

C-Bogen-basierte 3D-Bildgebung eröffnet neue Potenziale

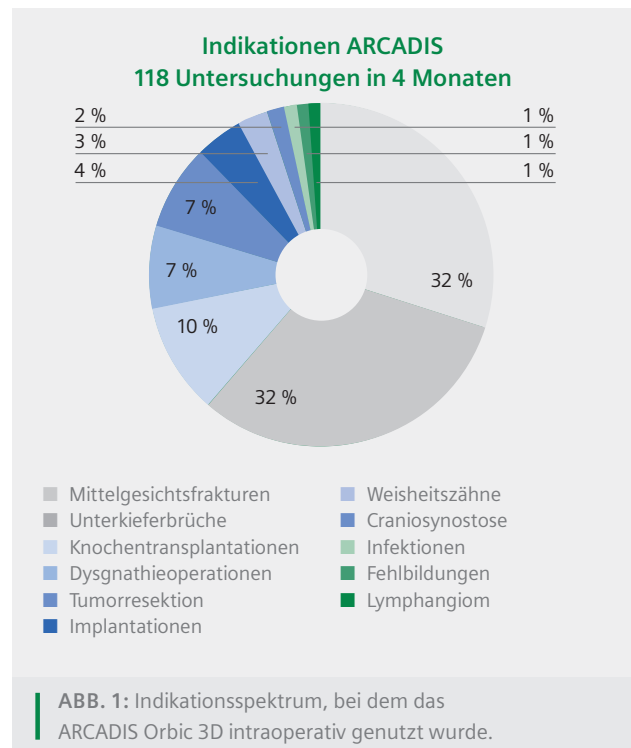
Die Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Uniklinikum Eppendorf hat das Anwendungsspektrum für die intraoperative Unterstützung durch ein isozentrisches C-Bogen-System erweitert.

Von PD Dr. med. Dr. med. dent. Max Heiland

Die intraoperative fluoroskopische Bildgebung ist heute ein integraler Bestandteil von vielen orthopädischen Eingriffen und Traumaoperationen. Im Jahre 2001 stellte Siemens Medical Solutions das SIREMOBIL® Iso-C^{3D} vor, ein C-Bogen-System, das auf Basis von einzelnen, während des operativen Eingriffs aufgenommenen fluoroskopischen Bildern sofort einen 3D-DICOM-Datensatz rekonstruieren kann. Damit wurde das Spektrum von intraoperativ verfügbaren Bildgebungsmodalitäten erweitert. Wie erwartet, fand dieser Fortschritt in den Fachgebieten, die regelmäßig von der Fluoroskopie Gebrauch machen, seine ersten Anwendungen [1, 2]. Selbst Siemens als Entwickler des Systems sah dessen Potenzial für Anwendungen im Bereich des Gesichtsschädels nicht voraus. Daher waren Kopf- und Halsbereich nicht in den ursprünglichen zugelassenen Anwendungen aufgeführt.

Gesichtsschädel zugelassen

Direkter Anlass zur Ausweitung der Zulassung des SIREMOBIL Iso-C^{3D} auf Anwendungen am Gesichtsschädel war ein Ereignis im Dezember 2001. An der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf wurde ein im Jahre 1987 erworbenes Fluoroskopiesystem nicht mehr genutzt. Nachdem sich das Klinikum unter Einsatz eines intraoperativen Navigationssystems der BrainLAB AG der computergestützten Chirurgie



zugewandt hatte, beschloss der Leiter des Klinikums, Professor Dr. Rainer Schmelzle, die Fluoroskopie wieder zu aktivieren und den Schwerpunkt auf Navigationsmöglichkeiten mit intraoperativ erfassten Daten zu legen. Einer der ersten Daten-

sätze des SIREMOBIL Iso-C^{3D} bezog sich auf Bilder der oberen Halswirbelsäule. Das große Potenzial der Modalität war sofort ersichtlich und die Herausforderung bestand nun darin, das System für die Bildgebung am Gesichtsschädel verfügbar zu machen. Zwei Technologien waren für die Lösung von besonderer Bedeutung: die Cone-Beam-Computertomographie (CBCT) und die digitale Volumentomographie (DVT). Letztere ist eine wohlbekannte Bildgebungstechnik im Bereich der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.

