

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

Applikationen und Limitationen der Mehrschicht-Computertomographie in der kardialen Bildgebung: Erfahrungen aus der Praxis

Feuchtner G, Friedrich G

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2005; 12

(1-2), 1-3

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



ACVC
Association for
Acute CardioVascular Care

In Kooperation
mit der ACVC

Indexed in ESCI
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Grazer Gefäß- & Gerinnungstage 2025
Donnerstag, 26. Juni 2025
14:30 – 15:00

Vertiefendes Fachwissen



www.amrn.link/aerzte

AMARIN SYMPOSIUM

**Ein neuer Angriffspunkt im leitliniengerechten
Risikofaktorenmanagement von pAVK- Patient:innen**

Dr. Reinhard B. Raggam, Graz



© 2025 Amarin Pharmaceuticals Ireland Limited. Alle Rechte vorbehalten.
AMARIN Name und Logo sind Marken von Amarin Pharmaceuticals Ireland Limited.

AT-VAZ-00220, 05/2025

Applikationen und Limitationen der Mehrschicht-Computertomographie in der kardialen Bildgebung: Erfahrungen aus der klinischen Praxis

G. Feuchtnner¹, G. Friedrich²

Kurzfassung: Angesichts der rezenten Fülle an Studien und Daten bezüglich der Anwendungen und Grenzen der Mehrschicht-Computertomographie (MSCT) in der kardialen Bildgebung möchten wir anhand der Erfahrungen an unserer Institution den praktischen Stellenwert der Methodik genauer erläutern. Die Darstellung, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, soll – unterlegt mit den bei uns verwendeten technischen Grundlagen –

einen Streifzug durch mögliche praxisrelevante Indikationen und Anwendungen der MSCT aufzeigen.

Abstract: Applications and Limitations of Multislice Computed Tomography in cardiac Imaging – Experiences from clinical Practice. Considering the recent volume of publications and data about ap-

plications and limitations of MSCT in cardiac imaging, we sought to develop the practical aspect of this method based on the clinical experience at our institution. Our descriptions, without any attempt of being complete, and based on our technical protocols, aim to give an overview of possible clinical indications and applications of MSCT. **J Kardiologie 2005; 12: 1–3.**

■ Einleitung

Schon seit dem Jahr 1983 besteht durch die Elektronenstrahl-Computertomographie (EBCT) erstmals die Möglichkeit zur kardialen Bildgebung mittels CT. Mit der Entwicklung von Mehrschicht-Computertomographen (MSCT) im Jahre 1999 eröffneten sich jedoch erst bahnbrechendere neue Horizonte für die nicht-invasive kardiale Bildgebung. Die ersten Scanner wiesen noch einige technische Limitationen auf, wie beispielsweise die im Vergleich zur Magnetresonanztomographie (MRT) deutlich schlechtere zeitliche Auflösung und daraus resultierendem gehäuftem Auftreten von Bewegungsartefakten. Mit der Entwicklung einer neuen Generation von MSCT-Scannern mit 16 Detektoren im Jahre 2002 verbesserte sich die Bildqualität jedoch erheblich: so kann durch eine simultane Aquisition von 16 Submillimeterschichten ($16 \times 0,75 \text{ mm}$) und hoher Rotationszeit ($> 0,375 \text{ ms}$) nunmehr sowohl eine hohe räumliche ($0,5 \times 0,5 \times 0,6 \text{ mm}^3$) als auch adäquate zeitliche Auflösung ($> 105 \text{ ms}$) erreicht werden [1].

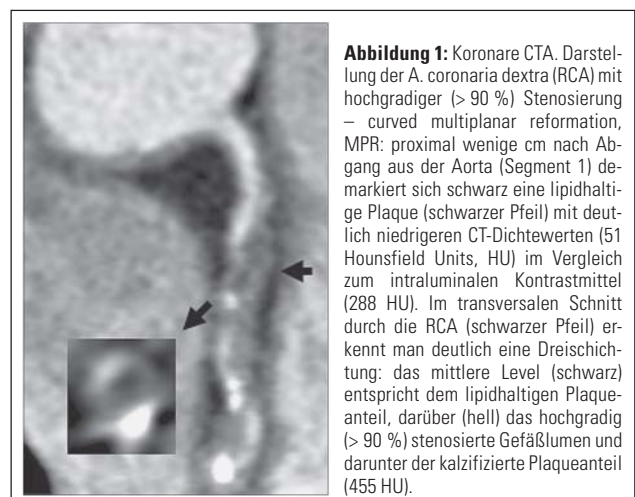
■ Klinische Applikationen

Klinisch relevante Einsatzgebiete der EBCT umfaßten zunächst die Quantifizierung von Koronargefäßkalk und koronare Risikoprofilierung nach der Framingham Risk Stratification. Mit der MSCT [2] kann analog zur EBCT ebenso Koronarkalk mittels verschiedener Techniken (Volume Score, Mass Score, Agatston Score) präzise quantifiziert werden, darüber hinaus bietet die MSCT den Vorteil der nachfolgenden Durchführung einer kontrastmittelverstärkten CT-Angiographie (CTA) zur Darstellung der Koronargefäße.

