

M. Hünerbein · S. Gretschel · B. Rau · P.M. Schlag

Klinik für Chirurgie und Chirurgische Onkologie, Charité,
Campus Berlin-Buch, Robert-Rössle-Klinik im Helios-Klinikum Berlin

Traumareduktion durch minimal invasive Chirurgie

Gesicherte Daten und neue Strategien

Zusammenfassung

Es konnte mehrfach gezeigt werden, dass die technischen Errungenschaften der minimal invasiven Chirurgie sich insbesondere durch Reduktion der perioperativen Morbidität positiv auf die klinischen Ergebnisse auswirken. Neben einer verringerten postoperativen Schmerzsymptomatik und Beeinträchtigung der Lungenfunktion sowie verbesserten kosmetischen Resultaten haben auch die verkürzte Hospitalisationsphase und schnellere Rekonvaleszenz der Patienten zu einer raschen Akzeptanz beigetragen. Inzwischen gehören verschiedene minimal invasive Eingriffe zur klinischen Routine. Im Vergleich hierzu ist der Stellenwert laparoskopischer Operationsverfahren in der onkologischen Chirurgie schwieriger einzuschätzen, da es gilt, nicht nur die kurzfristigen Vorteile wie Schmerzmittelverbrauch und Hospitalisierung zu bewerten, sondern auch die langfristigen Auswirkungen auf rezidivfreies und Gesamtüberleben. Hier existieren zurzeit noch zu wenig valide Daten aus prospektiven randomisierten Studien. Es erscheint wahrscheinlich, dass die Minimal Invasive Chirurgie in der Behandlung von Präneoplasien und Tumoren von limitierter Größe einen wichtigen Stellenwert erlangen kann.

Schlüsselwörter

Minimal invasive Chirurgie · Laparoskopie · Krebs · Morbidität · Computergestützte Chirurgie

Ohne Zweifel hat die minimal invasive Chirurgie in den letzten 10 Jahren entscheidend zur Verbesserung der operativen Therapieergebnisse in der Viszeralchirurgie beigetragen. Moderne Videoendoskopiesysteme und laparoskopische Instrumente ermöglichen eine erhebliche Traumareduktion des operativen Eingriffes nicht alleine durch die Verkleinerung des Zugangsweges zur Abdominalhöhle, sondern auch durch exzellente Exposition der Anatomie mit der Möglichkeit einer subtileren Präparation. Die Vorteile der Chirurgie der kleinen Zugangswege sind in zahlreichen prospektiven, randomisierten Studien belegt. Insbesondere hat die teilweise erhebliche Verringerung der operationsbedingten Morbidität wesentlich zu einer raschen Akzeptanz der Methode bei Chirurgen und Patienten beigetragen. Neben einer reduzierten postoperativen Schmerzsymptomatik und Beeinträchtigung der Lungenfunktion sowie verbesserten kosmetischen Resultaten kann durch minimal invasive Chirurgie eine verkürzte Hospitalisationsphase und schnellere Rekonvaleszenz der Patienten erreicht werden.

Trotz der offensichtlichen Vorteile haben minimal invasive Operationsverfahren nur in einem relativ begrenzten Indikationsspektrum allgemeine Verbreitung gefunden und die entsprechenden konventionellen Operationsverfahren verdrängt [10]. Hier sind insbesondere die laparoskopische Gallenblasen-, Antireflux- und Hernienchirurgie zu nennen. Im Gegensatz zu diesen überschaubaren Operationen werden komplexere Eingriffe auch weiterhin größ-

tenteils nicht minimal invasiv, sondern konventionell per Laparotomie durchgeführt [49]. Aktuelle Daten aus den Vereinigten Staaten demonstrieren eindrucksvoll, dass trotz des sicher derzeit vorhandenen Enthusiasmus z.B. im Jahr 2000 nur ein geringer Bruchteil (<3%) der Kolonresektionen laparoskopisch durchgeführt wurde [31].

Vorteile der Minimal Invasiven Chirurgie (MIC) sind reduzierte postoperative Schmerzsymptomatik und eine geringere postoperative Beeinträchtigung der Lungenfunktion, verbesserte kosmetische Resultate, eine verkürzte Hospitalisationsphase und schnellere Rekonvaleszenz.

Die Gründe für diese Situation sind unter anderem in der fehlenden Verfügbarkeit der Technik, den hohen Kosten, der technischen Schwierigkeit größerer Eingriffe, Defiziten in der Ausbildung und nicht zuletzt den negativen Effekten der Lernkurve zu suchen.

Insbesondere in der onkologischen Chirurgie wird der Stellenwert der laparoskopischen Chirurgie noch kontrovers beurteilt. Im Vergleich zu den nichtonkologischen Indikationsgebieten ist der

© Springer-Verlag 2003

Prof. Dr. Dr. h.c. P.M. Schlag
Charité, Campus Berlin-Buch,
Robert-Rössle-Klinik, 13122 Berlin
E-Mail: schlag@rrk-berlin.de

M. Hünerbein · S. Gretschel · B. Rau
P.M. Schlag

Reducing trauma with minimally invasive surgery. Evidence and new strategies

Abstract

Minimally invasive surgery has become a viable alternative to conventional surgery. The technical advantages of minimally invasive surgery can be translated into clinical benefits for the patients, i.e., less postoperative pain and impairment of lung function, better cosmetic results, shorter hospitalization, and earlier convalescence. Laparoscopic operations have replaced a significant proportion of open surgical procedures and are now routinely used. While the role of laparoscopic surgery has been generally accepted for the management of benign disorders, there is ongoing debate regarding the adequacy of this technique in surgical oncology. There is evidence that minimally invasive surgery can reduce perioperative morbidity in cancer patients. However, definite validation of these procedures for tumor surgery is not yet available due to the lack of prospective randomized trials providing reliable long-term data on disease-free survival and overall survival. It seems likely that minimally invasive procedures will play an important role for the treatment of preneoplastic lesions and tumors of limited size.

Keywords

Minimally invasive surgery · Laparoscopy · Cancer · Morbidity · Computer-assisted surgery

Stellenwert wesentlich schwieriger einzuschätzen, da es gilt, nicht nur die kurzfristigen Vorteile einer verringerten perioperativen Morbidität zu bewerten, sondern auch deren langfristige Auswirkungen auf rezidivfreies und Gesamtüberleben der Patienten. Die Ergebnisse erster Langzeitstudien weisen jedoch darauf hin, dass sich die positiven Effekte der minimal invasiven Chirurgie auch auf selektierte Patienten mit gastrointestinalen Tumoren übertragen lassen [27]. Es ist jedoch abzusehen, dass diese Methode auch in Zukunft insbesondere Patienten mit Präneoplasien oder frühen Karzinomen zugute kommen kann. Klare Vorteile bietet die Laparoskopie auf jeden Fall im Hinblick auf ein verbessertes Staging gastrointestinaler Tumoren mit der gleichzeitigen Möglichkeit der Durchführung von verschiedenen Palliativeingriffen.

