

COMPUTERASSISTIERTE NAVIGATION IN DER NEUROCHIRURGIE

PD Dr. med. Thomas Mindermann, Facharzt FMH für Neurochirurgie, Klinik Im Park

- > Neuronavigation als Instrument im Operationssaal
- > Sicheres Aufsuchen tief gelegener Läsionen im Hirn
- > Gezieltes, minimalinvasives Operieren
- > Schonung von wichtigen Hirnarealen

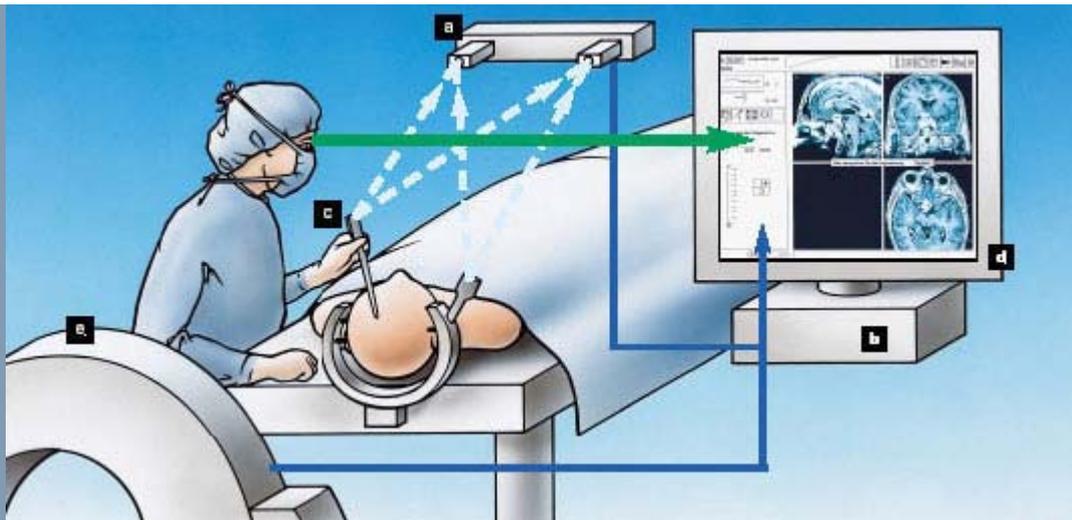
Die computerassistierte Neuronavigation ist eine elektronische Orientierungshilfe beim Operieren und damit in erster Linie ein Sicherheitsinstrument. Dank verfeinerter Diagnostik werden intrakranielle Läsionen immer häufiger zu einem Zeitpunkt diagnostiziert, zu dem sie noch keine oder nur wenige Symptome verursachen. In der Regel handelt es sich dabei um kleine, tief gelegene Läsionen, bei deren Operation eine nicht unerhebliche Gefahr besteht, benachbarte gesunde Hirnstrukturen zu verletzen. Die Neuronavigation ermöglicht in solchen Fällen das gefahrlose Aufsuchen subkortikal oder noch tiefer gelegener Läsionen im Schädelinnern.

Technisches Prinzip

Die Neuronavigation ist eine Weiterentwicklung der stereotaktischen Neurochirurgie, bei der die Instrumente mit Hilfe eines starren Zielgeräts geleitet werden. Im Gegensatz dazu funktioniert die Neuronavigation mit frei beweglichen Instrumenten, die dank Computerunterstützung präzise von Hand geführt werden können. Die Position der Instrumente wird während der Operation fortlaufend berechnet und in den dazugehörigen MRI- und/oder CT-Schichten am Bildschirm aufgezeigt.

