

Technische Anforderungen an den interventionellen Arbeitsplatz

H. Feußner^a A. Schneider^b D. Wilhelm^a E. Frimberger^c

^aChirurgische Klinik und Poliklinik,

^bArbeitsgruppe MITI,

^cII. Medizinische Klinik und Poliklinik, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München, Deutschland

Schlüsselwörter

Laparoskopisch/endoskopische Kombinationseingriffe · Integrierte OP-Systeme · Training und Ausbildung

Zusammenfassung

Die deutlich höheren Anforderungen an den Laparoskopiker und den Endoskopiker bei Kombinationseingriffen verlangen eine möglichst bedienerfreundliche Adaptation des technischen Umfelds. Abgesehen davon, dass sowohl die Videoendoskopie- als auch die Videolaparoskopieeinheit allen technischen Anforderungen gerecht werden müssen, muss die Auslegung des interdisziplinären Interventionsraums auch eine geeignete Positionierung beider Teams bei Oberbauch- und Unterbaucheingriffen gewährleisten. Dies ist derzeit am ehesten mit Ampelsystemen möglich. Seitens der Industrie gilt es, integrierte OP-Systeme, die neben der laparoskopischen Komponente auch die flexible Endoskopie umfassen, zu entwickeln. Ausbildungsfragen des Assistenzpersonals und organisatorische Aspekte bei der Bereitstellung der Gerätesysteme spielen darüber hinaus eine große Rolle für die erfolgreiche Realisierung von Kombinationseingriffen. Insgesamt besteht bei der praktischen Durchführung kombinierter endokavitär-endoluminaler Eingriffe noch ein erhebliches Optimierungspotential in der Gestaltung der Arbeitsumfelds. Durch verstärkte Nutzung medizintechnischer Verfahren wie der Navigation, Bildfusion, intraoperativen Diagnostik (z.B. Lymphknoten-Mapping) können bedeutsame Fortschritte hin zu einer limitierten, «maßgeschneiderten» Therapie erwartet werden.

Key Words

Laparoscopic/endoscopic combined interventions · Integrated OR systems · Training and education

Summary

Technical Requirements of the Interventional Workplace
The intraoperative performance of both laparoscopy and flexible endoscopy is significantly more demanding than the isolated procedure. Accordingly, the technical environment has to be as user-friendly as possible to facilitate combined procedures. Beyond of well equipped video endoscopy and video laparoscopy units, the interventional OR must also provide enough space for positioning of both teams and their equipment, not only for upper GI but also for procedures in the lower abdomen. Boom systems appear currently most appropriate. Industrial companies should be encouraged to further develop integrated OR systems, including not only the laparoscopic facilities but also the environment for flexible endoscopy. Moreover, staff training and organizational aspects in providing and mending the equipment play a major role for a successful use of combined interventions. Overall, the practical application of combined endocavitary/endoluminal intervention is characterized by a considerable potential of optimization. With the comprehensive use of new medical technologies such as navigation, image fusion, intraoperative diagnostic work-up (e.g. lymph node mapping) significant progress towards a limited, customized treatment could be expected.

Einleitung

Kombinationseingriffe stellen sowohl den Endoskopiker als auch den Laparoskopiker vor deutlich höhere Anforderungen als der jeweilige isolierte Eingriff. Um die Durchführung der Aufgaben für beide Partner zu erleichtern, müssen deshalb für alle Beteiligten möglichst optimale Arbeitsbedingungen geschaffen werden. Ein grundlegendes Problem ist dabei, am OP-Tisch ausreichend Platz zu schaffen, um die gegenseitige Behinderung der beiden OP-Teams möglichst auszuschließen und auch die Belange der Sterilität zu gewährleisten.

Die Laparoskopieausrüstung allein nimmt bereits deutlich mehr Raum im OP ein als die übliche Ausrüstung für konventionell offene Eingriffe [1]. Für Kombinationseingriffe kommen nun noch weitere Geräte wie z.B. der Turm für die flexible Endoskopie hinzu, so dass eine entsprechende Größe des vorgesehenen Operationsraums eine *Conditio sine qua non* ist (Abb. 1).

