

Aus dem Institut für Radiologie  
der Medizinischen Fakultät der Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**MR-Bildgebung der Leber: Einfluss von Spulentechnik und  
hepatobiliärem Kontrastmittel auf die Darstellungsqualität  
fokaler Leberläsionen**

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charité –  
Universitätsmedizin Berlin

von

Frau Franziska Scholz

aus Berlin

Gutachter: 1. Priv.-Doz. Dr. med. M. Taupitz

2. Prof. Dr. med. Th. Helbich

3. Prof. Dr. med. Dr. med. Habil. Th. Helmberger

Datum der Promotion: 22.06.2007

## Abkürzungsverzeichnis

A	Abgrenzbarkeit
BA	Körper-Phased-Array-Spule (Body Array)
BC	Ganzkörperspule
bzw.	beziehungsweise
CCC	Cholangiocelluläres Karzinom
CNR	Kontrast-to-Noise-Ratio, Signaldifferenz-Rausch-Verhältnis
CT	Computertomografie
CTA	CT-Angiografie
CTAP	Artielle Portografie
CTHA	CT-Arteriografie
CP	zirkular polarisiert
DA	Dalton
DOTA	Tetra-Azacyclo-Dodecane-Tetraacetic Acid
DTPA	Diethylentriamin-Pentaazetat
EDTA	Etylen-Diamin-Tetraazetat
EPI	Echo Planar Imaging
et al.	und andere
FLASH	Fast Low Angle Shot
FNH	Fokal noduläre Hyperplasie
FOV	Field-of-View
FSE	Fast Spin Echo
Gd	Gadolinium
GRE	Gradienten- Echo
HASTE	Half Fourier Acquired Single-Shot-Turbo-Spinecho

HCC	Hepatozelluläres Karzinom
HF	Hochfrequenz
IOUS	Intraoperativer Ultraschall
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
K	Kontrast
KFL	Spätphase-FLASH
KM	Kontrastmittel
KT1wFLBA	Post-Kontrast-T1w-FLASH-2d-Sequenz mit Körper-Phased-Array
KT1wFLBC	Post-Kontrast-T1w-FLASH-2d-Sequenz mit Ganzkörperspule
LP	longitudinal polarisiert
MRA	Magnetresonanzangiografie
MRT	Magnetresonanztomografie
min.	Minute(n)
msec	Millisekunde(n)
n	Anzahl
NFL	nativ-FLASH
NT1wFLBA	native T1w-FLASH-2d-Sequenz mit Körper-Phased-Array-Spule
NT1wFLBC	native T1w-FLASH-2d-Sequenz mit Ganzkörperspule
OF	Oberflächen
p.i.	post injectionem, nach i.v. Kontrastmittelinjektion
QST	Qualitätsstufen
QRS	Qualitätsrangsumme
SE	Spin-Echo-Sequenz
SHL 569 B	Studieninterne Bezeichnung für Gd-EOB-DTPA

SI	Signalintensität
SNR	Signal-to-Noise-Ratio, Signal/Rausch-Verhältnis
T	Tesla
T1	Spin-Gitter-Relaxationszeit
T1w	T1-gewichtet
T2	Spin-Spin-Relaxationszeit
T2w	T2-gewichtet
TE	Echozeit
TR	Repetitionzeit
TSE	Turbo-Spin-Echo
VIBE	Volumetric Interpolated breath-hold examination
$\gamma$ -GT	Gamma-Glutamyl-Transferase

## **8. Danksagung**

Danken möchte ich Herrn Professor Dr. Hamm für die freundliche Überlassung des Promotionsthemas.

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. Taupitz für die jederzeit gute Betreuung und Unterstützung in der Fertigstellung der Dissertation.

Frau Schink aus der Abteilung für Biometrie und medizinische Statistik schulde ich Dank für die tatkräftige Hilfestellung bei Durchführung der statistischen Auswertung.

Bei meiner Freundin Anke Pietzke bedanke ich mich ganz herzlich für die Beschaffung wissenschaftlicher Originalien.

Herrn Kai Biermann schulde ich großen Dank für das starke Engagement beim Korrekturlesen und Beantworten stilistischer Fragen.

Sehr großer Dank gebührt meinen Eltern für die Ebnung meines Bildungsweges und die stets liebevolle Anteilnahme und Beratung in allen Phasen der Dissertation, insbesondere meinem Vater, der die Arbeit mit großem Engagement kritisch gegenlas.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Ehemann Torsten und meiner Tochter Patrizia bedanken, die mir viel Verständnis und Unterstützung entgegenbrachten und deren Liebe mir viel Kraft gibt. Meinem Ehemann danke ich für die vielen verbrachten Stunden der konstruktiven Diskussionen und kritischen Anregungen.

## **9. Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.

## **Erklärung**

Ich, Franziska Scholz, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „MR-Bildgebung der Leber: Einfluss von Spulentechnik und hepatobiliärem Kontrastmittel auf die Darstellungsqualität fokaler Leberläsionen“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich habe die Arbeit ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter angefertigt und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt.

