

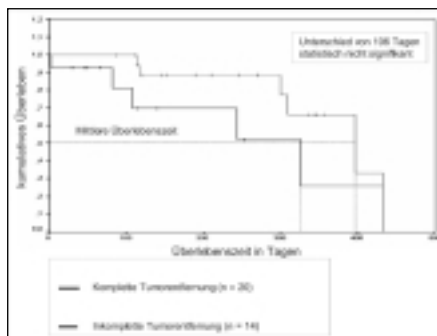
Ausblicke der Computer- und Roboter-assistierten Chirurgie

Intraoperative Bildgebung in der computer-assistierten Neurochirurgie

Trantakis Chr., Winkler D., Moche M., Strauss G., Kahn T., Meixensberger J.

Fortsetzung des Artikels „Ärzteblatt Sachsen“, Heft 1/2002, Seite 31.

In der Behandlung von Gliomen wird der Stellenwert einer möglichst radikalen Resektion kontrovers diskutiert. Neuere Arbeiten weisen allerdings darauf hin, daß eine möglichst vollständige Exstirpation maligner Gliome zu einer Verbesserung der Prognose beiträgt. Die Untersuchungen der kumulativen Überlebenszeit im eigenen Patientengut zeigen einen statistisch bisher nicht gesicherten positiven Effekt in der Gruppe der bildmorphologisch vollständig resezierten malignen Gliome im Vergleich zur subtotalen Resektion.



Vergleich der kumulativen Überlebenszeit komplett versus inkomplett operierter maligner Gliome

Eine wesentliche Erweiterung der interventionellen MRT stellt die Integration eines PC-gestützten System für Datenfusion und Navigation dar (Localite Navigator(r), GMD, Localite, Germany). Dieses System ermöglicht die Einbindung funktioneller Informationen, insbesondere

Tab. 3: Totale und subtotale Resektion bei 72 im interventionellen MRT resezierten Gliomen

Histologie	WHO Grad	Anzahl	Totalresektion	Subtotalresektion
Subependymom	I	2	2	0
Dysembryoblastom	I	1	1	0
Pilozytisches Astrozytom	I	1	1	0
Astrozytom	II	15	11	4
Astrozytom	III	9	6	3
Oligodendrogliom	II	5	2	3
Oligodendrogliom	III	3	3	0
Ependymom	III	1	0	1
Glioblastoma multiforme	IV	35	20	15
Σ		72	46	26

Tab. 4: Frühes postoperatives Outcome bei 59 Tumoren mit Beziehung zum Motor- (51) oder Sprachkortex (8).

Histologie	WHO Grad	Anzahl	besser	gleich	schlechter	verstorben
Meningiom	I	3	0	3	0	0
Meningiom	II	2	0	2	0	0
Meningiom	III	1	0	1	0	0
Astrozytom	II	9	0	8	1	0
Astrozytom	III	8	0	7	1	0
Oligodendrogliom	II	3	0	2	1	0
Oligodendrogliom	III	3	1	2	0	0
GBM	IV	22	2	17	2	1
Metastase		6	0	5	1	0
Kavernom		2	0	2	0	0
Σ		59	3	49	6	1

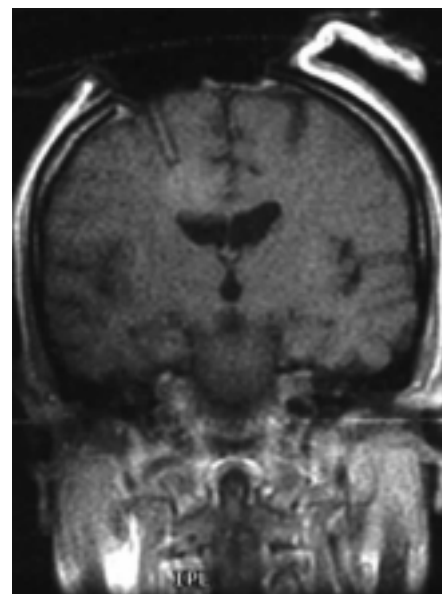


Abbildung 2: Transsulcaler Zugang zu einem frontalen Glioblastom. Nach intraoperativer Identifikation wurde der zum Tumor führende Sulcus präpariert. Der kontrastmittelgefüllte Pointer im eröffneten Sulcus (weißer Pfeil) zeigt den atraumatischen Zugang zum Tumor.

