

# Intraoperatives Imaging in der Neurochirurgie


Wir wollen sehen, was wir tun!

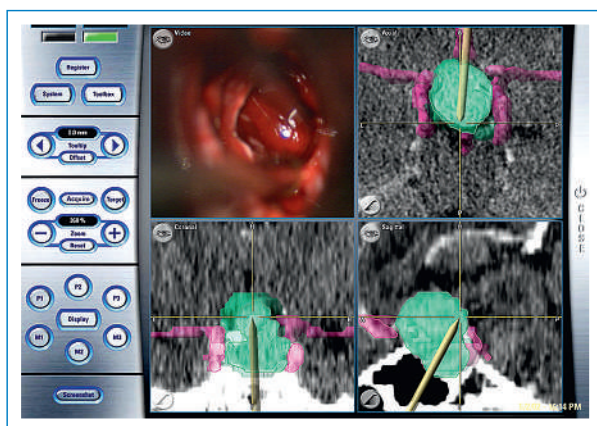
Sven Berkmann, Javier Fandino, Hans Landolt

Neurochirurgische Klinik, Kantonsspital Aarau



Seit der Einführung der Neuronavigation in der Neurochirurgie Ende der 90er Jahre hat sich im Bereich des neurochirurgisch relevanten Imaging einiges entwickelt. Die Neuronavigation wurde und wird hauptsächlich immer noch mit Bildern gefüttert, welche präoperativ durchgeführt wurden. Dies führt dazu, dass während der Operation, besonders bei der intrazerebralen Hirntumorchirurgie, die geometrischen Verhältnisse nach einer Teilentfernung des Tumors nicht mehr mit den Navigationsbildern übereinstimmen. Auch in der trans-

sphenoidalen Hypophysen-Tumorchirurgie ist die Entfernung des Adenoms navigatorisch nicht kontrollierbar (Abb. 1 ) , andererseits entstehen auch relevante anatomische Verschiebungen der intrakraniellen Strukturen (*Brain shift*), welche die Navigation unnütz machen. Damit drängt es sich im Bereich der CT- und MRI-basierten Neuronavigation sowie auch der Angiographie auf, schon intraoperativ neue Bilder zu akquirieren, um z.B. die Entfernung eines Tumors online zu kontrollieren oder den Verschluss eines zerebralen Aneurysma zu überprüfen.



**Abbildung 1**

Diskrepanz bei Navigation mit Offline-Bildern am Schluss einer transsphenoidalen Hypophysen-Tumorentfernung: Der Tumor ist grün markiert, ein Dissektor markiert die Tumorphöhle. Oben links eingblendete Sicht durch das Mikroskop: Der Tumor ist schon entfernt, kein Update mit neuen Bildern möglich.





**Abbildung 2**

Seit 2006 ist ein Niedrigfeld-MR-Gerät (Polestar, Firma Medtronic) in der Neurochirurgischen Klinik Aarau installiert. Die Magnetplatten werden für die Aufnahme wie im Bild hochgefahren, während des Operierens zum Boden und teilweise unter dem OP-Tisch positioniert.

## Intraoperatives MRI

Vor 20 Jahren wurden die ersten intraoperativen MR-Geräte in einigen Universitätskliniken installiert. Magnetfelder von 0,5 bis 1,5 Tesla zwangen aber dazu, spezielle, nichtmagnetische Instrumente anzuwenden. Die Platzverhältnisse waren zwischen den Magneten überaus eng. Der Operationssaal musste aufwendig vor elektromagnetischen Wellen abgeschirmt werden.

Seit 2000 wird eine neue Generation von MR-Geräten mit schwachen Magnetfeldern zum intraoperativen Gebrauch angeboten. Diese arbeiten mit 0,15 Tesla, also einem Zehntel der üblichen Feldstärke. Mit adäquater Software lassen sich intraoperativ Bilder herstellen, welche dem 1,5-Tesla-MRI-Bild der 90er Jahre entsprechen. Der Operateur kann auch schwach magnetische Instrumente ohne Gefahr für Patienten und Mitarbeiter anwenden. Dieses Gerät lässt zu, dass z.B. bei der transsphenoidalen Hypophysentumorchirurgie während der Operation Bilder aufgenommen werden können und der Operateur so den Fortschritt der Tumorentfernung sowie die neu sichtbare Lage und Position von Hypophysenstiel und Hypophyse sowie die Dekompression des Chiasmata beobachten kann. Nach jeder Bildserie wird anhand dieser neu navigiert. Abbildungen 2  und 3  zeigen den Apparat und ein Anwendungsbeispiel.


Desgleichen ist es bei intrazerebralen Hirntumoren möglich, mit neuen Bildern den *Brain shift* zu kompensieren und in korrekten Verhältnissen zu navigieren. Ferner können die MRI-Aufnahmen Tumorreste sichtbar machen, welche ausserhalb des Blickfeldes des Operationsmikroskops liegen.

## Intraoperative zerebrale Angiographie und CT

Die zerebrovaskuläre Neurochirurgie, z.B. das Clippen von zerebralen Aneurysmen nach Blutung oder Exstirpa-

Die Autoren erklären, dass sie keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag haben.

tion von arterio-venösen Missbildungen, verlangt von den Neurochirurgen ein hohes Mass an Erfahrung und räumlichem Vorstellungsvermögen. Das übliche Vorgehen,

nach dem Abclippen eines Aneurysmas nach einigen Tagen eine Kontrollangiographie durchzuführen und in 2–5% der Fälle mit einer erneuten Operation einen ungenügenden Verschluss des Aneurysmas und die Clip-Lage zu korrigieren, ist in den meisten Fällen überflüssig geworden (Abb. 4 ).

