

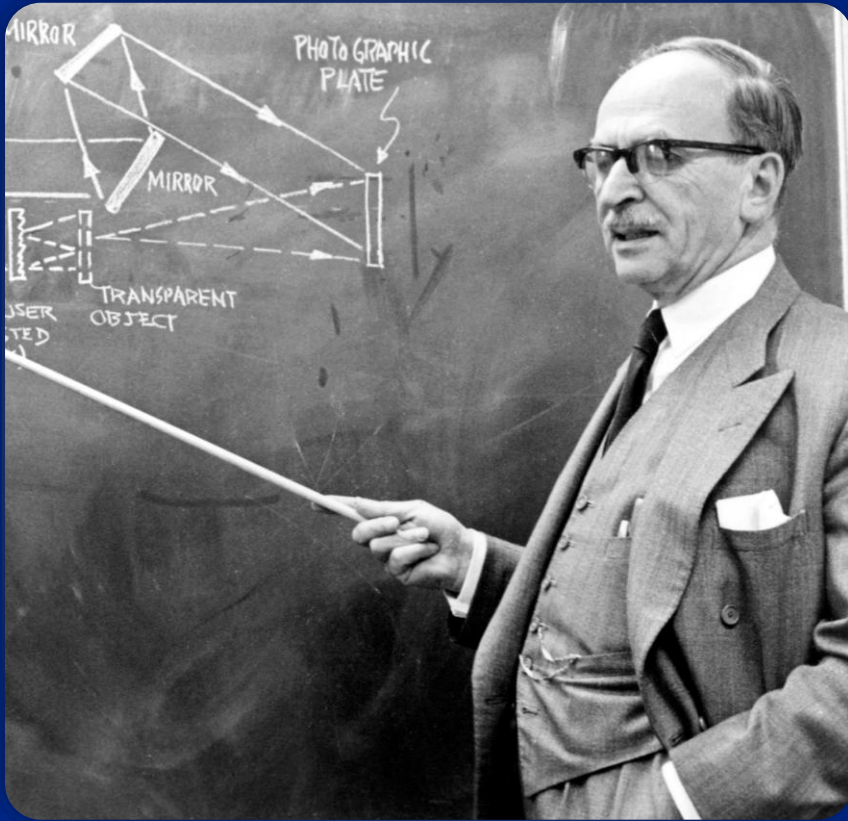


# Augmented and Mixed Reality in Surgery

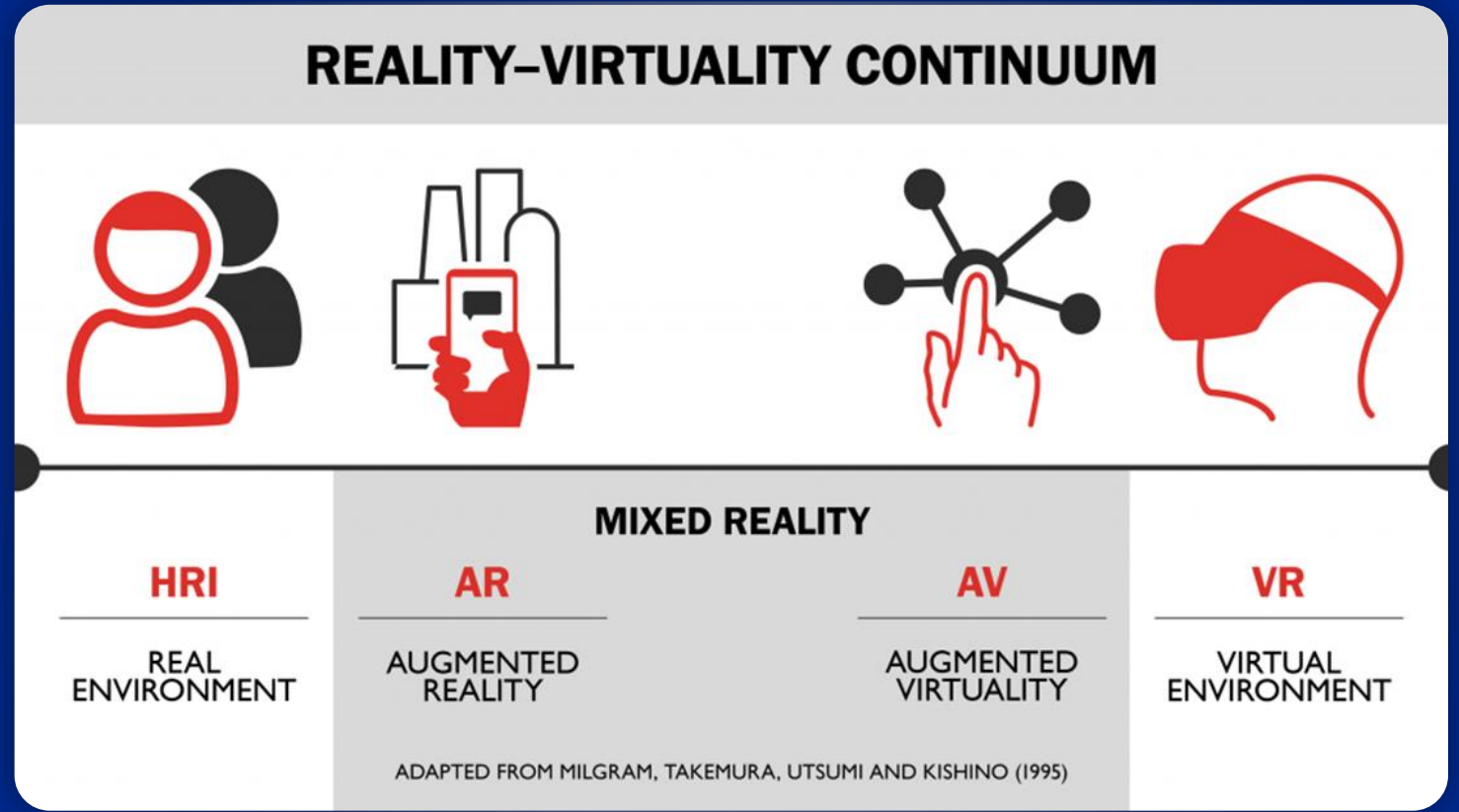
Kristóf Móga MD, PhD

OE-EKIK-BARK

# Holography 20th vs. 21st century



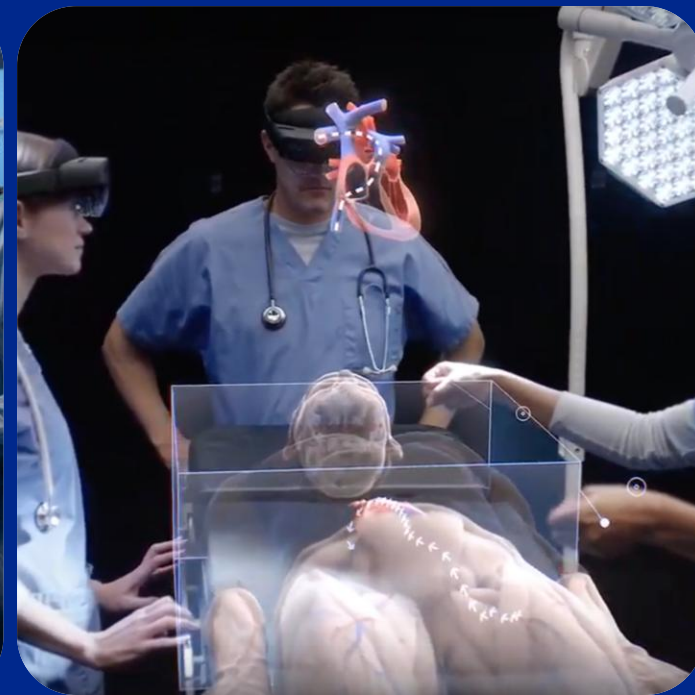
$$XR = VR / AR / MR$$



Milgram's concept (1995)

# Where to use?





Education (residents, patients), skill training (simulations with haptic feedback)

Telemedicine, teleconsulting, teletherapy (pandemics, remote collaboration, avatar based communication)

**Pre- and intraoperative use** (open / laparoscopic / RAS surgical planning and navigation – 3D spatial understanding)

Real-time navigation! Deep learning and AI for organ-model segmentation...

Situation Awareness – collect and analyse data for a better and safer operative environment

Standardisation and benchmarking are not yet in use in surgery...

