

*Daniel Porres, David Pfister, Axel Heidenreich, Klinik und Poliklinik für Urologie,
Universitätsklinikum der RWTH Aachen.*

06. Februar 2012

Roboterassistierte Chirurgie in der Uroonkologie

In der letzten Dekade gewann die roboterassistierte endoskopische Operationstechnik zunehmend an Bedeutung. Ursprünglich für die Herzchirurgie entwickelt, hat sich das da Vinci® Surgical System weltweit v.a. in der Urologie etabliert. Aufgrund der Kombination der Vorteile eines minimal-invasiven endoskopischen Eingriffs mit einer hervorragenden dreidimensionalen Darstellung des Operationsgebietes und präzisen Präparationsmöglichkeiten durch feine, in sämtlichen Ebenen bewegliche Instrumente birgt das System Vorteile für den Patienten und den Operateur. Gerade in der operativen urologischen Onkologie, welche mit dem Prostata-, Urothel- und Nierenzellkarzinom gleich drei häufige Tumorentitäten beinhaltet, ist der Einsatz des da Vinci® Operationsroboters aufgrund eines jeweils stationären Operationsgebietes im kleinen Becken bzw. im Retroperitoneum prädestiniert.

Das da Vinci® Surgical System

Das da Vinci® Surgical System ist eine der modernsten Entwicklungen auf dem Gebiet der minimal-invasiven Chirurgie. Es handelt sich um eine Telemanipulationstechnik und ermöglicht die Kombination der minimal-invasiven Endoskopie mit der Präzision offener Schnittoperationen. Grundlage der da Vinci®-Operationstechnik ist die präzise Übertragung der Hand- und Fingerbewegungen des Operateurs auf die Operationsinstrumente. Wie bei der konventionellen Laparoskopie werden auch hierbei die Instrumente über 5-mm- oder 8-mm-Trokare in den Bauchraum eingebracht. Darüber hin-aus bietet die roboterassistierte Technik weitere Vorteile gegenüber der konventionellen Endoskopie. Die Instrumente verfügen über kleine mechanische Gelenke, die handgelenkartige Freiheitsgrade der Bewegung realisieren. Die Bewegungen des Operateurs, dem mittels eines doppelten Linsensystems eine dreidimensionale Darstellung ermöglicht wird, werden exakt und skaliert übertragen. Die Optik wird ebenfalls vom Operateur gesteuert und die dadurch mögliche Nähe zu den Strukturen bietet eine Vergrößerung um den Faktor 10-20. So ist man in der Lage, auch feinste Strukturen, wie z.B. Nerven und kleine Gefäße, sicher zu identifizieren, um präzise, gewebeschonend und mit minimalem Blutverlust zu präparieren [1].

Das da Vinci® Surgical System als computerisierter Telemanipulator arbeitet nach dem sog. „Master-slave-Prinzip“ und existiert derzeit in drei verschiedenen Versionen. Nach Einführung des da Vinci® Standard Systems im Jahre 1999 bietet die Entwicklerfirma Intuitive Surgical® mit den Folgesystemen da Vinci® S (2006) und da Vinci® Si (2009) derzeit Operationsrobotersysteme mit

einer hochauflösenden dreidimensionalen Optik und bis zu drei zusätzlichen Roboterarmen mit diversen Instrumenten sowie eine intraoperative „realtime“ Integrationsmöglichkeit von z.B. Sonographie und fluoreszenzgestützter Bildortungssysteme o.ä. Ferner sind auch schon erste roboterassistierte Operationen im Sinne der LESS Chirurgie (Laparo-Endoscopic Single-Site Surgery) erfolgt und ermöglichen zukünftig ggf. eine weitere Reduktion des äußerlich sichtbaren Operationstraumas.

Im Folgenden werden die häufigsten uroonkologischen Einsatzmöglichkeiten des da Vinci® Surgical Systems näher beschrieben.

