

Minimal-invasive Chirurgie: Klinische Anforderungen

Dipl.-Ing. **T. Fengler**, Tuttlingen

GERÄTE FÜR DIE MINIMAL INVASIVE CHIRURGIE

Die Chirurgie versucht zu heilen durch Entfernung der kranken Struktur. Hierzu benötigt sie geeignete Instrumente und Zusatzgeräte, die Sehen, Trennen und Fügen im Rahmen der gewählten Operationstechnik ermöglichen.

Trennen und Fügen aus der Sicht des Chirurgen

Die Sectio Cesarea dürfte neben der Amputation von Gliedmaßen die älteste Anwendung chirurgischer Medizin sein. Diese stellt die Ultima Ratio therapeutischen Handelns dar und muß sich einer entsprechend strengen Beurteilung unterwerfen. Jede Operation ohne entsprechende Begründung (Indikation) stellt juristisch eine Körperverletzung dar.

Deshalb sind alle Entwicklungen, die den (begründeten) chirurgischen Eingriff schonender gestalten, für den Patienten von großer Bedeutung (Tab. 1). Hierzu gehört die endoskopisch arbeitende Chirurgie (chirurgische Endoskopie), die als "minimal invasiv" klassifiziert (1) und von den Gynäkologen zuerst praktiziert wurde (2). Chirurgie, d. h. Sehen, Trennen und Fügen finden hierbei auf hohem medizintechnischem Niveau statt (3).

Minimal Invasive Chirurgie

endoskopische Diagnostik und Therapie in einer Narkose

geringeres Trauma, weniger Blutverlust

kürzere Rekonvaleszenz, z.B. Lungenfunktion

*

höhere technische Anforderungen, Ausbildungsbedarf

teurere technische Ausstattung, z.B. Videoskopie

Entwicklung und Konstruktion entsprechender Instrumente

Tab. 1 Vor- und Nachteile der Minimal Invasiven Chirurgie (MIC)

1. Sehen

Die Punktion ersetzt den Schnitt, das Auge "sieht" über eine Hopkins- oder Glasfaser-Optik, oder direkt elektronisch über einen CCD-Chip, die Übertragung per Videoskopie ermöglicht es dem gesamten OP-Team, den Eingriff zeitsynchron zu verfolgen. Allerdings erfährt der Chirurg eine Einschränkung seiner Arbeitsmöglichkeiten. Die Sicht verschlechtert sich (zweidimensionale Abbildung, Farbfehler; Tab. 2) und die Darstellung des Operationsgebietes hängt in hohem Maße von technischen Gegebenheiten ab (nicht "begreifen" können erschwert die Beurteilung des OP-Situs).

Sehen:

Arthroskopie
Broncho-, Sinoskopie
Gastroduodeno-, Choledochoskopie
Kolo-, Rektoskopie
Laparo-, Pelvi-, Thorako-, Mediastinoskopie
Hysterosalpingoskopie
Ventrikuloskopie
Zysto-, Ureterorenoskopie

Endoskopie →

Endoskopische Chirurgie:

