

# A mesterséges intelligencia lehetőségei az intervenciós radiológiában


Dr Bérczi Viktor  
egyetemi tanár, az MTA doktora  
tanszékvezető helyettes

Orvosi Képző Klinika  
Radiológiai Tanszék



SEMMELWEIS  
EGYETEM 1769

## CIRSE Position Paper on Artificial Intelligence in Interventional Radiology

Arash Najafi<sup>1</sup>  · Roberto Luigi Cazzato<sup>2</sup> · Bernhard C. Meyer<sup>3</sup> · Philippe L. Pereira<sup>4,5,6</sup> · Angel Alberich<sup>7</sup> · Antonio López<sup>8</sup> · Maxime Ronot<sup>9,10</sup> · Jan Fritz<sup>11</sup> · Monique Maas<sup>12</sup> · Sean Benson<sup>12</sup> · Patrick Haage<sup>13</sup> · Fernando Gomez Munoz<sup>12,14</sup>

Received: 16 July 2023 / Accepted: 21 July 2023 / Published online: 5 September 2023

© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature and the Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe (CIRSE) 2023

**Abstract** Artificial intelligence (AI) has made tremendous advances in recent years and will presumably have a major impact in health care. These advancements are expected to affect different aspects of clinical medicine and lead to improvement of delivered care but also optimization of available resources. As a modern specialty that extensively relies on imaging, interventional radiology (IR) is primed to be on the forefront of this development. This is especially relevant since IR is a highly advanced specialty that heavily relies on technology and thus is naturally susceptible to disruption by new technological developments. Disruption always means opportunity and interventionalists must therefore understand AI and be a central part of decision-making when such systems are developed, trained, and implemented. Furthermore, interventional radiologist must not only embrace but lead the change that AI technology will

allow. The CIRSE position paper discusses the status quo as well as current developments and challenges.


**Keywords** Artificial intelligence · AI · Machine learning · ML · Interventional radiology · IR

### Introduction

Artificial intelligence (AI) is an umbrella term in computer sciences for technologies and systems that aim to perform tasks that would typically require human intelligence, such as understanding natural language, recognizing objects in images, and making decisions appropriate to the context. AI has gained popularity in recent years due to advancements in machine and deep learning and data processing

- CIRSE – Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe
- [www.cirse.org](http://www.cirse.org)

## CIRSE Position Paper on Artificial Intelligence in Interventional Radiology

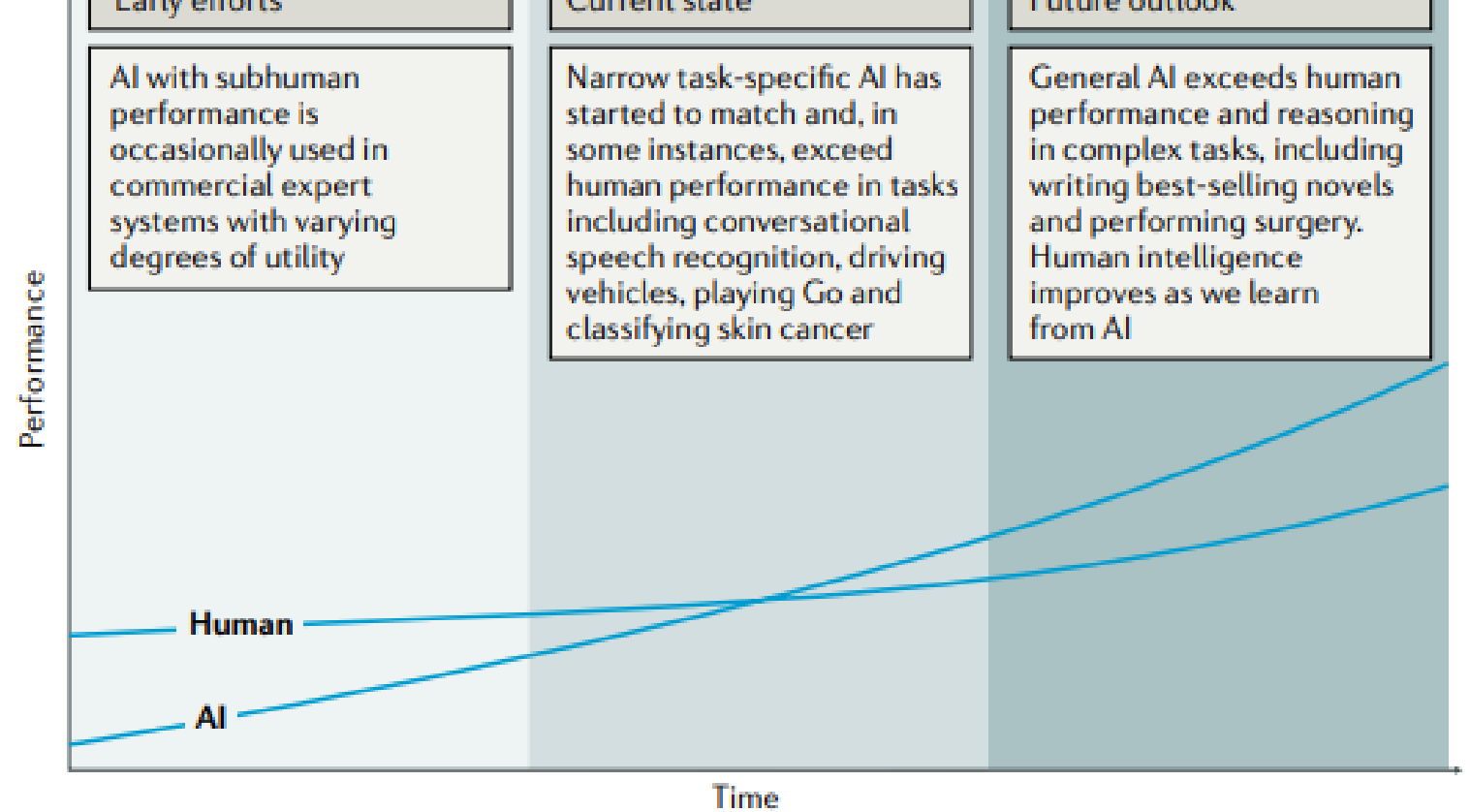
Arash Najafi<sup>1</sup>  · Roberto Luigi Cazzato<sup>2</sup> · Bernhard C. Meyer<sup>3</sup> · Philippe L. Pereira<sup>4,5,6</sup> · Angel Alberich<sup>7</sup> · Antonio López<sup>8</sup> · Maxime Ronot<sup>9,10</sup> · Jan Fritz<sup>11</sup> · Monique Maas<sup>12</sup> · Sean Benson<sup>12</sup> · Patrick Haage<sup>13</sup> · Fernando Gomez Munoz<sup>12,14</sup>

Received: 16 July 2023 / Accepted: 21 July 2023 / Published online: 5 September 2023

© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature and the Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe (CIRSE) 2023

- Artificial intelligence (AI) is an umbrella term in computer sciences for technologies and systems that aim to perform tasks that would typically require human intelligence, such as understanding natural language, recognizing objects in images, and making decisions appropriate to the context
- Due to its image-rich nature and availability of large data sets, diagnostic radiology (DR) is already experiencing rapid growth and development in AI research
- In particular, AI has the potential to significantly assist with image quality, as well as help improve the efficiency and accuracy of reporting.

- Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. Nat Rev Cancer. 2018 Aug;18(8):500-510. doi: 10.1038/s41568-018-0016-5. PMID: 29777175; PMCID: PMC6268174.



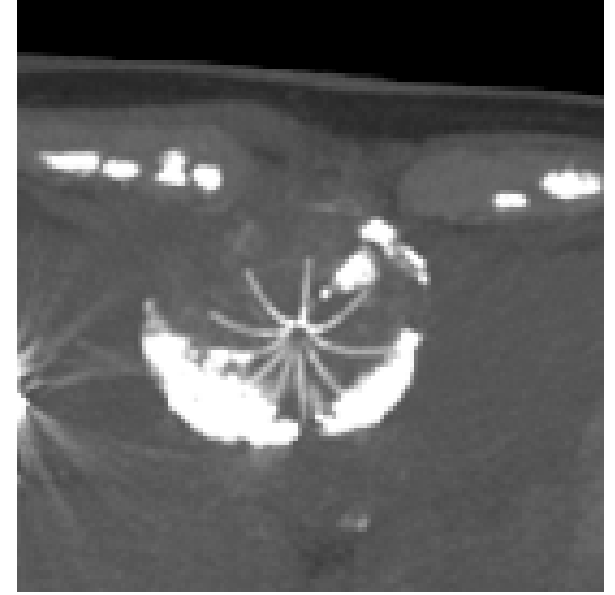
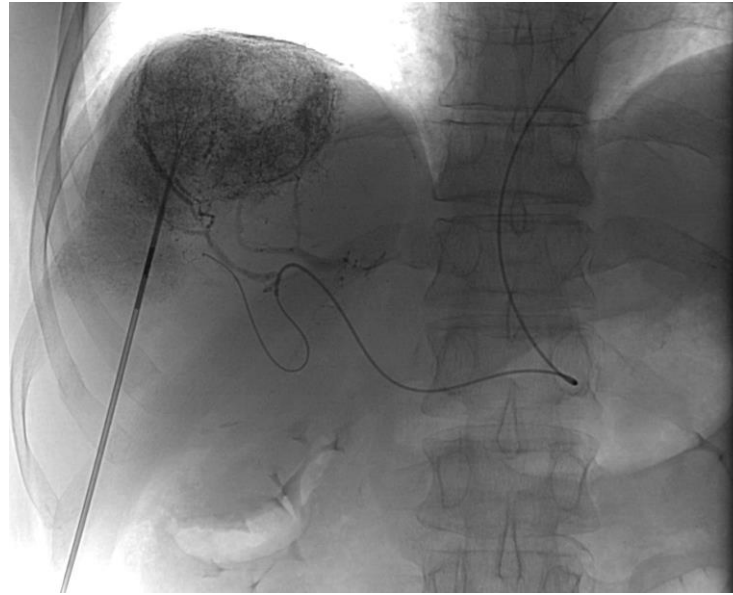
**Fig. 1 | Artificial versus human intelligence.** This plot outlines the performance levels of artificial intelligence (AI) and human intelligence starting from the early computer age and extrapolating into the future. Early AI came with a subhuman performance and varying degrees of success. Currently, we are witnessing narrow task-specific AI applications that are able to match and occasionally surpass human intelligence<sup>4-6,9</sup>. It is expected that general AI will surpass human performance in specific applications within the coming years. Humans will potentially benefit from the human–AI interaction, bringing them to higher levels of intelligence.

# IR – VIR és NVIR

- Interventional Radiology
  - Vascular
  - Non-vascular

# Intervenciós radiológia - definíció

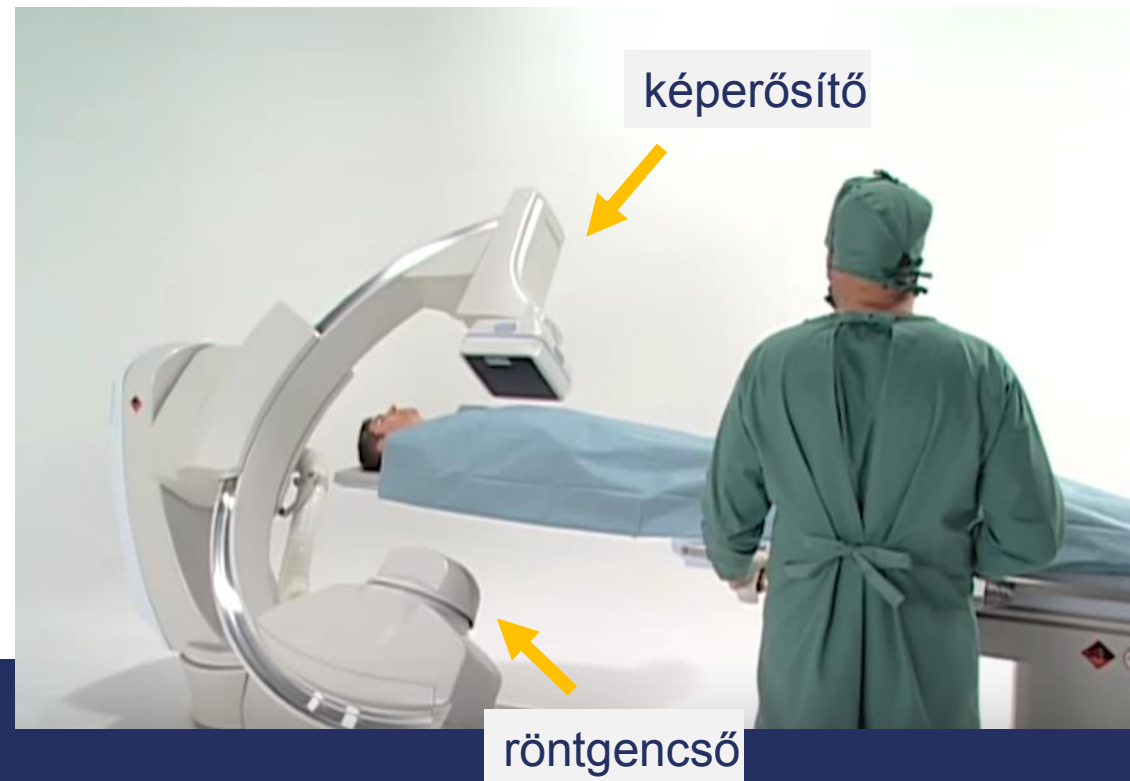
- orvosi szakterület, amely **képalkotás vezérlés** segítségével (röntgenátvilágítás, ultrahang, CT, MR) végez **minimálisan invazív terápiás beavatkozásokat**
- különböző eljárásokat foglal magában, amelyeket **vascularis**, ill. **non-vascularis** csoportokba sorolhatunk
- az eljárások csoportosíthatóak a célzott szerv/szervrendszer szerint is, pl. gastrointestinalis, urológiai, hepatikus, alsó végtagi artériás, neurointervenció



onkológiai terápia: embolizáció (vascularis intervenció) (bal oldali ábra) és radio-frekvenciás abláció (non-vascularis intervenció) (középső és jobb oldali ábra)

# Digitális Szubtrakciós Angiográfia (DSA) eszközei

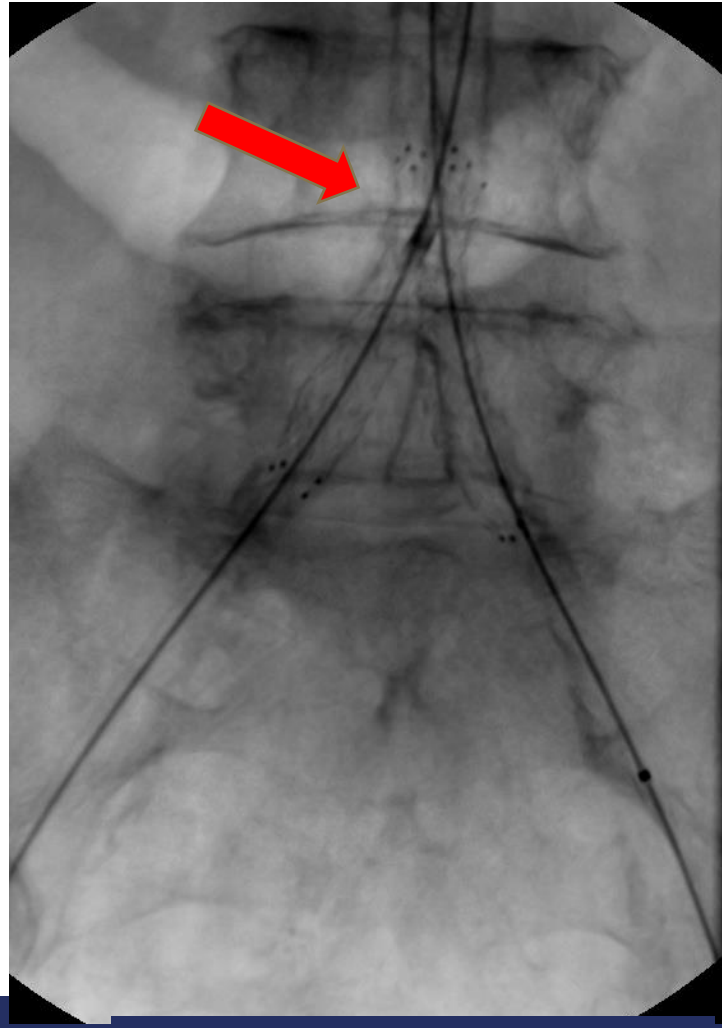
- **röntgensugarakat** felhasználó digitális technika
- **a kontrasztöltés előtti és utáni képek egymásból való kivonása történik**
- katéteren keresztül **jódalapú kontrasztanyagot** juttatunk az artériába (ugyanolyan típusút, mint amelyet a CT vizsgálatok során intravénásan adunk)
- terápiás beavatkozások (pl. szűkült erek tágítása, embolizáció, *lásd később*)



