

Tecnologia robotica e dei sistemi per procedure endoscopiche avanzate



Ann. Ital. Chir., LXXII, 4, 2001

A. Arezzo^{1,2}, T. Testa¹, M.O. Schurr¹,
G.F. Buess¹, M. De Gregori²

¹Section for Minimally Invasive Surgery,
Eberhard-Karls University, Tübingen, Germany

²Chirurgia Generale, Ospedale Saint Charles, Bordighera

Introduzione

L'avvento delle tecniche endoscopiche ha cambiato la chirurgia in molti aspetti. Al di là dell'adattamento a nuovi tipi di strumentazione e manovre operatorie, il chirurgo ha dovuto adattarsi a un intero sistema di strumenti con il risultato di un cambiamento significativo del suo attrezzatura di lavoro. A cominciare dai primi anni '90, il disegno di sistemi di lavoro chirurgico dedicati alla chirurgia mininvasiva è tuttora un campo di estremo interesse per la ricerca e la industria.

Con la crescente complessità della chirurgia endoscopica nelle varie specialità cliniche, quali la chirurgia generale, cardiaca e ginecologica, è sorta la richiesta di una strumentazione adeguata. Questo manoscritto intende descrivere una revisione delle tecnologie per facilitare la chirurgia endoscopica. I sistemi descritti sono stati sviluppati per un uso in chirurgia generale. Tuttavia, date le similitudini tecniche in tutte le discipline chirurgiche che utilizzano tecniche mininvasive, i sistemi e le esperienze collezionate sul loro impiego dovrebbero essere trasferibili anche ad altri settori che impiegano tecniche di chirurgia endoscopica, quali la cardiocirurgia.

Al di là degli avanzamenti nel campo dei sistemi di visione endoscopica (1-3) gruppi di ricerca all'avanguardia nel mondo accentrano il loro interesse scientifico specialmente sull'aumento della funzionalità degli strumenti. La robotica è stata riconosciuta presto quale un fattore di primaria importanza nella via verso un futuro tecnologico per la chirurgia endoscopica. I passi iniziali nell'utilizzo della robotica per maggiori funzioni di strumenti furono fatti nel campo della guida dell'endoscopio (3-5). Manipolatori endoscopici robotici hanno pro-

Abstract

ROBOTIC AND SYSTEM TECHNOLOGY FOR ADVANCED ENDOSCOPIC PROCEDURES

The advent of endoscopic techniques changed surgery in many regards. This paper intends to describe an overview about technologies to facilitate endoscopic surgery. The systems described have been developed for the use in general surgery, but an easy application also in other fields of endoscopic surgery seems realistic.

The introduction of system technology and robotic technology enables today to design a highly ergonomic solo-surgery platform. This consists of a system of devices for endoscopic surgery (HF, light source, etc ...) with which the surgeon interacts directly, positioning systems for optic and instruments that the surgeon drives as he likes without assistance, and a chair to increase the comfort of the surgeon during surgery. The system of endoscopic devices named OREST (Dornier, München) designed already in 1992 opened the way to a number of systems available today that allow to the surgeon a direct control of the instrumentation. A considerable step ahead in endoscopic technology is the introduction of robotic technology to design assisting systems for solo-surgery and microsurgical instrument manipulators. Results of a number of experimental trials on combinations of different positioning devices are presented and commented.

A further step in the employment of robotic technology is the design of "master-slave manipulators" to provide the surgeon with additional degrees of freedom of instrumentation. In 1996 a first prototype of an endoscopic manipulator system, named ARTEMIS, designed in cooperation with the Research Center in Karlsruhe, could be used in experimental applications. Clinical use of the system, however, will require further development of the arm mechanics and the control system. The combination with the implementation of telecommunication technology will open new frontiers, such as teleconsulting, teleassistance and telemanipulation.

Key words: Endoscopic surgery, robotics, solo-surgery, systems technology, telemedicine.

vato essere affidabili ed efficienti in vari campi di utilizzo e sono oggi accettati come sistemi di assistenza fra i chirurghi endoscopici (6).

Nuove tecnologie sono di grande aiuto anche nel disegno di strumenti per sale operatorie endoscopiche.

L'introduzione della tecnologia di sistemi e della tecnologia robotica permette oggi il disegno di una piattaforma altamente ergonomica per solo-chirurgia.

