

Tobias Simpfendörfer
Dr. med.

Entwicklung eines Weichgewebenavigationssystems und Evaluation am Beispiel der Laparoskopischen Radikalen Prostatektomie

Promotionsfach: Chirurgie
Doktorvater: Prof. Dr. med. C. Gutt

Computergestütztes Arbeiten in der Chirurgie beschränkt sich bisher hauptsächlich auf die Bereiche Diagnostik, Therapieplanung und Unterstützung von Interventionen an rigiden Strukturen, obwohl auf den Gebieten der medizinischen Bildgebung, der medizinischen Bildverarbeitung und der Medizin-Robotik intensive Entwicklungen stattfinden. In den letzten Jahren wurden vermehrt Arbeiten dazu in der Weichgewebechirurgie veröffentlicht. Ziel war es, Diagnose, Therapie und Nachsorge vereint in einem computergestützten Arbeitsablauf zu integrieren. Diese computerassistierte Chirurgie setzt diverse prä- und intraoperative Informationsquellen ein, um den Chirurgen bei der Auffindung besonderer Zielstrukturen, dem Beherrschen von Risikobereichen und somit bei der optimalen Schnittführung zwischen gesundem und krankem Gewebe zu unterstützen.

Das Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines Navigationssystems für die laparoskopische Weichgewebechirurgie im Bereich der Prostata. Dafür wurde die Laparoskopische Radikale Prostatektomie (LRP) als standardisierte und häufig durchgeführte Operation ausgewählt. Aufgrund des schwierigen Eingriffes mit einem herabgesetzten taktilen Feedback, der indirekten Handhabung der Instrumente und dem Einsatz eines Laparoscops erhofft man sich durch das Navigationssystem eine Operationshilfe, durch die dem Operateur zusätzliche Informationen aus einer Bildgebung, wie z.B. intraoperativem transrektalem Ultraschall (TRUS), direkt in das Laparoskopiebild eingeblendet werden. Diese Augmented Reality-Überlagerung anatomischer Strukturen in das Live-Laparoskopievideobild setzt eine fortlaufende Registrierung von Laparoskop und aktueller Patientenanatomie voraus. Zu diesem Zweck kommen Methoden zum Einsatz, die die laparoskopischen Videobilder vollautomatisch und in Echtzeit verarbeiten. Eine Besonderheit des vorgestellten Konzeptes liegt darin, dass keine externen Trackingsysteme verwendet werden. Die intraoperative Anwendung kann stattdessen mit Hilfe des Inside-out Trackings schnell und einfach umgesetzt werden. Dieses Vorgehen ermöglicht es dem Operateur außerdem, die Gültigkeit und Genauigkeit der Visualisierung direkt zu beurteilen.

Zu Beginn des Projekts wurden Anforderungen eines Navigationssystems für die LRP herausgearbeitet und ein Navigationskonzept erarbeitet. Das Konzept sieht vor, während der Operation zunächst eigens für diesen Zweck entwickelte Navigationshilfen an der Prostata zu platzieren. Anschließend wird mit einer intraoperativen 3D-TRUS-Aufnahme ein virtuelles 3D-Patientenmodell, das Zielstrukturen (z.B. Prostata und Neurovaskulärebündel) und Navigationshilfen enthält, erstellt. Mittels Inside-out Tracking wird aus dem Videobild von Prostata und Navigationshilfen die Position und Orientierung der Laparoskopiekamera bestimmt, um das Patientenmodell direkt als Überblendung im Videobild an der entsprechenden Stelle anzuzeigen. Da diese Schritte in Echtzeit erfolgen, ist das Navigationssystem in der Lage, Bewegungen der Laparoskopiekamera bzw. der Prostata zu erkennen und zu kompensieren. Es ist außerdem in der Lage Deformationen des Weichgewebezielorgans zu erkennen, und stellt damit einen ersten Beitrag zu einem Deformationsmodell dar. Dazu sind Navigationshilfen, die Navigationssoftware zusammen mit einem Computer sowie ein 3D-TRUS-Gerät notwendig.

In verschiedenen in-vitro Versuchen wurde das Funktionieren des Navigationssystems gezeigt. Unter anderem wurde mit einer selbst entwickelten TRUS-fähigen Laparoskopietrainingseinheit das gesamte Vorgehen simuliert. Außerdem wurde die Genauigkeit des Systems als ausreichend genau ermittelt. Mit Hilfe der Ergebnisse wurde die Navigationssoftware weiterentwickelt und für den anstehenden in-vivo Versuche angepasst. Nach dem Vorliegen eines positiven Ethikvotums für eine Studie nach dem Medizinproduktegesetz kam das Navigationssystem zu einem ersten erfolgreichen Einsatz am Menschen.

Die Entwicklung des Navigationssystems war somit erfolgreich und es konnte gezeigt werden, dass Navigation auch in der Weichgewebechirurgie möglich ist. Für die notwendige Weiterentwicklung sind kritische Schritte aufgezeigt worden. Das Gesamtergebnis der fortzuführenden Studie bleibt noch abzuwarten, um Sicherheit, Machbarkeit und Effektivität abschließend bewerten zu können.