

KATHOLISCHES KLINIKUM MAINZ
 St. Hildegardis-Krankenhaus · St. Vincenz und Elisabeth Hospital
 Akademisches Lehrkrankenhaus der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Kardiovaskuläre Anwendungen

Priv. Doz. Dr. med. Jörn O. Balzer

Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin

Gefäßdiagnostik – Indikationen

- Abklärung KHK, PAVK, CVK
- Abklärung Gefäßläsion (Aneurysma, AVM, Angiom, etc.)
- Abklärung GI-Blutung
- Begleitverletzung nach Trauma
- Thrombosen
- Evaluierung von NTx Patienten (Spender – Empfänger)
- Kontroll-Untersuchungen
 - Nach Stentgraft
 - Nach Stent-Implantation
- Seltene Entitäten (z.B. Ehler-Danlos-Syndrom)

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Gefäßdiagnostik – Methoden

- Angiographie / i.a. DSA
- Duplexsonographie
- CT Angiographie (CTA)
- MR Angiographie (ohne KM)
- KM-MR Angiographie

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Gefäßbildgebung: Entwicklung

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Untersuchungsverfahren

CT/CT-Angiographie:	
Pro: - Schnell - Kalk ↑	Contra: - Jodhaltige Kontrastmittel - Ionisierende Strahlung
i. a. DSA:	
Pro: - Ortsauflösung ↑ - Interventioneller Eingriff	Contra: - Kontrastmittel (alternativ: CO₂)

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

CT Angiographie

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Untersuchungsverfahren

→ Farbkodierte Duplexsonographie (FKDS):

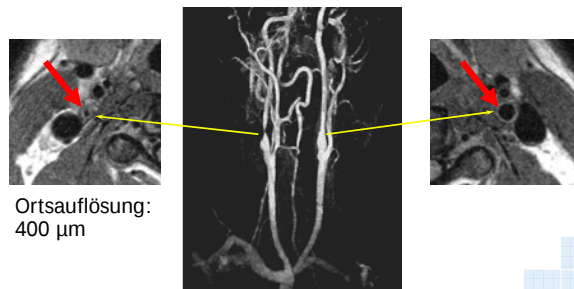
- Pro: - Schnell
- Zielorientiert
- Ubiquitär
- Wiederholbar
- Contra: - Untersucher-abhängig
- Beschränkte Info

• MRT/MR-Angiographie:

- Pro: - Nicht invasiv
- Schnell
- Submillimeter
- 3D
- Contra: - Patientenselektion
- Kalk ↓
- Kosten ↑

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

KM-MRA der Carotiden



Ortsauflösung:
400 µm

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Grundsatz

- digitale Subtraktionsangiographie (DSA)
- konventionelle Angiographie



- MR Angiographie
- CT Angiographie

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

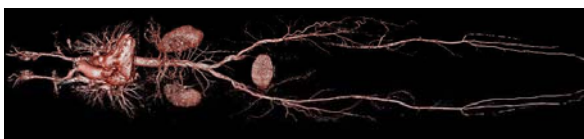
“Ganzkörper” MRA in 72 Sek.



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Computertomographie

Multidetektor CT-A



- In 24 Sek. von den Nierenarterien bis zum Sprunggelenk

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

KM-MRA der Becken-Bein-Gefäße

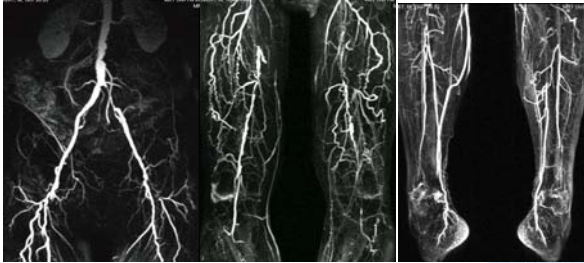
Probleme der KM-MRA

- Patienten Compliance.
- Richtige Lagerung und Positionierung
- Kontrastmittel (Art, Menge, Zeitpunkt der Injektion)
- Venöse Überlagerung (Timing, Ulcera)
- Darmüberlagerung

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

KM-MRA der Becken-Bein-Gefäße

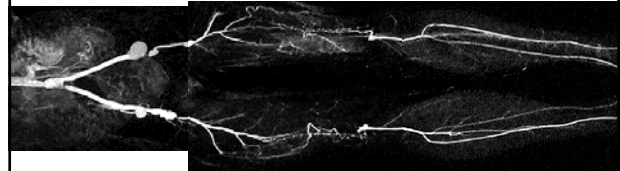
- Darstellung okkultter Gefäße vor fem.-cur.-Bypassanlage



