



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 35 050 T2** 2006.05.24

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 836 425 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 35 050.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US96/09297**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 921 339.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 96/039944**

(86) PCT-Anmeldetag: **05.06.1996**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **19.12.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.04.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **10.08.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.05.2006**

(51) Int Cl.⁸: **A61B 17/00** (2006.01)

A61B 19/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

485587 **07.06.1995** **US**

487020 **07.06.1995** **US**

(73) Patentinhaber:

SRI International, Menlo Park, Calif., US

(74) Vertreter:

Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**JENSEN, F., Joel, Redwood City, US; HILL, W.,
John, Palo Alto, US**

(54) Bezeichnung: **CHIRURGISCHER MANIPULATOR FÜR EIN FERNGESTEUERTES ROBOTERSYSTEM**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Diese Erfindung betrifft chirurgische Manipulatoren und insbesondere eine robotergestützte Vorrichtung zur Verwendung bei der Chirurgie.

[0002] In der laparoskopischen Standardchirurgie wird der Bauch eines Patienten mit Gas aufgeblasen und Trokarhülsen werden durch kleine (ungefähr 12,7 mm (1/2 Inch)) Einschnitte geführt, um Eintrittskanäle für laparoskopische chirurgische Instrumente vorzusehen. Die laparoskopischen chirurgischen Instrumente umfassen im Allgemeinen ein Laparoskop zum Betrachten des Operationsfeldes und Arbeitsinstrumente wie z. B. Klemmen, Greifer, Scheren, Hefter und Nadelhalter. Die Arbeitsinstrumente sind zu denjenigen ähnlich, die in der herkömmlichen (offenen) Chirurgie verwendet werden, außer dass das Arbeitsende von jedem Instrument von seinem Griff durch eine ungefähr 305 mm (12 Inch) lange Verlängerungsröhre getrennt ist. Um chirurgische Prozeduren durchzuführen, führt der Chirurg Instrumente durch die Trokarhülsen und manipuliert sie innerhalb des Bauchs durch Hinein- und Herausschieben derselben durch die Hülsen, Drehen derselben in den Hülsen, Hebeln (d. h. Schwenken) der Hülsen in der Bauchwand und Betätigen von End-Wirkungsgliedern am distalen Ende der Instrumente.

[0003] In der robotergestützten und Teleroboterchirurgie (sowohl offene als auch endoskopische Prozeduren) wird die Position der chirurgischen Instrumente vielmehr durch Servomotoren als direkt mit der Hand oder mit festen Klemmen gesteuert. Die Servomotoren folgend den Bewegungen der Hände eines Chirurgen, wenn er Eingabesteuervorrichtungen manipuliert und die Operation über ein angezeigtes Bild von einer Stelle, die vom Patienten entfernt sein kann, betrachtet. Die Servomotoren sind typischerweise ein Teil einer elektromechanischen Vorrichtung oder eines chirurgischen Manipulators, der die chirurgischen Instrumente trägt und steuert, die direkt in eine offene Operationsstelle oder durch Trokarhülsen in eine Körperhöhle wie z. B. den Bauch des Patienten eingeführt wurden. Während der Operation sieht der chirurgische Manipulator eine mechanische Betätigung und Steuerung einer Vielzahl von chirurgischen Instrumenten wie z. B. Gewebegreifern, Nadelantrieben usw. vor, die jeweils verschiedene Funktionen für den Chirurgen durchführen, d. h. Halten oder Antreiben einer Nadel, Greifen eines Blutgefäßes oder Sezieren von Gewebe.

[0004] Dieses neue Verfahren zum Durchführen der Telechirurgie durch entfernte Manipulation schafft viele neue Herausforderungen. Eine solche Herausforderung ist die Übertragung der Position, Kraft und taktilen Empfindungen vom chirurgischen Instrument

zu den Händen des Chirurgen zurück, wenn er das Telerobotersystem betätigt. Im Gegensatz zu anderen Verfahren zur entfernten Manipulation kann die Telechirurgie dem Chirurgen das Gefühl geben, dass er die chirurgischen Instrumente direkt mit der Hand manipuliert. Wenn das Instrument beispielsweise mit einer Gewebestruktur oder einem Organ innerhalb des Patienten in Eingriff kommt, sollte das System in der Lage sein, die Reaktionskraft gegen das Instrument zu erfassen und diese Kraft auf die Eingabesteuervorrichtungen zu übertragen. In dieser Weise kann der Chirurg das Instrument, das die Gewebestruktur berührt, auf dem angezeigten Bild sehen und den Druck von diesem Kontakt an den Eingabesteuervorrichtungen direkt spüren. Das Vorsehen der geeigneten Rückkopplung kann jedoch aufgrund anderer Kräfte, die auf das System einwirken, wie z. B. Reibung innerhalb der Telerobotermechanismen, Schwerkraft und Trägheitskräften, die auf den chirurgischen Manipulator wirken, oder Kräften, die auf eine Trokarhülse durch den chirurgischen Einschnitt ausgeübt werden, problematisch sein.

[0005] Um eine wirksame Telechirurgie zu ermöglichen, muss der Manipulator außerdem sehr reaktionsfähig sein und muss auch den schnellsten Handbewegungen, die ein Chirurg häufig bei der Durchführung von chirurgischen Prozeduren verwendet, genau folgen können. Um diese schnelle und reaktionsfähige Leistung zu erzielen, muss ein Teleroboter-Servosystem dazu ausgelegt sein, eine geeignet hohe Servobandbreite zu haben, die erfordert, dass der Manipulator so ausgelegt ist, dass er eine geringe Trägheit aufweist und Antriebsmotoren mit Zahnrad- oder Riemenscheibenkopplungen mit relativ geringem Übersetzungsverhältnis verwendet.

[0006] Eine weitere Herausforderung bei der Telechirurgie ergibt sich aus der Tatsache, dass ein Teil des elektromechanischen chirurgischen Manipulators mit den chirurgischen Instrumenten in direktem Kontakt steht und auch benachbart zur Operationsstelle angeordnet wird. Folglich kann der chirurgische Manipulator während der Operation verunreinigt werden und wird typischerweise zwischen Operationen weggeworfen oder sterilisiert. Aus einer Kostenperspektive wäre es natürlich bevorzugt, die Vorrichtung zu sterilisieren. Die Servomotoren, Sensoren und elektrischen Verbindungen, die erforderlich sind, um die Motoren robotisch zu steuern, können jedoch typischerweise nicht unter Verwendung von herkömmlichen Verfahren, z. B. Dampf, Wärme und Druck oder Chemikalien, sterilisiert werden, da sie im Sterilisationsprozess beschädigt oder zerstört werden würden.

[0007] Noch eine weitere Herausforderung besteht darin, dass verschiedene chirurgische Instrumente mehrere Male während einer Operation am gleichen Instrumenthalter befestigt und von diesem gelöst

werden. In laparoskopischen Prozeduren ist die Anzahl von Eintrittskanälen in den Bauch des Patienten beispielsweise im Allgemeinen aufgrund von Platzbeschränkungen sowie eines Wunschs, unnötige Einschnitte im Patienten zu vermeiden, während der Operation begrenzt. Folglich werden typischerweise eine Anzahl von verschiedenen chirurgischen Instrumenten durch dieselbe Trokarhülse während der Operation eingeführt. Ebenso ist bei der offenen Chirurgie typischerweise nicht genügend Raum um die Operationsstelle vorhanden, um mehr als ein oder zwei chirurgische Manipulatoren anzuordnen und somit ist der Assistent des Chirurgen gezwungen, Instrumente häufig vom Halter zu entfernen und sie gegen andere chirurgische Instrumente auszutauschen.

[0008] Was daher erforderlich ist, ist ein System und ein Verfahren zum Halten und Manipulieren von chirurgischen Instrumenten durch Fernsteuerung und zum lösbaren Koppeln eines chirurgischen Instruments mit einem Instrumentenhalter. Die Vorrichtung sollte zur leichten Sterilisation ausgelegt sein, so dass sie wiederverwendet werden kann, nachdem sie während einer Operation verunreinigt wurde. Die Vorrichtung sollte ferner in der Lage sein, den Chirurgen mit der geeigneten Rückkopplung von Kräften, die zum und vom chirurgischen Instrument während der Teleroboteroperation übertragen werden, zu versehen, und sie sollte dazu ausgelegt sein, Gravitationskräfte, die auf die Vorrichtung wirken, zu kompensieren, so dass diese Kräfte vom Chirurgen nicht gespürt werden. Außerdem muss die Vorrichtung sehr reaktionsfähig sein und muss auch den schnellsten Handbewegungen, die ein Chirurg häufig bei der Durchführung von chirurgischen Prozeduren verwendet, genau folgen können. Ferner wäre es erwünscht, ein System bereitzustellen, das dazu ausgelegt ist, das Instrument schnell und leicht mit dem Halter in Eingriff zu bringen und von diesem zu lösen, um die Instrumentenauswechselzeit während der Endoskopchirurgie zu minimieren.

[0009] US-A-4 636 138 und US-A-4 113 115 offenen Industrieroboter.

[0010] Die WO 94/26167 im Besitz des Anmelders, die nachstehend weiter erörtert wird, offenbart eine Roboterinstrumentenanordnung mit einem Instrumententräger, der beweglich an einer Trägerbasis angebracht ist, wobei der Instrumententräger eine Antriebsanordnung aufweist, die mit dem Instrument funktionsgekoppelt ist, um es mit mindestens zwei Freiheitsgraden zu versehen.

[0011] Die Erfindung ist in Anspruch 1 dargelegt.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zum lösbaren Halten und Manipulieren eines chirurgischen Instruments

während einer herkömmlichen offenen Chirurgie oder endoskopischen Prozeduren wie z. B. Laparoskopie bereitgestellt. Die Vorrichtung umfasst eine Manipulatoranordnung mit einem Instrumentenhalter, der lösbar mit einer Antriebsanordnung gekoppelt ist, so dass der Halter sterilisiert werden kann. Die Anordnung umfasst ferner ein Kräftefassungselement, das distal zum Halter und zur Antriebsanordnung angebracht ist, um Kräfte zu erfassen, die auf das chirurgische Instrument ausgeübt werden, und eine Rückkopplung zum Chirurgen zu liefern. Diese Ausführungsform richtet sich auch auf ein System und Verfahren zum lösbaren Halten eines chirurgischen Instruments. Das System umfasst einen Instrumententräger zum automatischen Verriegeln von Montagestiften am Instrument innerhalb Verriegelungsschlitzen am Instrumentenhalter, um das Instrument lösbar mit dem Halter zu koppeln. Mit einer Verdrehungs-Verriegelungs-Bewegung kann der Chirurg während einer chirurgischen Prozedur, wie z. B. offener Chirurgie, Laparoskopie oder Thorakoskopie, verschiedene Instrumente schnell mit dem Halter in Eingriff bringen und von diesem lösen.