Anforderungen an die «Hardware»

Ausrüstung für die endoluminale Endoskopie

Sinnvollerweise sollten nur moderne flexible 3-Chip-Videoendoskope eingesetzt werden, da sonst der Überblendungseffekt durch den Lichtschein der laparoskopischen Optik das endoskopische Bild praktisch auslöscht. Nicht immer lässt sich der Endoskopieturn so platzieren, dass die Einsicht auf den Monitor ebenso möglich ist wie eine ausreichende Länge der Zuleitung. Daher ist ein flexibel positionierbarer zweiter Monitor erforderlich. Eine weitere unabdingbare Voraussetzung für einen reibungslosen Ablauf eines Kombinationseingriffs ist, dass auch der Endoskopiker einen Einblick in den laparoskopischen Situs haben muss. Das kleinformatische Einblenden des Laparoskopiebilds in den Endoskopiemonitor (picture in picture; PIP) ist hilfreich, aber sicher keine Ideallösung (Abb. 2). Sinnvoller ist ein zweiter Vollbildmonitor. Dies gilt sinngemäß auch für das laparoskopische Team.

Geräteinheit für die laparoskopische Chirurgie

Die Geräteinheit für die Laparoskopie muss flexibel positionierbar sein. Die Länge der Zuleitungen muss auch eine Aufstellung abwärts vom eigentlichen OP-Areal gestatten. Selbstverständlich müssen Videosignalausgänge für den endoskopischen Monitor (und wünschenswerterweise auch für den Anästhesisten) vorhanden sein. Ebenso selbstverständlich ist die Möglichkeit des Dimmens der Lichtquelle usw. Insgesamt sind moderne Videoendoskopie- und Videolaparoskopiesysteme funktional so ausgelegt, dass ein gemeinsamer Einsatz durchaus möglich ist.



Abb. 1. Die zusätzliche endoskopische Maßnahme vergrößert den Platzbedarf bei einem laparoskopischen Eingriff erheblich. Mit der konventionellen Ausrüstung werden die Grenzen des noch zumutbaren fast überschritten. OP-Szenario bei einem kombiniert laparoskopisch-endoskopischen Koloneingriff.



Abb. 2. PIP: Das Gegenbild wird entsprechend verkleinert in das Vollbild des Betrachters eingebildet (hier laparoskopisches Bild im Monitor des Endoskopikers). Die notwendigerweise stark verkleinerte Darstellung des Gegenbilds erschwert die Orientierung über das aktuelle Vorgehen des Partners.

Positionierung der Teams

Oberbaucheingriffe

Bei der überwiegenden Zahl der Eingriffe an Magen und Duodenum steht der laparoskopische Operateur entweder auf der rechten Seite oder zwischen den Beinen des Patienten. Bei der so genannten französischen Lagerung sollten sich der Arbeitsmonitor und das Gegenbild direkt gegenüber etwa in Höhe des Abdecktuchs zwischen OP-Feld und Anästhesie befinden. Steht der Chirurg auf der rechten Seite, gehören die beiden Monitore etwa in Höhe der linken Schulter des Patienten.

