Neuronavigation: Einsatz des EasyGuide Neuro in Kombination mit Elektrophysiologie, Neuropsychologie und SulcusEditor

U. Spetzger[1], G.A. Krombach[1], M. Reinges[1], A. van Oosterhout[1], L. Mayfrank[1], J.M. Gilsbach[1], B.O. Hütter[1], H. Buchner[2], K. Niemann[3], V. Coenen[3], A. Bücker[4], G. Adam[4], J. Reul[5]

[1]Neurochirurgische Klinik, [2]Neurologische Klinik, [3]Institut für Anatomie, [4]Klinik für Radiologische Diagnostik, [5]Abteilung für Neuroradiologie, RWTH-Aachen, Pauwelstr. 30, 52057 Aachen

Das Neuonavigationssystem EasyGuide Neuro erleichtert das Auffinden intracerebraler Läsionen im Operationssitus. Genaue Lokalisation des Prozesses und verbesserte Orientierung in der individuellen Anatomie verringern das Operationsrisiko.

Durch prä- und intraoperative Elektrophysiologie wird es möglich, die Repräsentationsorte cerebraler Funktionen zu lokalisieren und eloquente Regionen bei der Operation zu schonen.

Das Zusammenspiel von Neuronavigation mit funktioneller Elektrophysiologie und individueller 3-D-Anatomie sowie neuropsychologischer Auswertung ermöglicht eine minimal traumatisierende Operation und ist eine weitere Verbesserung in der funktionserhaltenden Mikroneurochirurgie.

Keywords: Digitale Bildverarbeitung, Neuronavigation, Elektrophysiologie, minimal invasive Neurochirurgie

1 Einleitung

Seit der Einführung von CT (Computertomographie) und MRT (Magnetresonanztomographie) in die Routinediagnostik gelingt es, intracerebrale Läsionen früh zu erkennen und genau zu lokalisieren. Der Transfer der Lokalisation in den Operationssitus ist hingegen durch den Mangel an sicheren anatomischen Orientierungspunkten schwierig. Die Einführung der Computer-Assited-Surgery (CAS) erlaubte erstmals eine interaktive Orientierung anhand des CT- oder MRT-Datensatzes intraoperativ am Patienten.

Im Rahmen dieser Arbeitsgruppe sollen nun die einzelnen Teilgebiete Neuronavigation, Elektrophysiologie, 3-D-anatomisches Brainmapping sowie Neuropsychologie miteinander gekoppelt werden, so daß die neurochirurgischen Operationen genauer geplant und risikoärmer durchgeführt werden können.

2 Methode

2.1 EasyGuide Neuro

Das EasyGuide Neuro stellt eine Modifikation des an der RWTH Aachen entwickelten Neuronavigators, einem CAS-System, dar [1,2,3].

Nachdem kontrastmittelhaltige Markierungen als Referenzpunkte auf dem Kopf des Patienten fixiert wurden, wird eine CT- oder MRT-Untersuchung durchgeführt. Das EasyGuide Neuro berechnet ein Volumenmodell aus diesem Datensatz. Am Operationstisch ist ein Meßsystem aus zwei Infrarotkameras und einem Zeigeinstrument mit Leuchtdioden installiert, mittels dessen die Markierungen als Koordinaten in das System eingelesen werden können. Nach dem Registrationsprozeß superpositioniert das System die Lage des Zeigeinstrumentes und das Volumenmodell. Die Darstellung des Zeigeinstrumentes in Relation zum Operationsfeld ermöglicht nun die genaue Orientierung: tiefliegende intracerebrale Prozesse können somit auf die Oberfläche projiziert werden, so daß der optimale Zugang am Kopf des Patienten geplant werden kann. Intraoperativ ist es möglich, die Position des Instrumentes mit der Bildgebung zu korrelieren, um sich so immer wieder erneut zu orientieren.