Surgical uses

# Alternative to RAS?

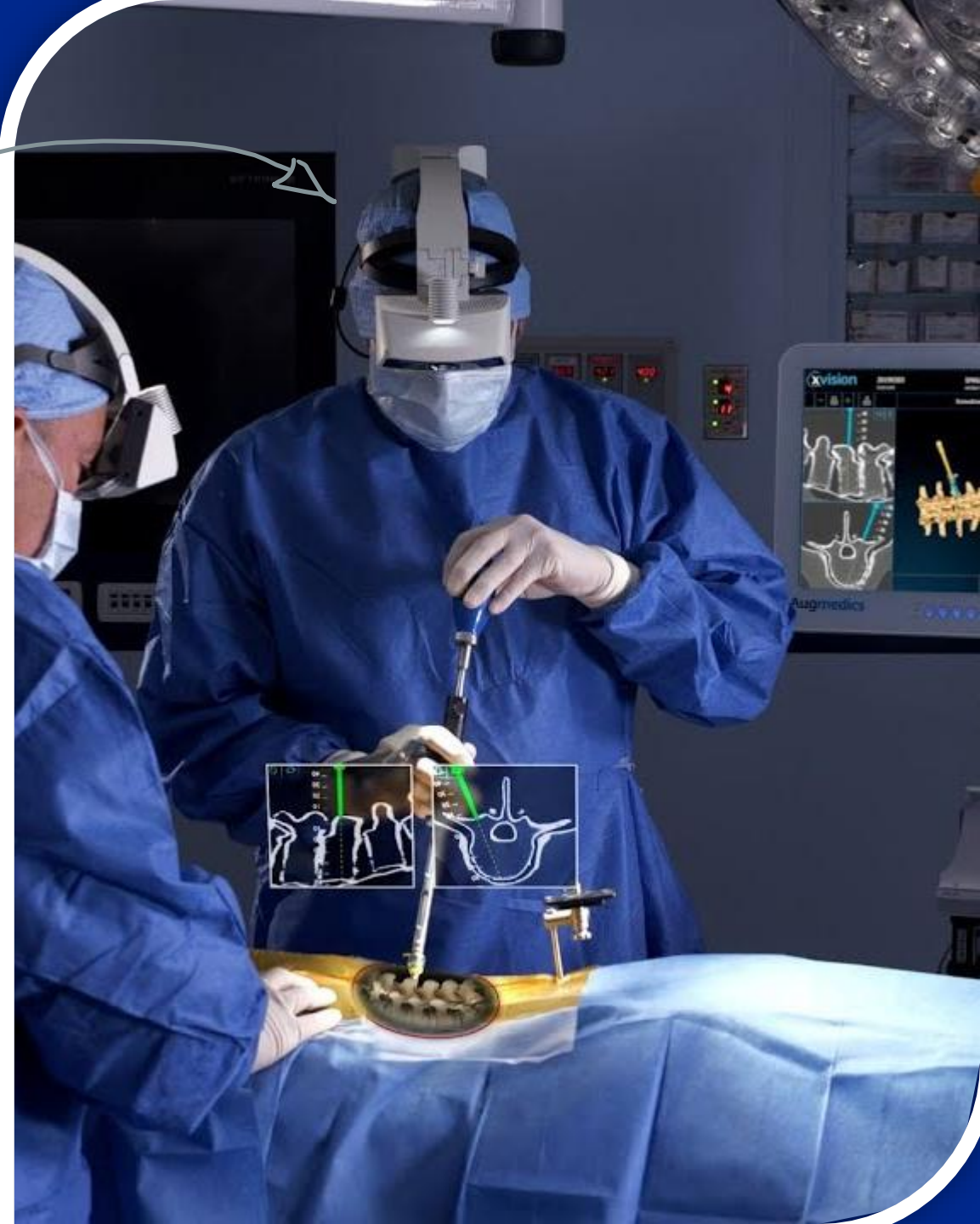
Augmented- / Mixed Reality Head-Mounted Display  
(AR / MR HMD)

Kisebb technológiai invazivitás

Potenciálisan ugyanaz a pontosság növelés  
klinikai használatban:

Gerincsebészet (PSP - pediculus csavarozás)

- Gertzbein–Robbins scale (GRS A&B)
- linear tip error (LTE)
- angular trajectory error (ATE)



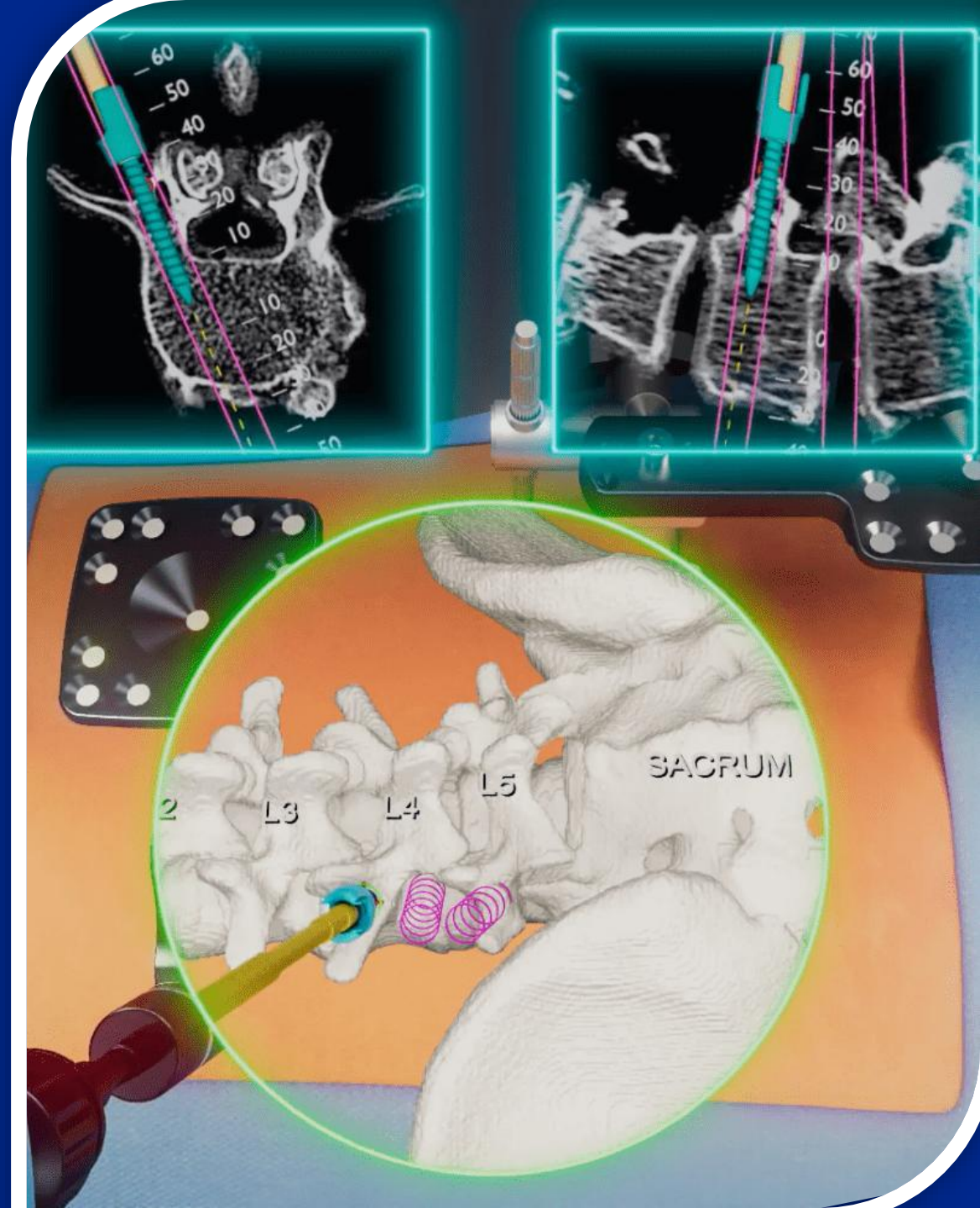
# However...

