

Die Konzeption des LIVERSURGERYTRAINERS

Abstract: Wir beschreiben die Konzeption eines fallbasierten chirurgischen Lernsystems (LIVERSURGERYTRAINER). Mit diesem System wird die computergestützte Planung zur Behandlung von Lebertumoren trainiert. Aufgrund der komplexen Anatomie ist die Planung und Durchführung von Eingriffen an der Leber besonders anspruchsvoll.

Das Lernsystem ist modellhaft für ähnliche chirurgische Lernsysteme. Ausgehend von einer prototypischen Umsetzung des LIVERSURGERYTRAINERS [BMea04] und den damit gesammelten Erfahrungen, erfolgt ein grundlegendes Redesign des Systems. Diese Neukonzeptionierung orientiert sich maßgeblich an dem von Merriënboer et al. [vMCdC02] vorgestellten Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modell (4C/ID-Modell), das alle für eine chirurgische Ausbildung wesentlichen Komponenten enthält.

1 Einleitung

Die chirurgische Aus- und Weiterbildung ist immer noch stark von den zur Verfügung stehenden Experten und dem örtlich vorhandenen Fallspektrum abhängig. Das in chirurgischen Kursen vermittelte Wissen ist damit vom Lehrer und seinen Erfahrungen geprägt. Der praktische Teil beschränkt sich auf nur wenige, möglicherweise nicht repräsentative, Fallbetrachtungen bzw. Übungen an Tier- oder Leichenpräparaten. Neben dem Training von Operations- und Interventionstechniken spielt die Auswahl der optimalen Behandlungsstrategie eine wichtige Rolle. Dabei geht es zum Beispiel darum, die Operabilität von Patienten einzuschätzen, das Ausmaß einer Resektion festzulegen oder die Notwendigkeit einer Gefäßrekonstruktion zu beurteilen. Bisher ist die Wahl der geeigneten und effektivsten Therapie anhand der 2D-Schichtdaten die etablierte Vorgehensweise. Dies ist jedoch schwierig, weil die räumlichen Verhältnisse, insbesondere die Lokalisation eines Tumors in Relation zu komplexen Gefäßbäumen, schwer einschätzbar sind. Aus diesem Grund wurden und werden computergestützte Planungssysteme entwickelt. Speziell für die Planung von Eingriffen an der Leber werden dafür aus den Schichtdaten 3D-Modelle der Anatomie der Leber, der Lebergefäße und pathologischen Strukturen dargestellt [BSea02]. Anhand dieser Modelle können Eingriffe simuliert und im Vorfeld eingeschätzt werden. Da die Nutzung computergestützter Systeme zur Planung von Eingriffen nicht zur medizinischen Ausbildung gehört, ist ein Lernsystem für den Einsatz dieser Systeme notwendig. Das Lernsystem LIVERSURGERYTRAINER für das Training der computergestützten Planung für Lebertherapiemethoden soll in spezielle chirurgische Kurse integriert werden, um den Teilnehmern ein breiteres Fallspektrum zu präsentieren und die Planung von Therapievarianten zu trainieren. Der Entwurf und die Umsetzung des Lernsystems erfolgen in enger Zusammenarbeit mit chirurgischen Experten.

Damit den Anwendern der Lernstoff effektiv und angemessen vermittelt werden kann, ist eine systematische Konzeption notwendig. Dazu müssen die Ausgangsbedingungen sorgfältig analysiert und ein geeignetes Instruktionsdesign-Modell gewählt werden. Diese Modelle geben Richtlinien für eine angemessene Strukturierung und Präsentation des Lernstoffes, die auf der pädagogischen Psychologie und der empirischen Erziehungswissenschaft basieren. Bei der Entwicklung des LIVERSURGERYTRAINERS dient das Konzept des Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modells nach Merriënboer et al. [vMCdC02] als Grundlage.

2 Computerunterstützung in der medizinischen Ausbildung

Die Computerunterstützung in der medizinischen Ausbildung hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Bisher wurden allerdings hauptsächlich Browsing- und Präsentationssysteme, wie z.B.: Voxel-Man [HPea00], AnatomyBrowser [GKea99], für die Ausbildung von Medizinstudenten entwickelt.