# Kombinált aorto-iliacalis stenosis



*Diagnosztikus*



*Stent*



*Kontroll angiográfia*



# Arteria poplitea stenosis



*PTA előtt (szignifikáns stenosis és dilatált kollaterális)*



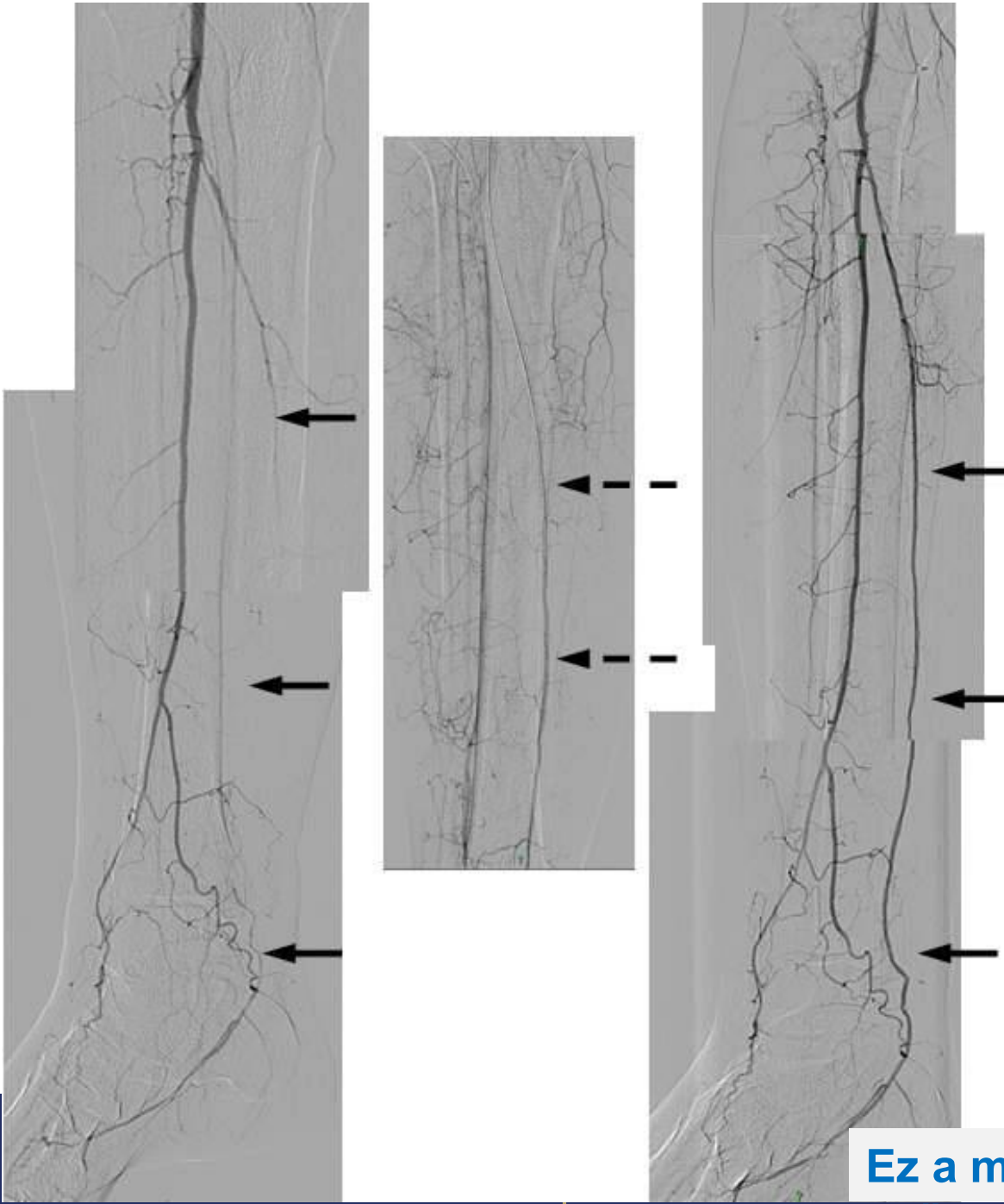
*PTA után*

# Cruralis PTA

**Bal oldali ábra:** Az a. peronea az egyetlen egészséges cruralis artéria. Az a. tibialis posterior egy hosszú szakaszon occludált (nyilak), az a. tibialis anterior végig occludált.

**Középső ábra:** a vezetődrót átjutott az a. tibialis posterior hosszú, occludált szakaszán.

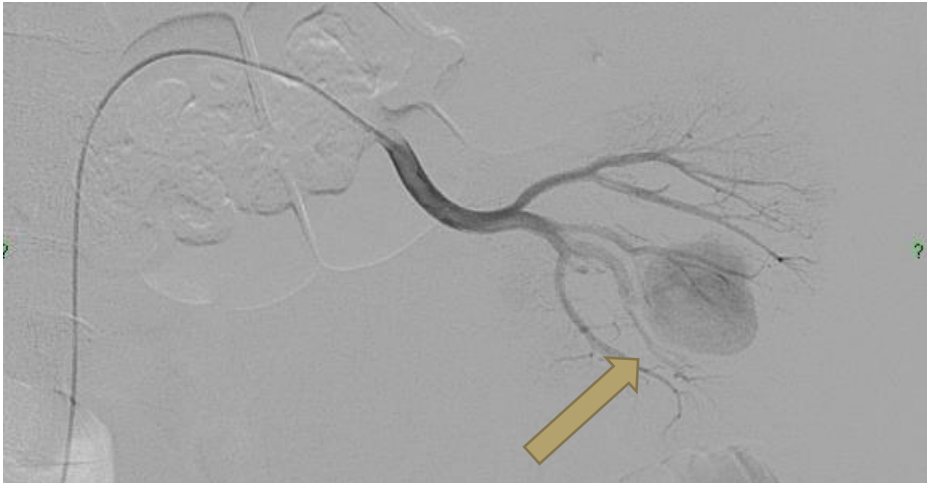
**Jobb oldali ábra:** ballonos tágítást követően az a. tibialis posterior áramlása helyreállt.



**Ez a minimál invazív beavatkozás az amputáció rizikóját**

**csökkenti**

# 1. Eset.: vese tumor resectio utáni coil embolizáció



Embolizáció előtti angiográfia (extravasatio látható)



Embolizáció utáni angiográfia (nincs



Két coil implantációja történt a vérző artériába szuperszelektív módon.  
A minimál invazív beavatkozás kiváltotta a nephrectomiát.

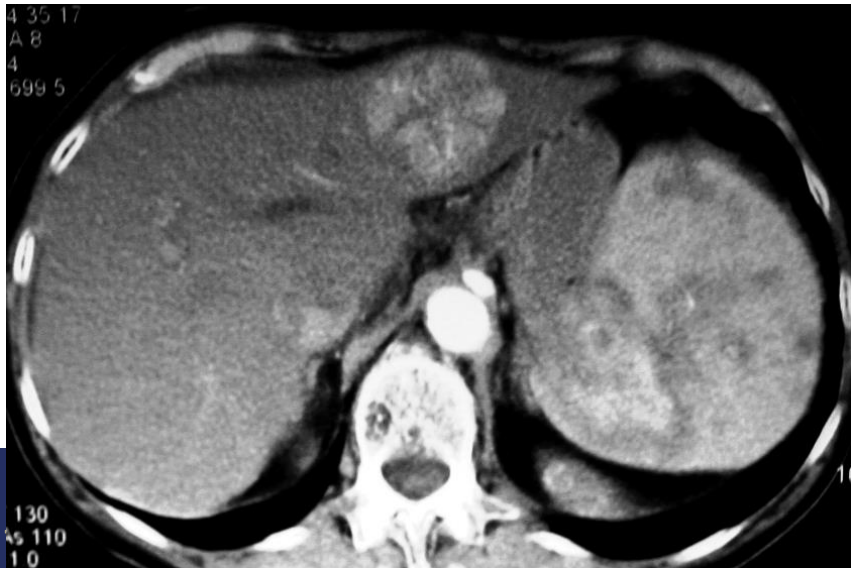
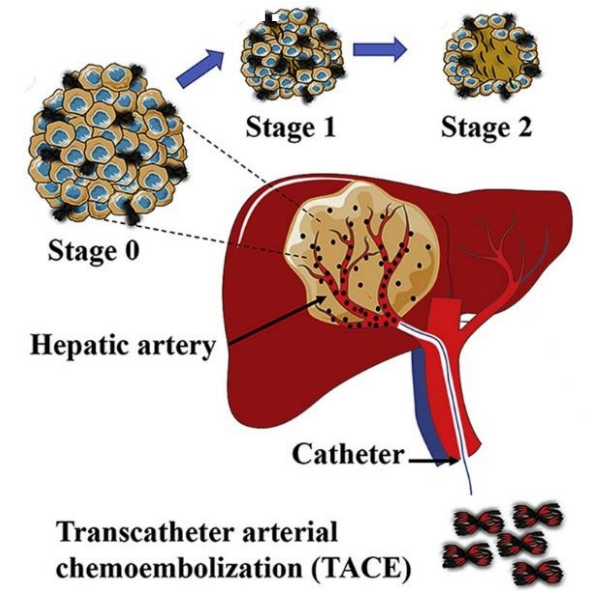
## 2. Eset: Biopsziát követő renalis vérzés coil embolizációja



# Transzarteriális kemoembolizáció (TA

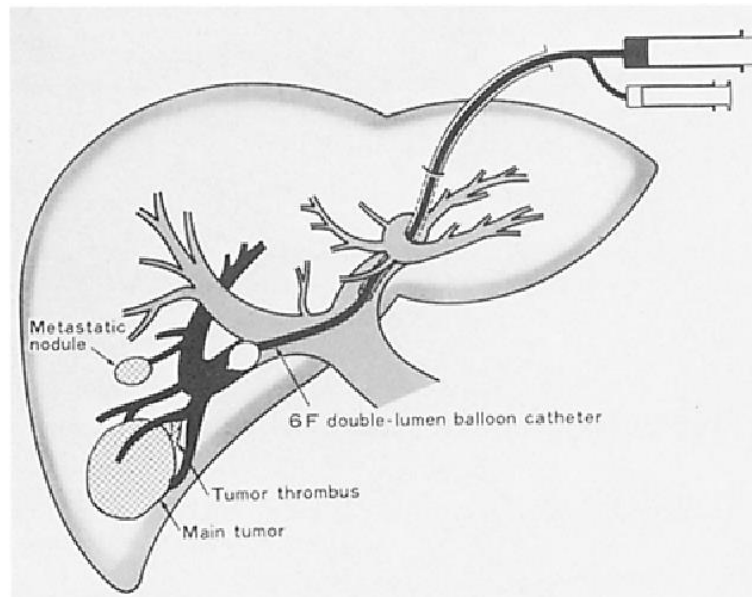
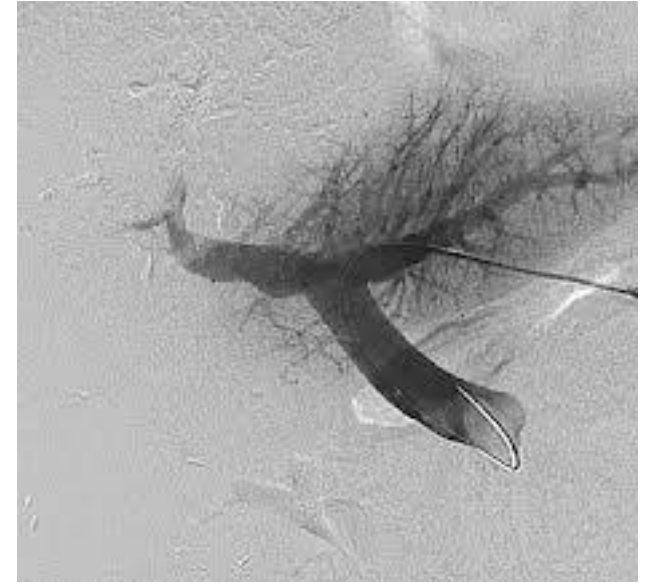
A lokoregionális DAB-TACE szignifikánsan jobb a sztenderd

- az embolizációs partikulumok és velük együtt a kemoterápiás szer artériás katéteren keresztül jutnak el a célterületre.
- a kemoterápiás ágens koncentrációja a tumorban magas, a szisztémás keringésben alacsony, így annak **hatékonysága nő**, míg a **szisztémás mellékhatások kevésbé** jelennek meg
- hipervaszkuláris tumorok kezelésére alkalmas: **hepatocellularis carcinoma (HCC)**, szelektív metastasisok (**leggyakrabban colorectalis carcinoma**), **cholangiocarcinoma**
- **palliatív kezelés** irresecabilis HCC esetén, vagy **áthidaló kezelés** transzplantációig
- a kemoembóliás ágens bejuttatható Lipiodollal keverve, vagy gyógyszerkibocsátó gyöngyök formájában (DEB-TACE)

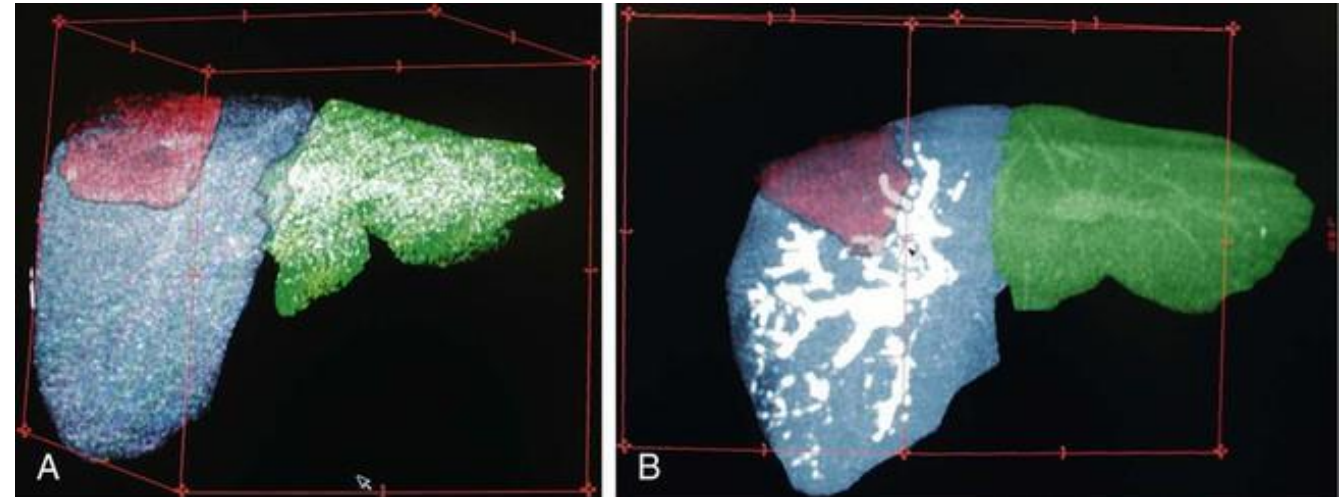


# Vena portae embolizáció

- A jobb májlebery eltávolítása szükségessé válhat (pl. multiplex tumoros folyamat miatt), azonban az aktuális bal lebery mérete nem elég a szervezet ellátáshoz, májelégtelenségben meghalhat a beteg.
- A bal lebery preoperatív hypertrophiáját létre lehet hozni a jobb lebery v. portae ágainak embolizációjával.
- **máj volumetria:** CT / MR vizsgálattal voxel számlálás alapján a pontos térfogatot le lehet mérni (volumetria). A teljes testtömeg min. 1%-a kell, hogy májszövet legyen (80 kg-os embernél cca. 800 ml).



