

Robotsebészet a betegbiztonság szolgálatában

Bárdos Dávid*, Szijártó Attila¹

Semmelweis Egyetem, Sebészeti, Transzplantációs és Gasztroenterológiai Klinika, Budapest, Magyarország

*Levelező szerző, e-mail: drbardosdavid@gmail.com

Beérkezett: 2025. május 16.; elfogadva: 2025. július 7.

Összefoglalás

A robotasszisztált sebészet a sebészeti technikák legújabb fejlődési szintjét képviseli, amely egyre szélesebb körben kerül alkalmazásra hazánkban is. A robotsebészet számos szakterületen – így például a nőgyógyászatban, urológiában, gasztrointesztinális, máj- és hasnyálmirigy-sebészetben – bizonyított előnyöket kínál a precíziós műtéti technikák, a csökkent műtéti megterhelés és a gyorsabb felépülés révén. Ugyanakkor a magas költségek, a hosszabb tanulási görbe és a haptikus visszajelzés hiánya továbbra is kihívást jelent. A robotsebészet fejlődése és integrációja hazánkban kulcsszerepet játszik a sebészi betegellátás modernizálásában és a betegbiztonság növelésében.

Kulcsszavak: sebészet, robotsebészet, betegbiztonság

Robotic surgery in the service of patient safety

Dávid Bárdos, Attila Szijártó

Semmelweis University, Faculty of Medicine, Department of Surgery, Transplantation and Gastroenterology, Budapest, Hungary

Summary

Robot-assisted surgery represents a transformative advancement in the evolution of minimally invasive surgical techniques, driven by the overarching goal of reducing perioperative trauma and enhancing patient safety. Building on the foundation laid by laparoscopic surgery, robotic systems now allow surgeons to perform complex operations with greater precision, flexibility, and control. The widespread adoption of robotic platforms across various specialties – including gynecology, urology, gastrointestinal, hepatic, and pancreatic surgery – has demonstrated clear clinical benefits such as lower complication rates, shorter recovery times, and improved functional and oncological outcomes. The Hungarian experience with robotic surgery began in early 2022 and rapidly expanded across institutions and specialties.

Robotic surgery offers distinct advantages across different surgical specialties, tailored to the specific anatomical and technical demands of each field. In liver surgery, robotic systems facilitate minimally invasive access to anatomically challenging lesions, especially in posterior liver segments, and enable refined dissection through 3D visualization and tremor-free instrument control. Pancreatic surgery, including robotic pancreaticoduodenectomy, benefits from improved ergonomics and lower morbidity compared to open techniques. Meanwhile, in rectal surgery, robotic platforms excel in narrow pelvic spaces, reducing conversion rates and preserving functional outcomes. In gynecology, robotic surgery enables highly precise dissection in confined anatomical spaces, supporting its role in both benign and oncologic procedures. Urology, one of the earliest adopters, continues to benefit from the precision and nerve-sparing potential of robotic systems, particularly in prostate and kidney cancer surgeries.

Despite its clear clinical benefits, robotic surgery faces challenges: high acquisition and maintenance costs, extended operative times – especially during the learning phase – and the lack of haptic feedback. However, improvements such as the tactile simulation in the latest Da Vinci systems and structured training programs (including dry-lab simulation) are addressing these limitations. Strategic patient selection and institutional centralization further enhance cost-effectiveness and patient safety.

In conclusion, robotic surgery is not merely a technological milestone but a patient-centered innovation that serves to elevate safety and surgical quality. Its integration into modern surgical practice represents a crucial step toward delivering high-standard, minimally invasive care.

Keywords: surgery, robotic surgery, patient safety

Bevezetés

A sebészet fejlődésének irányát az utóbbi évtizedekben a műtéti terhelés csökkentésére való törekvés határozza meg. Ennek egyik iránya a perioperatív ellátás, vagyis a műtetre való felkészülés és a műtét utáni kezelés fejlődése. Másik iránya pedig maga a műtéti beavatkozásoknak a fejlődése, kezdetben a laparoszkópos sebészet, újabban pedig a robotasszisztált sebészet által.