Anhand von Mitteilungen aus der Literatur und eigenen Erfahrungen werden nachfolgend gesicherte Daten und neue Strategien zur Traumareduktion durch minimal invasive Chirurgie komprimiert dargestellt.

Allgemeinchirurgie

Ohne Zweifel stellen minimal invasive Operationsverfahren im Hinblick auf eine Reduktion des chirurgischen Zugangstraumas und eine geringere Beeinträchtigung der Kosmetik eine sinnvolle Entwicklung für den Patienten dar.

Inwiefern diese Vorteile jedoch auch klinische Relevanz haben, bedarf einer differenzierten Bewertung für die verschiedenen Operationsverfahren. Hier müssen einerseits die unterschiedliche Morbidität und Komplikationsraten verschiedener konventioneller Operationen berücksichtigt werden, andererseits dürfen die kurzfristigen Vorteile eines günstigen perioperativen Verlaufs im Vergleich zu den chirurgischen Langzeitergebnissen nicht überbewertet werden. Die Reduktion des chirurgischen Trauma kann nur als Argument für die minimal invasive Chirurgie herangezogen werden, wenn insgesamt betrachtet gleichwertige Operationsergebnisse evidenzbasiert belegt sind.

Die umfanglichsten Daten liegen insbesondere für die laparoskopische Cholezystektomie, Fundoplicatio und Appendektomie vor.

Cholezystektomie

Die laparoskopische Cholezystektomie ist seit ihrer erstmaligen Anwendung im Jahre 1985 die einzige Operation der MIC geblieben, die sich generell durchgesetzt hat und heute als Standard angesehen wird. Ursache ist eine bisher hohe Akzeptanz bei Patienten und Chirurgen aufgrund des geringeren Operationstraumas und günstigeren kosmetischen Ergebnisses. Verschiedene randomisierte Studien bescheinigen der laparoskopischen Cholezystektomie einen geringeren postoperativen Schmerzmittelbedarf, eine bessere postoperative Lungenfunktion, kürzere Hospitalisationsdauer und frühere Rekonvaleszenz der Patienten bei gleichwertigen chirurgischen Ergebnissen einschließlich der Möglichkeit der Choledochusrevision [34]. Selbst die akute Cholezystitis wird zunehmend laparoskopisch operiert. Auch hier konnte in einer randomisierten Studie eine signifikante Reduktion der Morbidität in der Laparoskopiegruppe nachgewiesen werden (3% vs. 20%) [24]. Einzig das Gallenblasenkarzinom ist eine Domäne der offenen Chirurgie geblieben. Allerdings ist die Inzidenz von iatrogenen Gallenwegsverletzungen mit 0,55% ca. 2- bis 4-mal höher als bei der konventionellen Cholezystektomie [55]. Inwiefern eine weitere Verbesserung der Ergebnisse der laparoskopischen Cholezystektomie durch Verwendung von 2-mm-Instrumenten erzielt werden kann, muss noch untersucht werden.

Laparoskopische Fundoplicatio

Auch die laparoskopische Fundoplicatio hat sich als minimal invasive Alternative zur offenen Operation etabliert und erlaubt eine effektive Refluxkontrolle bei etwa 90% der Patienten [58]. Auch hier konnte in verschiedenen Studien eine verminderte Schmerzsymptomatik und eine signifikante Reduktion der Hospitalisationsdauer (7,5 vs. 3,6 Tage) nachgewiesen werden. Während eine temporäre Dysphagie nach laparoskopischer Fundoplicatio häufig beobachtet wird, treten dauerhafte dysphagische Beschwerden mit einer vertretbaren Häufigkeit von 3% auf [10].

Die Frage ob eine 360°- (Nissen) oder eine 180°-Manschette (Toupet) angelegt werden sollte, wird derzeit unterschiedlich diskutiert. Wie eine prospek-

tiv-randomisierte Studie zeigt, reicht offenbar die 180°-Manschette aus, um einen erneuten Reflux bei geringerer Dysphagierate zu verhindern [16].

Laparoskopische Appendektomie

Die laparoskopische Appendektomie hat sich aufgrund eines nur marginal geringeren Schmerzmittelbedarfs der Patienten und Hospitalisationszeit, aber längerer Operationszeit und deutlich höheren Kosten gegenüber dem konventionellen Vorgehen nicht generell durchgesetzt. Allerdings treten nach laparoskopischer Appendektomie insbesondere bei adipösen Patienten weniger lokale Wundinfektionen auf [47]. Der unbestreitbare Vorteil des laparoskopischen Vorgehens liegt in der Möglichkeit der wenig invasiven Diagnostik bei unklaren Befunden.

Laparoskopische Hernioplastik

Eine aktuelle Metaanalyse randomisierter kontrollierter Studien fasst die derzeitigen Ergebnisse der laparoskopischen Hernioplastik von insgesamt 58 Studien zusammen [56]. Neben einer verringerten Morbidität ergibt sich auch eine geringere Rezidivrate. Die Kosten, Operationszeit und die postoperative Komplikationsrate waren nach laparoskopischen Eingriffen etwas höher. Die laparoskopische Hernienoperation hat sich auch aus anderen Gründen bisher noch nicht auf breiter Basis durchgesetzt. Sie bedarf einer erheblichen Lernkurve, um sie so sicher wie das offene Verfahren ausführen zu können (TEP>TAPP), und benötigt immer eine Allgemeinnarkose sowie eine Netzimplantation. Als am weitesten vertretene und gesicherte Indikation gelten derzeit die monströse Skrotalhernie, beidseitige Leistenhernien und die Rezidivhernie.

Fazit

Insgesamt deutet alles darauf hin, dass die generellen Vorteile der Minimal Invasiven Chirurgie im Hinblick auf die Reduktion des Zugangstraumas bei entsprechender chirurgischer Expertise auch auf verschiedene andere viszeralchirurgischen Operationen übertragen werden können. Allerdings ist eine sorgfältige Überprüfung der chirurgischen Langzeitergebnisse für jede Indikation erforderlich, bevor eine prinzipielle

Überlegenheit der laparoskopischen Technik postuliert werden kann.