[0013] In einer Ausführungsform umfasst die Vorrichtung eine Trägerbasis, die mittels verschiedener passiver oder kraftbetriebener Positionierungsvorrichtungen an einer Oberfläche wie z. B. einem Operationstisch fixierbar ist, und einen Instrumentenhalter, der an der Basis beweglich angebracht ist. Der Instrumentenhalter umfasst einen Körper und einen Instrumententräger, der beweglich mit dem Körper gekoppelt ist und eine Schnittstelle aufweist, die mit dem chirurgischen Instrument in Eingriff bringbar ist, um das Instrument lösbar am Instrumentenhalter zu montieren. Eine Antriebsanordnung ist mit dem Instrumentenhalter funktionsgekoppelt, um das Instrument mit mindestens zwei Freiheitsgraden zu versehen. Die Antriebsvorrichtung umfasst einen ersten Antrieb zum Bewegen des Instrumententrägers und einen zweiten Antriebs zum Bewegen des Instrumentenhalters relativ zur Trägerbasis. Die Vorrichtung umfasst ein Mittel zum lösbaren Koppeln des Instrumentenhalters mit der Basis und der Antriebsanordnung, so dass der Halter vom Rest der Vorrichtung getrennt und nach einer chirurgischen Prozedur sterilisiert werden kann.

[0014] In einer speziellen Konfiguration umfasst die Trägerbasis einen Rahmen mit einem distalen und einem proximalen Trägerbauteil und ein Paar von Wellen, die drehbar innerhalb der Trägerbauteile angebracht sind. Der Instrumentenhalter ist für eine axiale Bewegung des Instruments gleitbar an den Trägerwellen angebracht. Außerdem sind die Wellen jeweils mit einem Antriebsmotor gekoppelt, um das Instrument mit einem zweiten und einem dritten Freiheitsgrad zu versehen, z. B. Drehung und End-Wirkungsglied-Betätigung. Die Antriebsmotoren sind mit dem proximalen Trägerbauteil gekoppelt, so dass sie wäh-

rend der Operation nicht verunreinigt werden. Die drehbaren Wellen können durch Verschieben derselben nach oben und aus dem Eingriff mit ihren unteren Lagern und dem Instrumentenhalter entfernt werden, so dass der Instrumentenhalter leicht von der Trägerbasis zur Sterilisation entfernt werden kann. Der untere Abschnitt der Trägerbasis (einschließlich des distalen Trägerbauteils) kann auch sterilisiert werden, um diejenigen Teile, die den Instrumentenhalter berührt haben, zu säubern. In dieser Weise kann der chirurgische Manipulator nach einer chirurgischen Prozedur leicht sterilisiert werden, ohne die Servomotoren oder die elektrischen Verbindungen, die für das Telerobotersystem erforderlich sind, zu beschädigen.

[0015] Die Trägerbasis umfasst ferner eine Hülse, wie z. B. eine Kanüle oder eine Trokarhülse, die am distalen Trägerbauteil angebracht ist. Die Hülse weist einen axialen Durchgang zum Aufnehmen des Instruments durch diesen hindurch und ein Krafterfassungselement, das innerhalb des axialen Durchgangs nahe dem distalen Ende der Hülse angebracht ist, auf. Das Krafterfassungselement ist dazu ausgelegt, seitliche Kräfte, die durch den distalen Abschnitt des Instruments während der Operation auf das Element ausgeübt werden, zu erfassen. Da das Krafterfassungselement distal zum Rest der Vorrichtung angebracht ist, wird es durch Kräfte, die durch den chirurgischen Einschnitt auf die Kanüle ausgeübt werden können, oder durch Schwerkraft und Trägheitskräfte, die auf den Instrumentenhalter wirken, nicht gestört. Wenn er durch eine Positionierungsvorrichtung getragen wird, kann der chirurgische Manipulator mit einem Neigungsmesser verwendet werden, um die wahre Orientierung des Instrumentenhalters bezüglich der Richtung des lokalen Gravitationsfeldes zu bestimmen. Die Verwendung des Neigungsmessers und der Kraftsensoren mit dem Manipulator erleichtert die Konstruktion eines Telerobotersystems, in dem der Chirurg die Kräfte, die gegen das Ende des Instruments wirken, unbeeinflusst durch externe Kräfte, die auf den Telerobotermechanismus wirken, direkt spürt. Mit anderen Worten, der Chirurg fühlt sich, als ob seine Hände das Instrument an dem Punkt halten, an dem das Instrument das Krafterfassungselement berührt.

[0016] Eine Ausführungsform ist besonders nützlich zum Halten und Manipulieren eines chirurgischen Instruments mit einem End-Wirkungsglied wie z. B. einem Paar von Backen, das mit dem distalen Ende der Instrumentenwelle gekoppelt ist. Dazu umfasst der Instrumentenhalter ferner einen Betätigerantrieb mit einer Schnittstelle, die mit einem End-Wirkungsglied-Betätiger am Instrument in Eingriff bringbar ist. Der Betätigerantrieb umfasst eine Kopplung, die den Antrieb mit der Antriebsanordnung zum axialen Bewegen eines Abschnitts des Antriebs relativ zur Trägerbasis verbindet, wodurch das End-Wirkungsglied

des Instruments betätigt wird. In einer bevorzugten Konfiguration ist die Kopplung ein konzentrischer schraubenförmiger Betätiger, der eine Drehung von einem Antriebsmotor in eine axiale Bewegung des End-Wirkungsglied-Betätigers umsetzt. Aufgrund der symmetrischen Konstruktion des schraubenförmigen Betätigers erzeugt die Betätigungskraft, die durch den Antriebsmotor aufgebracht wird, keine effektiven Seitenlasten am Instrument, was eine Reibungskopplung mit anderen Freiheitsgraden wie z. B. axiale Bewegung und Drehung des Instruments vermeidet.

[0017] In einem weiteren Beispiel umfasst das Instrument eine längliche Welle mit einem proximalen und einem distalen Ende und eine Montageeinrichtung mit einem Vorsprung, der sich radial von der Welle zwischen dem proximalen und dem distalen Ende erstreckt. Ein Instrumentenhalter umfasst einen Träger mit einem Körper mit einem axialen Durchgang zum Aufnehmen der Instrumentenwelle und einem ersten Loch in Verbindung mit dem axialen Durchgang zum Aufnehmen des Vorsprungs. Ein zweites Loch ist quer zu und in Verbindung mit dem ersten Loch in den Körper geschnitten, so dass der Vorsprung innerhalb des zweiten Lochs gedreht werden kann. Um zu verhindern, dass das Instrument versehentlich verdreht wird und dadurch vom Instrumentenhalter während der Operation gelöst wird, umfasst der Halter ferner ein Verriegelungsmittel, das zum automatischen Verriegeln des Vorsprungs innerhalb des zweiten Lochs mit dem Körper gekoppelt ist, wodurch das Instrument lösbar am Instrumentenhalter verriegelt wird.

[0018] In einer bevorzugten Konfiguration umfasst der Vorsprung der Montageeinrichtung ein Paar von entgegengesetzten Armen wie z. B. Montagestiften, die sich von der Instrumentenwelle nach außen erstrecken. Das erste Loch ist ein sich axial erstreckender Schlitz zum Aufnehmen der Montagestifte und das zweite Loch ist ein senkrechter Verriegelungsschlitz mit einem ersten Abschnitt, der auf den axialen Schlitz ausgerichtet ist, und einem zweiten Abschnitt, der sich auf dem Umfang um den Körper des Instrumententrägers erstreckt. Mit dieser Konfiguration können die Montagestifte durch den axialen Schlitz geschoben und in den Verriegelungsschlitz gedreht werden, um das Instrument am Halter zu befestigen. Das Instrument kann durch Durchführen derselben zwei Schritte in umgekehrter Reihenfolge entfernt werden. Mit dieser Verdrehungs-Verriegelungs-Bewegung kann der Chirurg während einer chirurgischen Prozedur verschiedene Instrumente schnell mit dem Instrumentenhalter in Eingriff bringen und von diesem lösen.

[0019] Die Verriegelungseinrichtung umfasst vorzugsweise eine lösbare Riegelanordnung zum Verriegeln der Montagestifte am Instrumentenhalter. Die

Riegelanordnung umfasst einen federbelasteten Tauchkolben, der mit dem Riegel gekoppelt ist, der normalerweise das Instrument an der Stelle verriegelt, indem der Montagestift im Verriegelungsschlitz erfasst wird. Der Tauchkolben weist eine Taste auf, die sich vom Instrumentenhalter nach außen erstreckt, um den Riegel vom Verriegelungsschlitz weg zu bewegen. Die Taste kann manuell oder automatisch herabgedrückt werden, um die Montagesäfte zu lösen und um einen Instrumentenaustausch zu ermöglichen, wenn das Instrument für den Chirurgen leicht zugänglich ist.

[0020] Die Ausführungsformen sind besonders nützlich zum lösbaren Halten eines Endoskopinstruments, das zur Einführung durch eine kleine perkutane Penetration in eine Körperhöhle, z. B. die Bauch- oder Brusthöhle, ausgelegt ist. Dazu umfasst das Instrument vorzugsweise ein End-Wirkungsglied, wie z. B. ein Paar von Backen, das mit dem distalen Ende gekoppelt ist, um mit einer Gewebestruktur innerhalb der Körperhöhle in Eingriff zu kommen. Um das End-Wirkungsglied zu betätigen, weist das Instrument ein zweites Paar von Armen wie z. B. Betätigungsstifte, die sich seitlich von der Welle erstrecken und mit dem End-Wirkungsglied funktionsgekoppelt sind, auf. Vorzugsweise sind die Betätigungsstifte bezüglich der Welle axial verschiebbar, um das End-Wirkungsglied zu betätigen (z. B. die Backen zu öffnen und zu schließen). Der Instrumenthalter umfasst ferner einen Betätigerantrieb, der lösbar mit den Betätigungsarmen und mit einem externen Antrieb zum Betätigen des End-Wirkungsgliedes gekoppelt ist. Der Betätigerantrieb umfasst vorzugsweise eine Verdrehungs-Verriegelungs-Schnittstelle mit Querschlitzern ähnlich den für den Instrumententräger beschriebenen, so dass das Instrument gleichzeitig sowohl mit dem Instrumententräger als auch dem Betätigerantrieb in Eingriff gebracht und von diesem gelöst werden kann.

