

Robotassisterad kirurgi ökar – trots osäker kostnadseffektivitet

Per Carlsson, professor, avdelningen för hälso- och sjukvårdsanalys, Linköpings universitet
 ● per.carlsson@liu.se

Rune Sjødahl, seniorprofessor, Centrum för hälso- och vårdutveckling, Region Östergötland

Elvar Theodorsson, professor, överläkare, klinisk kemi, institutet för klinisk och experimentell medicin, Linköpings universitet

Användningen av robotkirurgi både i Sverige och internationellt har ökat kraftigt under senare år trots att investeringskostnaden är hög och evidensen för bättre effekt är svag. Vid robotassisterad kirurgi utnyttjas tekniker som använts vid laparoskopi och förstärker dessa med mekanik och datorteknik som utvecklats sedan 1960-talet. Tekniken fick en bredare användning först år 2003 med lanseringen av den amerikanska operationsroboten da Vinci från företaget Intuitive Surgical. Av patentskäl är operationsrobotar från detta företag fortfarande allena rådande på marknaden och priserna på utrustning och underhåll är därmed höga. Användningen av robotassisterad kirurgi i Sverige mätt i antal inköpta utrustningar gick långsamt i början men tog fart omkring 2009 [1]. I dag finns det uppskattningsvis 30 utrustningar i drift i Sverige. En fråga är om det går att översätta de tekniska fördelarna med robotkirurgi, som bättre ergonomi och kortare inlärningstid för operatörerna [2], till bättre patientnytta som kan försvara den höga inköpskostnaden. Den sammanvägda bilden är att metoden tycks ge vissa mindre hälsovinster på kort sikt men storleksordningen på effekten och effekt på hälsorelaterad livskvalitet samt långtidseffekt är osäker [3-7].

Även om det finns data som pekar på att robotassisterad kirurgi för vissa tillämpningar har fördelar framför öppen och laparoskopisk kirurgi återstår att besvara frågan om huruvida metoden är kostnadseffektiv. Syftet med denna översikt är att redovisa kunskapsläget avseende kostnader och kostnadseffektivitet för robotassisterad kirurgi. Efter ett uppdrag i Regionala metodrådet, sydöstra sjukvårdsregionen, har vi sammanställt hälsoekonomiska analyser avseende robotassisterad kirurgi för etablerade tillämpningar och ett antal utvalda användningsområden som kan tänkas bli aktuella under de närmaste åren. Vi är medvetna om att beräkningar av kostnader och kostnadseffektivitet inte är direkt överförbara i absoluta tal mellan olika länder och studier på grund av betydande olikheter i hur kostnaderna beräknats, men vi anser att det ändå är värdefullt att ta del av kostnadsrelationer mellan olika behandlingsalternativ för att få en ökad övergripande kunskap om hälsoekonomin.

Urval och avgränsningar

I urvalet av relevanta hälsoekonomiska studier har vi avgränsat oss till publicerade studier från åren 2006-2015. Studierna kan delas in i enkla kostnadsjämförelser, som helt dominerar, och kostnadseffektanalyser. Vi har inkluderat primärstudier, registerstudier, översikter och modellanalyser. Studier där metodbeskrivning av kostnadsberäkningen saknats eller varit mycket bristfällig har exkluderats. Under arbetets

»En fråga är om det går att översätta de tekniska fördelarna med robotkirurgi, som bättre ergonomi och kortare inlärningstid för operatörerna, till bättre patientnytta som kan försvara den höga inköpskostnaden.«

gång valde vi att begränsa redovisningen till åtta olika användningsområden för robotassisterad kirurgi.

Radikal prostatektomi vid lokaliserad prostatacancer

Studier av robotassisterad operation vid lokaliserad prostatacancer dominerar i litteraturen. Vi har funnit en systematisk översiktsartikel från 2012 inkluderande 13 hälsoekonomiska originalstudier avseende urologiska operationer varav 11 omfattar prostatektomi [8]. I 7 jämförs kostnaderna mellan robotassisterad operation och en eller flera andra metoder. Utöver dessa har vi funnit en kohortstudie [9] där patienterna själva fick välja mellan robotassisterad kirurgi och konventionell kirurgi efter information om för- och nackdelar med respektive teknik. Kostnaden för robotassisterad kirurgi var högre än för öppen operation. Beräkningarna baserades på en låg operationsvolym med robot.