funktioneller Kernspindaten, und damit die Visualisierung funktioneller eloquenter Hirnareale während der Operation (Abbildung 3 und 3a). Die Identifikation des Motorkortex anhand anatomischer

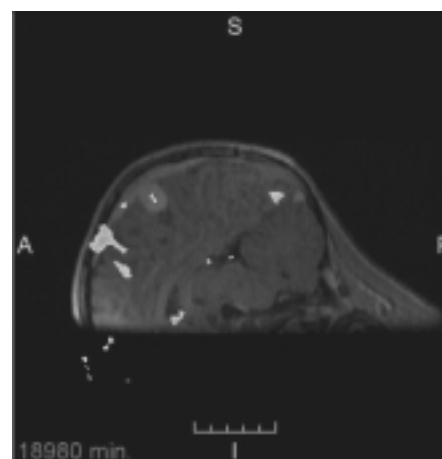


Abbildung 3: Fusion eines funktionellen MRT mit Aktivierung des Motorkortex und eines intraoperativen T1w MRT mit Kontrastmittel. Sowohl der Tumor als auch das aktivierte motorische Rindenareal können mit der integrierten Navigation präzise lokalisiert werden.

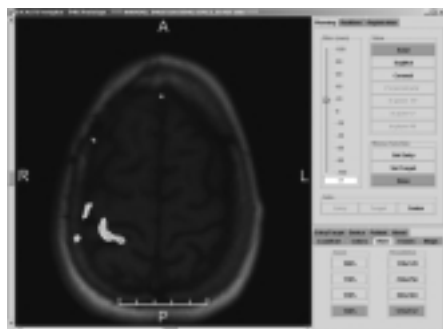


Abbildung 3a: Fusion eines funktionellen MRT und eines intraoperativen T1w MRT



Abbildung 4: Operationsszene einer endonasalen Nasennebenhöhlen-OP mit vti InstaTrak

Landmarken und koregistrierter funktioneller MR-Bilder (BOLD-Effekt) erhöht wesentlich die Sicherheit des operativen Eingriffes und trägt zu einer weiteren Verringerung der operativen Morbidität wesentlich bei.

Hals-, Nasen-, Ohren-Chirurgie

Bootz F., Strauss G., Stumpf R., Trantakis C.

Die ersten Anwendungen der konventionellen CAS-Intervention fanden im Bereich der Nasennebenhöhlen-Chirurgie statt. Eine endonasale NNH-OP wird häufig bei chronisch polypöser Sinusitis indiziert. Diese Region einschließlich der vorderen Schädelbasis ist durch enge anatomische Verhältnisse funktionell wichtiger Strukturen gekennzeichnet, welche in einem knöchernen Gerüst fixiert sind. Seit der Einführung des Mikroskops und Endoskops ist die Komplikationsrate wie z.B. Verletzung der Orbita mit nachfolgender Erblindung, Perforation der Schädelbasis mit Rhinoliquirrhoe und Meningitis, Verletzung der A.carotis interna oder des N.opticus gesunken. Rezidiv-Operationen oder eine atypische Anatomie stellen aber auch erfahrene Operateure immer wieder vor operative Herausforderungen. Damit erklärt sich die Indikation zum Einsatz einer Navigationshilfe. Das Nasennebenhöhlensystem bietet gute Voraussetzungen für eine konventionelle CAS-Intervention: rigides knöchernes Gerüst, gute Darstellbarkeit im CT, eine Vielzahl anatomischer Landmarken zur Registrierung.