[0021] Weitere Merkmale und Vorteile erscheinen aus der folgenden Beschreibung, in der die bevorzugte Ausführungsform im einzelnen in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen dargelegt wurde.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022] [Fig. 1](#) ist eine teilweise Seitenschnittansicht eines chirurgischen Roboter-Endoskopinstruments, das an einer erfindungsgemäßen Manipulatoranordnung angebracht ist;

[0023] [Fig. 1A](#) ist eine teilweise Seitenschnittansicht der Manipulatoranordnung von [Fig. 1](#), die die Entfernung eines Instrumentenhalters vom Rest der Anordnung darstellt;

[0024] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind eine vergrößerte Seitenansicht bzw. eine vordere Querschnittsansicht

des chirurgischen Instruments von [Fig. 1](#);

[0025] [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) sind perspektivische Ansichten eines Instrumententrägers bzw. einer Betätigungsstiffalle zum lösbaren Montieren des chirurgischen Instruments an der Manipulatoranordnung;

[0026] [Fig. 4](#) ist eine Vorderseitenansicht des chirurgischen Instruments, das innerhalb des Instrumententrägers montiert ist, und einer Betätigungsstiffalle von [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#);

[0027] [Fig. 5](#) ist eine Vorderseitenansicht eines Betätigerantriebs zum Vorsehen einer axialen Bewegung der Betätigungsstiffalle von [Fig. 3B](#);

[0028] [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) sind vergrößerte Querschnittsansichten einer Betätigerwagenanordnung und eines schraubenförmigen Betätigers des Betätigerantriebs von [Fig. 5](#);

[0029] [Fig. 7](#) ist ein vergrößertes Detail eines Abschnitts des Rahmens der Manipulatoranordnung von [Fig. 1](#), die einen Kopplungsmechanismus zum Entfernen der Wellen vom Rahmen darstellt;

[0030] [Fig. 8](#) ist eine teilweise Querschnittsansicht des Instrumententrägers von [Fig. 3A](#), die einen Verriegelungsmechanismus für eine Verdrehungs-Verriegelungs-Schnittstelle gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt; und

[0031] [Fig. 9](#) ist eine Seitenansicht einer Hilfsvorrichtung, die nicht in der vorliegenden Erfindung eingeschlossen ist, einer entfernten Zentrumspositionierungseinrichtung zum Halten der Manipulatoranordnung von [Fig. 1](#).

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0032] In den Zeichnungen, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen, ist eine Manipulatoranordnung **2** gemäß den Prinzipien der Erfindung im Einzelnen dargestellt. Die Manipulatoranordnung **2** umfasst im Allgemeinen einen Instrumentenhalter **4**, der lösbar an einer Basis **6** angebracht ist, und eine Antriebsanordnung **7** zum Manipulieren eines chirurgischen Instruments **14**, das lösbar mit dem Instrumentenhalter **4** gekoppelt ist.

[0033] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, umfasst die Basis **6** einen Rahmen **16** mit einem proximalen und einem distalen länglichen Trägerbauteil **17**, **19** und eine erste und eine zweite Kugel-Nut-Welle **18**, **20**, die drehbar mit den Trägerbauteilen **17**, **19** über Lager **22** gekoppelt sind. Der Rahmen **16** umfasst ferner eine Stütze **24** zum Befestigen der Manipulatoranordnung **2** an einer entfernten Zentrumspositionierungseinrichtung **300**, wie nachstehend genauer erörtert (sie-

he [Fig. 9](#)). Die Antriebsanordnung **7** umfasst einen ersten, einen zweiten und einen dritten Antrieb **8**, **10**, **12**, die am Rahmen **16** montiert sind und dazu ausgelegt sind, drei Freiheitsgrade für das chirurgische Instrument **14** vorzusehen. In der bevorzugten Ausführungsform dreht der erste Antrieb **8** das Instrument **14** um seine eigene Achse, der dritte Antrieb **10** betätigt ein End-Wirkungsglied **120** am distalen Ende des Instruments **14** und der zweite Antrieb **12** verschiebt das Instrument **14** axial bezüglich des Rahmens **16**. Es ist natürlich für Fachleute leicht zu erkennen, dass andere Konfigurationen möglich sind. Die Anordnung **2** kann beispielsweise zusätzliche Antriebe zum Vorsehen von zusätzlichen Freiheitsgraden für das chirurgische Instrument **14** wie z. B. Drehung und Biegung eines Instrumentengelenks umfassen.

[0034] Der erste Antrieb **8** umfasst einen Rotationsantriebsmotor **26**, der am Rahmen **16** befestigt und mit einer ersten Welle **18** durch einen Antriebsriemen **28** zum Drehen der ersten Welle **18** bezüglich des Rahmens **16** gekoppelt ist. Der zweite Antrieb **10** umfasst einen Greiferantriebsmotor **30**, der am Rahmen **16** befestigt und mit der zweiten Welle **20** durch einen Antriebsriemen **32** zum Drehen der zweiten Welle **20** bezüglich des Rahmens **16** gekoppelt ist. Der dritte Antrieb **12** umfasst einen vertikalen Antriebsmotor **34**, der mit dem Instrumentenhalter **4** über einen Antriebsriemen **36** und zwei Riemenscheiben **38** zum axialen Verschieben des Instrumentenhalters **4** bezüglich des Rahmens **16** gekoppelt ist. Die Antriebsmotoren **26**, **30**, **34** sind vorzugsweise mit einem Steuermechanismus über eine Servosteuer Elektronik (nicht dargestellt) gekoppelt, um ein Telerobotersystem zum Betätigen des chirurgischen Instruments **14** durch Fernsteuerung zu bilden. Die Antriebsmotoren folgen den Bewegungen der Hände des Chirurgen, wenn er Eingabesteuervorrichtungen an einer Stelle manipuliert, die vom Patienten entfernt sein kann.

[0035] Das vorstehend beschriebene Teleroboter-Servosystem weist vorzugsweise eine Servobandbreite mit einer Grenzfrequenz bei 3 dB von mindestens 10 Hz auf, so dass das System schnell und genau auf die schnellen Handbewegungen, die vom Chirurgen verwendet werden, reagieren kann. Um mit diesem System effektiv zu arbeiten, weist der Instrumentenhalter **4** eine relativ geringe Trägheit auf und die Antriebsmotoren **26**, **30**, **34** weisen Zahnrad- oder Riemenscheibenkopplungen mit relativ niedrigem Übersetzungsverhältnis auf.

[0036] In einer speziellen Ausführungsform ist das chirurgische Instrument **14** ein Endoskopinstrument, das zur Einführung durch eine perkutane Penetration in eine Körperhöhle wie z. B. die Bauch- oder Brusthöhle, ausgelegt ist. In dieser Ausführungsform trägt die Manipulatoranordnung **2** eine Kanüle **50** an ei-

nem distalen Trägerbauteil **19** des Rahmens **16** zur Anordnung im Eintrittseinschnitt während einer chirurgischen Endoskopprozedur (es ist zu beachten, dass die Kanüle **50** in [Fig. 1](#) schematisch dargestellt ist und typischerweise viel länger ist). Die Kanüle **50** ist vorzugsweise eine herkömmliche Gasabdichtungs-Trokarhülse, die für die Laparoskopchirurgie, wie z. B. Dickdarmresektion und Nissen-Fundoplikation, ausgelegt ist.

[0037] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, umfasst die Kanüle **50** vorzugsweise ein Krafterfassungselement **52**, wie z. B. einen Dehnungsmesser oder einen Krafterfassungswiderstand, das an einem ringförmigen Lager **54** innerhalb der Kanüle **50** montiert ist. Das Lager **54** stützt das Instrument **14** während der Operation ab, was ermöglicht, dass sich das Instrument dreht und axial durch die zentrale Bohrung des Lagers **54** bewegt. Das Lager **54** überträgt seitliche Kräfte, die vom Instrument **14** ausgeübt werden, auf das Krafterfassungselement **52**, das mit dem Steuermechanismus zum Übertragen dieser Kräfte zu den Eingabesteuervorrichtungen (nicht dargestellt), die vom Chirurgen gehalten werden, im Telerobotersystem funktionsverbunden ist. In dieser Weise können Kräfte, die auf das Instrument **14** wirken, ohne Störungen von Kräften, die auf die Kanäle **50** wirken, wie z. B. das Gewebe, das den chirurgischen Einschnitt umgibt, oder durch Schwerkraft und Trägheitskräfte, die auf die Manipulatoranordnung **2** wirken, erfasst werden. Dies erleichtert die Verwendung der Manipulatoranordnung in einem Robotersystem, da der Chirurg die Kräfte, die gegen das Ende des Instruments **14** wirken, direkt spürt. Die Gravitationskräfte, die auf das distale Ende des Instruments **14** wirken, werden natürlich auch vom Krafterfassungselement **52** erfasst. Diese Kräfte würden jedoch auch vom Chirurgen während der direkten Manipulation des Instruments gespürt werden.

[0038] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, umfasst der Instrumentenhalter **4** ein Gestell **60**, das an Wellen **18**, **20** über Kugel-Nut-Lager **62**, **64** montiert ist, so dass das Gestell **60** sich in Bezug auf die Wellen **18**, **20** axial bewegen kann, aber an einer Drehung mit den Wellen **18**, **20** gehindert wird. Das Gestell **60** ist vorzugsweise aus einem Material konstruiert, das dem Aussetzen den Hochtemperatur-Sterilisationsprozessen standhält, wie z. B. rostfreiem Stahl, so dass das Gestell **60** nach einer chirurgischen Prozedur sterilisiert werden kann. Das Gestell **60** umfasst einen zentralen Hohlraum **66** zum Aufnehmen des chirurgischen Instruments **14** und einen Arm **68**, der sich seitlich vom Gestell **60** erstreckt. Der Arm **68** ist am Antriebsriemen **36** befestigt, so dass die Drehung des Antriebsriemens **36** den Instrumentenhalter **4** in der axialen Richtung entlang der Wellen **18**, **20** bewegt.

[0039] Der Instrumentenhalter **4** ist mit der Basis **6** und den Antriebsmotoren lösbar gekoppelt, so dass der

gesamte Halter **4** entfernt und durch herkömmliche Verfahren wie z. B. Dampf, Wärme und Druck, Chemikalien usw. sterilisiert werden kann. In der bevorzugten Konfiguration umfasst der Arm **68** einen Kippschalter **69**, der gedreht werden kann, um den Arm **68** vom Antriebsriemen **36** zu lösen ([Fig. 1](#)). Außerdem sind die Wellen **18**, **20** mit den Lagern **22** lösbar gekoppelt, so dass die Wellen axial von den Trägerbauteilen **17**, **19** des Rahmens **16** zurückgezogen werden können, wie in [Fig. 1A](#) gezeigt. Dazu umfassen die distalen Lager **22** vorzugsweise einen Koppungsmechanismus, um die Entfernung der Wellen **18**, **20** zu ermöglichen. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt, umfasst das distale Trägerbauteil **19** einen Trägerkragen **71** innerhalb jedes distalen Lagers **22** mit einer inneren Bohrung **72** zum Durchgang von einer der Wellen **18**, **20**. Jeder Trägerkragen **71** weist eine Innennut **73** auf und die Wellen **18**, **20** weisen jeweils eine Ringnut **74** (siehe [Fig. 1A](#)) nahe ihren unteren Enden auf, die auf die Innennuten **73** ausgerichtet sind, wenn die Wellen geeignet innerhalb des Rahmens **16** angebracht sind ([Fig. 1](#)). Ein Federclip **75** ist innerhalb jeder Innennut **73** angeordnet, um jede Welle **18**, **20** innerhalb des jeweiligen Trägerkragens **71** zu halten. Der Federclip **74** weist eine Unstetigkeit (nicht dargestellt) auf, um die Entfernung der Wellen **18**, **20** beim Aufbringen einer axialen Schwellenkraft auf die Wellen zu ermöglichen.