Ahhoz, hogy a RAS mellett validált alternatívaként jelenjen meg a klinikumban

Hiányzó standardizált metrikák  
Átfogó használhatósági vizsgálatok  
Nem technikai készségek figyelembevétele

Már létező gerincsebészeti (PSP) megoldások  
Augmedics xVision és X2™ (FDA)

Publikációk alapján újabb HMD-k bevonása van folyamatban, pontossági adatokkal, ami rendszerek objektív összehasonlítása nehezített



# Usability of AR/MR HMD

## Systematic Literature Review

- Szisztematikus irodalomkutatás (PRISMA protokoll)
- AR/MR-HMD, PSP, élő, cadaver, fantom modell
- Elmúlt 10 év, angol nyelv
- Analízis: STATA17

272

Élő páciens PSP (7 publikáció, xVision)

1258

Pedicularis csavar: GRS A,B 98.7%

51

Cadaver, fantom eset (+7 publikáció, HoloLens 2)

	LTE	ATE	GRS A és B
Cadaver	3.96 mm ( $\pm 3.15$ )	5.02° ( $\pm 3.79$ )	96–97.5%
Phantom	1.52 mm ( $\pm 0.57$ )	4.92° ( $\pm 6.58$ )	94–98.4%

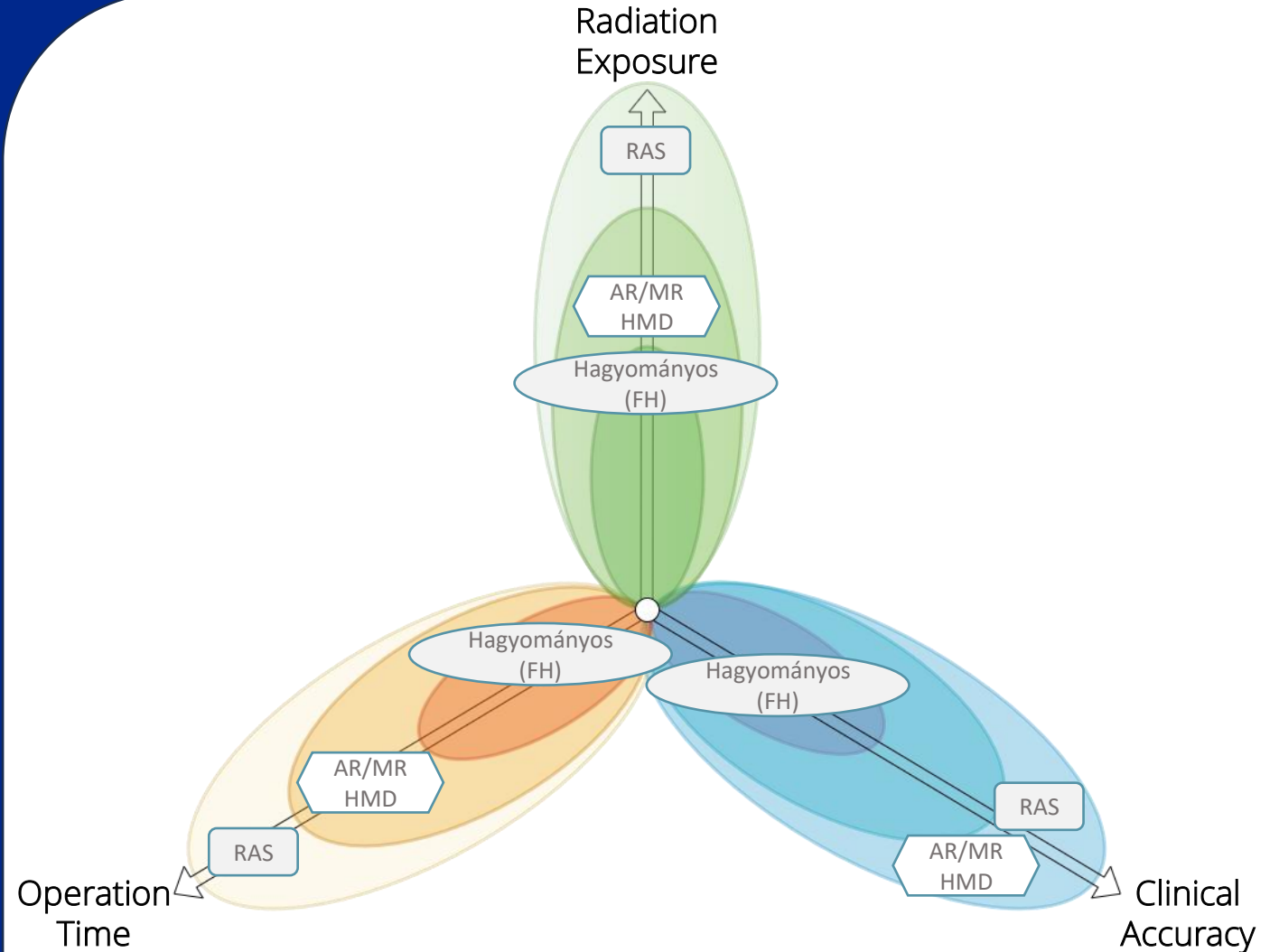
AR/MR-HMD ~ RAS pontosság (2-4 mm!)  
Sugárterhelés csökkenés

# Non-Technical Skills

Ergonomy, Situation Awareness,  
Decision-making, Communication  
Team-work, Leadership

Klinikailag releváns, mérhető adatok:

- PSP pontosság (Clinical Accuracy)
  - GRS A, AB %, ATE, LTE
  - Páciens-kép regisztrációs hiba (mm)
- Sugárterhelés (Radiation Exposure, mGy/m<sup>2</sup>)
- Műtéti idő (OT - Operation Time, ± 15%)



# Situation Awareness

További kritikus, nem, vagy ritkán publikált adatok, nem technikai készség szinten:

- Ergonómia
- Helyzettudatosság (SA) – szubjektív adatok
- Döntéshozás, kommunikáció

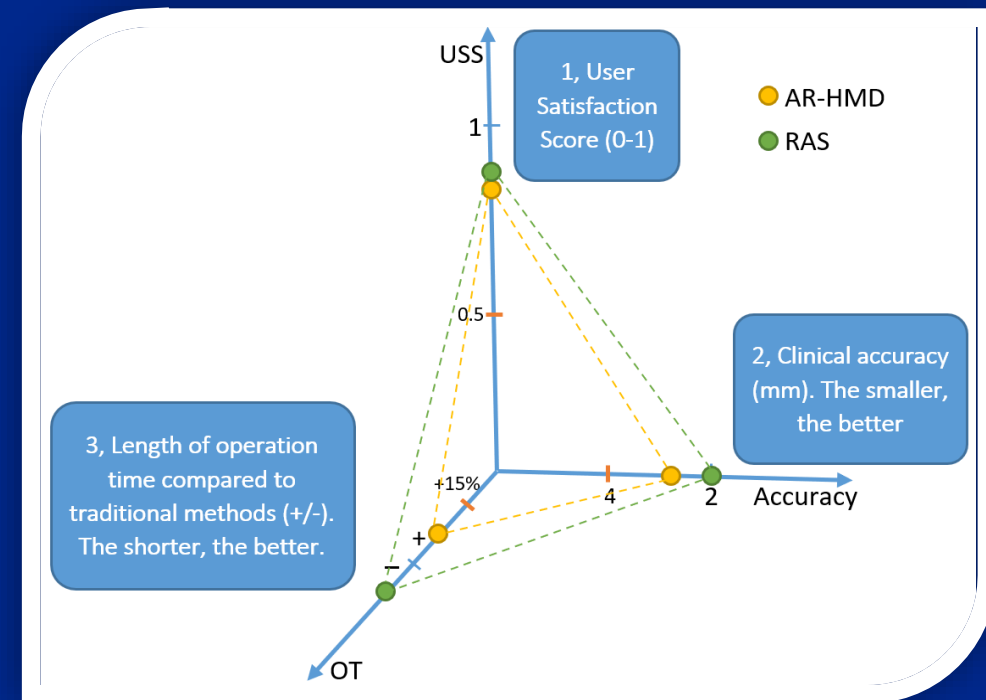
Quantitatív lehetőségek SA méréséhez:

- Questionnaire for User Interaction Satisfaction (QUIS)
- Smart Glasses User Satisfaction (SGUS- AR észlelés, interakció, helyzet és objektum felismerés, AR tartalom)
- NASA-TLX -> SURG-TLX

Standardizált User Satisfaction Score (USS)

# User Satisfaction Score (USS)

- Ergonómia: súly, kényelem rövidtávú (<60min) és hosszú távú (>60min) használat során (pl. túlmelegedés, izzadás, pára, mint zavaró tényezők)
- Látótér (FoV): vizuális zavaró tényező, kitakarás, diszkomfort, figyelem elterelődés
- Képminőség: kép pontossága, kontrasztos láthatóság, immerzió, valósághűség
- Irányítás: precíz, pontos tekintet, mozgás, hangutasítás követés
- Használhatóság: könnyű munkafolyamat integráció, intuitív megjelenésű rendszerhasználat a páciens-kép regisztráció és navigáció során
- Jövőbiztos, biztonságos alkalmazás



pl. xVision:

Ergonómia súlyozva: 0.133  
Látószög súlyozva: 0.091  
Képminőség súlyozva: 0.163  
Irányítás súlyozva: 0.135  
Használhatóság súlyozva: 0.138  
Jövőtállóság súlyozva: 0.103

Teljes USS = 0.763

# Workload Assessment

**64.71 ± 23.86**

Teljes munkaterhelés

## SURG-TLX

- 16 sebész, 3 tapasztalati csoport
- HoloLens 2 perioperatív használat
- 6 súlyozott mentális és fizikai terhelést, stressz mértékét vizsgáló dimenzió (20-pontos bipoláris Likert skála)
- 15 páronkénti többszörös összehasonlító próba
- Dimenziók összege adja meg a teljes munkaterhelést.