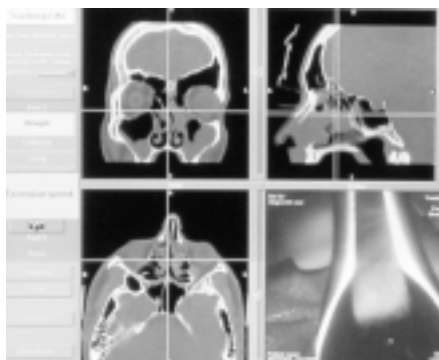


Abbildung 5: Bildschirmausschnitt während der computer-assistierten Nasennebenhöhlen-OP

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen eine Operationsszene und den dazugehörigen Bildschirmausschnitt und das Prinzip der CAS. Die Spitze des ausgewählten Instruments wird exakt auf den präoperativen CT-Daten des jeweiligen Patienten angezeigt. Der Operateur kann sich im NNH-System orientieren. Er kann besser einschätzen, ob er beispielsweise eine große Siebbeinzelle oder die Schädelbasisbegrenzung vor sich hat, wie weit entfernt er sich vom Orbitatrichter befindet.

Allerdings verliert die OP-Region mit fortschreitender Resektion von polypöser Schleimhaut und Knochen die Aktualität der Daten. Der dynamische OP-Ablauf ist nicht visualisierbar.

Während einige Systeme als reine Zeigeelemente eine Orientierungshilfe bieten (VTI InstaTrack), wird in anderen Konfigurationen eine Integration der

präoperativen Planung als Einblendung der Zielkoordinaten in Mikroskop oder Endoskop angeboten (Zeiss SMN/ MKM; ARTMA virtual patient). Es gab bereits mehrfach Bestrebungen, die Computerassistenten auf andere Bereiche der HNO-Chirurgie zu übertragen. Sowohl an der Laterobasis, der Frontbasis als auch in der Halschirurgie stossen die bisherigen Systeme durch das Auftreten von tissue shift, das Fehlen anatomischer Landmarken, die Dominanz von Weichteilen, Problemen mit der Instrumentenregistrierung an ihre bereits skizzierten Grenzen. Für die Nasennebenhöhlenchirurgie gilt, dass die CAS-Intervention das Stadium der klinischen Erprobung seit etwa 2 Jahren verlassen hat und inzwischen auch in vielen Kliniken angewandt wird. Die Praktikabilität der heute angebotenen Geräte und Softwarelösungen ist zuverlässig. Ein großes Hindernis ist der derzeit noch sehr hohe Preis der Geräte zwischen 200 und 500 TDM.

An der Klinik und Poliklinik für HNO-Heilkunde/Plastische Operationen konnten seit 1997 Erfahrungen mit chirurgischen Interventionen unter intraoperativer MR-Bildgebung im offenen MRT GE Signa SP 0.5T gesammelt werden. Regelmäßig werden Biopsien von Tumoren im Bereich der vorderen und lateralen Schädelbasis über einen transnasalen, transphenoidalen Zugang biopsiert. Damit sind Zugangswege, die bisher durch die intraoperativ schwer darstellbare Anatomie (Verlauf A.carotis interna, N.opticus, Tumorage) kaum durchführbar waren, möglich geworden. Weltweit erste Ergebnisse der sogenannten erweiterten CAS (eCAS) in diesem Bereich werden unter den Projekten der Arbeitsgruppe vorgestellt (Abbildung 6 und 7).

Zusammenfassend gelten aus unserer Sicht für die HNO-Chirurgie derzeit folgende sinnvollen Anwendungsmöglichkeiten der CASi:

- Biopsien zur histologischen Sicherung von Tumoren der vorderen und lateralen Schädelbasis



Abbildung 6: iMRT GE Signa SP/i 0.5T während eines operativen Eingriffes. Der Zugang zum Patienten zwischen den Spulen beträgt 56 cm.