Gli interventi mininvasivi richiedono una moltitudine di strumenti tecnici, quali telecamere, fonti luminose, alta frequenza ed insufflazione. Gli strumenti utilizzati oggi sono spesso unità singole. Esse richiedono di essere collocate nella sala operatoria e attrezzate prima di ogni singolo intervento. Da ciascuno dei singoli apparecchi, cavi, tubi e altri accessori arrivano al campo operatorio. Essi devono essere connessi da ambo i lati. Ciò non solo determina lunghi tempi di preparazione della sala operatoria ma è anche foriero di infrazioni della sterilità del campo operatorio. Il maggior difetto della soluzione standard adottata sta nella mancanza del controllo diretto degli apparecchi e nella dimostrazione confusa dei parametri e dello stato tecnico dei singoli apparecchi. Il primo approccio alla risoluzione di questi problemi fu fatto con il sistema Orest (Dornier, Monaco) agli inizi degli anni '90 (7). OREST (Fig. 1) integra tutti gli apparecchi in un mobile a rotelle. I singoli apparecchi sono connessi a un computer centrale e possono essere controllati a distanza dal chirurgo per mezzo di un monitor

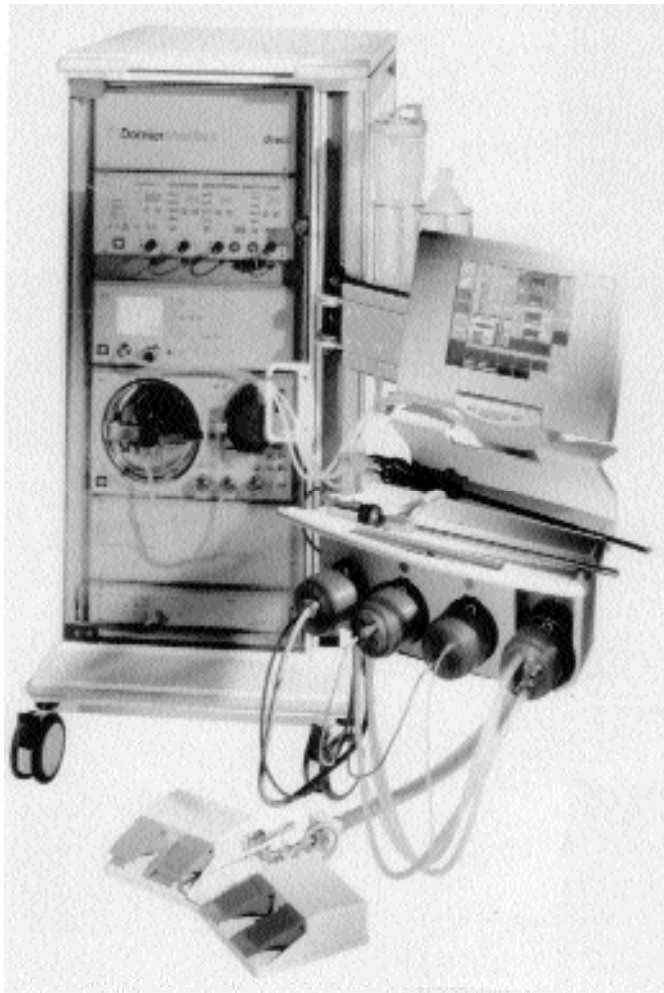


Fig. 1: Sistema OREST II (Dornier, Germany).

