

Journal für

Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie

www.kup.at/
JNeuroINeurochirPsychiatr

Zeitschrift für Erkrankungen des Nervensystems

Ein Jahr Erfahrung mit dem intraoperativen Hochfeld-MRT

Aichholzer M, Tomancok B, Wies W

Wurm G, Sonnberger M

Journal für Neurologie

Neurochirurgie und Psychiatrie

2013; 14 (3), 114-118

Homepage:

www.kup.at/

JNeuroINeurochirPsychiatr

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

Indexed in
EMBASE/Excerpta Medica/BIOBASE/SCOPUS

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031117M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-



FRÜHBUCHER-DEADLINE: 31.12.2024

13. DREILÄNDERTAGUNG 2025 | SALZBURG

Gemeinsame Jahrestagung der Deutschen
und Österreichischen Gesellschaften für
Epileptologie und der Schweizerischen
Epilepsie-Liga

26.–29. März 2025 | Salzburg

www.epilepsie-tagung.de

www.epilepsie-tagung.de



Deutsche
Gesellschaft für
Epileptologie



österreichische gesellschaft für epileptologie



Schweizerische Epilepsie-Liga
Ligue Suisse contre l'Epilepsie
Swiss League Against Epilepsy

Ein Jahr Erfahrung mit dem intraoperativen Hochfeld-MRT

M. Aichholzer¹, B. Tomancok¹, W. Wies¹, M. Sonnberger², G. Wurm¹

Kurzfassung: Zielsetzung: Mithilfe des intraoperativen Magnetresonanztomographen (iMRT) lassen sich das Ausmaß und die Genauigkeit einer beabsichtigten Läsionsresektion in der Neurochirurgie verbessern. Durch die intraoperative Aktualisierung der Bilddaten ist die Schwachstelle der bisherigen, auf präoperativen Untersuchungen basierenden Neuronavigation behoben.

Methoden: In einer prospektiven Untersuchung wurde bei 92 Patienten mit zerebralen (97 %) und intraspinalen Läsionen (3 %) eine Läsionektomie mit anschließender iMRT durchgeführt. Bei 55 % der im iMRT operierten Patienten wurde ein Gliom, bei weiteren 23 % ein Hypophysenadenom transsphenoidal endoskopisch reseziert. Bei Identifizierung eines unbeabsichtigten Tumorrestes wurde dieser nach der iMRT entfernt bzw. reduziert. Dabei wurde die Neuronavigation mit den iMRT-Untersuchungen aktualisiert.

Ergebnisse: In 31 % wurde ein resektabler bzw. unbeabsichtigter Tumorrest von durchschnittlich 14,1 % des ursprünglichen Tumolvolumens festgestellt. In 95 % wurde eine, in 5 % der Operationen wurden 2 iMRT durchgeführt. Bei allen Eingriffen konnten 95 % des präoperativ beabsichtigten Resektionsareals entfernt werden. Eine passagere neurologische Verschlechterung in 17 % der Patienten war 8 Wochen nach der Operation zurückgebildet. In

3 Operationen (3 %) war aus technischen (2 %) und anästhesiologischen (1 %) Gründen keine iMRT möglich.

Schlussfolgerung: Laut Literatur ermöglicht das iMRT durch Erhöhung des Resektionsausmaßes eine Verlängerung des rezidivfreien Intervalls bzw. der Überlebenszeit. Gleichmaßen verbessert es die Sicherheit der Operation und reduziert die Wahrscheinlichkeit postoperativer Defizite. Es gilt, diese Literaturangaben nach einem längeren Untersuchungszeitraum und einer höheren Anzahl auch bei unseren Patienten in Zukunft zu bestätigen.

Schlüsselwörter: intraoperative Kernspintomographie, multimodale Neuronavigation

Abstract: One-Year Experience with the Intraoperative High-Field MRT. Objective: By means of intraoperative magnetic resonance tomography (iMRT) the extent of resection and the accuracy of intended lesionectomy can be improved in neurosurgery. By updating the neuro-navigational data with the intraoperative examination, inaccuracy caused by brain shift is avoided.

Methods: In a prospective study, 92 patients with cerebral (97 %) and spinal (3 %) lesions were operated and controlled by means of iMRT.

In 55 %, a glioma was operated and in a further 23 % pituitary adenomas were resected transphenoidal-endoscopically. In case of an unintended residual tumor it was resected or reduced directly after examination. The neuronavigation database was updated with the iMRT.

