksimalno ohranjeno ledvično tkivo.

Umetna inteligenca v urologiji in medicini

Zadnja leta umetna inteligenca (UI) spreminja način dela v medicini. V urologiji se UI že uporablja pri analizi slik MRI za oceno verjetnosti raka prostate, kar dopolnjuje fuzijsko biopsijo. Algoritmi strojnega učenja pomagajo pri zaznavanju subtilnih sprememb, ki jih človeško oko morda spregleda, in s tem povečujejo diagnostično natančnost.

Pri robotsko asistirani kirurgiji omogoča UI izboljšano načrtovanje posega, opozarja na kritične anatomske strukture ter vodi kirurga pri posameznih korakih operacije. V prihodnosti se pričakuje, da bodo robotski sistemi vse bolj avtonomni, pri čemer bo kirurg nadzornik, UI pa bo izvajala rutinske dele posega.

Pri PDD diagnostiki UI pomaga pri samodejni analizi videoposnetkov iz cistoskopij ter omogoča bolj standardizirano in objektivno interpretacijo rezultatov. Tako se zmanjšuje možnost subjektivne napake in izboljšuje odkrivanje tudi najmanjših sprememb.

Širše gledano pa UI omogoča gradnjo **napovednih modelov** za preživetje in ozdravitev bolnikov, na podlagi podatkov iz kliničnih preiskav, genetskih analiz in zgodovine bolezni. Personalizirana medicina tako dobiva povsem novo razsežnost – zdravljenje ni več univerzalno, temveč prilagojeno posamezniku.⁸

⁷ Lukáš Gadus, Jiří Kočárek, Filip Chmelík, Martina Matejková, Jan Heráček: [Robotic partial nephrectomy with indocyanine green fluorescence imaging navigation](#), v: Contrast Media & Molecular Imaging. 2020, čl. 8871684; doi:10.1155/2020/8871684.

⁸ Seung Pak, Krunal Patel, Hyung Lee, Michael S. Leapman, Yuval Shaked, Jonathan Coleman, Youssef Zahran, Seungtaek Kim, Jin Woo Lee: [Applications of artificial intelligence in urologic oncology: a systematic review](#), v: Urologic Oncology. 42 (2024) 5, str. 387.e1–387.e11; doi:10.1016/j.urolonc.2024.02.008.