

CT-Angiographie der Koronarien mit prospektivem EKG-Triggerring

Hohe diagnostische Genauigkeit bei niedriger Strahlendosis

Hintergrund

Während des letzten Jahrzehnts hat sich die computertomographische Angiographie der Koronararterien (Koronar-CTA) zu einer häufig verwendeten und robusten klinischen Methode zur Diagnostik der koronaren Herzkrankheit (KHK) entwickelt [10, 14, 18, 20, 21]. Laut den aktuellen Richtlinien ist die Koronar-CTA bei Patienten mit einem niedrigen bis intermediären Risiko für eine KHK indiziert [11] und kann folglich bei dieser Patientenpopulation eine invasive Abklärung mit der Herzkatheteruntersuchung (HK) ersetzen. Mit zunehmender Verbreitung der Koronar-CTA wurden Bedenken wegen einer hohen testassoziierten Strahlenbelastung geäußert [5]. Daher wurden verschiedene Ansätze zur Verringerung der Strahlenbelastung entwickelt und in die klinische Routine eingeführt [1, 3, 13, 27].

Als sehr effektive Strategie hat sich die EKG-abhängige Röhrenstrommodulation oder das so genannte retrospekti-

ve Gating bewährt, das derzeit am häufigsten verwendet wird und mit dem eine Verringerung der Dosis von bis zu 50% erzielt werden kann [13, 27]. Die stärkste Reduktion der Strahlendosis gestattet jedoch die Technik des prospektiven EKG-Triggerring, die darauf basiert, dass Strahlung nur während zuvor festgelegter Phasen des Herzzyklus appliziert wird (Abb. 1; [2, 4]). Ein Nachteil des prospektiven EKG-Triggerring ist die Ver-

fügbarkeit von Bildrekonstruktionen einer einzigen Phase des Herzzyklus, so dass möglicherweise in bestimmten Fällen eine diagnostische Bildqualität nicht gewährleistet werden kann. Wir untersuchten die Koronar-CTA mit prospektivem EKG-Triggerring hinsichtlich ihrer diagnostischen Genauigkeit, indem wir diese Methode für die Detektion signifikanter Koronarstenosen mit der HK als Referenzuntersuchung verglichen.

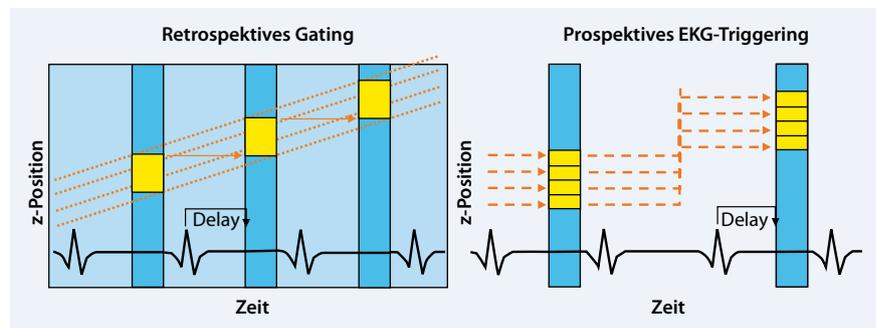


Abb. 1 ▲ Akquisitionstechniken bei der Koronar-CTA. Links Das retrospektive Gating beruht auf der Applikation des vollen Röhrenstroms (blau) während einer bestimmten Phase des Herzzyklus und Reduktion des nominellen Röhrenstroms auf 25 bzw. 4% (hellblau). Dies ermöglicht es, retrospektiv (d. h. nach dem Scan) zur Diagnostik geeignete Bilddaten aus einer bestimmten Phase des Herzzyklus zu rekonstruieren. Rechts Die prospektive EKG-Triggerring basiert auf der Applikation der Strahlung ausschließlich zu einer zuvor festgelegten Phase des Herzzyklus. Entsprechend ist die Rekonstruktion von Daten auf das festgelegte Intervall beschränkt

Dieser Beitrag ist als eine Originalpublikation anzusehen und aus formalen Gründen im Leitthema dieser Ausgabe eingeordnet.

Methoden

Studienpopulation

Das Studienprotokoll wurde von unserer Ethikkommission bewilligt, und jeder Patient gab nach Aufklärung sein schriftliches Einverständnis. Die Studienpopulation bestand aus 20 konsekutiven Patienten, die wegen des Verdachts auf eine KHK zur HK zugewiesen worden waren. Patienten, die klinisch instabil waren oder in der Vorgeschichte eine Bypassoperation hatten sowie Patienten mit einem Serumkreatininwert über 2,0 mg/dl oder bekannten allergischen Reaktionen gegen Kontrastmittel wurden von der Studie ausgeschlossen. Patienten mit einer Herzfrequenz über 70/min und fehlenden Gegenanzeigen gegen Betablocker erhielten bis zu 15 mg Metoprolol Tartrate i.v. (Lopressor™, Novartis, East Hanover, NJ, USA).