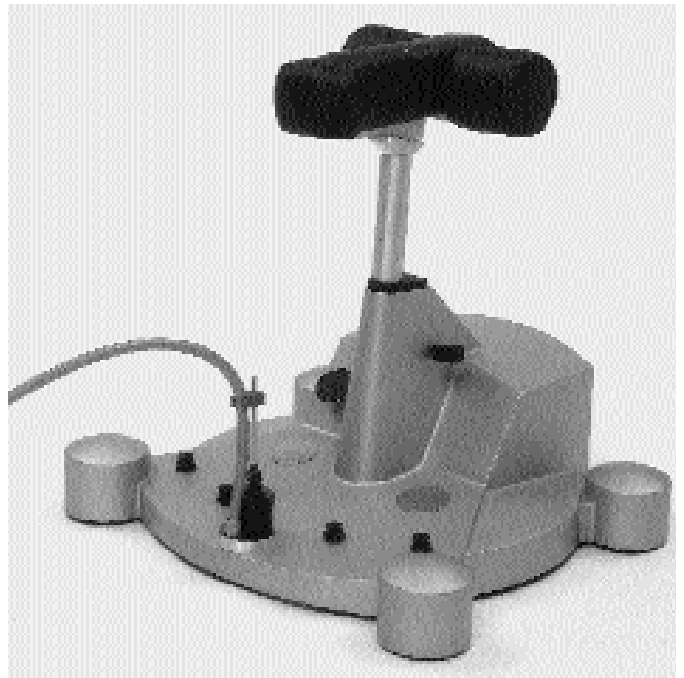


Fig. 2: Sedia ergonomica per chirurgia endoscopica.

multifunzione e un pannello di immissione dei comandi. Questo stesso pannello inoltre informa circa tutti i parametri di funzionamento su un display grafico. Tutti i tubi e cavi sono guidati entro il campo sterile attraverso un braccio articolato. Sono utilizzate fino a 4 prese multiple per collegare tutte le linee a un terminale centrale entro l'area sterile. Basati sullo stesso principio, altri sistemi sono oggi proposti sul mercato da ditte differenti, quali il sistema ENDOSURG (Olympus, Tokyo) ed il sistema HERMES (Computer Motion, Goleta).

La posizione del chirurgo in corso di endoscopia differisce significativamente dalle procedure standard di chirurgia aperta. I lunghi assi degli strumenti e la fissazione della linea di visuale al monitor diminuiscono la libertà di movimento del chirurgo. Paragonato alla chirurgia aperta il chirurgo endoscopico rimane fisso nella sua posizione con scarsa opportunità di muovere il proprio corpo e cambiare posizione. Questa fissazione in una posizione relativamente anti-ergonomica può causare fatica specialmente durante interventi lunghi. Abbiamo perciò disegnato una sedia dedicata alle necessità funzionali della chirurgia endoscopica (Fig. 2). I pedali per alta frequenza, aspirazione e irrigazione sono integrati nella base della sedia così da permettere un allineamento intuitivo dei pedali al piede del chirurgo. La sedia è mossa da motori elettrici che sono controllati con un addizionale pedale a joystick. Il sedile offre una forma speciale ergonomica, che permette una seduta confortevole ed una inclinazione verso il tavolo operatorio senza pericolo di caduta. Un apparecchio può essere utilizzato anche in presenza di uno o più assistenti chirurgici. Tuttavia la combinazione con le tecniche di solo-chirurgia endoscopica risulta particolarmente attraente.

Robotica e solo-chirurgia

Attualmente la tecnologia robotica ha due applicazioni principali in chirurgia mininvasiva: i sistemi di posizionamento per solo-chirurgia e i manipolatori robotici per strumentazione microchirurgica avanzata.

Solo-chirurgia

Dalla comparsa della chirurgia mininvasiva, la visione del chirurgo operatore è dipesa dall'assistente chirurgo, responsabile per il posizionamento dell'endoscopio. Tale compito richiede di mantenere il punto di interesse chirurgico nel centro del video, fornendo un ingrandimento appropriato e mantenendo una immagine orizzontale. L'uso di apparecchi di posizionamento restituisce il controllo diretto della intera procedura al chirurgo operatore, ciò aumenta la precisione di azione e riduce i costi. Nel passato furono utilizzati bracci meccanici e pneumatici derivati dalla chirurgia aperta. La mancanza di ergonomia risultò in uno scarso apprezzamento e conseguentemente in una scarsa diffusione d'uso di tali sistemi. L'introduzione della tecnologia dei manipolatori ha aperto nuove frontiere nello sviluppo della chirurgia mininvasiva. Il primo sistema di posizionamento endoscopico apparso sul mercato fu il sistema AESOP (Computer Motion, Goleta) nel 1995 (5). Esso è connesso direttamente all'endoscopio che, inserito nel trocar, viene mosso a piacimento intorno al punto di inserzione. Fino ad oggi oltre 50.000 interventi sono stati eseguiti negli Stati Uniti con tale sistema. La esperienza nell'utilizzo clinico è stata utilizzata per aggiornare il sistema sostanzialmente, prima nella versione denominata 2000, con la implementazione di un controllo vocale, quindi, nell'ultima versione, denominata 3000, con l'aggiunta di un secondo giunto che permette di ridurre lo spazio utilizzato. Un secondo sistema disponibile sul mercato è l'ENDOASSIST (Armstrong Healthcare, UK) (8). Il sistema muove l'endoscopio intorno ad un punto invariante di movimento, che deve essere predisposto. Un puntatore è posto nella fronte di un elmetto portato dal chirurgo ed un rilevatore visuale sopra il monitor. Per questa ragione ciascun movimento della testa viene rilevato e la informazione trasferita al computer che muove l'ottica in maniera corrispondente. Il sistema è fissato a un carrello e la sua architettura richiede uno spazio minimo nel campo operatorio. In cooperazione con il Centro di Ricerca di Karlsruhe abbiamo disegnato un sistema di posizionamento passivo denominato TISKA Endoarm (9), ed un braccio per il posizionamento a distanza dell'ottica denominato FIPS Endoarm (10), per chirurgia endoscopica. Entrambi i prototipi sono basati su di una architettura che fissa un punto invariante di movimento. TISKA Endoarm mantiene una posizione stabile per mezzo di una frizione elettromagnetica che viene rilasciata premendo un appo-