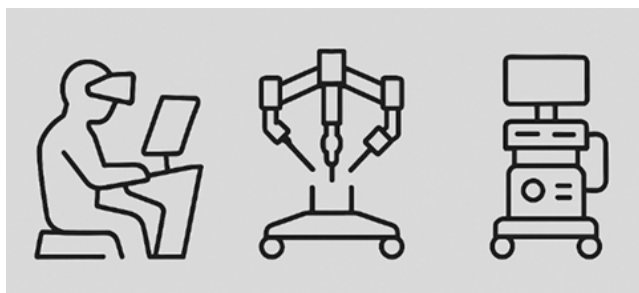
A robotasszisztált sebészet az elmúlt években ugrásszerű fejlődést, az elvégzett műtétek száma pedig ugrásszerű növekedést mutat. Az új eljárások célja kisebb terhet jelentő és precízebb beavatkozással operálni, és ezzel növelni a betegellátás biztonságát. A módszer a fejlett sebészi eszközökkel minden korábbinál pontosabb mozgulatokat és a laparoszkópos sebészethez hasonló, kis behatolási kapukat ígér.

A robotsebészeti rendszerek már Magyarországon is elérhetőek, és hozzájárulnak a hazai betegbiztonság fejlődéséhez.

A robotasszisztált sebészet fogalma és formái

Robotasszisztált rendszerek az általános sebészetben

Robotsebészeten legtöbbször a közvetlenül sebész irányítása alatt álló, fejlett számítógépes rendszerrel segített, robotkarokkal végzett beavatkozásokat értjük. Ezek a rendszerek alapvetően három egységből állnak: a konzolból, a betegoldali kocsi (patient cart) és a toronyból. A konzolban ül a sebész, és a robotkarok irányításával végzi a műtétet. A betegoldali „kocsi” (patient cart) jelenti a tulajdonképpeni sebészrobotot, rajta a robotkarokkal, amelyek mozgásával a műtét megtörténik. Ez a rendszer beteggel érintkező egysége. Ide csatlakoztathatók a cserélhető eszközök, amelyekért az asszisztens sebész és a műtős asszisztens felelős. A torony pedig biztosítja a műtétek technikai hátterét. Itt helyezkedik el a pneumoperitoneum képzéséhez (vagyis a hasüreg széndioxiddal való megtöltéséhez) szükséges rendszer, illetve a képernyő is az asszisztensek számára (1. ábra).



1. ábra | A robotasszisztált sebészi rendszer részei: konzol, betegoldali kocsi, torony

Ebben a felállásban az operáló sebész és a beteg nem közvetlen közelségben, hanem távol helyezkedik el egymástól. Rendszerint ugyanabban a műtőben vannak, azonban lehetnek akár külön helyiségben, városban, országban vagy akár kontinensen is – a technika mindezekre lehetőséget biztosít.

A hasi és mellkassebészetben a legelterjedtebb robotsebészeti rendszerek közé tartozik a DaVinci Surgical System, a Hugo RAS (Robotic Assisted Surgery), a Versius Surgical Robotic System és a Senhance Surgical System.

Robotasszisztált rendszerek más operatív szakmákban

Az általános sebészettől eltérő szakmákban egészen eltérő elveken működő berendezéseket alkalmaznak. A szemészetben, az idegsebészetben és az ortopédiában például elsősorban részfeladatokra, egészen pontosan az intraoperatív navigációra és a műtét tervezésére alkalmaznak különböző rendszereket. Tekintve az általános sebészi rendszerektől eltérő felépítést és alkalmazást, részletesebb tárgyalásuk meghaladná jelen közleményünk kereteit.

Autonóm robotasszisztált rendszerek

Míg a robotasszisztált műtétek során a sebész által hozott döntések és a sebész mozgatai határozzák meg a műtét menetét, addig az autonóm rendszerek önálló döntéseket hoznak, és emberi beavatkozás nélkül végeznek el részfeladatokat vagy teljes beavatkozásokat. A napjainkban széleskörűen elterjedt, az ember által végzett műtéteket passzívan – a kézremegés szűrésével, a mozgás szabadságának biztosításával – támogató rendszerek jelentik az autonómia belépő, 1. szintjét, amelynek során minden döntést az orvos hoz meg. Az általánosan elfogadott felosztás szerint az előre meghatározott paraméterek alapján robot által elvégzett beavatkozások jelentik a 2. szintet, a bizonyos feltételek alapján robot által megtervezett, ember által jóváhagyott, majd robot által elvégzett feladatok pedig a 3. szintet. A 4. és 5. szintű autonómiát elérő rendszerek ennél is többre képesek: önállóan, a beteghez, a szituációhoz igazítva hoznak döntéseket, és el is végzik a tervezett feladatot emberi felügyelet mellett (4. szint), vagy akár teljesen önállóan (5. szint) (Lee et al. 2024).

