

Limitationen der Faserbahndarstellung im Rahmen der klinischen Anwendung

Einführung:

Die individuelle in - vivo Faserbahndarstellung im menschlichen Gehirn mit der diffusionsgewichteten Kernspintomographie (DWI = Diffusion weighted imaging) findet zunehmende Anwendung bei der Planung neurochirurgischer Eingriffe und während der intraoperativen Neuronavigation. Hier wird nahezu ausschliesslich das Fiber Tracking (FT) angewandt, ein weitgehend automatisiertes Verfahren, um den Verlauf von Faserbahnen im DTI darzustellen. Die so getrackten Bahnen können in den Operationssitus mittels eines Neuronavigationsgerätes eingespiegelt werden [5, 6]. DTI reflektiert jedoch nicht direkt die Faserbahnanatomie, sondern bildet eine Funktion ab, nämlich die Brown'sche Molekularbewegung von Wassermolekülen im Gewebe. Zur Zeit ist nicht geklärt, inwieweit DTI mit der menschlichen Anatomie korrespondiert. Die DTI Sequenzen sind nicht standardisiert und die zahlreichen unterschiedlichen Algorithmen zur Faserbahnabgrenzung führen zu Variationen, die z.T. von der bekannten „Normalanatomie“ erheblich abweichen. Arbeitsgruppen berichten während der intraoperativen Neuronavigation, dass Faserbahnanteile in ihrer 3D-Ausdehnung in der direkten Umgebung zu Hirntumoren zu klein dargestellt werden [4]. An solchen Beispielen wird deutlich, dass eine systematische Validierung der Methode bezüglich der anatomischen Genauigkeit, und zwar beginnend bei den Rohdaten – DWI beziehungsweise DTI – dringend erforderlich ist. Eine routinemäßige Anwendung dieser neuen Methode auf neurochirurgische Fragestellungen [2] bedarf einer umfassenden Prüfung und dem Vergleich sowohl mit der bekannten Anatomie [1], als auch mit der Funktion, respektive Elektrophysiologie [3].

Material und Methode:

Anatomisch gelingt der Vergleich der, mittels DWI visualisierten Faserbahn, mit dem gefaserten makroskopischen Präparat, sowie der elektrophysiologische qualitative Nachweis im Rahmen der Resektion zerebraler Prozesse in über 90 % der Fälle (n = 11) [2]. Dies hat jedoch nur Geltung für den subcortikalen Anteil der Faserbahn. In der Tiefe der Faserbahn konnte die Arbeitsgruppe im Rahmen funktionell stereotaktischer Eingriffe den Nachweis des korrekt dargestellten Verlaufs des tractus corticospinalis durch die Capsula interna in allen 10 untersuchten Faserbahnen erbringen. Die räumliche Auflösung liegt hier bei 3mm [3]. Der Vergleich von Faserbahnen in histologischen Serienpräparaten mit der DTI - Visualisierung der Faserbahnen von gesunden Normalprobanden (manuell segmentiert und weiterverarbeitet) ermöglicht den Nachweis einer Konkordanz zwischen beiden Methoden von bis zu 90% (n = 10 pro Gruppe) [1].

Ergebnisse / Schlussfolgerungen:

- Für die DWI (als Basis für die DTI und das FT) gelingt der Nachweis der Genauigkeit bis zur genutzten Auflösung von 3mm.
- Der Vergleich der DTI - Darstellung der Faserbahnen mit histologischen Präparaten - wobei die DTI mittels manuellen Segmentierungsverfahren Anwendung findet – erlaubt den Nachweis einer hohen Genauigkeit der DTI in den angewandten Fällen.
- Obschon die Methode des FT eine weit verbreitete Variante der Faserbahn-Visualisierung darstellt, wird sie von den Autoren in Frage gestellt. Zukünftige Untersuchungen werden zeigen, ob das FT für die funktionelle Neuronavigation die Darstellungsform der Wahl sein kann, für eine anatomisch korrekte Faserbahnvisualisierung unter physiologischen und pathologischen Bedingungen.

Literatur:

- 1 Bürgel U, Amunts K, Hoemke L, Mohlberg H, Gilsbach JM, Zilles K. White matter fiber tracts of the human brain: three-dimensional mapping at microscopic resolution, topography and intersubject variability. **Neuroimage**. 2006 Feb 15;29(4):1092-105.
- 2 Coenen VA, Krings T, Axer H, Weidemann J, Kränzlein H, Hans FJ, Thron A, Gilsbach JM, Rohde V. Intraoperative three-dimensional visualization of the pyramidal tract in a neuronavigation system (PTV) reliably predicts true position of principle motor pathways. **Surg Neurol** 2003;60(5):381-390
- 3 Coenen VA, Fromm C, Kronenbürger M, Rohde I, Reinacher PC, Becker R, Marks B, Gilsbach JM, Rohde V: Electrophysiological proof of diffusion weighted imaging derived depiction of the deep-seated pyramidal tract in human. **Zentralbl Neurochir**. 67(3):117-22, 2006.

- 4 Kinoshita M, Yamada K, Hashimoto N, Kato A, Izumoto S, Baba T, Maruno M, Nishimura T, Yoshimine T. Fiber-tracking does not accurately estimate size of fiber bundle in pathological condition: initial neurosurgical experience using neuronavigation and subcortical white matter stimulation. **Neuroimage. 2005 Apr 1;25(2):424-9.**
- 5 Nimsky C, Grummich P, Sorensen AG, Fahlbusch R, Ganslandt O. Visualization of the pyramidal tract in glioma surgery by integrating diffusion tensor imaging in functional neuronavigation. **Zentralbl Neurochir. 2005;66:133-41**
- 6 Nimsky C, Ganslandt O, Fahlbusch R. Implementation of fiber tract navigation. **Neurosurgery. 2006 Apr;58(4 Suppl 2):ONS-292-303**

Contact:

PD Dr. med. Volker A Coenen,
Neurochirurgische Klinik, Universitätsklinikum Aachen (UKA),
Pauwelsstrasse 30, 52074 Aachen, Germany.
Phone: +49 241 8088480
Fax: +49 – 241 – 8082420
Email: vcoenen@ukaachen.de