Det finns dock flera studier som visar fördelar med

HUVUDBUDSKAP

- Användningen av robotassisterad kirurgi har ökat trots hög investeringskostnad och svag evidens. Det är oklart om fördelarna med robotkirurgi leder till en större patientnytta som kan försvara högre kostnader.
- Trots skillnader i studiernas genomförande och kontext är kostnadsstudier relativt samstämmiga. Nästan alla visar att robotassisterad operation är dyrare än alternativen.
- Resultaten är känsliga för priset på utrustningen, driftskostnad och genomsnittlig operationstid, faktorer som kan komma att förändras.
- Det hälsoekonomiska underlaget är fylligast för radikal prostatektomi. I det fallet är robotassisterad kirurgi sannolikt kostnadseffektiv under vissa villkor; framför allt krävs det en hög operationsvolym som möjliggör att fasta kostnader kan fördelas på många operationer.

robotassisterad kirurgi som inte fångas i enkla kostnadsjämförelser. I en dansk kontrollerad studie med matchade kontroller jämfördes retropubisk radikal prostatektomi med robotassisterad laparoskopi [10]. Uppföljning skedde vid tre tillfällen under 12 månader. Ingen skillnad i hälsorelaterad livskvalitet kunde konstateras. Såväl direkta som indirekta kostnader var högre för robotassisterad operation vid en årlig operationsvolym på 110 operationer. I en amerikansk kostnadseffektstudie har bland annat öppen operation, laparoskopisk operation och robotassisterad operation vid lokaliserad prostatacancer jämförts [11]. Modellanalysen baseras på en omfattande litteraturgenomgång av 232 unika publikationer. Man fann små skillnader i behandlingsresultat (kvalitetsjusterade levnadsår, QALY) och kostnader mellan de kirurgiska metoderna. Några kostnadseffektkvoter för jämförelser mellan metoderna beräknas inte i studien.

Flera modellanalyser av vad robotassisterad kirurgi kan innebära i form av förbättrad livskvalitet och ökad överlevnad uttryckt i vunna QALY i relation till kostnaden har gjorts. En sådan relativt välgjord kostnadseffektanalys från Storbritannien [12] visar en kostnadseffektkvot (kvoten mellan skillnad i kostnad och skillnaden i effekt mellan två behandlingsalternativ) på omkring 200 000 kronor per QALY i 2009 års priser för robotassisterad laparoskopi jämfört med standardlaparoskopi vid ett antagande om 200 operationer per år. Det finns ytterligare tre modellanalyser [13-15] som kommer fram till en måttlig eller låg kostnad per QALY för robotassisterad operation jämfört med vad som accepteras vid subventionsbeslut rörande läkemedel.

Sammantaget är kostnaden för robotassisterad kirurgi genomgående högre än för laparoskopisk operation och/eller öppen operation trots något kortare vårdtid. Beräkningarna är känsliga för den årliga operationsvolymen med robot. Flera kostnadseffektanalyser baserade på data från litteraturen och antaganden om bland annat operationsvolym visar en måttlig kostnad per hälsovinst.

Cystektomi vid urinblåsecancer

I en klinisk utvärdering från USA med 186 patienter, där robotassisterad kirurgi jämfördes med öppen kirurgi, fann man att operationstiden var i stort sett lika medan medianvårdtiden var kortare för robotgruppen (5,5 jämfört med 8,0 dagar) [16]. Kostnaden per patient beräknades för tre undergrupper utifrån operationsteknik, där kostnaden för roboten beräknades på basis av en faktisk årlig volym på 361 operationer. För en av dessa grupper var robotassisterad operation något dyrare, för en grupp var kostnaden likvärdig och för en tredje lägre. I en klinisk studie jämfördes 20 konsekutiva patienter som opererades öppet med 20 som opererades med robot [17]. Även denna studie fann att vårdtiden visserligen var kortare vid robotassisterad operation men att kostnaden under vårdtillfället ändå var något högre (1,1 gånger). Den högre kostnaden förklaras av den relativt höga kostnaden för roboten, som påverkas av livslängden på utrustningen och volym men också av längre operationstid. Två stora amerikanska populationsbaserade registerstudier, där även effekter ingår, visar att robotassisterad kirur-

