

Robotassisterad bäcken- och njurkirurgi – en utvärdering

MEDICINSKA RESULTAT, ERGONOMI, ETIK OCH KOSTNADSEFFEKTIVITET

Robotassisterad kirurgi (RAK) har fått en snabbt ökad användning sedan början av 2000-talet. Den har potentiella fördelar i form av bättre orientering i den tredimensionella bilden av operationsområdet samt bättre manuell precision och ergonomi för operatören. Fördelarna är störst vid operation i trånga områden. Investerings- och driftkostnaderna är dock betydande, och studier som visar bättre kliniska resultat och kostnadseffektivitet saknas.

Ledningen för en av de tre regioner som ingår i Sydöstra sjukvårdsregionen fann att införandet av RAK i vissa fall närmast halverade det totala antalet genomförda operationer på grund av längre operationstider för RAK. De uppdrog därför åt Sjukvårdsregionens metodråd att undersöka vetenskaplig evidens för RAK vid kirurgi i lilla bäckenet och vid njurkirurgi. En HTA-analys (health technology assessment) sammanfattas här i form av en systematisk översikt.

METOD

De urvalskriterier (PICO) som användes vid litteratursökning och urval av publikationer framgår av Tabell 1.

Följande söksträng användes vid litteratursökning i Pubmed: »robotic surgical procedures»[MeSH Terms] OR »robotic»[All Fields] AND »surgical»[All Fields] AND »procedures»[All Fields] OR »robotic surgical procedures»[All Fields] OR »robot»[All Fields] AND »assisted»[All Fields] AND »surgery»[All Fields] OR »robot assisted surgery»[All Fields] AND (systems[All Fields] AND companies[All Fields]).

Antalet unika publikationer identifierade vid litte-

Rune Sjö Dahl, senior professor, biomedicinska och kliniska vetenskaper, Linköpings universitet

Thomas Davidson, docent, Centrum för utvärdering av medicinsk teknologi, institutionen för hälsa, medicin och vård, Linköpings universitet

Åke Aldman, med dr, leg läkare, Västerviks sjukhus

Claes Lennmarken, docent, medicinsk rådgivare, Region Östergötland

Ann-Sofi Kammerlind, docent, sjukgymnast, Region Jönköpings län

Erik Gustavsson, lektor i tillämpad etik, Centrum för tillämpad etik, institutionen för kultur och samhälle, Linköpings universitet

Elvar Theodorsson, professor, biomedicinska och kliniska vetenskaper, Linköpings universitet
● elvar.theodorsson@liu.se

ratorsökning var 683, och ytterligare 96 publikationer identifierades vid granskning av dessa (Figur 1). Titel och abstrakt lästes således för 779 publikationer; 267 av dessa lästes i fulltext, och 47 blev inkluderade i manuskriptet eftersom de bedömdes ha bäst kombination av relevans och kvalitet. Vi är dock medvetna om att en del av de originalarbeten som ingår i några av de systematiska översikterna inte är av yppersta vetenskapliga kvalitet.

RESULTAT

De viktigaste fynden sammanfattas i Tabell 2.

Gynekologisk kirurgi

En Cochranerapport [1] baserades på 1 016 patienter i 12 randomiserade och kontrollerade studier. Slutsatsen var att det var svårt att uttala sig om huruvida komplikationer förekom mer sällan vid RAK jämfört med konventionell laparoskopisk kirurgi eftersom de ingående studierna ofta var av låg kvalitet. Jämfört med öppen kirurgi hade robotgruppen 46 minuter längre operationstid, men vårdtiden var 2 dagar kortare. Inga överlevnadssiffror presenterades.

I svenska studier [2, 3] av olika markörer för vävnadsskador och inflammatoriskt svar var det perioperativa kortisolpåslaget vid hysterektomi med robotassisterad kirurgi lägre än vid öppen operation. Det inflammatoriska svaret var mindre och återhämtningen efter operationen snabbare än efter öppen kirurgi.

Randomiserade studier avseende utrymning av lymfkörtlar och postoperativa komplikationer har jämfört robotassisterad hysterektomi och öppen kirurgi utan att man kunnat påvisa skillnader. I samma patientmaterial undersöktes även livskvaliteten efter 12 månader hos 113 patienter. Man kunde inte heller där påvisa någon skillnad mellan de båda operationstyperna [4, 5]. En annan svensk studie har visat att återhämtningen efter hysterektomi vid tidig endometrieccancer var 2 veckor kortare vid robotassisterad hysterektomi än efter öppen operation. Smärtlindring och vårdtid skiljde sig inte åt [6, 7]. Ytterligare en studie jämförde RAK eller laparoskopisk operation med öppen radikal hysterektomi vid cervixcancer. Totalt ingick 536 patienter i analysen. Det var ingen skillnad mellan operationsmetoderna avseende förekomsten av komplikationer under eller efter operationen, men RAK redovisades inte separat [8].