Tapasztalati csoportok szerint:

0-6 év	50.71
7-15 év	70.2
16+ év	100

- Helyzeti stressz (Situation Stress)
- Időbeli nyomás (Temporal Demand)
- Feladat komplexitás (Task Complexity)
- Fizikai, ergonómiai teher (Physical Demands)
- Zavaró tényező (Distraction)
- Mentális igénybevétel (Mental Demands)

Nem meglepő korosztálybeli különbségek, nem egyforma befogadó készség és komplexitás

- Fiatal / kevés tapasztalatú sebészek: pozitív élmény, kisebb stressz
- Senior / tapasztalt sebészek: nagyobb ergonómiai, zavaró tényezők

# Technical Benchmarks

Optimális sebészi környezetbe illesztett AR/MR-HMD rendszer:

Ezen kritériumok alapot nyújtanak a jövőbeli fejlesztésekhez és klinikai validációhoz.

Alapvető javaslatok (HW = Hardware, SW = Software):

Széles látószög (FoV), csepp-por-párásodás mentes átlátszó kivetítő kijelző (IP65 védelem) – HW;

Kompakt integrált nagy kapacitású számítógép – HW;

Széles sávú vezeték nélküli kapcsolat – HW;

Hosszú akkumulátor üzemidő – HW;

Ergonomikus, kiegyensúlyozott eszköz 400g súly alatt – HW;

Érintés, kontroller nélküli irányíthatóság tekintet, mozdulat vagy hangvezérléssel – HW;

Intuitív, könnyen vezérelhető felhasználói felület – SW;

Beállítás, regisztrálás és kalibrációs támogatás – SW.

További javaslatok:

Automatikus fókusztávolság állítás – HW;

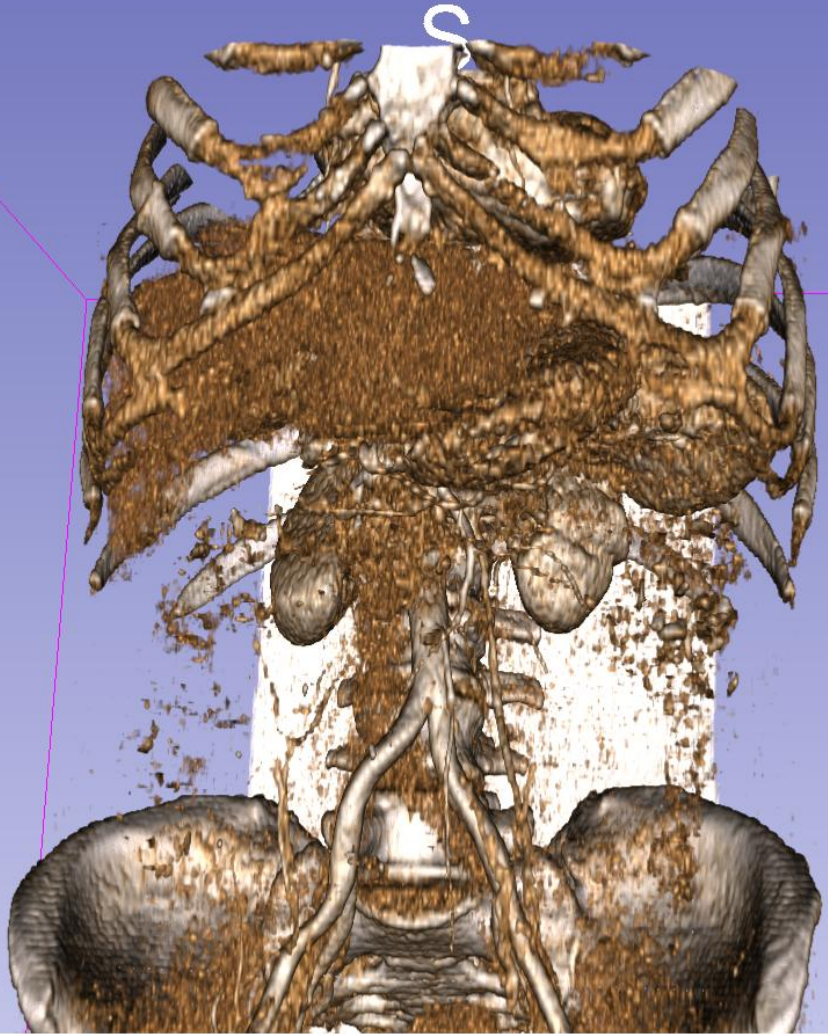
Haptikus/vibráció visszajelzés – HW;

Kép, videó, hanganyag felvétel, továbbítás, telekonzultáció – SW;

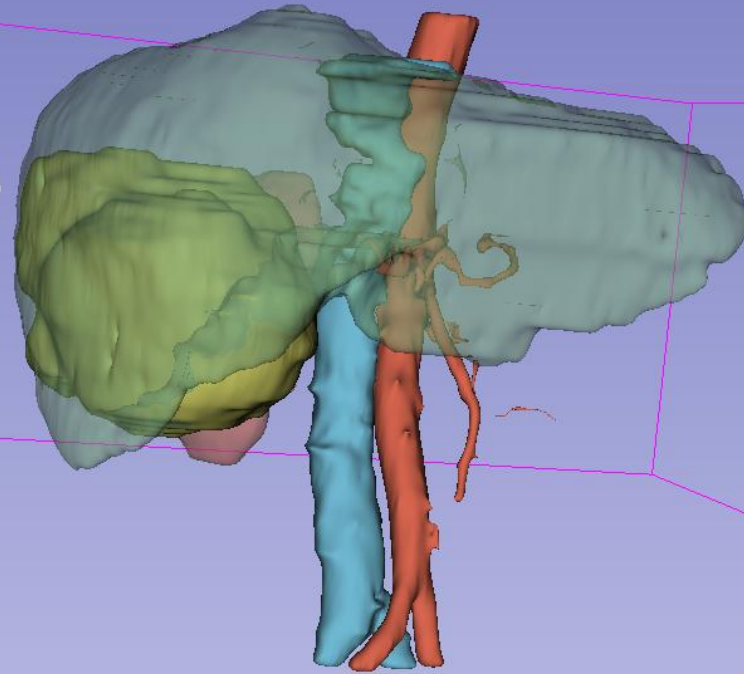
Környezeti, szituációelemzés, helyzetfelismerés, eszközkövetés – SW.

