



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
ÁLTALÁNOS ORVOSTUDOMÁNYI KAR

A robotsebészet és annak aneszteziológiai vonatkozásai

Dr. Nagy Bálint PhD

Egyetemi docens

PTE KK Aneszteziológiai és Intenzív Terápiás Intézet

PTE ÁOK Szimulációs Oktatási Központ

Pécs, 2025



Mi is a robot?

- A robot szó eredete Cseh (robota), kényszermunkát jelent
- Programozható gép ami érzékeli a környezetét, döntéseket hoz, majd ezek alapján automatikusan cselekszik, ezzel részben vagy egészben kiváltja az emberi munkaerőt

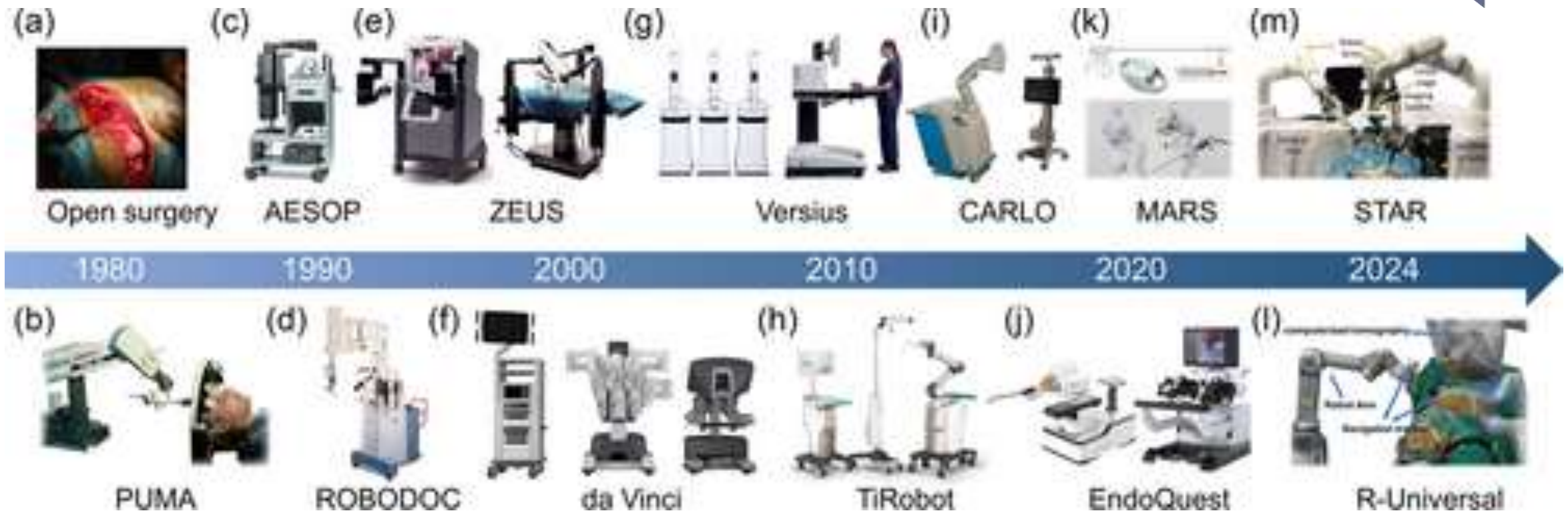


A robotsebészet története



- 1960-as évek – ipari robotok
- 1980-as évek – orvosi robotok (PUMA – CT vezérelt agybiopszia, PROBOT - urológia, ROBODOC - ortopédia)
- (endoszkópos sebészet fejlődése)
- 1990-es évek – „master-slave” rendszerek (NASA-telemedicina koncepció)
- 2000-es évek – da Vinci rendszerek megjelenése (Intuitive Surgical)
- 2010-2020-as évek – további platformok (HUGO, Versius, etc)

A robotsebészet története



„Master-slave” platformok



da Vinci



Versius



HUGO

A robotsebészet előnyei



- **Precizitás (kisméretű eszközök, tremor kiszűrése, „motion scaling”)**
- **Jobb képminőség (nagy felbontású nagyított 3D kép, mélységérzékelés)**
- **Emberi kéznél nagyobb szabadságfokú eszközök**
- **Előnyösebb a betegnek a vérvesztés, a felépülés, a sebfelszín, az idegkímélet és a fájdalom szempontjából**
- **Kevesebb a konverzió**
- **Ergonomikusabb az operatőrnek**

A robotsebészet nem mindenben jobb...