I en randomiserad och kontrollerad studie från USA [9] ingick 319 patienter med cervixcancer i den minimalinvasiva gruppen (laparoskopi n = 269, robotassisterad n = 50) och 312 i gruppen som opererades öppet. Risken för recidiv efter minimalinvasiv hysterektomi

HUVUDBUDSKAP

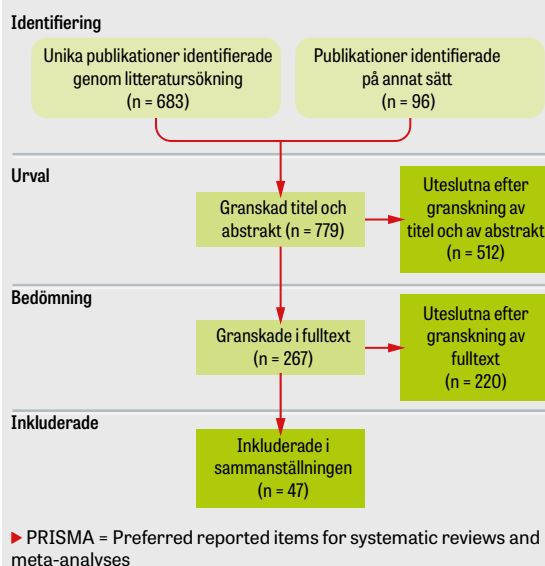
- Onkologiskt och funktionellt resultat vid robotassisterad kirurgi skiljer sig inte från laparoskopisk eller öppen kirurgi. Ett undantag kan vara sämre överlevnad vid cervixcancer.
- Robotassisterad kirurgi är inte kostnadseffektiv i dagsläget på grund av investeringskostnaderna.
- Robotassisterad kirurgi erbjuder ergonomiska fördelar och ger ingen ökning av postoperativa komplikationer. Operationstiderna är längre, men möjligen är blödning och transfusionsbehov mindre och vårdtiden kortare.
- Inlärningseffekterna är ofullständigt undersökta.
- Det finns etiska skäl att vara observant på undanträngningseffekter till följd av ökad användning av robotkirurgi.

TABELL 1. PICO-kriterier för litteratursökning och urval av vetenskapliga studier

Patient, problem eller befolkning	Intervention	Jämförelse (comparison)	Utfall (outcome)
P1: Patienter som har behov av kirurgi för rektalcancer, gynekologisk kirurgi för livmodercancer och urologisk kirurgi för prostatacancer eller blåscancer. P2: Personal som utför robotassisterad kirurgi	Användning av RAK för I1: rektalcancer I2: gynekologisk kirurgi för livmodercancer I3: urologisk kirurgi för prostatacancer, njurcancer och blåscancer	C1: Öppen eller laparoskopisk kirurgi	O1: Komplikationer (blödningar, infektioner, reoperationer, resektionsmarginaler) O2: Operationstider O3: Antal dagar från kirurgi till återgång i arbete O4: Mått på patientupplevd kvalitet O5: Kostnader O6: Kostnadseffektivitet O7: Tidsåtgång O8: Effekter på operationstider O9: Undanträngningseffekter O10: Behov av konvertering till öppen kirurgi O11: Ergonomi för personalen O12: Indirekta strukturella förändringar som resultat av införandet av robotassisterad kirurgi

var 4 gånger högre och risken för död 6 gånger högre än efter öppen hysterektomi. Studien avbröts efter 4,5 år när 96,5 procent av patienterna i gruppen som opererats öppet levde och var recidivfria, mot 86,0 procent av dem som opererats minimalinvasivt. Denna skillnad kunde inte förklaras av skillnader i tumörstadium eller av operatörernas erfarenhet. I en senare översiktsartikel från 2020 [10] rapporterades överlevnad hos 9 499 patienter, av vilka 51 procent opererades med öppen hysterektomi och resten med minimalinvasiv kirurgi (robotassisterad n = 2 675, konventionell laparoskopisk n = 2 009). Denna översikt baserades på observationsstudier, och man kunde bekräfta resultaten i den randomiserade studien [10]. Recidiv och dödsfall var signifikant vanligare (71 procent högre

»Recidiv och dödsfall var signifikant vanligare (71 procent högre risk) i den minimalinvasiva gruppen ...«

FIGUR 1. Urval av litteratur enligt PRISMA

TABELL 2. Sammanfattning av robotassisterad kirurgi jämfört med laparoskopisk eller öppen operation. Robotassisterad kirurgi medför inte förbättrade behandlingsresultat eller kortare vårdtider, men minskar riskerna för komplikationer i samband med operationer för cancer i urinblåsa och i njurar. Tekniken förlänger operationstiderna och ökar kostnaderna, men innebär entydiga ergonomiska fördelar för operatören.