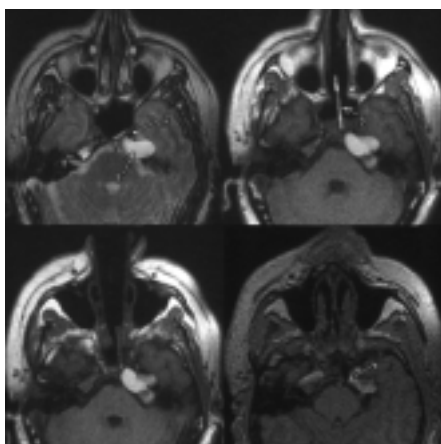


Abbildung 7: intraoperative Bilder während eine Biopsie eines Felsenbeinspitzentumors über einen transphenoidalen Zugang im iMRT

- Nasennebenhöhlenchirurgie, besonders Wiederholungseingriffe
- Platzierung von afterloading-Sonden zur Strahlentherapie.

Interventionelle Radiologie

Schulz T., Schneider JP., Dannenberg C., Schmidt F., Kahn T.

Die Magnetresonanztomographie konkurriert als bildgebendes Verfahren zur Überwachung und Steuerung minimal invasi-

ver diagnostischer und therapeutischer Methoden mit anderen bildgebenden Modalitäten wie zum Beispiel dem Ultraschall und der Computertomographie. Die MRT ist vor allem dann sinnvoll und zwingend einzusetzen, wenn eine pathologische Läsion nur mittels MRT dargestellt werden kann. Dies ist zum Beispiel oft im Bereich der Mamma der Fall. Ferner weist die MRT Vorteile bei Punktionen und Drainageanlagen in schwer zugänglichen Regionen (zum Beispiel subphrenisch) und bei der Steuerung interstitieller thermischer Therapie auf. Der Einsatz der MRT zur Überwachung vasculärer Interventionen (zum Beispiel B. PTA, Stentapplikationen) steht noch ganz am Anfang der Entwicklung. Es ist jedoch davon auszugehen, dass in der Zukunft die MRT zunehmend auch in diesem Gebiet eingesetzt wird.

Die Durchführung neurochirurgischer Eingriffe unter MR-Kontrolle sind ein eigenes Indikationsfeld neben der Erstellung und Optimierung von dreidimensionalen CT- und MRT Datensätzen für die oben genannten neuro- oder HNO-chirurgischen Interventionen.

Perkutane Biopsien und Markierungen

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ermöglicht eine exzellente morphologische und funktionelle Darstellung und ist mit ihrer hohen Weichteilkontrastauflösung in der Lage, Läsionen darzustellen, die teilweise mit anderen Verfahren nicht abgebildet werden können. Mammaläsionen, Leberprozesse und Knochenmark- oder Weichteilläsionen können mit der MRT in beliebiger Schichtebene dargestellt und MRT-gestützt biopsiert werden. Über derartige Interventionen liegen in Leipzig Erfahrungen aus vier Jahren Anwendung vor.

Seit 1996 wurden allein 85 Mammainterventionen (60 präoperative Drahtmarkierungen und 25 perkutane Stanzbiopsien) im offenen MRT erfolgreich durchgeführt. Im Falle eines schwierigen Zugangsweges oder fehlender Darstellbarkeit mit anderen

Methoden kann die MR-Überwachung mit ihren multiplanaren Schichten das Instrument im gesamten Verlauf online während der Biopsie darstellen. So wurden in enger Kooperation mit den Kliniken für Orthopädie und Kinderchirurgie über 50 Knochen- oder Weichteilbiopsien durchgeführt.

Überwachung interstitieller Therapien

Die Überwachung von Temperaturveränderungen während kernspintomographisch gesteuerter Therapien ist ein weiteres Betätigungsfeld der interventionellen Radiologie. Neben der Platzierung der Applikationssonden für eine Laser- oder Kryotherapie mittels interaktiver Steuerung kann auch die Thermo- oder cryoabladierten Gewebes während der Therapie ist derzeit Gegenstand intensiver Forschung.