Zweidimensionales Sehen

Dreidimensionales Arbeiten

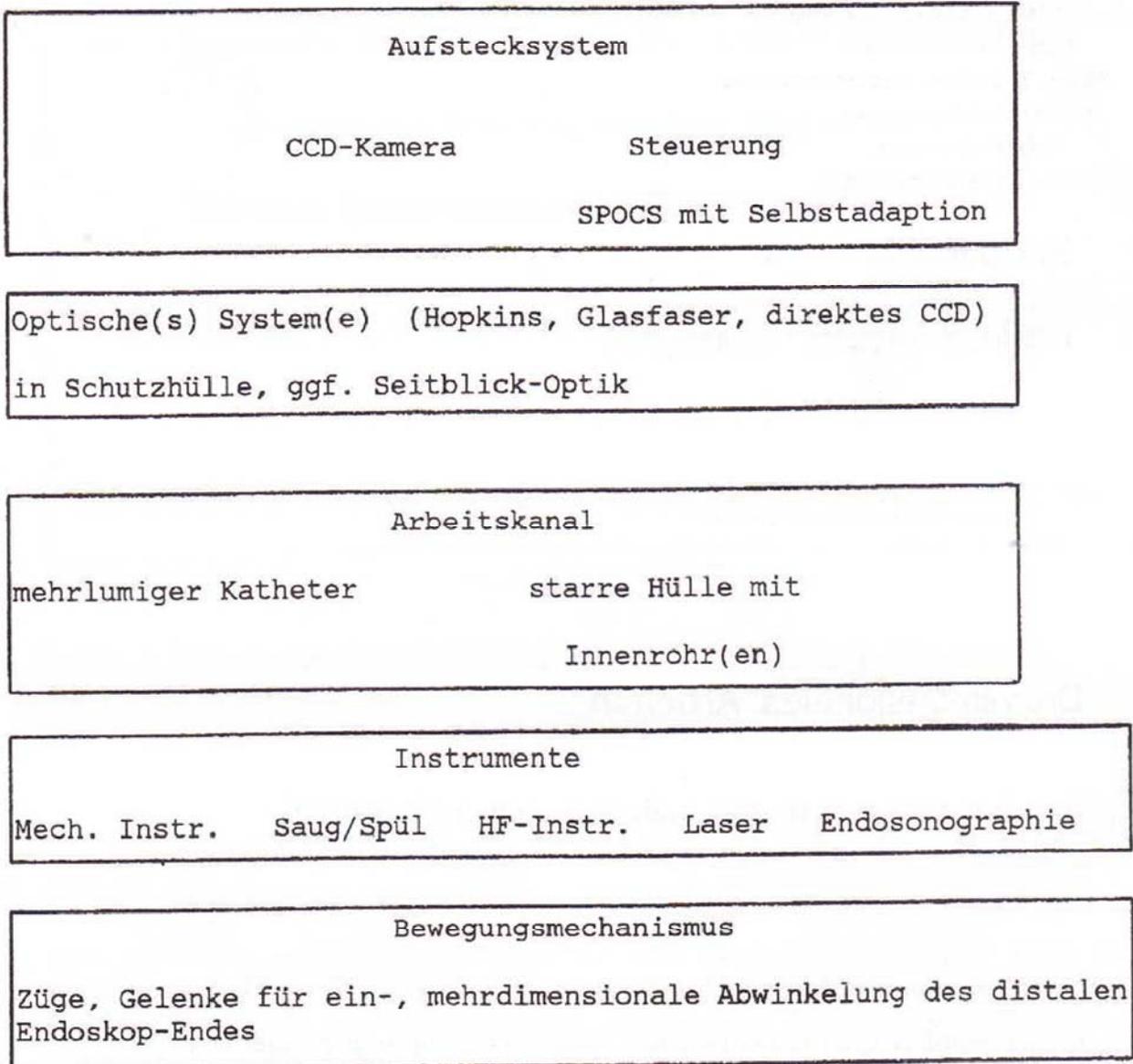
Tab. 2 Von der Endoskopie zur endoskopischen Chirurgie

Je nach Arbeitsgebiet unterscheidet sich das Anforderungsprofil an die Endoskope (Tab. 3). Wichtige Kriterien sind der Gesamtdurchmesser, verfügbare Arbeitskanäle und deren Durchmesser, Flexibilität, wo erforderlich, und Reinigung. Davon getrennt müssen die optischen Eigenschaften definiert werden, beispielsweise die Notwendigkeit einer Winkeloptik.

Erwähnt werden sollten auch Verfahren, die über kurzwellige Strahlung (Computertomographie, Nukleare Magnetresonanz) oder hochfrequente Schallwellen (Endosonographie) zusätzliche Informationen für eine Operationsplanung zu liefern vermögen. Eine Verknüpfung der diagnostischen Daten mit einer Steuerung chirurgischer Instrumente ist dann bei stereotaktischen Operationen (vor allem in der Neurochirurgie) über eine entsprechende Datenverarbeitung von Interesse (4).