Onkologische Chirurgie

Staginglaparoskopie

Durch die zunehmende Entwicklung effektiver multimodaler Therapieschemata kommt dem präoperativen Staging gastrointestinaler Tumoren eine entscheidende Bedeutung für die Festlegung der Behandlungsstrategie zu. Ohne eine akkurate Stadienklassifikation ist es unmöglich, eine korrekte Einschätzung zu treffen, inwiefern ein radikaler operativer Eingriff im Hinblick auf perioperative Morbidität bzw. Mortalität und die zu erwartenden Langzeitergebnisse gerechtfertigt ist. Der nicht zu vernachlässigende Anteil an explorativen Laparotomien bei viszeralchirurgischen Tumoreingriffen demonstriert nachhaltig, dass die konventionelle bildgebende Diagnostik nicht über eine ausreichende Sensitivität für kleinvolumige Tumormanifestationen verfügt.

Inzwischen wird in verschiedenen chirurgisch-onkologischen Zentren die operative Laparoskopie routinemäßig zum Staging gastrointestinaler Tumoren eingesetzt. Bereits 1989 wurde eine prospektive Untersuchung an 90 Patienten mit Ösophagus- bzw. Kardiakarzinomen durchgeführt, in der die Staginglaparoskopie eine signifikant höhere Sensitivität für die Detektion einer intraabdominellen Tumordissemination, d. h. einer Peritonealkarzinose oder Lebermetastasierung als die transkutane Sonographie ($p<0,01$) oder Computertomographie ($p<0,02$) zeigte [59]. Trotz der techni-

schen Weiterentwicklung der bildgebenden Verfahren wurde auch in aktuellen Untersuchungen die Überlegenheit der Laparoskopie in der Diagnostik intraabdomineller Metastasen von gastrointestinalen Tumoren festgestellt [12]. Obwohl teilweise eine ausgedehnte präoperative Diagnostik durchgeführt wurde, konnte in mehreren Studien erst durch die Staginglaparoskopie eine intraabdominelle Metastasierung bei etwa 20–30% der Patienten diagnostiziert werden [14, 26, 30, 41, 57]. Die Staginglaparoskopie, kombiniert mit laparoskopischem Ultraschall, ist bei sorgfältiger Indikationsstellung zurzeit die effektivste Methode für das präoperative Staging gastrointestinaler Tumoren und kann entscheidend zur Reduktion der Rate an explorativen Laparotomien beitragen (Tabelle 1).

Die Staginglaparoskopie, kombiniert mit laparoskopischem Ultraschall, ist zurzeit die effektivste Methode für das Staging gastrointestinaler Tumoren.

Obwohl schwere Komplikationen der Staginglaparoskopie selten sind, muss kritisch angemerkt werden, dass die Staginglaparoskopie mit einer zwar geringen, aber nicht zu vernachlässigenden Morbidität (3–5%) und Letalität (0,1%) assoziiert ist [22]. Dieses wird jedoch durch die Reduktion der Rate von explorativen Laparotomien, die bekanntermaßen mit einer wesentlich höheren Komplikationsrate einhergehen, durchaus aufgewogen. Ein weiteres Problem der Staginglaparoskopie sind die in Ein-

Tabelle 1
Ergebnisse der Staginglaparoskopie bei Tumoren des oberen Gastrointestinaltraktes

Autor	Jahr	Karzinom	(n)	Laparotomie vermieden [%]
Stein [53]	1997	Ösophagus/Kardia	127	63
Schlag et al. [48]	2001	Ösophagus	80	24
Burke [6]	1997	Magen	104	23
Feussner [15]	1999	Magen	111	27
Schlag [48]	2001	Magen	227	25
Conlon [9]	1996	Pankreas	110	37
Andren [1]	1998	Pankreas	60	46
Schlag [48]	2001	Pankreas	77	42

zelfällen beschriebenen Portmetastasen, deren Inzidenz jedoch offensichtlich geringer ist als bisher angenommen [37]. In unserem Krankengut von mittlerweile über 700 Staginglaparoskopien wurde bisher bei keinem der später kurativ resezierten Patienten eine Port-Metastase beobachtet.

Kurative Resektionsverfahren

Der Stellenwert der minimal invasiven Chirurgie für kurative Tumorresektionen bedarf einer differenzierten Betrachtung, da nicht nur die kurzfristigen Vorteile der geringeren perioperativen Morbidität, sondern auch die langfristigen Auswirkungen auf rezidivfreies und Gesamtüberleben der Patienten berücksichtigt werden müssen. Tumorpatienten wären schlecht beraten, wenn kurze und weniger beeinträchtigende Primäreingriffe langfristig später u. U. eine chancenlose Rezidiv- oder Palliativtherapie nach sich ziehen würden.

Die häufigste Anwendung von MIC-Verfahren hat bisher in der laparoskopischen oder laparoskopisch unterstützten Kolonchirurgie stattgefunden. Inzwischen wurde wiederholt gezeigt, dass die laparoskopische Technik bezüglich Resektatlänge, Anzahl entfernter Lymphknoten und auch der zentralen Gefäßligatur ohne Kompromisse an die onkologischen Grundprinzipien prinzipiell realisierbar sind [17, 20]. Gleichzeitig zeigte sich, dass die minimal invasive Operationstechnik sich auch in der Kolonkarzinomchirurgie positiv auf den unmittelbar postoperativen Verlauf auswirkt [4, 5]. Ähnlich wie in der Allgemeinchirurgie wurde eine verminderte Schmerzsymptomatik, eine geringere pulmonale Funktionsbeeinträchtigung sowie kürzere Darmparalyse mit früherem Kostaufbau festgestellt [25]. Mehrere Studien haben die Reduktion der Hospitalisationszeit nach MIC im Vergleich zur offenen Chirurgie als einen wichtigen Vorteil herausgestellt, wobei die Hospitalisationsdauer um 2–5 Tage reduziert werden konnte [53]. Sie liegt für die laparoskopische Kolonresektion bei 4–8 Tagen im Vergleich zu 8–15 Tagen in der offenen Kolonchirurgie. Die Ergebnisse retrospektiver Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Langzeitprognose nach laparoskopischer Kolonkarzinomresektion vergleichbar zur konventionellen Resektion ist [39]. In ei-

ner erst kürzlich publizierten, prospektiv randomisierten Studie an einem Patientenkollektiv von 229 Patienten zeigte sich sogar ein signifikanter Vorteil in der krebbsbedingten Mortalität von 12% für die Laparoskopiegruppe [27]. Allerdings wiesen beide Gruppen eine deutliche Inhomogenität im Hinblick auf Tumorgrading, Lokalisation und Resektionsverfahren auf, die eine Bewertung der Studie erschwert.