	Onkologisk effektivitet	Komplikationer	Vårdtid	Konverteringsrisk	Operationstid	Ergonomi	Total kostnad
● Endometriecancer	=	=	+	+	=	+	–
● Cervixcancer	–	=	+	+	=	+	–
● Rektalcancer	=	=	=	+	–	+	–
● Prostatacancer	=	=	=	=	–	+	–
● Urinblåsecancer	=	+	+	=	–	+	–
● Njuncancer	=	+	+	+	–	+	–

Teckenförklaringar: + Fördel för robotassisterad kirurgi, – Nackdel för robotassisterad kirurgi, = Ingen säker skillnad.

risk) i den minimalinvasiva gruppen jämfört med öppen operation. Vid hysterektomi har operationstiden uppgetts vara cirka en timme längre för robotassisterad operation än för operation med konventionell laparoskopisk teknik [11].

Prostatacancer

I en Cochranerapport från 2017 [12] baserad på två randomiserade studier med totalt 446 patienter som antingen opererats med RAK, laparoskopisk eller öppen prostatektomi redovisades uppföljning efter 3 månader. Ingen hänsyn togs till operatörernas erfarenhet av de tre olika typerna av ingrepp. Möjligen var vårdtiden marginellt kortare och transfusionsbehovet något lägre efter robotassisterad prostatektomi. Det fanns inga skillnader i postoperativa komplikationer, mortalitet, primärt onkologiskt resultat eller livskvalitet relaterad till urinvägar och återhämtning av sexuell funktion [12].

I en annan systematisk översikt och metaanalys [13] analyserades två randomiserade och kontrollerade studier samt 28 observationsstudier avseende biokemiskt recidiv efter robotassisterad respektive laparoskopisk prostatektomi. Inga skillnader noterades avseende mikroskopisk radikalitet. Riskerna för biokemiskt recidiv, postoperativa komplikationer och urininkontinens var mindre efter RAK, och potensförmågan var högre.

I en studie från Australien [14] jämfördes robotassisterad prostatektomi (n = 150) med öppen retropubisk prostatektomi (n = 146). Efter 24 månader sågs inga skillnader i funktionellt resultat mellan patientgrupperna. I ytterligare en översikt [15] av 61 observationsstudier fanns visst stöd för att robotassisterad prostatektomi medförde färre komplikationer och mindre risk för inkontinens och impotens. Det fanns dock ingen skillnad avseende radikaliteten vid mikroskopisk undersökning. En studie har rapporterat kortare operationstid vid RAK jämfört med laparoskopisk operation [13].

Cancer i urinblåsan

RAZOR är en multinationell randomiserad non-inferiority-studie (n = 302) av det onkologiska resultatet efter robotassisterad alternativt öppen cystektomi vid cancer i urinblåsan [16-18]. Uppföljning efter 2 och 3 år visade inga skillnader avseende mortalitet, recidiv eller livskvalitet [18]. I en aktuell metaanalys där 10 studier ingick (varav två randomiserade studier) [19] medförde RAK kortare vårdtid, färre postoperativa komplikationer, fler lymfkörtlar i operationspreparat och lägre mortalitet. I andra systematiska översikter kunde man inte påvisa några tydliga skillnader mellan robotassisterad, laparoskopisk eller öppen cystektomi beträffande radikalitet, komplikationer och livskvalitet. För RAK var operationstiden något längre, blödningen marginellt mindre och vårdtiden marginellt kortare [19-21]. I en kontrollerad och randomiserad studie jämfördes robotassisterad cystektomi (n = 60) med öppen cystektomi (n = 58). Det var ingen skillnad i perioperativa komplikationer, och vårdtiden var 8 dagar för båda typerna av ingrepp. Robotgruppen hade längre operationstid men något mindre blödning. I en senare studie sågs efter 2-6 års uppföljning ingen skillnad i recidiv eller cancerspecifik mor-

talitet [22, 23]. I en annan systematisk översikt jämfördes förekomsten av komplikationer under 90 dagar mellan robotassisterad (n = 6 500) och öppen cystektomi (n = 23 197). Studien baserades på 5 randomiserade och kontrollerade studier och 49 observationsstudier. Genomgående var operationstiderna längre (61-127 min) vid robotassisterad cystektomi än vid öppen operation [19, 21, 22, 24, 25]. Frekvensen av allvarliga komplikationer skiljde sig inte mellan de två grupperna, men i robotgruppen var den postoperativa mortaliteten lägre, operationstiderna längre, lindriga komplikationer färre och vårdtiden kortare [26]. Aktuell litteratur ger inte stöd för att det finns skillna-

»Aktuell litteratur ger inte stöd för att det finns skillnader mellan robotassisterad, laparoskopisk och öppen cystektomi.«

der mellan robotassisterad, laparoskopisk och öppen cystektomi.

