

UNTERSUCHUNGSPORTFOLIO

PROF. DR. KNUT EBERHARDT

KOMPETENT
INDIVIDUELL
UNABHÄNGIG

INHALTSVERZEICHNIS

Über Uns	3	Schultergelenk	50	Sprunggelenk & Fuß	82
		Sternoklavikulargelenk	56	Abdomen	86
Kopf	4	Ober- / Unterarm	58	(S) Magen & Darm	95
Hals	17	Ellenbogengelenk	61	(S) Onkologie	103
Wirbelsäule	20	Hand- / Fingergelenk	63	(S) Mammographie	115
Thorax	40	Hüftgelenk	68	(S) Plaxusdarstellung	117
Becken	47	Ober- / Unterschenkel	71	(S) Gefäßdarstellung	120
Iliosakralgelenk	48	Kniegelenk	73	(S) Funktionsuntersuchungen	128

ÜBER UNS

Liebe(r) Patient(in),

Das MRT-Kompetenzzentrum ist eine unabhängige privatärztliche Praxis innerhalb des Bezirksärztlichen Krankenhauses Schloss Werneck. Sinn und Zweck der Gründung im Jahre 2007 war es modernste und innovative Diagnostik auf jeden einzelnen Patienten individuell abgestimmt anbieten zu können, alternative invasive Techniken gleichwertig durch innovative zu ersetzen und möglichst auf Röntgenstrahlung zu verzichten. Hierdurch entsteht Diagnostik auf höchstem fachlichen und technischen Niveau.

Als versierter klinischer Radiologe mit langjähriger universitärer Berufserfahrung und beruflicher Nebentätigkeit in der Medizinindustrie sowie in der Informatik lag der Schwerpunkt unserer Tätigkeit neben der Versorgung der orthopädischen und psychiatrischen Patienten des Bezirkskrankenhauses von Anfang an darauf ambulanten Patienten alle diagnostischen Möglichkeiten die sich innerhalb einer großen Universitätsklinik eröffnen anzubieten und darüber hinaus selbst entwickelte Hard- und Software in neue und innovative Untersuchungstechniken zu integrieren um wissenschaftlich und technisch eigenständig arbeiten zu können.

Dieses Portfolio soll Ihnen einen Einblick in unsere Arbeit und die daraus resultierenden Diagnostik bieten.



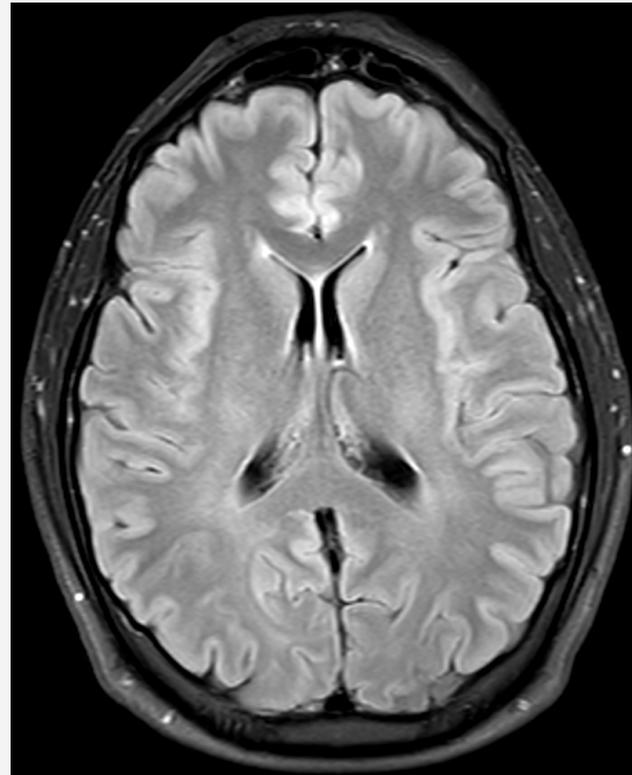
KOPFBEREICH

Die Standard-Untersuchung mittels Magnetresonanztomographie (MRT) ist die des Kopfes. Zum einen wurden die ersten Untersuchungen am Menschen mit MRT am Kopf durchgeführt, zum anderen leiten sich die wesentlichen Untersuchungstechniken von solchen des Kopfes ab. Ob es sich nun um Basis- oder spezielle Untersuchungen handelt, immer stellt bei Kopfuntersuchungen die MRT die Methode der Wahl dar.

Nur noch in Ausnahmefällen sind hingegen Computertomographie (CT-Untersuchungen) des Kopfes sinnvoll und damit auch unter strahlenschutzrechtlichem Aspekt gerechtfertigt bzw. indiziert (bei relativen und absoluten Gegenanzeigen für MRT-Untersuchungen). Bei Untersuchungen der Nasennebenhöhlen, der Schädelbasis sowie der Augenhöhle (Orbita) sind beide Methoden gleichwertig. Das Felsenbein sollte mittels CT untersucht werden, wobei allerdings die hohe Organdosis der Augenlinse beachtet werden muss.

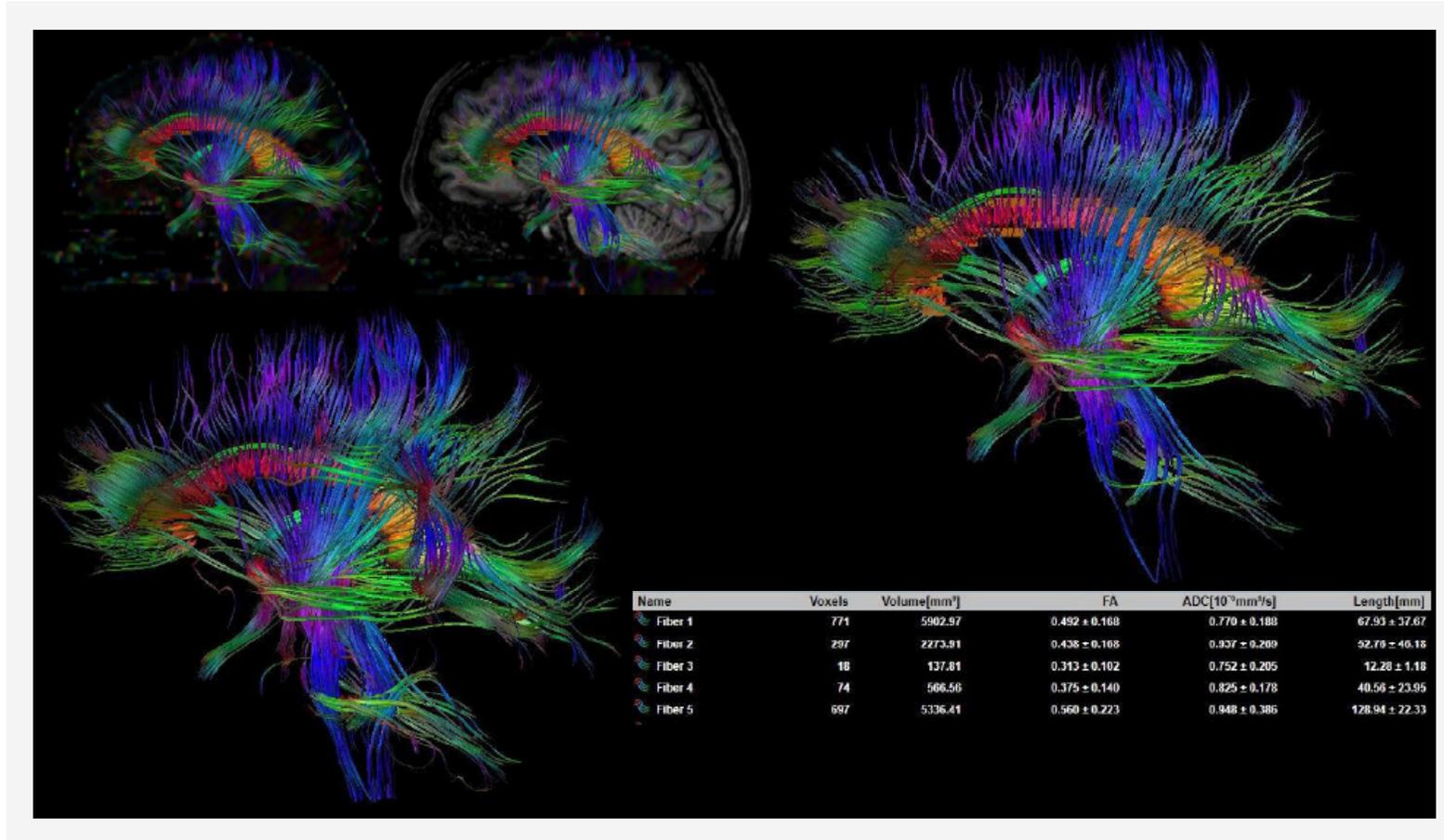
Indikationen für MRT-Untersuchungen sind alle neurologischen Erkrankungen. Epilepsien oder epileptische Anfallsformen da diese Ausdruck einer intrakraniellen (innerhalb des Schädels gelegenen) Raumforderung sein können, insbesondere von Hirntumoren. Schließlich stellen chronische Schmerzsyndrome wie der anfallsartig auftretender Gesichtsschmerz (Trigeminusneuralgie) sowie Gleichgewichtsstörungen und Hörminderungen Indikationen dar, da auch Symptome eines intrakraniellen Tumors sein können. Bei unklaren Hormonstörungen sollten Tumoren der Hypophyse durch eine MRT ausgeschlossen werden.

KOPFUNTERSUCHUNG

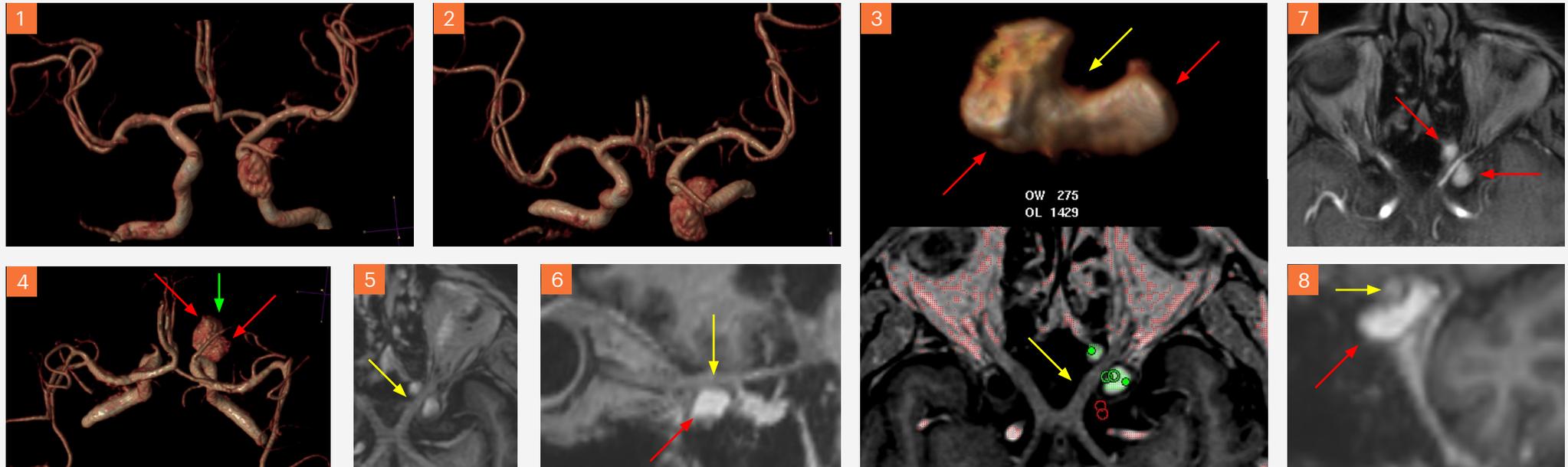


FLAIR
axiales Querschnittsbild des Kopfes

3D-TRAKTOGRAPHIE DES KOPFES

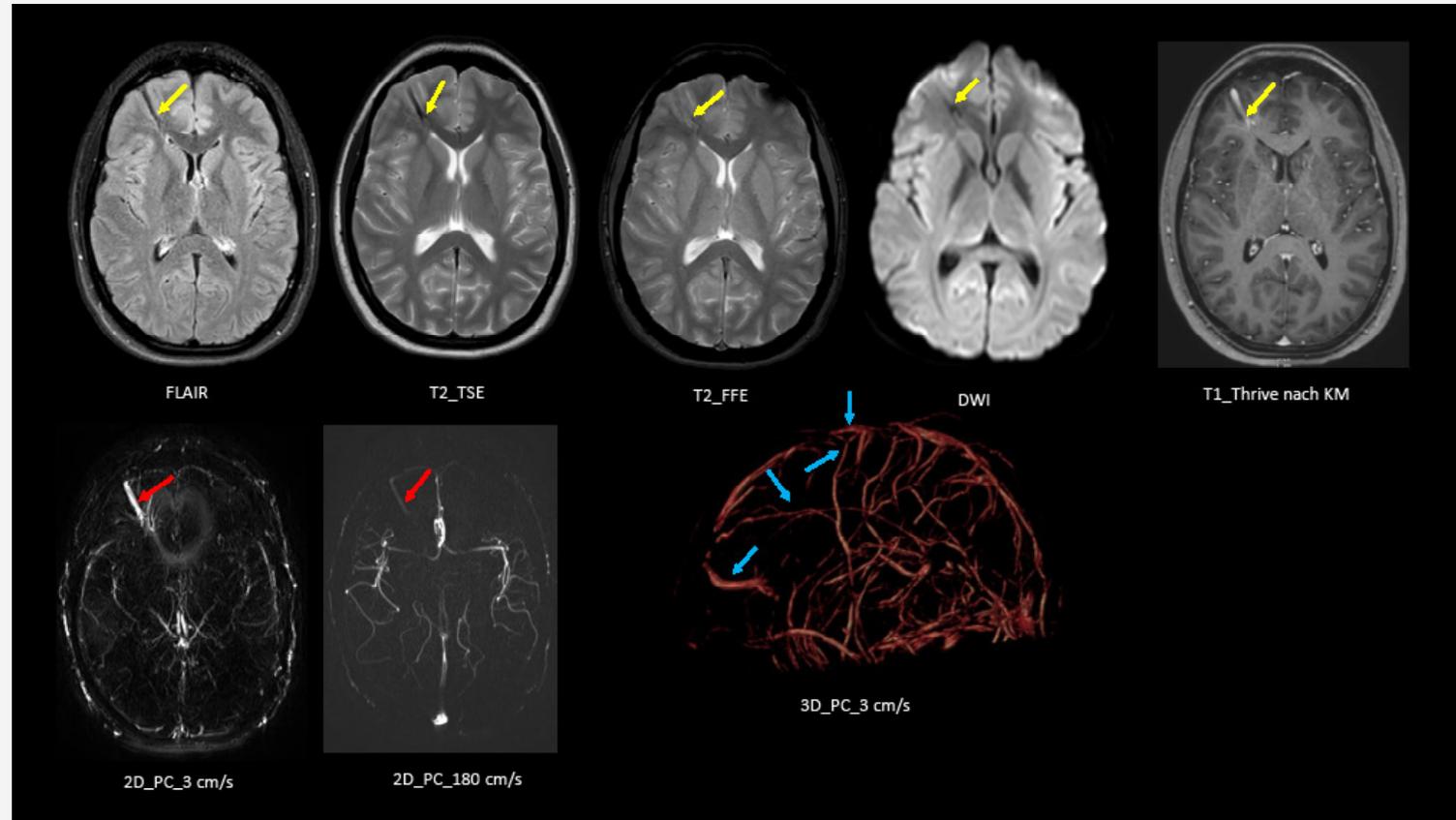


KOPFUNTERSUCHUNG
3D-NACHVERARBEITUNG



Kleines Keilbeinflügelmenigiom (rote Pfeile) des linken Canalis opticus mit initialer Kompression des N. opticus (gelbe Pfeile) prächiasmatisch aber ohne Kompression der A. ophthalmica (grüne Pfeile). Oben und unten links: 3D-SSD, oben Mitte: TU, restliche Bilder: MPR mit und ohne 3D-Effekt (mit unterschiedlichem Partialvolumen)

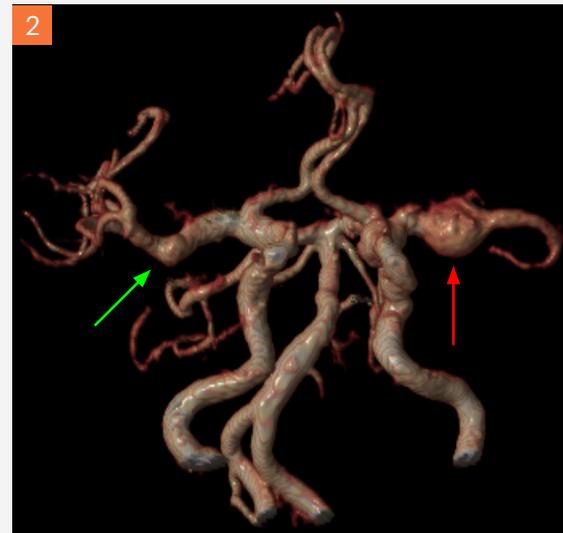
3D-TRAKTOGRAPHIE DES KOPFES



Konventionelle
Bildgebung:

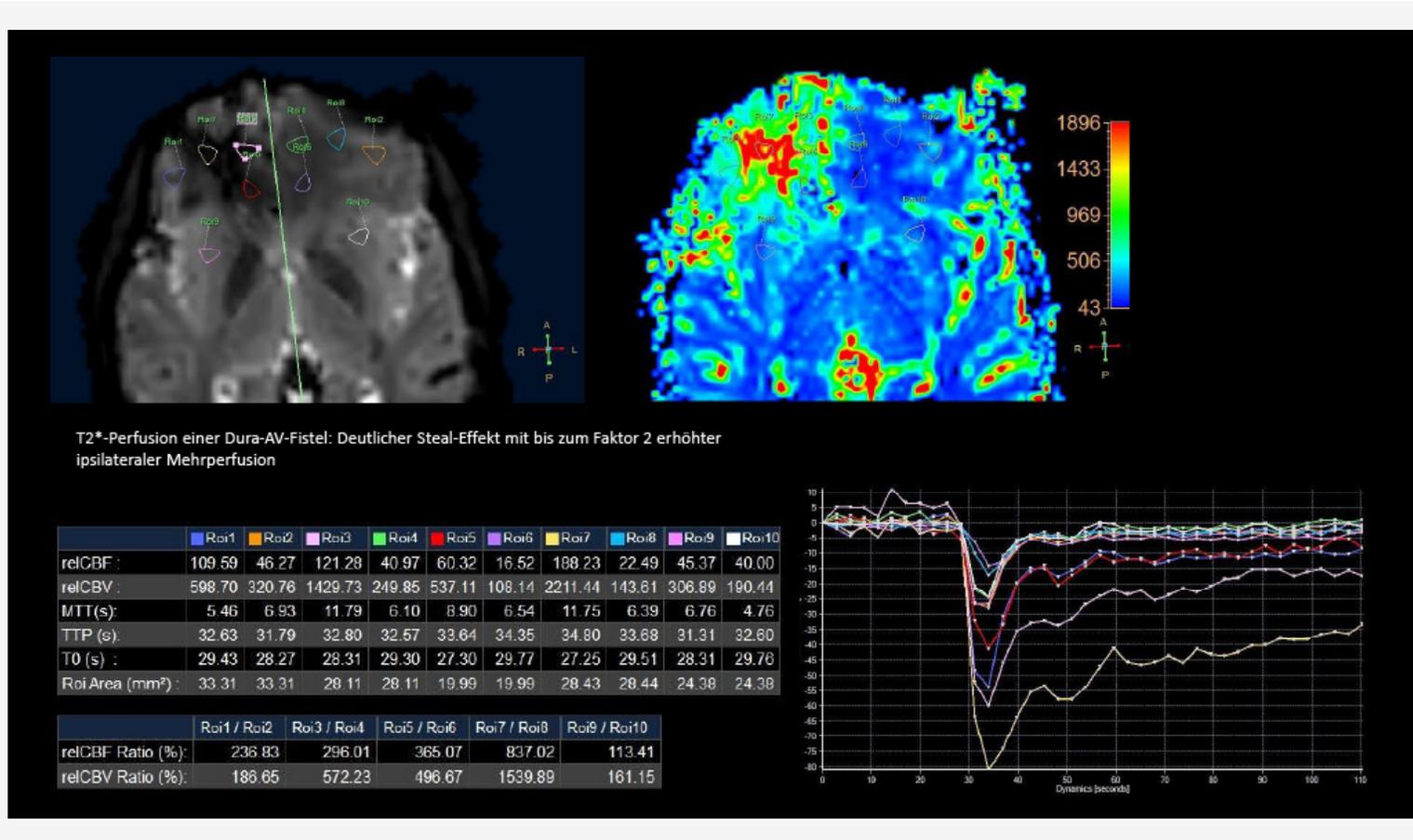
Rechts frontale KM-aufneh-
mende venöse Gefäßmalfor-
mation (gelbe Pfeile), die in
den vorderen Abschnitt des
Sinus sagitalis sub. drainiert
(blaue Pfeile) und einer
Dura-AV-Fistel entspricht.

KOPFUNTERSUCHUNG
GEFÄSSDARSTELLUNG



1,3 x 1,3 cm großes Mediaaneurysma des linken M1-Abschnitts am Übergang zur Bifurkation links mit Jet-Effekt (gelbe Pfeile) und nachgeschalteten Hauptstammstenosen (rote Pfeile) sowie fusiformen Hauptstammaneurysma der rechten Media (grüne Pfeile).

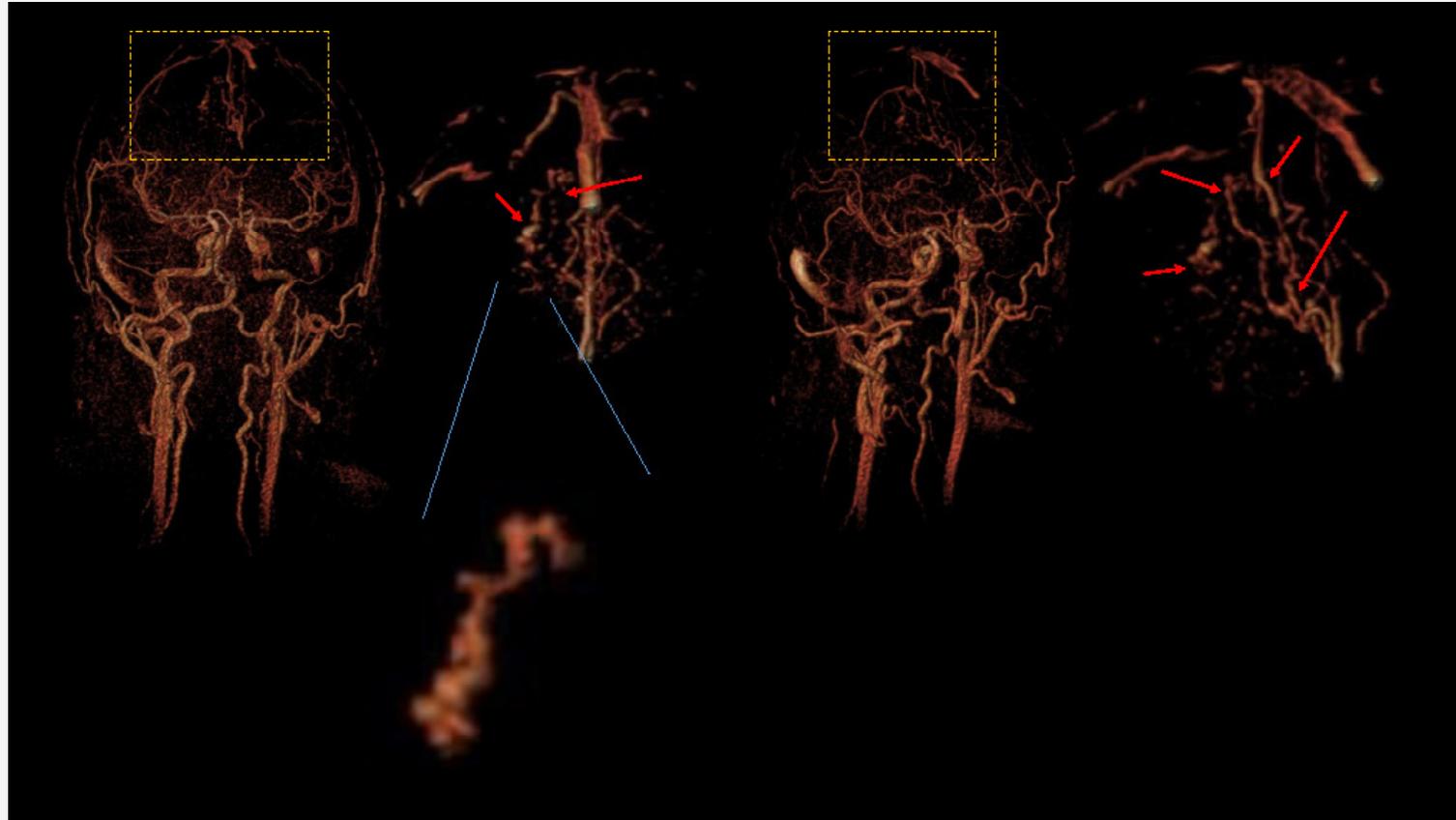
T2*-PERFUSION EINER DURA-AV-FISTEL



T2*-Perfusion einer Dura-AV-Fistel:

Deutlicher Steal-Effekt mit bis zum Faktor 2 erhöhter ipsilateraler Mehrperfusion.

ANGIOGRAPHIESERIE - TEIL 1

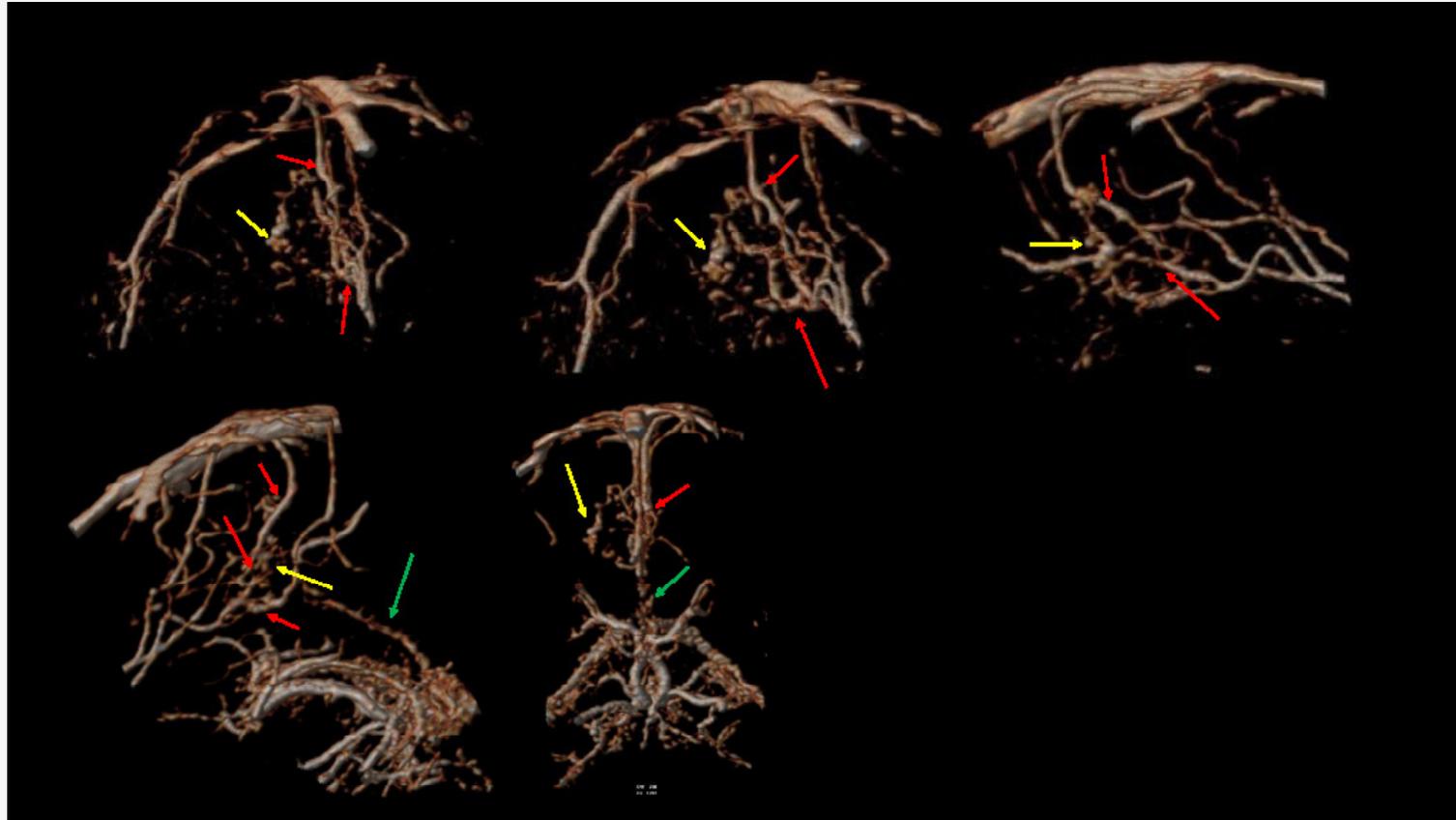


Angiographie-Serie einer
Dura-AV-Fistel
(4D-Track-Angiographie)

Die gelben Ausschnitte
markieren die Vergröße-
rungsausschnitte, die blauen
Linien das Gefäßkonvolut,
also den Nidus.

Die zuführenden Gefäße die
von der Dura kommen sind
entsprechend markiert
(rote Pfeile).

ANGIOGRAPHIESERIE - TEIL 2

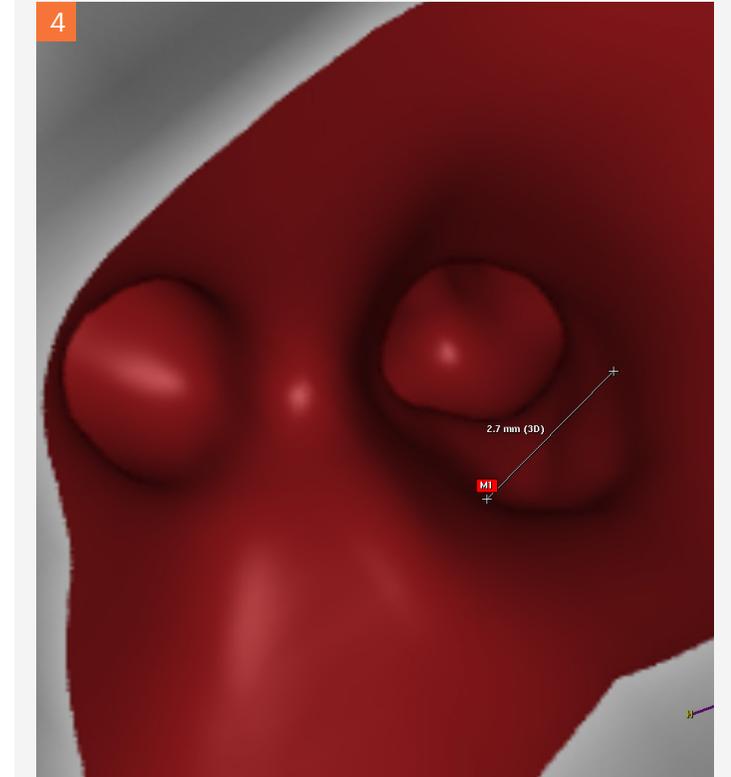
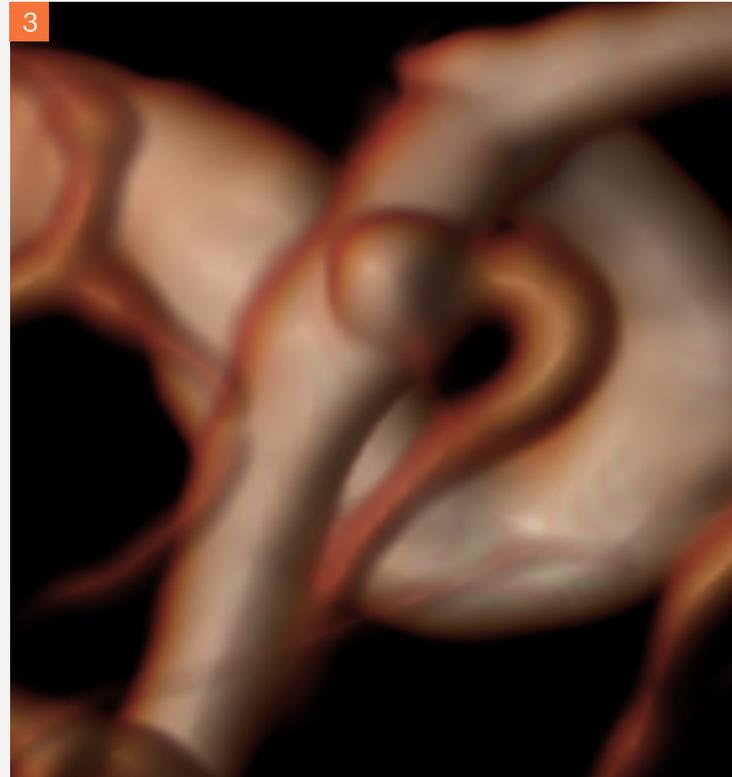
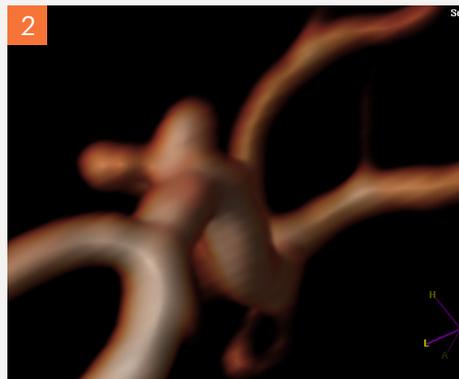


Angiographie-Serie einer
Dura-AV-Fistel
(4D-Track-Angiographie)

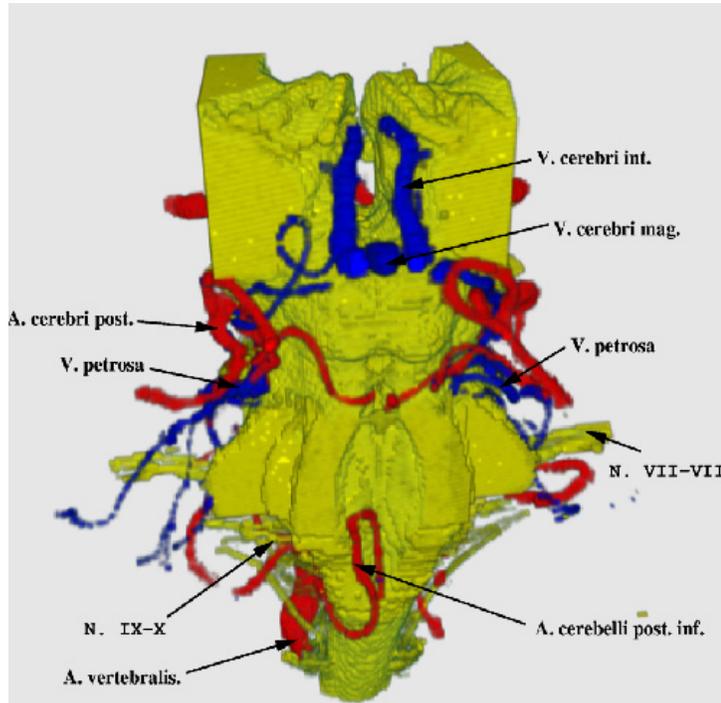
Die zuführenden Gefäße die
von der Dura kommen, sind
durch rote Pfeile markiert.

Der Nidus (gelber Pfeile) und
die abführenden Gefäße
(grüne Pfeile) sind entspre-
chend hervorgehoben.