Baukastensystem für Endoskope

"Von der Arthroskopie zur Zysternoskopie"



Tab. 3 Strukturelemente von Endoskopen

2. Trennen und Fügen

Jede Trennung (Dissektion) von Geweben erfordert Fügetechniken, um Blutgefäße zu verschließen (Koagulation), Anastomosen zwischen Hohlorganen zu bilden, Bindegewebshüllen zu schließen oder Muskelstränge zu vernähen (Fusion). Eine Vielzahl von teilweise hochspezialisierten Instrumenten steht dem Fachchirurgen hier zur Verfügung und muß sich für die jeweilige Indikation einem kritischen Vergleich stellen (Tab. 4). Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit müssen dabei abgewogen werden (5).

Trennen	Fügen
stumpf	Naht
Schere	Klammer (Clip)
Skalpell	Fibrinklebung
Hochfrequenz-Strom (mono- oder) bipolare Instrumente	
Laser-Licht	
Glasfaser, freier Strahl	
(Hydro-) Thermosonde	

Tab. 4 Möglichkeiten zum Trennen und Fügen

Es lassen sich mechanische und thermische Instrumente unterscheiden, etwa Skalpell, bipolare Pinzette, Nadel und Faden oder Klammerapparate. Einige Instrumente erlauben dabei einzeitiges Trennen und Fügen, d. h. in einem Arbeitsgang, bei anderen muß der Chirurg zwei zeitlich aufeinander folgende Arbeitsgänge mit Instrumentenwechsel im Arbeitstrokarr durchführen. Dies möchte er möglichst vermeiden, da es Zeit kostet und eine Störquelle darstellt (Verwechslung, Keimverschleppung).

2.1. Mechanische Instrumente

Hierbei handelt es sich um Dissektions-, Halte- und Füge-Instrumente. Je nach konstruktiver Gestaltung und in Abhängigkeit von der Zugänglichkeit der Struktur, wirken teilweise große Kräfte auf sehr kleine Gewebsflächen und es kommt zu traumatischen Veränderungen und Läsionen, die den Heilungsverlauf verzögern. Es ist demnach wichtig, einen optimalen Zugang zum Operationsfeld zu suchen. Dies kann über eine schnittförmige (z. B. Sternotomie bei Herz-OP) oder punktförmige Eröffnung (z. B. Laparoskopische Gallen-OP) geschehen.

Minimal invasive Verfahren versuchen nun, über punktförmige Zugänge die Integrität der Körperoberfläche weitestgehend zu erhalten, ohne auf eine gute Zugänglichkeit beim Operieren verzichten zu müssen. Ein typisches Beispiel stellt das Aufsuchen der Gallenblase am Unterrand der Leber dar. Beim offenen Eingriff muß durch Zug die gesamte Struktur quasi ins Licht der Operationslampe gehoben werden, um Arterie und Gallengang zuverlässig unterbinden zu können. Der endoskopische Eingriff befördert dagegen das Auge des Arztes, unterstützt durch die Lupenvergrößerung der Optik, zum Organ, desgleichen die Instrumente. Dieser Eingriff wurde so erstmals im September 1985 durchgeführt. (6).

Endoskopische Instrumente sollten entsprechend dimensioniert sein, daß sie maximale Durchmesser von 5 bzw. 10 mm nicht überschreiten. Dennoch müssen beispielsweise die Branchen einer Schere ähnliche Kräfte aufzunehmen in der Lage sein, wie eine wesentlich größere Schere für offene Operationen. Es treten leicht die zehnbis hundertfachen Belastungen auf, bedingt durch die ungünstigere Kraftverteilung (Hebelwirkung, Führung). Dies bewirkt eine geringere Standzeit des Instrumentes und für den Arzt den Eindruck geringerer Zuverlässigkeit. Mehr noch als in der offenen Chirurgie ist der zweckmäßige Gebrauch der Mikro-Instrumente von Bedeutung, eine entsprechende Schulung der Ärzte also erforderlich (z. B. Arthroskopie-Kurse). Die erhöhten Anforderungen an das Instrument bedingen wiederum andere konstruktive Lösungen und unter Umständen die Verwendung hochfester Werkstoffe seitens der Hersteller chirurgischer Instrumente.