I en publikation från Kina uppges att inlärningsstiden för robotassisterad cystektomi är 50-110 ingrepp [24]. Av det nationella svenska registret för cancer i urinblåsan framgår att operationstiden för robotassisterad cystektomi är 325 minuter, jämfört med 400 minuter för öppen operation.

Rektalcancer

ROLARR är en stor multinationell randomiserad studie [27] där RAK (n = 237) jämfördes med laparoskopisk kirurgi (n = 234) avseende konvertering till öppen kirurgi vid cancer i rektum. Ansvarig operatör skulle ha gjort minst 10 ingrepp av vardera slaget för att få inkludera patienter i studien. Konvertering gjordes hos 8,1 procent vid RAK och hos 12,2 procent vid laparoskopisk kirurgi, men skillnaden var inte statistiskt säkerställd. Det var heller inte någon skillnad i mikroskopisk radikalitet eller postoperativa komplikationer. Studien kunde inte visa att RAK vid rektalcancer hade fördelar jämfört med traditionell laparoskopisk kirurgi [27]. Senare har tolkningen av dessa resultat modifierats, eftersom inlärningseffekten kan vara en störande faktor vid randomiserade studier. När hänsyn togs till den individuella inlärningseffekten visade det sig att robotassisterad kirurgi innebar en minskad risk för konvertering [28].

I en randomiserad studie från Korea jämfördes radikaliteten i operationspreparatet vid RAK (n = 73) respektive laparoskopisk operation (n = 66) av rektalcancer. Det fanns inte någon skillnad mellan grupperna avseende radikalitet åt sidorna, resektionsrand eller antal lymfkörtlar i operationspreparatet. Man kunde heller inte se någon skillnad beträffande komplikationer, postoperativ tarmfunktion eller livskvalitet. Operationstiden för RAK var nästan 2 timmar längre (339 vs 228 min), men blödningen var mindre (50 ml vs 100 ml). Efter 12 månader var sexualfunktionen möjligen något bättre i gruppen som opererats med RAK [29].

I en systematisk översikt där 8 randomiserade studier med 1 305 patienter ingick analyserades behovet av konvertering till öppen operation och onkologiskt utfall. Vid RAK konverterades 5,7 procent till öppen operation och vid konventionell laparoskopisk kirurgi 11,9 procent, vilket var en signifikant skillnad. Operationstiden var kortare vid laparoskopisk kirurgi [30].

I en dansk kontrollerad undersökning jämfördes smärtstillande behandling under och efter operation för rektalcancer vid RAK (n = 26) och laparoskopisk operation (n = 25). Behovet av smärtlindring med opioider var mindre under operationen vid RAK jämfört med laparoskopisk teknik. Denna skillnad var statistiskt säkerställd (P = 0,001). Efter operationen var det däremot ingen skillnad mellan grupperna, trots en stor skillnad i konvertering till öppen operation (1 vs 10 patienter). Operationstiderna skiljde sig dock inte åt [31].

I en systematisk översikt och metaanalys som omfattade 334 robotassisterade operationer och 317 laparoskopiska operationer för rektalcancer fann man inte några säkra skillnader i primärt onkologiskt resultat. Konverteringsfrekvensen var lägre efter RAK, men operationstiden var längre [32]. I en översikt av 17 systematiska översikter rapporterades att konverteringsfrekvensen var något lägre efter RAK, men andra skillnader var mer osäkra [33].

Njuncancer

I en systematisk översikt baserad på 34 studier av partiell nefrektomi utvärderades 19 638 patienter som opererats med RAK jämfört med 41 170 som opererats öppet. RAK medförde mindre blödning, färre postope-

»RAK medförde mindre blödning, färre postoperativa komplikationer, kortare vårdtid och färre återinläggningar ...«

rativa komplikationer, kortare vårdtid och färre återinläggningar [34].

I en retrospektiv fallstudie med matchade grupper (n = 52 × 2) jämfördes RAK med öppen operation vid partiell nefrektomi. Operationstiden för robotassisterat ingrepp var i genomsnitt 174 minuter (130–210) och för öppen kirurgi 120 minuter (100–140). Postoperativa komplikationer förekom hos 8 procent efter RAK och hos 21 procent efter öppen operation [35].

