

Mesterségesintelligencia-alapú fúziós prosztatabiopszia

Póth Sándor dr.^{1, 2}  ■ Túróczi-Kirizs Róbert dr.³
Kovács Ágnes dr.² ■ Bajory Zoltán dr.¹

¹Szegedi Tudományegyetem, Orvostudományi Kar, Szent-Györgyi Albert Klinikai Központ,
Urológiai Klinika, Szeged

²Budai Egészségközpont, Nemzetközi MRT- és Mesterséges Intelligencia Vezérelt Diagnosztikai Központ,
Budapest

³Budai Egészségközpont, Radiológia Divízió, Budapest

Bevezetés: A prosztaták diagnosztikája folyamatosan fejlődik, de a pontos terápiás tervezéshez ma is elengedhetetlen a többnyire biopsziával nyert minta szövettani azonosítása. A korábban tapintásvezérléssel irányított mintavételezést ma már leváltotta a képalkotás segítségével történő biopszia. Ennek jelenlegi legmodernebb változata a multiparametrikus MR-képalkotás és az ultrahangcélzás fúziójára támaszkodik. Az eljárás egyik sarkalatos pontja az MR-képek megfelelő jártasságú szakember általi elemzése. Ezt a folyamatot támogatja, illetve az információátvitelben rejlő hibafaktorokat segít kiküszöbölni a mesterségesintelligencia-alapú digitális tervezés.

Célkitűzés: Célul tűztük ki, hogy ismertessük a mesterségesintelligencia-alapú képelemzésre épülő és háromdimenziós virtuális modellezéssel alapuló, transperinealis prosztata-mintavételezés során szerzett tapasztalatainkat.

Módszer: Intézetünkben 2020. november és 2024. április között Watson Elementary® mesterségesintelligencia-alapú és PI-RADS- (v. 2.1) besorolás szerinti képelemzést, valamint háromdimenziós digitális modellezést követően, altatásban, a BiopSee® géton keresztüli mintavételező állomás alkalmazásával 227 prosztatabiopsziát végeztünk. Eredményeinket retrospektíven elemeztük.

Eredmények: A fenti időszakban 227 prosztatákgyanus beteg biopsziája történt meg. Az átlagéletkor $66,7 \pm 7,8$ év, az átlagos PSA-érték 14,3 ng/ml volt. A műtőben töltött átlagos idő 26,2 perc volt. Fertőzéses szövődmény nem alakult ki. Spontán szűnő haematuriát vagy haematospermiát 86 esetben regisztráltunk. Transurethralis katétert 7 esetben helyeztünk fel, 5-öt azonban 24 órán belül eltávolítottunk. A tumortalálási arány PI-RADS 3-as besorolás esetén 18%, PI-RADS 4-es kapcsán 72%, PI-RADS 5-ös mellett 95,5% volt. A klinikailag szignifikáns prosztaták megoszlása ezeknek megfelelően 7%, 44%, illetve 84% volt. Az igazolódott prosztaták kapcsán 48 radikális prostatectomia történt. Aktív követésen 20 beteget vezetünk.

Megbeszélés: A prosztatabiopsziák kapcsán két felmerülő probléma – a klinikailag jelentős rákok találati aránya és a fertőzési kockázat – a szakterület folyamatos fejlődésre ösztönzi. A mesterségesintelligencia-alapú MR-elemzés a legjobban képzett radiológus szakemberek által végzett elemzésekhez hasonló hatásokkal képes meghatározni a tumorgyanús területeket. A digitálismodell-alapú, géton keresztüli fúziós biopsziás technika nagy precizitással, kifejezetten kis fertőzési kockázat mellett képes elérni diagnosztikus célját.

Következtetés: A mesterségesintelligencia-alapú elemzés és a digitálismodell-alapú, transperinealis fúziós biopszia nagy betegbiztonságot és transzparens diagnosztikai segítséget nyújt. Az intézetünk protokollja mentén végzett transperinealis mintavétel a fertőzés kockázatát gyakorlatilag nullára minimalizálta. A képalkotás standardizálása és a mintavételezési protokollok technikai egységesítése segítheti a diagnosztikus és az arra épülő terápiás döntéshozatalt.

Orv Hetil. 2025; 166(13): 503–510.

Kulcsszavak: prosztaták, mesterséges intelligencia, MR fúziós biopszia, infektológia

Artificial intelligence-based fusion prostate biopsy

Introduction: Prostate cancer imaging is constantly evolving. The previously used “blind sampling” technique of prostate biopsy was superseded by developing the ultrasound- guided methods and later assisted by more precise imaging. The current state-of-the-art version relies on multiparametric MRI analysis and fusion planned biopsy.

Objective: Our aim was to present, for the first time in Hungary, our experiences gained through artificial intelligence-assisted image analysis and three-dimensional virtual modeling in transperineal prostate biopsy procedures.

Method: Between November 2020 and April 2024, at our institute, we performed 227 prostate biopsies following Watson Elementary® artificial intelligence-assisted image analysis and PI-RADS (v. 2.1) classification, as well as three-

dimensional digital modeling. The procedures were conducted under anesthesia using the BiopSee® perineal biopsy station. Our results were analyzed retrospectively.

Results: During the specified period, 227 biopsies were performed on patients suspected of prostate cancer. The mean age was 66.7 ± 7.8 years, and the average PSA level was 14.3 ng/mL. The average time in the operating room was 26.2 minutes. No infectious complications occurred. Spontaneous hematuria or hematospermia was recorded in 86 cases. A transurethral catheter was inserted in 7 cases; however, 5 (71%) of them were removed within 24 hours. The tumor detection rate was 18% for PI-RADS 3, 72% for PI-RADS 4, and 95.5% for PI-RADS 5. The distribution of clinically significant prostate cancer was 7%, 44%, and 84%, respectively, for these PI-RADS categories. For confirmed prostate cancer cases, 48 radical prostatectomies were performed, and 20 patients are under active surveillance.