Insgesamt ist die Datenlage im Hinblick auf unselektierte 5-Jahres-Überlebensraten und die krankheitsfreie Überlebenszeit noch nicht ausreichend, um dieses Verfahren als Standard in der Onkologie zu etablieren. Die Anzahl der in randomisierte Studien eingebrachten Patienten mit einer ausreichenden Nachbeobachtungszeit ist hierzu immer noch zu klein (Tabelle 2). Solange diese Daten nicht ausreichend gesichert vorliegen, sollte die minimal invasive Chirurgie für Tumoren im unteren Gastrointestinaltrakt außerhalb von Studien nicht propagiert werden.

Die minimal invasive Chirurgie für Tumoren im unteren Gastrointestinaltrakt sollte außerhalb von Studien derzeit nicht propagiert werden.

Inzwischen gibt es auch zahlreiche Berichte über die Durchführung minimal invasiver Resektionsverfahren bei anderen Tumorentitäten, wie z. B. der kombiniert thorakoskopischen/laparoskopischen Ösophagusresektion oder der Pankreasschwanzresektion [2, 36]. Trotz der technischen Möglichkeit muss jedoch auch hier vor einer unkritischen

Anwendung minimal invasiver Operationsverfahren bei Tumorerkrankungen außerhalb von Studien nachdrücklich gewarnt werden.

Erfreulicherweise hat sich jedoch inzwischen nach der Auswertung von Langzeitstudien mit größeren Fallzahlen gezeigt, dass die Rate von Port-Site-Metastasen unter 3% liegt und damit das Risiko von Bauchwandmetastasen, wie sie aus der offenen Chirurgie bekannt sind, nicht übersteigt [37].

Palliativeingriffe

Insbesondere im Hinblick auf die zunehmende Verbreitung der Staginglaparoskopie und die teilweise erhebliche Morbidität und Mortalität konventioneller Palliativoperationen sind laparoskopische Palliativeingriffe auf zunehmendes Interesse gestoßen.

Prinzipiell liegt der Vorteil einer solchen Vorgehensweise bei Patienten, deren Leiden im Rahmen der Staginglaparoskopie als inkurabel eingeschätzt wurde, auf der Hand, wenn hieraus keine höhere Rate postoperativer Komplikationen oder unzureichender Anastomosenfunktionen resultiert.

Die Anlage einer Gastroenteroanastomose als häufigster Palliativeingriff beim irresektablen distalen Magenkarzinom stellt derzeit technisch in der laparoskopischen Chirurgie keine allzu große Herausforderung mehr dar. Dennoch wurden bis heute nur kleine Serien über die Palliation des nicht resektablen stenosierenden Magenkarzinoms mittel MIC publiziert [40, 45]. Auch bei Magenausgangsstenose durch einen lokal fortgeschrittenen Pankreaskopftumor ist eine Gastroenterostomie mit Braun-

Tabelle 2
Ergebnisse der laparoskopischen/konventionellen Kolonkarzinomchirurgie aus repräsentativen vergleichenden Studien (prospektiv)

	Stage [51] n=34	Hewitt [19] n=32	Leung [29] n=84	Lacy [27] n=229
Operationsdauer	150 min/95 min	165 min/107 min	192 min/148 min	142 min/118 min
Konversionsrate	17%	16%	14%	k.A.
Morbidität	k.A.	k.A.	k.A.	11%/29%
Hospitalisation	5 Tage/8 Tage	6 Tage/7 Tage	5 Tage/7 Tage	5,2 Tage/7,9 Tage
5-JÜLR	k.a.	k.a	95%/74%	90%/77% ^a

^aAus den Kaplan-Meier-Diagrammen.

Fußpunktanastomose technisch gut zu realisieren [11, 38]. In einer retrospektiven vergleichenden Untersuchung laparoskopischer vs. offener palliativer Eingriffe, zeigte sich hinsichtlich der postoperativen Morbidität mit 7% vs. 43%, der postoperativen Letalität mit 0% vs. 29% und einer stationären Behandlungsdauer von 9 vs. 21 Tagen ein deutlicher Vorteil für das laparoskopische Vorgehen [42]. Ebenso erscheint die laparoskopische Anlage eines Kolostoma beim stenosierenden metastasierten Rektumkarzinom als sinnvolle Indikation [35].

Klare Zahlen darüber, inwieweit durch minimal invasive Chirurgie ein ausreichender und anhaltender Palliativ-effekt erreicht werden kann, sind bisher nicht verfügbar. Allerdings fehlen prinzipiell randomisierte Studien zur Effektivität und Lebensqualität auch in der offenen Palliativchirurgie.

Neue Strategien

Es gibt verschiedene, insbesondere technische Limitationen der laparoskopischen Chirurgie, die den Vorteil der Traumareduktion durch einen kleinen Zugangsweg aufzuheben scheinen. Im Wesentlichen tragen verschiedene Faktoren aus den Bereichen Visualisierung, Instrumentation, Ergonomie und Ausbildung zu dieser Problematik bei.

So ermöglichen laparoskopische Kamerasysteme zwar durch ihre hervorragende optische Qualität und Vergrößerung eine genaue Inspektion der Abdominalhöhle, jedoch wird dieser Vorteil teilweise durch eine instabile Kameraführung und die fehlende Dreidimensionalität eingeschränkt. Obwohl es in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte auf dem Gebiet der Instrumentation z. B. durch die Entwicklung flexibler laparoskopischer Stapler gegeben hat, wird eine präzise und atraumatische Operationstechnik zum Teil durch die limitierten Freiheitsgrade laparoskopischer Instrumente beeinträchtigt. Oftmals wird es deswegen auch notwendig, zusätzliche Trokare zu platzieren, um eine optimale Exposition des Operationsgebietes zu erzielen. Darüber hinaus erschwert die fehlende taktile Sensibilität mit laparoskopischen Instrumenten die akkurate Handhabung vulnerabler Gewebe und intraoperative Orientierung, da z. B. eine Palpation nicht mög-

lich ist. Die ungenügende Ergonomie verschiedener laparoskopischer Operationstechniken ist ein weiterer Faktor, der die Effektivität und Akzeptanz dieser Methode einschränkt. Nicht zuletzt könnten Verbesserungen in der chirurgischen Ausbildung z. B. durch standardisierte Trainingsprogramme zur Optimierung der Ergebnisse der minimal invasiven Chirurgie und Qualitätssicherung beitragen.

Viel versprechende Lösungsansätze für die oben genannten Probleme der minimal invasiven Chirurgie ergeben sich aus der Computer Assisted Surgery (CAS), wobei den Teilbereichen Robotik, Navigation und Operationssimulation eine besondere Bedeutung zukommt.