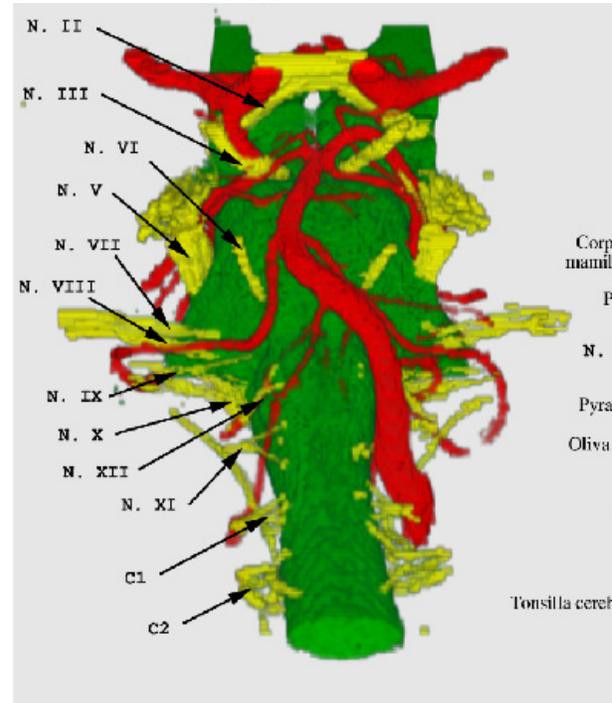
KOPFUNTERSUCHUNG
GEFÄSSE MIT ENDOSKOPIE



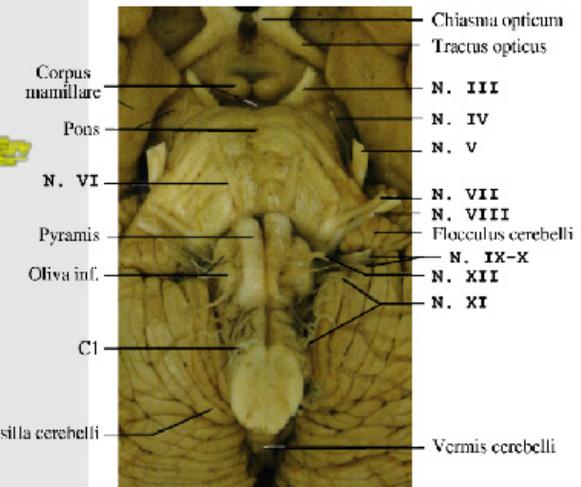
ANATOMIE DES HIRNSTAMMES



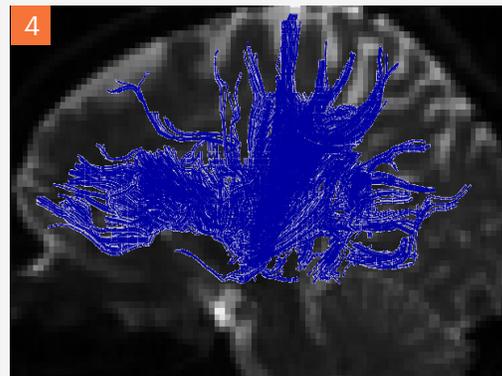
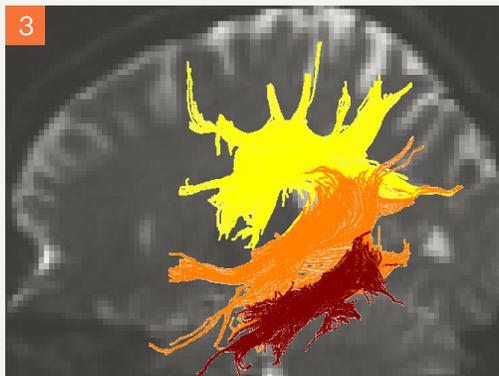
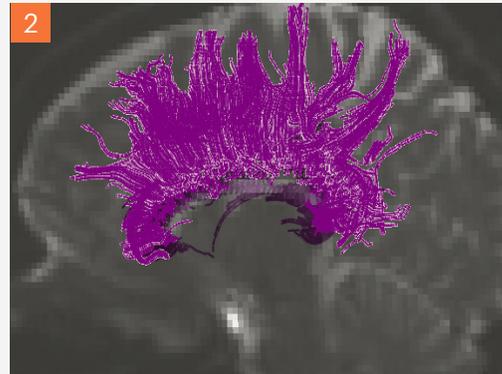
Visualisierter 3D-Clipped-Datensatz mit separater Darstellung von Arterien und Venen durch unterschiedliche Farbkodierung der Teilvolumina



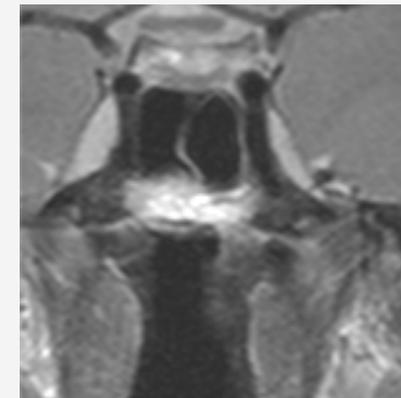
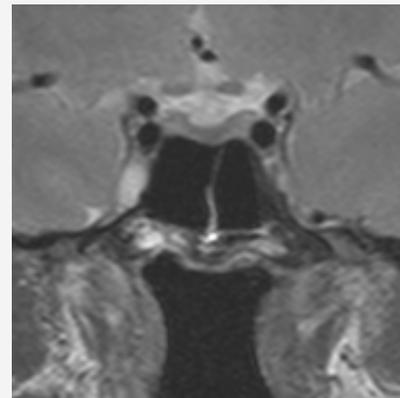
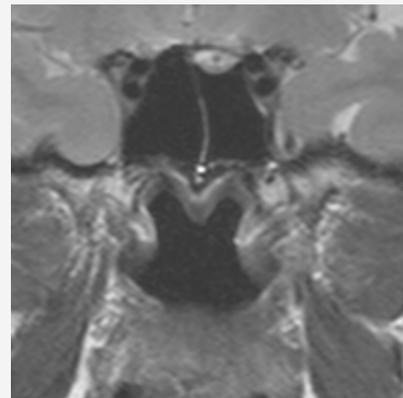
Vergleich eines visualisierten 3D-Clipped-Datensatzes des Hirnstammes mit einem anatomischen Präparat



TRAKTOGRAFIE
DARSTELLUNG VERBINDUNGSFASERN



NASENNEBENHÖHLEN & SCHÄDELBASIS



Alternative zur
CT-Untersuchung

HALSBEREICH

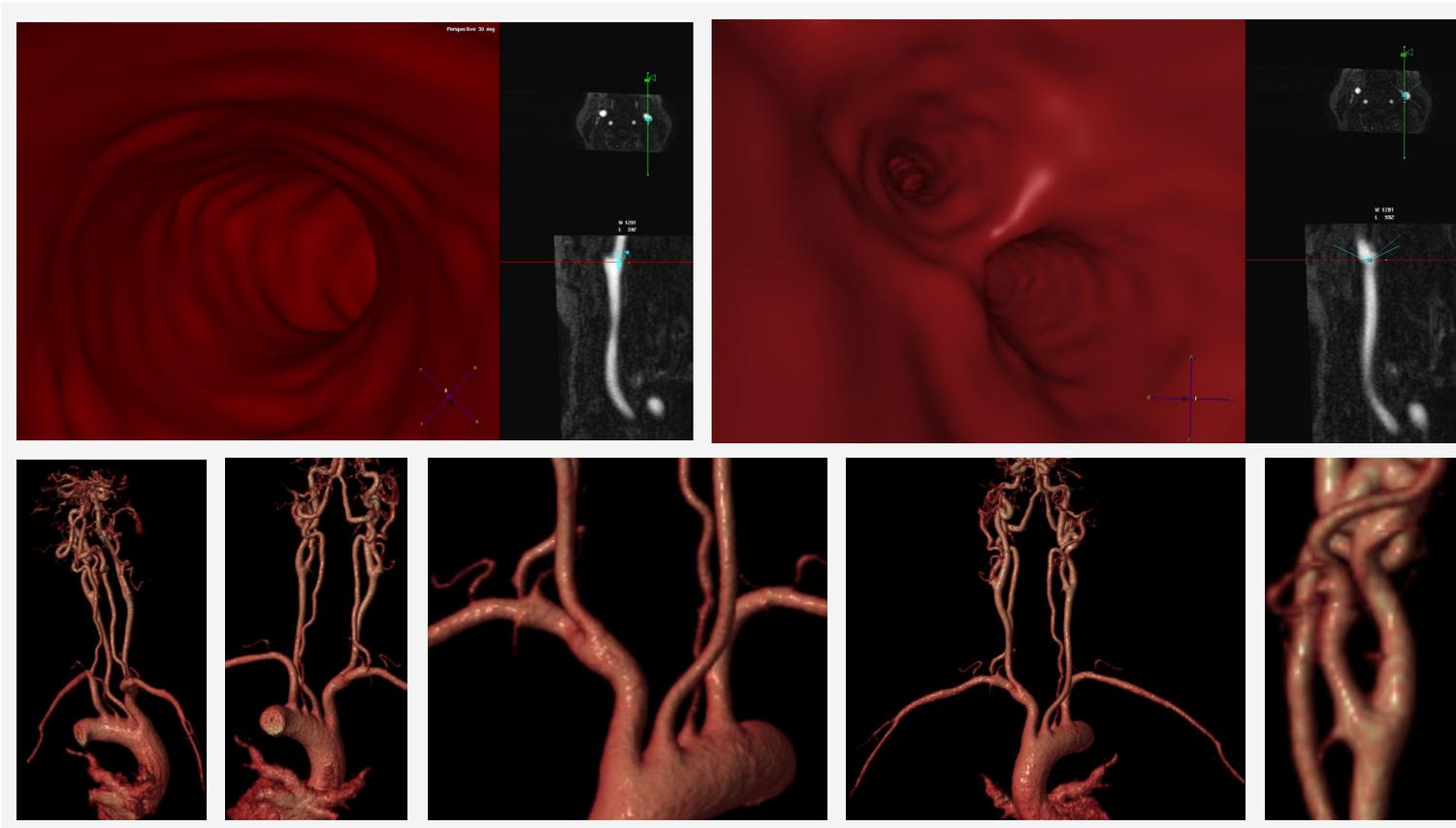
Die Halsweichteile können sowohl mit MRT als auch CT untersucht werden, wobei MRT-Untersuchungen in einem höheren Maße die Zusammenarbeit mit dem Patienten erfordert und deutlich länger dauern als CT-Untersuchungen. CT-Untersuchungen des Halses vermitteln ausschließlich morphologische Informationen. Weder kann die KM-Dynamik wegen der relativ hohen Organdosis der Schilddrüse aus strahlenschutzrechtlichen Gründen durch Untersuchungswiederholungen genutzt werden noch sind Aussagen zur Malignität über rein morphologische Kriterien hinaus möglich.

Mittels Diffusion können im MRT zudem Zwischenzellfunktionen und -zustände erfasst werden. Durch moderne individuelle Nachverarbeitungssoftware können anatomische Strukturen segmentiert und 3-dimensional und gut unterscheidbar dargestellt werden.

Indikationen sind neben Tumoren des Schlundes (Pharynx), der Mundhöhle sowie der Speicheldrüsen vor allem neurologische Syndrome und Schmerzsymptome sein da alle Gefäßnervenverbindungen im Halsbereich präsent sind und somit betroffen sein können. Das klinische Spektrum kann von unklaren Schmerzen bis zu plötzlich auftretenden neurologischen Ausfällen z. B. bei Gefäßdissektionen (Einrissen der Gefäßinnenhaut bei schnellen und abrupten Halsbewegungen oder auch bei stumpfen Verletzungen) reichen.

Bei allen Untersuchungen des Halses liegt der Patient auf dem Rücken im Magnetzentrum und die Halsweichteile sind von Spulen bedeckt. Kontrastmittel ist hierbei unbedingt notwendig.

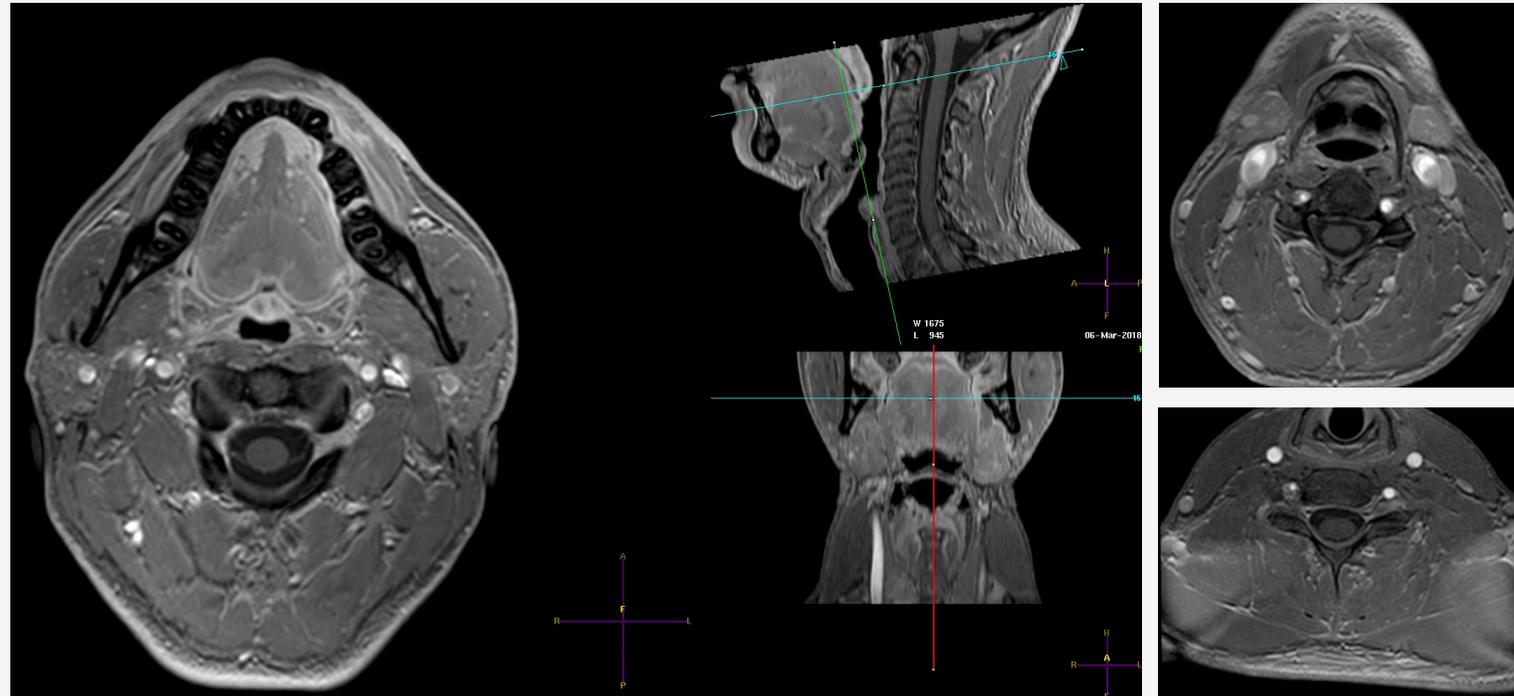
HALSUNTERSUCHUNG
GEFÄSSDARSTELLUNG



Oben:
virtuelle Endoskopie der linken Karotisbifurkation (gelber Kreis) mit vergrößertem Internaeingang (linkes Bild)

Unten:
3D-MR-Angiographie mit SSD mit Abgangstenosen beider Aa. vertebralis (gelbe Pfeile)

HALSUNTERSUCHUNG



3D-Thrive der Halsweichteile in Höhe des Zungengrundes, des Zungenbeines und des Kehlkopfs.
Mittig sind die sich aus dem Datensatz ergebenden Rekonstruktionen (3 Ebenen in 1 Untersuchung)

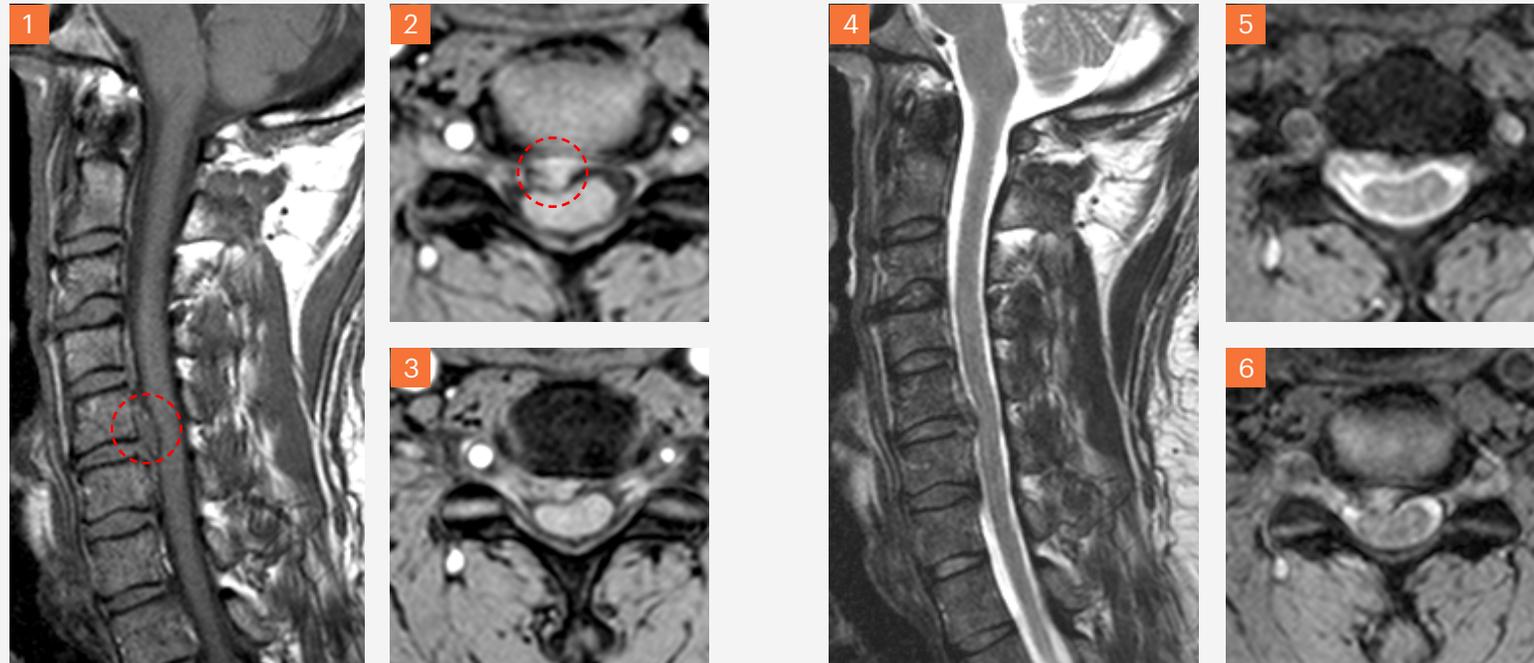
WIRBELSÄULE

Alle Erkrankungen des Rückenmarks oder seiner Häute sowie der Zwischenwirbelräume (Bandscheiben) stellen MRT-Indikationen dar, das heißt, dass diese unbedingt mit MRT untersucht werden sollten. Zum einen sind mit keiner anderen Methode die Strukturen und deren Veränderungen auch nur annähernd so aussagekräftig und detailliert darstellbar und zum anderen können zunehmend auch funktionale Systeme untersucht werden.

Es werden Verbindungen vom Gehirn und Rückenmark bis in die peripheren Nerven sowie die Nervenbündelungen - Plexus - im Hals und in der Axillarregion - Achselgegend - dargestellt, was unter anderem prognostische Aussagen zum Heilungsverlauf, z. B. bei Bandscheibenvorfällen und verengtem Spinalkanal - Stenosen - erlaubt.

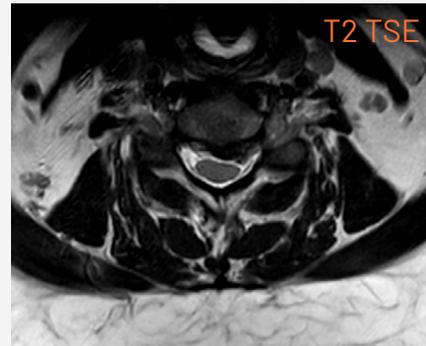
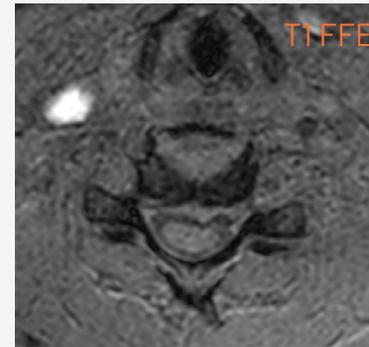
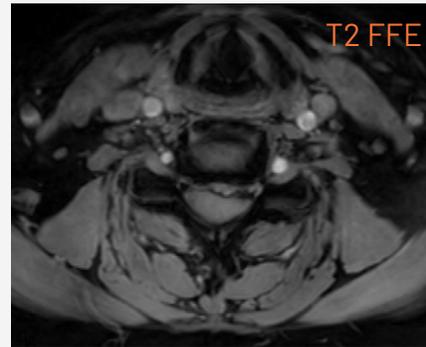
Außerdem kann die Wirbelsäule mit speziellen Vorrichtungen auch unter Bewegung untersucht werden. Außer bei primär knöchernen Veränderungen oder Unfallverletzungen oder allgemeinen Gegenanzeigen für ein MRT sollten CT-Untersuchungen deshalb vermieden werden. Bei HWS und BWS-Untersuchungen ist der Patient im Magnetzentrum, bei LWS-Untersuchungen liegt der Kopf am unteren Magnetende. In der Regel wird in Rückenlage und mit den Füßen voran untersucht wobei die Spule im Tisch integriert ist.

HALSUNTERSUCHUNG
ERSTE 3T-BILDER (2006)



1/4: T1-TSE/T2-TSE. Bandscheibenvorfall rechts (Kreis). 2-3: T1-GRE. Die axialen Bilder zeigen ein Kompression der C6 Wurzel rechts und eine beginnende Kompression des Rückenmarks. 5-6: T2-TSE.

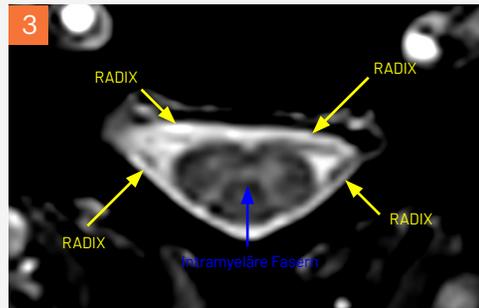
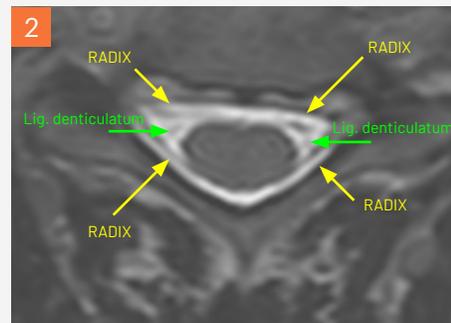
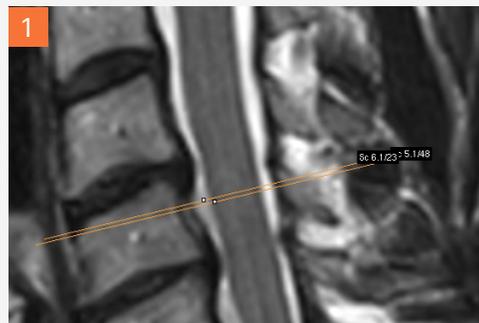
HALSWIRBELSÄULE
KONTRASTOPTIMIERUNG



HWK 5/6:
mediolateraler BSV sowie Protrusion 6/7
Sagittales T2-Bild sowie axiales T1-FFE
sowie axiale T2-TSE und T2-FFE

Randständig verkalkte BSV ohne knöcherne
Veränderungen was das T1-FFE und das T2-
FFE gut dokumentieren im Gegensatz zum
T2-TSE das wiederum die Nervenwurzeln
hervorragend darstellt.

HALSWIRBELSÄULE

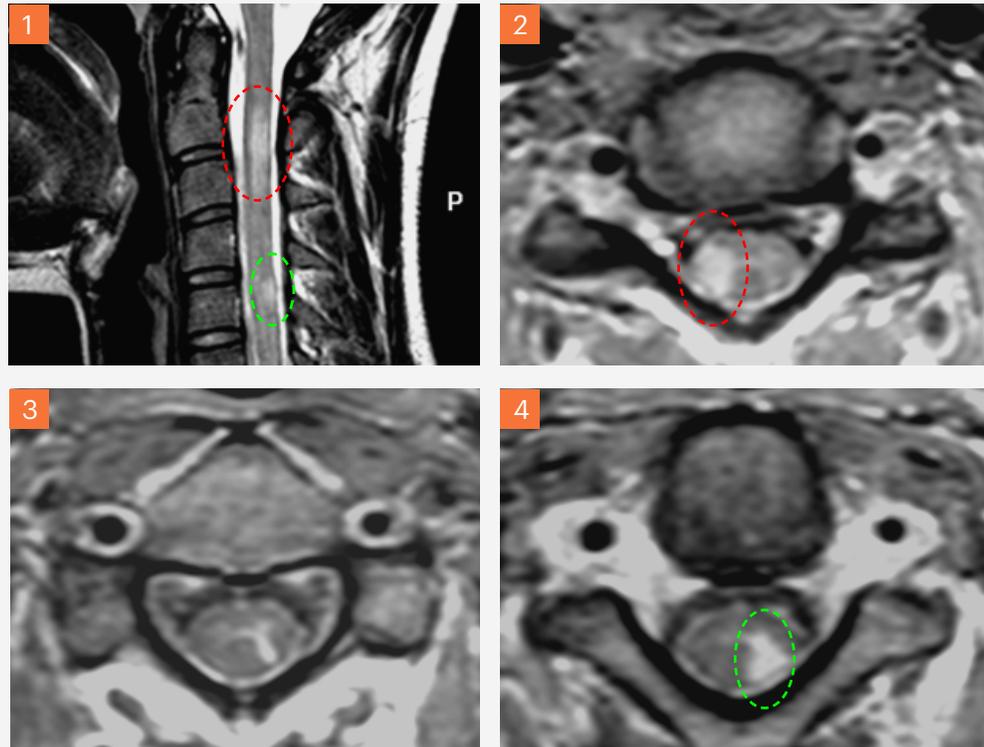


Schloss Werneck

T2 - TSE, 180° refokussiert;
0,6 x 0,6 x 2,0 mm;
60 Slices (2/-1);
Messzeit - 2:44

Nur bei einwandfreier Bildqualität sind
die wichtigen Details erkennbar!

UNTERSUCHUNG
HALSWIRBELSÄULE (HWS)

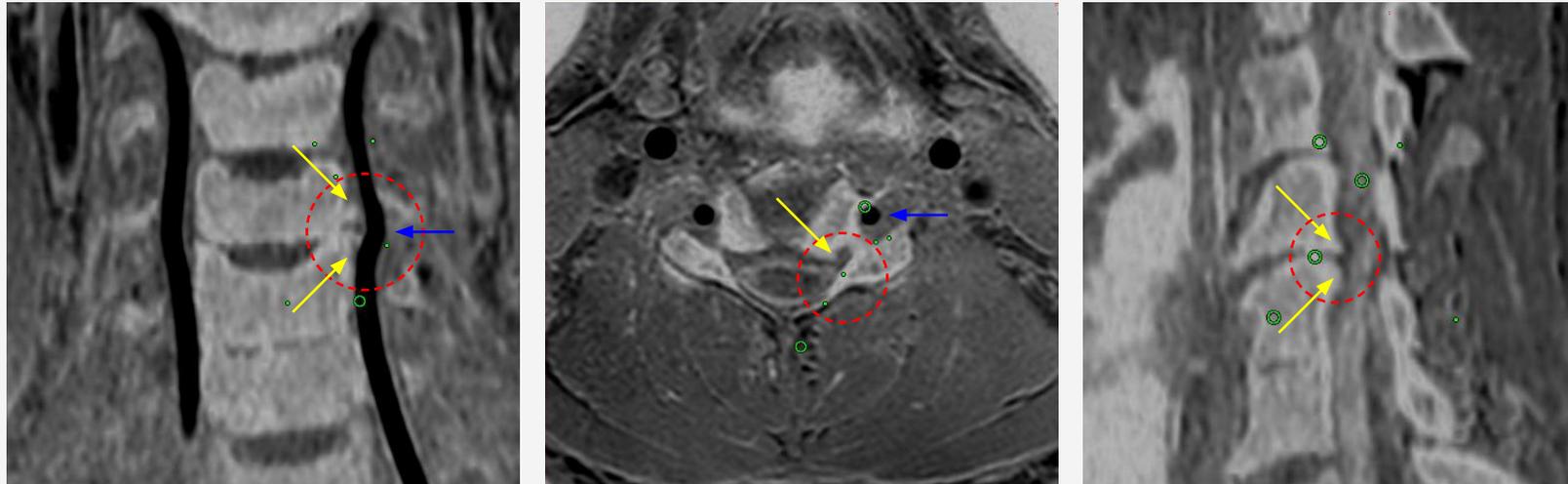


Kontrastoptimierung des
Rückenmarks

1: T2-TSE. Sagittal image
demonstrate multiple intra-
medullary lesions.

2-3: T1-GRE.
Multiple lesions of the ante-
rior and posterior horns of the
spinal cord after Gd-DPTA.

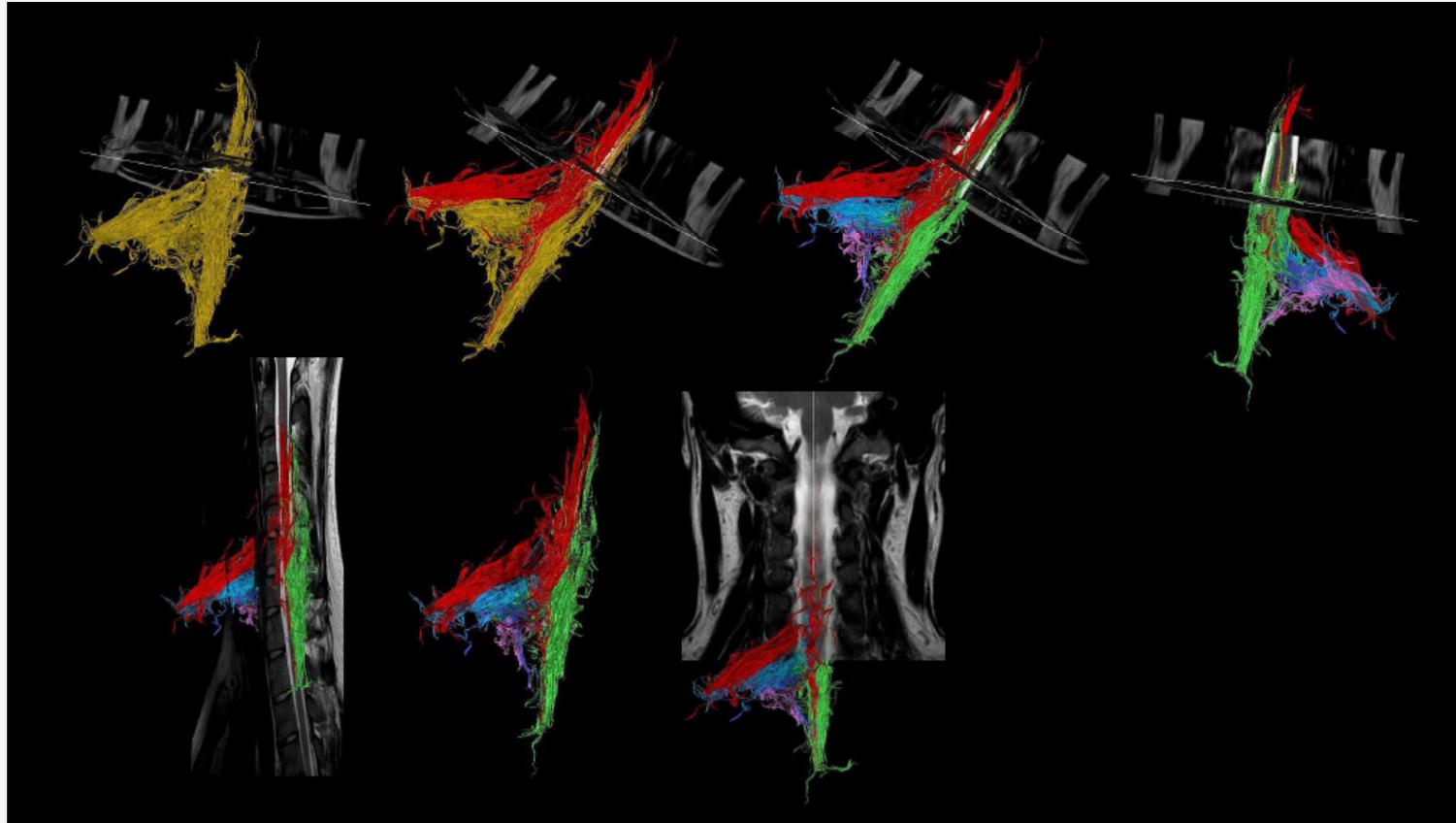
UNTERSUCHUNG
HALSWIRBELSÄULE



MRT wie CT = Hybrid-Technik:

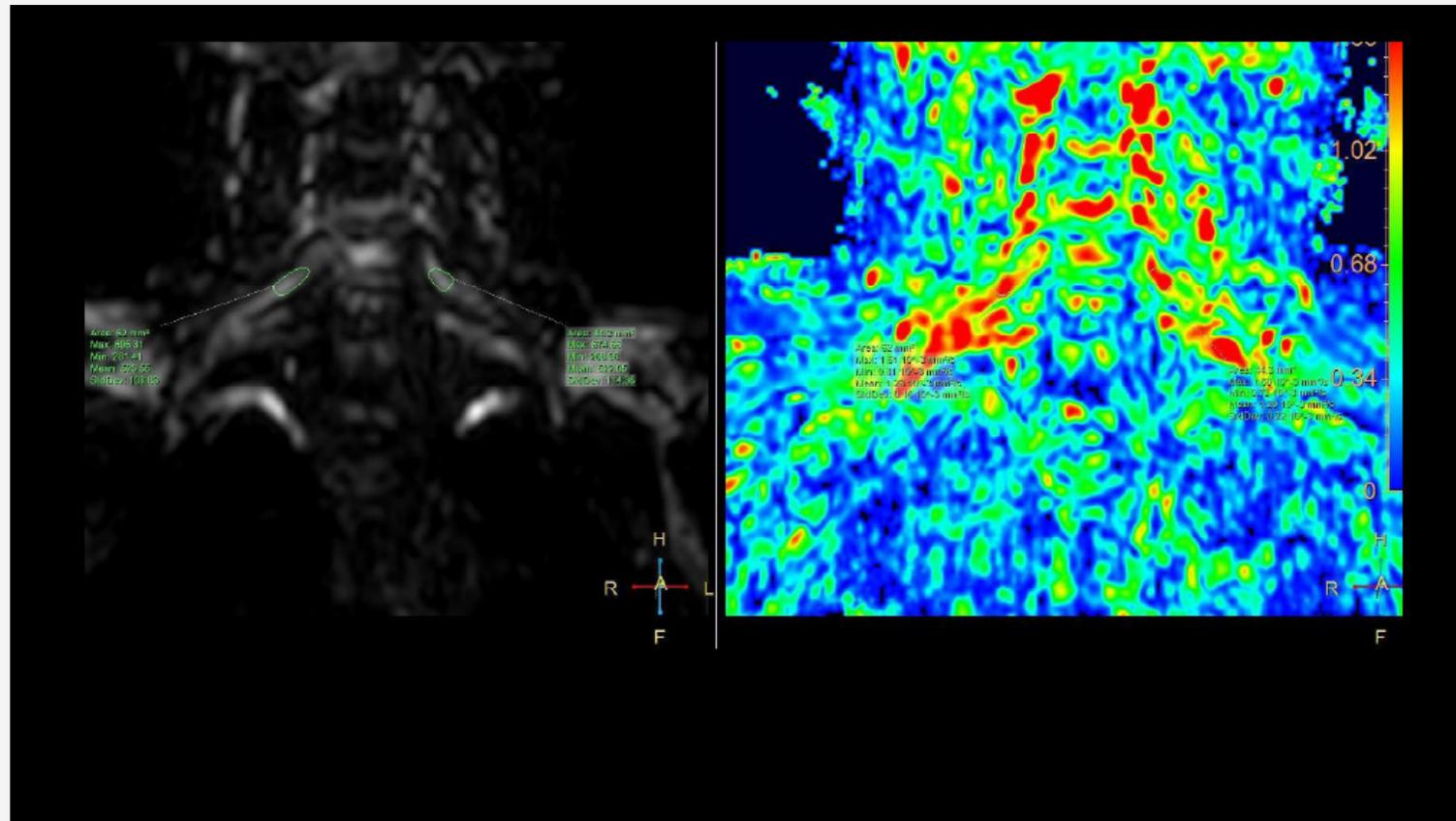
Details sind sichtbar – Unkarthrose links mit C5-Foramenstenose und initialer C5-Wurzelkompression (gelbe Pfeile). Die Angiographie ist quasi gratis dabei (A. vertebralis – blaue Pfeile). Die Grundlage ist ein KM-loser 3D MRT-Datensatz: inplane Auflösung 1 x 1 mm, Schichtdicke 1 mm, Messzeit unter 4 Min.

DTI - FASERSEGMENTE (C6-8)



DTI: Faserdarstellung der
Segmente C6-8 rechts

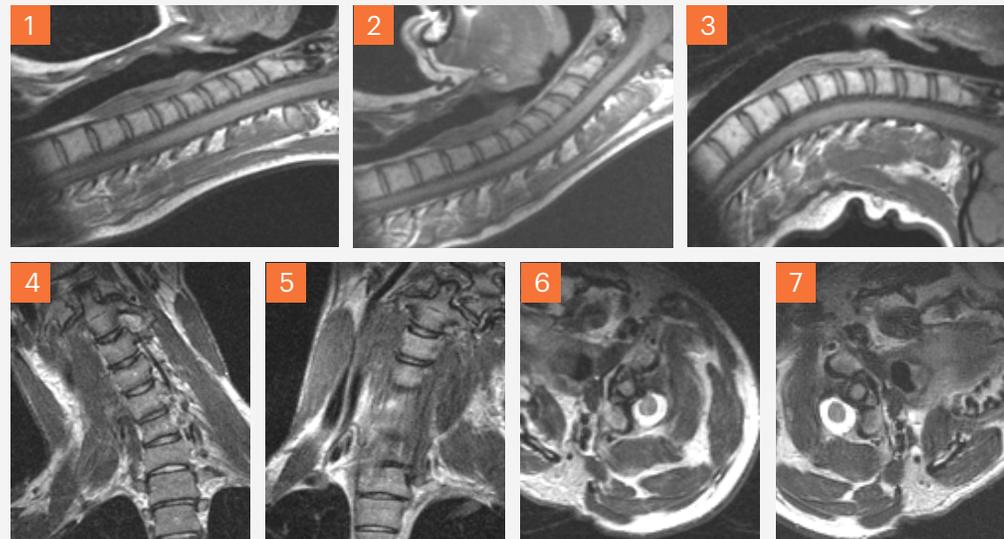
DTI - AXIALE DIFFUSIBILITÄT (C6-8)



DTI: axiale Diffusibilität das Segmente C6-8.

Messungen der C6-Wurzeln (rechts 1,23 und 1,29 x 10⁻³mm²/s) sind seitengleich.

FUNKTIONSUNTERSUCHUNG



1: Neutrale Stellung; 2: Inklination; 3: Reklination;
4-5: Lateralflexion; 6-7: Rotation

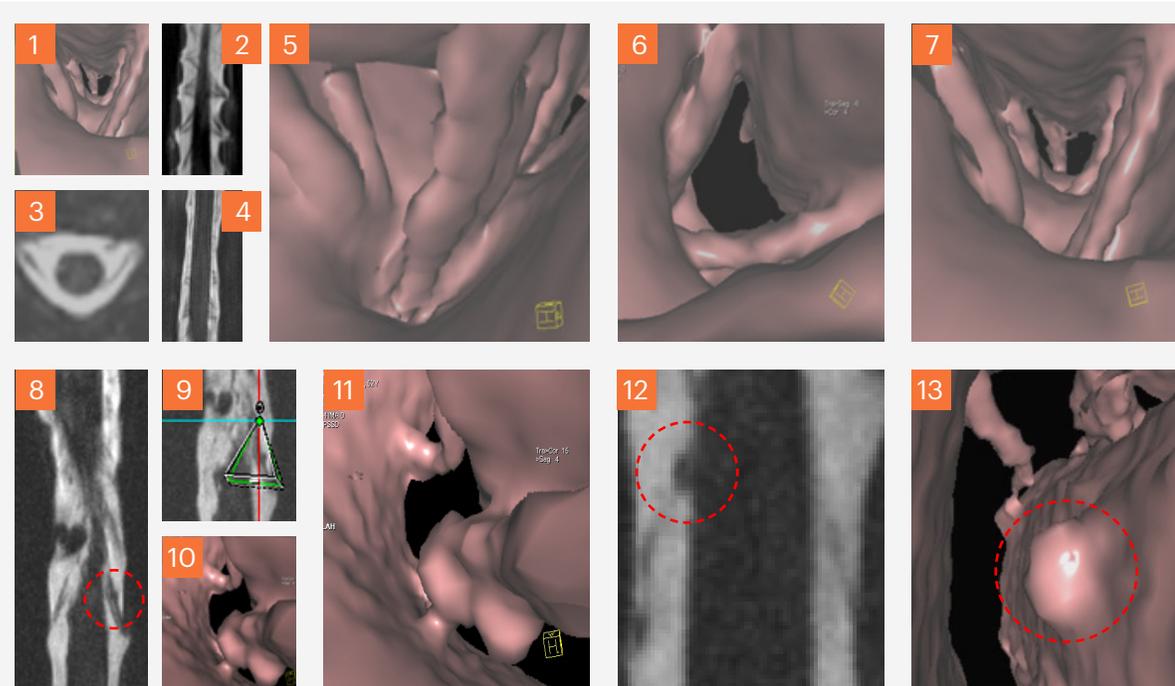
KINETIK



1: Nur in Reklination stellen sich die Wirbelkörper-
verschiebung sowie der Bandscheibenvorfall dar.