Discussion: The two emerging problems in relation to prostate biopsies – the detection rate of clinically significant cancers and the risk of infection – encourage medicine to continue to develop.

Conclusion: Artificial intelligence-assisted analysis and digital model-based transperineal fusion biopsy offer high patient safety and transparent diagnostic assistance. Transperineal sampling, performed according to our institute's protocol, has minimized the risk of infection to virtually zero. The standardization of imaging and the technical unification of sampling protocols can support diagnostic and therapy-based decision-making.

Keywords: prostate cancer, artificial intelligence, MRI fusion biopsy, infectology

Póth S, Túróczi-Kirizs R, Kovács Á, Bajory Z. [Artificial intelligence-based fusion prostate biopsy]. Orv Hetil. 2025; 166(13): 503–510.

(Beérkezett: 2024. október 24.; elfogadva: 2025. február 6.)

Rövidítések

3D = háromdimenziós; COVID-19 = (coronavirus-19 disease) koronavírus-19-betegség; DICOM = (digital imaging and communications in medicine) digitális képalkotás és kommunikáció az orvostudományban; gg = (grade group) szövettani fokozati csoport; ISUP = (International Society of Urological Pathology) Nemzetközi Urológiai Patológiai Társaság; LUTS = (lower urinary tract symptoms) alsó húgyúti tünetek; MAI = (malignancy attention index); mpMR = multiparametrikus prosztata-MR; MR = mágneses rezonancia; PI-RADS = (Prostate Imaging Reporting and Data System) prosztataképalakítás-jelentési és -adatrendszer; PSA = prosztataspecifikus antigén; PSAD = (prostate-specific antigen density) a prosztataspecifikus antigén sűrűsége

Prosztatatumor gyanúja esetén a ma ismert legmegbízhatóbb képi diagnosztikus lehetőségeink mellett is elengedhetetlen szükség van a szövettani verifikációra a pontos diagnózis felállításához és a legmegfelelőbb terápia megtervezéséhez. A szövettani mintavételezés legelterjedtebb és leggyakrabban alkalmazott módja a prosztatabiopszia. A korábbi, a végbélbe vezetett ujj segítségével történő, azaz vakon történő mintavételezést ma már segíti a képalkotás. A biopszia történhet transrectalisan vagy gáton keresztül. Bár mindkét módszer széles körben elfogadott és alkalmazott, nemzetközi ajánlások a transperinealis behatolás elsőbbségét véleményezik, a kisebb infekciós szövődményráta miatt. A prosztatabiopsziák infekciós veszélyén túl sarkalatos kérdés a különböző módszerekkel nyert képi információk megfelelő értékelése. A jelenleg legmodernebbnek és legnagyobb érzékenységgűnek tartott multiparametrikus MR-képalakítás során nagy tapasztalatú és magasan képzett radio-

lógus szakemberre van szükség a biopsziás célzáshoz szükséges tumorgyanús területek meghatározásához. A mesterségesintelligencia-alapú mpMR-képelemzés és digitális modellezés segíti jelenleg a legjobban a prosztatarákgyanús terület beazonosítását és a biopszia találati arányának javítását, ezzel a precízebb diagnózist [1].

Tanulmányunkban a mesterséges intelligencia által támogatott képelemzésre támaszkodó és virtuális 3D modellezést használó, gáton keresztüli prosztata-mintavétel követően nyert eredményeink retrospektív elemzését végeztük el.

Betegek és módszerek

Intézetünkben, a saját és a hozzánk beutalt beteganyagból, 2020. november és 2024. április között egymás után megjelent prosztatatumor-gyanúnak kiszűrt férfi betegeknél végeztünk prosztatabiopsziát. A biopszia indikációjának felállításához a tapintási leleten és a PSA-értéken felül minden betegünkön Magnetom Lumina 3T típusú, 3 tesla erősségű MR-berendezéssel (Siemens, München, Németország) multiparametrikus prosztata-MR- (mpMR-) vizsgálatot végeztünk. A gyanús rectalis tapintási lelet, a PI-RADS 4-es vagy 5-ös mpMRI-kép vagy a PSAD > 0,15 ng/ml² érték vagy ezek kombinációja, illetve a gyanús PSA-lefutások egyértelmű mintavételi indikációt képeztek. A prosztataszűrés, illetve a mintavételezési protokollok egyre inkább személyre szabottan és rizikóprofilok mentén történnek. Az aktuális urológiai szakmai ajánlások bizonyos esetben támogatják, hogy csak a laesióból vegyünk mintát. Előfordul azonban, hogy a laesió túl, a körüli vagy akár az egész prosztatamirigyet reprezentálni képes, ún. telítő vagy szaturációs

1. táblázat | A páciensek adatai

	n	Átlag	Standard (±)	Min.	Max.
Életkor a mintavételkor	227	66,7	7,8	48	87
A prosztata mérete (ml)	227	63,5	33,2	16	172
PSA a mintavételkor (ng/ml)	226	14,2	43,1	0	593
A minták száma	227	22,1	3,5	12	34
PSAD (ng/ml ²)	227	0,29	1,0	0	11,8

n = a betegek száma; PSA = prosztataspecifikus antigén; PSAD = a prosztataspecifikus antigén sűrűsége

biopsziára is szükség lehet [2]. Ezáltal tudjuk optimálisan értelmezni a biopszia szövettani eredményét a klinikai terápiás lépések megtervezéséhez (akár jóindulatú prosztatamegnagyobbodás, akár prosztatatarák kezelésének indítása).

Anyagunkban PI-RADS 4-esnél kisebb gócból is történt mintavétel, amennyiben a klinikum (PSA-lefutás, rectalis digitális vizsgálat) azt indikálta. A legtöbb esetben azonban a PI-RADS 4-esnél kisebb laesiókból történt mintavétel a magasabb beosztású laesion túli, ún. telítő biopsziás minták részét képezte.

