

Tredimensional laparoskopi har potentiale til at erstatte todimensional laparoskopi ved abdominalkirurgi

Charlotte Fergo, Hans-Christian Pommergaard, Jakob Burcharth & Jacob Rosenberg

STATUSARTIKEL

Center for Perioperativ
Optimering, Gastro-
enheden, Kirurgisk
Sektion, Herlev Hospital

Ugeskr Læger
2015;177:V11140635

Laparoskopi er i dag standard ved mange abdominalkirurgiske indgreb trods flere udfordringer: Det operative felt gengives i et todimensionalt (2D)-billede, der forringer den rumlige orientering ved at udelukke en direkte dybdeperception, hvilket er udfordrende for hånd-øje-koordinationen, læringskurven kan være lang for laparoskopiske indgreb, og ydermere kan ergonomien for kirurgen under indgrebet være uhensigtsmæssig [1-3]. For at imødegå dette er robotkirurgi implementeret til visse kirurgiske procedurer med potentielle fordele som tredimensional (3D)-billedgengivelse og en håndledsfunktion (EndoWrist) i instrumenterne, der muliggør bevægelser i flere planer. Der mangler dog fortsat evidens for robotkirurgiens fordele på relevante kliniske endepunkter [4].

3D-laparoskopi kombinerer den konventionelle laparoskopis (2D) brug af vanlige laparoskopiske instrumenter med en 3D-optik. 3D-laparoskopis plads i kirurgien er endnu uafklaret. Formålet med denne statusartikel er at afveje fordele og ulemper ved 3D-laparoskopi over for 2D-laparoskopi og robotkirurgi for at vurdere mulighederne for implementering af 3D-laparoskopi til kirurgiske indgreb i abdomen.

STEREOSKOPI

Stereopsi er opfattelsen af dybdeperspektiv, der opstår ved fusion af de to forskellige nethindebilleder, som modtages af hhv. højre og venstre øje [2, 5]. Nye 3D-laparoskopisystemer består af et tolinset endoskop kombineret med en HD-skærm og polariserede letvægtsbriller, der ved hjælp af to optiske kanaler, ét for hvert øje, kan udnytte forskellen i billedmodtagelse til dannelsen af stereoskopi ud fra et 2D-billede. En særlig HD-skærm overlapper højre og venstre billede af operationsfeltet, og de polariserede briller forsyner hvert øje med det korresponderende billede, der tilsammen opfattes som fuld HD med dybdeperspektiv [6]. Ved robotkirurgi opnås stereoskopi ved, at der er to separate skærme integreret i konsollen.

De tidlige 3D-systemer havde suboptimal enkeltlinset optik med tunge headset eller aktive gitterbriller og blev derfor aldrig implementeret, men med teknologiens udvikling er 3D-laparoskopi blevet opti-

meret mht. udstyret og projektionen af 3D-billedet til skærmen [6-9]. Erfarne kirurger kan ved 2D-laparoskopi delvist kompensere for begrænsningerne ved at orientere sig efter sekundære visuelle referencer såsom anatomi og størrelsen på instrumenterne. Denne praksis kræver erfaring, tager tid at lære [3, 6, 8-10] og kan give anledning til visuelle misforståelser, der er påvist at være årsag til 97% af de laparoskopiske galdevejslæsioner [11]. Stereoskopi er derfor vigtig for udførelsen af finmotoriske opgaver [2, 6, 7, 9, 12], og mangel på stereoskopi kan give fejlbedømmelse af afstande [2, 13]. Stereoblinde personer har ingen effekt af 3D [2]. Ca. 14% af befolkningen med normalt syn er stereoblind [5].

3D-laparoskopi vs. 2D-laparoskopi

I to randomiserede forsøg blev der ikke påvist nogen fordel ved 3D-laparoskopi i forhold til 2D-laparoskopi. I det ene forsøg blev der anvendt suboptimalt 3D-udstyr af ældre dato [14], i det andet fandt man, at 3D-laparoskopi var en uafhængig faktor for gennemsnitlig kortere tid til udførelse af vesikouretral anastomose (VUA) [12]. I andre nyere, ikke-randomiserede studier har man i alle påvist fordele ved 3D-laparoskopi, også for erfarne kirurger, med et markant kortere tidsforbrug for en række indgreb, hhv. 20 vs. 30 min [13] og 40 vs. 54 min for kolecystektomi [15], 131 min vs. 190 min for radikal prostatektomi og 28 min vs. 87 min for VUA [16], 66% (132/200) vs. 55% (110/200) for hysterektomier varende under 60 min, og 12% (12/100) vs. 2% (2/100) for myomektomier varende under 45 min [7]. Da det i studierne ikke er angivet, om samme kirurger foretager alle indgreb, kan en evt. læringskurve påvirke forskellen i operationstid for to af studierne [7, 13].