[0040] Um den Instrumentenhalter **4** von der Basis **6** zu entfernen, dreht der Operateur den Kippschalter **69**, um den Arm **68** vom Antriebsriemen **36** zu lösen, und entfernt die Antriebsriemen **28**, **32** von den Antrieben **8**, **10**. Wie in [Fig. 1A](#) gezeigt, hält der Operateur den Instrumentenhalter **4** und zieht die Wellen **18**, **20** nach oben, wobei er genügend Kraft vorsieht, um die Federclips **75** zu lösen. Die Wellen **18**, **20** lösen sich von den distalen Lagern **22** und gleiten durch die Kugel-Nut-Lager **62**, **64**, so dass der Instrumentenhalter **4** von der Basis **6** getrennt wird. Es sollte selbstverständlich sein, dass die Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebenen Mittel zum lösbaren Koppeln des Instrumentenhalters **4** mit der Basis **6** und der Antriebsanordnung **7** begrenzt ist. Das distale Trägerbauteil **19** kann beispielsweise mit dem Rest des Rahmens **16** lösbar gekoppelt sein, so dass der Chirurg das Bauteil **19** einfach entfernt und den Halter nach unten und von den Wellen **18**, **20** schiebt. Das proximale Trägerbauteil **17** kann mit dem Rahmen **16** in einer ähnlichen Weise lösbar gekoppelt sein. Alternativ können die Antriebsmotoren in einer separaten Servobox (nicht dargestellt) untergebracht sein, die lösbar an der Basis **6** befestigt ist. In dieser Konfiguration würde die Servobox von der Basis **6** entfernt werden, so dass die gesamte Basis **6** zusammen mit dem Halter **4** sterilisiert werden kann.

[0041] Der untere Abschnitt der Basis **6** (einschließlich des distalen Trägerbauteils **19**) kann auch sterilisiert werden, um diejenigen Teile zu säubern, die mit

dem Halter **4** oder Instrument **14** in Kontakt kommen (z. B. durch Eintauchen des unteren Abschnitts der Basis **6** in ein Sterilisationsbad). Um diese Art von Sterilisation zu erleichtern, sind die Wellen **18**, **20** vorzugsweise etwas länger als in [Fig. 1](#) gezeigt, so dass der obere Abschnitt der Basis **6**, einschließlich der Antriebsanordnung **7**, ausreichend vom Halter **4** und Instrument **14** entfernt angeordnet ist. In dieser Weise kann der chirurgische Manipulator nach einer chirurgischen Prozedur leicht sterilisiert werden, ohne die Antriebsmotoren oder die elektrischen Verbindungen, die für das Telerobotersystem erforderlich sind, zu beschädigen.

[0042] Der Instrumentenhalter **4** umfasst ferner einen Instrumententräger **70** (siehe Detail in [Fig. 3A](#)) zum lösbaren Koppeln des chirurgischen Instruments **14** mit der Manipulatoranordnung. Der Instrumententräger **70** ist innerhalb des Gestells **60** über Montage-lager **74** drehbar montiert, so dass der Träger **70** und das Instrument darin gedreht werden können. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, ist der Träger **70** von einem ringförmigen Zahnkranz **76** mit Zähnen, die mit den Zähnen eines Antriebszahnrades **78** in Eingriff stehen, das an der ersten Welle **18** montiert ist, umgeben. Das Antriebszahnrad **78** ist um die erste Welle **18** derart konfiguriert, dass es sich mit der ersten Welle **18** dreht, wodurch der Instrumententräger **70** und das chirurgische Instrument damit gedreht werden. Das Antriebszahnrad **78** ist auch so ausgelegt, dass es sich bezüglich der ersten Welle **18** axial bewegt, um eine axiale Bewegung des Instrumentenhalters **4** bezüglich des Rahmens **16** zu ermöglichen.

[0043] Der Instrumentenhalter **4** umfasst ferner einen Betätigerantrieb **80** (siehe Detail in [Fig. 5](#)), der innerhalb axialer Führungsschlitze **82** auf beiden Seiten des Gestells **60** beweglich montiert ist. Der Betätigerantrieb **80** umfasst einen schraubenförmigen Betätiger **84** (siehe Detail in [Fig. 6B](#)) mit einem Zahnkranz **86**, der mit einem Greiferantriebszahnrad **88**, das an der zweiten Welle **20** montiert ist, in Eingriff steht. Die Drehung der zweiten Welle **20** verursacht eine Drehung des Greiferantriebszahnrades **88**, wodurch der Zahnkranz **86** und der schraubenförmige Betätiger **88** innerhalb des Gestells **60** gedreht werden. Der Betätigerantrieb **80** umfasst ferner eine Betätigerwagenanordnung **90** (siehe Detail in [Fig. 6A](#)) zum lösbaren Koppeln eines End-Wirkungsglied-Betätigers des chirurgischen Instruments **14** mit dem Instrumentenhalter **4** (siehe [Fig. 2](#)). Die Wagenanordnung **90** ist innerhalb des schraubenförmigen Betätigers **84** und des Gestells **60** derart montiert, dass eine Drehung des schraubenförmigen Betätigers **84** eine entsprechende axiale Bewegung der Wagenanordnung **90** bezüglich des Gestells **60** bewirkt, wie nachstehend genauer erörtert.

[0044] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) stellen eine spezielle Ausführungsform eines chirurgischen Endoskopin-

struments **14** dar, das durch einen motorisierten Manipulator wie z. B. die Manipulatoranordnung **2** für eine Teleroboteroperation betätigt werden kann. Das chirurgische Instrument **14** kann eine Vielzahl von herkömmlichen Endoskopinstrumenten sein, die für eine Lieferung durch eine perkutane Penetration in eine Körperhöhle ausgelegt sind, wie z. B. Gewebegreifer, Nadelantriebe, Mikroscheren, Elektrokaustikdissektoren usw. In der bevorzugten Ausführungsform ist das Instrument **14** ein Gewebegreifer mit einer Welle **100** mit einem proximalen Ende **102**, einem distalen Ende **104** und einer Längsachse **106** dazwischen. Ein gerändelter Griff **114** ist am proximalen Ende **102** der Welle **100** befestigt, um die Manipulation des Instruments **14** zu erleichtern.

[0045] Die Welle **100** ist vorzugsweise eine Röhre aus rostfreiem Stahl mit einem Außendurchmesser im Bereich von 2–10 mm, gewöhnlich 4–8 mm, um innerhalb eine Kanüle mit einem Innendurchmesser im Bereich von 2–15 mm zu passen. Die Welle **100** kann auch direkt durch einen perkutanen Einschnitt in den Patienten eingeführt werden. Die Welle **100** weist eine Länge auf, die so ausgewählt wird, dass sie eine Zielstelle in einer Körperhöhle wie z. B. im Bauch erreicht und sich ausreichend aus der Körperhöhle erstreckt, um eine leichte Manipulation des chirurgischen Instruments **14** zu erleichtern. Folglich sollte die Welle **100** mindestens zwischen 10 cm und 40 cm sein und ist vorzugsweise zwischen 17 cm und 30 cm. Es sollte beachtet werden, dass, obwohl die Welle **100** in den Zeichnungen als eine kreisförmige Querschnittsform aufweisend gezeigt ist, die Welle **100** alternativ eine rechteckige, dreieckige, ovale oder Kanal-Querschnittsform aufweisen könnte.

[0046] In einer speziellen Konfiguration umfasst die Welle **100** eine Montageeinrichtung zum lösbaren Koppeln des chirurgischen Instruments **14** mit dem Instrumententräger **70** und dem ersten Antrieb **8** der Manipulatoranordnung **2**. In der bevorzugten Ausführungsform umfasst die Montageeinrichtung ein Paar von entgegengesetzten Montagestiften **116**, die sich seitlich von der Welle **100** nach außen erstrecken. Die Montagestifte **116** sind starr mit der Welle **100** verbunden und sind zum Eingriff mit einer Verdrehungs-Verriegelungs-Schnittstelle am Instrumententräger **70** ausgelegt, wie nachstehend im einzelnen erörtert. Es sollte selbstverständlich sein, dass die Erfindung nicht auf ein Paar von entgegengesetzten Stiften begrenzt ist und dass Montageeinrichtungen einen einzelnen Montagestift oder eine Vielzahl von Stiften, die sich auf dem Umfang um die Welle erstrecken, umfassen können. Alternativ können die Stifte **116** eine Vielfalt von anderen Formen aufweisen, wie z. B. kugelförmig oder ringförmig, falls erwünscht.

[0047] Das Instrument **14** umfasst ein End-Wirkungsglied **120**, das sich vom distalen Ende **104** zum Eingriff mit einer Gewebestruktur am Patienten wie z.

B. dem Bauchraum während einer Laparoskop-Operation erstreckt. In der bevorzugten Ausführungsform umfasst das End-Wirkungsglied **120** ein Paar von Backen **122**, **124**, die zwischen einer offenen und einer geschlossenen Position bewegbar sind, um ein Blutgefäß zu ergreifen, eine Naht zu halten usw. Die Backen **122**, **124** weisen vorzugsweise Quernuten oder andere Texturmerkmale (nicht dargestellt) auf gegenüberliegenden Oberflächen auf, um das Greifen der Gewebestruktur zu erleichtern. Um die Möglichkeit einer Beschädigung des Gewebes, auf das die Backen **122**, **124** angewendet werden, zu vermeiden, können die Backen auch atraumatische Mittel (nicht dargestellt), wie z. B. elastomere Hülsen, die aus Kautschuk, Schaum oder chirurgischer Gaze bestehen, die um die Backen **122**, **124** gewickelt sind, umfassen.