Azon 18 évesnél idősebb férfi páciensek adatait elemeztük, akiknél a fentebb leírtak alapján prosztatatarák gyanúja miatt prosztatabiopszia történt. A vizsgálati időszakban 227 prosztatatarák gyanús betegnél történt biopszia. A betegek klinikai adatait az 1. táblázat mutatja.

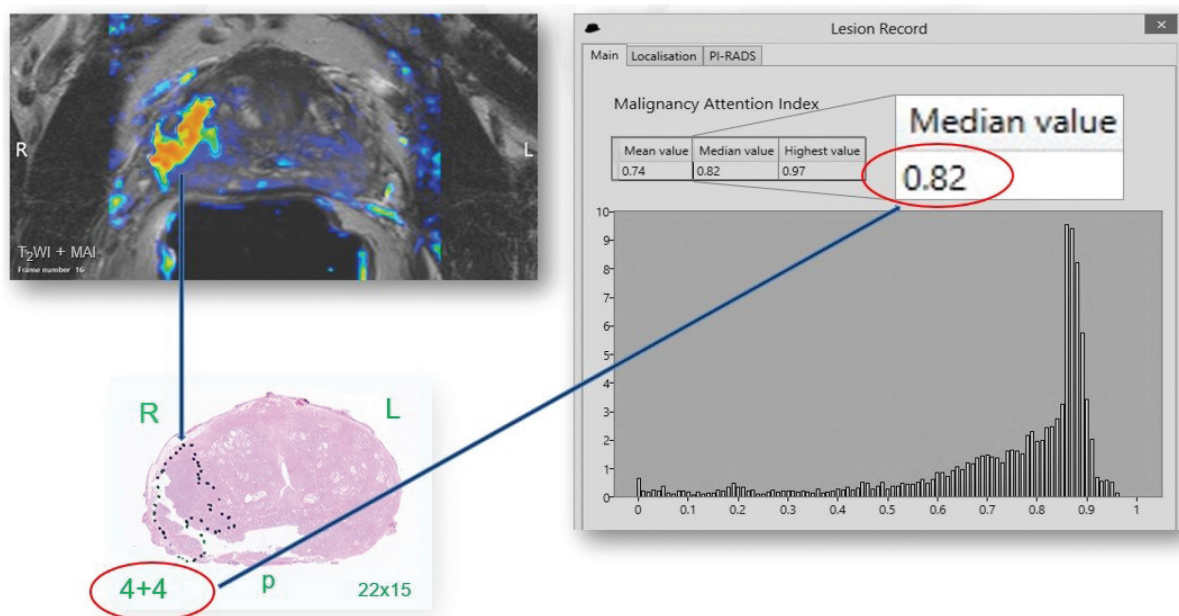
181 páciensnél nem történt előzőleg biopszia. Korábbi pozitív biopsziás eredménnyel 6 páciens érkezett. Ezen esetek között onkogenetikai vizsgálatához kellett

újabb, reprezentatív szövetet nyerni, illetve aktív követési stratégia részeként, előzőleg két alkalommal volt prosztatatarákot igazoló mintavétel. Végül 1 olyan beteg volt, akinél előzőleg két, transrectalis ultrahangvizsgálat által vezérelt biopszia történt: az első eredménye a magas PSA-érték ellenére minimálisan pozitív lett, az ismétlő-minta pedig az MR-eltérés ellenére negatív. 39 betegnél volt már egy, két vagy három megelőző, negatív eredményű transrectalis ultrahangvizsgálattal vezérelt biopszia az anamnézisben.

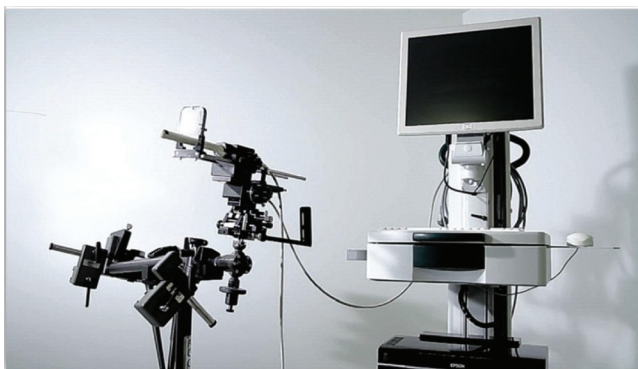
A 3 tesla erősségű MR-készülék által nyert adatokat radiológusaink a nemzetközi urogenitalis képalkotó társaságok által deklarált, ún. Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS, v. 2.1) nyomán értékelték ki [3].

A fent említett MR-elemzéssel egy időben a Watson Elementary® mesterségesintelligencia-alapú MR képelemző program 3.0-ás verzióját használtuk. A program betanítását, illetve az azt követő folyamatos fejlesztést külföldi urológiai, patológiai és számítástechnikai központokban közösen végzik; saját adataikat használják, amelyek az előzőleg elvégzett vizsgálati eredményekből állnak össze. A prosztatatarák gyanús laesiókból vett minták szövettani eredményéből és az igazolt prosztatatarák arányát használva módosítják az algoritmusokat, a matematikai parancsokat a mesterséges intelligencia tudásának tökéletesítéséhez.

A mesterségesintelligencia-program egyik algoritmusai egy, a rosszindulatú daganathoz kapcsolódó, ún. voxel-korreláción alapszik, amely közvetlenül azonosítja az elváltozás szerkezeti heterogenitását, és 3D színtérképként mutatja meg. Így előrejelzést nyújt a rosszindulatú daganat mértékéről, amely közvetlenül korrelál a Gleason-



1. ábra | Mesterségesintelligencia-program által számolt MAI-mediánérték és az adott laesio szövettana (ISUP gg 5-ös esetén)
ISUP = Nemzetközi Urológiai Patológiai Társaság; MAI = malignancy attention index



2. ábra | A BiopSee® biopsziaállomás

pontszámmal, végső soron tehát az ISUP-besorolással (MAI-érték). Ez az egyik támpont a biopszia indikálásához. Az adatok validálását követően a mesterségesintelligencia-program bejelöli az adott gyanús területet az MR-szekvenciákon, ezzel segíti a radiológus munkáját, illetve csökkenti az emberi faktor okozta hibázási lehetőséget (1. ábra).