Der Vorteil der CTA gegenüber der invasiven Angiographie liegt in der zusätzlichen Visualisierung der morphologischen Beschaffenheit der Gefäßwand und konsekutiver Charakterisierung von atherosklerotischen Plaques. Mit der CTA können

somit auch nicht verkalkte Plaques (Lipidplaques, Softplaques) dargestellt werden [3] (Abb. 1), welche immerhin einen nicht unerheblichen Anteil von 4 % am gesamten Plaquekollektiv aufweisen [4] und möglicherweise – validierende Studien fehlen derzeit noch – vulnerabler als kalzifizierte Plaques zu werten sind. Darüber hinaus kann eine bereits manifeste, asymptomatische KHK mit Gefäßwandkalzifikationen, durchaus ohne mittels invasiver Angiographie darstellbarer Stenosen einhergehen.

Bei Patienten mit ausgeprägten Koronarverkalkungen (Agatston Score > 600) ist jedoch die Beurteilbarkeit einer CTA wegen artefaktbedingter Überstrahlung des Gefäßlumens (Blooming artefact) soweit eingeschränkt, daß auf die Durchführung einer nachfolgenden CTA verzichtet werden kann. Die koronare CTA wurde bislang von mehreren Studiengruppen [5, 6] als valide Methode zur Identifizierung von hochgradigen Koronargefäßstenosen ($> 50\text{--}70\%$) in Koronargefäßen $> 2 \text{ mm}$ [6] beschrieben und weist einen ausreichend hohen negativen prädiktiven Wert ($> 95\%$) zum Ausschluß einer KHK auf [5]. Limitationen betreffen jedoch die distalen Koronargefäßabschnitte, bedingt durch die, im Vergleich zur invasiven Koronarangiographie, geringere räumliche Auflösung. Erst von den 64-Zeilen-Scannern sowie den derzeit noch in Entwicklung befindlichen Flat panel-CT-



Eingelangt am 7. Juli 2004; angenommen am 15. Juli 2004.

Aus der ¹Universitätsklinik für Radiologie II und der ²Klinischen Abteilung für Kardiologie, Universitätsklinik für Innere Medizin, Medizin Universität Innsbruck
Korrespondenzadresse: Univ.-Doz. Dr. med. Guy Friedrich, Klinische Abteilung für Kardiologie, Univ.-Klinik für Innere Medizin, Anichstraße 35, A-6020 Innsbruck; E-Mail: guy.friedrich@uklibk.ac.at

Geräte wird eine noch präzisere Darstellung der distalen Koronarien erwartet.

Zusammenfassend ergeben sich derzeit folgende klinische Indikationen für die Durchführung einer koronaren CTA:

- a) Patienten mit atypischem Thoraxschmerz und/oder unspezifischen Ruhe-EKG-Veränderungen
- b) Asymptomatische Patienten oder Patienten mit atypischen Thoraxschmerzen und einem nicht-konklusiven Belastungstest (vorbestehender kompletter Schenkelblock, SM EKG, Vorhofflimmern, fehlende Ausbelastung, ...)
- c) Patienten mit (a)typischen Thoraxschmerzen mit hohem Risiko eines invasiven Eingriffs (schwere PAVK, hohe zerebrovaskuläre Co-Morbidität, erhöhte Blutungsneigung, ...)

Als Primärdiagnostik einer KHK bei symptomatischen Patienten ist die CTA nicht geeignet [7] bzw. der interventionellen

Angiographie derzeit unterlegen. Abgesehen von der Koronargefäßdiagnostik bietet die MSCT jedoch ein noch breiteres Spektrum an klinischen Einsatzmöglichkeiten im Bereich der kardialen Bildgebung:

1. Postoperative Beurteilung der Durchgängigkeit von koronaren Bypässen

Die MSCT eignet sich zur postoperativen Evaluierung der Durchgängigkeit von koronaren Bypässen hinsichtlich der Detektion von hochgradigen Stenosen (55–99 % Sensitivität) oder kompletten Verschlüssen [8]. Zusätzlich ist im Vergleich zur interventionellen Angiographie auch eine morphologische Darstellung der Anastomose und umgebender Gewebestrukturen und somit beispielsweise eine Abgrenzung zu Anastomosenhämatomen möglich. Insbesondere Arteria mammaria interna-Bypässe können in ihrem Verlauf durch das anteriore Mediastinum sehr gut beurteilt und ihre Durchgängigkeit anhand des peripheren Run-offs in die distale LAD überprüft werden (Abb. 2a, b). Die klinische Bedeutung ist nicht unerheblich: Je nach Qualität des gewählten Bypassgefäßes lassen sich erheblich unterschiedliche Offenheitsraten und Stenosegrade im 5-Jahres-Follow-up feststellen. Arteria radialis-Bypässe zeigen zum Teil niedrigere Offenheitsraten als venöse Bypässe oder Mammariagrafts [9]. Zusätzlich bietet sich die Möglichkeit des nicht-invasiven Follow-ups bei Patienten nach innovativer koronarer Bypasschirurgie. Es besteht so die Möglichkeit, die Lernkurve einer neuen OP-Technik zu optimieren. Zudem können Patienten nach relativ rezenter Bypass-OP und unklaren, eher atypischen Thoraxschmerzen sowie oftmals unspezifischer Ergometrie mittels MSCTA differentialdiagnostisch ohne Invasivität gut abgeklärt werden.

2. Präoperative Beurteilung von Aorta, Aortenklappe, Iliakalgefäßen und Koronarien bei minimal-invasiver Bypass-OP

Die steigende Popularität und klinische Wertigkeit von minimal-invasiven koronaren Bypassoperationstechniken (z. B. TECAB, MIDCAB, OPCAB) erfordern eine präoperative Messung der Lumenweiten von Aorta und Iliakalgefäßen sowie eine genauere Abklärung der kardialen Anatomie. So schließen massive arteriosklerotische Veränderungen mit oder ohne Stenosierungen der Iliakalgefäße oder der Aorta eine Applikation von chirurgischen Instrumenten über diese Zugänge aus. Weiters kann mit der MSCT die Morphologie der Aortenklappe [10] (bikuspid vs. trikuspid Klappe, Klappenringausmessungen [Abb. 3]) untersucht und eine intramuskuläre Lage der LAD ausgeschlossen werden [11].

3. Evaluierung koronarer Stents

Die Beurteilung der Durchgängigkeit von koronaren Stents befindet sich in der klinischen Evaluierungsphase und wird derzeit kontrovers diskutiert. Limitationen ergeben sich durch das in Abhängigkeit zum Stenttyp (Nitinol, Steel, ...) variabel stark ausgeprägte Auftreten von „Beam-hardening artefacts“ (Aufhärtungsartefakten) und somit variierend starker, zum Teil gänzlicher, zum Teil partieller Verschattung von Stent-



Abbildung 2a: Bypässe. Volume Rendering Technique (VRT): zum einen Darstellung eines an die LAD anastomosierten LIMA-Bypasses. Weiters zeigt sich in der distalen A. coronaria dextra (RCA) ein Stent. Die VRT eignet sich vor allem zur Visualisierung der Oberfläche und bietet einen Überblick über die kardiale Anatomie.

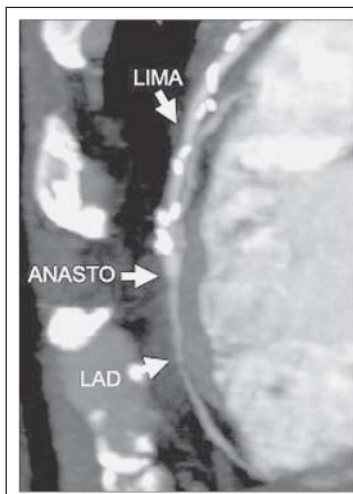


Abbildung 2b: Zur Beurteilung der Durchgängigkeit von Bypässen eignen sich vor allem MPR- (Multiplanare Reformation) und MIP- (Maximum Intensity Projection) Rekonstruktionen. Hier ebenso Darstellung eines an die LAD anastomosierten LIMA-Bypasses.

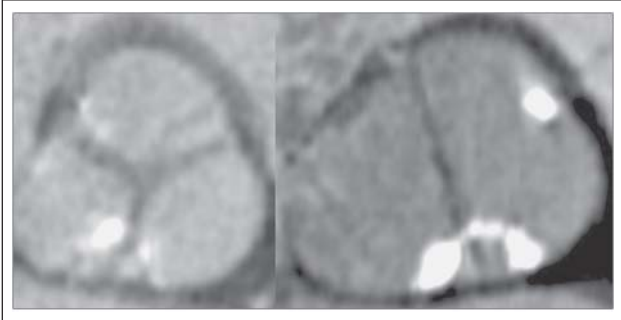


Abbildung 3: Aortenklappe. Linksseitig trikuspidale Aortenklappe (Mercedes-Stern), rechts bikuspidale Aortenklappe. Beide Klappen weisen geringe Kalzifikationen auf (helle Spots).