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

KM-MRA der Becken-Bein-Gefäße

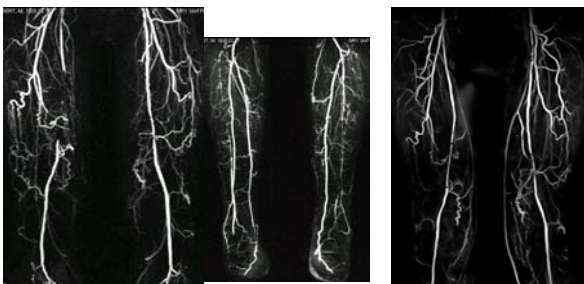
Alternative zur i.a. DSA bei voroperierten Patienten



- Anastomosenaneurysmata
- Patch auf AFC bds.
- AFS Okklusion bds.

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

KM-MRA der Becken-Bein-Gefäße



AFS Okklusion rechts

Post Laser-PTA & Stent

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

KM-MRA der Becken-Bein-Gefäße

Zusätzliche Möglichkeiten mittels MRT

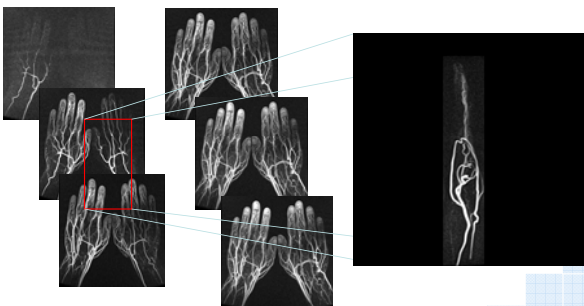
- Dynamische Bildgebung
- Echt-Zeit-Bildgebung
- Doppler Flussmessung

Hämodynamische
Informationen

- Hochauflösende MRT → Gefäßwanddarstellung
- MR gesteuerte PTA

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Dynamische 3D Messung



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

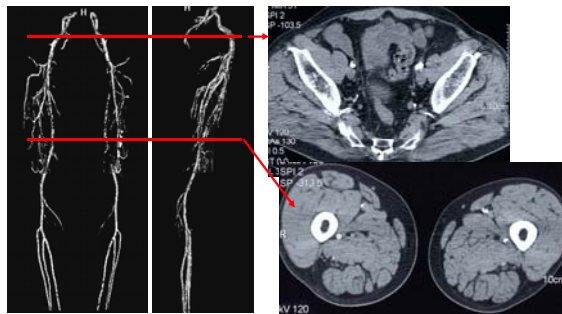
Multidetektor CTA bei PAVK

Vorteile der CTA

- hohe räumliche Auflösung
- Scanlänge bis zu 120 cm mit Multidetektor-CT
- kurze Untersuchungszeiten
- nicht-invasive Untersuchungstechnik
- exzellente Darstellung von Gefäßpathologien
- genaue Differenzierung des okkludierenden Materials
- Darstellung von kalzifizierten Plaques
- Darstellung von Stentperfusion in axialen Schichten

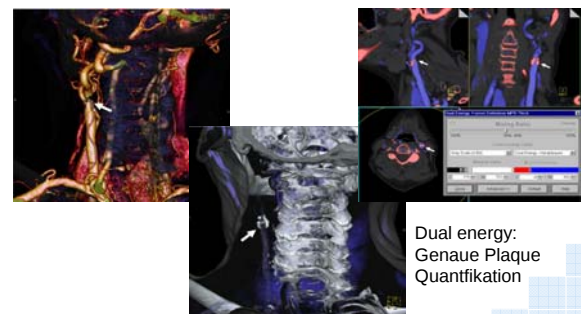
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Multidetektor CTA bei PAVK



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

CTA – Dual Energy der Carotiden



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Vergleich: Erforderliche KM-Menge

Diagnostische Bildgebung: Nierenarterien bis Füße

Modalität	Technik	KM	Menge
i.a. DSA	Serie	Jod	125 – 180 ml
i.a. DSA	Schrittverschiebung	Jod	110 ml
i.a. DSA	Selektiv	Jod	5-10 ml / Serie
CTA	MD-CTA (16 Zeilen)	Jod	120 ml
CE-MRA	Tischverschiebung	Gd	20 - 40 ml

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Multidetektor CTA bei PAVK



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

DSA oder MRA bzw. CTA bei PAVK

- Verwendung der D.S.A. für:

- ✓ Darstellung des Strömungsverhaltens und run-off (zeitliche Auflösung)
- ✓ Dokumentation unmittelbar vor und nach Intervention
- ✓ Kontroll-Untersuchung von Ballon-expandierbaren Stents

