

**Praxis**



- Jeder Assistent sollte über ausreichende laparoskopische Grundkenntnisse verfügen, um die notwendigen Assistenzaufgaben während der Eingriffe bei z. T. erschwertem Zugang zu den Assistententrokaren zuverlässig ausführen zu können.
- Zudem sollte die Etablierung weiterer Ports im Bedarfsfall ebenso wie die Fehlerbehebung im Falle von Kollisionen zwischen den robotischen Instrumentenarmen sicher beherrscht werden.

Da die minimalinvasive, robotisch assistierte Chirurgie spezielle Fertigkeiten voraussetzt, welche sich z.T. wesentlich von denen der offenen Chirurgie unterscheiden, wurden im Laufe der vergangenen Jahre spezielle Ausbildungsprogramme für die robotische Chirurgie konzipiert [6], [77], [83]. Darüber hinaus existieren für die laparoskopische sowie robotische Weiterbildung verschiedene Mentoringprogramme auf nationaler und internationaler Ebene [2].

### 18.4.1 Ausbildungskomponenten

Prinzipiell sollte ein strukturiertes Ausbildungsprogramm gemäß den aktuellen Konsensempfehlungen verschiedene Komponenten umfassen:

- theoretisches Lernen (kognitiv),
- Simulatortraining (integrativ) sowie
- modulares Training im OP-Saal (autonom) [6], [84].

### 18.4.2 Ausbildungsschritte

Im ersten Schritt sollte das notwendige theoretische Wissen zur robotischen Chirurgie vermittelt werden. Dies kann beispielsweise im Rahmen eines E-Learning-Konzeptes online erfolgen (z. B. EBRUS-Course der EAU). Im Anschluss daran sollte die Weiterbildung im Skillslab fortgeführt werden. Neben den konventionellen Laparoskopietrainingsgeräten stehen hierfür inzwischen diverse Virtual-Reality-Simulatoren in guter Qualität zur Verfügung [1], [50]. Diese nehmen inzwischen eine zentrale Rolle in der Ausbildung zum robotischen Chirurgen ein [6], [48]. Hierbei steht der Erwerb der für die Roboterchirurgie benötigten manuellen und koordinativen Grundfähigkeiten im Vordergrund [92].

Studien konnten zeigen, dass insbesondere komplexe laparoskopische Tätigkeiten (intrakorporale Naht etc.) im robotischen Setting deutlich schneller bei gleichzeitig erhöhter Sicherheit erlernt werden können [82]. Dies lässt sich vor allem auf die verbesserte visuelle Darstellung des Operationssitus sowie den im Vergleich mit der konventionellen Laparoskopie deutlich erweiterten Bewegungsumfang der robotischen Instrumente zurückführen.

**Praxis**



Interessanterweise kann die intraoperative Performance selbst bei erfahrenen Roboterchirurgen durch kurze präoperative Aufwärmphasen am Virtual-Reality-Simulator verbessert werden [49].

Im nächsten Schritt sollten die erworbenen Fähigkeiten im Operationssaal unter direkter Supervision im Rahmen eines modular

strukturierten Ausbildungsprogramms schrittweise vertieft werden.

Ein zentrales Problem der robotischen Chirurgie stellt die fehlende Rückmeldung im Hinblick auf die Gewebebeschaffenheit im Sinne eines taktilen Feedbacks dar. Gerade zu Beginn der robotischen Weiterbildung resultiert die Angst vor einer Gewebeschädigung durch exzessive Traktion in einer unzureichenden Exposition des Operationsfeldes sowie einer oftmals erschwerten Etablierung der chirurgischen Präparationsebenen.

**Merke**



Im Laufe der Zeit kommt es allerdings durch die korrekte Interpretation visueller Informationen, welche unter Traktion in verschiedenen Gewebestrukturen entstehen, zur Entwicklung eines adäquaten „Gewebegefühls“.

Mit der Einführung der da Vinci Dual Console konnten die klassischen Nachteile der Ausbildung im Bereich der laparoskopischen Chirurgie größtenteils überwunden werden. Mit Hilfe der 2. Konsole kann der Ausbilder die Steuerung jedes einzelnen Instrumentenarms jederzeit vom Auszubildenden übernehmen und dessen Aktionen, falls notwendig, unmittelbar korrigieren. Darüber hinaus kann der Mentor mit Hilfe des 4. Instrumentenarms relevante Strukturen exponieren bzw. Halteaufgaben übernehmen und den Operationssitus somit für den Nachwuchschirurgen optimieren, während dieser zeitgleich die beiden Hauptarme kontrolliert.

Die Verwendung der virtuellen Pointeroption ermöglicht es dem Trainer zudem, den nächsten Operationsschritt für den Auszubildenden im Operationssitus dreidimensional darzustellen. Auf diese Weise kann der Trainee unter direkter Supervision fließend an die einzelnen Operationsschritte herangeführt werden. Die Nachteile des Dual-Console-Settings bestehen hingegen in den hohen Anschaffungskosten und dem damit einhergehenden erhöhten Personalbedarf mit zwei Operateuren an den beiden Konsolen sowie einem weiteren Assistenten am Operationstisch [31].

Wenngleich die Verwendung einer 2. Konsole beim Erlernen manueller Grundfertigkeiten im Simulatortraining keine zeitlichen Vorteile ergab [24], konnten im intraoperativen Setting positive Einflüsse sowohl im Hinblick auf die OP-Zeit als auch die intra- und postoperativen Komplikationsraten nachgewiesen werden [59]. Inwieweit ein Teaching mittels einer zweiten Konsole grundsätzlich zur Verbesserung der operativen Ausbildung führt, kann zum aktuellen Zeitpunkt jedoch nicht abschließend beantwortet werden.

Im Hinblick auf die Patientensicherheit hat sich ein modularisiertes Ausbildungskonzept bewährt. Hierbei steht insbesondere die Qualität des robotischen Curriculums im Vordergrund, hingegen weniger die absolute Anzahl der durchgeführten Eingriffe.

Nach erfolgreicher Absolvierung des modularisierten Curriculums unter Supervision steht zuletzt die selbstständige Durchführung robotisch assistierter Eingriffe. Aus Gründen der Qualitätssicherung sollte die hierfür notwendige Expertise durch externe Experten validiert und abschließend zertifiziert werden [6]. Inzwischen liegen bereits erste Validierungsstudien der neuen Curricula aus robotischen Zentren vor, welche deren Effektivität bestätigen [91], [11].

Theoretisch wäre in Zukunft auch eine dezentrale Ausbildung im Rahmen eines Telemonitoring-Programms aus technischer Sicht denkbar [5], [7].

## 18.5 Einsatzmöglichkeiten der robotischen Chirurgie

Die Erfolgsgeschichte der robotisch assistierten Chirurgie begann mit der FDA-Zulassung des ersten da Vinci-Operationssystems im Jahr 2000. Heutzutage stellt das da Vinci-Operationssystem das weltweit am meisten verwendete Master-Slave-System im Bereich der robotischen Chirurgie dar. Im Jahr 2015 waren weltweit insgesamt ca. 3400 da Vinci-Operationssysteme im Einsatz, davon 76 in Deutschland, Tendenz steigend. Pro Jahr werden weltweit ca. 600 000 chirurgische Eingriffe in einem robotisch assistierten Setting durchgeführt.

Aktuell stellen die Urologie, gefolgt von der Gynäkologie die Haupteinsatzgebiete der robotischen Chirurgie dar. Darüber hinaus kommt das da Vinci-System vermehrt auch im Bereich der Abdominalchirurgie, Herz-Thorax-Chirurgie, Kinderchirurgie sowie neuerdings auch in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde zum Einsatz, wobei die Urologie stets die Vorreiterrolle in der Verbreitung und Weiterentwicklung der robotischen Chirurgie einnahm [45].

## 18.6 Klinischer Stellenwert der robotischen Chirurgie in der Urologie

Weltweit ist insbesondere im Hinblick auf die radikale Prostatektomie eine klare Tendenz zum robotisch assistierten Vorgehen erkennbar. In den USA werden aktuell bereits ca. 80 % aller radi-

kalen Prostatektomien robotisch assistiert, ca. 20 % offen und nur noch weniger als 1 % konventionell-laparoskopisch durchgeführt [76]. Darüber hinaus nimmt die robotische Chirurgie bei der Nierenteilresektion und der Pyeloplastik inzwischen eine zentrale Stellung ein.

