

**3. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
17.-18. September 2001 in
Bochum**



**„Fixierungssystem für die roboterunterstützte
Pedikelschraubeninsertion und das Fräsen am
Wirbelkörper“**

M. Kneissler, A. Hein, T. Lüth
Berliner Centrum für Mechatronische Medizintechnik, Fraunhofer IPK, Campus Virchow,
Klinik für MKG-Chirurgie, Charité, Berlin, Deutschland
E-Mail: marc.kneissler@charite.de

C. Woiciechowsky, U. Thomale
Neurochirurgische Klinik, Campus Virchow, Charité, Deutschland

Band: Beiträge zum 3. Workshop Automatisierungstechnische Methoden und
Verfahren für die Medizin
Editors: Jürgen Werner, Martin Hexamer
ISBN: 3-00-008240-9
Pages: 36-37

Fixierungssystem für die roboterunterstützte Pedikelschraubeninsertion und das Fräsen am Wirbelkörper

M. Kneissler¹, A. Hein¹, C. Woiciechowsky², U. Thomale², T. Lüth¹

¹Berliner Centrum für Mechatronische Medizintechnik
Fraunhofer IPK – Charité • Campus Virchow, Klinik für MKG-Chirurgie
Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin

²Neurochirurgische Klinik / Charité • Campus Virchow

marc.kneissler@charite.de

EINLEITUNG

In dieser Arbeit wird ein Fixierungssystem für den Einsatz in der navigations- und roboterunterstützten Wirbelsäulen Chirurgie vorgestellt. Bei diesen Wirbelsäulenoperationen wird einerseits eine Versteifung von Wirbelkörpern und andererseits eine Dekompression des Spinalkanals mittels Abfräsen eines gewissen Knochenareals vorgenommen. Die Versteifung der Wirbelkörper erfolgt über Schrauben, die in den Wirbelkörper eingeschraubt werden. Diese sogenannten Pedikelschrauben werden durch Stäbe miteinander verbunden. Das Fixierungssystem besteht aus einer Wirbelkörperfixierung und einer manuellen Positioniereinheit für den Pedikelschraubendreher.

STAND DER TECHNIK

Neben der Anwendung in der Industrie sind Robotersysteme in den verschiedensten Gebieten der Medizin zu finden. Hierzu gehört u.a. der Einsatz in der Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie und der Orthopädie [1][2]. Robotersysteme in der Wirbelsäulen Chirurgie werden ebenfalls entwickelt. Einen klinischen Einsatz gab es jedoch noch nicht [3]. Ziel des Robotereinsatzes in der Wirbelsäulen Chirurgie soll es sein, eine Optimierung der Dekompression und eine ideale Platzierung der Pedikelschrauben zu erreichen. Im Gegensatz zu den Navigationssystemen ist bei dem Einsatz von Robotersystemen eine Fixierung der Wirbelkörper notwendig, da die intraoperativen Bewegungen der Wirbelkörper, wie sie z.B. beim Einschrauben von Pedikelschrauben [4] auftreten, nur durch schnelle Ausgleichsbewegungen des Roboters kompensiert werden können. Diese sind jedoch aus Sicherheitsgründen nicht möglich. Im Folgenden wird ein Fixierungssystem vorgestellt, das einen Robotereinsatz ermöglicht.

PROBLEMSTELLUNG

Ziel war es, ein System zu entwickeln, das einerseits eine ausreichende Stabilisierung der Wirbelkörper ermöglicht und andererseits den Chirurg in seinem Arbeitsbereich, der aus Gründen einer geringen Traumatisierung des Patienten möglichst klein gewählt wird, nicht

einschränkt (Abb. 1). Weiterhin muss das System anpassungsfähig an die unterschiedlichen Formen der Wirbelkörper und an die unterschiedlichen anatomischen Gegebenheiten des Patienten sein. Neben einem einfachen Aufbau der Konstruktion sollten alle Bauteile sterilisierbar, leicht zu reinigen und einfach montierbar bzw. demontierbar sein. Gerade in der Medizintechnik ist eine hohe Zuverlässigkeit bzw. Sicherheit der Konstruktion unbedingt notwendig. Bei der Suche nach Lösungsprinzipien wurden unterschiedliche Arten der Wirbelkörperfixierung diskutiert, wie z.B. Klemmung durch Reib- oder Formschluß.