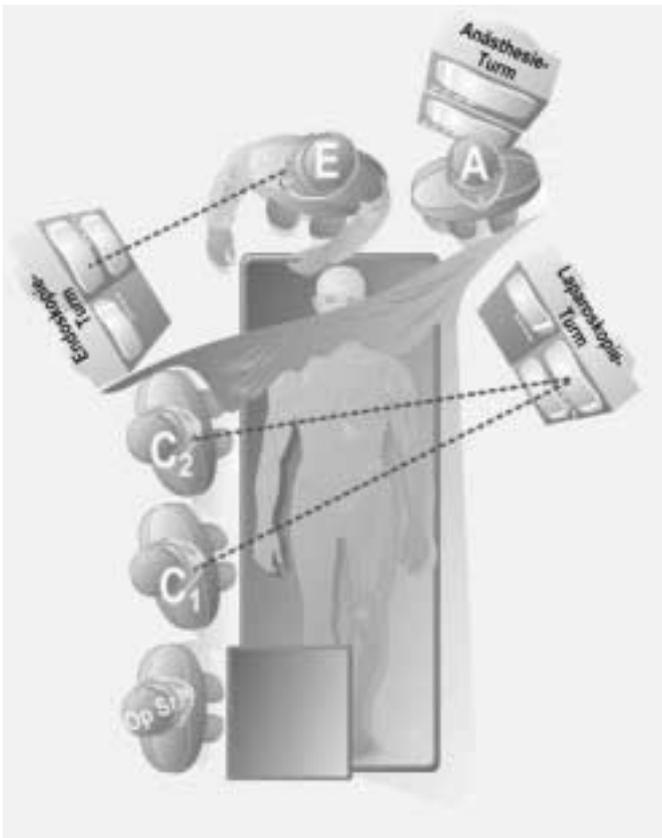


Abb. 3. Schematische Darstellung der Positionierung von OP-Teams und Ausrüstung bei Oberbaucheingriffen.



Abb. 5. Ein HMD erlaubt dem Endoskopiker eine physiologische Kopfhaltung, ohne dass die Belange der Sterilität kompromittiert werden. Das Gegenbild kann allerdings nur als PIP eingespiegelt werden.

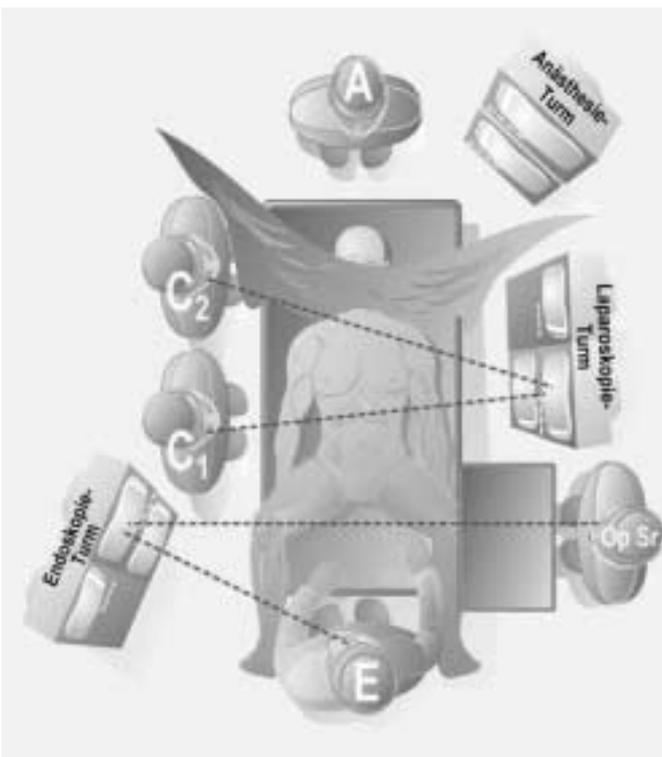


Abb. 4. Schematische Darstellung der Positionierung von OP-Teams und Ausrüstung bei Eingriffen am Kolon.

Der Endoskopiker steht am Kopfende, also jenseits des Tuchs zwischen Anästhesie und OP-Feld. In dieser Position muss er sich die zu Verfügung stehende Fläche mit der Anästhesie teilen. An sich wäre es wünschenswert, dass auch hier die so genannte «optical correctness» eingehalten würde, d.h. eine axiale Blickrichtung über das Handling des Endoskops und den Arbeitsort auf den Monitor. In der Praxis müssen hier meist Kompromisse gemacht werden (Abb. 3).