Robotik

Als erster Roboter für die minimal invasive Chirurgie wurde 1994 AESOP („automated endoscope system for optimal positioning“) durch die FDA zugelassen [44]. Dieses System ermöglicht über einen am Operationstisch angebrachten Roboterarm die Führung der Laparoskopiekamera durch Stimmbefehle des Operateurs. Es konnte inzwischen gezeigt werden, dass AESOP eine ruhige und zuverlässige Kameraführung ermöglicht und damit die Kameraführung durch einen Assistenten ersetzen kann [18]. Eine Überlegenheit des Systems gegenüber der konventionellen Methode konnte jedoch bisher nicht nachgewiesen werden. Darüber hinaus erscheint die von verschiedenen Arbeitsgruppen propagierte Solochirurgie mit AESOP auch im Hinblick auf die Notwendigkeit eines Assistenten bei den meisten Eingriffen und der Ausbildung des chirurgischen Nachwuchses problematisch.

Inzwischen wurden verschiedene Robotersysteme entwickelt, die neben der Kameraführung auch die Durchführung chirurgischer Interventionen ermöglichen. Diese Systeme sind nicht als autonome Roboter, sondern als Master-Slave-Systeme konzipiert, d. h., der Chirurg kontrolliert an einer Workstation („master“) die Aktionen des Roboters („slave“). Der Chirurg steuert von der Masterkonsole über ergonomische Handstücke den Slave-Arm wobei die Aktionen auf einem 3-D-Bildschirm überwacht werden können. Die Effektoren verfügen über 2 Interventionsarme, an die verschiedene Instrumente ange-

bracht werden können, und einen Kameraarm mit einer 3-D-Optik. Die Instrumente verfügen über 6 Freiheitsgrade der Artikulation und 2 Rotationsfreiheitsgrade und ähneln damit in ihrer Funktionalität der menschlichen Hand. Damit verfügen die Effektorinstrumente über einen deutlich größeren Bewegungsspielraum als laparoskopische Instrumente. Zusätzlich kann die Ausführungsgeschwindigkeit variiert („motion scaling“) und der Tremor herausgefiltert werden.

Während das ARTEMIS-System („advanced robotic telemanipulator for minimally invasive surgery“) sich noch in der präklinischen Evaluation befindet [50], werden sowohl Zeus (Computer Motion) als auch da Vinci (Intuitive Surgical) bereits klinisch eingesetzt. Da Vinci wurde ursprünglich für die koronare Bypasschirurgie [3] entwickelt und erfolgreich getestet. Erste Erfahrungen verschiedener Arbeitsgruppen deuten darauf hin, dass dieses System auch bei vizeralchirurgischen Operationen, wie z. B. Nissen Fundoplicatio, Cholezystektomie oder Kolektomie nutzbringend eingesetzt werden kann [8, 21, 43]. In einer randomisierten Studie erzielten Cadiere et al. bei der Fundoplikation mit da Vinci (n=10) vergleichbare Ergebnisse zur konventionellen laparoskopischen Technik (n=11). Allerdings war die Operationszeit mit da Vinci signifikant länger als bei der laparoskopischen Fundoplicatio (76 min vs. 52 min), was sicher zum Teil auch auf die Lernkurve zurückzuführen ist [7]. Für Zeus existieren bisher nur wenig klinische Daten, da das System erst 2001 durch die FDA für vizeralchirurgische Operationen zugelassen wurde. Marescaux et al. konnten bei 24 von 25 Patienten erfolgreich eine Cholezystektomie mit Zeus durchführen [33]. Durchschnittliche Operationsdauer und Krankenhausaufenthalt betragen 108 min bzw. 3 Tage.

Die bisher verfügbaren Daten zeigen, dass vizeralchirurgische Operationen mit Master-Slave-Systemen sicher und effektiv möglich sind. Die Vorteile dieser Technik ergeben sich aus der 3-D-Darstellung der Anatomie, der gesteigerten Beweglichkeit der Instrumente (6 Freiheitsgrade) und der verbesserten Ergonomie. Inwiefern diese theoretischen Vorteile sich auch in die entsprechenden operativen Ergebnisse umsetzen lassen, muss jedoch noch in weite-

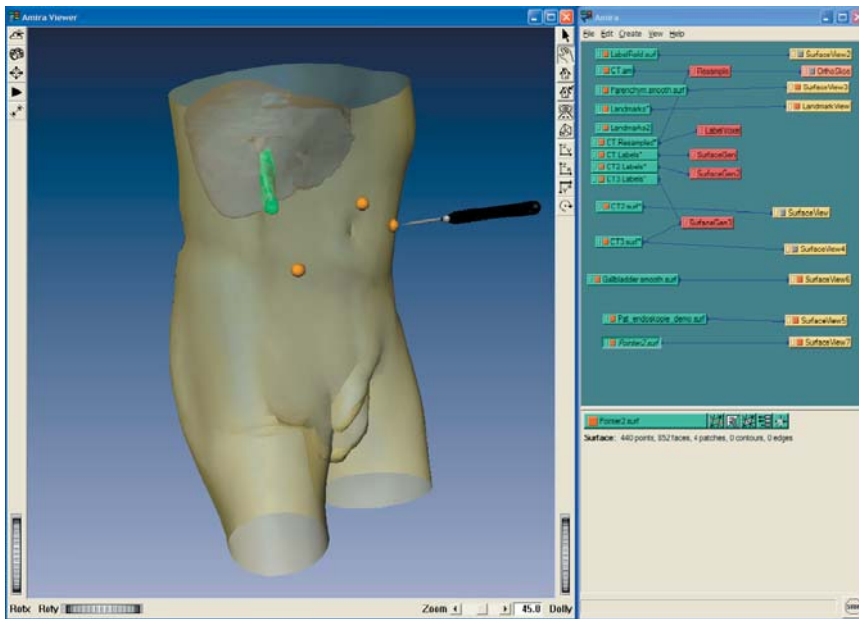


Abb. 1 ▲ **Benutzeroberfläche des von unserer Arbeitsgruppe entwickelten Planungsmoduls für minimal invasive Chirurgie (OP2000)**

ren Studien validiert werden. Sicher ist hier in Zukunft jedoch noch eine weitere Adaptation der Technik an die klinischen Erfordernisse in der Viszeralchirurgie notwendig.