### Merke



Grundsätzlich können alle laparoskopischen Eingriffe auch robotisch assistiert durchgeführt werden.

Die Vorteile der robotischen Chirurgie liegen insbesondere im etablierten Zusammenspiel aus

- dreidimensionaler Optik,
- artikulierbaren Instrumenten und
- dem fehlenden Handtremor.

Im Vergleich zur konventionellen Laparoskopie ist die körperliche Belastung für den Operateur aufgrund der ergonomischen Arbeitsposition deutlich verringert.

## 18.7 Medizinische und technische Voraussetzungen

### 18.7.1 Vorbereitung des Patienten

Die präoperative Vorbereitung des Patienten verläuft analog zu den laparoskopischen Eingriffen (s. Kap. 17). Robotisch assistierte Eingriffe im kleinen Becken werden standardmäßig in Trendelenburg-Lagerung durchgeführt (► Abb. 18.4), Eingriffe im Bereich des oberen Harntraktes in modifizierter Seitenlagerung (► Abb. 18.5).

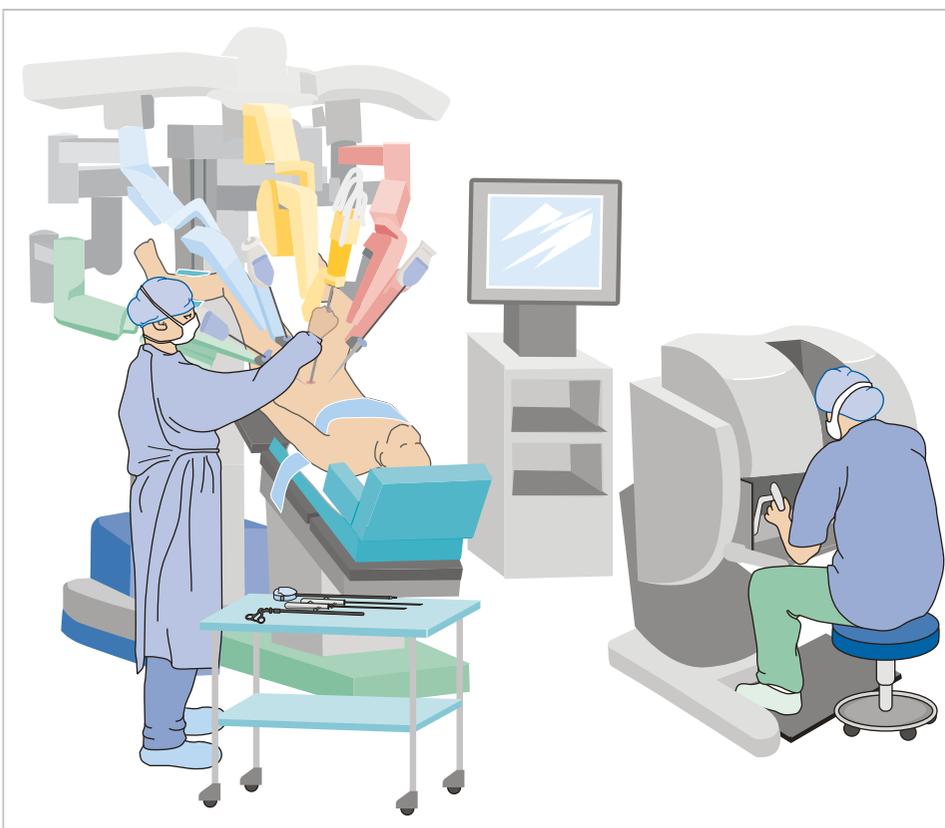


Abb. 18.4 Trendelenburg-Lagerung bei robotisch-assistierter radikaler Prostatektomie.

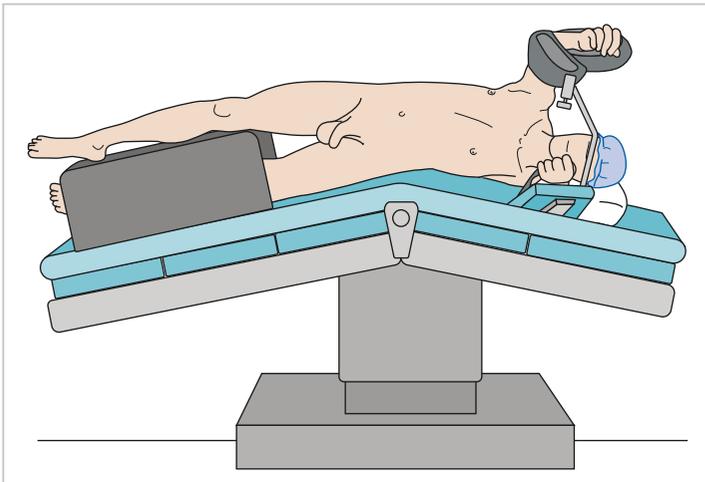


Abb. 18.5 Modifizierte Seitenlagerung bei robotisch-assistierten Niereneingriffen.

## 18.7.2 Anästhesie

### Merke

Robotisch assistierte Eingriffe werden grundsätzlich in Intubationsnarkose durchgeführt.

Aus anästhesiologischer Sicht stellen insbesondere die Auswirkungen des Pneumoperitoneums auf das kardiorespiratorische System eine Herausforderung dar. Basierend auf einer Steigerung der rechtsventrikulären Vorlast bei gleichzeitig erhöhter linksventrikulärer Nachlast kommt es zu einer Verringerung des Herzzeitvolumens sowie des mittleren arteriellen Widerstandes. Hierdurch wird die Durchblutung peripherer Organe erschwert.

Darüber hinaus wird die Compliance des Thorax sowohl durch das Pneumoperitoneum als auch die bei diversen robotisch assistierten Eingriffen vorgenommene Trendelenburg-Lagerung verringert. Dies birgt insbesondere in den basalen Lungenabschnitten die Gefahr der Atektasebildung [47]. Im Rahmen von robotisch assistierten Beckeneingriffen in Trendelenburg-Lagerung kommt es zudem zu einer Steigerung der intraokulären und intrakraniellen Druckverhältnisse [10].

## 18.7.3 Geräte und Instrumentarium

In den nachfolgenden Infoboxen sind die wichtigsten Geräte und Instrumente für robotisch assistierte laparoskopische Operationen aufgeführt.

### Praxis

#### Robotische Chirurgie: Geräte

- elektronischer High-Flow-Insufflator
- Hochfrequenzgenerator mit Fußschalter für mono- und bipolare Koagulation
- Spül-Saug-Einheit
- robotisches System (aktuell kommerziell erhältlich: da Vinci Xi, da Vinci Si)
  - Surgeon Console mit Master Controls
  - Patient-Side Cart mit robotischen Instrumentenarmen
  - Videoeinheit mit HD-Monitor, Lichtquelle und Recheneinheit

### Praxis

#### Robotische Chirurgie: Instrumente

(in Abhängigkeit des operativen Eingriffs)

- Endowrist-Instrumente (Auswahl)
  - Schere (z. B. Monopolar Curved Scissors)
  - bipolares Dissektionsinstrument (z. B. Maryland Bipolar Forceps, PK Dissecting Forceps, Fenestrated Bipolar Forceps etc.)
  - Nadelhalter (z. B. Large Needle Driver)
  - Retraktionsinstrument (z. B. ProGrasp Forceps)
- 8-mm-da Vinci-Trokare
- 0°- und 30°-Optik für das da Vinci-System
- laparoskopisches Standardinstrumentarium (s. Kap. 17.3.3)
  - Grundsieb für die Minilaparotomie/Veress-Nadel/Sichttrokar
  - Trokare (Ports) mit und ohne Sicherheitseinfuhrschutz
  - Endoretraktor/Nadelhalter/Schere für Assistenten
  - Spül-Saug-Instrument
  - Clipapplikatoren (5 und 10 mm)
  - Stapler: Klammernahtgerät mit unterschiedlichen Klammereindringtiefen
  - Organbergebeutel
  - Naht- und Fadenmaterial für intra- und extrakorporale Knotentechnik

## Geräte

### Insufflator

Allgemein wird für robotisch assistierte laparoskopische urologische Operationen ebenso ein CO<sub>2</sub>-High-Flow-Insufflator (30 l/min) verwendet. Ein intraabdominaler Druck von 10–12 mmHg wird für die Einführung der Trokare sowie während des gesamten Eingriffes benötigt. Der eingestellte intraabdominale Druck wird automatisch gehalten und ausgeglichen.