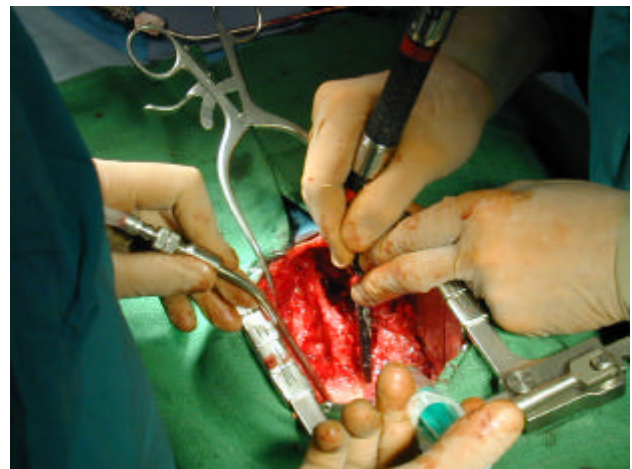


Abb. 1: Darstellung des eingeschränkten Arbeitsbereichs bei einer Wirbelsäulenoperation

REALISIERUNG

Die Wirbelkörperfixierung besteht aus 4 Baugruppen:

- *Stabilisierter OP-Tisch*: Handelsübliche OP-Tische sind aufgrund ihrer Instabilität nicht für einen Robotereinsatz geeignet.
- *Fixierungsrahmen*: An den Seitenschiene des stabilisierten OP-Tisches können über standardmäßige OP-Kloben steril vier Stützen angebracht werden, die zur Befestigung von zwei Flachstangen dienen. Der Fixierungsrahmen ist eine stabile Arbeitsplatte.

form an die modular weitere Bauteile bzw. Baugruppen befestigt werden können.

- *Retraktorfixierung:* Der Retraktor wird zum Aufspreizen des freigelegten Weichgewebes benötigt. Über individuell einstellbare mechanische Bauteile wird der Retraktor am Fixierungsrahmen, flexibel in seiner Lage, fixiert.
- *Wirbelkörperfixierung:* Die Fixierung der Wirbelkörper wird aufgrund der unebenen Oberfläche der Wirbelkörper über eine formschlüssige Klemmverbindung erreicht. Für das Fräsen am Wirbelkörper erfolgt die Fixierung des Wirbelkörpers über den Retraktor.

Die manuelle Positioniereinheit erlaubt es, den Pedikelschraubendreher in der gewünschten Lage und Richtung zu fixieren. Danach kann dieser nur noch entlang der eingestellten Schraubenachse bewegt werden. Alle Teile des Fixierungssystems sind trotz individueller Einstellbarkeit ausreichend lagestabil, so dass die kinematische Kette zwischen Wirbelkörper und stabilisiertem OP-Tisch geschlossen ist.

EVALUIERUNG

Stabilitätsuntersuchungen des Wirbelkörperfixierungssystems sind an einem Humanpräparat durchgeführt worden. Präoperativ wurde der Wirbelkörper L5 mit drei Referenzmarkern versehen; einer auf dem Dornfortsatz und jeweils einer zwischen Facettengelenk und Bogen. Nach dem CT-Scan des Humanpräparates (Tomoscan M von Phillips) und Übertragung des CT-Datensatzes an das Navigationssystem (STN Zeiss, Germany) erfolgte die Registrierung der Wirbelsäule. Nach erfolgreicher Registrierung wurden mit Hilfe eines Pointerinstrumentes die präoperativ gesetzten Referenzmarker am Humanpräparat berührt und deren Koordinaten abgespeichert (Abb. 2). Die Messung wurde zwei Mal durchgeführt.