[0048] Um die Backen **122**, **124** zwischen der offenen und der geschlossenen Position zu bewegen, umfasst das Instrument **14** einen End-Wirkungsglied-Betätiger, der lösbar mit dem Betätigerantrieb **80** und dem zweiten Antrieb **10** der Manipulationsanordnung **2** gekoppelt ist (siehe [Fig. 4](#)). In der bevorzugten Ausführungsform umfasst der End-Wirkungsglied-Betätiger ein Paar von entgegengesetzten Betätigungsstiften **132**, die seitlich von sich axial erstreckenden Schlitzen **134** in der Welle **100** vorstehen. Die Betätigungsstifte **132** sind mit einem länglichen Stab **136** gekoppelt, der gleitbar innerhalb eines inneren Lumens **138** der Welle **100** angeordnet ist. Die Betätigungsstifte **132** sind innerhalb Schlitzen **134** gleitbar, so dass der Stab **136** bezüglich der Welle **100** und der Montagestifte **116** axial beweglich ist, um die Backen **122**, **124** zu öffnen und zu schließen, wie es auf dem Fachgebiet üblich ist. Der längliche Stab **136** weist einen proximalen Abschnitt **140** auf, der innerhalb eines inneren Lumens **142** innerhalb der Welle **100** angeordnet ist, um zu verhindern, dass sich die Betätigungsstifte **132** in der seitlichen Richtung bewegen, und um sicherzustellen, dass der Stab **136** während einer chirurgischen Prozedur im Allgemeinen innerhalb der Welle **100** zentriert bleibt.

[0049] Die Backen **122**, **124** werden vorzugsweise durch eine ringförmige Druckfeder **144**, die innerhalb der Welle **100** zwischen den Betätigungsstiften **132** und einer ringförmigen Scheibe **146**, die an der inneren Oberfläche der Welle **100** befestigt ist, angeordnet ist, in die geschlossene Position vorgespannt. Während Endoskopprozeduren ermöglicht dies, dass das Operationsteam die Backen **122**, **124** durch die Kanüle **50** (oder irgendeine andere Art von perkutaner Penetration) und in die Körperhöhle einführt, ohne dass sie innerhalb der Kanüle **50** stecken bleiben oder umgebendes Gewebe beschädigen.

[0050] [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 4](#) stellen einen Verdrehungs-Verriegelungs-Mechanismus zum lösbaren Verbinden des chirurgischen Instruments **14** mit

der Manipulatoranordnung **2** dar, so dass verschiedene Instrumente während einer chirurgischen Endoskopprozedur schnell ausgewechselt werden können. Wie in [Fig. 3A](#) gezeigt, umfasst der Instrumententräger **70** einen ringförmigen Kragen **200**, der eine zentrale Bohrung **202** zum Aufnehmen der Welle **100** des chirurgischen Instruments **14** definiert. Der Kragen **200** definiert ferner einen sich axial erstreckenden Schlitz **204** in Verbindung mit der Bohrung **202**, der so bemessen ist, dass er ermöglicht, dass die Montage- und Betätigungsstifte **116**, **132** des Instruments **14** durch diesen hindurch gleiten (siehe [Fig. 4](#)). Zwei Verriegelungsschlitze **206** sind in den ringförmigen Kragen **200** in einem Querwinkel, vorzugsweise etwa 90° , zum sich axial erstreckenden Schlitz **204** geschnitten (es ist zu beachten, dass nur einer der Verriegelungsschlitze in [Fig. 3A](#) gezeigt ist). Die Verriegelungsschlitze **206** schneiden den Schlitz **204** nahe der Mitte des ringförmigen Kragens **200** und erstrecken sich auf dem Umfang um die Bohrung **202**, vorzugsweise etwa 90° , um eine Drehung beider Montagestifte **116** hindurch zu ermöglichen, wie nachstehend erörtert.

[0051] Wie in [Fig. 3A](#) und [Fig. 8](#) gezeigt ist, umfasst der Instrumententräger **70** ferner eine Einrichtung zum Verriegeln der Montagestifte **116** in den Verriegelungsschlitzen **206**, so dass das Instrument während der Operation nicht versehentlich verdreht und dadurch vom Instrumententräger **70** gelöst werden kann. Vorzugsweise umfasst das Verriegelungsmittel eine Riegelanordnung mit einem Tauchkolben **210**, der gleitbar innerhalb eines Lochs **212** im Kragen **200** angeordnet ist, wie in [Fig. 3A](#) gezeigt. Der Tauchkolben **210** umfasst einen L-förmigen Riegel **213**, der durch einen Stab **215**, der sich durch das Loch **212** erstreckt, mit einer Lösetaste **214** gekoppelt ist. Der Tauchkolben **210** ist zwischen einer ersten Position, in der der Riegel **213** nicht innerhalb der Verriegelungsschlitze **206** angeordnet ist, so dass sich die Montagestifte **116** frei durch diese drehen können, und einer zweiten Position, in der der Riegel **213** zumindest teilweise innerhalb von einem der Verriegelungsschlitze **206** angeordnet ist, um eine Drehung der Montagestifte **116** zu verhindern, beweglich. Der Riegel **213** wird vorzugsweise durch eine Druckfeder **216** in die zweite oder verriegelte Position vorgespannt.

[0052] Die Taste **214** ist an der oberen Oberfläche des Trägers **70** für eine manuelle Betätigung durch den Chirurgen oder automatische Betätigung durch die Basis **6** angeordnet. Wenn der Instrumentenhalter **4** in seine proximalste Position bewegt wird (siehe [Fig. 1](#)), drückt das proximale Trägerbauteil **17** des Rahmens **16** vorzugsweise den Löseschalter **214** herab, um den Riegel **213** in die erste oder offene Position zu bewegen. Mit dieser Konfiguration können Instrumente nur dann ausgetauscht werden, wenn sich der Instrumentenhalter **4** in der proximalsten Posi-

tion befindet, in der die Welle **100** des Instruments **14** leicht zugänglich ist. Außerdem verhindert dies das versehentliche Lösen des Instruments, wenn sein distales Ende die Kanüle **50** durchdrungen hat und innerhalb der Körperhöhle angeordnet ist.

[0053] Die sich schneidenden axialen und Verriegelungsschlitze **204**, **206** bilden eine Schnittstelle zum lösbaren Koppeln der Montagestifte **116** des chirurgischen Instruments **14** mit dem Instrumentenhalter **4**. Um das Instrument **14** einzusetzen, richtet der Chirurg die Montagestifte **116** auf den axialen Schlitz **204** aus und schiebt das Instrument durch die Bohrung **202** des ringförmigen Kragens **200**, bis die Montagestifte **116** auf die Verriegelungsschlitze **206** ausgerichtet sind, wie in [Fig. 4](#) gezeigt. Das Instrument wird dann um einen ausreichenden Abstand, vorzugsweise etwa 1/4-Drehung, durch die Verriegelungsschlitze **206** gedreht, so dass die Stifte nicht mehr auf den axialen Schlitz **204** ausgerichtet sind. Wenn das Instrument **14** distal bewegt wird, wird der Schalter **214** gelöst ([Fig. 1](#)) und der Riegel **213** bewegt sich in die Verriegelungsschlitze **206**, um zu verhindern, dass sich die Montagestifte **116** in die Ausrichtung auf den axialen Schlitz **204** zurückdrehen, so dass das Instrument **14** am Instrumententräger **70** befestigt wird. Es sollte beachtet werden, dass ein einzelner Montagestift bei der vorstehend beschriebenen Konfiguration verwendet werden kann, um das chirurgische Instrument am Träger zu verriegeln. Zwei entgegengesetzte Stifte sind jedoch bevorzugt, da diese Konfiguration die Torsionskräfte an der inneren Oberfläche der Verriegelungsschlitze **206** verringert.

[0054] Wie in [Fig. 8](#) gezeigt ist, umfasst das Verriegelungsmittel vorzugsweise eine Kugelarretierung **217**, die innerhalb des Kragens **200** angeordnet ist. Die Kugelarretierung **217** wird durch eine Feder **218** in einen der Verriegelungsschlitze **206** nach oben vorgespannt. Die Kugelarretierung **217** dient zum vorübergehenden Erfassen der Montagestifte **116** in einer Position, die von der Ausrichtung auf den axialen Schlitz **204** um 90° gedreht ist. Dies stellt sicher, dass die Montagestifte vollständig in die korrekte Position gedreht werden (d. h. aus dem Weg des Riegels **213**), wenn das Instrument **14** in den Instrumentenhalter verdreht wird. Wenn der Schalter **214** gelöst wird, könnte der Riegel **234** ansonsten mit den Montagestiften **216** in Eingriff kommen, so dass der Riegel außerstande ist, sich vollständig in die verriegelte Position zu bewegen, wodurch potentiell die versehentliche Lösung des Instruments **14** während der Operation verursacht wird.

[0055] Wie in [Fig. 3B](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigt ist, umfasst der Betätigerantrieb **80** des Instrumentenhalters **4** ferner eine Betätigungsstiffalle **220** zum lösbaren Halten und Bewegen der Betätigungsstifte **132** des Instruments **14**. Die Betätigungsstiffalle **220** ist ähnlich dem Instrumententräger **70** ([Fig. 3A](#)) kon-

struiert, welche einen ringförmigen Kragen **222** umfasst, der eine Bohrung **224** zum Aufnehmen der Welle **100** und einen sich axial erstreckenden Schlitz **226** zum Aufnehmen der Betätigungsstifte **132** umfasst. Ein Verriegelungsschlitz **228** ist in einem Winkel von 90° in die Betätigungsstiffalle **220** geschnitten, so dass die Betätigungsstifte in den Verriegelungsschlitz gedreht werden können, um die Betätigungsstifte **132** mit dem Betätigerantrieb **66** zu koppeln, wie vorstehend mit Bezug auf die Montagestifte erörtert. Es sollte beachtet werden, dass der Schlitz **226** sich nicht vollständig durch den Kragen **222** erstrecken muss, da die Betätigungsstifte **132** distal von den Montagestiften **116** angeordnet sind (das Instrument wird vorzugsweise mit den Backen zuerst eingesetzt). Die Betätigungs- und Montagestifte **132**, **116** können natürlich umgekehrt werden, so dass die Montagestifte zu den Betätigungsstiften distal sind, falls erwünscht.

[0056] Wie in [Fig. 6A](#) gezeigt ist, ist die Betätigungsstiffalle **220** drehbar an einem Kugellager **230** in der Betätigungswagenanordnung **90** montiert. Das Lager **230** ermöglicht, dass sich die Stiffalle **220** frei in der Wagenanordnung **90** dreht, während eine relative axiale Bewegung verhindert wird. Wenn das Instrument **14** durch den ersten Antrieb **8** gedreht wird, drehen sich daher die Betätigungsstifte **132** innerhalb der Wagenanordnung **90**. Die Wagenanordnung **90** umfasst ferner zwei Sätze von Achsen **232** zum drehbaren Abstützen eines Paares von inneren Walzen **236** und eines Paares von äußeren Walzen **238**. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, sind die äußeren Walzen **238** gleitbar innerhalb der axialen Führungsschlitze **82** des Gestells **60** angeordnet, um eine Drehung der Wagenanordnung **90** bezüglich des Gestells **60** zu verhindern. Die inneren und äußeren Walzen **236**, **238** wirken mit dem schraubenförmigen Betätiger **84** und dem Gestell **60** des Instrumentenhalters **4** zusammen, um sich bezüglich des Halters axial zu bewegen, wodurch die Stiffalle **220** und die Betätigungsstifte **132** mit dieser relativ zur Welle **100** des Instruments **14** axial bewegt werden (was die Backen **122**, **124** betätigt, wie vorstehend erörtert).