Koronar-CTA

Alle Patienten wurden an einem 128-Zeilen-CT-Scanner (Definition™ AS+, Siemens, Forchheim) mit der Technik des prospektiven EKG-Triggerings untersucht (■ **Abb. 1**). Die Strahlung wurde nur während einer kurzen, zuvor festgelegten Zeitspanne in der Mitteldiastole, d. h. bei 60–80% des RR-Zyklus appliziert und während des übrigen Herzzyklus vollständig abgeschaltet. Zur Akquirierung und Rekonstruktion wurden die üblichen Parameter verwendet. Kurz beschrieben umfassten die CTA-Studien 2×64×0,6 mm Kollimation mit z-flying-focal-spot-Technik [7], die 128 rekonstruierte Schichten pro Gantryrotation ergaben, eine Gantryrotationszeit von 0,33 s sowie abhängig vom Körperhabitus 100–120 kV Röhrenspannung und 200–260 mAs Röhrenstromzeit. Gleichzeitig wurde das EKG-Signal des Patienten aufgezeichnet, um ein prospektives Triggering zur gewünschten Herzphase zu ermöglichen.

Allen 20 Patienten wurde ein nichtionisches Kontrastmittel (Ultravist, 370 mg I/ml Iopromid, Bayer-Schering, Wayne, NJ, USA) verabreicht. Basierend auf der Attenuation durch den Testbolus in Abhängigkeit von der Zeit und patientenspezifischen Variablen wurden das

Volumen des Kontrastmittels und das Injektionsprotokoll mit Hilfe eines automatischen Algorithmus (P3T™, Medrad, Pittsburgh, PA, USA) errechnet, der in einem Zweispritzensysteminjektor (Stellant D™, Medrad) eingebaut war. Ein individuell angepasstes „field of view“ (FOV), welches das Herz einschließt, sowie eine Matrixgröße von 512×512 Pixel, ein intermediärer Auflösungskern für Weichgewebe (B25f) und eine Schichtdicke von 0,75 mm mit einem Vorschub von 0,3 mm wurden verwendet. Die effektive Dosis der Koronar-CTA wurde vom Produkt des Dosis-Längen-Produkts und dem Konversionskoeffizienten der untersuchten anatomischen Region ($0,017 \text{ mSv} \times \text{mGy}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$ für den Thorax) errechnet.

Bildauswertung

Die Bilder wurden von 2 in kardialer Bildgebung erfahrenen Radiologen unabhängig voneinander an einer geeigneten Workstation für „post processing“ (Multi Modality Workplace, Siemens Medical Solutions) ausgewertet. Die Untersucher waren gegenüber den klinischen Daten der Patienten sowie den Ergebnissen früherer Untersuchungen verblindet. Jedes Koronarsegment wurde bzgl. signifikanter Stenosen ($\geq 50\%$ Lumeneinengung des Gefäßes) anhand des 15-Segment-Modells der American Heart Association (AHA) ausgewertet.

Herzkatheteruntersuchung

Die HK erfolgte über einen transfemorale Zugang nach Judkin's mit Hilfe von 6- bis 7-F-Kathetern. Mindestens 4 Ansichten der linken und 2 der rechten Koronararterie wurden von 2 erfahrenen Kardiologen im Konsensus analysiert. Zum Zeitpunkt der Interpretation der Angiogramme kannten die Untersucher die Ergebnisse der CTA nicht. Eine quantitative Auswertung des Stenosegrads auf den Angiogrammen wurde mit Hilfe einer Software mit automatischer Entfernung- und Skalierungskalibrierung (Axiom-Artis, VA21C, Siemens) durchgeführt. Die Lokalisation der Läsionen wurde entsprechend der Segmentklassifikation der AHA verzeichnet.