Es sind keine fallbasierten Systeme bekannt, die die ärztliche Weiterbildung unterstützen. Trainingssysteme in diesem Bereich beschränken sich hauptsächlich auf haptische Simulatoren, die darauf spezialisiert sind, Gewebe realitätsnah abzubilden und Kollisionen der virtuellen Instrumente mit Geweben darzustellen. In Strauß [STea05] wird ein Simulationssystem für die Neurochirurgie beschrieben und evaluiert. Allerdings ist das System lerntheoretisch nicht begründet.

Vor allem aber sind keine fallbasierten Systeme bekannt, die die computergestützte Planung von Eingriffen an der Leber bzw. im Bauchraum trainieren.

3 Das 4C/ID-Modell

Beim Vier-Komponenten-Instruktionsdesign-Modell nach Merriënboer et al. [vMCdC02] steht die Vermittlung von Handlungswissen im Vordergrund. Das Modell unterstützt die Aneignung von Fähigkeiten, die für eine Aufgabe benötigten Fertigkeiten zu erlernen und koordiniert und integriert anzuwenden. In diesem Modell werden die wichtigsten drei Mängel der vorher existierenden Instruktionsmodelle beseitigt: Im Gegensatz zu den Vorgänger-Modellen wird das Training von aufgabenspezifischen Teilfertigkeiten integriert und koordiniert. Es erfolgt eine Trennung von unterstützenden Informationen (Verbindung zwischen dem Wissen des Lernenden und der Lernaufgabe) und benötigten einsatzsynchrone Informationen (Wissen, das der Lernende für die Ausführung einer Fertigkeit benötigt). Es berücksichtigt weiterhin, dass Anfänger komplexe Aufgaben anders lernen als einfache. Das Modell gliedert sich in die vier Komponenten des Instruktionsdesigns, die im Folgenden kurz beschrieben werden:

Lernaufgaben. Die Aufgaben im Lernsystem sollen so konzipiert sein, dass sie die Lernenden authentisch und ganzheitlich bei der mentalen Schemakonstruktion und Regelautomatisierung unterstützen. Die Lernaufgaben werden in Aufgabenklassen wachsender

Komplexität eingeteilt. Die Unterstützung der Lernenden wird bei den Aufgaben einer Klasse nach und nach verringert.

Training von Teilaufgaben. Wenn ein hoher Grad an Automatisierung eines rekurrenten Aspekts benötigt wird, liefert die Ausführung von kompletten Lernaufgaben möglicherweise nicht ausreichend Wiederholungen. In diesen Fällen, vor allem bei sicherheitskritischen Fertigkeiten, ist es notwendig, auch das Training von Teilaufgaben anzubieten.

Unterstützende Informationen. Diese, den Lernenden zusätzlich gelieferten Informationen sollen eine Verbindung zwischen dem vorhandenen Wissen und der Arbeit an der Lernaufgabe herstellen. Wichtig für den Lernprozess ist die Rückmeldung über die Ausführung der Aufgabe. Dies kann unter anderem durch Abschlussbesprechungen und Kritik durch andere Lernende oder Experten geschehen.

Einsatzsynchrone Informationen. Einsatzsynchrone Informationen beinhalten Wissen für die schrittweise Ausführung von periodisch notwendigen Fertigkeiten. Bei fehlerhafter Ausführung der Regeln wird sofort Rückmeldung geliefert werden, die Informationen über den Fehler und dessen Berichtigung enthalten sollte.

4 Analyse der Ausgangsbedingungen

Die Analyse der Ausgangsbedingungen für die Entwicklung des LIVERSURGERYTRAINERS gliedert sich in mehrere Teilaspekte, die beispielhaft in den folgenden Abschnitten beschrieben werden.