Mechanisches Fügen erfolgt klassisch mit Nadel, Nadelhalter und den verschiedenen resorbierbaren (Dexon) und nicht resorbierbaren (Catgut) Nahtmaterialien. Mittlerweile gibt es, angepaßt an verschiedene Indikationen (Gefäßverschluß, Darmanastomosen, Bauchnetzresektion), nachladbare Klammerapparaturen, die das Zusammenwachsen des Gewebes über die Adaptation der Oberflächen mittels Stahl-, Titan- oder resorbierbaren Polydoxonon-Klammern ermöglichen. Diese sparen Zeit, sind aber erheblich teurer, teilweise noch nicht ausgereift und in der Regel auf eine Anwendung optimiert. Bestimmte Gewebefusionen sind Klammerungen nicht zugänglich, etwa Öffnungen in mehrschichtigen Gewebsstrukturen, wo ein sicherer Verschluß gewährleistet werden muß (z. B. Leistenbruch, 7).

2.2. Thermische Instrumente

Darunter versteht man Instrumente, die die Kollagenstrukturen des Körpergewebes durch Wärme destabilisieren. Abhängig von der in einem Volumenelement eingebrachten Energiemenge vollziehen sich reversible und schließlich irreversible Veränderungen im Zellgefüge, angefangen bei Rötung und Ödembildung über irreversible Koagulation, Karbonisation und schließlich Vaporisation (8).

Große Bedeutung hat die "mono"- und "bipolare" Hochfrequenz-Chirurgie erlangt, die es in gewissen Grenzen ermöglicht, blut-trocken Gewebsstrukturen zu eröffnen (Dissektion und Koagulation). Dies wird erreicht durch Einleitung eines Wechselstromes in die Gewebsoberfläche (Instrument = Phase). Die Nullableitung erfolgt über die andere Branche des Instrumentes ("bipolar") oder über eine möglichst breite Kontaktfläche an der Haut des Patienten ("monopolar"). Die Eindringtiefe ist in starkem Maße vom Gewebswiderstand abhängig, dieser ist eine Funktion des Wassergehaltes. Da es durch die Aufheizung zu einer Austrocknung des Gewebes kommt, ergibt sich eine komplexe Selbstlimitierung des Effektes, der mitunter schwer kalkulierbar ist. Dem versucht man seitens der Hersteller durch Kennkurven und entsprechende Autoregulationsmechanismen der Geräte zu begegnen (9).

Eine jüngere Entwicklung stellt die Photochirurgie mit dem energiereichen Laser-Licht dar. Hier kann berührungslos (CO_2 bei 10600 nm) oder mittels Glasfasertransmission (Nd:YAG, Argon u. a.) eine Koagulation oder Vaporisation des Gewebes erreicht werden. Eine Indikation bilden die mikrochirurgischen Anwendungen, etwa in der Augenheilkunde oder Endoskopie, sowie die blutungsarme Organchirurgie. Insbesondere die Laser-Systeme, welche eine geringe Wasserabsorption aufweisen, erschließen neue Einsatzfelder, da eine Schnittführung auch in Flüssigkeit erfolgen kann (Arthroskopie, Zystoskopie). Der hohe technische und finanzielle Aufwand begrenzt allerdings die Verbreitung der Photochirurgie auf Indikationen, bei denen ein entsprechendes Patientenaufkommen besteht (10).

2.3 Zusatzgeräte

Hierunter fallen alle Geräte, die für den Ablauf der vorgesehenen Operationstechnik erforderlich sind; im Falle der endoskopischen Operationen sind hier zu nennen:

- der Laparoflator zur Aufrechterhaltung eines Gasdruckes im Bauchraum, um in dieser künstlich geschaffenen Höhle chirurgisch arbeiten zu können.
- ein Saugspülsystem. Zum Spülen des Operationsgebietes verwendet man üblicherweise isotonische Kochsalzlösung (Vom Infusionsständer, mit Blutdruckmanschette) und ein Absaugsystem, wie es auch für die offene Chirurgie zur Entfernung von Blut und Gewebsflüssigkeit existiert.
- ein Videoskopiesystem zum zeitgleichen Verfolgen und Dokumentieren des endoskopischen Operationsvorganges.