gi medförde en merkostnad (1,2 gånger) jämfört med konventionell öppen kirurgi men också ledde till färre komplikationer [18, 19]. En av få randomiserade studier av robotassisterad kirurgi vid cystektomi har genomförts vid ett amerikanskt sjukhus. Öppen (n = 58) och robotassisterad (n = 60) operation vid cystektomi med lymfkörtelutrymning jämfördes [20]. Gruppen som opererades med robot hade mindre blodförlust och längre operationstid. Vårdtid och hälsorelaterad livskvalitet efter 3 och 6 månader var likartad. Kostnaden för robotassisterad operation var signifikant högre än för öppen operation (1,1 eller 1,3 gånger beroende på typ av urinavledning).

Flertalet studier visar att robotassisterad operation kostar mer än alternativerna vid cystektomi. Flera studier visar dock något bättre effekt, men ingen kostnadseffektanalys har identifierats.

Nefrektomi vid njurcancer

I en kostnadsjämförelse av robotassisterad, laparoskopisk och öppen partiell nefrektomi har data från litteraturen använts som underlag för beräkningarna [21]. Kostnaden för utrustningen fördelades på sju år och en årlig operationsvolym på 300 operationer. Robotassisterad partiell nefrektomi var i genomsnitt 1,2 gånger dyrare än laparoskopisk partiell nefrektomi, som hade lägst kostnad. Även senare studier av partiell nefrektomi kommer fram till likartade slutsatser, nämligen att robotassisterade operationer kostar mer än jämförda alternativ [22-27]. I en amerikansk kostnadsstudie som använder data från ett centrum fanns däremot ingen skillnad i kostnad mellan metoderna [28]. En större registerstudie från USA baserad på sjukhusens ersättningar visar att robotassisterad partiell nefrektomi kostar mindre än laparoskopisk medan det omvända förhållandet gäller för total nefrektomi [29].

I en studie från Tyskland har man försökt analysera kostnadseffektiviteten för robotkirurgi vid partiell nefrektomi [30]. Man fann att kostnaden för sjukhusvården var i genomsnitt 1,1 gånger högre för robotassisterad operation än för öppen operation och 1,2 gånger högre än för laparoskopisk operation. Robotassisterad operation var förenad med lägst andel komplikationer. Det använda kostnadseffektmåttet kostnad per undviken komplikation är dock svårt att dra någon slutsats från.

Flertalet studier visar en något högre kostnad för robotassisterad operation än för alternativerna vid nefrektomi. Enstaka studier visar ingen skillnad eller lägre kostnad respektive effektfördel för robotassisterad operation utan att det går att dra någon slutsats om kostnadseffektiviteten.

Sakrokolpopexi vid livmoderframfall

En liten randomiserad studie av robotassisterad och laparoskopisk sakrokolpopexi visar kostnaderna och behandlingsresultat efter sex veckor [31]. En betydligt högre kostnad noterades för robotassisterade operationer jämfört med laparoskopi (1,7 gånger högre). Nästan hela skillnaden utgjordes av högre kostnad för utrustning. Korttidsresultat och komplikationer var likvärdiga i grupperna. Inte heller sågs någon skillnad i hälsorelaterad livskvalitet. I en studie från USA av kostnadsdata från patienter som opere-

rades vid ett sjukhus mellan år 2006 och 2010 framgår att operationstiden var likvärdig för robotassisterad och öppen kirurgi, men att postoperativ vårdtid skilde sig signifikant (1,0 versus 3,3 dagar) till fördel för robotkirurgin [32]. Med ett antagande om en årlig volym på 341 robotassisterade operationer per år visade huvudanalysen en lägre kostnad för robotassisterad kirurgi, vilket även andra har funnit [33]. I en retrospektiv kohortstudie från USA jämförs kritiska tider, sjukhuskostnader och kirurgiska resultat för robotassisterad (n = 43) respektive laparoskopisk (n = 61) sakrokolpopexi [34]. Med robotassisterad operation uppnås liknande perioperativt resultat som med traditionell laparoskopi, men något längre operationstid resulterar i högre operationskostnad. I en modellanalys (beslutstråd) jämförs kostnaderna för robotassisterad, standardlaparoskopi och öppen sakrokolpopexi [35]. För huvudalternativet med kostnaden för roboten inkluderad var den totala sjukhuskostnaden högst för robotassisterad operation och lägst för öppen operation.