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

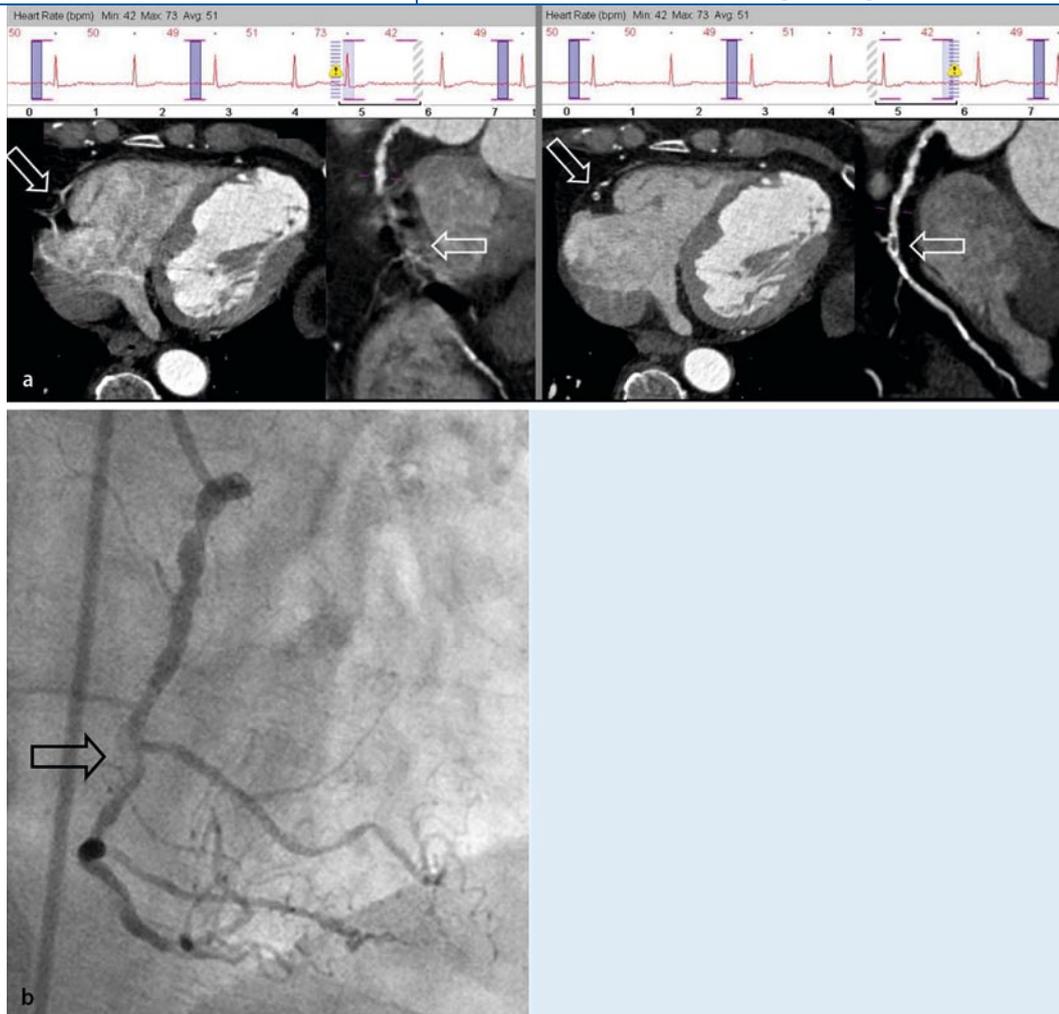


Abb. 2 ◀ **a** Prospektiv EKG-getriggerte Koronar-CTA eines 57 Jahre alten Patienten mit Verdacht auf KHK. Mit Hilfe eines im Scanner implementierten Softwarealgorithmus der „adaptive online modulation“ der EKG-getriggerten Sequenz erfolgt die Scanakquisition nur während normorhythmischer Herzfrequenzen und wird während einzelner arrhythmischer Herzschläge unterbrochen. Dies gewährleistet eine diagnostische Bildqualität z. B. auch bei Patienten mit Extrasystolen. Die axiale Rekonstruktion (*links*) und die multiplanare Rekonstruktion der rechten Koronararterie (*rechts*) zeigen eine signifikante Stenose (*Pfeil*) im mittleren Gefäßabschnitt, verursacht durch überwiegend nicht-verkalkte Plaques. **b** Der Befund bestätigt sich in der Herzkatheteruntersuchung (Left-anterior-oblique-[LAO-]Projektion)

Statistische Analyse

Statistische Tests wurden mit Hilfe einer kommerziell erhältlichen Software (SAS/STAT-Software, Version 9.0; SAS Institute, Cary, NC, USA) durchgeführt. Der Nachweis signifikanter Stenosen in der Koronar-CTA wurde mit der HK als Referenzstandard auf Segment- und Patientenebene verglichen. Statistische Parameter wie Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (PPV) und negativer prädiktiver Wert (NPV) wurden berechnet.