Scanner für Zahnärzte

1997 wurde ein dedizierter DVT-Scanner für den Einsatz am Gesichtsschädel eingeführt, der beim Zahnarzt kein zusätzliches Radiologiepersonal mehr erfordert. Seitdem wurde die CBCT für die maxillofaziale Bildgebung immer populärer. Heute sind verschiedene dedizierte Scanner erhältlich, wobei die neuesten Geräte den Panoramasystemen ähnlich sind. Bereits 2001 hatte sich die CBCT dann als ausreichendes Visualisierungswerkzeug für sehr dünne Gesichtsknochen bewährt [3]. Darüber hinaus veröffentlichten verschiedene Gruppen eine Reihe von Berichten zum Nutzen der CT bei der offenen Reduktion von Mittelgesichtsfrakturen [4 – 6]. Aufgrund der Häufigkeit solcher Operationen bei Mittelgesichtsfrakturen, der Tendenz, während der offenen Reduktion nicht alle Frakturstellen zu explorieren, sowie der genannten Veröffentlichungen beschloss die Klinik, das SIREMOBIL Iso-C^{3D} im Kopf- und Halsbereich einzusetzen. Dieser Entschluss wurde zum einen durch präklinische Studien, die eine ausreichende Visualisierung der knöchernen Gesichtsstrukturen [7] aufzeigten, und zum anderen durch die Möglichkeit zur Bestimmung der Strahlenexposition bei Gesichtsscans über andere Modalitäten unter Verwendung eines Alderson-Rando-Phantoms* unterstützt.

Die Akquisition eines SIREMOBIL Iso-C^{3D}-Datensatzes auf Basis von 100 fluoroskopischen Einzelaufnahmen entspricht der gleichen Strahlenbelastung, die mit der Aufnahme eines typischen Satzes von vier verschiedenen konventionellen radiographischen Bildern des Kopfes verbunden ist [8]. Daher wurde die Liste der zugelassenen Anwendungen des SIREMOBIL Iso-C^{3D} von Siemens Medical Solutions um die intraoperative Bildgebung des Gesichtsschädels erweitert.

Integration der C-Bogen-basierten Bildgebung in den operativen Arbeitsablauf

Nach dem ersten Einsatz des SIREMOBIL Iso-C^{3D} in der maxillofazialen Chirurgie [9, 10] wurde der Antrag der Klinik auf Anschaffung eines weiteren Systems von der Deutschen

* Alderson-Rando Phantome sind Phantome des menschlichen Skeletts die aus Isocyanat-Gummi bestehen und verwendet werden, um den detaillierten Verlauf der Dosisverteilung bei ionisierender Strahlung darzustellen.



ABB. 2: Intraoperative Handhabung des ARCADIS Orbic 3D.



ABB. 3: Volumenansicht eines Patienten nach mikrochirurgischem Oberkieferaufbau.

Forschungsgemeinschaft Anfang 2005 genehmigt. Das ARCADIS Orbic 3D, Nachfolgemodell des SIREMOBIL Iso-C^{3D}, wurde dann in den ersten vier Monaten ab seiner Verfügbarkeit insgesamt 118 Mal bei intraoperativen Untersuchungen eingesetzt [Abb. 1]. Diese Rate beruhte auf einem dauerhaft hohen Volumen an intraoperativen Anwendungen und erwies sich nicht als Ausdruck einer Anfangseuphorie. Abbildung 2 zeigt die intraoperative Anwendung des Systems. Für gewöhnlich wird am Ende des Eingriffs ein Scan durchgeführt, wobei die Sterilität des Operationsfeldes gewährleistet bleibt. Bei der maxillofazialen Chirurgie ist eine vergleichbare Keimfreiheit des Systems nicht erforderlich. Positionierung, Datenakquisition und Aufbau der einzelnen multiplanaren Rekonstruktionen nehmen maximal sechs Minuten in Anspruch und erfordern daher eine entsprechende Verlängerung der Narkose. Die C-Bogen-basierte 3D-Bildgebung als intraoperative Anwendung ist insbesondere von hohem Nutzen:

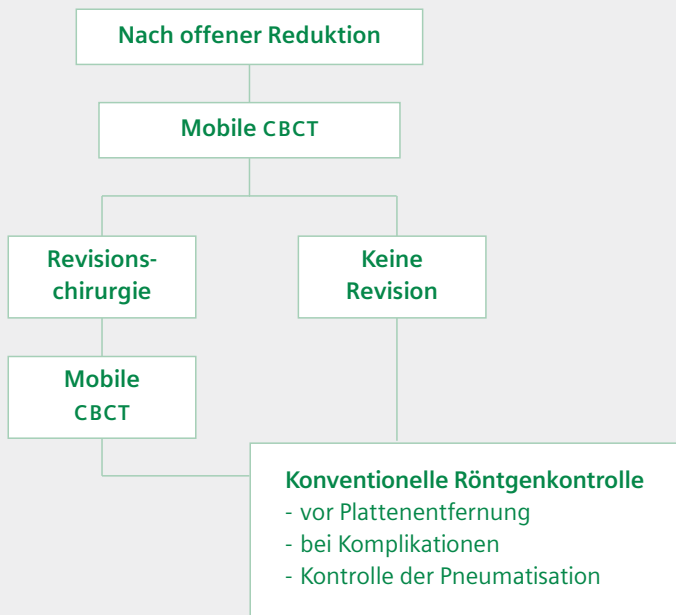


ABB. 4: Integration von C-Bogen-basierter 3D-Bildgebung in den intra- und postoperativen Arbeitsablauf nach offener Reduktion von Mittelgesichtsfrakturen.

