

Heidelberg Laparoscopic Intervention and Operation Simulator

Wissenschaftlicher Beitrag

für die 11. CURAC Jahrestagung 2012

J. Wünscher¹, H. Kenngott¹, M. Wagner¹, Nickel F.¹, B. Müller-Stich¹

¹ Universitätsklinikum Heidelberg, Abteilung für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie, Heidelberg, Germany

Kontakt: josephin.wuenscher@med.uni-heidelberg.de

Abstract:

Das HELIOS Phantom (Heidelberg Laparoscopic Intervention and Operation Simulator) stellt ein menschennahes Phantom mit einem Torso aus Kunststoff und Organen aus Silikon auf der Basis einer Computertomographie eines Patienten dar. Das Phantom dient als Evaluationsplattform für sämtliche Belange in der computer- und roboterassistierten Chirurgie, des Weiteren ist es als Trainingsphantom für die laparoskopische Chirurgie nutzbar. Mit dem HELIOS Phantom wird die Lücke zwischen den abstrakten in-vitro Evaluationsmodalitäten (z.B. geometrische Phantome) und den realistischen aber aufwendigen in-vivo Experimenten (z.B. Tierversuche) geschlossen. Mittels Rapid Prototyping wurden der Torso und die Organe in 3D Form ausgedruckt. Grundlage hierfür war das durch Segmentierung des CT Datensatzes entwickelte virtuelle Modell des Patientenkörpers. Besonderheit des HELIOS Phantoms ist die Möglichkeit der Herstellung eines Pneumoperitoneums für die laparoskopische Chirurgie.

Schlüsselworte: realistisches Operationsphantom, Evaluationsplattform, laparoskopisches Trainingsphantom

1 Problem

Die computer- und roboterassistierte Chirurgie hat in den letzten Jahren viele innovative Entwicklungen wie beispielsweise Navigations-, Planungs- und Assistenzsysteme hervorgebracht. Bevor diese jedoch am Patienten Anwendung finden können, müssen sie in in-vitro bzw. in-vivo Experimenten auf ihre Sicherheit und Verlässlichkeit überprüft werden. Bisher existiert nur eine beschränkte Anzahl von Möglichkeiten diese Entwicklungen zu evaluieren (1). Zudem besteht insbesondere bei laparoskopischen Operationen ein hoher Trainingsbedarf. Verglichen mit der konventionellen Chirurgie besteht bei der laparoskopischen Chirurgie ein erhöhter Aufwand sich die Techniken der laparoskopischen Chirurgie anzueignen. Bisher gibt es nur eine beschränkte Anzahl von Möglichkeiten laparoskopische Fertigkeiten zu trainieren, denn die Situation stellt sich hierbei analog zur oben geschilderten dar.

Einerseits gibt es Phantome, die meist aus einer Box mit verschiedenen Einsätzen bestehen, mit denen einfache Übungen wie das Knoten knüpfen oder andere abstrakte Aufgaben durchgeführt werden können (2). Andererseits steht im Tiermodell (Schwein) eine weitere Evaluations- und Trainingmöglichkeit zur Verfügung (3). Das Ausführen von einzelnen chirurgischen Handgriffen ist zwar mit den meist selbst gebauten Phantomen relativ gut durchführbar, eine realistische Operations-/ Evaluationsumgebung kann allerdings selten geschaffen werden. Dies ist zwar im Tiermodell der Fall, jedoch mit erhöhtem Kosten- und Organisationsaufwand verbunden.

Ziel unserer Entwicklung war ein Phantom, welches eine möglichst menschennahe Anatomie liefert und einen einfachen Zugang bei minimalem Organisationsaufwand bietet.

2 Methoden

Das HELIOS Phantom (Heidelberg Laparoscopic Intervention and Operation Simulator) besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten: Zum einen aus einem Kunststofftorso und zum anderen aus Silikonorganen.

Als Grundlage für das HELIOS Phantom dient ein Ganzkörper-CT eines Patienten des Heidelberger Universitätsklinikums. Bei der Auswahl des CTs wurde darauf geachtet, dass keine Pathologien vorlagen und der Patient den Durchschnittsmaßen seines Altersbereichs entsprach.

