

Workflowanalyse und Ontologien für endoskopische NNH-Chirurgie

Burgert O¹, Neumuth T¹, Fischer M¹, Strauß G², Dietz A², Meixensberger J³, Lemke HU¹

¹Innovation Center Computer Assisted Surgery, Universität Leipzig, Deutschland

²Klinik für HNO-Chirurgie/Plastische Chirurgie, Universitätsklinikum Leipzig, Deutschland

³Klinik für Neurochirurgie, Universitätsklinikum Leipzig, Deutschland

oliver.burgert@medizin.uni-leipzig.de

Einleitung und Fragestellung Das Konzept der *Chirurgischen Workflows* ist eine neuartige wissenschaftliche Methodik zur Analyse chirurgischer Eingriffe. Sie dient als Basis zur Erhebung von Informationen über chirurgische Arbeitsschritte und zur Ableitung des Entwicklungsbedarfs für chirurgische Assistenzsysteme für den Operationssaal der Zukunft [1]. Benötigt wird eine Methodik zur Akquisition, Beschreibung und Analyse/Auswertung von Informationen über den Verlauf chirurgischer Eingriffe. Die Beschreibungen können dazu verwendet werden, chirurgische Eingriffe im Detail zu analysieren und zu bewerten.

Der Begriff *Chirurgischer Workflow* bezieht sich auf Prozessbeschreibung chirurgischer Eingriffe. Der *Chirurgische Workflow* ist eine Abstraktion bzw. ein Modell eines chirurgischen Eingriffs. Es können Informationen aus der Realität erfasst werden, welche für den Nutzer (den Chirurgen, Medizintechniker oder Gesundheitsexperten) von Interesse sind. Um die Nutzung chirurgischer Workflows, z.B. für analysierende Zwecke zu ermöglichen, benötigt man technische und formale Beschreibungen des chirurgischen Eingriffs. Dies begründet den Bedarf zur strukturierten Akquisition von Informationen aus der intraoperativen chirurgischen Realität. Kennzeichnend für den Chirurgischen Workflow ist, dass die Menge der erfassbaren Informationen sehr variabel ist. Von der Auswahl der aufgenommenen Informationen hängt jedoch ab, welche chirurgischen Fragestellungen auf dieser Basis dann beantwortet werden können. Zusätzlich benötigt man eine definierte Ontologie welche Objekte und Ihre Beziehungen zueinander über chirurgische Disziplingrenzen hinweg eindeutig beschreibt.

Ein Ziel der wissenschaftlichen Arbeit des Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS) in Leipzig ist es, chirurgische Fragestellungen, wie z.B. „An welchen anatomischen Strukturen wird mit Instrumenten vom Typ X gearbeitet?“ oder „Ergibt sich durch die Verwendung eines mechatronischen Assistenzsystems eine Zeitersparnis?“ fundiert zu beantworten. Um diese Beschreibungen zu erhalten, ist es notwendig, angemessene Werkzeuge für die strukturierte und methodische Aufnahme anzubieten. Dies geschieht durch die in ICCAS entwickelte Surgical Workflow-Software und darunter liegende ontologische Beschreibungen.

Material und Methoden Um den Aufnahmeprozess während des Eingriffes zu unterstützen, wurde innerhalb des ICCAS eine Workflow-Protokollierungssoftware [2,3] entwickelt. Die Protokollierung erfolgt durch geschultes medizinisches Personal mit der Hilfe von Tablet-PC's.

Der Einsatz der Protokollierungssoftware hat mehrfachen Nutzen: die Aufnahme wird ergonomisch erleichtert, die Menge an aufnehmbaren Informationen erhöht sich, wird fokussiert und die Protokollanten werden dazu angeleitet, angemessene Terminologien zu verwenden.