- nach offener Reduktion von Mittelgesichtsfrakturen, da nicht alle Frakturstellen exponiert und direkt einsehbar sind.
- nach offener Reduktion von Unterkieferfrakturen, da die linguale Knochenfläche wegen der Gefahr einer größeren Spalte nach Osteosynthese im Allgemeinen nicht exploriert wird.
- nach komplexen Knochenrekonstruktionen bei Patienten, die postoperativ in die Intensivstation verlegt werden und für die konventionelle Radiographie nicht zur Verfügung stehen [Abb. 3].
- bei Kindern mit unterschiedlichen Indikationen für präoperative CT-Scans, die im Allgemeinen Sedierung oder Vollnarkose erfordern; heute kann dies durch intraoperative Scans unmittelbar vor dem Eingriff ersetzt werden.
- bei Behinderten oder unter Demenz leidenden Patienten mit offensichtlichen Indikationen für chirurgische Behand-

lung unter Vollnarkose (z. B. Dentaloperation), bei denen keine ausreichende präoperative Radiographie möglich ist. Die Klinik hat darüber hinaus auch Erfahrung mit der intraoperativen Navigation in C-Bogen-basierten 3D-Datensätzen gewonnen, und dies sogar auch im Gesichtsschädelbereich. Diese Anwendung stellt jedoch noch eine Herausforderung dar, da keine zufriedenstellende Software zur Verfügung steht. Weiterhin sind die Indikationen für die Navigation mit C-Bogen-basierten 3D-Datensätzen bei der maxillofazialen Chirurgie limitiert (z. B. Entfernen von Fremdkörpern). Dies wird intraoperative Aktualisierungen von DICOM-Daten, die präoperativ mit anderen Modalitäten akquiriert wurden, noch wichtiger machen. Durch die Möglichkeit einer Revision während eines laufenden Eingriffs werden sich Veränderungen beim Arbeitsablauf ergeben, sowohl in der präoperativen Bildgebung als auch bei der virtuellen präoperativen Planung sowie bei der Fusion mit einem intraoperativ akquirierten Datensatz zur sofortigen Kontrolle des Erfolgs [Abb. 4].

Schlussfolgerung

Obwohl andere Spezialbereiche das operative Ergebnis schon seit längerer Zeit mit intraoperativer 2D- bzw. 3D-Fluoroskopie überprüfen, ist nun die C-Bogen-basierte 3D-Bildgebung zur intraoperativen Visualisierung im Gesichtsschädelbereich verfügbar. Die Implementierung dieser Technik im OP hat den intraoperativen Workflow verändert und die Sicherheit und Qualität der Versorgung des Patienten entsprechend verbessert.

Autor: PD Dr. med. Dr. med. dent. Max Heiland ist seit 2005 verantwortlicher Oberarzt an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf. Derzeitige Schwerpunkte seiner Arbeit sind die 3D-Bildgebung des Gesichtsschädels und die Entwicklung intraoperativer Navigationssysteme für die maxillofaziale Chirurgie.

Literatur

- [1] Kotsianos D, Rock C, Wirth S, Linsenmaier U, Brandl R, Fischer T, Euler E, Mutschler W, Pfeifer KJ, Reiser M. Frakturdiagnostik am Kniegelenk mit einem neuen mobilen CT-System (Iso-C³⁰): Vergleich mit konventionellem Röntgen und Spiral-CT. *Fortschr Röntgenstr.* 2002. 174:82-87.
- [2] Linsenmaier U, Rock C, Euler E, Wirth S, Brandl R, Kotsianos D, Mutschler W, Pfeifer KJ. Three-dimensional CT with a modified C-arm image intensifier: feasibility. *Radiology.* 2002. 224:286-292.
- [3] Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol.* 2002. 31:126-130.
- [4] Stanley R. Use of intra-operative computed tomography during repair of orbitozygomatic fractures. *Arch Facial Plast Surg.* 1999. 1:19-24.
- [5] Hoelzle F, Klein M, Schwerdtner O, Lueth T, Albrecht J, Hosten N, Felix R, Bier J. Intraoperative computed tomography with the mobile CT Tomoscan M during surgical treatment of orbital fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2001. 30:26-31.

- [6] Hoffmann J, Krimmel M, Dammann F, Reinert S. Möglichkeiten der intraoperativen Diagnostik mit einem fahrbaren Computertomographen. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 2002. 6:346-350.
- [7] Heiland M, Schulze D, Adam G, Schmelzle R. 3D imaging of the facial skeleton with an isocentric mobile C-arm system (SIREMOBIL Iso-C³⁰). *Dentomaxillofac Radiol.* 2003. 32:21-25.
- [8] Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone-beam computed tomography systems, and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004. 33:83-86.
- [9] Heiland M, Schmelzle R, Hebecker A, Schulze D. Intraoperative 3D-imaging of the facial skeleton using the SIREMOBIL Iso-C³⁰. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004. 33:130-132.
- [10] Heiland M, Schulze D, Blake F, Schmelzle R. Intraoperative imaging of zygomaticomaxillary complex fractures using a 3D C-arm system. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005. 34:369-375.