

Academiejaar 2012 - 2013

# DE STAND VAN ZAKEN VAN ROBOTICA IN ABDOMINALE CHIRURGIE

**Bert DHONDT**

Promotor: Prof. Dr. Roberto TROISI  
Co-promotor: Prof. Dr. Yves VAN NIEUWENHOVE

Scriptie voorgedragen in de 2<sup>de</sup> Master in het kader van de opleiding

**MASTER OF MEDICINE IN DE GENEESKUNDE**



Academiejaar 2012 - 2013

# DE STAND VAN ZAKEN VAN ROBOTICA IN ABDOMINALE CHIRURGIE

**Bert DHONDT**

Promotor: Prof. Dr. Roberto TROISI  
Co-promotor: Prof. Dr. Yves VAN NIEUWENHOVE

Scriptie voorgedragen in de 2<sup>de</sup> Master in het kader van de opleiding

**MASTER OF MEDICINE IN DE GENEESKUNDE**

## INHOUDSOPGAVE

<b>ABSTRACT</b> .....	1
<b>1. INLEIDING</b> .....	1
<b>1.1. LAPAROSCOPIE EN HET WAAROM VAN ROBOTCHIRURGIE</b> .....	1
<b>1.2. GESCHIEDENIS VAN ROBOTCHIRURGIE</b> .....	2
<b>1.3. HUIDIGE CHIRURGISCHE ROBOTSISTEMEN</b> .....	4
<b>1.3.1. AESOP</b> .....	4
<b>1.3.2. ZEUS</b> .....	5
<b>1.3.3. DA VINCI SURGICAL SYSTEM</b> .....	6
<b>1.4. VOOR- EN NADELEN VAN ROBOTCHIRURGIE</b> .....	10
<b>2. METHODES</b> .....	11
<b>3. RESULTATEN</b> .....	12
<b>3.1. ROBOTICA IN DE UROLOGIE</b> .....	12
<b>3.1.1. RADICALE PROSTATECTOMIE</b> .....	12
<b>3.1.2. RADICALE CYSTECTOMIE</b> .....	14
<b>3.1.3. ANDERE PROCEDURES</b> .....	15
<b>3.2. ROBOTICA IN DE GYNAECOLOGIE</b> .....	15
<b>3.3. ROBOTICA IN DE ALGEMENE HEELKUNDE</b> .....	18
<b>3.3.1. ENDOCRIENE CHIRURGIE</b> .....	18
<b>3.3.1.1. ADRENALECTOMIE</b> .....	18
<b>3.3.2. BUIKWANDCHIRURGIE</b> .....	20
<b>3.3.3. HEPATOBILIAIRE CHIRURGIE</b> .....	21
<b>3.3.3.1. CHOLECYSTECTOMIE</b> .....	21
<b>3.3.3.2. HEPATECTOMIE EN CHIRURGIE VAN DE GALWEGEN</b> .....	23
<b>3.3.4. SPLENECTOMIE</b> .....	25
<b>3.3.5. PANCREATECTOMIE</b> .....	26
<b>3.3.6. MAAGCHIRURGIE</b> .....	29
<b>3.3.6.1. NISSEN FUNDOPLICATIE</b> .....	29
<b>3.3.6.2. HELLER MYOTOMIE</b> .....	31
<b>3.3.6.3. GASTRECTOMIE VOOR KANKER</b> .....	33
<b>3.3.6.4. GASTRIC BYPASS</b> .....	35

<b>3.3.7. COLORECTALE CHIRURGIE</b> .....	38
<b>3.3.7.1. COLORECTALE RESECTIE</b> .....	38
<b>3.3.7.2. RECTOPEXIE</b> .....	42
<b>4. DISCUSSIE</b> .....	43
<b>5. REFERENTIES</b> .....	45

## **ABSTRACT**

**Achtergrond:** *Laparoscopische chirurgie heeft vele bekende voordelen, maar gaat ook gepaard met nadelen voor de chirurg, hetgeen geleid heeft tot de ontwikkeling van robotsystemen met als doel het uitvoeren van minimaal invasieve chirurgie makkelijker te maken en de voordelen hiervan uit te breiden. Na een inleiding over het gebruik van deze systemen binnen de urologie en gynaecologie, wordt de huidige literatuur over robotassistentie binnen de abdominale chirurgie in een systematische review overlopen.*

**Methodes:** *De elektronische databanken Pubmed, WoS en de Cochrane Library werden aangewend voor het vinden van literatuur over robot-geassisteerde urologische, gynaecologische en abdominale chirurgische ingrepen. Studies tot maart 2013 werden opgenomen voor literatuurstudie. Hun relevantie en methodologische kwaliteit werd geëvalueerd en de bruikbare gegevens werden samengevat in een systematische review.*

**Resultaten:** *Robot-geassisteerde ingrepen binnen de abdominale chirurgie zijn veilig en uitvoerbaar, maar gaan gepaard met een langere operatieduur en een hogere kostprijs dan traditionele ingrepen. Een chirurgische robot biedt bovendien voor weinig ingrepen extra voordelen op vlak van peri- en postoperatieve resultaten vergeleken met laparoscopie. De belangrijkste troef van robot-geassisteerde chirurgie lijkt op dit moment dat ze de minimaal invasieve chirurgie toegankelijker kan maken, door het vergemakkelijken van ingrepen die moeilijk uit te voeren zijn door middel van conventionele laparoscopie. Bovendien lijkt robotchirurgie geassocieerd te zijn met een kortere leercurve in vergelijking met laparoscopische ingrepen. Het merendeel van de gepubliceerde studies is echter van lage kwaliteit, aangezien velen retrospectief van aard of niet-gerandomiseerd zijn. De conclusies die hieruit worden getrokken dienen dus met voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden.*

**Conclusie:** *Prospectief gerandomiseerd onderzoek naar korte- en lange termijnresultaten en kosteneffectiviteit vergeleken met open en laparoscopische chirurgie is noodzakelijk om de positie van robot-geassisteerde chirurgie te evalueren.*

## **1. INLEIDING**

### **1.1. LAPAROSCOPIE EN HET WAAROM VAN ROBOTCHIRURGIE**

Minimaal invasieve chirurgie heeft vele bekende voordelen. De incisies zijn kleiner, er is minder bloedverlies, de kans op infectie ligt lager en het ziekenhuisverblijf en de herstelperiode zijn aanzienlijk korter in vergelijking met open chirurgie. Vele studies hebben aangetoond dat laparoscopische procedures resulteren in minder postoperatieve pijn, snellere

werkhervatting, betere cosmetische resultaten en betere postoperatieve immunofunctie (1, 2). Conventionele laparoscopie gaat echter gepaard met bepaalde nadelen voor de chirurg, welke het wijdverbreide gebruik van deze minimaal invasieve aanpak belemmeren (1). Het verplaatsen van de laparoscopische instrumenten tijdens het kijken naar een videomonitor is contra-intuïtief. Men dient deze immers in de tegenovergestelde richting van het gewenste doel op de monitor te verplaatsen, waardoor de natuurlijke hand-oog coördinatie gecompromitteerd wordt. Dit wordt het fulcrum effect genoemd (2). De omzetting van het tweedimensionale beeld op de monitor naar precieze bewegingen van de instrumenten is vaak moeilijk, omdat dieptezicht wordt geminimaliseerd door het verlies van de normale driedimensionale visus (1). De huidige laparoscopische instrumenten hebben een beperkt aantal vrijheidsgraden, meestal 4, terwijl de menselijke pols en hand over 7 graden van beweging beschikken (2). Verder worden laparoscopische ingrepen bemoeilijkt door het verlies van haptische feedback (tastzin), waardoor weefselmanipulatie sterk afhankelijk wordt van de visualisatie ervan. Tot slot wordt fysiologische tremor van de chirurg gemakkelijk overgebracht en geamplificeerd over de lengte van de rigide instrumenten. Dit maakt het uitvoeren van delicate dissecties en anastomosen moeilijk, zo niet onmogelijk (1, 2).

Over het algemeen beïnvloeden deze beperkingen de handvaardigheid die chirurgen gewend zijn van open ingrepen, wat kan leiden tot frustratie, vooral in moeilijke situaties. Bijgevolg voelen veel chirurgen zich nog steeds ongemakkelijk bij laparoscopische chirurgie (1). De motivatie om chirurgische robots te ontwikkelen is geworteld in het verlangen om de beperkingen van de huidige laparoscopische technieken te overwinnen en om de voordelen van minimaal invasieve chirurgie uit te breiden (2). Het is dan ook het doel van deze scriptie om, na een korte bespreking van de rol van robotica in de urologie en gynaecologie, disciplines waarin het gebruik van deze technologie al goed is ingeburgerd, de huidige stand van zaken van robotica in de abdominale chirurgie te bespreken. Hierbij zal deze techniek vergeleken worden met de huidige standaardprocedures (open en/of laparoscopische chirurgie) voor verschillende indicaties, dit op vlak van peri- en postoperatieve uitkomsten, leercurve en kosten(-effectiviteit). Er wordt zo nagegaan voor welke indicaties binnen de abdominale heilkunde, het gebruik van robotchirurgie naar de toekomst toe een valabele optie is.

## **1.2. GESCHIEDENIS VAN ROBOTCHIRURGIE**

Robots werden meer dan 25 jaar geleden voor het eerst geïntroduceerd binnen de chirurgie, dit in disciplines met vaste anatomische oriëntatiepunten zoals neurochirurgie en orthopedie. De geschiedenis van de robotchirurgie begint in 1985, wanneer de PUMA (Programmable

Universal Machine for Assembly), een industriële robot, werd gebruikt voor precieze geleiding van chirurgische instrumenten, dit onder andere voor het uitvoeren van hersenbiopsiën (3). Drie jaar later werd dezelfde robot gebruikt voor een transurethrale prostaatresectie, wat uiteindelijk leidde tot de ontwikkeling van PROBOT, een robot specifiek ontworpen voor transurethrale resectie van de prostaat (2, 4). Het systeem werd echter nooit in massaproductie genomen (4). In 1992 werd het ROBODOC orthopedic system geïntroduceerd. Dit werd gebruikt in het kader van totale heupvervangingen, waarbij het in staat was de accuraatheid bij het frezen van de femorale caviteit sterk te verhogen na programmering op basis van beeldvorming en perioperatieve data (3).

Een belangrijke drijvende kracht achter de ontwikkeling van robotchirurgie was het concept van telechirurgie, eveneens uitgewerkt in de late jaren '80 door een onderzoeksteam onder leiding van virtual reality pionier Scott Fisher, behorende tot het NASA-Ames research center. Hier werd immers de eerste HMD (Head Mounted Display) ontwikkeld die de kijker onderdompelde in een virtuele 3D omgeving (3). In de vroege jaren '90 vervoegden wetenschappers van het NASA-Ames team de robotica- en virtual reality experts van het SRI (Stanford Research Institute), waaronder ingenieur Phil Green. Met behulp van de klinische expertise van plastisch chirurg Joseph Rosen werd daarop een prototype van een extreem behendige chirurgische telemanipulator ontwikkeld voor het uitvoeren van vasculonerveuze microchirurgie. Een van de belangrijkste uitgangspunten bij het design hiervan was het geven van het gevoel aan de chirurg alsof hij de patiënt rechtstreeks opereerde, en dus niet vanop een afstand (2, 3, 5). Na de presentatie door Jacques Périssat, in april 1989 op de jaarlijkse SAGES (Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons) conferentie, over zijn ervaring met laparoscopische cholecystectomie, werd duidelijk dat robottechnologie gebruikt kon worden voor minimaal invasieve chirurgie (3). Naarmate het ontwikkelingsteam over verloop van tijd werd aangevuld door algemene chirurgen en endoscopisten begon men steeds meer het potentieel van deze machines in te zien als oplossing voor de limieten (cfr. supra) van de laparoscopische chirurgie (2). Bijgevolg werd de aandacht van het SRI's telechirurgieproject ook op macroscopische chirurgie gevestigd, en meer specifiek op de verbetering van laparoscopische chirurgie (5).

Het Amerikaanse leger merkte het werk van het SRI op en kreeg interesse in de mogelijkheid van telechirurgie om de mortaliteit op het slagveld terug te dringen door de chirurg als het ware naar het gevecht te brengen door middel van een op afstand bestuurbare console (2). De ontwikkeling van het Green Telepresence Surgery System werd gefinancierd door DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) en in 1994 in een gevechtsvoertuig



geïntegreerd (3). Men veronderstelde dat dit systeem het leven van gewonde soldaten, die anders zouden overlijden door bloedverlies wegens het te laat bereiken van het hospitaal, kon redden door het uitvoeren van spoedchirurgie ter plaatse. De chirurgische robot zou geplaatst worden in een “vehicle for Medical Forward Advanced Surgical Treatment “ (MEDFAST), terwijl het chirurgisch werkstation in een “Mobile Advanced Surgical Hospital” (MASH) gestationeerd werd. Gewonde soldaten zouden in het MEDFAST voertuig geplaatst worden door de hospik, die dan samen met de chirurg op afstand net genoeg schade zou herstellen om de bloedingen te stoppen. Op die manier zou de kans op overlijden voor aankomst op het MASH afnemen. Alhoewel de uitvoerbaarheid hiervan succesvol werd gedemonstreerd op diermodellen werd het systeem tot op heden nog niet geïmplementeerd (5).

Een aantal van de chirurgen en ingenieurs die werkten aan chirurgische robotsystemen voor het leger vormden uiteindelijk commerciële ondernemingen die leidden tot de invoering van de huidige robotica in de civiele chirurgische gemeenschap. Met name Computer Motion, Inc. gebruikte startkapitaal verstrekt door het leger voor de ontwikkeling van het “Automated Endoscopic System for Optimal Positioning” (AESOP), een robotarm bestuurd via spraakopdrachten van de chirurg voor manipulatie van een endoscopische camera (2). AESOP werd in 1994 als eerste chirurgische robot goedgekeurd door de FDA (Food and Drugs Administration) (3). Kort nadat AESOP op de markt werd gebracht, vroeg Integrated Surgical Systems (nu Intuitive Surgical, Inc.) een licentie aan voor het SRI Green Telepresence chirurgie systeem. Dit systeem onderging een uitgebreide herontwikkeling en werd opnieuw geïntroduceerd als het da Vinci Surgical System (2). In april 1997 werd met dit systeem de allereerste telechirurgische procedure op een patiënt, een robotische cholecystectomie, uitgevoerd in Brussel door Dr. Jacques Himpens en Prof. Guy Cadiere (3, 5). Nog geen jaar later nam Computer Motion het Zeus-systeem in productie (2). Dit systeem werd gebruikt om in september 2001 de eerste trans-Atlantische robot-geassisteerde telechirurgische operatie uit te voeren. Vanachter zijn console in New York voerde Prof. Jacques Marescaux met behulp van een high-speed internetverbinding een cholecystectomie uit op patiënt in Straatsburg (3).

### **1.3. HUIDIGE CHIRURGISCHE ROBOTSISTEMEN**

#### **1.3.1. AESOP**

AESOP of Automated Endoscopic System for Optimal Positioning (**fig. 1**) werd in 1993 ontwikkeld door Computer Motion, Inc. In essentie bestaat dit systeem uit een spraakgestuurde robotarm voorzien van een endoscoop. Het doel hiervan is de controle over het gezichtsveld terug aan de chirurg te geven. In laparoscopische chirurgie verliest de chirurg

immers controle over zijn gezichtsveld aangezien de endoscoop die de beelden voorziet wordt gemanipuleerd door een assistent.

De AESOP 1000®, het eerste model van deze robotarm, werd manueel of door middel van pedalen bestuurd. In het volgende model, de AESOP 2000®, werd dit type controle vervangen door spraakbediening, waardoor de chirurg als het ware over een derde hand beschikte. In 1998 kwam de AESOP 3000® met een vergroot aantal vrijheidsgraden op de markt. De vierde generatie van deze robotarm, de AESOP HR® (HERMES Ready), beschikt over een geïntegreerde spraakbesturing voor controle over heel wat andere zaken, zoals de positie van de operatietafel en de verlichting van de operatiekamer. Technisch gezien bestaat AESOP uit twee delen: een robotarm met endoscoop, bevestigd aan de operatietafel, en een computersysteem met spraakbediening. Commando's worden gegeven via een headset,



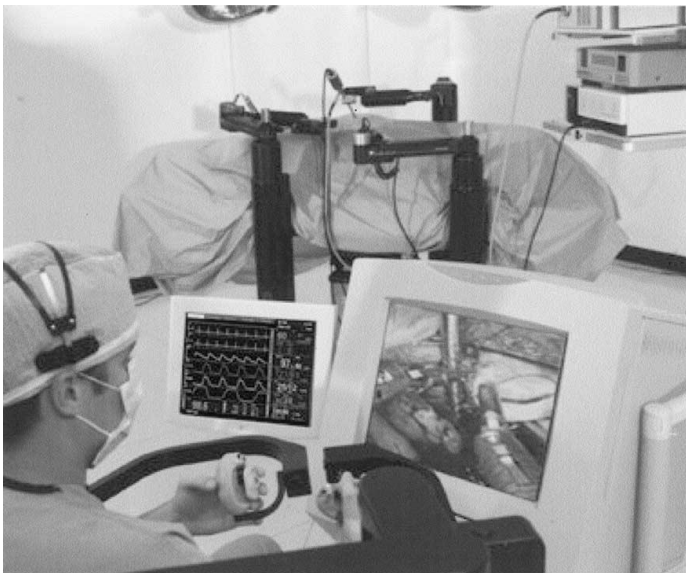
Fig. 1: AESOP (3)

gedragen door de chirurg tijdens de procedure. Het systeem reageert op meer dan 20 simpele spraakcommando's. Een dergelijk systeem zorgt voor het verbeteren van de stabiliteit van het beeld, het vermijden van onnodige bewegingen van de endoscoop (met bevuilding van de lens), en minder medisch personeel in het operatiekwartier. Dit systeem werd reeds gebruikt voor honderdduizenden minimaal invasieve chirurgische procedures in het gebied van gastro-intestinale, urologische, thoracale en cardiale chirurgie (3).

### 1.3.2. ZEUS

Om de chirurgische handvaardigheid te verbeteren bij minimaal invasieve procedures ontwikkelde Computer Motion, Inc. het geïntegreerd robotsysteem Zeus (**fig. 2**), bestaande uit twee fysiek gescheiden subsystemen: een bedieningsconsole verbonden met drie aan de operatietafel bevestigde robotarmen, dit volgens het principe van een meester-slaaf systeem of telemanipulator. Vergelijkbaar met AESOP is de endoscooparm spraakgestuurd. Met behulp van de twee andere armen worden verschillende instrumenten gemanipuleerd vanuit de chirurgische console (3). Het Zeus systeem is ergonomisch ontworpen, met de monitor comfortabel voor de stoel van de chirurg en de besturingsinstrumenten in de juiste oog-hand-as verwerkt voor maximale behendigheid. Er is geen illusie van rechtstreekse aanwezigheid

bij de patiënt, maar eerder een gevoel van opereren op een afgelegen locatie met verbeterde mogelijkheden (5). Initieel was het systeem uitgerust met rechte, rigide endoscopische instrumenten, vergelijkbaar met conventionele endoscopische instrumenten (2, 5). Dergelijke instrumenten beschikken over 4 vrijheidsgraden (3). Later werd Zeus, in de trend van het da Vinci systeem (cfr. infra), uitgerust met over een “gewricht” beschikkende instrumenten met articulerende eideffectoren en 7 vrijheidsgraden (2, 5). Meer dan 20 verschillende eideffectoren zijn beschikbaar, inclusief naaldvoerders, ringforceps, weefselgrijpers en microscharen. De instrumenten hebben een diameter tussen 3 en 5 mm en kunnen gemakkelijk worden ingebracht door 5 mm poorten. Deze instrumenten zijn kleiner dan conventionele endoscopische instrumenten en kunnen worden gesteriliseerd op de gebruikelijke wijze. Ze zijn gemakkelijk uitwisselbaar tijdens de operatie en de tijd voor het opzetten van Zeus bedraagt routinematig minder dan 20 minuten (6). Het computersysteem dat de twee delen verbindt fungeert als interface en kan tremors wegfilteren en bewegingen op schaal brengen met een factor 2 tot 10. Het chirurgisch veld wordt weergegeven op een standaard scherm op de console of op een 3D display (3). Verder beschikt de console over een 2° scherm dat als touchscreen fungeert. Dit biedt controle over het instrumenttype, motion scaling en prestatiekenmerken van de instrumentele eideffectoren (6).



**Fig. 2: Zeus (voorgond: chirurgische console, achtergrond: op de operatietafel gemonteerde robotarmen (6).**

### **1.3.3. DA VINCI SURGICAL SYSTEM**

Het da Vinci Surgical System werd ontwikkeld door het in 1995 opgerichte Intuitive Surgical, Inc. (3). Het is net als Zeus een meester-slaaf systeem (2) en bestaat uit drie componenten: de

chirurgische console, de patiëntentrolley die de articulerende armen draagt, en het visualisatiesysteem (3).