# Real life examples

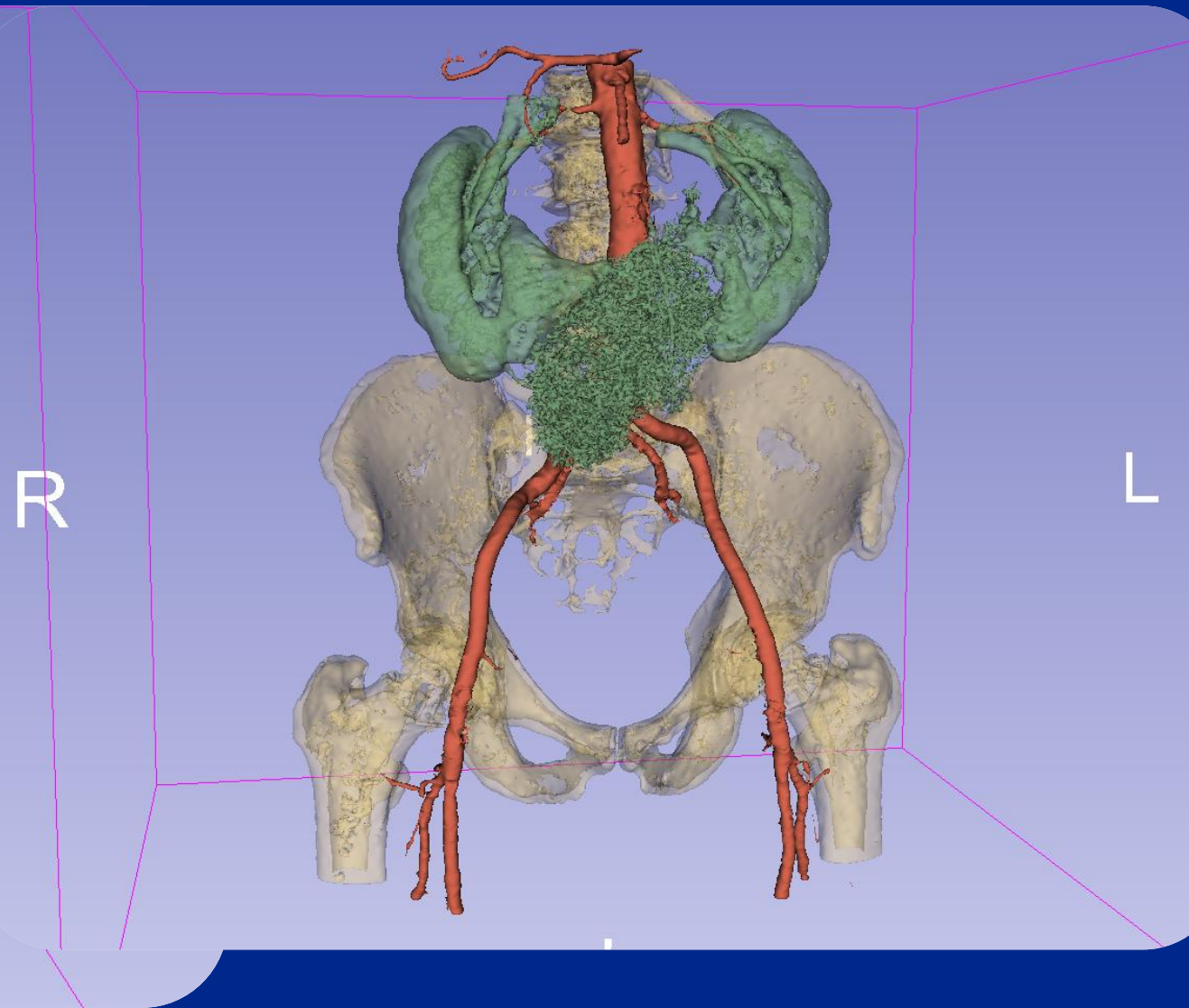
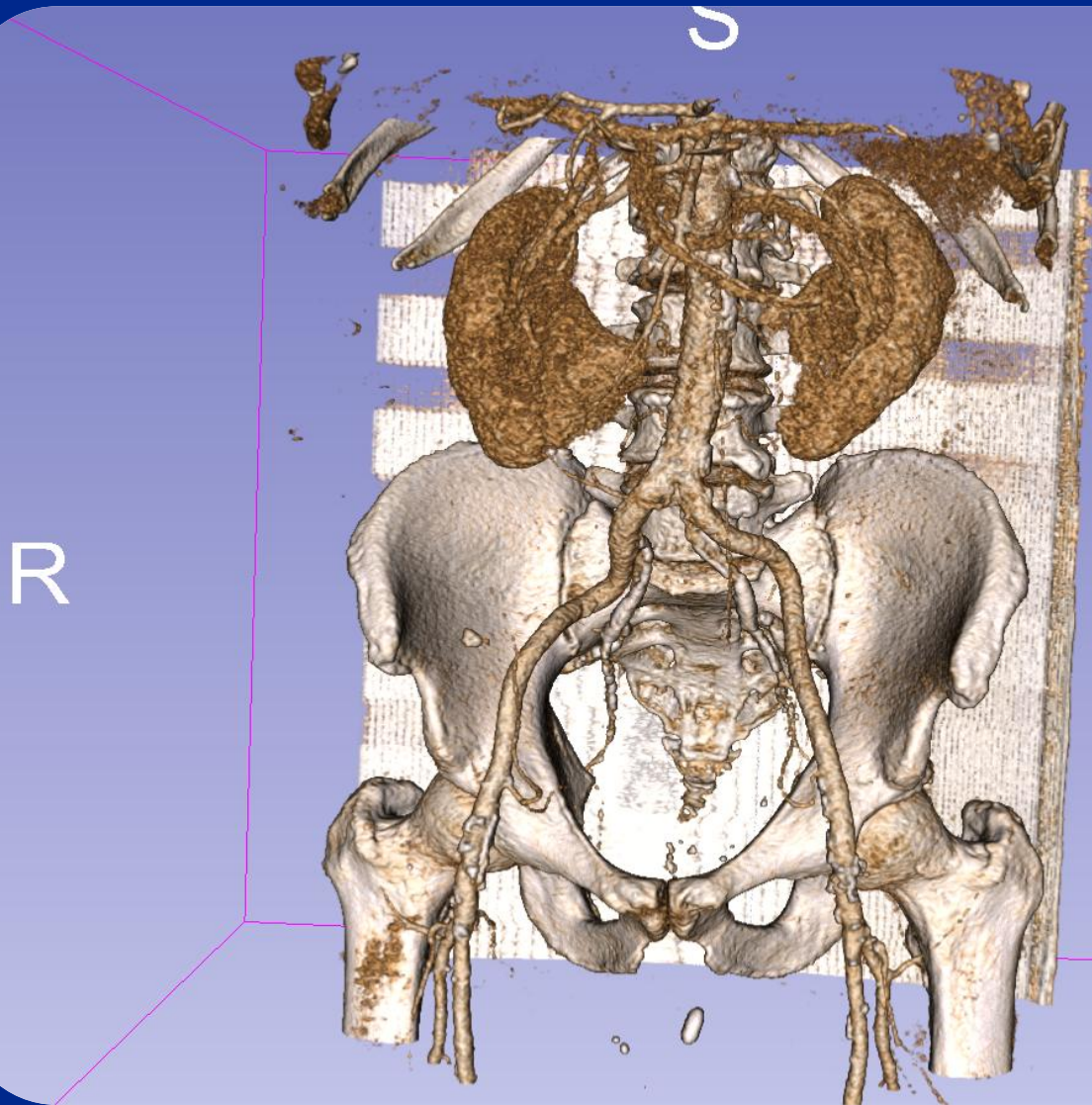
R