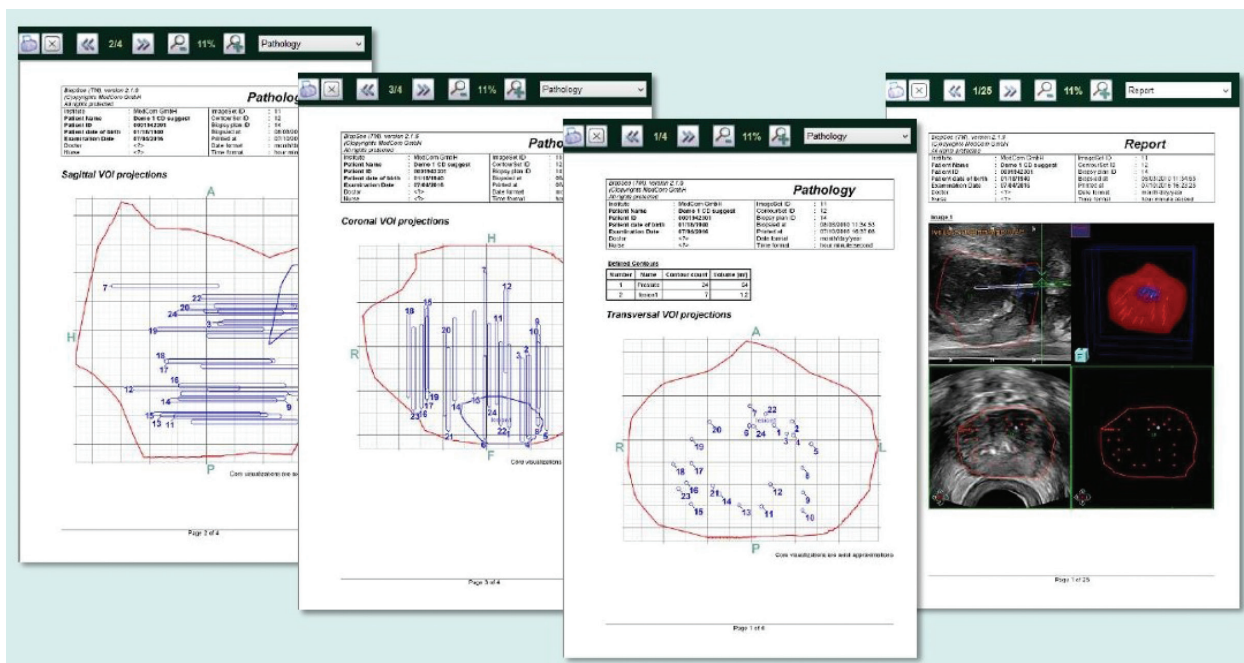
A Watson Elementary® szoftver-végfelhasználók adatait – így a mi számítástechnikai információinkat is – időszakosan ellenőrzik és frissítik. A Watson Elementary® mesterségesintelligencia-alapú képelemzéssel nyert eredményeket minden esetben radiológus validálja.

A korábban mesterségesintelligencia-program (Watson Elementary®) által jelölt és radiológus révén is validált területet, DICOM-formátumban hordozva, a BiopSee® biopsziaállomáson használtuk fel. Itt a tűpozíció-tervezés, virtuális 3D modellezés során a hordozott és jelzett

területadatokat (például a prosztata kontúrja, a laesio területe külön jelölve) meg kellett erősítenie az urológus operatőrnek is a biopsziatorony saját szoftverének segítségével. A laesiókon kívüli, áttekintő vagy szaturációs típozíciók pozicionálását is vizuális visszajelzés, a százalékos lefedettséget jelezve segítette az alkalmazott fúziós biopszia program (2. ábra).

A beteget hátán fekvő, kőmetsző helyzetben fektettük a műtőasztalra. A biopsziát minden esetben altatásban, gáton keresztül, a műtési terület dezinficiálását követően végeztük el. A lokális rezisztenciaviszonyokat és a nemzetközi ajánlásokat, illetve az esetleges antibiotikum-túlérzékenységet figyelembe véve, perioperatív antibiotikumvédelmet biztosítottunk. Standard perioperatív III. generációs cefalosporint vagy augmentint indítottunk a beavatkozás napján. A biopsziás tű pozicionálásához és a mintavételezéshez az élő ultrahangosíkokkal aktívan fuzionáltuk a virtuális, jelölt modellünket. A reprodukálhatóság érdekében, illetve a kézmozgás adta pontatlanság elkerülésére koordinátaalapú, ún. template-rendszert és fokozatmentesen hangolható célzóállványt használtunk.