Präoperative virtuelle Operationsplanung und Simulation

Eine akkurate präoperative Planung ist von besonderer Bedeutung in der minimal invasiven Chirurgie, da der Erfolg dieser Eingriffe entscheidend von der korrekten Wahl des Zugangsweges, d. h. Anzahl und Platzierung der Trokare und dem davon abhängigen Wirkungskreis und -grad der laparoskopischen Instrumente abhängig ist.

Mittels der konventionellen Schnittbildverfahren können zwar viele anatomische Informationen dargestellt werden, die mentale Umsetzung dieser Informationen in ein 3-dimensionales Bild der individuellen anatomischen Verhältnisse bleibt jedoch auch für den erfahrenen Chirurgen schwierig. Darüber hinaus ist die Integration der Daten verschiedener bildgebender Verfahren (Bildfusion und -matching) zu einem Gesamtbild und die Einordnung quantitativer Zusammenhänge oft nur unzureichend möglich. Hier ergeben sich neue Perspektiven durch virtuelle Operationsplanungs- und Simulationssysteme. Diese Systeme erlauben auf der Ba-

sis von 3-D-Bilddatensätzen die Rekonstruktion eines computergenerierten (virtuellen) Patientenmodells, das der Realität sehr nahe kommt (Abb. 1). Das Modell kann entsprechend den Anforderungen des Chirurgen modifiziert und intuitiv dargestellt werden. Eine interaktive Planung der Trokarplatzierung und der Resektionsschritte wird durch

spezielle Softwaretools einschließlich der Darstellung laparoskopischer Instrumente möglich, sodass der Chirurg verschiedene Fragestellungen und Szenarien systematisch am Computer untersuchen kann (Abb. 2). Insbesondere für die Leberchirurgie wurden inzwischen verschiedene Computerprogramme für die virtuelle Planung von Leberresektion vorgestellt [28]. Operationssimulatoren mit der dargestellten chirurgischen Planung eines realen Patienten befinden sich jedoch noch in der Entwicklungsphase [32].

Im Gegensatz dazu sind inzwischen verschiedene Laparoskopiesimulatoren, wie z. B. MIST-VR (Virtual Presence Ltd.) oder Lapsim (Surgical Science) kommerziell verfügbar, die ein virtuelles Laparoskopietraining an simulierten Organen unter Verwendung von Force-Feedback-Instrumenten erlauben. Es konnte gezeigt werden, dass diese Simulatoren im Rahmen der Ausbildung zum laparoskopischen Operieren einen positiven Effekt haben und so in Zukunft die Lernkurve deutlich reduzieren könnten [23].

Intraoperative Navigation

Insbesondere bei komplexen laparoskopischen Eingriffen, wie z. B. Leberresektionen, besteht ein intraoperatives Orientierungsdefizit aufgrund des einge-

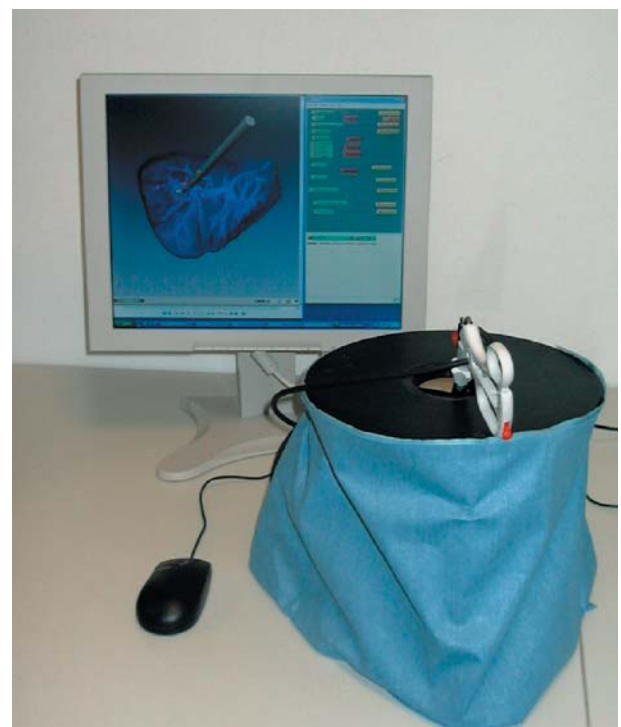


Abb. 2 ► **Von unserer Arbeitsgruppe konfektionierte Workstation für die interaktive Planung und Simulation laparoskopischer Operationen (OP2000)**

schränkten Sichtfeldes und der fehlenden taktilen Sensitivität. Intraoperative Navigationssysteme stellen die Schnittstelle zwischen präoperativer Planung und intraoperativer Realisation dar und können die intraoperative Orientierung und damit die Effektivität der minimal invasiven Chirurgie wesentlich verbessern. Während in anderen Gebieten der Chirurgie wie der Unfall-, Neuro- und MKG-Chirurgie Navigationssysteme bereits kommerziell verfügbar sind und klinisch erfolgreich eingesetzt werden [46, 54], sind solche Systeme in der Viszeralchirurgie noch nicht etabliert.

Ein wesentliches Problem besteht darin, dass die präoperativen Daten in der minimal invasiven Chirurgie aufgrund von Organverschiebungen und Deformierungen nicht ohne weiteres auf den Operationssitus übertragen werden können. Darüber hinaus ist ein Abgleich der präoperativen Diagnostik mit der intraoperativen Situation (Registrierung) nicht mittels knöcherner Landmarken möglich und muss zudem im Verlauf der Operation mehrfach aktualisiert werden können. Wir entwickeln derzeit ein Navigationssystem für die Laparoskopie (NavLap), basierend auf einem optischen Trackingsystem und 3-D-Ultraschall [13], das den oben genannten Anforderungen Rechnung trägt. Es ist zu erwarten, dass durch solche Navigationssysteme die Sicherheit, Effektivität und Komplexität minimal invasiver chirurgischer Eingriffe gesteigert werden kann.