A komplex feladatokat ellátó, autonóm robotsebészeti rendszerek a napi gyakorlatban még nem elérhetőek; jelenleg csak kisebb feladatokra szakosodott, 1–3. szintű autonómiával működő rendszerek léteznek. Az összetettebb rendszerek még fejlesztési fázisban vannak (Rivero-Moreno et al. 2024).

A STAR autonóm sebészrobot például meghaladja a humán képességeket bélvarrat készítésében modellen, élő emberen azonban még nem alkalmazható a rendszer (Saeidi et al. 2022). Az ARTAS rendszere hajátültetésnél

a donorterületen, a hajszálak eltávolításánál működik jól minimális emberi beavatkozással (*Rose–Nusbaum 2014*). A Magyarországon is elérhető CyberKnife rendszer pedig a sugárterápiát könnyíti meg emberi felügyelet mellett önállóan tervezett és elvégzett kezeléssel (*Kilby et al. 2010*).

A robotasszisztált sebészet története

Az első robotsebészeti rendszernek a Programmable Universal Machine for Assembly 200 (PUMA) tekinthető, amelynek segítségével 1985-ben végeztek először idegsebészeti biopsziát. Ezt követte a Robotic Surgical System névre keresztelt berendezés, amely a csípőprotézis-műtétet segíti 1992 óta.

A ma is használt rendszerek elődjének a Computer Motion által fejlesztett AESOP 1000, majd AESOP 2000 és AESOP 3000 eszközök tekinthetők, amelyek robotkarral vezérelt endoszkópos optikák voltak, és a sebésznek „harmadik kezét” biztosítva csökkentették a szükséges asszisztensek számát, illetve könnyítették meg a műtétet. A rendszer továbbfejlesztett, munkakarokkal ellátott változata volt a ZEUS, amelynek segítségével méhkürtvarratot készítettek 1998-ban a Cleveland Clinic műtőjében. Ugyancsak a ZEUS rendszerrel végezték el 2001-ben a mérföldkőnek számító, az Atlanti-óceánt először átrepülő pilóta után tiszteletből Lindbergh-műtétnek nevezett beavatkozást, amelynek során a New Yorkban dolgozó sebész eltávolította a Strasbourgban fekvő páciens epehólyagját.

A ZEUS azonban így sem büszkélkedhet az első robotasszisztált hasi műtét elvégzésével, azt ugyanis az Intuitive által fejlesztett Mona berendezéssel végezték 1997-ben. Az első műtét során epehólyagot távolítottak el a betegből. Az Intuitive fejlesztette ki később az első széles körben elterjedt robotsebészeti rendszert, a Da Vinci is, amelynek továbbfejlesztett változataival a mai napig a legnagyobb számú beavatkozást végzik a világon (*Morrell et al. 2021*).

A robotasszisztált sebészet Magyarországon

A robotasszisztált sebészet hazai bevezetése a nőgyógyászati szakterületen indult el; első beavatkozásait az Országos Onkológiai Intézetben végezték 2022 januárjában. Ezt követték az urológiai robotműtétek, amelyekkel ugyanebben a hónapban a Jahn Ferenc Dél-pesti Kórházban kezdtek el dolgozni. A robotsebészet alkalmazása a hasi sebészet területén 2022 májusában indult meg a Semmelweis Egyetemen végzett első cholecystectomiával (*Szijártó–Fülöp 2023*).

A robotasszisztált sebészet előnyei

A robotsebészet előnyeit már számos szakma és számos műtét típus esetén bizonyították.