sito pedale. Un impiego del sistema è possibile utilizzando solamente una mano. Il sistema è altamente apprezzato quando utilizzato come strumento retrattore. FIPS Endoarm è un sistema di posizionamento dell'ottica guidato da un controllo vocale o da un joystick ad anello che viene pinzato alla impugnatura dello strumento operativo in maniera ergonomica. Quando la punta del secondo dito viene inserita nel controllo, il suo movimento corrisponde al movimento dell'ottica. In studi comparativi differenti condotti su manichini presso il nostro istituto più di 300 procedure sono state eseguite. La solo-chirurgia endoscopica ha dimostrato di essere fattibile ed affidabile. Numerosi chirurghi coinvolti negli studi hanno affermato di apprezzare i sistemi in termini di confort per ciascuna delle differenti interfacce sperimentate. Tutti i sistemi di posizionamento endoscopico combinati con strumenti retrattori permettono un controllo preciso e confortevole dell'ottica. Con tutte le combinazioni di sistemi operativi il tempo necessario a completare la procedura era paragonabile alla assistenza umana. Ciò nonostante, il tempo più breve è stato registrato quando l'endoscopio era controllato dal sistema di posizionamento passivo TISKA Endoarm. Ciò dimostra il ruolo importante della interfaccia uomo macchina, che in nessuna delle soluzioni sperimentate ha dimostrato di essere altrettanto intuitiva ed affidabile rispetto al posizionamento a mano. I trials condotti hanno permesso inoltre di focalizzare gli aspetti cruciali

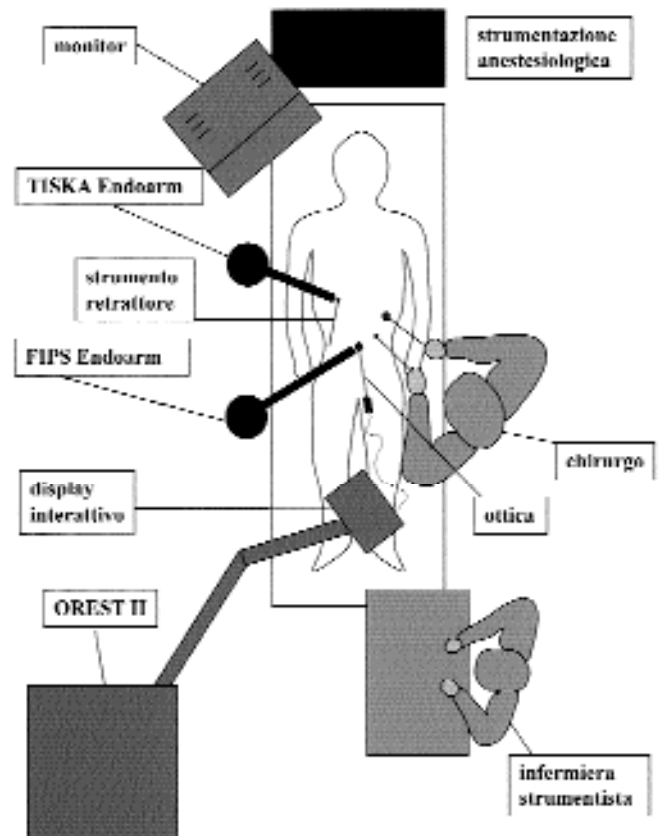


Fig. 3: Disposizione dei sistemi di posizionamento per solo-chirurgia.

