

Clemens Wirth, Meinrad Beer

MR-Bildgebung der Lungenstruktur und – Funktion bei Patienten mit zystischer Fibrose an einem offenen MR-Gerät

Trotz therapeutischer Fortschritte sind die pulmonalen Erkrankungen bei zystischer Fibrose (CF) Hauptursache für die verringerte Lebenserwartung dieser Patientengruppe. Die Bildgebung der Lunge im Niederfeld-MRT eignet sich insbesondere durch verlängerte Relaxationszeiten und aufgrund ihrer offenen Bauart für die betroffenen Kinder und Jugendlichen. Anhand zweier Untersuchungen stellen wir die Möglichkeiten der (1) morphologischen und (2) funktionellen Beurteilung der Lunge vor.

1) Modifizierter MRT-Score zur Beurteilung morphologischer Lungenveränderungen bei Patienten mit zystischer Fibrose

Unsere Zielsetzung war die Evaluation eines modifizierten Bewertungsschemas zur Erfassung morphologischer Veränderungen im offenen Niederfeld-MRT bei Patienten

mit MRT-Bildern der Lunge am offenen Niederfeldgerät (Magnetom Open 0,2 Tesla, Siemens Medical Solutions, Erlangen, Deutschland). Das MRT-Untersuchungsprotokoll beinhaltet traditionelle koronare SSFP- sowie eigene weiterentwickelte T1 gewichtete 2D- und 3D-Gradientenechosequenzen (GRE).

(CN) angewandt, die CR wurden nach CN beurteilt. Um subjektive Einflüsse möglichst auszuschließen, erfolgte die Beurteilung aller Aufnahmen durch zwei erfahrene Kinderradiologen im Konsensusverfahren geblindet zur Patientenanamnese. Unabhängig davon erfolgte ein Scoring durch einen erfahrenen Radiologen und einen Berufseinsteiger.



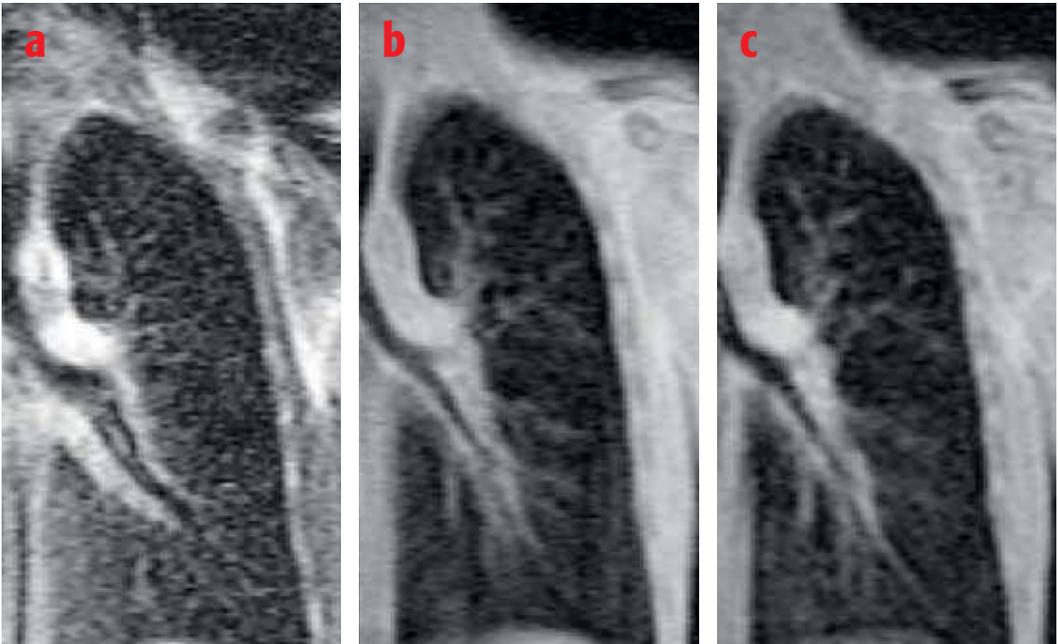
■ Abb. 1 a/b: Versuchsaufbau Niederfeld-MRT. a) Die offene Bauweise erlaubt eine unmittelbare Anwesenheit der Eltern und somit eine angstfreie Untersuchung des Kindes. b) Positionierung der Atemmaske bei der funktionellen MRT eines Probanden

ten mit zystischer Fibrose. Hierbei verglichen wir bei 12 CF-Patienten (Altersmedian 15 Jahre) das konventionelle Röntgenthoraxbild (CR)