Radikale Prostatektomie und pelvine Lymphadenektomie beim Prostatakarzinom

Mit einer Inzidenz von 214/100.000 ist das Prostatakarzinom in den westlichen Industrieländern der häufigste solide Tumor des Mannes [2]. Ca. 70% der radikalen Prostatektomien in den USA werden roboterassistiert durchgeführt und auch in Europa steigt die Zahl zusehends [3]. Mit weltweit ca. 98.000 Prostatektomien von den mehr als 300.000 roboterassistierten Eingriffen im Jahr 2010 stellt dieses Verfahren in der Urologie daher die mit Abstand am häufigsten durchgeführte Operation mit dem da Vinci® System dar [4]. Nach der ersten von Binder et al. beschriebenen roboterassistierten radikalen Prostatektomie [5] hat die Methode in den letzten 10 Jahren eine enorme Entwicklung durchlaufen. Im Vergleich zur offenen Operation bestätigen zahlreiche publizierte retrospektive Einzelerien [6, 7] und auch aktuelle Meta-Analysen [8, 9], dass der roboterassistierte minimal-invasive Zugang mit einem geringeren intraoperativen Blutverlust, einer reduzierten Rate an Bluttransfusionen und einer kürzeren Hospitalisationszeit einhergeht. Die Gesamtkomplikationsrate wird in einer aktuellen Analyse mit 9,8% angegeben, wobei 66% Clavien Grad 1 und 2 entsprechen [10]. Allerdings fällt die Operationszeit, welche beim da Vinci® System das Setup und die Andockzeit etc. beinhaltet, in Vergleichsstudien [11, 12] etwas länger aus. Doch muss hierbei die Lernkurve der neuen Technik berücksichtigt werden. Die onkologischen Resultate nach radikaler Prostatektomie werden üblicherweise mittels der Rate an positiven Resektionsrändern, der biochemischen Rezidivrate sowie dem karzinomspezifischen und Gesamtüberleben ermittelt. Aufgrund des langen natürlichen Krankheitsverlaufs beim Prostatakarzinom und der noch relativ jungen Geschichte der roboterassistierten Prostatektomie stehen derzeit nur die ersten beiden Kriterien für einen Vergleich zur Verfügung. Die Raten an positiven chirurgischen Schnitträndern sind in der aktuellen Literatur mit 9,3-26% bei der roboterassistierten, 11-30% bei der konventionell laparoskopischen und 11-36% bei der offenen radikalen Prostatektomie vergleichbar [6, 9, 13, 14] und auch die biochemische Rezidivrate bei einem medianen Follow-up von 5 Jahren in der Serie von Menon et al. ist vielversprechend [15]. Die Qualität der bei intermediate und high risk Prostatakarzinomen indizierten pelvinen Lymphadenektomie darf selbstverständlich nicht durch die Wahl des operativen Zugangs beeinträchtigt werden und hat sich in der Literatur als äquieffektiv erwiesen [16]. Hinsichtlich der Evaluierung der funktionellen Ergebnisse nach radikaler Prostatektomie ist die postoperative Rekonvaleszenz der Kontinenz und erektilen Funktion entscheidend. Problematisch bei der Literaturanalyse in diesem Punkt ist die uneinheitliche Definition und Datenerhebung in den publizierten Serien. Doch scheint die Kontinenzrate ein Jahr postoperativ im Bereich von 82-97% zu liegen und zwischen den einzelnen Verfahren vergleichbar zu sein [8, 17-19]. Ein Vorteil der roboterassistierten Prostatektomie stellt jedoch die Frühkontinenzrate dar, die 6 Monate postoperativ bei 68-96% gegenüber nur 43-80% nach offen retropubischer Prostatektomie liegt [9, 18, 20]. Die exzellente intraoperative Sicht mit

hoher Vergrößerung und geringerem Blutverlust beim roboterassistierten Zugang sollte ein nerverhaltendes Operieren vereinfachen [21] und einige Studien scheinen dies auch durch ein verbessertes Wiedererlangen der postoperativen erektilen Funktion zu belegen [12, 18, 22, 23]. Doch trotz zahlreicher operationstechnischer Modifikationen des Nerverhaltes, die durch den Einsatz des da Vinci® Systems entwickelt wurden, bleibt die Frage, ob hieraus auch die postoperative Potenz der Patienten signifikant verbessert wird, zum jetzigen Zeitpunkt noch unklar. Zusammenfassend birgt die roboterassistierte Operationstechnik auch zukünftig ein sehr großes Potential. Doch neben den hohen Kosten und der nicht zu vernachlässigenden Lernkurve sollte trotz der Industrie-getriggerten Werbung auf eine realistische Erwartungshaltung an das System und das operative Outcome geachtet werden. Nur so lassen sich eine postoperative Enttäuschung und konsekutive Unzufriedenheit der Patienten, wie in der Publikation von Schroeck et al. beschrieben, vermeiden [24].