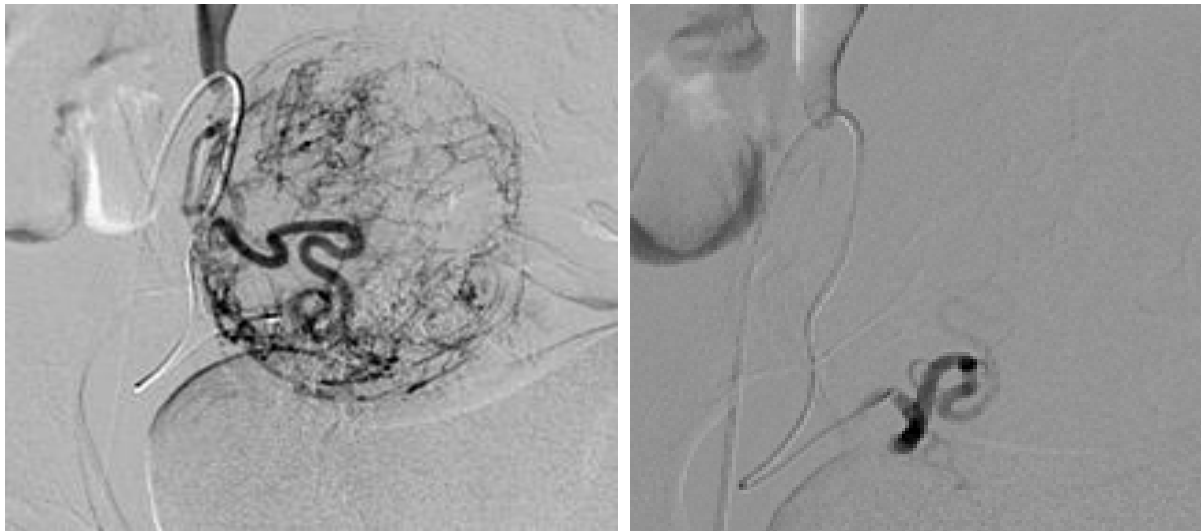
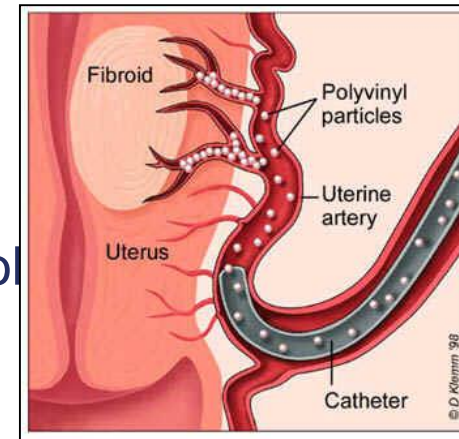
The tumor-bearing branch of the portal vein is blocked with the embolic



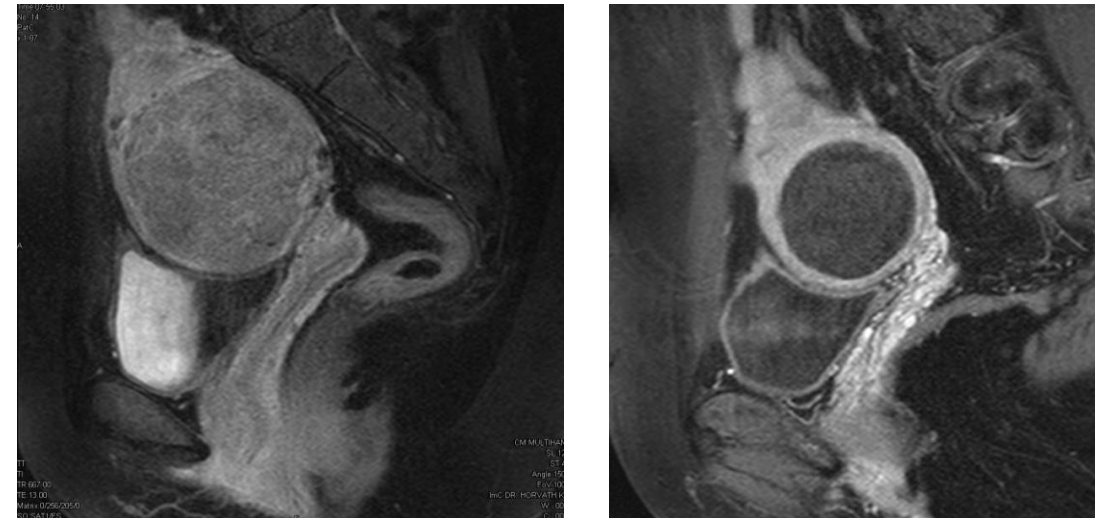
3D CT volumetry of the liver before (A) and 1 month after (B) portal vein embolization. Left lobe (future remnant liver, green), hypertrophied in the month between the two images. Liver to be resected is in blue, while tumor is in red. [www.radiologykey.com](http://www.radiologykey.com), Chapter 69

# A. uterina embolizáció (UAE)

- tüneteket okozó uterinalis myoma vagy adenomyosis esetén
- mindkét oldali a. uterinába polivinil-alkohol (PVA) partikulumot (átmérő: 500-700  $\mu\text{m}$ ) injektálunk, mellyel az artériákban a véráramlás stázis-közeli állapotát hozzuk létre



A beavatkozás előtt (bal) és után (jobb) készült angiogram



A beavatkozás előtt (bal) és 5 hónappal után (jobb) készült sagittális síkú, kontrasztanyagot tartalmazó MR vizsgálat mutatja, hogy az embolitációt követően a myoma keringése megszűnt, a méh keringése megmaradt.

*Az eljárás a hysterectomiát gyakran kiválthatja.*



**SEMMELWEIS**  
EGYETEM 1769





# Embolizáció előtti miómák automatikus szegmentálása neurális hálók segítségével

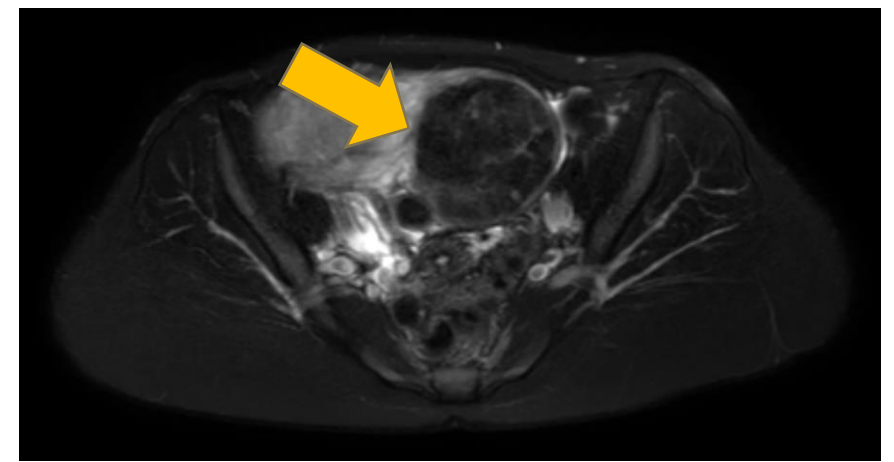
Semmelweis Egyetem Orvosi Képző Klinikai  
Radiológiai Tanszék



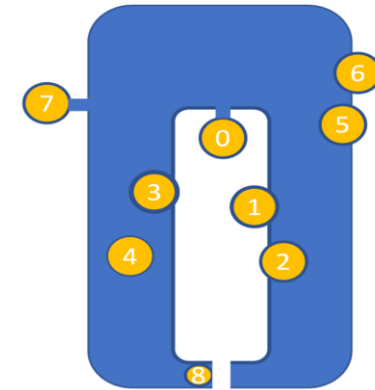
**SEMMELWEIS**  
EGYETEM 1769

# Uterus myoma

- Méhtest jóindulatú tumora
- Postmenopausalisan a nők legalább 40%-át érinti
- Tünetek: menorrhagia, dysmenorrhoea, kismedencei fájdalom, infertilitás
- Elhelyezkedés alapján csoportosítás (FIGO)
- Kezelési lehetőségek:
  - Myomectomia
  - Farmakoterápia
  - Embolizáció



Uterus myoma – Radiológiai Tanszék saját képanyaga



	0 – pedunculált, 100% intracavitális
Submucosalis	1 - <50% intramuralis
	2 - ≥50% intramuralis
Nem submucosalis	3 – 100%-ban intramuralis és tartalmaz endometriumot
	4 – intramuralis
	5 – subserosalis, ≥50% intramuralis
	6 – subserosalis, <50% intramuralis
	7 – pedunculált subserosus
	8 – másfajta, pl. cervicalis

FIGO beosztás – saját ábra

# Mesterséges intelligencia – neurális hálók

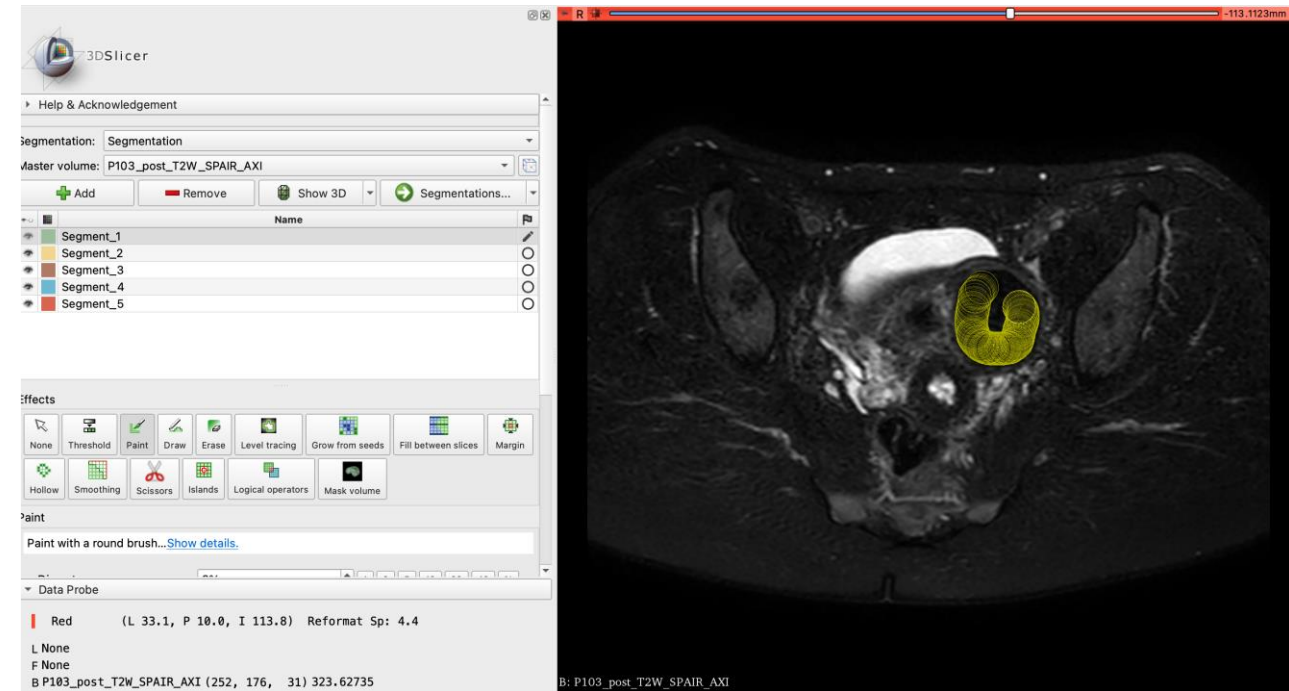
- Emberi neuronok mintájára alkották meg őket
- Felügyelt - szegmentálás
- Rejtett mintázatok keresése, ez alapján adat csoportosítás
- Beállítása rendkívül idő- és energiaigényes folyamat – törekvések ennek automatizálás, például nnU-Net keretrendszer
- Utóbbi sikeresen alkalmazták már teljes uterus térfogat meghatározására (Theis, M., et al. Insights Imaging, 2023).

# Célkitűzés

- 2D-s és 3D-s U-Net konvolúciós neurális háló mióma szegmentálásra történő betanítása
- a neurális hálók tesztelése, pontosságuk kiértékelése és összehasonlítása

# Módszerek - szegmentálás

- 130 axiális T2-súlyozott SPAIR MRI felvétel retrospektív kiválasztása
  - 2018 január-2020 december között
- Miómák manuálisan történő szegmentálása
- Slicer 3D program használata
- Betegcsoportok:
  - tanító és validáló csoport (90 eset)
  - illetve teszt halmaz (40 eset)



Ábra: uterus mióma szegmentálás a 3D Slicer szoftver segítségével

# Módszerek - nnU-Net keretrendszer

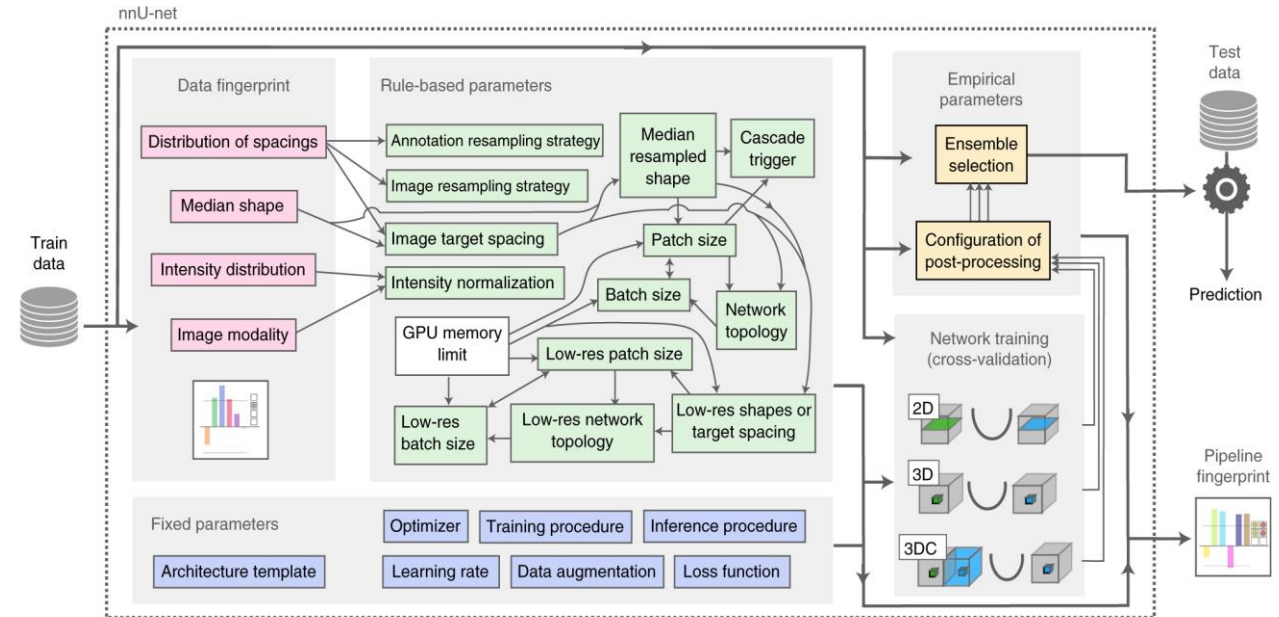
- nnU-Net keretrendszer segítségével feldolgozás  
→ 2D U-NET és 3D U-NET

Adathalmaz tulajdonságait elemzi

Konstans hyperparaméterek, mint például veszteségfüggvény (SGD), illetve hálózat típus (U-Net)

Hálózat paraméterek optimalizálása („tanítás”):  
72 betanítási eset, 18 validálási eset)

- Neurális háló tesztelése (40 páciens): Dice, Jaccard, HD
- Neurális hálók pontosságát a manuális meghatározáshoz hasonlítva



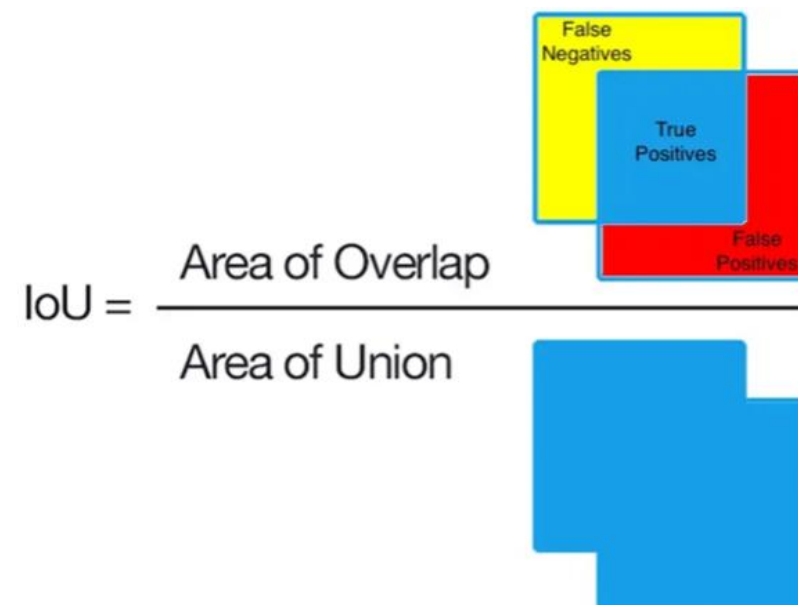
Ábra: az nnU-Net keretrendszer egyszerűsített vázlatja, forrás: Isensee, F., Jaeger, P.F., Kohl, S.A.A. *et al.* nnU-Net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. *Nat Methods* 18, 203–211 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41592-020-01008-z>