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

DSA oder MRA bzw. CTA bei PAVK

- Verwendung der CT Angiographie für:

- ✓ Planung komplexer aorto-iliakaler Interventionen
- ✓ Planung von Interventionen bei der die Kenntnis des Verkalkungsausmaß und -lokalisierung essentiell ist
- ✓ Kontrolle nach Stentimplantation
- ✓ Screening und Kontrolle von Patienten mit Kontraindikation für die MRA

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

DSA oder MRA bzw. CTA bei PAVK

- Verwendung der KM-MR Angiographie für:

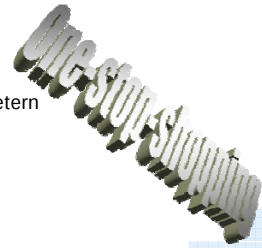
- ✓ Screening von Patienten mit V.a. PAVK
- ✓ Darstellung von Kollateralgefäßen
- ✓ Dokumentation von „okkulten“ peripheren Gefäßen vor Intervention oder Operation
- ✓ Kontrolle nach Therapie
- ✗ Aber: Beschränkung auf eine Körperregion (z.B. Becken-Beine) um die Ortsauflösung zu erhöhen.

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

DSA oder MRA bzw. CTA bei PAVK

KM-MRA: Die richtige Entscheidung!

- Darstellung von:
 - Vaskulären Strukturen
 - Weichteilgewebe
 - Hämodynamischen Parametern
 - Doppler Flussmessung
- MR gesteuerte PTA



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Indikationen: Kardiologie

- Vitalitätsdiagnostik
- Infarktdiagnostik
- Therapie-Monitoring
- Koronarangiographie
- Herztumore
- Angeborene Herzfehler

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Kardiodiagnostik

diagnostische Einsatzmöglichkeiten

➢ Morphologie & Funktion

- **MDCT**
 - ✓ hohe Ortsauflösung
 - ✓ niedriger Weichteilkontrast
- **MRT**
 - ✓ geringere Ortsauflösung
 - ✓ hoher Weichteilkontrast

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Kardiodiagnostik

diagnostische Einsatzmöglichkeiten

➢ Funktion

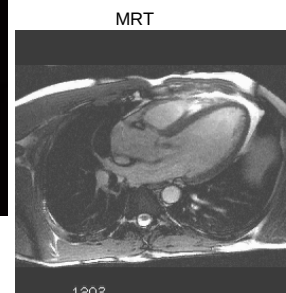
- **MDCT**
 - Klappenfkt. (retrograde „Cinefkt. durch Rekonstruktion)
 - Myokardfkt. (retrograde „Cinefkt. durch Rekonstruktion)
 - Ejektionsfraktion (volumetrisch)
- **MRT**
 - Klappenfkt. (direkt angulierbar → echte „Cinefkt.“)
 - Myokardfkt. (echte „Cinefkt.“ durch Rekonstruktion)
 - Ejektionsfraktion (volumetrisch)
 - Flussmessung (!!!)

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Klappenfunktion



MDCT

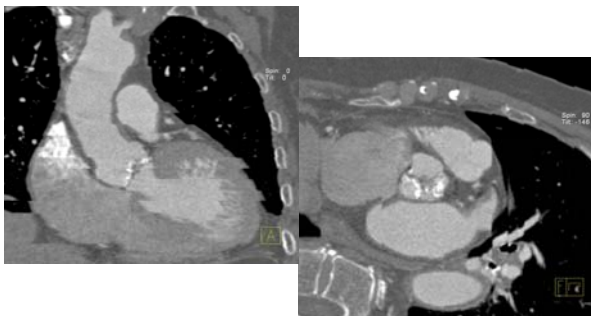


MRT

1203

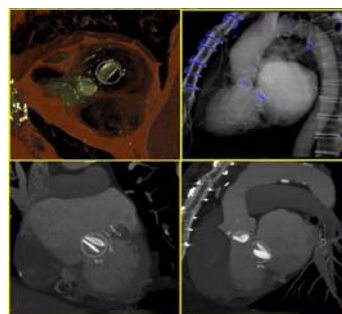
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

MD-CT vor Klappenersatz



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Follow-up nach Klappenersatz



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Kardiagnostik

diagnostische Einsatzmöglichkeiten

➤ Funktion

➤ MDCT

- Klappenfkt. (retrograde „Cinefkt. durch Rekonstruktion)
- Myokardfkt. (retrograde „Cinefkt. durch Rekonstruktion)
- Ejektionsfraktion (volumetrisch)

➤ MRT

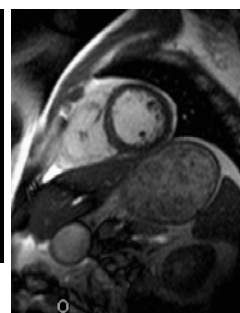
- Klappenfkt. (direkt angulierbar → echte „Cinefkt.“)
- Myokardfkt. (echte „Cinefkt.“ durch Rekonstruktion)
- Ejektionsfraktion (volumetrisch)
- Flussmessung (!!!)