Ergebnisse

Die Studienpopulation bestand aus 75% (15/20) männlichen Patienten mit einem Durchschnittsalter von 61 ± 14 Jahren und einem durchschnittlichen Körpergewicht von 86 ± 15 kg. Die mittlere Herzfrequenz während der Scanakquisition betrug 61 ± 14 /min mit einer mittleren Variation von 23 ± 19 /min. Im Mittel dau-

erte die Scanakquisition 7 ± 2 Herzschläge, die bei vollständiger Abdeckung des Herzens 4 ($n=16$) oder 5 ($n=4$) prospektiv EKG-getriggerten Bildakquisitionen entsprachen. Das mittlere Dosis-Längenprodukt betrug 188 ± 71 mGy \times cm (minimal 95 mGy \times cm, maximal 311 mGy \times cm), woraus sich ein mittleres effektives Dosisäquivalent von $2,6 \pm 1$ mSv ergibt. Insgesamt wurden 300 Koronarsegmente hinsichtlich signifikanter Stenosen ausgewertet. Bei den 20 Patienten zeigten in der HK 57 Segmente eine signifikante Stenose ($\geq 50\%$ Lumeneinengung), von denen 50 Segmente in der Koronar-CTA korrekt identifiziert wurden (◻ **Abb. 2**).

Auf Segmentebene erreichte die Koronar-CTA 88% Sensitivität und 95% Spezifität, 80% PPV und 97% NPV in der Diagnose signifikanter Stenosen im Vergleich mit der HK. Basierend auf den Ergebnissen der HK wiesen 13/20 Patienten signifikante Koronarstenosen $\geq 50\%$ auf, während bei 7/20 Patienten Stenosen $\geq 50\%$

ausgeschlossen werden konnten. Es gab 4 Patienten mit Ein-, 7 Patienten mit Zwei- und 2 Patienten mit Dreigefäß-KHK. In der Koronar-CTA konnten 12/13 Patienten mit signifikanten Stenosen in einem der 3 Gefäße korrekt erkannt und bei 7/7 Patienten eine signifikante Stenose korrekt ausgeschlossen werden (◻ **Abb. 3**). Folglich wies die Koronar-CTA auf Patientenebene 100% Sensitivität, 88% Spezifität, 92% PPV und 100% NPV im Vergleich zur HK auf. Die statistischen Parameter sind in ◻ **Tab. 1** zusammengefasst.

Diskussion

Indikationsstellung

Wie bei allen diagnostischen Methoden, die mit der Verwendung ionisierender Strahlung einhergehen, sind für die Anwendung der Koronar-CTA die Auswahl geeigneter Patienten, eine strenge Indikationsstellung und das Abwägen des Nut-

zen-Risiko-Verhältnisses für den individuellen Patienten notwendig. Während zunächst Patientenselektion und Indikation für die Herz-CT uneinheitlich und oft abhängig von der jeweiligen Institution waren, wurden kürzlich von einschlägigen wissenschaftlichen Gesellschaften mehrere Dokumente zur geeigneten Anwendung der Herz-CT veröffentlicht [11, 12, 24, 25, 26].

In diesen Leitlinien werden mehrere traditionelle Indikationen für die Koronar-CTA, z. B. die Beurteilung von Koronaranomalien und Bypassgrafts, bestätigt. Darüber hinaus ist man sich einig, dass die Koronar-CTA bei Patienten mit einem niedrigen bis intermediären Risiko für eine signifikante Koronarstenose zur Abklärung einer KHK indiziert ist. Diese Indikation basiert auf den Ergebnissen zahlreicher Studien, die zeigten, dass die Koronar-CTA für die Detektion signifikanter Koronarstenosen im Vergleich zur HK als Referenzstandard eine hohe diagnostische Genauigkeit aufweist und insbesondere einen hohen negativen prädiktiven Wert von bis zu 100% auf Patientenebene erreicht. Entsprechend ermöglicht die Koronar-CTA bei diesen Patienten mit niedrigem und intermediärem KHK-Risiko einen zuverlässigen Ausschluss signifikanter Koronarstenosen und steht in diesem klinischen Rahmen als Alternative zur invasiven Abklärung mit HK zur Verfügung.

Die Bedeutung der Koronar-CTA für diese Indikation wird noch deutlicher, wenn man sich die Prätestwahrscheinlichkeit eines Patienten für signifikante Koronarstenosen aufgeschlüsselt nach Alter, Geschlecht und Symptomatik vor Augen führt [8, 9]. Beispielsweise bleibt eine HK bei einer Frau mit atypischen Beschwerden im Alter von 50–59 Jahren in 70% der Fälle rein diagnostisch, d. h. ohne Intervention durch Ballondilatation und/oder Stentimplantation. In diesem Fall ist zur Abklärung der Beschwerden von kardialer Seite primär die Koronar-CTA als nichtinvasiver Test der in der Regel risikoreicheren Herzkatheteruntersuchung vorzuziehen. Umgekehrt sollte die Abklärung einer typischen Angina-pectoris-Symptomatik bei einem Mann von über 70 Jahren mit dem Herzkatheter erfolgen, da hier si-