# Eredmények számszerűen

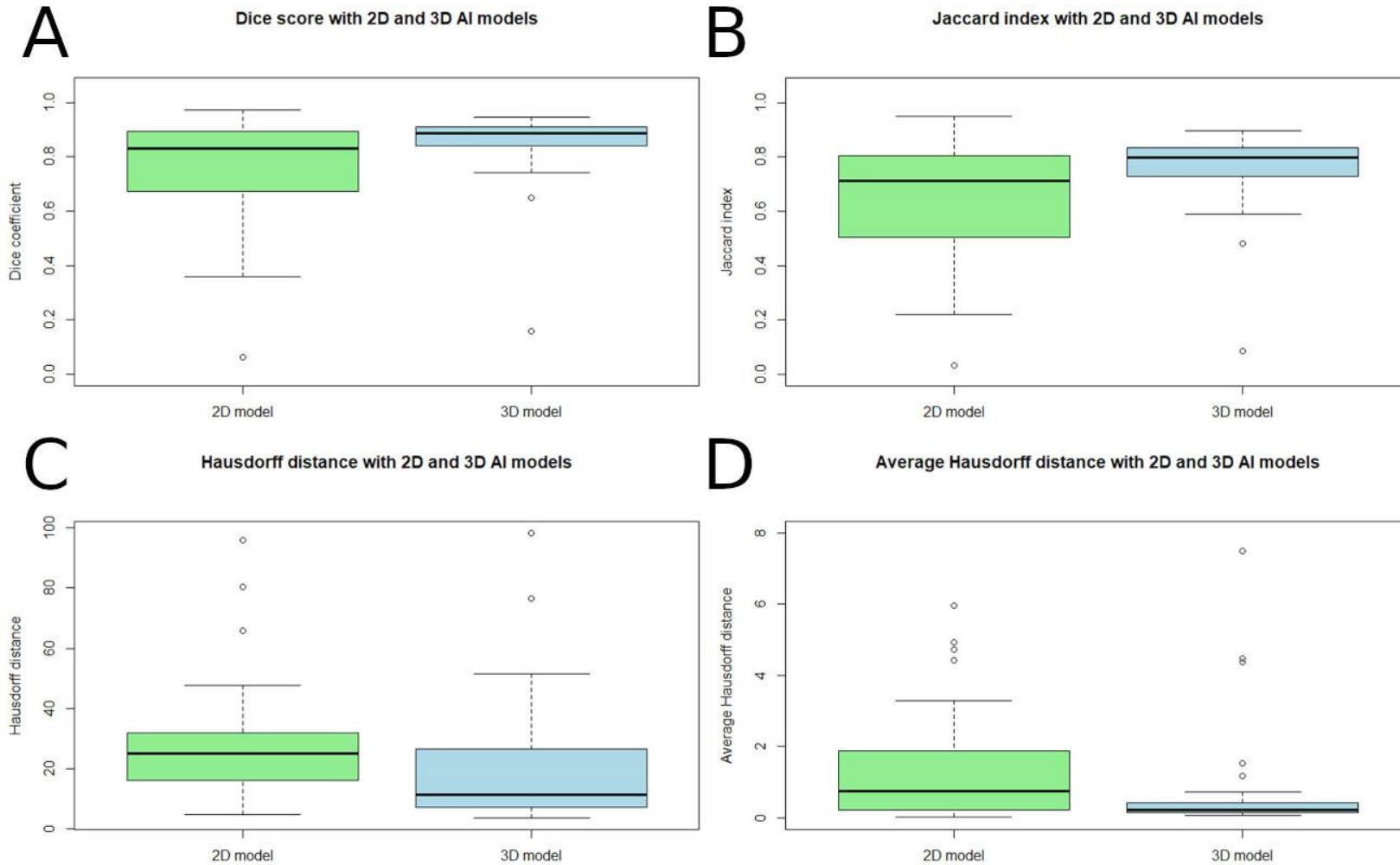
- neurális hálók által létrehozott szegmentálások és a manuális volumen közötti eltérés:  
az 2D hálózat esetében átlag **5,5±44,7 %** / **-14±56 cm<sup>3</sup>**  
a 3D hálózat esetében medián **33,0±166,7 %** / **15±39 cm<sup>3</sup>**

(medián **-1,1%** vs. **2,1%**)

- Dice index **0,76±0,18** és **0,85±0,13**
- Jaccard együttható **0,65±0,20** és **0,76±0,14**
- Hausdorff átlagos távolság **1,65±2,68** és **1,00±2,38** mm