En retrospektiv multicenterstudie av nefrektomi utvärderade 404 patienter som opererats med RAK och 537 patienter som opererats med konventionell laparoskopisk teknik. RAK-gruppen hade längre operationstid men kortare vårdtid [36]. I en annan multicenterstudie med liknande jämförelse av operationstekniker vid operation av tumörer som var större än 7 cm (T 2) fann man ingen skillnad i onkologiskt utfall mätt som 5-årsöverlevnad [37].

I det svenska nationella registret är operationstiden endast 10 minuter längre för robotassisterad nefrek-

tomi jämfört med öppen operation (160 mot 150 minuter). Även för resektion av njuren är skillnaden liten (159 respektive 175 minuter).

Enligt det nationella vårdprogrammet för njurcancer är minimalinvasiv teknik standard vid partiell nefrektomi. Det finns inte några randomiserade studier där robotassisterad partiell nefrektomi jämförs med laparoskopisk kirurgi. Robotkirurgin kännetecknas av betydligt längre tid på operationssalen men medför kortare vårdtider.

ERGONOMI

Studier visar ergonomiska fördelar och minskad arbetsbelastning vid RAK jämfört med laparoskopisk eller öppen kirurgi [38]. Operatörer har skattat lägre fysisk belastning vid RAK jämfört med öppen kirurgi [39], mindre smärta vid RAK jämfört med laparoskopisk eller öppen radikal prostatektomi [40] och lägre ansträngning vid RAK jämfört med laparoskopisk gynekologisk kirurgi [41]. RAK har dessutom visats stimulera tvåhänthet hos kirurgen [42], vilket anses vara en ergonomisk fördel, men vissa kirurger anger fysisk belastning även vid RAK. Det är därför viktigt med ergonomiska justeringar och pauser även vid RAK [43].

DISKUSSION

Vi har inte funnit några publikationer som redovisar skillnad i mikroskopisk radikalitet mellan RAK, laparoskopisk och öppen kirurgi vid cancer i rektum, prostata, urinblåsa, njure eller endometrium. Däremot har två studier visat sämre onkologiskt resultat av RAK eller laparoskopisk kirurgi jämfört med öppen kirurgi avseende cervixcancer [9,10].

En svaghet i de publikationerna är att graden av inläring och kompetens för att utföra de olika ingreppen inte har redovisats, vilket sannolikt varit till nackdel för resultaten vid RAK, eftersom andra studier visat att operatörernas erfarenhet vid RAK kan ha varit mindre än vid laparoskopisk och öppen kirurgi.

Operationstiden är längre vid RAK än vid laparoskopisk eller öppen kirurgi [11, 19–29, 32, 35]. Det framgår sällan om förberedelse- och avvecklingstid inräknas i operationstiden. En studie har visat att operationstiden vid prostatektomi var kortare efter RAK än efter öppen kirurgi [13], och i det nationella svenska registret för cancer i urinblåsan är operationstiden kortare för RAK jämfört med öppen operation. Ergonomiskt finns fördelar med RAK [39–43]. Risken för konvertering till öppen operation är mindre vid RAK än vid laparoskopisk operation för alla de analyserade tumörformerna utom cancer i prostata och urinblåsa, där det inte tycks föreligga någon skillnad.

Komplikationer förekom mer sällan vid RAK för cancer i urinblåsan; för övriga cancerformer sågs inte någon skillnad [19, 26, 34]. Vårdtiden förefaller kortare vid gynekologisk RAK samt efter cystektomi, men det var inte någon skillnad vid cancer i rektum eller prostata. Risken för konvertering till öppen kirurgi vid operation för rektalcancer är mindre vid RAK än vid laparoskopisk kirurgi [28, 32, 33].

Livskvaliteten skiljde sig inte mellan de olika operationstyperna [4, 5, 12].

Hälsoekonomiska analyser visar att kostnader- na stiger vid införande av RAK [44–46], även om vissa studier har funnit att kortare vårdtider delvis kom-

penserar för detta. En svensk studie [47] fann att robotassisterad hysterektomi medför liknande kostnader som laparoskopisk hysterektomi om robotens inköpskostnad inte räknas in. Kostnadsökningen var sammantaget ca 20 procent [6]. Högre inköps- och underhållskostnader samt längre operationstider innebär att RAK inte är kostnadseffektiv jämfört med laparoskopisk eller öppen kirurgi, men merkostnaden minskar sannolikt när de ursprungliga patenten går ut och konkurrerande system introduceras.