Radiologe 2010 · 50:500–506 DOI 10.1007/s00117-010-1985-x
© Springer-Verlag 2010

E. Arnoldi · L. Ramos-Duran · J.A. Abro · P.L. Zwerner · K. Nikolaou · M.F. Reiser · P. Costello · U.J. Schoepf

CT-Angiographie der Koronarien mit prospektivem EKG-Triggern. Hohe diagnostische Genauigkeit bei niedriger Strahlendosis

Zusammenfassung

Hintergrund. Ziel unserer Untersuchungen war es, die CT-Angiographie der Koronarien (Koronar-CTA) unter Verwendung des prospektiven EKG-Triggerns (PT) hinsichtlich ihrer diagnostischen Genauigkeit zur Detektion signifikanter Koronarstenosen mit der Herzkatheteruntersuchung (HK) zu vergleichen.

Methoden. Bei 20 Patienten wurden eine Koronar-CTA mit PT an einem 128-Zeilen-CT-Scanner (Definition™, AS+, Siemens) und eine HK durchgeführt. Alle CTA-Studien wurden von 2 Radiologen bzgl. signifikanter Koronarstenosen (≥50% Lumeneinengung) anhand des 15-Segment-Modells der American Heart Association (AHA) im Konsensus ausgewertet. Die Ergebnisse der CTA wurden mit den Befunden der HK verglichen.

Ergebnisse. Die Koronar-CTA mit PT zeigte für die Diagnose signifikanter Stenosen im

Vergleich zur HK eine Sensitivität von 88 bzw. 100%, eine Spezifität von 95 bzw. 88%, einen positiven prädiktiven Wert von 80 bzw. 92% und einen negativen prädiktiven Wert von 97 bzw. 100% auf Segment- bzw. Patientenebene. Das mittlere effektive Dosisäquivalent der Koronar-CTA betrug $2,6 \pm 1$ mSv.

Schlussfolgerung. Die Koronar-CTA mit PT ist eine nichtinvasive Methode mit niedriger Strahlenbelastung, die eine hohe diagnostische Genauigkeit bei der Detektion signifikanter Koronarstenosen im Vergleich zur HK erreicht.

Schlüsselwörter

Koronare CT-Angiographie (Koronar-CTA) · Prospektives EKG-Triggern · Strahlenbelastung · Diagnostische Genauigkeit · Koronarstenosen

Coronary CT angiography using prospective ECG triggering. High diagnostic accuracy with low radiation dose

Abstract

Background. The purpose of this study was to evaluate the diagnostic performance of coronary CT angiography (coronary CTA) using prospective ECG triggering (PT) for the detection of significant coronary artery stenosis compared to invasive coronary angiography (ICA).

Methods. A total of 20 patients underwent coronary CTA with PT using a 128-slice CT scanner (Definition™ AS+, Siemens) and ICA. All coronary CTA studies were evaluated for significant coronary artery stenoses (≥50% luminal narrowing) by 2 observers in consensus using the AHA-15-segment model. Findings in CTA were compared to those in ICA.

Results. Coronary CTA using PT had 88% sensitivity in comparison to 100% with ICA, 95% to 88% specificity, 80% to 92% posi-

tive predictive value and 97% to 100% negative predictive value for diagnosing significant coronary artery stenosis on per segment per patient analysis, respectively. Mean effective radiation dose-equivalent of CTA was 2.6 ± 1 mSv.

Conclusion. Coronary CTA using PT enables non-invasive diagnosis of significant coronary artery stenosis with high diagnostic accuracy in comparison to ICA and is associated with comparably low radiation exposure.

Keywords

Coronary CT angiography (coronary CTA) · Prospective ECG triggering · Radiation exposure · Diagnostic accuracy · Coronary artery stenoses