Dazu werden präoperativ die MRI- und/oder CT-Daten des Patienten erfasst und in einen Navigationscomputer eingelesen. Diese Datensätze des Schädels werden dann während der Operation in Einklang mit der Position des fixierten Schädels auf dem Operationstisch gebracht, sodass sich die gespeicherten MRI- bzw. CT-Bilder jederzeit mit der Lage des Schädels decken. Auch die Position der Operationsinstrumente wird fortlaufend mit den gespeicherten Bilddaten abgeglichen und die jeweilige Position der Instrumentenspitze in den zugehörigen MRI- oder CT-Schichten angezeigt. Diese interaktive Abstimmung der Situation auf dem Operationstisch mit den Bilddaten im Navigationscomputer geschieht mit Hilfe von

Situation im OP: Die Position des fixierten Schädels und des mobilen Zeiginstrumentes werden von Infrarotkameras (a) erfasst und in den Navigationscomputer (b) eingelesen. Der Operateur sieht die Position seines Instrumentes (c) in den zugehörigen CT- oder MRI-Schichten jederzeit auf dem Bildschirm (d). Mit dem mobilen CT (e) können intraoperativ neue Aufnahmen gemacht und in den Navigationscomputer eingelesen werden.



Markern am Schädel und an den Operationsinstrumenten, die von Infrarotkameras registriert werden.

Das computerassistierte Navigationssystem schafft somit die Möglichkeit, jeden beliebigen Punkt innerhalb des Schädels unter visueller Kontrolle zielsicher anzusteuern. Das System passt sich fortwährend den Bewegungsabläufen des Chirurgen an, der dadurch jederzeit die Lage und Bewegungsrichtung seines Instruments sowie dessen Relation zu den umliegenden Hirnstrukturen überblickt. Der Operateur kann die anvisierte Läsion gezielt und unter grösstmöglicher Schonung heikler Strukturen aufsuchen.

Im Vorfeld der Operation, noch vor Hautschnitt, lässt sich der Eingriff mit Hilfe der Neuronavigation durchspielen. Dazu wird das Instrument auf dem Bildschirm virtuell verlängert, und die Hirnstrukturen im Verlauf des simulierten Zugangswegs werden sichtbar gemacht. Auf diese Weise lässt sich der günstigste Ort für die Eröffnung von Schädel und Hirnoberfläche festlegen.

Eigene Erfahrungen

Die intraoperative Neuronavigation wird seit Beginn der 90er-Jahre beim Menschen eingesetzt. Der Autor verfügt seit dieser Anfangszeit über Erfahrungen mit dem klinischen Einsatz dieser Technik. Wie die langjährige Praxis zeigt, kann dank der Neuronavigation vor allem bei der Operation subkortikal oder tiefer gelegener Läsionen wie Kavernomen, Hirntumoren, Metastasen und Hypophysenadenomen schonend und sicher operiert werden.

Als Beispiel sei der Fall einer Patientin mit einem tief liegenden Tumor genannt: Der grosse maligne Primärtumor unterhalb der Zentralregion hatte bis zur Operation keinerlei neurologische Ausfälle verursacht. Mit Hilfe der Neuronavigation konnte nun der Zugang so gewählt werden, dass eine Resektion ohne postoperative Ausfälle möglich wurde. Zu diesem Zweck wurde bei dieser Patientin nicht der kürzeste Weg zum Tumor gewählt, bei dem die Gefahr einer Verletzung der Zentralregion und damit einer Halbseitenlähmung gross gewesen wäre. Vielmehr wurden die Instrumente durch ein stummes Areal geführt, was einen etwas längeren Zugangsweg bedingte. Dieser längere Weg war dank der Neuronavigation unproblematisch.



Die Neuronavigation bewährt sich auch bei der intraoperativen Qualitätskontrolle. So lässt sich die Vollständigkeit einer Resektion überprüfen, indem man mit einem referenzierten Instrument die Resektionsränder abfährt und das Ausmass der Resektion mit der ursprünglichen Grösse der Läsion am Bildschirm vergleicht. Oft genügt dieses indirekte Verfahren, um verbliebene Tumorreste zu identifizieren und sofort nachzuresezieren. Verfeinern lässt sich diese Art der Qualitätskontrolle durch den Einsatz eines mobilen Computertomographen im Operationssaal. Anhand intraoperativ erstellter CT-Bilder kann das aktuelle Ausmass der Resektion visuell direkt überprüft und gegebenenfalls in der gleichen Sitzung eine Nachresektion vorgenommen werden.