RAK leder genom strukturrationalisering till centralisering av vissa kirurgiska ingrepp, vilket riskerar en ökad ojämlikhet vad gäller tillgång till sådana insatser. Men givet det aktuella evidensläget för RAK har detta sannolikt en marginell betydelse för jämlikheten i befolkningen när det gäller utfall av kirurgiska ingrepp. Eftersom svensk vård ska ges efter behov finns det anledning att vara observant så att en ökad användning av RAK inte tränger undan vård för patienter med lika stora eller större vårdbehov. Nya patenterade utrustningar inom sjukvården innebär dock ofta årtal av utveckling. Även om RAK i dagsläget inte är kostnadseffektiv har marknaden tillsammans med sjukvården potential att ändra situationen till fördel för RAK, som sannolikt är här för att stanna.

Sammanfattningsvis finns det både fördelar och nackdelar med RAK i lilla bäckenet och vid njurcancer. Det finns klara ergonomiska fördelar för operatören. Den onkologiska effektiviteten skiljer sig inte,

utom för cervixcancer där minimalinvasiv kirurgi tycks ge sämre resultat. Komplikationer och vårdtider är snarlika. De två stora nackdelarna är att operationstiderna inklusive förberedelse- och avvecklingstid är längre och kostnadseffektiviteten lägre än för laparoskopisk och öppen kirurgi. Det finns risk för

»De två stora nackdelarna är att operationstiderna inklusive förberedelse- och avvecklingstid är längre och kostnadseffektiviteten lägre ...«

att operationssalarna används under lång tid vid robotassisterade operationer, vilket kan leda till undanträngningseffekter med uppskjutna operationer. Vi har dock inte funnit data som direkt styrker detta. Investeringskostnaderna har hittills varit mycket höga. När patentet upphör inom kort kan dock kostnadsbildningen komma att förändras. ○

● Potentiella bindningar eller jävsförhållanden: Inga uppgivna.

Citera som: Läkartidningen. 2022;119:21172

Läs mer!

Fullständig referenslista och engelsk sammanfattning på Lakartidningen.se

SUMMARY

Robotic-assisted pelvic and renal surgery – an overview

Current studies indicate that robotic-assisted surgery is not inferior to laparoscopic or open surgery regarding oncologic or functional outcomes. An exception may be uterine cervix cancer, where the survival after minimal invasive surgery might not be as good as after open surgery. There is less bleeding and need for blood transfusion after robotic-assisted surgery, and postoperative complications are similar to open or laparoscopic surgery. Robotic-assisted surgery offers ergonomic advantages compared to laparoscopic surgery. The effect of the surgical learning curve is not sufficiently studied. Presently robotic-assisted surgery is not cost-effective due to high costs of investments. The operation is more time consuming than laparoscopic or open surgery with risks of delaying and cancellation of other operations.