Eingriffe am Kolon

Noch anspruchsvoller ist eine geeignete Positionierung des endoskopischen und des laparoskopischen Teams bei Eingriffen am Kolon. Der laparoskopische Operateur steht immer auf der gegenüberliegenden Seite des Befunds [4]. Der endoskopische Operateur sitzt notwendigerweise zwischen den Beinen des in Steinschnittlagerung befindlichen Patienten (Abb. 4). Aus dieser Position heraus ist eine angemessene Positionierung seiner Monitore besonders schwierig, da die Sicht nach vorn durch ein steriles Abdecktuch verdeckt ist. In dieser Situation hat sich bei uns die Verwendung eines so genannten «head mounted displays» (HMD) für den Endoskopiker besonders bewährt (Abb. 5). Das Gegenbild muss hier notwendigerweise als PIP eingespiegelt werden.



Abb. 6. Frei schwenkbare Visualisierungsstationen für den endoskopischen und den laparoskopischen Operateur.

In dieser Situation ist auch zu berücksichtigen, dass der Endoskopiker ohne die sonst bei der Koloskopie übliche Hilfe durch eine Assistenzkraft auskommen muss, die normalerweise die Bewegung des Koloskops kontrolliert. Es ist daher ein niedriges Tischchen sinnvoll, auf der die außerhalb des Kolons befindliche Gerätelänge abgelegt werden kann.

Die hohe Flexibilität, die hinsichtlich der Positionierung der Monitore erforderlich ist, kann am ehesten mit Ampellösungen, d.h. frei schwenkbaren, an der Decke befestigten Visualisierungsstationen erreicht werden. Beide Visualisierungsstationen müssen dabei unabhängig voneinander positioniert werden können (Abb. 6). Auf diese Weise kann auch am ehesten eine annähernd ergonomische Arbeitsposition für beide Akteure erreicht werden [9].

Aus Gründen des Platzersparnis, der einheitlichen Bedienungsphilosophie und nicht zuletzt der Wartung wäre es außerordentlich wünschenswert, wenn die Ausrüstung für die flexible Endoskopie und die Laparoskopie sozusagen aus einer Hand wären, d.h. vom gleichen Hersteller angeboten würden. Viele Subsysteme müssen derzeit durch die komplette Trennung von Laparoskopie- und Endoskopieeinheit redundant vorgehalten werden. Funktionen wie Saugen/Spülen, Lichtquelle, Dokumentation, Elektrochirurgie usw. könnten unseres Erachtens durchaus soweit harmonisiert werden, dass die Duplizierung dieser Funktionseinheit vermieden werden könnte. Durch eine einheitliche Bedienungsfläche könnte der praktische Einsatz erheblich vereinfacht werden. Zumindest wäre es wünschenswert, alle Geräte auf einem Rack unterzubringen, so dass auf diese Weise der Raumbedarf deutlich verringert werden kann.

Leider sind derartige integrierte Ansätze bisher noch nicht verfügbar. Das steigende klinische Interesse an Kombinationseingriffen scheint jedoch das Interesse der Hersteller an der Entwicklung geeigneter Systeme zu wecken. Ein erster,

Tab. 1. Zentral ansteuerbare Funktionalitäten bei integrierten OP-Systemen

Raumbeleuchtung
OP-Lampen
OP-Tisch
Verdunkelung (Fenster)
Videodokumentation
Insufflation
Lichtquelle
Pager
Telefon
Hochfrequenzgeräte
Prä- und intraoperative Bildgebung

durchaus vielversprechender Schritt in diese Richtung ist die Anstrengung vieler entwicklungsaktiver medizintechnischer Unternehmen, so genannte integrierte OP-Systeme bereitzustellen. (Allerdings zielen diese Systeme bisher ausschließlich auf die laparoskopischen Komponenten ab.)