De patiëntentrolley (**fig. 3**) bestaat uit drie armen in de eerste versie van de robot (da Vinci®) en vier armen in de meer recente modellen (da Vinci S® en da Vinci Si®). De eerste arm ondersteunt de camera en de twee of drie andere armen dragen instrumenten met een “gewricht” aan hun uiteinde dat de bewegingen van de pols nabootst (Endowrist®) (3). Het aantal geboden vrijheidsgraden door combinatie van robotarmen en Endowrist instrumenten bedraagt hierdoor zeven (6), waardoor de chirurg beter in staat is om de einaffectoren, en dus weefsels, te manipuleren (2).

Een groot gamma aan Endowrist instrumenten (**fig. 4**) is beschikbaar voor gebruik in een breed spectrum van chirurgische procedures. Hun afmeting bedraagt doorgaans 8 mm, maar ook 5 mm grote variëteiten bestaan, welke via een kleinere toegangspoort kunnen ingebracht worden. Dit kan onder andere van nut zijn bij pediatrische chirurgie (7). Cauterisatie kan uitgevoerd worden met monopolaire, bipolaire, ultrasone en laserinstrumenten. Cliptangen, naaldvoerders met of zonder snijblad, forceps, retractoren, scharen, scalpels en gespecialiseerde instrumenten voor specifieke procedures zijn in verschillende vormen en groottes beschikbaar (8). Nadat een instrument is gemonteerd op het da Vinci systeem herkent de interface de aard en functie van het instrument. Bovendien wordt het aantal keer dat een instrument gebruikt is hierop weergegeven. Ondanks de mogelijkheid tot schoonmaak en sterilisatie van de instrumenten zijn deze beperkt in gebruik en moeten na een vast aantal (meestal 10) procedures vervangen worden (7).



**Fig. 3: da Vinci Si patiëntentrolley (9)**



**Fig. 4: Voorbeeld van Endowrist instrumenten (7)**

De chirurgische console (**fig. 5**) bestaat uit een binoculair stereoscopisch visualisatiesysteem dat het beeld van de 12 mm brede endoscoop weergeeft. De endoscoop is uitgerust met twee camera's van 5 mm in diameter. Elke camera stuurt een beeld naar een ander oog, waardoor een 3D afbeelding van het chirurgisch veld ontstaat (3). Het beeld kan tot 10x uitvergroet worden (6). Het verschil met Zeus is dat het da Vinci-systeem een stereoscopisch beeld net boven de handen van de chirurg weergeeft, zodat het lijkt alsof de chirurgische instrumenten een verlengstuk zijn van de handgrepen. Dit wekt de indruk dat de chirurg ondergedompeld is in het chirurgisch veld en de patiënt recht tegenover hem ligt (5).

Twee handgrepen brengen de handbewegingen van de chirurg over om de beweging van instrumenten en camera te sturen (**fig. 6**). Hierdoor wordt het fulcrum effect geëlimineerd en de natuurlijke hand-oog coördinatie hersteld. Bewegingen kunnen op schaal gebracht worden met een factor 1:1 tot 5:1, en een filtratiemodule elimineert handtremor. Dit stelt de chirurg in staat precieze microbewegingen uit te voeren (3). Tot slot zorgt de ergonomische zithouding tijdens de operatie voor een verhoogd comfort, wat resulteert in minder vermoeidheid als gevolg van de afwezigheid van onnatuurlijke, en dus vermoeiende bewegingen of posities kenmerkend voor conventionele laparoscopie (1).

De pedaleenheid omvat meerdere pedalen voor de verschillende cauterisatietypes (unipolaire, bipolaire, ultrasone), voor het controleren van camerabewegingen en voor een koppelingssysteem (3). Wanneer de handen van de chirurg in een ongemakkelijke positie terecht komen kan hij deze makkelijk herpositioneren zonder dat de robotarmen reageren op zijn bewegingen, na het indrukken van de koppelingspedaal (6).



**Fig. 5: Chirurgische console (da Vinci Si) (9)**



**Fig. 6: Translatie van de handbewegingen van de chirurg naar de instrumenten (9)**



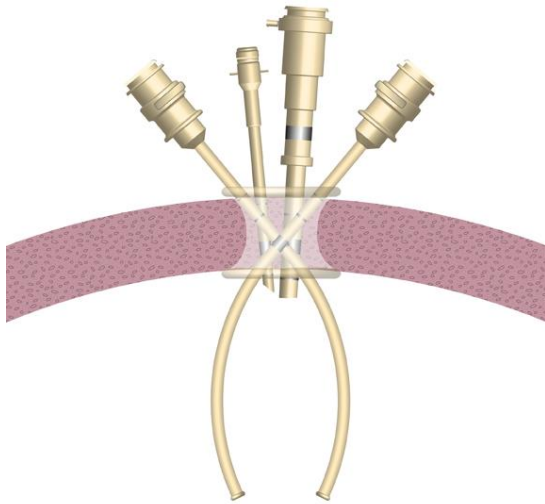
Het visualisatiesysteem (**fig. 7**) beschikt over een insufflator, een lichtbron en een dubbele camera en is bevestigd onder een monitor die het beeld van het chirurgisch veld (tweedimensionaal) voor waarnemers en personeel in de operatiezaal weergeeft (3).

**Fig. 7:** da Vinci Si visualisatiesysteem (3)

De eerste versie van het da Vinci Systeem met drie armen verkreeg goedkeuring van de FDA in juli 2000 (3). Dit model wordt niet meer actief gecommmercialiseerd, maar wordt wel nog ondersteund door Intuitive Surgical (10). In december 2002 werd de versie met een vierde robotarm goedgekeurd door de FDA voor klinisch gebruik. Deze arm biedt de chirurg de mogelijkheid tot controle over en verbetering van de blootstelling van anatomische structuren, door deze als retractor te gebruiken die periodiek wordt verplaatst, waardoor de afhankelijkheid van een chirurgische assistent afneemt (3).

Het belangrijkste voordeel van de in 2006 geïntroduceerde da Vinci S<sup>®</sup>, is de toegenomen amplitude van de bewegingen van robotarm en instrumenten. Hierdoor wordt chirurgie in meer dan één abdominaal kwadrant mogelijk.

De laatste generatie, de da Vinci Si<sup>®</sup>, uitgebracht in april 2009, beschikt naast verbeteringen met betrekking tot de manipulatoren en de pedaleenheid, ook over een HD visualisatiesysteem. Er bestaat ook een mogelijkheid tot gebruik van een tweede console naast de chirurgische console. Dit biedt de mogelijkheid voor een beginnende chirurg om gecoacht te worden door een mentor tijdens de procedure, wat de veiligheid tijdens de leercurve verhoogt (3). Ook kunnen twee chirurgen, eventueel gespecialiseerd in verschillende disciplines, samenwerken aan dezelfde patiënt (11).



SILS of Single Incision Laparoscopic Surgery is een snel groeiend veld binnen de minimaal invasieve chirurgie. Het da Vinci systeem beschikt over een set van instrumenten en trocars voor dit type van chirurgie. Deze instrumenten, genaamd Vespa® zijn semi-rigide en worden via gebogen canules ingebracht, zodat geen botsingen ontstaan tussen de robotarmen (**fig. 8**). Verwacht wordt dat deze technologie de indicaties voor SILS verder zal uitbreiden (3).

**Fig. 8: Illustratie van het principe van da Vinci SILS (12)**

Gedurende een aantal jaar was het da Vinci systeem in rechtstreekse concurrentie met de Zeus robot, maar door een overname van Computer Motion in 2003 door Intuitive Surgical werden de rechten op beide machines verworven. Zeus werd uit productie genomen, waardoor da Vinci heden ten dage het enige meester-slaaf systeem op de markt is (4). Deze scriptie zal dus, tenzij anders vermeld, dieper ingaan op het gebruik van dit specifieke systeem.

#### **1.4. VOOR- EN NADELEN VAN ROBOTCHIRURGIE**

De voordelen van meester-slaaf robotsystemen, met name het da Vinci Systeem, zijn omvangrijk omdat deze meerdere obstakels van laparoscopische chirurgie overwinnen (cfr. supra). Deze worden nog eens samengevat in tabel 1. Ondanks de vele voordelen van de da Vinci robot, heeft deze ook een aantal nadelen die een grootschalig gebruik ervan belemmeren (**tabel 1**). De hoge kosten waarmee robotchirurgie gepaard gaan is zeker een van de belangrijkste nadelen (1). In 2010 was de kostprijs van het nieuwste da Vinci Si Surgical System €1.690.000. Onderhoud is verplicht en kost €150.000 per jaar. Rekening houdende met de beperkte herbruikbaarheid van de instrumenten kost de set-up en uitrusting van de robot €1000-1500 per procedure (13). Ook van belang hierbij is het probleem dat de techniek vandaag de dag snel verouderd is en nieuwe upgrades extra kosten kunnen toevoegen aan de toch al hoge kosten van robotchirurgie (1, 2). Vooraleer chirurgen aan de slag kunnen gaan met de robot is een uitgebreide training vereist. Bovendien heeft het personeel dat de operatiekamer bemant eveneens training nodig om vertrouwd te raken met de set-up van het systeem en hoe men met mogelijke problemen tijdens de procedures dient om te gaan. De

voorbereiding voor implementatie van robottechnologie in een ziekenhuis is bijgevolg een tijds- en kostenintensief proces is (1). Een ander nadeel is de grootte van deze systemen. Ze nemen veel ruimte in en beschikken over relatief omslachtige robotarmen. Dure renovaties zijn dus mogelijks nodig voordat een robotsysteem kan worden geïnstalleerd (1, 2). In geval van nood kan de conversie naar open chirurgie vertraagd zijn omdat de instrumenten niet zo snel verwijderd kunnen worden in vergelijking met conventionele laparoscopie. Een volgend nadeel is het volledige verlies van haptische feedback, wat kan leiden tot laceratie van weefsels en frequente ruptuur van hechtmateriaal. Dit probleem kan echter worden opgelost na uitgebreide training en gedeeltelijk worden gecompenseerd dankzij het herstelde dieptezicht (1). Een laatste nadeel is de potentiële afwezigheid van compatibele instrumenten voor bepaalde procedures (2). Bovendien is het de Vinci systeem niet ontworpen voor abdominale ingrepen in meer dan twee kwadranten (hiervoor moet het apparaat opnieuw gedokt en herpositioneerd worden) (14). De meeste nadelen van robotchirurgie zijn dus technisch van aard en meestal tijdelijk omdat steeds nieuwere technologieën worden ontwikkeld om tegemoet te komen aan deze tekortkomingen (2).

**Tabel 1. Voor- en nadelen van conventionele laparoscopie en robot-geassisteerde chirurgie**

	<b>Conventionele laparoscopie</b>	<b>Robot-geassisteerde chirurgie</b>
<b>Voordelen</b>	<b>Goed ontwikkelde technologie</b> <b>Betaalbaar en alomtegenwoordig</b> <b>Bewezen doeltreffendheid</b>	<b>3D visualisatie &amp; dieptezicht</b> <b>Zeven vrijheidsgraden</b> <b>Eliminatie van het fulcrum effect</b> <b>Herstel van hand-oog coördinatie &amp; betere handvaardigheid</b> <b>Eliminatie van tremor</b> <b>Microbewegingen, -anastomosen</b> <b>Ergonomie</b> <b>Telechirurgie</b>
<b>Nadelen</b>	<b>Verlies van haptische feedback</b> <b>Verlies van dieptezicht</b> <b>Beperkt aantal vrijheidsgraden</b> <b>Fulcrum effect</b> <b>Amplificatie van tremor</b> <b>Ingeperkte handvaardigheid</b>	<b>Afwezigheid van haptische feedback</b> <b>Hoge opstart-, onderhouds- en materiaalkosten</b> <b>Ruimte-innemend</b> <b>Extra training van chirurgen en personeel</b> <b>Vertraagde conversie naar open chirurgie</b> <b>Gelimiteerde instrumentatie</b> <b>Onmogelijkheid van multi-kwadrant chirurgie</b>

## **2. METHODES**

Een uitgebreide zoektocht naar wetenschappelijke literatuur werd uitgevoerd, gebruik makend van de elektronische databanken Pubmed, Web of Science en de Cochrane Library en een breed spectrum aan zoektermen. Studies gepubliceerd tot maart 2013 werden opgenomen voor verdere literatuurstudie. De gebruikte zoektermen waren: robot, robotic, robot-assisted, da Vinci, urology, gynaecology, abdominal surgery, visceral surgery, general surgery, prostatectomy, cystectomy, nephrectomy, pyeloplasty, hysterectomy, sacrocolpopexy,



adrenalectomy, hernia repair, cholecystectomy, colorectal surgery, colectomy, (meso)rectal resection, hepatobiliary surgery, hepatectomy, biliary reconstruction, splenectomy, (Nissen) fundoplication, (Heller) myotomy, gastrectomy, obesitas surgery, gastric bypass, rectopexy, pancreatectomy, history, outcomes, learning curve, costs, cost-effectiveness. Bovendien werden de referentielijsten van de opgenomen artikels doorzocht naar potentieel relevante publicaties. Vooraleer artikels opgenomen werden in de bibliografie van deze literatuurstudie werden duidelijk niet-relevante studies op basis van titel en abstract geëxcludeerd. Verder werden de studies beoordeeld op methodologische kwaliteit. Naast RCT's werden ook meta-analyses, prospectieve en retrospectieve vergelijkende studies, alsmede observationele en uitvoerbaarheidsstudies geïnccludeerd. Van de opgenomen literatuur werden gegevens over peri- en postoperatieve resultaten en, indien van toepassing, oncologische efficaciteit, opgenomen in een systematische review, alsmede data over de leercurve van verschillende procedures en de kosten ervan.

### **3. RESULTATEN**

#### **3.1. ROBOTICA IN DE UROLOGIE**

Het da Vinci Surgical System wordt gebruikt voor een breed spectrum van urologische chirurgische ingrepen. Heden ten dage zijn de vaakst uitgevoerde robot-geassisteerde urologische ingrepen radicale prostatectomie, radicale cystectomie en partiële nefrectomie voor kanker, en pyeloplastie voor PUJ stenose. Daarnaast wordt de robot ook gebruikt voor de behandeling van verschillende benigne aandoeningen van de nieren, blaas en urinewegen, prostaat en testis, en voor ingrepen binnen de vrouwelijke urologie en de andrologie (15).

##### **3.1.1. RADICALE PROSTATECTOMIE**

Radicale retropubische prostatectomie (RRP) was lange tijd de standaard chirurgische aanpak voor patiënten met gelokaliseerde prostaatkanker en een lange levensverwachting. In een poging om de morbiditeit van de procedure te beperken, ontwikkelden chirurgen minimaal invasieve technieken, zoals laparoscopische radicale prostatectomie (RLP) en, meer recent, robot-geassisteerde radicale prostatectomie (RARP) (16). De robot-geassisteerde techniek heeft een opmerkelijke invloed gehad op hoe radicale prostatectomieën worden uitgevoerd in de geïndustrialiseerde landen. In de Verenigde Staten wordt tot 85% hiervan uitgevoerd door middel van RARP (17). Urologen zijn frequente gebruikers geworden van het da Vinci Surgical System, waardoor RARP de dag van vandaag de frequentst uitgevoerde robot-geassisteerde chirurgische ingreep is (18).

Ondanks de voortdurende groei van de hoeveelheid gepubliceerde literatuur met betrekking tot robot-geassisteerde radicale prostatectomie, blijft de algemene methodologische kwaliteit hiervan laag. De meerderheid ervan bestaat uit prospectieve of retrospectieve studies, wat twijfel werpt over de betrouwbaarheid van de resultaten, aangezien dit type studies gepaard gaan met een hoog risico op bias.

Tot op heden bestaan slechts 2 kleine RCT's welke laparoscopische en robot-geassisteerde radicale prostatectomie met elkaar vergelijken. **Asimakopoulos et al.** (19) rapporteerden geen statistisch significante verschillen op vlak van *operatieduur*, *bloedverlies*, *transfusies*, *complicaties*, *percentage positieve snijranden* en *biochemisch recidief*, *continentie*, en *tijd tot continentie*. Wel stelde men een significant beter *erectiel functieherstel* vast ten gunste van de robotprocedure. **Porpiglia et al.** (20) rapporteerden geen verschillen op vlak van *perioperatieve en pathologische resultaten*, *complicaties* of *PSA metingen*. De *continentie* was echter hoger in de RARP-groep ten opzichte van de LRP-groep op elk tijdstip van de follow up: 80% vs. 61,6% (P=0,044) na 3 maand, en 95% vs. 83,3 % (P=0,042) na 1 jaar. Onder preoperatief potente patiënten, behandeld met zenuwsparende technieken, was de mate van *erectieherstel* 80% vs. 54,2% (P=0,020).

Er bestaan tot op heden geen gerandomiseerde studies die open en robot-geassisteerde radicale prostatectomie vergelijken. Claims van superieure resultaten ten opzichte van andere chirurgische benaderingen omvatten minder bloedverlies, korter ziekenhuisverblijf, kortere herstelperiode, alsmede een betere kankercontrole door een lager percentage positieve resectiemarges. Bovendien zou RARP gepaard gaan met betere functionele resultaten op vlak van continentie- en potentieherstel (18). Vergelijkende studies naar doeltreffendheid en bijwerkingen rapporteren echter zeer wisselende uitkomsten. Een studie van een grote observationele database stelde bijvoorbeeld dat RARP voordelig is ten opzichte van de open benadering dankzij een kortere *hospitalisatieduur* en de verminderde frequentie van *transfusies* en intra-en postoperatieve *complicaties* (21). Anderzijds rapporteerde een analyse van door patiënten gerapporteerde data geen statistisch significante verschillen tussen beide methodes op vlak van *urine-incontinentie* of problemen van de *seksuele functie* (17).

Er moet worden opgemerkt dat het belangrijkste gegeven binnen de rijkdom aan literatuur over robot-geassisteerde prostatectomie, zoals onder andere gerapporteerd in een meta-analyse van **Ficarra et al.** (22), dat de claims van superieure klinische resultaten van RARP grotendeels gebaseerd zijn op retrospectieve observationele studies die niet voldoende geschikt zijn om het bewijs van hoge kwaliteit te leveren van de therapeutische effectiviteit van deze techniek ten opzichte van LRP en RRP.

Dezelfde conclusie geldt voor de *leercurve* van minimaal invasieve prostatectomie. Er is geen betrouwbare informatie beschikbaar die de hypothese ondersteunt dat robotassistentie deze zou verkorten in vergelijking met de laparoscopische benadering (23).

Samenvattend leveren slechts 2 kleine gerandomiseerde studies bewijs van voldoende kwaliteit om betere resultaten met robot-geassisteerde prostatectomie te suggereren in vergelijking met de laparoscopische techniek. Langs de andere kant wordt geconcludeerd dat de snelle en brede invoering van RARP niet wordt ondersteund door hoogwaardig bewijs, geschikt om de relatieve superioriteit ervan aan te tonen ten opzichte van de open chirurgische techniek die ze vervangen heeft (18). Desondanks worden pogingen ondernomen om de positie van robotchirurgie in de toekomst beter te evalueren. Een voorbeeld hiervan is de geplande LopeRA (Randomised Controlled Trial of Laparoscopic, Open and Robot Assisted Prostatectomy as Treatment for Organ-confined Prostate Cancer) trial (24).

### 3.1.2. RADICALE CYSTECTOMIE

Radicale cystectomie met pelvische lymfklierdissectie en urinaire diversie is de behandeling van keuze voor lokale, spier-invasieve blaaskanker alsmede oppervlakkige hoog-risicoziekte. Traditioneel werd radicale cystectomie uitgevoerd door middel van een open benadering. Het doel van minimaal invasieve radicale cystectomie (met of zonder robotassistentie) is om de oncologische resultaten van een open procedure te reproduceren, en tegelijk chirurgische complicaties en de postoperatieve hersteltijd te reduceren (25).

De kennis over laparoscopische (LRC) en robot-geassisteerde radicale cystectomie (RARC) komt voornamelijk uit retrospectieve studies. Tot op vandaag werden 2 kleine gerandomiseerde studies uitgevoerd die de resultaten na RARC en de open techniek vergelijken (ORC). **Nix et al.** (26) vonden geen significante verschillen in het aantal geogste *lymfeklieren* (RARC: 19, ORC: 18), *complicaties*, of *hospitalisatieduur*. Robot-geassisteerde cystectomie ging samen met een langere *operatieduur* (4,2 vs. 3,5 uur;  $P < 0.001$ ), maar minder *bloedverlies* (258 vs. 575 ml;  $P < 0,001$ ) dan de open benadering. Patiënten uit de RARC-groep toonden bovendien een snellere terugkeer van de *darmfunctie* ( $P=0,001$ ). Patiënten in de robotarm hadden tevens minder nood aan *analgesie* vergeleken met patiënten uit de ORC-groep ( $P=0,019$ ) (26). **Parekh et al.** (27) rapporteerden geen significante verschillen tussen de oncologische resultaten op vlak van *positieve marges* of het aantal verwijderde *lymfeklieren* tussen beide procedures. Er werd geen verschil gevonden op vlak van *operatieduur*, *transfusies*, *hospitalisatieduur* of *complicaties*. Patiënten uit de RARC-

groep hadden significant minder *bloedverlies* (400 versus 800 ml;  $P = 0,003$ ), en een trend naar snellere terugkeer van de *darmfunctie* en minder *langdurige ziekenhuisopnames*, zei dit niet significant (27).