Datum

Unterschrift



# Inhaltsverzeichnis

<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>1</b>
<b>1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>2. GRUNDLAGEN DER BILDGEBUNG DER LEBER .....</b>	<b>7</b>
2.1. ANATOMIE UND DURCHBLUTUNG DER LEBER .....	7
2.2. DIAGNOSTISCHE BILDGEBENDE VERFAHREN ZUR DETEKTION FOKALER LÄSIONEN DER LEBER.....	9
2.2.1. <i>Sonografie</i> .....	9
2.2.2. <i>Computertomografie (CT)</i> .....	10
2.2.3. <i>CT-Arteriografie (CTHA)</i> .....	12
2.2.4. <i>Arterielle Portografie (CTAP)</i> .....	13
2.2.5. <i>Intraoperativer Ultraschall (IOUS)</i> .....	13
2.2.6. <i>Magnetresonanztomografie (MRT)</i> .....	14
2.2.6.1. Komponenten eines MR-Tomografen.....	15
2.2.6.2. Bildqualität.....	16
2.2.6.3. Körper-Phased-Array-Spulen.....	17
2.2.6.4. Kontrast.....	20
2.2.6.5. Artefakte .....	21
2.2.6.6. Pulssequenzen .....	22
2.2.6.7. MR- Kontrastmittel .....	24
2.3. DAS LEBERSPEZIFISCHE KONTRASTMITTEL Gd-EOB-DTPA.....	29
2.3.1. <i>Präklinik</i> .....	29
2.3.1.1. Gd-EOB-DTPA im Tierversuch.....	29
2.3.2. <i>Erste klinische Studien</i> .....	32
2.3.2.1. Pharmakodynamik und Pharmakokinetik beim Menschen .....	32
2.3.2.2. Phase-I- Studien .....	33
2.3.2.3. Phase-II- Studie, Sicherheit und Effektivität.....	35
2.4. FOKALE LEBERLÄSIONEN .....	37
2.4.1. <i>Allgemeines</i> .....	37
2.4.2. <i>Charakterisierung fokaler Leberläsionen in der MRT unter Berücksichtigung der Vaskularisierung</i> .....	38
2.4.3. <i>Benigne fokale Leberläsionen</i> .....	39
2.4.3.1. Hämangiom.....	39
2.4.3.2. Fokale noduläre Hyperplasie (FNH).....	40
2.4.3.3. Leberzelladenome .....	41
2.4.3.4. Zysten.....	42
2.4.4. <i>Maligne fokale Leberläsionen</i> .....	43
2.4.4.1. Hepatozelluläre Karzinome (HCC, malignes Hepatom, Leberzellkarzinom).....	43
2.4.4.2. Cholangiozelluläre Karzinome (CCC, Gallengangskarzinom, malignes Cholangiom) .....	45
2.4.4.3. Hepatoblastom .....	46
2.4.4.4. Hämangiosarkom (malignes Hämangioendothelium).....	47
2.4.4.5. Lebermetastasen.....	47
<b>3. MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>49</b>
3.1. VORBEMERKUNGEN UND STUDIENGEGENSTAND .....	49
3.1.1. <i>Vorbemerkungen zur Phase-IIb-Studie</i> .....	49
3.1.2. <i>Inhalt der hier vorliegenden Studie</i> .....	49
3.2. PATIENTENKOLLEKTIV .....	50
3.2.1. <i>Kriterien zur Patientenauswahl</i> .....	52
3.2.1.1. Einschlusskriterien .....	52
3.2.1.2. Ausschlusskriterien .....	53
3.3. MR-BILDGEBUNG.....	53
3.3.1. <i>Eigenschaften des MR-Kontrastmittels Gd-EOB-DTPA</i> .....	54
3.3.2. <i>Dosierung des Kontrastmittels</i> .....	54
3.3.3. <i>MRT-Sequenzen</i> .....	54
3.3.4. <i>Untersuchungsprotokoll</i> .....	55

3.3.4.1. Vorsichtsmaßnahmen .....	57
3.4. AUSWERTUNG.....	57
3.5. STATISTISCHE METHODEN.....	60
<b>4. ERGEBNISSE.....</b>	<b>61</b>
4.1. MRT-BEFUNDE .....	61
4.1.1. <i>Lokalisation, Anzahl und Größe der Leberläsionen</i> .....	61
4.1.2. <i>MRT-Diagnosen</i> .....	61
4.2. QUALITATIVE AUSWERTUNG .....	62
4.2.1. <i>Vergleich der Ausprägung der Qualitätsmerkmale der T1w-FLASH-Sequenzen auf das Einzelbild nativ und nach Applikation von Gd-EOB-DTPA bei Verwendung unterschiedlicher Spulen (Ganzkörperspule versus Körper-Phased-Array-Spule)</i> .....	63
4.2.2. <i>Vergleich der Darstellbarkeit der Metastasen in T1w-Aufnahmen nativ und 20 Minuten nach Applikation von Gd-EOB-DTPA bei Verwendung zweier Spulensysteme (Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule)</i> .....	69
4.2.3. <i>Vergleich der Ausprägung der Qualitätsmerkmale der T1w-FLASH-Sequenzen nativ und in der Spätphase-Bildgebung mit Ganzkörperspule oder Körper-Phased-Array-Spule in Abhängigkeit von der Läsionsgröße</i> .....	75
<b>5. DISKUSSION.....</b>	<b>94</b>
5.1. QUALITÄTSWIRKSAME ASPEKTE UNTERSCHIEDLICHER AUFNAHMETECHNIKEN BEI BETRACHTUNG DER EINZELAUFNAHME.....	100
5.2. VERBESSERUNG DER DARSTELLUNGSQUALITÄT VON LEBERMETASTASEN DURCH GD-EOB-DTPA UND DIE KÖRPER-PHASED-ARRAY-SPULE .....	102
5.3. BEDEUTUNG VERSCHIEDENER KONTRASTMITTEL FÜR DIE DARSTELLUNG FOKALER LEBERLÄSIONEN..	106
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>109</b>
<b>7. LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>112</b>
<b>8. DANKSAGUNG .....</b>	<b>123</b>
<b>9. LEBENS LAUF.....</b>	<b>124</b>
<b>ERKLÄRUNG .....</b>	<b>125</b>