### Videoeinheit

Die Videoeinheit ist als fester Bestandteil in die aktuell auf dem Markt erhältlichen robotischen Systeme integriert (Videoeinheit). Das aktuelle da Vinci-System stellt dem Operateur in der Konsole mittels Chip-on-the-Tip-Technik ein 3D-Bild in HD-Qualität zur Verfügung (1080 p). Darüber hinaus kann der intraoperative Situs über den integrierten HD-Bildschirm der Videoeinheit sowie ggf. über zugeschaltete Monitore im OP-Saal in bis zu 10-facher Vergrößerung dargestellt werden. In Abhängigkeit des Eingriffes finden sowohl 0°- als auch 30°-Optiken Verwendung. Die Regulation des Fokus und der Helligkeit wird vom System automatisch ausgeführt.

## Instrumente

### Trokare

Initial erfolgt das Einbringen des Kameratrokars mittels Minilaparotomie bzw. unter Verwendung einer Veress-Nadel oder eines Sichttrokars. Alle weiteren Trokare werden sodann analog zur konventionellen Laparoskopie unter Sicht eingeführt. Für das Einbringen der da Vinci-Endowrist-Instrumente kommen spezielle, wiederverwertbare 8-mm-Trokare mit entsprechenden Kunststoffdichtungen zum Einsatz.

## Robotische Instrumente

Die robotischen Instrumente unterscheiden sich von den starren Instrumenten der konventionellen Laparoskopie hauptsächlich durch die Verbindung zum Schaft über entsprechende Kugelgelenke. Hierdurch ergeben sich Bewegungsumfänge bis zu 360° in allen Freiheitsgraden, wodurch die natürlichen Bewegungen des menschlichen Handgelenks über das Master-Slave-System in das Körperinnere übertragen werden.

### Merke



Dem Operateur stehen somit im Gegensatz zur konventionellen Laparoskopie hinsichtlich des Bewegungsumfangs dieselben manuellen Möglichkeiten wie bei der offenen Chirurgie zur Verfügung.

Zur Gewebepräparation werden verschiedene Endowristinstrumente mit speziellen Spezifikationen eingesetzt, wobei diese zum Teil mit dem Hochfrequenzgenerator gekoppelt werden können (monopolar/bipolar, Koagulations- und Schneidestrom). Alternativ zur konventionellen Spül-Saug-Sonde steht hierfür auch ein spezielles Endowristinstrument (Suction/Irrigation) zur Verfügung.

► Abb. 18.6 zeigt eine Auswahl gängiger robotischer Instrumente.

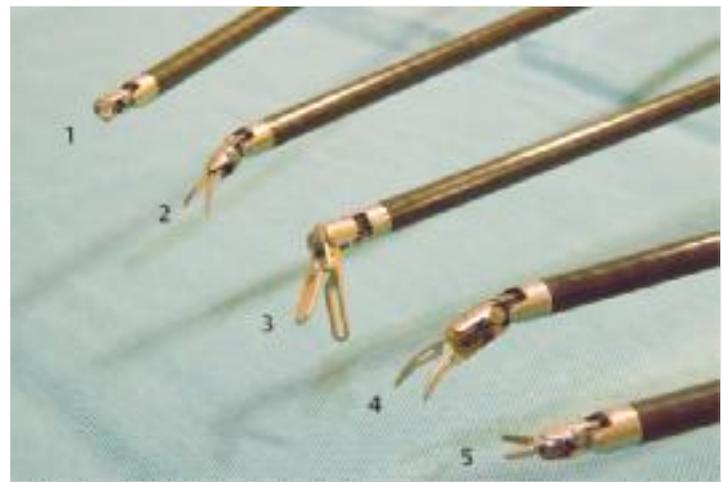


Abb. 18.6 Auswahl an verschiedenen Endowristinstrumenten.

1. Large Needle Driver
2. Monopolar Curved Scissors
3. Pro Grasp Forceps
4. Maryland Bipolar Forceps
5. Large Needle Driver

### 18.7.4 Trokarpositionierungen und Docking

Analog zur konventionellen Laparoskopie basiert die Positionierung der Trokare auch im robotischen Setting auf dem Prinzip der Triangulation. Zunächst wird der Kameratrokare in einem Abstand von 10–20 cm zum anatomischen Zielgebiet platziert. Nach CO<sub>2</sub>-Insufflation werden sodann die Trokare für die robotischen Instrumentenarme unter Sicht etabliert.

### Vorsicht



Der Abstand zwischen den einzelnen robotischen Trokaren sollte mindestens 8–10 cm betragen, um eine ausreichende Beweglichkeit der robotischen Arme zu gewährleisten und unnötige Kollisionen derselben zu vermeiden.

Zuletzt erfolgt das Einbringen der Assistentztrokare. Dabei sollte ebenfalls ein Abstand von 5–10 cm zu den robotischen Trokaren eingehalten werden, um eine effektive Nutzung während des Eingriffs sicherzustellen.

Für die diversen robotisch assistierten Eingriffe existieren jeweils spezielle Schemata für die optimale Trokarpositionierung in verschiedenen Modifizierungen (► Abb. 18.7, ► Abb. 18.8).

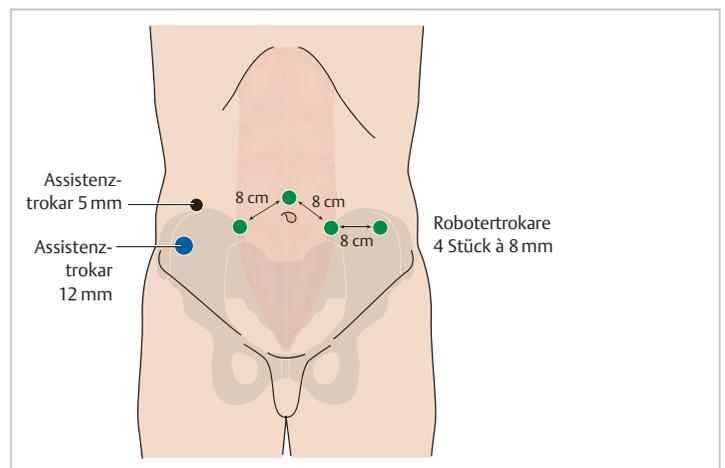


Abb. 18.7 Trokarpositionierung bei der robotisch-assistierten radikalen Prostatektomie.

### 18.7.5 Absolute und relative Kontraindikationen

Als absolute Kontraindikationen für robotische Eingriffe in Trendelenburgposition gelten im Allgemeinen ein erhöhter intrakranieller Druck sowie das Vorliegen eines ventrikuloperitonealen Shunts.

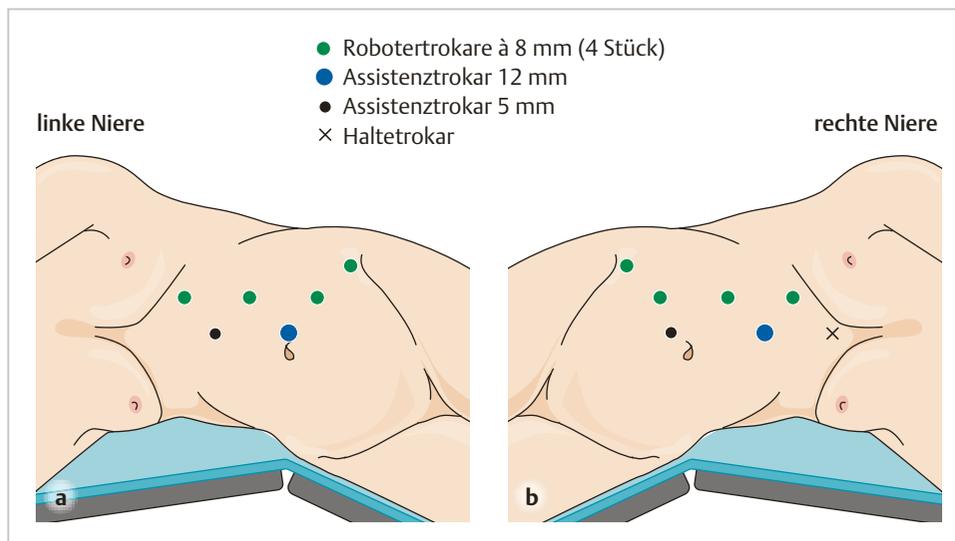


Abb. 18.8 Trokarpositionierung bei robotisch-assistierten Niereneingriffen.

a Für Eingriffe an der linken Niere.  
b Für Eingriffe an der rechten Niere.