Samenvattend lijken er geen significante verschillen te bestaan in surrogaten van oncologische effectiviteit tussen open en robot-geassisteerde radicale cystectomie. RARC toont wel potentiële perioperatieve voordelen in vergelijking met de open techniek (26, 27). Vanwege de kleinschaligheid van de huidige RCT's moeten deze resultaten worden gevalideerd in grotere prospectieve gerandomiseerde klinische studies, welke eveneens gewenst zijn om robot-geassisteerde en laparoscopische radicale cystectomie met elkaar te vergelijken. Studies zoals de geplande BOLERO (Bladder cancer: Open versus Laparoscopic or Robotic cystectomy) trial (28) kunnen de rol van robotchirurgie in de toekomst eventueel beter definiëren.

### **3.1.3. ANDERE PROCEDURES**

Voor elke andere gehanteerde robot-geassisteerde urologische procedure, zoals partiële nefrectomie en pyeloplastie, werd tot op heden geen gerandomiseerde studie uitgevoerd. Op dit moment bestaat dus geen hoogkwalitatief wetenschappelijk bewijs waarbij het risico op bias voldoende geëlimineerd werd om een uitspraak te doen over de rol van deze ingrepen.

## **3.2. ROBOTICA IN DE GYNAECOLOGIE**

Op dit moment worden bewijzen voor de veiligheid en uitvoerbaarheid van robotchirurgie binnen het gebied van de gynaecologie grotendeels verkregen uit retrospectieve studies. Deze stellen vooral dat robotchirurgie gepaard gaat met dezelfde gunstige resultaten als laparoscopie ten opzichte van laparotomie. Wanneer robotchirurgie wordt vergeleken met laparoscopie, worden geen verschillen vastgesteld op vlak van intra- en postoperatieve resultaten, behalve qua operatieduur, die langer is bij robot-geassisteerde procedures. De resultaten van deze studies dienen echter met voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd (1).

Het da Vinci Surgical System wordt gebruikt voor verschillende types gynaecologische chirurgie voor benigne aandoeningen. Een Cochrane review uit 2012 (29) kon echter slechts 2 prospectieve, gerandomiseerde klinische studies met een totaal van 158 patiënten identificeren en opnemen voor analyse. Beide inbegrepen studies vergeleken robotchirurgie met laparoscopische chirurgie. Sacrocolpopexie voor vaginale prolaps werd uitgevoerd door **Paraiso et al.** (30), terwijl bij **Sarlos et al.** (31) hysterectomie voor verschillende goedaardige

indicaties de bestudeerde ingreep was. De enige analyse in deze review toonde vergelijkbare *conversiepercentages* naar open chirurgie tussen de robotgroep en de laparoscopische groep (OR 1,41; 95% CI 0,22-9,01; P=0,72) (29). Beide RCT's rapporteerden langere *operatieduur* voor robotchirurgie vergeleken met de laparoscopische methode (*Paraiso*: MD 67 min; 95% CI 43-89 min; P <0.001; *Sarlos*: MD 29 min., 95% CI 20 tot 39 min; p <0,0011) (30, 31). *Paraiso et al.* rapporteerden significant meer *postoperatieve pijn* en *hogere kosten* (MD \$1936; 95% CI \$ 417-3454; P=0,008) ten nadele van de robot-geassisteerde procedure (30). Beide studies meldden verder dat beide technieken vergelijkbaar bleken met betrekking tot *intra-operatieve resultaten, complicaties, hospitalisatieduur* en *levenskwiteit* (29).

In een recentere RCT van **Paraiso et al.** (32) werden de resultaten van robot-geassisteerde en laparoscopische hysterectomie voor benigne indicaties met elkaar vergeleken en rapporteerde men eveneens een langere *operatieduur* voor de robotprocedure (MD 77 min; 95% CI 33-121 min; P<0,001). *Peri- en postoperatieve uitkomsten* waren vergelijkbaar tussen beide technieken (32).

Het huidige bewijs ondersteunt het gebruik van robotchirurgie, in het bijzonder sacrocolpopexie en hysterectomie, voor patiënten met goedaardige gynaecologische aandoeningen, niet. De robotische benadering kan mogelijks leiden tot toegenomen postoperatieve pijn en kosten en verlengde hospitalisatie. Bovendien is geen superioriteit ten opzichte van laparoscopische chirurgie aangetoond. Andere robot-geassisteerde gynaecologische procedures dienen te worden bestudeerd, met inbegrip van myomectomie, tubale reanastomose, ovariële cystectomie, salpingoöophorectomie, endometriosechirurgie en herstel van vesicovaginale fistels. Meerdere goed ontworpen RCT's zijn noodzakelijk om harde conclusies te trekken over de positie van het da Vinci systeem voor de behandeling van benigne gynaecologische aandoeningen (29).

Een tweede Cochrane review (33), eveneens uit 2012, spitste zich toe op het gebruik van robotassistentie voor gynaecologische oncologische heekunde. Robotchirurgie voor cervix- en endometriumkanker is een van de snelst groeiende disciplines. De auteurs vonden echter geen RCT's om het gebruik van robot-geassisteerde chirurgie voor gynaecologische kanker te ondersteunen of te weerleggen. Gegevens uit CCT's (**tabel 2**), bewijs van lage kwaliteit, suggereren dat robotchirurgie geassocieerd is aan minder intra-operatief *bloedverlies* vergeleken met laparoscopie en laparotomie en dat de *conversiegraad* lager is ten opzichte van laparoscopie. Daarnaast kan robotchirurgie leiden tot minder *complicaties* en een kortere *hospitalisatieduur* in vergelijking met laparotomie. De gegevens suggereren bovendien dat de

overleving van vrouwen met baarmoederhalskanker vergelijkbaar is tussen de 3 technieken. Omwille van het hoog risico op bias in niet-gerandomiseerde CCT's dienen deze bevindingen echter te worden bevestigd of weerlegd door toekomstige RCT's (33).

Tabel 2. Samenvatting resultaten van CCT's voor gynaecologische maligniteit (33)

EINDPUNTEN	Endometriumkanker		Cervixkanker	
	Robot vs. Lap 7 trials	Robot vs. Open 7 trials	Robot vs. Lap 5 trials	Robot vs. Open 8 trials
<b>PRIMAIRE EINDPUNTEN</b>				
Ziektevrije overleving	N/A	N/A	3 studies, 114 patiënten; RR 0,98, 95% CI 0,90 tot 1,08; I <sup>2</sup> = 0%	3 studies, 199 patiënten; RR 1,13, 95% CI 1,04 tot 1,24; I <sup>2</sup> = 0%
Totale overleving	N/A	N/A	3 studies, 114 patiënten; RR 0,99, 95% CI 0,91 tot 1,0; I <sup>2</sup> = 0%	3 studies, 199 patiënten; RR 1,02, 95% CI 0,97 tot 1,07; I <sup>2</sup> = 0%
<b>SECUNDAIRE EINDPUNTEN</b>				
Postoperatieve hospitalisatieduur	1 studie, 39 patiënten; MD -0,03, 95% CI -2,07 tot 2,01	1 studie, 70 patiënten; MD -4,71, 95% CI -7,21 tot -2,01	N/A	N/A
Intra-operatieve complicaties	3 studies, 556 patiënten; RR 0,57, 95% CI 0,19 tot 1,66; I <sup>2</sup> = 0%	3 studies, 413 patiënten; RR 0,97, 95% CI 0,19 tot 4,9; I <sup>2</sup> = 0%	3 studies, 121 patiënten; RR 1,17, 95% CI 0,32 tot 4,33; I <sup>2</sup> = 0%	5 studies, 333 patiënten; RR 0,64, 95% CI 0,21 tot 1,99; I <sup>2</sup> = 0%
Postoperatieve complicaties	6 studies, 668 patiënten; RR 0,80, 95% CI 0,57 tot 1,12; I <sup>2</sup> = 0%	6 studies, 777 patiënten; RR 0,30, 95% CI 0,21 tot 0,44; I <sup>2</sup> = 0%	4 studies, 159 patiënten; RR 1,43 95% CI 0,77 tot 2,66; I <sup>2</sup> = 0%	7 studies, 475 patiënten; RR 0,68, 95% CI 0,53 tot 0,87; I <sup>2</sup> = 0%
Vroege en late mortaliteit	N/A	1 studie, 254 patiënten; RR 0,58, 95% CI 0,02 tot 14,20	N/A	N/A
Totale operatieduur	I <sup>2</sup> = 96%	I <sup>2</sup> = 91%	I <sup>2</sup> = 80%	I <sup>2</sup> = 92%
Bloedverlies	3 studies, 458 patiënten; MD -75,21, 95% CI -98,97 tot -51,45; I <sup>2</sup> = 0%	3 studies, 411 patiënten; MD -160,09, 95% CI -203,93 tot -116,24; I <sup>2</sup> = 56%	2 studies, 78 patiënten; MD -76,60, 95% CI -132,71 tot -20,49; I <sup>2</sup> = 0%	I <sup>2</sup> = 91%
Transfusie	5 studies, 645 patiënten; RR 0,58, 95% CI 0,24 tot 1,4; I <sup>2</sup> = 26%	5 studies, 735 patiënten; RR 0,28, 95% CI 0,12 tot 0,63; I <sup>2</sup> = 0%	3 studies, 116 patiënten; RR 3,56, 95% CI 0,58 tot 21,76; I <sup>2</sup> = 0%	6 studies, 348 patiënten; RR 0,27, 95% CI 0,12 tot 0,6; I <sup>2</sup> = 0%
Heropname	2 studies, 408 patiënten; RR 2,02, 95% CI 0,60 tot 6,7; I <sup>2</sup> = 0%	1 studie, 189 patiënten; RR 0,18, 95% CI 0,01 tot 3,07	1 studie, 45 patiënten; RR 0,71, 95% CI 0,03 tot 16,45	4 studies, 276 patiënten; RR 1,23, 95% CI 0,54 tot 2,79; I <sup>2</sup> = 0%
QOL	N/A	N/A	N/A	N/A
Kosten	1 studie, 50 patiënten, 95% CI -\$126,84 tot 1003,04	1 studie, 60 patiënten, 95% CI -\$2476,88 tot -326,52	N/A	N/A

<b>Totaal aantal geogoste lymfeklieren</b>	<b>3 studies, 458 patiënten; MD 1,73, 95% CI -3,11 tot 6,5; I<sup>2</sup> = 71%</b>	<b>I<sup>2</sup> =84%</b>	<b>I<sup>2</sup> =87%</b>	<b>5 studies, 289 patiënten; MD 3,81, 95% CI -1,24 tot 8,86; I<sup>2</sup> = 73%</b>
<b>Conversie</b>	<b>5 studies, 732 patiënten; RR 0,42, 95% CI 0,24 tot 0,72; I<sup>2</sup> = 0%</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>

### 3.3. ROBOTICA IN DE ALGEMENE HEELKUNDE

#### 3.3.1. ENDOCRIENE CHIRURGIE

##### 3.3.1.1. ADRENALECTOMIE

Laparoscopische adrenalectomie wordt beschouwd als de standaardbehandeling voor goedaardige tumoren van de bijnieren en wordt in toenemende mate overwogen voor de behandeling van maligne aandoeningen. Robot-geassisteerde technieken worden in overweging genomen vanwege de theoretische voordelen op vlak van visualisatie en dissectie van de bijnier en zijn vascularisatie, en een groter bewegingsbereik binnen een beperkte werkruimte (34).

**Brunaud et al.** (35) evalueerden in de grootste bestaande reeks van robot-geassisteerde laterale transperitoneale adrenalectomieën (RAA) op prospectieve manier 100 opeenvolgende patiënten. De gemiddelde *operatieduur* bedroeg 95 minuten en het *conversiepercentage* 5%. *Morbiditeit* en *mortaliteit* bedroegen respectievelijk 10% en 0% (35).

De enige gerandomiseerde studie in de huidige literatuur naar robot-geassisteerde adrenalectomie werd uitgevoerd door **Morino et al.** (36) In deze studie werden 20 patiënten met benigne adrenale tumoren behandeld met een traditionele laparoscopische adrenalectomie (LA) of robotchirurgie. De *operatieduur* was langer voor RAA (169 vs. 115 min; P <0,001) en ook de perioperatieve *morbiditeit* lag hoger in de robotgroep (20% vs. 0%). Er werd geen verschil in *hospitalisatieduur* gerapporteerd (36, 37). In een andere comparatieve studie vergeleken **Brunaud et al.** (38) op een retrospectieve manier de operatieve resultaten tussen 59 patiënten die LA ondergingen met 50 patiënten bij wie een RAA werd uitgevoerd. Robotprocedures gingen gepaard met minder *bloedverlies* (49 vs. 71 ml; P <0,001), maar langere *operatieduur* (104 vs. 87 min; P=0,003). Bij patiënten met een BMI > 30 kg/m<sup>2</sup> was de gemiddelde operatieduur langer in de laparoscopiegroep (90 vs. 78 min; P 0<0,03), maar niet in de robotgroep. Dit was ook het geval bij patiënten met grote tumoren (> 55 mm), met een toegenomen operatieduur voor laparoscopische ingrepen (100 vs. 80 min; P <0,009). *Conversiepercentage*, *morbiditeit*, en *hospitalisatieduur* waren vergelijkbaar in beide groepen

(38, 39). Dezelfde groep onderzoekers toonde in een andere studie geen belangrijke verschillen aan tussen beide technieken op vlak van *postoperatieve levenskwaliteit*, waaronder postoperatieve pijn (37, 40).

Vanuit een opleidingsoogpunt bekeken, kan robot-geassisteerde adrenalectomie mogelijk profiteren van een snellere *leercurve* in vergelijking met laparoscopie (41). **Brunaud et al.** rapporteerden dat het verschil in operatieduur tussen laparoscopie en robotica verdween na de eerste 20 procedures (34, 38). De leercurve voor laparoscopische adrenalectomie bedraagt 30 à 40 ingrepen (42).

Verschillende studies hebben getracht de *kosten* van RAA te vergelijken met de laparoscopische benadering. In de kostenanalyse van **Morino et al.** (36) was de robotprocedure duurder dan zijn laparoscopische tegenhanger (\$3467 vs. \$2737;  $P < 0,01$ ). **Brunaud et al.** (35) schatten dat robotische adrenalectomieën 2,3 keer duurder zijn dan laparoscopische (\$4102 vs. \$1799).

Twee studies werden vooralsnog gepubliceerd over de eerste ervaringen met robot-geassisteerde posterieure retroperitoneale adrenalectomie (PRA). **Ludwig et al.** (43) rapporteerden resultaten van 6 procedures, terwijl **Berber et al.** (44) verslag uitbrachten over 23 robot-geassisteerde adrenalectomieën, waarvan er 8 retroperitoneaal werden uitgevoerd. Er werd geconcludeerd dat deze aanpak uitvoerbaar en veilig is. De PRA techniek is snel, wordt goed verdragen, en vermijdt chirurgie in de buikholte. De robot-geassisteerde procedure is van bijzonder nut voor het benaderen van tumoren op laparoscopisch moeilijk te bereiken plaatsen, zoals ruim boven de 12e rib, juist voor de nieren of in de nierhilus. Deze auteurs geloven dat het robotsysteem hierdoor de mogelijkheid kan bieden om het aantal patiënten die in aanmerking voor een posterieure retroperitoneale benadering van de bijnier kan uitbreiden (39, 41). Een prospectieve studie van **Agcaoglu et al.** (45) vergeleek 31 robotische en laparoscopische PRA's. Wanneer de laatste 21 patiënten die een robotprocedure ondergingen werden vergeleken met de 31 patiënten uit de laparoscopische groep, werd waargenomen dat de gemiddelde *operatieduur* korter was voor de robotgroep (139,1 vs. 166,9 min;  $P = 0,046$ ). *Bloedverlies* en *verblijf in het ziekenhuis* waren vergelijkbaar tussen beide groepen (45).

Het da Vinci Systeem kan worden gebruikt voor bijnierschorssparende adrenalectomie voor feochromocytomen en re-operatie in een enkele bijnier. Bovendien kunnen geselecteerde patiënten met geïsoleerde kleine bijniermetastasen kandidaten zijn voor partiële bijnier



resectie (41). **Asher et al.** (46) publiceerden onlangs hun ervaring met 15 robot-geassisteerde subtotale adrenalectomieën bij patiënten met familiale aandoeningen die predisponeren voor feochromocytoom. Na een mediane follow-up periode van 17,5 maanden had slechts 1 patiënt nood aan steroïdensuppletie en ervoer geen enkele patiënt een recidief (46).

De paar kleine vergelijkende studies kwamen over het algemeen tot de conclusie dat laparoscopie veelal superieur is in termen van operatieduur en kosten. Het robotsysteem heeft wel de potentie om de indicaties voor minimaal invasieve bijnierchirurgie uit te breiden, dit op vlak van posterieure retroperitoneale en cortex sparende adrenalectomie. Prospectieve gerandomiseerde studies zijn nodig om de rol van robotica duidelijk vast te leggen (34).

#### ESSENTIELE PUNTEN

1. Robot-geassisteerde adrenalectomie via de posterieure retroperitoneale methode is mogelijks nuttig bij patiënten bij wie de bijnier gelokaliseerd is boven de 12 rib, juist voor de nieren of in de nierhilus.
2. Bijnierschorssparende adrenalectomie kan een veilige en adequate resectie bewerkstelligen.
3. Robotische adrenalectomie kan nuttig zijn voor resectie van geïsoleerde bijniermetastasen.

#### 3.3.2. BUIKWANDCHIRURGIE

Voor veel chirurgen is de laparoscopische benadering de gouden standaard voor de chirurgische behandeling van ventrale- en incisionele hernia, omwille van de voordelen van een kortere ziekenhuisopname, lagere wondcomplicatie- en recidiefgraden, kortere hersteltijd, en de betere kosteneffectiviteit dan open technieken. Ondanks deze voordelen is laparoscopisch herniaherstel geassocieerd aan een significant hogere incidentie van postoperatieve pijn, afkomstig van weefsel- of zenuwinklemming, na het plaatsen van hechtingen doorheen de volledige dikte van de buikwand. Bovendien zijn de nietjes of tackers, die de mesh tussen de transabdominale hechtingen fixeren en daardoor meshmigratie en darmhernatie voorkomen, geassocieerd aan een toename van postoperatieve adhesies en dunne darm obstructie. Een dierstudie (47) heeft aangetoond dat het da Vinci Surgical System een alternatief voor transabdominale hechtingen en tackers kan bieden door het faciliteren van intracorporeel hechten van de mesh, direct op de posterieure fasciabladd (48).

Een studie van **Tayar et al.** (48) includeerde 11 eventratie reparaties (voor kleine- en middelgrote incisiehernia), uitgevoerd met behulp van robot-geassisteerde laparoscopie. Deze bestonden uit intraperitoneale plaatsing van een mesh met onderbroken hechtingen. De mediane *operatieduur* bedroeg 180 minuten, niet merkkelijk verschillend van deze die over het

algemeen aanvaard wordt voor soortgelijke laparoscopische procedures, en de postoperatieve *complicatiegraad* was 17%. Er werden geen *recidieven* gerapporteerd na 25 maanden follow-up. Geen enkele patiënt had last van ongemakken of *chronische pijn* aan de hechtingsplaatsen. De extra *kost* van de robot-geassisteerde procedure in vergelijking met de standaard laparoscopische procedure werd geschat op €1000 (48, 49). Een retrospectieve studie door **Alisson et al.** (50) beoordeelde de resultaten van 13 patiënten met kleine- en middelgrote buikwandhernia, die werden behandeld met de da Vinci robot met behulp van primaire intracorporele sluiting van het fasciadefect, gevolgd door meshfixatie met een doorlopende hechting. De gemiddelde *duur* van de procedure bedroeg 131 min. De totale *morbiditeitsgraad* bedroeg 13%. Gedurende een mediane follow-up periode van 23 maanden ervoer een van de patiënten een *recidief* hernia. Geen enkele ervoer *chronische hechtingsplaatspijn* of ongemakken (50).

De bevindingen tonen aan dat beide technieken van robot-geassisteerde buikwandchirurgie uitvoerbaar en mogelijks niet geassocieerd zijn met chronische postoperatieve pijn. Gebruik van het da Vinci systeem voor deze indicatie lijkt vooralsnog niet interessant vanwege het ontbreken van vergelijkende studies, lange termijngegevens en de extra kosten in vergelijking met de laparoscopische procedure. Nadere evaluatie door prospectieve, gerandomiseerde studies is nodig om het mogelijke voordeel voor de patiënt te beoordelen (48-50).

