

An dieser Stelle werden neue technische Vorschläge, Apparate usw. bekanntgegeben und besprochen, um zu ihrer Erprobung anzuregen. Die Besprechungen können weder durch Anzeigen noch durch Zuweisung irgendeiner anderen Art veranlaßt oder beeinflußt werden.

Roboterarm in der laparoskopischen Chirurgie

I. Baca

Klinik für Allgemein- und Unfallchirurgie (Chefarzt: Prof. Dr. I. Baca), Zentralkrankenhaus Bremen Ost, Bremen

Robot arm in laparoscopic surgery

Summary. Currently laparoscopic surgery is limited by several factors. One of them is the precise handling of optics. Up to now, in our hospital 52 laparoscopic operations have been done with a voice – controlled robot arm to handle the optics in gallbladder, stomach, large bowel and hernia operations. The visual field is determined by the surgeon. In all cases handling of the robot arm was precise and the voice response exact and without technical problems. Twenty-nine operations were done by one operator as “solo surgeries”. In 20 further cases there was one assistant. A robot arm can be used successfully without problems by any laparoscopic surgeon in any operating theater.

Key words: Robot – Laparoscopic surgery.

Zusammenfassung. Die laparoskopische Chirurgie ist gegenwärtig noch durch eine Anzahl verschiedener Faktoren beschränkt, eine davon ist die jederzeit adäquate Führung der Optik. Bislang wurden in unserem Haus 52 laparoskopische Eingriffe an Gallenblase, Magen, Dickdarm und Leistenbruch mit dem durch die Stimme des Operateurs gesteuerten Roboterarm für die Optikführung durchgeführt. Das Sichtfeld wird hierbei durch Befehle des Operateurs direkt bestimmt. Bei allen Eingriffen war die Steuerung des Robo-

terarms präzise, die Spracherkennung genau und ohne technische Probleme. 29 Eingriffe konnten von einem Operateur allein als „Solo-Chirurgie“ vorgenommen werden. Bei weiteren 20 Eingriffen wurde neben dem Operateur nur ein Assistent eingesetzt. Der Roboter kann problemlos und erfolgreich von jedem laparoskopisch tätigen Chirurgen und in jedem Operationssaal eingesetzt werden.

Schlüsselwörter: Roboter – laparoskopische Chirurgie.

Der Operationssaal der Zukunft, ausgestattet mit der Computer-, Roboter- und Mikrosystemtechnik, mit dem Ziel einer Verbesserung der minimal-invasiven Chirurgie, wird von mehreren Forschungsgruppen an verschiedenen Zentren der Welt entwickelt [7, 8]. Roboter helfen jedoch bereits heute in den Operationssälen, wie z. B. der Robodoc bei der Hüftoperation [4].

Die neueste Entwicklung in diesem Bereich ist die Führung der Optik bei laparoskopischen Eingriffen mit Hilfe eines sprachgesteuerten Roboterarms [2, 5]. Über die technischen Daten und unsere ersten Erfahrungen mit dem Einsatz dieses Roboterarms bei verschiedenen laparoskopischen Eingriffen wird in der vorliegenden Arbeit berichtet.

Technisches System

Die technische Ausrüstung besteht aus einem fahrbaren Wagen, in dem ein Computer installiert ist und der gleichzeitig als Transportvehikel für den eigentlichen Roboterarm dient. Dabei handelt es sich bei dem von uns verwendeten System um den Roboterarm AESOP 2000 (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning), der für die kommerzielle Nutzung von der Firma Computer Motion aus Goleta, USA, angeboten wird (Abb. 1). Der Anschaffungspreis beträgt derzeit

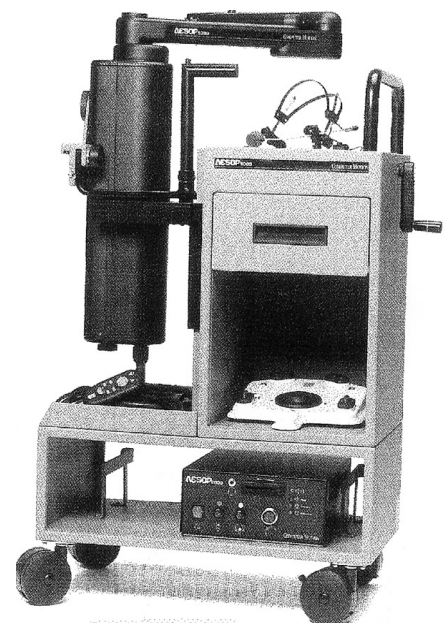


Abb. 1. Roboterarm mit Trägerwagen und Computer



Abb. 2. Verankerung und Vorbereitung des Roboterarms zur laparoskopischen Cholecystektomie

95 000,- DM, Verbrauchskosten pro Operation fallen in Höhe von 27,- DM an.

