

Christian Herweh

## Diffusions-Tensor-Bildgebung interhemispärischer Assoziationsfasern bei Kindern und Jugendlichen mit Chiari-II -Malformation

Diffusionstensor-Bildgebung (diffusion tensor imaging, DTI) ist eine magnetresonanztomographische Messmethode, die die Eigenbewegung (Diffusion) von freien Wassermolekülen im Hirngewebe erfasst. Da diese von der Gewebearchitektur abhängig ist, können so indirekt Informationen hierüber gewonnen werden.

Dies ist vor allem in Hinblick auf die sog. „weiße Hirnsubstanz“ von großem Interesse. Diese besteht aus Nervenfaserbündeln, die verschiedene Hirnareale miteinander und das Gehirn mit dem Rückenmark verbinden.

Erst mit DTI ist es möglich geworden, gezielt bestimmte dieser Faserbündel darzustellen und von der restlichen weißen Substanz abzugrenzen, was bisher so nur post mortem an anatomischen Präparaten möglich war. Von großer Bedeutung ist diese Technik, wenn pathologisch veränderte Verläufe von Faserbahnen vorliegen, z.B. in Umgebung eines Tumors, der das Hirngewebe verdrängt. Aber auch bei angeborenen Fehlbildungen des Gehirns können so neue Aufschlüsse über die veränderte Anatomie gewonnen werden.

Weiterhin liefert die Methode quantitative Parameter, wie z.B. die fraktionale Anisotropie (FA). Die FA spiegelt das Maß an Organisation wieder, die das Gewebe aufweist.

Diese ist v.a. in der weißen Substanz, wo Faserbündel dicht gepackt sind und z.T. parallel zueinander mit einer gemeinsamen Vorzugsrichtung verlaufen, besonders hoch.

Bei einer Fehlbildung des Balken (Corpus callosum) kommt es in variabler Ausprägung zu einer vermutlich kompensatorischen Hypertrophie anderer interhemisphärischer Verbindungen, v.a. der vorderen Kommissur, seltener auch des Fornix. Patienten, bei denen dies der Fall ist scheinen geringere klinische Defizite aufzuweisen als solche ohne Hypertrophie der genannten Strukturen.

Die Chiari-II-Malformation, die regelhaft in Verbindung mit einer Meningomyelozele auftritt, ist ebenfalls häufig mit einer Balkenfehlbildung assoziiert.

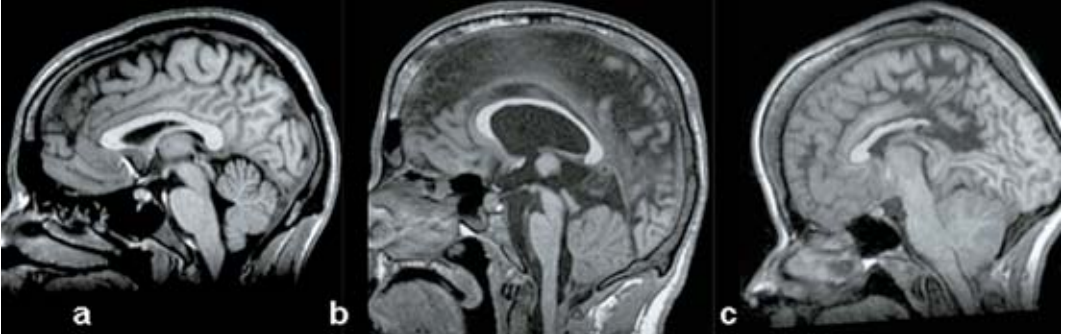
### Methoden:

5 Patienten mit Chiari-II-Malformation wurden mit DTI untersucht (DTI-Sequenz: double-spin-echo echo-planar-imaging [DSE-EPI]