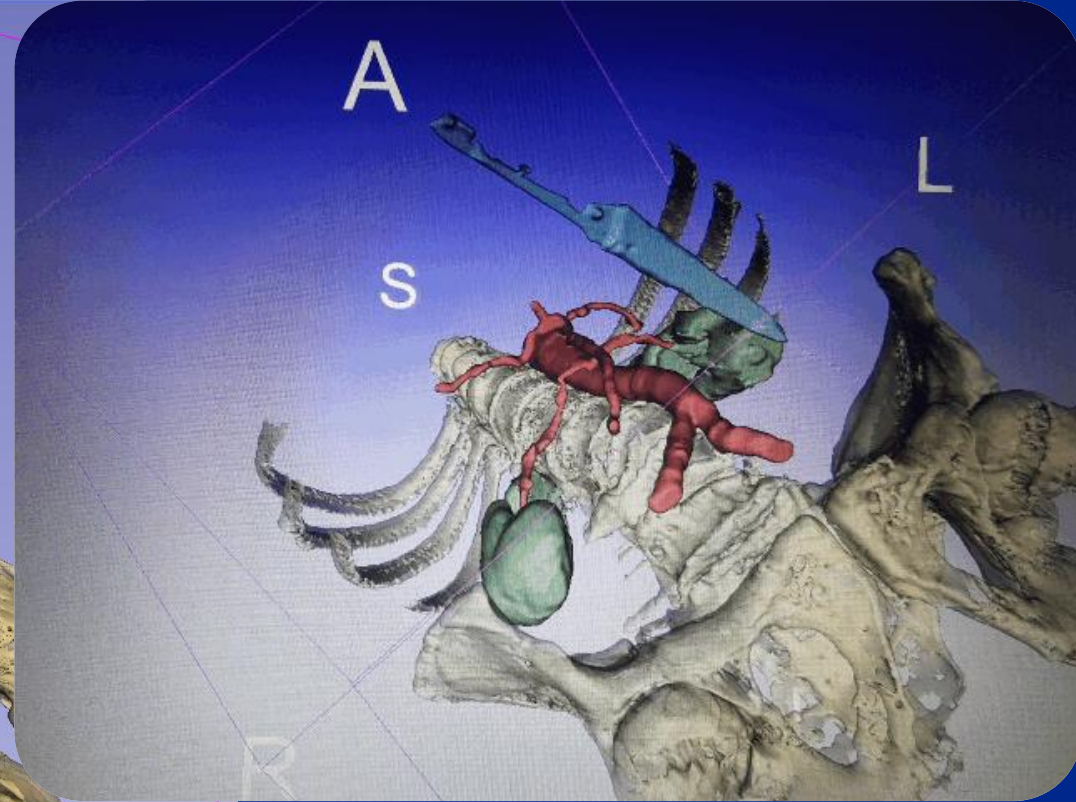
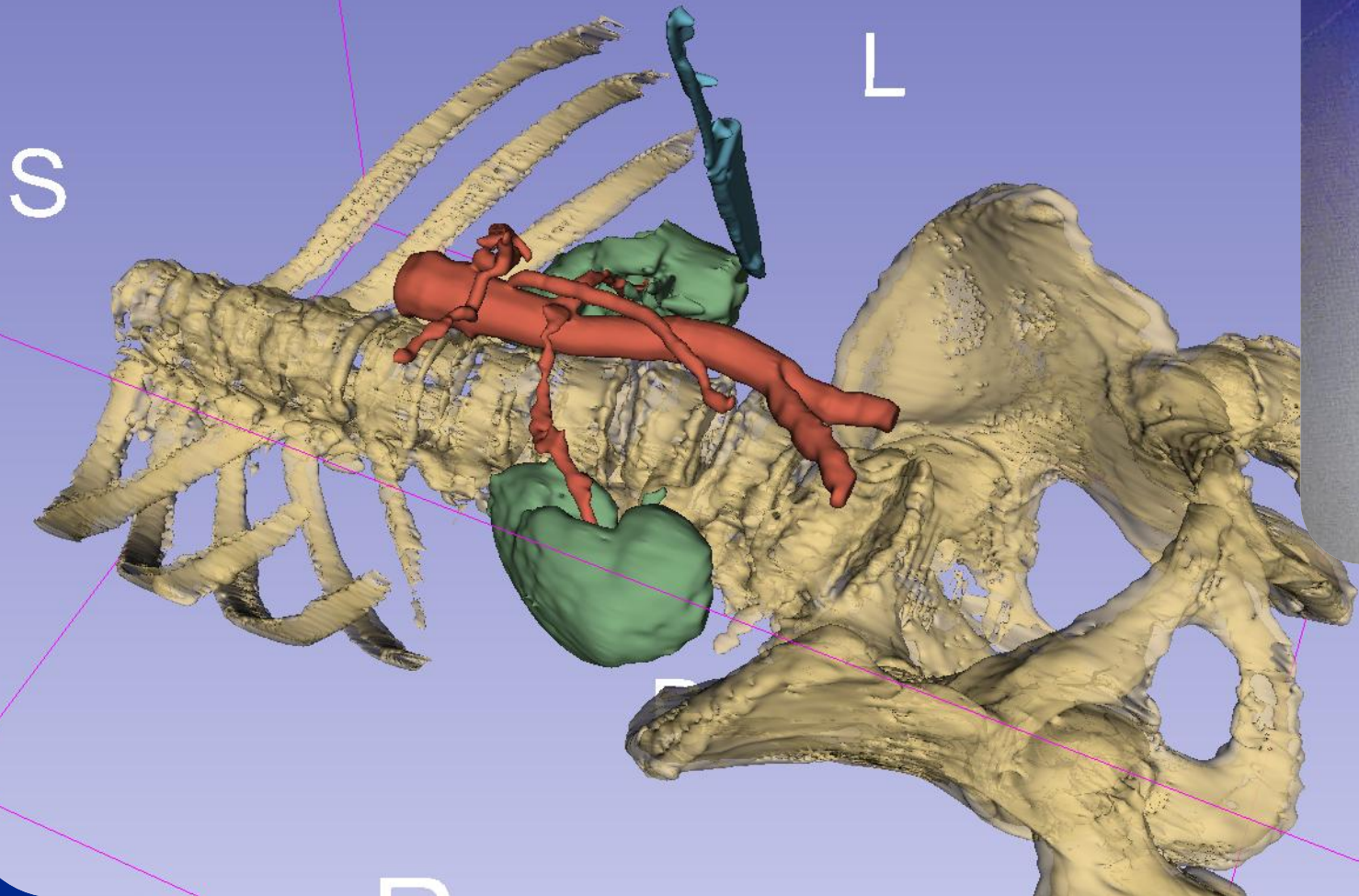
P



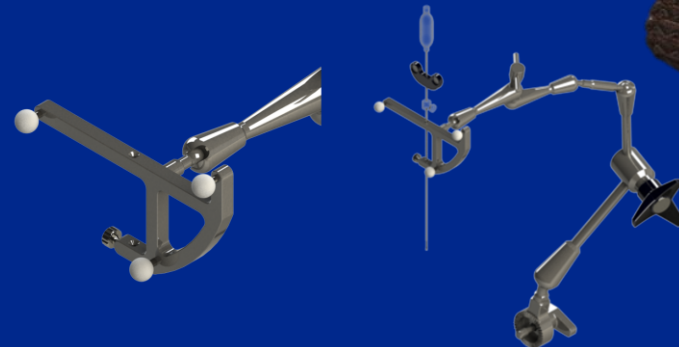
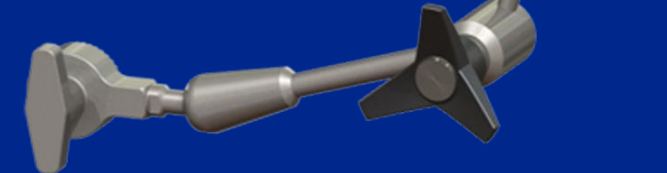
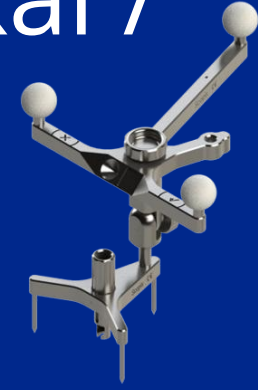
# Real life examples