Sammanfattningsvis visar tre av fem studier högre kostnad för robotassisterad operation.

Hysterektomi vid cancer i livmoderslemhinna/-hals

I en kohortstudie från Kanada av hysterektomi vid cancer fann man att kostnaden för sjukhusvården vid robotassisterade operationer var lägre än för historiska kontrollpatienter opererade utan robot [36], medan andra [37] inte funnit någon skillnad mellan robotassisterad operation och öppen operation vid cancer i livmoderhalsen. I en retrospektiv registerstudie vid ett sjukhus fann man inte någon signifikant skillnad i kostnad mellan operationsmetoderna vid cancer i livmoderslemhinnan [38]. Flera andra studier har visat att robotassisterad operation kostar mer än jämförelsealternativen [34, 35, 39-43], varav en studie [40] är en översikt som delvis omfattar samma referenser som redovisas i detta avsnitt. En modellanalys från USA visar i en beräkning utifrån ett sjukhusperspektiv att kostnaden var högre för robotassisterad operation än för laparoskopi och öppen operation [44]. I ett bredare samhällsperspektiv kostade öppen operation mest. En stor kanadensisk registerstudie jämför laparoskopisk och robotassisterad hysterektomi vid uteruscancer under åren 2008-2012 (n = 10 347) [45]. Trots högre komorbiditet i robotgruppen fann man inga skillnader i postoperativ morbiditet eller mortalitet. Kostnaden var dock 1,2 gånger högre för robotassisterade operationer.

En studie från Sverige [46] undersökte hysterektomi och lymfadenektomi vid behandling av en blandad patientgrupp med cancer i livmoderslemhinna eller livmoderhalsen. Konsekutiv inklusion av patienter gjordes i studien. Beräkningen av kapitalkostnaden för robotkirurgi baserades på 7 års avskrivning och 400 operationer per år. Jämfört med öppen operation var genomsnittskostnaden för de 30 första robotassisterade operationerna 1,4 gånger högre, medan den var likvärdig för de sista 30 operationerna i serien. Studien visar på nödvändigheten av att väga in inlärningseffekten och därmed ta hänsyn till kortare operationstider efter en tids användning [47].

När det gäller användning av robotassisterad kirur-

gi vid hysterektomi är bilden splittrad avseende kostnadsrelationen mellan olika operationstyper. En majoritet av studierna visar dock på att robotassisterade operationer kostar något mer än jämförelsealternativen.

Resektion vid koloncancer

Två systematiska litteraturöversikter från 2015 har jämfört effekter och kostnader vid robotassisterad operation med laparoskopi vid kolonresektion. I den ena översikten [48] är åtta studier inkluderade varav tre innehåller kostnadsdata. I dessa studier är kostnaden för robotassisterad operation mellan 1,2 och 1,7 gånger högre än för jämförelsealternativet. Inga skillnader i behandlingsresultat förutom mindre blodförlust under operationen och kortare tid till första flatus kunde visas. I den andra översiktsstudien hade tolv studier inkluderats varav fyra ingår i ovanstående studie [49]. Förutom mindre blodförlust och kortare tid till första flatus fann man också en signifikant lägre frekvens av postoperativa komplikationer och sårinfektioner vid robotassisterad operation. Fyra kostnadsstudier inkluderades varav tre är desamma som i ovanstående studie. Resultatet blev detsamma, nämligen att robotassisterad kirurgi kostar signifikant mer än alternativet.

Sammantaget visar studierna för kolorektal cancer en högre kostnad för robotassisterad operation utan säkerställd patientnytta.