2: Normales MRT
in Inklination

HALSWIRBELSÄULE
ENDOSKOPIE DES SPINALKANALS



1-3, 8-9 and 12: 3D-Rekonstruktion; 4-7, 10-11 and 13: Virtuelle Endoskopiedarstellung

GEFÄSSVERÄNDERUNG
DES SPINALKANAL



3D-Darstellung einer zervikalen Dura-AV-Fistel (mit dem Liquorbild im Hintergrund).

WIRBELSÄULE (HWS/BWS/LWS)



HWS: T2-TSE mit Normalbefund



HWS: T2-TSE mit initialer
Spinalkanalstenose (Pfeile)

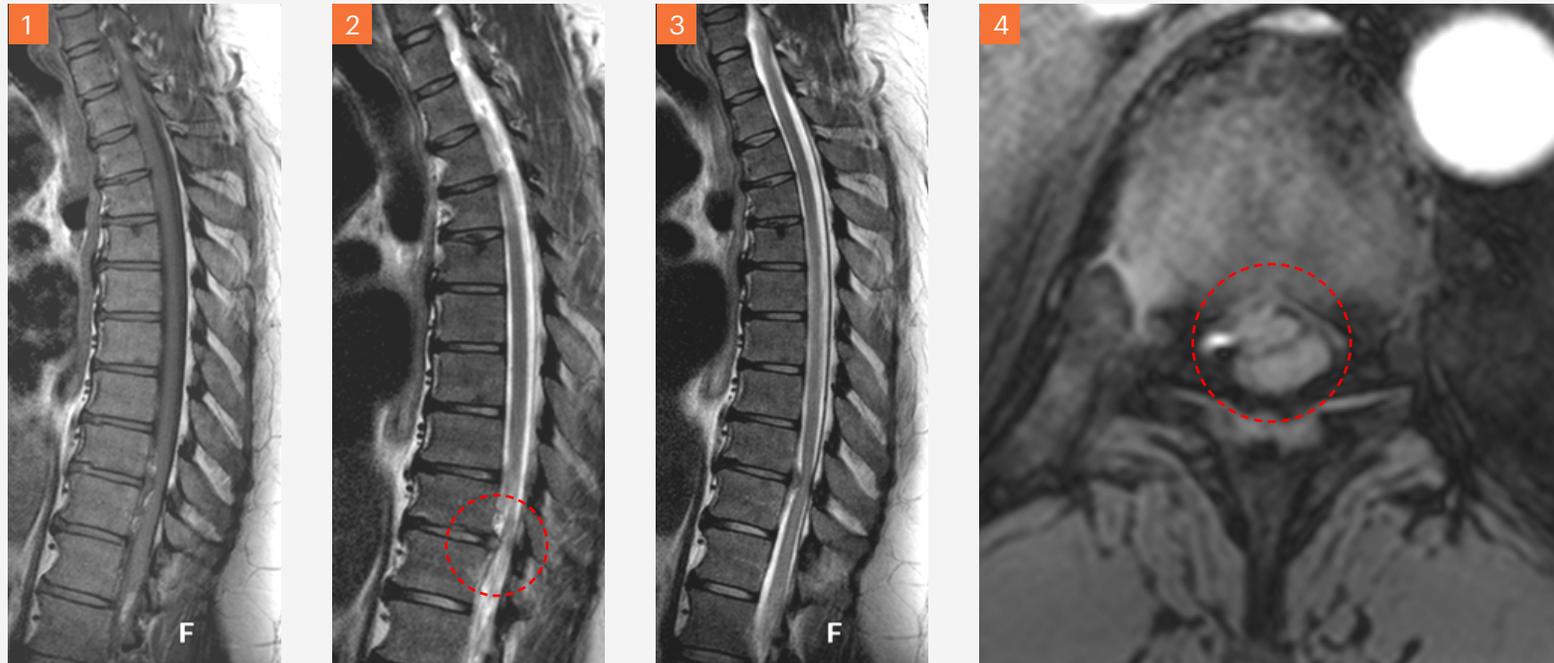


BWS: T2-TSE mit
Normalbefund



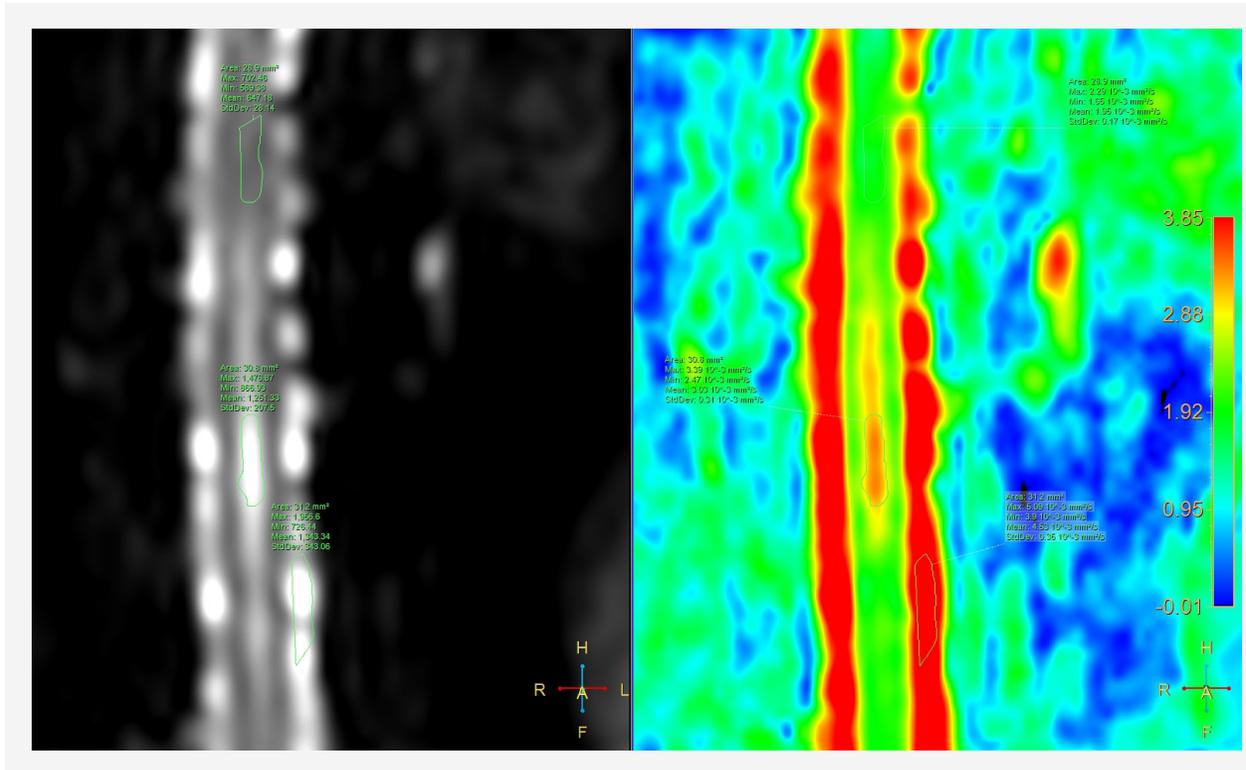
LWS: T2-TSE mit
Normalbefund

UNTERSUCHUNG
BRUSTWIRBELSÄULE



1-3: T1 und T2-TSE. Sagittale Bilder eines Bandscheibenvorfalles im Bereich der Brustwirbelsäule.
4: GRE. Im axialen Bild wird rechts die Vene durch den Massenvorfall komprimiert (heller Fleck).

BRUSTWIRBELSÄULE
FUNKTIONSUNTERSUCHUNG



DTI: axiale Diffusibilitäten von Syrxin $3,03 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$, normalen Myelon $1,95 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ und CSF $4,53 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ (Liquorraum) weisen unterschiedliche Werte auf was für eine erhöhte Leitungsgeschwindigkeit innerhalb der Syrxin spricht.

BRUSTWIRBELSÄULE
GEFÄSSDARSTELLUNG TEIL 1

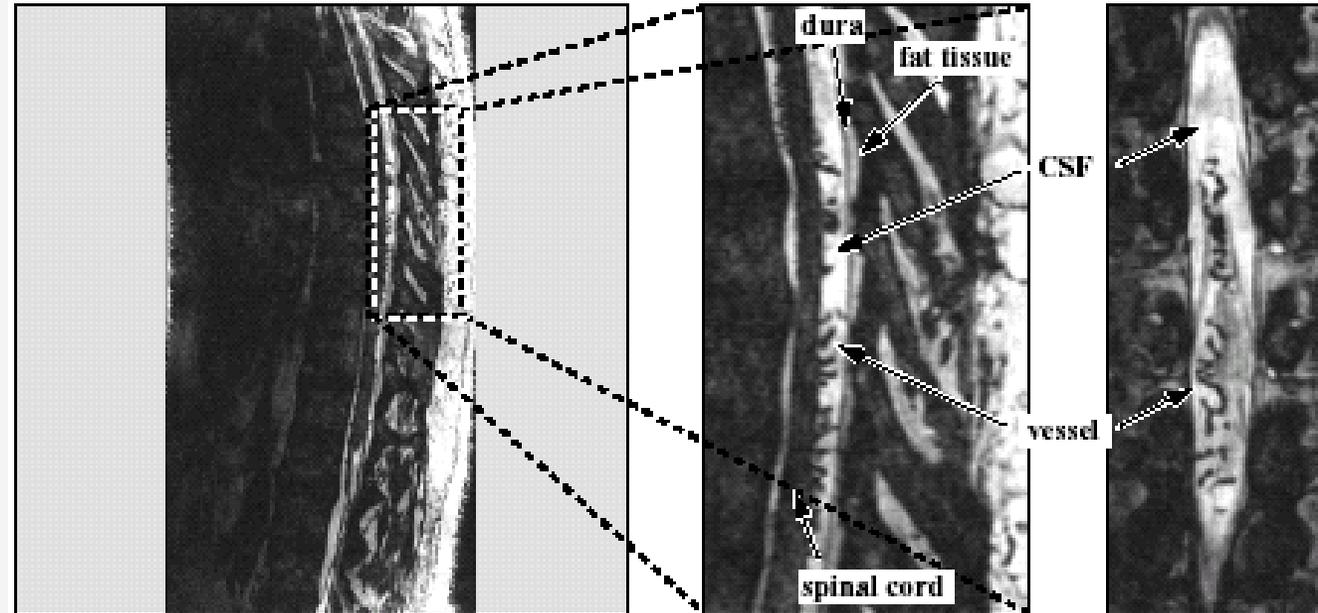


Abb. 1: Sekundäre multiplanare 2D-Rekonstruktionen eines 3D-CISS-Datensatzes

BRUSTWIRBELSÄULE
GEFÄSSDARSTELLUNG TEIL 2

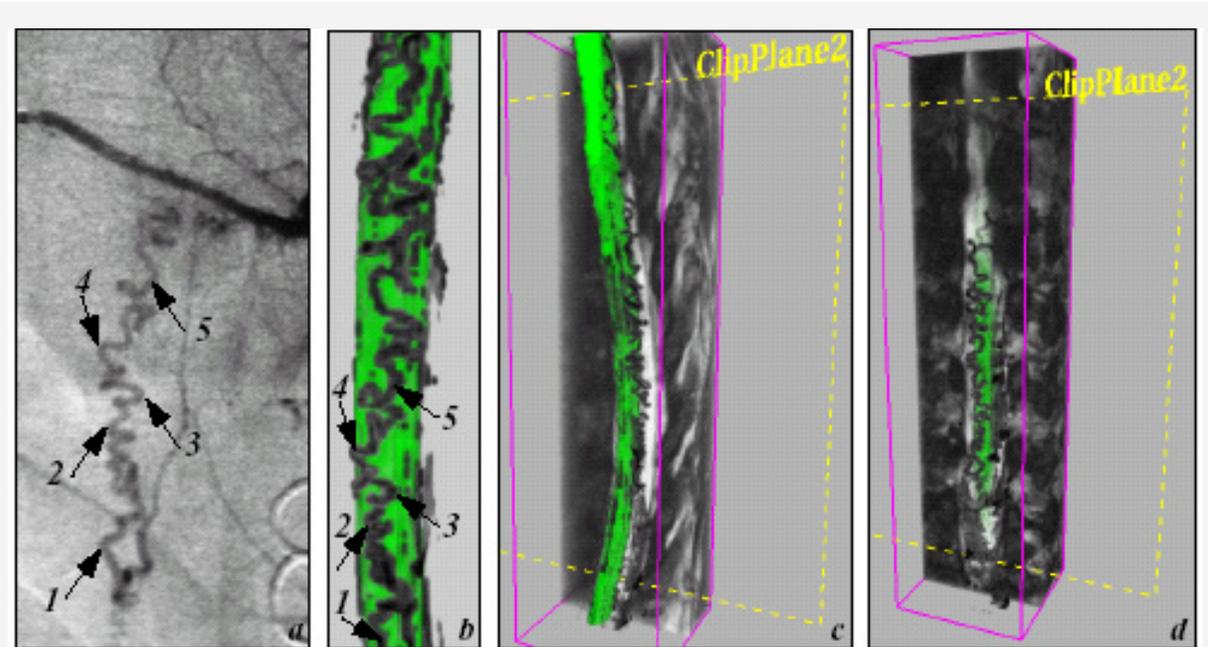
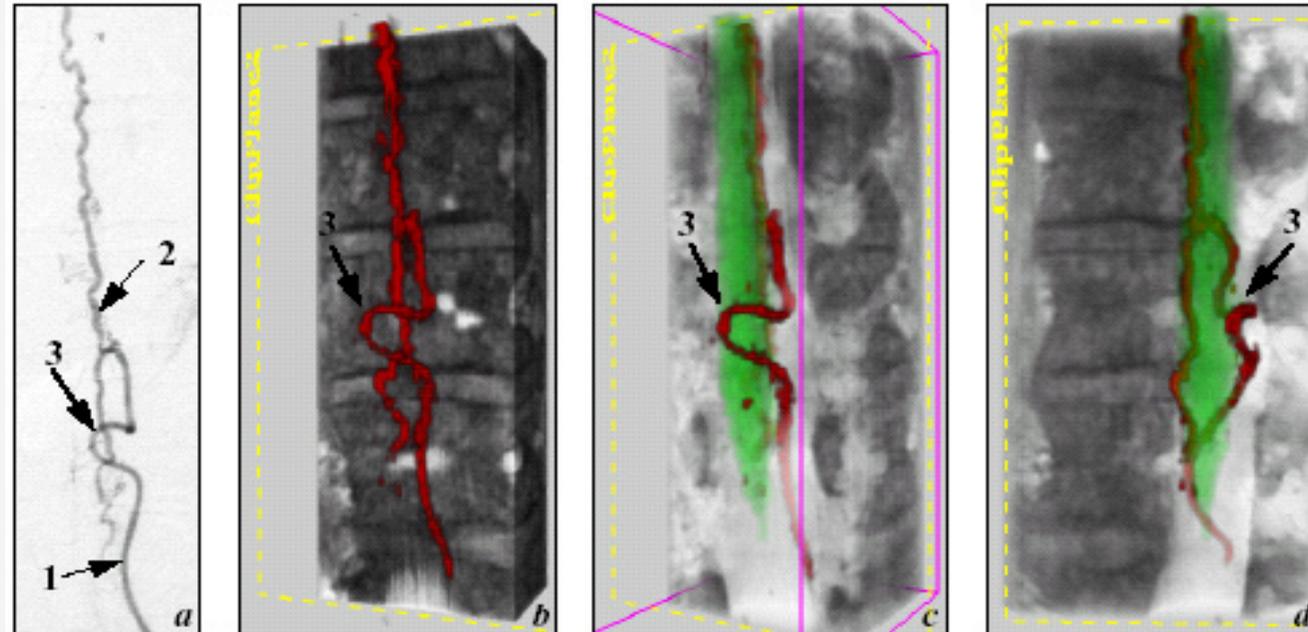


Abb. 4: Verbesserte Visualisierung eines 3D-CISS-Datensatzes bei dAVM durch geeignete Wahl von Clipsebenen im Vergleich mit DSA

BRUSTWIRBELSÄULE
GEFÄSSDARSTELLUNG TEIL 3



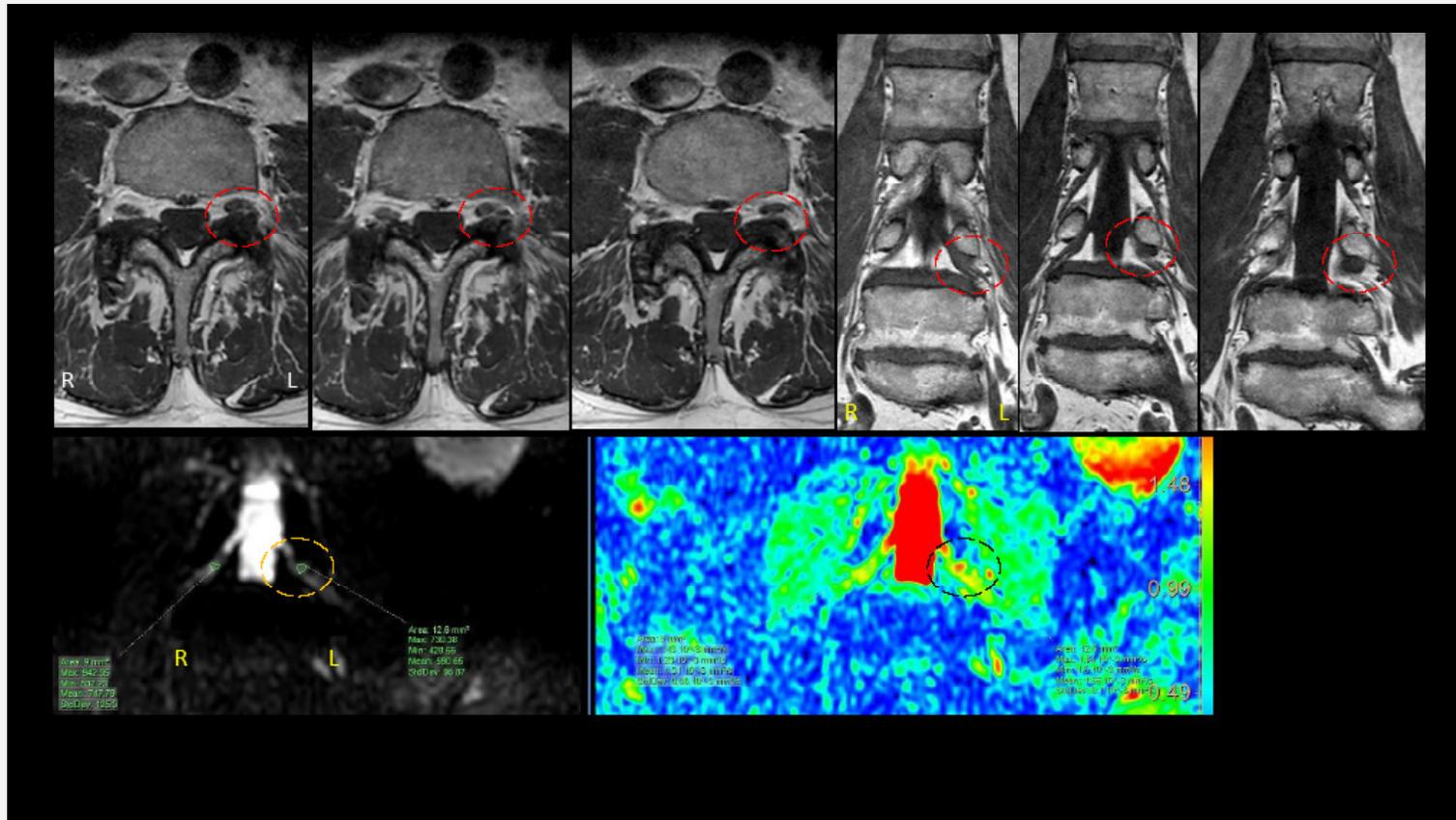
Durale arteriovenöse - Malformation (DAVM). Vergleich von invasiver Angiographie - DSA (a) und virtuelle Angiographie mit einer direkten Volumen Rendering Technik (VRT b-c).

LENDENWIRBELSÄULE



1-4: T1-TSE. Die sagitalen Bilder zeigen einen sequestrierten Bandscheibenmassenvorfall im Segment LWK 4/5 mit Verlagerung des Ligamentum longitudinale. 3-4: T2-TSE.

LENDENWIRBELSÄULE - STENOSE



Stenose des linken
L3-Foramens:

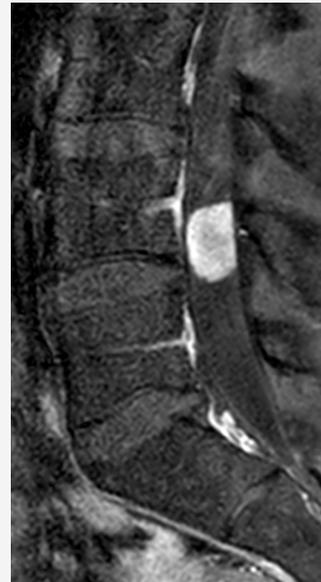
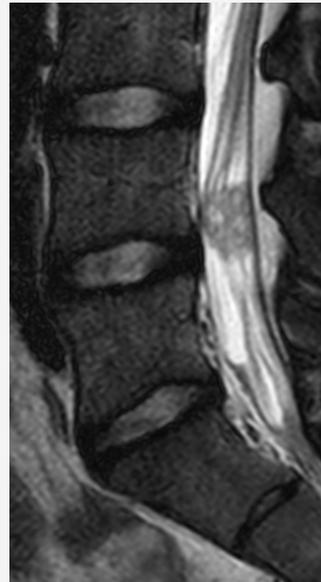
obere Reihe links - axiale
T1-TSE, obere Reihe rechts
koronare T1-TSE.

Untere Reihe DTI mit $B=800 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$.

Intraforaminal erscheint
die axiale Diffusibilität der
linken Seite im Bereich
der L3-Foramenstenose
signifikant gegenüber der
rechten Seite erhöht (linke
Seite: 1,31 und rechte Seite
1,66 $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$).

Die Läsionen sind durch
Kreise markiert.

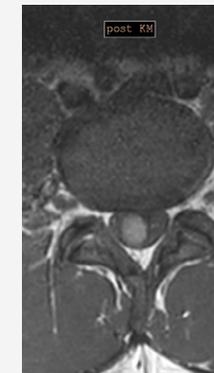
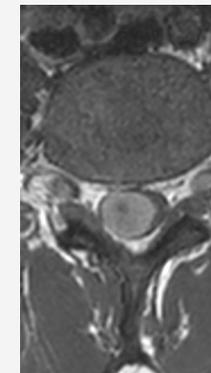
LENDENWIRBELSÄULE



Intraduraler TU mit KM-Enhancement aber ohne topographische Wurzelbeziehung.

Sagittale Bilder: T2 und T1 nach KM

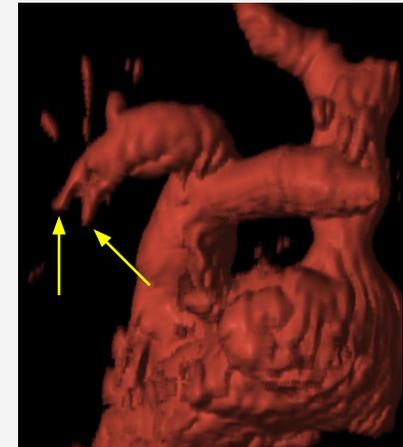
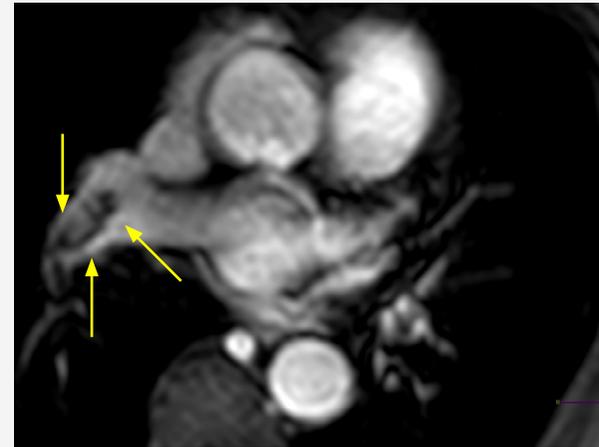
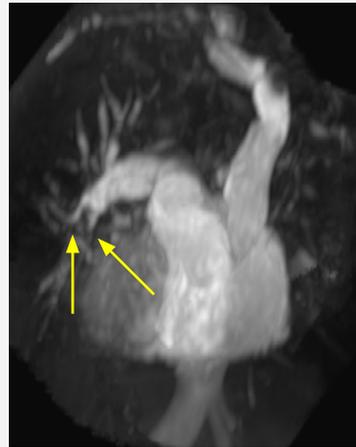
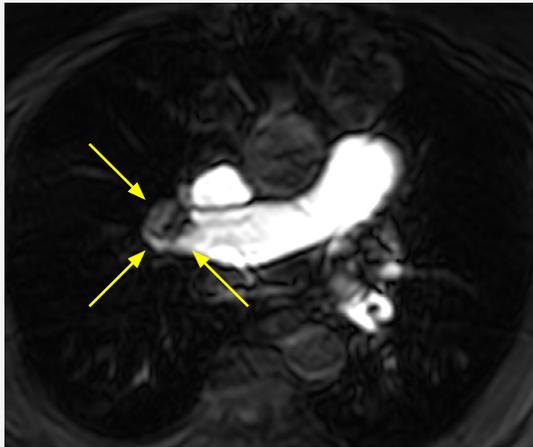
Koronares Bild und axiale Bilder: T1 nach KM



THORAX

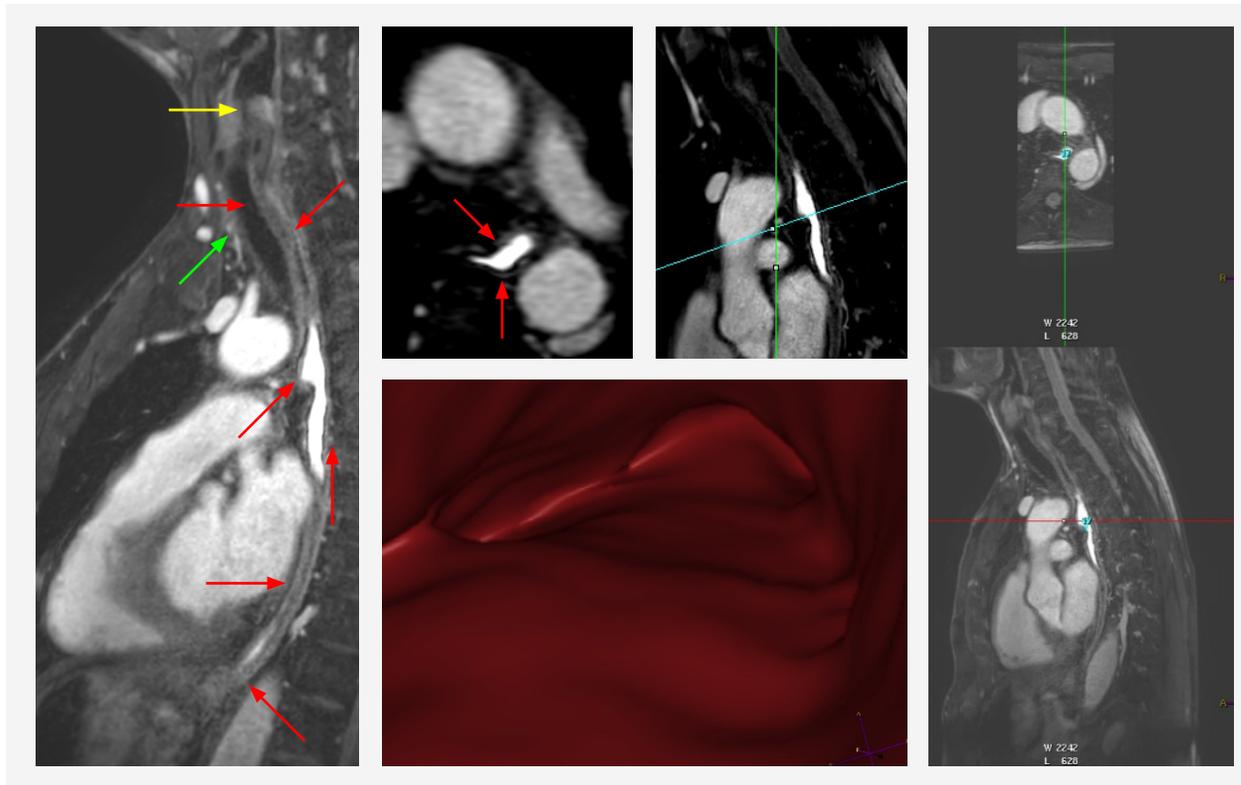
Die Brusthöhle wird in der Regel mit CT untersucht wobei Lungengerüsterkrankungen die Hauptindikationen darstellen. Aber auch mittels MRT kann die Brusthöhle aussagekräftig dargestellt werden. Insbesondere können Lungengefäße, das Mediastinum (Mittelfellraum) sowie Pleura (Brustfell) und Brustwand dargestellt werden. Lungentumoren können ab einer Größe von 3 mm sicher erkannt werden. In der Regel liegt der Patient im Zentrum des Magneten in Rückenlage.

THORAXUNTERSUCHUNG



Thorax-MRT: umflossener Thrombus (gelbe Pfeile) des rechten Pulmonalhauptstammes am Übergang zur Unterlappenarterie in unterschiedlichen Zeitphasen (3D T1-Thrive mit MPR, MIP und SSD)

THORAXUNTERSUCHUNG



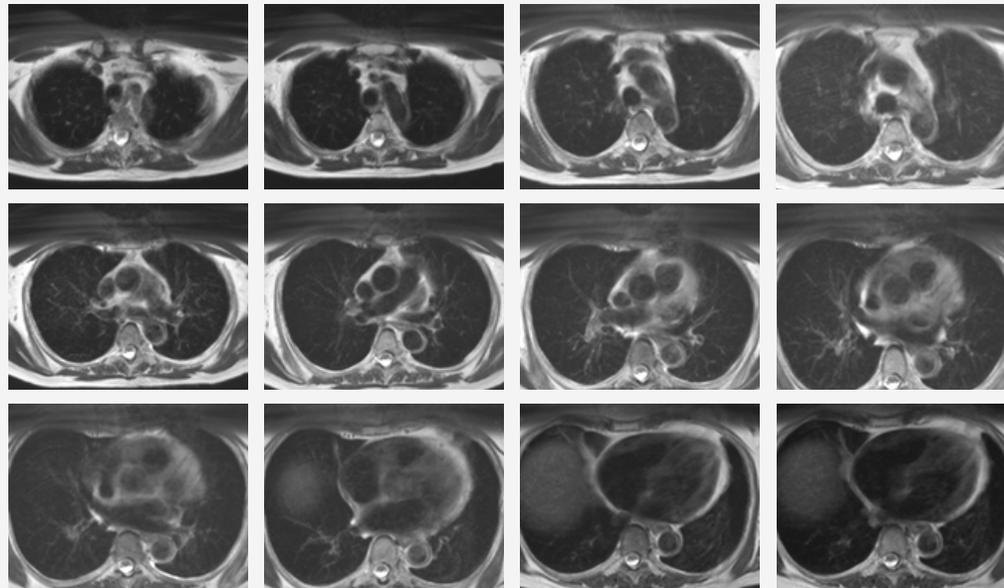
3D-Thrive des Ösophagus
mit EKG-Triggerung und
Schluckdynamik als MPR
und Endoskopie:

Pharyngo-ösophagealer
Übergang = gelber Pfeil

Trachealvorderwand =
grüner Pfeil

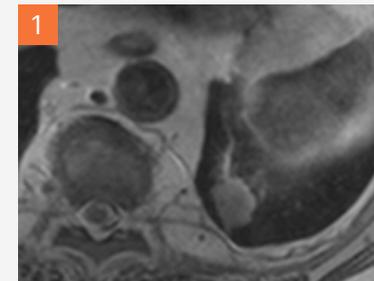
Ösophagusvorder- und
Hinterwand = rote Pfeile

LUNGENUNTERSUCHUNG

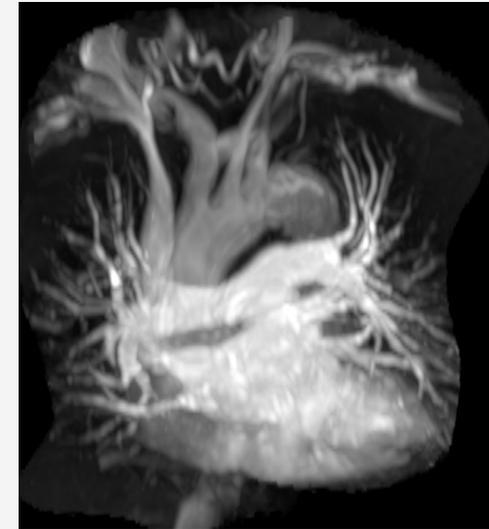
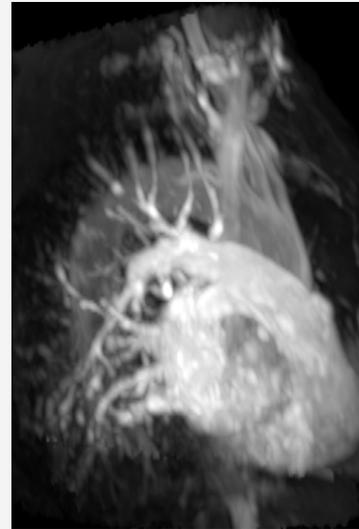
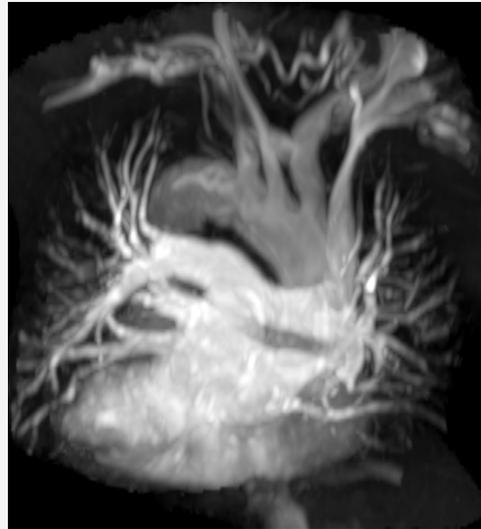
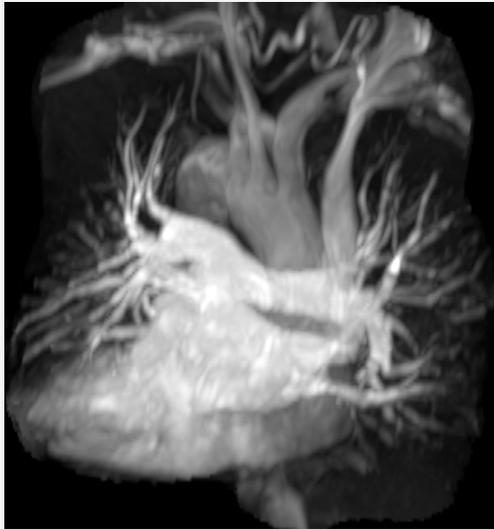


Axial T2-TSE: Screening.
Normales MRT.

- 1: T1-GRE. Tumor der Lunge.
- 2: FS T1-GRE. Enhancement des Bauchfells nach KM-Gabe.
- 3: Tumor versorgendes Gefäß.