#### ESSENTIËLE PUNTEN

Door de schaarsheid van de literatuur kan robot-geassisteerd buikwandherstel nog niet overwogen worden als potentiële aanpak bij buikwandhernia.

### 3.3.3. HEPATOBILIAIRE CHIRURGIE

#### 3.3.3.1. CHOLECYSTECTOMIE

Laparoscopische cholecystectomie is uitgegroeid tot de standaard behandeling voor acute cholecystitis en symptomatische en gecompliceerde cholelithiasis, wat leidt tot minder complicaties en sneller herstel in vergelijking met traditionele cholecystectomie (49). Verschillende studies hebben getracht te evalueren of robot-geassisteerde cholecystectomie een voordeel biedt ten opzichte van de huidige gouden standaard.

Meta-analyse van 4 comparatieve studies tussen cholecystectomie met behulp van het da Vinci Systeem (RAC) en de laparoscopische vorm door **Maeso et al.** (51) toonde een

significante vermindering van 0,7 dagen *ziekenhuisopname* in het voordeel van de robot. *Operatieduur* was echter langer bij robot-geassisteerde procedures, waarbij meta-analyse een significant verschil van 17 minuten aantoonde. Twee studies (52, 53) rapporteerden een vergelijkbaar *complicatiepercentage* voor beide technieken. Meta-analyse toonde bovendien een gelijke mate van *conversie* naar open chirurgie (51).

In het kader van de *leercurve* van robot-geassisteerde cholecystectomie rapporteerden **Giulianotti et al.** (53) voor RAC een langere operatieduur voor de eerste 26 procedures dan voor de laatste 26 procedures (97 vs. 67 min; P=0,002). Analyse van 51 robotische cholecystectomieën door **Vidovszky et al.** (54) toonden aan dat een leercurve van 16 à 32 procedures noodzakelijk is om een significante daling van de set-up tijd en de totale operatieduur teweeg te brengen.

Twee studies (52, 55) die de *kosten* van de ingreep vergeleken, rapporteerden aanzienlijk hogere kosten voor de ingreep met het da Vinci Systeem (respectievelijk \$1606,4 en €1180,62 meer; P<0.001) (51).

Een Cochrane Review uit 2012 (56) vergeleek robotassistentie (Aesop, Endoassist, Passist en Zeus) met menselijke assistentie tijdens laparoscopische cholecystectomie en includeerde 6 studies met een totaal van 560 patiënten. Er was geen statistisch significant verschil tussen de twee groepen voor *morbiditeit en mortaliteit*, *conversie* naar open cholecystectomie, de totale *operatieduur* of *hospitalisatieduur*. *Set-up tijd* lag significant lager in de menselijke assistent-groep. Er werd opgemerkt dat elk van de 6 trials een hoog risico op bias met zich meedroeg.

Hoewel robot-geassisteerde cholecystectomie betrouwbaar en effectief lijkt te zijn, werden door de huidige studies geen duidelijke voordelen gevonden ten opzichte van de standaard laparoscopische procedure die als tegenwicht zouden kunnen dienen voor de extra kosten waarmee RAC gepaard gaat. Derhalve is het gebruik van een robotsysteem niet geïndiceerd voor het uitvoeren van een cholecystectomie. Dit komt door de relatieve eenvoud van conventionele laparoscopie voor deze indicatie (49). Echter, als gevolg van de korte leercurve, kan robotische cholecystectomie worden beschouwd als een leermiddel ter voorbereiding op complexere robotprocedures (55).

### 3.3.3.2. HEPATECTOMIE EN CHIRURGIE VAN DE GALWEGEN

Van laparoscopische leverresectie is aangetoond dat de techniek veilig is in ervaren handen, met aanvaardbare morbiditeit en mortaliteit voor zowel kleine als grote leverresecties, en vergelijkbare oncologische resultaten met open hepatectomie, dit in combinatie met de gekende voordelen van minimaal invasieve chirurgie (57). Daarnaast is het van galwegchirurgie gekend dat deze moeilijk uit te voeren is door middel van laparoscopie (58). De literatuur over de rol van robotassistentie binnen het gebied van de lever- en galwegchirurgie is echter beperkt.

**Ho et al.** (57) analyseerden negentien reeksen van in totaal 217 robot-geassisteerde leverresecties voor zowel goedaardige laesies in de lever, als kwaadaardige tumoren. De meest uitgevoerde procedures waren wigresectie en segmentectomie (37,7%), gevolgd door rechter hepatectomie (21,6%). Het gemiddelde intra-operatieve *bloedverlies* bedroeg 50 tot 660 ml. Het *conversie- en complicatiepercentage* bedroeg respectievelijk 4,6% en 20,3%. De gemiddelde *operatieduur* varieerde tussen 200 en 507 minuten en de gemiddelde *hospitalisatieduur* was 5,5 tot 11,7 dagen (57).

Vergelijkende studies binnen het gebied van leverchirurgie zijn schaars. In de reeks door **Berber et al.** (59) werd geen verschil in *bloedverlies* vastgesteld tussen 9 robot-geassisteerde (RAH) en 23 laparoscopische leverresecties (LH) voor perifeer gelegen laesies. Tevens kon geen statistisch significant verschil in *operatieduur* aangetoond worden (259 vs. 234 min voor respectievelijk RAH en LH;  $P=0.4$ ) en werden vergelijkbare *complicatiepercentages* gerapporteerd. Berber et al. rapporteerden tot slot een vergelijkbare *resectiemarge* en *ziektevrije overleving* voor gemengde maligniteiten tussen beide procedures (59). **Packiam et al.** (60) voerden een retrospectieve vergelijking uit tussen RAH ( $n=11$ ) en LH ( $n=18$ ). De uitgevoerde procedure was telkens een linker laterale sectionectomie. *Bloedverlies*, *transfusies*, *operatieduur* en *conversie* naar open chirurgie waren vergelijkbaar tussen beide groepen. Patiënten die RAH hadden ondergaan werden echter vaker op de ICU opgenomen (46% vs. 6%;  $P=0,01$ ), hadden meer *kleine complicaties* (27% vs. 0%;  $P=0,019$ ) en een langere *hospitalisatieduur* (4 vs. 3 dagen;  $P=0,031$ ). Er werden geen *ernstige complicaties* of *mortaliteit* gerapporteerd in beide groepen (60). Een recente studie van **Troisi et al.** (61), de grootste op dit moment, vergeleek de resultaten van 40 robot-geassisteerde en 223 laparoscopische leverresecties, uitgevoerd in 2 verschillende instituten. De meest belangrijke bevinding van deze studie is dat beide technieken even veilig en uitvoerbaar zijn, met vergelijkbare *morbiditeit* en *hospitalisatieduur*. De studie toonde ook de mogelijkheid aan om

met de robot patiënten met een groter *aantal laesies* (1,97 vs. 1,57 geresecteerde nodules;  $P=0,04$ ) te behandelen en tegelijkertijd het *aantal majeure hepatectomieën* in te perken (0% vs. 16,6%;  $P=0,011$ ). Het *aantal subsegmentectomieën/wig- en gemengde resecties* was significant hoger in de RAH-groep (37% vs 16,1%), vooral voor laesies in de posterosuperieure (PS-) segmenten (55% vs. 34,1%,  $P=0,019$ ). Hierdoor kan deels de hogere *conversiegraad* naar open chirurgie en het hoger gemiddeld *bloedverlies* (330 vs. 174 ml;  $P=0,001$ ) voor RAH verklaard worden, aangezien steeds gestreefd werd naar parenchymsparende heelkunde. Deze studie suggereert met andere woorden dat robotgeassisteerde leverresecties een meer conservatieve benadering toelaten, waardoor een groter aantal laesies, met name in de P-S segmenten, kan geresecteerd worden met vergelijkbare complicatiegraad, waardoor majeure hepatectomieën kunnen vermeden worden. Deze blijven immers tot op de dag van vandaag de voorkeursteknik voor de behandeling van laesies van de P-S segmenten vanwege de moeilijke uitvoerbaarheid van kleine leverresecties op laparoscopische wijze. Robotgeassisteerde parenchymsparende chirurgie van deze segmenten, waarvan de uitvoerbaarheid eerder werd aangetoond door **Casiola et al.** (62), zou dus in de toekomst de indicaties voor minimaal invasie leverchirurgie kunnen uitbreiden (61).

Een cumulatieve som analyse toonde aan dat de *leercurve* voor laparoscopische hepatectomieën ongeveer 60 procedures bedraagt (63). Er zijn echter geen gegevens beschikbaar met betrekking tot de leercurve voor robotgeassisteerde leverresectie. Het is mogelijk dat de leercurve voor robotische hepatectomieën korter is dan die van de conventionele laparoscopische techniek, maar dit dient verder onderzocht te worden (57).

**Packiam et al.** (60) stelden vast dat de *kosten* voor RAH, significant hoger waren dan deze voor LH (\$6553 vs. \$4408,  $P=0,021$ ).

Binnen het gebied van de galwegchirurgie is het aantal beschikbare studies nog beperkter. **Giulianotti et al.** (58) publiceerden een geval van uitgebreide rechter hepatectomie met het aanleggen van een hepaticojejunale anastomose ter behandeling van een hilar cholangiocarcinoom, waaruit blijkt dat galwegreconstructie, een complexe procedure om laparoscopisch uit te voeren, met robotassistentie mogelijk is. In een cohortestudie van **Chan et al.** (64) ondergingen 16 patiënten robotgeassisteerde exploratie van de ductus choledochus. In 9 gevallen werd een biliare bypass aangelegd, waarvan 6 choledochoduodenostomieën en 3 Roux-en-Y hepatico-jejunostomieën, hetgeen tevens de veiligheid en uitvoerbaarheid van robotgeassisteerde chirurgie van de galwegen bewijst.

Ter conclusie zijn op het vlak van perioperatieve resultaten geen reële voordelen aangetoond van het gebruik van de da Vinci robot ten opzichte van laparoscopie binnen het gebied van de hepatobiliaire chirurgie. Studies hebben de veiligheid en bruikbaarheid van de robot aangetoond voor het uitvoeren van chirurgie van de P-S segmenten en complexe galwegreconstructies, waardoor mogelijk de indicaties voor minimaal invasieve hepatobiliaire chirurgie kunnen uitgebreid worden (62). Daarom dienen deze resultaten bevestigd te worden door middel van studies met grote bewijskracht. Lange termijn resultaten, de leercurve en kosteneffectiviteit dienen eveneens geëvalueerd te worden in toekomstige studies (57).

#### ESSENTIËLE PUNTEN

1. Het gebruik van een robotsysteem biedt geen voordeel bij het uitvoeren van een cholecystectomie.
2. Robotische cholecystectomie kan worden beschouwd als een leermiddel voor opleiding in robotchirurgie.
3. De robot-geassisteerde benadering zou in de toekomst mogelijk de indicaties voor minimaal invasieve lever- en galwegchirurgie kunnen uitbreiden, met name voor parenchymsparende chirurgie van de P-S segmenten en complexe galwegreconstructies.

#### 3.3.4. SPLENECTOMIE

Laparoscopische splenectomie wordt aanvaard als een veilige aanpak voor de chirurgische behandeling van bepaalde hematologische ziekten. Vergeleken met de open techniek is deze geassocieerd aan een lager risico op intra-operatieve bloedingen, minder postoperatieve pijn en sneller ontslag uit het ziekenhuis (65). Over de rol van robotsystemen voor het uitvoeren van minimaal invasieve splenectomie is nog maar weinig gekend.

**Bodner et al.** (66) vergeleken op retrospectieve wijze een reeks van 6 robot-geassisteerde (RAS) met 6 standaard laparoscopische splenectomieën (LS). *Bloedverlies* werd in beide groepen op hetzelfde geschat. Totale *operatieduur* met de robot was 27 min langer, maar deze stijging was niet significant. Er deden zich geen *complicaties* voor en in beide groepen was *conversie* niet noodzakelijk. De mediane *hospitalisatieduur* bedroeg 7 (RAS) tegenover 6 (LH) dagen. De gemiddelde *kosten* bedroegen \$6927 voor de robotprocedure vs. \$4084 voor de laparoscopische procedure ( $P < 0,05$ ) (66). In een vergelijkende studie van **Gelmini et al.** (65) ondergingen 2 groepen van 45 patiënten laparoscopische of robotische splenectomie. Er werden geen statistisch significante verschillen gevonden met betrekking tot intra-operatief *bloedverlies*, *conversie* naar laparotomie, postoperatieve *complicaties* en de mediane tijd tot *ziekenhuisontslag*. Wel werden statistisch significante verschillen waargenomen in de

mediane *operatieduur* (125 min vs. 153 min;  $P < 0,05$ ) en *kosten* (\$2590 vs. \$6930,  $P < 0,05$ ) ten nadele van de robot. Er kan bijgevolg geconcludeerd worden dat robot-geassisteerde splenectomie geen enkel significant voordeel biedt tegenover de laparoscopische procedure (65). De robot-geassisteerde aanpak kan misschien wel meer aangewezen zijn voor partiële splenectomie, zoals geconcludeerd werd in een kleine reeks door **Giulianotti et al.** (67), omdat deze een perfecte dissectie van de milthilus en isolatie van de vaatstructuren toelaat. De enige studie waarin laparoscopische subtotale splenectomie ( $n=22$ ) met de robotische benadering ( $n=10$ ) werd vergeleken deed dit in het kader van patiënten met erfelijke sferocytose. **Vasilescu et al.** (68) vonden een significant verschil ( $P < 0,05$ ) ten gunste van de robotische aanpak op vlak van *bloedverlies* (90 vs. 35 ml), *duur van de vasculaire dissectie* (20 vs. 15 min) en *grootte van de miltrestant* (10,57 vs. 8,16 cm<sup>3</sup>). Robot-geassisteerde subtotale splenectomie is vergelijkbaar met conventionele laparoscopie op het gebied van *hospitalisatieduur*, *complicaties* en *conversie*. De auteurs concludeerden dat subtotale splenectomie een geschikte kandidaat lijkt voor robotchirurgie, welke de delicate dissectie van de miltvaten en correcte intra-operatieve evaluatie van de miltrestant toelaat (68). Grotere prospectieve, gerandomiseerde studies zijn echter nodig om de robot-geassisteerde en laparoscopische benaderingen te vergelijken en om harde conclusies te trekken.

#### ESSENTIËLE PUNTEN

1. Robot-geassisteerde splenectomie biedt geen voordelen vergeleken met de laparoscopische techniek.
2. Partiële splenectomie kan mogelijk een indicatie worden voor een robot-geassisteerde benadering.

#### 3.3.5. PANCREATECTOMIE

Resectie van de pancreas blijft een van de meest uitdagende operaties binnen de gastro-intestinale chirurgie, waardoor deze meestal beperkt blijft tot een open benadering en gepaard gaat met een perioperatieve morbiditeit van 40% en een sterftecijfer van ongeveer 5% (69). Vanwege de complexe aard van de operatie en de veeleisende technische vaardigheden die hiervoor noodzakelijk zijn, is laparoscopische pancreatectomie niet breed in gebruik. Deze techniek is geassocieerd met een vrij hoge graad van conversie, tot 40%, en pancreatische fistelvorming van 7 à 60% (64). Pancreatische fistels zijn een frequente complicatie na pancreaschirurgie en veroorzaken morbiditeit variërend van wond complicaties en vertraagde maaglediging, over intra-abdominale sepsis, bloeding, en de dood (70). Er wordt verondersteld dat robotchirurgie de resultaten kan optimaliseren door het minimaliseren van trauma gecreëerd bij het blootleggen en manipuleren van weefsels (69).

Gedocumenteerde robot-geassisteerde procedures omvatten distale pancreatectomie met en zonder miltpreservatie, radicale antegrade modulaire pancreatosplenectomie (RAMP), subtotale, totale en centrale pancreatectomie, pancreaticoduodenectomie en bypass in de setting van inoperabele maligniteit (71).

In de grootste reeks robot-geassisteerde pancreatectomieën analyseerden **Giulianotti et al.** (69) 60 pancreaticoduodenectomieën (PD), 23 miltsparende distale pancreatectomieën (DP), 23 distale splenopancreatectomieën, 3 centrale pancreatectomieën, 1 totale pancreatectomie, en 3 enucleaties. Nog 21 patiënten ondergingen verschillende chirurgische procedures voor de behandeling van acute en chronische pancreatitis. De totale *conversie* bedroeg 18,3% in de PD groep en 6,5% in de DP groep. De postoperatieve *morbiditeit* en *mortaliteit* bedroegen 26% en 2,23%. Een *fistelpercentage* van 31,3% voor PD en 20,9% voor DP werd gerapporteerd (69). **Zureikat et al.** (70) rapporteerden een *fistelpercentage* van 27% in een reeks van 24 robotische pancreaticoduodenectomieën, 4 centrale pancreatectomieën, en 2 Frey procedures, maar het percentage klinisch significante pancreasfistels bedroeg slechts 10%. De mate van belangrijke *complicaties* na robot-geassisteerde procedures lijkt dus vergelijkbaar te zijn met open en laparoscopische chirurgie, alhoewel directe vergelijkingen vooralsnog zeldzaam zijn (71).

In een van de weinige beschikbare comparatieve studies rapporteerden **Kang et al.** (72) een langere *operatieduur* (348,7 vs. 258,2 min;  $P=0,024$ ) en hogere *kosten* (\$8304,8 vs. \$3861,7;  $P<0,001$ ) voor robot-geassisteerde distale pancreatectomie vergeleken met laparoscopie, maar er werd ook een significant hogere mate van *mildpreservatie* (95% vs. 64%;  $P=0,027$ ) in de robotgroep vastgesteld. Het da Vinci Systeem kan dus mogelijk een grotere kans op behoud van de milt bieden bij patiënten met benigne en borderline kwaadaardige tumoren die pancreatectomie vereisen, wat belangrijk is omwille van immunologische voordelen op korte en lange termijn. Dit dient geëvalueerd te worden in verdere studies. Er waren geen verschillen op het gebied van *bloedverlies*, *complicaties* of *hospitalisatieduur* tussen beide groepen (72).

**Waters et al.** (73) vergeleken 32 open, 28 laparoscopische en 17 robot-geassisteerde distale pancreatectomieën. *Operatieduur* in de robotgroep was langer dan in zowel de laparoscopische als open groep (298 vs. 224 vs. 234 min;  $P=0,01$ ). *Bloedverlies* en *morbiditeit* waren vergelijkbaar en er was geen gerapporteerde *sterfte*. Er was *miltpreservatie* in 65% van de robotische vs. 12% en 29% in open en laparoscopische DP ( $P=0,04$ ). De *miltvaten* werden bewaard in elke robotprocedure, terwijl dit slechts in 18% van de laparoscopische en 9% van



de open DP het geval was ( $P=0,006$ ). *Hospitalisatieduur* was significant korter in robotische vs. open en laparoscopische DP (4 vs. 6 vs. 8 dagen;  $P=0,04$ ). De auteurs stelden dat de hoge *kosten* van de robottechnologie werden gecompenseerd door het korte ziekenhuisverblijf, met als gevolg de afwezigheid van significante verschillen tussen de totale ziekenhuiskosten van de drie groepen. Als gevolg van de retrospectieve aard van deze studie moet men voorzichtig zijn met de interpretatie van deze resultaten. Deze studie bewijst echter dat als morbiditeit en dus hospitalisatieduur kan worden gereduceerd, robot-geassisteerde DP kosteneffectief kan zijn in geselecteerde gevallen (73).

In een recente retrospectieve vergelijking van 30 robot-geassisteerde DP en 94 laparoscopische ingrepen, rapporteerden **Daouadi et al.** (74) een kortere *operatieduur* (293 vs. 371 min;  $P<0,01$ ), inclusief set-up tijd, voor de robotprocedure. Technisch uitdagende stappen zoals pancreas- en miltmobilisatie en vasculaire controle zijn waarschijnlijk verantwoordelijk voor de langere operatieduur bij de traditionele laparoscopische benadering. Bij patiënten uit de robotgroep was geen *conversie* naar open chirurgie noodzakelijk, dit in tegenstelling tot bij de laparoscopische procedure (16%;  $P<0,05$ ). *Bloedverlies*, *fistelvorming*, en postoperatief *ziekenhuisverblijf* waren niet statistisch verschillend, maar patiënten in de robotgroep hadden wel een verminderd risico op *excessief bloedverlies* (74).

Een meta-analyse door **Zhang et al.** (75), die 7 studies omvatte, vergeleek 137 robot-geassisteerde vs. 203 open pancreatectomieën. Alle studies rapporteerden minder *bloedverlies* en alle studies, behalve deze van **Buchs et al.** (76), een langere gemiddelde *operatieduur* voor robotchirurgie. Algemene *complicaties* lagen significant lager in de robotgroep [RD= -0,12; 95% CI -0,22; -0,01,  $P=0,03$ ], maar er werd geen significant verschil gerapporteerd op vlak van pancreatische *fistelvorming* en *mortaliteit*. Alle geïnccludeerde studies rapporteerden kortere gemiddelde duur van *ziekenhuisopname* in de robotgroep vergeleken met open chirurgie, hetgeen bij **Zhou et al.** (77) ( $P=0,04$ ) en **Walsh et al.** (78) ( $P=0,031$ ) statistisch significant was (75).