Bypass-operation vid fetma

Med hjälp av en systematisk litteraturöversikt har en forskargrupp i Kanada beräknat effekter och kostnader för fetmaoperation med hjälp av en besluts-trädsmodell [50]. De fann ingen skillnad i komplikationsfrekvens mellan robotassisterad operation och konventionell öppen operation. Operationerna med robot kostade i genomsnitt 1,3 gånger mer än öppen kirurgi. Författarna drar slutsatsen att merkostnaden inte kunde motiveras med bättre effekt vid robotassisterad operation.

Operation av gallblåsan

Kostnaden för robotassisterad kirurgi vid kolecystektomi har analyserats i ett fåtal studier. I en studie beräknas kostnaden under vårdtillfället för robotassisterad operation till 1,3 gånger högre än för konventionell laparoskopisk kirurgi [51] med marginellt bättre resultat. I en retrospektiv registerstudie vid ett centrum jämfördes robotassisterad med konventionell laparoskopisk kolecystektomi [52]. Patienterna inkluderades konsekutivt (juli 2010-augusti 2013). Operationstiden var längre för robotassisterad operation, men skillnad i konverteringsfrekvens noterades. Tid för patienten till oberoende och utförande av dagliga aktiviteter var längre efter robotassisterad operation (4 versus 2,3 dagar) medan kostnaden under vårdtillfället var 1,7 gånger högre.

Få studier av robotassisterad operation vid kolecystektomi visar att kostnaderna för dessa är högre än för laparoskopisk operation.

Summering och slutsatser

Sammantaget har vi funnit många hälsoekonomiska studier av robotassisterad kirurgi från flera länder,

»Kostnadsrelationen mellan de olika behandlingsalternativen ger ändå en entydig bild: robotassisterad operation kostar i regel mer ...«

även om studier från USA dominerar. Vi gör inte anspråk på att ha genomfört en heltäckande systematisk översikt men konstaterar utifrån våra efterforskningar att detta är den hittills ojämförligt fylligaste hälsoekonomiska översikten om robotassisterad kirurgi.

Studierna är företrädesvis kostnadsjämförelser. Genomgående är resultaten relativt samstämmiga trots skillnader i genomförande, beräkningssätt och kontext. De allra flesta kommer fram till att robotassisterad operation är dyrare än öppen operation och i flertalet fall även dyrare än laparoskopisk operation. Det finns dock resultat som pekar på vissa fördelar för patienterna. Robotassisterade operationer tenderar att resultera i kortare vårdtider och därmed ett snabbare tillfrisknande. Komplikationsfrekvensen är ofta lägre än vid öppen kirurgi. Endast i ett fåtal studier har patientnyttan i form av ökad överlevnad och förbättrad hälsorelaterad livskvalitet beräknats. Inte heller de studierna ger ett entydigt resultat utan visar exempel på både höga och låga kostnader för den extra hälsovinst som robotassisterade operationer kan tillföra. Analyserna visar också att resultaten är känsliga för priset på utrustningen, driftskostnad, genomsnittlig operationstid med mera. Detta är faktorer som snabbt kan komma att förändras med en annan prissättning för robotsystemen. Årlig operationsvolym är också viktig för kostnaden per operation. Flera tillämpningar av metoden ökar patientunderlaget på sikt medan en ökning av antalet utrustningar i landet går i motsatt riktning.

De hälsoekonomiska beräkningar som vi refererar till har genomförts för olika tillämpningar, med olika typer av dataunderlag och beräkningssätt, vilket gör att de absoluta kostnaderna inte är jämförbara och överförbara till svenska förhållanden. Kostnadsrelationen mellan de olika behandlingsalternativen ger ändå en entydig bild: robotassisterad operation kostar i regel mer [5].

Det hälsoekonomiska underlaget är fylligast för radikal prostatektomi och visar att robotassisterad kirurgi sannolikt är kostnadseffektiv under vissa villkor, framför allt vid en hög operationsvolym som möjliggör att fasta kostnader kan fördelas på många operationer. Vid beslut om investeringar i robotsystem förutsätts att kostnadseffektiviteten även för andra framtida tillämpningar ska värderas. Den översikt som vi får fram från litteraturen bör då sättas in i ett lokalt sammanhang [5]. I dag finns det en betydande lokal erfarenhet om nyttjandegrad, kostnader per operation, utrustningens livslängd, operationstider med mera att utgå från vid specifika analyser av ytterligare investeringar.