Zum Erfassung der Parenchymveränderungen in der MRT wurde ein modifizierter Score (MCN) in Anlehnung an den Crispin-Norman-Score

Zusätzlich interessierte uns die Bildqualität der Aufnahmen; sie erfolgte für MRT und CR nach einer Nominalskala (PGMI). Korrelationskoeffizienten für die Scoringergebnisse der CR und MRT wurden berechnet, zusätzlich wurde die Übereinstimmung der Ergebnisse der jeweiligen Reader für die Gradientenechosequenzen bestimmt.

Die Bildqualität der verschiedenen MRT Sequenzen war vergleichbar gut. In der Beurteilung des Schwerkregades zeigten die weiterent-



■ Abb. 2 a/b/c : Die 3D GRE Sequenz (c) bietet eine bessere Abgrenzbarkeit der Streifenschatten (Pfeil) und Fleckschatten (Pfeilspitze) im Vergleich zu der 2D GRE Sequenz (b) und der SSFP-Sequenz (a)

wickelten Gradientenechosequenzen eine bessere Korrelation mit dem CN-Score als die traditionelle SSFP-Sequenzen (Abb. 2).

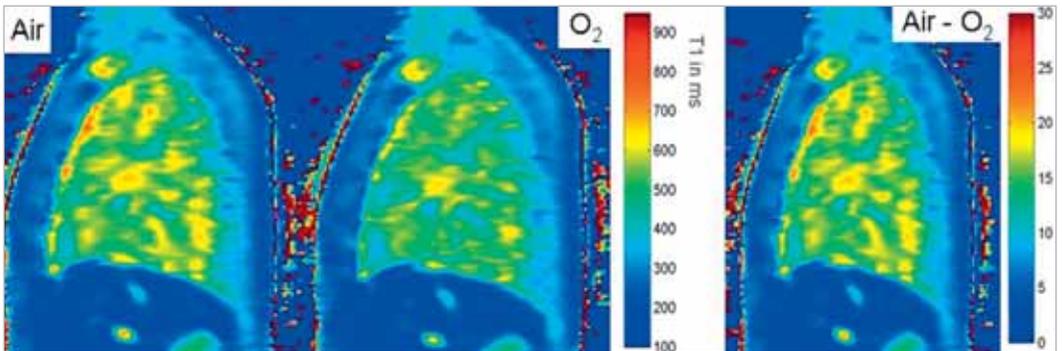
Es zeigten sich nur geringe Abweichungen der ermittelten Scores zwischen Konsensusreading, erfahrenem Radiologen und Berufsanfänger. Zusammenfassend stellen wir fest, dass eine Adaptation des aus der konventionellen Röntgen-diagnostik bekannten CN-Scores für die Beurteilung der MRT-Bilder möglich ist, bei höherer Empfindlichkeit der Gradientenechosequenzen und guter Übereinstimmung des angewandten Scores einerseits mit der konventionellen Diagnostik und andererseits zwischen verschiedenen Auswertern.

2) O₂-unterstützte funktionelle Lungenuntersuchung bei Patienten mit zystischer Fibrose

Ein weiteres Ziel von uns war die Etablierung und Evaluation der klinischen Relevanz einer funktionellen Lungenbildgebung bei Patienten mit zystischer Fibrose. Von klinischer Seite wünschenswert ist nicht nur die Struktur, sondern auch die Funktion der Lunge möglichst regional zu erfassen. Traditionell wird zur Beurteilung der globalen Lungenfunktion die Spirometrie eingesetzt, mit der Einsekundenkapazität (FEV₁) als wichtigen Beurteilungsparameter der Compliance (Dehnbarkeit) der Lunge. Zusätzlich steht die Szintigraphie als nuklearmedizinisches Verfahren zur Verfügung. In der MRT gibt es Ansätze einer aufwän-

digen funktionellen heliumunterstützten Bildgebung.

