

Neurochirurgie: Neuronavigation – ein Muss für die Neurochirurgie?

Oder Flug ins Ungewisse ...

Hans Landolt

Zunehmend und eindringlich wird dem Neurochirurgen seit einigen Jahren die Technik der intraoperativen Neuronavigation angeboten, welcher unter den Druck der Fortschrittlichkeit und auch der Zuweiser kommt und die Neuronavigation anwenden muss ... Muss? Zum Vorteil der Patienten?

Eine neurochirurgische Operation im Schädelinneren teilt sich in verschiedene Phasen auf:

- Der operative Zugang: Über eine Kraniotomie wird der anatomische Weg zum therapeutischen Ziel so gewählt, dass dabei möglichst keine, oder nur transiente funktionelle Hirnstörungen auftreten.
- Der therapeutische Teil: Das Ziel, z.B. die Entfernung eines Tumors im Gehirn, an der Schädelbasis, soll möglichst eine Heilung oder mindestens eine Grössenkontrolle des Tumors bewirken, immer unter möglicher Wahrung der Hirn- und Nervenfunktionen.
- Der Rückzug: Der operative Situs wird so verlassen, dass möglichst keine Komplikationen, z.B. Nachblutung, Hirnödeme, Infekt usw. auftreten.

Um diese Ziele zu erreichen, waren vor den 90er Jahren vor allem das Wissen, die Erfahrung und das manuelle Geschick des Neurochirurgen entscheidend, welche erst nach längerer Weiter- und Fortbildungszeit erlangt werden konnten. Zur intraoperativen Orientierung standen seit jeher nur beschränkte Einrichtungen wie

- intraoperative Stereotaxie (Ein-Punkt-Bestimmung vor der Operation),
- intraoperative Funktionstests wie Nerven- und Hirnrindenstimulation,
- die intraoperative Neuro-Ultraschallbildgebung zur Verfügung.

Das Ultraschallbild wurde zum goldenen Standard für die Real-time-on-line-Navigation, verlangte aber ein hohes Mass an Übung und räumlicher Vorstellung und konnte die vorhandenen MRI-Bilder nicht integrieren.

Schneller und weiter fortgeschritten war aber in der Zwischenzeit die Bildgebung des Gehirns, das Neuroimaging: Die verschiedenen

computertomographischen Modalitäten, 3D-Verfahren, die Magnetresonanzbildgebung (MRI) mit allen ihren unendlichen Variationen haben dem Neurochirurgen normalanatomische, pathoanatomische und auch funktionelle sowie dynamische Informationen geliefert. Das Wesen aller dieser Informationen war aber, dass sie schliesslich als ausgedruckte Bilder im Operationssaal am Negatoskop hingen und der Neurochirurg, allein auf seine Augen, Kompetenz und Hände vertrauend, die Information auf den intrakraniellen Operations-Situs übertragen musste. Dies entsprach z.B. einem Nachtflug anhand von Landkarten höchster Qualität, mit dem Blick aus dem Flugzeugfenster als einziger Orientierungshilfe.

Neuronavigation: Fortschritt durch Technik ...

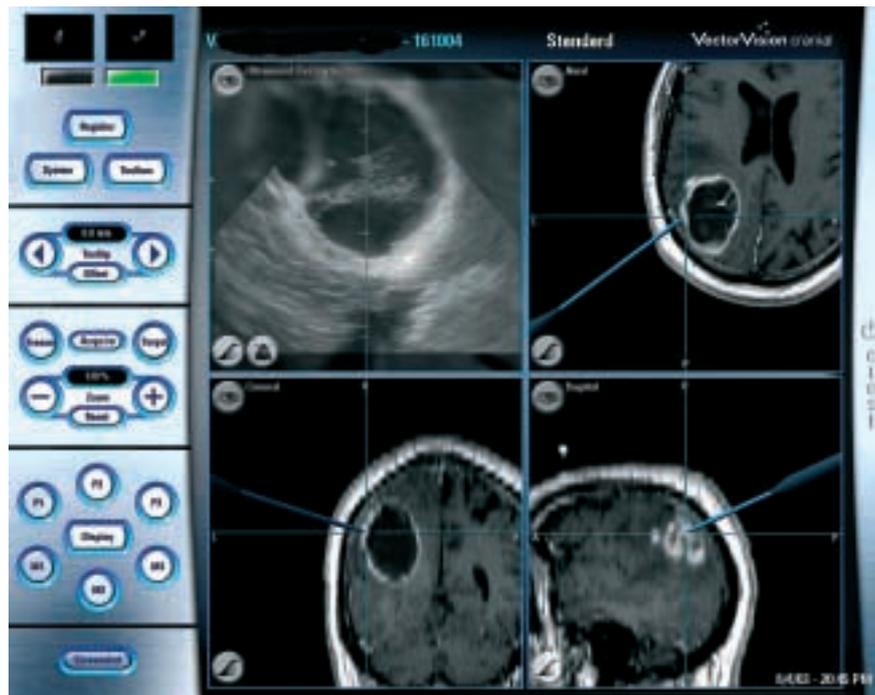
Die Hard- und Software-Entwicklung der letzten 10 Jahre hat es ermöglicht, intraoperativ anwendbare, bildgestützte Ortungssysteme, Neuronavigationseinrichtungen, anzubieten. In diese Geräte werden einerseits alle wünschbaren Bilder geladen und als 3D-Volumen auf einem Bildschirm dargestellt. Andererseits werden Instrumente, Ultraschallkopf, Mikroskop usw. anhand von aufgesteckten Reflektoren von Infrarotlaserkameras trigonometrisch verfolgt und auf dem Bildschirm die jeweilige Position (z.B. der Instrumentenspitzen, der optischen Mikroskopachse, der Lage der Ultraschallbilder) im 3D-Bild mit bis zu 0,5 mm hoher Genauigkeit kontinuierlich dargestellt (Abb. 1). Damit kann der Neurochirurg beim operativen Zugang z.B. einen Tumor im Hirngewebe anpeilen und dabei z.B. aktive Funktionszonen im funktionellen MRI umgehen. Weiter kann während der therapeutischen Operationsphase ein im Ultraschallbild erkannter Tumorrest auf dem Bildschirm mit dem MR-Bild fusioniert und dann unter dem Mikroskop leichter erkannt werden (Abb. 2). Solche Systeme werden in verschiedenster Form angeboten und weiterentwickelt. Ein spezielles System erlaubt zusätzlich, intraoperativ