Avsaknad av randomiserade kontrollerade effekt-

studier av robotassisterad kirurgi gör fortfarande investeringsbeslut i ny utrustning osäkra och omdiskuterade. Även när vi inte har tillgång till perfekta data är det viktigt att belysa beslutsproblemet på ett allsidigt sätt med hjälp av bästa tillgängliga information. För nya metoder som kostar mer och med osäkra hälsovinsten bör en kostnadseffektanalys vara en självklar del av beslutsunderlaget. ○

● Potentiella bindningar eller jävsförhållanden: Inga uppgivna.

Citera som: *Läkartidningen. 2016;113:D7CM*

SUMMARY

Robot-assisted surgery increases – despite unclear cost effectiveness

The use of robot-assisted surgery has increased in recent years despite high investment costs and weak evidence regarding benefits. It is unclear whether the technical advantages of robotic surgery lead to greater patient benefits that can justify higher costs.

Cost comparisons dominate the scientific literature. Despite differences in the studies' implementation, calculation methods, and context, the results are relatively consistent. Most studies conclude that robot-assisted surgery is more expensive than other options.

The results are sensitive to the price of the robot system, operational costs, and average operating time – factors that could change.

The health economic evidence is strongest for radical prostatectomy. It shows that robot-assisted surgery is likely to be cost effective under certain conditions – in particular it requires a high volume of surgery, which allows fixed costs to be distributed across many operations.