## 18.8 Häufige robotisch assistierte Eingriffe in der Urologie

Grundsätzlich können alle laparoskopischen Eingriffe ebenso in einem robotisch assistierten Setting durchgeführt werden. Nachdem in Kap. 17 bereits eine ausführliche technische Darstellung der minimalinvasiven Eingriffe der verschiedenen Organsysteme erfolgt ist, soll dieser Abschnitt explizit die spezifischen Unterschiede zwischen konventioneller Laparoskopie und robotischer Chirurgie bei ausgewählten urologischen Eingriffen behandeln.

### 18.8.1 Robotisch assistierte Nephrektomie

**Merke**



Die laparoskopische radikale Nephrektomie (LRN) hat sich inzwischen als Goldstandard der radikalen Nephrektomie etabliert, soweit keine Indikation zu einem organerhaltenden Vorgehen besteht [51].

Parallel dazu hat sich die robotisch assistierte radikale Nephrektomie (RRN) seit ihrer Erstbeschreibung 2000 durch Guillonau ebenfalls zu einer sicheren Therapieoption entwickelt [39].

Der Zugang zur Niere kann sowohl transperitoneal als auch retroperitoneal erfolgen. Im direkten Vergleich zur LRN konnten vergleichbare onkologische und perioperative Ergebnisse nachgewiesen werden, wobei sich für die RRN etwas längere Operationszeiten ergaben [43], [69]. Nachdem die bisherigen Studien keine eindeutige Überlegenheit der RRN gegenüber der LRN nachweisen konnten, wird die LRN an vielen Zentren als minimalinvasives Verfahren zur radikalen Nephrektomie bevorzugt. Hierbei spielen nicht zuletzt die mit der RRN einhergehenden Kosten im Sinne eines technical overtreatment eine entscheidende Rolle [44], [16], [8]. An robotischen Zentren bietet die RRN allerdings eine optimale Trainingsmöglichkeit zur Vorbereitung des Chirurgen auf die robotisch assistierte Nierenteilresektion (Kap. 18.8.2) [69], [19].

Analog zur radikalen Nephrektomie kann auch die Nephroureterektomie robotisch assistiert durchgeführt werden. Eine intraoperative Umlagerung des Patienten und Repositionierung des da Vinci-Systems (Re-Docking) ist bei entsprechender In-Line-Konfiguration der robotischen Trokare nicht mehr zwingend notwendig [25], [94].

### 18.8.2 Robotisch assistierte partielle Nephrektomie

Seit mehreren Jahren ist die partielle Nephrektomie bzw. Nierenteilresektion als Therapiestandard bei cT1-Tumoren fester Bestandteil der Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Urologie (EAU) und der American Urological Association (AUA) [51], [20]. Obwohl die laparoskopische partielle Nephrektomie (LPN) mittlerweile als onkologisch sicheres Operationsverfahren mit im Vergleich zur offenen Nierenteilresektion äquivalenten 5-Jahres-Überlebensraten etabliert ist [81], stellt diese dennoch einen in Abhängigkeit der anatomischen Tumorkonstellation technisch anspruchsvollen laparoskopischen Eingriff dar. Aktuelle Studien lassen zudem vermuten, dass ein organerhaltendes Vorgehen mittels LPN oftmals zugunsten der technisch einfacheren LRN verlassen wird [3], [46].

Neben der laparoskopischen partiellen Nephrektomie entwickelte sich darüber hinaus seit Beginn der robotischen Ära die robotisch assistierte partielle Nephrektomie (RAPN) [37]. Im deutschsprachigen Raum lässt sich zuletzt ein stetiger Zuwachs der RAPN beobachten [75]. Dieser Trend lässt sich zum Teil auf die steilen Lernkurven bei diesem Verfahren zurückführen. Bereits nach 30–40 Eingriffen kann ein solides Niveau hinsichtlich warmer Ischämiezeit, Operationsdauer und onkologischem Ergebnis (R0-Resektion) erreicht werden [60], [26].

Verschiedene Zentren publizieren zudem laufend technische Modifikationen der RAPN (u. a. superselective Clamping, Zero Ischemia etc.) mit dem Ziel, das operative Outcome weiter zu optimieren [38], [72]. Wenngleich aktuelle systematische Reviewarbeiten (RAPN versus LPN) keine signifikanten Unterschiede bezüglich Operationsdauer, intraoperativem Blutverlust, Konversionsrate, stationärer Aufenthaltsdauer, Komplikationen und positiven Tumorabsetzungsrandern ergaben, war die RAPN mit

einer signifikant geringeren warmen Ischämiezeit vergesellschaftet [4], [95].

### Merke



Die warme Ischämiezeit stellt im organerhaltenden Setting stets den limitierenden Faktor bei der Prävention irreversibler Nierenparenchymschädigungen dar [14].

Im Hinblick auf das onkologische Outcome liegen für die relative junge Operationsmethode der RAPN aktuell noch keine validen onkologischen Langzeitergebnisse vor. Bezüglich der onkologischen Kurzzeitergebnisse ergaben sich im Vergleich zur LPN keine statistisch signifikanten Unterschiede [4], [95]. Ob die RAPN hierbei ebenso gute Langzeitergebnisse erzielt wie die offene Nierenteilresektion oder die LPN, bleibt daher noch abzuwarten. Erste Studien zum Vergleich der offenen Nierenteilresektion mit der minimalinvasiven partiellen Nephrektomie unter Miteinbeziehung der RAPN deuten jedoch auf vergleichbare Ergebnisse im Hinblick auf das rezidiv- und metastasenfreie Überleben hin [80], [89].

► **Stellenwert.** Insgesamt stellt die RAPN somit eine technisch gut durchführbare und sichere Alternative zur LPN bei gleichzeitig signifikant reduzierter Ischämiezeit dar.

## 18.8.3 Minimalinvasive Pyeloplastik (robotisch assistiert)

Die erste robotische Pyeloplastik am Schweinmodell datiert zurück auf das Jahr 1999 und wurde damals mit dem ZEUS-System durchgeführt [85].

### Merke



Die robotisch assistierte Pyeloplastik (RPP) und die konventionell laparoskopische Pyeloplastik (LPP) stellen heutzutage sichere und effektive minimalinvasive Alternativen zur klassischen offenen Pyeloplastik dar.

Analog zu anderen minimalinvasiven Eingriffen konnten auch bei der minimalinvasiven Pyeloplastik eine verkürzte stationäre Aufenthaltsdauer, ein geringerer Schmerzmittelverbrauch sowie ein besseres kosmetisches Ergebnis im Vergleich zur offenen Pyeloplastik beobachtet werden. Ein Hauptproblem der LPP stellt die Komplexität der intrakorporalen Reanastomosierung des pyeloureteralen Übergangs dar, welche fortgeschrittene laparoskopische Fähigkeiten erfordert [30].

Die Vorteile der robotischen Chirurgie mit der erhöhten Anzahl an Bewegungsfreiheitsgraden, guten Sichtverhältnissen und gesteigerter Präzision durch Reduktion des Tremors kommen bei diesem rekonstruktiven Eingriff besonders zum Tragen. Dies zeigt sich u. a. in verkürzten Nahtzeiten bei der Reanastomosierung des Nierenbeckens.