riguardanti la posizione degli apparecchi intorno al tavolo operatorio. Siamo così giunti a definire alcuni criteri riguardanti il come eseguire una solo-chirurgia endoscopica in maniera ergonomica (Fig. 3). Per limitare le possibili interferenze fra chirurghi e sistemi di assistenza, questi devono essere posti tutti di fronte al chirurgo. Il chirurgo lavora in una posizione confortevole che ha accesso al campo operatorio per mezzo di uno strumento convenzionale retto ed uno curvo come disegnato da Cuschieri.

Manipolatori robotici microchirurgici

In operazioni endoscopiche la mobilità dello strumento è significativamente ridotta a causa del punto invariante di inserzione attraverso la parete addominale o toracica del paziente (11, 12). Solo quattro dei sette gradi di libertà (GDL) "naturali" del braccio umano restano (13). Questa riduzione di mobilità degli strumenti non è un problema in manipolazioni semplici quali quelle impiegate per la colecistectomia laparoscopica o la chirurgia dell'ernia, ma può portare a significative restrizioni in interventi che richiedono dissezioni complesse o tecniche di viscerosintesi.

Sistemi robotici complessi, guidati da un utente, denominati "manipolatori master-schiavo" sono stati sviluppati per fornire al chirurgo strumentazione con GDL addizionali. Il modo di operare con il manipolatore a distanza e un principio di controllo nel quale tutti i movimenti dettati dallo strumento master sono trasformati in tempo reale nel movimento dello strumento schiavo (14). Un intero sistema manipolatore può essere guidato dall'utente senza che alcun movimento pre-programmato del robot possa o debba avvenire. Il nostro personale sviluppo nell'area della chirurgia robotica è iniziato nel lontano 1991, assieme al Centro di Ricerche di Karlsruhe (Germania). Nel 1996 un primo prototipo di un sistema manipolatore endoscopico fu utilizzato in applicazioni sperimentali.

Il sistema manipolatore ARTEMIS (Advanced Robotic Telemanipulator for Minimally Invasive Surgery) ha due componenti essenziali, la stazione utente (master) e la stazione strumento (schiavo) (Fig. 4). Il chirurgo siede ad una console che integra monitor endoscopici, possibilità di comunicazione e due apparecchi master per controllare i due bracci schiavi che sono montati nella sala operatoria. Il braccio schiavo è una unità cinematica esterna per guidare uno strumento flessibile intorno ad un punto invariante di inserzione nel corpo del paziente. Il braccio ha due segmenti e quattro giunti, che sono guidati da elettromotori integrati. Gli strumenti sterilizzabili hanno una sezione flessibile che permette di inclinare la punta fino a 90°. Il tutto restituisce una mobilità spaziale completa alla punta dello strumento con 6 GDL di movimento.

Dopo che il funzionamento appropriato del sistema e la



Fig. 4: La console del chirurgo con due bracci master per guidare le unità operative.

sua sicurezza furono provate su manichini, furono condotti esperimenti animali in suini domestici. Il braccio ARTEMIS arm è stato impiegato per mobilizzazione del colon sigma e legatura dei vasi sigmoidei per sigmoidectomia laparoscopica. La manovra è stata eseguita con semplicità. Ulteriori passi di valutazione chirurgica sono pianificati dopo modifica del prototipo.

Le conoscenze acquisite nel campo della robotica sono state applicate al campo della tele-manipolazione chirurgica, soggetta ad una intensa ricerca in tutto il mondo. Essa è caratterizzata dalla esecuzione di una operazione o di fasi di una operazione senza essere fisicamente presenti al tavolo operatorio. Il campo della tele-manipolazione chirurgica è sempre strettamente legato sia alle tecnologie di comunicazione avanzata sia alla robotica.