A képekalkotás és a prosztata-mintavételezés világszerte heterogén (1,5–3 tesla MR, transrectalis vagy transperinealis, kognitív fúziós vagy szoftveres fúziós biopsziák), a nemzetközi urológiai társaságok szorgalmazzák a protokollok egységesítését. Igyekeznek finomítani a mintavételi ajánlásokat, törekedve a mintavételi megterhelés csökkentésére. A tudomány jelenlegi ismeretei azonban általánosan nem teszik lehetővé a kizárólagosan laesióból történő mintavételt [4]. A laesiókból altatásban a gáton keresztül a szakmai irányelveknek megfelelően minimum 4–6 mintát vettünk, de a prosztata méretétől függően



3. ábra | A biopsziaállomás programja által készített összefoglaló képe

gg = szövettani fokozati csoport; PI-RADS = prosztataképkalkotás-jelentési és -adatrendszer

voltak esetek, amikor további mintákat is vettünk. A szövettani minták tárolására területenként kazettákat alkalmaztunk, amelyekben szivacsok közt, óvatosan, hosszban kifektetve gyűjtöttük az egyes biopátumokat. Ez a szeparált, beazonosítható mintavételezés mellett a formalin általi összeugrást akadályozta meg, így a pontosabb szövettani elemzést, a későbbi interpretálhatóságot segítette. A BiopSec® biopsziaállomás programja rögzítette a mintavételezés pozícióját, illetve fotódokumentálta azt, és ezekből az adatokból 3D összefoglalót készített a patológus és igény esetén a kezelőorvos számára (3. ábra).

Statisztikai számítások

Adataink elemzéséhez az SPSS 22.0 statisztikai szoftvert (IBM Corp., Armonk, NY, USA) használtuk. A kategóriás változók esetében keresztábrás elemzést végeztünk páronkénti összehasonlításban. Khi-négyzet-statisztikát és az összefüggés erősségének vizsgálatára a Cramér-féle 'V' együttható számítását alkalmaztuk. Az egyes vizsgálati eredmények és a betegadatok közötti összefüggések vizsgálatára Spearman-féle rangkorrelációt alkalmaztunk. Az eloszlások normalitását Kolmogorov-Szmirnov- és Shapiro-Wilk-tesztel ellenőriztük. Az eredményeket $p < 0,05$ esetében tekintettük szignifikánsnak. A PSA-értékek között 7 extrém érték volt, míg a prosztataméretek között extrém értékek 31 esetben voltak megfigyelhetők. Emiatt a PSAD-értékeknél is voltak extrém értékek. A fent részletezettek miatt ezek a valószínűségi változók nem tekinthetők normál eloszlásúaknak.

Eredmények

Az urologia és a mesterséges intelligencia alkalmazása kapcsán az ún. tanulási szakaszra vonatkozóan elmondhatjuk, hogy 46 páciens után már 80% feletti találati arányt mérhettünk. Ez nemzetközi viszonylatban is gyakorlott szintre minősítette radiológusainkat [5, 6]. A betegek átlagéletkora a mintavételkor $66,7 \pm 7,8$ év, az átlagos PSA-érték $14,3$ ng/ml volt. Az állandósult műtői csapatdinamika beálltával ($n = 62$ páciens) a műtőben, biopsziával töltött átlagos idő $26,2$ perc volt. Fertőzéses szövődmény protokollunk alatt nem alakult ki ($n = 0$). Haematuriát vagy haematospermiát 86 esetben regisztráltunk, mely kezelést nem igényelt. Obstruktív panaszok vagy erős vérvezelés kapcsán katétert $n = 7$

2. táblázat | A prosztata-mérettartomány és a szövettan viszonya

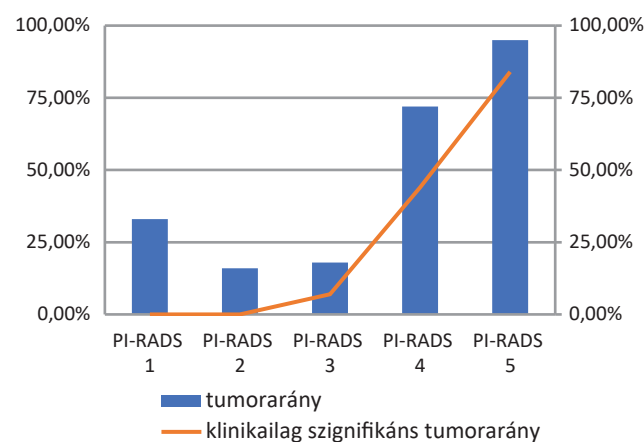
	A prosztata mérete (ml)		
Szövettan	0–49 ml	50–99 ml	100 ml feletti
Prostatarák	$n = 83$	$n = 45$	$n = 8$
Nem prostatarák	$n = 16$	$n = 49$	$n = 23$

$n = a$ betegek száma

(3,1%) páciensnél helyeztünk fel, és 5-öt (71%) 24 órán belül eltávolítottunk. Suprapubicus katétert 1 páciens kapott.

Pozitív lett $n = 136$ páciens szövettana, és (60%-ban) prostatarák igazolódott (2. táblázat). Az összes, igazolt tumoros beteg közül ún. „klinikailag szignifikáns” daganat 62%-ban adódott. A klinikai szignifikancia urológiai terminus technicus, a patológiai ISUP ≥ 2 -es stádiumokat jelöli. Ez a napi gyakorlatban azt jelenti, hogy a diagnózist követően kezelést igényel a malignus prosztataelváltozás. A „klinikailag nem szignifikáns” eseteket aktív követéssel gondozzák tovább [7].

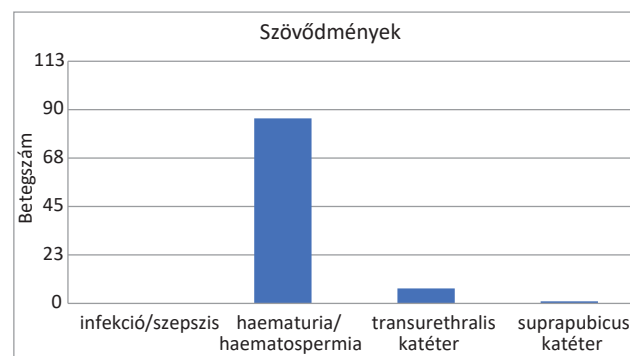
Megvizsgálva az összes igazolt prostatarákos beteg adatait, a legkisebb PSAD $0,06$ ng/ml² volt, míg a legnagyobb $11,8$ ng/ml². A klinikailag szignifikáns rákok találati arányának tekintetében a PSAD azonban nem mutatott korrelációt egyik PI-RADS-csoporttal sem. A tumorfelismerési ráta PI-RADS 3-as besorolás esetén 18%, PI-RADS 4-es kapcsán 72%, illetve PI-RADS 5-ös mellett 95,5%-volt. A klinikailag szignifikáns prostatarákok megoszlása ezeknek megfelelően 7%, 44%, illetve 84% volt (4. ábra).