Der er fundet bedre vurdering af dybdeperception [13, 15, 17], bedre hånd-øje-koordination [15, 17] samt større gennemførlighed og selvsikkerhed [12] ved 3D- end ved 2D-laparoskopi. Alle adspurgte kirurger foretrak 3D-laparoskopi frem for 2D-laparoskopi og oplevede, at 3D-laparoskopi forenkledede komplekse procedurer [12, 17].

For eksperimentelle studier er der modstridende resultater [10, 18]. I alle nyere studier med tidssvarende 3D-udstyr har man påvist en fordel ved

3D-laparoskopi, hvad angår tid og antal fejl med få eller ingen ulemper også for erfarne kirurger [1, 3, 5, 6, 8, 9, 19]. Kirurgerne foretrak 3D-laparoskopi [1, 6, 8], da operationstiden kunne reduceres med ca. 40% [9], hvor fordelene var størst ved komplekse opgaver [3, 8, 9].

3D-laparoskopi vs. robotkirurgi

I ingen kliniske studier har man direkte sammenlignet 3D-laparoskopi med robotkirurgi. I et enkelt klinisk studie har man set på laparoskopiske operationer med anvendelse af en roboholdt 3D-kamera-arm [17], og her fandt kirurgerne, at 3D-laparoskopi var behagelig, og at robotarmen gav god ergonomi.

Der eksisterer få, udelukkende eksperimentelle studier, hvor 2D- og 3D-optik sammenlignes ved både laparoskopi og robotkirurgi, og kun to er randomiserede [20, 21], hvorfor resultaterne skal tolkes med forsigtighed. Sammenligning af 3D-laparoskopi med robotkirurgi mht. tid og fejl har vist, at 3D-laparoskopi var bedst ved simple opgaver, hvorimod robotkirurgi var bedst til komplekse opgaver [9, 21], især i forhold til 2D-laparoskopi. Således var det sandsynligvis selve 3D-effekten, der havde betydning, uafhængig af den kirurgiske metode [9, 20]. Den generelle præstation (tid, antal fejl) ved robotkirurgi var bedre ved skift fra 2D til 3D [20] og modsat forværret ved skift fra 3D til 2D [9, 20].

DISKUSSION

Kliniske og eksperimentelle studier har vist fordele ved 3D-laparoskopi sammenlignet med 2D-laparoskopi i form af kortere operationstid for flere indgreb og bedre vurdering blandt kirurger i forhold til dybdeperception, hånd-øje-koordination og selvsikkerhed. Eksperimentelle studier af 3D-laparoskopi vs. robotkirurgi er få, men disse har vist potentiale for robotten ved mere avancerede opgaver. Dette mangler dog at blive afklaret i klinisk sammenhæng.

Den teknologiske udvikling af 3D-systemer ser ud til at have reduceret tidligere 3D-udstyrs begrænsninger og ulemper [1, 6, 9], dog er der nogle betænkeligheder: Der kræves en stabil kameraføring, lyset på operationsstuen skal dæmpes for at optimere lysintensiteten, og trokarstørrelsen skal være 10 mm for at skabe plads til begge kameraer.

3D-laparoskopi har vist en klar fordel i forhold til 2D-laparoskopi, idet stereoskopi minimerer visuelle misforståelser og dermed fejl under 2D-laparoskopi [3, 9]. Da 14% af befolkningen ikke har stereopsi, kan de ikke udnytte 3D-effekten og vil formentlig opleve ubehag ved brug af 3D [2, 5, 12]. Til sammenligning mangler ca. 8% evnen til at vurdere 2D-billeder og har derfor svært ved standard-2D-laparoskopi [22].