Im Hinblick auf die perioperativen Komplikationen sowie die postoperativen Erfolgsraten unterscheiden sich die RPP und die LPP nicht wesentlich, bei jedoch leichten Vorteilen bezüglich der Operationsdauer für die RPP. Bei der Auswahl des im individuel-

len Fall geeigneten minimalinvasiven Operationsverfahrens sollten daher sowohl anatomische Kriterien und die persönliche Erfahrung und Präferenz des Operateurs berücksichtigt werden [9], [32], [18].

► **Stellenwert.** Nicht zuletzt aufgrund ihrer Präzision im Rahmen rekonstruktiver Operationsschritte sowie steiler Lernkurven hat die robotisch assistierte Pyeloplastik das Potenzial, sich zukünftig zum Standardverfahren der minimalinvasiven Therapie der Nierenbeckenabgangsstenose zu entwickeln.

## 18.8.4 Robotisch assistierte radikale Prostatektomie (RARP)

Seit der Erstbeschreibung der robotisch assistierten radikalen Prostatektomie durch Binder und Kramer im Jahre 2000 wurde diese Methode mittlerweile an vielen Kliniken als Standardverfahren für die operative Therapie des lokal begrenzten Prostatakarzinoms etabliert. In Deutschland wird die RARP inzwischen flächendeckend angeboten [15]. Auch wenn die Behandlung des lokal begrenzten Prostatakarzinoms zweifellos durch die konventionelle Laparoskopie revolutioniert wurde, wird diese OP-Technik zuletzt mehr und mehr von der RARP verdrängt.

Die RARP kann sowohl über einen transperitonealen als auch über einen extraperitonealen Zugangsweg erfolgen. Nachdem zunächst erste vergleichende Studien zwischen RARP und laparoskopischer Prostatektomie (LRP) keinen klaren Vorteil für eine der beiden Methoden erkennen ließen, deuten aktuelle Daten auf eine Verbesserung der postoperativen funktionellen Ergebnisse hin [36]. Als Qualitätskriterien zum direkten Vergleich von RARP und LRP finden neuerdings oftmals die sog. Pentafecta-Faktoren (s. Übersicht) Verwendung [66].

### Praxis



#### Pentafecta-Faktoren

- Kontinenz
- Potenz
- biochemisch rezidivfreies Überleben
- Komplikationsrate
- Rate an positiven Absetzungsrandern

Die LRP ist aufgrund ihres operativ anspruchsvollen und komplizierten Charakters mit einer langen Lernkurve assoziiert [74], [68]. In der Literatur wird für die RARP häufig eine tendenziell kürzere Lernkurve angegeben. Ein direkter Lernkurvenvergleich beider Verfahren gestaltet sich jedoch bei einerseits fehlendem Konsens bezüglich der Definition der Lernkurve einer Prozedur, andererseits aufgrund der oftmals vorhandenen Vorerfahrung der Operateure beim Wechsel vom laparoskopischen zum robotischen Vorgehen schwierig. Wenngleich bei der RARP bereits nach kürzerer Zeit adäquate operative Ergebnisse erzielt werden können, berichten diverse Studien über eine kontinuierliche Optimierung des onkologischen und funktionellen Outcomes mit zunehmender Erfahrung des Operateurs, sodass der individuellen Expertise auch bei der RARP eine entscheidende Bedeutung zukommt [40], [78], [90].

Im Hinblick auf den intraoperativen Blutverlust konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden minimalinvasiven Methoden festgestellt werden [28]. Die in der Literatur aufgelisteten intra- und perioperativen Komplikationsraten liegen für die LRP und RARP bei ca. 10% gleichauf, wobei die RARP im Vergleich zur LRP mit einer geringeren Transfusionsrate einhergeht [23], [64]. Darüber hinaus zeigten sich für die radikale Prostatektomie im robotischen Setting signifikant niedrigere stationäre Wiederaufnahmeraten innerhalb von 3 Monaten nach radikaler Prostatektomie [22].

Aufgrund fehlender Langzeitdaten bezüglich des onkologischen Outcomes (biochemisch rezidivfreies Überleben, krebspezifisches Überleben) wird die Rate an positiven Absetzungsrandern in Abhängigkeit des Tumorstadiums häufig als Surrogatparameter zur Beurteilung der onkologischen Effektivität der RARP im Vergleich zur LRP sowie zur offenen retropubischen radikalen Prostatektomie (RRP) betrachtet. Hierbei konnten die meisten Studien und Metaanalysen eine vergleichbare oder niedrigere Rate an positiven Absetzungsrandern bei robotisch assistiertem Vorgehen im Vergleich zur LRP sowie zur RRP nachweisen [23], [34], [63], [87], [79].

Prospektiv-randomisierte Studien zum direkten Vergleich von RARP und LRP konnten bislang ebenso keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Rate an positiven Absetzungsrandern feststellen [67]. Auch im Hinblick auf das PSA-freie Überleben nach 5 Jahren zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen OP-Methoden [29]. Die onkologischen Ergebnisse der verschiedenen Verfahren werden allerdings weiterhin kontrovers diskutiert, da zum aktuellen Zeitpunkt keine ausreichenden Langzeitdaten zur tumorspezifischen Mortalität vorliegen. Erste Daten deuten jedoch auf eine effektive Tumorkontrolle über einen Nachbeobachtungszeitraum von 10 Jahren hin [27].

Das funktionelle Outcome der verschiedenen OP-Methoden bemisst sich anhand der postoperativen Kontinenz- und Potenzraten. Neuere Studien zeigen für die RARP hohe Kontinenzraten, wobei sich zudem ein Trend hin zur schnelleren Wiedererlangung der Kontinenz zeigt [23], [35]. Ähnliche Ergebnisse mit klaren Vorteilen für die RARP im Vergleich zur RRP ergeben sich im Hinblick auf die postoperativen Potenzraten nach 12 Monaten (75,8% versus 52,2%). Im Vergleich zur RRP konnte lediglich ein positiver Trend ohne statistische Relevanz festgestellt werden [33], während eine aktuelle prospektiv-randomisierte Single-Center-Studie auch hier im Hinblick auf Kontinenz und Potenz signifikante Vorteile für die RARP beschreibt [67]. Des Weiteren wird über eine tendenziell schnellere Regeneration der Potenz im robotischen Setting berichtet.

### Merke



Die Dissektion des neurovaskulären Bündels sollte stets ohne Verwendung von Koagulationsstrom erfolgen.

Prospektive, multizentrische, randomisierte Kontrollstudien mit großer Fallzahl zum Vergleich robotisch assistierte versus konventionell laparoskopische radikale Prostatektomie liegen zum aktuellen Zeitpunkt nicht vor. Eine endgültige Aussage zur Überlegenheit einer bestimmten OP-Methode kann daher nicht getroffen werden [56].

► **Stellenwert.** Zusammengefasst stellt die RARP ein etabliertes Verfahren zur Therapie des lokal begrenzten Prostatakarzinoms mit exzellenten onkologischen und funktionellen Ergebnissen dar [36], [88].

## 18.8.5 Radikale Zystektomie (robotisch assistiert)

Seit ihrer Erstbeschreibung durch Mennon et al. 2003 wird die radikale Zystektomie mit entsprechender Harnableitung im robotischen Setting an ausgewählten Zentren durchgeführt [55]. Analog zu anderen minimalinvasiven Verfahren liegen die Vorteile u. a. in einem geringeren intraoperativen Blutverlust, niedrigeren Transfusionsraten sowie einer reduzierten Frühmortalität, bei jedoch signifikant längeren Operationszeiten [62].

Aufgrund der verlängerten Operationszeiten in Trendelenburg-Lagerung wurde im Rahmen der RARC (robotisch assistierte radikale Zystektomie) vereinzelt über neurologische Komplikationen (Hirnrödem, Neuropathien etc.) berichtet [53], [65]. Die Radikalität der Lymphadenektomie stellt einen entscheidenden Qualitätsfaktor der radikalen Zystektomie dar. In einer prospektiv-randomisierten Studie konnte nachgewiesen werden, dass die RARC der offenen radikalen Zystektomie bezüglich der Anzahl entfernter Lymphknoten nicht unterlegen ist [61].