In unserer Arbeitsgruppe verfolgen wir den Ansatz einer einfachen sauerstoffgestützten funktionellen Bildgebung am Niederfeld-MRT. Dieses Konzept wurde auf eine kleine Patientengruppe mit zystischer Fibrose übertragen. Mittels der sauerstoffgestützten T1-Bildgebung ist eine quantitative Messung des Sauerstofftransfers in der Lunge möglich. Dabei sind allerdings Ventilation, Diffusion und Perfusion schwierig zu trennen. Grundprinzip ist die Erhöhung des Sauerstoffpartialdrucks durch die Beatmung mit reinem Sauerstoff. Bei einer Erhöhung des Sauerstoffpartialdrucks im Blut erhöht sich die Konzentration des schwach



■ Abb. 3 a/b: Exemplarische T1-Parameterkarten eines gesunden Probanden. Farbkodierte Darstellung der T1-Relaxationszeit bei Raumluft (links) und Sauerstoffgabe (Bildmitte), farbkodierte Darstellung der relativen Änderung der T1-Relaxation (rechts).

paramagnetischen physikalisch gelösten Sauerstoffs. Der gelöste Sauerstoff führt also zu einer lokalen Beeinflussung des Magnetfeldes. Folge ist eine Verkürzung der T1-Relaxation, die proportional zur Konzentration des physikalisch gelösten Sauerstoffs im Blut ist. Frühere Untersuchungen konnten zeigen, dass bei gesunden Probanden eine relativen Änderung der T1-Relaxationszeit zwischen Luft- und Sauerstoffatmung von ca. 8 % zu beobachten ist.

14 CF-Patienten (Altersmedian 19 Jahre) und 19 gesunde Kontrollpersonen (Altersmedian 17 Jahre) wurden wiederum am offenem Niederfeld-MRT untersucht. Die Untersuchung erfolgte in Rückenlage.

Über eine Atemmaske (Abb. 1b) wurde alternierend Raumluft und reiner Sauerstoff während der Bildakquisition zugeführt. Die Messung beinhaltete eine sagittale

schnelle T1-gewichtete Multigradientenechosequenz mit einem einfachen Inversionspuls. Parameterkarten der T1-Relaxationszeit wurden automatisch bestimmt, der Unterschied der T1-Relaxation bei Raumluft und Sauerstoffgabe wurde pixelbasiert errechnet (Abb 3). Die relative Änderung der durchschnittlichen Relaxationszeiten wurde mit der FEV1 der Spirometrie verglichen.

Die relative Änderung der Relaxationszeiten betrug für die Kontrollgruppe $10.0 \pm 1.4 \%$ bei einer durchschnittlichen FEV1 von $107 \pm 11 \%$. Patienten mit eingeschränkter Compliance der Lunge ($FEV1 \leq 70\%$) zeigten eine signifikant geringere relative Änderung der T1-Relaxation im Vergleich zur Kontrollgruppe ($6.9 \pm 0.6\%$; $p=0.002$). Die relative Änderung der T1-Relaxation bei Patienten mit normaler Compliance ($FEV1 > 70\%$) war nicht signifikant unterschiedlich zur Kontrollgruppe ($9.6 \pm 1.0 \%$).

Wir konnten zeigen, dass eine O2-gestützte funktionelle Bildgebung der Lunge bei Patienten mit CF am offenen Niederfeld-MRT möglich ist. Sie zeigt in Übereinstimmung mit der Spirometrie signifikant geringere relative Änderungen der T1-Relaxationszeit bei Patienten mit verminderter Lungencompliance. Sie ist aufgrund ihrer Patientenfreundlichkeit insbesondere für pädiatrische Patienten geeignet. Der klinische Mehrwert dieser Technik ist derzeit jedoch noch offen und muss durch weitere Studien evaluiert werden. Eine weitere Fragestellung ist in Zukunft, ob diese Methode eine regionale Analyse der Lungenfunktion möglich macht.

► Prof. Dr. Clemens Wirth
Dr. med. Meinrad Beer
Universitätsklinik Würzburg
Institut für Röntgendiagnostik
Abt. für Pädiatrische Radiologie
Josef-Schneider-Straße 2
D-97080 WÜRZBURG