Fordele ved robotkirurgi kan være en tredje operativ arm, roboholdt kamera og EndoWrist-teknologien, hvor instrumenter på robotarmene simulerer kirurgens håndledsbevægelser, der giver øget bevægelighed i flere planer, end konventionel laparoskopi gør. Da kirurgen sidder ved en konsol, optimeres ergonomien, og der er en mere naturlig hånd-øje-koordination [4, 7]. Ved hjælp af en justerbar tremorfilttering og bevægelsesskalering vil naturligt forekommende rystelser i hænderne elimineres med mulighed for større præcision og kontrol [4]. Dette har i eksperimentelle studier vist sig at være en fordel ved udførelse af komplekse opgaver [4, 21]. Teknologien muliggør laparoskopisk teknik til operationer, der før blev udført ved åben kirurgi, og robotkirurgi har derfor en fordel ved kirurgi i det lille bækken, hvor almindelige laparoskopiske instrumenter kan være suboptimale.

Ulemper ved robotkirurgi er den fysiske afstand fra patienten, tidskrævende installation/håndtering, længere operationstid i implementeringsfasen, hindring af hurtig adgang til patienten i tilfælde, der kræver akut intervention, og kravet om gennemførelse af et obligatorisk kursus hos fabrikanten [4, 7, 23]. En af de største ulemper ved robotkirurgi er det totale fravær af muligheden for at opfatte operationsfeltet gennem instrumenternes berøring, også kaldet haptisk feedback [7, 24, 25]. I stedet kan man kompensere ved visuelt at vurdere organernes påvirkning/bevægelse ved berøring som et indirekte mål for den kraft, som instrumentet applicerer på organet. Haptisk feedback eksisterer ved åben kirurgi og er i høj grad bevaret ved både 2D- og 3D-laparoskopi [21, 24, 25]. Haptisk feedback er nødvendig for motorisk kontrol, forståelse af konteksten og konsekvensen af ens interaktioner med det omgivende væv, så kirur-

Tredimensional laparoskopi i den kliniske situation.





FAKTABOKS

Tredimensional (3D)-laparoskopi har som ved robotkirurgi tredimensional billedgengivelse af operationsfeltet i modsætning til konventionel todimensional (2D)-laparoskopi.

Kliniske og eksperimentelle studier har vist fordele for 3D-laparoskopi i forhold til 2D-laparoskopi med kortere operationstid og læringskurve samt bedre dybdeperception og subjektiv vurdering.

Robotkirurgi har EndoWrist-teknologi, men mangler haptisk feedback og er økonomisk meget omkostningsfuld.

Der mangler overbevisende klinisk evidens for robotkiriugiens fordele, når den sammenlignes med almindelig laparoskopi, specielt i gynækologi, urologi og generel kirurgi.

3D-laparoskopi har potentiale til at erstatte 2D-laparoskopi ved abdominal kirurgi.

gen kan justere sit træk til passende styrke. Dette er særdeles vigtigt i sammenhænge, der udelukkende beror på visuelle referencer som ved robotkirurgi, hvor kirurger ikke har direkte kontakt med instrumenterne og derfor ikke kan fornemme den kraft, de udøver på vævet. Hermed opstår der risiko for vævsskade under operation [2, 21, 23-25]. Manglen på haptisk feedback har haft negativ effekt ved robotkirurgi, både klinisk og eksperimentelt, i form af længere gennemførelsestid [9, 24] og læringskurve [24] samt flere fejl – også for erfarne robotkirurger [21, 24].

I klinikken kan manglen på haptisk feedback få fatale konsekvenser. Det er et velkendt fænomen blandt kirurger, at patienter kan få ufrivillige og pludselige abdominale kontraktioner med risiko for perforation af organer eller kar. Kirurgen kan ved konventionel laparoskopi trække instrumenterne ud og undgå en potentielt farlig situation, hvorimod dette ikke er muligt ved robotkirurgi på grund af manglende haptisk feedback. For at undgå disse kontraktioner er det derfor ved robotkirurgi nødvendigt med en dyb neuromuskulær blokade [26, 27]. Med robotens potentielle fordele følger således nogle anæstesiologiske udfordringer, og det er vigtigt at erkende, at mangel på haptisk feedback potentielt kan kompromittere patientsikkerheden [25-27].

3D-laparoskopi er dyrere end 2D-laparoskopi i anskaffelse, men ikke i driftsomkostninger. Prisen var i 2014 0,5-1 mio. kr., hvorimod robotten kostede ca. 15 mio. kr. at anskaffe, og hertil kom udgifter til uddannelse, særlig anæstesi [26-28], og nødvendigheden af en kirurgisk speciallæge som assistent samt årlige driftsomkostninger på ca. 1,5 mio. kr. Cost-benefit-analyser synes at være uigennemskuelige og har vist betydelige merudgifter pr. operation [28-30].