Literatur

- Andren Sandberg A, Lindberg CG, Lundstedt C, Ihse I (1998) Computed tomography and laparoscopy in the assessment of the patient with pancreatic cancer. *J Am Coll Surg* 186:35–40
- Bärlechner E, Anders S, Schwetling R (2001) Die laparoskopische Pankreaslinksresektion bei Tumoren. Erste klinische Erfahrungen. *Zentralbl Chir* 126:482–485
- Boehm DH, Reichenspurner H, Gulbins H et al. (1999) Early experience with robotic technology for coronary artery surgery. *Ann Thorac Surg* 68:1542–1546
- Böhm B, Schwenk W, Müller JM (1999) Langzeitergebnisse nach laparoskopischer Resektion colorectaler Carcinome. *Chirurg* 70:453–455
- Bruch HP, Schiedeck TH, Schwandner O (1999) Laparoscopic colorectal surgery: a five-year experience. *Dig Surg* 16:45–54
- Burke EC, Karpeh MS, Conlon KC, Brennan MF (1997) Laparoscopy in the management of gastric adenocarcinoma. *Ann Surg* 225:262–267
- Cadier GB, Himpens J, Vertruyen M et al. (1999) Nissen fundoplication done by remotely controlled robotic technique. *Ann Chir* 53:137–141
- Chitwood WR Jr, Nifong LW, Chapman WH et al. (2001) Robotic surgical training in an academic institution. *Ann Surg* 234:475–484
- Conlon KC, Karpeh MSJ (1996) Laparoscopy and laparoscopic ultrasound in the staging of gastric cancer. *Semin Oncol* 23:347–351
- Cuschieri A (2000) Minimally invasive surgery: hepatobiliary-pancreatic and foregut. *Endoscopy* 32:331–344
- Cuschieri SA, Jakimowicz JJ (1998) Laparoscopic pancreatic resections. *Semin Laparosc Surg* 5:168–179
- D'Ugo DM, Coppola R, Persiani R et al. (1996) Immediately preoperative laparoscopic staging for gastric cancer. *Surg Endosc* 10:996–999
- Eulenstein S, Lange T, Hünerbein M (2002) Intraoperative Navigation for tumor resections in soft-tissue. *Proceedings of medical image understanding and analysis* 5:153–156
- Feussner H, Kraemer SJ, Siewert JR (1997) Staging Laparoskopie. *Chirurg* 68:201–209
- Feussner H, Omote K, Fink U et al. (1999) Pretherapeutic laparoscopic staging in advanced gastric carcinoma. *Endoscopy* 31:342–347
- Fibbe C, Layer P, Keller J et al. (2001) Esophageal motility in reflux disease before and after fundoplication: a prospective, randomized, clinical, and manometric study. *Gastroenterology* 121:5–14
- Fleshman JW, Wexner SD, Anvari M et al. (1999) Laparoscopic vs. open abdominoperineal resection for cancer. *Dis Colon Rectum* 42:930–939
- Geis WP, Kim HC, Brennan EJ et al. (1996) Robotic arm enhancement to accommodate improved efficiency and decreased resource utilisation in complex minimally invasive surgery procedures. *Stud Health Technol Inform* 29:471–481
- Hewitt PM, Ip SM, Kwok SP et al. (1998) Laparoscopic-assisted vs. open surgery for colorectal cancer: comparative study of immune effects. *Dis Colon Rectum* 41:901–909
- Hohenberger W, Schneider C, Reymond MA et al. (1997) Laparoscopic resection of colorectal malignancy – an oncological risk? *Zentralbl Chir* 122:1127–1133
- Horgan S, Vanuno D (2001) Robots in laparoscopic surgery. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 11:415–419
- Hünerbein M, Rau B, Hohenberger P, Schlag PM (2001) Zum Stellenwert der laparoskopischen Sonographie für das Staging gastrointestinaler Tumoren. *Chirurg* 72:914–919
- Hyltander A, Liljegren E, Rhodin PH, Lonroth H (2002) The transfer of basic skills learned in a laparoscopic simulator to the operating room. *Surg Endosc* 16:1324–1328
- Kiviluoto T, Siren J, Luukkonen P, Kivilaakso E (1998) Randomised trial of laparoscopic versus open cholecystectomy for acute and gangrenous cholecystitis. *Lancet* 351:321–325
- Kockerling F, Scheidbach H, Schneider C et al. (2000) Laparoscopic abdominoperineal resection: early postoperative results of a prospective study involving 116 patients. *The Laparoscopic Colorectal Surgery Study Group. Dis Colon Rectum* 43:1503–1511
- Kriplani AK, Kapur BM (1991) Laparoscopy for pre-operative staging and assessment of operability in gastric carcinoma. *Gastrointest Endosc* 37:441–443
- Lacy A.M, Garcia-Valdecasas JC, Delgado S et al. (2002) Laparoscopy-assisted colectomy versus open colectomy for treatment of non-metastatic colon cancer: a randomised trial. *Lancet* 359:2224–2229
- Lamade W, Glombitza G, Fischer L et al. (2000) The impact of 3-dimensional reconstructions on operation planning in liver surgery. *Arch Surg* 135:1256–1261
- Leung KL, Meng WC, Lee JF et al. (1999) Laparoscopic-assisted resection of right-sided colonic carcinoma: a case-control study. *J Surg Oncol* 71:97–100
- Lightdale CJ (1992) Endoscopic ultrasonography in the diagnosis, staging and follow-up of esophageal and gastric cancer. *Endoscopy* 24 [Suppl 1]:297–303
- Lo P, Ahmed N (2003) Which laparoscopic operations are the fastest growing in residency programs? *Surg Endosc* 15 [Suppl]:145
- Marescaux J, Clement JM, Tasseti V, Koehl C (1998) Virtual reality applied to hepatic surgery simulation: the next revolution. *Ann Surg* 228:627
- Marescaux J, Smith MK, Folscher D et al. (2001) Telescopic laparoscopic cholecystectomy: initial clinical experience with 25 patients. *Ann Surg* 234:1–7
- McMahon AJ, Russell IT, Baxter JN et al. (1994) Laparoscopic versus minilaparotomy cholecystectomy: a randomised trial. *Lancet* 343:135–138
- Milsom JW, Kim SH, Hammerhofer KA, Fazio VW (2000) Laparoscopic colorectal cancer surgery for palliation. *Dis Colon Rectum* 43:1512–1516
- Nguyen NT, Follette DM, Wolfe BM et al. (2000) Comparison of minimally invasive esophagectomy with transthoracic and transhiatal esophagectomy. *Arch Surg* 135:920–925
- Paolucci V, Schaeff B, Schneider M, Gutt C (1999) Tumor seeding following laparoscopy: international survey. *World J Surg* 23:989–995
- Park A, Schwartz R, Tandan V, Anvari M (1999) Laparoscopic pancreatic surgery. *Am J Surg* 177:158–163
- Poulin EC, Mamazza J, Schlachta CM et al. (1999) Laparoscopic resection does not adversely affect early survival curves in patients undergoing surgery for colorectal adenocarcinoma. *Ann Surg* 229:487–492
- Rau B, Hünerbein M, Schlag PM (1996) Advantages of laparoscopic palliative surgery in upper GI tract cancer. *Cancer Treat Rev* 22 [Suppl A]:109–111
- Rau B, Hünerbein M, Schlag PM (1995) Laparoskopie und laparoskopische Endosonographie als Staginguntersuchung bei Tumoren des oberen Gastrointestinaltraktes. *Zentralbl Chir* 120:346–349
- Rothliin MA, Schob O, Weber M (1999) Laparoscopic gastro- and hepaticojejunostomy for palliation of pancreatic cancer: a case controlled study. *Surg Endosc* 13:1065–1069
- Ruurda J.P, Broeders I.A.M.J, Simmermacher RPM et al. (2002) Feasibility of robot-assisted laparoscopic surgery: an evaluation of 35 robot-assisted laparoscopic cholecystectomies. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 12:41–45