Radikale Nephrektomie und Nierenteilresektion beim Nierenzellkarzinom

Laut den europäischen Leitlinien sollen Nierentumoren > 7 cm (T2) mit Indikation zur radikalen Nephrektomie aufgrund der geringeren Morbidität gegenüber des offenen chirurgischen Zugangs wenn immer möglich laparoskopisch durchgeführt werden [25]. Der kostspielige Einsatz des da Vinci® Systems konnte hier jedoch keine weiteren Vorteile aufweisen. Nicht zuletzt durch die Hinweise eines negativen Einflusses einer reduzierten Nierenfunktion auf die renale und kardiovaskuläre Morbidität im Langzeitverlauf [26, 27] erkennt man heutzutage einen Trend hin zur nephronsparenden Nierentumorchirurgie, der sich auch schon in der aktuellen Leitlinienempfehlung hinsichtlich der Nierentumore < 7 cm (T1a, T1b) widerspiegelt [25]. Auch wenn die Langzeitresultate aufgrund des kurzen Follow-up noch ausstehen, entspricht das frühe onkologische Outcome nach minimal-invasiver Nierenteilresektion mit einer positiven Resektionsrandrate von ca. 3,9% dem der offenen Operation [28, 21]. Doch die Lernkurve der diffizilen konventionell laparoskopischen Technik ist sehr flach. Daher bleibt dieses Verfahren häufig nur sehr erfahrenen Zentren vorbehalten und in einigen Fällen wird trotz tumorbedingter Indikation zur Nierenteilresektion letztlich doch eine (laparoskopische) Nephrektomie durchgeführt [27]. Gerade für die technisch diffizilen Operationsschritte der Tumorsektion und anschließenden renalen Rekonstruktion scheint die intrakorporale Instrumentationsmöglichkeit des da Vinci® Systems prädestiniert. So konnte durch ein roboterassistiertes Vorgehen die warme Ischämiezeit, der intraoperative Blutverlust, die perioperative Komplikationsrate und die Hospitalisationszeit gegenüber der konventionellen Laparoskopie deutlich gesenkt werden [29, 30]. Durch weitere Modifikationen wie dem selektiven Abklemmen der Nierenarterie oder der frühen Wiedereröffnung der renalen Blutzirkulation nach Tumorsektion werden diese Parameter voraussichtlich weiter optimiert. Bedingt durch die zunehmende Verbreitung des da Vinci® Systems und einer kürzeren Lernkurve [31] werden zukünftig wohl noch mehr Patienten mit Nierentumoren von einer minimal-invasiven nephronsparenden Operationstechnik profitieren können.

Radikale Zystektomie und Harnableitung beim Harnblasenkarzinom

Die radikale Zystoprostektomie mit Harnableitung der zumeist älteren und häufig multimorbiden Patienten stellt eine der größten und komplikationsreichsten urologischen Operationen dar. In der Literatur wird beim derzeitigen Goldstandard der offenen Zystektomie die Morbidität mit ca. 30% und die Mortalität mit ca. 3% angegeben [32]. Gerade deshalb wäre eine

Reduktion des Operationstraumas mit einer schnelleren postoperativen Rekonvaleszenz zu wünschen. Mit dem Ziel, die Vorteile eines minimal-invasiven Zugangs zu transferieren, wurde v.a. in Zentren mit entsprechend großer Erfahrung bereits die konventionell laparoskopische Zystektomie angeboten. Mit der durch die Prostatakarzinomchirurgie gewonnenen Expertise erfährt in der letzten Zeit nun auch der roboterassistierte Zugang beim Harnblasenkarzinom weltweit mehr Bedeutung. In einigen Single- und Multicenter-Analysen konnte bereits gezeigt werden, dass die roboterassistierte laparoskopische Zystoprostatektomie in Bezug auf die perioperativen und Kurzzeit-postoperativen Resultate der offenen Operationstechnik zumindest nicht unterlegen ist [33, 34]. Nix et al. bestätigten dies sogar in einer kleinen prospektiv randomisierten Studie an 41 Patienten mit dem primären Endpunkt der Lymphknotenausbeute [35]. Doch neben der signifikant längeren Operationszeit und fehlenden onkologischen Langzeitdaten sind derzeit noch zwei weitere Probleme ungelöst. Zum einen stellt der rekonstruktive Part der Operation, nämlich die Harnableitung, wenn sie im Sinne des minimal-invasiven Zugangs vollständig intrakorporal durchgeführt werden soll, eine hohe technische Herausforderung dar. Zum anderen handelt es sich beim Urothelkarzinom um eine deutlich aggressivere Tumorentität, bei der eine niedrige Rate an positiven Schnitträndern und eine ausgedehnte pelvine Lymphadenektomie essentiell sind. In diesem Zusammenhang müssen Fallberichte einer am ehesten auf ein Tumorzell-Spilling zurückzuführenden Peritonealkarzinose 8 Monate nach roboterassistierter Zystektomie mit entsprechend infauster Prognose besondere Beachtung hinsichtlich der präoperativen Patientenselektion finden [36].