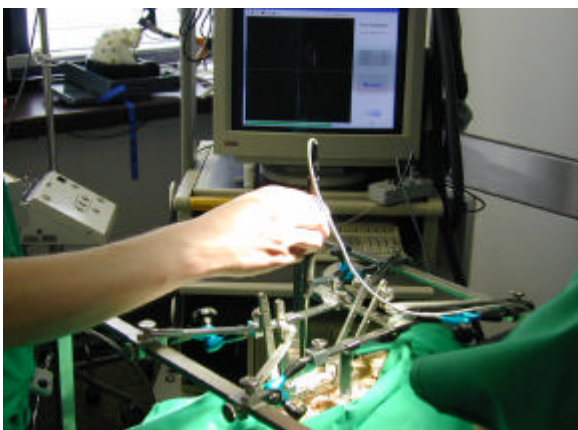


Abb. 1: Registrierung der Wirbelkörper und Vermessung der Registrierungspunkte über einen Pointer.

Nach Insertion von zwei Pedikelschrauben in den Wirbelkörper L5 und nach der Applikation von seitlichen Zugkräften von ca. 70 N, wurden die Positionen

der Referenzmarker nochmals jeweils zwei Mal vermessen. Die Wirbelkörperfixierung stabilisierte dabei die Wirbelkörper L5, L4 und L3.

ERGEBNISSE

Für die Auswertung der Messungen wurden zunächst jeweils zwei Messungen an identischen Positionen verglichen. Die Differenz (Abstand) von zwei Messungen an insgesamt 9 Positionen betrug im Mittel 0,5 mm. Die maximale Abweichung eines einzelnen Markers betrug dabei 0,9 mm.

Die maximale Positionsdifferenz zwischen der gemittelten ursprünglichen Position der drei Referenzmarker, die direkt nach der Registrierung vermessen wurde, und der gemittelten Position nach der Insertion der Pedikelschrauben betrug 0,4 mm. Nach der Applikation der seitlichen Kräfte betrug die maximale Abweichung 0,5 mm. Die möglichen Verschiebungen der Wirbelkörper sind damit unterhalb des Meßgenauigkeit des verwendeten Messsystems.

Weiterhin zeigten die Untersuchungen eine einfache Handhabung des Systems sowie keine Einschränkung des Arbeitsbereiches bei der Insertion der Pedikelschrauben.

DISKUSSION

Untersuchungen am Humanpräparat zeigten eine ausreichende Stabilität und keine Einschränkung des Arbeitsbereiches. Somit wurde mit dem entwickelten Fixierungssystem die Voraussetzung für einen Roboter-einsatz geschaffen. Gegenwärtig wird an der Zertifizierung des Systems nach dem Medizinproduktegesetz gearbeitet. Weiterhin wird eine Positionierungseinheit entwickelt, die die gewünschte Schraubendreherposition bzw. Fräserposition aufgrund präoperativ geplanten Positionen einstellt.

LITERATURHINWEISE

- [1] Hein, A., T. Lüth: Architektur und Anwendung eines zugelassenen Medizinroboters. Automatisierungstechnik, Schwerpunktsheft Teleautomation, 2001, 7 (2001), in Druck.
- [2] Taylor, R.H., B.D. Mittelstadt, H.A. Paul, W. Hanson, P. Kazanzides, J.F. Zuhars, B. Williamson, B.L. Musits, E. Glassman, W.L. Bargar: An Image-Directed Robotic System for Precise Orthopaedic Surgery. IEEE Trans. On Robotics and Automation, Vol. 10, No.3 (1994), pp. 261-275.
- [3] Hiller, A., J. Stallkamp, R.D. Schraft, J. Neugebauer: Chirurgiesystem für die roboterassistierte transpedikuläre Verschraubung. Robotik 2000, Berlin, Germany, 29-30 June, 2000, Reprinted in VDI-Berichte, 1552, VDI Verlag 2000, pp. 415-421.
- [4] Bühler, D.W., U. Berlemann, T.R. Oxland, L.-P. Nolte: Moments and Forces during Pedicle Screw Insertion. Spine, 23, 1998, pp. 1220-1227.