Results: In 31 % of the cases, a large or unexpected residual tumor was detected. It measured 14.1 % of the original tumor volume. In 95 % one and in 5 % 2 iMRT were needed. In all surgeries, 95 % of the preoperatively intended tumor volume could be resected. Intermediate neurological deterioration was observed in 17 % of the patients that resolved 8 weeks after surgery. iMRT was absent in 3 % of the surgeries due to technical problems in 2 % and anesthesiological problems in 1 %.

Conclusion: The literature reports that iMRT provides a higher extent of resection and therefore increases the progression-free interval and survival time. In addition, it improves the safety of the surgical procedure and minimizes the possibility of neurological deterioration. To find the same results in our patients, a longer observation time and an increasing number of patients is required. **J Neurol Neurochir Psychiatr 2013; 14 (3): 114–8.**

Key words: intraoperative magnetic resonance tomography, multimodal neuronavigation

■ Einleitung

Das Resektionsausmaß ist in der Neurochirurgie der wichtigste prognostische Parameter in der Tumorbehandlung [1–7]. Die Neuronavigation unterstützt den Chirurgen vor allem bei der Resektion von Tumoren in eloquenten Arealen, wo anhand der entsprechenden präoperativen MR-Bildgebung (funktionelle Magnetresonanztomographie [fMRT] und Hirnbahndarstellung [DTI]) der operative Zugang so geplant werden kann, dass Funktionsareale nicht verletzt werden. Mit zunehmender Dauer der Operation verlieren diese „Offline-Daten“ durch permanenten Liquorverlust und fortschreitende Tumorresektion ihren Bezug zum Online-Geschehen („brain shift“) [8]. Dadurch verliert das Neuronavigationssystem mit Zunahme der Operationsdauer seine Genauigkeit und Gültigkeit. Eine Lösung für dieses Problem bietet das intraoperative MRT (iMRT) [9]. Diese „Online-Untersuchung“ ermöglicht

die Aktualisierung der Bilddaten und bietet somit dem Chirurgen die Möglichkeit, das aktuelle Ausmaß der Tumorresektion festzustellen, mögliche unerwartete Tumorreste darzustellen und die aktuellen anatomischen und funktionellen Bilddaten in die Neuronavigation einzuspielen [10, 11]. Somit kann der aktuelle Stand der Operation als 3D-Datensatz dargestellt und auch in das Operationsmikroskop übertragen werden.

■ Methoden

In der Neurochirurgischen Abteilung der Landesnervenklinik Linz ist seit Mai 2011 ein iMRT (GE MR 450w, 1,5 Tesla) in Betrieb. Durch bauliche Umgestaltungen wurde ein 2-Raum-Konzept geschaffen, welches einerseits einen voll ausgestatteten Operationsaal in einem Raum und andererseits einen 1,5-Tesla-Hochfeld-MRT im benachbarten Raum beherbergt (Abb. 1). Beide Räumlichkeiten können unabhängig voneinander genutzt werden. Wenn der Operationsverlauf eine Bildaktualisierung bedingt, kann der Patient nach Entfernung sämtlicher ferromagnetischer Teile aus dem Operationsbereich (Operationsinstrumente) und steriler Abdeckung des Operationsbereiches mittels eines Transfertisches nach Öffnen der Verbindungstüre in den Hochfeld-MRT (= iMRT) geschoben werden. Die Lagerung des Patienten wird dabei nicht verändert. Dies erfordert eine MRT-taugliche Mayfield-

Eingelangt am 27. April 2012; angenommen am 15. Mai 2012; Pre-Publishing Online am 5. Juli 2012

Aus der Abteilung für ¹Neurochirurgie und ²Radiologie, Landes-Nervenklinik Wagner-Jauregg, Linz

Korrespondenzadresse: Dr. med. Martin Aichholzer, Abteilung für Neurochirurgie, Landes-Nervenklinik Wagner-Jauregg, A-4020 Linz, Wagner-Jauregg-Weg 15; E-Mail: martin.aichholzer@gespag.at

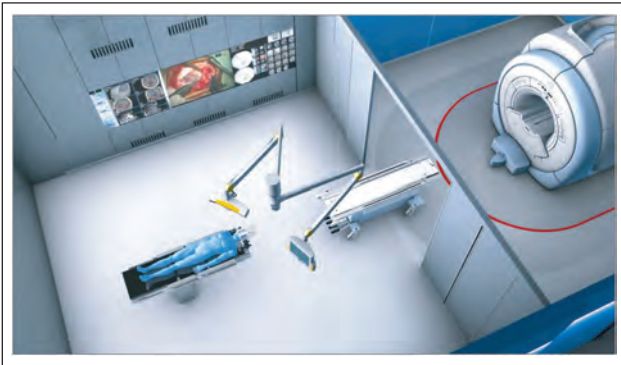


Abbildung 1: Zwei-Raum-Konzept mit unabhängig voneinander nutzbaren Räumen. Die 5-Gauß-Linie als Grenze für unbedenkliche Anwendung ferromagnetischer Gegenstände ohne Gefahr für magnetische Anziehung in den Magneten oder Artefaktentstehung befindet sich außerhalb des Operationssaales. Abdruck mit freundlicher Genehmigung von GE Healthcare.

Halterung sowie eine daran fixierte Lagerungsplatte, auf der der Patient im Falle einer iMRT vom Operationstisch auf den Transfertisch und von dort auf den MRT-Tisch des iMRT geschoben wird. Weiters ist im 2-Raum-Konzept die MRT-Tauglichkeit der gesamten anästhesiologischen Ausrüstung Voraussetzung (intubierter, sederter und kontrolliert beatmeter Patiententransport in den MRT und wieder retour), während die gesamte übrige Ausstattung des Operationssaales und der darin befindlichen Geräte und Instrumente keiner besonderen Spezifizierung bedarf und sich somit nicht von der üblichen Ausstattung normaler neurochirurgischer OPs unterscheidet.

Vor der iMRT muss die MRT-Spule in Höhe der zu untersuchenden Region positioniert werden. Sie besteht aus 2 Teilen: Der erste wird unmittelbar nach der Lagerung des Patienten für die Operation zwischen dem Kopf des Patienten und der Mayfield-Halterung fixiert, der zweite Spulenteil wird nach Abdeckung der Wunde gegenüber dem ersten Spulenteil am Patienten fixiert. Die intraoperative Untersuchung dauert je nach gewünschter MR-Sequenz (T1 ohne und mit Kontrastmittel, Flair, T2) durchschnittlich 20 Min. (15–25 Min.) Nach Rückkehr in den Operationssaal wird die sterile Patientenabdeckung durch den Instrumentar neu durchgeführt bzw. ergänzt und die Operation kann fortgesetzt werden. Insgesamt beträgt die Gesamtdauer der Unterbrechung des operativen Eingriffs zwischen 35 und 45 Minuten.

Zwischen 05/2011 und 04/2012 wurden im iMRT 92 Operationen durchgeführt, wobei 89 Patienten an zerebralen Läsionen und 3 Patienten an intraspinalen Tumoren operiert wurden. Von den zerebralen Läsionen wurden 51 (55 %) Patienten an Gliomen und 23 (25 %) Patienten an sellären Prozessen transspheoidal endoskopisch operiert. Die sellären Prozesse unterteilten sich in 21 Hypophysenadenome und 2 endo-/supraselläre Meningeome.

Bei den restlichen 18 Patienten (20 %) verteilten sich die histologischen Befunde wie in Tabelle 1 angeführt. Die 3 Eingriffe an intraspinalen Tumoren wurden im Bereich der Halswirbelsäule vorgenommen. Histologisch handelte es sich dabei um 1 Ependymom, 1 Hämangioblastom und 1 Neurinom. Die Geschlechtsverteilung der operierten Patienten war annä-

Tabelle 1: Histologie der zerebralen Läsionen

Histologie	n	Bemerkung
Glioblastom	26	
Hypophysenadenom	21	
Astrozytom WHO II + III	17	
Mischgliom WHO II + III	7	
Metastase	5	
Kavernom	5	
Meningeom	5	2 transspheoidal
Plasmozytom	1	
Lymphom mit Einblutung	1	
Kortikale Dysplasie	1	
Summe	89	

Tabelle 2: Multimodale Navigationsdaten (für alle 92 Eingriffe wurden MR-Daten erhoben, zusätzlich zur MR wurden die angeführten multimodalen Navigationsdaten erstellt).

Daten für Navigation	n
Funktionelle Magnetresonanztomographie	18
Traktographie	21
Suszeptibilitätsgewichtete Bildgebung	3
MR-Angiographie	24
Flair	11
T2	7
Positronen-Emissionstomographie	3

hernd gleich (m:f = 47:42), die Altersverteilung umfasste ein Lebensalter von 18–84 Jahren (mean = 52 Jahre).

Bei allen zerebralen Eingriffen wurde eine auf präoperativen MRT-Daten basierende Neuronavigation (Stealth, Medtronic) verwendet, bei 22 Eingriffen wurde zusätzlich ein CT-Datensatz benötigt. Je nach Lage und Bezug der zu operierenden Läsionen wurden bei den Patienten mit zerebralen Läsionen weitere MRT-, fMRT- oder/und nuklearmedizinische Datensätze in die Neuronavigation eingespielt (Tab. 2). Bei allen Eingriffen wurden die multimodalen Navigationsdaten mittels iMRT aktualisiert.

Bei 4 Patienten (4,5 %) wurde aufgrund der Nähe der Pathologie zum Sprachzentrum eine Wachoperation durchgeführt.

Eine intraoperative MRT wurde in 87 Operationen (94,6 %) 1-malig und in 5 Operationen (5,4 %) 2-malig durchgeführt (1,1 iMRT/Patient).

Eine frühe postoperative MRT-Kontrolle innerhalb von 24 Stunden nach Abschluss der Operation wurde bei allen Patienten durchgeführt, um das endgültige Resektionsausmaß festzustellen.

■ Ergebnisse

Ein unbeabsichtigter Tumorrest fand sich in 28 (31 %) von 89 Patienten, die an zerebralen Läsionen operiert wurden. Bei der volumetrischen Auswertung zeigte sich ein Resttumoranteil von 14,1 % (1–38,4 %) vom ursprünglich präoperativ

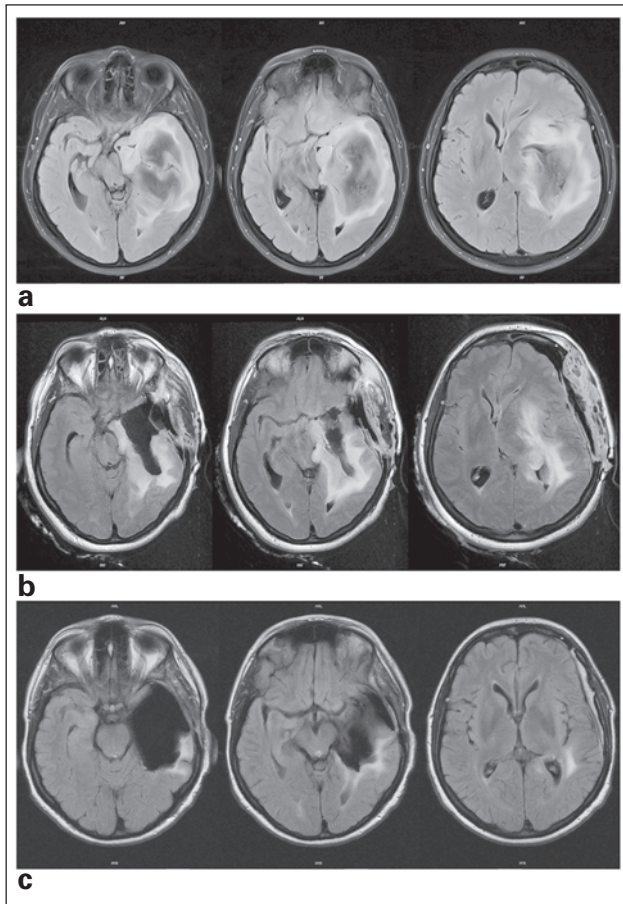


Abbildung 2: 46-jährige Patientin mit Wortfindungsstörungen, Gedächtnisstörungen, psychomotorischer Verlangsamung und Gesichtsfeldausfall; **(a)** präoperativ 02/2012 (axial Flair); **(b)** intraoperativ 02/2012 (axial Flair): Resttumoranteile in den dorsalen Tumorausläufern und temporomesial dem Hirnstamm anliegend; **(c)** postoperativ 06/2012 (axial Flair): Geringe Tumorreste temporodorsal an das Trigonum angrenzend; Histologie: anaplastisches Astrozytom WHO III.

gemessenen Tumolvolumen. In allen Fällen wurde eine weitere Tumorresektion vorgenommen. In den 5 Fällen (5 %), bei denen eine zweite iMRT weitere resektable oder unbeabsichtigte Tumorreste zeigte, fand ebenso eine weitere Tumorresektion statt. In allen operierten Läsionen konnten 95 % des beabsichtigten Resektionsareals entfernt werden (91–100 %). In 8 Patienten (9 %) mit zerebralen Läsionen trat im postoperativen Verlauf eine transiente Hemisymptomatik (oder Verschlechterung einer vorbestehenden Hemisymptomatik) auf, die sich nach spätestens 8 Wochen rückbildete (oder eine Verbesserung zu präoperativ zeigte). Ebenso waren passagere Defizite in Form einer Gedächtnisstörung bei 3 Patienten (3,4 %) und in Form einer gemischten Aphasie bei 4 Patienten (5 %) feststellbar. Bei den 21 transsphenoidal endoskopisch operierten Hypophysenadenomen zeigte die postoperative MRT-Untersuchung in 6 von 21 Patienten (29 %) eine kalkulierte subtotale Adenomentfernung. Eine komplette Adenomentfernung war in 15 von 21 Patienten (71 %) möglich. In 2 transsphenoidal endoskopisch operierten endo-/suprasellären Meningeomen wurde bei einem Patienten eine Tumorbioptie und Entlastung des Chiasmata durchgeführt, beim zweiten Patienten war eine subtotale Resektion möglich.

Bei 3 Eingriffen (3,3 %) konnten keine iMRT-Untersuchungen durchgeführt werden. In 2 Fällen war der Kernspintomograph

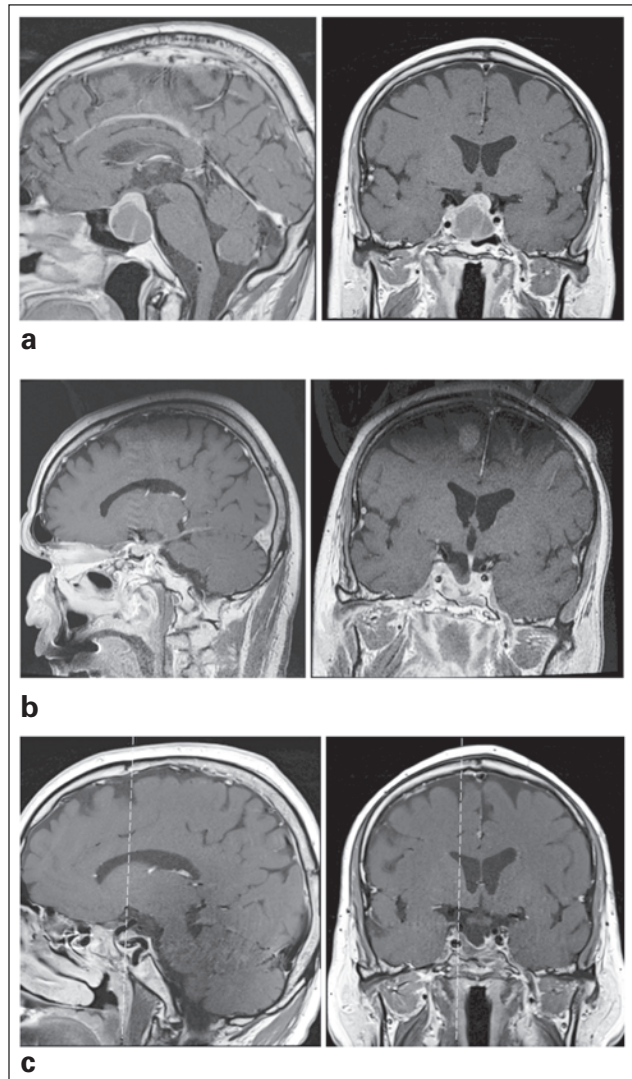


Abbildung 3: **(a)** Hypophysenadenom präoperativ 11/2011 (T1 + Kontrastmittel [KM]); zystisch solides Hypophysenadenom mit parasellärer Tumorausdehnung rechts; **(b)** intraoperativ 11/2011 (T1 + KM): mit kleinem residuellem Tumorausläufer an der medialen Sinus-cavernosus-Wand rechts; **(c)** postoperativ 02/2012 (T1 + KM): Bestätigung der kompletten Tumorresektion in der postoperativen 3-Monats-Kontrolle.

nicht funktionsfähig, in einem Fall kam es beim Patienten intraoperativ zu einem unerwarteten therapieresistenten Vorhofflimmern, weshalb die Operationsdauer auf das Notwendigste beschränkt und das beabsichtigte iMRT abgesagt wurde.

Die 3 spinalen Eingriffe wurden im Bereich der HWS vom kraniozervikalen Übergang bis in Höhe C5 vorgenommen. Es zeigten sich bei guter Bildqualität keine Tumorreste im iMRT. Unterhalb von C6 wurde ein Verlust der Bildauflösung sichtbar.

■ Diskussion

Die multimodale Bildfusion für die prä- und intraoperative Navigation bedarf eines Hochfeldmagneten. Die funktionellen, traktographischen (Diffusion Tensor Imaging [DTI]) und nuklearmedizinischen Untersuchungen werden fusioniert und bieten gemeinsam mit der exakten anatomisch-morphologischen Darstellung des Hirngewebes eines Hochfeld-MRT die Voraussetzung für optimale Operationsergebnisse (Tab. 2) [12].

Das richtige Ausmaß der Resektion ist in der Neurochirurgie eines der wichtigsten Ziele. In der Epilepsiechirurgie [13, 14] ist das entscheidend, um die Anfallsfrequenz zu reduzieren. In der Tumorchirurgie ist das Resektionsausmaß neben dem Lebensalter und weiteren adjuvanten Therapien ein wichtiges Kriterium in der Überlebenszeit der Patienten [3]. Dies gilt für niedriggradige Gliome ebenso wie für hochgradige (Abb. 2) [4, 5]. Aber auch in der Hypophysenchirurgie (Abb. 3) ist es eine wichtige Voraussetzung für die Heilung bzw. das rezidivfreie Intervall [7, 15]. Bei Läsionen in oder angrenzend an eloquente Areale ist die Gewährleistung der neurologischen Funktionen des Patienten neben der maximalen Läsionsresektion entscheidend. Große Vorteile für die Verbesserung beider Parameter bot die Einführung der Navigation in die Neurochirurgie. Mit zunehmender Verbesserung der bildgebenden Verfahren, insbesondere der MR-Diagnostik (fMRT, DTI, suszeptibilitätsgewichtete Bildgebung [SWI]), konnten auch diese präoperativen Daten zugunsten des Patienten für die Zugangspannung und Definition der Resektionsgrenzen genutzt werden. Doch wie bereits bestens bekannt, war der Genauigkeit dieser Daten mit der Dauer der Operation ein Ablaufdatum gesetzt. Die iMRT ist nun die geeignete Methode, um sowohl die anatomischen als auch die funktionellen Daten zu aktualisieren und dem Operationsverlauf anzugleichen [16]. Sie bietet nicht nur die Möglichkeit, das aktuelle Resektionsausmaß zu bestimmen und mögliche unerwartete Tumorreste sichtbar zu machen, sondern auch den „brain shift“ darzustellen [8]. Durch Einspielen der aktualisierten Daten in die Navigation kann zusätzlich zur genaueren Fortführung der Tumorresektion auch die Sicherheit für den Patienten deutlich erhöht werden. Bei 15 Patienten (16 %) war im postoperativen Verlauf eine passagere Verschlechterung der präoperativen Beschwerdesymptomatik feststellbar. Die Wiederherstellung bzw. Verbesserung der Defizite (Hemisymptomatik, Aphasie, Gedächtnisstörung) lässt in Zusammenschau mit der postoperativen MRT den Schluss zu, dass die Läsion in diesen Fällen an der Grenze zum eloquenten Areal durchgeführt wurde (Abb. 4). Es erfolgte somit die größtmögliche Tumorresektion bei Erhaltung der neurologischen Funktion.

Bei 4 Patienten mit Nahebezug zur Sprachregion bzw. verbindenden Fasersystemen wurde eine Wachoperation durchgeführt. Die Planung dieser Eingriffe erfolgte so, dass zuerst die weiter von den wichtigen Funktionsarealen entfernten Tumoranteile (70–80 %) unter Vollnarkose reseziert wurden, dann erst der Patient nach Abdrehen der Sedierung erwachte und die Larynxmaske entfernt werden konnte. Der Rest des Tumors konnte in weiterer Folge während laufender Patiententestung durch den Neurologen/Neuropsychologen entfernt werden. Nach Beendigung der Wachphase folgten die Larynxmaskennarkose und die Durchführung des iMRT. Im Falle eines unbeabsichtigten Tumorrestes wurde bei allen Patienten eine weitere Resektion angeschlossen. Eine weitere Wachphase war in keinem der Fälle nach dem iMRT notwendig.

Mit laufender Praxis im Umgang mit dem iMRT hat sich nach Meinung der Neurochirurgen in der Landesnervenklinik Linz der Zeitpunkt bzw. die Fragestellung für die intraoperative Kernspinuntersuchung geändert. Während man anfangs eher versuchte, vor der iMRT soviel wie möglich an Tumormasse zu resezieren, ist man zwischenzeitlich eher dazu übergegangen,

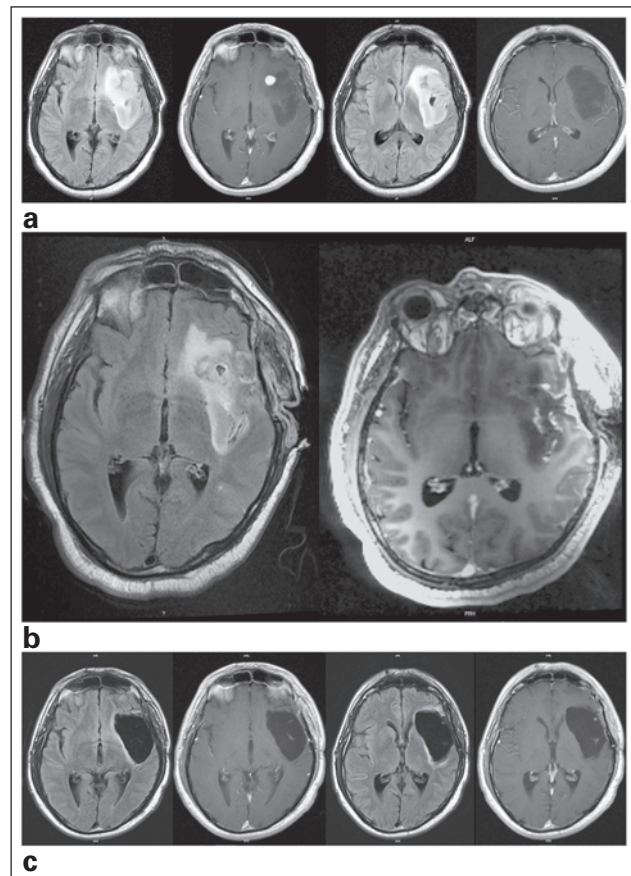


Abbildung 4: 45-jähriger Patient mit epileptischem Anfall 2009, offener Biopsie am Tumor im Inselbereich 2009 (fibrilläres Astrozytom WHO II), Häufung der epileptischen Anfälle und Tumorwachstum in den MRT-Kontrollen; **(a)** präoperativ 09/2011 (2× axial Flair/T1 + Kontrastmittel [KM]) mit neuer KM-Aufnahme links frontal; **(b)** intraoperativ 09/2011 (axial Flair/T1 + KM): KM-affiner Herd ist reseziert, aber noch ausgedehnter Tumorrest in den Randbereichen; **(c)** 3 Monate postoperativ 03/2012 (2× axial Flair/T1 + KM): geringe Resttumoranteile in den temporodorsalen Anteilen (Histologie: anaplastisches Astrozytom WHO III).

gen, in den „heiklen Resektionsarealen“ bewusst Tumor zu belassen, ohne an den Resektionsrand zu stoßen. Dieser bewusste Rest kann durch Aktualisierung der Navigationsdaten anhand der iMRT genau lokalisiert und volumetriert und somit nach der Untersuchung gezielter und sicherer entfernt werden. Eine Studie pädiatrischer Eingriffe zeigte eine deutliche Reduktion früher Reoperationen bezüglich Tumoren und kortikaler Dysplasien [14].

In den ersten iMRT ließ die Verwendung von Surgicel als Blutstillungsagens im Bereich der Tumorhöhle den Verdacht auf Tumorreste aufkommen, die allerdings im intraoperativen Situs und in den postoperativen Befunden nicht gesehen wurden. Nach unseren ersten Erfahrungen sowie Berichten aus der Literatur werden seitdem nach genauester Blutstillung vor der iMRT alle Fremdmaterialien aus dem Operationsgebiet entfernt [17].

Die durchschnittliche Operationsdauer ist nicht nur durch die iMRT von durchschnittlich 40 Min. verlängert, sondern auch durch die Dauer der weiteren Resektion nach der iMRT, die im Durchschnitt nochmals 60 Min. in Anspruch nimmt [14].

Das iMRT wird als wichtiges Instrument zu Verbesserung des Resektionsausmaßes geschätzt unter dem Bewusstsein, näher

an die Grenzen der zu erhaltenden funktionellen Areale zu kommen. Zusätzlich wird die Information aus der iMRT von den Kollegen als positiver Lerneffekt für weitere Operationen gesehen. Das iMRT kann die anatomischen und funktionellen Kenntnisse des Chirurgen nicht ersetzen, es unterstützt ihn bei der Lösung seiner Aufgaben. Resttumoren wurden unserer Erfahrung nach belassen, um funktionelle Areale nicht zu gefährden, und nicht aus Unkenntnis. Die Entscheidung über eine Fortführung der Operation im Falle eines beabsichtigten oder unbeabsichtigten Resttumors bleibt in chirurgischer Hand.

■ Relevanz für die Praxis

Das iMRT, insbesondere das Hochfeld-MRT, erkennt einerseits unbeabsichtigte Tumorreste und erhöht andererseits durch Aktualisierung der Neuronavigation die Genauigkeit der weiteren Operation. Dadurch wird das Ausmaß der Resektion verbessert, woraus laut Literatur eine Verlängerung des rezidivfreien Intervalls bzw. der Überlebenszeit des Patienten resultiert. Gleichmaßen verbessert es durch Aktualisierung der funktionellen MRT-Daten die Sicherheit der Operation und vermindert die Wahrscheinlichkeit postoperativer Defizite. Wir hoffen, diese Ergebnisse bei längerem Nachuntersuchungsintervall und höherer Anzahl unserer Patienten bestätigen zu können. Unserer Erfahrung nach bestehen keinerlei Einschränkungen bezüglich bisher verwendeter Operationsinstrumentarien oder anästhesiologischer Narkoseanwendungen (Wachoperation).

■ Interessenkonflikt

Der korrespondierende Autor verneint einen Interessenkonflikt.

Literatur:

1. Laws ER, Shaffrey ME, Morris A, et al. Surgical management of intracranial gliomas – does radical resection improve outcome? *Acta Neurochir* 2003; 85 (Suppl): S47–S53.
2. Lacroix M, Abi-Said D, Fourney DR, et al. A multivariate analysis of 416 patients with glioblastoma multiforme: prognosis, extent of resection, and survival. *J Neurosurg* 2001; 95: 190–8.
3. Kuhnt D, Becker A, Ganslandt O, et al. Correlation of the extent of tumor volume resection and patient survival in surgery of glioblastoma multiforme with high-field intraoperative MRI guidance. *NeuroOncol* 2011; 13: 1339–48.
4. Berger MS, Deliganis AV, Dobbins J, et al. The effect of extent of resection on recurrence in patients with low grade cerebral hemisphere gliomas. *Cancer* 1994; 74: 1784–91.
5. Quigley MR, Maroon JC. The relationship between survival and the extent of the resection in patients with supratentorial malignant gliomas. *Neurosurgery* 1991; 29: 385–8.
6. Keles GE, Lamborn KR, Berger MS. Low-grade hemispheric gliomas in adults: a critical review of extent of resection as a factor influencing outcome. *J Neurosurg* 2001; 95: 735–45.
7. Kreutzer J, Fahlbusch R. Diagnosis and treatment of pituitary tumors. *Curr Opin Neurol* 2004; 17: 693–703.
8. Nabavi A, Black PM, Gering DT, et al. Serial intraoperative magnetic resonance imaging of brain shift. *Neurosurgery* 2001; 48: 787–98.
9. Nimsy C, Ganslandt O, Kober H, et al. Intraoperative magnetic resonance imaging combined with neuronavigation: a new concept. *Neurosurgery* 2001; 48: 1082–9.
10. Nimsy C, Fujita A, Ganslandt O, et al. Volumetric assessment of glioma removal by intraoperative high-field magnetic resonance imaging. *Neurosurgery* 2004; 55: 358–70.
11. Nimsy C, Ganslandt O, von Keller B, et al. Intraoperative high-field MRI: anatomical and functional imaging. *Acta Neurochir Suppl* 2006; 98: 87–95.
12. Albayrak B, Samdani AF, Black PM. Intraoperative magnetic resonance imaging in neurosurgery. *Acta Neurochir (Wien)* 2004; 146: 543–56.
13. Buchfelder M, Fahlbusch R, Ganslandt O, et al. Use of intraoperative magnetic resonance imaging in tailored temporal lobe surgeries for epilepsy. *Epilepsia* 2002; 43: 864–73.
14. Shah MN, Leonard JR, Inder G, et al. Intraoperative magnetic resonance imaging to reduce the rate of early reoperation for lesion resection in pediatric neurosurgery. *J Neurosurg Pediatr* 2012; 9: 259–64.
15. Fahlbusch R, Keller B, Ganslandt O, et al. Transsphenoidal surgery in acromegaly investigated by intraoperative high-field magnetic resonance imaging. *Eur J Endocrinol* 2005; 153: 239–48.
16. Nimsy C, Ganslandt O, von Keller B, et al. Intraoperative high-field MRI: anatomical and functional imaging. *Acta Neurochir Suppl (Wien)* 2006; 98: 87–95.
17. Spiller M, Tenner MS, Couldwell WT. Effect of absorbable topical hemostatic agents on the relaxation time of blood: an in vitro study with implications for postoperative magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 2001; 95: 687–93.

Dr. Martin Aichholzer

Geboren 1965. 1985–1992 Medizinstudium in Wien, 1993–2000 Facharztausbildung an der Universitätsklinik für Neurochirurgie, Wien; seit 2000 Facharzt, seit 2003 Oberarzt an der Neurochirurgischen Abteilung der Landesnervenklinik Linz, 2008 Fellowship an der Yeditepe Universität Istanbul mit Schwerpunkt Neuroonkologie und Schädelbasischirurgie (WFNS Skull Base Center).

Schwerpunkte der klinischen Tätigkeit: operative Neuroonkologie, Schädelbasischirurgie, intraoperative Bildgebung und Neuronavigation.



Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)