Nephroureterektomie beim Urothelkarzinom des oberen Harntraktes

Die Therapie des Urothelkarzinoms des oberen Harntraktes im Sinne einer roboterassistierten Nephroureterektomie ist analog zur Entwicklung der oben beschriebenen Zystektomie beim Harnblasenkarzinom zu betrachten. Es existieren bereits einzelne publizierte Serien, die die roboterassistierte Operationstechnik bei dieser Tumorentität mit zufriedenstellendem Outcome beschreiben [37, 38] und auch hier profitieren die Patienten v.a. von den Vorteilen des minimal-invasiven Zugangs. Doch neben einer zwingend zu vermeidenden intraoperativen Tumorzellaussaat des aggressiven Urothelkarzinoms existieren auch hier noch kleinere technische Schwierigkeiten, die ideale Positionierung bzw. den während des Operationsverlaufes ggf. notwendigen Positionswechsel des da Vinci® Systems betreffend [37].

Ausblick und zukünftige Entwicklungen

Betrachtet man den rasanten technologischen Fortschritt der letzten Jahre, so ist auch ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen im Bereich der roboterassistierten Operationstechnik vielversprechend. Ein Aspekt hierbei ist sicherlich der schon begonnene Trend hin zu einer weiteren Reduktion des Operationstraumas. Erste Erfahrungen mit der roboterassistierten LESS-Pyeloplastik, -Nephrektomie und -Prostatektomie sind bereits beschrieben [39-41] und eine weitere Optimierung und Miniaturisierung des Instrumentariums macht zukünftig auch den Einsatz der robotischen Chirurgie in Form von LESS- bzw. NOTES- (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery) Eingriffen bei anderen Indikationen vorstellbar. Eine Größenreduktion der Robotersysteme und Verbesserung der Fernsteuerung würde schließlich durch eine intraabdominale Positionierung der Optik und Instrumente auch eine Trokar-freie Laparoskopie ermöglichen. Erste Prototypen hierzu wurden in Form des Magnetic Anchoring and Guidance

System (MAGS) [42, 43] und diverser Microrobots [44, 45] bereits in vivo getestet.

Das fehlende haptische und taktile Feedback des da Vinci[®] Surgical Systems kann derzeit nur durch die exzellente visuelle Kontrolle ausgeglichen werden. Doch auch in diesem Bereich sind Entwicklungen im Gange, wie z.B. das VerroTouch[®]-System, welches unterhalb der sterilen Roboterarmabdeckungen platziert dem Operateur in Form von Vibrationen und/oder akustischen Signalen ein Feedback gibt [46].

Ein anderer potentieller Vorteil gegenüber der offenen Operationstechnik könnte gerade in der operativen Uroonkologie zukünftig von großer Bedeutung sein. Bereits jetzt sind erste Erfahrungen zur intraoperativen „realtime“ fluoreszenzgestützten Detektion des Sentinel-Lymphknotens bei roboterassistierter Prostatektomie publiziert worden [47]. Bei einer weiteren Optimierung der Bildgebung hinsichtlich der Visualisierung von Tumorzellen könnte durch die Integrationsmöglichkeit von z.B. MRT, PET-CT, Histo-scanning etc. in die exzellente dreidimensionale Sicht des da Vinci[®] Surgical Systems in Form der „Augmented Reality“ eine direkte Differenzierung von gesundem und malignem Gewebe erfolgen und die Tumorchirurgie dadurch verbessert werden. Eine interessante Entwicklung diesbezüglich ist die Multifokale Photonen Mikroskopie (MPM) welche eine intraoperative Echtzeit-Histopathologie ohne eine vorherige Probeexzision oder Kontrastmittelapplikation ermöglicht [48].