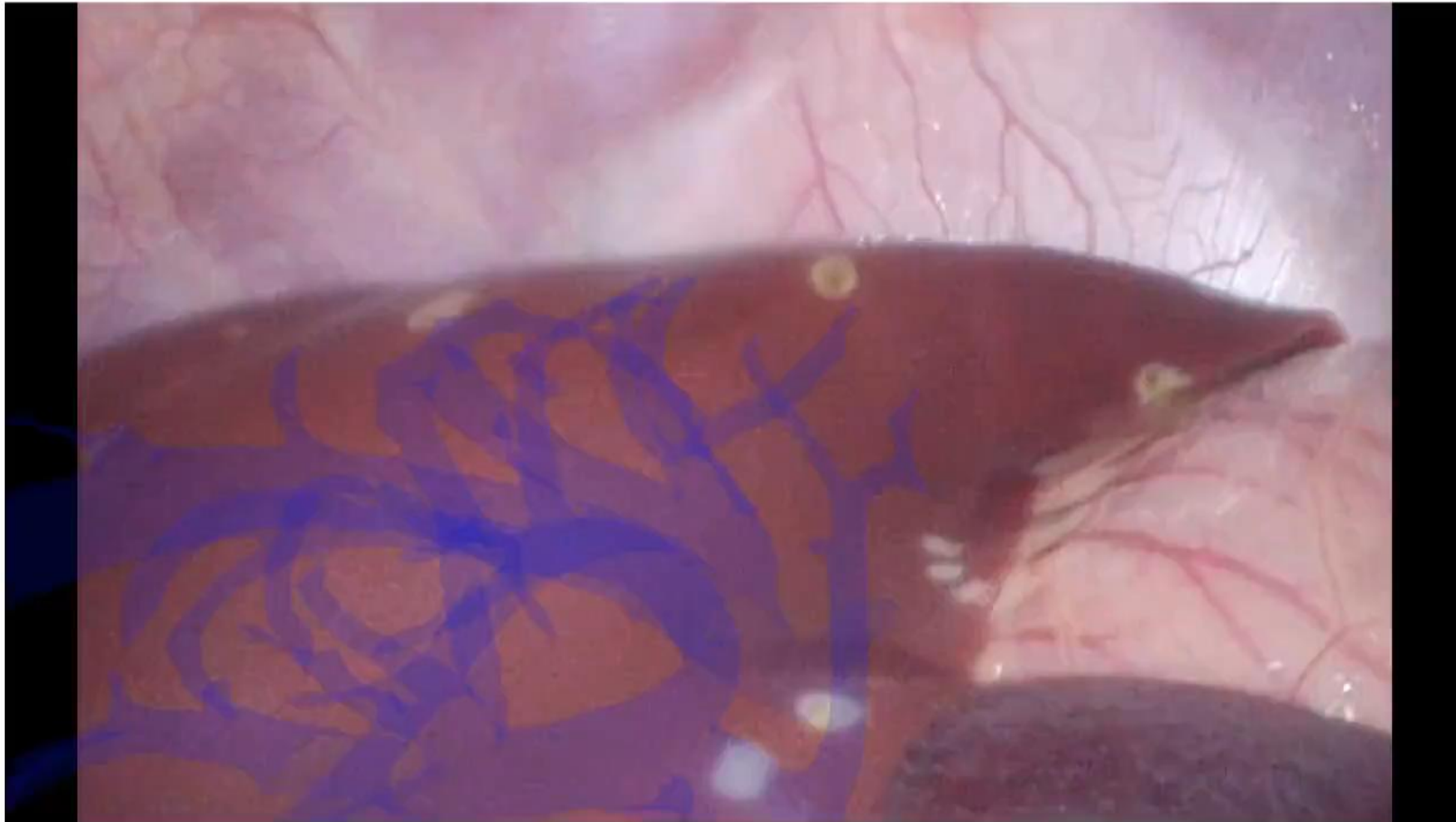
# Real life examples



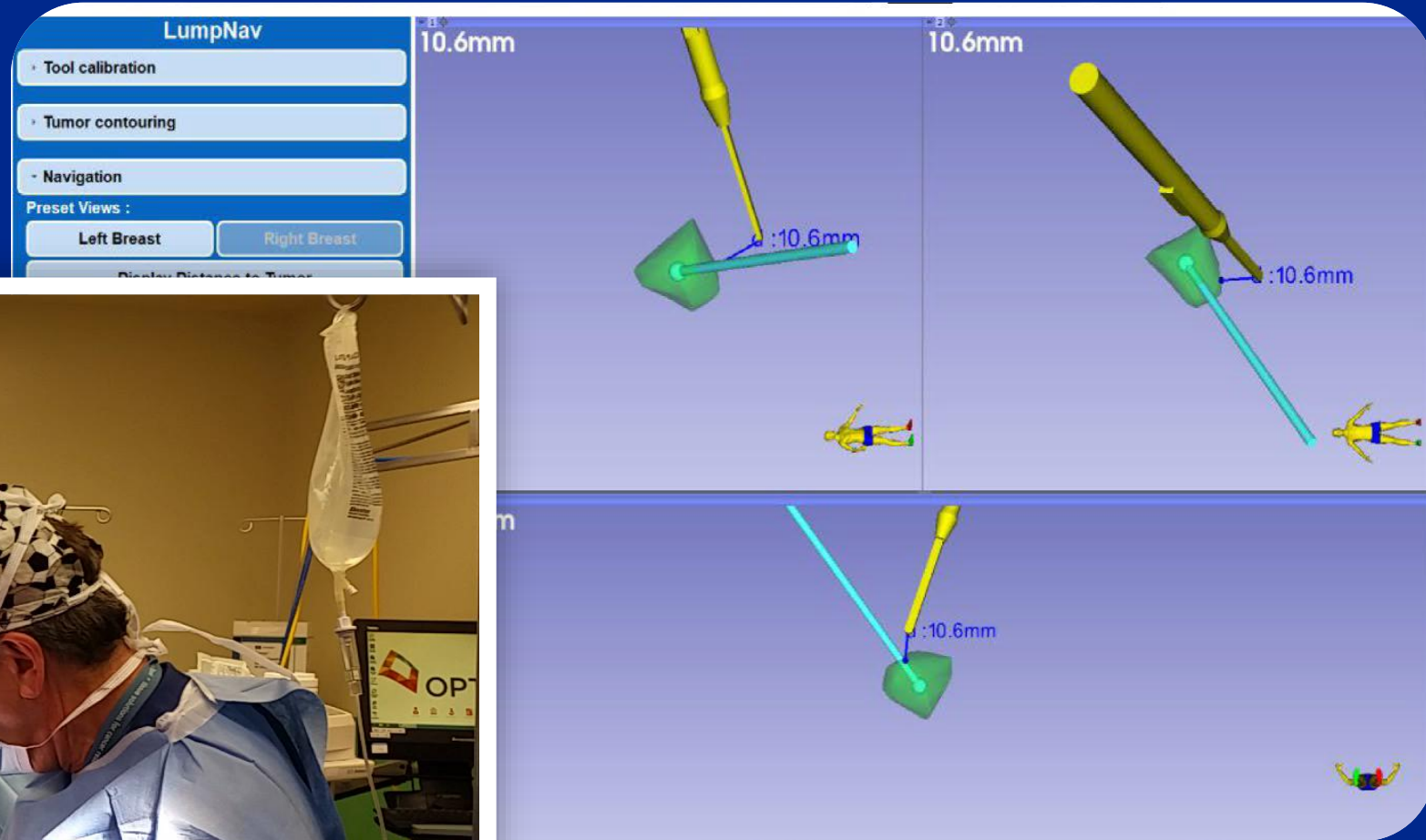
# Valós idejű Optikai / EM Tracking

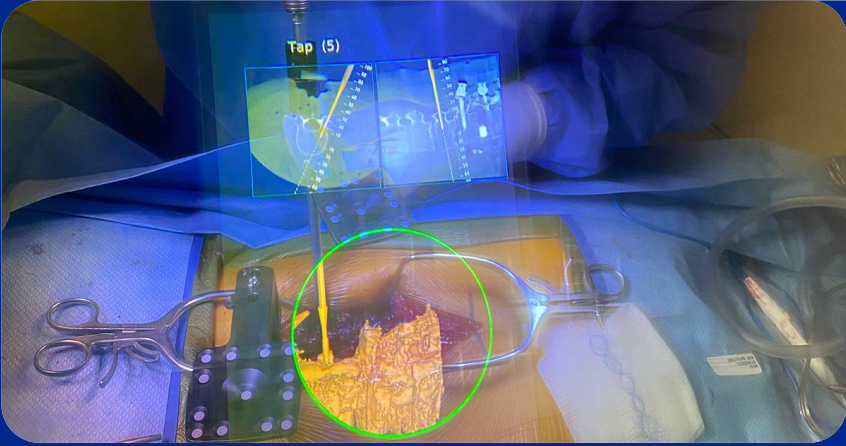
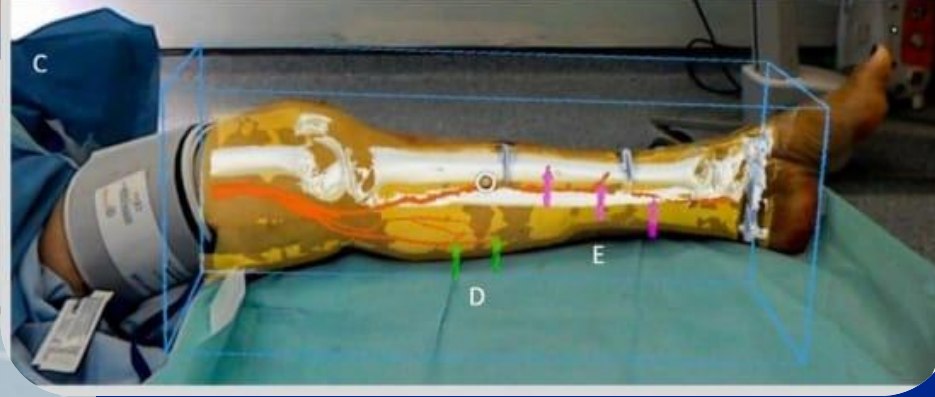
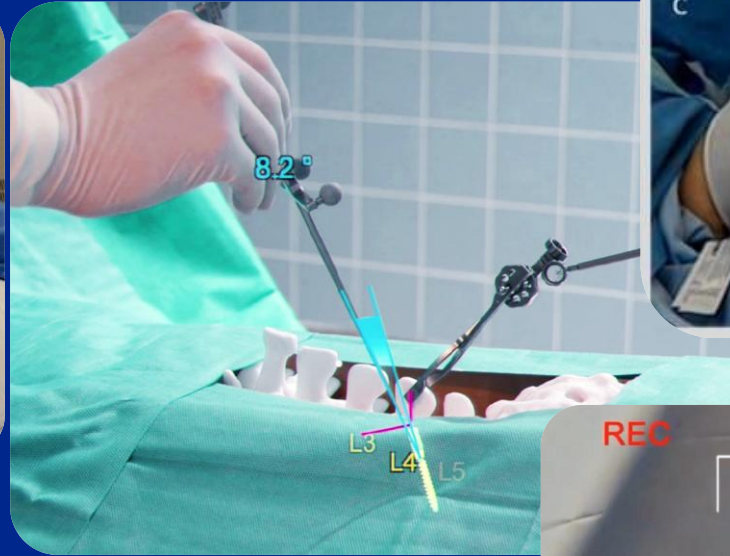
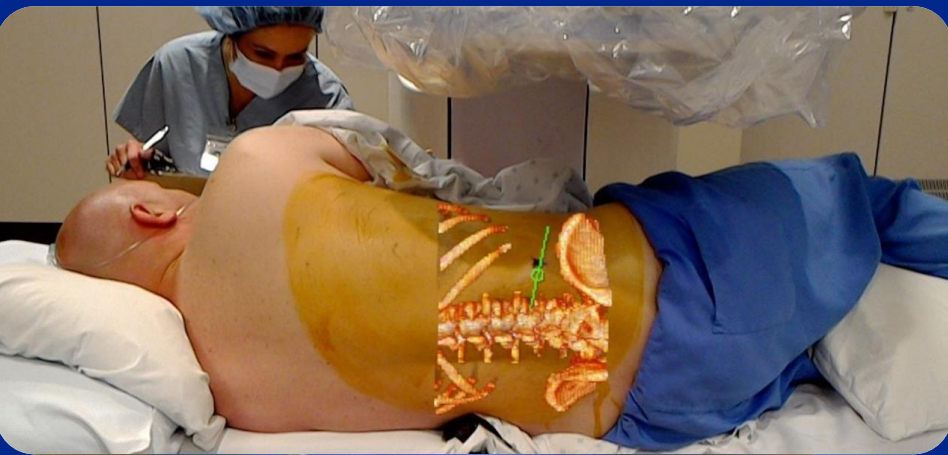