REFERENSER

1. Lawrie TA, Liu HQ, Lu DH, et al. Robot-assisted surgery in gynaecology. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;4(4):CD011422.
2. Lundin ES, Wodlin NB, Nilsson L, et al. Markers of tissue damage and inflammation after robotic and abdominal hysterectomy in early endometrial cancer: a randomised controlled trial. *Sci Rep*. 2020;10(7226).
3. Wijk L, Nilsson K, Ljungqvist O. Metabolic and inflammatory responses and subsequent recovery in robotic versus abdominal hysterectomy: a randomised controlled study. *Clin Nutr*. 2018;37(1):99-106.
4. Salehi S, Åvall-Lundqvist E, Legerstam B, et al. Robot-assisted laparoscopy versus laparotomy for infrarenal paraaortic lymphadenectomy in women with high-risk endometrial cancer: a randomised controlled trial. *Eur J Cancer*. 2017;79:81-9.
5. Salehi S, Åvall-Lundqvist E, Brandberg Y, et al. Lymphedema, serious adverse events, and imaging 1 year after comprehensive staging for endometrial cancer: results from the RASHEC trial. *Int J Gynecol Cancer*. 2019;29(1):86-93.
6. Lundin ES, Carlsson P, Wodlin NB, et al. Cost-effectiveness of robotic hysterectomy versus abdominal hysterectomy in early endometrial cancer. *Int J Gynecol Cancer*. 2020;30(11):1719-25.
7. Lundin ES, Wodlin NB, Nilsson L, et al. A prospective randomized assessment of quality of life between open and robotic hysterectomy in early endometrial cancer. *Int J Gynecol Cancer*. Epub 28 mar 2019. doi: 10.1136/ijgc-2019-000285.
8. Obermair A, Asher R, Pareja R, et al. Incidence of adverse events in minimally invasive vs open radical hysterectomy in early cervical cancer: results of a randomized controlled trial. *Am J Obstet Gynecol*. 2020;222(3):249.e1-10.
9. Ramirez PT, Frumovitz M, Pareja R, et al. Minimally invasive versus abdominal radical hysterectomy for cervical cancer. *N Engl J Med*. 2018;379:1895-904.
10. Nitecki R, Ramirez PT, Frumovitz M, et al. Survival after minimally invasive vs open radical hysterectomy for early-stage cervical cancer: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Oncol*. 2020;6(7):1019-27.
11. Silva ESA, de Carvalho JPM, Anton C, et al. Introduction of robotic surgery for endometrial cancer into a Brazilian cancer service: a randomized trial evaluating perioperative clinical outcomes and costs. *Clinics (Sao Paulo)*. 2018;73(Suppl 1):e522s.
12. Ilic D, Evans SM, Allan CA, et al. Laparoscopic and robotic-assisted versus open radical prostatectomy for the treatment of localised prostate cancer. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;12(9):CD009625.
13. Lee SH, Seo HJ, Lee NR, et al. Robot-assisted radical prostatectomy has lower biochemical recurrence than laparoscopic radical prostatectomy: systematic review and meta-analysis. *Investig Clin Urol*. 2017;58(3):152-63.
14. Coughlin GD, Yaxley JW, Chambers SK, et al. Robot-assisted laparoscopic prostatectomy versus open radical retropubic prostatectomy: 24-month outcomes from a randomised controlled study. *Lancet Oncol*. 2018;19(8):1051-60.
15. Seo HJ, Lee NR, Son SK, et al. Comparison of robot-assisted radical prostatectomy and open radical prostatectomy outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Yonsei Med J*. 2016;57(5):1165-77.
16. Parekh DJ, Reis IM, Castle EP, et al. Robot-assisted radical cystectomy versus open radical cystectomy in patients with bladder cancer (RAZOR): an open-label, randomised, phase 3, non-inferiority trial. *Lancet*. 2018;391(10139):2525-36.
17. Venkatramani V, Reis IM, Castle EP, et al. Predictors of recurrence, and progression-free and overall survival following open versus robotic radical cystectomy: analysis from the RAZOR trial with a 3-year followup. *J Urol*. 2020;203(3):522-9.
18. Becerra MF, Venkatramani V, Reis IM, et al. Health related quality of life of patients with bladder cancer in the RAZOR trial: a multi-institutional randomized trial comparing robot versus open radical cystectomy. *J Urol*. 2020;204(3):450-9.
19. Sathianathan NJ, Kalapara A, Frydenberg M, et al. Robotic assisted radical cystectomy vs open radical cystectomy: systematic review and meta-analysis. *J Urol*. 2019;201(4):715-20.
20. Iwata T, Kimura S, Foerster B, et al. Oncologic outcomes after robot-assisted versus open radical cystectomy: a systematic review and meta-analysis. *World J Urol*. 2019;37(8):1557-70.
21. Fonseka T, Ahmed K, Froghi S, et al. Comparing robotic, laparoscopic and open cystectomy: a systematic review and meta-analysis. *Arch Ital Urol Androl*. 2015;87(1):41-8.
22. Bochner BH, Dalbagni G, Sjoberg DD, et al. Comparing open radical cystectomy and robot-assisted laparoscopic radical cystectomy: a randomized clinical trial. *Eur Urol*. 2015;67(6):1042-50.
23. Bochner BH, Dalbagni G, Marzouk KH, et al. Randomized trial comparing open radical cystectomy and robot-assisted laparoscopic radical cystectomy: oncologic outcomes. *Eur Urol*. 2018;74(4):465-71.