REFERENSER

1. Robotassisterad laparoskopisk kirurgi i Sverige: utbredning, omfattning och tillämpning. Stockholm: Socialstyrelsen; 2013. Artikelnr 2013-2-17.
2. Diana M, Marescaux J. Robotic surgery. *Br J Surg*. 2015;102:e15-28.
3. Wallerstedt A, Tyrirtzis SI, Thorsteinsdottir T, et al. Short-term results after robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy compared to open radical prostatectomy. *Eur Urol*. 2015;67:660-70.
4. Liu H, Lawrie TA, Lu D, et al. Robot-assisted surgery in gynaecology. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;(12):CD011422.
5. 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;13:457-67.
6. Ho C, Tsakonas E, Tran K, et al. Robot-assisted surgery compared with open surgery and laparoscopic surgery: clinical effectiveness and economic analyses. Ottawa: Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health (CADTH); 2011. Technology Report No 137.
7. Robertson C, Close A, Fraser C, et al. Relative effectiveness of robot-assisted and standard laparoscopic prostatectomy as alternatives to open radical prostatectomy for treatment of localised prostate cancer: a systematic review and mixed treatment comparison meta-analysis. *BJU Int*. 2013;112:798-812.
8. Ahmed K, Ibrahim A, Wang TT, et al. Assessing the cost effectiveness of robotics in urological surgery – a systematic review. *BJU Int*. 2012;110:1544-56.
9. Barbaro S, Paudice A, Scipioni S, et al. Robot-assisted radical prostatectomy: a mini-health technology assessment in a teaching hospital. *Health Med*. 2012;6:724-30.
10. Hohwu L, Borre M, Ehlers L, et al. A short-term cost-effectiveness study comparing robot-assisted laparoscopic and open retroperitoneal radical prostatectomy. *J Med Econ*. 2011;14:403-9.
11. Cooperberg MR, Ramakrishna NR, Duff SB, et al. Primary treatments for clinically localised prostate cancer: a comprehensive lifetime cost-utility analysis. *BJU Int*. 2013;111:437-50.
12. Close A, Robertson C, Rushton S, et al. Comparative cost-effectiveness of robot-assisted and standard laparoscopic prostatectomy as alternatives to open radical prostatectomy for treatment of men with localised prostate cancer: a health technology assessment from the perspective of the UK National Health Service. *Eur Urol*. 2013;64:361-9.
13. Health technology assessment of robot-assisted surgery in selected surgical procedures. 21 sep 2011. Cork: Health Information and Quality Authority; 2011.
14. O'Malley SP, Jordan E. Review of a decision by the Medical Services Advisory Committee based on health technology assessment of an emerging technology: the case for remotely assisted radical prostatectomy. *Int J Technol Assess Health Care*. 2007;23:286-91.
15. Ramsay C, Pickard R, Robertson C, et al. Systematic review and economic modelling of the relative clinical benefit and cost-effectiveness of laparoscopic surgery and robotic surgery for removal of the prostate in men with localised prostate cancer. *Health Technol Assess*. 2012;16:1-313.
16. Lee R, Ng CK, Shariat SF, et al. The economics of robotic cystectomy: cost comparison of open versus robotic cystectomy. *BJU Int*. 2011;108:1886-92.
17. Smith A, Kurpad R, Lal A, et al. Cost analysis of robotic versus open radical cystectomy for bladder cancer. *J Urol*. 2010;183:505-9.
18. Yu HY, Hevelone ND, Lipsitz SR, et al. Comparative analysis of outcomes and costs following open radical cystectomy versus robot-assisted laparoscopic radical cystectomy: results from the US Nationwide Inpatient Sample. *Eur Urol*. 2012;61:1239-44.
19. Leow JJ, Reese SW, Jiang W, et al. Propensity-matched comparison of morbidity and costs of open and robot-assisted radical cystectomies: a contemporary population-based analysis in the United States. *Eur Urol*. 2014;66:569-76.
20. Bochner BH, Dalbagni G, Sjöberg DD, et al. Comparing open radical cystectomy and robot-assisted laparoscopic radical cystectomy: a randomized clinical trial. *Eur Urol*. 2015;67:1042-50.
21. Mir SA, Cadeddu JA, Sleeper JP, et al. Cost comparison of robotic, laparoscopic, and open partial nephrectomy. *J Endourol*. 2011;25:447-53.
22. Alemozaffar M, Chang SL, Kacker R, et al. Comparing costs of robotic, laparoscopic, and open partial nephrectomy. *J Endourol*. 2013;27:560-5.
23. Mano R, Schulman A, Hakimi AA, et al. Cost comparison of open and robotic partial nephrectomy using a short postoperative pathway. *Urology*. 2015;85:596-603.
24. Castle SM, Gorbatiy V, Avallone MA, et al. Cost comparison of nephron-sparing treatments for cT1a renal masses. *Urol Oncol*. 2013;31:1327-32.
25. Laydner H, Isac W, Autorino R, et al. Single institutional cost analysis of 325 robotic, laparoscopic, and open partial nephrectomies. *Urology*. 2013;81:533-8.
26. Hyams E, Pierorazio P, Mullins JK, et al. A comparative cost analysis of robot-assisted versus traditional laparoscopic partial nephrectomy. *J Endourol*. 2012;26:843-7.