Der Operateur kann diese neuen Angiographieanlagen selbst bedienen. Für die Patientensicherheit sind Röntgenarm und OP-Tisch zur Vermeidung von Kollisionen über eine Software miteinander gekoppelt. Unser neuester OP-Tisch kann wahlweise mit radiologischer OP-Platte oder mit normaler OP-Platte für irgendwelche Operationen gebraucht werden.

Unsere Anlage (Philips AG), welche auch eine CT-Funktion beinhaltet, kann für Neurochirurgie, Neuroradiologie, Gefässchirurgie, Traumatologie und sogar Wirbelsäulenchirurgie gebraucht werden.

**Fazit**

Neurochirurgische Operationen entwickeln sich mit intraoperativem Neuroimaging zu immer besser kontrollierbaren Eingriffen. Wir können uns während den Operationen neu orientieren und korrigieren. Intraoperatives Imaging erzielt auch einen grossen Lerneffekt für weiterzubildende Neurochirurginnen und Neurochirurgen; Teaching und Coaching werden unmittelbar und effektiv, dies bei zusätzlich erhöhter Sicherheit und Qualität für den Patienten.

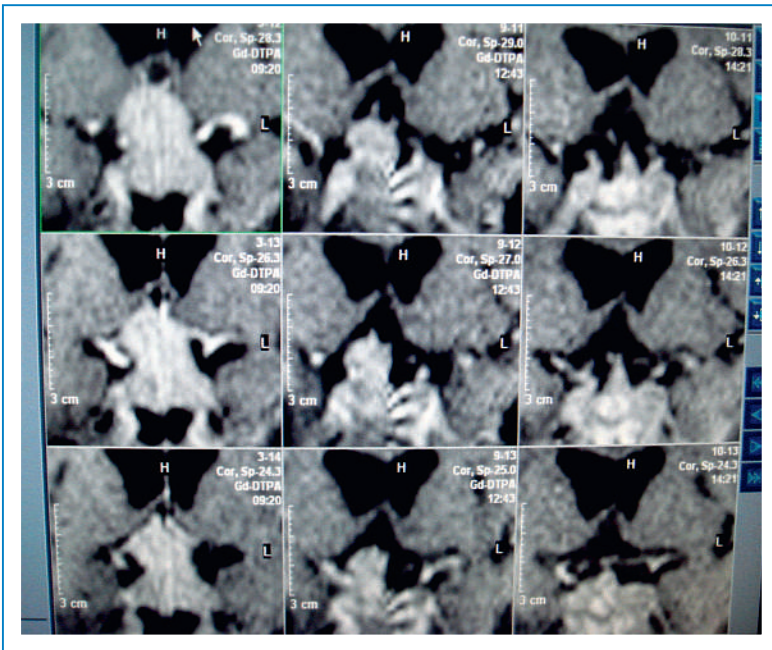
Wir sehen immer besser, was wir tun.

**Korrespondenz:**

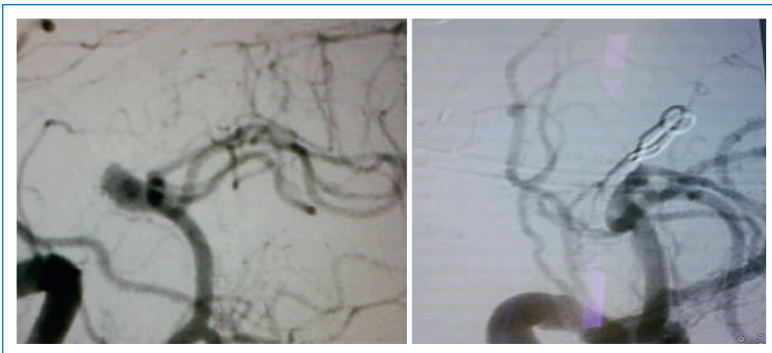
Prof. Dr. med. Hans Landolt  
 Neurochirurgische Klinik  
 Kantonsspital  
 CH-5000 Aarau  
[hans.landolt\[at\]ksa.ch](mailto:hans.landolt[at]ksa.ch)

**Empfohlene Literatur**

- Berkmann S, Fandino J, Zosso S, Killer HE, Remonda L, Landolt H: Intraoperative MRI and early prognosis of vision after transsphenoidal surgery for sellar lesions. *J Neurosurg.* 2011;115(3):518–27.
- Landolt H: Neurochirurgie: Neuronavigation – ein Muss für die Neurochirurgie? Oder Flug ins Ungewisse ... *Schweiz Med Forum.* 2003; 3(51–52):1263–5.



**Abbildung 3**  
 Intraoperative MRI-Aufnahmen zu drei verschiedenen Zeiten. Ein versteckter Tumorrest in der zweiten Aufnahmekolonne wird neu navigatorisch geortet und entfernt. Die dritte Bilderkolonne zeigt nun den freien Hypophysenstiel und das Chiasma opticum (Mitte und unten rechts).



**Abbildung 4**  
 Intraoperatives zerebrales Angiogramm. Das Aneurysma links zu Beginn der Kraniotomie, rechts neues Angiogramm am noch offenen Schädel, nach dem erfolgreichen Clippen.