Nyelőcsősebészet

A robotasszisztált nyelőcsősebészet jelentős technikai előnyöket kínál a nehezen hozzáférhető mellkasi és rekesz alatti anatómiai térségekben végzett beavatkozások során. Egy nagy esetszámú metaanalízis alapján a robotasszisztált, minimálisan invazív nyelőcső-eltávolítás a jelenlegi bizonyítékok alapján biztonságos alternatívája a laparoszkópos, hibrid és nyitott műteti technikáknak, és a legalacsonyabb 30 napos halálozási arányt mutatta. A laparoszkópos technika a legalacsonyabb tüdő- és szív-szövődményekkel, újrabeavatkozási aránnyal, 90 napos halálozással és kórházi tartózkodással járt, míg a nyitott műtétben több tüdőszövődmény fordult elő. További, nagy esetszámú vizsgálatok szükségesek a robotsebészet hosszú távú eredményeinek megerősítéséhez és a különböző technikák valódi előnyeinek meghatározásához (*Patton et al. 2024*).

Gyomorsebészet

A gyomorsebészetben a robottechnológia előnye különösen a finom szöveti preparálást és precíz nyirokcsomó-diszekciót igénylő beavatkozásoknál érvényesül, mivel a nagyított látótér és a robotkarok stabil mozgása javíthatja az onkológiai radikalitást és a sebészi biztonságot. A robotasszisztált gyomoreltávolítás a hagyományos műtétek biztonságos alternatívája.

A neoadjuváns kezelés után végzett robotasszisztált gyomoreltávolítás kevesebb szövődménnyel, kisebb vérvesztéssel, gyorsabb felépüléssel és több eltávolított nyirokcsomóval járt, mint a laparoszkópos műtét. Bár a hároméves teljes túlélésben nem volt különbség, a robotsebészet jobb kiújulásmentes túlélést eredményezett, így ígéretes alternatívát jelenthet előrehaladott gyomorrákos betegek számára neoadjuváns kezelés után (*Liu et al. 2025*).

A gyomorrák miatt műtétre kerülő, korábbi hasi műtéten átesett betegek esetében a robotasszisztált gyomoreltávolítás kevesebb szövődménnyel, de hosszabb műteti idővel járt, mint a laparoszkópos eljárás. A hosszú távú onkológiai eredményekben azonban nem volt különbség a két technika között, így a robotsebészet elsősorban a perioperatív biztonság javításában jelenthet előnyt ebben a betegcsoportban (*Yu et al. 2025*).

Májsebészet

A robotasszisztált májsebészet egyre inkább elfogadottá válik a komplex májműtétek minimálisan invazív kivitelezésében (*Schmelzle et al. 2022*), különösen a hátsó szegmensekben elhelyezkedő léziók esetén (*Giannone et al. 2025*), ahol a laparoszkópos hozzáférés technikailag korlátozott. A háromdimenziós, nagyított látótér, az indocianid zöld alkalmazása és a robotkarok remegésmentes, nagy precizitású mozgása lehetővé teszi a finom parenchymadisszekciót és az ér-, illetve epeúti struktúrák ki-

méletesez preparálását (Franz et al. 2025). Eközben komplex beavatkozások is biztonságosan elvégezhetők minimálisan invazív úton, növelve a minimálinvazív műtétek arányát és csökkentve a konverziót nyitott műtetre (Lopez-Lopez et al. 2024).

Hasnyálmirigy-sebészet

A hasnyálmirigy-sebészet a hasnyálmirigyrák kezelésének központi eleme, amelynek egyik legösszetettebb beavatkozása a hasnyálmirigyfejt-resectio, amely technikai nehézsége és a kapcsolódó rekonstrukciók miatt a sebészet egyik legbonyolultabb műtétének számít. Ennek robotasszisztált változatát is kidolgozták, amely a nyitott műtéthez képest kisebb műtéti megterhelést, alacsonyabb szövődmenyarányt és rövidebb kórházi tartózkodást eredményezhet (Wakabayashi et al. 2025). A robotasszisztált pancreasfarok-resectio biztonságos alternatívája a laparoszkópos műtétnek, előnyökkel a lépemegtartás gyakorisága, a kórházi tartózkodás hossza és a konverziós arány tekintetében. Bár a robotsebészet költsége, az intraoperatív és onkológiai eredmények többsége hasonló. Így a technikai előnyök klinikai jelentősége ígéretes, de további vizsgálatokra szorul (Khan et al. 2025).