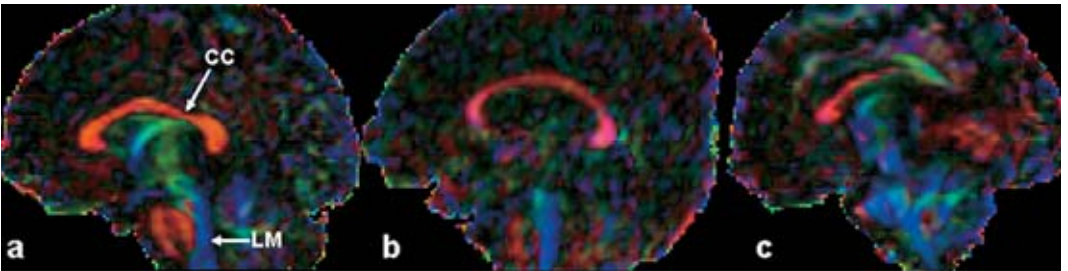
TR/TE 7200/106, FOV 240 mm, Matrix 96 x 96, b=0 & 1000 mit Diffusionsgradientenschaltungen in 6 unabh. Richtungen, 44 Schichten, Schichtdicke 3 mm, 8 Mittelungen), um das Ausmaß der Balkenfehlbildung sowie die Anisotropie der vorderen Kommissur und des Fornix zu bestimmen. Zum Vergleich wurden 8 gesunde Kontrollpersonen untersucht.

### Ergebnisse:

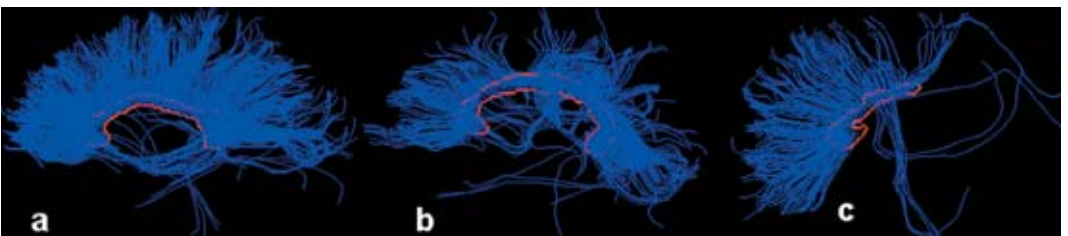
Alle Patienten wiesen im Vergleich zu den Kontrollen eine reduzierte FA im volumen-geminderten Balken auf. In der vorderen Kommissur hingegen wiesen die Patienten eine erhöhte FA auf, die Werte für den Fornix unterschieden sich nicht. Die beiden Patienten mit der stärksten Reduktion der FA im Balken wiesen neben den höchsten Werten für die vordere Kommissur auch deutlich erhöhte Werte für den Fornix auf. Zur Kontrolle wurden außerdem Werte der Pyramidenbahn verglichen, wobei sich kein Unterschied zeigte.



■ Abb. 1: Sagittale T1-gewichtete Aufnahmen eines gesunden Probanden (a), eines Patienten mit Balkenhypoplasie (b) und eines Patienten mit Balkendysgenese (c). Im Fall der Balkenhypoplasie ist der Balken in allen Anteilen angelegt, aber schwächlich und im Fall der Balkendysgenese ist der Balken charakteristischerweise nur in den vorderen Abschnitten angelegt.



■ Abb. 2: Richtungsabhängig gewichtete Farbdarstellung in sagittaler Orientierung. Hierbei wird Gewebe mit Hauptorientierung in rechts-links-Richtung rote Farbe (Balken, CC und vordere Kommissur, AC; Abb. 4), Gewebe mit Hauptorientierung in kranio-kaudaler-Richtung blaue Farbe (Lemniscus medialis, LM) und Gewebe mit Hauptorientierung in anterior-posterior-Richtung grüne Farbe (Gyrus cinguli, Cing; Abb. 4) zugeordnet. Auch hier zeigt sich deutlich die pathologische Morphologie des Balken bei den Patienten (b,c; wie oben). Darüberhinaus wird bei der Balkendysgenese deutlich, dass unmittelbar dorsal des Balken (rot) das Cingulum (grün) verläuft, was anhand der Farbzuordnung zweifelsfrei voneinander differenziert werden kann.