[0057] Wie in [Fig. 6B](#) gezeigt ist, umfasst der schraubenförmige Betätiger **84** eine zentrale Bohrung **240** zum Aufnehmen der Wagenanordnung **90** und des chirurgischen Instruments **14** und zwei entgegengesetzte schraubenförmige Bahnen **242**, **244**, die sich jeweils auf dem Umfang um den schraubenförmigen Betätiger **84** (vorzugsweise geringfügig weniger als 180°) erstrecken, um die inneren Walzen **236** der Wagenanordnung **90** aufzunehmen, wie in [Fig. 5](#) gezeigt. Wenn die äußeren Walzen **238** in den axialen Führungsschlitzen **82** des Gestells **60** eingeschränkt sind, verursacht die Drehung des schraubenförmigen Betätigers **84**, dass sich die Wagenanordnung **90** (und die Betätigungsstiffalle **220**) in Abhängigkeit von der Richtung der Drehung aufwärts

oder abwärts bewegt. Aufgrund der symmetrischen Konstruktion des schraubenförmigen Betätigers **84** erzeugt die vom zweiten Antrieb **10** aufgebrachte Betätigungskraft keine effektiven Seitenlasten am Instrument **14**, was eine Reibungskopplung mit anderen Freiheitsgraden, wie z. B. axial (dritter Antrieb **12**) und Drehung (erster Antrieb **8**), vermeidet. In der bevorzugten Ausführungsform weisen die schraubenförmigen Bahnen **242**, **244** eine Ganghöhe auf, die derart ausgewählt ist, dass der Mechanismus leicht zurückgetrieben werden kann, was ermöglicht, dass Greifkräfte in einem Positionsservo-Teleoperationssystem gespürt werden.

[0058] Wie in [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigt ist, umfasst der Instrumentenhalter **4** ferner ein Paar von axialen Führungsstiften **250**, **252**, die am Instrumententräger **70** befestigt sind. Die Betätigungsstiffalle **220** weist ein Paar von Öffnungen **254**, **256** zum Aufnehmen der Führungsstifte **250**, **252** auf. Die Führungsstifte **250**, **252** verhindern eine relative Drehung zwischen der Stiffalle **220** und dem Träger **70** (so dass der Betätiger und die Montagestifte **116**, **132** sich beide mit dem Instrument drehen können) und ermöglicht eine axiale Bewegung relativ zueinander (so dass das End-Wirkungsglied **120** durch eine axiale Bewegung der Betätigungsstifte **132** betätigt werden kann).

[0059] [Fig. 9](#) ist eine Seitenansicht einer Hilfsvorrichtung, einer entfernten Zentrumspositionierungseinrichtung **300**, die verwendet werden kann, um die Manipulatoranordnung **2** über dem Patienten abzustützen (es ist zu beachten, dass der Trägermanipulator **2** in [Fig. 8](#) nicht gezeigt ist). Die entfernte Zentrumspositionierungseinrichtung **300** sieht zwei Freiheitsgrade zum Positionieren der Manipulatoranordnung **2** vor, wobei er auf eine Drehung um einen Punkt **308** eingeschränkt ist, der mit dem Eintrittseinschnitt zusammenfällt. Vorzugsweise ist der Punkt **308** ungefähr die Mitte des Lagers **54** in der Kanüle **50** ([Fig. 1](#)). Eine vollständigere Beschreibung der entfernten Zentrumspositionierungseinrichtung **300** ist in der gemeinsam übertragenen, gleichzeitig abhängigen Anmeldung VeröffentlichungsNr. WO 94/26167 beschrieben.

[0060] Ein erstes Gestängemittel ist im Allgemeinen durch die Ziffer **321** angegeben und ein zweites Gestänge in Form eines Parallelogramms ist mit der Ziffer **323** angegeben. Das erste Gestängemittel ist schwenkbar an einer Basisplatte zur Drehung um eine x-x-Achse montiert. Das zweite Gestängemittel ist schwenkbar mit dem ersten Gestängemittel verbunden und ist dazu ausgelegt, sich in einer zum ersten Gestänge parallelen Ebene zu bewegen. Fünf Gestängeelemente (einschließlich deren Verlängerungen) **311**, **312**, **313**, **314** und **315** sind mit Drehgelenken **316-320** miteinander verbunden. Ein Abschnitt des Elements **313** erstreckt sich jenseits des

Drehpunkts **320** des Parallelogrammgestänges. Das Parallelogrammgestänge weist ein Betätigungsende am Gestängeelement **313** und ein Antriebsende am Gestängeelement **312** auf. Das längliche Element **313** kann, wie später erwünscht, ein chirurgisches Instrument oder eine andere Vorrichtung, wie z. B. eine Stütze **24** der Manipulatoranordnung **2**, tragen. Die Drehgelenke ermöglichen eine relative Bewegung der Gestängeelemente nur in der diese enthaltenden Ebene.

[0061] Ein Parallelogrammgestänge ist durch entsprechende Gestängeelemente **314**, **315** und Gestängeelemente **312** und **313** gebildet. Die Abschnitte der Gestängeelemente **314** und **315** des Parallelogramms weisen die gleiche Länge auf wie die Abschnitte der Elemente **312** und **313** des Parallelogramms. Diese Elemente sind für eine relative Bewegung nur in der durch die Elemente gebildeten Ebene in einem Parallelogramm miteinander verbunden. Ein drehbares Gelenk, das im Allgemeinen mit der Ziffer **322** angegeben ist, ist mit einer geeigneten Basis **324** verbunden. Das drehbare Gelenk **322** ist an einer Basisplatte **326** montiert, die dazu ausgelegt ist, fest am Basisträgermittel **324** montiert zu werden. Eine Schwenkplatte **328** ist drehbar an der Basisplatte **326** durch geeignete Mittel an wie z. B. Drehpunkten **330**, **332** montiert. Folglich kann die Schwenkplatte **328** um die Achse x-x über einen gewünschten Winkel θ_2 gedreht werden. Dies kann manuell oder durch einen geeigneten Schwenkantriebsmotor **334** durchgeführt werden.

[0062] Ein erstes Gestänge ist drehbar an der Drehplatte **328** des drehbaren Gelenks **322** montiert. Die Gestängeelemente **311**, **312** und die Gestängeelemente sind relativ steif oder unbiegsam, so dass sie ein bei chirurgischen Operationen verwendetes Instrument angemessen abstützen kann. Stäbe, die aus Aluminium oder einem anderen Metall bestehen, sind als solche Gestänge nützlich. Die Gestängeelemente **311** und **312** sind an der Basisplatte **328** für eine Drehung bezüglich des drehbaren Gelenks durch Drehpunkte **336** und **338** schwenkbar montiert. Mindestens einer der Drehpunkte **336**, **338** ist so angeordnet, dass seine Drehachse zur x-x-Achse senkrecht ist und diese schneidet. Die Bewegung kann manuell geschehen oder kann unter Verwendung eines Gestängeantriebsmotors **340** geschehen. Das erste Gestänge ist auch in Form eines Parallelogramms geformt, das durch Gestängeelemente **311** und **312**; den Abschnitt des Gestängeelements **315**, der durch die Drehpunkte **316**, **318** damit verbunden ist; und die Basisplatte **328** gebildet ist. Eines der Gestängeelemente **315** wird folglich sowohl im ersten **321** als auch im zweiten **323** Gestängemittel verwendet. Das Gestängeelement **312** bildet auch eine gemeinsame Verbindung mit sowohl dem ersten Gestängemittel **321** als auch dem zweiten Gestängemittel **323**. Gemäß der Erfindung wird ein entferntes Ku-

geldrehzentrum **308** durch die vorstehend beschriebene Ausführungsform der Vorrichtung bereitgestellt, wenn das Gestängeelement **311** gedreht wird und/oder wenn die Schwenkplatte **328** um die Achse x-x gedreht wird. Folglich kann das Ende des Elements **313** über gewünschte Winkel θ_1 und θ_2 bewegt werden oder um seine eigene Achse gedreht werden, während das entfernte Drehzentrum an derselben Stelle bleibt.

[0063] Fig. 9 zeigt auch einen Neigungsmesser **350**, der an der Basis der entfernten Zentrumspositionierungseinrichtung **300** angebracht ist. Die entfernte Zentrumspositionierungseinrichtung kann in einer willkürlichen Orientierung bezüglich der Vertikalen in Abhängigkeit von der durchzuführenden speziellen Operation montiert werden und der Neigungsmesser **350** kann verwendet werden, um diese Orientierung zu messen. Die gemessene Orientierung kann verwendet werden, um Servosteuersignale zu berechnen und zu implementieren, die zum Steuern des Telerobotersystems erforderlich sind, um zu verhindern, dass Gravitationskräfte, die auf die Systemmechanismen wirken, vom Chirurgen gespürt werden.

[0064] Abwandlungen und Änderungen können von anderen vorgenommen werden, ohne vom Schutzbereich der vorliegenden Ansprüche abzuweichen. Es sollte beispielsweise selbstverständlich sein, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die Endoskopchirurgie begrenzt ist. Tatsächlich wäre der Instrumentenhalter **4** zusammen mit einem Teleroboter-Steuermechanismus während offenen chirurgischen Prozeduren besonders nützlich, was einem Chirurgen ermöglicht, eine Operation von einem entfernten Ort aus, wie z. B. einem anderen Raum oder einem vollständig anderen Krankenhaus, durchzuführen.