Hoewel voorgaande studies misschien een superieure rol suggereren voor de robot-geassisteerde aanpak op vlak van perioperatieve uitkomsten, zijn de oncologische implicaties van robotchirurgie voornamelijk onbepaald. De overgrote meerderheid van de literatuur met betrekking tot robotische pancreatectomie beschrijft de technische haalbaarheid en perioperatieve uitkomsten, en omvat een heterogene populatie van operatietypes en pathologieën (71). **Zhang et al.** (75) stelden vast dat de mate positieve *resectiemarges* significant lager was in de robot-, in vergelijking met de open groep (RD= -0,18; 95% BI -

0,3; -0,06, P=0,003). In een subgroep analyse van patiënten met een PDAC, waarvan er 14 laparoscopische DP en 13 robotische DP ondergingen, rapporteerden **Daouadi et al.** (74) superieure *lymfeklierdissectie* (19 vs. 9; P<0,01) en het vermogen om *marginenegatieve resectie* (0% vs 36% R1 resecties; P<0,005) te bekomen met de robot-geassisteerde aanpak. **Giulianotti et al.** (69) is de enige groep die verslag uitbracht over de lange termijn overleving na robotische pancreatectomie, maar de grote populatie was te heterogeen om deze te stratificeren in betekenisvolle subsets (71).

Ter conclusie bevestigt het huidige onderzoek de uitvoerbaarheid van de robot-geassisteerde aanpak en zijn sommige perioperatieve uitkomsten mogelijk superieur aan de resultaten van open en laparoscopische pancreaschirurgie. Het robotsysteem kan mogelijk zorgen voor verbeterde dissectiekwaliteit en een hogere mate van miltpreservatie. Voor chirurgie van adenocarcinomen dient de oncologische waarde van een minimaal invasieve procedure nog te worden geëvalueerd. In het geval dat de gunstige resultaten worden bevestigd door prospectieve gerandomiseerde studies, zal de robot-geassisteerde aanpak de indicaties voor minimaal invasieve chirurgie van de pancreas uitbreiden tot gevallen waarin een dergelijke aanpak eerder werd uitgevoerd door slechts een paar teams (79).

#### ESSENTIËLE PUNTEN

Met behulp van een chirurgische robot kan de toepassing van minimaal invasieve pancreaschirurgie mogelijk uitbreiden.

### 3.3.6. MAAGCHIRUGIE

#### 3.3.6.1. NISSEN FUNDOPLICATIE

Laparoscopische funduplicatie is uitgegroeid tot de standaard chirurgische procedure voor de behandeling van gastro-oesofageale reflux (GERD). In handen van ervaren chirurgen is de morbiditeit laag en de bijwerkingen minimaal. Verschillende studies hebben geconcludeerd dat een minimaal invasieve benadering het gebruik van pijnstillers, opnameduur, en pariëtale complicaties vermindert. Bovendien zijn de resultaten ervan identiek aan deze van laparotomie op vlak van controle van refluxsymptomen, dysfagie en recidieven (49).

Verschillende groepen voerden reeds kleine prospectieve gerandomiseerde studies uit ter vergelijking van robot-geassisteerde (RAF) en laparoscopische Nissen funduplicatie (LF)

voor de behandeling van GERD (49). Daarnaast bestaan er 4 studies die gebundelde data gebruikten om hiervan een meta-analyse uit te voeren.

Zes gerandomiseerde studies, met in totaal 226 patiënten, werden opgenomen in de meta-analyse van **Markar et al.** (80). Er werd een significant kortere totale *operatieduur* in de laparoscopische groep ( $P=0,0002$ ) gerapporteerd. Er was geen significant verschil tussen RAF en LF op vlak van operatieve *complicaties*, postoperatieve *dysfagie* of *ziekenhuisverblijf* (80).

Een andere meta-analyse, uitgevoerd door **Mi et al.** (81), includeerde 11 studies met een totaal van 533 patiënten. De resultaten toonden aan dat de totale *operatieduur* (MD=24,05min, 95% CI = [5,19; 42,92];  $P=0,01$ ) langer is voor RAF, maar dat de postoperatieve *complicatiegraad* (OR=0,35, 95% CI=[0,13; 0,93];  $P=0,04$ ) lager ligt in deze groep, vergeleken met laparoscopie. Statistisch was er geen significant verschil tussen de twee groepen wat betreft postoperatieve *complicaties* en *opnameduur* (81).

Een derde gepubliceerde meta-analyse onderzocht gegevens van vijf RCT's en 181 patiënten. Deze studie werd uitgevoerd door **Zhang et al.** (82) en vond geen significant verschil tussen de robot-geassisteerde en de laparoscopische Nissen fundoplicatie met betrekking tot de totale *operatieduur*, intra-operatieve *complicaties*, *conversie*, postoperatieve *dysfagie*, postoperatief gebruik van *zuurremmende medicatie* en duur van *ziekenhuisopname* (82).

De laatste meta-analyse werd uitgevoerd door **Wang et al.** (83). Over zes RCT's werden er 111 laparoscopische en 110 robotische fundoplicaties onderzocht. Er waren geen significante verschillen op vlak van totale *operatieduur*, *complicaties*, postoperatief gebruik van *antisecretoire medicatie* en *patiënttevredenheid* (83).

Een recente retrospectieve analyse van prospectief verzamelde data, uitgevoerd door **Frazzoni et al.** (84) vergeleek postoperatieve *EAET* (Esophageal Acid Exposure Time) bij patiënten die een laparoscopische Nissen fundoplicatie ondergaan hadden met deze die de robotprocedure ondergaan hadden. De mediane postoperatieve EAET was significant lager in de robotgroep (0,2%) dan in de laparoscopiegroep (1%;  $P=0,001$ ). Abnormale EAET waarden werden gevonden in respectievelijk 6 van 44 (14%) en in 0 van 44 gevallen ( $P=0,026$ ). De klinische relevantie van deze gegevens is echter onzeker (84).

In een RAF reeks van **Giulianotti et al.** (53) bedroeg de gemiddelde operatieduur 132,8 min in de eerste 21 procedures ten opzichte van 92 min in de daaropvolgende 20 procedures ( $P=0,04$ ), wat een *leercurve* voor robot-geassisteerde fundoplicatie van ongeveer 20 procedures suggereert.

*Kosten* worden over het algemeen hoger gerapporteerd in de robotische, vergeleken met de laparoscopische cohorten. **Muller-Stich et al.** (85) vermeldden hogere totale kosten voor RAF dan voor LF (€3244 vs. €2743; P=0,003). **Heemskerk et al.** (86) kwamen tot dezelfde vaststelling (€4363,82 vs. €3376,35; P=0,033) en **Nakadi et al.** (87) stelden dat de robotprocedure duurder was door hoge investeringen en onderhoudskosten. **Morino et al.** (88) rapporteerden dat de robot-geassisteerde chirurgie geassocieerd was aan significant hogere gemiddelde totale kosten (€3157 vs. €1527; P<0,001).

Er kan besloten worden dat robot-geassisteerde Nissen fundoplicatie zowel veilig als uitvoerbaar is. Klinische resultaten lijken zeer vergelijkbaar voor de laparoscopische en robotische benadering, hoewel de operatieduur langer is voor de robotprocedure. Aangezien het percentage complicaties laag is en de leercurve kort lijkt te zijn, kan dit echter fungeren als een geschikte operatie om opleidingen in de robotchirurgie mogelijk te maken (89).

### 3.3.6.2. HELLER MYOTOMIE

Sinds de komst van minimaal invasieve technieken is de laparoscopische Heller myotomie de standaard chirurgische modaliteit voor de behandeling van achalasia geworden. Deze procedure wordt gecombineerd met fundoplicatie om het postoperatieve risico op GERD te verminderen (49). Voorstanders van robot-geassisteerde myotomie beweren dat het robotsysteem een zeer nauwkeurige dissectie toelaat, vooral tijdens de myotomie zelf, als gevolg van de betere visualisatie en de articulerende instrumenten (89). Deze techniek kan dus mogelijks voordelen bieden tegenover de laparoscopische, waarbij postoperatieve slokdarmperforatiepercentages van 1 tot 16% zijn gerapporteerd in de literatuur (49).

In een prospectieve, multi-institutionele trial, evalueerden **Melvin et al.** (90) de resultaten van 104 patiënten die Heller myotomie met gedeeltelijke fundoplicatie ondergingen met behulp van het da Vinci systeem. De gemiddelde *operatieduur* was 140,6 minuten. Er werd voor geen enkele van de 104 procedures *oesofageale mucosale perforatie* gerapporteerd. De gemiddelde *hospitalisatieduur* was 1,5 dagen. *Symptomen* verbeterden bij alle patiënten met een gemiddelde follow-up symptoomscore van 0,48 ten opzichte van 5,0 voor de operatie (P=0,0001) (89, 90).

Een recente meta-analyse van **Maeso et al.** (51) includeerde 3 vergelijkende studies tussen robot-geassisteerde (RAM) en laparoscopische myotomie (LM). Over al deze studies samen werd bij geen enkele patiënt uit de robotgroep (0/102) *slokdarmperforatie* vastgesteld,

tegenover 11% (17/150) van de patiënten in de laparoscopiegroep, de bevindingen door Melvin et al. bevestigend. Er werden geen verschillen gemeld in verband met *bloedverlies* en meta-analyse toonde geen verschil aan in *operatieduur* tussen beide procedures (51).

**Horgan et al.** (91) meldden dat de mate van verbetering van de *symptomen* en het optreden van *postoperatieve reflux* vergelijkbaar was tussen de twee groepen.

In een studie van **Huffman et al.** (92) werden 61 patiënten die een laparoscopische of robot-geassisteerde myotomie ondergingen prospectief geëvalueerd. De gevolgen van de operatie op de gezondheidsgerelateerde levenskwaliteit werd geëvalueerd met behulp van de *Short Form (SF-36) Health Status Questionnaire* en een ziektespecifieke *GERD activiteitsindex (GRACI)*. De patiënten die RAM hadden ondergaan, rapporteerden een groter verschil in *SF-36* rolfunctie (emotioneel) en algemene gezondheidsperceptie ( $P < 0,05$ ), 2 van de 9 categorieën, vergeleken met de LM-groep. Deze bevindingen kunnen een indicatie van een meer volledige myotomie zijn. Een andere mogelijkheid is dat de patiënt een groter verschil denkt te voelen omdat deze onderworpen werd aan een geavanceerde en nieuwe technologie. Het is dus te vroeg om op basis van 1 niet-gerandomiseerde studie te concluderen dat het gebruik van de robot gepaard gaat met betere postoperatieve QOL. *GRACI* toonde een equivalente verbetering in ernst van de symptomen in beide groepen ( $P < 0,05$ ) (89, 92).

In een recente retrospectieve analyse van **Shaligram et al.** (93) werd gebruik gemaakt van een grote administratieve database om perioperatieve resultaten te vergelijken voor open (418 patiënten), laparoscopische (2116 patiënten) en robotische (149 patiënten) Heller myotomie. De *perioperatieve resultaten* waren superieur in de LM- en RAM-groep vergeleken met OM. Vergelijking tussen LM en RAM toonden geen significant verschil in *morbiditeit, mortaliteit, ICU opname, hospitalisatieduur* of *heropname* na 30 dagen. Echter, *ziekenhuiskosten* waren significant lager voor de LM- dan voor de RAM-groep (\$7441 vs. \$9415;  $P = 0,0028$ ) (89, 93).

Met betrekking tot de *leercurve* stelden **Horgan et al.** (91) vast dat 30 robotprocedures noodzakelijk zijn tot een plateau bereikt wordt waarbij de operatieduur vergelijkbaar is met deze van laparoscopische Heller myotomie (RAM: 108 vs. LM: 104 min;  $P = \text{NS}$ ) (51, 91).

Hoewel gepubliceerde reeksen van robotische Heller myotomie vaak klein en/of retrospectief van aard zijn, lijkt de techniek even veilig en doeltreffend te zijn als laparoscopische Heller myotomie (89). Er is mogelijk minder mucosale perforatie bij het gebruik van robotica. Slokdarmperforaties stellen patiënten bloot aan een langduriger ziekenhuisopname en het risico op een slokdarmlek. Bij te late diagnose van een oesofagale perforatie is dit een

potentieel dodelijke complicatie. Vermijden van dit soort letsel is dus gunstig, hoewel de klinische implicaties van voorgaande observaties nog moeten worden geëvalueerd in grotere en gerandomiseerde klinische trials (90).

### 3.3.6.3. GASTRECTOMIE VOOR KANKER

Gedurende de afgelopen jaren heeft laparoscopische gastrectomie met lymfeklierdissectie zich ontwikkeld tot een veilige en effectieve chirurgische ingreep voor de behandeling van maagkanker in een vroeg stadium. De minimaal invasieve benadering gaat gepaard met betere postoperatieve resultaten dan open gastrectomie. Ook lange termijn resultaten zijn vergelijkbaar met die van open chirurgie. Langs de andere kant wordt laparoscopische gastrectomie met lymfadenectomie beschouwd als een van de moeilijkste gastro-intestinale operaties (94). Het gebruik van het da Vinci Surgical System kan mogelijks het uitvoeren van deze procedure vergemakkelijken.

De grootste studie van een reeks robot-geassisteerde gastrectomieën voor kanker is deze van **Song et al.** (94). In deze retrospectieve studie werden 33 totale en 67 partiële gastrectomieën gecombineerd met D1- of uitgebreide (D2-) lymfadenectomie. Alle operaties werden met succes uitgevoerd zonder *conversie*. Het gemiddelde *bloedverlies* bedroeg 128,2 ml en de gemiddelde totale *operatieduur* was 231 minuten. De postoperatieve *morbiditeit* bedroeg 13% en er was 1 postoperatief sterfgeval. De gemiddelde *hospitalisatieduur* bedroeg 7,8 dagen. Het gemiddeld aantal geogste *lymfeklieren* was 36,7. Proximale en distale *resectiemarges* waren tumorvrij bij alle patiënten (94).

In een vergelijkende studie van robot-geassisteerde (RAG) vs. open gastrectomie (OG) door **Caruso et al.** (95) gingen robot-geassisteerde procedures gepaard met toegenomen *operatieduur* (290 vs. 222 min;  $P=0,004$ ), verminderd *bloedverlies* (197,6 vs. 386,1 ml;  $P=0,0001$ ) en kortere *ziekenhuisopname* (9,6 vs. 13,4 dagen;  $P<0,0009$ ). Er was geen verschil in het gemiddeld aantal geogste *lymfklieren* tussen beide groepen (28 vs. 31,7;  $P=0,023$ ). De totale *morbiditeit* was vergelijkbaar tussen beide groepen. Voorlopige gegevens over de *overleving* lieten geen prognostische verschillen zien tussen de twee groepen. De auteurs concludeerden dat RAG met D2-lymfklierdissectie veilig, technisch haalbaar en oncologisch effectief is in vergelijking met OG (95, 96).

Vijf studies vergelijken robotische vs. laparoscopische gastrectomie (LG). In het onderzoek van **Eom et al.** (97) voor distale maagresectie, was de gemiddelde *operatieduur* langer voor RAG (189,4 vs. 229,1 min;  $P<0,001$ ), evenals de *dissectietijden* voor elk lymfeklierstation

(70,2 vs. 91,7 min;  $P < 0,001$ ). Er werd echter geen significant verschil gevonden tussen de twee groepen in termen van het aantal geogoste *lymfenodi*. *Ziekenhuiskosten* waren hoger in de robotgroep (\$6071 vs. \$11402;  $P < 0,001$ ) (96, 97). **Woo et al.** (98) analyseerden op retrospectieve manier, prospectief verzamelde data van 236 robot-geassisteerde en 591 laparoscopische radicale gastrectomieën. Het gemiddeld *bloedverlies* lag significant lager in de robotgroep (91,6 vs. 147,9 ml,  $P = 0,002$ ). De gemiddelde *operatieduur* was voor RAG gemiddeld 49 minuten langer dan voor LG ( $P < 0,001$ ). *Morbiditeit* en *mortaliteit* waren vergelijkbaar in beide groepen. Geen van de specimen bevatte *tumorbetrokkenheid* in de resectielijn in de robotgroep, wat niet het geval was voor de laparoscopische groep. Het aantal gedisseceerde *lymfeklieren* was voldoende hoog in beide groepen en verschilde niet significant. De postoperatieve histopathologische bevestiging van laesies dieper dan T2 in de robotgroep lijkt veelbelovend voor het toekomstig gebruik van robotassistentie bij de behandeling van gevorderde maagkanker met D2 lymfklierdissectie (96, 98). **Yoon et al.**'s case-control studie (99) rapporteerde een gemiddelde *operatieduur* van 305,8 minuten in de robotgroep en 210,2 minuten in de laparoscopiegroep ( $P < 0,001$ ). Postoperatieve *complicaties*, het gemiddelde postoperatieve *ziekenhuisverblijf* en het gemiddeld aantal geogoste *lymfklieren* waren niet significant verschillend tussen beide groepen (96, 99).

**Pugliese et al.** (100) is een van de weinige groepen die de lange termijn resultaten bestudeerden bij patiënten met vroege en lokaal gevorderde laesies, behandeld met minimaal invasieve subtotale gastrectomie. Van de 70 patiënten (37 vroege en 33 gevorderde laesies) ondergingen allen een D2-lymfadenectomie, waarvan 18 met robotchirurgie. De gemiddelde follow-up periode bedroeg 53 maanden. De totale *3-jaars overleving* bedroeg 85% voor LG en 78% voor RAG ( $P = NS$ ). De *5-jaars overleving* voor de gehele cohorte bedroeg 81% (97% voor vroege en 67% voor gevorderde maagkanker) (100, 101).

**Kang et al.**'s studie (102) rapporteerde minder *bloedverlies* ( $P < 0,001$ ) bij patiënten die de robotprocedure ondergaan hadden en vergelijkbare *hospitalisatieduur* met LG ( $P = 0,001$ ). De studie richtte zich bovendien op het evalueren van de *leercurve* voor robot-geassisteerde gastrectomie en rapporteerde dat 20 ingrepen noodzakelijk waren om deze te overwinnen.

De grootste vergelijkende studie van robot-geassisteerde vs. open vs. laparoscopische gastrectomie is deze van **Huang et al.** (103). Een totaal van 689 patiënten onderging curatieve resectie van een adenocarcinoom van de maag (586 OG, 64 LG en 39 RAG). Het mediane *bloedverlies* lag significant lager in de robotgroep in vergelijking met de laparoscopische en open groep (50 vs. 100 vs. 400 ml;  $P < 0,001$ ), net zoals de postoperatieve mediane *opnameduur* in de robotgroep significant korter was dan in de andere groepen (7 vs. 11 vs. 12

dagen;  $P < 0,001$ ). Echter, de *operatieduur* was significant langer in de robotgroep ten opzichte van de andere groepen (430 vs. 350 vs. 320 min;  $P < 0,0001$ ). Het aantal geoogste *lymfklieren* was vergelijkbaar tussen OG en RAG (34 vs. 32;  $P < 0,001$ ). De auteurs wijzen bovendien op het aanzienlijke voordeel dat de robot oplevert in het faciliteren van nauwkeurige lymfeklierdissectie, vooral in de infrapylorische en suprapancreatische regio. Postoperatieve *morbiditeit* en *mortaliteit* waren vergelijkbaar. De resultaten toonden tevens een significant *leercurve*-effect gedurende de eerste 25 robot-geassisteerde procedures (96, 103).

Hoewel de eerste resultaten van robot-geassisteerde gastrectomie veelbelovend zijn, onder andere op vlak van bloedverlies en hospitalisatieduur, blijven de rol ervan in gevorderde laesies, en oncologische voordelen op lange termijn onduidelijk. Grote prospectieve gerandomiseerde studies zijn nodig vooraleer robot-geassisteerde resectie kan worden beschouwd als een aanvaardbaar alternatief voor de behandeling van patiënten met een resecabel maagcarcinoom. De data ondersteunen wel dat, in tegenstelling tot de leercurve voor laparoscopische gastrectomie, die 50 à 60 procedures omvat, de leercurve voor robotische gastrectomie dichterbij 20-25 procedures ligt (101). Song et al. benadrukken het feit dat hetgeen wat de verspreiding van laparoscopische gastrectomie tegenhoudt, de moeilijkheid om een D2 dissectie laparoscopisch uit te voeren is. Het da Vinci systeem zou deze technische procedure vergemakkelijken en zo meer patiënten de voordelen van een minimaal invasieve benadering kunnen bieden. Robotchirurgie zou dus kunnen uitgroeien tot een volwaardig alternatief voor de behandeling van maagkanker, indien de huidige bevindingen worden ondersteund door hoogwaardig wetenschappelijk bewijs (49, 94).