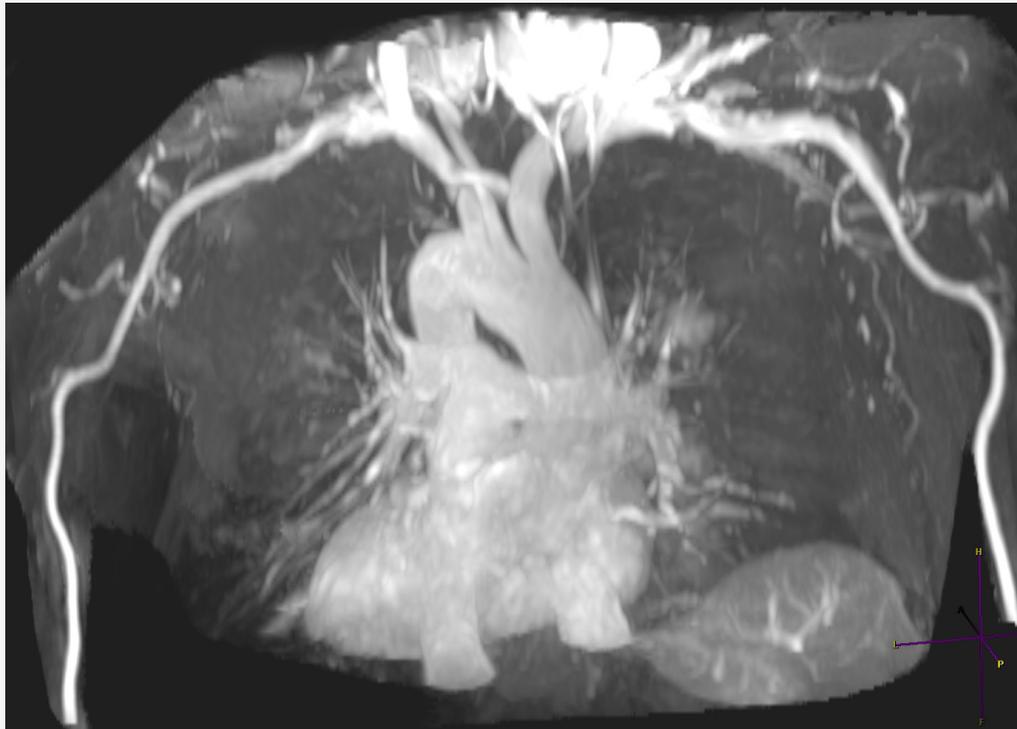


LUNGENUNTERSUCHUNG

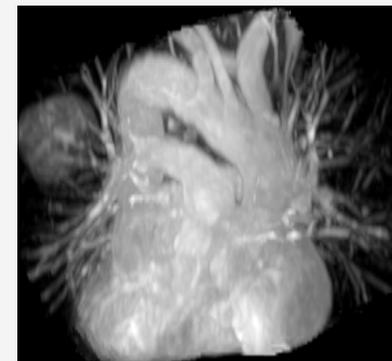
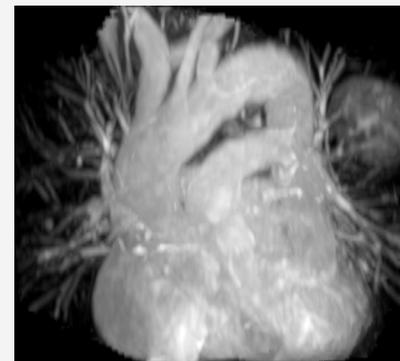
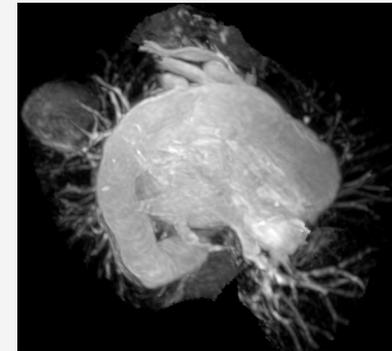
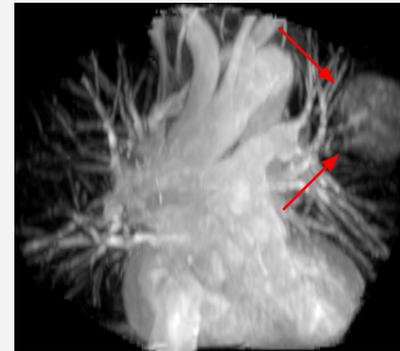


MIP: unterschiedliche KM-Dynamik bei früharteriellem Bolus

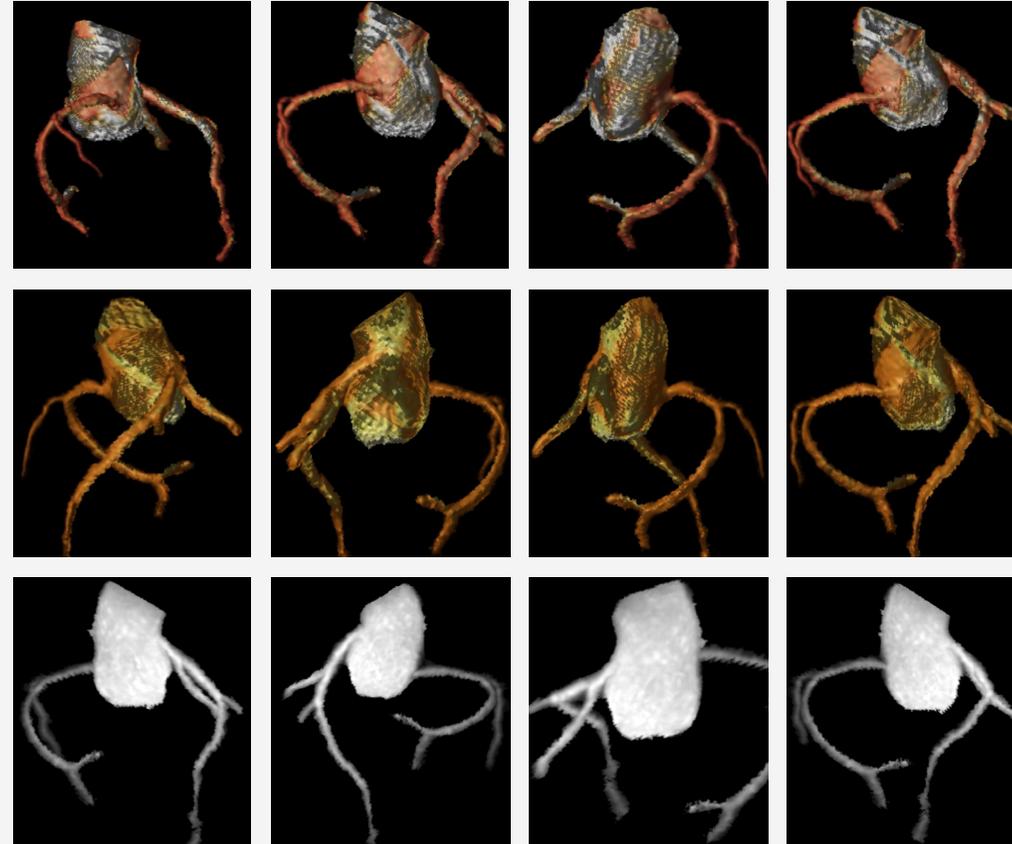
LUNGENUNTERSUCHUNG



MIP: großes Bronchial-CA (rote Pfeile)



UNTERSUCHUNG DER
HERZKIRKZGEFÄSSE



MR-Angiographie der
Koronararterien: SSD und
MIP. Die Hauptstämme und
Segmentarterien sind gut
darstellbar.

BECKEN

Für Untersuchungen des Beckens gilt in gleicher Weise das sowohl mit CT als auch MRT untersucht werden kann. Während aber Ultraschall sehr von den Untersuchungsbedingungen (vor allem vom Ausmaß des Luftgehaltes des Dünn- und Dickdarm) und der Erfahrung des Untersuchers abhängt und daher mehr einer allgemeinen diagnostischen Übersicht dient (von Spezialuntersuchungen abgesehen die aber mit Spezialsonden über Körperöffnungen vorgenommen werden müssen) erlauben CT und MRT eine sehr exakte und immer auch nachvollziehbare, standardisierte Bildgebung.

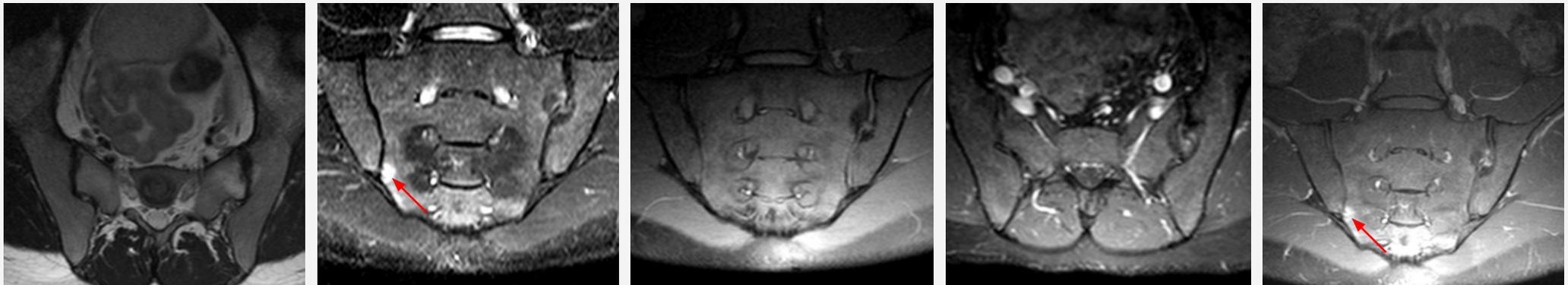
Indikationen können vor allem unklare Schmerzsyndrome und des Lumbal- sowie Sakralplexus neben Entzündungen und Tumoren sein. Bei Sportlern können oft auch entzündliche Veränderungen des Schambeins (Symphyse) oder Verletzungen der abgehenden Muskeln (Adduktoren) Indikationen für MRT-Untersuchungen sein.

Je nach Fragestellung kann es sinnvoll sein bei den Magen-/Darmtrakt zu kontrastieren. Eine Kontrastmittelgabe ist in der Regel sinnvoll. Der Patient liegt innerhalb des Magneten in Rückenlage, bei Platzangst kann auch mit den Füßen voran untersucht werden, wobei dann der Kopf außerhalb des Magneten verbleibt.

ILIOSAKRALGELENK (ISG)

Indikationen für Untersuchungen der Iliosakralgelenke (ISG) stellen vor allem entzündliche Erkrankungen des rheumatischen oder pararheumatischen Formenkreises dar sowie unklare Schmerzsyndrome dieser Körperregion. Untersuchungen des ISG sind immer eine primäre MRT-Indikation da nur so die spezifischen entzündlichen Veränderungen mit Hilfe dynamischer KM-Untersuchungen nachgewiesen werden können.

ILIOSAKRALGELENK



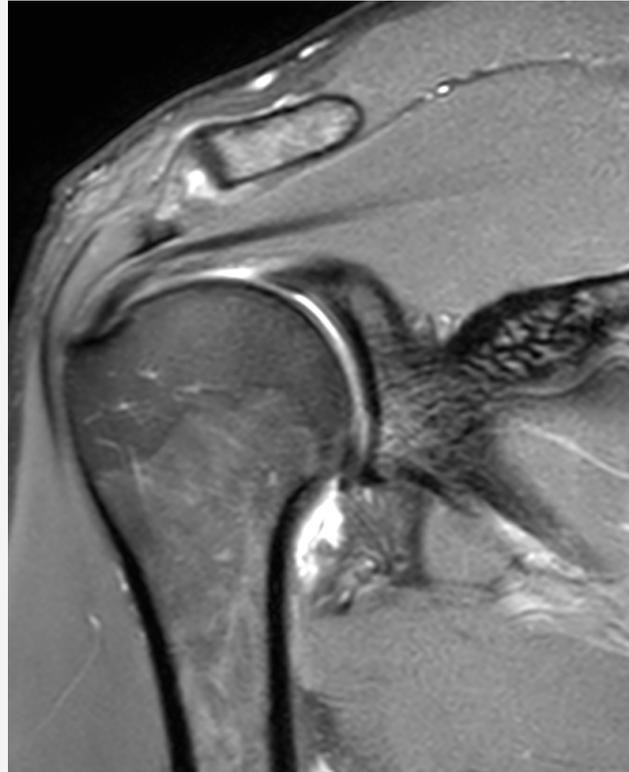
Sakroiliitis (heller Fleck = Hotspot).

SCHULTERGELENK

MRT-Untersuchungen des Schultergelenks sind bei unklaren Schmerzsyndromen, posttraumatisch (auch nach scheinbar belanglosen Fehlbewegungen können Verletzungen der die Schulter umgebenden Muskeln, der Rotatorenmanschette auftreten), bei Entzündungen und bei Tumorverdacht indiziert. Bei Schmerzsyndromen überlagern sich oft Schmerzen im Schulterbereich mit solchen im Bereich der HWS sodass hier das diagnostische Vorgehen vorher besprochen werden sollte. Doppeluntersuchungen sind zu vermeiden da sie die Untersuchungsdauer und das Auftreten bewegungsbedingter Artefakte erhöhen.

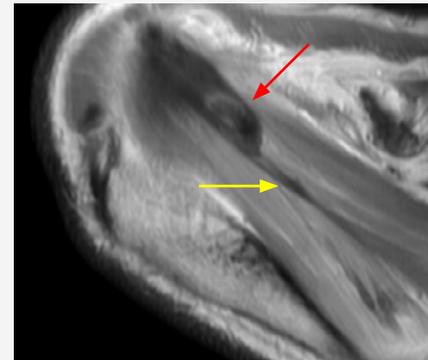
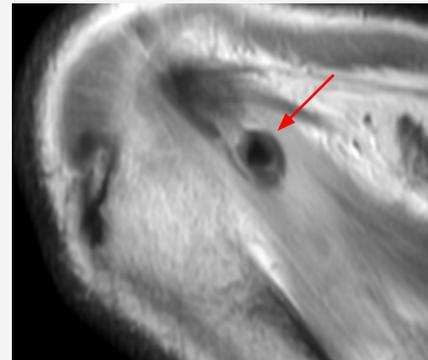
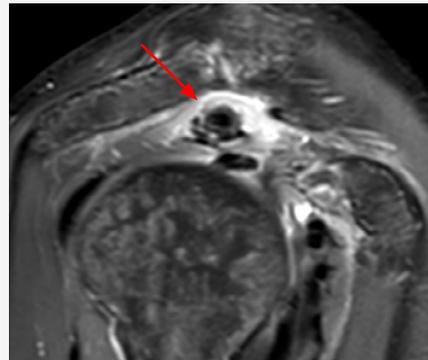
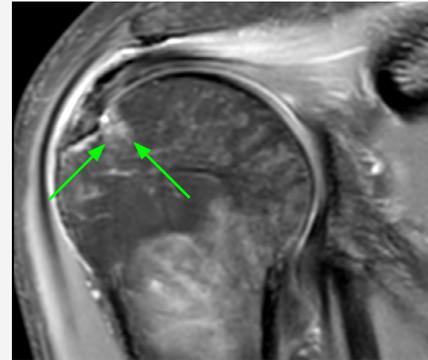
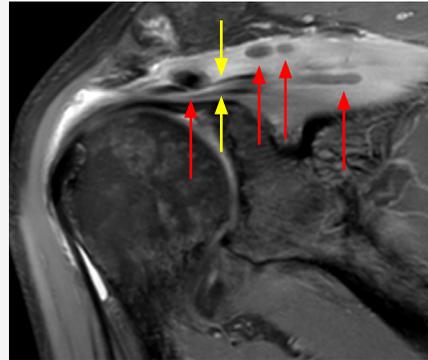
Untersucht wird in Rückenlage wobei die Spulen das Schultergelenk direkt abdecken. Der Patient liegt im Magnetzentrum mit dem Kopf voran.

SCHULTERGGELENK



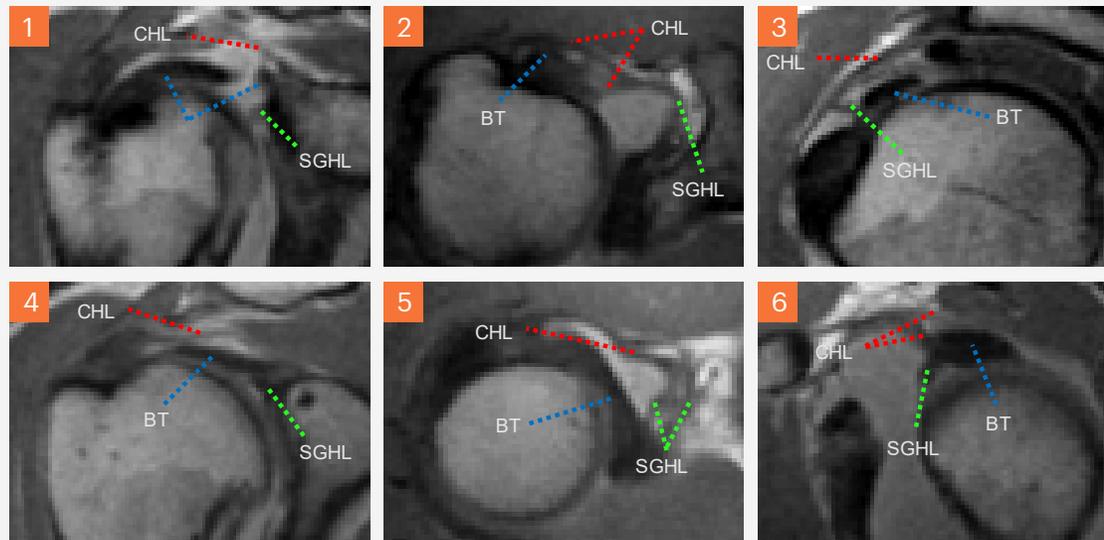
Schultergelenk: SPAIR mit initialer Tendinopathie der Supraspinatussehne (SSP)

SCHULTERUNTERSUCHUNG



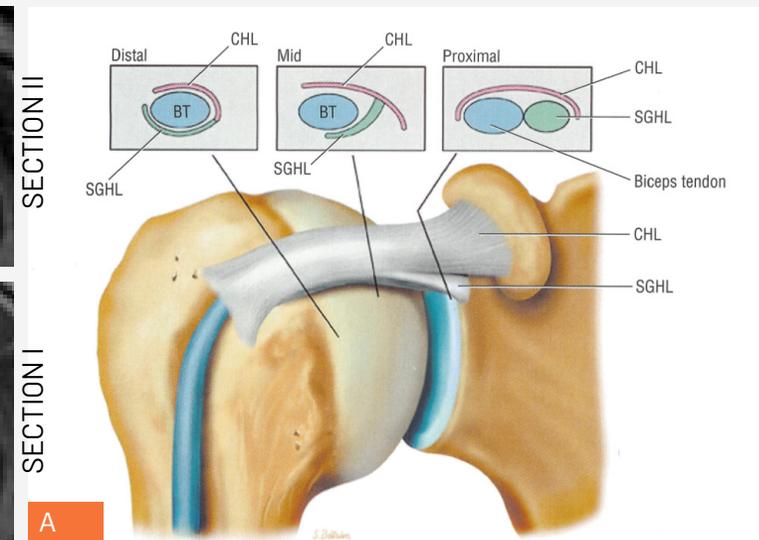
Tentinitis calcarea mit überwiegend intramuskulären Verkalkungszonen (rote Pfeile) entlang der Sehnenstränge angeordnet (gelbe Pfeile) mit reaktiver Ostitis des Tuberculum majus (grüne Pfeile).

SCHULTERUNTERSUCHUNG



A : Anatomieschema
3-4: Axiale Bilder

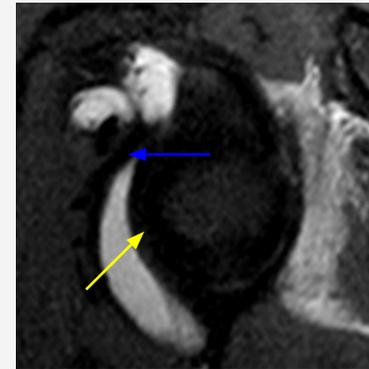
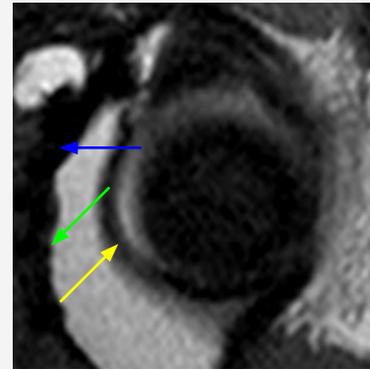
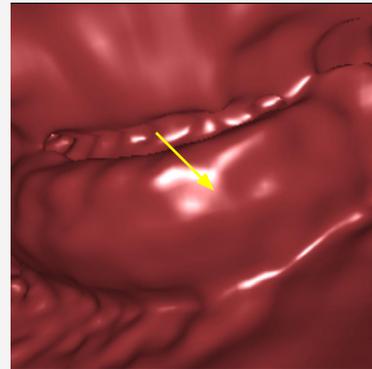
1-2: Koronare PD-TSE Bilder
5-6: Parasagittale Bilder



A

Anatomie der Bizepssehne (BT), coracohumerales Band (CHL) und oberes glenohumerales Band (SGHL).

SCHULTERUNTERSUCHUNG

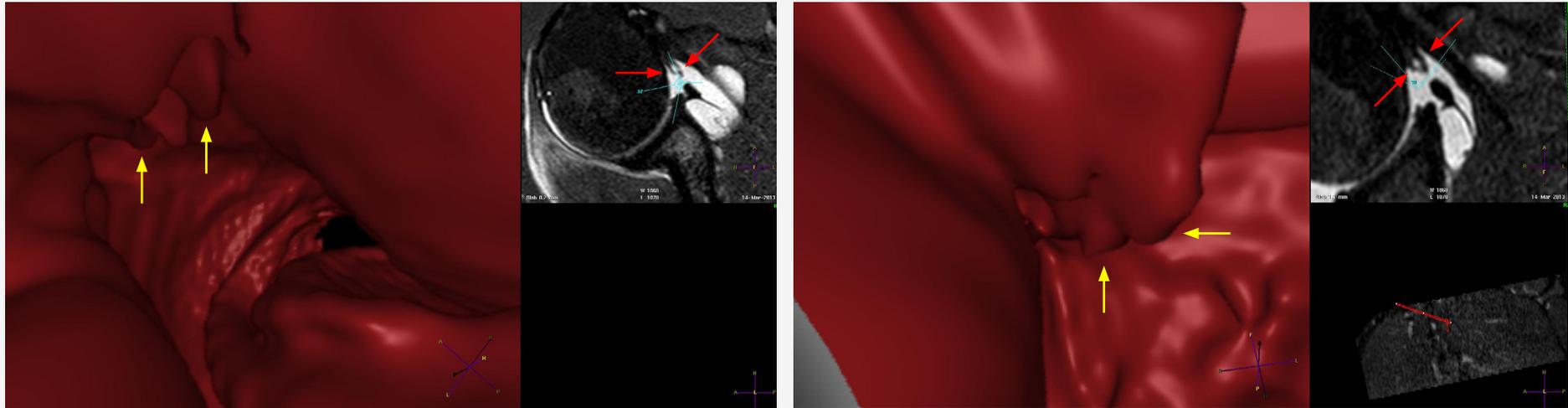


Virtuelle Endoskopie:

LEGENDE:

gelbe Pfeile: Labrum
grüne Pfeile: Subskapularissehne
blaue Pfeile: mittleres glenohumerales

SCHULTERUNTERSUCHUNG



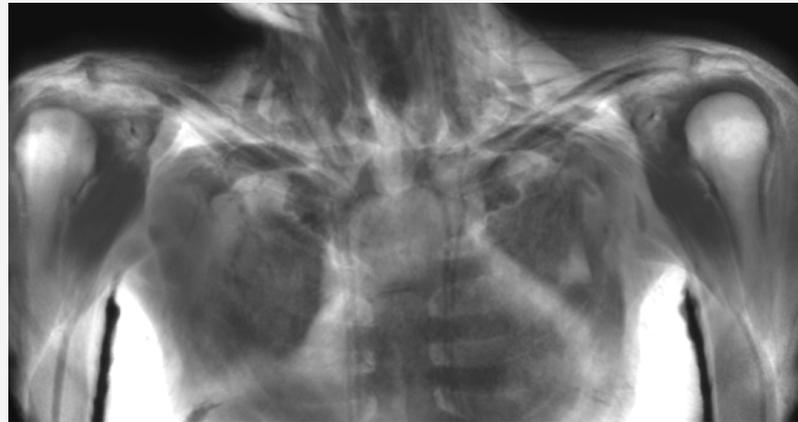
Direkte MR-Schulterarthrographie: Virtuelle Endoskopie
Darstellung des rupturierten Lig. glenohumerales mediale (gelbe Pfeile in der Endoskopie bzw. rote Pfeile im SPAIR-Bild)

STERNOKLAVIKULARGELENK (SCG)

Dieses Gelenk, welches das Brustbein und das Schlüsselbein verbindet, kann bei Unfällen verletzt werden oder entzündlich oder tumorös verändert sein. In allen Fällen stellt die MRT die Untersuchungsmethode der Wahl dar.

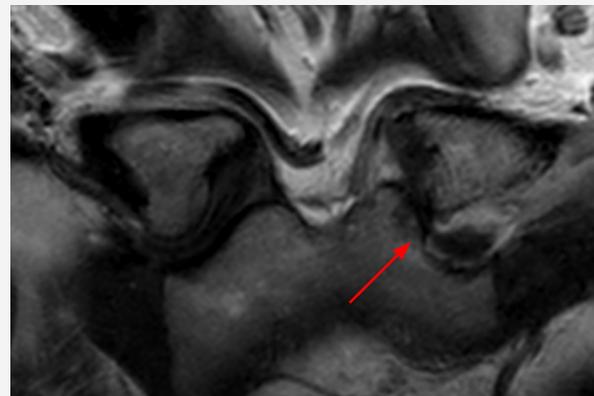
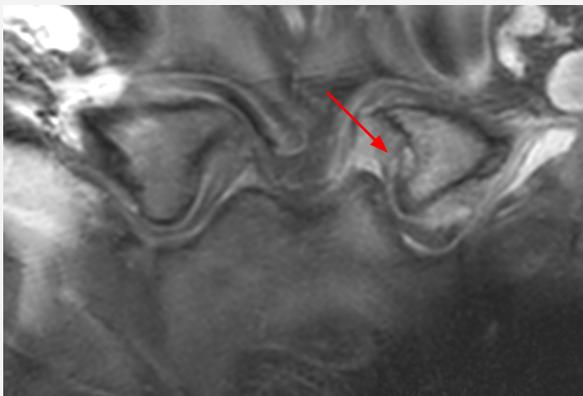
Der Patient liegt hierzu im Magnetzentrum in Bauchlage auf einer Oberflächenspule.

STERNOKLAVIKULARGELENK

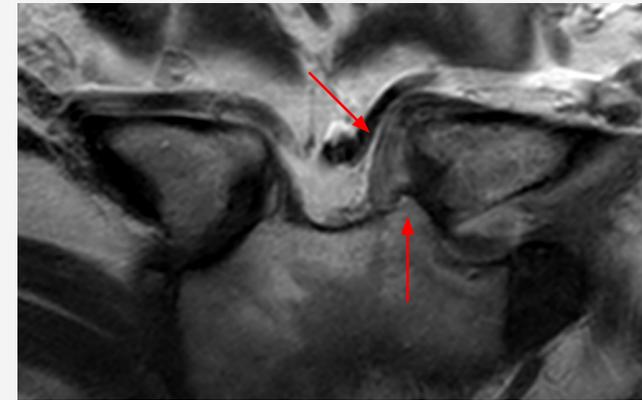


PD mit 3D Volumeneffekt:

Thorax, Klavikula und Schultern
sowie rechts Notmalbefund
des Sternoklavikulargelenks.



PD mit Luxation (Pfeile) des linken
medialen Sternoklavikulargelenks.



OBER- & UNTERARM

Grundsätzlich stellen alle Untersuchungen von Ober- sowie Unterarm primäre MRT-Indikationen dar. CT-Untersuchungen können ergänzend sinnvoll sein wenn es sich um posttraumatische Veränderungen handelt. Ultraschalluntersuchungen sind nur von sehr begrenztem Wert und können weder die Strukturen im Detail darstellen noch eignet sich das Schallreflektionsverhalten für die Beurteilung der zugrunde liegenden Pathologie hinreichend. Sie sollten sich deshalb auf posttraumatische Läsionen oder auf Patienten beschränken bei denen eine MRT-Untersuchung nicht möglich ist (Kontraindikationen).

Der Patient liegt auf dem Bauch, den Arm nach vorne gestreckt der seinerseits von Spulen teilweise oder ganz bedeckt wird. Bei Untersuchungen des Oberarms liegt der Kopf des Patienten innerhalb des Magneten, bei Untersuchungen des Unterarmes am äußeren Magnetende.

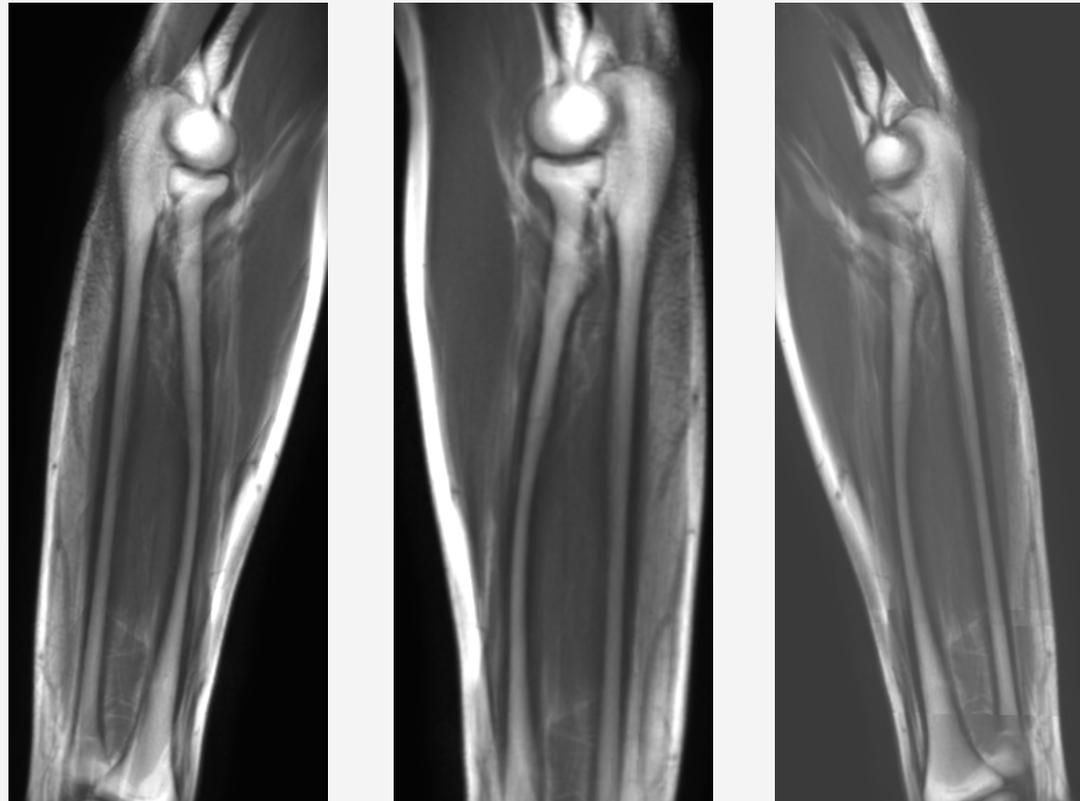
UNTERSUCHUNG - OBERARM



Oberarm mit Ellenbogen-
und Schultergelenk:

PD mit Normalbefund

UNTERSUCHUNG - UNTERARM



Unterarm mit Hand- und
Ellenbogengelenk:

PD mit Normalbefund linken
medialen Sternklavikularge-
lenks.

ELLENBOGENGELENK

Für das Ellenbogengelenk gelten die gleichen Indikationen wie für das Schultergelenk, nur ist die Untersuchungsposition eine andere. Es hat sich bewährt in Bauchlage zu untersuchen (Seitenlage ist deutlich instabiler) wobei der Arm ausgestreckt ist und der Kopf zur Gegenseite gedreht gelagert wird. Der Kopf ist innerhalb des Magneten.

UNTERSUCHUNG
ELLBOGENGELENK



Aitken-II-III-Fraktur (Salter III-IV)

Oben unmittelbar posttraumatisches MRT mit gering disloziertem Fragment (sichtbar in den koronaren Bildern - rote Pfeile, aber nicht im sagittalen - gelber Pfeil).

Unten nach Schienung (koronares Bild - gelber Pfeil - mit unauffälligem Befund, wobei sich jetzt ein Frakturspalt sagittal demarkiert, eine eindeutige Dislokation aber fehlt - rote Pfeile)

HAND & FINGERGELENKE

Die Indikationen entsprechen denen der anderen Gelenke ,wobei neben posttraumatischen vor allem spezielle Fragenstellungen überwiegen. Zwar kann die gesamte Hand mittels einer Spule vollständig untersucht werden, da aber eher spezielle Fragestellungen überwiegen, bevorzugen wir sogenannte Mikrospulen mit denen in kürzerer Messzeit detailgenauere Untersuchungen möglich sind. Das ist insbesondere auch deshalb wichtig ,da vergleichbar dem Ellenbogengelenk, in der für den Patienten eher unbequem in Bauchlage mit zur Seite gedrehtem Kopf untersucht werden muss.

Im Gegensatz zum Ellenbogengelenk bleibt der Kopf aber außerhalb der Magnetöffnung. Finger und Fingergelenke werden am besten nur mit Spezialspulen, sogenannten Mikrospulen untersucht. Die Lagerung der Finger ist mit der der Hand vergleichbar, nur müssen die Finger zur Vermeidung von Bewegungsartefakten gut fixiert werden.

HANDUNTERSUCHUNG



Im Analogie zum Höhlengleichnis von Platon:
Was hintergründig verborgen ist (rote Linien) verweisen auf die verborgene Gefäßarchitektur des Daumens.

HANDGELENKUNTERSUCHUNG



Hand: PD mit Normalbefund

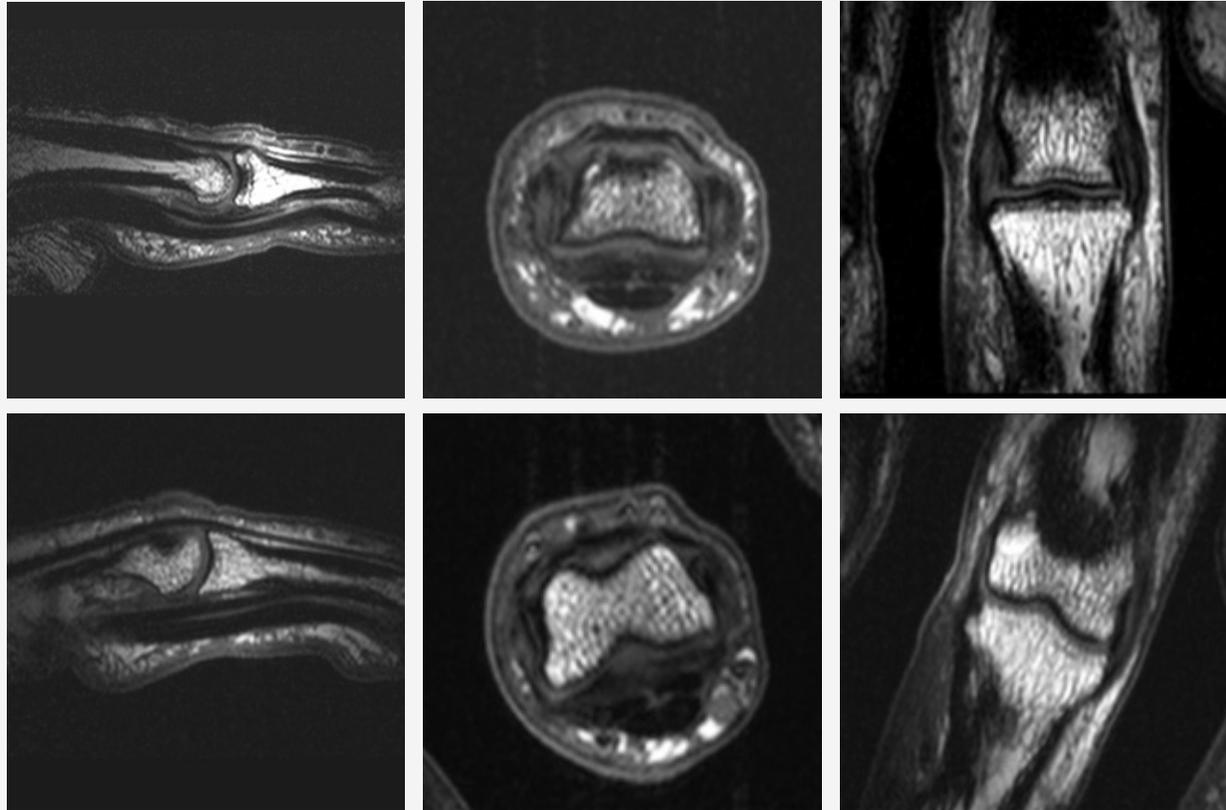


Hand: PD mit Fraktur des distalen Radius
Sowie Geröllzyste der Ulna



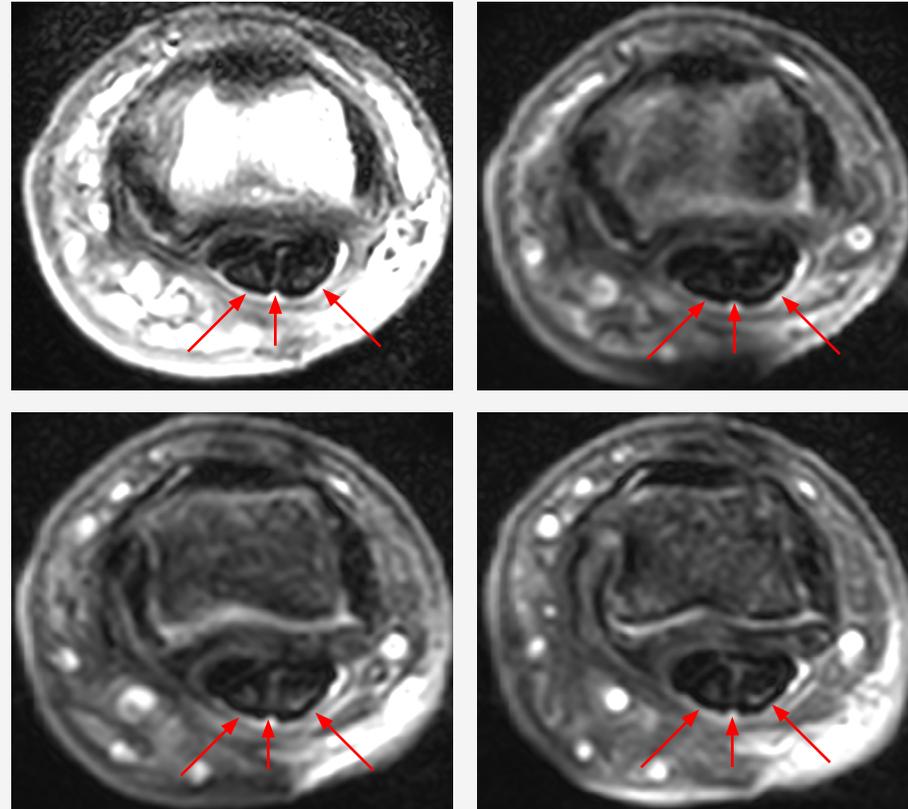
Hand: SPAIR mit Fraktur des distalen
Radius sowie Geröllzyste der Ulna

FINGERUNTERSUCHUNG



Zeigefinger (Normalbefund).
Untersuchung mit Mikropule.

FINGERUNTERSUCHUNG
MIKROSPULE



Z. n. alter Quetschverletzung mit
Beugedefizit - PIP des D II:

Die Beugesehne weist nach Einris-
sen und Einblutung Vernarbungen
auf (rote Pfeile)

HÜFTGELENK

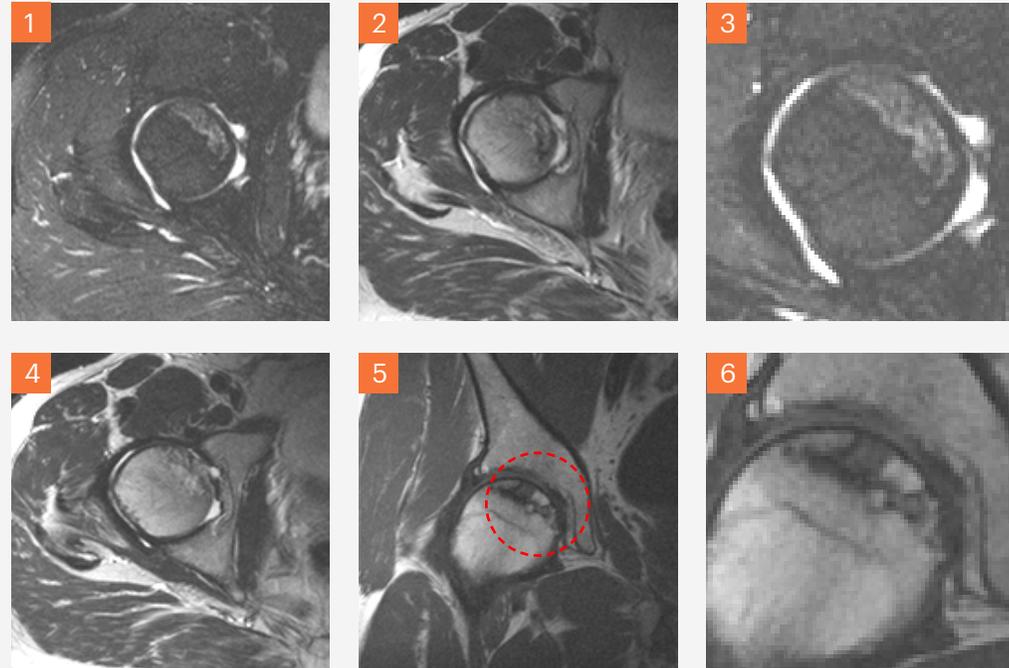
Die Hüftgelenke sowie die umgebenden Muskeln und deren Ursprünge und Ansätze, vor allem der großen Gefäß- und Beinmuskeln werden erfasst. Als Faustregel kann gelten das jedes Gelenk am besten einzeln untersucht wird sonst sollte ein MRT des Beckens erfolgen. Das spart Messzeit, die für eine detailgenauere Untersuchung besser genutzt werden kann.