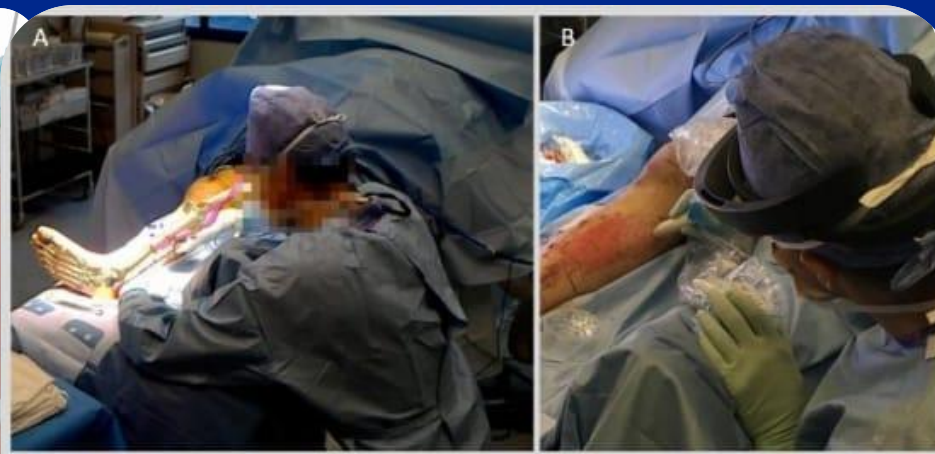
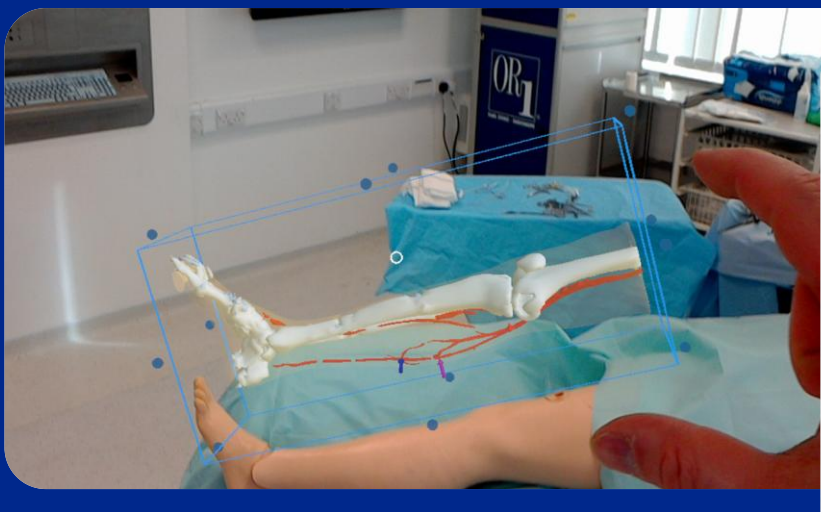


# Real-Time Use



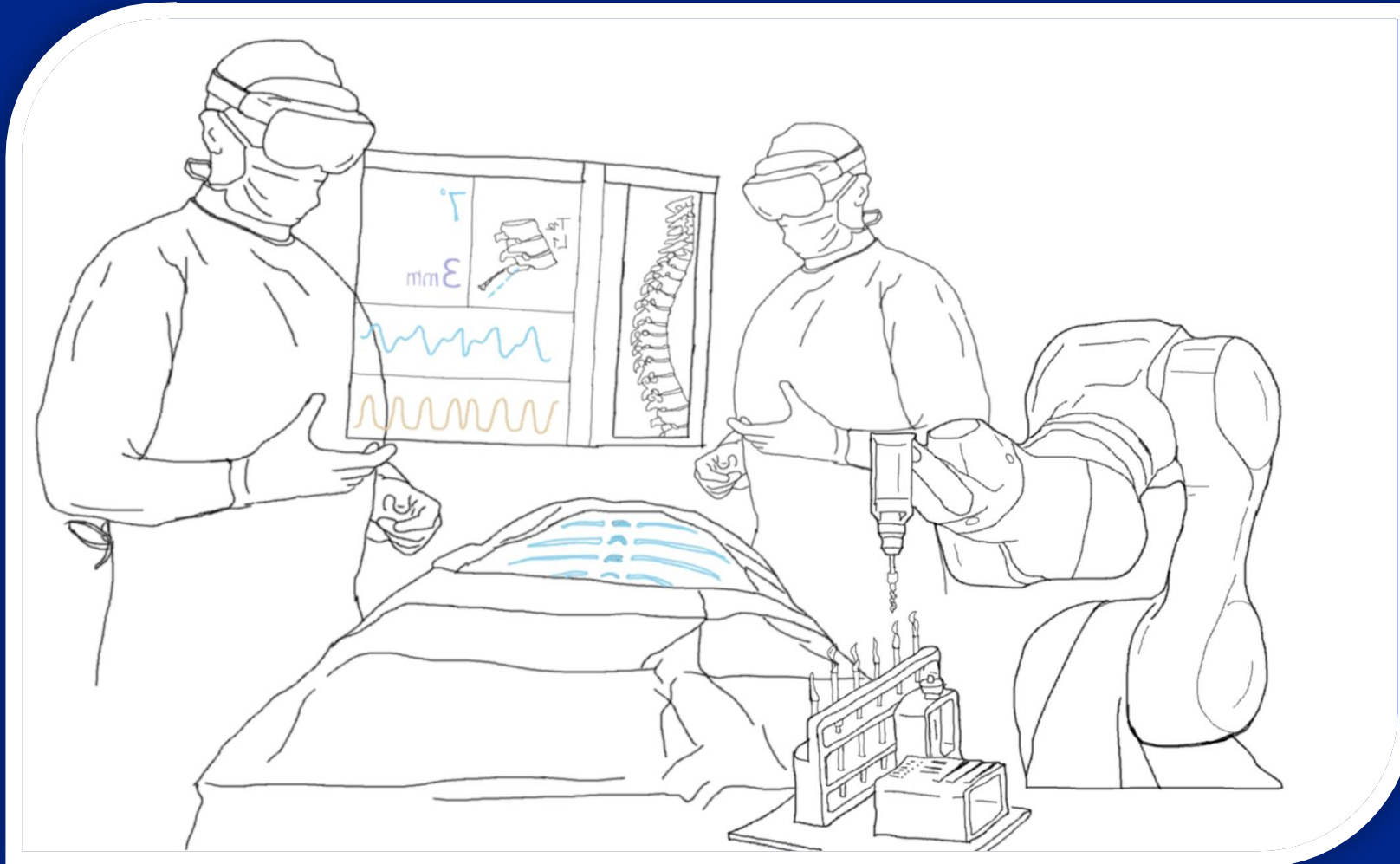
# Real-Time Use





„AR Surgery“

# Future advances...



## AI integration

- 3D imaging, segmentation
- Image-patient registration
- Situation Awareness
- Semi-autonom RAS tasks

# Thanks