Die Indikationen für diese Thermo- oder kryotherapeutischen Verfahren sind aber insgesamt vielfältig. Die Laserinduzierte Thermo- oder kryotherapie (LITT) von Leberläsionen ist ein Schwerpunkt unserer Arbeitsgruppe in Leipzig. Einerseits ist die LITT als Alternative zur chirurgischen Therapie zum Beispiel beim Vorliegen von Lebermetastasen in beiden Leberlappen oder bei Kontraindikationen für eine Operation einsetzbar. Andererseits kann sie als zusätzliche Modalität bei palliativen Interventionen beispielsweise zur Schmerzlinderung oder Volumenreduktion bei raumfordernden tumorösen Prozessen angewandt werden (zum Beispiel Rektumkarzinomrezidive). Weiterhin gibt es seit Jahren eine Kooperation mit der Klinik für Neurochirurgie bei der palliativen LITT von Hirntumoren. Die fehlende Strahlenbelastung für Arzt und Patient und die beliebige Schichtführung des MRT sind die Vorteile, die jedem als erste auffallen. Weiterhin sind es vor allem die Möglichkeiten der Steuerung und Überwachung von Interventionen. Daraus ergeben sich die oben genannten Indikationen, die aus Sicht der

Interventionellen Radiologie sinnvoll und schon jetzt praktikabel sind.

Für die bildgebende Diagnostik ist die MRT das dominierende Verfahren der Zukunft. Auch die Wertigkeit für die künftige Durchführung von Interventionen wird sich zugunsten der MRT verschieben. Einen Ausblick auf die potentiellen Integrationsmöglichkeiten der bildgebenden Verfahren in den Operationsaal geben die in dieser Arbeit genannten Projekte.

Teleconsulting, Teleteaching und Teleroboting: Anwendungen der Telemedizin für die Klinik und in der Facharztpraxis

Fuchs M., Strauß G., Klarmann A.,
Novatius E., Bootz F.
* Firma zwo.null, Leipzig

Durch die zunehmende Menge an digitalisierten, patientenbezogenen Daten in der Medizin stellt die Überbrückung von Distanzen zwischen Datenquellen und Beurteilungskapazitäten sowie zwischen Patient und Arzt eine Herausforderung an die moderne Kommunikationstechnik dar. Dabei spielt die Bereitstellung von aktuellen, therapielevanten Informationen zum Zeitpunkt und am Ort der Behandlung für die Planung und Durchführung der Diagnostik und Therapie eine ebenso große Rolle wie der Austausch großer Datenmengen aus verschiedenen Signalquellen zum Zweck der Aus- und Weiterbildung des medizinischen Personals.

Anwendungsmöglichkeiten für eine bi- oder multidirektionale Datenübertragung bestehen in der Telekonsultation (Beurteilung durch einen entfernten lokalisierten Spezialisten), dem Teleteaching (Nutzung verschiedener Datenressourcen für die Ausbildung) und dem Teleroboting (Fernsteuerung medizintechnischer Geräte durch einen Spezialisten). Als Datenquellen kommen Tonsignale, Standbilder (bildgebende Diagnostik, Befunde in Tabellen- oder Diagrammform), bewegte Bilder

(Operationssitus, Therapiesituationen) und schriftliche Informationen (Computerpräsentationen) in jeder beliebigen Kombination in Betracht. Die Übertragung und Weiterverarbeitung kann synchron oder asynchron erfolgen, also zeitgleich zur ihrer Entstehung oder unabhängig davon.