CT-Schicht mit tief liegendem Tumor. Der Zugangsweg (roter Strich) konnte dank der Neuronavigation unter Umgehung der Zentralregion gewählt werden.

Der vermehrte apparative Aufwand für die Neuronavigation führt zu einer Verlängerung der präoperativen Vorbereitungen, doch verkürzt sich dank der Orientierungshilfe die eigentliche Operationszeit. Unnötiges Verweilen, Suchen, Umwege oder gar Verpassen des Ziels lassen sich dank exakter Navigation vermeiden; ebenso die damit unweigerlich verbundenen Komplikationen und Folgen. Die Operation hält sich in Analogie zu einem Bankraub an das Prinzip «get in, get the money, get out».

Weitere Anwendungen und Alternativen

Mit dem mobilen CT im Operationssaal können intraoperativ am eröffneten Schädel CT-Bilder erstellt und in das Navigationssystem eingelesen werden. Dank dieser Updates lassen sich allfällige Verlagerungen von Hirnteilen - beispielsweise nach Entfernen eines Tumors - erfassen und die Navigationsparameter entsprechend korrigieren. Wie bereits erwähnt, ermöglicht der mobile CT daneben auch eine direkte Kontrolle des Resektionsausmasses.

Die Neuronavigation lässt sich mit dem Operationsmikroskop, dem Endoskop und - bei Wirbelsäulenoperationen - mit dem Osteosynthese- Instrumentarium koppeln. Osteosynthese- Material kann dank der Neuronavigation mit Millimeterpräzision platziert werden, womit die Gefahr einer Verletzung neuraler Strukturen vermindert und die operative Sicherheit entsprechend erhöht wird. Bei HNO-Eingriffen im Bereich des Sinus ethmoidalis wird die Neuronavigation eingesetzt, um Verletzungen der Schädelbasis zu vermeiden.

Unter den Alternativen zur Neuronavigation ist einerseits der intraoperative Ultraschall zu nennen, der allerdings bei weitem nicht die Möglichkeiten der Neuronavigation bietet, andererseits das offene MRI. Operationen im offenen MRI schränken - wegen der gegenwärtigen baulichen Gegebenheiten des Geräts - die Bewegungsfreiheit des Operateurs und die Lagerungsmöglichkeiten des Patienten erheblich ein. Das Operationsmikroskop kann bei Eingriffen im offenen MRI nicht eingesetzt werden. Im Gegensatz dazu ist beim Einsatz der Neuronavigation sowohl die Bewegungsfreiheit des Operateurs als auch die Lagerung des Patienten unbehindert, d.h., es kann die günstigste, für den jeweiligen Eingriff klassische Lagerung unter Einbezug des Operationsmikroskops gewählt werden. Für Operationen im offenen MRI kommen zudem nur nicht magnetische, MRI-gängige Spezialinstrumente in Frage. Die Instrumentenauswahl ist also limitiert; auf Standardinstrumente muss verzichtet werden. Aus diesen Gründen ist bei dieser Alternative mit einem erhöhten operativen Risiko zu rechnen.

Die computerassistierte Neuronavigation ist eine hervorragende Methode, um eine wesentliche Verbesserung der operativen Qualität und Sicherheit in der Neurochirurgie zu erreichen. An der Klinik Im Park, die als bisher einziges Spital in der Schweiz sowohl über ein Neuronavigationssystem als auch über ein mobiles, intraoperativ einsetzbares CT verfügt, können diese Möglichkeiten voll ausgeschöpft werden.