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Myokardfunktion



MDCT



MRT

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Kardiagnostik

diagnostische Einsatzmöglichkeiten

➤ Funktion

➤ MDCT

- Klappenfkt. (retrograde „Cinefkt. durch Rekonstruktion)
- Myokardfkt. (retrograde „Cinefkt. durch Rekonstruktion)
- Ejektionsfraktion (volumetrisch)

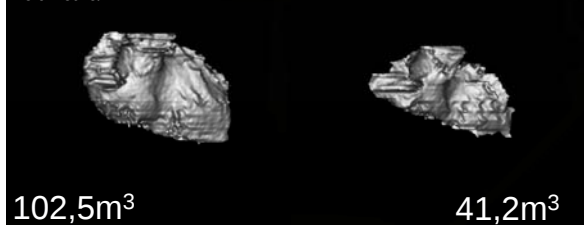
➤ MRT

- Klappenfkt. (direkt angulierbar → echte „Cinefkt.“)
- Myokardfkt. (echte „Cinefkt.“ durch Rekonstruktion)
- Ejektionsfraktion (volumetrisch)
- Flussmessung (!!!)

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

MDCT

Volumetrie/EF



102,5m³

41,2m³

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Kardiodiagnostik

diagnostische Einsatzmöglichkeiten

➤ Funktion

➤ MDCT

- Klappenfkt. (retrograde „Cinefkt. durch Rekonstruktion)
- Myokardfkt. (retrograde „Cinefkt. durch Rekonstruktion)
- Ejektionsfraktion (volumetrisch)

➤ MRT

- Klappenfkt. (direkt angulierbar → echte „Cinefkt.“)
- Myokardfkt. (echte „Cinefkt.“ durch Rekonstruktion)
- Ejektionsfraktion (volumetrisch)
- Flussmessung (!!!)

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Flussmessung – Indikationen

- Shuntquantifizierung (VSD, ASD, etc.)
Cave: Shuntlokalisation !
- Druckgradienten
- Klappeninsuffizienzen
- Komplexe Vitien (Darstellung + Quantifizierung)
- erhöhter pulmonal-arterieller Druck

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Flussmessung

- Aorta
- Truncus pulmonalis
- Shuntvitien
- Koronarien

[Singer JR](#)

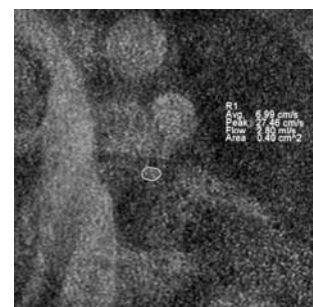
Biological flow and process tracing using nuclear and electron paramagnetic resonance.
IRE Trans Med Electron. 1960 Jan;ME-7:23-8.

[Morse OC, Singer JR](#)

Blood velocity measurements in intact subjects. Science. 1970 Oct 23;170(956):440-1

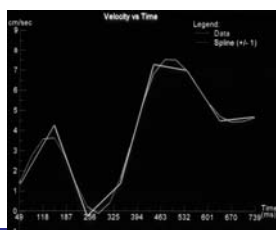
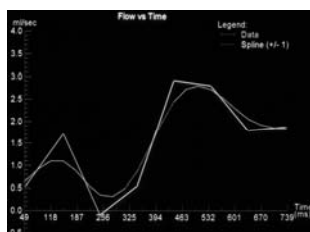
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Koronarfluss nach AKE



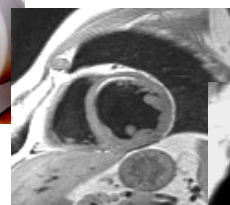
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Koronarfluss nach AKE



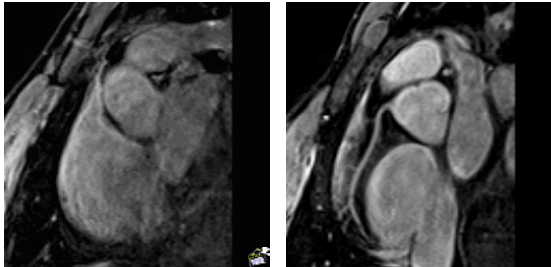
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