#### **3.3.6.4. GASTRIC BYPASS**

Van Roux-en-Y Gastric Bypass is aangetoond dat het een effectieve chirurgische behandeling voor overgewicht is, resulterend in een gewichtsverlies tot 70 à 80% op lange termijn en een opmerkelijke reductie van aan obesitas gerelateerde co-morbiditeit tot gevolg. Chirurgie op een zwaarlijvige populatie vertegenwoordigt een unieke uitdaging en bijgevolg werden de voordelen van een minimaal invasieve benadering goed gevalideerd, zoals minder postoperatieve pijn en mortaliteit en een korter verblijf in het ziekenhuis. Er zijn een aantal technische beperkingen verbonden aan het uitvoeren van laparoscopische chirurgie op zwaarlijvige patiënten. De beperkte beweging van de rigide instrumenten ten gevolge van de dikke, vetrijke buikwand en hepatomegalie resulteren in een verminderde chirurgische



handvaardigheid en slechte ergonomie, hetgeen significante musculoskeletale stress op de chirurg plaatst (104).

Een gepoolde analyse van zeven studies, met inbegrip van 1686 patiënten, waarbij laparoscopische (LRYGB) en robot-geassisteerde gastric bypass (RARYGB) met elkaar worden vergeleken, werd uitgevoerd door **Markar et al.** (104). Er werd geen verschil gevonden tussen de groepen in termen van *operatieduur*, incidentie van postoperatieve *complicaties* en *hospitalisatieduur*. De grootste studie die werd opgenomen in de analyse, namelijk deze van **Snyder et al.** (105), omvatte 320 RARYGB vs. 356 LRYGB procedures en toonde een significante ( $P=0,05$ ) vermindering aan van de incidentie van *anastomotische lekken* in de robotgroep (0 vs. 1,7%). Meta-analyse van alle zeven studies slaagde er echter niet in om een hogere incidentie van anastomoselekken bij laparoscopische procedures statistisch te bevestigen. (gepoolde  $OR=0,49$ ; 95%  $CI=0,17-1,38$ ;  $P=0,18$ ). Vijf studies rapporteerden de incidentie van *anastomotische stricturen*, welke significant lager lag in het geval van RARYGB (gepoolde  $OR=0,43$ ; 95%  $CI=0,19-0,98$ ;  $P=0,04$ ). Drie studies maakten echter gebruik van laparoscopisch nieten om de gastro-jejunale anastomose aan te leggen, terwijl bij elke robotprocedure hechtingen werden gebruikt. Eerdere studies hebben aangetoond dat een geniete anastomose geassocieerd is aan een verhoogde incidentie van strictuurvorming. De resultaten van deze studie moeten dus met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd aangezien de anastomosestechniek een belangrijke invloed kan hebben op de incidentie van anastomotische stricturen (104).

Een retrospectieve analyse van prospectief verzamelde gegevens door **Ayloo et al.** (106) rapporteerde een totale *operatieduur* die significant korter was voor de robot-geassisteerde procedures dan voor de laparoscopische procedures (207 vs. 227 min;  $P=0,0006$ ). *Mortaliteit* was 0% in beide groepen, zonder *conversies* naar open chirurgie of *transfusies*. *Morbiditeit* en het percentage *gewichtsverlies* na 1 jaar waren vergelijkbaar voor de twee groepen (106).

**Park et al.** (107) voerden hun vergelijkende studie uit in een gemeenschapsziekenhuis. *Operatieduur* was als enige parameter statistisch significant verschillend, dit ten voordele van LRYGB (169 vs. 152 min;  $P=0,003$ ). Men zag echter een gestage daling in operatieduur in de robotgroep met toenemende ervaring. Geraamd *bloedverlies*, *morbiditeit*, *opnameduur* en *gewichtsverlies* waren vergelijkbaar in beide groepen (107).

**Myers et al.** (108) vergeleken op retrospectieve wijze de resultaten van 100 Roux-en-Y gastric bypassoperaties met behulp van de da Vinci robot en 100 laparoscopische ingrepen. Voor beide groepen verminderde de *operatieduur* geleidelijk, alhoewel deze voor de robot-

geassisteerde operatie langer was (144 vs. 87 min;  $P < 0,001$ ). Er was geen verschil in de frequentie van *anastomoselekken* en er was geen *mortaliteit* of *conversie* naar open chirurgie in beide groepen. RARYGB ging gepaard met minder *bloedtransfusies* ( $P=0,005$ ) (108).

Tot slot rapporteerden **Tieu et al.** (109) de resultaten van 1100 robot-geassisteerde gastric bypassoperaties in 2 hoog-volume centra. De gemiddelde *operatieduur* bedroeg 155 minuten en er waren geen *conversies*. De auteurs concludeerden dat, alhoewel de *operatieduur* mogelijks langer is dan voor laparoscopische procedures, de *complicatiegraad* van RARYGB, met name deze van anastomoselekken (0.09%), extreem laag ligt in hoog-volume centra (109), aangezien de aanvaarde graad van anastomotisch lek voor LRYGB 1 à 3% bedraagt (105).

**Curet et al.** (110) rapporteerden hogere totale *kosten* voor robot-geassisteerde, vergeleken met zowel gehechte als geniete laparoscopische gastric bypass ( $P=0,047$ ), met vergelijkbare operatie- en hospitalisatieduur. Ook **Hubens et al.** (111) (€2761 vs. €1766) en **Scozzari et al.** (112) (€ 5777,76 vs. €4658,28;  $P < 0,001$ ) rapporteerden hogere kosten voor de robotprocedure. Voorgaande literatuur lijkt aan te tonen dat ondanks een vergelijkbare operatieduur, incidentie van postoperatieve complicaties en opnameduur, RARYGB gepaard gaat met hogere kosten ten opzichte van het laparoscopische alternatief (104). Dit was echter niet het geval in een kostenprojectie door **Hagen et al.** (113), welke 524 open, 323 laparoscopische en 143 robotische gastric bypassoperaties analyseerde. Een significant lager aantal anastomoselekken ( $P=0,0349$ ) en -stricturen ( $P=0,0002$ ) deed zich voor na RARYGB (0%, 0%) in vergelijking met LRYGB met nietjes (4%, 6,8%) en de open aanpak (1,9%, 1,1%). Over het algemeen was robot-geassisteerde gastric bypass (\$19363) goedkoper in vergelijking met laparoscopie (\$21697) en open chirurgie (\$23000). De auteurs concludeerden dat, ondanks de beperkingen van hun studie, robotchirurgie kosteneffectief kan zijn als de hoge kosten van de robot in balans kunnen worden gebracht dankzij besparingen op vlak van materiaal (nietjes) en verbeterde klinische resultaten, zoals de reductie van dure anastomotische complicaties (113).

De *leercurve* voor LRYGB bedraagt 75 tot 100 procedures (114). **Hubens et al.** (111) rapporteerden dat de totale operatieduur daalde van 231 tot 136 minuten ( $P < 0,05$ ) na de eerste 35 procedures. **Ayloo et al.** (106) hadden 30 procedures nodig om de robot-geassisteerde ingreep in minder tijd dan de laparoscopische uit te voeren ( $P=0,047$ ). Een studie naar de leercurve door **Buchs et al.** (114) onderscheidde met behulp van CUSUM analyse twee afzonderlijke fasen in de leercurve van RARYBG. De gegevens uit deze studie wijzen erop

dat de eerste leerfase voor robot-geassisteerde gastric bypass kan worden bereikt na 14 procedures. Fase 2 representeert de beheersingsfase met reductie van de operatieduur (114).

Samenvattend lijkt het erop dat gastric bypass met behulp van robotassistentie gepaard kan gaan met een lagere anastomotische complicatiegraad in vergelijking met laparoscopie. Dit samen met een vergelijkbare operatieduur, postoperatieve complicatiegraad en hospitalisatieduur maakt van robot-geassisteerde RYGB mogelijks een procedure die in de toekomst de bovenhand kan krijgen op laparoscopie, zeker indien bevestigd wordt dat de hoge kosten van robotchirurgie in evenwicht kunnen worden gebracht dankzij betere klinische resultaten. Kwaliteitsvol prospectief gerandomiseerd onderzoek kan hierover uitsluiting brengen.

#### ESSENTIËLE PUNTEN

1. Heller myotomie lijkt door de mogelijke reductie van slokdarmperforaties een goede indicatie voor het gebruik van een robotsysteem.
2. GERD chirurgie moet eerder worden beschouwd als een indicatie voor onderwijs in robotchirurgie.
3. Robot-geassisteerde chirurgie zou een goed alternatief kunnen worden voor open of laparoscopische heelkunde voor maagkanker, vooral wanneer D2-lymfadenectomie noodzakelijk is.
4. Robot-geassisteerde bariatrische chirurgie biedt mogelijks voordelen ten opzichte van laparoscopie, vooral op gebied van aan anastomose gerelateerde complicaties.

### 3.3.7. COLORECTALE CHIRURGIE

#### 3.3.7.1. COLORECTALE RESECTIE

Vele studies hebben de voordelen van minimaal invasieve colorectale chirurgie ten opzichte van open chirurgie in termen van reductie van pariëtaal trauma, pijn, postoperatieve ileus, en hospitalisatieduur aangetoond. Terwijl de effectiviteit van laparoscopische colorectale resectie duidelijk is vastgesteld in gerandomiseerde studies, wordt ook erkend dat deze procedure technisch moeilijk is (49). Onderzoek heeft uitgewezen dat 50 tot 70 ingrepen nodig zijn om de leercurve te overwinnen. Erger nog is dat blijkt dat oncologische, alsmede operatieve resultaten op korte termijn, slechter kunnen uitvallen in onervaren handen. Robotica zouden het voordeel bieden dat ze bepaalde taken, zoals controle over bloedvaten, identificatie van zenuwen en dissectie in het smalle bekken, vergemakkelijken, ter compensatie van de tekortkomingen van laparoscopie (115).

Verschillende studies werden gepubliceerd die de vergelijking maken tussen robot-geassisteerde en laparoscopische colorectale resectie. Significant toegenomen *operatieduur* werd gerapporteerd door **Delaney et al.** (116) en **Woeste et al.** (117) ( $P < 0,05$ ), **Anvari et al.** (118), **Spinoglio et al.** (119), **Kim et al.** (120), **Haas et al.** (115), **DeSouza et al.** (121) en

**Park et al.** (122) ( $P < 0,001$ ), **Rawlings et al.** (123) ( $P < 0,002$ ) en **Popescu et al.** (124) ( $P < 0,0002$ ). Deze studies dekken een variatie aan colorectale resectiestukken en indicaties voor deze chirurgie (115). In de meeste studies was robotchirurgie niet gerelateerd aan een hogere mate van *intra-operatieve bloedingen*, terwijl andere groepen, zoals **Popescu et al.** (124) ( $P < 0,0001$ ) en **Desouza et al.** (121) ( $P < 0,052$ ), verminderd bloedverlies bij gerobotiseerde colorectale ingrepen aantoonde (115).

Tot op de dag van vandaag bestaan er slechts 2 RCT's die dit onderwerp behandelen. **Park et al.** (125) vergeleken robot-geassisteerde (RAC) met laparoscopische colectomie (LC) bij patiënten met rechtszijdig coloncarcinoom (35 patiënten per groep). De *duur van de operatie* was langer voor RAC (195 vs. 130 min;  $P < 0,001$ ). *Complicaties, hospitalisatieduur, vrije resectiemarges* en aantal geogste *lymfklieren* waren vergelijkbaar in beide groepen. *Conversie* naar open chirurgie was in geen van beide groepen noodzakelijk (125). In de trial (18 patiënten per groep) door **Baik et al.** (126), waarin robotische (RTME) met laparoscopische totale mesorectale excisie werd vergeleken, werd vastgesteld dat de *operatieduur* niet veel langer was voor RTME ten opzichte van de laparoscopische procedure (217 vs. 204,3 min). Dit was echter niet statistisch significant. Bovendien rapporteerde deze studie een statistisch significante vermindering in *hospitalisatieduur* na robotchirurgie (6,9 vs. 8,7 dagen;  $P < 0,001$ ) (115, 126).

Een meta-analyse van **Yang et al.** (127) onderzocht het verschil tussen robot- en laparoscopische chirurgie en includeerde daarbij 16 studies met patiënten met colorectale aandoeningen en 7 studies met patiënten met rectumkanker. RAC associeerde zich met minder *bloedverlies* bij colorectale ziekten (-17,70ml; 95% BI -34,16 tot -1,23;  $P = 0,04$ ) en rectumkanker (-47,26 ml; 95% CI -65,76 tot -28,75,  $P < 0,001$ ) en een lagere mate van *intra-operatieve conversie* in colorectale aandoeningen (OR 0,58, 95% CI 0,35 tot 0,94,  $P = 0,03$ ) en rectumkanker (OR 0,22, 95% CI 0,09 tot 0,50;  $P < 0,001$ ) dan LC. Bij patiënten met colorectale aandoeningen was de *operatieduur* echter langer (34,92 min; 95% CI 18,49 tot 51,36;  $P < 0,001$ ) voor robot-geassisteerde chirurgie. *Hospitalisatieduur, postoperatieve complicatiegraad* en *oncologische parameters* verschilden niet tussen beide groepen (127).

*Oncologische doeltreffendheid* behoort nog steeds tot de vraagtekens bij maligne colorectale ziekte. Naleving van de regels van de oncologie (lymfklierdissectie, veiligheidsmarges), recidiefgraad en overleving op lange termijn zijn essentiële kwesties. Net als laparoscopie kan robot-geassisteerde chirurgie voldoen aan de basisprincipes hierboven vermeld, en biedt het zijn eigen specifieke bijdrage aan een moeilijke procedure (49).

Zoals in colonchirurgie zijn de postoperatieve voordelen van laparoscopische minimaal invasieve chirurgie aangetoond in *rectale ziekte*. De MRC CLASICC (128) studie vergeleek de resultaten van de laparoscopische ten opzichte van open rectale kankerchirurgie en rapporteerde een conversiepercentage van 34%, wat ook correleerde met de mate van perioperatieve complicaties (49). Daarnaast lijkt er op het vlak van oncologie geen enkel verschil in overleving op lange termijn of lokaal recidiefpercentage met open rectumchirurgie. Er is echter nog steeds enige twijfel met betrekking tot de reproduceerbaarheid en de kwaliteit van laparoscopische resectie van de mesorectum. Dissectie van het vetrijke, lymfeklieren bevattende weefsel, ingesloten door de mesorectale fascia, zonder het te beschadigen is een ware uitdaging voor de conventionele laparoscopie (49). In theorie kan het gebruik van robottechnologie deze moeilijke ingreep dus vergemakkelijken.

De resultaten van een reeks van 39 RTME ingrepen door **Hellan et al.** (129) zijn, vooral met betrekking tot het *conversiepercentage* (2,6%), gunstig. Een ander team, **Baik et al.** (130), richtte zich op het vergelijken van robot-geassisteerde chirurgie voor rectumkanker met de laparoscopische techniek. Er werd gekozen voor een prospectief niet-gerandomiseerd studiedesign, alhoewel de meeste patiënten wel degelijk gerandomiseerd werden. *Conversie* bedroeg 0% in de robot- en 10,5% in de laparoscopiegroep ( $P=0,013$ ) en de mate van ernstige *complicaties* bedroeg respectievelijk 5,4% en 19,3% ( $P=0,025$ ). Er was geen significant verschil tussen de twee groepen wat betreft het aantal geogste *lymfeklieren* of distale, proximale en circumferentiële *resectiemarges*. Er was echter wel een significant verschil in *kwaliteit van de mesorectale resectie* ten gunste van de robot, aangezien deze volledig was in 92,8% vs. 75,4% in de laparoscopische groep ( $P=0,033$ ) (130). Deze betere mesorectale graad suggereert een mogelijk voordeel van het gebruik van het da Vinci systeem voor TME (49).

**Baek et al.** (131) rapporteerden hun oncologische lange termijn resultaten na robot-geassisteerde TME voor rectumkanker ( $n=64$ ). Na een gemiddelde follow-up periode van 20,2 maanden werd een *totale- en ziektevrije 3-jaars overleving* van respectievelijk 96,2% en 73,7% gerapporteerd (115, 131).

Deze studies suggereren dat RTME kan worden uitgevoerd met behoud van de nodige oncologische principes en met aanvaardbare recidief -en overlevingscijfers (115).

Een potentieel voordeel van de robot-geassisteerde benadering in TME is betere autonome zenuwsparring. De CLASICC trial (132) rapporteerde dat 41% van de mannen seksuele disfunctie overhield na laparoscopische anterieure resectie in vergelijking met 23% in de open

groep. Verscheidene onderzoeken stelden een lagere incidentie van zenuwbeschadiging vast in de robotgroep, maar dit was niet statistisch significant. Een voorbeeld hiervan is de studie van **Patriti et al.** (133), dewelke een percentage erectiestoornissen van 5,5% na de robotgeassisteerde procedure rapporteerde en 16,6% na de laparoscopische (P=NS). Studies van voldoende hoge kwaliteit zijn echter nodig om deze vaststellingen kracht bij te zetten (134).

De *leercurve* voor robotgeassisteerde (colo-)rectale chirurgie is veel korter dan de steile, lange leercurve van standaard laparoscopie. Na CUSUM analyse van 50 opeenvolgende robotprocedures suggereerden **Bokhari et al.** (135) dat, na een leerfase die 15 tot 25 procedures omvat, de chirurg in staat is een hoger niveau van bekwaamheid te bereiken en te overwegen van de technologie gebruik te maken bij patiënten die zich presenteren met meer complexe pathologie. Deze bevindingen suggereren dus een veel kortere leercurve dan voor laparoscopische (colo-)rectale chirurgie (cfr. supra) (134, 135).

Een comparatieve studie van robotgeassisteerde vs. laparoscopische rechter hemicolectomie door **Desouza et al.** (121) toonde aan dat het gebruik van de robot gepaard gaat met een significant hogere *kost* (\$15192 vs. \$12361,50; P=0,003). **Kim et al.** (120) raamden de totale ziekenhuiskosten op \$14080, \$9120 en \$8386 voor respectievelijk robotgeassisteerde, laparoscopische en open TME (P<0,01) (134).

De grootste drawbacks van robotgeassisteerde colorectale chirurgie zijn de toename in operatieduur en kostprijs. Huidige studies tonen geen duidelijk voordeel voor colorectale chirurgie om deze standaard te gaan implementeren. Echter voor TME, welke een moeilijk uit te voeren procedure is met behulp van laparoscopie, kan het da Vinci Surgical System een groter aantal patiënten van een minimaal invasieve ingreep laten genieten, door deze makkelijker uitvoerbaar te maken (49), wat ondersteund wordt door de mogelijks lagere conversiegraad. Ook de mogelijks betere kwaliteit van mesorectale excisie is een gegeven dat verder geëxploreerd dient te worden in toekomstige studies.

Studies als de ROLARR trial (136) moeten het tekort aan kwaliteitsvolle data aanpakken. Het gaat om een internationale, multicentrum, prospectieve, gerandomiseerde, gecontroleerde, ongeblindeerde trial van robotgeassisteerde vs. conventionele laparoscopische chirurgie voor de curatieve behandeling van rectumcarcinoom. Deze zal onderzoeken of er verschillen bestaan op het vlak van conversie naar open heekunde, mate van pathologische betrokkenheid van de CRM, lokaal recidiefpercentage, ziektevrije en totale overleving over 3

jaar en tevens operatieve morbiditeit en mortaliteit, levenskwaliteit en kosteneffectiviteit (136). In de tussentijd is het wachten op de publicatie van een aan de gang zijnde Cochrane review, ontworpen om de effectiviteit van robotchirurgie voor rectumkanker na te gaan (137).

### 3.3.7.2. RECTOPEXIE

Veel technieken door middel van een perineale of abdominale benadering werden voorgesteld voor anatomische en functionele anorectale correctie. Hoewel geen van de beschreven technieken kan worden beschouwd als standaardbehandeling als gevolg van de heterogeniteit van de pathogenese en de bevolking in kwestie, zijn, volgens de meeste auteurs, rectopexie-technieken via abdominale weg de voorkeursprocedures voor patiënten met een matig chirurgisch risico (49) en perineale procedures, welke minder invasief zijn, een succesvollere behandeling bij kwetsbare oudere patiënten met uitgebreide co-morbiditeit (138). Diverse studies hebben de voordelen van laparoscopische rectopexie in termen van uitvoerbaarheid en operatieve resultaten aangetoond (49). De minimaal invasieve benadering van prolaps van bekkenbodemporganen is een technisch uitdagende taak, met zorgvuldige dissectie en behoud van vitale zenuwstructuren, en het hechten binnen de grenzen van het diepe bekken. De specifieke voordelen van robottechnologie vinden hun toepassing in dit soort ingrepen (139).

Slechts 3 studies vergelijken robot-geassisteerde (RAR) en laparoscopische rectopexie (LR). **Heemskerk et al.** (138) toonden in een gecontroleerde, niet-gerandomiseerde studie, aan dat RAR en LR vergelijkbaar zijn op vlak van *complicaties* en *hospitalisatieduur*. De gemiddelde *operatieduur* was echter 39 minuten langer ( $P=0,04$ ) en de *kosten* waren € 557,29 ( $P=0,012$ ) hoger voor RAR. Er werden geen significante verschillen gezien in termen van *tijd tot defecatie*, postoperatieve *obstipatie*, of *incontinentie* (138).