Die optionale da Vinci[®] Si Dual Console bietet auch heute schon die Möglichkeit, die Ausbildung neuer Operateure zu optimieren und komplexe tumorchirurgische Eingriffe interdisziplinär durchzuführen. Allerdings stellen die zusätzlichen finanziellen Herausforderungen in den meisten Fällen ein unüberwindbares Hindernis dar. Es bleibt daher zu wünschen, dass zukünftig die Anschaffungs- und Unterhaltskosten der roboterassistierten Chirurgie gesenkt werden können und vielleicht auch durch Konkurrenzprodukte weitere technische Innovationen dem Patienten und uns Operateuren zugänglich werden.

Fazit

In der operativen Therapie des Prostatakarzinoms hat sich das da Vinci[®] System bereits etabliert. Die onkologischen und funktionellen Resultate sind zumindest vergleichbar mit denen der radikalen retropubischen Prostatektomie und neben den Vorteilen eines minimal-invasiven Eingriffes mit geringerem Blutverlust, deuten einige Studien auch eine schnellere Rekonvaleszenz der postoperativen Kontinenz an. Auch beim Nierenzellkarzinom setzt sich die roboterassistierte Nierenteilresektion zumindest in Zentren mit robotischer Expertise zunehmend durch und löst die offene Operationstechnik ab. Die ersten Ergebnisse der roboterassistierten Zystektomie beim Harnblasenkarzinom scheinen vielversprechend, doch sind die Probleme einer technisch diffizilen intrakorporalen Harnableitung und einzelner Fallberichte über ein intraoperatives Tumorzell-Spilling des aggressiven Urothelkarzinoms mit konsekutiv infauster Prognose zu beachten. Wie jedes innovative Verfahren muss sich das da Vinci[®] System gerade im onkologischen Einsatz noch dem Langzeitdatenvergleich stellen. Doch die bisherigen Resultate nach einer nicht zu vernachlässigenden Lernkurve und die potentiellen zukünftigen Entwicklungen hinsichtlich einer weiteren Integration modernster Technik, wie z.B. „Augmented Reality“ etc. lassen vermuten, dass die roboterassistierte Operationstechnik einen festen Platz im Repertoire des onkologisch tätigen Urologen einnehmen wird.

Dr. med. Daniel Porres

FEBU, MHBA

Oberarzt der Urologischen Klinik

Universitätsklinikum der RWTH Aachen

Pauwelsstraße 30

D-52074 Aachen

Telefon: +49 (0) 241/80 89374

Email: dporres@ukaachen.de

Abstract

Daniel Porres, David Pfister, Axel Heidenreich, Klinik und Poliklinik für Urologie,
Universitätsklinikum der RWTH Aachen

Robotic surgery is becoming increasingly important in urooncology. Due to its success in robot-assisted prostatectomy the da Vinci® Surgical System is used more and more in the treatment of kidney and bladder cancer. With the enhanced 3D view, the increased magnification and better manual dexterity it offers a greater precision of surgical dissection through a minimal-invasive approach. Despite the lack of long term results the advantages of this new technology and its tremendous potential for progress in the future will lead to a further establishment.

Keywords: Robot-assisted surgery, minimally invasive treatment, laparoscopy, urooncology, da Vinci® system

Literatur:

1. Zugor V, Labanaris A, Abdulhak A et al. Robotische Chirurgie in der Kinder-urologie. Urologe 2011; 50:1297-1300
2. Jemal A, Siegel R, Xu J, Ward E. (2010) Cancer statistics, 2010 CA Cancer J Clin 60:277-300
3. Lowrance W, Eastham J, Savage et al. Contemporary open and robotic radical prostatectomy practice patterns among United States Urologists. J Urol 2011;185(4 Suppl):e136
4. Wedmid A, Llukani E, Lee DI. Future perspectives in robotic surgery. BJU Int 2011; 108:1028-1036
5. Binder J, Kramer W. Robotically-assisted laparoscopic radical prostatectomy. BJU Int 2001; 87(4):408-10
6. Patel VR, Palmer KJ, Coughlin G et al. Robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: perioperative outcomes of 1500 cases. J Endourol 2008; 22(10):2299-305
7. Bhandari M, Menon M. Vattikuti institute prostatectomy (VIP) and current results. Arch Esp urol 2007; 60(4):397-407
8. Coelho RF, Rocco B, Patel MB et al. Retropubic, laparoscopic and robot-assisted radical prostatectomy: A critical review of outcomes reported by high-volume centers. J Endourol 2010; 24:2003-15
9. Ficarra V, Novara G, Artibani W et al. Retropubic, laparoscopic and robot-assisted radical prostatectomy: a systematic review and cumulative analysis of comparative studies. Eur Urol 2009; 55(5):1037-1063