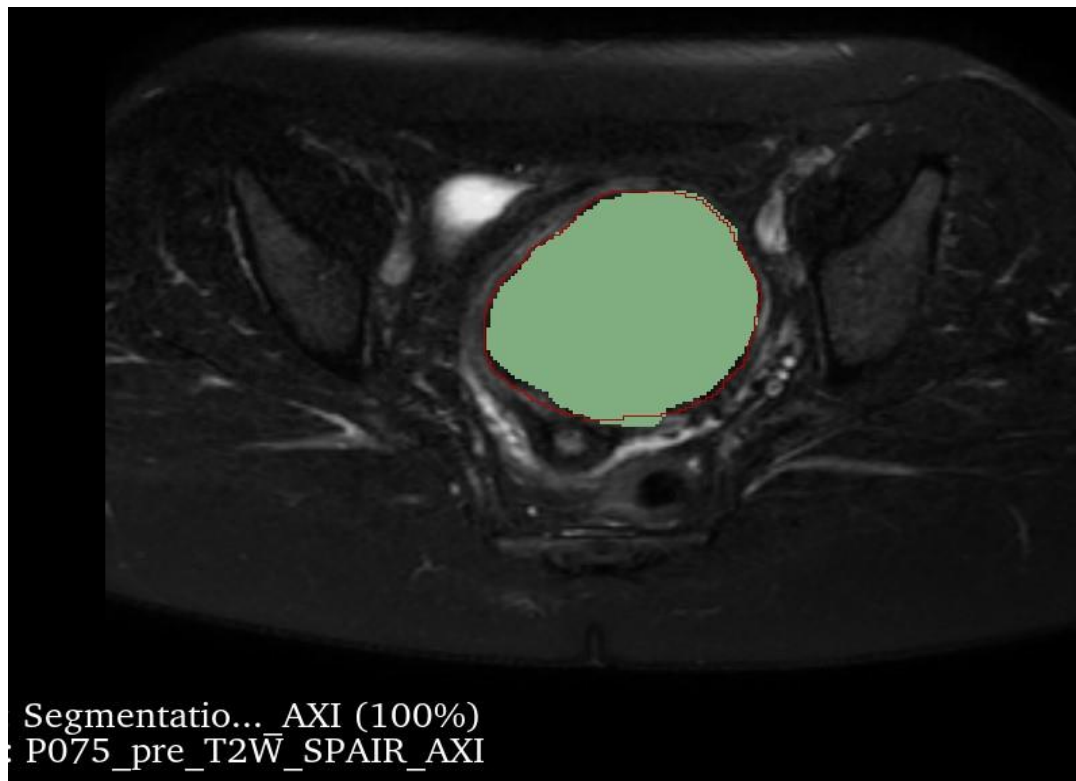
# Eredmények –grafikusan ábrázolva





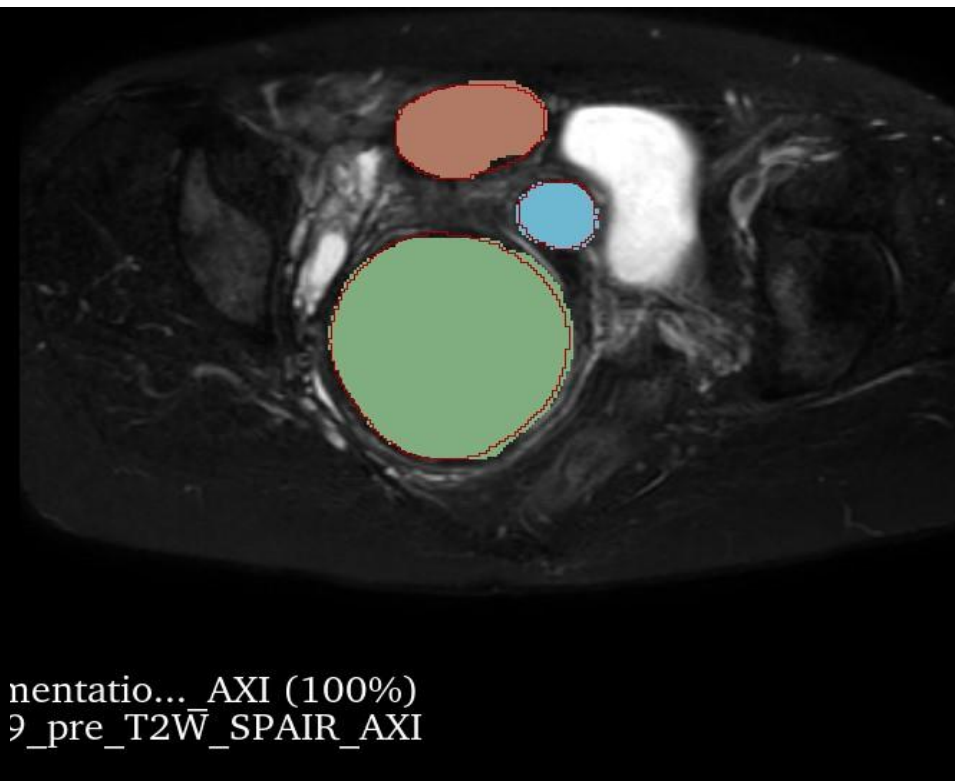
# Példák – szinte hibátlan

Dice:  
0,91



Hibátlan (6/6) – 3D: **27,5%**  
Átlag Dice: 0,79

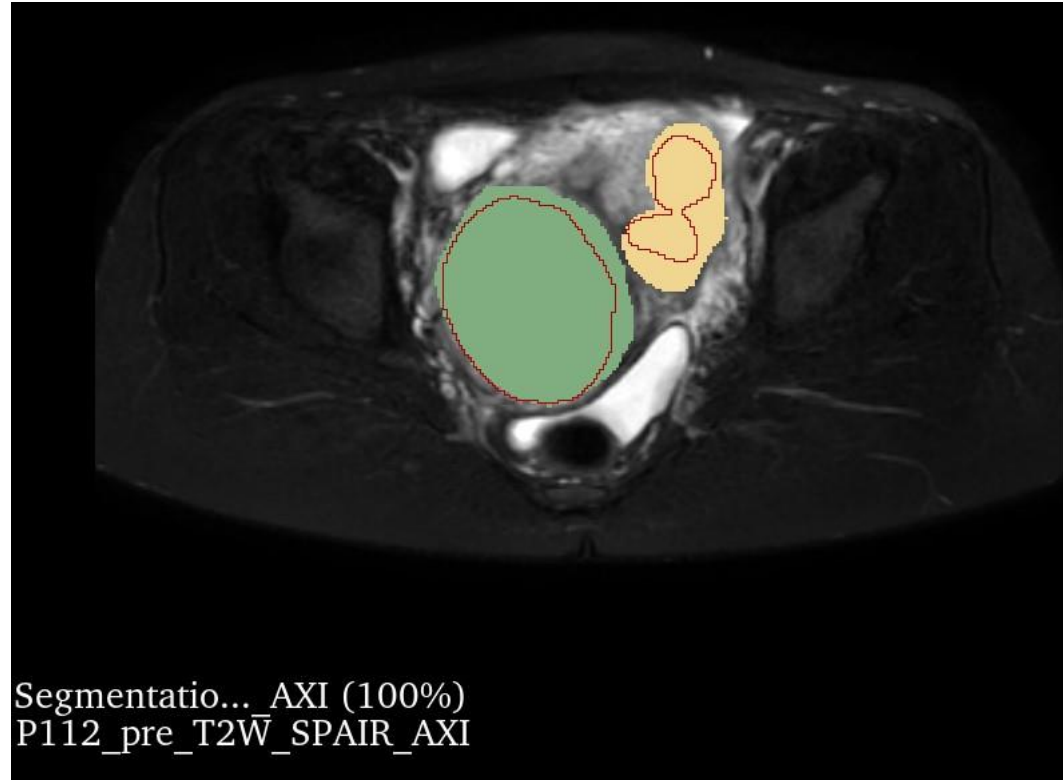
Dice:  
0,97



Hibátlan (6/6) – 2D: **10%**  
Átlag Dice: 0,93

# Példák – hibás kontúr

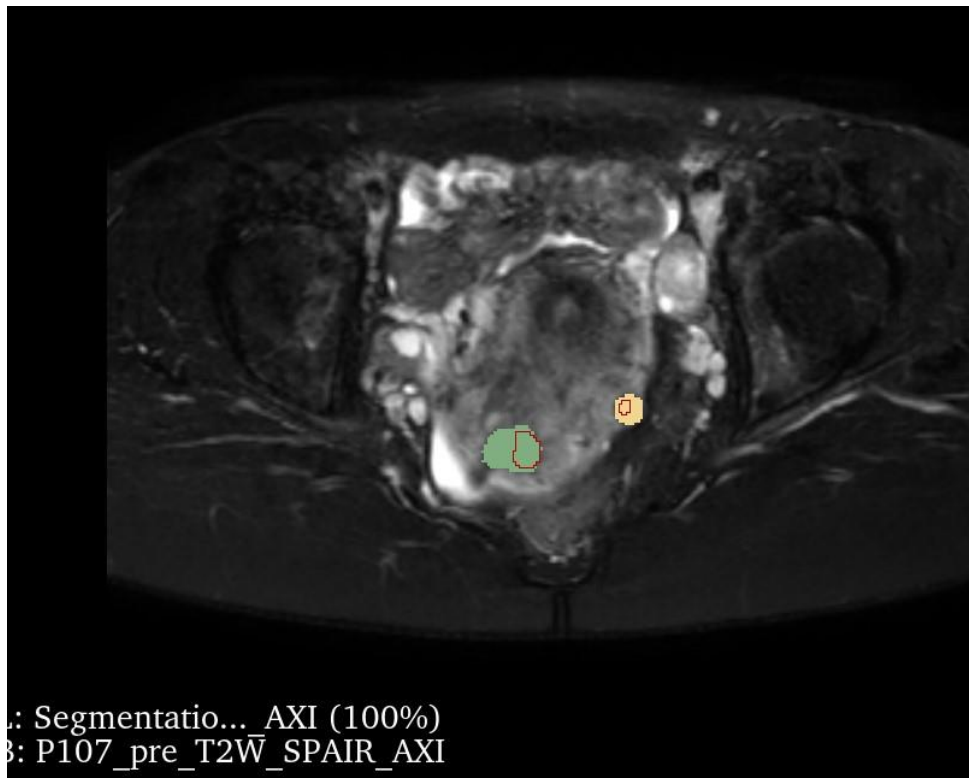
Dice:  
0,94



Apró hibák (5/6) – 3D: (2D: 0%)  
**15%**  
Átlag Dice: 0,88

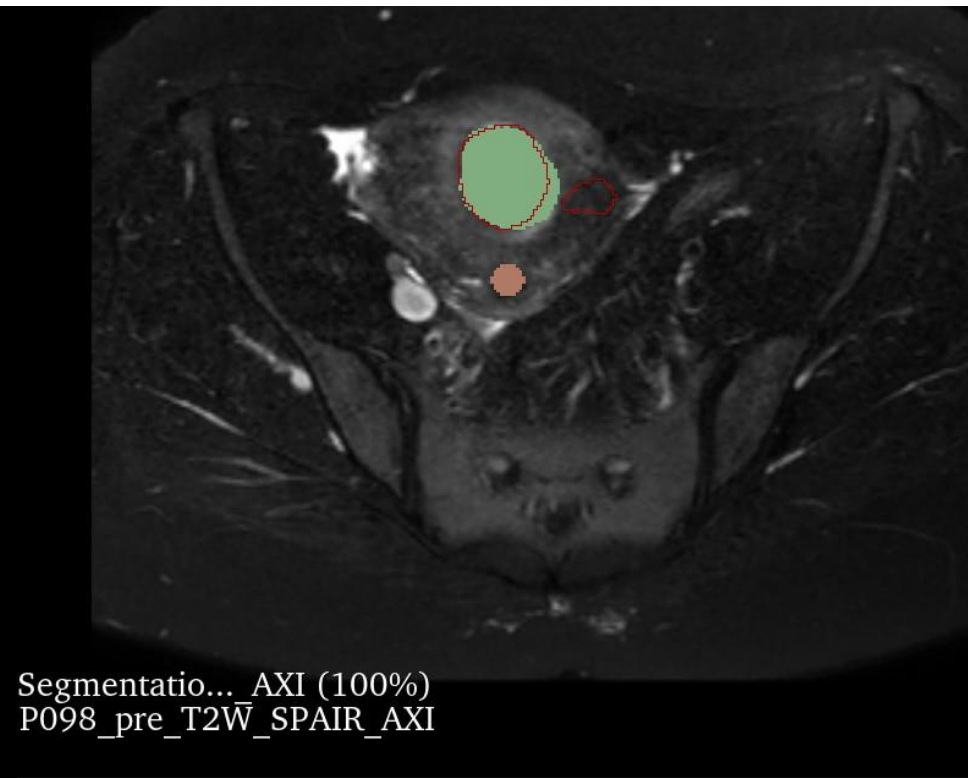
# Példák – kisebb terület jelölése

Dice:  
0,74



Pontatlan (4/6) – 3D:  
**12,5%**  
Átlag Dice: 0,72

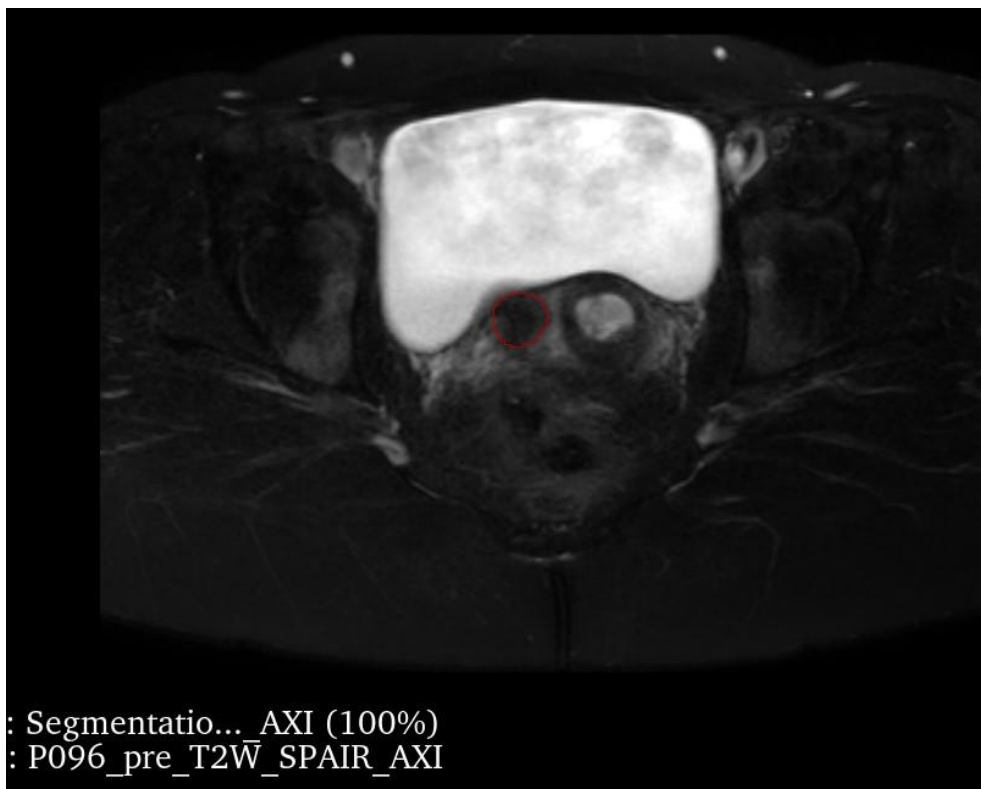
Dice:  
0,81



Pontatlan (4/6) – 2D:  
**7,5%**  
Átlag Dice: 0,66

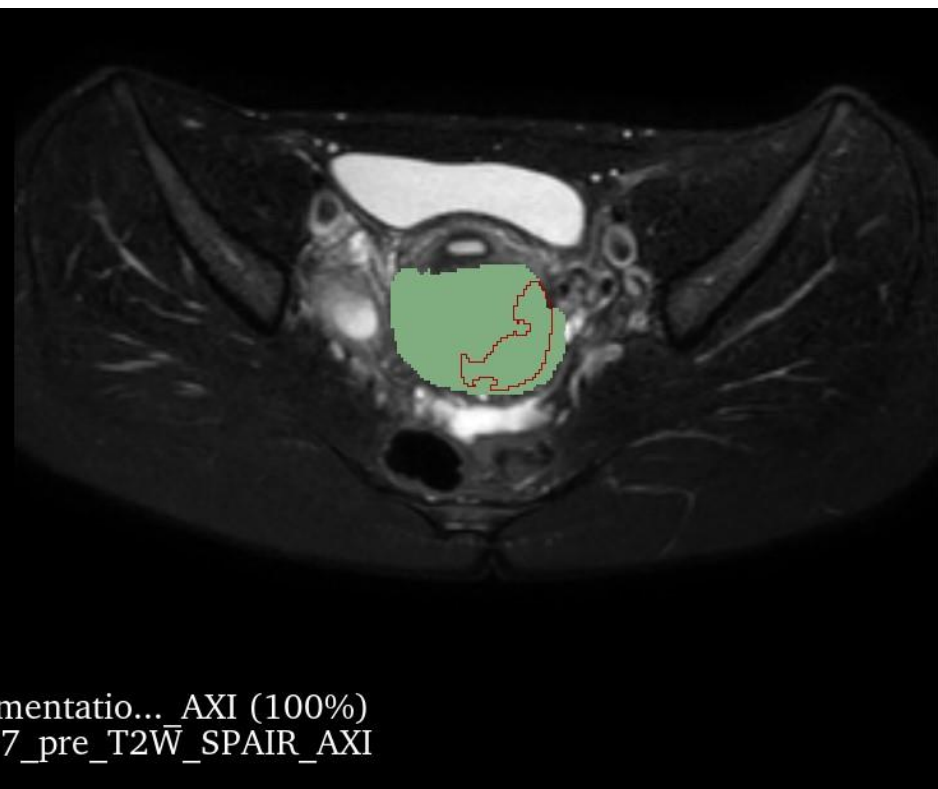
# Példák – extra tumor, részleges jelölés

Dice:  
0,89



Hibás (3/6) – 3D: **12,5%**  
Átlag Dice: 0,88

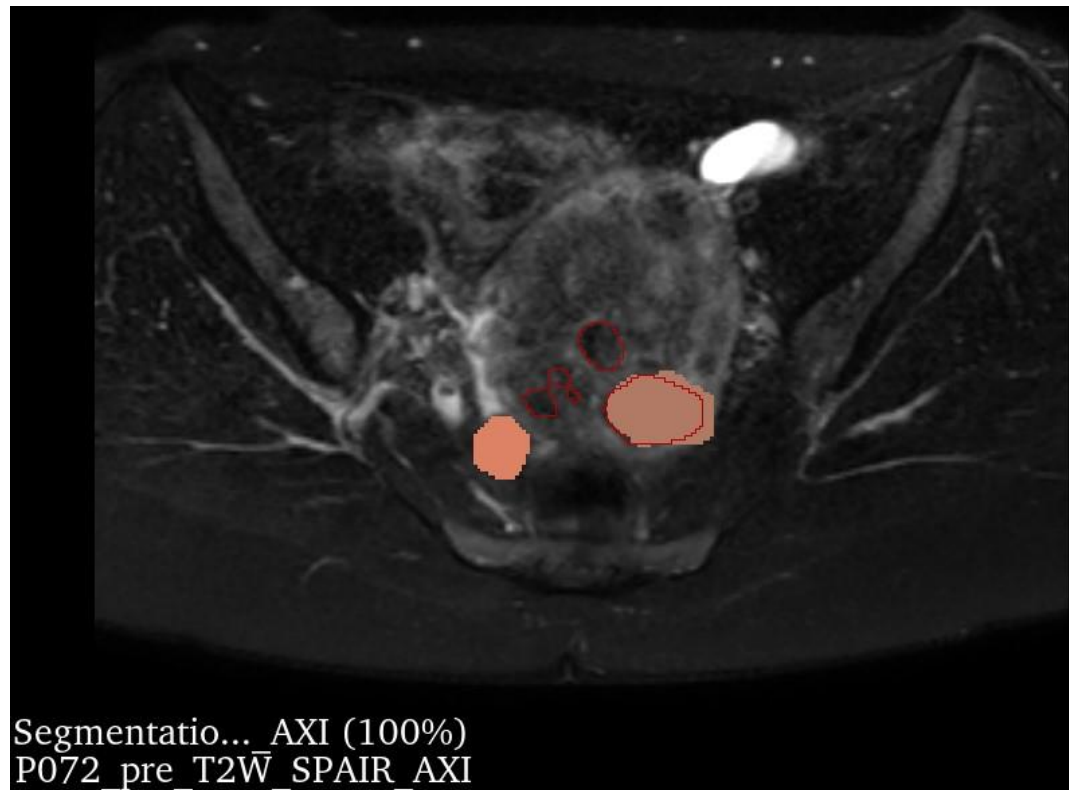
Dice:  
0,63



Hibás (3/6) – 2D: **25%**  
Átlag Dice: 0,82

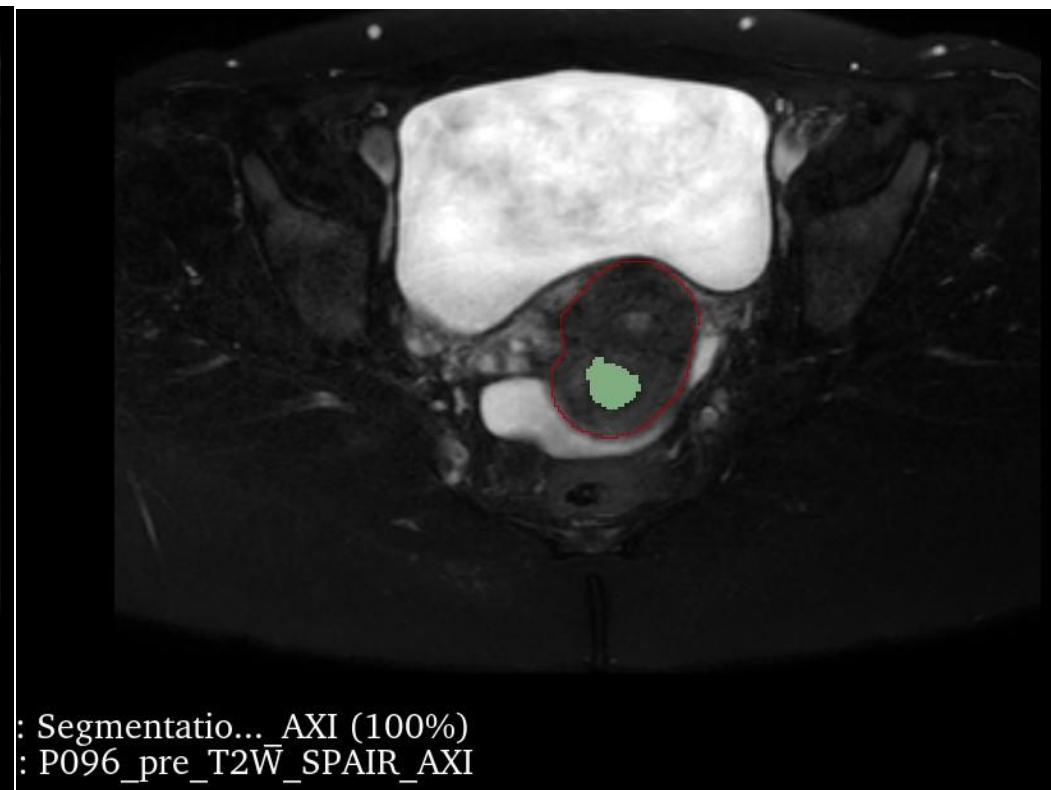
# Példák – tumor kihagyás, nagy extra terület

Dice:  
0,74



Súlyos hibák (2/6) – 3D:  
**17,5%**  
Átlag Dice: 0,85

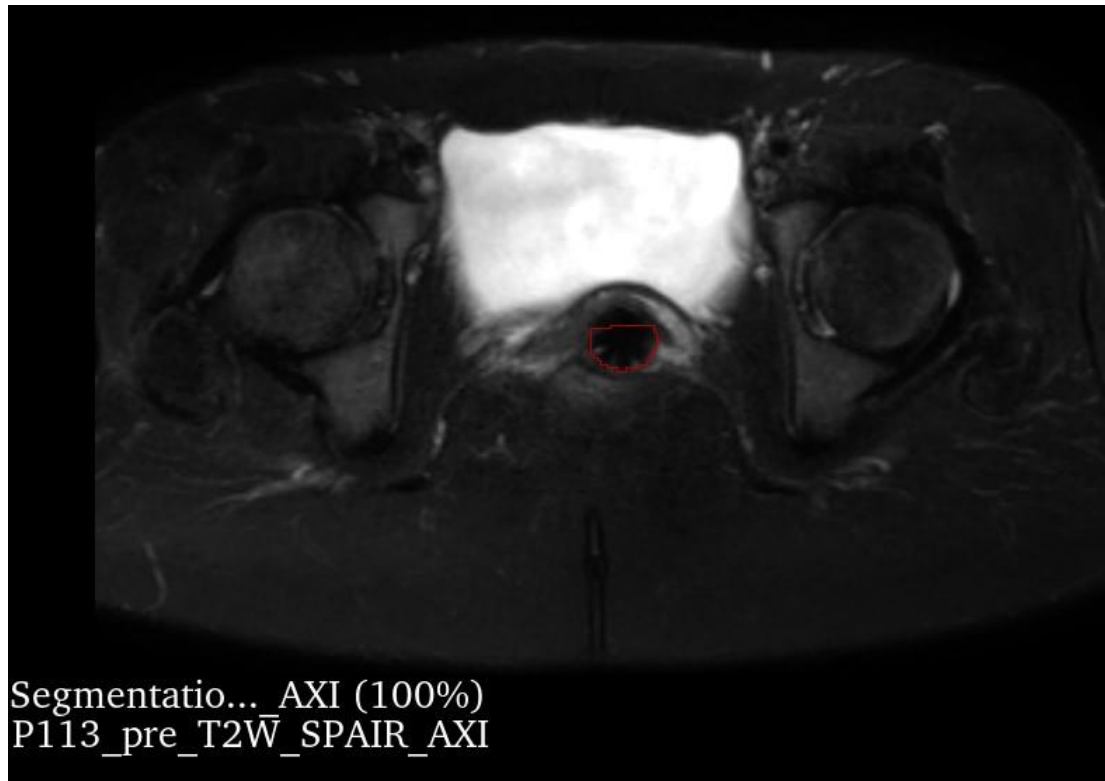
Dice:  
0,36



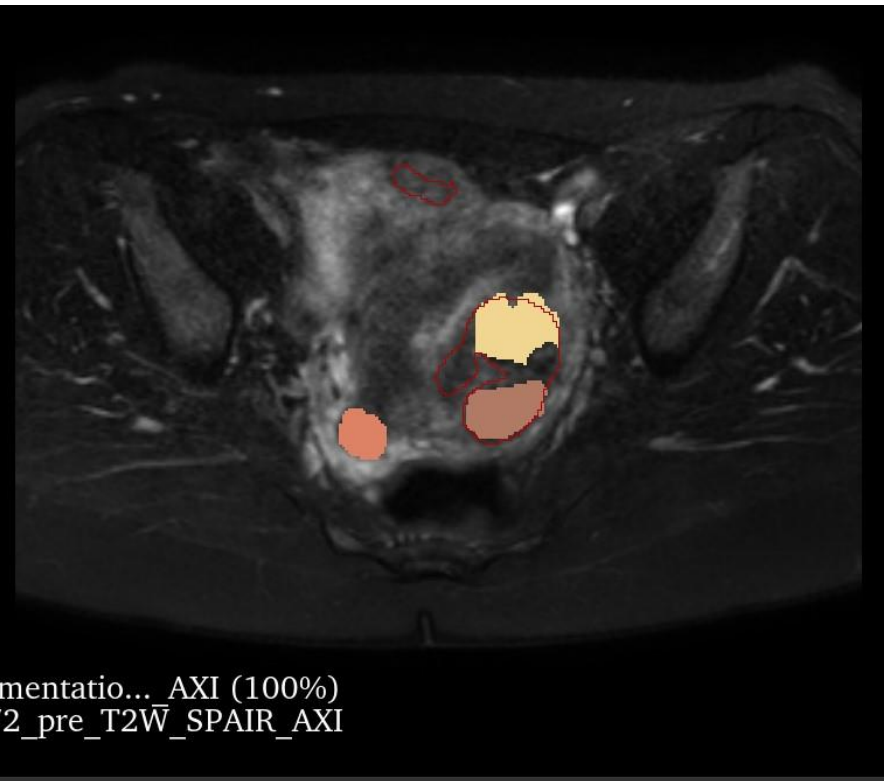
Súlyos hibák (2/6) – 2D:  
**30%**  
Átlag Dice: 0,72

# Példák – uteruson kívüli terület, hiba halmazás

Dice:  
0,65



Dice:  
0,58



Elfogadhatatlan (1/6) – 3D: **15%**  
Átlag Dice: 0,85

Elfogadhatatlan (1/6) – 2D: **27,5%**  
Átlag Dice: 0,73

# Konklúzió

- Eddig elért eredményeink alapján az uterus myomák automata szegmentálására alkalmas térfogat alapú módszerek (3D U-Net) az elváltozások méretének és számának változatossága ellenére is megbízható becslést adnak azok térfogatáról.
- A 2D U-Net alapú hálózat várakozásainkkal ellentétben kevésbé alkalmas uterus myomák térfogatbecslésére.
- Sok szegmentációs hiba nem mutatható ki a szokványos mérőszámok segítségével, ezért további, esetlegesen szemi-kvantitatív mérőszámok kidolgozása szükséges.







ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

## European Journal of Radiology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ejrad](http://www.elsevier.com/locate/ejrad)



# Nomogram for predicting the long-term outcomes of uterine artery embolization for adenomyosis

Jin WenTao<sup>a,b</sup>, Zhang GuoFu<sup>b</sup>, Wang TianPin<sup>b</sup>, Wang ShiJia<sup>b</sup>, Zhang HaiYan<sup>c</sup>, Li WenTao<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Department of Interventional Radiology, Fudan University Shanghai Cancer Center, Shanghai 200032, China

<sup>b</sup> Department of Radiology, Obstetrics & Gynecology Hospital, Fudan University, Shanghai 200011, China

<sup>c</sup> Department of Gynecology, Obstetrics & Gynecology Hospital, Fudan University, Shanghai 200011, China

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

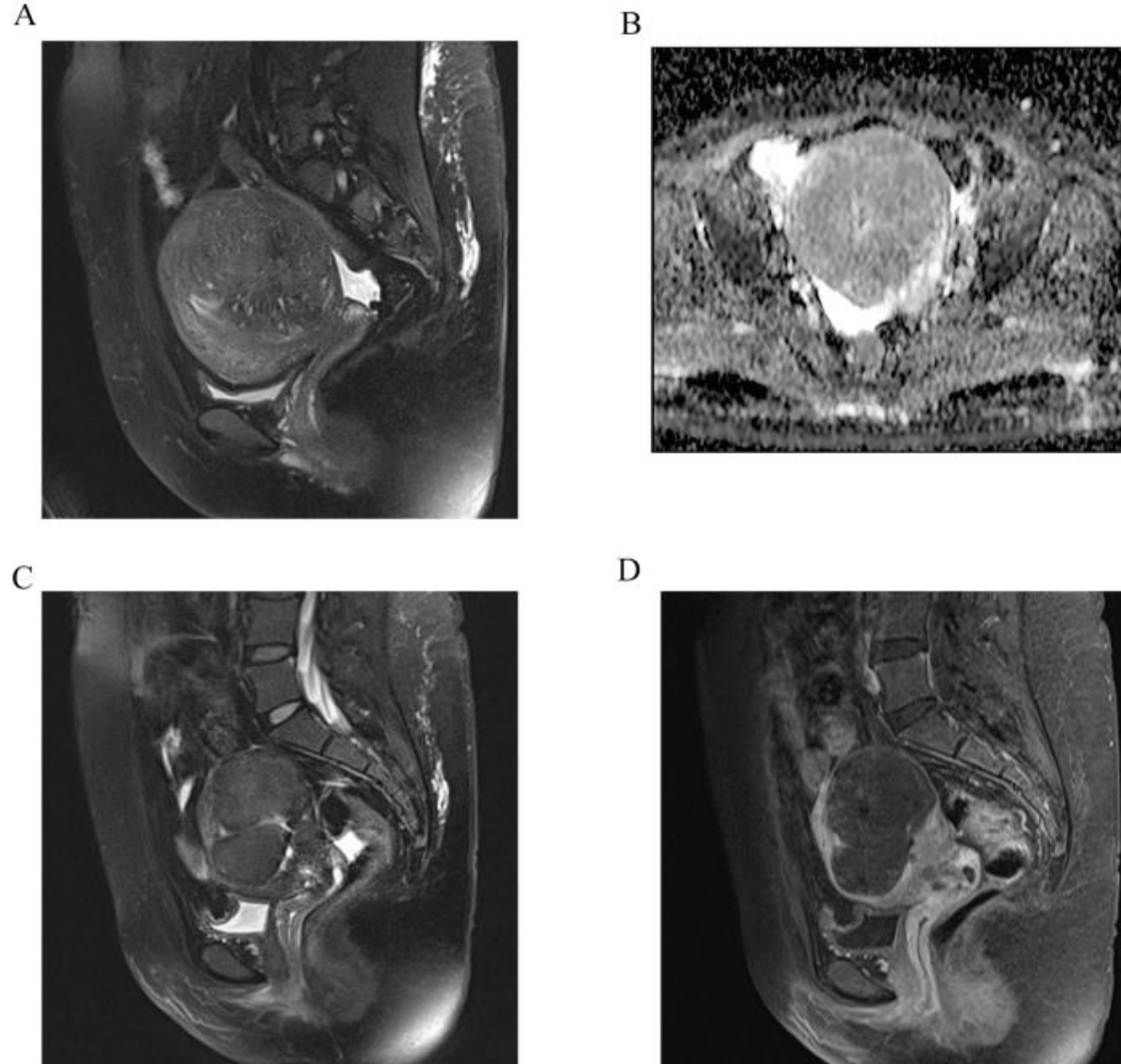
Adenomyosis  
Uterine artery embolization  
Nomogram  
Risk factors  
MRI scan

### ABSTRACT

**Objective:** The present study aimed to develop a nomogram to predict long-term outcomes of uterine artery embolisation (UAE) for treating adenomyosis.

**Materials and methods:** We reviewed data of 221 patients with adenomyosis who underwent UAE between May 2016 and January 2018. Predictive factors were identified using multivariate logistic regression analysis. A nomogram to predict the outcome of UAE was created for the training set. The performance of the predictive model was assessed by discrimination (quantified using the area under the curve, AUC) and calibration (eval-

- 221 patients with adenomyosis who underwent UAE between May 2016 and January 2018
- A nomogram to predict the outcome of UAE was created for the training set.
- In total, 201 patients were included.
- In the training set (n = 137), 96 (70.1%) exhibited a good response (GR), and 41 (39.9%) showed a poor response (PR).
- In the validation set (n = 64), 44 (68.7%) showed GR and 20 (31.3%) showed PR.
- The dysmenorrhoea score, T2 signal type, CA125, apparent diffusion coefficient, accompanying endometriosis, and accompanying fibroids were identified as associated factors and used in the nomogram.
- The AUC of the nomogram was 0.800 (95% confidence interval [CI] 0.724–0.877) and 0.798 (95% CI 0.686–0.909) in the training and validation sets, respectively.



**Fig. 1.** MRI of a 43-year-old woman with diffuse adenomyosis in the training set. Figure a A preoperative sagittal T2-weighted image. Figure b According to axial DWI, the ADC of adenomyosis is  $1.014 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ . Figures c and d Sagittal T2-weighted and sagittal contrast-enhanced T1-weighted image six months after embolisation. Adenomyosis shows extensive necrosis.

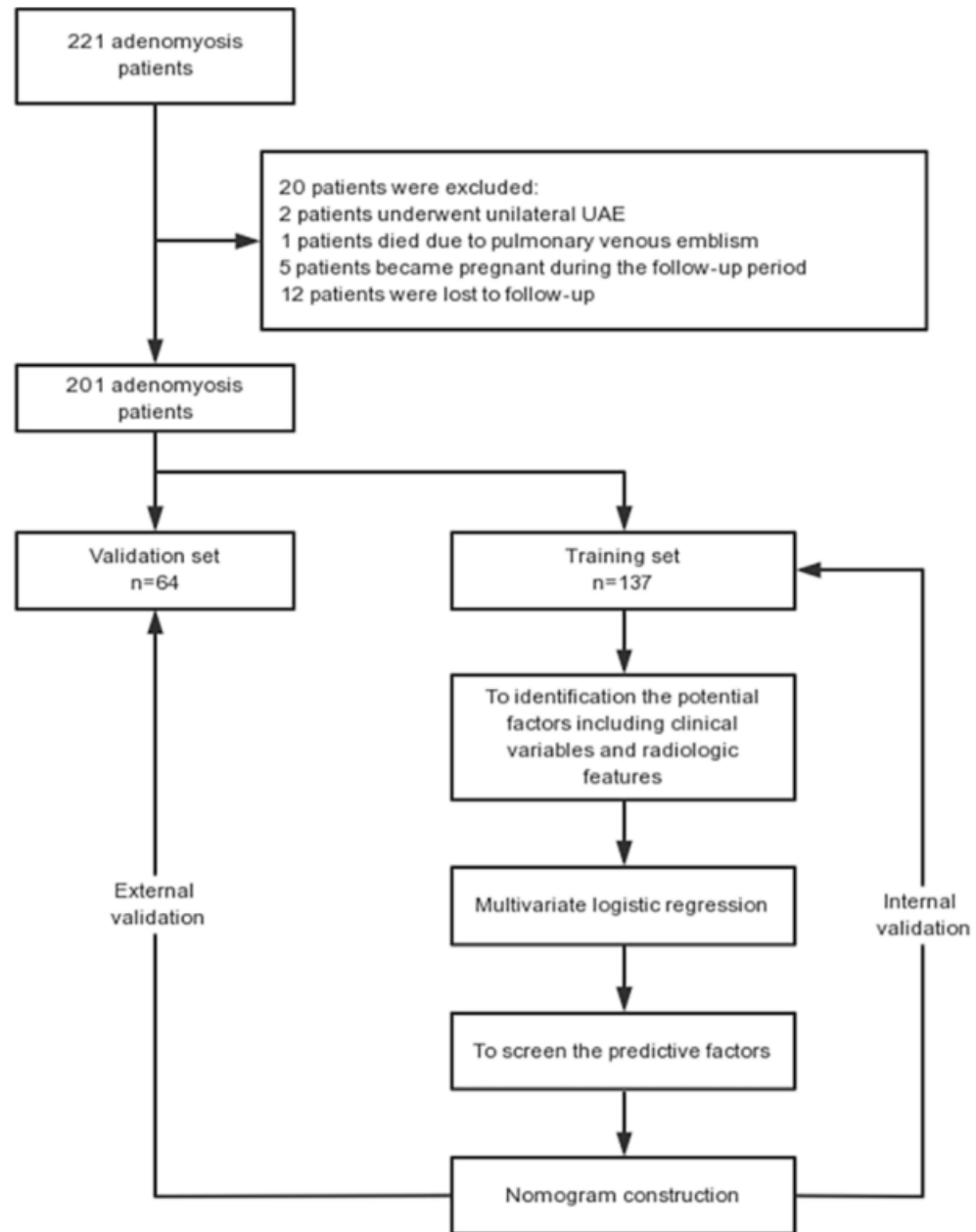
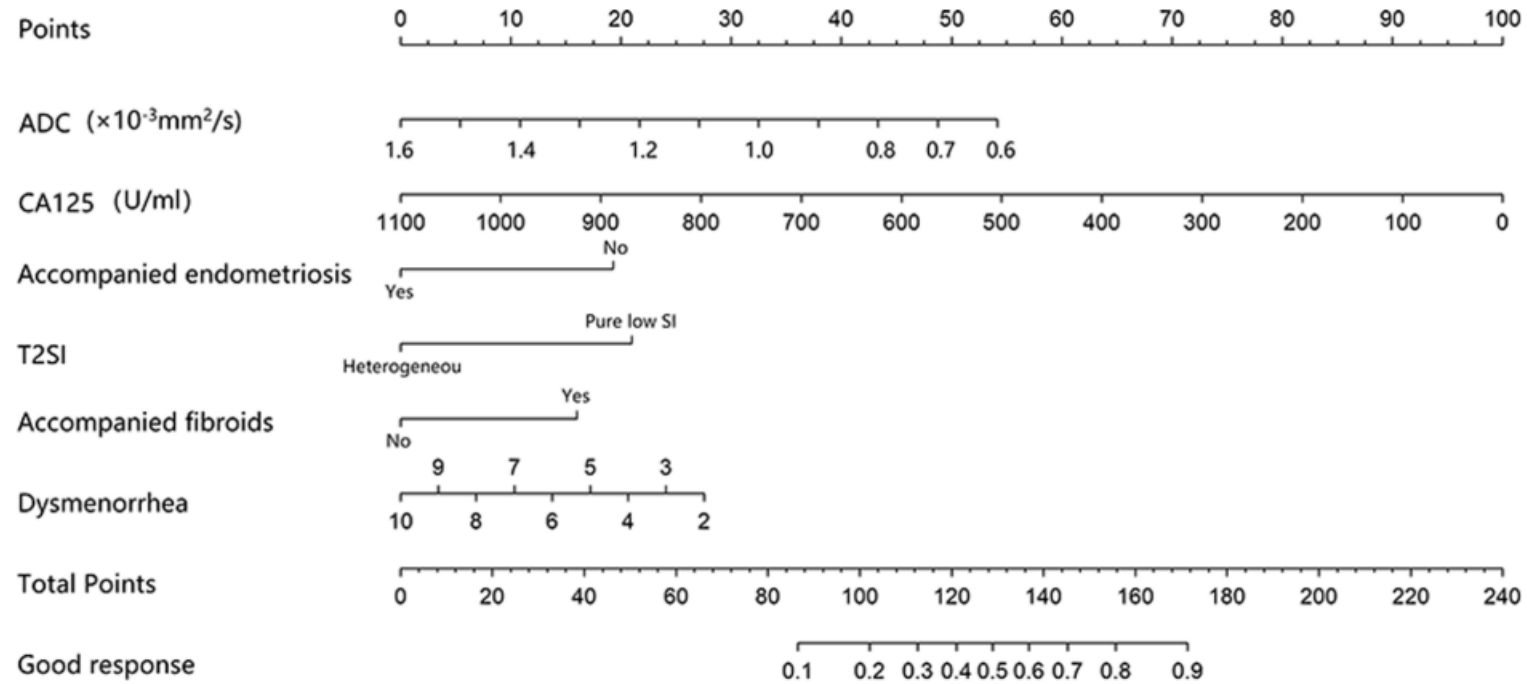


Fig. 2. The flowchart showing the process of nomogram construction for predicting the outcome of UAE for treating adenomyosis.



**Fig. 3.** Nomogram predicting the long-term outcomes of UAE for adenomyosis. The variable values were scored as corresponding points, which were then summed to obtain the total points, of which the corresponding probability value represented the probability of a GR. For example, if a patient's T2 signal was a pure low signal, the position corresponding to the pure low signal on the axis was projected to the position on the uppermost 'points' axis, thus obtaining about 32 points. Other factors were then substituted into the nomogram to obtain corresponding points in the same manner; finally, the total points of the 6 factors were obtained. Subsequently, the corresponding position of the patient's total points on the horizontal axis of total points was determined and projected onto the GR axis at the bottom. The obtained probability value was the probability for the UAE outcome.