Roboterarm

Der Roboterarm selbst mit einem Gewicht von 17 kg besteht aus einem stabilen senkrechten und einem beweglichen horizontalen Teil. Nach dem Heranfahren des Transportwagens (Abb. 1) wird noch vor dem Abwaschen des Patienten der Roboterarm am Operationstisch befestigt, der Wagen selbst kann an einer beliebigen Stelle im Saal plaziert werden und wird mit dem Roboterarm durch ein Kabel verbunden. Die genaue Platzierung des Arms wird entsprechend des geplanten Eingriffs gewählt. In der Regel wird der Arm bei Eingriffen im unteren Abdomen am oberen Tisch- und im oberen Abdomen am unteren Tischteil fixiert. Die genaue Justierung und Bewegungsfreiheit wird vor dem Beginn überprüft. Hierbei helfen Markierungen an den horizontalen Armenden, so daß man die Bewegungsmöglichkeiten sehr genau vorausberechnen kann. Der gesamte Aufbau läßt sich nach einiger Übung in etwa 5 min bewerkstelligen. Die Verbindung zwischen Roboterarm und Optik wird über einen Magnetkonnektor hergestellt. Dieser besteht aus 2 Teilen, die unter sterilen Bedingungen zusammengesetzt werden: eines wird am Ende des horizontalen Armanteils und das andere an der Optik befestigt. Dieser Magnet ist somit das einzige zusätzliche Teil,

das sterilisiert werden muß. Der Roboterarm wird ansonsten ähnlich wie die Kamera mit einem von der Firma mitgelieferten Plastikschild verkleidet (Abb. 2).

Steuerung

Chipkarte für die Steuerung mit der Stimme. Eine Chipkarte mit den benötigten Steuerungsbefehlen wird für jeden Nutzer individuell auf einem speziellen Computer hergestellt. Insgesamt werden 23 Sprachbefehle nach dreimaliger Wiederholung festgehalten. Eingabe und Herstellung der Karte sind nur einmal erforderlich und benötigen ca. 15 min. Jeder Chirurg, der mit dem Roboterarm arbeitet, erhält somit eine eigene Karte. Diese muß vor Operationsbeginn in den Hauptcomputer eingeschoben werden, um die stimmungsgesteuerte Bewegung zu ermöglichen.

Die Befehle werden von dem Operateur über ein am Kopf getragenes Mikrofon weitergegeben. Die Verbindung wird, nachdem der Operateur seinen Platz am Operationstisch eingenommen hat, hergestellt. Eine normale Unterhaltung ist möglich, da der Computer nur auf Befehle, die einzeln weitergegeben werden, reagiert. Ein vorausgegangener Befehl wird nach 8 s gelöscht, die erneute Aktivierung erfolgt mit dem Befehl „AESOP“. Nachdem der Computer selbst ebenfalls mit einer Stimme die Aktivierung bestätigt hat, kann er neue Befehle aufnehmen.

Hand- und Fußsteuerung. Eine weitere Möglichkeit der Steuerung besteht in dem mitgelieferten Fußsystem, dessen Einsatz bei uns keine Verwendung fand, und durch eine Handsteuerung, die obligat bei jedem Operationseingriff in einem sterilen Plastikschild eingepackt und nahe am Operationsbereich befestigt wird. Hier können alle Befehle von einem Assistenten oder dem Operateur selbst im Notfall eingegeben werden. In der Regel wird die Hand- zusätzlich zur Stimmsteuerung nur für die gelegentliche Neujustierung vor oder während der Operation in Gebrauch genommen.