MRA der Koronarien



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

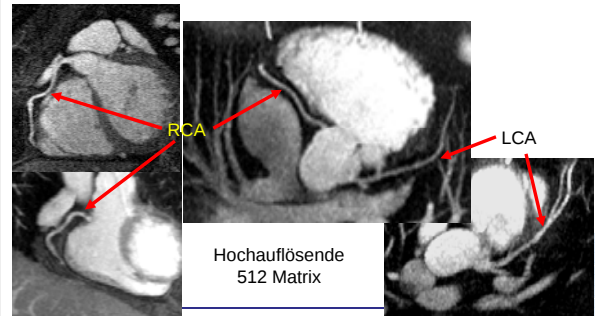
4. Generation: 3D TrueFISP



Messzeit für 3D Volumen ~ 20 sek

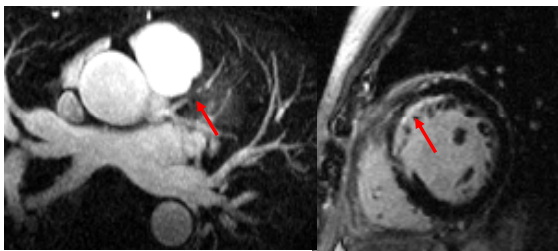
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

MRA der Koronarien



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Klinische Konsequenz?

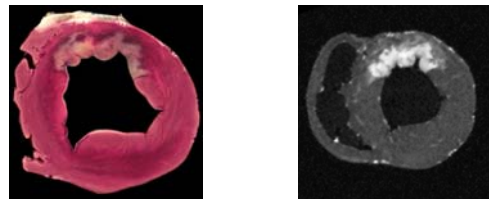


Koronarographie mit MRA

MR Viabilität Technik
spätes Enhancement

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

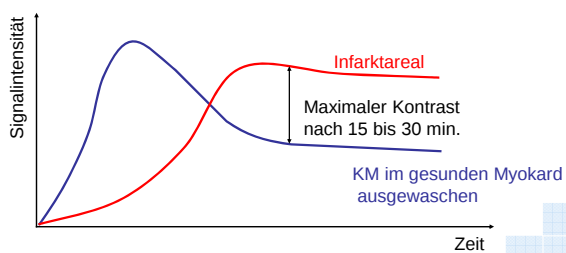
„Late Enhancement“



➤ Cave: Im akuten/subakuten Infarkt Größenüberschätzung um ca. 10% bed. durch erhöhte Kapillardichte und Gewebsödem. Choi et al, J Magn Reson Imaging 11: 476-480

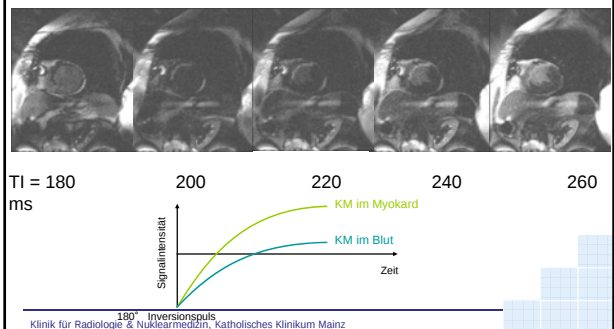
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

„Late Enhancement“



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Late Enhancement



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

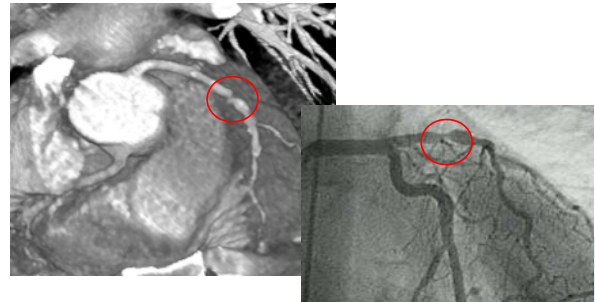
Kardiale Bildgebung: Möglichkeiten

➤ Koronarographie

- MD-CTA
 - Darstellung von kalzifizierten & weichen Plaques
 - Ortsauflösung 0,5 mm/Pixel

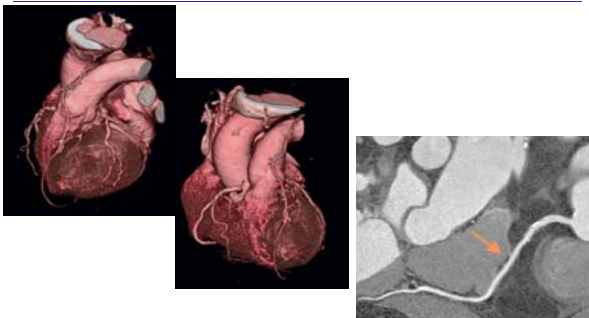
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