Bei integrierten OP-Systemen werden unterschiedliche Geräte und Systeme zentral angesteuert (z.B. Geräte des Laparoskopieturms, OP-Beleuchtung usw.). Dadurch kann der Operateur bzw. die OP-Schwester mittels Sprachkommando, Sterilm Maus oder Touchscreen wichtige Funktionalitäten selbst aktivieren (Tab. 1) [6, 10]. Auf Grund der beengten Raumverhältnisse am Tisch ist diese Möglichkeit gerade für die Durchführung von Rendezvous-Eingriffen außerordentlich vorteilhaft, weil auf Grund der besonders beengten Situation am OP-Tisch die Bedienung der Geräteeinheiten von der Frontplatte für den unsterilen Springer meist schwierig ist. Im Zuge der ständigen Weiterentwicklung dieser Systemlösungen, die von unterschiedlichen Herstellern konsequent verfolgt werden, und in Anbetracht der parallel zu den großen Anstrengungen zur Früherkennung gastrointestinaler Tumoren auch steigenden Nachfrage nach Kombinationseingriffen ist zu hoffen, dass in Zukunft auch spezielle integrierte Lösungen für Rendezvousarbeitsplätze angeboten werden.

Training des Assistenzpersonals

Die Ausbildung von Endoskopie- bzw. OP-Schwestern/-pflegern ist heute jeweils derart spezialisiert, dass nicht mehr ohne weiteres vorausgesetzt werden kann, dass eine OP-Schwester dem Endoskopiker sachkundig assistieren kann. Umgekehrt muss sich auch das endoskopische Assistenzpersonal in der «chirurgischen Umgebung» erst wieder neu orientieren. Eine gründliche gemeinsame Einweisung des Assistenzpersonals ist daher in jedem Fall sinnvoll. Dabei sollte Folgendes dezidiert besprochen werden:

- das Behandlungsprinzip und die technische Durchführung der wichtigsten kombinierten Eingriffe,
- die zweckmäßigste Positionierung des Endoskopie- und des Laparoskopieteams in Abstimmung mit der Anästhesie und unter Berücksichtigung der Anforderungen der Asepsis,

- die Bedienung der unterschiedlichen Gerätesysteme unter besonderer Berücksichtigung von Fehlermeldungen und Warnsignalen,
- die sachgerechte Aufbereitung der verwendeten Instrumente.

Nur auf diese Weise kann auf Dauer der reibungslose Ablauf von Kombinationseingriffen gewährleistet und die erforderliche dauerhafte Motivation des Assistenzpersonals erreicht werden. Die Schulung sollte regelmäßig wiederholt und bei Einführung neuer Verfahren/Geräte durch Ad-hoc-Einweisungen ergänzt werden

Bereitstellung der Untersuchungseinheit für die flexible Endoskopie

In Deutschland kommen die folgenden Konstellationen vor:

- Die endoluminale Endoskopie gehört a priori zum Aufgabenbereich des allgemeinchirurgischen (viszeralchirurgischen) OPs. Die Durchführung der Endoskopie und die Assistenz liegt ausschließlich in den Händen des chirurgischen Teams.
- Die gesamte Ausrüstung für die flexible Endoskopie einschließlich der Aufbereitung der Instrumente ist dem chirurgischen OP zugeordnet. Lediglich die eigentliche Untersuchungsdurchführung wird dem spezialisierten Endoskopiker (assistiert durch eine OP-Schwester bzw. einen OP-Pfleger) übernommen.
- Die gesamte Endoskopieausrüstung (Endoskopieturn, Instrumente und Verbrauchsmaterial) sowie der Endoskopiker und seine Assistenz werden bei Bedarf von der Endoskopieabteilung bereitgestellt.

Aus chirurgischer Sicht wäre wohl Ansatz a) am attraktivsten. Tatsächlich ist er wohl nur in wenigen Kliniken realisiert bzw. realisierbar.

Angesichts der heutigen ökonomischen Zwänge überwiegt wahrscheinlich an den meisten Kliniken die Lösung c), bei der nur im Bedarfsfall Ausrüstung und Personal für den chirurgischen OP bereitgestellt werden. Dadurch werden kostenträchtige Doppelinvestitionen vermieden, aber diese Lösung setzt eine besonders gute Abstimmung zwischen den verschiedenen Disziplinen voraus. Auch sind die praktischen Schwierigkeiten beim Hin- und Rücktransport und bei der zeitlichen Koordination durchaus nicht zu unterschätzen, insbesondere dann, wenn Kombinationseingriffe in höherer Frequenz durchgeführt werden.