CT und Ultraschall sind keine ernsthaften Alternativen und nur in Ausnahmefällen indiziert.

Indikationen für MRT-Untersuchungen des Hüftgelenks sind entzündliche Veränderungen des Hüftgelenks sowie der umgebenden Muskeln (z. B. im Rahmen aktivierter Arthrosen oder bei einer Durchblutungsstörungen des Hüftkopfs oder nach Traumen und im Rahmen entzündlicher Erkrankungen) sowie bei bestimmten Rotationschmerzen (Impingements) bei denen die Knochen des Oberschenkelkopfs (Femurkopf) sowie der Hüftpfanne durch knöcherne Vorsprünge (Exostosen) oder Verformungen der Gelenklippen (Labra) nicht vollständig deckungsgleich also inkongruent sind und bei bestimmten Bewegungen (in der Regel Innenrotation des Oberschenkels) starke Schmerzen verursachen können. In allen Fällen sind in der Regel Wassereinlagerungen des Knochenmarks (die nur im MRT sichtbar gemacht werden können) die Ursache der Beschwerden. Weiterhin können im Becken sowie Hüftbereich knöcherne Tumoren und Metastasen Schmerzen verursachen.

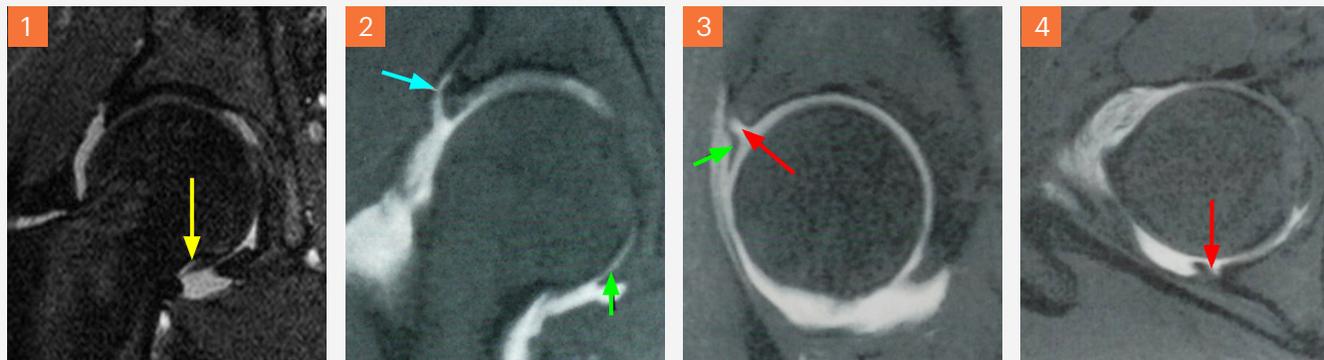
Für die Untersuchung wird der Patient auf dem Rücken gelagert wobei der Kopf am Magnetausgang gelegen ist.

UNTERSUCHUNG HÜFTGELENK



- 1: FS PD-TSE. Subcondrales Ödem bei Hüftkopfnekrose in den axialen T2-Bildern.
- 2/4: PD-TSE Subchondrale Frakturzone in den axialen T1-Bildern.
- 5: T1-TSE. Koronares Bild.
- 3/6: Vergrößerungen.

UNTERSUCHUNG HÜFTGELENK



Direkte MR-Arthrographie des Hüftgelenks.

- 1: Femorale Exostose, aber unauffälliges Labrum. Das koronare Bild zeigt ein CAM-Impingement
- 2: Labrale Verdickung, aber unauffälliger Femur. Das koronare Bild zeigt ein Pincer-Impingement.
- 3,4: Labrumrisse bei unauffälliger Form von Femur und Labrum (sagittales sowie axiales Bild).

LEGENDE:

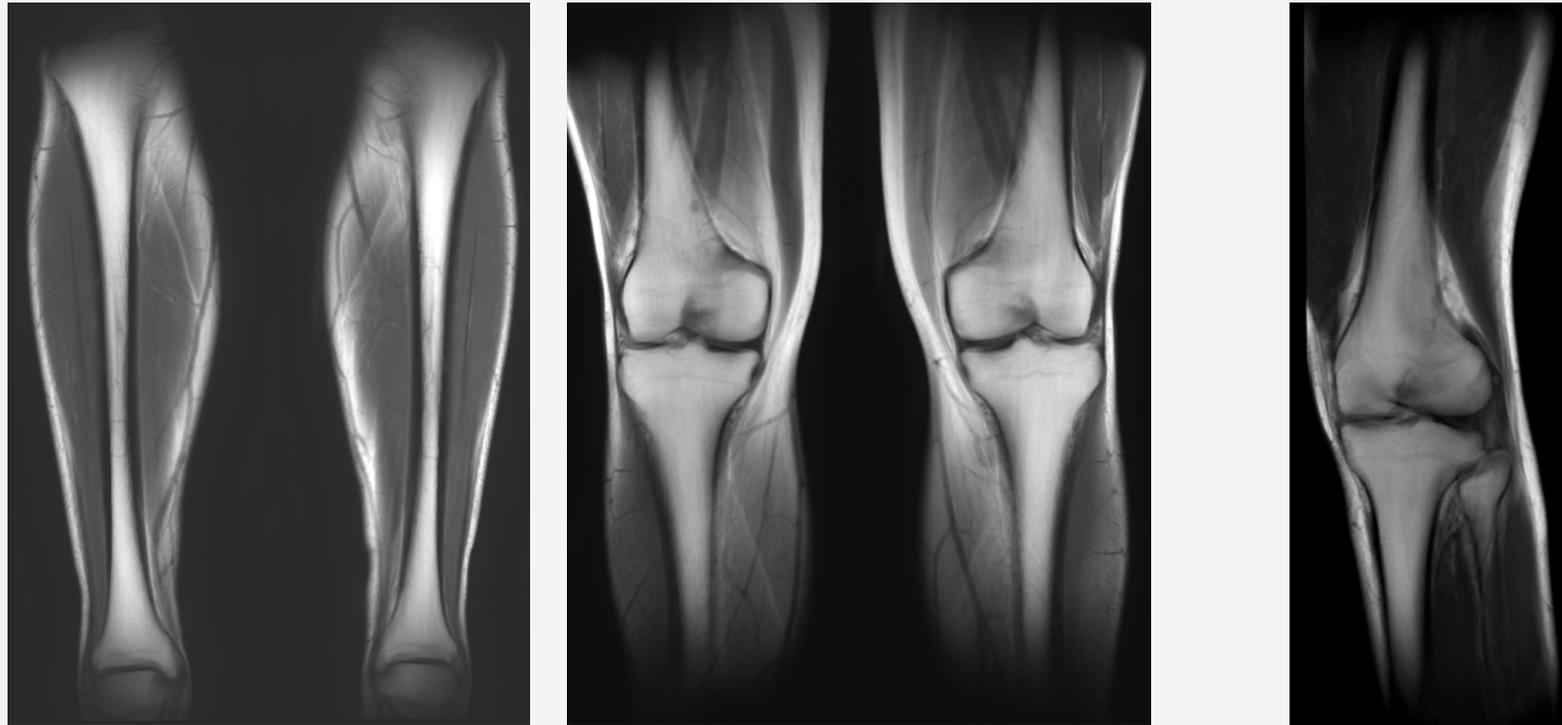
rot: Labrumriss
gelb: Exostose
grün: Labrumdegeneration
blau: Labrum

OBER- & UNTERSCHENKEL

Ober- und Unterschenkel werden untersucht wenn die Untersuchungsregion über einzelne Gelenkabschnitte hinausgeht. MRT ist CT und Ultraschall überlegen wobei Verlaufskontrollen auch mittels Ultraschall sinnvoll sein können. Indikationen sind vor allem posttraumatische Verletzungen der Muskeln und Sehnen sowie Darstellungen der Gefäß- und Nervenverbindungen sowie bei Tumorverdacht oder Entzündungshinweisen.

Der Patient liegt in der Regel auf dem Rücken wobei der Kopf ist außerhalb des Magneten gelegen ist. Je nach Fragestellung wird mit ganz- oder teilbedeckenden Oberflächenspulen untersucht.

OBER-/UNTERSCHENKEL



Unterschenkel mit Kniegelenk sowie OSG: PD mit Normalbefund

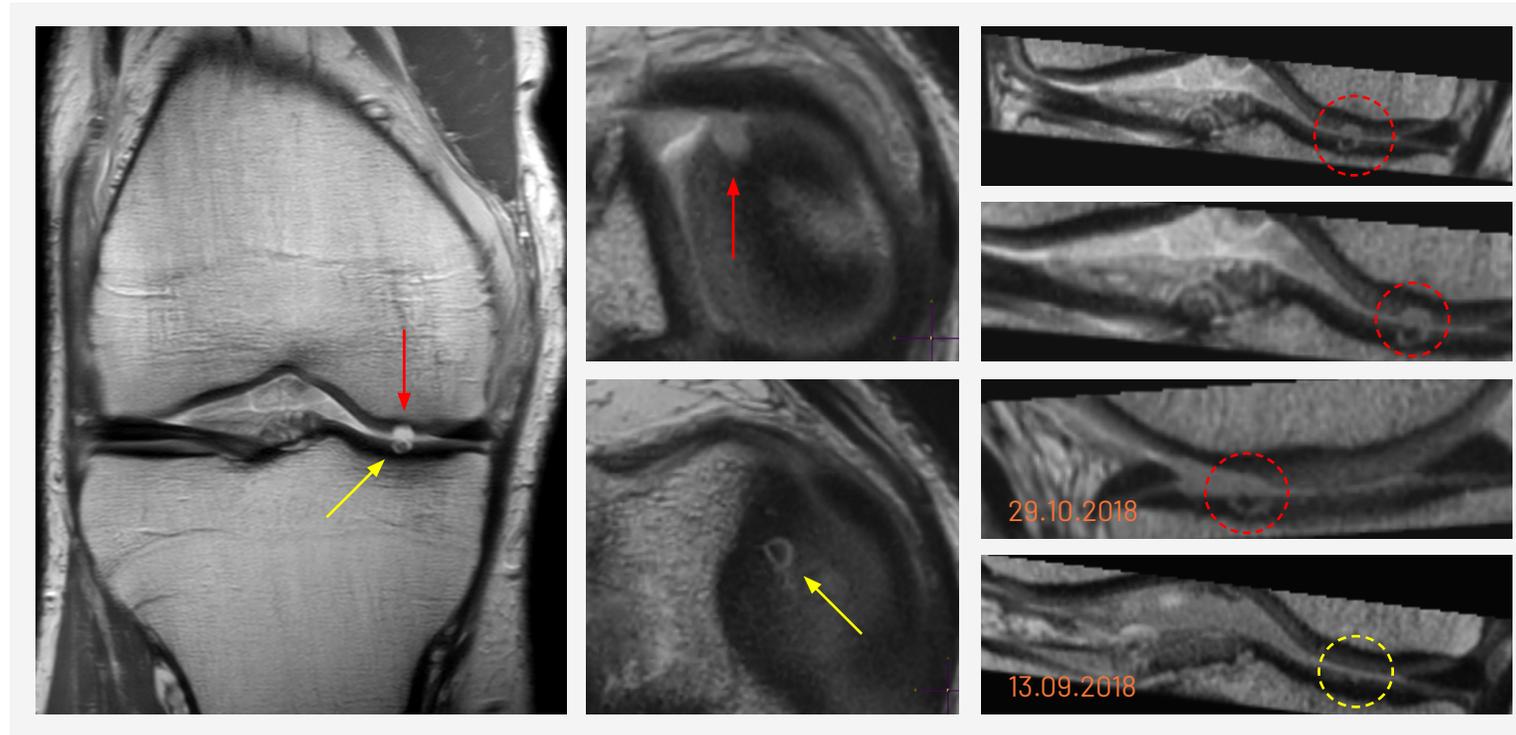
KNIEGELENK

Die häufigsten Gelenkuntersuchungen betreffen das Kniegelenk. Das Kniegelenk war auch die erste Standardgelenkuntersuchung und stellt damit die klassische Gelenkuntersuchung dar. CT und Ultraschalluntersuchungen spielen eine absolut untergeordnete Rolle und sind nur bei speziellen Fragestellungen oder MRT-Kontraindikationen angezeigt.

Klassische MRT-Indikationen sind Meniskusverletzungen und Erkrankungen sowie posttraumatische Knorpeldefekte und Bandverletzungen sowie Verletzungsfolgen der Kniescheibenregion (Retropatellarregion), insbesondere nach Teilluxationen oder Luxationen, also nachdem die Kniescheibe aus ihrem Lager verlagert war oder um Begleitverletzungen der Bänder sowie des Knorpels (sogenannte Binnenläsionen) beurteilen bzw. ausschließen zu können. Weiterhin können unklare retropatellare Schmerzen oft mit Veränderungen der Form sowie Aufhängung der Kniescheibe verbunden sein und Einklemmungserscheinungen oder Bewegungsbehinderungen verursachen (z. B. durch verbliebenen embryonale Strukturen - Plica-Syndrom - die operativ beseitigt werden können).

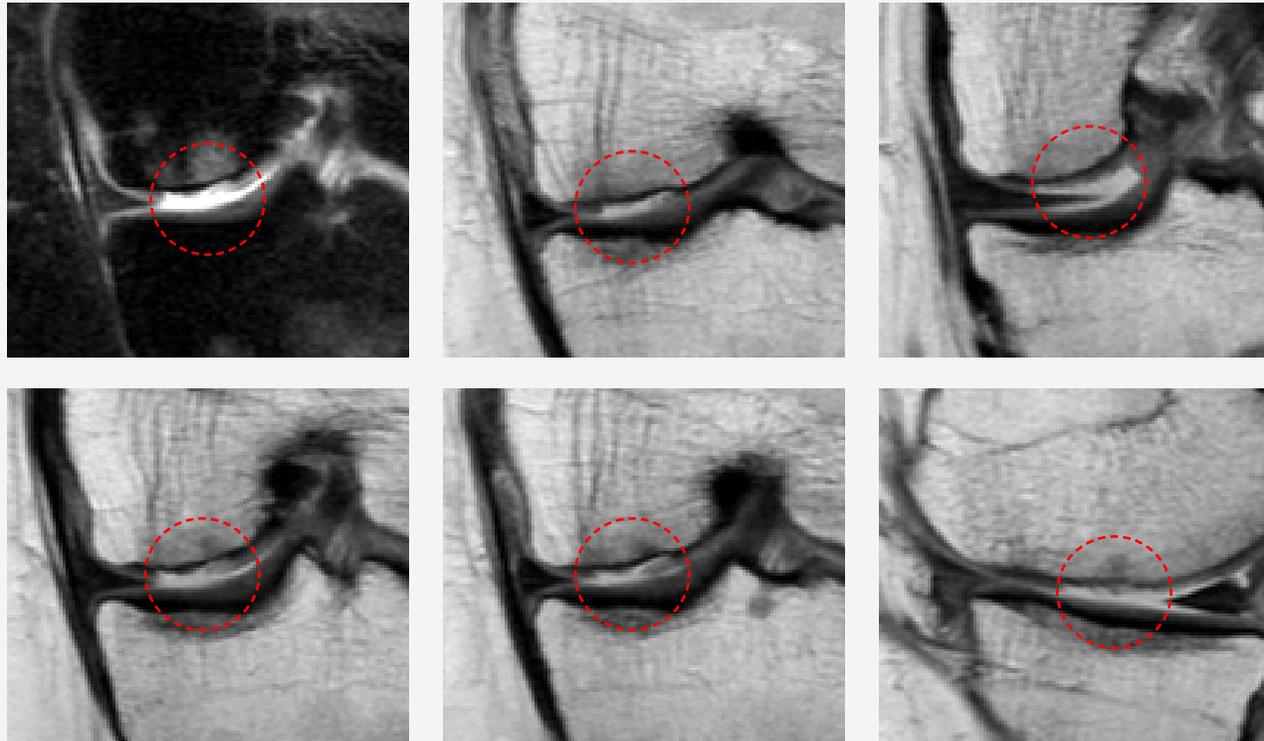
Im Rahmen von Gelenkknorpelverschleiß (Arthrosen) können entzündliche Wassereinlagerungen des Knochens zu starken Schmerzen führen die im Wesentlichen die Indikation zum Gelenkersatz (Prothese) darstellen und weder im CT, im Ultraschall oder im Röntgen darzustellen sind. Außerdem können Durchblutungsfolgen die oft Knorpeldefekte nach sich ziehen im MRT sichtbar gemacht werden. Tumoren können nicht nur morphologisch dargestellt, sondern oft ursächlich beurteilt einer bestimmten Erkrankungseinheit (Entität) zugeordnet werden (mittels Perfusion bei der die KM-Aufnahmedynamik im Gewebe dargestellt werden kann sowie Diffusion mit quantifizierender ADC-Bestimmung bei der molekulare Mikrobewegungen analysiert werden).

UNTERSUCHUNG - KNIE



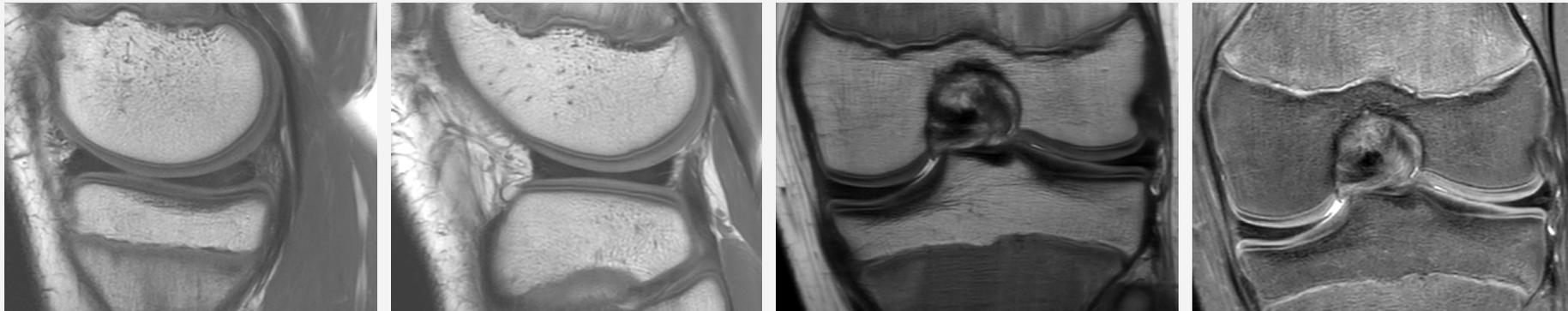
In der Voruntersuchung allenfalls initial zu vermutende Chondrosis dissecans tibiae Grad IV-V (gelber Pfeil) sowie nicht dargestellte fokale Knorpelläsion des medialen Femurkondylus Grad III-IV (roter Pfeil).

KNIEUNTERSUCHUNG

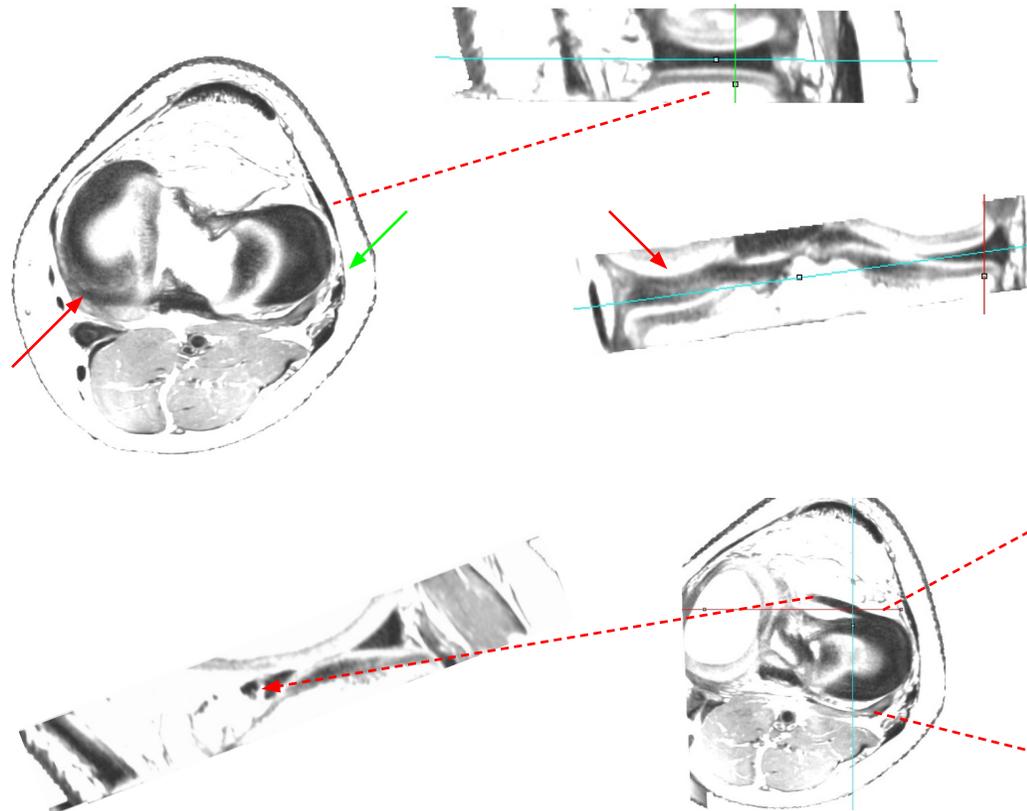


Mäßiggradige Kniegelenksarthrose
mit ulzerativen Knorpelläsionen
Grad IV (gestrichelter Kreis) und
Knochenödem des Femurkondylus.

KNIEUNTERSUCHUNG



Hochaufgelöste anisotrope PD-TSE und T2-SPAIR (für Rekonstruktionen nicht geeignet):
obere Reihe rechts und Mitte sagittal, links oben und unten koronar.



Fehlende axiale Ebene als hochaufgelöster isotroper 3D-Datensatz (0.5 x 0.5 x 0.5 mm) des Meniskus mit Ausschnitten.

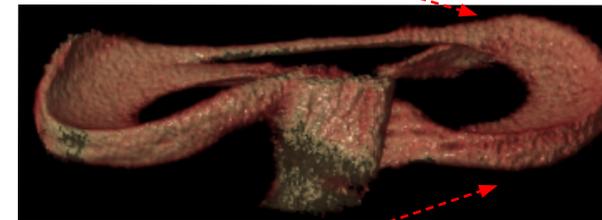
In einem Datensatz lassen sich so gleichwertige Bilder in der sagittalen und koronaren Ebene rekonstruieren, d. h. dass jeder Bildpunkt in allen 3 Ebenen visualisiert und damit kontrolliert werden kann, was entscheidend zur Klassifizierung von Rissverletzungen ist. Außerdem kann durch eine spezielle 3D-Technik die Struktur als 3D-Objekt dargestellt werden. Nur so sind komplexe Rissverletzungen mit abgesprengten Meniskusteilen sicher zuzuordnen was für die OP-Indikation entscheidend ist.

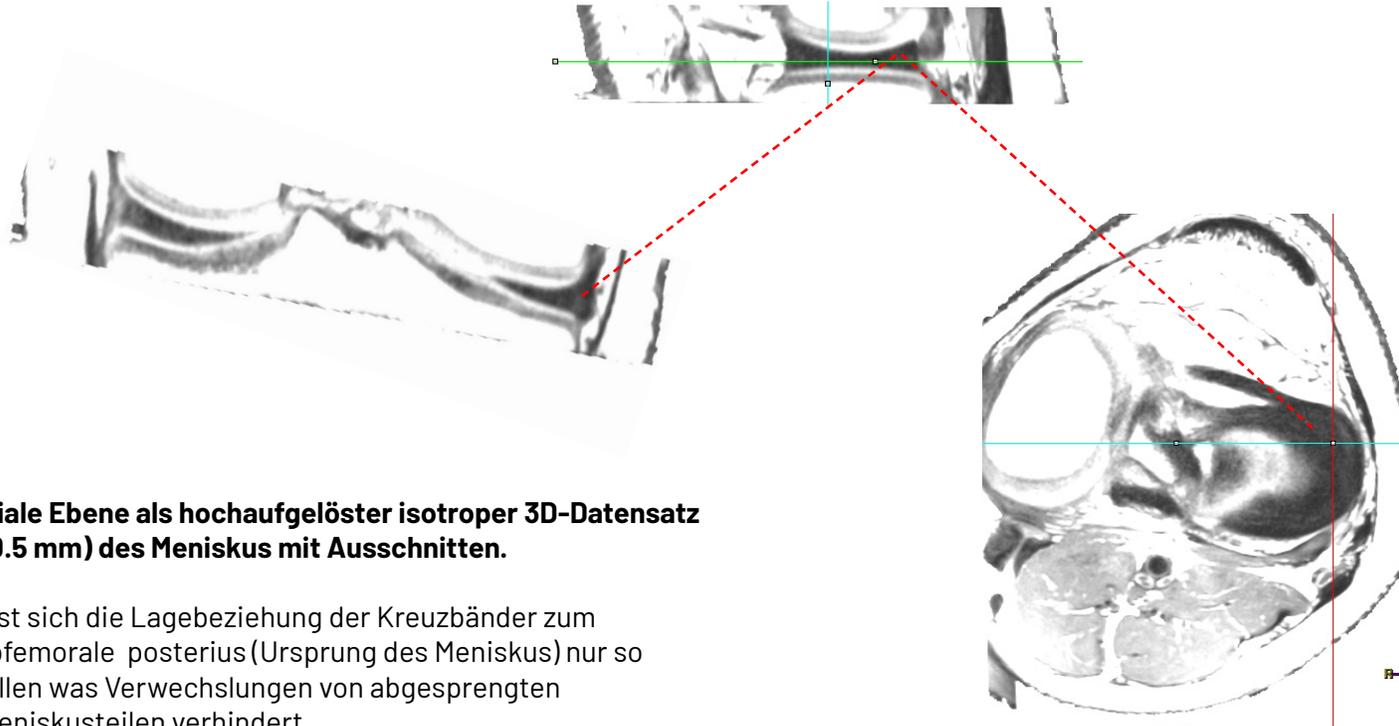
Legende:

rote Pfeile - Innenmeniskus,
grüne Pfeile - Außenmeniskus.

Die Verbindungslinien markieren korrespondierende Strukturen.

Üblicherweise durchgeführtes Untersuchungsprotokoll der Menisci. Die entscheidende 3. Ebene fehlt (axial).
Siehe nachfolgende 3D-Studien.





Fehlende axiale Ebene als hochaufgelöster isotroper 3D-Datensatz (0.5 x 0.5 x 0.5 mm) des Meniskus mit Ausschnitten.

Überdies lässt sich die Lagebeziehung der Kreuzbänder zum Lig. meniscofemorale posterius (Ursprung des Meniskus) nur so exakt darstellen was Verwechslungen von abgesprengten Band- und Meniskusteilen verhindert.

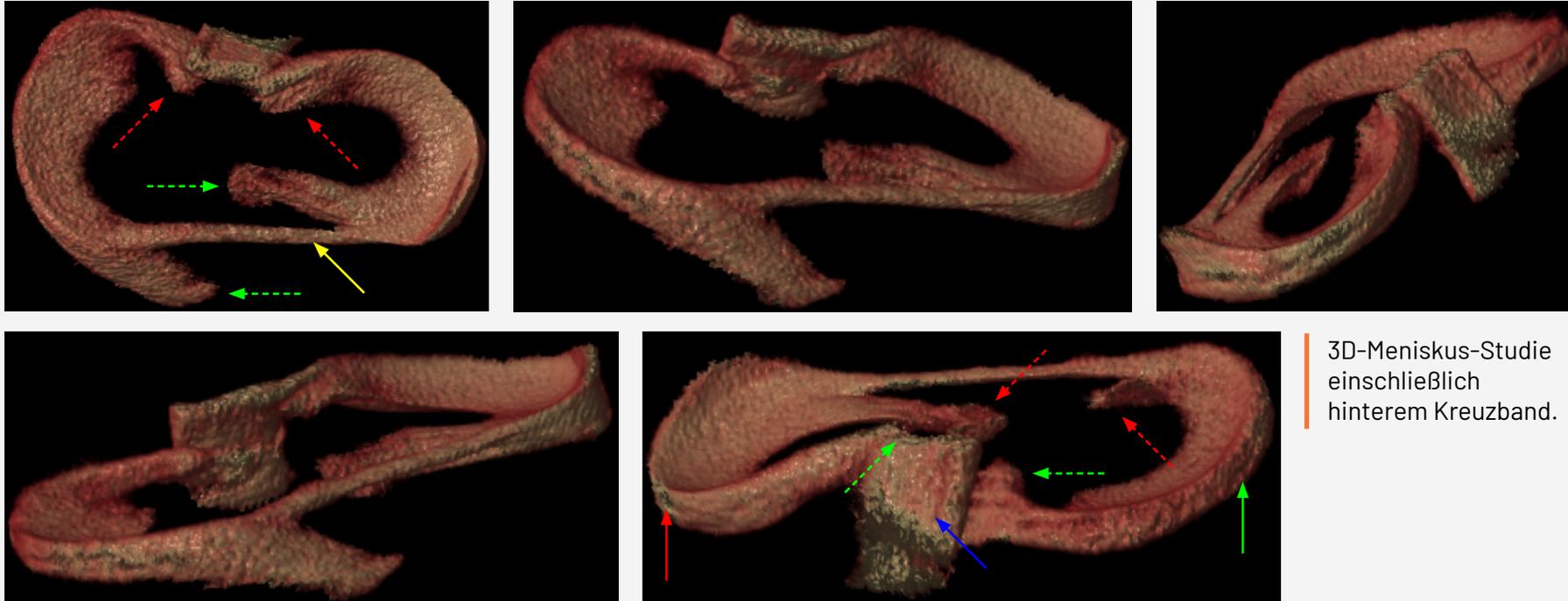
Legende:

rote Pfeile - Innenmeniskus,
grüne Pfeile - Außenmeniskus.

Die Verbindungslinien markieren korrespondierende Strukturen.

Üblicherweise durchgeführtes Untersuchungsprotokoll der Menisci. Die entscheidende 3. Ebene fehlt (axial).
Siehe nachfolgende 3D-Studien.

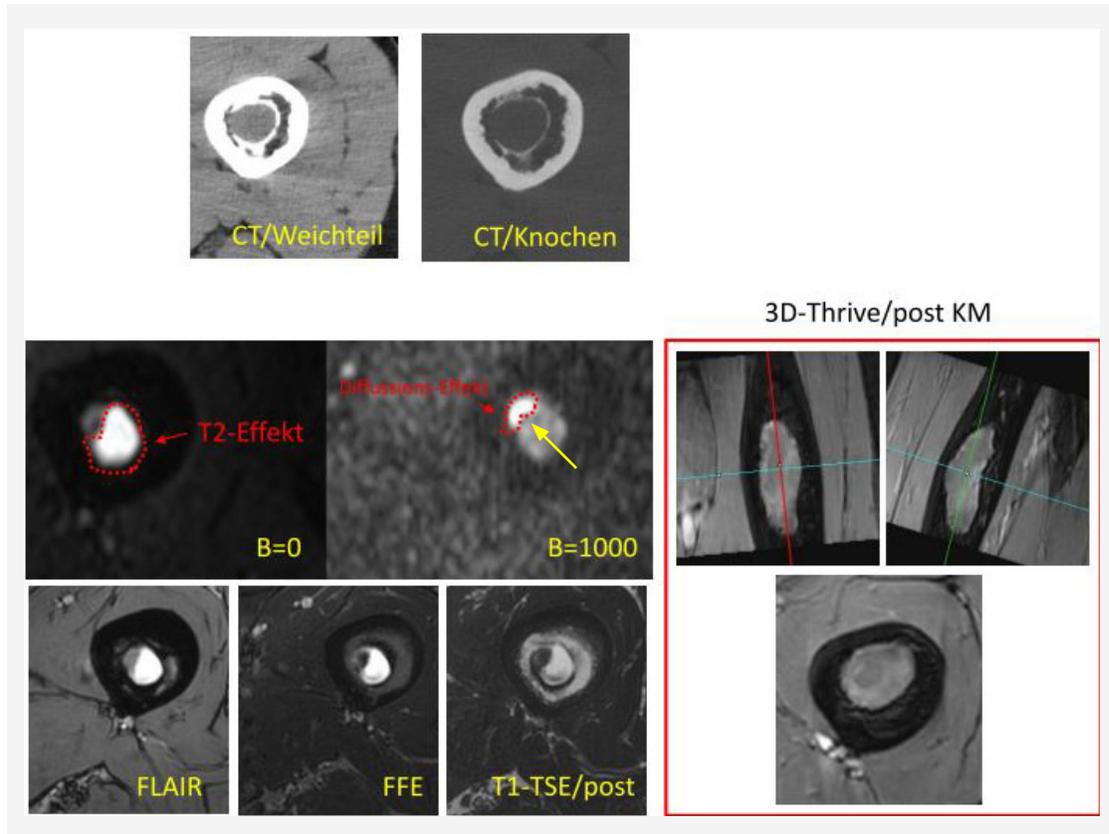
MENISKUSUNTERSUCHUNG



3D-Meniskus-Studie
einschließlich
hinterem Kreuzband.

gelber Pfeil - Lig. transversum = Verbindung zwischen Innen und Außenmeniskus die nicht immer vorhanden und nicht mit einem Riss der Vorderhörner verwechselt werden darf. roter Pfeil - Innenmeniskus, grüner Pfeil - Außenmeniskus, blauer Pfeil - hinteres Kreuzband, gestrichelte rote Pfeile - Meniskusursprünge, gestrichelte grüne Pfeile - Meniskusansätze.

EXTREMITÄTEN - CT vs. MRT



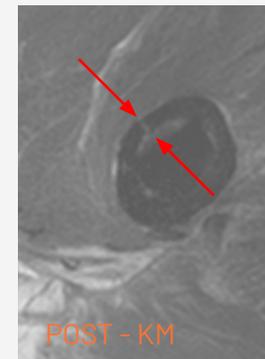
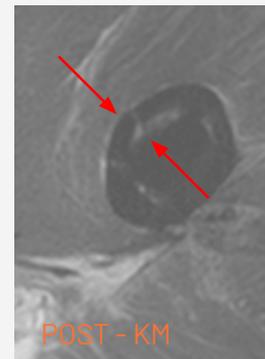
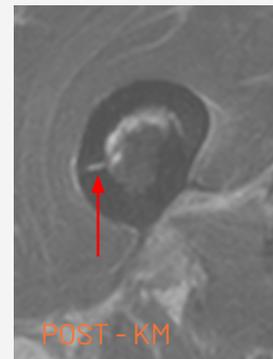
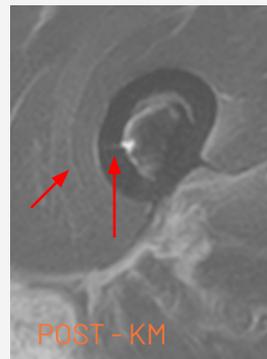
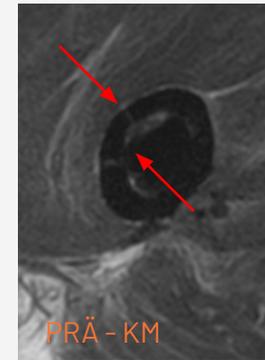
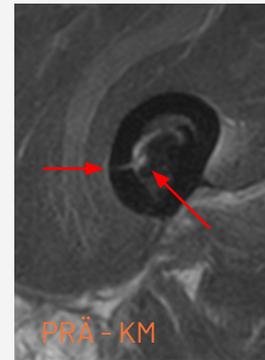
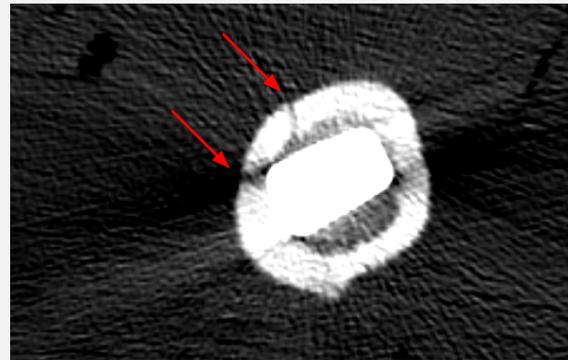
obere Bildreihe:
im CT ringförmig verkalkte Struktur innerhalb
des Knochenmarks.

Eine weitere Differenzierung ist nicht möglich.

untere Bildreihe:
Nur im MRT ist eine weitere Differenzierung
sowohl bildgebend als auch funktional möglich.

Im DWI demarkiert sich ein kleines Areal mit
Restriktionsstörungen bei steigendem B-Wert.

METALLARTEFAKTE - CT vs. MRT



Axiales CT-Bild: oben rechts.
Marknagel mit Verdacht auf
Knochenfragment (Pfeil).

MRT-Bilder (REST):
T1-TSE-OMAR (180° refokussiert) vor
und nach KM-Gabe:

Die vermeintlichen Frakturlinien-
stellen sich als zwei transkortika-
le Knochenkanäle heraus. Nach
KM-Gabe zeigen die Gefäßstruktu-
ren durch die verkürzte T1-Relaxa-
tionszeit ein verstärktes Enhance-
ment (rote Pfeile).

SPRUNGGELENK & FUSS

Während das obere Sprunggelenk immer standardisiert untersucht werden kann und allenfalls spezielle klinische Aspekte bei speziellen Bandverletzungen berücksichtigt werden müssen, muss beim Mittel- und Vorfuß sehr viel mehr klinisch orientiert also individuell untersucht werden. Soll der ganze Fuß untersucht werden muss berücksichtigt werden, dass er aus zwei, im 90° Winkel einander entgegen gesetzten Teilen (OSG und Mittel- sowie Vorfuß) besteht, also beide Achsen unterschiedlich untersucht werden müssen um Partialvolumen und Angulierungseffekte (durch Schräganschnitte oder für die Strukturen ungeeignete Schichtdicken) möglichst vermeiden zu können. Insbesondere bei Fußanomalien kommt diesem Vorgehen eine besondere Bedeutung zu.