Anwendung

Nach endgültiger Platzierung der Trokare und Inspektion des Abdomens wird die eingeführte Optik mit der Kamera über den angebrachten Magnetverschluß mit dem Roboterarm konnektiert. Die Optik wird damit in der Regel sehr stabil gehalten, eine Drehung ist jedoch möglich. Spätere Änderungen des Kamerahorizonts sind durch einfache Drehung der Kamera leicht möglich. Die Bewegungsabläufe können in kleinen Schritten, z. B. mit den Worten „left“, „right“ oder „in“, oder in größeren Schritten mit „move left“, „move right“, „move in“ gesteuert werden. Die Bewegung wird mit dem Befehl „stop“ beendet. Es besteht dreimal die Möglichkeit mit den Befehlen „save one“ oder „two“ die gefundene Position der Optik zu speichern, um zu einem späteren Zeitpunkt mit dem Befehl „return one“ oder „two“ wieder an diese Position zurückzukehren. Die Befehle werden vom Computer mit einer programmierten Stimme bestätigt. Die Steuerung ist genau und die Stimmerkennungsrate einwandfrei. Die Probleme mit der Justierung der „unteren Grenze“ haben wir nach kurzer Zeit behoben. Nach anfänglicher Skepsis wurde die Installation des Roboters am Operationstisch vom Operationspersonal schnell akzeptiert und beherrscht. Wir haben den Roboterarm nach kurzem Einsatz bei der laparoskopischen Leistenbruchversorgung und der Cholecystektomie auch problemlos bei anspruchsvolleren Eingriffen am Magen (Abb. 3) und Dickdarm eingesetzt. Wir konnten keine technischen Probleme beobachten. Eine Reinigung der Optik, wie sonst häufiger notwendig, war durch die stabile Haltung auch kaum mehr erforderlich. Bei einigen Eingriffen war ein Wechsel überhaupt nicht mehr nötig.

Resultat

In der Tabelle 1 werden die Operationen und die Daten dargestellt. Bei den Dickdarmin Eingriffen handelte es sich um 8 Sigmaresektionen und 2 Rectumamputationen. Trotz

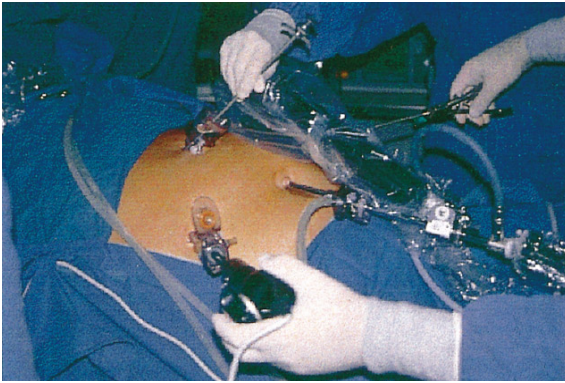


Abb. 3. Einsatz des Roboterarms bei einer Magenoperation

der Umstellung konnten wir im Durchschnitt keine Änderung der Operationszeiten gegenüber unseren sonstigen Zeiten bei vergleichbaren Operationen feststellen. Auch die durchschnittliche Zahl der verwendeten Trokare blieb unverändert. Insgesamt wurden von 52 Eingriffen 29 als „Solo-Chirurgie“ ohne Assistentenhilfe vorgenommen. Zwanzig Eingriffe wurden nur mit einem Assistenten durchgeführt. Hier wurden vor dem Robotereinsatz, besonders bei den Eingriffen am Magen und Dickdarm, in der Regel 2 Assistenten benötigt.

Diskussion

Trotz aller Fortschritte und zunehmender Erfahrung ist die laparoskopische Chirurgie gegenwärtig weiterhin durch eine Reihe von Faktoren behindert, so beispielsweise begrenzte Bewegungsfreiheit der Instrumente, eingeschränktes Berührungsempfinden und die vorwiegend zu Einsatz kommende zweidimensionale Sicht, die durch die Kameraführung eines Assistenten dirigiert wird.