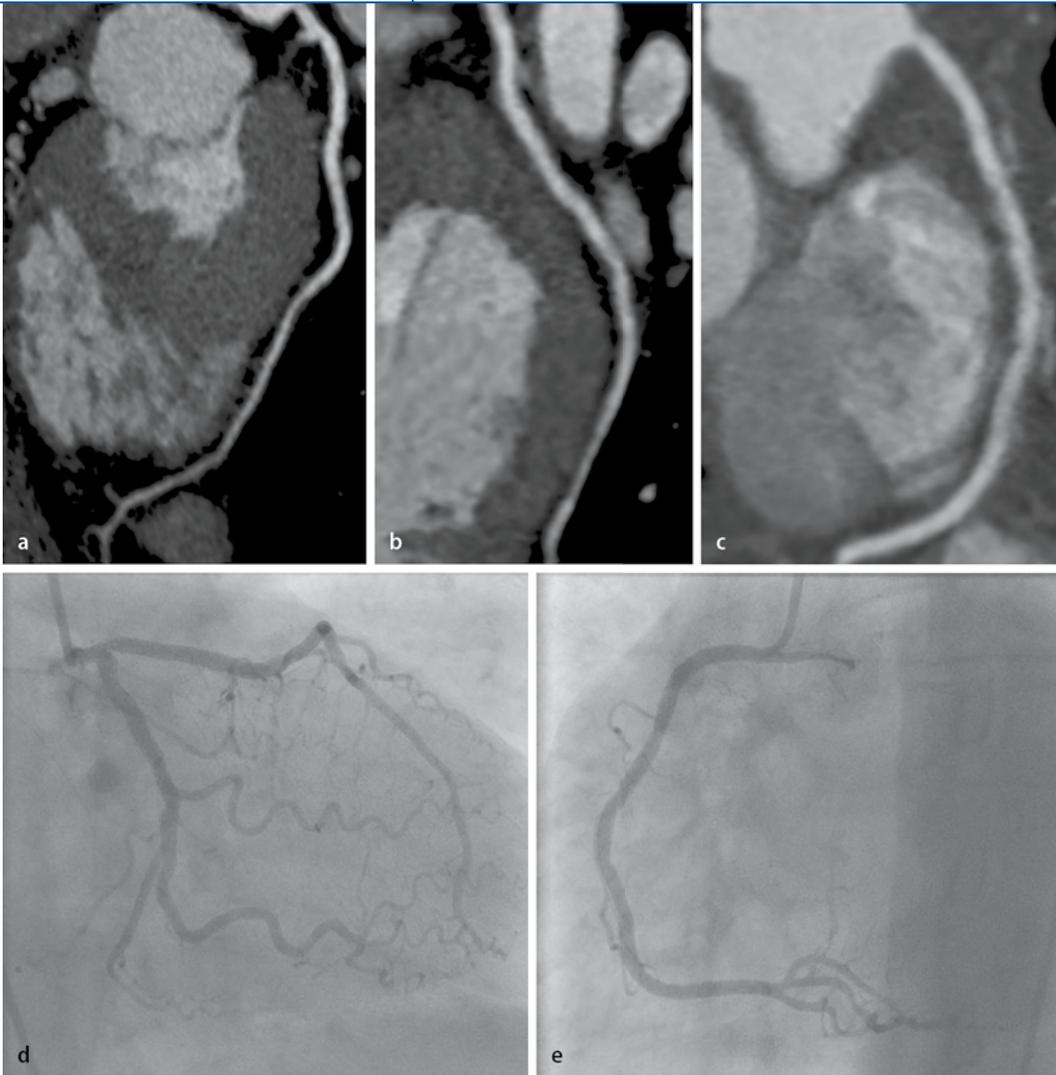


Abb. 3 ◀ Prospektiv EKG-getriggerte Koronar-CTA einer 62 Jahre alten Patientin mit Verdacht auf KHK. Die multiplanaren Rekonstruktionen der LAD (**a**), LCX (**b**) und RCA (**c**) zeigen 3 offene Gefäße ohne signifikante atherosklerotische Plaquebildung. Der Befund bestätigt sich in der Herzkatheteruntersuchung. **d** RCA in LAO-Projektion, **e** LAD und LCX in RAO-Projektion. *KHK* koronare Herzkrankheit, *LAD* „left anterior descending“ (Ramus interventricularis anterior, *LCX* „left circumflex coronary artery“ (Ramus circumflexus arteriae coronariae sinistrae), *RCA* „right coronary artery“ (A. coronaria dextra), *LAO* „left anterior oblique“, *RAO* „right anterior oblique“

gnifikante Koronarstenosen in über 70% der Fälle zu erwarten sind.

Strahlenbelastung

Da es sich also bei den Patienten, die eine Koronar-CTA erhalten, vorwiegend um Personen jüngeren oder mittleren Alters bzw. Frauen handelt, ist eine möglichst niedrige Strahlenbelastung durch die Untersuchung besonders wichtig. Einer Studie von Einstein et al. [6] zufolge gibt es ein nicht zu vernachlässigendes Lebenszeitrisiko für die Entwicklung einer malignen Erkrankung durch eine einzige Koronar-CTA, das stark vom Alter und Geschlecht abhängig und bei Frauen und jüngeren Personen deutlich höher ist. Deshalb muss bei der Koronar-CTA eine größtmögliche Reduktion der Strahlenbelastung angestrebt werden, ohne dass hierdurch Einbußen in der Bildqualität und

womöglich in der diagnostischen Aussagekraft der Untersuchung entstehen.