Indikationen sind neben Bandverletzungen und okkulten Frakturen (im CT oder Röntgen nicht sichtbar) Knochenmarksödeme (Bone bruise) und Veränderungen von Sehnen und Muskeln. Insbesondere Achillessehne sowie Plantaraponeurose (bandartige Verbindung die vom Fersenbein zu den Mittelfuss- und Zehenmuskeln reichen) können von knöchernen Ausziehungen (Exostosen) betroffen sein, die zu schmerzhaften Wassereinlagerungen führen (Ausdruck entzündlicher Veränderungen sowie vorzeitiger Abnutzung - Degeneration - und Ein- und Abrissen von Sehne und Faszie). Weiterhin sind Tumoren der Knochen- und Weichteile sowie der Gelenkinnenhaut (Synovialkarzinome) zu berücksichtigen. Schmerzen der Fußunterseite können im Vorfußbereich durch gutartige Tumoren der Plantarnerven (kleine Endnerven die bis zu den Zehen ziehen und im fußsohlenseitigen Fettgewebe gelegen sind) führen (Morton-Neurinome). Da die Tumoren oft sehr klein sind und kein spezifisches KM-Verhalten aufweisen muss in diesen Fällen speziell gelagert und mit Mikrospulen untersucht werden.

In gleicher Weise können tumorartige Verdickungen (Fibromatosen - Morbus Ledderhose) der Plantarfaszie zu starken Schmerzen im Fußsohlen bzw. Fußrandbereich führen. In beiden Fällen kann die operative Entfernung zur Heilung und Schmerzfreiheit führen. Bis auf Spezialuntersuchungen (M. Ledderhose und Morton Neurinom) wird der Patient auf dem Rücken gelagert und der Fuß in einer speziellen Spulenvorrichtung fixiert und untersucht. Beim Morton-Neurinom ist die Bauchlagerung vorteilhaft und Mikrospulen sollten Anwendung finden.

OBERES SPRUNGGELENK

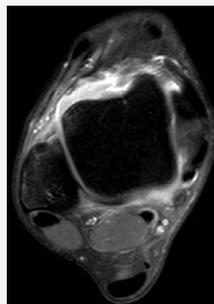


OSG: T1-TSE sowie SPAIR mit Normalbefunden

FUSSUNTERSUCHUNG

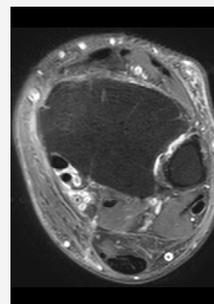


→
Achillodynie



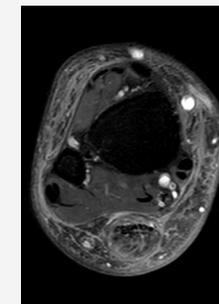
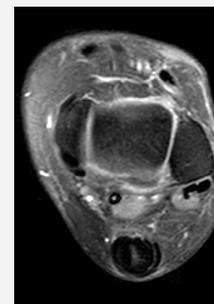
OHNE EINRISS

→
Tendinopathie

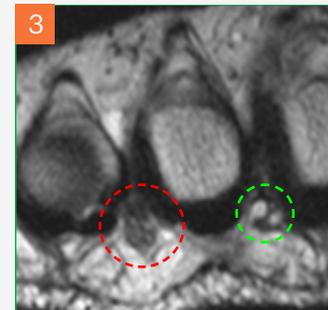
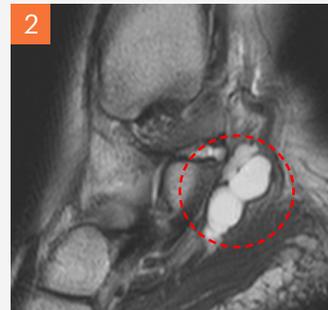


MIT EINRISS

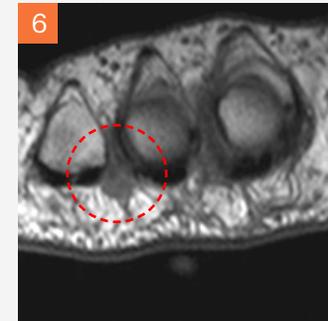
→
Vollständige
Ruptur der
Achilles-
sehne mit
Abriss und
Retraktion



FUSSUNTERSUCHUNG - LÄSIONEN



1: PD TSE. Sagittales Bild.
2: T1-TSE. Koronares Bild.
3: T2-TSE. Axiales Bild.



4: PD TSE. Sagittales Bild.
5: T2-TSE. Koronares Bild.
6: T1-TSE. Axiales Bild.

1 und 4: Osteochondrosis dissecans Grad IV.
2 und 5: Zysten des Tarsaltunnels.
3 und 6: Morton Neurinom.

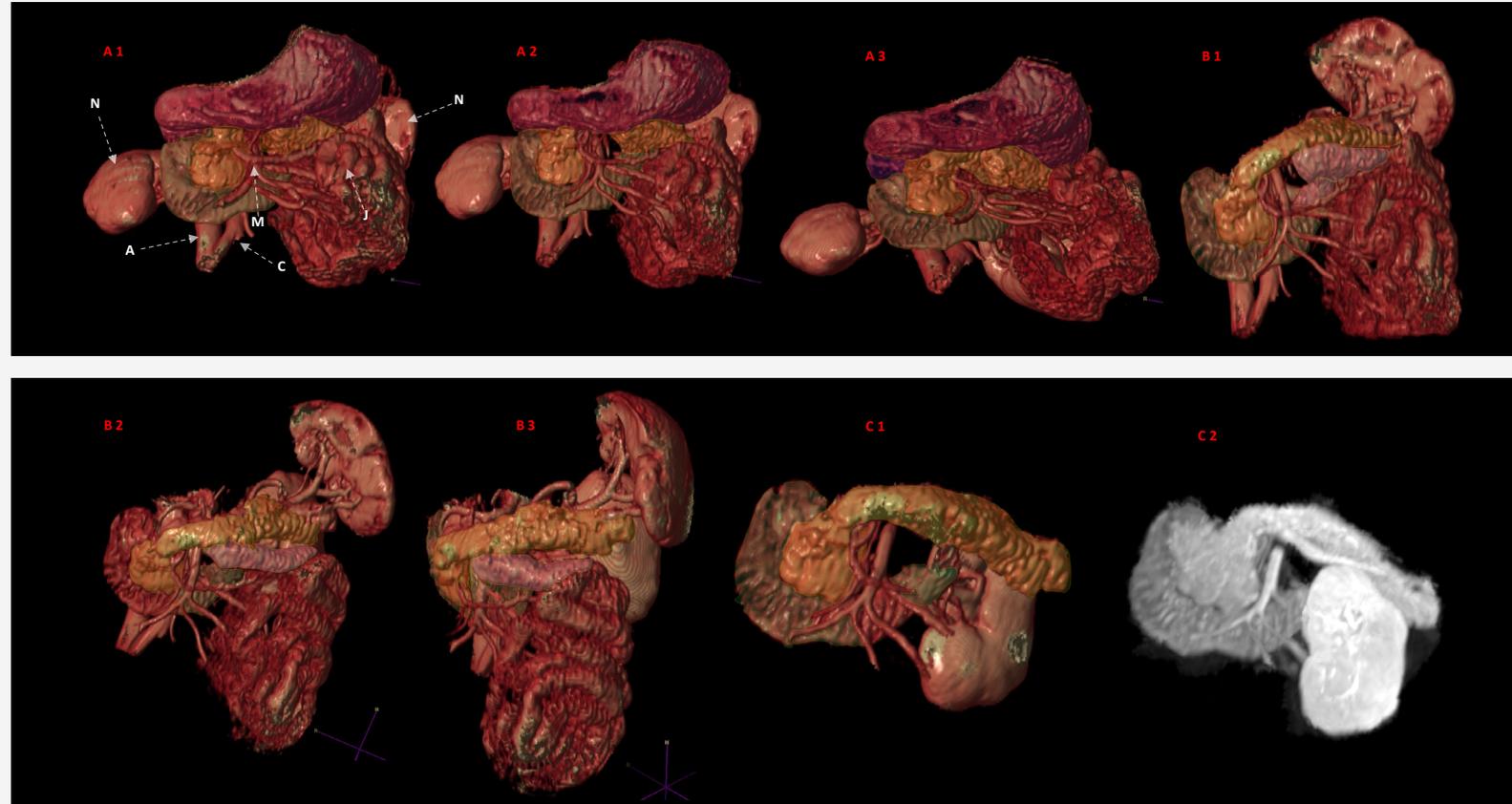
ABDOMEN

Untersuchungen des Bauchraums können sowohl mit CT als auch MRT durchgeführt werden. Während die räumliche Auflösung bei CT-Untersuchungen grundsätzlich höher ist kann das MRT sehr viel differenziertere Informationen über die Ursachen der Erkrankungen liefern, wobei aber in jedem Fall eine gute Zusammenarbeit mit dem Patienten notwendig ist, sodass die Untersuchungen individuell zu handhaben sind. Im Bereich des Retroperitoneums (bei Untersuchungen der Nieren und Nebennieren sowie des Harnleiters) sowie bei Lebererkrankungen ist die MRT der CT in der Aussagekraft immer überlegen.

Für Pankreas (Bachspeicheldrüse), Gallengangsystem sowie das Duodenum (Zwölffingerdarm) ist die MRT der CT gleichwertig wenn auch die Untersuchungsbedingungen im MRT schwieriger sind weswegen hier oft CT als Methode bevorzugt wird. Da aber im MRT insbesondere intrinsische (mittels Diffusion) und dynamische (mittels Untersuchungswiederholungen) Aspekte erfasst bzw. besser beurteilt werden und zudem CT-Untersuchungen die Strahlenbelastung (hohe Organdosis) sowie die Belastung durch die in größer Volumenmenge (80-100 ml) zu verabreichenden jodhaltigen Kontrastmittel zu berücksichtigen sind, bevorzugen wir grundsätzlich MRT als Methode der Wahl, zumal Mehrfachuntersuchungen aus strahlenschutzrechtlichen Erwägungen vermieden werden sollten.

Grundsätzlich können alle Organe im MRT hinreichend gut untersucht werden, wobei es von Vorteil ist den Magen- und Darmtrakt oral zu kontrastieren (500 ml einer Mannit-haltigen Wasser-Lösung wird hierbei vor der Untersuchung verabreicht). Zur Verminderung der Magen- und Darmbewegungen können 20 mg Buscopan (entsprechende Gegenanzeigen wie erhöhter Augeninnendruck und Herzerkrankungen müssen berücksichtigt werden) intravenös während der Untersuchung verabreicht werden.

BAUCHSPEICHELDRÜSE
LAGEBEZIEHUNGEN



**Topographische
Lagebeziehung von:**

Pankreaskopf, Duodenum,
Magen und
A. mesenterica (3D SSD).

Legende:

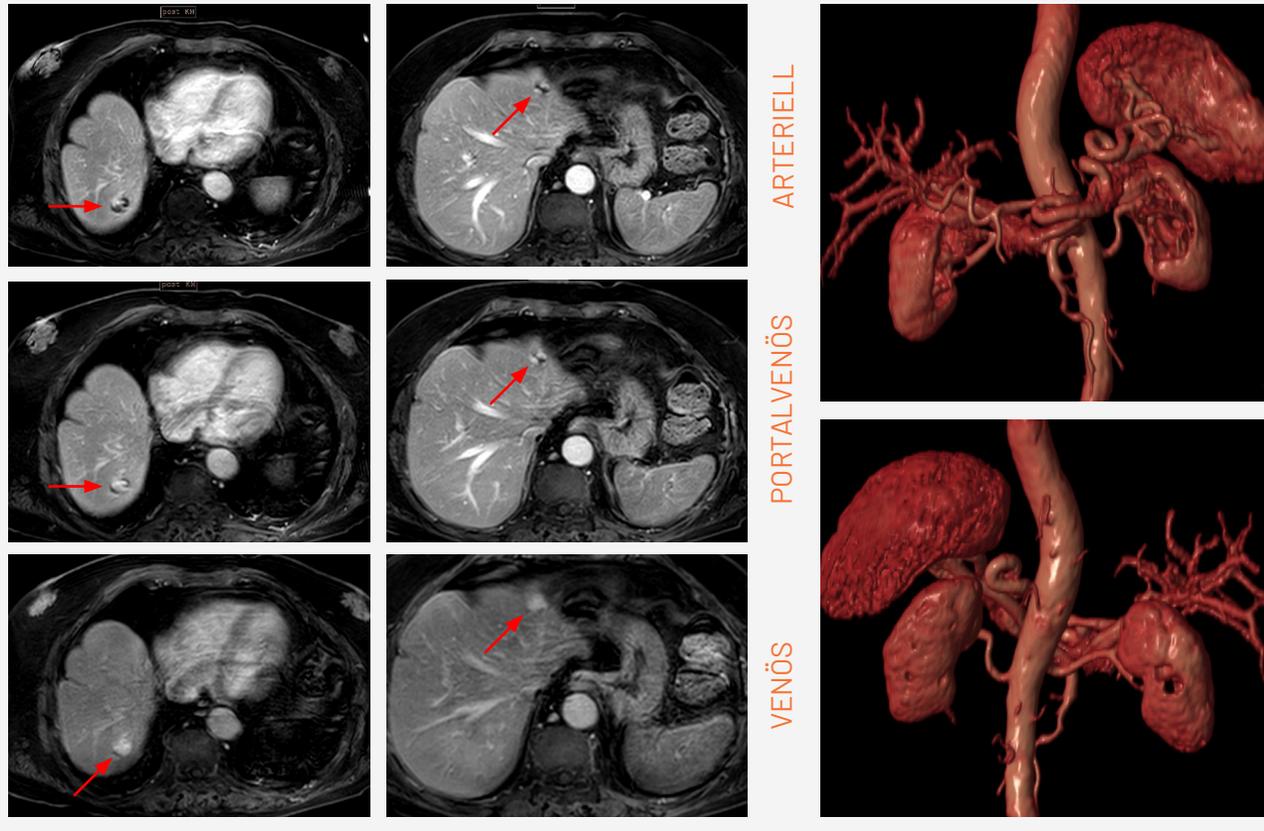
N - Nieren
A - Aorta
C - V. cava
M - A. mesenterica
J - Jejunum

Farben:

Magen ■ Pars pylorica ■
duodenale C-Schlinge ■
Pars horizontalis duodeni ■
Pankreas ■

A1-3 Magen belassen
B1-3 Duodenum und Milz
belassen. C1 duodenale
C-Schlinge und Pankreas C2
wie C1 nur als 3D-MIP.

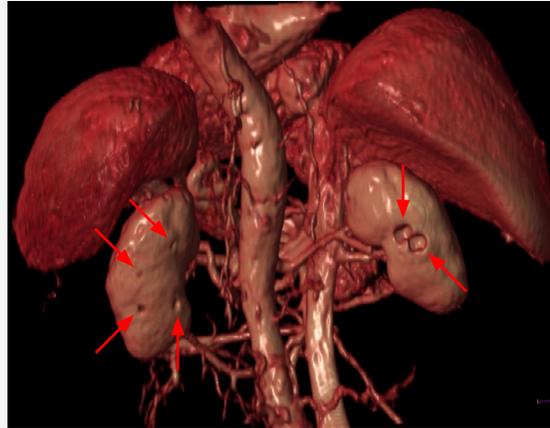
ABDOMEN - LEBER & GEFÄSSE



Abdomen MRT mit Querschnitt.
Leberhämangiome der Segmente VII
und IV mit typischem KM-Verhalten
(rote Pfeile)

3D-SSD-Darstellung der arteriellen
Phase (Aorta, Milz, Lebergefäße und
Nieren)

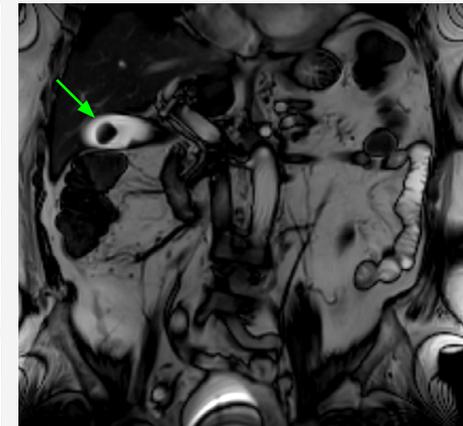
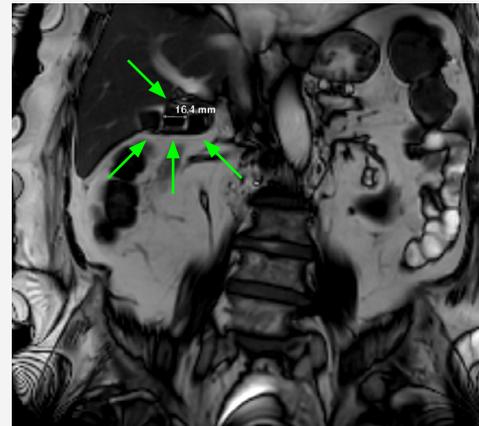
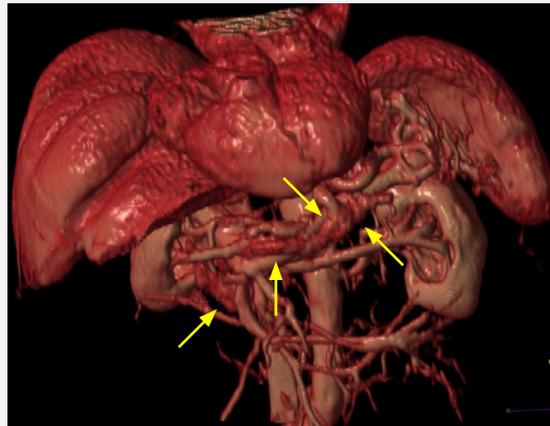
ABDOMEN - 3D DARSTELLUNG



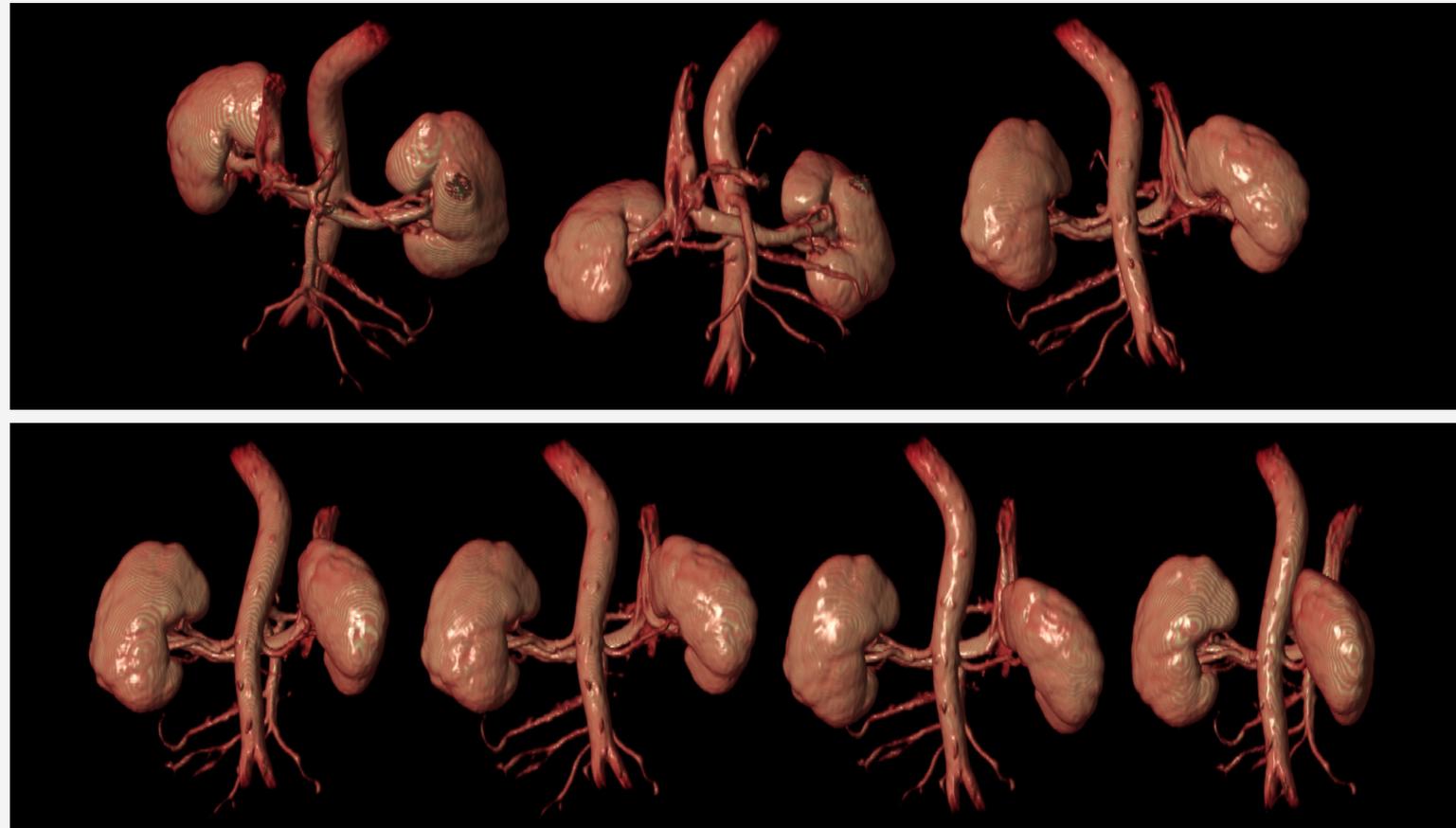
Abdomen MRT mit Querschnitt

- Multiple Nierenzysten (rote Pfeile)
- Ureter (weiße Pfeile)
- Atrophisches Pankreas (gelbe Pfeile)
- Multiple Tonnesteine der Gallenblase (grüne Pfeile)

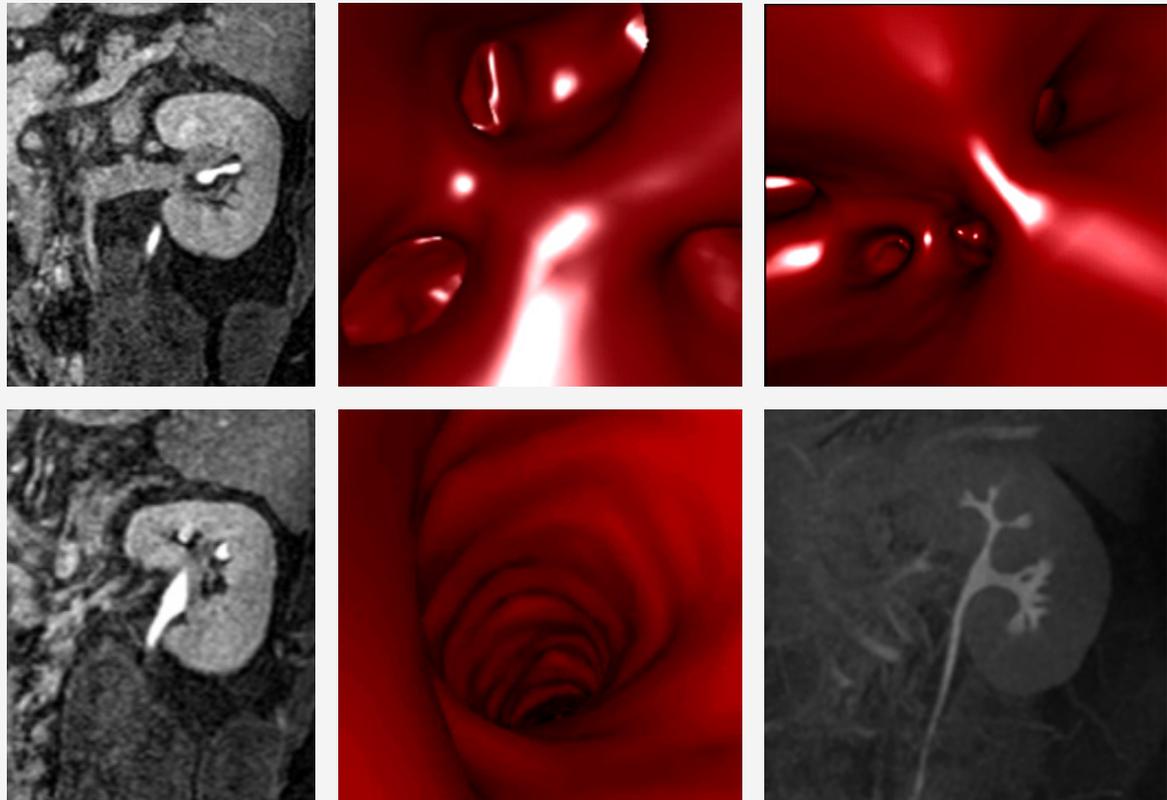
3D-SSD-Darstellung der arteriellen Phase (Herz, Aorta, Milz, Darmgefäße und Nieren)



BAUCHAORTA & NIERENARTERIE

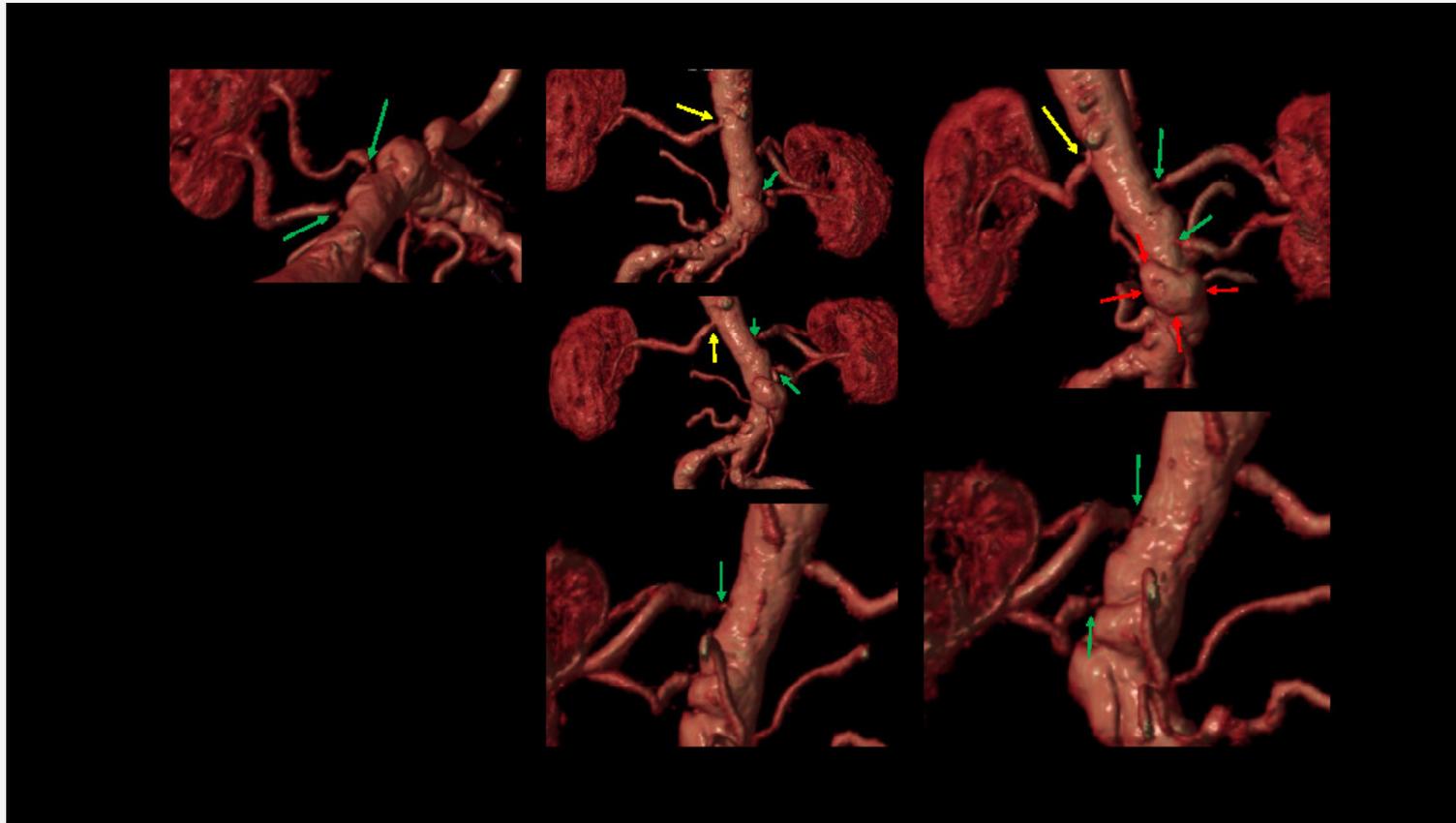


ENDOSKOPIE - NIERE



KM-gestützte Endoskopie des
Nierenbecken-Kelchsystems sowie
des Ureters (Normalbefunde).

ANGIOGRAPHIE DER BAUCHAORTA



Über 90%-ige Abgangsstenose
der rechten A. renalis
(gelbe Pfeile).

Gedoppelte linke A. renalis
links mit jeweiligen
filiformen Abgangsstenosen
(grüne Pfeile).

Rote Pfeile begrenzen ein
infrarenalis kleines
Aneurysma der Bauchaorta.

MAGEN UND DÜNNDARM MIT PANKREAS



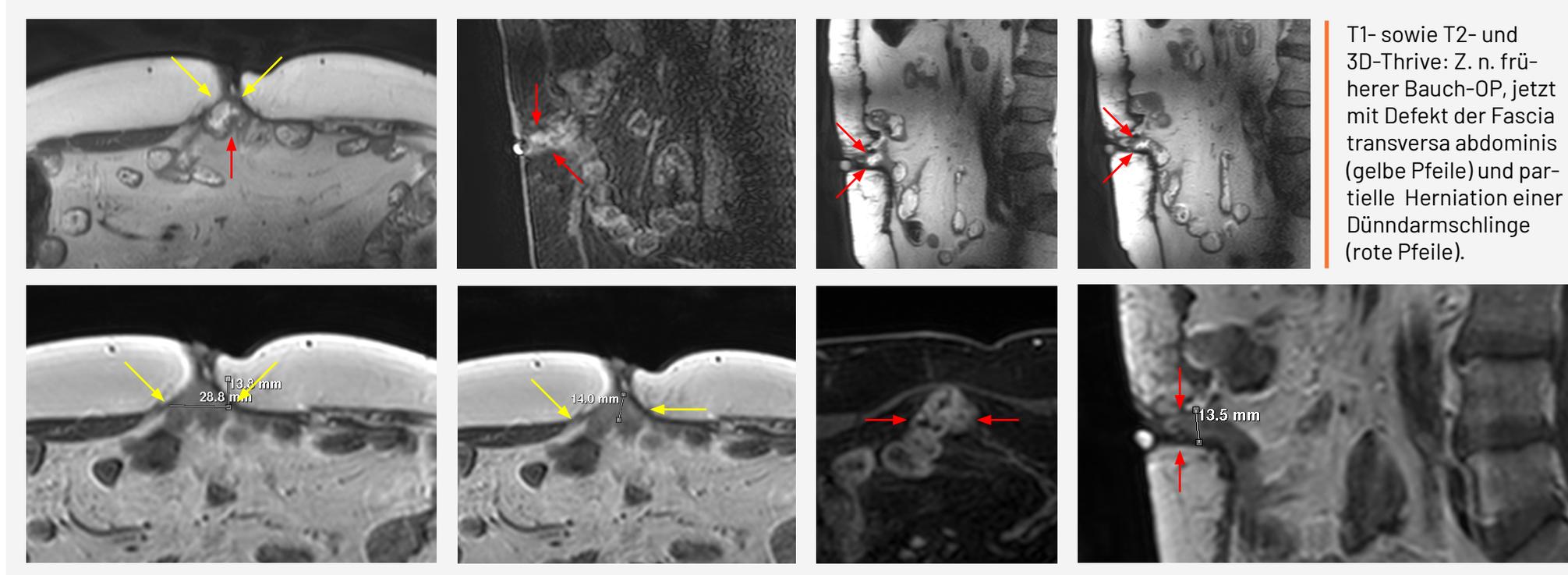
Linke Seite:
3D-MIP des Magen- und Dünndarms
links mit Pankreas im Hintergrund.

Rechte Seite:
Pankreas, Nieren und Bauchgefäße
als 3D-SSD.

LEGENDE:

gelbe Pfeile: Ductus choledochus
grüner Pfeil: Ductus cysticus
roter Pfeil: Ductus pancreaticus

NETZIMPLANTATE



T1- sowie T2- und 3D-Thrive: Z. n. früherer Bauch-OP, jetzt mit Defekt der Fascia transversa abdominis (gelbe Pfeile) und partielle Herniation einer Dünndarmschlinge (rote Pfeile).

MAGEN & DARM SPEZIALUNTERSUCHUNG

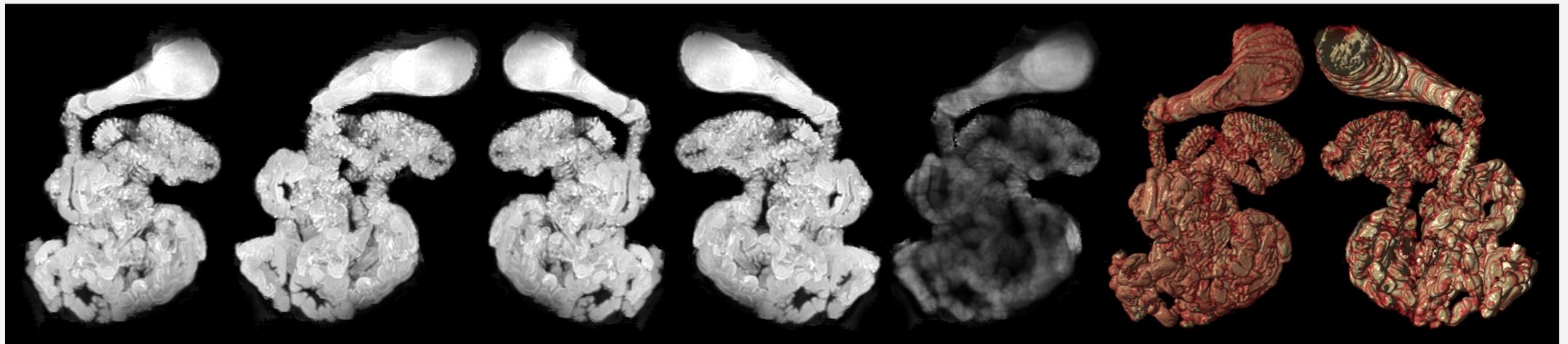
Auch Untersuchungen von Magen- und Darmtrakt sind im MRT möglich.

Insbesondere Untersuchungen des Dickdarms (sogenannte Kolonoskopie) sind hierbei aber sehr von vorbereitenden Maßnahmen (abführende Maßnahmen) und der Zusammenarbeit des Patienten während der Applikationsphase abhängig, also während das Kontrastmittel rektal verabreicht wird. Es ist deshalb notwendig die geplante Untersuchung vorher zu besprechen.

Alternativ kann die Untersuchung mittels CT durchgeführt werden ,wobei das Darmlumen (indirekte Technik, da nicht die Darmwand selbst dargestellt wird) als Innenansicht der Darmschleimfläche und von dieser ausgehende und nach innen vorwachsende Tumoren räumlich höher aufgelöst werden können als dies im MRT möglich ist. Da aber die Darmwand selbst sowie die Umgebungsstrukturen im CT im Vergleich zur MRT eine deutlich schlechtere Kontrastauflösung haben, können die Darmwand sowie von ihr ausgehende oder innerhalb dieser wachsende Tumoren leichter übersehen werden. Zudem ist die Strahlenbelastung (hohe Organdosis) zu berücksichtigen.

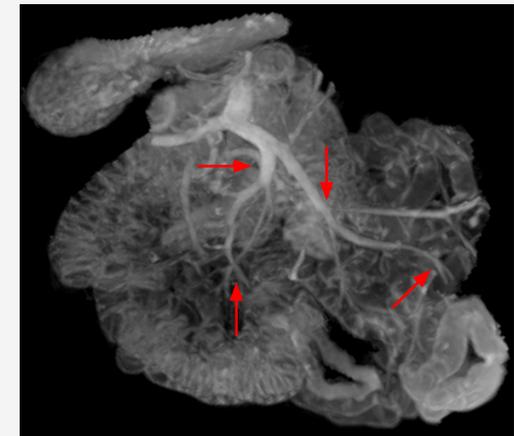
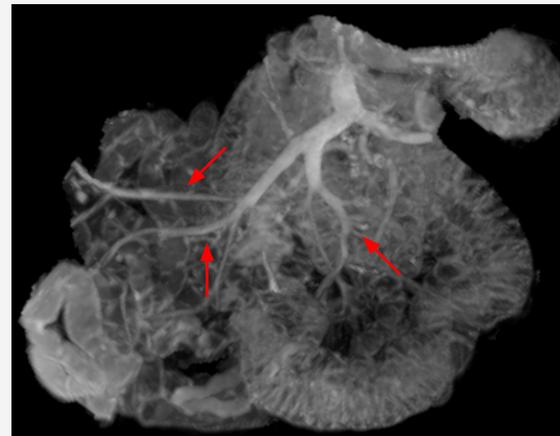
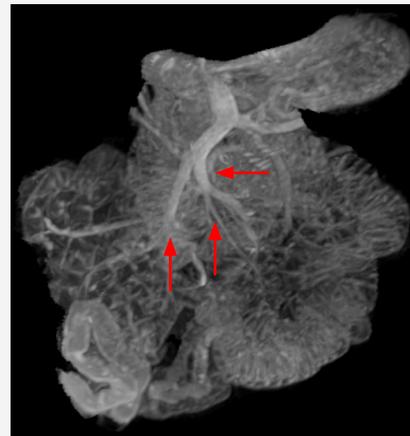
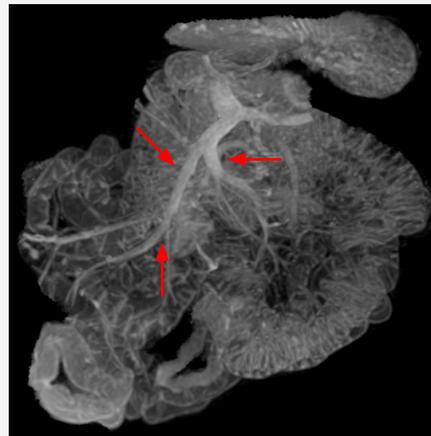
Alternative Routinemethoden stellen die Endoskopie dar, bei der mittels Lichtoptik untersucht wird und invasiv, dabei also auch Verletzungen auftreten können und die aber sowie bei elongiertem (verlängertem und gewundenem) Dickdarmstrukturen erschwert bis unmöglich sein kann sowie der KE dar (Kolon-Doppelkontrasteinlauf, eine Röntgen-Untersuchung mit hoher Strahlenbelastung).