Numerosi gruppi di ricerca in tutto il mondo hanno definito il potenziale dei sistemi di telemanipolazione in siti sperimentali per lunghi anni. Specialmente il gruppo di ingegneria medica dell'SRI, Menlo Park, ha messo particolare enfasi nell'argomento (15). Il nostro coinvolgimento nel settore è iniziato nel 1994 con la nostra valutazione iniziale del sistema di manipolazione DISTEL (16). Il sistema di manipolazione DISTEL (Karlsruhe) è stato modificato a questo proposito. Il sistema originale è composto da un manipolatore di tipo master schiavo con sei assi di movimento. Il suo proposito di utilizzo consiste nella manipolazione remota di sostanze pericolose. Per applicazioni chirurgiche uno strumento convenzionale rigido è stato connesso al braccio manipolatore. Nell'esperimento condotto la distanza tra i due estremi del sistema era di 1.3 km. La comunicazione ed il trasferimento di dati fra i due lati del sistema erano eseguiti lungo una rete di 12 cavi a fibra ottica. Con la appropriata lunghezza di banda di trasmissione la distanza fra i due siti non risulta rilevante. Attraverso connessioni ATM a larga banda si otterrebbe identico funzionamento degli attuali 1.3 km anche a molte migliaia di chilometri. Con questo sistema numerosi test sono stati condotti per determinare le condizioni di lavoro in telechirurgia per l'utente.

Le tecniche di teleconsultazione basate sulla teleconferenza intraoperatoria stanno divenendo clinicamente fattibili e sono già in uso in centri specializzati. Tecniche di teleassistenza con comandi a distanza dell'endoscopio stanno divenendo tecnicamente proponibili per un uso routinario, dopo la dimostrazione di numerosi differenti gruppi di ricerca. Dal nostro punto di vista queste applicazioni troveranno la via di ingresso nella chirurgia clinica entro i prossimi anni. Tuttavia è tuttora da verificare se le tecnologie complesse includendo la robotica e la telematica per telemanipolazione risulteranno di valore clinico pratico nel futuro a breve e medio termine.

Discussione

La restituzione delle qualità funzionali, possibili in chirurgia aperta, è una necessità importante per il futuro della chirurgia endoscopica. Ciò è di particolare interesse per la restaurazione delle funzioni basilari delle interazioni con la strumentazione, quali la visione spaziale (1,2), il senso tattile e la mobilità degli strumenti nel campo operatorio (17). Gli sviluppi degli ultimi anni recenti nel campo dei sistemi di visione endoscopica (3) hanno portato a una visualizzazione endoscopica più naturale in termini di una migliore risoluzione di immagine, di una migliore illuminazione e di migliori tecniche per il mantenimento di una visione chiara. I vantaggi di questi nuovi sistemi di visione sono una migliore accuratezza di manipolazione e risparmio di tempo nella manipolazione endoscopica (18-20).

In anni recenti la chirurgia endoscopica è divenuta assai diffusa, supportata da nuovi sviluppi nella strumentazione. Meno attenzione è stata impiegata riguardo al confort del chirurgo operatore e del suo assistente, che sono spesso costretti a stare in posizioni stancanti e ad eseguire compiti monotoni. Inoltre, gli alti costi delle sale operatorie anche per procedure laparoscopiche standard, richiedono l'impiego di individui meno esperti, quali gli specializzandi, il che porta a un ulteriore aumento del tempo operatorio. Specialmente in ospedali comunitari ed istituti privati, dove il ruolo dell'assistente chirurgo è assunto o da un medico assistente o da un infermiere istruito, la introduzione di sistemi di posizionamento per procedure laparoscopiche può alleviare parte della pressione dovuta alle risorse limitate. Un migliorato disegno architettonico ed una migliore interfaccia dei sistemi porterà ad una ergonomia migliorata e ad un modo di operare i sistemi più intuitivo, in modo da offrire al chirurgo un controllo migliore.

La restaurazione della mobilità integrale degli strumenti è una sfida tecnologica ulteriore in chirurgia endoscopica. I primi prototipi di strumenti endoscopici flessibili con due addizionali GDL sono stati presentati dal nostro gruppo nel 1992 (21). Un primo manipolatore funzionale master schiavo per la chirurgia fu introdotto da Hill della SRI International, Menlo Park, CA, USA (15). Il

telemanipolatore della SRI non era stato disegnato per la endoscopia ed aveva solo quattro GDL (13, 22). Il sistema ARTEMIS è stato il primo manipolatore master schiavo con 6 GDL per chirurgia endoscopica apparso in letteratura (23). L'uso clinico del sistema, comunque, richiederà ulteriore sviluppo nell'area della meccanica dello schiavo e dei sistemi di controllo. Una ricerca intensiva è attualmente attuata nel campo dei manipolatori per la microchirurgia endoscopica per opera di vari gruppi di lavoro presso istituzioni scientifiche ed industrie. Diversi apparecchi sono già stati utilizzati in test preclinici, e sembra molto probabile che manipolatori master schiavi saranno impiegati in chirurgia pratica prima del nuovo millennio.

