

Experimentelle Evaluation haptischer Rückmeldung eines robotergestützten Systems für minimal-invasive Herzchirurgie (Abstract)

FRANZISKA K.B. FREYBERGER¹, MICHAEL M. POPP¹, BERTHOLD FÄRBER¹, HERMANN MAYER² & EVA U. SCHIRMBECK³

¹Universität der Bundeswehr München

²Technische Universität München

³Deutsches Herzzentrum München

Minimal-invasive Roboterchirurgie wird allgemein als Fortschritt in der minimal-invasiven Chirurgie angesehen. Derzeitige teleoperative Robotersysteme jedoch ermöglichen dem Chirurgen lediglich visuelle Rückmeldung, was eine breitere Akzeptanz einschränkt.

Diese Untersuchung soll überprüfen, ob die Implementierung haptischer Rückmeldung einige Nachteile der minimal-invasiven Chirurgie, wie z.B. mehr als doppelt so lange Operationszeiten, reduzieren kann. Es wird angenommen, dass das Hinzufügen von Krafrückmeldung an den Chirurgen seine visuelle Belastung reduziert, die Qualität chirurgischer Arbeit verbessert und das Telepräsenzempfinden erhöht. Darüber hinaus wird erwartet, dass Krafrückmeldung die aufgewendeten Kräfte verringert.

Experimentelles Design

Um diese Fragestellungen zu überprüfen, wurde ein bimanueller telepräsenster Operations-Arbeitsplatz aufgebaut. Krafrückmeldung wurde in drei Stufen skaliert implementiert: keine, 1,5fach und 2fach höher skalierte Rückmeldung. Die Erfahrung der Teilnehmer wurde ebenfalls in drei Stufen variiert: 5 Roboterchirurgen mit Erfahrung an der daVinci™-Arbeitsstation, 12 Chirurgen mit langjähriger Erfahrung in konventioneller Herzchirurgie und 8 junge Chirurgen testeten das System. Jeder Teilnehmer suchte unter allen drei Bedingungen haptischer Rückmeldung drei Arterien nach Kalkablagerungen ab; die Reihenfolge der drei Bedingungen wurde vollständig balanciert. Vor und nach jedem Aufgabenblock wurde die mentale Beanspruchung über die Flimmerverschmelzungsfrequenz ermittelt.

Die Anzahl der Detektionsfehler stellte das Qualitätsmaß beim Detektieren der Arteriosklerose dar. Ferner wurde auch die für das Detektieren benötigte Zeit erfasst. Zudem wurden die aufgewendeten Kräfte in x- und y-Richtung aufgezeichnet; zur Auswertung wurden die aus beiden Kräften resultierende Kraft beim Detektieren herangezogen. Das Telepräsenzempfinden wurde als Performanzmaß bestimmt: die Differenz der tatsächlichen Reißkraft am Faden und der Kraft, bei der Chirurg glaubte, der Faden würde gleich reißen. Diese Differenz gibt an, wie exakt der Chirurg die beim Fadenriss auftretende Kraft einschätzen kann. Als Maß für die mentale Beanspruchung wurde die Flimmer- und Verschmelzungsfrequenz jeweils fünfmal bestimmt; der Median beider Frequenzen, bei der zwischen Stand- und Flimmerlicht nicht mehr differenziert werden konnte, definierte die Flimmerverschmelzungsfrequenz.

Ergebnisse

Implementierung haptischer Rückmeldung führt in dieser Studie zu einer signifikanten Verringerung der beim Detektieren aufgewendeten Kräfte; ferner nimmt das Telepräsenzempfinden signifikant zu. Die mentale Belastung für den Chirurgen erhöhte sich nicht signifikant, wenn Krafrückmeldung vorhanden war. In diesem experimentellen Setup konnte haptische Krafrückmeldung nicht dazu beitragen, die Detektionzeit zu verkürzen oder die Bearbeitungsqualität zu verbessern: die Fehleranzahl beim Erkennen von Kalkablagerungen verringerte sich nicht. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass die Kraft lediglich in zwei (x und y) Richtungen, nicht aber entlang der chirurgischen Instrumente (z) rückgemeldet wurde; letztere scheint v.a. beim Detektieren von Bedeutung. Eine Erweiterung des derzeitigen Systems um eine z-Achse wird angestrebt.