24. Shen Z, Sun Z. Systematic review and meta-analysis of randomised trials of perioperative outcomes comparing robot-assisted versus open radical cystectomy. *BMC Urol*. 2016;16(1):59.
25. Son SK, Lee NR, Kang SH, et al. Safety and effectiveness of robot-assisted versus open radical cystectomy for bladder cancer: a systematic review and meta-analysis. *J Laparosc Adv Surg Tech A*. 2017;27(11):1109-20.
26. Tzelives L, Skolarikos A, Mourmouris P, et al. Does the use of a robot decrease the complication rate adherent to radical cystectomy? A systematic review and meta-analysis of studies comparing open with robotic counterparts. *J Endourol*. 2019;33(12):971-84.
27. Jayne D, Pigazzi A, Marshall H, et al. Effect of robotic-assisted vs conventional laparoscopic surgery on risk of conversion to open laparotomy among patients undergoing resection for rectal cancer: the ROLARR randomized clinical trial. *JAMA*. 2017;318(16):1569-80.
28. Corrigan N, Marshall H, Croft J, et al. Exploring and adjusting for potential learning effects in ROLARR: a randomised controlled trial comparing robotic-assisted vs. standard laparoscopic surgery for rectal cancer resection. *Trials*. 2018;19(1):339.
29. Kim HJ, Choi GS, Park JS, et al. The impact of robotic surgery on quality of life, urinary and sexual function following total mesorectal excision for rectal cancer: a propensity score-matched analysis with laparoscopic surgery. *Colorectal Dis*. 2018;20(5):O103-13.
30. Huang YJ, Kang YN, Huang YM, et al. Effects of laparoscopic vs robotic-assisted mesorectal excision for rectal cancer: an update systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Asian J Surg*. 2019;42(6):657-66.
31. Tolstrup R, Funder JA, Lundbech L, et al. Perioperative pain after robot-assisted versus laparoscopic rectal resection. *Int J Colorectal Dis*. 2018;33(3):285-9.
32. Prete FF, Pezzolla A, Prete F, et al. Robotic versus laparoscopic minimally invasive surgery for rectal cancer: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Surg*. 2018;267(6):1034-46.
33. Hoshino N, Sakamoto T, Hida K, et al. Robotic versus laparoscopic surgery for rectal cancer: an overview of systematic reviews with quality assessment of current evidence. *Surg Today*. 2019;49(7):556-70.
34. Tsai SH, Tseng PT, Sherer BA, et al. Open versus robotic partial nephrectomy: Systematic review and meta-analysis of contemporary studies. *Int J Med Robot*. 2019;15(1):e1963.
35. Borghesi M, Schiavina R, Chessa F, et al. Retroperitoneal robot-assisted versus open partial nephrectomy for cT1 renal tumors: a matched-pair comparison of perioperative and early oncological outcomes. *Clin Genitourin Cancer*. 2018;16(2):e391-6.
36. Anelle UA, Marchioni M, Yang B, et al. Robotic versus laparoscopic radical nephrectomy: a large multi-institutional analysis (ROSULA Collaborative Group). *World J Urol*. 2019;37(11):2439-50.
37. Bradshaw AW, Autorino R, Simone G, et al. Robotic partial nephrectomy vs minimally invasive radical nephrectomy for clinical T2a renal mass: a propensity score-matched comparison from the ROSULA (Robotic Surgery for Large Renal Mass) Collaborative Group. *BJU Int*. 2020;126(1):114-23.
38. Wee IJY, Kuo LJ, Ngu JCY. A systematic review of the true benefit of robotic surgery: ergonomics. *Int J Med Robot Comp*. 2020;16(4):e2113.
39. Stewart C, Raoof M, Fong Y, et al. Who is hurting? A prospective study of surgeon ergonomics. *Surg Endosc*. Epub 1 feb 2021. doi: 10.1007/s00464-020-08274-0.
40. Bagrodia A, Raman JD. Ergonomics considerations of radical prostatectomy: physician perspective of open, laparoscopic, and robot-assisted techniques. *J Endourol*. 2009;23(4):627-33.
41. Dalsgaard T, Jensen MD, Hartwell D, et al. Robotic surgery is less physically demanding than laparoscopic surgery paired cross sectional study. *Ann Surg*. 2020;271(1):106-13.
42. Choussein S, Srouji SS, Farland IV, et al. Robotic assistance confers ambidexterity to laparoscopic surgeons. *J Minim Invas Gyn*. 2018;25(1):76-83.
43. Gabrielson AT, Clifton MM, Pavlovich CP, et al. Surgical ergonomics for urologists: a practical guide. *Nat Rev Urol*. 2021;18(3):160-9.
44. Tandogdu Z, Vale L, Fraser C, et al. A systematic review of economic evaluations of the use of robotic assisted laparoscopy in surgery compared with open or laparoscopic surgery. *Appl Health Econ Health Policy*. 2015;13(5):457-67.
45. Morii Y, Osawa T, Suzuki T, et al. Cost comparison between open radical cystectomy, laparoscopic radical cystectomy, and robot-assisted radical cystectomy for patients with bladder cancer: a systematic review of segmental costs. *BMC Urol*. 2019;19(1):110.
46. Korsholm M, Sørensen J, Mogensen O, et al. A systematic review about costing methodology in robotic surgery: evidence for low quality in most of the studies. *Health Econ Rev*. 2018;8(21).
47. Lönnerfors C, Reynisson P, Persson J. A randomized trial comparing vaginal and laparoscopic hysterectomy vs robot-assisted hysterectomy. *J Minim Invasive Gynecol*. 2015;22(1):78-86.