**SEMMELWEIS**  
EGYETEM 1769



# Artificial Intelligence-Assisted Microcatheter Shaping for Intracranial Aneurysm Coiling: A Preliminary Study

Changya Liu,<sup>1,2,3</sup> Yin Shen,<sup>3</sup> Xinxin Wu,<sup>4</sup> Kang Qian,<sup>3</sup> Xuebin Hu,<sup>3</sup> and Haifeng Yang,<sup>3</sup> Wuhan, Hubei, and Shanghai, China

**Background:** To evaluate the efficacy of artificial intelligence (AI) technology-assisted microcatheter shaping for coil embolization of intracranial aneurysms.

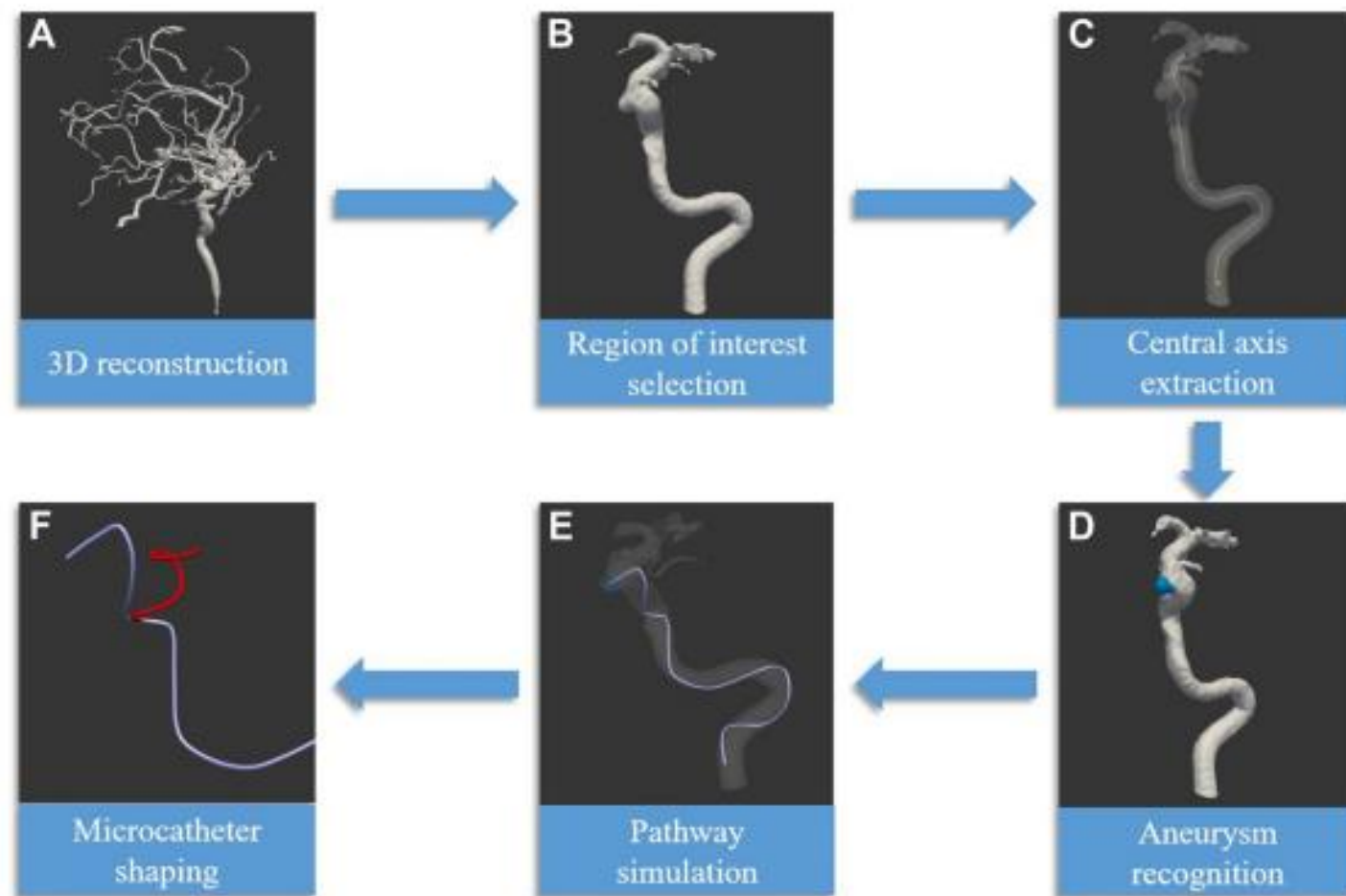
**Methods:** From June 2019 to May 2021, 30 aneurysms in 24 patients were treated with coiling embolization using computer software-assisted microcatheter shaping at our institution. All patients underwent digital subtraction angiography (DSA) before coiling embolization. After three-dimensional (3D) rotational angiography, digital imaging and communications in medicine (DICOM) data were extracted and imported into computer software based on an AI algorithm. 3D images of the parent artery and aneurysm were constructed with the software and data including the central axis of the parent artery, aneurysm location, aneurysm size, and 3D structure were automatically obtained. The optimal microcatheter path was calculated and the shape of the mandrel was automatically generated. Surgeons shaped the mandrel and microcatheter following the AI-generated template and completed the endovascular procedure.

**Results:** All patients successfully completed the endovascular procedure without perioperative complications. The microcatheters shaped as per the AI template accurately entered the aneurysm sacs in 1 attempt; 15 aneurysms required no microguidewire assistance in catheterizing the aneurysm sac and 15 did. The stability of the microcatheters during the procedures was satisfactory. No rebound incidence was observed and no reshaping was necessary.

**Conclusions:** The AI-assisted microcatheter shaping technology provides a new method to generate the optimal shape for the mandrel and microcatheter during endovascular procedures. The technology facilitates microcatheter accuracy and stability during coiling embolization and provides technical support for surgeons.

- 30 aneurysms, 24 pts
- After three-dimensional (3D) rotational angiography, digital imaging and communications in medicine (DICOM) data were extracted and imported into computer software based on an AI algorithm.
- 3D images of the parent artery and aneurysm were constructed with the software and data including the central axis of the parent artery, aneurysm location, aneurysm size, and 3D structure were automatically obtained.
- The optimal microcatheter path was calculated and the shape of the mandrel was automatically generated.
- Surgeons shaped the mandrel and microcatheter following the AI-generated template and completed the endovascular procedure.

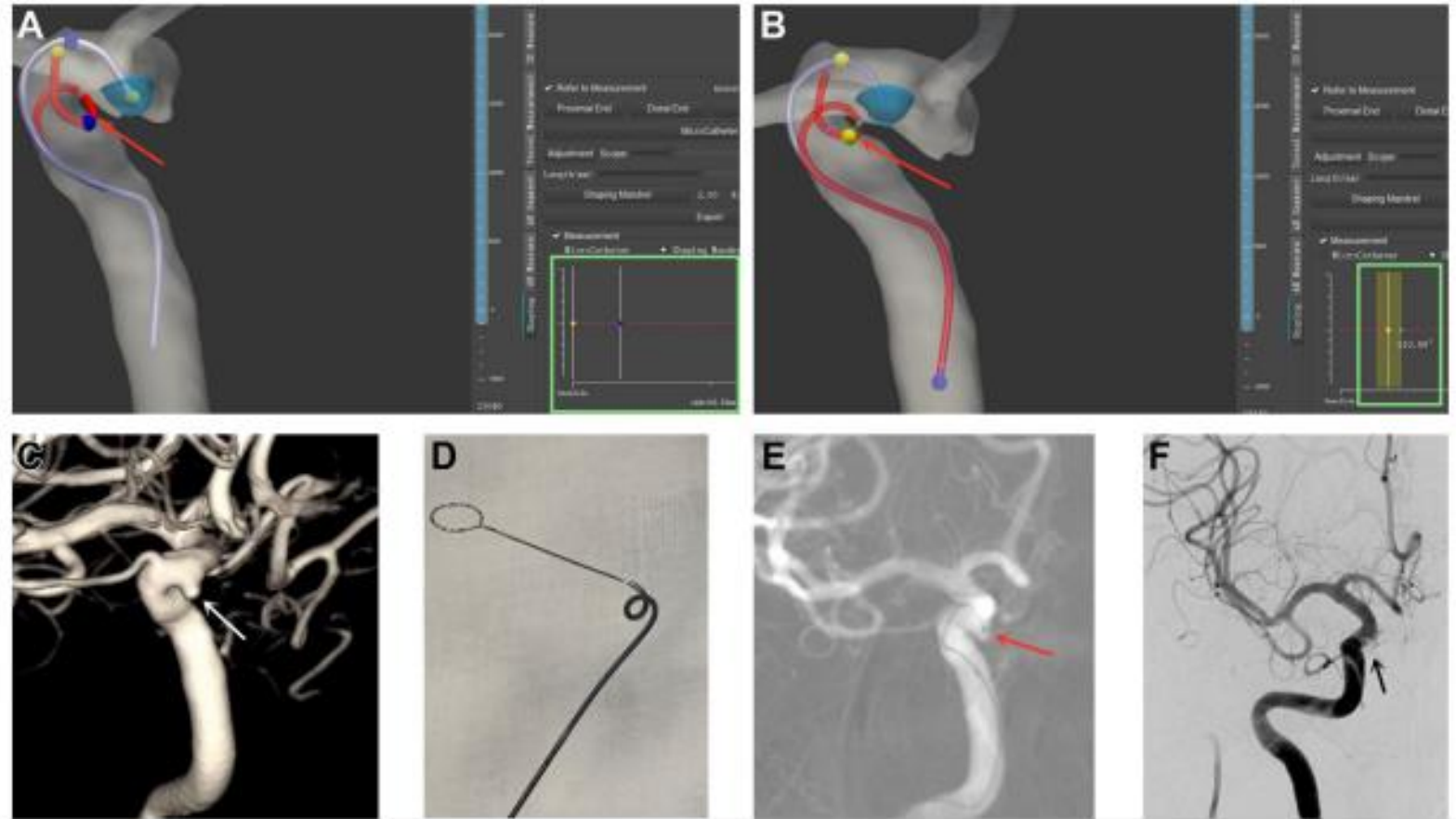
Ann Vasc Surg 2022; 85: 228–236



**Fig. 2.** The process of microcatheter shaping with artificial intelligence technology. **(A)** Reconstruction of the 3D vascular image based on DICOM data from CTA or DSA. **(B)** Interception of the arteries in the region of interest. **(C)** Extraction of the centerline for the simulation path and the central axis of the parent artery. **(D)** Recognition of the aneurysm and identification of the target for the microcatheter tip. **(E)** Simulation of the path of the

microcatheter with the artificial intelligence algorithm. **(F)** Generation of the shape of the mandrel and microcatheter as per the simulated path and the features of different types of microcatheters. The *red line* indicates the optimal shape of the mandrel with the software-calculated parameters and elastic characteristics of the microcatheter (e.g., the Echelon microcatheter).





**Fig. 3.** (A) 3D structures of the aneurysm and parent artery were generated in the software. The pathway and shape of an Echelon microcatheter (shown as the *purple line*) and the simulated mandrel (indicated by the *red line*) were generated. The *yellow* and *blue points* in the *red line* (indicated by *red arrow*) could be moved freely to calculate the length between the two points (the length was 5.82 mm), which is presented in the *green box*. (B) The angle could also be calculated in each curve of the simulated mandrel (indicated by *red arrow*) and

presented in the *green box* (the angle was  $110.69^\circ$ ). (C) The aneurysm is presented in three-dimensional DSA (indicated by a *white arrow*). (D) The microcatheter was manually shaped in vitro as per the scheme. (E) The microcatheter was used to catheterize the aneurysm sac in one attempt and the position of the microcatheter tip was satisfactory (indicated by a *red arrow*). (F) The aneurysm was occluded with stent-assisted coiling embolization, indicated by *black arrows*.

# Conclusion

- In the interventional treatment of intracranial aneurysms, AI technology-assisted microcatheter shaping is a new technique that can help surgeons quickly obtain an accurate and stable microcatheter shape and can facilitate the successful completion of surgery.
- This technology is expected to be promoted in the clinical setting



## Augmented reality and artificial intelligence-based navigation during percutaneous vertebroplasty: a pilot randomised clinical trial

Pierre Auloge<sup>1</sup> · Roberto Luigi Cazzato<sup>1</sup> · Nitin Ramamurthy<sup>2</sup> · Pierre de Marini<sup>1</sup> · Chloé Rousseau<sup>3</sup> · Julien Garnon<sup>1</sup> · Yan Philippe Charles<sup>4</sup> · Jean-Paul Steib<sup>4</sup> · Afshin Gangi<sup>1</sup>

Received: 29 September 2018 / Revised: 29 May 2019 / Accepted: 26 June 2019 / Published online: 2 July 2019  
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2019

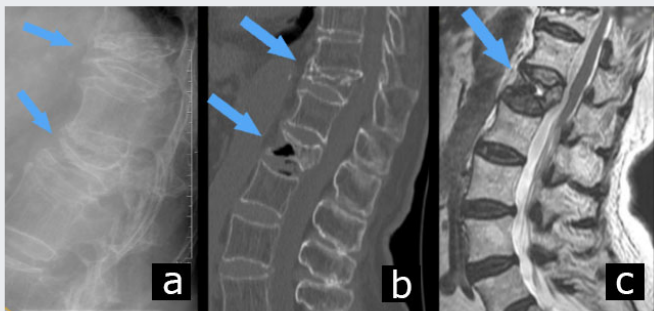
### Purpose

- To assess technical feasibility, accuracy, safety and patient radiation exposure of a novel navigational tool integrating augmented reality (AR) and artificial intelligence (AI), during percutaneous vertebroplasty of patients with vertebral compression fractures (VCFs)

### Conclusion

- Augmented reality/artificial intelligence (AR/AI) guided percutaneous vertebroplasty appears feasible, accurate and safe, and facilitates lower patient radiation exposure compared to standard fluoroscopic guidance.

A csigolya összeroppanás minimális erőbehatás következtében alakul ki kóros csontszerkezetű csigolyákban.



Csigolya összeroppanás röntgen, CT és MR felvételen

Az (a) képen két összeroppanó csigolyára mutatnak a nyílak egy oldal röntgenképen

(b) CT képen ugyan ezek a törések láthatók

(c) képen MRI mutatja szintén ezeket a töréseket T2 szekvencián

Forrás: <http://gerincsebszudapest.hu/>

## Mik a csigolya összeroppanás tünetei?

A csigolya összeroppanás erős helyi fájdalommal jár, ami a beidegzési sajátosságok miatt a törés helyétől távolabb is húzódnak. A fájdalom terhelés esetén fokozódik, fekvő testhelyzetben enyhül.

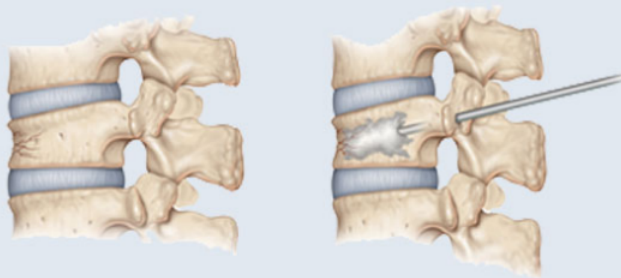
Súlyosabb esetben a megroppanás következtében kialakuló csigolyadeformáció a csigolya által határolt gyökcsatornában húzódnak idegyökök megszorulásához, illetve a gerincscsatorna beszűküléséhez vezethet.

Az idegyökök megnyomódása annak ellátási területén érzésvizet, zsibbadást, fájdalmat okozhat, az érintett végtag ügyetlenebbé válhat, súlyosabb esetben az idegyökök általa ellátott izmok erejének csökkenése léphet fel, akár bénulásig fokozódva.

A gerincvelő megnyomódása szintén a végtagokon, valamint a törzsön izomerő csökkenéshez, akár bénuláshoz, valamint érzésvizet vezethet. Felléphet járászavar, a végtagok ügyetlensége a húgyhólyag, illetve végbél záróizmának gyengülése, vizelet-, székelési zavart okozva, férfiaknál pedig impotencia léphet fel. A törzs izmainak gyengülése és a rekeszizom gyengülése légzési zavart is okozhat. A belek működése renyhévé válhat.

A csigolya deformációja a gerinc egészében is okozhat alaki rendellenességet, háti görbület (púpos testtartás) alakulhat ki.

## Vertebroplasztika



Törött csigolyatest

Feltöltés "csontcementtel"

Vertebroplasztika során a megroppanó csigolyába stabilizáló „csontcementet” juttatunk, ami rögzíti azt, javítva ezzel a gerincoszlop stabilitását.