Die Strukturierung chirurgischer Eingriffe beginnt zunächst mit grundsätzlichen Überlegungen hinsichtlich der der Granulierung der Beobachtung: Wenn zum Beispiel der Chirurg Gewebe schneidet kann das zu einer Blutung führen. Das heraustretende Blut wird simultan zum Schneidevorgang abgesaugt. Dieser einzelne Arbeitsschritt kann unter verschiedenen Gesichtspunkten und Granulationsstufen betrachtet werden: (i) Es wird ein Gesamtschritt „Schneiden“ definiert, welcher aus den Teileinheiten „schneiden“ und „saugen“ besteht und die durch den Chirurgen als kleinste organisatorische Einheit ausgeführt werden; (ii) Eine zweite Möglichkeit wäre, „schneiden“ und „saugen“ als voneinander unabhängige Arbeitseinheiten zu betrachten und durch die „linke Hand des Chirurgen“ bzw. die „rechte Hand des Chirurgen“ als kleinste identifizierbare organisatorische Einheiten parallel ausführen zu lassen; (iii) Als dritte Betrachtungsweise kann die Aktivität einer Hand mit der zeitlichen Einteilung „saugen - nicht saugen - saugen“ beschrieben werden. Dieses Granularitätslevel spiegelt eine weitere Unterteilung von (ii) wider und berücksichtigt Teilbewegungen wie das kurze zwischenzeitliche Absetzen des Saugers. Ist das Ziel der Protokollierung eine detaillierte Aufzeichnung des OP-Verlaufes, so ist eine Berücksichtigung der ausgeführten Tätigkeiten mindestens auf Granularitätslevel (ii) notwendig. Sollen zusätzlich die Tätigkeiten des Assistenten und der OP-Schwester mit berücksichtigt werden, führt dies zu sechs zeitlich parallelen Handlungsabläufen, deren einzelne Arbeitsschritte zudem unterschiedliche kausale Zusammenhänge entlang des Zeitverlaufes aufweisen können.

Eine fundierte Auswertung erfordert eine eindeutige Terminologie und die Beschreibung von Zusammenhängen zwischen Objekten. Daher werden sämtliche in einem Workflow abzubildenden Aspekte der Realität in einer Ontologie definiert. Wir unterscheiden hier zwischen einer Ontologie des Workflows [4] und einer anwendungsspezifischen Ontologie welche zur Beschreibung der Anatomie, der Instrumente und der Handhabungsschritte genutzt wird. Durch Austausch der anwendungsspezifischen Ontologie kann die Aufnahmesoftware an andere chirurgische Disziplinen angepasst werden.

Ergebnisse Über eine Sequenz derartiger Kompositionen von Arbeitsschritten kann ein detailliertes Protokoll des chirurgischen Eingriffs erstellt werden. Die im Protokoll enthaltenen Informationen können bereits während der Protokollierung statistisch oder visuell ausgewertet werden. Abbildung 1 zeigt die graphische Repräsentation eines protokollierten OP-Verlaufes am Beispiel einer HNO-chirurgischen Mikrolaryngoskopie mit chirurgischer Intervention [5].

Die ICCAS Surgical Workflow-Software konnte bereits für mehrere Beispiel-Operationstypen aus der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde mit konkreter klinischer Fragestellung genutzt werden [6,7]. Bei der Mikrolaryngoskopie, der mikroskopischen Untersuchung des Kehlkopfs, wird dieser unter direkter Sicht untersucht. Dies geschieht mit Hilfe eines starren Rohres (Laryngoskop), welches durch die Mundhöhle eingeführt wird. Da das Rohr einen Durchmesser von ca. 2 cm hat, kommt es zu einer Einschränkung des chirurgischen Arbeitsraumes. Durch die Analyse des chirurgischen Workflows konnte zu bestimmten Fragen objektiv Stellung genommen werden. Der eingeschränkte Arbeitsraum innerhalb des Laryngoskops führt zum einen zu Instrumentenkollisionen und zum anderen sind Positionswechsel des Laryngoskops durch Mangel an Freiheitsgraden und eingeschränkter Sicht erforderlich. Weiter konnte gezeigt werden, dass es bei rein inspizierenden Mikrolaryngoskopien zu häufigerem Positionswechsel des Laryngoskops aber zu geringerem Instrumentenwechsel als bei Mikrolaryngoskopien mit chirurgischer Intervention kommt. Somit kann nicht nur eine deskriptive Beschreibung des chirurgischen Operationsverlaufes erfolgen, sondern es können auch Untersuchungen zu ergonomischen und logistischen Fragestellungen durchgeführt werden.