Für die Erstellung des Phantoms wurden grundsätzlich folgende Schritte durchgeführt: Zunächst wurden in jeder Schicht des CTs die Organe und die Wand des Torsos mithilfe des Programms MITK (Medical Imaging Interaction Toolkits, DKFZ Heidelberg) segmentiert. Der Torso und alle Organe des Patienten waren daraufhin als virtuelles Modell verfügbar. Um den Datensatz auch in der Realität verfügbar zu machen, wurden 3D-Druckverfahren angewandt. Der Torso des Phantoms wurde in Folge aus Kunststoff per Rapid Prototyping ausgedruckt. Die Organe wurden ebenfalls per Rapid Prototyping aus Gips gedruckt. Nach Herstellung einer Silikonform mithilfe der Gipsorgane konnten in dieser dann Silikonorgane gegossen werden. Der Torso des Phantoms enthält die muskulären und knöchernen Anteile des Patienten inklusive der Haut, die im Bereich der Bauchapertur ausgespart wurde, um den Zugang zum Bauchraum zu ermöglichen. Die Reproduktionsgenauigkeit der Organe wurde mittels erneuter CT-Bildgebung evaluiert. Der Aufbau des Pneumoperitoneums erfolgt mittels einer Latexfolie als Bauchhautersatz, die am Rand der Bauchapertur zwischen eine Magnetstahlseilkonstruktion eingespannt wird.

3 Ergebnisse

Nach Einsetzen eines Trokars mit Anschluss an einen handelsüblichen laparoskopischen Insufflator konnte im Inneren des Phantoms ein Druck von 11mmHg aufgebaut werden. Die Reproduktionsgenauigkeit der Organe lag in einer ersten Evaluation bei $1,92 \pm 1,5$ mm. Das HELIOS Phantom wurde erfolgreich für die Evaluation eines Navigationssystems genutzt. Die Kosten der Erstellung eines vollständigen Phantoms, Formerstellung inbegriffen, lagen bei ca. 5.800€

4 Diskussion

Das HELIOS Phantom eignet sich vor allem als Evaluationsplattform in der computerassistierten Chirurgie und als Trainingsmodalität in der laparoskopischen Chirurgie. Das Phantom kann mit allen Organen des Bauches und Beckens bestückt werden und ermöglicht somit ein realitätsnahes Operieren bzw. Evaluieren definierter Fragestellungen.

Es eignet sich gut dazu die bisher vorhandene Lücke zwischen den geometrischen Phantomen, in denen rudimentär Teilschritte von Operationen simuliert werden können und den sehr realitätsnahen Tiermodellen (v.a. Schwein) zu schließen. Das Phantom bietet zudem eine realistische Anatomie, da diese aus dem CT eines Patienten extrahiert wurde. Zudem besteht praktisch kein Organisationsaufwand, um das Phantom für Evaluationsversuche oder laparoskopische Trainings vorzubereiten.

Gemessen an den Möglichkeiten die das Phantom bietet, handelt es sich um eine preislich angemessene Alternative zu geometrischen Phantomen und Tierversuchen. Die Investitionen für den Torso und die Silikonformen sind nur einmalig zu tätigen. Je nach Verbrauch und Verschleiß der Silikonorgane und des Latextuches fallen hierbei minimale wiederkehrende Kosten an.

5 Danksagung

Dieses Projekt wird von der DFG im Rahmen des Graduiertenkollegs 1126 „Intelligente Chirurgie“ gefördert.

6 Referenzen

- (1) Müller, S A, L Maier-Hein, A Mehrabi, F Pianka, U Rietdorf, I Wolf, L Grenacher, et al. "Creation and Establishment of a Respiratory Liver Motion Simulator for Liver Interventions." *Medical Physics* 34, no. 12 (December 2007): 4605–4608.
- (2) Santos, Byron F, Daniel Enter, Nathaniel J Soper, and Eric S Hungness. "Single-incision Laparoscopic Surgery (SILS™) Versus Standard Laparoscopic Surgery: a Comparison of Performance Using a Surgical Simulator." *Surgical Endoscopy* 25, no. 2 (February 2011): 483–490.
- (3) La Torre, Marco, and Carlo Caruso. "Resident Training in Laparoscopic Colorectal Surgery: Role of the Porcine Model." *World Journal of Surgery* (June 12, 2012). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22689021>.