16-Zeilen-MD-CTA



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Dual Source-CTA



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Herz-MD-CTA- Ergebnisse

Nachweis von hochgradigen Stenosen (>75%)

Author	Journal	Year	CT	#	Sens.	Spez.
Achenbach et al.	Circulation	2001	4r	64	91	84
Vogl et al.	Radiology	2001	4r	64	72	96
Niemann et al.	Circulation	2002	16r	59	95	86
Herzog et al.	Radiology	2005	16r	50	86	86
Nikolaou et al.	ECR 2005	2005	64r	33	95	89

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Herz MD-CTA – Genauigkeit

Table 3. Diagnostic Accuracy of MSCT to Detect Stenoses of >50% Lumen Diameter Reduction

	Lesions (Segments)	Vessels	Patients*
Stenoses by QCA, No.	157	95	57
Stenoses by MSCT, No.	149	92	55
False-positive, No.	22	9	6
False-negative, No.	8	3	2
Diagnostic Accuracy of MSCT, No./Total (%) [95% CI]			
Sensitivity	149/157 (95 [90.2-97.8])	92/95 (97 [91.1-99.3])	55/57 (97 [87.9-99.6])
Specificity	1117/1125 (99 [96.9-99.6])	241/244 (99 [99.3-99.8])	38/39 (97 [73.7-95.1])
Positive predictive value	149/171 (87 [85.3-89.6])	92/101 (91 [89.8-95.8])	55/63 (87 [79.3-95.3])
Negative predictive value	1117/1125 (99 [98.6-99.7])	241/244 (99 [96.5-99.8])	40/42 (95 [83.8-99.4])

Abbreviations: CI, confidence interval; MSCT, multislice computed tomography; QCA, quantitative coronary angiography.
*Including all patients for the analysis.

Hoffmann MH et al. JAMA. 2005;293:2471-2478

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Herz-MDCTA – Artefakte

Table 2. Relationship of Heart Rate and Segment (Vessel) Assessment by Multislice Computed Tomography

	No./Total (%)				
Assessment Level	Heart Rate, beats/min				Total
	<60	60-70	71-80	>80	
Segments	295/302 (98)	530/549 (97)	335/374 (90)*	136/159 (85)*	1296/1384 (93)
Vessels	81/88 (92)	143/159 (90)	85/109 (78)*	36/47 (77)*	345/403 (86)
Patients	18/22 (82)	30/41 (73)	19/28 (67)	8/12 (67)	75/103 (73)

*Statistically significant differences detected vs groups with heart rate ≤70 beats/min (P<.01 by χ^2 test). No significant differences were apparent for the patient groups.

Hoffmann MH et al. JAMA. 2005;293:2471-2478

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Kardiodiagnostik - MDCT

- Hoher negativer Vorhersagewert
 - Ausschluss einer KHK bei:
 - Hochrisikopatienten
 - Atypischem Brustschmerz
 - Unstimmigem Stresstest
 - Evaluierung vor:
 - geplantem Klappenersatz
 - TECAB-OP
 - Antiarrhythmischer Therapie
- Charakterisierung des Plaque ist möglich

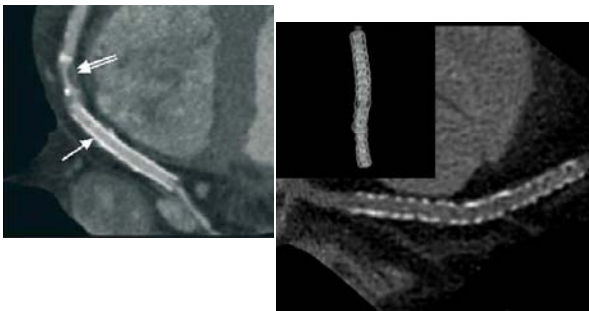
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

MD-CTA: Follow-up nach PTCA



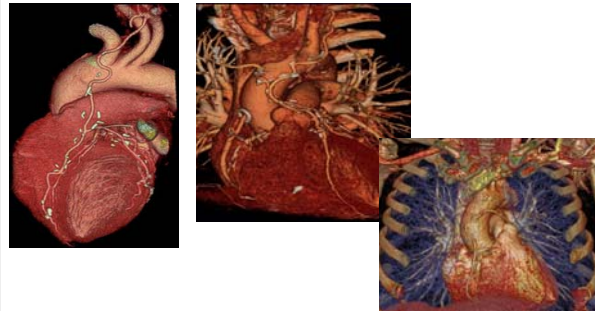
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Follow-up nach Stent-PTCA