Diskussion Die am ICCAS entwickelte Surgical Workflow-Software bietet die Möglichkeit, intraoperative Verläufe auf wissenschaftliche Art zu protokollieren und auszuwerten. Durch die Software wird ein Instrument bereitgestellt, welches es ermöglicht aus der enormen Menge an Informationen die während einer OP protokolliert werden können, die geeignetsten herauszufiltern.

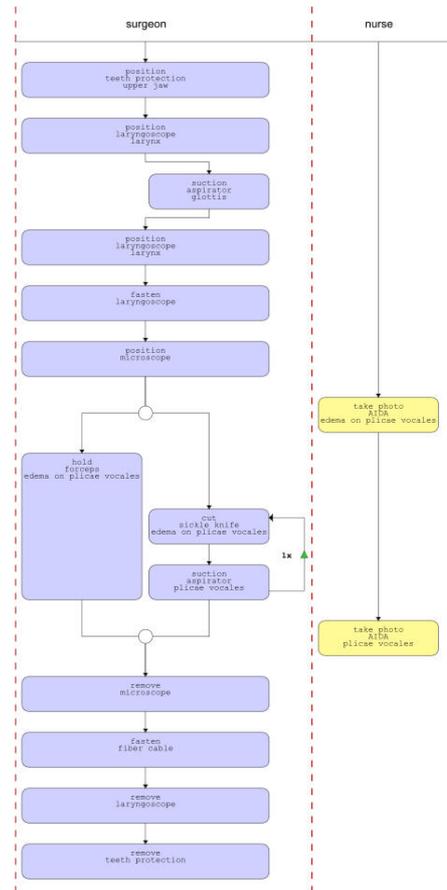


Abb. 1: Graphische Repräsentation eines aufgezeichneten Workflows

Neben der weiter oben beschriebenen Protokollierung chirurgischer Arbeitsschritte können mit der Software zudem Erhebungen zur Verwendung von chirurgischen Instrumenten, mechatronischen Assistenzsystemen, aber auch zur Nutzungsanalyse von Operationssälen vorgenommen werden. Das Programm eignet sich zur Beschreibung von Abläufen in allen chirurgischen Disziplinen. Verwendet wird es zurzeit am Universitätsklinikum Leipzig in den Bereichen Neurochirurgie, HNO-Chirurgie, Augenchirurgie, am Herzzentrum Leipzig in der Herzchirurgie und am Georgetown University Medical Center Washington D.C. in Interventioneller Radiologie. Insgesamt wurden bis Februar 2006 bereits über 150 Workflows protokolliert.

Literatur

- [1] Lemke H.U. Surgical Workflow and Surgical Picture Archiving and Communication Systems, Lecture at the UCLA Seminars on Imaging and Informatics, Arrowhead, 2004.
- [2] Burgert O, Neumuth T, Fischer M. et al. Surgical Workflow Modeling, Medicine Meets Virtual Reality (MMVR), Long Beach, USA, 2006.
- [3] Neumuth T, Durstewitz N, Fischer M. et al. Structured Recording of Intraoperative Surgical Workflows, SPIE Medical Imaging, San Diego, USA, 2006.
- [4] Burgert O, Neumuth T, Lempp F. et al. Linking Top-level Ontologies and Surgical Workflows, Computer Aided Radiology and Surgery (CARS), Osaka, Japan, 2006.
- [5] Neumuth T, Schumann S, Strauß G, et al. Visualization Options for Surgical Workflows, Computer Aided Radiology and Surgery (CARS), Osaka, Japan, 2006.
- [6] Fischer M, Strauß G, Burgert O. ENT-surgical workflow as an instrument to assess the efficiency of technological developments in medicine, CARS, Berlin, 2005.
- [7] Fischer M, Strauß G, Burgert O, Neumuth T, Dietz A. Limitationen und Entwicklungspotential in der endolaryngealen Chirurgie: Eine objektive Problemanalyse, HNO 2006, Mannheim.