Patentansprüche

1. Chirurgischer Instrumentenmanipulator (**14**) mit:
 einer Trägerbasis (**16**), die an einer Oberfläche fixierbar ist;
 einem Instrumentenhalter (**4**), der beweglich an der Trägerbasis angebracht und angepasst ist, um das chirurgische Instrument (**14**) lösbar zu halten, wobei der Instrumentenhalter umfasst:
 einen Körper; und
 einen Instrumententräger, der beweglich an dem Körper angebracht ist und eine Schnittstelle hat, die mit dem chirurgischen Instrument (**14**) in Eingriff bringbar ist, um das Instrument lösbar an dem Instrumentenhalter (**4**) anzubringen;
 einer Antriebsanordnung (**7**), die mit dem Instrumentenhalter (**4**) funktionsgekoppelt ist, um das Instrument mit mindestens zwei Freiheitsgraden auszustatten, welche die Rotation des chirurgischen Instruments gegenüber der Trägerbasis und die axiale Bewegung des chirurgischen Instruments gegenüber

der Trägerbasis umfassen, wobei die Antriebsanordnung umfasst:

einen ersten regelbaren bzw. steuerbaren Motor, der mit dem Instrumententräger funktionsverbunden ist, um ihn zu bewegen; und

einen zweiten steuer- bzw. regelbaren Motor, der mit dem Instrumentenhalterkörper funktionsverbunden ist, um diesen gegenüber der Trägerbasis zu bewegen; und

eine Kopplungseinrichtung zum lösbaren Befestigen des Instrumentenhalters (4) an der Trägerbasis und der Antriebsanordnung, wobei der Instrumenthalter zur Sterilisierung des Instrumentenhalters zwischen chirurgischen Prozeduren von der Trägerbasis und der Antriebsanordnung entfernt ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, die ferner eine Benutzereingabevorrichtung umfasst, welche mit der Antriebsanordnung gekoppelt ist, um die Bewegung des chirurgischen Instruments (14) so zu regeln bzw. zu steuern, dass die Bewegung der Eingabevorrichtung eine entsprechende Bewegung des chirurgischen Instruments bewirkt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Instrumententräger drehbar an dem Körper angebracht ist und bei dem der erste steuer- bzw. regelbare Motor eine Drehung des Instrumententrägers bewirkt, wodurch das Instrument bezüglich des Körpers gedreht wird.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Trägerbasis erste und zweite beabstandete Trägerwellen (18, 20) umfasst und der Instrumentenhalter (4) erste und zweite Befestigungen (71) umfasst, die gleitbar jeweils an der ersten und zweiten Trägerwelle angebracht sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der der Instrumentenhalter-Körper ferner einen Arm umfasst, der lösbar mit dem zweiten steuer- bzw. regelbaren Motor zur axialen Bewegung der ersten und zweiten Befestigungen (71) entlang der ersten und zweiten Welle (18, 20) gekoppelt ist, wodurch das Instrument in axialer Richtung bewegt wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der die Trägerbasis einen Rahmen umfasst, der distale und proximale längliche Trägerbauteile (17, 19) aufweist, wobei die erste und zweite Welle (18, 20) jeweils erste und zweite Enden haben, die drehbar jeweils in den distalen und proximalen Trägerbauteilen (17, 19) gelagert werden.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Kopplungseinrichtung eine Löseeinrichtung umfasst, um die beabstandeten Trägerwellen (18, 20) von der Trägerbasis zu entfernen, damit der Instrumentenhalter (4) von der Trägerbasis und der Antriebsanordnung (7) entfernt werden kann.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, bei der die Löseeinrichtung ein Ringnut (74) in jeder beabstandeten Trägerwelle (18, 20) umfasst, sowie eine Innennut (78) in jeder Befestigung in Verbindung mit der Ringnut (74), wobei die Löseeinrichtung ferner einen Federclip (75) umfasst, der in der Ringnut und der Innennut positioniert ist, um eine axiale Bewegung der Wellen (18, 20) gegenüber den Befestigungen (71) zu verhindern, wobei der Federclip (75) eine Öffnung hat, um das Lösen der Wellen (18, 20) aus den Befestigungen (71) zu gestatten, wenn eine axiale Schwellenkraft auf die Wellen aufgebracht wird.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das chirurgische Instrument ein End-Wirkungsglied (120) und einen beweglichen End-Wirkungsglied-Betätiger (132) umfasst, wobei der Instrumentenhalter ferner einen beweglichen Betätigerantrieb umfasst, der an dem Körper angebracht ist und eine zweite Schnittstelle hat, die mit dem End-Wirkungsglied-Betätiger des chirurgischen Instruments in Eingriff bringbar ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