Al di là della robotica, la tecnologia dei sistemi avrà un impatto significativo sui processi di lavoro in sala operatoria. L'integrazione di sistemi differenti utilizzati per interventi endoscopici all'interno di strutture di sistemi, che sono facili da controllare e da mantenere, è un requisito importante per ottimizzare processi e allocazione di risorse in chirurgia.

In fine, le tecnologie di telecomunicazione applicate alla chirurgia aiuteranno a scambiare le esperienze chirurgiche fra i centri, facilitare il trasferimento di informazioni ed accelerare la diffusione di tecniche chirurgiche fra i centri leader.

Riassunto

L'avvento di tecniche endoscopiche ha cambiato la chirurgia in molti aspetti. Questo manoscritto intende in principio descrivere una revisione delle tecnologie adoperate per facilitare la chirurgia endoscopica. I sistemi descritti sono stati sviluppati per un uso in chirurgia generale, sebbene una facile applicazione sembra realistica anche in altri campi della chirurgia endoscopica.

La introduzione della tecnologia dei sistemi permette oggi di disegnare una piattaforma per solo-chirurgia altamente ergonomica. Essa è caratterizzata da un sistema di apparecchi per chirurgia endoscopica (alta frequenza, fonte luminosa, ecc...) con il quale in chirurgo interagisce in prima persona, sistemi di posizionamento per ottica e strumenti endoscopici che il chirurgo dispone a suo piacimento senza assistenza, ed una sedia per aumentare il confort del chirurgo nel corso dell'intervento. Il sistema di apparecchi denominato OREST (Dornier, München) disegnato già nel 1992 ha aperto la strada a una serie di sistemi che permettono oggi al chirurgo di ottenere un controllo diretto della strumentazione. Un notevole passo avanti nella tecnologia endoscopica è l'introduzione della tecnologia robotica per disegnare sistemi di assistenza per solo-chirurgia e manipolatori per strumentazione microchirurgica. Risultati di diversi studi sperimentali condotti confrontando combinazioni di diversi sistemi di posizionamento vengono presentati e commentati.

Un passo avanti ulteriore nell'impiego della chirurgia robotica è rappresentato dal disegno di "manipolatori a distanza" per permettere al chirurgo un maggior numero di gradi di libertà nella strumentazione. Nel 1996 un primo prototipo di sistema manipolatore endoscopico, denominato ARTEMIS, sviluppato in collaborazione con il Centro di Ricerca di Karlsruhe, fu adoperato in applicazioni sperimentali. L'utilizzo clinico del sistema, tuttavia, richiederà un ulteriore sviluppo del braccio meccanico e del sistema di controllo. La combinazione con la implementazione della tecnologia di telecomunicazione aprirà nuove frontiere, quali la teleconsultazione, la teleassistenza e la telemanipolazione.

Parole chiave: Chirurgia endoscopica, robotica, solo-chirurgia, tecnologia dei sistemi, telemedicina.