Für die Beurteilung der onkologischen Effektivität stellen sowohl die Vollständigkeit der Tumorentfernung (R0-Status) als auch die sorgfältig durchgeführte Lymphadenektomie wichtige Beurteilungskriterien dar, da bislang keine ausreichenden onkologischen Langzeitdaten vorliegen. Für die RARC werden durch ein internationales Konsortium R1-Raten von 6,8% angegeben, was den Literaturdaten zur offenen radikalen Zystektomie entspricht [42]. In einem aktuellen Review konnte für die RARC eine mit der offenen radikalen Zystektomie vergleichbare onkologische Effektivität (R0-Raten, Anzahl entfernter Lymphknoten, 5-Jahres-Überlebensrate) bestätigt werden [93].

Im Vergleich zur offenen und zur laparoskopischen radikalen Zystektomie konnte eine technische Ebenbürtigkeit des robotisch assistierten Vorgehens ebenso bereits nachgewiesen werden [21], wobei sich für die RARC wiederum eine steile Lernkurve ergab [41].

Aufgrund der Komplexität des Eingriffs erfolgt die Harnableitung im Rahmen der laparoskopischen Zystektomie jedoch meist laparoskopisch assistiert unter Erweiterung des Bergungsschnittes zur Bildung des Urinreservoirs. Der eigentliche Vorteil des robotischen Settings könnte indes in der Umstellung auf vollständig intrakorporale Operationstechniken bestehen [73].

► **Stellenwert.** Die robotisch assistierte radikale Zystektomie nimmt einen immer größeren Stellenwert in der Therapie des muskelinvasiven Harnblasenkarzinoms ein, sollte allerdings aufgrund der dafür notwendigen operativen Expertise bislang nur nach strenger Patientenselektion an Zentren mit entsprechender Expertise durchgeführt werden. Bei fortgeschrittenen Tumoren sollte die Indikation zur minimalinvasiven Zystektomie allerdings kritisch gestellt und im Zweifel ein offenes Vorgehen bevorzugt werden.

## 18.9 Robotisch assistierte Chirurgie im DRG-Zeitalter

In Zeiten des DRG-Systems nehmen ökonomische Aspekte eine zentrale Stellung im klinischen Alltag ein. Neue Technologien sind in vielen Fällen zunächst bekanntermaßen mit einer Kostensteigerung vergesellschaftet. Dies gilt insbesondere für die robotisch assistierte Chirurgie. Neben den hohen Anschaffungskosten der robotischen Operationssysteme und den damit obligatorisch einhergehenden Wartungsverträgen (verbrauchsunabhängige Kosten) müssen zudem die verbrauchsabhängigen Kosten für Einmalmaterialien (Instrumente, Spezialabdeckungen etc.) bei der Gesamtkostenanalyse berücksichtigt werden.

Dem gegenüber steht eine potenzielle Verbesserung der Kosten-Nutzen-Relation u. a. durch eine Verkürzung der Operationszeit und der Krankenhausverweildauer [75].

Gemäß den vorliegenden Daten gehen aktuell ca. 75% aller robotisch assistierten Eingriffe mit erhöhten Kosten im Vergleich zum offenen bzw. konventionell laparoskopischen Vorgehen einher [56], [13]. Dies konnte insbesondere für die radikale Prostat-ektomie gezeigt werden.

Laut einem systematischen Review von Bolenz et al. war ein minimalinvasives Vorgehen in den meisten Studien mit signifikant höheren Kosten im Vergleich zum offenen retropubischen Vorgehen assoziiert. Die höchsten Fallkosten ergaben sich hierbei im robotisch assistierten Setting [17]. Eine abschließende ökonomische und gesundheitspolitische Beurteilung der robotisch assistierten Chirurgie ist zum momentanen Zeitpunkt bei ausstehenden funktionellen und onkologischen Langzeitdaten nicht möglich und sollte nicht Gegenstand dieses urologischen Lehrbuches sein.

## 18.10 Ausblick

Die robotisch assistierte Chirurgie befindet sich im Fachbereich der Urologie weiterhin auf dem Vormarsch und ist inzwischen als fester Bestandteil des urologischen Therapiespektrums in den EAU-Guidelines verankert. Insbesondere bei rekonstruktiven Operationsschritten ist das Robotersystem durch die enorme Bewegungsfreiheit der Instrumente und die dreidimensionale Sicht auf das Operationsfeld der konventionellen Laparoskopie eindeutig überlegen. Für kommende Gerätegenerationen ist aufgrund technischer Weiterentwicklungen darüber hinaus mit der Integration eines taktilen Feedbacks zu rechnen.

Im Hinblick auf die funktionelle sowie kurz- und mittelfristige onkologische Effektivität liegt bereits eine Fülle an vielversprechenden Daten für die robotisch assistierte Chirurgie vor. Erste Langzeitdaten zur endgültigen Beurteilung der onkologischen Effektivität im Vergleich zur offenen Chirurgie sowie zur konventionellen Laparoskopie werden für die nächsten Jahre erwartet. Der standardmäßige Einsatz und die flächendeckende Verbreitung sind in Anbetracht der gesundheitsökonomischen und -politischen Situation jedoch unabdingbar mit der Finanzierbarkeit der robotisch assistierten Chirurgie verbunden. Diesbezüglich kommt der weiteren Marktentwicklung eine entscheidende Rolle für die Zukunft der robotisch assistierten Chirurgie zu.

Hohes Potenzial verspricht der Einsatz robotischer Operationssysteme darüber hinaus speziell im Setting der Laparo-Endoscopic Single Site Surgery (LESS) sowie der Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery (NOTES), bei denen die konventionelle Laparoskopie oft an die Grenzen der technischen Machbarkeit stößt.



### Quintessenz

#### Robotisch assistierte Chirurgie

- Zunehmender Einsatz seit Beginn des neuen Jahrtausends
- Weltweit ca. 600 000 Eingriffe pro Jahr mit steigender Tendenz
- Verminderter postoperativer Schmerzmittelbedarf und schneller Rekonvaleszenz im Vergleich zu offenen Techniken
- Oftmals geringerer Blutverlust
- Hochauflösende 3D-Optik mit vergrößerter Darstellung der OP-Situs
- 7 Freiheitsgrade mit im Vergleich zur konventionellen Laparoskopie deutlich erweitertem Bewegungsumfang (dem natürlichen Bewegungsumfang der menschlichen Hand entsprechend)
- hohe Präzision durch Skalierung der Bewegungen des Operateurs
- Verbesserte Ergonomie für den Operateur

#### Ausbildungsaspekte

- Spezielle modularisierte Ausbildungsprogramme für die robotisch assistierte Chirurgie einschließlich Simulatortraining
- Steilere Lernkurven im Vergleich zur konventionellen Laparoskopie
- „Dual-Console“ im Ausbildungssetting sinnvoll

#### Medizinische und technische Voraussetzungen

- Robotisch assistierte Operationssysteme
  - „Master-slave-Prinzip“
  - Operateurskonsole mit Joysticks und Fußpedalen (Surgeon Console)
  - Patientenwagen mit robotischen Instrumentenarmen (Patient-Side Cart)
  - Videoeinheit mit HD-Monitor und Lichtquelle
- Anästhesie
  - Intubationsnarkose
  - Lagerung in Abhängigkeit des Eingriffs (Trendelenburg-Lagerung bei Beckeneingriffen)
  - Erhöhte intraokuläre sowie intrakranielle Druckverhältnisse in Trendelenburg-Lagerung
- Trokarpositionierung
  - Standardisierte Trokarpositionierung in Abhängigkeit des Eingriffs
  - Positionierung auf dem Prinzip der Koagulation analog zur konventionellen Laparoskopie
  - Kameratrokar mit 10–20 cm Abstand zum anatomischen Zielgebiet
  - Abstand zwischen den robotischen Trokaren mindestens 8–10 cm
  - Assistentztrokare im Abstand von 5–10 cm zu den robotischen Trokaren