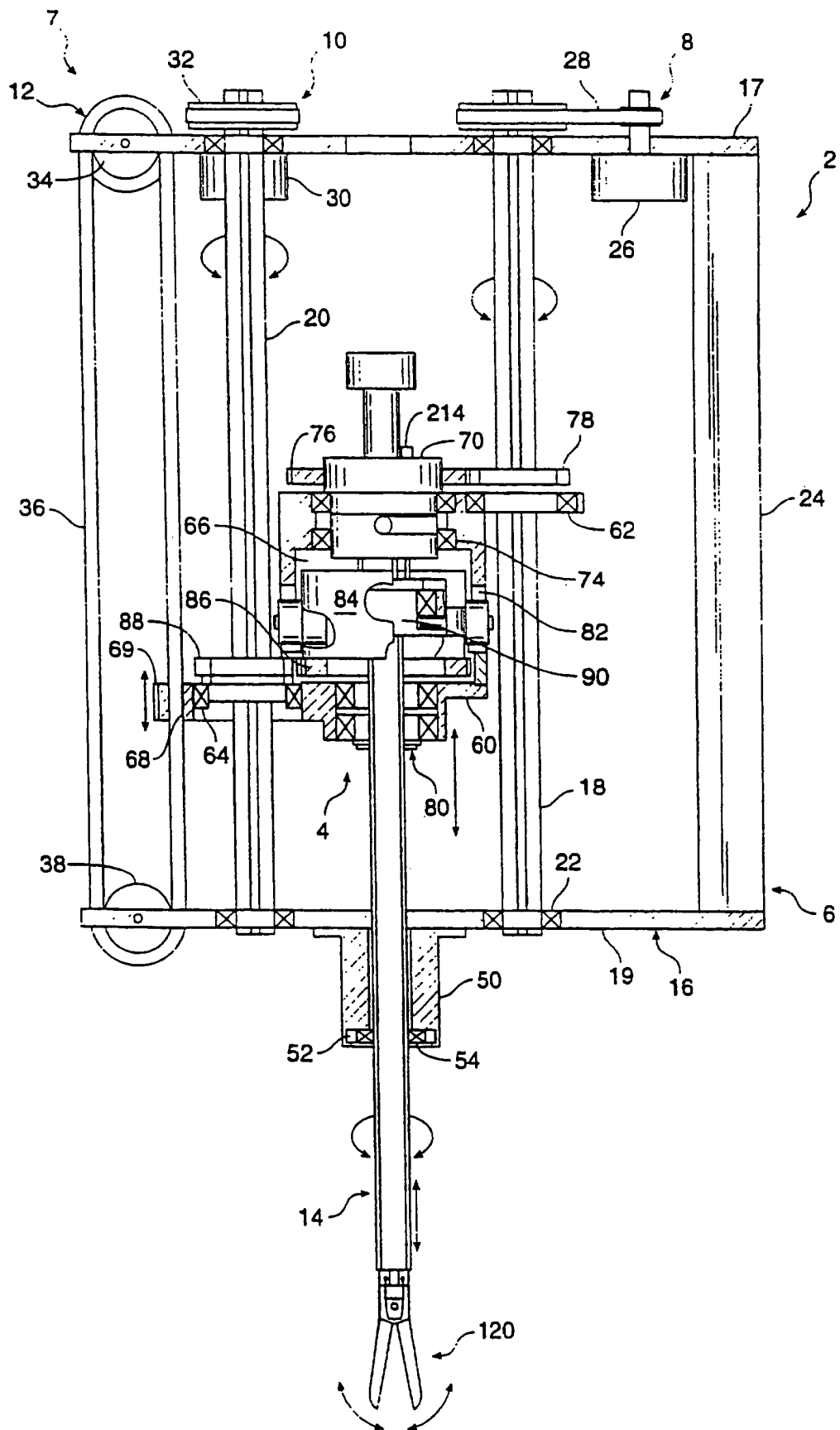


FIG. 1

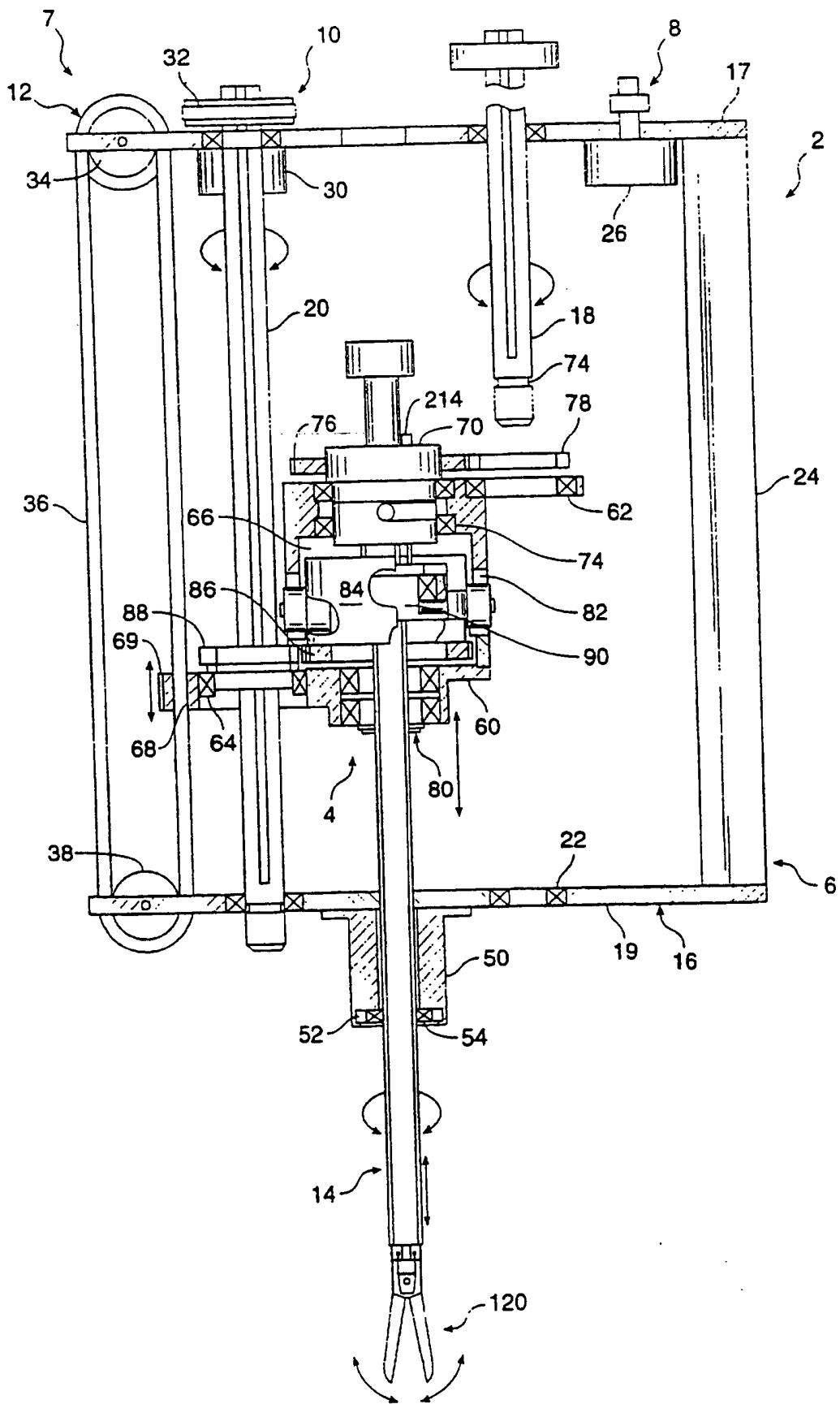


FIG. 1A

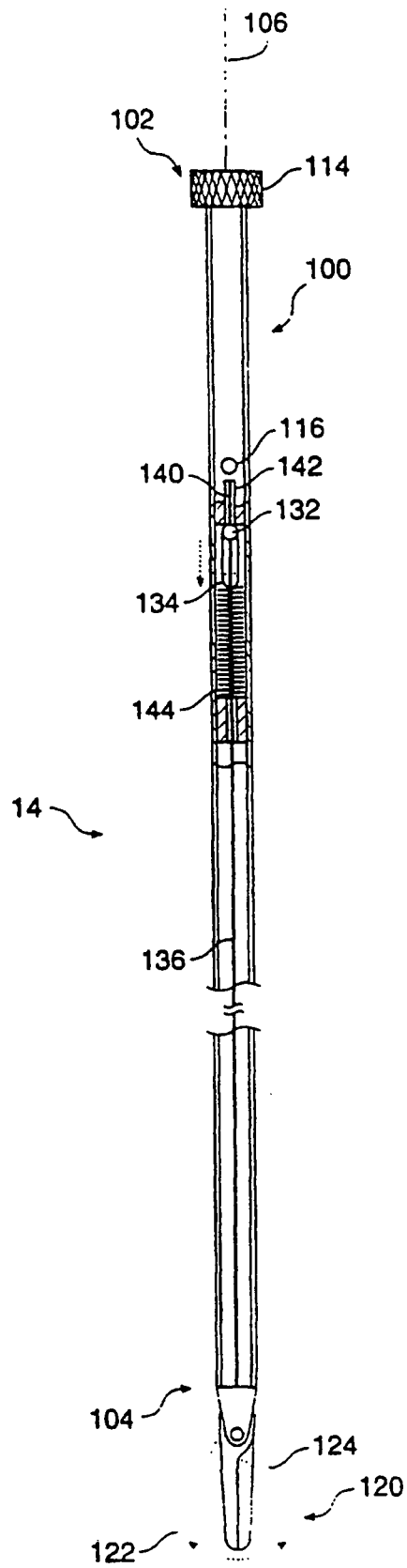


FIG. 2A

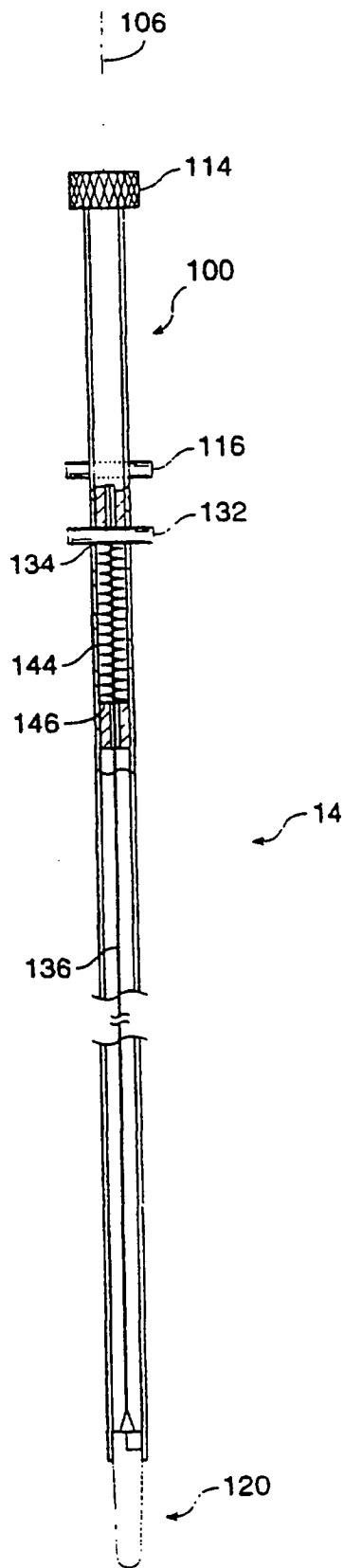


FIG. 2B

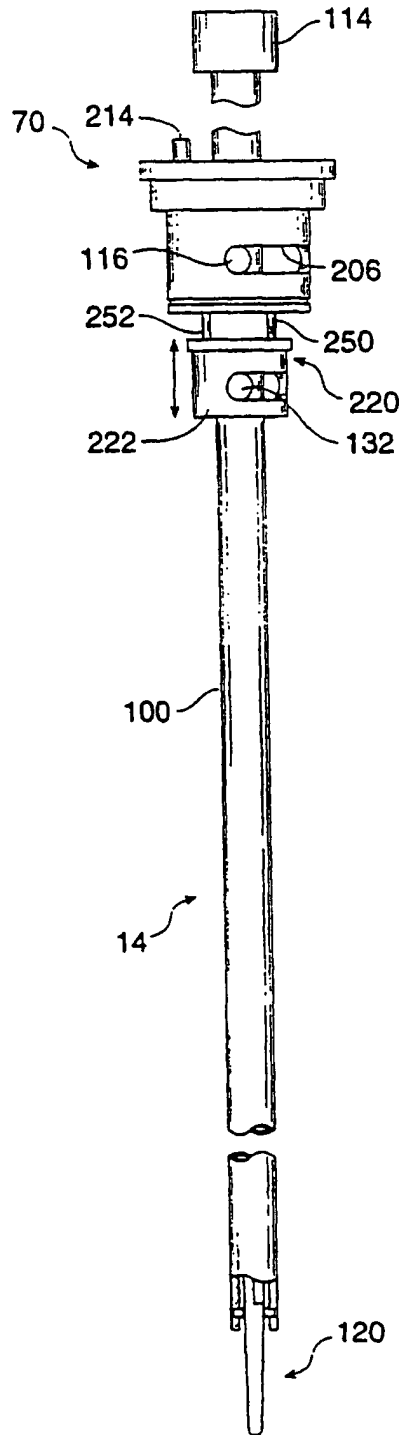


FIG. 4

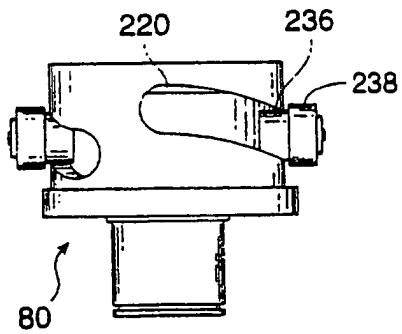


FIG. 5

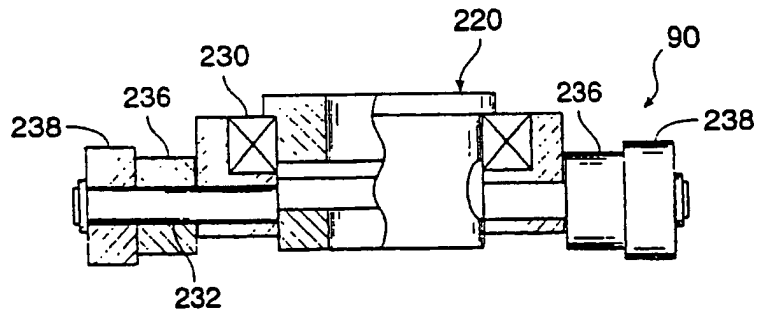


FIG. 6A

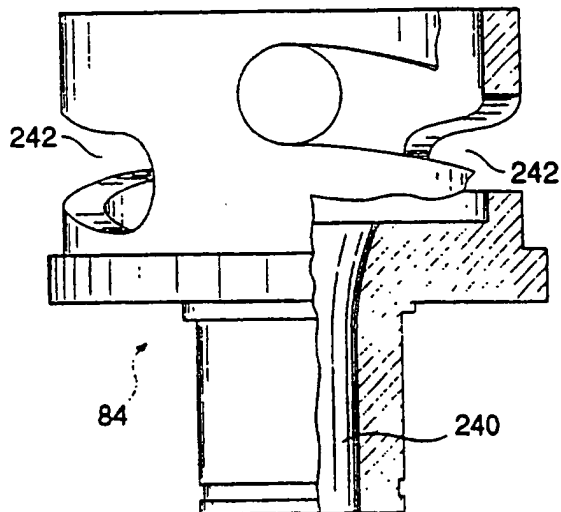


FIG. 6B

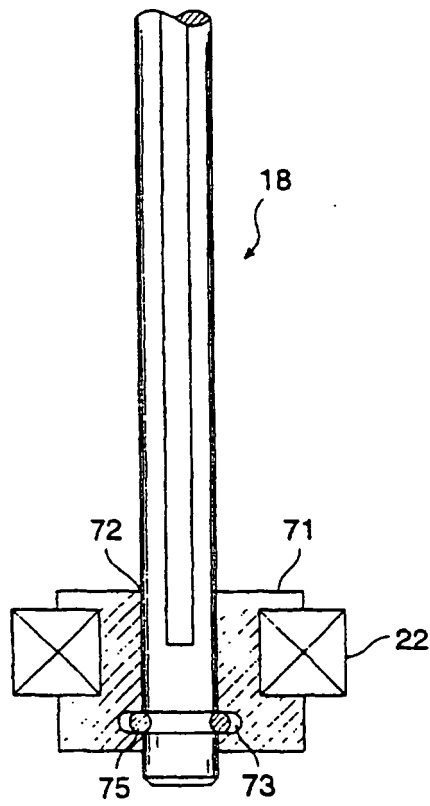


FIG. 7

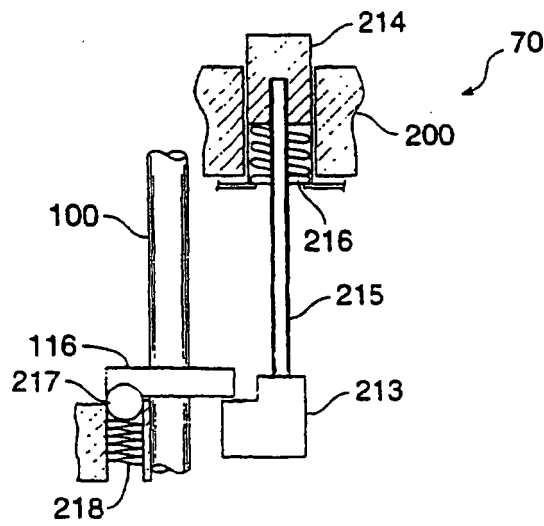


FIG. 8