Detektion signifikanter Stenosen

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Technik des prospektiven Triggerings bei der Koronar-CTA für die Detektion signifikanter Stenosen im Vergleich zur HK eine hohe diagnostische Genauigkeit bietet (▣ **Tab. 1**). Überzeugend sind – entsprechend den Ergebnissen zahlreicher früherer Studien, die die Leistung der Koronar-CTA unter Verwendung anderer Techniken auswerteten – insbesondere die hohen NPV-Werte von 97% auf Segment- und von 100% auf Patientenebene. Diese Werte zeigen, dass die Koronar-CTA mit prospektivem EKG-Triggering den verlässlichen Ausschluss signifikanter Stenosen in einem bestimmten Koronarsegment und bei individuellen Pati-

enten erlaubt (▣ **Abb. 3**). Während die Sensitivität auf Segmentebene in unserer Untersuchung im Rahmen der Werte rangiert, die andere Studien für den Vergleich der Koronar-CTA mit der HK berichten (86–99%) [14, 15, 16, 17, 20, 22], ist in unserer Studie auch die hohe Sensitivität auf Patientenebene von 100% besonders beachtlich. Patienten mit signifikanten Koronarstenosen können als solche sicher erkannt und ggf. zu einer invasiven Behandlung überwiesen werden (▣ **Abb. 2**).

Vor- und Nachteile

Ein wichtiger Vorteil des prospektiven Triggerings besteht darin, dass es mit einer relativ niedrigen Strahlenbelastung für den Patienten verbunden ist. Im Mittel betrug die effektive Strahlendosis in unserem Kollektiv weniger als 3 mSv, während im Vergleich dazu eine rein diagnos-

tische Herzkatheteruntersuchung bei 5–6 mSv anzusiedeln ist. Allerdings gibt es auch Nachteile bei der Verwendung des prospektiven Triggerings, die darauf beruhen, dass vor der Untersuchung ein bestimmtes Intervall zur Datenakquisition, typischerweise in der Mittldiastole festgelegt wird, während Informationen aus anderen Phasen des Herzzyklus nicht zur Verfügung stehen. Deshalb ist mit diesem Verfahren eine Bewertung der globalen oder regionalen ventrikulären sowie der Klappenfunktion nicht möglich. Da man beim prospektiven Triggering auf eine zuverlässige Vorhersage der Herzphasen über den RR-Zyklus angewiesen ist, bleibt die Anwendung der Technik bisher auf Patienten mit einer langsamen und gleichmäßigen Herzfrequenz beschränkt. Deshalb müssen Patienten mit Arrhythmie bisher weiterhin mit retrospektivem Gating und der damit verbundenen höheren Strahlenbelastung untersucht werden. Es gibt jedoch bereits unterschiedliche Ansätze – derzeit noch in der wissenschaftlichen Erprobung – welche die Tauglichkeit der Methode für schnellere und unregelmäßige Herzfrequenzen verbessern sollen (■ **Abb. 2a**).

Obwohl sich die Koronar-CTA als nichtinvasive, sichere und schnelle Untersuchungsmethode zur Diagnostik der KHK bewährt hat, ist sie, auch mit dosis-sparender Technik, als Screeningmethode bei asymptomatischen Patienten bisher nicht zu empfehlen [19, 23].

Fazit für die Praxis

Bei symptomatischen Patienten mit niedrigem bis intermediärem Risiko einer stenosierenden KHK ist die Koronar-CTA als nichtinvasive Methode zur Diagnostik von Koronarstenosen indiziert und kann bei diesem Kollektiv eine Herzkatheteruntersuchung ersetzen. Um die Strahlenbelastung der Patienten bei der CT zu verringern, sollten geeignete Maßnahmen zur Reduktion der Strahlendosis ergriffen werden. Bei Patienten mit langsamer und regelmäßiger Herzfrequenz ($\leq 70/\text{min}$) kann zur effektiven Dosisverringerung das prospektive EKG-Triggering verwendet werden. Eine Koronar-CTA mit dieser Technik bietet eine hohe diagnostische Genauigkeit für die Detek-

Tab. 1 Diagnostische Genauigkeit der Koronar-CTA mit prospektivem EKG-Triggering für die Detektion signifikanter Koronarstenosen im Vergleich zur HK

	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV
Segmentebene	0,88	0,95	0,80	0,97
Patientenebene	1,00	0,88	0,92	1,00

tion signifikanter Koronarstenosen im Vergleich zur Herzkatheteruntersuchung und erlaubt eine Dosisreduktion von 70–80% gegenüber einer Koronar-CTA mit der üblichen Technik des retrospektiven Gatings.