Eigene Erfahrungen zeigen, dass der Einsatz der einzelnen Verfahren in Abhängigkeit von der erforderlichen Übertragungsqualität, der Verfügbarkeit der Technologien sowie der Kosten und unter Berücksichtigung der medico-legalen Aspekte erfolgen sollte. Für viele Anwendungen in Klinik und Facharztpraxis eignen sich relativ preiswerte, flächendeckend verfügbare Technologien, wie zum Beispiel Übertragungen über ISDN-Telefonleitungen, die hohen Anschaffungskosten lassen sich oft durch gemeinsame Nutzung durch verschiedenen Einrichtungen relativieren. Kostenintensive Verfahren mit hervorragender Übertragungsqualität sind zurzeit auf spezielle Anwendungen beschränkt. In zunehmendem Maße ist es beispielsweise möglich, die Vorträge von Kongressen und Fachtagungen in Bild und Ton live in das Internet zu übertragen und es so Kollegen, die nicht vor Ort anwesend sein können, zu ermöglichen, die wissenschaftliche Veranstaltung am PC zu verfolgen. Zusätzlich erfolgt in Leipzig zurzeit der Aufbau eines wissenschaftlichen Vortragsservers, von dem die aufgezeichneten Vorträge oder Rundtischgespräche jederzeit im Internet abgerufen werden können. Die Effizienz und Attraktivität von Kursen oder Workshops kann durch bi- oder multidirektionale Live-Übertragungen aus anderen Kliniken mittels Videokonferenzschaltungen erhöht werden, da dadurch einerseits die Anzahl und Vielfalt der demonstrierten Befunde steigt und andererseits Methoden demonstriert werden können, die nur an bestimmten Einrichtungen durchgeführt werden.

Struktur der IGSN, Kooperationen, Veranstaltungen

Die Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Bildgestützte Chirurgische Navigation (IGSN) wurde 1998 gegründet. Das Ziel der Arbeitsgruppe liegt in der Evaluierung, Etablierung und Weiterentwicklung der CAS-Teilbereiche: präoperative Planung und Simulation, computer-assistierte chirurgische Intervention und medizinische Robotik. Es sind sowohl klinische Routineanwendungen als auch wissenschaftliche Projekte in die Zusammenarbeit mit einbezogen. Eine günstige Voraussetzung am Universitätsklinikum Leipzig stellen die Erfahrungen am interventionellen (offenen) Kernspintomographen GE Signa SP 0.5 T dar, der seit 1997 interdisziplinär in der klinischen Routine der bildgestützten Chirurgie und interventionellen Radiologie betrieben wird. Einen besonderen Schwerpunkt bildet die interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Eine wesentliche Forderung an die IGSN ist die Kooperation mit informationstechnischen und ingenieurwissenschaftlichen Instituten, mit Entwicklungspartner aus der Industrie. Es bestehen intensive Kontakte mit der Gesellschaft für mathematische Datenverarbeitung (GMD) Forschungszentrum für Informationstechnologien (Bonn); dem Forschungszentrum Karlsruhe (Inst. für Angewandte Informatik); der TU Dresden (Inst. f.Künstl. Intelligenz); der FH Mittweida (Inst.f. angewandte Informatik); der HTWK Leipzig (Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik). Mit der Firma Localite, Bonn konnten Vorhaben aus den nachfolgenden Projekten zur Marktreife entwickelt werden.

Im 4-monatlichen Abstand wird ein IGSN-Workshop zur Vorstellung der aktuellen Projekte, zur Weiterbildung von interessierten ärztlichen Kollegen und Studenten und dem Erfahrungsaustausch mit Kliniken, Instituten und Firmen organisiert. Informationen dazu sind über die Homepage der Arbeitsgruppe abrufbar. Interessierte Gäste sind jederzeit herzlich willkommen.

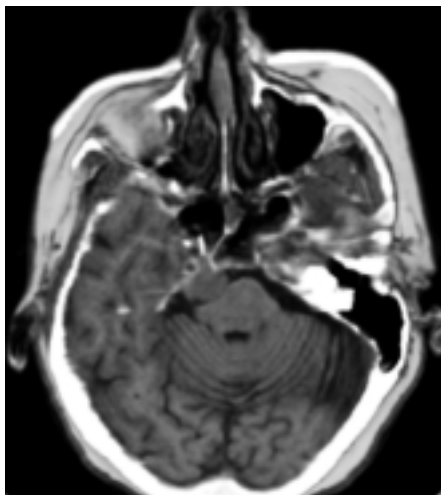


Abbildung 8: Fusion präoperativer CT-Daten mit intraoperativen Daten des iMRT der Schädelbasis (Tumor der petroclivalen Region rechts)