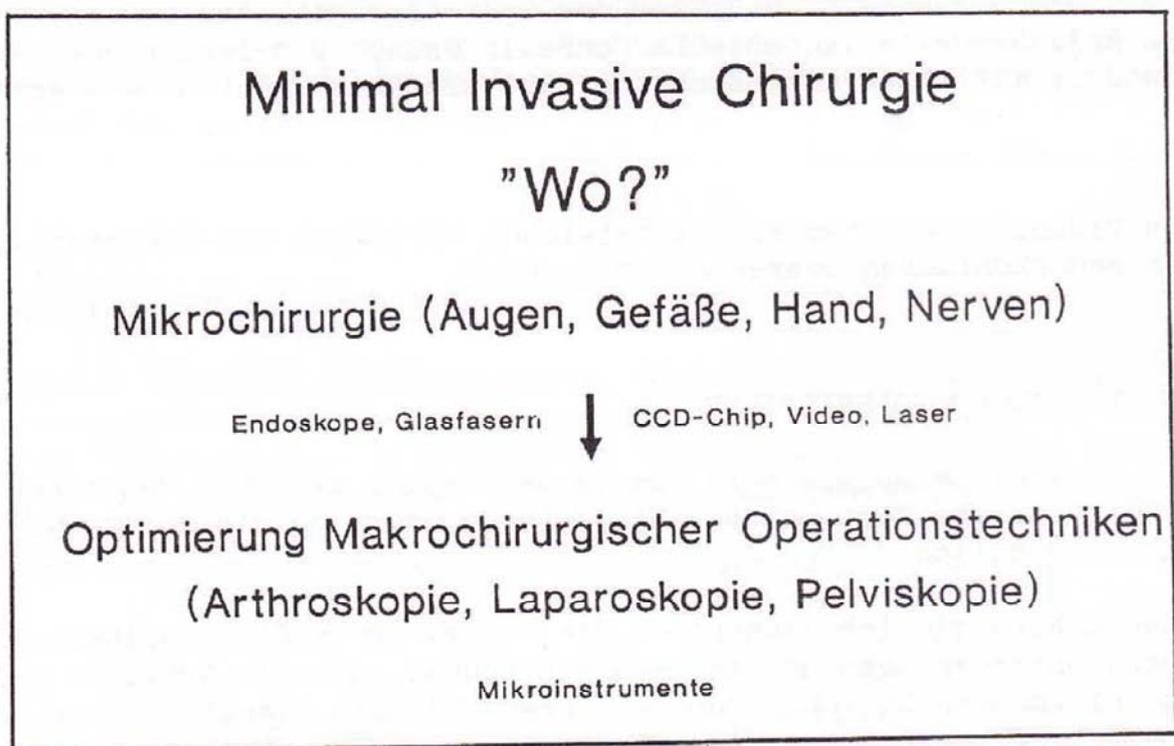
3. KLINISCHE ANWENDUNGSBEISPIELE

Anhand einiger Beispiele soll das Zusammenspiel zwischen Medizintechnik und Klinik geschildert werden. Die Anforderungen an die Geräte variieren dabei beträchtlich.

Die Neurochirurgie ist sicherlich die medizinische Fachdisziplin mit den höchsten Anforderungen an eine Medizintechnik, die das Arbeiten auf kleinstem Raum ermöglicht. Von der atraumatischen Schnittführung bis zur Mikronaht erfordert alles die höchste Präzision. Deshalb ist zunächst eine zuverlässige Fixierung des Kopfes erforderlich (Spannring). So ist eine präzise Lokalisation (CT, NMR) und Behandlung möglich. Hierfür werden mittlerweile auch Stereomikroskope eingesetzt, um eine räumliche Bildinformation chirurgisch-manuell besser umsetzen zu können. Elektrochirurgisch erreicht man auch mit Minielektroden oft nicht die nötige Präzision, so daß sich für eine übersichtliche Präparation der Einsatz des Lasers anbietet. Ein weiterer Schritt ist schließlich die direkte Verknüpfung der diagnostischen Information (Röntgenbild) mit dem Therapie-Instrument mittels der Datenverarbeitung ("Computer Assisted Surgery", bspw. SPOCS=Surgical Planning and Orientation Computer System).