A műtét során apró (3-5 mm-es) metszéből kerül bevezetésre a megroppanó csigolyába az azt stabilizáló „csontcement” befecskendezéséhez szükséges munkacsatorna. A munkacsatorna bevezetéséhez egy tűnek hívott szűrő eszközt vezet a sebész képerősítő (röntgen) célzás mellett a csigolyába, majd annak belső vezető szárát eltávolítva egy tűző drótot fűz bele, ami a csigolyatestbe végződik.

Ezt követően lehúzza a tűző drótról a tűnek hívott szűrő eszköz hüvelyét, majd a dróra ráhúzza a munkacsatornát. A munkacsatorna lényegében egy vastagabb tollbetét átmérőjű cső. A csőn keresztül kerül betöltésre a porból és folyadékából kevert, gyorsan (percekben belül) szilárduló „csontcement”, mely szétterül a csigolyatest belsejében.

„Csoncementnek” a polymethylmetacrilát (PMMA) nevű anyagot alkalmazzuk. Ez az anyag nem bomlik le, nem épül át, csak a hézagot tölti ki.

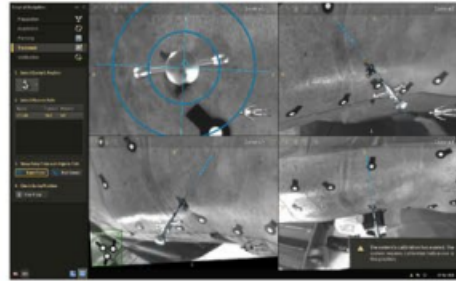
# Graphic abstract

These slides can be retrieved under Electronic Supplementary Material.

## Key points

1. Pilot prospective study investigates the performance of a novel navigational tool integrating augmented reality (AR) and artificial intelligence (AI) with compensation of patient's movements during percutaneous vertebroplasty performed in patients presenting with a single level vertebral compression fracture.
2. AR/AI-guidance was compared to standard fluoroscopy.
3. Accuracy, procedural safety, time for trocar placement and patient radiation exposure were assessed.

Auloge P, Cazzato RL, Ramamurthy N, De Marini P, Rousseau C, Garnon J, Charles YP, Steib J-P, Gangi A (2019) Augmented Reality and Artificial Intelligence-based Navigation during Percutaneous Vertebroplasty: A Pilot Randomized Clinical Trial. Eur Spine J;

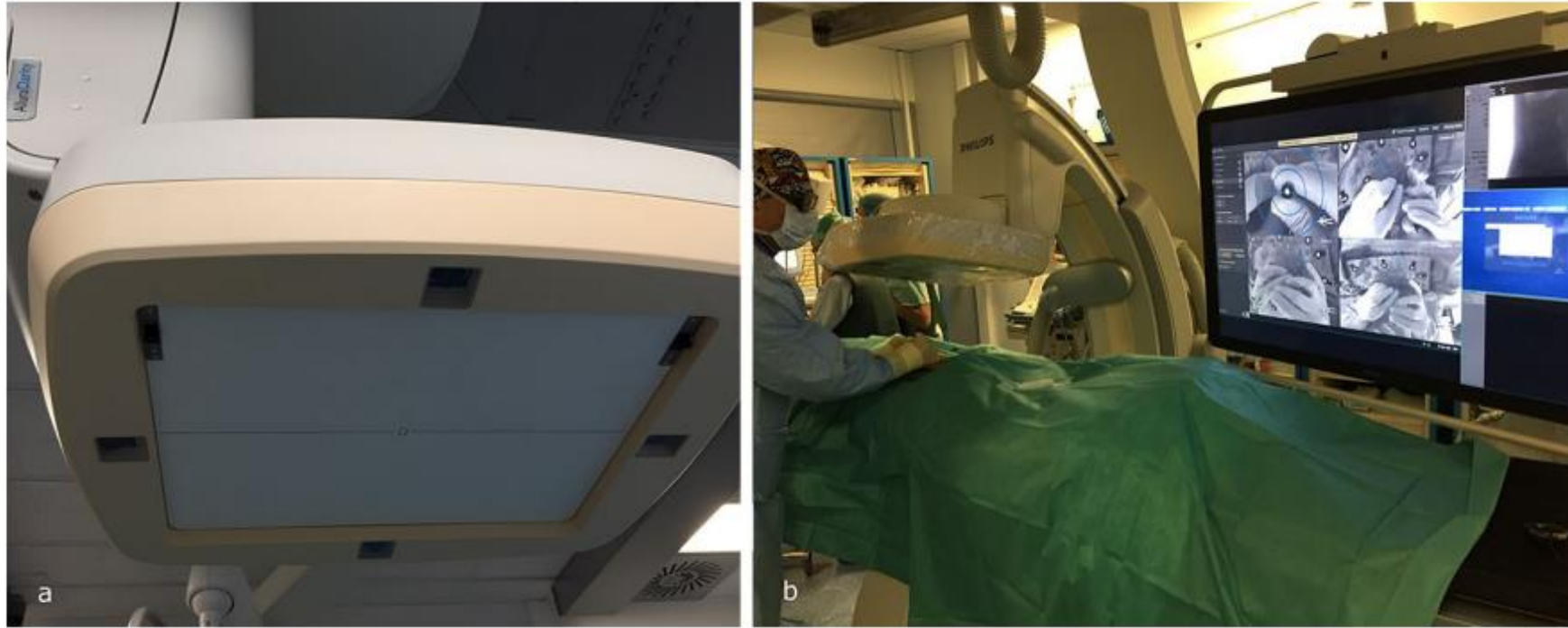


**Figure:** The monitor displays the planned trajectory superimposed on multi-planar live video images from each camera. The operator aligns the trocar with the planned trajectory on all camera-angles, and advances the device while maintaining precise alignment in all four augmented imaging-planes.

Auloge P, Cazzato RL, Ramamurthy N, De Marini P, Rousseau C, Garnon J, Charles YP, Steib J-P, Gangi A (2019) Augmented Reality and Artificial Intelligence-based Navigation during Percutaneous Vertebroplasty: A Pilot Randomized Clinical Trial. Eur Spine J;

## Take Home Messages

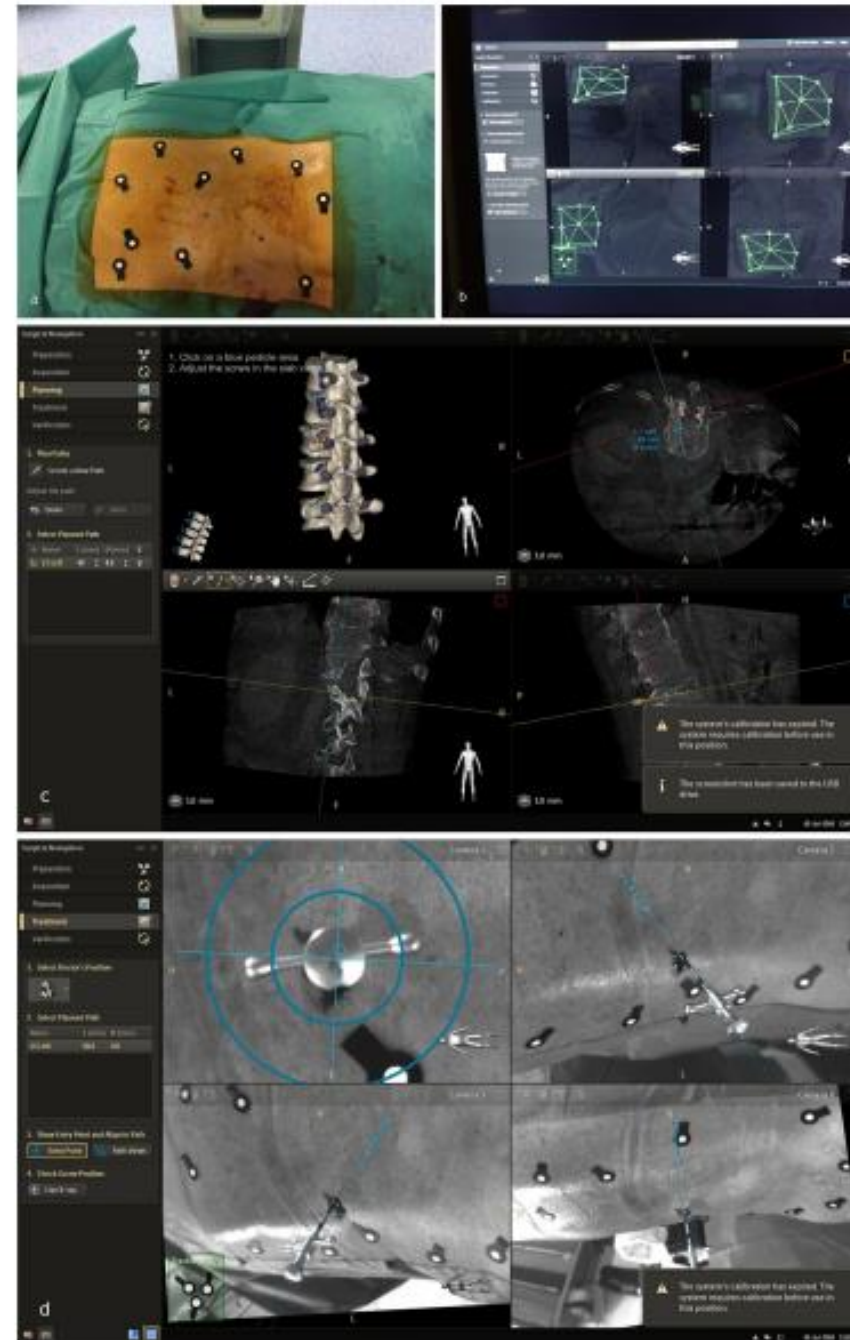
1. Augmented Reality/Artificial Intelligence-guided percutaneous vertebroplasty appears feasible and safe.
2. Augmented Reality/Artificial Intelligence-guided percutaneous vertebroplasty offering accurate navigation.
3. Augmented Reality/Artificial Intelligence-guided percutaneous vertebroplasty facilitates lower patient radiation exposure compared to fluoroscopic-guidance.



**Fig. 2 a** The navigation system integrates four small video cameras into the centre of each side of the flat-panel C-arm detector, directed towards the isocentre. **b** Following CBCT and co-registration of optical and CT data, AI-generated motion-compensated device trajectory

is superimposed on all four video-camera outputs displayed on the monitor, enabling the surgeon to precisely align the device with the “bull’s-eye view” and advance along the planned trajectory with real-time video feedback in multiple planes


**Fig. 3** **a** Between 6 and 10 sterile fiducial skin markers are fixed within the field of view of the cameras, avoiding skin entry-points. **b** These are recognised by the software and a mesh model is generated by interconnecting the markers, enabling real-time motion compensation. **c** Following CBCT, the software automatically recognises the pedicles and displays 2D and 3D planning CT data on the user-interface. The surgeon selects the target vertebra and confirms or adjusts the AI-generated suggested trajectory. **d** After validation by the surgeon, the C-arm automatically rotates to the “bulls-eye” view, and the monitor displays the planned trajectory superimposed on multi-planar live video images from each camera. The surgeon aligns the trocar with the planned trajectory on all camera-angles, and advances the device while maintaining precise alignment in all four augmented imaging-planes







# A closer look to the new frontier of artificial intelligence in the percutaneous treatment of primary lesions of the liver

M. Citone<sup>1</sup> · F. Fanelli<sup>1</sup> · G. Falcone<sup>1</sup> · F. Mondaini<sup>1</sup> · D. Cozzi<sup>2</sup> · V. Miele<sup>2</sup> 

Received: 20 March 2020 / Accepted: 8 May 2020 / Published online: 18 May 2020  
© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2020

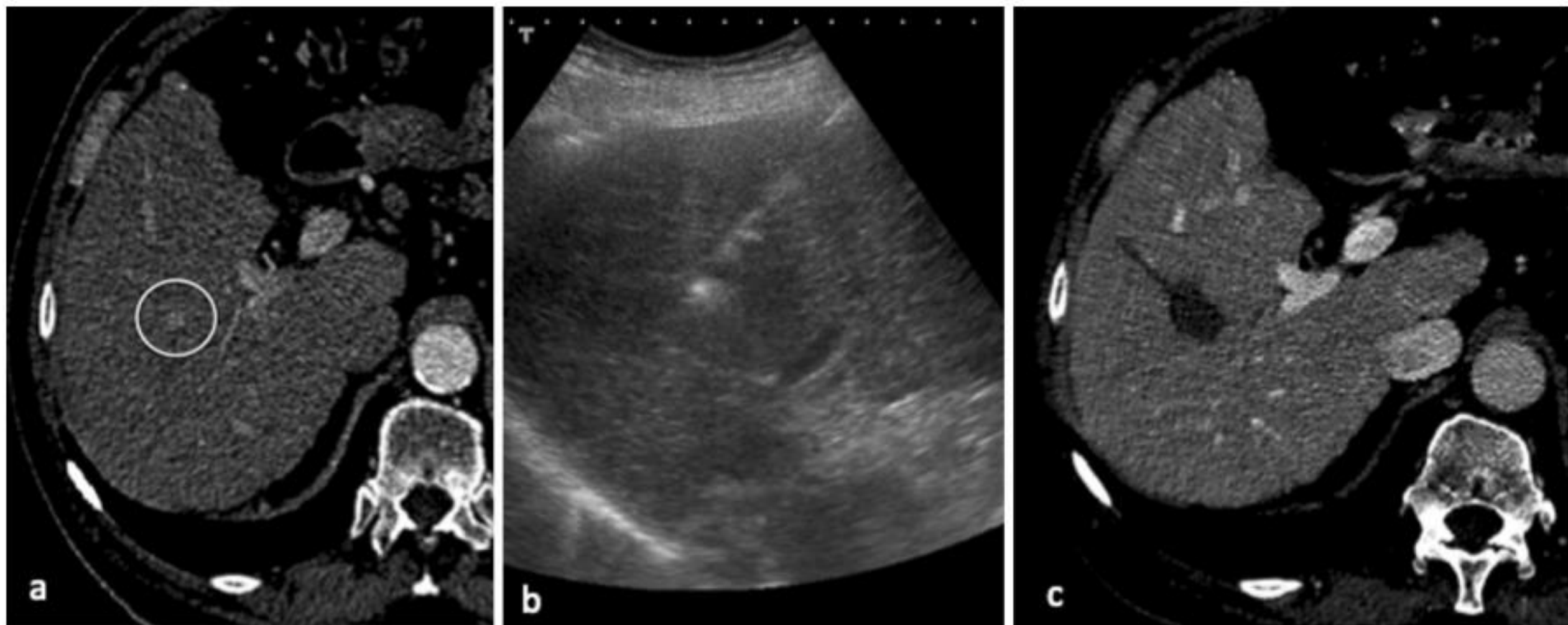
- The purpose of thermal ablation is induction of tumor death by means of localized hyperthermia resulting in irreversible cellular damage.
- Ablative therapies are well-recognized treatment modalities for HCC lesions and are considered standard of care for HCC nodules (3 cm) or multicentric nodules as well as complex nodule location and poor lesion conspicuity.
- Artificial Intelligence (AI) is a general term referred to computational algorithms that can analyze data and perform complex tasks otherwise prerogative of Human Intelligence.
- AI has a variety of application in percutaneous ablation procedures such as Navigational software, Fusion Imaging, and robot-assisted ablation tools. Those instruments represent relative innovations in the field of Interventional Oncology and promising strategies to overcome actual limitations of ablative therapy in order to increase feasibility and technical results.

# FI technology

- Fusion Imaging (FI) is an Artificial Intelligence-based technique which allows to fuse two different imaging modalities

# Navigational tools and robot-assisted procedures

- Correct needle/placement is a crucial part in percutaneous ablation procedures.
- The term “robot-assisted procedure” usually refers to use of specific software and navigation systems.
- Those tools have been developed to assist in several aspects of ablation procedures such as procedural planning and placing of the needles/probes



**Fig. 1 a** CECT scan correctly depicts 12 mm HCC liver nodule (circle) at the level of the V liver segment. The nodule is not clearly visible with conventional US. **b** Using fusion guidance, the RFA needle

is inserted in the target lesion. **c** 30 days follow-up CECT shows outcome with complete ablation of the target nodule

- The development of Artificial Intelligence-based technology allows to create processes that combine data from independent hardware in order to assist the operator into the main steps of the ablation procedure.
- One of the undeniable advantages is the possibility to treat relative confidence nodule with poor conspicuity at conventional B-mode US by means of Fusion Imaging Technology.

Köszönöm a figyelmet!



SEMMELWEIS  
EGYETEM 1769