DARMUNTERSUCHUNG



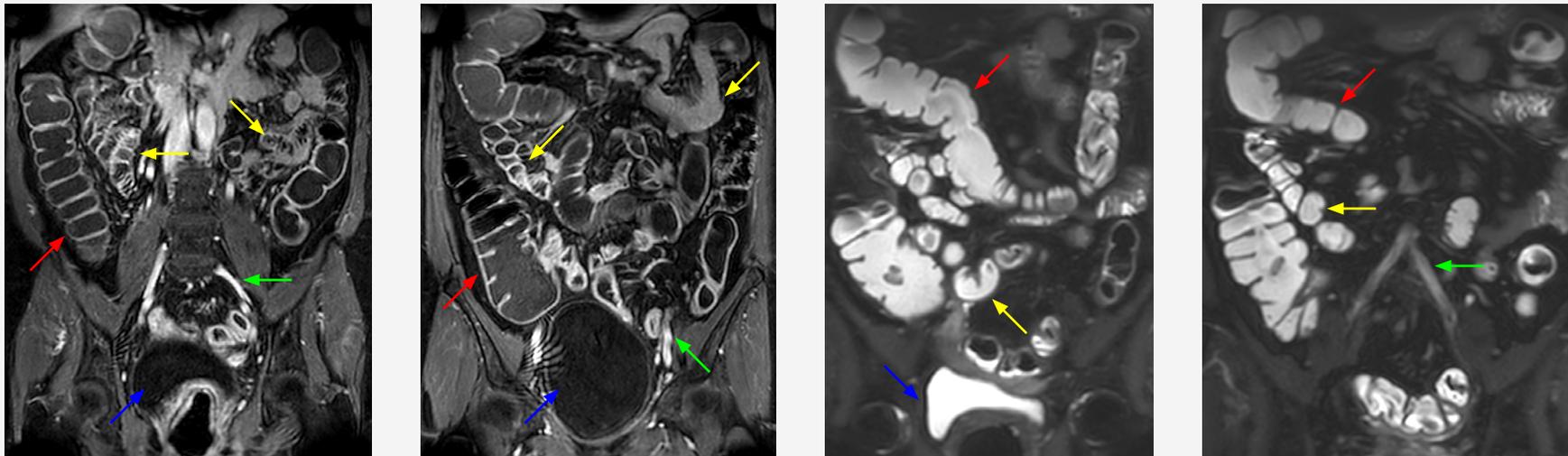
T2-Magen und Dünndarm:
3D-MIP, MPR und SSD

DARMUNTERSUCHUNG



T1-Schleimhautkontrast:
3D-MIR (die roten Pfeile markieren die Gefäßversorgung durch die A. mesenterica superior. Das terminale Ileum ist entfernt)

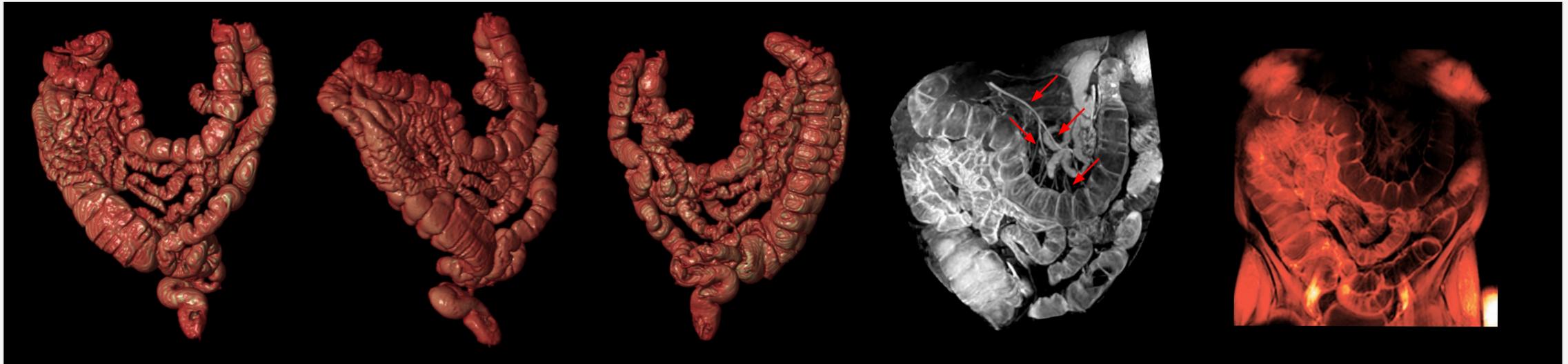
DARMUNTERSUCHUNG
SCHICHTBILDER



Linke Seite T1-Bilder und rechte Seite T2-Bilder.

Der Bildeindruck trügt nicht. In den T1-Bildern sind Strukturen und insbesondere die zu segmentierende Dickdarmschleimhaut (Dickdarm = rote Pfeile) nur sehr viel schwerer von Dünndarm (gelbe Pfeile) und Gefäßen (grüne Pfeile), sowie Blase (violette Pfeile) zu differenzieren als im T2-Bild (rechte Seite) das damit sehr viel einfacher zu segmentieren ist.

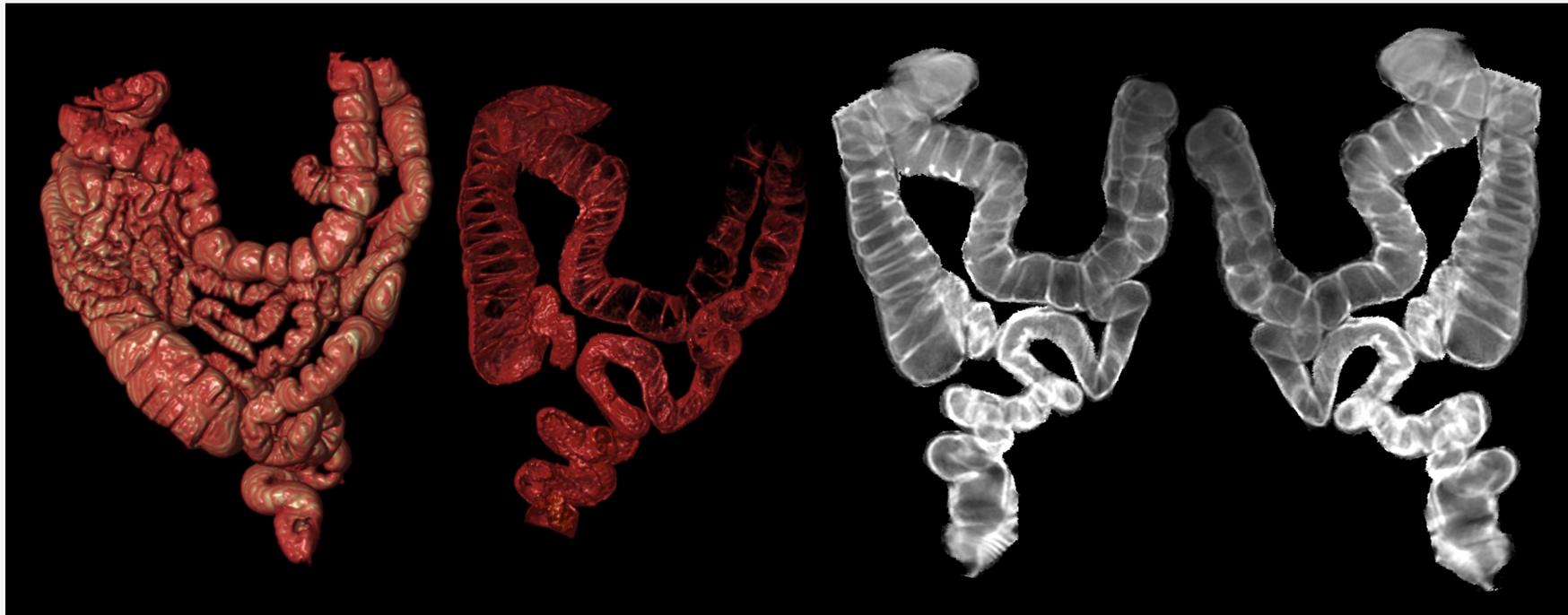
DARMUNTERSUCHUNG



T2-Darmbilder:

3D-MR-Kolonoskopie (obere Reihe SSD_T2-SPAIR, unten MPR mit 3D-Effekt_T1-Thrive). Die roten Pfeile zeigen die Segmentarterien der A. mesenterica inferior.

3D DARMDARSTELLUNG



T1- und T2-Darmbilder:
3D-Darmdarstellung mit Doppelkontrasteffekt

3D DARMDARSTELLUNG



3D DARMDARSTELLUNG



T1-Darmbilder:
3D-Darmdarstellung mit Doppelkontrasteffekt

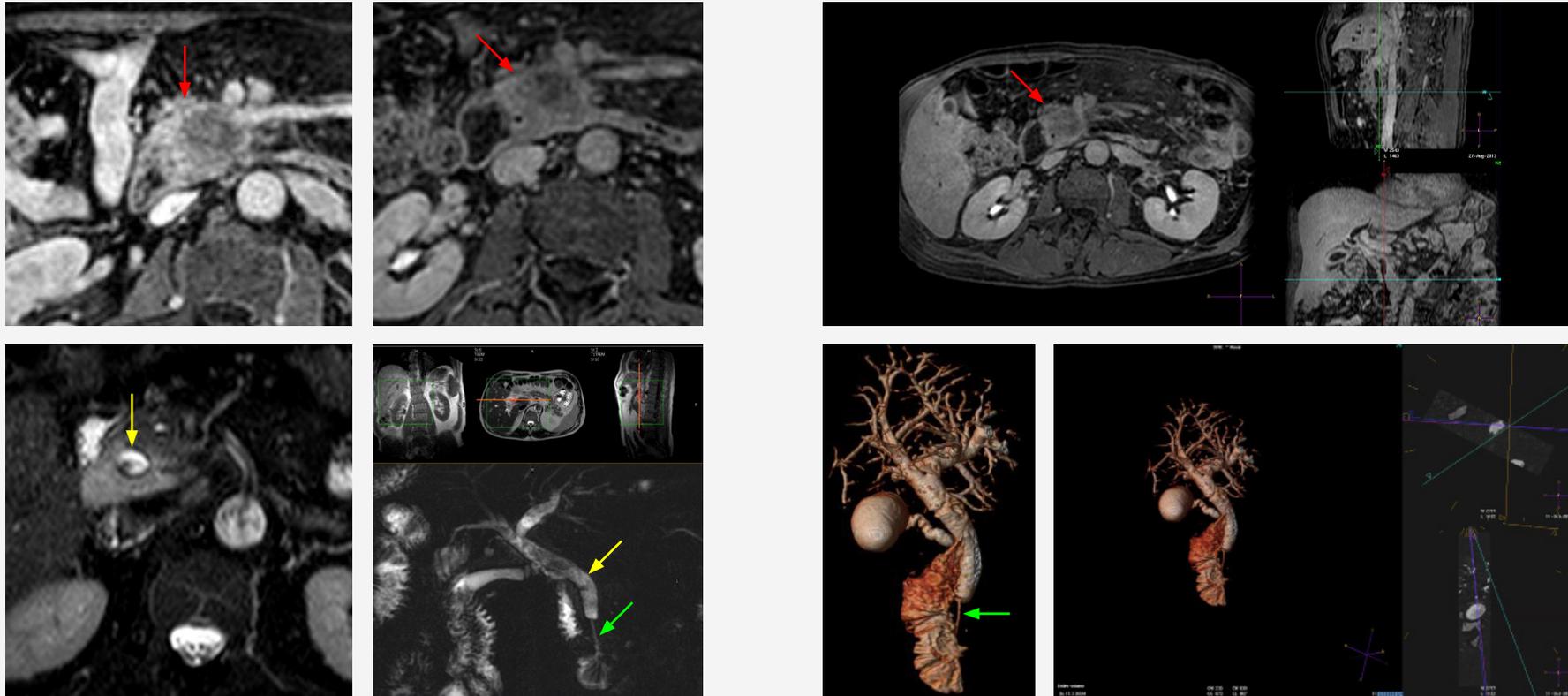
ONKOLOGIE SPEZIALUNTERSUCHUNG

Hier sollen stellvertretend Prostata und Urogenitalsystem angesprochen werden.

Grundsätzlich können die Nieren sowohl mit Ultraschall als auch CT untersucht werden. Während aber mit beiden Methoden im Wesentlichen morphologische Kriterien erfasst werden, können mit der MRT Untersuchung heute auch hinreichend sichere Aussagen zur Art des Tumors getroffen werden. In beiden Fällen spielen Diffusion und in geringerem Umfang auch Gewebepfusion eine besondere Rolle. Durch die KM-Dynamik können Aussagen über die veränderte Gewebedurchblutung getroffen werden. Zusammen mit der Diffusion, der inzwischen bei der Diagnostik des Prostatakarzinoms die entscheidende Rolle zukommt, können Aussagen zur Gewebsarchitektur getroffen werden die bei malignen Tumoren in spezifischer Art und Weise verändert ist.

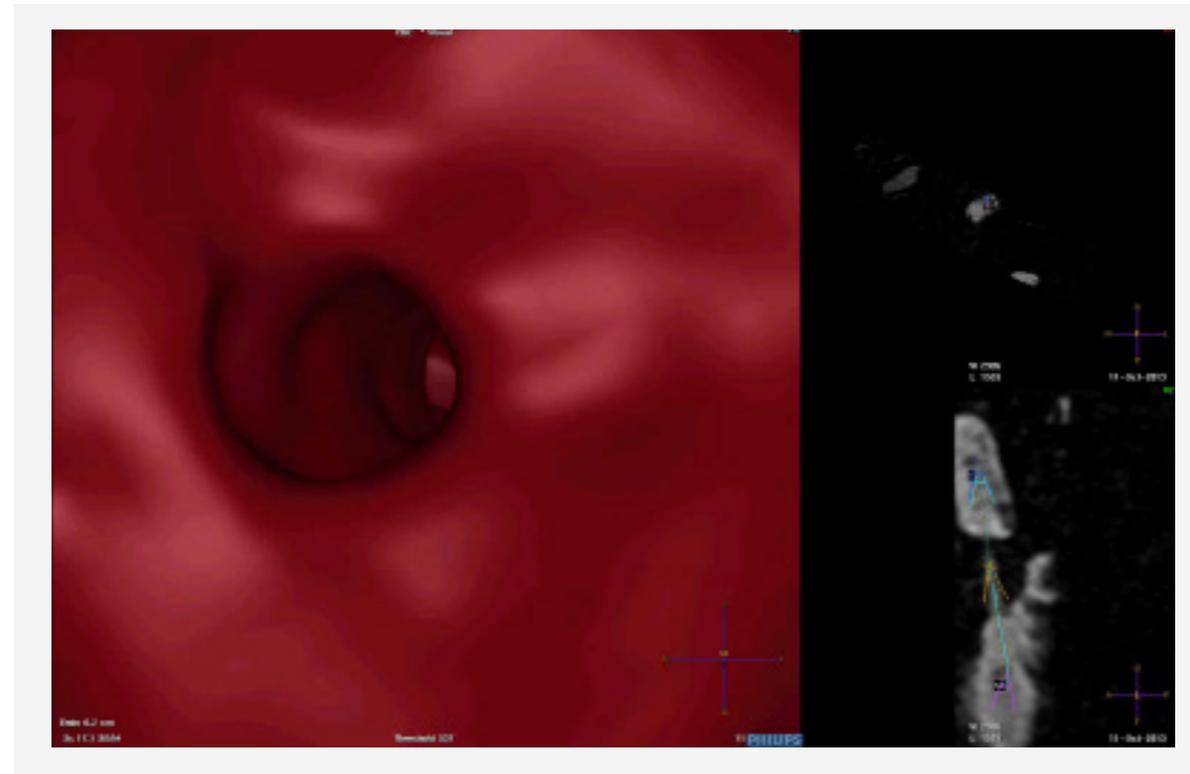
Speziell beim Prostata-Karzinom besteht eine Beziehung (Korrelation) zwischen dem Maße der Bösartigkeit des Tumors (Gleason-Score) und bestimmten Diffusionsparametern (ADC-Wert und Diffusionswichtung als sogenannter B-Wert) was als wichtige Entscheidungshilfe zwischen Biopsie, Operation und Verlaufskontrolle dient. Da die angesprochenen Techniken, insbesondere die Diffusion aber sehr stark von Artefakten abhängen kann und die Auswertung sicher sein muss, gilt es hier besondere Sorgfalt walten zu lassen. Methodische Erfahrungen sind deshalb notwendig da die firmenseitig zur Verfügung gestellte Software nicht unkritisch angewendet werden sollte.

BAUCHSPEICHELDRÜSE



Karzinom des Pankreaskopfes (roter Pfeil) mit Verschluss des ductus choledochus (gelber Pfeil) sowie Überbrückung der Stenose durch einen choledocho-duodenalen Stent (grüner Pfeil).

STENT - ENDOSKOPIE



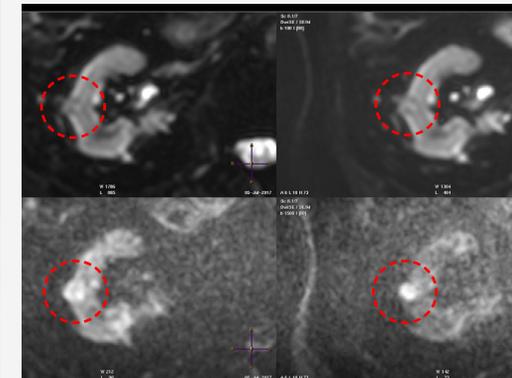
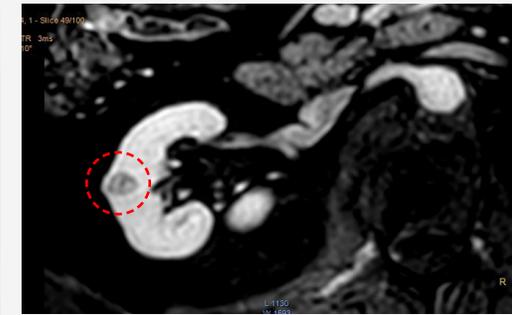
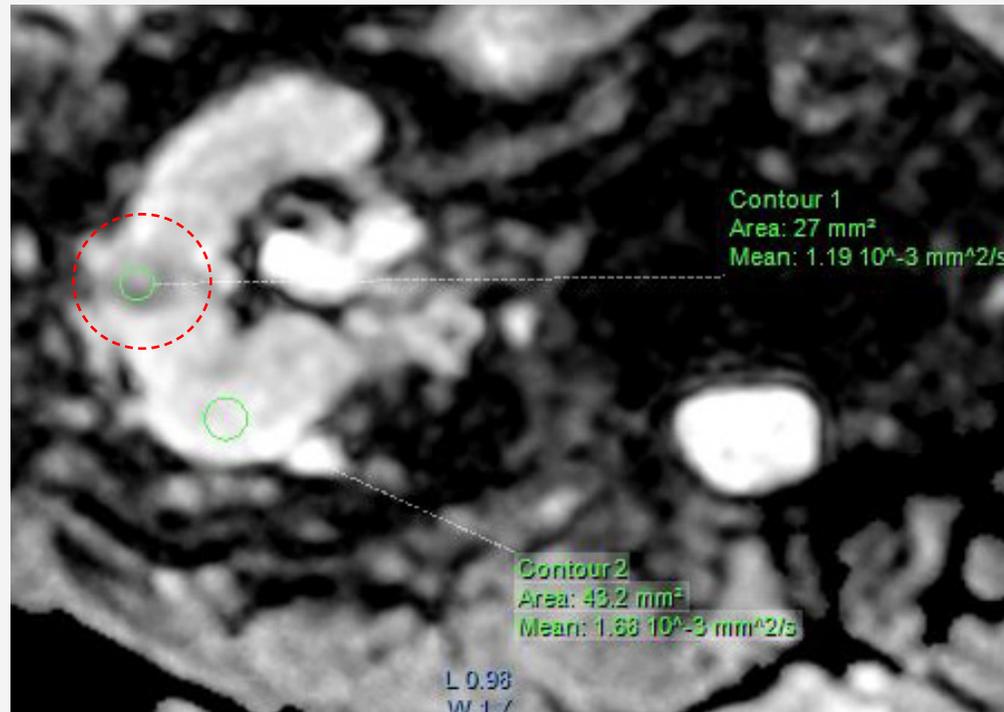
ENDOSKOPIE - VIDEO
Flug durch den Stent

ONKOLOGIE - NIERE



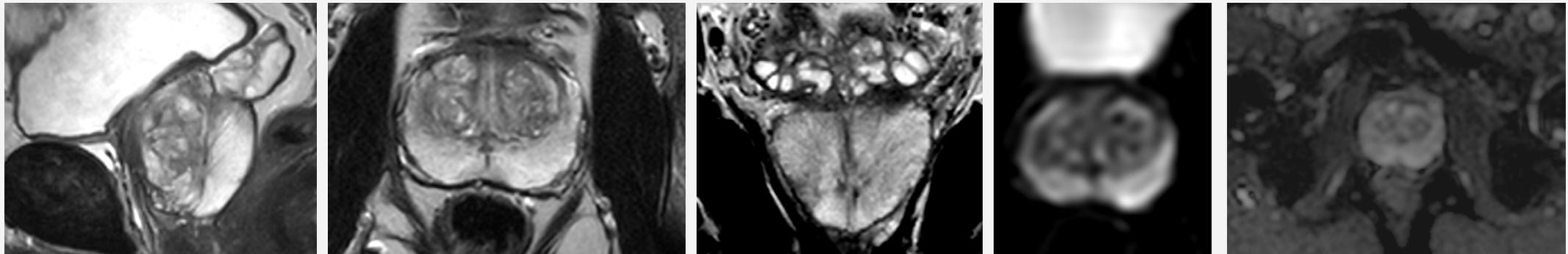
Nierenparenchymläsion rechts (roter Kreis) mit charakteristischer KM-Dynamik (von links nach rechts: nativ, früh-arteriell, arteriell, portalvenös und venös). Es könnte sich um ein Adenom, Adenokarzinom aber auch um ein kleines Onkozytom handeln. Die Tumorgröße beträgt 11 mm.

ONKOLOGIE
NIERE (FUNKTIONSDIAGNOSTIK)



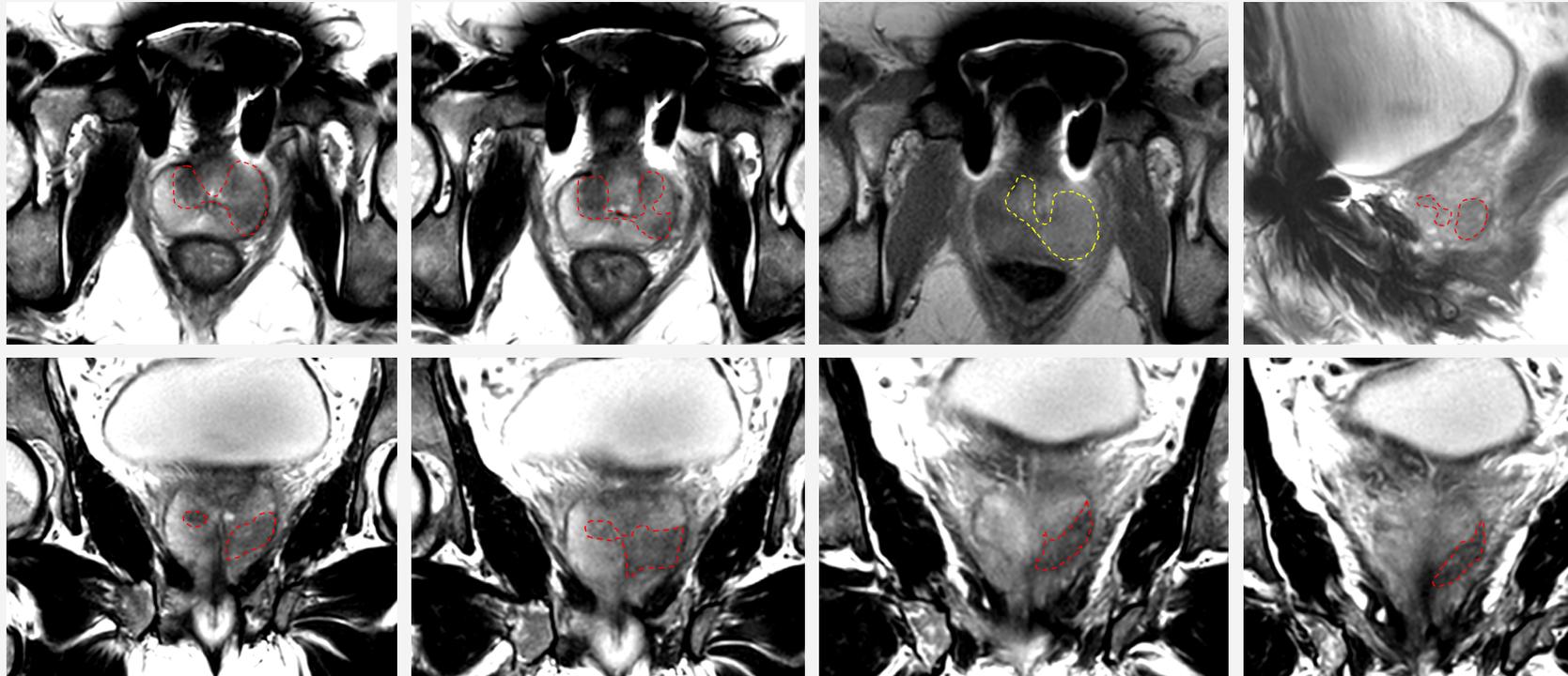
11 mm große Nierenläsion (roter Kreis) mit Parenchymrand und mäßig erniedrigtem ADC $1,19 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ aber deutlicher Restriktionsstörung bei steigendem B-Wert (bis $1500 \text{ s}/\text{mm}^2$). Der Befund ist hochgradig malignomverdächtig!

PROSTATAUNTERSUCHUNG



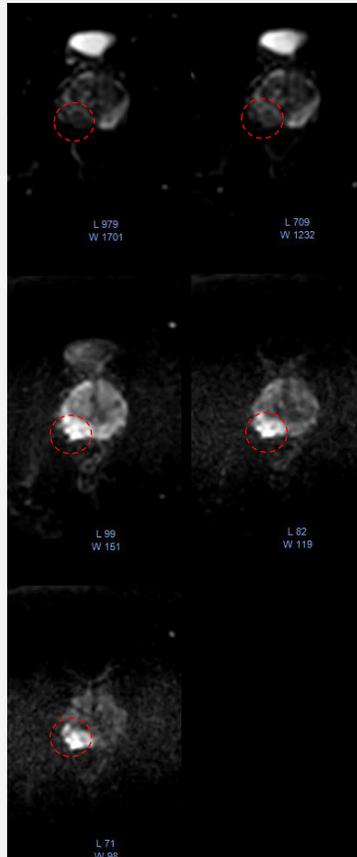
Prostata:
T2- und Diffusion; Normalbefunde

PROSTATAKARZINOM

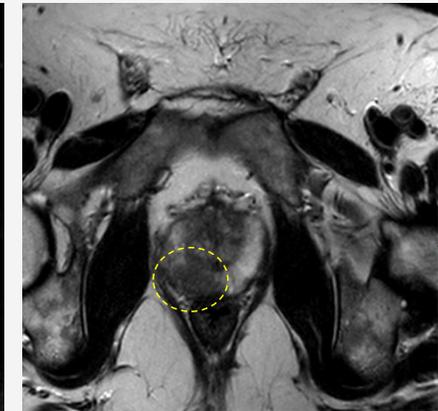
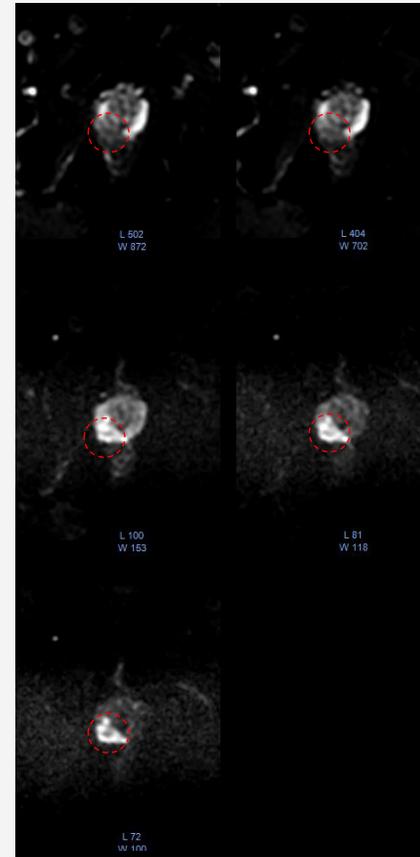


T2_TSE und T1_TSE_OMAR-Sequenzen:
Flächig infiltrierte Areale der peripheren Zone (rot gestrichelt im T2-Bild und gelb gestrichelt im T1-Bild nach KM-Gabe) in allen 3 Ebenen könnten sowohl einer abklingenden Prostatitis als auch einem diffus infiltrierendem Prostata-CA entsprechen. Kapselüberschreitende Läsionen fehlen.

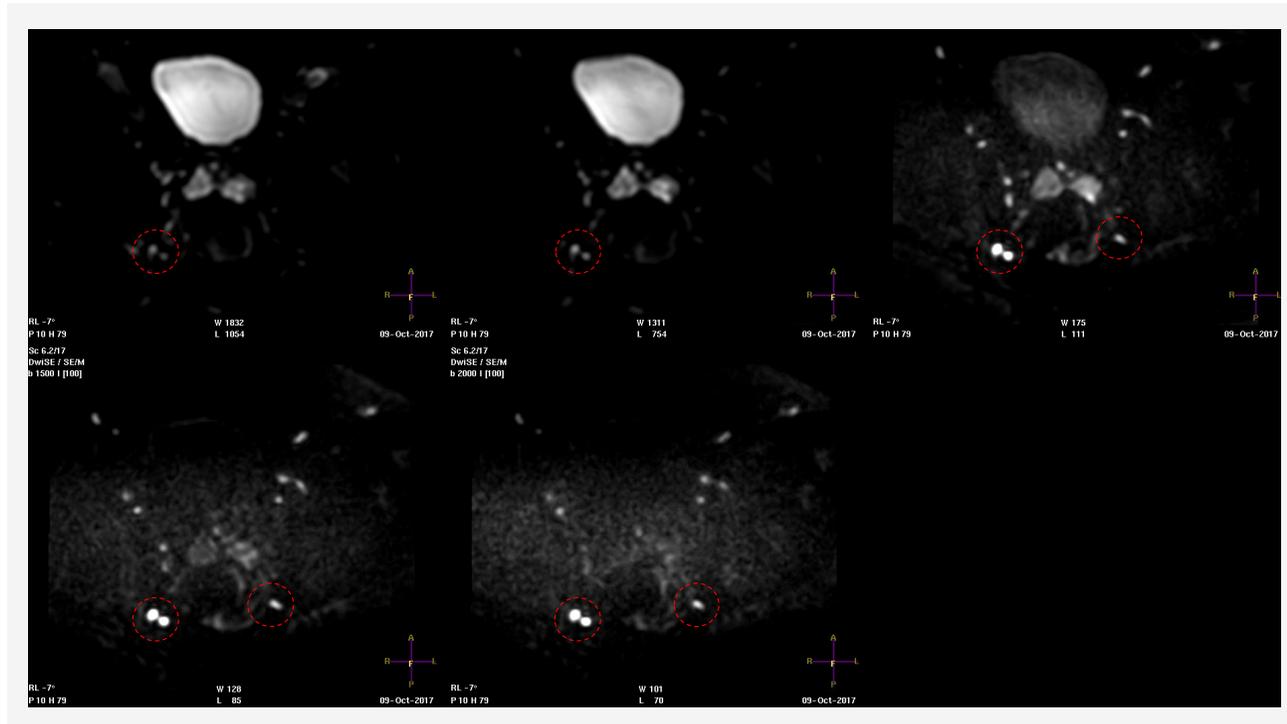
PROSTATAKARZINOM
FUNKTIONSUNTERSUCHUNG



DWI: deutliche Restriktionsstörungen mit steigenden B-Werten ($> 100 \text{ mm}^2/\text{s}$) der dorsolateralen Läsion als Zeichen der regionalen TU-Aggressivität (rote Kreise), T2-TSE-Bilder (gelbe Kreise)



PROSTATAKARZINOM
FUNKTIONSENTWICKLUNG

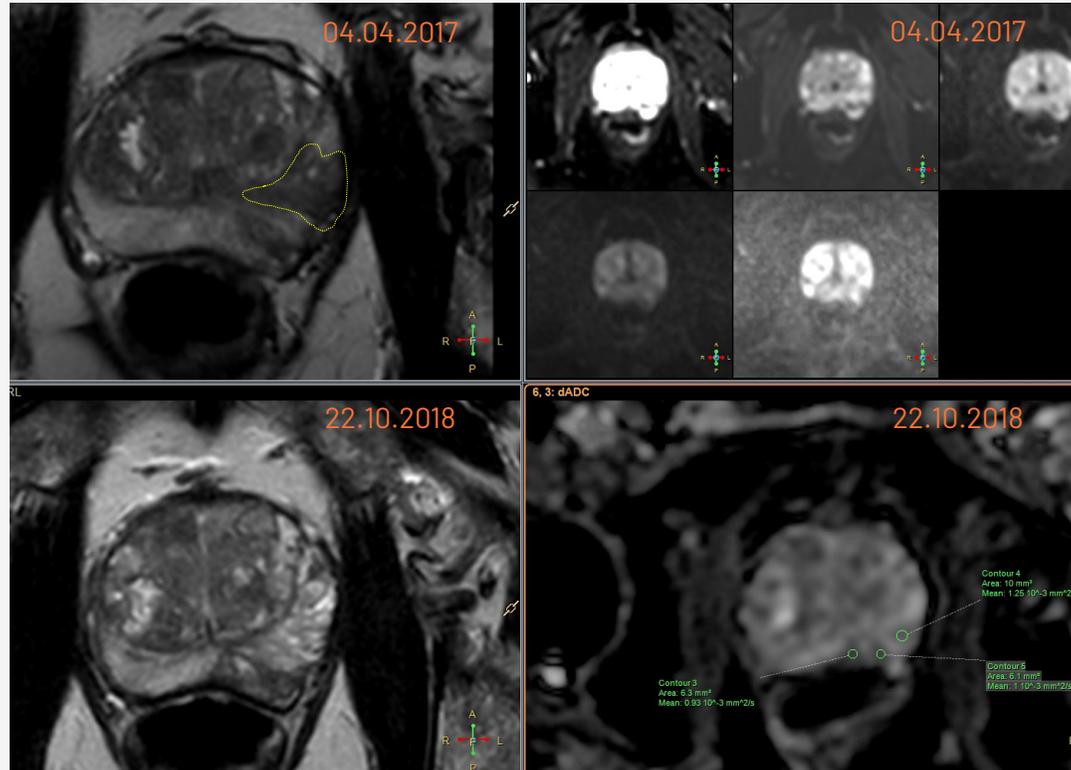


DWI: pathologische (infiltrierte Lymphknoten - LK)

rechts mit zunehmenden B-Wert deutliche Restriktionsstörungen (rote Kreise)

links nur bei hohen B-Werten ab 1000 mm²/s Nachweis von Restriktionsstörungen was für ein hohe Aggressivität spricht (gelbe Kreise)

PROSTATA - VERLAUFSKONTROLLE



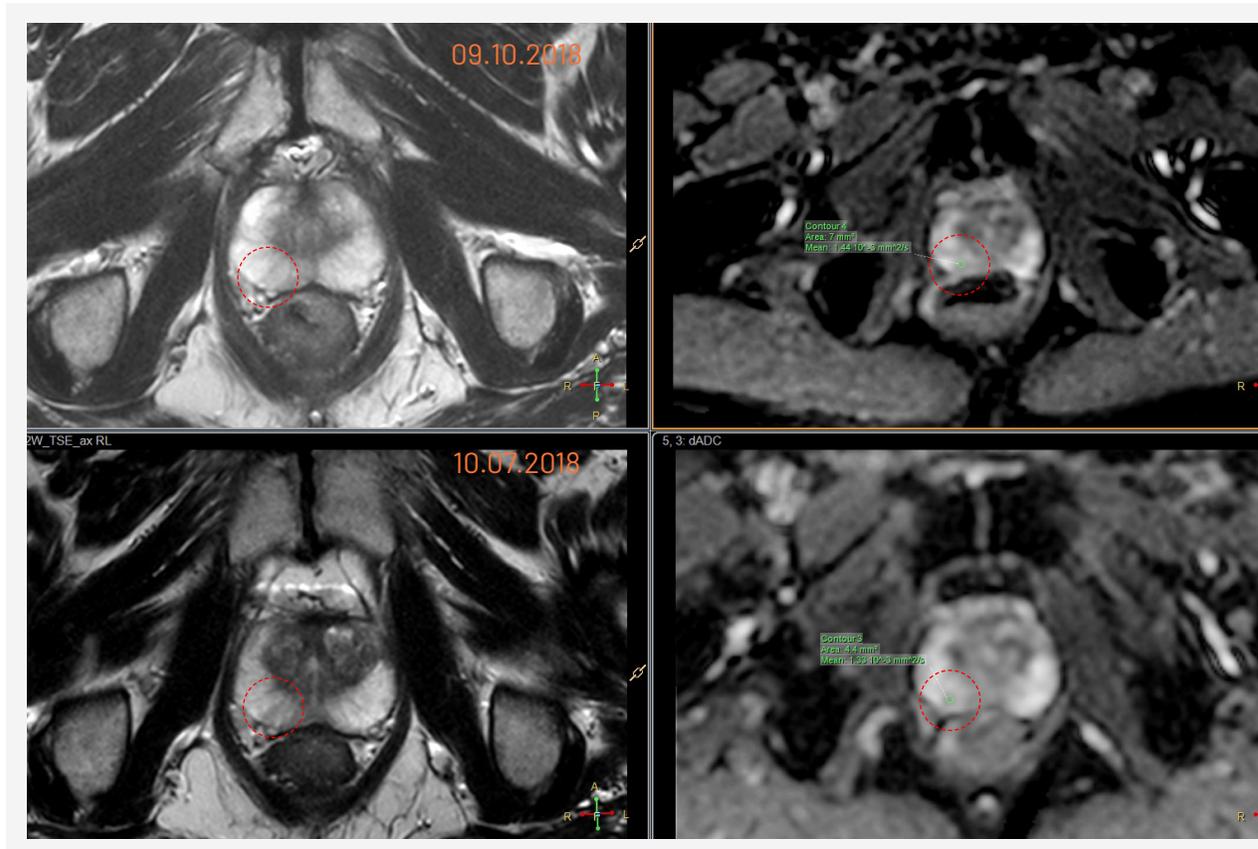
Im Vergleich regrediente flächige Signalalteration (gelb umrandet) der links-medialen peripheren Zone.

In der Kontrolle in diesem Areal fast wieder vollständig normalisierter ADC-Wert.