Am Klinikum rechts der Isar wird derzeit die Lösung b) praktiziert, nachdem ursprünglich die dritte Variante c) üblich war. Bei steigender Eingriffsfrequenz schien es sinnvoll, ein eigenes Endoskopiesystem inklusive der Aufbereitungsmöglichkeiten im chirurgischen OP zu etablieren. Zusätzlich erfolgte die Einweisung des chirurgischen OP-Teams, so dass jetzt auch das chirurgische Assistenzpersonal in der Lage ist, den (externen) Endoskopiker wirkungsvoll zu unterstützen. Letzt-

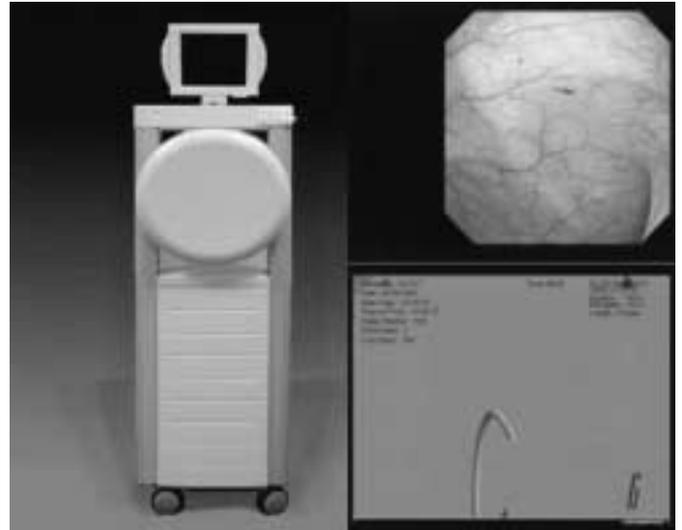


Abb. 7. Mit elektromagnetischen Sensoren kann die aktuelle Position und Konfiguration von Operationsinstrumenten auch im Abdomen sichtbar gemacht werden. Mit dem Scope Guide kann man z.B. flexible Endoskope in ihrer aktuellen räumlichen Ausrichtung visualisieren. Wenn bei kombiniert endoluminal-endokavitären Eingriffen auch das laparoskopische Instrumentarium «getrackt» wird, könnte das Zusammenwirken noch erheblich verbessert werden.

endlich wird es immer von den konkreten lokalen Gegebenheiten abhängen, für welche Lösung man sich entscheidet. Grundsätzlich ist man aber sicher – gerade auch angesichts der verstärkten Appelle zum endoskopischen Screening – gut beraten, sich auf einen steigenden Bedarf an Kombinationseingriffen einzurichten.

Ausblick

Die kombiniert endoskopisch-laparoskopische Vorgehensweise befindet sich derzeit zweifellos noch in einer Pionierphase und hat derzeit noch ein fast nicht überschaubares Optimierungspotential.

Bereits jetzt ist eine Tendenz erkennbar, verstärkt individualisierte Behandlungen insbesondere von frühen Malignomen anzubieten. Nur etwa 20% aller Frühkarzinome weisen einen Lymphknotenbefall auf; somit könnten etwa 80% limitiert exzidiert werden. Dadurch würde sich der Indikationsbereich für kombiniert endokavitär-endoluminale Eingriffe entscheidend erweitern. Voraussetzungen dafür sind aber zuverlässige Verfahren zum Lymphknoten-Mapping bzw. zur laparoskopischen Beurteilung des Sentinel-Lymphknotens und intraoperative Verfahren zur Beurteilung der Tumorfreiheit am Resektionsrand. Hierzu gibt es bereits vielversprechende Entwicklungsansätze. Mittelfristig kann davon ausgegangen werden, dass derartige Systeme selbstverständlicher Bestandteil eines endoskopisch-laparoskopischen Arbeitsplatzes sein werden.

