Bildverarbeitung für die Medizin (BVM) Algorithmen – Systeme – Anwendungen 20.-22. März, 2011, Lübeck

Ein effizienter geometrischer Ansatz zur Unterstützung der Trajektoriebestimmung bei der Tiefenhirnstimulation

Egger J^{1,2}, Kappus C¹, Freisleben B², Nimsky Ch¹

Einleitung:

Die tiefe Hirnstimulation (THS) ist ein wirksames Verfahren zur Behandlung von Patienten mit Bewegungsstörungen [1]. Die Methode wurde Mitte des letzten Jahrhunderts erstmals angewandt. Seither wurden weltweit über 50.000 Patienten mit Hilfe dieses Verfahrens behandelt. Bei dieser Methode werden unter örtlicher Betäubung Elektroden in den Hirnbereich implantiert, der für die jeweilige Bewegungsstörung mitverantwortlich ist. Der Verlauf der Elektroden wird dabei individuell anhand von Magnetresonanztomographie (MRT)-Daten geplant, was die Sicherheit des Verfahrens bezüglich einer Blutungskomplikation deutlich erhöht [2].

Material und Methoden:

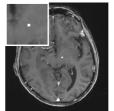
Das vorgestellte Verfahren lässt sich in zwei Schritte unterteilen: In einem ersten Schritt werden von zwei benutzerdefinierten Saatpunkten eine Menge von Trajektorien berechnet. In einem zweiten Schritt werden diese Trajektorien auf ihre Zugangssicherheit überprüft und sortiert. Der erste Schritt beruht auf Publikationen im Bereich der Aortensegmentierung [3] bzw. der Tumorsegmentierung [4]. Abbildung 1 zeigt vom Neurochirurgen manuell definierte Ziel- und Eintrittspunkte. Abbildung 2 soll Schritt für Schritt verdeutlichen, wie sich die initialen Trajektorien (F), ausgehend von einer Initialisierung (A), automatisch berechnen. Abbildung 3 veranschaulicht, wie eine bestimmte Trajektorie aus den initial generierten Trajektorien selektiert wurde (A und B), um diese anschließend in den einzelnen axialen 2D-Schichten zu visualisieren (C-H).

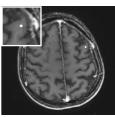
Ergebnisse:

Die Realisierung erfolgte in C++ innerhalb der Plattform MeVisLab [5]. Eine automatische Berechnung und Sortierung der Trajektorien benötigte in unserer Implementierung weniger als 3 Sekunden (gemessen auf einem Intel Core i5-750 CPU, 4x2.66 GHz, 8 GB RAM, Windows XP Prof x64, 2003, SP 2). Eine manuelle Segmentierung dagegen dauerte bei den Experten bis zu einer Stunde, wobei zur automatisierten Trajektorieberechnung noch das manuelle Überprüfen hinzukam. Zuordnung und Import der Eintrittspunkte in das Stereotaxiesystem (bzw. die Planungssoftware), erfolgten über das AC/PC-Koordinatensystem, damit eine berechnete Trajektorie auch im klinischen Alltag genutzt werden kann. Tabelle 1 listet detailliert die Evaluationsergebnisse für 10 Trajektorien auf.

Patient/	AC/PC-Koordinaten (mm)		Anzahl	sortierte
Kopfseite	Zielpunkt	Eintrittspunkt	Trajektorien	Liste (pos)
1 - links	-13,86/-6,39/0,0	-57,36/19,18/58,61	31	1
1 - rechts	13,86/-6,3/0,0	$63,\!28/27,\!72/57,\!44$	31	7
2 - links	-12/-4/-4	-46,27/30,75/60,58	41	2
2 - rechts	12,01/-3,98/-3,96	31,13/33,46/72,44	101	2
3 - links	-9,92/-4/-4	-37,57/76,32/43,29	61	8
3 - rechts	10,49/-4,88/-3,35	44,6/62,29/48,05	51	5
4 - links	-13,96/-5,5/-1,5	-42,05/27,16/69,1	31	7
4 - rechts	12,58/-5,76/-4,1	41,64/21,16/74,76	31	5
5 - links	-10,37/-3,69/-3,65	-46,27/30,75/60,58	31	1
5 - rechts	10,37/4,52/-4,26	35,16/54,13/58,69	51	1
$\mu \pm \sigma$	-	-	$46,00\pm22,24$	$3,9\pm 2,81$

Tabelle 1: Evaluationsergebnisse für 10 Trajektorien von 5 Patienten: die Kopfseite des Patienten, die AC/PC-Koordinaten für Ziel- und Eintrittspunkt, die Anzahl der automatisch bestimmten Trajektorien und die Position in der sortierten Liste, in dem sich die "Ground Truth"-Trajektorie vom Neurochirurgen befindet.