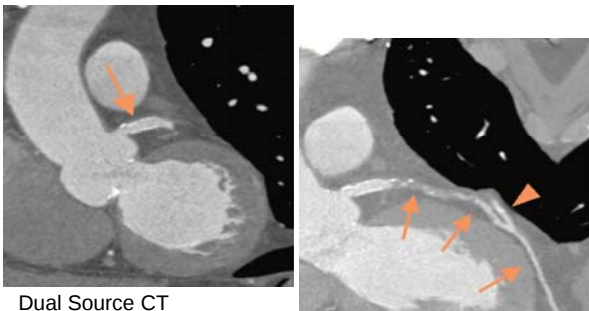
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Follow-up nach Bypass-OP



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Follow-up nach Bypass-OP



Dual Source CT

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Zukünftige Indikationen: MDCT

- Die MDCT ist dem konventionellen Herzkatheter überlegen bei der Detektion und Evaluierung von arteriosklerotischen Plaques in der Wand der Coronarien.
- Die MDCT ermöglicht die Detektion der Instant- Restenose.
- Die MDCT spielt eine Rolle zum Ausschluss einer signifikanten KHK bei Patienten mit unstimmigen klinischen Ergebnissen.



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Kardio MRT: Was ist möglich?

Morphologie, Funktion, Perfusion, Late Enhancement, KM-Techniken, Angiographie, Flußmessungen, Molekulare Bildgebung

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Diagnostik & Funktionsanalyse

- angeborene Herzfehler / Vitien
- Vitalitätsdiagnostik / Stress-Perfusion
- Infarkt Diagnostik / Therapie-Monitoring
- Herzklappenerkrankungen
- Flußmessungen
- entzündliche Herzerkrankungen
- Perikarderkrankungen
- Herztumore

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Quantifizierung von Klappenvitien

Insuffizienz / Regurgitationsvolumina

- Signalauslöschungen in der Cine-MRT
- Phasenkontrast-Flussmessung: Regurgitationsfraktion

$$= \frac{Vol_{Diastolisch}}{Vol_{Systolisch}}$$

$$= \frac{Vol_{Regurgitation}}{Vol_{Schlag}}$$

$$= R/S \text{ (Normalbefund: 0)}$$

- Biventrikuläre Funktionsanalyse (nur bei Erkrankung einer Klappe)
- Regurgitationsfraktion

$$= \frac{(SV_{LV} - SV_{RV})}{SV_{LV}} \text{ mit } SV_{LV} = S \text{ und } SV_{RV} = S - R$$

Stenosegradbestimmung bei Herzklappen

- ✓ Signalauslöschungen in der Cine-MRT
- ✓ Bestimmung der Klappenöffnungsfläche in der 'in plane' Cine-MRT
- ✓ Flußmessung: $\Delta p \text{ (mmHg)} = 4 \cdot [v_{max} \text{ (m/s)}]^2$ (modifizierte Bernoulli Gleichung)

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Vierkammerblick

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Funktion

Kurzachsen Cine: True-FISP oder Flash

EF, LV_{diast}, LV_{syst}, HZV, SV, Myokardmasse

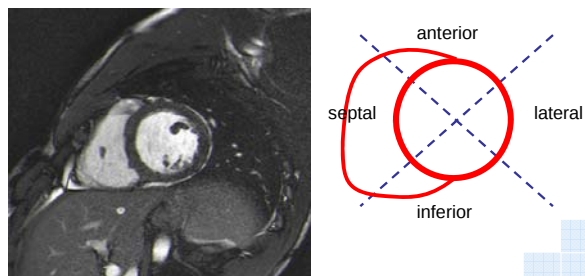
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Wandbewegung

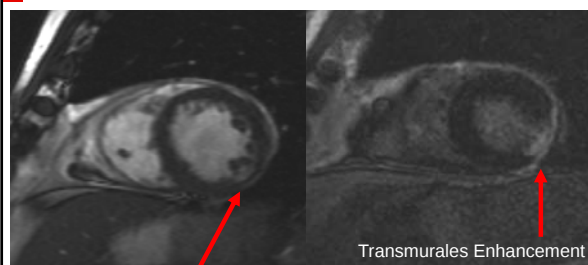
- Normokinetisch
- Hypokinetisch
- Akinetisch
- Dyskinetisch