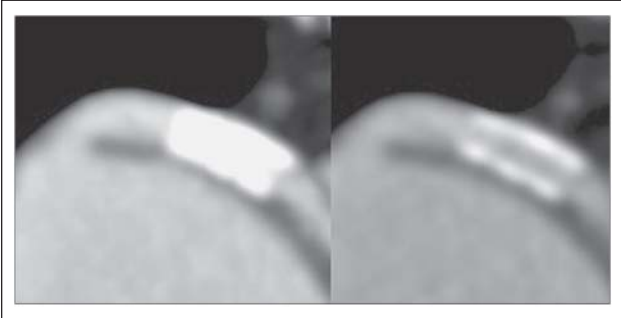


Abbildung 4a: Koronarer Stent. Rechts deutlicher Artefakt mit Überstrahlung des Stentlumens. Links ist das Stentlumen abgrenzbar.

lumina [12] (Abb. 4a). Die Identifizierung einer isolierten In-stent-Stenose ist somit sehr häufig nicht möglich, hingegen können die unmittelbar vor oder nach dem Stent gelegenen „Edge“-Stenosen sehr gut visualisiert werden (Abb. 4b). Zur Reduktion von Aufhärtungsartefakten ist die Wahl eines harten Bildrekonstruktionskernels (B 35 f, Heart View, Siemens, Erlangen, Germany) zu empfehlen.

Technische Grundlagen

Retrospektives EKG-Gating

Das simultane Aufzeichnen eines EKG-Signals während des CT-Scans ermöglicht eine Bildrekonstruktion an jedem beliebigen Zeitpunkt im Herzzyklus (Retrospektives EKG-Gating). Die Grundlage zur Errechnung des Rekonstruktionszeitpunktes bildet die Dauer des RR-Intervalls in Abhängigkeit zur Herzfrequenz. Als optimaler Rekonstruktionszeitpunkt wird in der Regel die Mid-Enddiastole (60–80 % des RR-Intervalls) gewählt, welche sich ihrerseits durch die geringste kardiale Bewegung charakterisiert. Bei Herzfrequenzen unter 65 bpm ist die Länge des RR-Intervalls bzw. der

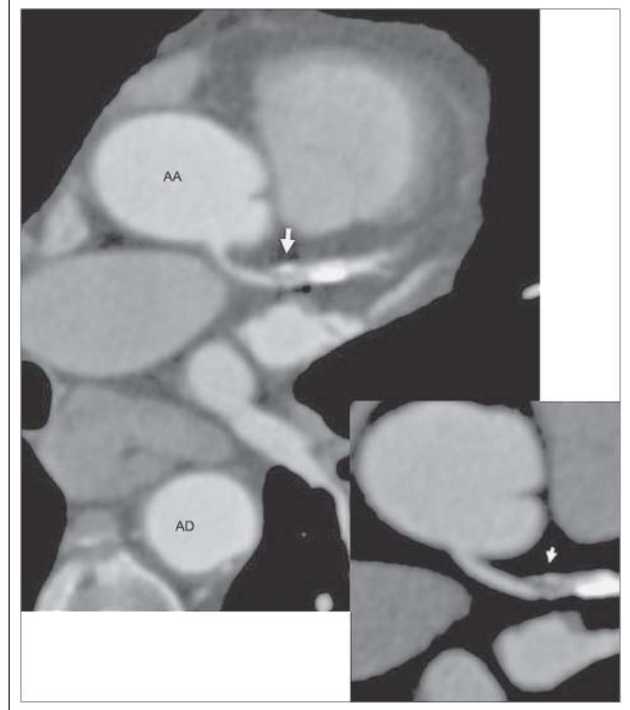


Abbildung 4b: Rezidivstenose bei Zustand nach Stentimplantation in der proximalen LAD: unmittelbar vor dem Stent zeigt sich eine lipidhaltige Plaque (weißer Pfeil). AA = Aorta ascendens; AD = Aorta descendens

Diastole ausreichend, um eine bewegungsartefaktfreie oder -minimierte Bildqualität zu erzielen. Bei Herzfrequenzen zwischen 65–80 bpm steigt die Artefaktanfälligkeits insbesondere im Bereich der rechten Koronararterie durch die in Relation zur Systole stärkere zeitliche Verkürzung der Diastolendauer. Daher wird allgemein eine Senkung der Herzfrequenz (meist mittels Betablocker) mindestens unter 80 bpm, im Idealfall unter 65 bpm, empfohlen. Zusätzlich kann durch segmentierte Bildrekonstruktionsalgorithmen, in welchen der Bildaufbau aus 2 oder mehreren aufeinanderfolgenden RR-Intervallen generiert wird, die temporale Auflösung bei höheren Herzfrequenzen (65–80 bpm) noch verbessert werden.