Problem- und Bedarfsanalyse. Für die operative oder interventionelle Behandlung von Lebertumoren existiert eine Vielzahl an Möglichkeiten: Tumorablationen, laparoskopische Eingriffe, konventionelle Operationen sowie Kombinationseingriffe. Zu Operationen zählen standardisierte Eingriffe, wie die Entfernung von Leberhälften, Leberlappen und -segmenten sowie spezielle Eingriffe, die ausgehend von einem Tumor und einem angestrebten Sicherheitsrand um den Tumor vorgehen. Die Auswirkungen auf die Gefäßversorgung und -entsorgung stehen im Vordergrund bei der Therapieentscheidung. Außerdem stellt die große anatomische Vielfalt der Lagebeziehungen und krankhaften Veränderungen der Leber eine Schwierigkeit dar.

Seit ca. fünf Jahren ist die computergestützte Operationsplanung für Eingriffe an der Leber so weit fortgeschritten, dass sie klinisch eingesetzt wird (z.B.: OrgaNicer [THEa04], HepaVision [BSea02], [SDea00]). Diese Systeme ermöglichen den Chirurgen, einen therapeutischen Eingriff präoperativ an den patientenspezifischen Daten zu planen. Auf diesem Weg bekommen sie durch geeignete 3D-Darstellungen einen besseren Überblick über anatomische und pathologische Besonderheiten des Patienten und können verschiedene Varianten des geplanten Eingriffs virtuell erproben.

Um die Chirurgen an die computergestützte Operationsplanung heranzuführen, ist die Entwicklung eines Lernsystems sinnvoll, das ihnen das Training der notwendigen Arbeitsabläufe, präoperative Entscheidungen und Interaktionstechniken zur Planung von Eingriffen (z.B.: Einzeichnen von chirurgischen Schnittflächen und Definition von Applikatoren) auf 2D-Schichtbilddaten und 3D rekonstruierten Modellen ermöglicht. Das Training mit dem

Lernsystem soll die Akzeptanz einer computergestützten Planung erhöhen, die Kompetenzen verbessern und damit das Risiko der operativen und minimalinvasiven Eingriffe herabsetzen.

Anwenderanalyse. Die Anwender des Trainingssystems sind Fachärzte, angehende Fachärzte bzw. Assistenzärzte der Chirurgie mit der Subspezialisierung Abdominalchirurgie. Sie verfügen über umfangreiches Anatomiewissen, aber besitzen unterschiedliche Erfahrung im Bereich der Therapieentscheidung und -durchführung sowie im Umgang mit dem Computer bzw. bei der Arbeit mit Planungssystemen. Im Lernsystem soll auf diese unterschiedlichen Wissensstände eingegangen werden.

Aufgabenanalyse. Die Lernenden sollen nach dem Training in der Lage sein, das Konzept und den Arbeitsablauf der Planungssysteme zu verstehen und diese anzuwenden. Das Training soll die mentale Schemakonstruktion und Regelautomatisierung für den Workflow und die verwendeten Interaktionstechniken fördern. Ziel ist es außerdem mit dem LIVERSURGERYTRAINER neue OP- und Interaktionstechniken in regelmäßig stattfindenden Kursen zu vermitteln.

Wissensanalyse - prozedurales Wissen. Die Analyse des benötigten Wissens umfasst unter anderem die Untersuchung des prozeduralen Wissens. Dafür werden alle für die Ausführung der Lernaufgabe notwendigen Handlungen, deren genauere Spezifizierung und das vorausgesetzte Hintergrundwissen bestimmt. Beispielhaft werden die für die Durchführung einer Ablation im LIVERSURGERYTRAINER notwendigen Entscheidungen und Handlungen in einem Flussdiagramm dargestellt (Abb. 1).