10. Agarwal PK, Sammon J, Bhandari A et al. Safety profile of robot-assisted radical prostatectomy: A standardized report of complications in 3317 patients. *Eur Urol* 2011; 59:684-698
11. Ahlering TE, Woo D, Eichel L et al. Robot-assisted versus open radical prostatectomy: a comparison of one surgeon's outcomes. *Urology* 2004; 63(5):819-822
12. Tewari A, Srivasatava A, Menon M. A prospective comparison of radical retropubic and robot-assisted prostatectomy: experience in one institution. *BJU Int* 2003; 92(3):205-210
13. Touijer K, Eastham JA, Secin FP et al. Comprehensive prospective comparative analysis of outcomes between open and laparoscopic radical prostatectomy conducted in 2003 to 2005. *J Urol* 2008; 179(5):1811-1817
14. Smith JA Jr, Chan RC, Chang SS et al. A comparison of the incidence and location of positive surgical margins in robotic assisted laparoscopic radical prostatectomy and open retropubic radical prostatectomy. *J Urol* 2007; 178(6):2385-2389
15. Menon M, Bhandari M, Gupta N et al. Biochemical recurrence following robot-assisted radical prostatectomy: Analysis of 1384 patients with a median 5-year follow-up. *Eur Urol* 2010; 58(8):838-46
16. Lallas CD, Pe ML, Thumar AB et al. Comparison of lymph node yield in robot-assisted laparoscopic prostatectomy with that in open radical retropubic prostatectomy. *BJU Int* 2010; 107:1136-1140
17. Menon M, Shrivastava A, Kaul S et al. Vattikuti Institute prostatectomy: contemporary technique and analysis of results. *Eur urol* 2007; 51(3):648-657
18. Walsh PC, Marschke P, Ricker D et al. Patient-reported urinary continence and sexual function after anatomic radical prostatectomy. *Urology* 2000; 55(1):58-61
19. Sacco E, Prayer-Galetti T, Pinto F et al. Urinary incontinence after radical prostatectomy: incidence by definition, risk factors and temporal trend in a large series with a long-term follow-up. *BJU Int* 2006; 97(6):1234-1241
20. Zorn KC, Gofrit ON, Orvieto MA et al. Robotic-assisted laparoscopic prostatectomy: functional and pathological outcomes with interfascial nerve preservation. *Eur Urol* 2007; 51(3):755-762
21. Skolarus TA, Zhang Y, Hollenbeck BK. Robotic surgery in urologic oncology: gathering the evidence. *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res.* 2010; 10(4):421-432
22. Symons J, Thanigasalam R, Savdie R et al. Quality of life changes following radical prostatectomy: A prospective comparison of robotic and open techniques. *J Urol* 2011;185(4 Suppl):e63-4
23. Orvieto MA, Coelho RF, Chauhan S et al. Erectile dysfunction after robot-assisted radical prostatectomy. *Expert Rev Anticancer Ther* 2010; 10(5):747-754
24. Schroeck FR, Krupski TL, Sun L et al. Satisfaction and regret after open retropubic or robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *Eur Urol* 2008; 54:785-793
25. Ljungberg B, Cowan NC, Hanbury DC et al. EAU guidelines on renal cell carcinoma: the 2010 update. *Eur Urol* 2010; 58(3):398-406
26. Go AS, Cherlow GM, Fan D et al. Chronic kidney disease and the risks of death, cardiovascular events, and hospitalization. *N Engl J Med* 2004; 351:1296-305
27. Miller DC, Schonlau M, Litwin MS et al. Renal and cardiovascular morbidity after partial or radical nephrectomy. *Cancer* 2008; 112(3):511-20
28. Gill IS, Kavoussi LR, Lane BR et al. Comparison of 1,800 laparoscopic and open partial nephrectomies for single renal tumors. *J Urol* 2007; 178(1):41-46
29. Sukumar S, Rogers CG. Robotic partial nephrectomy: surgical technique. *BJU Int* 2011;