2.2 Elektrophysiologie

Eine spezielle Herausforderung stellen hirneigene Tumoren in eloquenten Arealen, wie zum Beispiel in der Zentralregion, dar; hierfür ist ein funktionelles Monitoring zu fordern. Bei infiltrativ wachsenden Tumoren würde dies eine verbesserte Schonung funktionell wichtiger Hirnareale erlauben und könnte das Maß der Tumorresektion vergrößern, ohne das operative Risiko zu erhöhen. Durch Mikroinvasion in angrenzendes Parenchym ist makroskopisch intakt erscheinendes Nervengewebe oft bereits tumordurchsetzt. Durch die Bildgebung alleine ist jedoch nicht sicher zu klären, ob dieses Gewebe noch funktionell aktiv ist. Daher benötigen wir die Integration elektrophysiologischer Verfahren in die Navigation. Dies ist ein wichtiges Kriterium, besonders in der zytoreduktiven Gliomchirurgie.

Mittels der intraoperativen cortikalen Ableitung somatosensorisch evozierter Potentiale (SSEP) kann durch Ausnutzung der Phasenumkehr der Sulcus centralis identifiziert werden [2]. Durch direkte cortikale elektrische Stimulation können motorische Areale lokalisiert werden. Die Entscheidung über die Grenzen der Resektion wird durch diese Kenntnis erleichtert.

Gelingt die Identifikation des Sulcus centralis anhand des MRT nicht, weil die Anatomie durch das Tumorwachstum verändert ist, ist bereits präoperativ eine Funktionsdiagnostik gefordert, um den für die Erhaltung wichtiger Funktionen optimalen Zugangsweg planen zu können. Die Dipolquellenanalyse somatosensorisch evozierter Potentiale kann diesen Anspruch erfüllen: Über vierundsechzig Oberflächenelektroden werden SSEP abgeleitet. Mit dem Brain Electric Source Analysis Program werden die Daten weiterverarbeitet. Die Quelle der maximalen elektrischen Aktivität kann anhand eines individuellen MRT 3-D-Gehirnmodelles lokalisiert werden [3].

2.3 SulcusEditor und Neuropsychologie

Mittels des SulcusEditors, einem Bildverarbeitungsprogramm können anatomische Strukturen im Datensatz der MRT Bilder interaktiv markiert werden. Die folgende 3-D-Rekonstruktion erlaubt die Analyse der Lage der Läsion in Bezug auf die Topographie der Sulci. Damit bietet der SulcusEditor eine Hilfe für die Planung der Operation, mit dem Ziel, schon im Vorfeld den besten Zugangsweg auszuwählen, um eloquente Regionen zu schonen [5].

Die neuropsychologische Untersuchung kann Defizite aufdecken, die der neurologischen Untersuchung nicht zugänglich sind, wie beispielsweise die Merkfähigkeit für unterschiedliche Modalitäten, Reaktionszeit und die verschiedenen kognitiven Fähigkeiten. Die Korrelation der Untersuchungsergebnisse mit der Lage der Läsion mittels des SulcusEditors erlaubt die Zuordnung der Defizite zu anatomischen Strukturen. Die Untersuchung gibt postoperativ Aufschluß über operationsbedingte Ausfälle und die Lebensqualität des Patienten.

3 Ergebnisse

3.1 EasyGuide Neuro

Mittlerweile besitzen wir Erfahrung bei fünfzig operierten, neurochirurgischen Patienten. Bereits präoperativ kann der Zugang anhand der „Durchwanderung“ der individuellen Anatomie des Patienten mittels des EasyGuide Neuro im Detail simuliert werden. Dies erlaubt eine exakte Operationsplanung und die dreidimensionale Darstellung der individuellen Gehirnanatomie und des krankhaften Prozesses beim Patienten. Zu Beginn der Operation kann die Trepanation exakt bestimmt werden. Die intracerebrale Navigation bietet intraoperativ die Möglichkeit, auch kleinste Prozesse zielsicher und auf optimalem Wege zu erreichen. Die operative Genauigkeit des Systems liegt bei ± 3 mm.

