

Michael Müller
Dr. sc. hum.

Augmented reality navigation for percutaneous nephrolithotomy on mobile devices

Promotionsfach: DKFZ (Deutsches Krebsforschungszentrum)

Doktorvater: Prof. Dr. Hans-Peter Meinzer

Die perkutane Nephrolithotomie (PCNL) hat sich zu einer wichtigen Methode für die Behandlung von Nierensteinen entwickelt. Der perkutane Zugang zur Niere wird bei der PCNL mit den 2D-Bildgebungsmethoden Fluoroskopie oder Ultraschall gesteuert und stellt den technisch anspruchsvollsten Teil des Verfahrens dar. Die meisten Probleme entstehen durch Verletzung umliegender Strukturen des Zugangswegs. Deshalb ist eine Verbesserung der Steuerung über die technischen Möglichkeiten der 2D-Methoden hinaus wünschenswert. Hierfür wurden bereits einige Verfahren entwickelt, die sich jedoch aufgrund teurer, sperriger Vorrichtungen oder aufgrund eines wesentlich komplexeren Arbeitsablaufes nie in der klinischen Routine etabliert haben.

In dieser Arbeit wurde ein neuartiges Navigationssystem basierend auf Augmented Reality (AR)-Technologie entwickelt. Die zentrale Idee ist die Verwendung eines herkömmlichen Tablet Computers als mobiles Aufnahme- und Wiedergabegerät. Dieses erlaubt die Anzeige von AR-Informationen direkt am Patienten. Der Operateur ist dadurch nicht gezwungen zwei Arbeitsbereiche - Mensch und Maschine - im Auge zu behalten. Für die Fusion von Videobild und Computer Tomographie (CT)-Daten werden auf der Haut angebrachte Referenzmarker verwendet. Dadurch ist es möglich Risikostrukturen auf das Videobild zu überlagern und so den Operateur sicher zum Nierenkelch zu leiten. Um die Tauglichkeit der System-Komponenten zu bestätigen, wurden systematische Evaluationen durchgeführt. Der entwickelte Prädiktionsalgorithmus ist in der Lage, in über 90% der Fälle korrekte Lageinformationen der Referenzmarker zu liefern. Um den Echtzeitanforderungen des Systems zu genügen, wurden zeitaufwendige Routinen für die Ausführung auf Grafikkarten umgestellt, während eine präzise Überlagerung der Videobilder mit einem mittleren Fehler von 2,5 mm möglich ist. Die Gesamtevaluation in Phantomexperimenten bestätigte den Nutzen des Systems für die Nierenkelchpunktion, wobei sich die Navigation insbesondere für den unerfahrenen Urologen als hilfreich erwiesen hat. In einem ersten klinischen Versuch wurden die Umsetzbarkeit und der Nutzen des Systems gezeigt.

Das vorgestellte System ist in der Lage, die Punktion effektiv zu unterstützen und zeigt darüber hinaus Vorteile gegenüber den bisherigen Verfahren. Es stellt eine akkurate, kostengünstige, platzsparende und einfache Lösung für die navigierte PCNL dar, die auch für andere Eingriffe nutzbar ist. Die Verwendung von Tablet Computern bietet, wie in dieser Arbeit gezeigt, einmalige Chancen und Möglichkeiten, um medizinische Eingriffe einfacher, effizienter und sicherer zu gestalten.