Vastagbél- és végbélsebészet

Az alsó gastrointesztinum műtéteinél a robotsebészetnek elsősorban a szűk kismencedei preparálás során, vagyis a végbélrák műtéteinél várjuk az előnyeit. Tapasztalt sebészek által végzett beavatkozások esetén a robotasszisztált végbélműtét biztonságosan elvégezhető, alacsony szövődmenyarányal és alacsony konverziós aránnyal jár, elfogadható onkológiai eredmények mellett hosszú távon is (Geitenbeek et al. 2025).

Nőgyógyászat

A robotsebészet a nőgyógyászatban különösen ígéretes, mivel a szűk kismencedei térben végzett finom mozgásokat, pontos preparálást és varrást jelentősen megkönnyíti a nagyított, stabil látótér és a robotkarok mozgáspontosága. Ezáltal a minimálisan invazív technika előnyei – például a kisebb szövődmenyarány, gyorsabb felépülés és jobb életminőség – a nőgyógyászati műtétek során még inkább érvényesülhetnek.

A nőgyógyászati onkológiában a robotsebészet minimálisan invazív, mégis precíz és sokoldalú megközelítést kínál a nőgyógyászati daganatok kezelésére, amely kisebb vérvesztéssel, rövidebb kórházi tartózkodással és gyorsabb felépüléssel jár. Endometrium- és méhnyakrák esetén a robotasszisztált műtétek kedvező sebési és onkológiai eredményeket mutatnak, sokszor felülmúlva a hagyományos eljárásokat. Bár a petefészekrák esetén még korlátozottabbak az adatok, a technológia fejlődése

és a tapasztalatok bővülése ígéretes jövőt vetít előre (Čelebić et al. 2025).

A jóindulatú nőgyógyászati daganatok esetén a jelenlegi bizonyítékok alapján a robotasszisztált méheltávolítás biztonságossága és hatékonysága nem marad el a hagyományos laparoszkópos eljárásokétól. A szövődmenyek, a kórházi tartózkodás, a műtéti idő, a konverziók és a vérvesztés tekintetében nem mutatható ki hátrány a robotsebészzel végzett műtétek során. Ugyanakkor a robotsebészet előnyei ebben a betegcsoportban jelenleg nem egyértelműek (Albright et al. 2016).

Urológia

A robotsebészet az urológiában is jelentős előnyöket kínál, különösen a nehezen hozzáférhető anatómiai területeken, mint a prosztata, a hólyag, de akár a vese is, ahol a precíz preparálás és varrás kiemelt jelentőségű. A nagyított háromdimenziós látótér és a finom, remegésmentes mozgást biztosító robotkarok lehetővé teszik a kényes ideg- és érstruktúrák kíméletes megőrzését, ami például a prosztatarák műtéteinél a kontinencia és a potencia megőrzése szempontjából különösen fontos. Mindezek révén a robotsebészet az urológiai daganatsebészetben és rekonstrukciós beavatkozásokban is egyre szélesebb körben alkalmazott, korszerű megoldásnak számít.

Prosztatarák esetén a Retzius-megtartó robotasszisztált radikális prosztatektómia és a hagyományos robotasszisztált radikális prosztatektómia hasonló onkológiai és műtéti eredményeket nyújtanak, például a vérvesztés, a szövődmenyek és a daganatkiújulás terén. Ugyanakkor a Retzius-megtartó technika előnyösebb lehet a rövidebb műtéti idő és a vizelet-visszatartás gyorsabb helyreállása szempontjából (Wang et al. 2025).

Nemcsak prosztatarák esetén, de a pénisz, a vese és a húgyhólyag műtétei során is alkalmazható a robotasszisztált sebészet (Pandolfo et al. 2025; Schwinger et al. 2025; Chen et al. 2025).