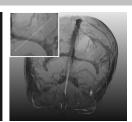


Abb. 1: Manueller Zielpunkt (links), grob lokalisierter Eintrittspunkt in der Nähe der Hirnoberfläche (Mitte) und 3D Visualisierung der initialen Trajektorie (rechts).

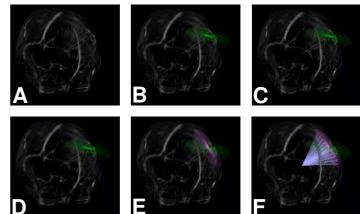


Abb. 2: A: Initiale Trajektorie (weiß). B: Radiale Strahlen in der x-y-Ebene (des DICOM-Koordinatensystems) am Eintrittspunkt (grün). C: Richtungsvektoren der Ebene mit der initialen Trajektorie als Normale (blau). D: Rotationsgerade zwischen x-y-Ebene und "Trajektorien"-Ebene (gelb). E: Radiale Strahlen rotiert in die "Trajektorien"-Ebene (pink). F: Trajektorien zu verschiedenen Eintrittspunkten, die entlang der radialen Strahlen aus E gesampelt wurden

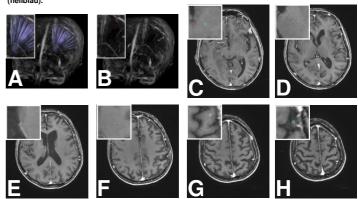


Abb. 3: A: Initiale Trajektorien (hellblau). B: Selektion einer bestimmten Trajektorie (rot). C-H: Visualisierung der selektierten Trajektorie in den axialen 2D-Schichten (gelb). G: Grob lokalisierter Eintrittspunkt des Neurochirurgen (weiß).

Zusammenfassung und Ausblick:

In diesem Beitrag wurde ein Ansatz zur Unterstützung der Trajektoriebestimmung bei der THS vorgestellt, der zwei benutzerdefinierte Saatpunkte benötigt: einen Eintrittspunkt im Kern (Zielpunkt) und einen grob lokalisierten Eintrittspunkt in der Nähe der Hirnoberfläche (EP), der verwendet wird um radial eine Menge von weiteren EPs zu generieren, die mit dem Zielpunkt zu Trajektorien verbunden werden. Diese Trajektorien werden dann automatisch auf Schnitte mit Risikostrukturen analysiert und sortiert. In einem nächsten Schritt soll zusätzlich der Zielpunkt bei der Planung mit einbezogen werden. Hirnnervenkerne besitzen eine bestimmte dreidimensionale Ausdehnung, die beim Verlauf der Trajektorie berücksichtigt bzw. in einem optimalen Winkel "anvisiert" werden sollen.

Literatur:

- 1. Benabid A. L., Chabardes S., Torres N., Piallat B., Krack P., Fraix V., Pollak P. Functional neurosurgery for movement disorders: a historical perspective. Prog Brain Res.; 175:379-391 (2009)
- 2. Elias W. J., Sansur C. A., Frysinger R. C. Sulcal and ventricular trajectories in stereotactic surgery. Journal of Neurosurgery; 11(2):201-207 (2009)
- 3. Egger J., Freisleben B., Setser R., Renapuraar R., Biermann C., O'Donnell T. Aorta Segmentation for Stent Simulation. MICCAI Cardiovascular Interventional Imaging and Biophysical Modelling Workshop; pages 1-10 (2009)
- 4. Egger J., Bauer M. H. A., Kuhnt D., Carl B., Kappus C., Freisleben B., Nimsky Ch. Nugget-Cut: A Segmentation Scheme for Spherically- and Elliptically-Shaped 3D Objects. Proceedings of DAGM; p. 383-392 (2010)
- 5. MeVisLab Entwicklungsumgebung für medizinische Bildverarbeitung und Visualisierung. MeVis Medical Solutions AG und Fraunhofer MEVIS, Bremen, http://www.mevislab.de