Links dorso-lateral verbliebene Signalabschwächung mit deutlich reduzierten ADC-Werten.

Es handelt sich um eine regrediente Entzündung im Rahmen einer chronischen Prostatitis.

PROSTATA - VERLAUFSKONTROLLE

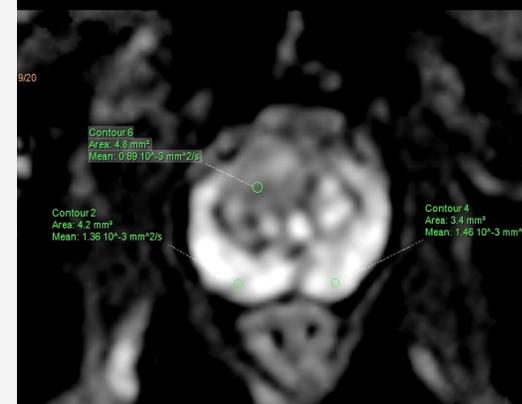
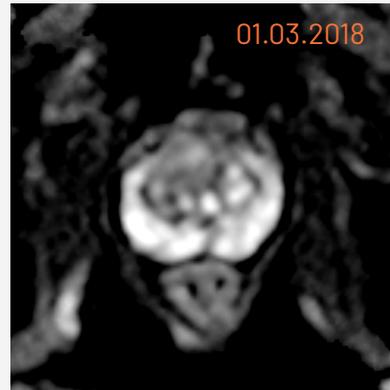
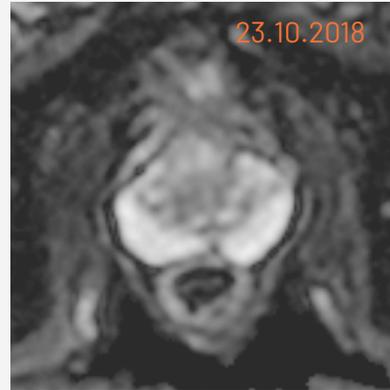


Vollständig Regredienz einer
akut exazerbierten chronischen
Prostatitis.

Die ADC-Werte haben sich
peripher erholt (1.44 gegenüber
 $1.33 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$).

Somit Zeichen einer abgeheil-
ten chronischen Prostatitis.
Sehr diskreter Befund!

PROSTATA - VERLAUFSKONTROLLE



Vollständig Regredienz einer akut exazerbierten chronischen Prostatitis.

Die ADC-Werte haben sich peripher erholt (1.36 gegenüber 1.79 x 10⁻³ mm²/s) bzw. sind in der Transitionalzone angestiegen (0.80 gegenüber 1.13 x 10⁻³ mm²/s).

Somit Zeichen einer abgeheilten chronischen Prostatitis.

MAMMOGRAPHIE

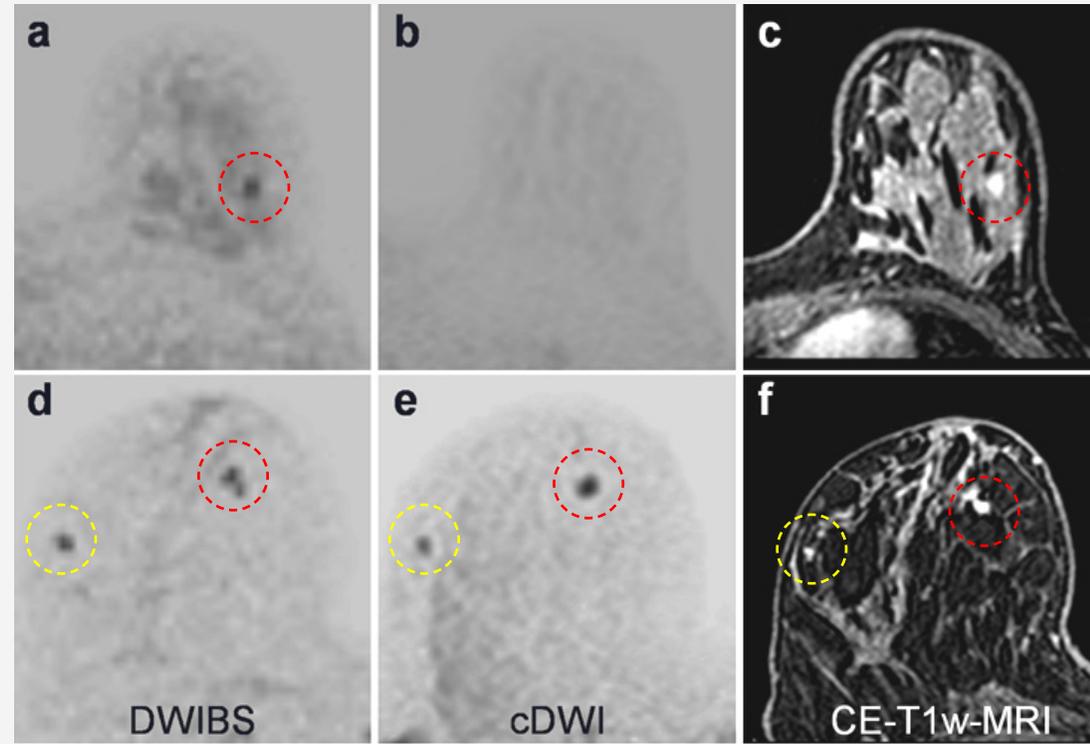
SPEZIALUNTERSUCHUNG

Mammographien sind Röntgenuntersuchungen der Brust (Mamma) mit dem Nachteil der Strahlenbelastung (nicht unerhebliche Organdosis). Ultraschalluntersuchungen haben eine geringere Nachweisempfindlichkeit als MRT (geringere Sensitivität) und können die zugrunde liegenden Veränderungen nicht hinreichend differenzieren (geringe Spezifität) und sind deshalb vor allem ergänzend sinnvoll um zystische Läsionen abgrenzen zu können die mit Ultraschall sehr gut nachweisbar sind.

Tumoren und Entzündungen stellen Indikationen für MRT-Untersuchungen der Brust dar. Mittels MRT ist es hierdurch nicht-invasiv mit Hilfe spezieller Techniken (Perfusion und Diffusion) möglich zwischen gut- und bösartigen Tumoren zu unterscheiden wodurch unnötige Biopsien vermieden werden können.

Die MRT-Untersuchung muss mit SpezialiSpulen in Bauchlage erfolgen, die Organöffnungen sowie Fixierungshilfen für die recht aufwendige Lagerung haben. Da die Brust im Magnetzentrum liegen soll sind Kopf und Oberkörper innerhalb des Magneten.

MRT - MAMMOGRAPHIE



A-C: Patient 1

D-E: Patient 2

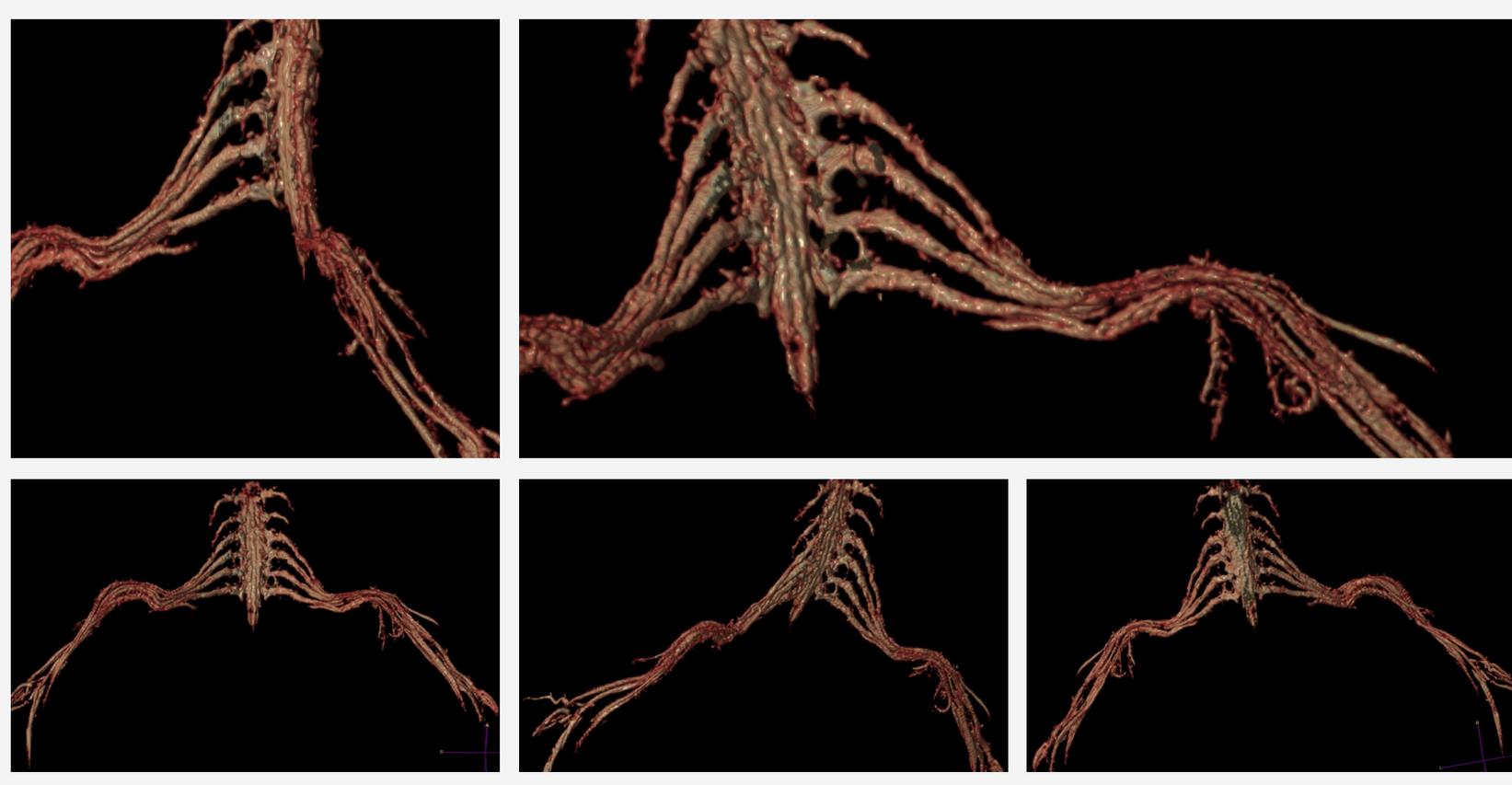
Karzinome der Brust.
a-b und d-e: DWI mittels Fettsättigung (spezielle Technik), c: T2-TSE, f: T1-GRE nach KM Gabe.

PLEXUSDARSTELLUNG **SPEZIAL**

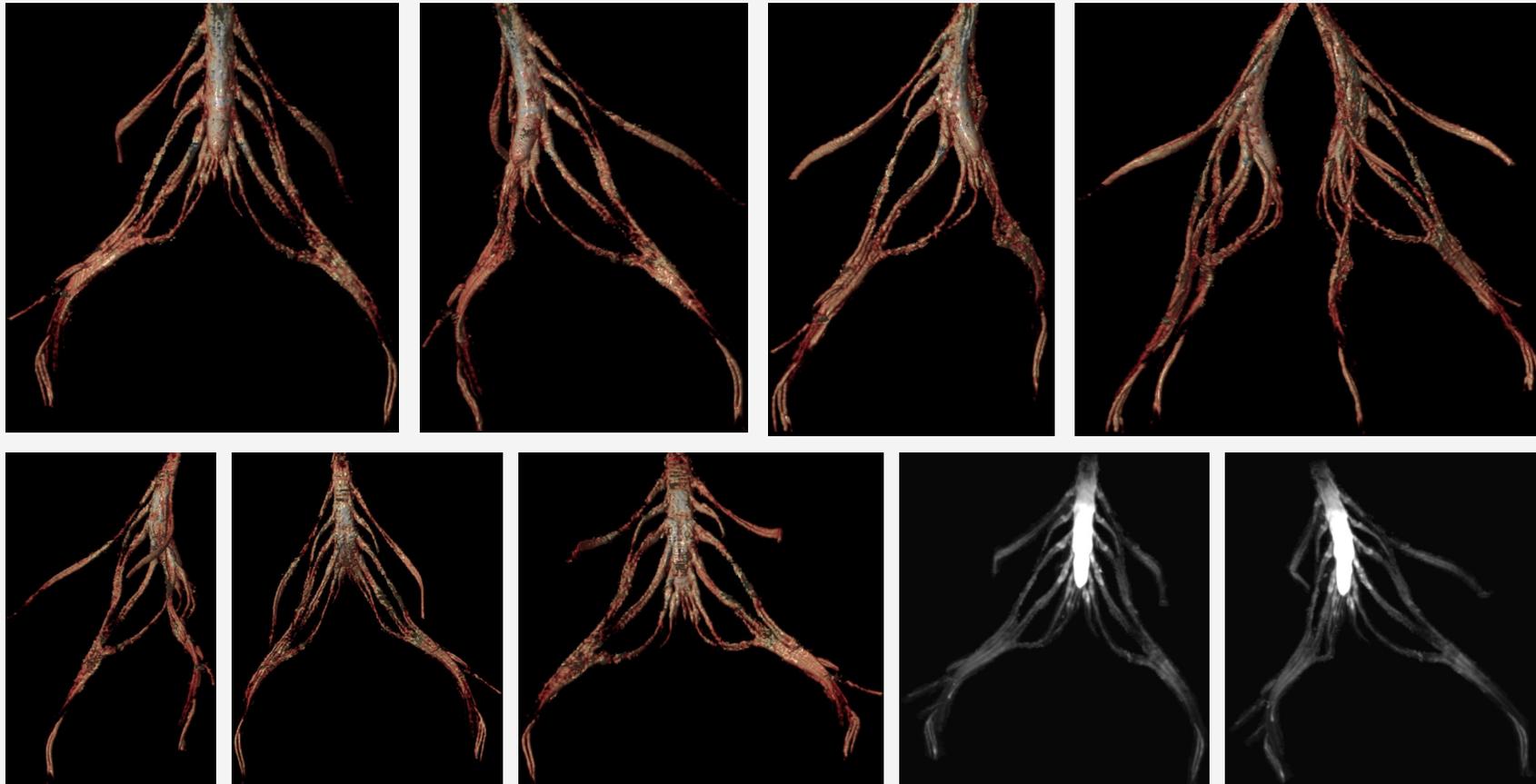
Die aus dem Rückenmark abgehenden Nerven (periphere Nerven) sowie die Nervenbündelungen (Hals-/Arm - sowie Beckenplexus) können nur mittels MRT dargestellt werden. Sowohl der Verlauf- als auch die Funktion können hierbei beurteilt werden. 3D-Darstellungen haben hierbei erhebliche Vorteile da nur so die Strukturen hinreichend voneinander abgegrenzt werden können. Spezielle Erfahrungen und Nachverarbeitungsprogramme sind hierzu allerdings notwendig da die kommerziell zur Verfügung stehende Software nicht ausreicht.

CT und Ultraschall stellen hier keine gleichwertigen Alternativen dar wenn gleich gerade der Ultraschall in der Anästhesie bei Plexus-Narkosen eine wichtige Rolle zukommt.

PLEXUS CERVICOBRACHIALIS



PLEXUS LUMBOSACRALIS



GEFÄSSDARSTELLUNG

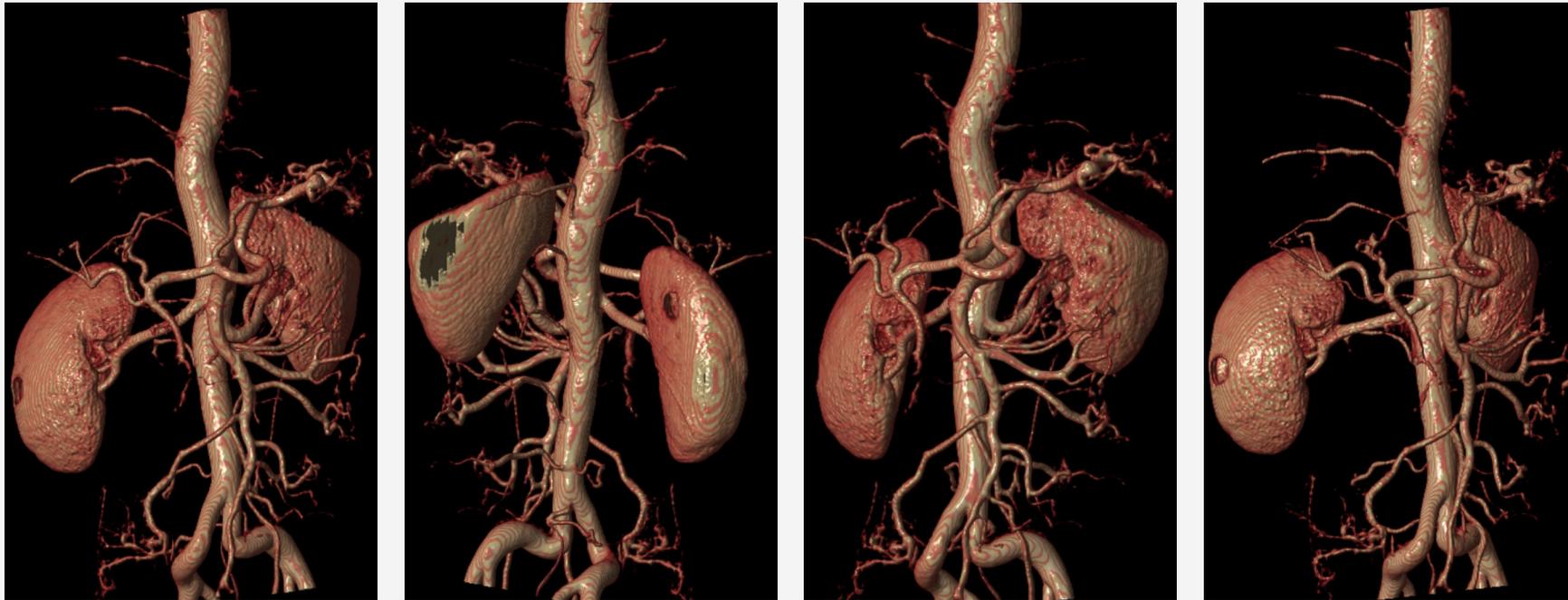
SPEZIALUNTERSUCHUNG

Grundsätzlich können alle Gefäße im MRT dargestellt werden. Es gibt hierfür unterschiedliche MRT-Techniken, die entweder Kontrastmittel (T1-Effekt) und kurze Untersuchungszeiten benötigen oder kontrastmittelunabhängig erfolgen, dafür aber deutlich längere Messzeiten benötigen. Als Grundregel kann gelten: Sollen große Körperabschnitte (Extremitäten mit oder ohne Körperstamm) untersucht werden dann sind hierzu KM-abhängige Techniken besser geeignet, sollen hingegen sehr kleine Gefäße untersucht werden (Kopf) und steht Zeit zur Verfügung, spielen also Bewegungsartefakte eine untergeordnete Rolle, dann sind KM-unabhängige Techniken (TOF und PCA) die besseren Methoden.

Spezielle Probleme treten hierbei am Herzen auf, da hier neben der Atembewegung die unterdrückt werden muss vor allem die äußerst kurze Zeit zu berücksichtigen ist, die während eines Herzzyklus zur Verfügung stehen würde. Bei einer Herzschlagfolge von 60 Schlägen/min entspricht dies 1 Sekunde. Probleme können außerdem die äußerst kleinen Gefäßstrukturen am Rückenmark bereiten, da hier zum einen eine sehr hohe räumliche Auflösung zur Darstellung notwendig ist und zum anderen durch die pulsartigen Bewegungen des Nervenwassers (Liquor) Artefakte auftreten können. In beiden Fällen muss mit Hybrid- und Trigger-Techniken gearbeitet werden. Grundsätzlich können die Gefäße heute aber mittels MRT dargestellt werden. In jedem Fall aber sollten die Besonderheiten vor geplanten Untersuchungen besprochen werden.

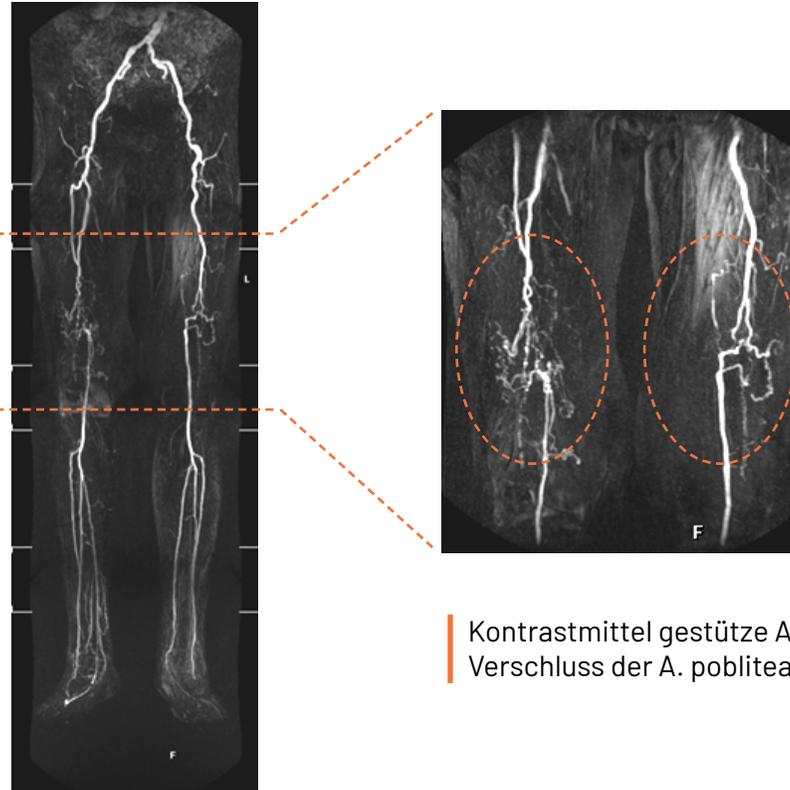
Koronararterien (Herzkranzgefäße) können zurzeit mittels CT am besten und die Halsgefäße mittels farbkodiertem Ultraschall im Bereich der Karotisbifurkation (Gabelung der Halsarterien) der MRT vergleichbar untersucht werden, wobei aber die zum Kopf weiterführenden Gefäße mittels Ultraschall nicht hinreichend beurteilbar sind sodass hier eine ergänzende Untersuchung mittels MRT oder CT erfolgen muss. Invasive Katheterangiographie durch die Leiste hingegen sind heute diagnostisch entbehrlich und sollten nur noch angewendet werden, wenn Kontraindikationen für ein MRT bestehen oder invasive Eingriffe (Gefäßschienen - Stents - oder die Behandlung von spezieller Missbildungen wie Aneurysmen - Coiling) geplant sind.

ANGIOGRAPHIE DER BAUCHGEFÄSSE



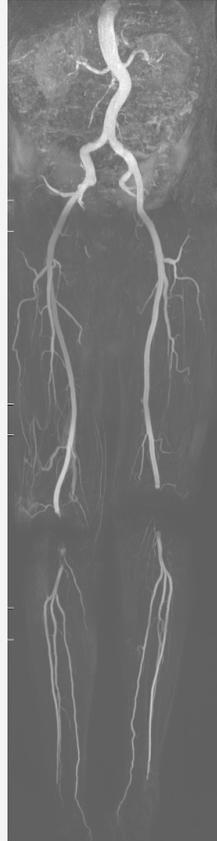
3D-Angiographie der Aorta abdominalis (dargestellt sind sämtliche Gefäßabgänge einschließlich der Darmarterien).
Untersuchung in Breathhold-Technik.

BECKEN - BEIN - ANGIOGRAPHIE

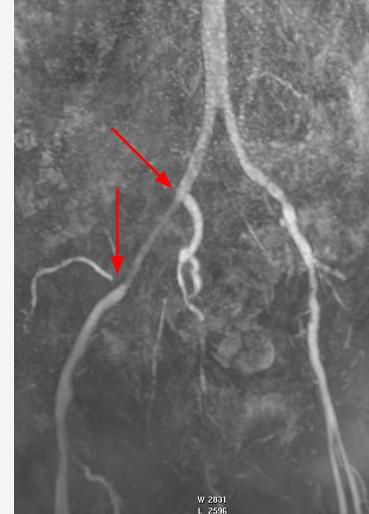


Kontrastmittel gestützte Angiographie der Becken und Bein Gefäße (BBA).
Verschluss der A. poplitea mit ausreichendem Kollateralkreislauf.

BECKENANGIOGRAFIE



Becken-Bein-
angiographie
(BBA) links
Normalbefund
bei Knieprothe-
sen beidseits
(Signalauslö-
schungen durch
die Metallim-
plantate)

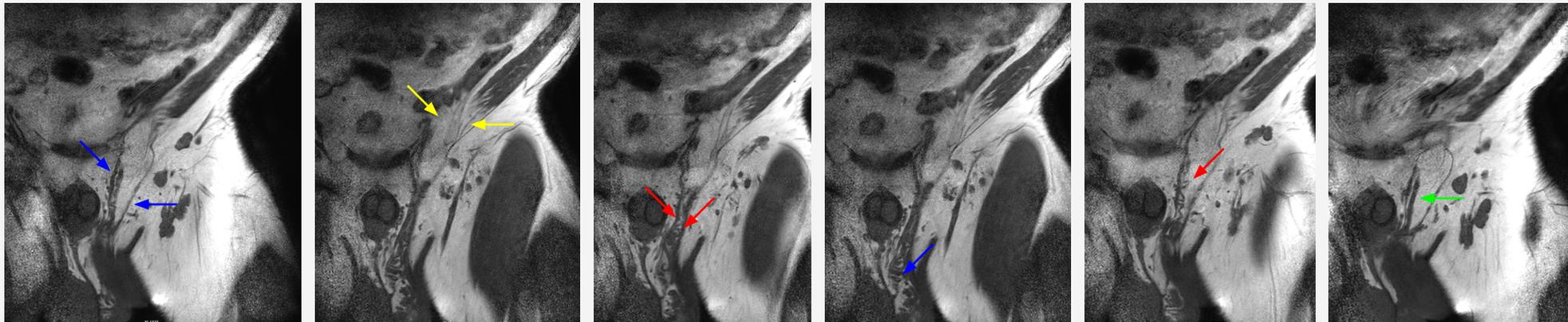


Becken-Beinangiographie
(BBA) rechts

Stenose der A. femoralis
superficialis (Pfeile)



HODENUNTERSUCHUNG

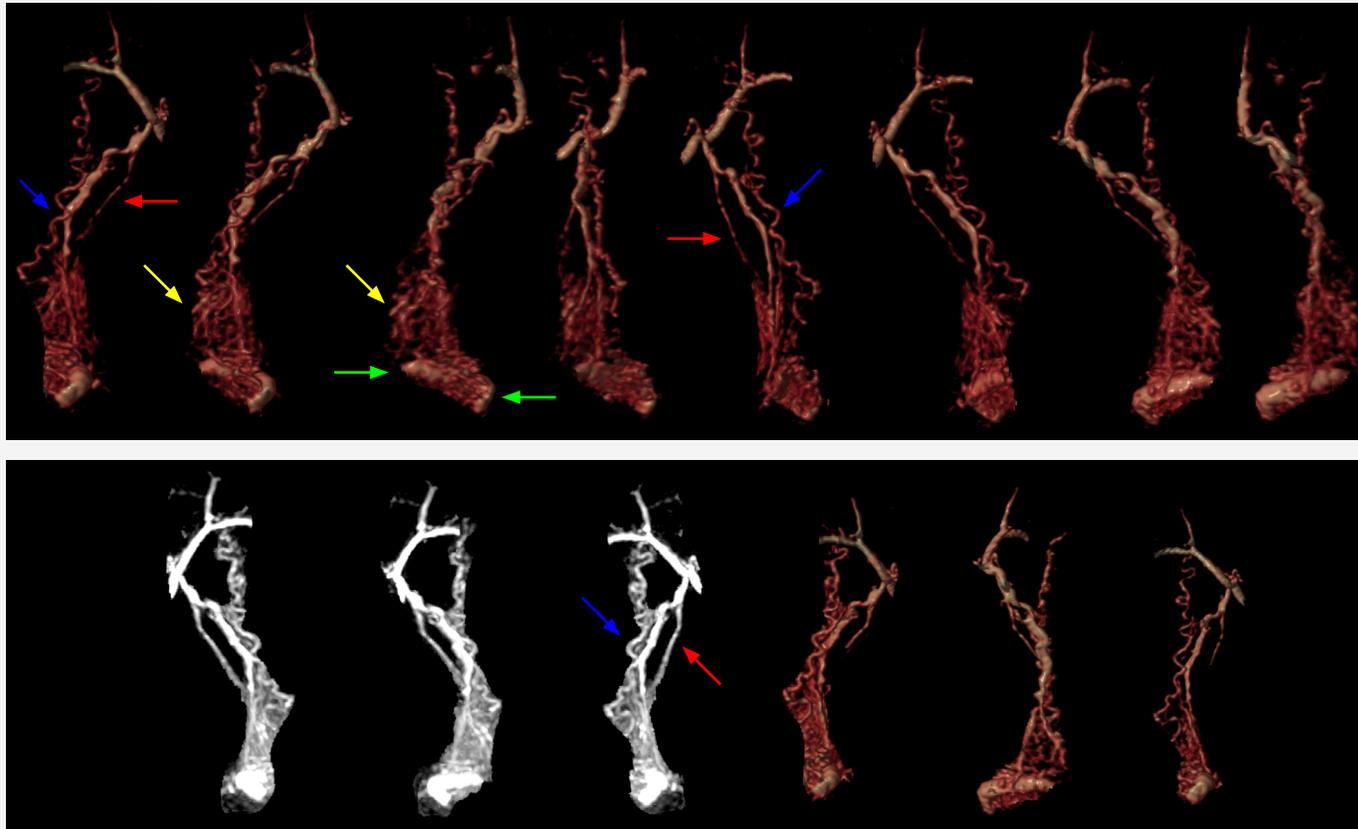


T2-TSE (koronare Bilder):
Legende:

Anatomie und Gefäßversorgung des Hodens
Violett -Tunica vaginalis testis;
Blau - Plexus pampiniformis;

Gelb - Recessus am Übergang des Peritoneums zur Tunica; Rot - versorgende Gefäße;
Grün - Ductus deferens

GEFÄSSVERSORGUNG DES HODENS

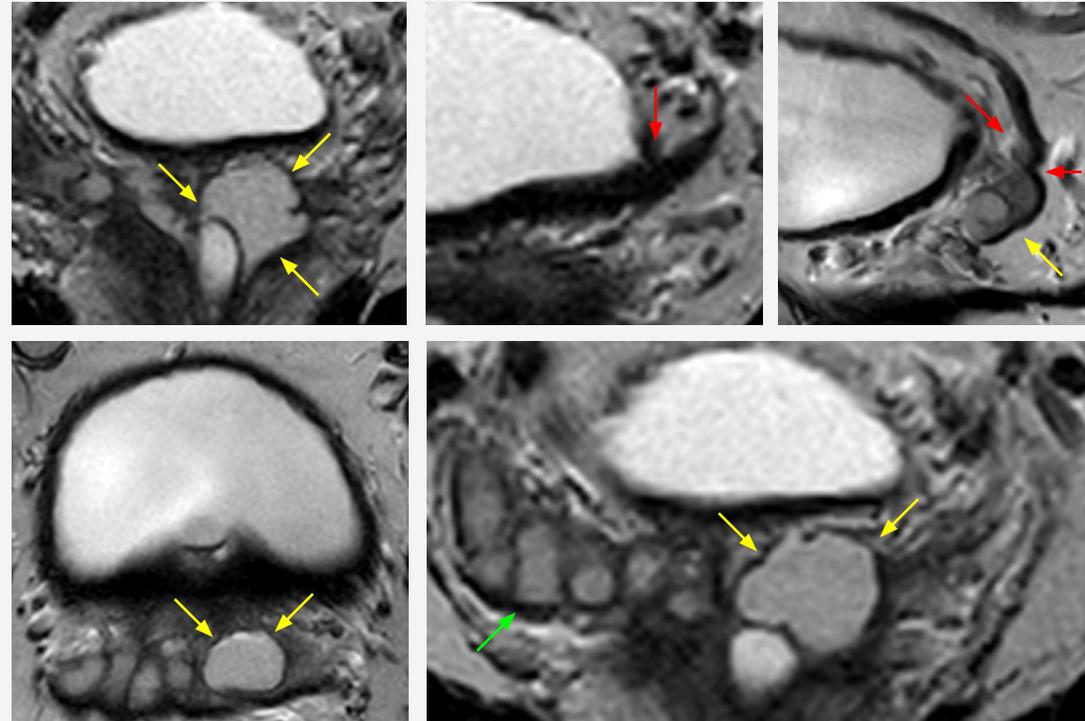


3D-Thrive-Angiographie der
Gefäßversorgung des Hodens.

Legende:

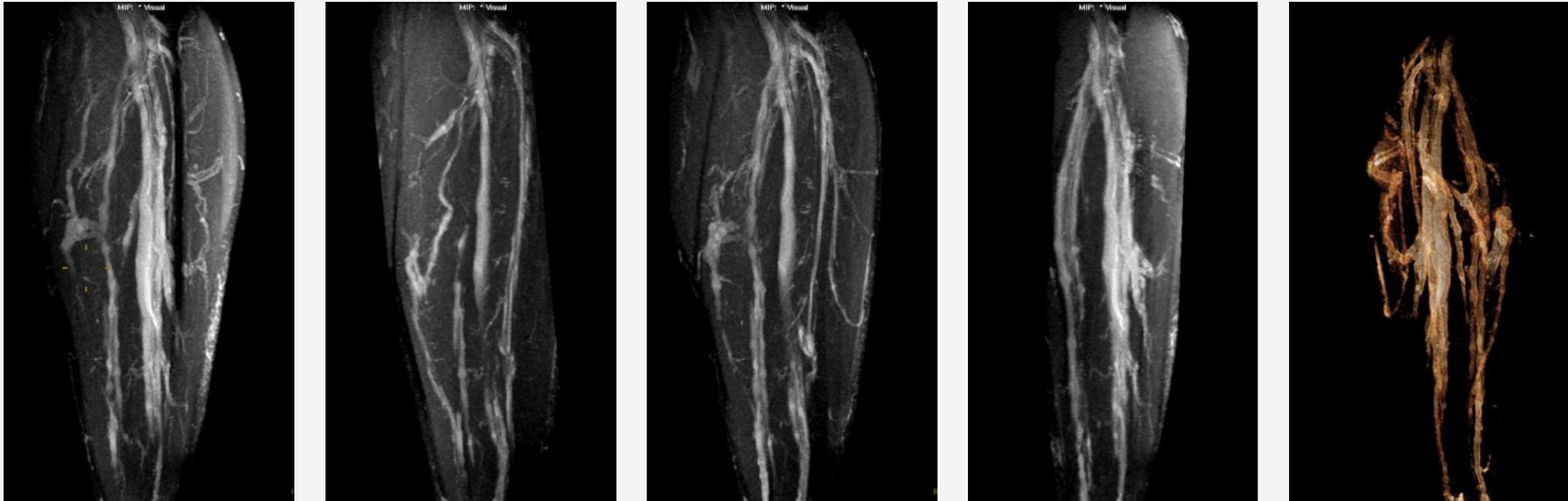
Blau - Venen
Rot - Arterien
Gelb - Plexus pampiniformis
Grün - Anschnitt des Hodens

DARSTELLUNG DES SAMENSTRANGS



Samenzyste links (gelbe Pfeile) im Einmündungsbereich des komprimierten Ductus deferens (rote Pfeile), normale Samenbläschen rechts (grüner Pfeil)

VENENDARSTELLUNG



Unterschiedliche Nachverarbeitungstechniken.

FUNKTIONSunTERSUCHUNG **SPEZIALUNTERSUCHUNG**

- **DIFFUSIONSTECHNIKEN**

(DWI, DTI, WBDI) sind Diffusionstechniken bei denen die sogenannte Brown'sche Molekularbewegung, im speziellen Falle die biologische Diffusion im Mittelpunkt der Technik steht. Freie Moleküle können sich im Außenzellbereich (Extrazellulärraum) entsprechend dessen Volumen ungerichtet frei (anisotrop) oder entlang vorgegebener Strukturen gerichtet (isotrop) mit einer messbaren Geschwindigkeit (mm²/s) bewegen. Anwendungsbeispiele sind beispielsweise die Onkologie und Neurologie sowie Lymphknotenstaging im Rahmen der Onkologie.

- **HIRNFUNKTIONSunTERSUCHUNGEN**

Hirnfunktionsuntersuchungen (BOLD, Perfusion, Volumetrie) sind im MRT möglich, Perfusion und Volumetrie auch im CT.

- **BOLD-UNTERSUCHUNGEN**

Bei BOLD-Untersuchungen (Blood level dependend) können zwischen sauerstoffreichem (Oxyhämoglobin = diamagnetischem also nicht magnetischem) und - sauerstoffarmen (Desoxyhämoglobin = paramagnetischem also magnetischem) Blut bestehenden kleinen Feldgradienten (magnetische Unterschiede) gemessen und mittels spezieller Softwarenachverarbeitung so verstärkt werden das diese als Signalunterschiede sichtbargemacht werden können. So können Hirnfunktionen untersucht werden, wenn die Areale über spezielle Aufgaben (Paradigmen) aktiviert werden. Es können so unterschiedlichste neuronale Aktivitäten untersucht werden wenn die Paradigmen entsprechend verändert oder anders ausgedrückt auf die funktionalen Bedürfnisse dieser Zentren hin angepasst, also optimiert werden.

FUNKTIONSUNTERSUCHUNG **SPEZIALUNTERSUCHUNG**

- **BEWEGUNGSDARSTELLUNGEN**

Bewegungsdarstellungen sind im MRT im Bereich der HWS, BWS sowie LWS möglich wobei aber bestimmte technische Hard- sowie Software, die üblicherweise firmenseitig nicht zur Verfügung steht notwendig ist. Diese Untersuchungen können bei uns angefragt und demnächst auch durchgeführt werden.

- **3D-VOLUMENDARSTELLUNG**

3D-Volumendarstellungen aller Organe: Sind bei Knochen im CT sonst besser im MRT möglich. Die Anzahl der Voxel (Volumenelemente die segmentiert wurden) können bestimmt werden und damit die Strukturen zudem quantifiziert werden. Werden einzelne Strukturteile gezielt erfasst (segmentiert) können diesen Farben und damit Volumina zugeordnet werden die dann weiter nachverarbeitet werden können (Strömungsmodelle etc.). Auch hier können wir Ihnen Auskunft geben was möglich ist.

- **METALLIMPLATATE**

Implantate können im MRT untersucht werden wenn spezielle Sequenzen (Softwareprogramme) verwendet werden wobei die Güte der Metallunterdrückung aber grundsätzlich vom Legierungsanteil der verwendeten Implantate abhängt. Auch dies kann bei uns vorher angefragt und Untersuchungen mit Metallsequenzen durchgeführt werden.