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Wandbewegung - Topographie



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz



Dünne, akinetische posterolaterale Wand

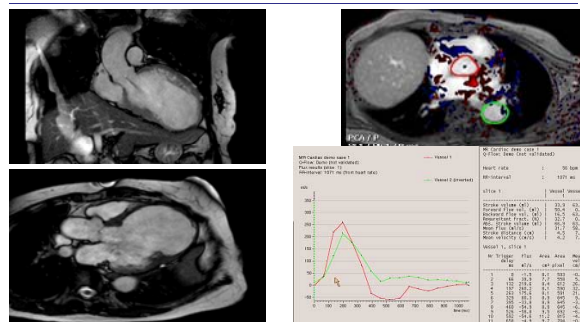
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz



Hypokinetische posterioinf. / septale Wand

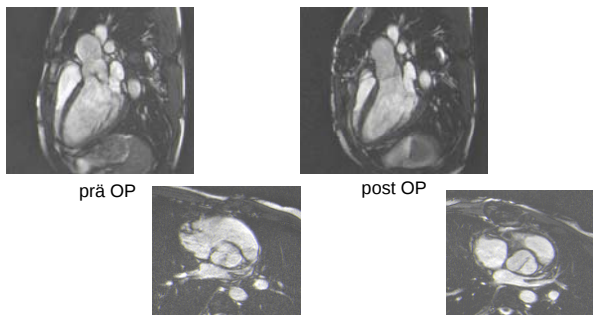
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Aortenklappeninsuffizienz



Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Aortenklappeninsuffizienz



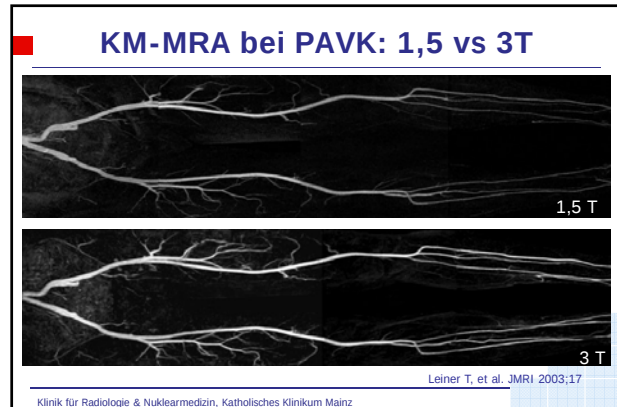
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz

Kardiagnostik

diagnostische Einsatzmöglichkeiten

- aktueller Stand
 - **Koronarographie**
 - ✓ MDCT >> MRT
 - **Morphologie**
 - ✓ MDCT < MRT
 - **Funktion**
 - ✓ MDCT < MRT
 - **Perfusion**
 - ✓ MDCT < (?) MRT

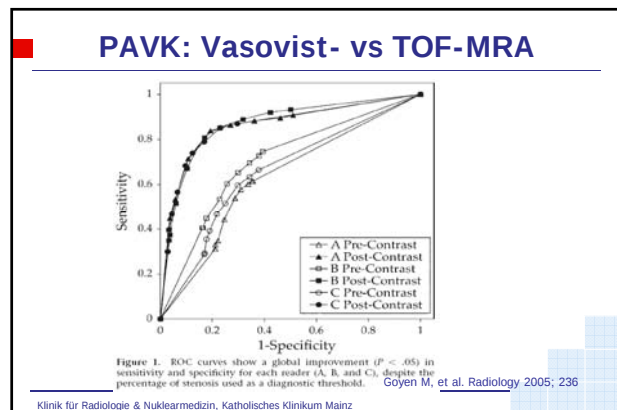
Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz



KM-MRA bei PAVK: 1,5 vs 3T

- ... contrast-enhanced peripheral MR angiography at 3.0 T is feasible with an imaging protocol similar to that used at 1.5 T, resulting in substantial increases in the SN and CN ratios for popliteal and lower leg arteries.
- For iliac and femoral arteries, there were no large differences between 1.5 T and 3.0 T as far as SN and CN ratios or image quality was concerned.

Leiner T, et al. JMIR 2003;17



Periphere MR Angiographie

Zusammenfassung

- ✓ Abklärung von Patienten mit v.a. PAVK
- ✓ Dokumentation von „okkulten“ peripheren Gefäßen vor Intervention oder Operation
- ✓ Hochdosis KM-MRA mit dezidierten Spulensystem und paralleler Bildgebung
- ✓ Kontrolle nach Therapie
- ✓ Kompression im Oberschenkel sinnvoll.
- Zu evaluieren: blood pool KM & MRA @3T

Klinik für Radiologie & Nuklearmedizin, Katholisches Klinikum Mainz