### Robotisch assistierte Eingriffe in der Urologie

- Robotisch assistierte Nephrektomie (RRN)
  - Technisch sowie onkologisch sichere Therapieoption zur laparoskopischen radikalen Nephrektomie (LRN)
  - Tendenziell etwas längere OP-Zeiten im Vergleich zur LRN
  - Deutlich höhere Kosten („technical overtreatment“)
  - Als Ausbildungseingriff zur Vorbereitung auf die robotisch assistierte partielle Nephrektomie (RAPN) geeignet
  - Nephroureterektomie im robotischen Setting bei entsprechender Trokarpositionierung ohne intraoperative Umlagerung durchführbar
- Robotisch assistierte partielle Nephrektomie (RAPN)
  - Stetiger Zuwachs der RAPN
  - Steilere Lernkurve im Vergleich zur technisch anspruchsvollen laparoskopischen partiellen Nephrektomie (LPN)
  - Verschiedene technische Modifikationen möglich (u. a. „Superselective Clamping“, „Zero Ischemia“ etc.)
  - Reduzierte warme Ischämiezeit im Vergleich zur LPN
- Robotisch assistierte Pyeloplastik (RPP)
  - Sichere Alternative zur offenen sowie laparoskopischen Pyeloplastik
  - Vorteile insbesondere bei der präzisen Rekonstruktion des pyeloureteralen Übergangs
  - Verkürzte Nahtzeiten bei der Reanastomosierung des Nierenbeckens sowie leichte Vorteile bei der OP-Dauer im Vergleich zur laparoskopischen Pyeloplastik (LPP)
  - Gute postoperative Erfolgsraten
- Robotisch assistierte radikale Prostatektomie (RARP)
  - Erste RARP durch Binder und Kramer im Jahr 2000 in Frankfurt
  - An vielen Kliniken bereits als Standardverfahren für die radikale Prostatektomie etabliert und flächendeckend angeboten
  - Transperitonealer oder extraperitonealer Zugang
  - Tendenziell kürzere Lernkurve im Vergleich zur laparoskopischen Prostatektomie (LRP)
  - Kontinuierliche Optimierung des onkologischen sowie funktionellen Outcomes mit zunehmender Erfahrung
  - Individuelle Expertise auch bei der RARP von entscheidender Bedeutung
  - Keine Unterschiede im Hinblick auf die onkologische Effektivität bei robotisch assistiertem versus konventionell laparoskopischem Vorgehen
  - Tendenziell schnellere funktionelle Regeneration im robotischen Setting
  - Prospektive randomisierte Multicenterstudien mit großer Fallzahl zum Vergleich robotisch assistierte radikalen Prostatektomie (RARP) versus laparoskopische Prostatektomie (LRP) liegen zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vor
  - Etabliertes Verfahren zur Therapie des lokal begrenzten Prostatakarzinoms mit exzellenten onkologischen und funktionellen Ergebnissen
- Robotisch assistierte radikale Zystektomie (RARC)
  - Durchführung an ausgewählten Zentren
  - Geringerer Blutverlust, niedrigere Transfusionsraten sowie reduzierte Frühmortalität im Vergleich zum offenen Vorgehen
  - Signifikant längere Operationsdauer
  - Onkologische Effektivität vergleichbar mit der offenen radikalen Zystektomie (Daten zur Langzeiteffektivität noch ausstehend)
  - Möglichkeit eines vollständig intrakorporalen Vorgehens einschließlich Harnableitung
  - Aktuell an ausgewählten Zentren nach strenger Patientenselektion