4. ábra

Az ISUP 'grade group'-ok megoszlása a PI-RADS alapján. Az uroonkológiai gyakorlatban „klinikailag szignifikánsnak” nevezik a tumort, és feltétlenül kezelni szükséges, ha ISUP ≥ 2 -es

ISUP = Nemzetközi Urológiai Patológiai Társaság; PI-RADS = prosztataképzéskészítési és -adatrendszer



5. ábra

A biopsziát követően kialakult szövődmények betegeinknél

Az uroonkológiai gyakorlatban „klinikailag szignifikánsnak” nevezik a tumort, és feltétlenül kezelni szükséges, ha ISUP gg ≥ 2 -es. A PI-RADS 1–2-es laesiókban azonosított daganatok minden esetben (100%) klinikailag inszignifikánsak voltak, és a PI-RADS 3-as laesiók közt is csupán 7% volt a klinikailag jelentős prosztatatarák aránya.

Mindezek kapcsán 48 esetben radikális prostatectomia történt. Úgynevezett aktív követési stratégiai (active surveillance) terápiás vonalon 20 beteget jelenleg is kontrollálunk.

A biopsziával kapcsolatos szövődményeket az 5. ábra foglalja össze.

Megbeszélés

A prosztatabiopsziák kapcsán két felmerülő probléma – találati arány és fertőzési kockázat – a medicinát folyamatosan fejlődésre ösztönzi [8]. A magyarországi statisztikát tekintve évente 4000 embernél ismernek fel prosztatatarákot. Sajnos a COVID-19-pandémia kapcsán vélhetően még nem igazolt daganatos elváltozások napvilágra kerülése komoly teherként lebeg az egészségügyi és gazdasági rendszer felett [9]. A mindennapos uroonkológiai döntéshozatal során a klinikailag szignifikáns prosztatatarák definíciója nagy jelentőséggel bír. A prosztatabiopszia szövettana alapján klinikailag szignifikáns prosztatataráknak minősül az ISUP gg ≥ 2 -es besorolású elváltozás. Az ettől magasabb klasszifikációjú prosztatatarák feltétlenül kuratív terápiás választást (például irradiáció, műtét) igényel, míg enyhébb változata követhető akár az ún. aktív követési protokoll szerint. A prosztatatarák-diagnosztika alappilléreinek tekinthető a PI-RADS uro-radiológiai klasszifikációs rendszert alkalmazó mpMR-képalkotás. Ennek során 1-től 5-ig terjedő skálán besorolják a gyanús szöveti területeket, ún. laesiókat, ahol az 1-es azt jelenti, hogy nagyon valószínűtlen a klinikailag szignifikáns daganat előfordulása, az 5-ös szintre sorolt elváltozás esetén nagyon valószínű a klinikailag szignifikáns daganat jelenléte. Ez gyakorlott és magasan képzett radiológusi szemel igényel. Amennyiben ún. fúziós biopsziát tervezünk, tehát az MR-képi anyagot mintavételezési térképként szeretnénk használni, javasolt e téren nagy volumenű központok radiológiai anyagát alapul venni [10, 11].

Magyarországon is egyre bővülő számú intézetben alkalmaznak fúziós biopsziát, melynek két típusa létezik. Az egyik az ún. kognitív fúziós biopszia (emberi [urologus és radiológus] leletezés alapján megtervezett biopszia). Másik változata a szoftverrel támogatott fúziós biopszia (valamilyen program illeszti össze és jeleníti meg a szükséges információkat). A digitálisan támogatott fúziós biopszia hazai úttörő munkálatai 2017-ben kezdődtek meg [4, 12].

Az emberi hibalehetőségek minimalizálásához a mesterséges intelligencia nyújthat támogatást (ilyen lehet például a kontrasztanyag-dúsulás sebességét milliszekun-

dumnyi különbséggel felfogni vagy a radiológiai leletet urológusként 100%-ban célzottan interpretálni, a túpozíciót mindhárom síkban tökéletesen megjegyezni). Jelenleg nagy hangsúly helyeződik a technológia tanítására, hogy az algoritmus még pontosabban értse, azonosítsa a szükséges adatokat, a jelen esetben a fent említett faktorokat.

Felmerülhet a kérdés, hogy átveheti-e a mesterséges intelligencia mondjuk a képzett radiológus képelemző munkakörét. Esetleg felválthatja-e a mintavétel szükségességét, pusztán adatelemzéssel? Egyelőre úgy tűnik, hogy a mesterséges intelligencia semmilyen téren nem fenyegeti, csupán fokozatosan javuló mértékben támogatja az emberi munkaerőt [13].

Eredményeink nyomán, érdekességgéppen említjük meg a PI-RADS 1–2-es laesiókban azonosított daganatokat, amelyek sohasem minősültek klinikailag jelentős prosztatataráknak. A biopszia végén a biopsziás program 3D összefoglalót készít az urológusnak. Az alacsony agresszivitási fokú prosztatatarákok ($\leq$ ISUP gg 2-es) az általunk prezentált transzparens összefoglaló és MR-képalkotás segítségével bátran javasolhatók – a prosztatatarák diagnózisa ellenére – az ún. aktív követési vonalra. Ezzel a páciens túlkezelését csökkenthetjük [14].

Bár a mintavételezés történhet érzéstelenítésmentesen, illetve lokális anesztéziában, intézetünkben kizárólag altatásban végeztük. Ez humánusabb jellegén túl a biopsziás tű megbízható, precíz pozicionálását, a koordináták milliméternyi pontos rögzítését teszi lehetővé, egyben költségs- és szakemberigényes változat.

A prosztatamirigy extrém mérete vagy az esetleges laesio rectumon keresztül nehezen elérhető ventralis-anterior pozíciója kapcsán a gáton keresztüli mintavétel kínálkozik optimális útvonalnak. Ez a szakmai irányelvek egyre nagyobb hangsúlyt kapó behatolási javaslata is, hiszen a növekvő baktériumrezisztencia a sterilitás felsőfokát kívánja meg. Ez a prostata anatómiai helyzetéből adódóan a gáton keresztül tud megvalósulni [15].

A végbélben át vett minták 2–10%-a fertőzés, súlyos szepszis kialakulásának veszélyét hordozza magában, pusztán a behatolási (transrectalis) út kapcsán. Világszerte évi több ezer ember bele is hal a fertőzőes szövődményekbe [16]. Veszélyes és szerzett komplementdefektusokban kiemelt jelentőségű a súlyos, potenciálisan életet veszélyeztető fertőzések megelőzése [17]. A szepszis életet veszélyeztető, komplex klinikai állapot, melynek kezelése nemcsak jelentős klinikai kihívást jelent, hanem számottevő költségráfordítással is számolni kell a betegellátás során [18].

Intézetünkben a mintavételezést minden esetben transperinealisan végezzük. A bőrfelületet oktenidin-dihidroklorid lokális antiszeptikummal (1,0 g/100 g oldattal) kezeljük. A felületi antiszeptikumokkal szemben kisebb eséllyel alakul ki rezisztencia, és a lokálisan használt egységkészítményekhez hasonlóan nagyobb koncentrációban lehet alkalmazni [19].

Protokollunk kötelező része az egy éjszakai obszerváció, valamint szigorúan hangsúlyozott ajánlasi pontja tiltja az 1 héten belüli fizikai megterhelést, igénybevételt, lokális terhelést, hőhatást (ülőfürdő, szauna), illetve sportaktivitást. Egy páciens a beavatkozás napján saját felelősségére hazabiciklizett és sportolt, egy másik szintén hazasietett kertészkedni és méhészeti munkálatait elvégezni. Az előbbi intenzív ellátásra, az utóbbi pár napos antibiotikus támogatásra szorult láz és fokozódó LUTS (lower urinary tract symptoms – alsó húgyúti tünetek) kapcsán. Ezt a két, a protokollunktól eltérő esetet értelemszerűen nem számítjuk a programunkhoz, ám tanulságos példaként megemlíjük az összes többi páciensünk mellett.

A speciális, mesterségesintelligencia-alapú technológia, valamint kiváló infekciós eredményeink révén mintavételezési programunk egyre növekvő páciensi és kollegiális bizalmat kapott. Beteganyagunk gyorsan heterogénné vált, magas PSA-értékekkel, illetve extrém prosztatamérettel rendelkező páciensek is megjelentek.

A szövettani minták tárolására területenként kazettákat alkalmaztunk, amelyekben szivacsok közt, óvatosan, hosszban kifestve, védve gyűjtöttük az egyes biopátumokat. Mindez esszenciális, idő- és figyelemigényes mozzanata a csapatmunkának. A szoftver három dimenzióban rögzítette a mintavételezés pozícióját, illetve fotódokumentálta azt, s ebből három síkban készült összefoglalót alkotott a patológus és igény esetén a kezelőorvos számára. Így az esetleges műtét során idegkíméléshez vagy irradiációtervezéshez, akár aktív követés számára transzparens, biztos tájékozódást kínál.

Megjegyzendő, hogy a jelenlegi nemzetközi urológiai szemlélet sem egységes, így a tudományos adatok szövettanra épülő eredményeinek közlése, egységes megértése nehézségbe ütközhet [20].

Bár rengeteg speciális eszközhasználati, betegpozicionálási, aneszteziológiai és műszerelési aspektusa van az általunk alkalmazott fúziós biopszia kivitelezésének, az összekovácsolódott csapat esetén a műtőidő nem sokkal hosszabb egy átlagos biopszia időtartamánál. A virtuális modellezés mozzanatait a tanítást követően a legfrissebb mesterségesintelligencia-programverzió (v. 4.0) fogja átvenni, várhatóan 10–20%-kal hatékonyabb működést lehetővé téve.

Következtetés

A mesterséges intelligencia által támogatott elemzés és a digitálismodell-alapú, transperinealis fúziós biopszia a költségessége ellenére nagy betegbiztonságot és precíz, transzparens diagnosztikai segítséget nyújt prosztatarák gyanúja esetén. Az intézetünk protokollja alapján végzett transperinealis mintavétel a fertőzés kockázatát a nemzetközi átlag alattira, gyakorlatilag a nulla szintjére minimalizálta. A mesterségesintelligencia-technológia fejlődésétől még rövidebb beavatkozási időt remélünk. Az mpMR-képpalkotás technológiájának, valamint a min-

tavételezési protokolloknak az egységesítése, illetve a patológiai nemzetközi konszenzus segítheti a diagnosztikus és az arra épülő terápia döntéshozatalt.

Anyagi támogatás: A szerzők a közlemény megírása kapcsán és a kutatómunka elvégzéséhez semmilyen anyagi támogatásban nem részesültek.

Szerzői munkamegosztás: P. S.: A transperinealis fúziós biopszia kivitelezése, a beteganyag követése, irodalomkutatás, cikkírás. T.-K. R.: Radiológiai képpalkotás, mesterségesintelligencia-analitika. K. Á.: Adatrögzítés, statisztikai munkák, irodalomkutatás. B. Z.: Tudományos konzulens, irodalomkutatás, cikkírás. A közlemény végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton fejezzük ki köszönetünket azon páciensek és kollégák felé, akik bizalmukkal eddig is megtiszteltek. Továbbá köszönjük minden munkatársunknak (radiológiai és aneszteziológiai csapat, teljes műtős, ápoló- és osztályos személyzet, koordinátorok, asszisztencia, intézetvezetés) értékes együttműködését.