Abbildung 1.

Neurochirurgischer Operationsaal mit Neuronavigation. Der Operateur richtet das Mikroskop auf den Tumor. Rechts oben Infrarotkamera, welche die hellen Kugelreflektoren des Mikroskops ortet. Rechts unten Bildschirm mit Darstellung der CT-Bilder und Mikroskopachse (Foto H. Landolt).

**Abbildung 2.**

Intraoperative Bildschirmdarstellung der Neuronavigations-einrichtung: Intrazerebrale zystische Metastase links okzipital. Rechts und unten: MRI-Bilder mit der Bildachse der Ultraschallsonde (US), welche das Bild oben links an den Computer sendet. MRI-Bild und US-Bild werden fusioniert und übereinander projiziert. Die Veränderung der Zyste im US-Bild kann später mit dem MRI-Bild verglichen werden (Foto H. Landolt).



MRI-Bilder aufzunehmen und damit den Bildsatz zu aktualisieren, ähnlich wie mit dem integrierten Neuro-Ultraschallbild.

Ist die Neuronavigation damit ein Muss geworden?

Vorteile: Präziser, schneller, risikoärmer ...
Mittels moderner Neuronavigation ist der Neurochirurg jetzt befähigt, die präoperativ vor-

genommene Bildgebung virtuell (Bildschirm) und reell (Ortung der Instrumentenspitze intrakraniell) «real-time» und on-line während des Eingriffes auf den operativen Situs zu übertragen. Damit können Bilddaten objektiv genutzt werden, Risiken reduziert, das Ziel schneller erreicht und die einzelnen Schritte der Operation überwacht werden. Diese Fortschritte können aber nur bei vernünftigen und intelligentem Gebrauch die Operationserfolge verbessern, d.h. z.B. vollständigerer Tumorentfernung

bei weniger Morbidität. Durch entschiedeneres Operieren kann sich die Operationszeit deutlich verringern. Dadurch könnten sich die Kosten einer Operation verringern. Diese Effekte sind allerdings bis anhin noch nicht evident.

Nachteile: trügerische Sicherheit ...

Auch ein erfahrener Neurochirurg wurde jetzt plötzlich einem Konzept und System exponiert, von welchem er seit Generationen geträumt hat, für welches er aber noch nicht ausgebildet wurde. Auch wenn ihm auf breiter Basis Weiter- und Fortbildung von den Firmen angeboten werden, muss er nicht nur sein technisches Verständnis, sondern auch seine Denkweise grundlegend anpassen. Der Neurochirurg muss jetzt erst recht auf Sensitivität und Spezifität von Bildgebung und von technischen Einrichtungen achten.

Unterschätzt z.B. das funktionelle MRI eine aktive Zone (Sensitivität) und ist falsch negativ, so kann trotz Neuronavigation ein neurologischer Ausfall auftreten. Die funktionellen MRI-Untersuchungen beinhalten auch heute noch nur einen sehr kleinen Teil der komplexen Funktionsverteilung und der Verbindungen zwischen den Funktionszentren. Hier kann die Neuronavigation eine falsche Sicherheit vortäuschen.

Ebenso überschneiden sich häufig diffuse Tumorgrenzen und Funktionszonen und können weder im Imaging, geschweige denn trotz Neuronavigation intraoperativ bestimmt werden (Spezifität). Wird der Neurochirurg hier durch die neue Technik ermutigt, anhand der Tumorgrenzen des MRI-Bildes zu navigieren, kann er neurologische Ausfälle verursachen. Ohne Navigation wäre er vielleicht vorsichtiger gewesen! Hier ist immer noch eine grosse Entwicklung im intraoperativen Funktionsmonitoring nötig.

Der Neurochirurg muss auch das Konzept des virtuellen und reellen Bezuges von Bild und Orientierung verstehen und kritisch betrachten: Stimmt die Eichung und Registrierung noch? Bin ich wirklich dort, wo ich zu sein meine? Irrt sich Maschine oder Neurochirurg ... Lasse ich mich durch die Technologie zu höheren Risiken verführen?

Fazit

Neuronavigation ist ein Hilfsmittel. Nicht die Maschine muss den Neurochirurgen, sondern er muss sie beherrschen. Ein Muss ist vor allem Vernunft und Kompetenz ...