Bei der Koordination entstehen oft Mißverständnisse, oft auch dadurch bedingt, daß Assistent und Operateur auf 2 gegenüber aufgestellte Monitore blicken. Besonders hier bedarf es eines großen Einfühlungsvermögens, um dem Operateur durch die korrekte Führung der Optik ein optimales Arbeiten zu ermöglichen. Übereinstimmend mit anderen Arbeitsgruppen bringt nach unserer Erfahrung der Einsatz des Roboterarms eindeutige Vorteile [2, 5]. Der Roboterarm wird in der mini-

mal-invasiven Chirurgie benutzt, um das Laparoskop und die Kamera zu halten. Er bewegt das visuelle Operationsfeld präzise durch die direkten Befehle des Operateurs. Bei mehreren Eingriffen ist kein Assistent mehr länger für den operativen Eingriff erforderlich, was ihn für andere Aufgaben in der Patientenversorgung freistellt. Ferner vermindert die Kontrolle des visuellen Feldes durch den Operateur selbst die notwendige Kommunikation mit dem Assistenten und erhöht so die Konzentration des Chirurgen. Mehr noch, der Roboterarm hält das optische Feld stabil und bewegungslos und gibt so dem Operateur die Möglichkeit einer erhöhten Präzision und Effektivität während des Eingriffs [2, 5].

Durch den Einsatz zusätzlicher neuer Techniken, wie z.B. dreidimensionales Bild [6] oder Ultraschalldissektor [3], können große und anspruchsvollere Eingriffe im Bereich des Abdomens mit geringerem Risiko und allen Vorteilen des minimal-invasiven Eingriffs für den Patienten durchgeführt werden.

In Anbetracht der Reduktion der personellen Ressourcen im Operationssaal stellt sich am Ende natürlich die Frage, auf welche Weise wir unserer Verpflichtung hinsichtlich der Fachweiterbildung nachkommen werden und können. Hier zeichnet sich der Einsatz der Telepräsenz [1] als ein neuer Weg ab, bei dem der Unterweisende mit einem Laserpointer Schnittführungen oder Präparation auf dem Monitor einem jüngeren Kollegen genau vorzeichnet. Es ergibt sich weiterhin die Möglichkeit einer echten Telesistenz, bei der ein räumlich ent-

fernter Lehrer eine Ausbildungsoperation sozusagen in virtueller Präsenz begleitet. Auch eine Benutzung von zentralen Trainingssimulatoren wird uns zur Verfügung stehen, an denen die in der Weiterbildung befindlichen Chirurgen Standardeingriffe üben können. Die gleichen Einrichtungen können auch für eine Erfolgskontrolle einbezogen werden.

Der Roboter hat zum Vorteil der Patientenversorgung bereits in den Operationssälen Einzug gehalten. Es ist nur eine Frage der Zeit, daß auch die Telepräsenz alltäglicher Bestandteil der operativen Medizin wird.

Literatur

1. Feussner H, Siewert JR (1996) Telemedizin – technische Möglichkeiten und sinnvolle Anwendung. *Chirurg* 67: 984
2. Geis WP, Kim CH, Brennan EJ, McAfee PC, Wang Y (1996) Robotic arm enhancement to accommodate improved efficiency and decreased resource utilization in complex minimally invasive surgical procedures. In: Sieburg H, Weghorst S, Morgen K (eds) *Health care in the Information Age*. IOS Press and Ohmsha, p 471
3. Lange V, Millot M, Dahshan H, Eilers D (1996) Das Ultraschallskalpel – Erste Erfahrungen beim Einsatz in der laparoskopischen Chirurgie. *Chirurg* 67: 387
4. Paul HA, Bargar WL, Mittelestadt B, Musists B, et al (1992) Development of a surgical robot for cementless total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 285: 57
5. Sackier J, Wang Y (1994) Robotically assisted laparoscopic surgery: from concept to development. *Surg Endosc* 8: 66
6. Satava RM (1963) 3-D vision technology applied to advanced minimally invasive gastrointestinal surgery. *Surg Endosc* 7: 429
7. Satava RM (1993) *Surgery 2001, a technologic framework for the future*. *Surg Endosc* 7: 111
8. Schurr MO, Bretweiser H, Melzer A, Kunert W, et al (1996) Experimental telemanipulation in endoscopic surgery. *Surg Laparosc Endosc* 3: 167

Prof. Dr. I. Baca
Klinik für Allgemein- und Unfallchirurgie
Zentralkrankenhaus Bremen Ost
Züricherstraße 40
D-28323 Bremen