Irodalom

- [1] Gravestock P, Somani BK, Tokas T, et al. A review of modern imaging landscape for prostate cancer: a comprehensive clinical guide. *J Clin Med*. 2023; 12: 1186.
- [2] Bjurlin MA, Taneja SS. Standards for prostate biopsy. *Curr Opin Urol*. 2014; 24: 155–161.
- [3] American College of Radiology. Prostate Imaging Reporting & Data System (PI-RADS®). Available from: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Clinical-Tools-and-Reference/Reporting-and-Data-Systems/PI-RADS> [accessed: 22 January, 2025].
- [4] Hüttl A. Diagnosis of prostate cancer – fusion biopsy. [A prosztatarák diagnosztikája – fúziós biopszia.] *Magy Urol*. 2023; 35: 66–68. [Hungarian]
- [5] Gaziev G, Wadhwa K, Barrett T, et al. Defining the learning curve for multiparametric magnetic resonance imaging (MRI) of the prostate using MRI-transrectal ultrasonography (TRUS) fusion-guided transperineal prostate biopsies as a validation tool. *BJU Int*. 2016; 117: 80–86.
- [6] Shin T, Smyth TB, Ukimura O, et al. Diagnostic accuracy of a five-point Likert scoring system for magnetic resonance imaging (MRI) evaluated according to results of MRI/ultrasonography image-fusion targeted biopsy of the prostate. *BJU Int*. 2018; 121: 77–83.
- [7] Matoso A, Epstein J. Defining clinically significant prostate cancer on the basis of pathological finding. *Histopathology* 2019; 74: 135–145.
- [8] Ráfi T, Volford G, Zóber T, et al. MRI-ultrasound fusion-guided prostate biopsy at Péterfy Hospital. [MR-fúziós ultrahangvezérelt prosztatabiopszia a Péterfy Kórházban.] *Magy Urol*. 2021; 33: 97–103. [Hungarian]
- [9] Gáti Zs, Tenke P. How long and by whom it should be postponed to perform a prostate biopsy during COVID-19 pandemic? – A comparison of prostate cancer diagnostic procedures between 2019 and 2020 in the Jahn Ferenc South-Pest Hospital. [Meddig és kinél szabad halasztani a prosztatabiopsziát a

- COVID–19-pandémia alatt? A Jahn Ferenc Dél-pesti Kórházban végzett prosztaták-diagnosztikai beavatkozások összehasonlítása 2019-ben és 2020-ban.] *Magy Urol.* 2022; 34: 76–78. [Hungarian]
- [10] Jonson DC, Raman SS, Mirak SA, et al. Detection of individual prostate cancer foci via multiparametric magnetic resonance imaging. *Eur Urol.* 2019; 75: 712–720.
- [11] Kalina I. Diagnosis of the prostate cancer. [A prosztaták diagnosztikája.] *Magy Urol.* 2023; 35: 57–60. [Hungarian]
- [12] Hüttl AB, Korda ÁD, Lénárd MZs, et al. Our initial experiences with mpMRI-ultrasound fusion-guided prostate biopsy. [Kezdeti tapasztalataink az mpMR fúziós ultrahangvezérelt prosztatabiopsziával.] *Orv Hetil.* 2020; 161: 2188–2194. [Hungarian]
- [13] McKinney SM, Sienjek M, Godbole V, et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature* 2020; 577: 89–94.
- [14] Buzogány I, Dombóvári P, Ráfi T, et al. Active monitoring of prostate cancer with multiparametric magnetic resonance imaging: present and future perspectives. [A prosztaták aktív megfigyelése multiparametrikus mágnesesrezonancia képalkotással: a jelen és a jövő perspektívája.] *Magy Urol.* 2021; 33: 154–162. [Hungarian]
- [15] Roethke M, Kuru T, Mueller-Wolf MB, et al. Evaluation of an automated analysis tool for prostate cancer prediction using multiparametric magnetic resonance imaging. *PLoS ONE* 2016; 11: e0159803.
- [16] Nam KR, Saskin R, Lee Y, et al. Increasing hospital admission rates for urological complications after transrectal ultrasound guided prostate biopsy. *J Urol.* 2013; 189(Suppl): S12–S18.
- [17] Karázi É, Onozó B, Kulcsár A, et al. Reducing the risk of infections in hereditary and acquired complement deficiencies. [Infekciók kockázatának csökkentése veleszületett és szerzett komplementdefektusokban.] *Orv Hetil.* 2023; 164: 971–980. [Hungarian]
- [18] Holub L, Szabó BG, Závorszky L, et al. Pharmacokinetic and pharmacodynamic considerations of antibiotic therapy among critically ill adult patients with sepsis. [Kritikus állapotú, szeptikus felnőtt betegek antibiotikumkezelésnek farmakokinetikai és farmakodinamikai megfontolásai.] *Orv Hetil.* 2024; 165: 403–415. [Hungarian]
- [19] Maihoub S, Krasznai M, Molnár A, et al. A comparison of locally acting antiseptics, increasingly recommended as an alternative to antibiotics. [Az antibiotikumok alternatívájaként egyre gyakrabban ajánlott, helyileg alkalmazható antiszeptikumok összehasonlítása.] *Orv Hetil.* 2024; 165: 1621–1627. [Hungarian]
- [20] Székely E, Borka K. Pathology of prostate cancer. [A prosztaták patológiája.] *Magy Urol.* 2023; 35: 69–74. [Hungarian]

(Póth Sándor dr.,
Budapest, Királyhágó u. 3., 1126
e-mail: sandor.poth@bhc.hu)

„Non vi, sed arte.”
(Nem erő, hanem művészet.)