På driftsudgiften alene er robotten også langt dyrere end både 2D- og 3D-laparoskopi, da omkostningerne er steget til trods for forhold, der normalt sæn-

ker udgiften, såsom større volumen i operationer og større kirurgerfaring [28, 29].

Robotkirurgi har 3D-optikken til fælles med 3D-laparoskopi. Forskellen på disse er fravær af hhv. EndoWrist og haptisk feedback, men når robotkirurgi sammenlignes med laparoskopi, er det 3D-effekten og ikke instrumenterne, der er afgørende for præstationen [9, 20]. Forbedring i læringskurve ved at overgå fra 2D til 3D i robotkirurgi kan indikere, at den korte læringskurve ved robotkirurgi i eksperimentelle studier i særdeleshed kan tilskrives 3D-optikken snarere end andre egenskaber [20]. Det vil være interessant at få belyst via kliniske randomiserede forsøg, om robotkiriugiens fordele alene kan tilskrives 3D-effekten. Nye kirurgiske modaliteter bør helst undersøges videnskabeligt inden implementering, alternativt hurtigt efter implementering og har kun sin plads i klinikken, hvis modaliteten giver bedre resultater i form af relevante kliniske endepunkter, eller hvis behandlingen varetages på samme niveau til en lavere pris.

KONKLUSION

3D-laparoskopi har givet lovende kliniske resultater i forhold til 2D-laparoskopi med reduceret operationstid for mange indgreb, højere vurdering af gennemførlighed og selvsikkerhed uden større bivirkningsprofil blandt kirurger. Merudgiften ved overgang fra 2D til 3D er ganske beskedent sammenlignet med robotkirurgi, og de potentielle fordele ved robotkirurgi afventes endnu i klinisk sammenhæng. Hvis man ønsker at opgradere eksisterende 2D-udstyr, anbefales derfor en opgradering til 3D-udstyr ved kirurgi i abdomen.

SUMMARY

Charlotte Fergo, Hans-Christian Pommergaard, Jakob Burcharth & Jacob Rosenberg:

Three-dimensional laparoscopy has the potential to replace two-dimensional laparoscopy in abdominal surgery
Ugeskr Læger 2015;177:V11140635

Studies comparing three-dimensional (3D) laparoscopy with 2D laparoscopy have shown shorter operation time, a short learning curve as well as better depth perception. Robotic surgery includes the EndoWrist function in addition to the 3D view; however robotic surgery lacks haptic feedback. No evidence from clinical trials for the potential benefits of robotic surgery exists. Thus, 3D laparoscopy is an eligible alternative to both 2D laparoscopy and robotic surgery.

KORRESPONDANCE: Charlotte Fergo, Center for Perioperativ Optimering, Herlev Hospital, Herlev Ringvej 75, 2730 Herlev. E-mail: sayakafergo@hotmail.com

ANTAGET: 10. marts 2015

PUBLICERET PÅ UGESKRIFTET.DK: 22. juni 2015

INTERESSEKONFLIKTER: Forfatterens ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk

LITTERATUR

1. Wilhelm D, Reiser S, Kohn N et al. Comparative evaluation of HD 2D/3D laparoscopic monitors and benchmarking to a theoretically ideal 3D pseudodisplay: even well-experienced laparoscopists perform better with 3D. *Surg Endosc* 2014;28:2387-97.
2. Melmoth DR, Finlay AL, Morgan MJ et al. Grasping deficits and adaptations in adults with stereo vision losses. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009;50:3711-20.
3. Storz P, Buess GF, Kunert W et al. 3D HD versus 2D HD: surgical task efficiency in standardised phantom tasks. *Surg Endosc* 2012;26:1454-60.
4. Kenngott HG, Fischer L, Nickel F et al. Status of robotic assistance – a less traumatic and more accurate minimally invasive surgery? *Langenbecks Arch Surg* 2012;397:333-41.
5. Gadia D, Garipoli G, Bonanomi C et al. Assessing stereo blindness and stereo acuity on digital displays. *Displays* 2014;35:206-12.
6. Lusch A, Bucur PL, Menhadji AD et al. Evaluation of the impact of three-dimensional vision on laparoscopic performance. *J Endourol* 2014;28:261-6.
7. Sinha R, Sundaram M, Rajee S et al. 3D laparoscopy: technique and initial experience in 451 cases. *Gynecol Surg* 2013;10:123-8.
8. Smith R, Schwab K, Day A et al. Effect of passive polarizing three-dimensional displays on surgical performance for experienced laparoscopic surgeons. *Br J Surg* 2014;101:1453-9.
9. Wagner OJ, Hagen M, Kurmann A et al. Three-dimensional vision enhances task performance independently of the surgical method. *Surg Endosc* 2012;26:2961-8.
10. Chan AC, Chung SCSW, Yim APC et al. Comparison of two-dimensional vs three-dimensional camera systems in laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 1997;11:438-40.
11. Way LW, Stewart L, Gantert W et al. Causes and prevention of laparoscopic bile duct injuries: analysis of 252 cases from a human factors and cognitive psychology perspective. *Ann Surg* 2003;237:460-9.
12. Kinoshita H, Nakagawa K, Usui Y et al. High-definition resolution three-dimensional imaging systems in laparoscopic radical prostatectomy: randomized comparative study with high-definition resolution two-dimensional systems. *Surg Endosc* 1. nov 2014 (epub ahead of print).
13. Bilgen K, Üstün M, Karakahya M et al. Comparison of 3D imaging and 2D imaging for performance time of laparoscopic cholecystectomy. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2013;23:180-3.
14. Hanna GB, Shimi SM, Cuschieri A. Randomised study of influence of two-dimensional versus three-dimensional imaging on performance of laparoscopic cholecystectomy. *Lancet* 1998;351:248-51.
15. Sahu D, Mathew MJ, Reddy PK. 3D laparoscopy – help or hype: initial experience of a tertiary health centre. *J Clin Diagn Res* 2014;8:NC01-3.
16. Aykan S, Singhal P, Nguyen DP. Perioperative, pathologic, and early continence outcomes comparing three-dimensional and two-dimensional display systems for laparoscopic radical prostatectomy – a retrospective, single-surgeon study. *J Endourol* 2014;28:539-43.
17. Tuschy B, Berlit S, Brade J et al. Full high-definition three-dimensional gynaecological laparoscopy – a clinical assessment of a new robot-assisted device. *In Vivo* 2014;28:111-5.
18. van Bergen P, Kunert W, Bessell J et al. Comparative study of two-dimensional and three-dimensional vision systems for minimally invasive surgery. *Surg Endosc* 1998;12:948-54.
19. Mashiach R, Mezhybovsky V, Nevler A et al. Three-dimensional imaging improves surgical skill performance in a laparoscopic test model for both experienced and novice laparoscopic surgeons. *Surg Endosc* 2014;28:3489-93.
20. Blavier A, Gaudissart Q, Cadière GB et al. Comparison of learning curves and skill transfer between classical and robotic laparoscopy according to the viewing conditions: implications for training. *Am J Surg* 2007;194:115-21.
21. Lagrange CA, Clark CJ, Gerber EW et al. Evaluation of three laparoscopic modalities: robotics versus three-dimensional vision laparoscopy versus standard laparoscopy. *J Endourol* 2008;22:511-6.
22. Grantcharov TP, Funch-Jensen P. Can everyone achieve proficiency with the laparoscopic technique? Learning curve patterns in technical skills acquisition. *Am J Surg* 2009;197:447-9.
23. Scarpinata R, Aly EH. Does robotic rectal cancer surgery offer improved early postoperative outcomes? *Dis Colon Rectum* 2013;56:253-62.
24. Van der Meijden OAJ, Schijven MP. The value of haptic feedback in conventional and robot-assisted minimal invasive surgery and virtual reality training: a current review. *Surg Endosc* 2009;23:1180-90.
25. Bholat OS, Haluck RS, Murray WB et al. Tactile feedback is present during minimally invasive surgery. *J Am Coll Surg* 1999;189:349-55.
26. Andersen LPH, Hansen EG, Gögenur I et al. Optimized anesthesia and analgesic regimen for robotic colorectal surgery. *J Anesth Clin Res* 2014;5:385.
27. Blobner M, Frick CG, Stäubel RB et al. Neuromuscular blockade improves surgical conditions (NISCO). *Surg Endosc* 2015;29:627-36.
28. Barbash GI, Glied SA. New technology and health care costs – the case of robot-assisted surgery. *N Engl J Med* 2010;363:701-4.
29. Wright JD, Ananth CV, Lewin SN et al. Robotically assisted vs laparoscopic hysterectomy among women with benign gynecologic disease. *JAMA* 2013;309:689-98.
30. Hohwü L, Borre M, Ehlers L et al. A short-term cost-effectiveness study comparing robot-assisted laparoscopic and open retropubic radical prostatectomy. *J Med Econ* 2011;14:403-9.