Die Arthroskopie stellt ein klassisches Beispiel für die Miniaturisierung eines ursprünglich offenen chirurgisch-orthopädischen Eingriffs dar (11). Mußte früher die Patella beiseite geklappt werden, um den Meniskus zu reseziieren oder Kreuzbänder zu nähen, so geschieht dies mittlerweile mit ein oder zwei endoskopischen Punktionen. Dies führt auch dazu, daß diese Eingriffe heute zum Repertoire des niedergelassenen Orthopäden gehören.

Die Laparoskopie hat sich vom diagnostischen Eingriff des Gynäkologen oder Gastroenterologen zum einzeitigen diagnostischen und therapeutischen Verfahren entwickelt. Nach den Indikationen der Lösung von Verwachsungen, Refertilisierung und Zystenresektion etabliert sich nun die endoskopische Gallenblasen- und auch Wurmfortsatzentfernung als Indikation der Chirurgen (12). Sie können dabei auf den Erfahrungen der Gynäkologen und entsprechenden Instrumenten- und Geräteentwicklungen aufbauen (Semm et al.). Statt eines 12 cm langen Rippenbogenrandschnittes profitieren insbesondere korpulente und voroperierte Patienten von einer Technik, die mit 4 Punktionen die Gallenblase zu entfernen vermag. Die Bauchwand heilt, d.h. "hält" früher, der Patient ist postoperativ weniger von Komplikationen bedroht (Thrombose, Lungenfunktion, Kreislauf, Nahtinsuffizienz, Bauchwandhernie) und kann früher für sich sorgen (13).



Tab. 5 Anwendungen Minimal Invasiver Chirurgie

Literatur

1. Wickham, J.F.A. "Introduction to "Endoscopic surgery" Brit. Med. Bull. 42, 3: 221-2 (1986)
2. Semm, K. "Pelviskopische Chirurgie in der Gynäkologie" Geburtsh. u. Frauenheilkd. 37: 93-102 (1977)
3. Bueß, G. "Endoskopie - Von der Diagnostik bis zur neuen Chirurgie" Deutscher Ärzte-Verlag, Köln (1990)
4. Reinhardt, H.F., G.A. Horstmann, Gratzl, O. "Mikrochirurgische Entfernung tiefliegender Gefäßmißbildungen mit Hilfe der Sonar-Stereometrie" Ultraschall in Med. 12: 1-4 (1991)
5. Ulrich, B., W. Beckmann, R. Autschbach "Blutsparende und blutstillende Maßnahmen in der Allgemein Chirurgie" Akt. Chir. 24: 171-80 (1989)
6. Mühe, E. "Die erste Cholecystektomie durch das Laparoskop" Langenb. Arch. Chir. 369: 804 (1986)
7. Picr, A., F. Götz "Laparoskopische Versorgung einer indirekten Inguinalhernie (Fallbeschreibung)" Endoskopie heute 1: 13-16 (1991)
8. Reidenbach, H.-D. "Hochfrequenz- und Lasertechnik in der Medizin" Springer-Verlag, Heidelberg (1983)
9. Flachenecker, G., K. Fastenmeier "Hochfrequenzgenerator mit automatischer Stromregulierung für optimalen Schnitt" Einlage Urologe [B] 27, 1:1-4 (1987)
10. Levine, R.L. "Economic impact of pelviscopic surgery" J. Reprod. Med. 30, 9: 656-9 (1985)
11. Glinz, W. "Diagnostische Arthroskopie und arthroskopische Operationen am Kniegelenk" Huber, Bern, Stuttgart, Wien (1979)
12. Perissat, J., Ch. Collet, M. Sosso "Laparoskopische Chirurgie der Gallensteine - Behandlungsbericht von 157 Patienten" Langenb. Arch. Chir. Suppl. II: 1339-50 (1990)
13. Hempel, K., K. Fritz "Perspektiven der ambulanten Chirurgie" Chirurg 61: 864-69 (1990)