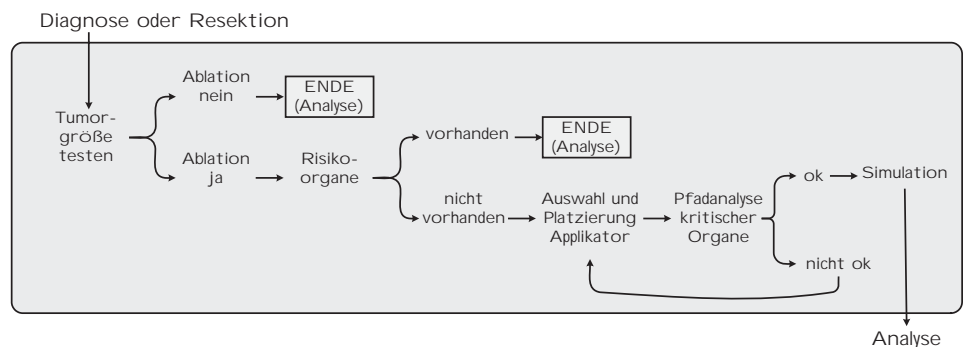


Abbildung 1: Flussdiagramm der Entscheidungen und Handlungen bei dem Training der Ablation.

5 Konzeption

Das Lernsystem orientiert sich an den klinischen Abläufen für die Planung von Therapien. Daraus ergeben sich die in Abb. 2 dargestellten Schritte.

Die Beschreibung der Konzeption des LIVERSURGERYTRAINERS basiert auf dem vorgestellten 4C/ID-Modell und erfolgt hier an den Komponenten Lernaufgaben, Training von

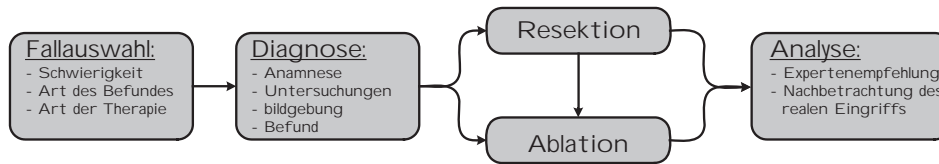


Abbildung 2: Schematischer Workflow für das Training mit dem LIVERSURGERYTRAINER.

Teilaufgaben und einsatzsynchrone Informationen.

Lernaufgaben. Die Einteilung der Lernaufgaben im LIVERSURGERYTRAINER erfolgt in Aufgabenklassen von einfach zu komplex. Der Lernende wählt zu Beginn seines Trainings aus der Falldatenbank einen Fall für das Training. Um das Training realitätsnah zu gestalten, werden Szenarien für jede Aufgabenklasse formuliert, die auf realen Fällen basieren und den Abläufen im klinischen Alltag entsprechen. Im Folgenden wird ein Beispiel für ein Szenario der Aufgabenklasse „Resektion eines einfachen Tumors“ gegeben:

Der Allgemeinzustand des Patienten und seine Leberfunktionswerte sind gut. Er kann als operabel eingestuft werden. Es befindet sich ein Tumor in peripherer Lage in der Leber, der durch eine Resektion entfernt werden kann. Das Ziel ist es, eine Resektionsfläche durch die Leber zu legen, um den Tumor abzutrennen und gleichzeitig die Leberfunktion bestmöglich zu erhalten.

Training von Teilaufgaben. Die Aufgabe der computergestützten Planung von Eingriffen an der Leber enthält die Teilaufgaben der Definition von Schnittflächen und Applikatoren. Da die Ausführung dieser Teilaufgaben kritisch für eine computergestützte Planung ist, sollen sie im Lernsystem im Rahmen einer Teilaufgabenübung separat trainiert werden.

Einsatzsynchrone Informationen. Die Lernenden bekommen in verschiedenen Hilfemodi Informationen zur Ausführung der Lernaufgaben. Die höchste Unterstützung bei der Bearbeitung eigener Aufgaben wird bei der geführten Tour geliefert. Dabei werden den Lernenden zu jedem Schritt programmspezifische Anweisungen gegeben [BRea06]. Es besteht jederzeit die Möglichkeit, Unterstützung bei der Ausführung der Aufgabe anzufordern. Weitere Unterstützung erhalten die Lernenden bei der Einführung in neue Fälle oder der interaktiven Exploration der 3D-Modelle durch Animationen [MBP06]. Diese Animationen sind skriptbasiert und passen sich so automatisch an die individuelle Anatomie (z.B.: Lage und Größe von Metastasen) jedes Falls an.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben die Konzeption eines fallbasierten Lernsystems für Chirurgen vorgestellt. Mit dem LIVERSURGERYTRAINER wird erstmals ein fallbasiertes Training computergestützter Planung für Eingriffe an der Leber ermöglicht. Der Fokus des Systems liegt dabei auf der Therapieentscheidung und der Operationsplanung. Das verwendete 4C/ID-Modell eignet sich für die Konzeption von Systemen für chirurgisches Training, weil es eine Übung von Teilaufgaben, die bei der Ausführung sicherheitskritisch sein können, erlaubt. Ebenso

ist die Ordnung der Trainingsfälle in einfache und immer komplexere Klassen sowie die nachlassende Unterstützung für fallbasierte Lernsysteme geeignet. Günstig ist außerdem die Unterscheidung in unterstützende und einsatzsynchrone Informationen, die dem Lernenden zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Lernprozess präsentiert werden.

Ein chirurgisches Lernsystem macht die Ausführung und das intensive Üben von kritischen Aktionen ohne die Gefährdung von realen Patienten möglich. Ähnlich wie bei Flugsimulatoren werden die Fertigkeiten, vor allem in risikoreichen Situationen, vor dem realen Einsatz so lange trainiert, bis die notwendige Kompetenz bei der Ausführung erreicht ist. Der LIVERSURGERYTRAINER soll in mehreren Phasen, zuerst als Prototyp Ende 2006, in Studien mit Endanwendern evaluiert werden.

Literatur

- [BMea04] R. Bade, S. Mirschel und K.J. Oldhafer et al. Ein fallbasiertes Lernsystem für die Behandlung von Lebertumoren. In *Bildverarbeitung für die Medizin*, Informatik aktuell, Seiten 438–442. Springer, 2004.
- [BRea06] R. Bade, I. Riedel und L. Schmidt et al. Combining Training and Computerized Planning of Oncologic Liver Surgery. In *Bildverarbeitung für die Medizin*, Seiten 409–413. Springer-Verlag, 2006.
- [BSea02] H. Bourquain, A. Schenk und F. Link et al. HepaVision2- A software assistant for pre-operative planning in living-related liver transplantation and oncologic liver surgery. In *Proc. of Computer Assisted Radiology and Surgery*, Seiten 341–346, 2002.
- [GKea99] P. Golland, R. Kikinis und M. Halle et al. AnatomyBrowser: A Novel Approach to Visualization and Integration of Medical Information. In *Journal of Computer Assisted Surgery*, number 4, Seiten 129–143, 1999.
- [HPea00] K.H. Höhne, B. Pflesser und A. Pommert et al. Voxel-Man 3D-Navigator Inner Organs, Regional, Systemic and Radiological Anatomy. In *Journal of Computer Assisted Surgery*. Springer, 2000.
- [MBP06] K. Mühler, R. Bade und B. Preim. Skriptbasierte Animationen für die Operationsplanung und Ausbildung. In *Bildverarbeitung für die Medizin*. Springer, 2006.
- [SDea00] L. Soler, H. Delingette und G. Malandain et al. An automatic virtual patient reconstruction from CT-scans for hepatic surgical planning. In *Stud Health Technol Inform*, number 70, Seiten 316–22, 2000.
- [STea05] G. Strauß, C. Tranakis und E. Nowatius et al. Moderne Trainingsmethoden für die Kopfchirurgie. *Laryngohinootologie*, (84(5)):335–344, 2005.
- [THea04] M. Thorn, T. Heimann und C. Sonek et al. OrgaNicer - Eine Visualisierungssoftware für die Operationsplanung in der Leberchirurgie. In *Aktuelle Trends in der Softwareforschung - Tagungsband zum doIT Software-Forschungstag*, 2004.
- [vMCdC02] J.J.G. van Merriënboer, R.E. Clark und M.B.M. de Croock. Blueprints for Complex Learning: The 4C/ID-Model. In *Educational Technology Research & Development*, number 50(2), Seiten 39–64, 2002.