3.2 Elektrophysiologie

Die intraoperative Phasenumkehr der SSEP ist bislang bei drei Patienten angewandt worden und konnte zur Lokalisation des Sulcus centralis beitragen.

3.3 SulcusEditor und Neuropsychologie

Der SulkusEditor wurde bisher bei 14 neurochirurgischen Patienten eingesetzt. Bei sechs Patienten mit Hirntumoren in eloquenten Arealen konnte des Programm zur Planung des Eingriffes eingesetzt werden. Dabei wurde bei allen Patienten der präoperative Funktionszustand erhalten. Der SulcusEditor erwies sich als hilfreich für die dreidimensionale Vorstellung der topographischen Verhältnisse bei der Planung der Operation.

4 Diskussion und geplante Weiterentwicklung

Durch den Einsatz des EasyGuide Neuro wird die intraoperative Orientierung verbessert und dadurch das Operationstrauma reduziert. Damit kann die Rate der postoperativen Komplikationen gesenkt werden. Die Integration funktioneller elektrophysiologischer Untersuchungen ermöglicht die Erkennung eloquenter Areale. Diese Kenntnis ermöglicht meistenfalls eine Schonung dieser Stellen. Die Orientierung in der individuellen 3-D-Anatomie des Patienten mittels des SulcusEditors hilft bei der präoperativen Planung.

Optimalerweise sollten die elektrophysiologischen Projektionsorte und die Ergebnisse des SulcusEditors auch in dem Datensatz des EasyGuide Neuro angezeigt werden, um sie in die intraoperative Navigation einbeziehen zu können. Die Kompatibilität der Rechnersysteme ist derzeit jedoch noch ungelöst und stellt einen wichtigen Ansatzpunkt für die weitere Entwicklung dar. Wünschenswert für dieses Konzept wäre zusätzlich die Integration der funktionellen MR-Tomographie.

Desweiteren sollte eine detaillierte neuropsychologische Untersuchung prä- und postoperativ erfolgen, so daß kognitive Leistungen und eventuelle Defizite erfaßt und in bezug auf die postoperative Lebensqualität gewertet werden können.

5 Schlußfolgerung

Die Kombination dieser elektrophysiologischen, neuropsychologischen und bildgebenden Verfahren mit der intraoperativen Navigation ermöglichen ein „schonendes Operieren", insbesondere in funktionell wichtigen Hirnarealen. Durch das interdisziplinäre Vorgehen wird die globale Zielsetzung, die operative Morbidität weiter zu reduzieren, realisiert.

Literatur

[1] Adams L, Knepper A, Meyer-Ebrecht D, Rüger R, van der Brug W: An optical navigator for brain surgery. IEEE Computer, 29(1): 48–54, 1996.

[2] Spetzger U, Laborde G, Gilsbach JM: Frameless neuronavigation in modern neurosurgery. Minim Invas Neurosurg 38: 326-330, 1995

[3] Laborde G, Gilsbach JM, Harders A, Klimek L, Moesges R, Krybus W: Computer assisted localizer for planning of surgery and intra-operative orientation. Acta Neuchir (Wien) 119:166-170, 1992

[4] Woolsey CN, Erickson TC, Gilson WE: Localisation in somatic sensory and motor areas of human cerebral cortex as determined by direct recording of evoked potentials and electrical stimulation. J Neurosurg 51: 476-506, 1979

[5] Buchner H, Adams L, Knepper A, Rüger R, Laborde G, Gilsbach JM, Ludwig I, Reul J, Scherg M: Preoperative localization of the central sulcus by dipole source analysis of early somatosensory evoked potentials and three-dimensional magnetic resonance imaging. J Neurosurg 80: 849-856, 1994

[6] Niemann K, Niewenhofen Iv, Hütter BO, Thron A, Gilsbach JM, Keyserlingk DGv: The SulcusEditor: An interaktive tool for atlas generation and surgical planning. Human Brain Mapping, 4(Suppl):66, 1995