- **Drága beszerezni és fenntartani**
- **Hosszabb műtéti idő**
- **Sok helyen még nem elérhető**
- **Betanulást igényel (jogi problémák, nem minden sebész képezhető át)**
- **Nincs haptikus feedback – a force feedback rendszer fejlesztés alatt...**

A robotsebészet nem mindenben jobb...



- **Mindig készen kell állni a konverzióra (meghibásodás, vészhelyzet)**
- **Nincs bizonyított onkológiai előnye a laparoszkópiához képest**
- **Általánosságban nem kevesebb a 30 napos szövődmenyráta a laparoszkópiához képest**
- **Számos beavatkozás esetén az előnyei vagy a „cost-benefit” nem egyértelmű**
- **Előrelépés vagy egy „jól eladott” fejlesztés?**

A da Vinci rendszer elterjedtsége

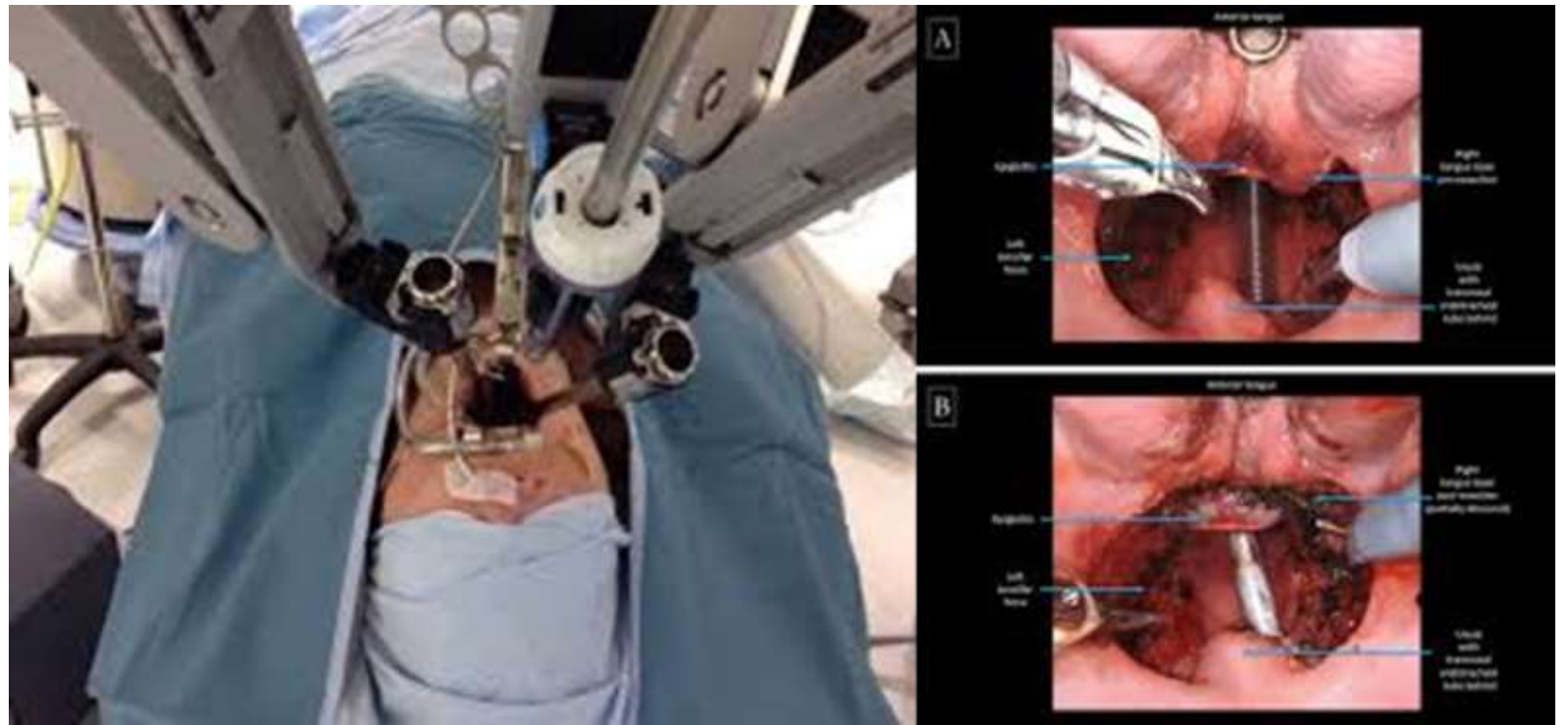


	Működő robotok száma	Piaci részesedés
Észak-Amerika	6,000+	58%
Európa	2,000+	19%
Ázsia	1,850+	18%
A világ többi része	500+	5%

Budapest (4), Pécs (1), Debrecen (1), Győr (1)

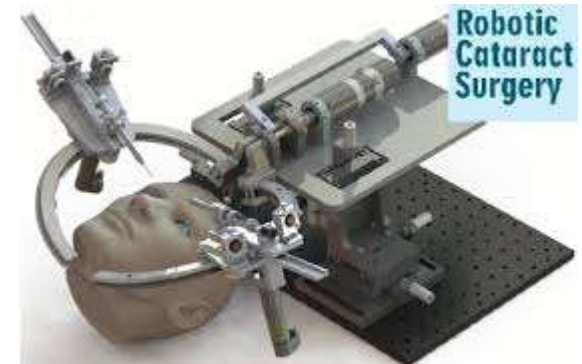
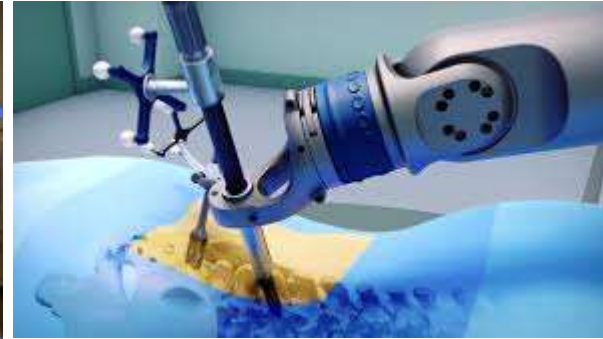
Szakterületek

- Sebészet
- Mellkassebészet
- Urológia
- Nőgyógyászat
- F.O.G.
- (Szívsebészet)



Szakterületek

- Ortopédia
- Gerincsebészet (MISS)
- Szemészet
- Endovascularis ellátás



A robotsebészeti műtéti team tagjai

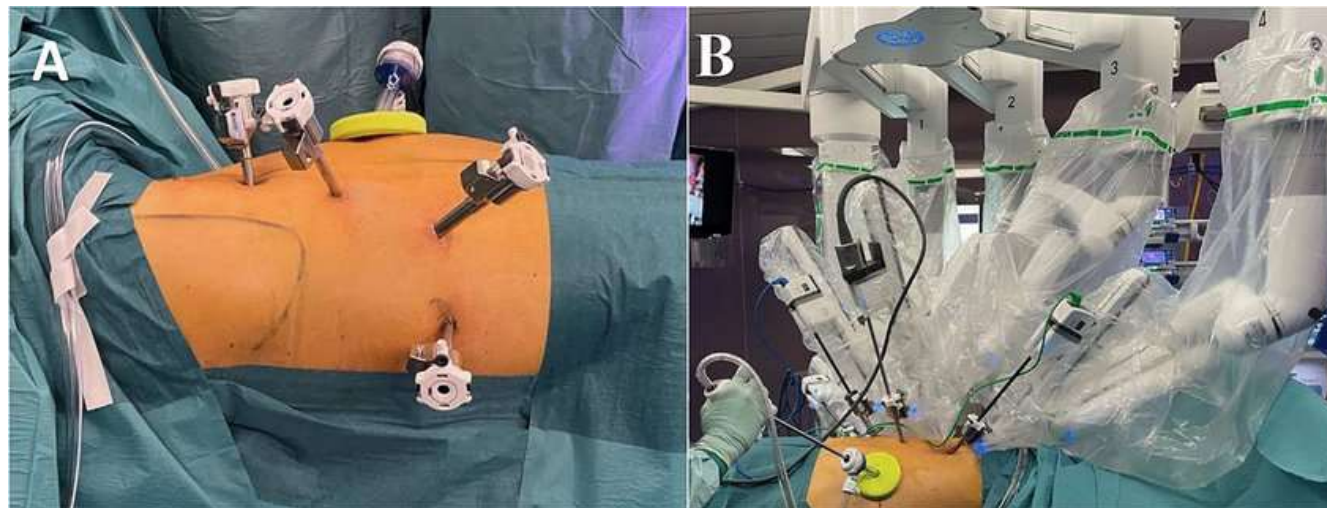


- **Konzolsebész (operatőr) - csak a műtét elején és a végén mosakszik be**
- **(Asszisztens sebész – nem mindig szükséges, általában leendő konzolsebész)**
- **Műtősnő – mindvégig sterilben van**
- **Műtőssegéd**
- **Aneszt. team**

A robotsebészeti műtét fázisai



1. Dokkolás: betegpozicionálás, portok helyének meghatározása és behelyezése, robot pozicionálása, robotkarok dokkolása, „targeting” (kb. 30 perc, általában 1-2 sebész és egy műtősnő végzi, már itt is szükséges a műtéti narkózismélység és az izomrelaxáció, CAVE: robotkarok)



A robotsebészeti műtét fázisai



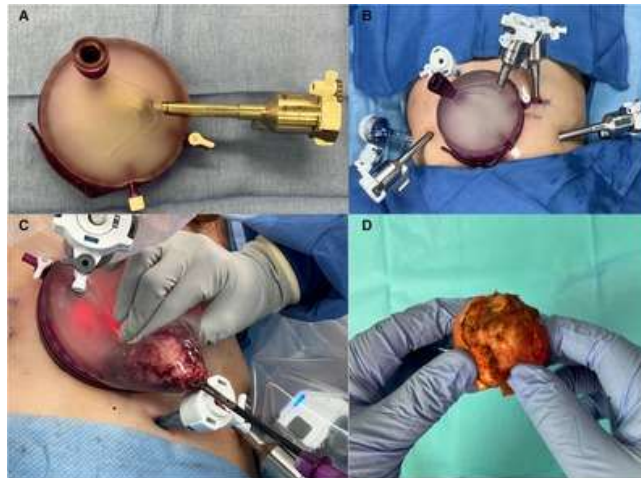
2. Műtét: egy műtősnő (és egy asszisztens sebész) van bemosakodva, míg az operatőr a konzol segítségével irányítja a robotot, beépített mikrofonok és hangszórók segítségével kommunikál a műtéti teammel



A robotsebészeti műtét fázisai



3. Kidokkolás: a műtét érdemi részét követően a robotkarok eltávolításra kerülnek, a robotot eltolják a műtőasztaltól, (az operatőr ismét bemosakszik), eltávolítják a speciment, zárják a sebet. Itt már nem szükséges folyamatosan adagolni az izomrelaxánst, az operatőrrel egyeztetve a 2. fázis végén az már leállítható!



A robotsebészet aneszteziológiai kihívásai



- **A rendszer sok helyet foglal (irányító konzolok, torony, robot és robotkarok, monitorok)**
- **Jelentősen korlátozott hozzáférés a beteghez**
- **(dokkolást követően a műtőasztal nem mozgatható kidokkolás nélkül)**
- **Extrém műtőasztal helyzetek (meredek Trendelenburg (20-45°), 180° elforgatás)**
- **Hosszabb műtéti idő főleg a tanulási görbe kezdeti szakaszában**

A robotsebészet aneszteziológiai kihívásai



- Pozicionálásból adódó sérülések, compartment szindróma, neuropátia gyakoribb (CAVE: robotkarok helyzete)
- Pneumoperitoneum és capnothorax szövődményei (PTX, subcutan emphysema, pneumomediastinum, gázembolia)
- Trendelenburg pozíció okozta problémák (felső test ödémája, regurgitáció, cornea sérülés)
- Haptikus feedback hiánya miatt spontán légzési aktivitás nem megengedett

Előkészületek és a narkózis



- Nem különbözik érdemben a hasonló laparoszkoós műtéektől
- Fontos a tervezés és a proaktív szemlélet (nem hozzáférhető a beteg)
- Az egyik (robot felőli) karja a betegnek legyen „szabad”...
- Körültekintő betegpozicionálás (támaszok, párnák, robotkarok helyzete, vezetékek, stb.)
- Hólyagkatéter és NG szonda (hasüreg és retroperitoneum műtétei)
- Szemek védelme (conjunctiva ödéma)
- Általában restriktív folyadékbevitel

Előkészületek és a narkózis



- 2 vastag PVK megfelelően hosszabbítva általában elég (CAVE: perfúzor szerelék)
- Artériás kanül és CVK betegtől és a műtét típusától függően
- TIVA vagy balanszírozott anesztézia? (PONV prevenció vs logisztika)
- Vértbiztosítás? (a tanulási görbe elején inkább legyen...)
- Normál ET megfelelő (kivéve mellkassebészet és F.O.G), de Trendelenburg kapcsán könnyen megtörhet, „becsúszhat”...

Legyünk egy fokkal óvatosabbak, körültekintőbbek és invazívabbak!

Izomrelaxáció

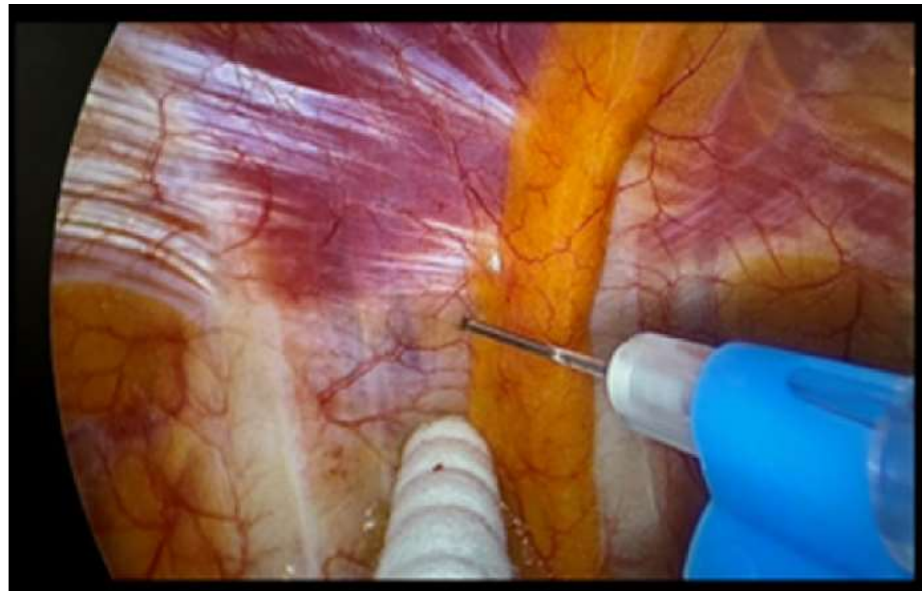


- Mély és egyenletes izomrelaxáció a „kidokkolásig”
- Perfúzorban folyamatosan adagolt izomrelaxáns (rocuronium - sugammadex)
- Lehetőség szerint TOF monitorozás (nem mindig kivitelezhető folyamatosan)
- Alternatíva lehet a remifentanil alkalmazása vagy a bólus adagolás+TOF

Fájdalomcsillapítás



- Epidurális kanül behelyezése még „major” sebészeti beavatkozások (prostatectomia, nephrectomia, mellkassebészeti műtétek) esetében sem feltétlenül indokolt
- Intraop. opiát+NSAID+Paracetamol±local anesztézia vagy intercostalis blokk (RATS)



Folyadékpótlás, hőmérséklet management



- A nyitott műtétekhez képest mind a folyadék, mind a hővesztés kevésbé jelentős/lassabb
- Szövődménymentes esetben a vérvesztés minimális
- A hővesztés a műtét hosszától függően jelentős lehet (gázmelegítő?), fontos a beteg melegítése, lehetőség szerint a műtőasztalra helyezhető betegmelegítő rendszerrel
- Trendelenburg esetében javasolt a „száraz oldal”
- RATS esetében a kirekesztést megelőzően bolus 500-1000 ml krisztalloid javasolt

Lélegeztetés



- Érdemben nem különbözik más Trendelenburgban végzett laparoszkopos műtéttől
- PEEP alkalmazása (5-10 vízcm) és nyomásvezérelt lélegeztetési módok javasoltak
- Gyakori a magasabb csúcsnyomás ($PIP > 35$ vízcm) és az $etCO_2$
- $V_t = 6$ ml/kg, magasabb légzési frekvencia (RR), I:E arány szükség esetén 1:1 vagy 2:1
- Utóbbi esetben az $etCO_2$ és a $PaCO_2$ között jelentős különbségek észlelhetők
- Szükség esetén átmeneti/intermittáló deszufláció vagy konverzió

Mellkassebészet (RATS)

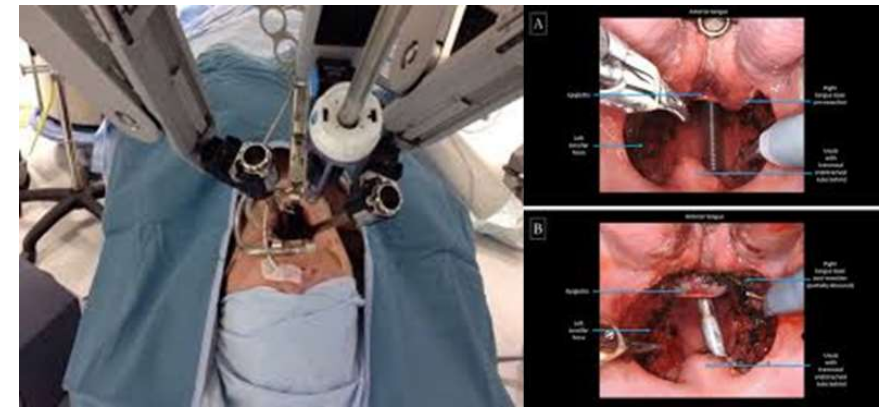
- 2 PVK+artériás kanül
- Ellenoldali DLT használata!?
- Többszöri fiberoszkópos kontroll a dokkolást megelőzően
- Pozitív mellűri nyomás (Capnothorax: 8-12 Hgmm)
- Hypotenzió és bradycardia (500ml „extra” krisztalloid±Atropin, Ephedrin)
- PEEP: 5-10 vízcm
- Robot asszisztált single shot intercostalis blokk (4-6 szegment)±NSAID
- CAVE: neuropathia



Fül-Orr-Gégészet (TORS)



- Tonsilla, nyelvgyök és gége zömében malignus elváltozásai
- Leggyakrabban transnasalis légút (Woodbridge vagy északi típusú nazális tubus)
- Indukciót követően 180°-al elforgatott műtőasztal
- >2-3m hosszú légzőkör (koaxiális)
- Szemek és fogak kiemelt védelme
- Kiterjedt ödémásodás (rutinszerű szteroid adás javasolt)
- Speciális szájterpesz
- Gyakoriak a technikai problémák (légzőkör, elektródák)



Urológia (RALRP, RAPN, RARC) és Nőgyógyászat (RATLH)

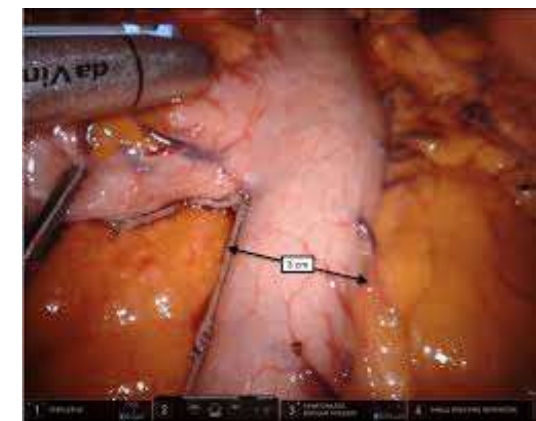


- **Pneumoperitoneum és meredek Trendelenburg**
- **Felső testfél ödéma, cornea abrázio előfordulhat (restriktív folyadékbevitel javasolt)**
- **ET diszlokáció (jobb főhörgő intubáció, deszaturáció)**
- **Magas légúti nyomások (>35vízcm)**
- **PEEP 5-10 vízcm, I:E=1:1/2:1**
- **Szövődmények: gázembólia (vénás plexusok), subcutan emphysema, PTX**
- **Nőgyógyászati műtéteknél fentiek enyhébbek és ritkábban jelentkeznek**

Sebészet



- Bármely laparoszkopos műtét elvégezhető robot asszisztáltan
- Finanszírozási okból zömében tumoros műtétek (vastagbél, nyelőcső)
- Az általános megfontolásokon túl a műtét típusa a meghatározó
- RA Ivor Lewis: korai PTX (gyakran kétoldali), subcutan emphysema, mediastinális PTX, magas CO2 terhelés (pneumoperitoneum, capnothorax) egy tüdő lélegeztetés mellett...

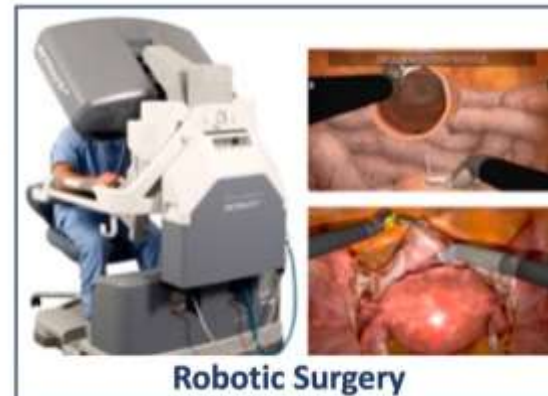
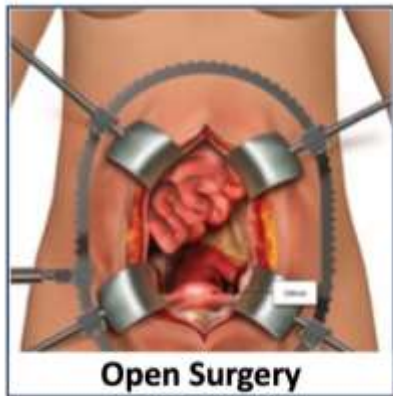


A problémás beteg



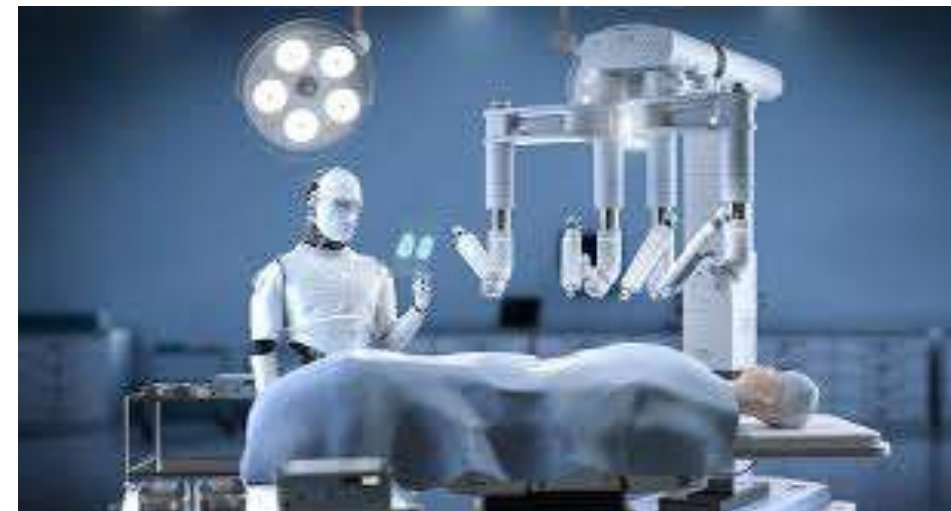
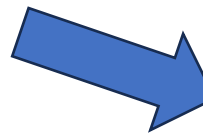
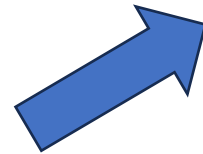
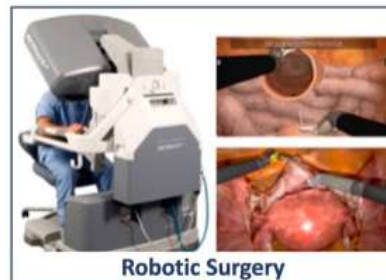
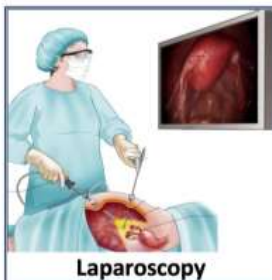
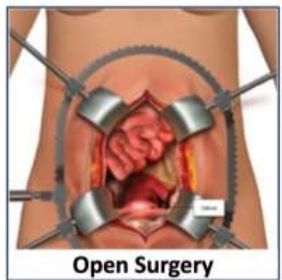
- **Extrém testméretek (obez és/vagy alacsony beteg)**
- **Logisztikai problémák, pozicionálási és lélegeztetési nehézségek**
- **Eszközrendszer problémái (rövid trokárok)**
- **Robotkarok túl közel esnek egymáshoz**
- **Gyakoribb a konverzió és a vérzéses szövődmény**

A robotsebészet jövője



A robotsebészet jövője

Döntéstámogató rendszer (AR/VR) vagy teljes autonómia (AI)?



A robotsebészet jövője

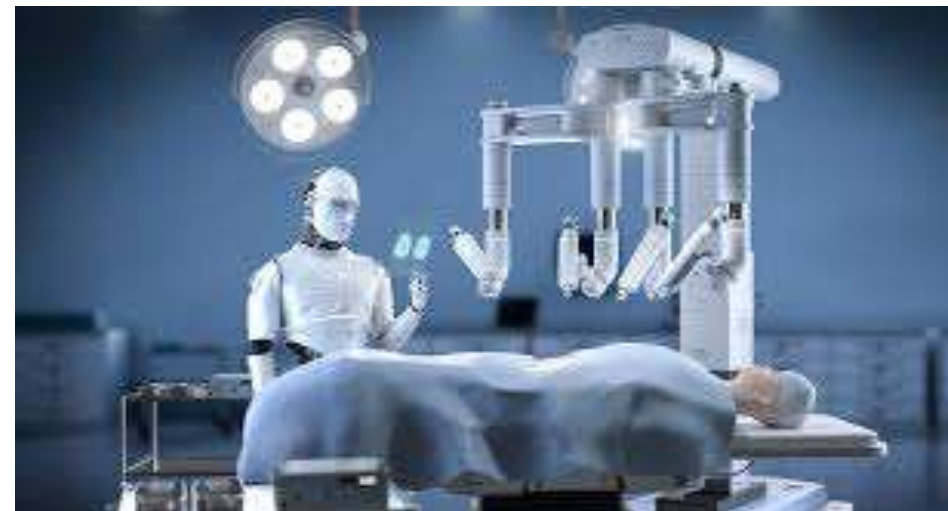
Giannone, F. et al.: Augmented Reality and Image-Guided Robotic Liver Surgery. Cancers, 2021, 13(24), 6268.

<https://doi.org/10.3390/cancers13246268>



„Robot performs first realistic surgery without human help”

– 2025, Johns Hopkins University, USA



Robotok az anesztéziában?



Robotok az anesztéziában?



Direct laryngoscopy



Video laryngoscopy



World's first intubation robot tested on human subjects - 2011

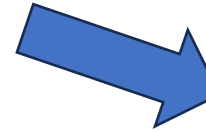
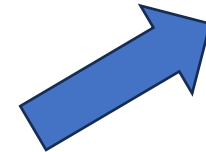
Robotok az anesztéziában?



Direct laryngoscopy



Video laryngoscopy



AR/VR?

Teljes autonómia?

Előrelépés vagy egy „jól eladott” fejlesztés?



A robottechnológiák legérdekesebb előnye a nyitott műtéthez és a laparoskopos technikákhoz képest, hogy AI-al kombinálva magában hordozza a részleges vagy teljes automatizálás lehetőségét, előbbiek erre nem alkalmasak...



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
ÁLTALÁNOS ORVOSTUDOMÁNYI KAR

Köszönöm a figyelmet!