Een case-control studie, uitgevoerd door **de Hoog et al.** (140) onderzocht de mate van recidief prolaps na de drie operatietechnieken die worden gebruikt voor de behandeling van rectale procidentia en vergeleek tevens functionele resultaten. LR en RAR resulteerden in een significant toegenomen *operatieduur* ten opzichte van open heelkunde, respectievelijk 42 en 77 minuten meer ( $P<0,001$ ). De robotprocedure ging gepaard met een significant hoger *recidiefpercentage* (20%), wanneer gecontroleerd werd voor leeftijd en follow-up tijd, in vergelijking met open rectopexie (2%) ( $P=0,027$ ), terwijl laparoscopie met een bijna significant hogere recidiefgraad geassocieerd was (27%) ( $P=0,059$ ). Een mogelijke verklaring voor deze tegenvallende resultaten voor minimaal invasieve rectopexie kan het gebruik van

andere instrumenten of fixatietechnieken zijn. *Functionele resultaten* verbeterden in alle drie de procedures, zonder onderling verschil (140).

**Wong et al.** (139) rapporteerden eveneens hun ervaring met robot-geassisteerde ventrale mesh rectopexie ter behandeling van complexe rectocoele. Alle patiënten waren vrouwen, waarvan er 40 een laparoscopische en 23 een robotprocedure ondergingen. Patiënten uit de LR-groep leden iets meer *bloedverlies* (45 vs. 6 ml; P=0,05). RAR ging gepaard met een langere *operatieduur* (221 vs. 162 min; P=0,0001). *Conversiegraad* en duur van de *ziekenhuisopname* waren vergelijkbaar. Er waren geen *sterfgevallen* of *recidieven* na een follow-up periode van 6 maanden (139).

Op basis van de huidige literatuur blijkt dat robot-geassisteerde rectopexie veilig kan worden uitgevoerd met vergelijkbare functionele resultaten, maar met een langere operatieduur en hogere kosten dan conventionele laparoscopie. Sommige auteurs (49) stellen dat het gebruik van de robot het mogelijk zal maken om de indicaties voor minimaal invasieve rectopexie uit te breiden naar zwakkere individuen, door het faciliteren van de uitvoering van de perineale benadering die moeilijk uit te voeren is met behulp van standaard laparoscopie. Het blijft echter moeilijk om de ware invloed van beide technieken op de postoperatieve resultaten te beoordelen in een beperkte en niet-gerandomiseerde populatie. RCT's zijn nodig om de definitieve rol van robotchirurgie in rectopexie te definiëren (138-140).

#### ESSENTIËLE PUNTEN

1. De aanwijzingen in de literatuur pleiten niet voor implementatie van robot-geassisteerde colonresectie.
2. Robottechnologie kan mogelijk de indicaties voor minimaal invasieve rectumkankerchirurgie uitbreiden.
3. Het gebruik van robotica zou het uitvoeren van rectopexie bij zwakkere individuen vergemakkelijken, maar of dit resulteert in betere klinische resultaten is niet gekend.

#### 4. DISCUSSIE

Talrijke publicaties hebben de uitvoerbaarheid van diverse robot-geassisteerde ingrepen binnen de abdominale chirurgie aangetoond. Tot op de dag van vandaag zijn er echter weinig vergelijkende studies uitgevoerd en de meeste daarvan tonen dezelfde voordelen van minimaal invasieve chirurgie aan op vlak van peri- en postoperatieve resultaten voor robot-geassisteerde chirurgie vergeleken met laparoscopie. Slechts voor een beperkt aantal ingrepen rapporteert men voordelen van het gebruik van het da Vinci systeem bovenop deze van conventionele laparoscopische chirurgie. Dit is deels te wijten aan het feit dat sommige van de onderzochte chirurgische procedures vrij eenvoudig uit te voeren zijn door middel van



standaard laparoscopie. Een chirurgische robot lijkt vooral de uitvoering van meer complexe procedures, waarbij chirurgie in een besloten ruimte, delicate dissectie van weefsels of de plaatsing van complexe hechtingen noodzakelijk is, te vergemakkelijken. Derhalve zou het gebruik van robotica de minimaal invasieve chirurgie toegankelijker maken, door het vergemakkelijken van ingrepen die moeilijk uit te voeren zijn door middel van conventionele laparoscopie en waarvoor op dit moment nog grotendeels een open benadering wordt gebruikt. Bovendien lijkt robotchirurgie geassocieerd te zijn met een kortere leercurve in vergelijking met standaard laparoscopie. Dit alles gaat echter ten koste van een langere operatieduur en een hogere kostprijs ten opzichte van traditionele open en laparoscopische chirurgie.

Of de gerapporteerde voordelen van robot-geassisteerde chirurgie de hogere kosten die met deze methode gepaard gaan kunnen overwinnen valt nog te bezien, aangezien er nog veel onduidelijkheden moeten worden uitgewerkt. Zo is het heel goed mogelijk dat de chirurgische teams die onderzoek verrichten en de resultaten hiervan publiceren, meer ervaren en bekwaam zijn dan anderen, en aldus bovengemiddelde resultaten kunnen voorleggen. Hierdoor bestaat het risico van publicatiebias met een mogelijke overschatting van de voordelen van robotchirurgie (51). Over het algemeen zijn de huidige gepubliceerde studies, die meestal retrospectief van aard of niet-gerandomiseerd zijn, van lage kwaliteit. Deze studiedesigns gaan immers gepaard met een hoog risico op bias en leveren bijgevolg niet de noodzakelijke bewijskracht, zoals men die enkel met RCT's kan verkrijgen, om de conclusies van de huidige studies te ondersteunen. Van de weinige studies die wel RCT's zijn, was het aantal deelnemers dan weer beperkt en daar waar meta-analyses mogelijk waren, was de statistische heterogeniteit vaak zeer hoog. Meer prospectieve gerandomiseerde studies ter beoordeling van de werkzaamheid en veiligheid van robot-geassisteerde chirurgie moeten worden uitgevoerd. Bovendien is onderzoek naar de lange termijn resultaten ervan noodzakelijk, vooral in de context van de oncologie. Toekomstig onderzoek dient tevens de kosteneffectiviteit en leercurve van robotassistentie te evalueren en na te gaan of een echt voordeel bestaat ten opzichte van conventionele therapieën vooraleer deze technologie geïmplementeerd wordt binnen het veld van de abdominale chirurgie.

Verwacht wordt dat in de toekomst de nadelen van de huidige generatie chirurgische robots geleidelijk aan zullen weggewerkt worden. Toekomstige systemen worden kleiner, het assortiment aan instrumenten wordt uitgebreider en de integratie van haptische feedback wordt de volgende evolutie in de ontwikkeling van robotchirurgie. Een interessante mogelijkheid is de integratie van pre- en intra-operatieve beeldfusie (echografie, CT en MR) die de chirurg kan begeleiden bij weefseldissectie en identificatie van pathologie (2, 6).

Bovendien kan de opkomst van nieuwe spelers op de markt leiden tot een daling van de kostprijs van robotchirurgie. Deze relatief jonge technologie zal zich steeds verder blijven ontwikkelen en in de toekomst zullen steeds meer robotsystemen hun weg naar de operatiezaal vinden. Het is nu aan de chirurgische gemeenschap om een op evidentie gebaseerd medisch kader te ontwikkelen waarbinnen robot-geassisteerde chirurgie het best tot zijn recht kan komen. Wat uiteindelijk immers het meest van belang is, is de gezondheid van de patiënt.

## 5. REFERENTIES

1. De Wilde RL, Herrmann A. Robotic surgery - Advance or gimmick? Best practice & research Clinical obstetrics & gynaecology. 2013 Jan 25.
2. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, Meyers WC. Robotic surgery: a current perspective. *Annals of surgery*. 2004 Jan;239(1):14-21.
3. Pugin F, Bucher P, Morel P. History of robotic surgery: from AESOP(R) and ZEUS(R) to da Vinci(R). *Journal of visceral surgery*. 2011 Oct;148(5 Suppl):e3-8.
4. Challacombe BJ, Khan MS, Murphy D, Dasgupta P. The history of robotics in urology. *World journal of urology*. 2006 Jun;24(2):120-7.
5. Satava RM. Surgical robotics: the early chronicles: a personal historical perspective. *Surgical laparoscopy, endoscopy & percutaneous techniques*. 2002 Feb;12(1):6-16.
6. Diodato MD, Jr., Prosad SM, Klingensmith ME, Damiano RJ, Jr. Robotics in surgery. *Current problems in surgery*. 2004 Sep;41(9):752-810.
7. Endowrist Instruments [cited 2012]. Available from: <http://www.intuitivesurgical.com/products/instruments/>.
8. Endowrist Instrument & Accessory Catalog [cited 2012]. Available from: [http://www.intuitivesurgical.com/products/871145\\_Instrument\\_Accessory\\_%20Catalog.pdf](http://www.intuitivesurgical.com/products/871145_Instrument_Accessory_%20Catalog.pdf).
9. The da Vinci Surgical System [cited 2012]. Available from: [http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci\\_surgical\\_system/](http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/).
10. da Vinci Surgical System (Standard) [cited 2012]. Available from: [http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci\\_surgical\\_system/davinci\\_surgical\\_system\\_standard/](http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/davinci_surgical_system_standard/).
11. da Vinci Si: Integrated Technology & Data [cited 2012]. Available from: [http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci\\_surgical\\_system/davinci\\_surgical\\_system\\_si/integrated-data.html](http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/davinci_surgical_system_si/integrated-data.html).
12. Single-Site da Vinci Surgery [cited 2012]. Available from: [http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci\\_surgical\\_system/da-vinci-single-site/](http://www.intuitivesurgical.com/products/davinci_surgical_system/da-vinci-single-site/).
13. Monod P. Financial aspects, or how to use a robot assistance without losing money. *Perspectives from private practice. Journal of visceral surgery*. 2011 Oct;148(5 Suppl):e22-6.
14. Herron DM, Marohn M. A consensus document on robotic surgery. *Surgical endoscopy*. 2008 Feb;22(2):313-25; discussion 1-2.
15. Yates DR, Vaessen C, Roupert M. From Leonardo to da Vinci: the history of robot-assisted surgery in urology. *BJU international*. 2011 Dec;108(11):1708-13; discussion 14.
16. Montorsi F, Wilson TG, Rosen RC, Ahlering TE, Artibani W, Carroll PR, et al. Best practices in robot-assisted radical prostatectomy: recommendations of the Pasadena Consensus Panel. *European urology*. 2012 Sep;62(3):368-81.
17. Barry MJ, Gallagher PM, Skinner JS, Fowler FJ, Jr. Adverse effects of robotic-assisted laparoscopic versus open retropubic radical prostatectomy among a nationwide random sample of medicare-age men. *Journal of clinical oncology : official journal of the American Society of Clinical Oncology*. 2012 Feb 10;30(5):513-8.
18. Kang DC, Hardee MJ, Fesperman SF, Stoffs TL, Dahm P. Low quality of evidence for robot-assisted laparoscopic prostatectomy: results of a systematic review of the published literature. *European urology*. 2010 Jun;57(6):930-7.
19. Asimakopoulos AD, Pereira Fraga CT, Annino F, Pasqualetti P, Calado AA, Mugnier C. Randomized comparison between laparoscopic and robot-assisted nerve-sparing radical prostatectomy. *The journal of sexual medicine*. 2011 May;8(5):1503-12.
20. Porpiglia F, Morra I, Lucci Chiarissi M, Manfredi M, Mele F, Grande S, et al. Randomised controlled trial comparing laparoscopic and robot-assisted radical prostatectomy. *European urology*. 2013 Apr;63(4):606-14.

21. Trinh QD, Sammon J, Sun M, Ravi P, Ghani KR, Bianchi M, et al. Perioperative outcomes of robot-assisted radical prostatectomy compared with open radical prostatectomy: results from the nationwide inpatient sample. *European urology*. 2012 Apr;61(4):679-85.
22. Ficarra V, Novara G, Artibani W, Cestari A, Galfano A, Graefen M, et al. Retropubic, laparoscopic, and robot-assisted radical prostatectomy: a systematic review and cumulative analysis of comparative studies. *European urology*. 2009 May;55(5):1037-63.
23. Secin FP. The learning curve of robotic assisted laparoscopic radical prostatectomy: what is the evidence? *Archivos espanoles de urologia*. 2011 Oct;64(8):830-8.
24. Randomised Controlled Trial of Laparoscopic, Open and Robot Assisted Prostatectomy as Treatment for Organ-confined Prostate Cancer [cited 2013]. Available from: <http://www.controlled-trials.com/ISRCTN59410552>.
25. Desai MM, Berger AK, Brandina RR, Zehnder P, Simmons M, Aron M, et al. Robotic and laparoscopic high extended pelvic lymph node dissection during radical cystectomy: technique and outcomes. *European urology*. 2012 Feb;61(2):350-5.
26. Nix J, Smith A, Kurpad R, Nielsen ME, Wallen EM, Pruthi RS. Prospective randomized controlled trial of robotic versus open radical cystectomy for bladder cancer: perioperative and pathologic results. *European urology*. 2010 Feb;57(2):196-201.
27. Parekh DJ, Messer J, Fitzgerald J, Ercole B, Svatek R. Perioperative outcomes and oncologic efficacy from a pilot prospective randomized clinical trial of open versus robotic assisted radical cystectomy. *The Journal of urology*. 2013 Feb;189(2):474-9.
28. Bladder cancer: Open versus Laparoscopic or RObotic cystectomy [cited 2013]. Available from: <http://www.controlled-trials.com/ISRCTN38528926>.
29. Liu H, Lu D, Wang L, Shi G, Song H, Clarke J. Robotic surgery for benign gynaecological disease. *Cochrane database of systematic reviews (Online)*. 2012;2:CD008978.
30. Paraiso MF, Jelovsek JE, Frick A, Chen CC, Barber MD. Laparoscopic compared with robotic sacrocolpopexy for vaginal prolapse: a randomized controlled trial. *Obstetrics and gynecology*. 2011 Nov;118(5):1005-13.
31. Sarlos D, Kots L, Stevanovic N, von Felten S, Schar G. Robotic compared with conventional laparoscopic hysterectomy: a randomized controlled trial. *Obstetrics and gynecology*. 2012 Sep;120(3):604-11.
32. Paraiso MF, Ridgeway B, Park AJ, Jelovsek JE, Barber MD, Falcone T, et al. A randomized trial comparing conventional and robotically assisted total laparoscopic hysterectomy. *American journal of obstetrics and gynecology*. 2013 Feb 8.
33. Lu D, Liu Z, Shi G, Liu D, Zhou X. Robotic assisted surgery for gynaecological cancer. *Cochrane database of systematic reviews (Online)*. 2012;1:CD008640.
34. Hyams ES, Stifelman MD. The role of robotics for adrenal pathology. *Current opinion in urology*. 2009 Jan;19(1):89-96.
35. Brunaud L, Ayav A, Zarnegar R, Rouers A, Klein M, Boissel P, et al. Prospective evaluation of 100 robotic-assisted unilateral adrenalectomies. *Surgery*. 2008 Dec;144(6):995-1001; discussion
36. Morino M, Beninca G, Giraudo G, Del Genio GM, Rebecchi F, Garrone C. Robot-assisted vs laparoscopic adrenalectomy: a prospective randomized controlled trial. *Surgical endoscopy*. 2004 Dec;18(12):1742-6.
37. Taskin HE, Berber E. Robotic adrenalectomy. *Cancer journal (Sudbury, Mass)*. 2013 Mar-Apr;19(2):162-6.
38. Brunaud L, Bresler L, Ayav A, Zarnegar R, Raphoz AL, Levan T, et al. Robotic-assisted adrenalectomy: what advantages compared to lateral transperitoneal laparoscopic adrenalectomy? *American journal of surgery*. 2008 Apr;195(4):433-8.
39. Brunaud L, Germain A, Zarnegar R, Cuny T, Ayav A, Bresler L. Robot-assisted adrenalectomy. *Surgical laparoscopy, endoscopy & percutaneous techniques*. 2011 Aug;21(4):248-54.
40. Brunaud L, Bresler L, Zarnegar R, Ayav A, Cormier L, Tretou S, et al. Does robotic adrenalectomy improve patient quality of life when compared to laparoscopic adrenalectomy? *World journal of surgery*. 2004 Nov;28(11):1180-5.
41. Morris LF, Perrier ND. Advances in robotic adrenalectomy. *Current opinion in oncology*. 2012 Jan;24(1):1-6.
42. Guerrieri M, Campagnacci R, De Sanctis A, Baldarelli M, Coletta M, Perretta S. The learning curve in laparoscopic adrenalectomy. *Journal of endocrinological investigation*. 2008 Jun;31(6):531-6.
43. Ludwig AT, Wagner KR, Lowry PS, Papaconstantinou HT, Lairmore TC. Robot-assisted posterior retroperitoneoscopic adrenalectomy. *Journal of endourology / Endourological Society*. 2010 Aug;24(8):1307-14.
44. Berber E, Mitchell J, Milas M, Siperstein A. Robotic posterior retroperitoneal adrenalectomy: operative technique. *Archives of surgery (Chicago, Ill : 1960)*. 2010 Aug;145(8):781-4.
45. Agcaoglu O, Aliyev S, Karabulut K, Siperstein A, Berber E. Robotic vs laparoscopic posterior retroperitoneal adrenalectomy. *Archives of surgery (Chicago, Ill : 1960)*. 2012 Mar;147(3):272-5.

46. Asher KP, Gupta GN, Boris RS, Pinto PA, Linehan WM, Bratslavsky G. Robot-assisted laparoscopic partial adrenalectomy for pheochromocytoma: the National Cancer Institute technique. *European urology*. 2011 Jul;60(1):118-24.
47. Schluender S, Conrad J, Divino CM, Gurland B. Robot-assisted laparoscopic repair of ventral hernia with intracorporeal suturing. *Surgical endoscopy*. 2003 Sep;17(9):1391-5.
48. Tayar C, Karoui M, Cherqui D, Fagniez PL. Robot-assisted laparoscopic mesh repair of incisional hernias with exclusive intracorporeal suturing: a pilot study. *Surgical endoscopy*. 2007 Oct;21(10):1786-9.
49. Germain A, Bresler L. Robotic-assisted surgical procedures in visceral and digestive surgery. *Journal of visceral surgery*. 2011 Oct;148(5 Suppl):e40-6.
50. Allison N, Tieu K, Snyder B, Pigazzi A, Wilson E. Technical feasibility of robot-assisted ventral hernia repair. *World journal of surgery*. 2012 Feb;36(2):447-52.
51. Maeso S, Reza M, Mayol JA, Blasco JA, Guerra M, Andradas E, et al. Efficacy of the Da Vinci surgical system in abdominal surgery compared with that of laparoscopy: a systematic review and meta-analysis. *Annals of surgery*. 2010 Aug;252(2):254-62.
52. Breitenstein S, Nocito A, Puhhan M, Held U, Weber M, Clavien PA. Robotic-assisted versus laparoscopic cholecystectomy: outcome and cost analyses of a case-matched control study. *Annals of surgery*. 2008 Jun;247(6):987-93.
53. Giulianotti PC, Coratti A, Angelini M, Sbrana F, Cecconi S, Balestracci T, et al. Robotics in general surgery: personal experience in a large community hospital. *Archives of surgery (Chicago, Ill : 1960)*. 2003 Jul;138(7):777-84.
54. Vidovszky TJ, Smith W, Ghosh J, Ali MR. Robotic cholecystectomy: learning curve, advantages, and limitations. *The Journal of surgical research*. 2006 Dec;136(2):172-8.
55. Heemskerk J, van Dam R, van Gemert WG, Beets GL, Greve JW, Jacobs MJ, et al. First results after introduction of the four-armed da Vinci Surgical System in fully robotic laparoscopic cholecystectomy. *Digestive surgery*. 2005;22(6):426-31.
56. Gurusamy KS, Samraj K, Fusai G, Davidson BR. Robot assistant versus human or another robot assistant in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy. *Cochrane database of systematic reviews (Online)*. 2012;9:CD006578.
57. Ho CM, Wakabayashi G, Nitta H, Ito N, Hasegawa Y, Takahara T. Systematic review of robotic liver resection. *Surgical endoscopy*. 2013 Mar;27(3):732-9.
58. Giulianotti PC, Sbrana F, Bianco FM, Addeo P. Robot-assisted laparoscopic extended right hepatectomy with biliary reconstruction. *Journal of laparoendoscopic & advanced surgical techniques Part A*. 2010 Mar;20(2):159-63.
59. Berber E, Akyildiz HY, Aucejo F, Gunasekaran G, Chalikonda S, Fung J. Robotic versus laparoscopic resection of liver tumours. *HPB : the official journal of the International Hepato Pancreato Biliary Association*. 2010 Oct;12(8):583-6.
60. Packiam V, Bartlett DL, Tohme S, Reddy S, Marsh JW, Geller DA, et al. Minimally invasive liver resection: robotic versus laparoscopic left lateral sectionectomy. *Journal of gastrointestinal surgery : official journal of the Society for Surgery of the Alimentary Tract*. 2012 Dec;16(12):2233-8.
61. Troisi RI, Patrìti A, Montalti R, Casciola L. Robot assistance in liver surgery: a real advantage over a fully laparoscopic approach? Results of a comparative bi-institutional analysis. *The international journal of medical robotics + computer assisted surgery : MRCAS*. 2013 Mar 21.
62. Casciola L, Patrìti A, Ceccarelli G, Bartoli A, Ceribelli C, Spaziani A. Robot-assisted parenchymal-sparing liver surgery including lesions located in the posterosuperior segments. *Surgical endoscopy*. 2011 Dec;25(12):3815-24.
63. Viganò L, Laurent A, Tayar C, Tomatis M, Ponti A, Cherqui D. The learning curve in laparoscopic liver resection: improved feasibility and reproducibility. *Annals of surgery*. 2009 Nov;250(5):772-82.
64. Chan OC, Tang CN, Lai EC, Yang GP, Li MK. Robotic hepatobiliary and pancreatic surgery: a cohort study. *Journal of hepato-biliary-pancreatic sciences*. 2011 Jul;18(4):471-80.
65. Gelmini R, Franzoni C, Spaziani A, Patrìti A, Casciola L, Saviano M. Laparoscopic splenectomy: conventional versus robotic approach--a comparative study. *Journal of laparoendoscopic & advanced surgical techniques Part A*. 2011 Jun;21(5):393-8.
66. Bodner J, Kafka-Ritsch R, Lucciarini P, Fish JH, 3rd, Schmid T. A critical comparison of robotic versus conventional laparoscopic splenectomies. *World journal of surgery*. 2005 Aug;29(8):982-5; discussion 5-6.
67. Giulianotti PC, Buchs NC, Addeo P, Ayloo S, Bianco FM. Robot-assisted partial and total splenectomy. *The international journal of medical robotics + computer assisted surgery : MRCAS*. 2011 Dec;7(4):482-8.
68. Vasilescu C, Stanciulea O, Tudor S. Laparoscopic versus robotic subtotal splenectomy in hereditary spherocytosis. Potential advantages and limits of an expensive approach. *Surgical endoscopy*. 2012 Oct;26(10):2802-9.