108:942-947

30. Cha EK, Lee DJ, Del Pizzo JJ. Current status of robotic partial nephrectomy (RPN). *BJU Int* 2011; 108:935-941

31. Haseebuddin M, Benway BM, Cabello JM et al. Robot-assisted partial nephrectomy: evaluation of learning curve for an experienced renal surgeon. *J Endourol* 2010; 24:57-61

32. Stenzl A, Cowan NC, De Santis M et al. The updated EAU guidelines on muscle-invasive and metastatic bladder cancer. *Eur Urol* 2009; 55(4):815-25

33. Hayn MH, Hellenthal NJ, Seixas-Mikelus SA et al. Is patient outcome compromised during the initial experience with robot-assisted radical cystectomy? Results of 164 consecutive cases. *BJU Int* 2010; 108:882-887

34. Challacombe BJ, Bochner BH, Dasgupta P et al. The role of laparoscopic and robotic cystectomy in the management of muscle-invasive bladder cancer with special emphasis on cancer control and complications. *Eur Urol* 2011; 60:767-775

35. Nix J, Smith A, Kurpad R et al. Prospective randomized controlled trial of robotic versus open radical cystectomy for bladder cancer: perioperative and pathologic results. *Eur Urol* 2010; 57:196-201

36. Eppelen R, Pfister D, Heidenreich A. Peritonealkarzinose nach roboterassistierter radikaler Zystektomie. *Urologe* 2011; 50:1435-1437

37. Hemal AK, Stansel I, Babbar P et al. Robotic-assisted nephroureterectomy and bladder cuff excision without intraoperative repositioning. *Urology* 2011; 78:357-364

38. Eandi JA, Nelson RA, Wilson TG et al. Oncologic outcomes for complete robot-assisted laparoscopic management of upper-tract transitional cell carcinoma. *J Endourol* 2010; 24(6):969-75

39. Olweny EO, Park SK, Tan YK et al. Perioperative Comparison of Robotic Assisted Laparoendoscopic Single-Site (LESS) Pyeloplasty Versus Conventional LESS Pyeloplasty. *Eur Urol* 2011, Oct. 24 [Epub ahead of print]

40. Stein RJ, White WM, Goel RK et al. Robotic laparoendoscopic single-site surgery using GelPort as the access platform. *Eur Urol* 2010 Jan; 57(1):132-6

41. Kaouk JH, Goel RK, Haber GP et al. Robotic single-port transumbilical surgery in humans: initial report. *BJU Int* 2009; 103:366-9

42. Zeltser IS, Bergs R, Fernandez R et al. Single trocar laparoscopic nephrectomy using magnetic anchoring and guidance system in the porcine model. *J Urol* 2007; 178:288-91

43. Cadeddu J, Fernandez R, Desai M et al. Novel Magnetically Guided Intra-Abdominal Camera to Facilitate Laparoendoscopic Single-Site Surgery: initial human experience. *Surg Endosc* 2009; 23:1894-9

44. Tiwari MM, Reynoso JF, Lehman AC et al. In vivo miniature robots for natural orifice surgery: state of the art and future perspectives. *World J Gastrointest Surg* 2010; 2:217-23

45. Lehman AC, Wood NA, Farritor S et al. Dexterous miniature robot for advanced minimally invasive surgery. *Surg Endosc* 2011; 25:119-23

46. Kuchenbecker KJ, Gewirtz J, McMahan W et al. VerroTouch: High-frequency Acceleration Feedback for Telerobotic Surgery, Haptics: Generating and Perceiving Tangible Sensations. *Proc. EuroHaptics, Part I*. Spring, July 2010;189-96

47. Van der Pol HG, Buckle T, Brouwer OR et al. Intraoperative laparoscopic fluorescence guidance to the sentinel lymph node in prostate cancer patients: clinical proof of concept of an integrated functional imaging approach using a multimodal tracer. *Eur Urol* 2011 Oct; 60(4):826-

48. Tewari AK, Shevchuk MM, Sterling J et al. Multiphoton microscopy for structure identification in human prostate and periprostatic tissue: implications in prostate cancer surgery. *BJU Int* 2011; 108(9):1421-142

Quelle: