

Multimodale Neuronavigation in der resektiven Epilepsiechirurgie

Mehran Mahvash¹, Roy König², Lucas Scheef², Horst Urbach²,
Joachim von Oertzen³, Bernhard Meyer¹ und Carlo Schaller¹

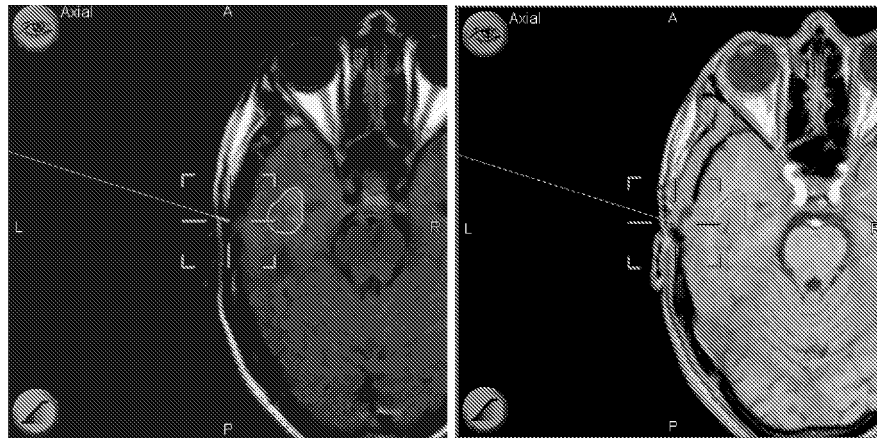
¹Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie, ²Radiologische Universitätsklinik,
³Klinik und Poliklinik für Epileptologie, Universität Bonn,
Sigmund-Freud-Str.25, 53105 Bonn
Email: mehran.mahvash@ukb.uni-bonn.de

Zusammenfassung. Viele epileptogene Läsionen sind in der Nachbarschaft eloquenter Hirnareale und während des operativen Eingriffs an der Gehirnoberfläche schwer erkennbar. Weiterhin sind viele Läsionen (z.B. Hamartome) nur in bestimmten MRT-Sequenzen (z.B. FLAIR) sichtbar. In der resektiven Epilepsiechirurgie ist die genaue Abgrenzung der epileptogenen Läsion/Zone und eloquenter Hirnareale essentiell um eine Anfallsfreiheit zu erreichen und postoperative Defizite zu vermeiden. Um eine präzise Resektion zu erreichen, sollen deshalb im Rahmen dieser Studie, multimodale Bildinformationen in einem Neuronavigationssystem (BrainLab VV²) integriert werden. N=45 Patienten mit pharmakoresistenter Epilepsie wurden in die Studie eingeschlossen. Ein Tag vor dem resektiven Eingriff wurde ein 3D-Navigationsdatensatz mit T1-, T2- und FLAIR-gewichteten Sequenzen angefertigt. Die die Läsion darstellenden MRT-Sequenzen (FLAIR/T2) wurden mit dem T1-gewichteten Navigationsdatensatz co-registriert. N=9 Patienten erhielten präoperativ zusätzlich ein fMRT der Handmotorik. Die co-registrierten Bilddaten wurden während des resektiven Eingriffs eingesetzt.

1 Einleitung

In der resektiven Epilepsiechirurgie ist die genaue Abgrenzung epileptogener Läsionen und sich häufig in der Nachbarschaft befindlicher eloquenter Hirnareale essentiell. Dabei sind viele epileptogene Läsionen (z.B. Hamartome) nur in bestimmten MRT-Sequenzen (z.B. FLAIR) sichtbar bzw. gut abgrenzbar (Abb.1). Hinzu kommt, dass bestimmte Läsionstypen und natürlich auch epileptogene Foci nur schwer, bzw. gar nicht an der Gehirnoberfläche erkennbar sind. Hierbei kann die intraoperative Navigation hilfreich sein. Um eine präzise Resektion zu erreichen, sollte deshalb versucht werden, multimodale Bildinformationen in einem Navigationssystem zu integrieren. Dabei ist es entscheidend, während der navigations-unterstützten Operation sowohl eine gute anatomische und räumliche Auflösung zu erreichen, als auch die epileptogene Läsion präzise zu lokalisieren. Vor allem mit T1-gewichteten MRT-Sequenzen ist eine gute anatomische Auflösung gewährleistet. Mit Hilfe co-registrierter funktioneller Daten

Abb. 1. Gangliogliom in FLAIR- (links) und T1-gewichtetem (rechts) MRT



(fMRT) können eloquente Hirnareale (Motorik, Sprache usw.) von der zu resezierenden Läsion abgegrenzt werden.

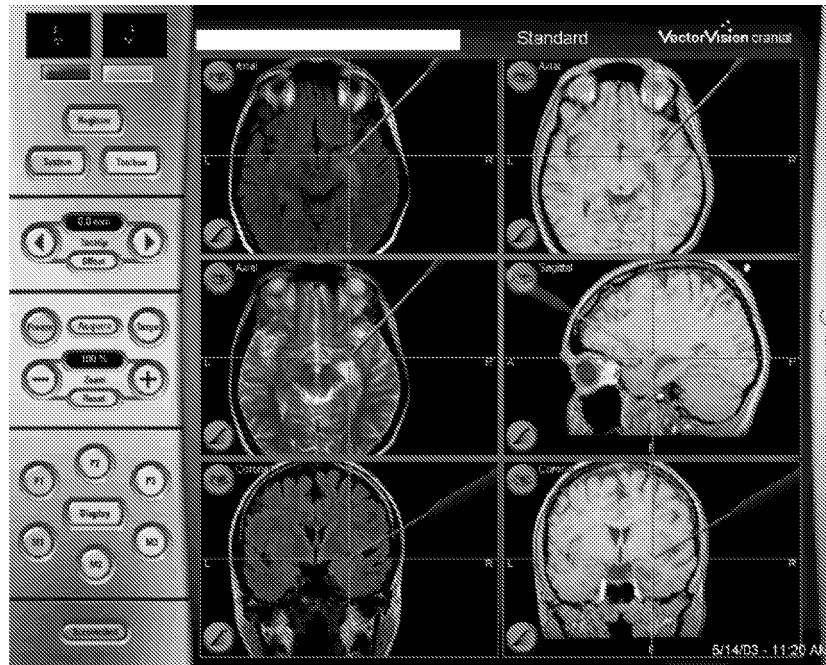
Um diese Ziele zu erreichen, soll im Rahmen dieser Studie versucht werden, eine Co-Registrierung der die Läsion darstellenden MRT-Sequenzen (FLAIR) mit dem T1-gewichteten Navigationsdatensatz vorzunehmen.

2 Patienten und Methoden

In die aktuelle Studie wurden N=45 Patienten (23 m, 22 w) mit pharmakoresistenter Epilepsie im Alter von 3-68 (Mittel:35) Jahren eingeschlossen. Bei allen Patienten wurden im Rahmen der prächirurgischen epileptologischen Abklärung epileptogene Läsionen im MRT nachgewiesen. Ein Tag vor dem resektiven Eingriff wurde ein 3D-Navigationsdatensatz einschließlich T1- (TR 20; TE 3,6; 150 Schichten; pixel size (mm) 1.00 x 1.00; Matrix 256 x 256; Schichtdicke 1 mm), T2- und FLAIR-gewichtete Sequenzen (FLAIR/T2: 30-40 Schichten, Schichtdicke 3mm) angefertigt. N=9 Patienten erhielten präoperativ zusätzlich ein funktionelles MRT (fMRT) der Handmotorik.

Die jeweils getrennt akquirierten Bilddaten (T1, T2 und FLAIR) wurden im DICOM-Format auf die Planungsstation (BrainLab) transferiert. Die Software der Planungsstation (VectorVision) wurde genutzt, um die verschiedenen Bildsequenzen miteinander zu fusionieren. Anhand der fusionierten Sequenzen wurden die Läsionen dargestellt und markiert. Die resultierenden Bilddaten wurden auf eine ZIP-Diskette gespeichert und auf die im Operationssaal befindliche Navigatorstation eingespielt. Während der Operation wurden die co-registrierten FLAIR bzw. T2 und T1-Daten gleichzeitig auf dem Display dargestellt (siehe Abb. 2).

Abb. 2. Intraoperativer Einsatz von co-registrierten T1-, T2- und FLAIR-Sequenzen. Die Spitze des Pointers (grün) zeigt auf die Läsion (Gangliogliom)

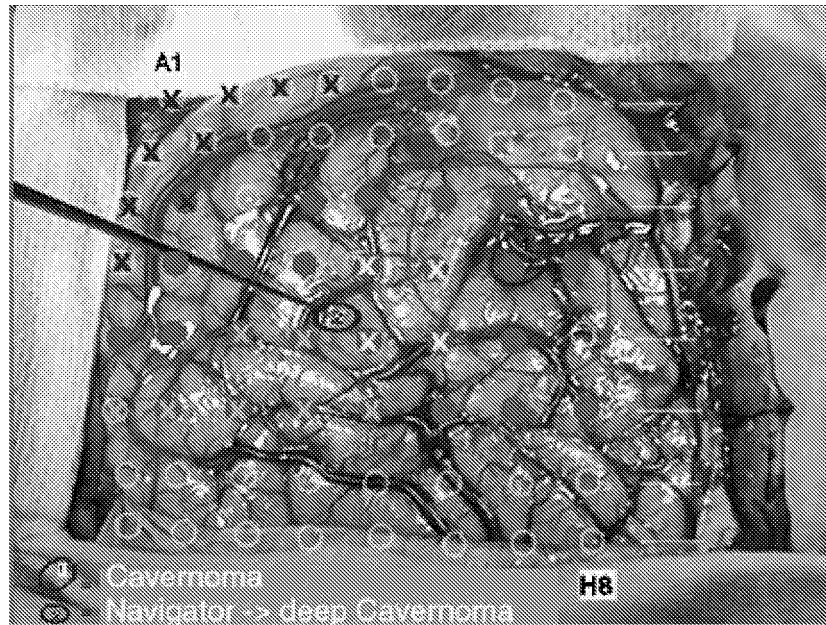


3 Ergebnisse

Bei allen N=45 Patienten war die Co-Registrierung möglich. Es gelang, die epileptogenen Läsionen, (n=11 Hamartome; n=12 Astrozytome; n=8 Korticale Dysplasie; n=8 Gangliogliome; n=6 Cavernome) zu visualisieren und zur „FLAIR-Navigation“ einzusetzen. Dabei dauerte die Bildverarbeitung und Fusion abhängig von den Datenmengen 2-6 Minuten. Die intraoperative Genauigkeit der Navigation lag bei ≤ 3 mm Abweichung. Intraoperativer Einsatz von co-registrierten T1-, T2- und FLAIR-Sequenzen. Die Spitze des Pointers (grün) zeigt auf die Läsion (Gangliogliom)

In allen Fällen gelang eine präzise Abgrenzung der epileptogenen Läsion und Darstellung der regionalen Anatomie über die auf dem Navigator-Bildschirm sichtbaren Bilder. Die Epilepsiechirurgen berichten über eine verbesserte Orientierung während der Operation. Die Tatsache, dass die Läsion, die regionale Anatomie, und – im Falle der fMRT-Datensätze – eloquente Areale gleichzeitig während der Operation abrufbar waren, verbesserte die operative Sicherheit und visuelle Orientierung.

Abb. 3. Digitale Resektionskarte: die Spitze des Pointers des Navigationssystems zeigt auf die Läsion (Kavernom)



4 Diskussion

Multimodale Neuronavigation mit Hilfe der Bildfusion ist hilfreich zur Resektion von Läsionen, die nicht in den üblichen MRT-Sequenzen (T1) sichtbar sind. Einerseits gelingt mit der FLAIR-Sequenz häufig die Identifizierung epileptogener Läsionen wie beispielsweise Hamartien, andererseits können FLAIR-Bilder nicht die anatomischen Verhältnisse in der selben Auflösung wie T1-gewichtete MRT-Sequenzen wiedergeben. Eine Kombination dieser Sequenzen und eine genaue Co-Registrierung – wie in unserer Untersuchung – ermöglicht es, während der Neuronavigation beide Informationsquellen gleichzeitig abzurufen. Dies ermöglicht eine präzise und maßgeschneiderte Resektion („tailored resection“) in der Epilepsiechirurgie. Der Einsatz von fMRT ist sinnvoll, jedoch erscheint diese Untersuchung im klinischen Alltag zu aufwendig – sofern man nicht zwingend darauf angewiesen ist: Der präoperative Zeitaufwand und die zwingende Notwendigkeit zu guter Kooperation des Patienten limitieren die Einsetzbarkeit dieser Methode [1].

Der Einsatz intraoperativen Ultraschalls in Kombination mit der Neuronavigation findet zunehmend Anwendung. Man kann damit reproduzierbar auch subtile Läsionen darstellen und ermöglicht dabei die Aktualisierung der Bildinformationen während der Operation. Jedoch ist in der Epilepsiechirurgie häufig nicht nur die Läsion selbst, sondern auch die kortikale Umgebung relevant, die häufig als epileptogene „Zone“ zusätzlich reseziert werden muss. Präresektive

invasive elektrophysiologische Diagnostik, die über subdurale Gitterelektroden durchgeführt wird, ermöglicht die Definition dieses epileptogenen Areal, das sich bildgebend üblicherweise überhaupt nicht von seiner „gesunden“ Umgebung unterscheidet. Hier würde auch der intraoperative Ultraschall die operative Sicherheit nicht erhöhen. Die Gitterelektroden können hingegen bei der Implantation zusammen mit dem Kortexrelief digital abfotografiert werden. Bei der eigentlichen Resektion stehen einem dann sowohl die Co-registrierten Navigationsdatensätze, wie auch eine digitale Resektionskarte des Kortexreliefs zur Verfügung, was die Planung und Durchführung dieser Eingriffe wesentlich erleichtert (Abb. 3) [2].

Literaturverzeichnis

1. Atlas SW, Howard RS II, Maldjian J, Alsop D, Detre JA, Listerud J, D'Esposito M, Judy KD, Zager E, Stecker M: Functional magnetic resonance imaging of regional brain activity in patients with intracerebral gliomas: Findings and implications for clinical management. *Neurosurgery* 38: 329–338, 1996.
2. Wellmer J, von Oertzen J, Schaller C, Urbach H, König R, Widman G, Van Roost D, Elger CE: Digital Photography and 3D MRI-based Multimodal Imaging for Individualized Planning of Resective Neocortical Epilepsy Surgery. *Epilepsia* 43(12): 1543–1550, 2002.