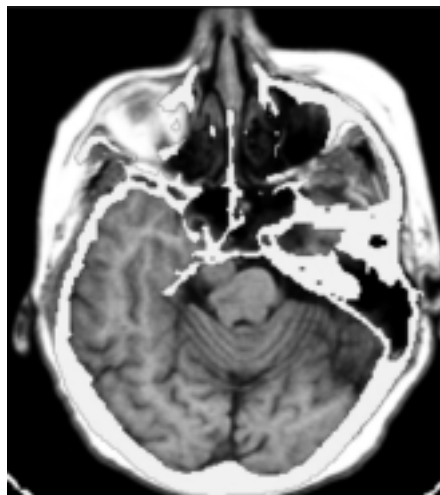


Abbildung 8a: Fusion präoperativer CT-Daten mit intraoperativen Daten des iMRT der Schädelbasis

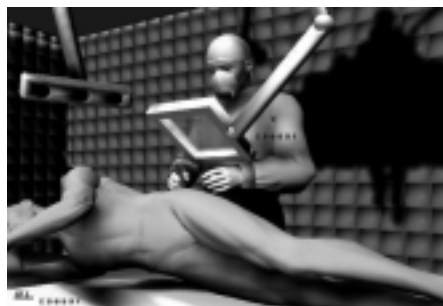


Abbildung 9: Konzeption einer Einblendung makroskopischer Strukturen mit einer semitransparenten Folie zur makroskopischen Navigation und OP-Planung (mit freundl.Gen. caesar-Institut Bonn)



Abbildung 9a (mit freundl.Gen. caesar-Institut Bonn)

Aktuelle Wissenschaftliche Projekte der IGSN

- enhanced computer-assisted-surgery: Integration intra-, inter- und präoperativer Datensätze in die chirurgische Navigation am Beispiel des iMRI GE Signa SP 0,5 T; Abbildungen 8 und 8a
- virtuelle Realität; Simulation chirurgischer Eingriffe
- iMRI-Endoskopie mit Arbeitskanal
- medizinische Robotik
- Evaluation der Sonographie als CAS-Datensatzgrundlage
- rapid prototyping: virtuelle Schädelrekonstruktion und Planung plastischer Versorgungen
- Visualisierung: Projektion anatomisch-

pathologischer Strukturen auf OP-Situs, Visualisierung intraoperativer dynamischer Veränderungen (Gewebeschift); Abbildung 9 und 9a

Perspektiven

Die CAS kann nur eine Hilfestellung beim operativen Vorgehen sein. Sie ersetzt in keiner Weise die Notwendigkeit anatomischer Kenntnisse. Sie fordert eine intensive Auseinandersetzung mit der individuellen Anatomie und Pathologie und bedarf einer subtilen Operationsplanung. Der Arzt wird gerade wegen der zunehmenden Technisierung der Operationsumgebung die wichtigste Rolle und die volle Verantwortung in der Diagnos-

tik und Therapie des sich ihm anvertrauenden Patienten behalten.

Allerdings muss sich der Arzt auf neue, zusätzliche Herausforderungen einstellen: die Entscheidung über bildgebende Verfahren, zusätzliche funktionelle Informationsquellen (PET, Elektrophysiologie), die Operationsplanung und die technischen Anforderungen der jeweiligen OP werden eine bedeutende Rolle in vielen Fächern einnehmen. Vergleicht man den Aufwand jedoch mit den Aussichten, durch diese Verfahren einen Zuzugewinn der therapeutischen Sicherheit und damit eine bessere postoperative Lebensqualität der Patienten zu realisieren, so steht die Sinnhaftigkeit der Weiterentwicklung der CAS nach unserem Ermessen außer Zweifel.

Erscheint ein Verwischen der konventionellen Grenzen zwischen Radiologie und Chirurgie auch noch spekulativ, so wird doch der Radiologe der Zukunft den Schwerpunkt seiner Arbeit mehr in Richtung OP-Saal, der Chirurg mehr in Richtung informationsgebende Verfahren richten. Interdisziplinarität wird noch mehr als heute das notwendige Kriterium sein, dem sich auch bisher bestehende Fachgrenzen unterordnen werden.