69. Giulianotti PC, Sbrana F, Bianco FM, Elli EF, Shah G, Addeo P, et al. Robot-assisted laparoscopic pancreatic surgery: single-surgeon experience. *Surgical endoscopy*. 2010 Jul;24(7):1646-57.
70. Zureikat AH, Nguyen KT, Bartlett DL, Zeh HJ, Moser AJ. Robotic-assisted major pancreatic resection and reconstruction. *Archives of surgery (Chicago, Ill : 1960)*. 2011 Mar;146(3):256-61.
71. Fisher SB, Kooby DA. Laparoscopic pancreatectomy for malignancy. *Journal of surgical oncology*. 2013 Jan;107(1):39-50.
72. Kang CM, Kim DH, Lee WJ, Chi HS. Conventional laparoscopic and robot-assisted spleen-preserving pancreatectomy: does da Vinci have clinical advantages? *Surgical endoscopy*. 2011 Jun;25(6):2004-9.
73. Waters JA, Canal DF, Wiebke EA, Dumas RP, Beane JD, Aguilar-Saavedra JR, et al. Robotic distal pancreatectomy: cost effective? *Surgery*. 2010 Oct;148(4):814-23.
74. Daouadi M, Zureikat AH, Zenati MS, Choudry H, Tsung A, Bartlett DL, et al. Robot-assisted minimally invasive distal pancreatectomy is superior to the laparoscopic technique. *Annals of surgery*. 2013 Jan;257(1):128-32.
75. Zhang J, Wu WM, You L, Zhao YP. Robotic versus Open Pancreatectomy: A Systematic Review and Meta-analysis. *Annals of surgical oncology*. 2013 Mar 17.
76. Buchs NC, Addeo P, Bianco FM, Ayloo S, Benedetti E, Giulianotti PC. Robotic versus open pancreaticoduodenectomy: a comparative study at a single institution. *World journal of surgery*. 2011 Dec;35(12):2739-46.
77. Zhou NX, Chen JZ, Liu Q, Zhang X, Wang Z, Ren S, et al. Outcomes of pancreatoduodenectomy with robotic surgery versus open surgery. *The international journal of medical robotics + computer assisted surgery : MRCAS*. 2011 Jun;7(2):131-7.
78. Walsh M CS, Saavedra JRA, Lentz G, Fung J. Laparoscopic robotic assisted Whipple: early results of a novel technique and comparison with the standard open procedure. *Surg Endosc*. 2011;25:S221.
79. Brunaud L, Reibel N, Ayav A. Pancreatic, endocrine and bariatric surgery: the role of robot-assisted approaches. *Journal of visceral surgery*. 2011 Oct;148(5 Suppl):e47-53.
80. Markar SR, Karthikesalingam AP, Hagen ME, Talamini M, Horgan S, Wagner OJ. Robotic vs. laparoscopic Nissen fundoplication for gastro-oesophageal reflux disease: systematic review and meta-analysis. *The international journal of medical robotics + computer assisted surgery : MRCAS*. 2010 Jun;6(2):125-31.
81. Mi J, Kang Y, Chen X, Wang B, Wang Z. Whether robot-assisted laparoscopic fundoplication is better for gastroesophageal reflux disease in adults: a systematic review and meta-analysis. *Surgical endoscopy*. 2010 Aug;24(8):1803-14.
82. Zhang P, Tian JH, Yang KH, Li J, Jia WQ, Sun SL, et al. Robot-assisted laparoscope fundoplication for gastroesophageal reflux disease: a systematic review of randomized controlled trials. *Digestion*. 2010;81(1):1-9.
83. Wang Z, Zheng Q, Jin Z. Meta-analysis of robot-assisted versus conventional laparoscopic Nissen fundoplication for gastro-oesophageal reflux disease. *ANZ journal of surgery*. 2012 Mar;82(3):112-7.
84. Frazzoni M, Conigliaro R, Colli G, Melotti G. Conventional versus robot-assisted laparoscopic Nissen fundoplication: a comparison of postoperative acid reflux parameters. *Surgical endoscopy*. 2012 Jun;26(6):1675-81.
85. Muller-Stich BP, Reiter MA, Wente MN, Bintintan VV, Koninger J, Buchler MW, et al. Robot-assisted versus conventional laparoscopic fundoplication: short-term outcome of a pilot randomized controlled trial. *Surgical endoscopy*. 2007 Oct;21(10):1800-5.
86. Heemskerk J, van Gemert WG, Greve JW, Bouvy ND. Robot-assisted versus conventional laparoscopic Nissen fundoplication: a comparative retrospective study on costs and time consumption. *Surgical laparoscopy, endoscopy & percutaneous techniques*. 2007 Feb;17(1):1-4.
87. Nakadi IE, Melot C, Closset J, DeMoor V, Betroune K, Feron P, et al. Evaluation of da Vinci Nissen fundoplication clinical results and cost minimization. *World journal of surgery*. 2006 Jun;30(6):1050-4.
88. Morino M, Pellegrino L, Giaccone C, Garrone C, Rebecchi F. Randomized clinical trial of robot-assisted versus laparoscopic Nissen fundoplication. *The British journal of surgery*. 2006 May;93(5):553-8.
89. Kastenmeier A, Gonzales H, Gould JC. Robotic applications in the treatment of diseases of the esophagus. *Surgical laparoscopy, endoscopy & percutaneous techniques*. 2012 Aug;22(4):304-9.
90. Melvin WS, Dundon JM, Talamini M, Horgan S. Computer-enhanced robotic telesurgery minimizes esophageal perforation during Heller myotomy. *Surgery*. 2005 Oct;138(4):553-8; discussion 8-9.
91. Horgan S, Galvani C, Gorodner MV, Omelanczuck P, Elli F, Moser F, et al. Robotic-assisted Heller myotomy versus laparoscopic Heller myotomy for the treatment of esophageal achalasia: multicenter study. *Journal of gastrointestinal surgery : official journal of the Society for Surgery of the Alimentary Tract*. 2005 Nov;9(8):1020-9; discussion 9-30.
92. Huffmann LC, Pandalai PK, Boulton BJ, James L, Starnes SL, Reed MF, et al. Robotic Heller myotomy: a safe operation with higher postoperative quality-of-life indices. *Surgery*. 2007 Oct;142(4):613-8; discussion 8-20.

93. Shaligram A, Unnirevi J, Simorov A, Kothari VM, Oleynikov D. How does the robot affect outcomes? A retrospective review of open, laparoscopic, and robotic Heller myotomy for achalasia. *Surgical endoscopy*. 2012 Apr;26(4):1047-50.
94. Song J, Oh SJ, Kang WH, Hyung WJ, Choi SH, Noh SH. Robot-assisted gastrectomy with lymph node dissection for gastric cancer: lessons learned from an initial 100 consecutive procedures. *Annals of surgery*. 2009 Jun;249(6):927-32.
95. Caruso S, Patriiti A, Marrelli D, Ceccarelli G, Ceribelli C, Roviello F, et al. Open vs robot-assisted laparoscopic gastric resection with D2 lymph node dissection for adenocarcinoma: a case-control study. *The international journal of medical robotics + computer assisted surgery : MRCAS*. 2011 Dec;7(4):452-8.
96. Marano A, Hyung WJ. Robotic gastrectomy: the current state of the art. *Journal of gastric cancer*. 2012 Jun;12(2):63-72.
97. Eom BW, Yoon HM, Ryu KW, Lee JH, Cho SJ, Lee JY, et al. Comparison of surgical performance and short-term clinical outcomes between laparoscopic and robotic surgery in distal gastric cancer. *European journal of surgical oncology : the journal of the European Society of Surgical Oncology and the British Association of Surgical Oncology*. 2012 Jan;38(1):57-63.
98. Woo Y, Hyung WJ, Pak KH, Inaba K, Obama K, Choi SH, et al. Robotic gastrectomy as an oncologically sound alternative to laparoscopic resections for the treatment of early-stage gastric cancers. *Archives of surgery (Chicago, Ill : 1960)*. 2011 Sep;146(9):1086-92.
99. Yoon HM, Kim YW, Lee JH, Ryu KW, Eom BW, Park JY, et al. Robot-assisted total gastrectomy is comparable with laparoscopically assisted total gastrectomy for early gastric cancer. *Surgical endoscopy*. 2012 May;26(5):1377-81.
100. Pugliese R, Maggioni D, Sansonna F, Costanzi A, Ferrari GC, Di Lernia S, et al. Subtotal gastrectomy with D2 dissection by minimally invasive surgery for distal adenocarcinoma of the stomach: results and 5-year survival. *Surgical endoscopy*. 2010 Oct;24(10):2594-602.
101. Bamboat ZM, Strong VE. Minimally invasive surgery for gastric cancer. *Journal of surgical oncology*. 2013 Mar;107(3):271-6.
102. Kang BH, Xuan Y, Hur H, Ahn CW, Cho YK, Han SU. Comparison of Surgical Outcomes between Robotic and Laparoscopic Gastrectomy for Gastric Cancer: The Learning Curve of Robotic Surgery. *Journal of gastric cancer*. 2012 Sep;12(3):156-63.
103. Huang KH, Lan YT, Fang WL, Chen JH, Lo SS, Hsieh MC, et al. Initial experience of robotic gastrectomy and comparison with open and laparoscopic gastrectomy for gastric cancer. *Journal of gastrointestinal surgery : official journal of the Society for Surgery of the Alimentary Tract*. 2012 Jul;16(7):1303-10.
104. Markar SR, Karthikesalingam AP, Venkat-Ramen V, Kinross J, Ziprin P. Robotic vs. laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass in morbidly obese patients: systematic review and pooled analysis. *The international journal of medical robotics + computer assisted surgery : MRCAS*. 2011 Dec;7(4):393-400.
105. Snyder BE, Wilson T, Leong BY, Klein C, Wilson EB. Robotic-assisted Roux-en-Y Gastric bypass: minimizing morbidity and mortality. *Obesity surgery*. 2010 Mar;20(3):265-70.
106. Ayloo SM, Addeo P, Buchs NC, Shah G, Giulianotti PC. Robot-assisted versus laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass: is there a difference in outcomes? *World journal of surgery*. 2011 Mar;35(3):637-42.
107. Park CW, Lam EC, Walsh TM, Karimoto M, Ma AT, Koo M, et al. Robotic-assisted Roux-en-Y gastric bypass performed in a community hospital setting: the future of bariatric surgery? *Surgical endoscopy*. 2011 Oct;25(10):3312-21.
108. Myers SR, McGuirl J, Wang J. Robot-assisted versus laparoscopic gastric bypass: comparison of short-term outcomes. *Obesity surgery*. 2013 Apr;23(4):467-73.
109. Tieu K, Allison N, Snyder B, Wilson T, Toder M, Wilson E. Robotic-assisted Roux-en-Y gastric bypass: update from 2 high-volume centers. *Surgery for obesity and related diseases : official journal of the American Society for Bariatric Surgery*. 2013 Mar-Apr;9(2):284-8.
110. Curet MJ CM, Soloman H, Lui G, Morton JM. Comparison of hospital charges between robotic, laparoscopic stapled, and laparoscopic handsewn Roux-en-Y gastric bypass. *J Robot Surg* 2009; 3(2): 75–78.
111. Hubens G, Balliu L, Ruppert M, Gypen B, Van Tu T, Vaneerdeweg W. Roux-en-Y gastric bypass procedure performed with the da Vinci robot system: is it worth it? *Surgical endoscopy*. 2008 Jul;22(7):1690-6.
112. Scozzari G, Rebecchi F, Millo P, Rocchietto S, Allieta R, Morino M. Robot-assisted gastrojejunal anastomosis does not improve the results of the laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass. *Surgical endoscopy*. 2011 Feb;25(2):597-603.
113. Hagen ME, Pugin F, Chassot G, Huber O, Buchs N, Iranmanesh P, et al. Reducing cost of surgery by avoiding complications: the model of robotic Roux-en-Y gastric bypass. *Obesity surgery*. 2012 Jan;22(1):52-61.
114. Buchs NC, Pugin F, Bucher P, Hagen ME, Chassot G, Koutny-Fong P, et al. Learning curve for robot-assisted Roux-en-Y gastric bypass. *Surgical endoscopy*. 2012 Apr;26(4):1116-21.
115. Alasari S, Min BS. Robotic colorectal surgery: a systematic review. *ISRN surgery*. 2012;2012:293894.

116. Delaney CP, Lynch AC, Senagore AJ, Fazio VW. Comparison of robotically performed and traditional laparoscopic colorectal surgery. *Diseases of the colon and rectum*. 2003 Dec;46(12):1633-9.
117. Woeste G, Bechstein WO, Wullstein C. Does telerobotic assistance improve laparoscopic colorectal surgery? *International journal of colorectal disease*. 2005 May;20(3):253-7.
118. Anvari M, Birch DW, Bamehriz F, Gryfe R, Chapman T. Robotic-assisted laparoscopic colorectal surgery. *Surgical laparoscopy, endoscopy & percutaneous techniques*. 2004 Dec;14(6):311-5.
119. Spinoglio G, Summa M, Priora F, Quarati R, Testa S. Robotic colorectal surgery: first 50 cases experience. *Diseases of the colon and rectum*. 2008 Nov;51(11):1627-32.
120. Kim NK, Kang J. Optimal Total Mesorectal Excision for Rectal Cancer: the Role of Robotic Surgery from an Expert's View. *Journal of the Korean Society of Coloproctology*. 2010 Dec;26(6):377-87.
121. deSouza AL, Prasad LM, Park JJ, Marecik SJ, Blumetti J, Abcarian H. Robotic assistance in right hemicolectomy: is there a role? *Diseases of the colon and rectum*. 2010 Jul;53(7):1000-6.
122. Park JS, Choi GS, Lim KH, Jang YS, Jun SH. Robotic-assisted versus laparoscopic surgery for low rectal cancer: case-matched analysis of short-term outcomes. *Annals of surgical oncology*. 2010 Dec;17(12):3195-202.
123. Rawlings AL, Woodland JH, Vegunta RK, Crawford DL. Robotic versus laparoscopic colectomy. *Surgical endoscopy*. 2007 Oct;21(10):1701-8.
124. Popescu I, Vasilescu C, Tomulescu V, Vasile S, Sgarbura O. The minimally invasive approach, laparoscopic and robotic, in rectal resection for cancer. A single center experience. *Acta chirurgica Iugoslavica*. 2010;57(3):29-35.
125. Park JS, Choi GS, Park SY, Kim HJ, Ryuk JP. Randomized clinical trial of robot-assisted versus standard laparoscopic right colectomy. *The British journal of surgery*. 2012 Sep;99(9):1219-26.
126. Baik SH, Ko YT, Kang CM, Lee WJ, Kim NK, Sohn SK, et al. Robotic tumor-specific mesorectal excision of rectal cancer: short-term outcome of a pilot randomized trial. *Surgical endoscopy*. 2008 Jul;22(7):1601-8.
127. Yang Y, Wang F, Zhang P, Shi C, Zou Y, Qin H, et al. Robot-assisted versus conventional laparoscopic surgery for colorectal disease, focusing on rectal cancer: a meta-analysis. *Annals of surgical oncology*. 2012 Nov;19(12):3727-36.
128. Guillou PJ, Quirke P, Thorpe H, Walker J, Jayne DG, Smith AM, et al. Short-term endpoints of conventional versus laparoscopic-assisted surgery in patients with colorectal cancer (MRC CLASICC trial): multicentre, randomised controlled trial. *Lancet*. 2005 May 14-20;365(9472):1718-26.
129. Hellan M, Anderson C, Ellenhorn JD, Paz B, Pigazzi A. Short-term outcomes after robotic-assisted total mesorectal excision for rectal cancer. *Annals of surgical oncology*. 2007 Nov;14(11):3168-73.
130. Baik SH, Kwon HY, Kim JS, Hur H, Sohn SK, Cho CH, et al. Robotic versus laparoscopic low anterior resection of rectal cancer: short-term outcome of a prospective comparative study. *Annals of surgical oncology*. 2009 Jun;16(6):1480-7.
131. Baek JH, McKenzie S, Garcia-Aguilar J, Pigazzi A. Oncologic outcomes of robotic-assisted total mesorectal excision for the treatment of rectal cancer. *Annals of surgery*. 2010 May;251(5):882-6.
132. Jayne DG, Guillou PJ, Thorpe H, Quirke P, Copeland J, Smith AM, et al. Randomized trial of laparoscopic-assisted resection of colorectal carcinoma: 3-year results of the UK MRC CLASICC Trial Group. *Journal of clinical oncology : official journal of the American Society of Clinical Oncology*. 2007 Jul 20;25(21):3061-8.
133. Patriti A, Ceccarelli G, Bartoli A, Spaziani A, Biancafarina A, Casciola L. Short- and medium-term outcome of robot-assisted and traditional laparoscopic rectal resection. *JLS : Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons / Society of Laparoendoscopic Surgeons*. 2009 Apr-Jun;13(2):176-83.
134. Scarpinata R, Aly EH. Does robotic rectal cancer surgery offer improved early postoperative outcomes? *Diseases of the colon and rectum*. 2013 Feb;56(2):253-62.
135. Bokhari MB, Patel CB, Ramos-Valadez DI, Ragupathi M, Haas EM. Learning curve for robotic-assisted laparoscopic colorectal surgery. *Surgical endoscopy*. 2011 Mar;25(3):855-60.
136. Collinson FJ, Jayne DG, Pigazzi A, Tsang C, Barrie JM, Edlin R, et al. An international, multicentre, prospective, randomised, controlled, unblinded, parallel-group trial of robotic-assisted versus standard laparoscopic surgery for the curative treatment of rectal cancer. *International journal of colorectal disease*. 2012 Feb;27(2):233-41.
137. Dat AD PFRsfrCDoSr, Issue 7. Art. No.: CD009214. DOI: 10.1002/14651858.CD009214.
138. Heemskerk J, de Hoog DE, van Gemert WG, Baeten CG, Greve JW, Bouvy ND. Robot-assisted vs. conventional laparoscopic rectopexy for rectal prolapse: a comparative study on costs and time. *Diseases of the colon and rectum*. 2007 Nov;50(11):1825-30.
139. Wong MT, Meurette G, Rigaud J, Regenet N, Lehur PA. Robotic versus laparoscopic rectopexy for complex rectocele: a prospective comparison of short-term outcomes. *Diseases of the colon and rectum*. 2011 Mar;54(3):342-6.
140. de Hoog DE, Heemskerk J, Nieman FH, van Gemert WG, Baeten CG, Bouvy ND. Recurrence and functional results after open versus conventional laparoscopic versus robot-assisted laparoscopic rectopexy for rectal prolapse: a case-control study. *International journal of colorectal disease*. 2009 Oct;24(10):1201-6.