44. Sackier JM, Wang Y (1997) Robotically assisted laparoscopic surgery: from concept to development. *Surg Endosc* 8:63–66
45. Saeger HD, Wehrmann U (1997) Minimally invasive surgery and tumor surgery – palliative laparoscopic techniques. *Chirurg* 68:225–230
46. Satava RM (1999) Emerging technologies for surgery in the 21st century. *Arch Surg* 134:1197–1202
47. Sauerland S, Lefering R, Holthausen U, Neugebauer EA (1998) Laparoscopic vs conventional appendectomy – a meta-analysis of randomised controlled trials. *Langenbecks Arch Surg* 383:289–295
48. Schlag PM, Rau B, Schneider A, Hünerbein M (2001) Minimal invasive Chirurgie. Aspekte der chirurgischen Onkologie des Gastrointestinaltraktes. *Chirurg* 72:245–251
49. Schumpelick V (2001) Über eine Dekade minimal-invasiver Chirurgie-Rückblick und Ausblick. 10 Jahre laparoskopische Chirurgie – Konsolidierung am neuen Markt. *Chirurg* 72:225–226
50. Schurr MO, Buess G, Neisius B, Voges U (2000) Robotics and telemanipulation technologies for endoscopic surgery. A review of the ARTEMIS project. *Advanced Robotic Telemanipulator for Minimally Invasive Surgery*. *Surg Endosc* 14:375–381
51. Stage JG, Schulze S, Moller P et al. (1997) Prospective randomized study of laparoscopic versus open colonic resection for adenocarcinoma. *Br J Surg* 84:391–396
52. Stein HJ, Kraemer SJ, Feussner H, Siewert JR (1997) Clinical value of diagnostic laparoscopy with laparoscopic ultrasound in patients with cancer of the esophagus and the cardia. *J Gastrointest Surg* 1997:167–173
53. Stocchi L, Nelson H (1998) Laparoscopic colectomy for colon cancer: trial update. *J Surg Oncol* 68:255–267
54. Stöckle U, König B, Dahne M et al. (2002) Navigationsverfahren in der Becken- und Azetabulumchirurgie. Klinische Erfahrungen, Indikationen und Grenzen. *Unfallchirurg* 105:886–892
55. Strasberg SM, Hertl M, Soper N (1995) An analysis of the problem of biliary injury during laparoscopic cholecystectomy. *J Am Coll Surg* 180:101–125
56. The EU-hernia trialists collaboration (2002) Repair of groin hernia with synthetic mesh: meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann Surg* 235:322–332
57. Warshaw AL, Tepper JE, Shipley WU (1986) Laparoscopy in the staging and planning of therapy for pancreatic cancer. *Am J Surg* 151:76–80
58. Watson DL, Jamieson GG, Pike GK (2003) Prospective double blind trial between laparoscopic Nissen fundoplication and anterior fundoplication. *Br J Surg* 86:123–130
59. Watt J, Stewart J, Anderson D, Bell G, Anderson JR (1989) Laparoscopy, ultrasound and computed tomography in cancer of the esophagus and gastric cardia: a prospective comparison for detecting intraabdominal metastases. *Br J Surg* 76:1036–1039

Schwere Akute Atemwegserkrankungen unbekannter Ursache

Empfehlungen des Robert Koch-Instituts zum Infektionsschutz

In Hongkong, Singapur, China, Vietnam, Taiwan und Australien ist eine ansteckende Atemwegserkrankung unbekannter Ursache aufgetreten (Schweres Akutes Respiratorisches Syndrom = SARS). Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat eine internationale Warnung herausgegeben und dazu aufgefordert, Verdachtsfälle dieser Erkrankung weltweit zu erfassen.

Das Robert Koch-Institut hat den zuständigen Behörden der Bundesländer Empfehlungen und Hilfsmittel zur Verfügung gestellt, die ein frühzeitiges Erkennen entsprechender Verdachtsfälle ermöglichen und eine eventuelle Weiterverbreitung der Erkrankung verhindern sollen. Die Empfehlungen des Robert Koch-Instituts lauten im Einzelnen:

- ▶ Ärzte und Krankenhäuser sind aufgerufen, Verdachtsfälle von SARS umgehend den örtlichen Gesundheitsämtern zu melden, welche ggf. über die Notrufzentralen jederzeit erreichbar sind.

- ▶ Den Gesundheitsämtern wurden spezielle Erhebungsinstrumente zur Verfügung gestellt, mit denen Verdachtsfälle unverzüglich und systematisch an die Landesstellen und an das RKI übermittelt werden können.
- ▶ Luftfahrzeugführer sollen gemäß der WHO-Warnung möglichst frühzeitig vor Ankunft die örtlichen Gesundheitsbehörden des Zielortes verständigen, wenn sich an Bord Personen befinden, die der internationalen Falldefinition für SARS entsprechen.
- ▶ Für Passagiere und andere Personen, die engen Kontakt zu der an SARS erkrankten Person hatten, wurden Maßnahmen zum Infektionsschutz empfohlen, die der jeweiligen Infektionsgefahr und dem aktuellen Kenntnisstand angepasst werden.
- ▶ Die Personen, bei denen Verdacht auf SARS besteht, sollen bei Ankunft am Flughafen medizinisch untersucht und ggf. einer spezialisierten Behandlung und Isolation zugeführt werden, wenn dies erforderlich ist.
- ▶ Den Krankenhäusern und dem medizinischen Personal, die SARS-Patienten betreuen, wurden die notwendigen hygienischen Maßnahmen zum Infektionsschutz und zur Desinfektion empfohlen.
- ▶ Informationsschriften für Passagiere werden den Flughäfen und Gesundheitsämtern in Kürze zur Verfügung gestellt.
- ▶ Empfehlungen zur Vorgehensweise für die Flugärztlichen Dienste werden ebenfalls in Kürze zur Verfügung gestellt

Das Robert Koch-Institut bietet unter www.rki.de weitere Informationen an.

Information: Robert Koch-Institut