Wie viele neue Technologien sind auch manche Projekte der CAS derzeit und sicher auch mittelfristig mit dem Missverhältnis eines erheblichen finanziellen und personellen Aufwandes und oftmals geringer zusätzlicher Informationen und Problemen in technischen Details belastet. Eventuelle ethische und juristische Fragestellungen, ob als Vorurteil oder berechtigter Einwand, können nur unter Federführung der medizinischen Fächer diskutiert werden.

Die computer-assistierte chirurgische Intervention wird die chirurgischen Fächer ähnlich wie die Einführung des OP-Mikroskops oder des Lasers verändern. Die Gesamtheit der CAS (Informations-Geführte-Therapie, IGT) wird eine neue Qualität vieler Eingriffe am menschlichen

Körper ermöglichen, eventuell sogar die Medizin revolutionieren. Sie wird eine neue Zusammenarbeit zwischen allen medizinischen Fächern, Informatikern, Ingenieurwissenschaftlern etc. hervorbringen. Es gilt, diese Herausforderung als Chance zu erkennen und die weitere Entwicklung voranzutreiben.

Kontaktadressen

Interdisziplinäre Arbeitsgruppe
Bildgestützte Chirurgische Navigation
c/o Liebigstrasse 18a, 04103 Leipzig, Germany
Telefon: +49 (0341) 9721700
Fax: +49 (0341) 9721709
e-mail: navigate@medizin.uni-leipzig.de
Homepage:
<http://www.uni-leipzig.de/~hno/navigate>

Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie
Direktor: Univ.-Prof.Jürgen Meixensberger
Dr.med.Christos Trantakis
Telefon: +49 (0341) 9712020
tranc@medizin.uni-leipzig.de

Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen-,
Ohrenheilkunde / Plastische Operationen
Dir.: Univ.-Prof.Dr.Friedrich Bootz
Dr.med.Gero Strauss
Telefon: +49 (0341) 9721721
strg@medizin.uni-leipzig.de

Klinik und Poliklinik für MKG-,
Plastische Gesichtschirurgie
Dir.: Univ.-Prof.Dr.Dr. Alexander Hemprich
PD Dr.Dr.Bernhard Frerich
Telefon: +49 (0341) 9721100
frerich@medizin.uni-leipzig.de

Klinik für Herzchirurgie
Dir.: Univ.-Prof.Dr.Friedrich-Wilhelm Mohr
PD Dr.Volkmar Falk
Telefon: +49 (0341) 865 1420
falv@medizin.uni-leipzig.de

Chirurgische Klinik und Poliklinik III
Dir.: Univ.-Prof.Dr.Christoph Josten
Telefon: +49 (0341) 9717000
trauma@medizin.uni-leipzig.de

Klinik und Poliklinik für
Diagnostische Radiologie
Dir.: Univ.-Prof.Dr.Thomas Kahn

Dr.med.Michael Moche
Telefon: +49 (0341) 9718100
moche@medizin.uni-leipzig.de

Institut für Anatomie
Dir. : Univ.-Prof.Dr.K.Spanehl-Borowski
Univ.-Prof.Dr.Wolfgang Schmidt
Telefon: +49 (0341) 9722074
schmidtw@medizin.uni-leipzig.de

Abkürzungen:

- CAS – computer assisted surgery
(computer-assisitierte Chirurgie)
- cCAS – conventional computer assisted surgery
(konventionelle computer-assisitierte
Chirurgie)
- eCAS – enhanced computer assisted surgery
(erweiterte computer-assisitierte
Chirurgie)
- IGS – image-guided-surgery
(bildgestützte Chirurgie)
- IGT – information-guided-therapy
- IGSN – Interdisziplinäre Arbeitsgruppe
Bildgestützte Chirurgische Navigation

Literatur beim Verfasser