Post-processing, dreidimensionale Rekonstruktionen

Das Post-processing umfaßt weiters eine dreidimensionale Visualisierung der Koronargefäße auf einer separaten Off-line-Workstation. Neben der Auswertung von axialen Schichten stehen verschiedene 3-D-Nachverarbeitungstechniken zur Verfügung (MPR = Multiplanare Reformation; MIP = Maximum Intensity Projection; VRT = Volume rendering technique).

Literatur:

1. Flohr T, Bruder H, Stierstorfer K, Simon J, Schaller S, Ohnesorge B. New technical developments in Multislice CT, Part 2. Sub-millimeter 16-slice scanning and increased gantry rotation speed for cardiac imaging. *Röfo Fortschr Geb Roentgenstr* 2002; 174: 1023–7.
2. Becker CR, Knez A, Ohnesorge B, Schoepf UJ, Flohr T, Bruening R, Haberl R, Reiser MF. Visualization and quantification of coronary calcifications with electron beam and spiral computed tomography. *Eur Radiol* 2000; 10: 629–5.
3. Becker CR, Knez A, Ohnesorge B, Schoepf UJ, Reiser MF. Imaging of noncalcified coronary plaques using helical CT with retrospective ECG gating. *Am J Roentgenol* 2000; 175: 423–4.
4. Nikolaou K, Sagmeister S, Knez A, Klotz E, Wintersperger BJ, Becker CR, Reiser MF. Multidetector-row computed tomography of the coronary arteries: predictive value and quantitative assessment of noncalcified vessel-wall changes. *Eur Radiol* 2003; 13: 2505–12.
5. Achenbach S, Giesler T, Ropers D, Ulzheimer S, Derlien H, Schulte C, Wenkel E, Moshage W, Bautz W, Daniel WG, Kalender WA, Baum A. Detection of coronary artery stenoses by contrast-enhanced, retrospectively electrocardiographically-gated, multislice spiral computed tomography. *Circulation* 2001; 103: 2235–8.
6. Nieman K, Cademartiri F, Pattynama P, Lemos PA, Raaijmakers R, Pattynama PM, De Feyter PJ. Reliable non-invasive coronary angiography using sub-millimetre multislice spiral CT. *Circulation* 2002; 106: 2051–4.
7. O'Rourke RA, Brundage BH, Froelicher VF, Greenland P, Grundy SM, Hachamovitch R, Pohost GM, Shaw LJ, Weintraub WS, Winters WL Jr. American College of Cardiology/American Heart Association expert consensus document on electron-beam computed tomography for the diagnosis and prognosis of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2000; 36: 326–40.
8. Nieman K, Pattynama PM, Rensing BJ. Evaluation of patients after coronary artery bypass surgery: angiographic assessment of grafts and coronary arteries. *Radiology* 2003; 229: 749–56.
9. Khot UN, Friedman DT, Pettersson G, Smedira NG, Li J, Ellis SG. Radial artery bypass grafts have an increased occurrence of angiographically severe stenosis and occlusion compared with left internal mammary arteries and saphenous vein grafts. *Circulation* 2004; 109: 2086–91.
10. Willmann JK, Weishaupt D, Lachat M, Kobza R, roos JE, Seifert B, Luscher TF, Marincek B, Hilfiker PR. Electrocardiographically gated multi-detector CT for assessment of valvular morphology and calcifications in aortic stenosis. *Radiology* 2002; 225: 120–8.
11. Herzog C, Dogan S, Diebold T, Khan MF, Ackermann H, Schaller S, Flohr TG, Wimmer-Greinecker G, Moritz A, Vogl TJ. Multi-detector CT versus coronary angiography: Pre-operative evaluation before totally endoscopic coronary artery bypass grafting. *Radiology* 2003; 229: 200–8.
12. Maintz D, Juergens KU, Fischbach R, Wichter T, Grude M, Heindel W, Fischbach R. Imaging of coronary artery stents using multislice computed tomography: in vitro evaluation. *Eur Radiol* 2003; 13: 830–5.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

☒ Medizintechnik-Produkte



Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ Bestellung e-Journal-Abo

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)