Bibliografia

- 1) Becker H., Melzer A., Schurr M.O., Buess G.: *3D video techniques in endoscopic surgery*. Endosc Surg Allied Technol, 1:36 F5 39, 1993.
- 2) Crosthwaite G., Chung T., Dunkley P., Shimi S., Cuschieri A.: *Comparison of direct vision and electronic two- and three-dimensional display systems on surgical task efficiency in endoscopic surgery*. Br J Surg, 82:846-851, 1995.
- 3) Schurr M.O., Buess G., Kunert W., Flemming E., Hermeking H., Gumb L.: *Human sense of vision: a guide to future endoscopic imaging systems*. Min Invas Ther & Allied Technol, 5:410-41, 1996.
- 4) Begin E., Gagner M., Hurteau R., Santis S., Pomp A.: *A robotic camera for laparoscopic surgery: conception and experimental results*. Surg Laparosc Endosc, 5:6-11, 1995.
- 5) Sackier J.M., Wang Y.: *Robotically assisted laparoscopic surgery: from concept to development*. Surg Endosc, 8:63-66, 1994.
- 6) Jakobs L.K., Shayani V., Sackier J.M.: *Determination of the learning curve of the AESOP robot*. Surg Endosc, 11:54-55, 1997.
- 7) Schurr M.O., Buess G., Weigelhofer G., Senft R., Groezinger R., Brandmaier R.: *The operating room system for endoscopic surgery: OREST 1*. Min Invas Ther, 4:5762, 1995.
- 8) Finlay P.A., Ornstein M.H.: *Controlling the movement of a surgical laparoscope*. IEEE Eng Med Biol, 289-291, 1995.
- 9) Schurr M.O., Arezzo A., Neisius B., Rininsland H.H., Hilzinger H.U., Dorn J., Roth K., Buess G.F.: *Trocar and instrument positioning system*. Surg Endosc, in press.
- 10) Buess G.F., Arezzo A., Ulmer F., Fisher H., Marc O., Schurr, Testa T., Nobman C.: *Remote-controlled Endoscope Positioning System FIPS Endoarm for endoscopic Solo-Surgery*. Surg Endosc, in press.
- 11) Melzer A., Schurr M.O., Kunert W., Buess G., Voges U., Meyer J.U.: *Intelligent surgical instrument system ISIS. Concept and preliminary experimental application of components and prototypes*. Endosc Surg Allied Technol, 1:165-170, 1993.
- 12) Mueglitz J., Kunad G., Dautzenberg P., Neisius B., Trapp R.: *Kinematic problems of manipulators for minimal invasive surgery*. Endosc Surg Allied Technol, 1:160-165, 1993.
- 13) Schurr M.O., Melzer A., Dautzenberg P., Neisius B., Trapp R., Buess G.: *Development of steerable instruments for minimal invasive surgery in modular conception*. Acta Chir Belg, 93:73-77, 1993.
- 14) Breitwieser H. Distel: *Digitales Steuerungssystem für Telemanipulatoren*. Robotersysteme, 1:160-164, 1991.
- 15) Bowersox J.C., Shah A., Jensen J., Hill J., Cordts P.R., Green P.S.: *Vascular applications of telepresence surgery: initial feasibility study in swine*. J Vasc Surg, 23:281-287, 1996.
- 16) Schurr M.O., Breitwieser H., Melzer A., Kunert W., Schmitt M., Voges U., Buess G.: *Experimental telemanipulation in endoscopic surgery*. Surg Laparosc Endosc, 6:167-175, 1996.
- 17) Ecken B.K., Harbick R.F., Pease A.L.: *Uses and benefits of telemedicine*. Min Invas Ther & Allied Technol, 6:444-447, 1997.
- 18) Buess G.: *Why this journal?* (Editorial) Endosc Surg Allied Technol, 1:1-2, 1993.
- 19) Buess G., Bergen P., Kunert W., Schurr M.O.: *2D und 3D Sichtsysteme in der minimal invasiven Chirurgie*. Chirurg, 67:1041-1046, 1996.
- 20) Kunert W., Flemming E., Schurr M.O., Buess G.: *Optik mit naturlich wirkender Zusatzbeleuchtung*. Langenbecks Arch Chir, Suppl II:1232-1234, 1997.
- 21) Peitgen K., Walz M.K., Eigler F.W.: *Praktische und experimentelle Erfahrungen mit dem Einsatz der 3D Technologie in der Laparoskopie*. Endoskopie Heute, 9:Suppl, 64, 1996.
- 22) Schurr M.O., Buess G., Rininsland H., Holler E., Neisius B., Voges U.: *ARTEMIS Manipulatorsystem für die endoskopische Chirurgie*. Endoskopie Heute, 9:245-251, 1996.
- 23) Melzer A., Schurr M.O., Dautzenberg P., Trapp R., Buess G.: *Erhöhung der Freiheitsgrade bei Instrumenten fuer die laparoskopische Chirurgie*. Langenbecks Arch Chir, Suppl:279-285, 1992.

Autore corrispondente:

Prof. A. AREZZO,
Chirurgia Generale
Ospedale Saint Charles
Via Aurelia 122
18012 BORDIGHERA
Tel.: +39 335 8378243
Fax: +39 0184 275209
E-mail: alberto.arezzo@uni-tuebingen.de