27. Elsamra SE, Leone AR, Lasser MS, et al. Hand-assisted laparoscopic versus robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy: comparison of short-term outcomes and cost. *J Endourol*. 2013;27:182-8.
28. Ferguson JE 3rd, Goyal RK, Raynor MC, et al. Cost analysis of robot-assisted laparoscopic versus hand-assisted laparoscopic partial nephrectomy. *J Endourol*. 2012;26:1030-7.
29. Kates M, Ball MW, Patel HD, et al. The financial impact of robotic technology for partial and radical nephrectomy. *J Endourol*. 2015;29:317-22.
30. Buse S, Hach CE, Klumpen P, et al. Cost-effectiveness of robot-assisted partial nephrectomy for the prevention of perioperative complications. *World J Urol*. 2016;34(8):1131-7.
31. Anger JT, Mueller ER, Tarmay C, et al. Robotic compared with laparoscopic sacrocolpopexy: a randomized controlled trial. *Obstet Gynecol*. 2014;123:5-12.
32. Elliott CS, Hsieh MH, Sokol ER, et al. Robot-assisted versus open sacrocolpopexy: a cost-minimization analysis. *J Urol*. 2012;187:638-43.
33. Hoyte L, Rabbanifard R, Mezzich J, et al. Cost analysis of open versus robotic-assisted sacrocolpopexy. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*. 2012;18:335-9.
34. Tan-Kim J, Menefee SA, Lubner KM, et al. Robotic-assisted and laparoscopic sacrocolpopexy: comparing operative times, costs and outcomes. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*. 2011;17:44-9.
35. Judd JP, Siddiqui NY, Barnett JC, et al. Cost-minimization analysis of robotic-assisted, laparoscopic, and abdominal sacrocolpopexy. *J Minim Invasive Gynecol*. 2010;17:493-9.
36. Lau S, Vaknin Z, Ramana-Kumar AV, et al. Outcomes and cost comparisons after introducing a robotics program for endometrial cancer surgery. *Obstet Gynecol*. 2012;119:717-24.
37. Halliday DLS, Vaknin Z, Deland C, et al. Robotic radical hysterectomy: comparison of outcomes and cost. *J Robot Surg*. 2010;2:211-6.
38. Coronado PJ, Herraiz MA, Magrina JF, et al. Comparison of perioperative outcomes and cost of robotic-assisted laparoscopy, laparoscopy and laparotomy for endometrial cancer. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2012;165:289-94.
39. Desille-Gbaguidi H, Hebert T, Paternotte-Villemagne J, et al. Overall care cost comparison between robotic and laparoscopic surgery for endometrial and cervical cancer. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2013;171:348-52.
40. Tapper AM, Hannola M, Zeitlin R, et al. A systematic review and cost analysis of robot-assisted hysterectomy in malignant and benign conditions. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2014;177:1-10.
41. Holtz DO, Finnegan MO, et al. Endometrial cancer surgery costs: robot vs laparoscopy. *J Minim Invasive Gynecol*. 2010;17:500-3.
42. Yu X, Lum D, Kiet TK, et al. Utilization of and charges for robotic versus laparoscopic versus open surgery for endometrial cancer. *J Surg Oncol*. 2013;107:653-8.
43. Venkat P, Chen LM, Young-Lin N, et al. An economic analysis of robotic versus laparoscopic surgery for endometrial cancer: costs, charges and reimbursements to hospitals and professionals. *Gynecol Oncol*. 2012;125:237-40.
44. Barnett JC, Judd JP, Wu JM, et al. Cost comparison among robotic, laparoscopic, and open hysterectomy for endometrial cancer. *Obstet Gynecol*. 2010;116:685-93.
45. Zakhari A, Czuzoj-Shulman N, Spence AR, et al. Laparoscopic and robot-assisted hysterectomy for uterine cancer: a comparison of costs and complications. *Am J Obstet Gynecol*. 2015;213:665.e1-7.
46. Reynisson P, Persson J. Hospital costs for robot-assisted laparoscopic radical hysterectomy and pelvic lymphadenectomy. *Gynecol Oncol*. 2013;130:95-9.
47. Teljeur C, O'Neill M, Moran PS, et al. Economic evaluation of robot-assisted hysterectomy: a cost-minimization analysis. *BJOG*. 2014;121:1546-53.
48. Rondelli F, Balzarotti R, Villa F, et al. Is robot-assisted laparoscopic right colectomy more effective than the conventional laparoscopic procedure? A meta-analysis of short-term outcomes. *Int J Surg*. 2015;18:75-82.
49. Trastulli S, Cirocchi R, Desiderio J, et al. Robotic versus laparoscopic approach in colonic resections for cancer and benign diseases: systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2015;10:e0134062.
50. Bailey JG, Hayden JA, Davis PJ, et al. Robotic versus laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass (RYGB) in obese adults ages 18 to 65 years: a systematic review and economic analysis. *Surg Endosc*. 2014;28:414-26.
51. Breitenstein S, Nocito A, Puhann M, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic cholecystectomy: outcome and cost analyses of a case-matched control study. *Ann Surg*. 2008;247:987-93.
52. Gustafson M, Lescoufflair T, Kimball R, et al. A comparison of robotic single-incision and traditional single-incision laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc*. 2016;30:2276-80.