Auch die intraoperative Navigation wird dazu beitragen, die Zusammenarbeit zwischen Laparoskopiker und Endoskopiker weiter zu optimieren. Elektromagnetische Sensoren können die gegenseitige Orientierung, die heute im Wesentlichen nur durch Diaphonoskopie möglich ist, entscheidend erleichtern. Diese Technologie, die heute schon in dem so genannten Scope Guide (Olympus Optical, Hamburg, Deutschland) realisiert ist (Abb. 7), erlaubt prinzipiell die Darstellung beider Instrumente im Raum, so dass ein viel gezielteres Zusammenarbeiten möglich ist [2]. Das eigentliche technische Vorgehen wird zudem zunehmend durch eine verbesserte intraoperative Visualisation mittels Fusion präoperativer Bildgebung mit dem aktuellen Bild des Situs (augmentierte Realität) erleichtert werden, so dass präparatori-

sche Schritte noch zielgerichteter und sicherer als bisher ausgeführt werden können [3, 7, 8]. Nicht zuletzt ist zu erwarten, dass auch die operativen Möglichkeiten der flexiblen Endoskopie erweitert werden können. Große Fortschritte sind hier insbesondere auf dem Gebiet der endoluminalen Viszerosynthese in Sicht (z.B. endoskopisch kontrollierte zirkuläre Klammernahtgeräte).

Insgesamt müssen wir akzeptieren, dass jeder Fortschritt in Richtung einer schonenderen Intervention mit einem höheren technologischen Aufwand erkaufte werden muss und sich deshalb der Charakter eines modernen OPs immer mehr wandelt: Der konventionelle chirurgische OP wird sich immer mehr zu einem hochkomplexen, interdisziplinären und krankheitsorientierten Interventionsarbeitsplatz entwickeln.

Literatur

- 1 Alarcon A, Berguer R: A comparison of operation room crowding between open and laparoscopic operations. *Surg Endosc* 1996;10:916–919.
- 2 Feussner H: The operating room of the future: A view from Europe. *Semin Laparosc Surg* 2003;10:149–156.
- 3 Feussner H, Wetzel D: Telematik in der onkologischen Chirurgie. *Onkologie* 2003;9:41–47.
- 4 Feussner H, Wilhelm D, Dotzel V, Papagoras D, Frimberger E: Combined endoluminal and endocavitary approaches to colonic lesions. *Surg Technol Int* 2003;11:97–101.
- 5 Frimberger E, Feussner H, Allescher H, Rösch T: Minimal-invasive Therapie «früher» Tumoren. *Internist* 2003;44:302–310.
- 6 Irion KN, Nowak P: Systems workplace for endoscopic surgery. *Minim Invasive Ther* 2000;3/4:193–197.
- 7 Scheuering M, Rezk-Salama C, Barfuß H, Barth K, Schneider A, Greiner G, Wessels G, Feussner H: Intra-operative Augmented Reality (AR) mit magnetischer Navigation und multiexturbasiertem Volume Rendering in der minimal-invasiven Chirurgie. *Rechner- und sensorgestützte Chirurgie* 2001:83–91. [ftp://ftp9.informatik.uni-erlangen.de/pub/Publications/2001/Publ.2001.9.pdf](http://ftp9.informatik.uni-erlangen.de/pub/Publications/2001/Publ.2001.9.pdf).
- 8 Takiguchi S, Sekimoto M, Fujiwara Y, Yasuda T, Yano M, Hori M, Murakami T, Nakamura H, Monden M: Laparoscopic lymph node dissection for gastric cancer with intraoperative navigation using three-dimensional angio computed tomography images reconstructed as laparoscopic view. *Surg Endosc* 2004;18:106–110.
- 9 Vereczkei A, Bubb H, Feussner H: Laparoscopic surgery and ergonomics: It's time to think of ourselves as well. *Surg Endosc* 2003;17:1680–1682.
- 10 Wilhelm D, Feussner H, Harms J, Schneider A, Wessels G: Integrierte Systemkontrolle für die laparoskopische Chirurgie – eine vergleichende Evaluation. *Minim Invasive Chir* 2001;10:110–114.