## 18.11 Literatur

- [1] Abboudi H, Khan MS, Aboumarzouk O et al. Current status of validation for robotic surgery simulators - a systematic review. *BJU Int* 2013; 111: 194–205
- [2] Abboudi M, Ahmed K, Kirby R et al. Mentorship programmes for laparoscopic and robotic urology. *BJU Int* 2011; 107: 1869–1871
- [3] Abouassaly R, Alibhai SM, Tomlinson G et al. Unintended consequences of laparoscopic surgery on partial nephrectomy for kidney cancer. *J Urol* 2010; 183: 467–472
- [4] Aboumarzouk OM, Stein RJ, Eyraud R et al. Robotic versus laparoscopic partial nephrectomy: a systematic review and meta-analysis. *Eur Urol* 2012; 62: 1023–1033
- [5] Agarwal R, Levinson AW, Allaf M et al. The RoboConsultant: telementoring and remote presence in the operating room during minimally invasive urologic surgeries using a novel mobile robotic interface. *Urology* 2007; 70: 970–974
- [6] Ahmed K, Khan R, Mottrie A et al. Development of a standardised training curriculum for robotic surgery: a consensus statement from an international multidisciplinary group of experts. *BJU Int* 2015; 116: 93–101
- [7] Ali MR, Loggins JP, Fuller WD et al. 3-D telestration: a teaching tool for robotic surgery. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2008; 18: 107–112
- [8] Asimakopoulos AD, Miano R, Annino F et al. Robotic radical nephrectomy for renal cell carcinoma: a systematic review. *BMC Urol* 2014; 14: 75
- [9] Autorino R, Eden C, El-Ghoneimi A et al. Robot-assisted and laparoscopic repair of ureteropelvic junction obstruction: a systematic review and meta-analysis. *Eur Urol* 2014; 65: 430–452
- [10] Awad H, Santilli S, Ohr M et al. The effects of steep trendelenburg positioning on intraocular pressure during robotic radical prostatectomy. *Anesth Analg* 2009; 109: 473–478
- [11] Bach C, Miernik A, Schonhaler M. Training in robotics: The learning curve and contemporary concepts in training. *Arab J Urol* 2014; 12: 58–61
- [12] Ballantyne GH. Robotic surgery, telerobotic surgery, telepresence, and tele-mentoring. Review of early clinical results. *Surg Endosc* 2002; 16: 1389–1402
- [13] Barbash GI, Glied SA. New technology and health care costs—the case of robot-assisted surgery. *N Engl J Med* 2010; 363: 701–704
- [14] Becker F, Van Poppel H, Hakenberg OW et al. Assessing the impact of ischemia time during partial nephrectomy. *Eur Urol* 2009; 56: 625–634
- [15] Binder J, Kramer W. Robotically-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int* 2001; 87: 408–410
- [16] Boger M, Lucas SM, Popp SC et al. Comparison of robot-assisted nephrectomy with laparoscopic and hand-assisted laparoscopic nephrectomy. *JSLA* 2010; 14: 374–380
- [17] Bolenz C, Freedland SJ, Hollenbeck BK et al. Costs of radical prostatectomy for prostate cancer: a systematic review. *Eur Urol* 2014; 65: 316–324
- [18] Braga LH, Pace K, DeMaria J et al. Systematic review and meta-analysis of robotic-assisted versus conventional laparoscopic pyeloplasty for patients with ureteropelvic junction obstruction: effect on operative time, length of hospital stay, postoperative complications, and success rate. *Eur Urol* 2009; 56: 848–857
- [19] Buse S. [Nephrectomy - pro robotic]. *Urologe A* 2012; 51: 666–668
- [20] Campbell SC, Novick AC, Belldegrun A et al. Guideline for management of the clinical T1 renal mass. *J Urol* 2009; 182: 1271–1279
- [21] 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
- [22] Chung SD, Kelle JJ, Huang CY et al. Comparison of 90-day re-admission rates between open retropubic radical prostatectomy (RRP), laparoscopic RP (LRP) and robot-assisted laparoscopic prostatectomy (RALP). *BJU Int* 2012; 110: E966–971
- [23] 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: 2003–2015
- [24] Crusco S, Jackson T, Advincula A. Comparing the da Vinci si single console and dual console in teaching novice surgeons suturing techniques. *JLS* 2014; 18
- [25] Darwiche F, Swain S, Kallingal G et al. Operative technique and early experience for robotic-assisted laparoscopic nephroureterectomy (RALNU) using da Vinci Xi. *Springerplus* 2015; 4: 298
- [26] DeLong JM, Shapiro O, Moinedeh A. Comparison of laparoscopic versus robotic assisted partial nephrectomy: one surgeon's initial experience. *Can J Urol* 2010; 17: 5207–5212
- [27] Diaz M, Peabody JO, Kapoor V et al. Oncologic outcomes at 10 years following robotic radical prostatectomy. *Eur Urol* 2015; 67: 1168–1176
- [28] Do HM, Holze S, Qazi H et al. [Radical prostatectomy – pro laparoscopic]. *Urologe A* 2012; 51: 617–623
- [29] Drouin SJ, Vaessen C, Hupertan V et al. Comparison of mid-term carcinologic control obtained after open, laparoscopic, and robot-assisted radical prostatectomy for localized prostate cancer. *World J Urol* 2009; 27: 599–605
- [30] Eden CG. Minimally invasive treatment of ureteropelvic junction obstruction: a critical analysis of results. *Eur Urol* 2007; 52: 983–989
- [31] Fernandes E, Elli E, Giulianotti P. The role of the dual console in robotic surgical training. *Surgery* 2014; 155: 1–4
- [32] Ficarra V, Iannetti A, Vianello F et al. Different pyeloplasty approaches, similar excellent results. *Eur Urol* 2014; 65: 453–454
- [33] Ficarra V, Novara G, Ahlering TE et al. Systematic review and meta-analysis of studies reporting potency rates after robot-assisted radical prostatectomy. *Eur Urol* 2012; 62: 418–430
- [34] 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: 1037–1063
- [35] Ficarra V, Novara G, Rosen RC et al. Systematic review and meta-analysis of studies reporting urinary continence recovery after robot-assisted radical prostatectomy. *Eur Urol* 2012; 62: 405–417
- [36] Ganzer R, Do M, Rai BP et al. [Laparoscopic radical prostatectomy]. *Urologe A* 2015; 54: 172–177
- [37] Gettman MT, Blute ML, Chow GK et al. Robotic-assisted laparoscopic partial nephrectomy: technique and initial clinical experience with DaVinci robotic system. *Urology* 2004; 64: 914–918
- [38] Gill IS, Eisenberg MS, Aron M et al. "Zero ischemia" partial nephrectomy: novel laparoscopic and robotic technique. *Eur Urol* 2011; 59: 128–134
- [39] Guillonneau B, Jayet C, Tewari A et al. Robot assisted laparoscopic nephrectomy. *J Urol* 2001; 166: 200–201
- [40] Gumus E, Boylu U, Turan T et al. The learning curve of robot-assisted radical prostatectomy. *J Endourol* 2011; 25: 1633–1637
- [41] Hayn MH, Hussain A, Mansour AM et al. The learning curve of robot-assisted radical cystectomy: results from the International Robotic Cystectomy Consortium. *Eur Urol* 2010; 58: 197–202
- [42] Hellenthal NJ, Hussain A, Andrews PE et al. Lymphadenectomy at the time of robot-assisted radical cystectomy: results from the International Robotic Cystectomy Consortium. *BJU Int* 2011; 107: 642–646
- [43] Hemal AK, Kumar A. A prospective comparison of laparoscopic and robotic radical nephrectomy for T1–2N0M0 renal cell carcinoma. *World J Urol* 2009; 27: 89–94
- [44] Hoda MR, Fornara P. [Nephrectomy - pro laparoscopic]. *Urologe A* 2012; 51: 658–665
- [45] Hussain A, Malik A, Halim MU et al. The use of robotics in surgery: a review. *Int J Clin Pract* 2014; 68: 1376–1382
- [46] Janetschek G. [Partial nephrectomy - pro laparoscopy]. *Urologe A* 2012; 51: 646–649
- [47] Kiss T, Bluth T, Heller A. [Anesthesia in endourological and robot-assisted interventions]. *Anaesthesist* 2012; 61: 733–744; quiz 745–737
- [48] Kumar A, Smith R, Patel VR. Current status of robotic simulators in acquisition of robotic surgical skills. *Curr Opin Urol* 2015; 25: 168–174
- [49] Lendvay TS, Brand TC, White L et al. Virtual reality robotic surgery warm-up improves task performance in a dry laboratory environment: a prospective randomized controlled study. *J Am Coll Surg* 2013; 216: 1181–1192
- [50] Liss MA, Abdelshehid C, Quach S et al. Validation, correlation, and comparison of the da Vinci trainer and the daVinci surgical skills simulator using the Mimic software for urologic robotic surgical education. *J Endourol* 2012; 26: 1629–1634
- [51] Ljungberg B, Bensalah K, Canfield S et al. EAU guidelines on renal cell carcinoma: 2014 update. *Eur Urol* 2015; 67: 913–924
- [52] Madhani AJN G, Salisbury JK. The Black Falcon: a teleoperated surgical instrument for minimally invasive surgery. *Intelligent Robots and Systems*. Victoria, BC: IEEE, 1998; 936–944
- [53] Manny TB, Gorbachinsky I, Hemal AK. Lower extremity neuropathy after robot assisted laparoscopic radical prostatectomy and radical cystectomy. *Can J Urol* 2010; 17: 5390–5393
- [54] Marescaux J, Leroy J, Gagner M et al. Transatlantic robot-assisted telesurgery. *Nature* 2001; 413: 379–380
- [55] Menon M, Hemal AK, Tewari A et al. Nerve-sparing robot-assisted radical cystoprostatectomy and urinary diversion. *BJU Int* 2003; 92: 232–236
- [56] Merseburger AS, Herrmann TR, Shariat SF et al. EAU guidelines on robotic and single-site surgery in urology. *Eur Urol* 2013; 64: 277–291
- [57] Moran ME. Rossum's universal robots: not the machines. *J Endourol* 2007; 21: 1399–1402
- [58] Moran ME. The da Vinci robot. *J Endourol* 2006; 20: 986–990
- [59] Morgan MS, Shakir NA, Garcia-Gil M et al. Single- versus dual-console robot-assisted radical prostatectomy: impact on intraoperative and postoperative outcomes in a teaching institution. *World J Urol* 2015; 33: 781–786
- [60] Mottrie A, De Naeyer G, Schatteman P et al. Impact of the learning curve on perioperative outcomes in patients who underwent robotic partial nephrectomy for parenchymal renal tumours. *Eur Urol* 2010; 58: 127–132
- [61] 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
- [62] Novara G, Catto JW, Wilson T et al. Systematic review and cumulative analysis of perioperative outcomes and complications after robot-assisted radical cystectomy. *Eur Urol* 2015; 67: 376–401
- [63] Novara G, Ficarra V, Mocellin S et al. Systematic review and meta-analysis of studies reporting oncologic outcome after robot-assisted radical prostatectomy. *Eur Urol* 2012; 62: 382–404
- [64] Novara G, Ficarra V, Rosen RC et al. Systematic review and meta-analysis of perioperative outcomes and complications after robot-assisted radical prostatectomy. *Eur Urol* 2012; 62: 431–452
- [65] Pandey R, Garg R, Darlong V et al. Unpredicted neurological complications after robotic laparoscopic radical cystectomy and ileal conduit formation in steep trendelenburg position: two case reports. *Acta Anaesthesiol Belg* 2010; 61: 163–166
- [66] Patel VR, Sivaraman A, Coelho RF et al. Pentafecta: a new concept for reporting outcomes of robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *Eur Urol* 2011; 59: 702–707
- [67] Porpiglia F, Morra I, Lucci Chiarissi M et al. Randomised controlled trial comparing laparoscopic and robot-assisted radical prostatectomy. *Eur Urol* 2013; 63: 606–614
- [68] Rodriguez AR, Rachna K, Pow-Sang JM. Laparoscopic extraperitoneal radical prostatectomy: impact of the learning curve on perioperative outcomes and margin status. *JLS* 2010; 14: 6–13
- [69] Rogers C, Laungani R, Krane LS et al. Robotic nephrectomy for the treatment of benign and malignant disease. *BJU Int* 2008; 102: 1660–1665
- [70] Russell AF. Robotics in surgery: history, current, and future applications. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2007
- [71] Satava RM. Surgical robotics: the early chronicles: a personal historical perspective. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2002; 12: 6–16
- [72] Satkunasivam R, Tsai S, Syan S et al. Robotic Unclamped "Minimal-margin" Partial Nephrectomy: Ongoing Refinement of the Anatomic Zero-ischemia Concept. *Eur Urol* 2015
- [73] Schumacher MC, Jonsson MN, Hosseini A et al. Surgery-related complications of robot-assisted radical cystectomy with intracorporeal urinary diversion. *Urology* 2011; 77: 871–876
- [74] Secin FP, Savage C, Abbou C et al. The learning curve for laparoscopic radical prostatectomy: an international multicenter study. *J Urol* 2010; 184: 2291–2296