A robotasszisztált sebészet kihívásai

A robotsebészetnek számos nyilvánvaló előnye mellett hátrányai, kihívásai is lehetnek. A robotasszisztált műtétek időigényesek lehetnek. A rendszer elindítása, működőképessé tétele, a robotkarok beállítása mind hosszabb időt vesz igénybe, mint a hagyományosabb eljárások esetén. Ugyanígy a műtét közbeni eszközcsere is hosszabb ideig tart, mint a laparoszkópos műtételnél. A műtét zárása szintén több időbe telhet, mint robotsebészeti rendszerek nélkül. A műtetre szánt idő azonban jelentősen rövidül a tapasztalatok gyarapodásával, vagyis a tanulási görbe késői szakaszán. A tanulási folyamat ráadásul sikeresen gyorsítható „száraz” tréninggel, betegek helyett modelleken (Kallidonis et al. 2025).

A robotsebészet bevezetése és alkalmazása magas költségekkel jár. Nemcsak a robotsebészeti rendszer és az eszközök jelentenek anyagi terhet, hanem a szakemberek

képzése, a robotműtéteket kiszolgáló infrastruktúra kialakítása és fenntartása is. A robotasszisztált műtétek előnyeire figyelembe véve az anyagi áldozatot mégis meg kell hozni. Az erőforrások helyes kezelésével – centralizációval, a robotműtétekből leginkább profitáló betegek helyes kiválasztásával, folyamatos képzési programmal – meg lehet találni a robotműtétek pontos helyét a sebészetben. Ezért minden jelentős centrumban, így hazánk vezető intézményeiben is helye van a robotsebészeti rendszereknek (Mehta et al. 2022).

Ugyancsak hátrány lehet a haptikus visszajelzés hiánya. A betegtől távol elhelyezkedő konzolsebész a tapintás érzete nélkül manipulál a szövetekkel. Habár a fejlett kamerarendszernek köszönhetően a szövetek ellenállásáról jó közelítéssel lehet benyomást szerezni, a tapintást ez nem pótolja. A legújabb DaVinci 5 rendszer azonban már ezt a hiányosságot is pótolja, hiszen képes érzékelni és a kézi konzolra közvetíteni a szöveti ellenállást, ami némileg helyettesíti a tapintás érzetét. Kísérleti környezetben pedig már ennél finomabb tapintásra alkalmas rendszerek is rendelkezésre állnak (Rae-Dupree 2025).

Diszkusszió

A robotasszisztált sebészet térhódítása egyértelműen a minimálisan invazív technikák fejlődésének új szintjét jelenti, amely számos szakterületen bizonyított előnyökkel jár. A nagyított, háromdimenziós látótér és a precíz robotkarmozgás a nehezen hozzáférhető anatómiai régiókban teszik lehetővé a biztonságosabb és pontosabb műtéti kivitelezést. A robotsebészet előnyei a perioperatív morbiditás csökkentésében, a gyorsabb posztoperatív felépülésben, valamint a funkcionális és onkológiai eredmények javításában is megmutatkoznak. A robotsebészeti rendszerek lehetőséget biztosítanak a komplex beavatkozások minimálisan invazív úton történő elvégzésére, ezzel bővítve a sebészi repertoárt és csökkentve a nyitott műtét szükségességét.

Ugyanakkor a robotsebészet bevezetése kihívásokkal is jár: magas eszköz- és működtetési költségek, hosszabb tanulási görbe, valamint a haptikus visszajelzés hiánya egyaránt figyelmet érdemelnek. A megfelelő betegkiválasztás, a műtéti indikációk pontos meghatározása, valamint a sebészek és a műtői személyzet célzott képzése elengedhetetlen a robotsebészet előnyeinek maximális kihasználásához. A folyamatos technológiai fejlődés – beleértve a tapintásérzetet visszaadó rendszerek megjelenését – tovább javíthatja a módszer klinikai alkalmazhatóságát. Mindezek alapján kijelenthető, hogy a robotsebészet nemcsak a technológia diadala, hanem a betegbiztonság szolgálatába állított innováció is, amelynek integrációja a hazai sebészeti ellátásba elengedhetetlen a korszerű betegellátás biztosításához.

Irodalomjegyzék

- Albright, B. B. et al. (2016) Robotic Versus Laparoscopic Hysterectomy for Benign Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, Vol. 23. No. 1. pp. 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2015.08.003>
- Čelebić, A. et al. (2025) Evaluating the role of robotic surgery in gynecological cancer treatment. *European Journal of Surgical Oncology: The Journal of the European Society of Surgical Oncology and the British Association of Surgical Oncology*, Vol. 51. No. 4. 109630. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2025.109630>
- Chen, Y. et al. (2025) Comparison of perioperative outcomes between extracorporeal and intracorporeal urethral diversion in robot-assisted radical cystectomy: A meta-analysis and systematic review. *Journal of Robotic Surgery*, Vol. 19. No. 1. 200. <https://doi.org/10.1007/s11701-025-02349-7>
- Franz, M. et al. (2025) The impact of indocyanine green on tumor visualization and procedural adjustment in minimally invasive liver surgery. *Langenbeck's Archives of Surgery*, Vol. 410. No. 1. 143. <https://doi.org/10.1007/s00423-025-03712-w>
- Geitenbeek, R. T. J. et al. (2025a) An International Multicentre Retrospective Cohort Study Evaluating Robot-Assisted Total Mesorectal Excision in Experienced Dutch, French, and United Kingdom Centres – The EUREKA Collaborative. *Cancers*, Vol. 17. No. 8. 1268. <https://doi.org/10.3390/cancers17081268>
- Geitenbeek, R. T. J. et al. (2025b) Analysis of Local Recurrence after Robotic-Assisted Total Mesorectal Excision (ALRITE): An International, Multicentre, Retrospective Cohort. *Cancers*, Vol. 17. No. 6. 992. <https://doi.org/10.3390/cancers17060992>
- Giannone, F. et al. (2025) Robotic versus laparoscopic liver resection for difficult posterosuperior segments: A systematic review with a meta-analysis of propensity-score matched studies. *Surgical Endoscopy*, Vol. 39. No. 1. pp. 64–76. <https://doi.org/10.1007/s00464-024-11428-z>
- Kallidonis, P. et al. (2025) How to reduce intraoperative preparation and docking time to minimal in a team with a robotic naïve surgical experience? *Urology Annals*, Vol. 17. No. 2. pp. 127–131. https://doi.org/10.4103/ua.ua_7_25
- Khan, A. U. et al. (2025) Robotic Versus Laparoscopic Approaches to Distal Pancreatectomy: Quality Assessment of the Current Evidence. *Journal of the College of Physicians and Surgeons (Pakistan)*, Vol. 35. No. 5. pp. 628–635. <https://doi.org/10.29271/jcpsp.2025.05.628>
- Kilby, W., Dooley, J. R., Kuduvali, G., Sayeh, S. & Maurer Jr., C. R. (2010) The CyberKnife Robotic Radiosurgery System in 2010. *Technology in Cancer Research & Treatment*, Vol. 9. No. 5. pp. 433–452. <https://doi.org/10.1177/153303461000900502>
- Lee, A., Baker, T. S., Bederson, J. B. & Rapoport, B. I. (2024) Levels of autonomy in FDA-cleared surgical robots: A systematic review. *NPJ Digital Medicine*, Vol. 7. No. 1. Article No. 103. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01102-y>
- Liu, Q. et al. (2025) Comparison of short- and long-term outcomes of robotic versus laparoscopic gastrectomy for locally advanced gastric cancer after neoadjuvant therapy: A high-volume center retrospective study with propensity score matching. *Surgical Endoscopy*, Vol. 39. No. 5. pp. 2814–2827. <https://doi.org/10.1007/s00464-025-11626-3>
- Lopez-Lopez, V. et al. (2024) Experience-based transition to robotic surgery in an experienced program in minimally invasive hepatobiliary surgery. *Surgical Endoscopy*, Vol. 38. No. 12. pp. 7309–7318. <https://doi.org/10.1007/s00464-024-11309-5>
- Mehta, A., Cheng, N. J., Awuah, W. A., Huang, H., Kalmanovich, J., Agrawal, A., Abdul-Rahman, T., Hasan, M. M., Sikora, V. & Isik, A. (2022) Embracing robotic surgery in low- and middle-income

- countries: Potential benefits, challenges, and scope in the future. *Annals of Medicine and Surgery*, Vol. 84. 104803. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.104803>
- Morrell, A. L. G., Morrell-Junior, A. C., Morrell, A. G., Mendes, J. M. F., Tustumi, F., De-Oliveira-e-Silva, L. G. & Morrell, A. (2021) The history of robotic surgery and its evolution: When illusion becomes reality. *Revista do Colegio Brasileiro de Cirurgioes*, Vol. 48. e20202798. <https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20202798>
- Pandolfo, S. D. et al. (2025) Current Role of Robotic Inguinal Lymphadenectomy in Penile Cancer. *European Urology Focus*, Vol. 11. No. 1. pp. 43–45. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2025.04.032>
- Patton, A. et al. (2024) Minimally invasive vs open vs hybrid esophagectomy for esophageal cancer: A systematic review and network meta-analysis. *Diseases of the Esophagus: Official Journal of the International Society for Diseases of the Esophagus*, Vol. 37. No. 12. doae086. <https://doi.org/10.1093/dote/doae086>
- Rae-Dupree, J. (2025) Feel the Precision: Next-Gen Robotic Surgery with Haptic Feedback. *IEEE Pulse*, Vol. 16. No. 1. pp. 12–15. <https://doi.org/10.1109/MPULS.2025.3526484>
- Rivero-Moreno, Y., Rodriguez, M., Losada-Muñoz, P., Redden, S., Lopez-Lezama, S., Vidal-Gallardo, A., Machado-Paled, D., Cordova Guilarte, J. & Teran-Quintero, S. (2024) Autonomous Robotic Surgery: Has the Future Arrived? *Cureus*, Vol. 16. No. 1. e52243. <https://doi.org/10.7759/cureus.52243>
- Rose, P. T. & Nusbaum, B. (2014) Robotic hair restoration. *Dermatologic Clinics*, Vol. 32. No. 1. pp. 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.det.2013.09.008>
- Saeidi, H., Opfermann, J. D., Kam, M., Wei, S., Leonard, S., Hsieh, M. H., Kang, J. U. & Krieger, A. (2022) Autonomous robotic laparoscopic surgery for intestinal anastomosis. *Science Robotics*, Vol. 7. No. 62. eabj2908. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abj2908>
- Schmelzle, M. et al. (2022) Robotic vs. laparoscopic liver surgery: A single-center analysis of 600 consecutive patients in 6 years. *Surgical Endoscopy*, Vol. 36. No. 8. pp. 5854–5862. <https://doi.org/10.1007/s00464-021-08770-x>
- Schwinger, M. et al. (2025) Propensity-Score-Based Comparative Analysis of Transperitoneal and Retroperitoneal Approaches in Open and Minimally Invasive Renal Surgery: Impact on Operative Outcomes. *Urologia Internationalis*. Online ahead of print. <https://doi.org/10.1159/000546230>
- Szijártó A. & Fülöp A. (2023) Filozófia és technika a robotsebészet mindennapjaiban: Robotasszisztált műtétek szerepe gastrointestinális tumorok kezelésében (Philosophy and technique in everyday practice of robotic surgery: Role of robot-assisted surgery in gastrointestinal tumor treatment). *Magyar Sebészet*, Vol. 76. No. 4. pp. 103–110. <https://doi.org/10.1556/1046.2023.40003>
- Wakabayashi, T. et al. (2025) Reduced pancreatic fistula rates and comprehensive cost analysis of robotic versus open pancreaticoduodenectomy. *Surgical Endoscopy*, Vol. 39. No. 6. pp. 3921–3929. <https://doi.org/10.1007/s00464-025-11768-4>
- Wang, K. et al. (2025) Perioperative and functional outcomes of Retzius-sparing robot-assisted radical prostatectomy vs. conventional robot-assisted radical prostatectomy: Evidence based on randomized-controlled trials. *Journal of Robotic Surgery*, Vol. 19. No. 1. 208. <https://doi.org/10.1007/s11701-025-02337-x>
- Yu, Y. et al. (2025) Laparoscopic vs robot-assisted gastrectomy in gastric cancer patients with prior abdominal surgery: A propensity-matched analysis. *Journal of Robotic Surgery*, Vol. 19. No. 1. 196. <https://doi.org/10.1007/s11701-025-02347-9>