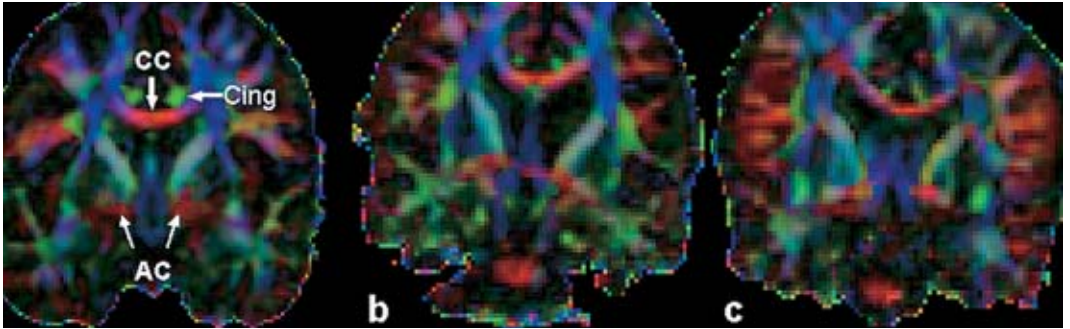
■ Abb. 3: Tractographien des Balken bei gesunder Kontrolle, Balkenhypoplasie und -dysgenese (a, b, c). Deutlich rarefiziertes Tractographie-Ergebnis bei Balkenhypoplasie; bei Balkendysgenese rarefiziertes Ergebnis nur im vorderen Abschnitt, jeweils im Vergleich zur Kontrolle.

**Schlussfolgerung:**

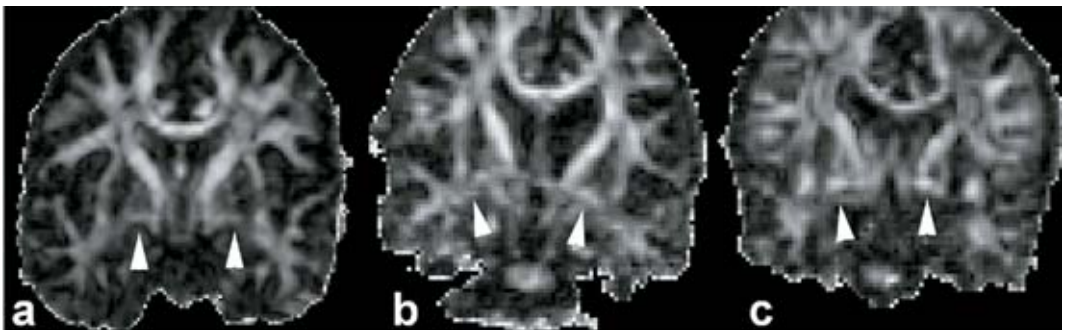
Da bei allen Patienten eine erhöhte Anisotropie der vorderen Kommissur gefunden wurde, liegt die

Vermutung nah, dass das verstärkte „Kreuzen“ interhemisphärischer Assoziationsfasern über diese Struktur im Laufe der Gehirnentwicklun

einen Kompensationsmechanismus für die gestörte Balkenbildung darstellt. Dies scheint in einer kleineren Zahl der Fälle auch für den Fornix



■ Abb. 4: Koronare richtungsabhängige Farbdarstellung auf Höhe der vorderen Kommissur. Die vordere Kommissur (rot, AC) lässt sich in allen Fällen gut von der Umgebung abgrenzen. Bei der Kontrolle (a) ist der Balken deutlich stärker ausgeprägt, als die vordere Kommissur. Bei der Balkenhypoplasie (b) schwächerer Balken und deutliche Darstellung der vorderen Kommissur, wohingegen bei der Balkendysgenese (c) die vordere Kommissur ein annähernd gleiches Kaliber wie der Balken aufweist.



■ Abb. 5: Koronare schwarz-weiß-Darstellung der fraktionierten Anisotropie (FA; gleiche Schnitte wie in Abb. 4). Beachte das hohe Signal der vorderen Kommissur im Fall der Balkendysplasie (c) im Vergleich zum Balken und zur vorderen Kommissur der Kontrolle (a).

zuzutreffen, da besonders bei den Patienten mit der stärksten Beeinträchtigung des Balkens auch hier die Anisotropie erhöht war. Somit scheint in Einzelfällen nicht das „Kreuzen“ der Assoziationsfasern über die Mittellinie generell, sondern selektiv im Bereich des späteren Balkens gestört zu sein.

▶ Dr. med. Christian Herweh  
Pädiatrische Radiologie  
Kinderklinik der Universität  
Heidelberg  
Im Neuenheimer Feld 153  
D - 69120 HEIDELBERG