Korrespondenzadresse

Dr. E. Arnoldi



Institut für Klinische Radiologie,
Klinikum der Ludwigs-Maximilians-Universität München,
Campus Großhadern,
Marchioninistr. 15,
81377 München
Elisabeth.Arnoldi@med.uni-muenchen.de

Interessenkonflikt. Die korrespondierende Autorin weist auf folgende Beziehungen hin: U.J. Schoepf wird unterstützt von Bracco, Bayer-Schering, General Electric, Medrad und Siemens, P. Costello von Bracco und Siemens.

Literatur

1. Abada HT, Larchez C, Daoud B et al (2006) MDCT of the coronary arteries: feasibility of low-dose CT with ECG-pulsed tube current modulation to reduce radiation dose. *AJR Am J Roentgenol* 186:5387–5390
2. Arnoldi E, Gebregziabher M, Schoepf UJ et al (2009) Automated computer-aided stenosis detection at coronary CT angiography: initial experience. *Eur Radiol*, in press
3. Deetjen A, Mollmann S, Conradi G et al (2007) Use of automatic exposure control in multislice computed tomography of the coronaries: comparison of 16-slice and 64-slice scanner data with conventional coronary angiography. *Heart* 93:1040–1043
4. Earls JP, Berman EL, Urban BA et al (2008) Prospectively gated transverse coronary CT angiography versus retrospectively gated helical technique: improved image quality and reduced radiation dose. *Radiology* 246:742–753
5. Ehara M, Surmely JF, Kawai M et al (2006) Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography for detecting angiographically significant coronary artery stenosis in an unselected consecutive patient population: comparison with conventional invasive angiography. *Circ J* 70:564–571
6. Einstein AJ, Henzlova MJ, Rajagopalan S (2007) Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. *JAMA* 298:317–323
7. Flohr TG, Stierstorfer K, Ulzheimer S et al (2005) Image reconstruction and image quality evaluation for a 64-slice CT scanner with z-flying focal spot. *Med Phys* 32:2536–2547
8. Gibbons RJ, Chatterjee K, Daley J et al (1999) ACC/AHA/ACP-ASIM guidelines for the management of patients with chronic stable angina: executive summary and recommendations. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines (Committee on management of patients with chronic stable angina). *Circulation* 99:2829–2848
9. Gibbons RJ, Chatterjee K, Daley J et al (1999) ACC/AHA/ACP-ASIM guidelines for the management of patients with chronic stable angina: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines (Committee on management of patients with chronic stable angina). *J Am Coll Cardiol* 33:2092–2197
10. Hamon M, Morello R, Riddell JW et al (2007) Coronary arteries: diagnostic performance of 16- versus 64-section spiral CT compared with invasive coronary angiography – meta-analysis. *Radiology* 245:720–731
11. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM et al (2006) ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol* 48:1475–1497
12. Jacobs JE, Boxt LM, Desjardins B et al (2006) ACR practice guideline for the performance and interpretation of cardiac computed tomography (CT). *J Am Coll Radiol* 3:677–685
13. Jakobs TF, Becker CR, Ohnesorge B et al (2002) Multislice helical CT of the heart with retrospective ECG gating: reduction of radiation exposure by ECG-controlled tube current modulation. *Eur Radiol* 12:1081–1086
14. Johnson TR, Nikolaou K, Busch S et al (2007) Diagnostic accuracy of dual-source computed tomography in the diagnosis of coronary artery disease. *Invest Radiol* 42:684–691
15. Leber AW, Johnson T, Becker A et al (2007) Diagnostic accuracy of dual-source multi-slice CT-coronary angiography in patients with an intermediate pretest likelihood for coronary artery disease. *Eur Heart J* 28:2354–2360
16. Leschka S, Alkadhi H, Plass A et al (2005) Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J* 26:1482–1487
17. Mollet NR, Cademartiri F, Van Mieghem CA et al (2005) High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation* 112:2318–2323
18. Nieman K, Cademartiri F, Lemos PA et al (2002) Reliable noninvasive coronary angiography with fast submillimeter multislice spiral computed tomography. *Circulation* 106:2051–2054

19. Obuchowski NA, Graham RJ, Baker ME et al (2001) Ten criteria for effective screening: their application to multislice CT screening for pulmonary and colorectal cancers. *AJR Am J Roentgenol* 176:1357–1362
20. Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW et al (2005) Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 46:552–557
21. Ropers D, Baum U, Pohle K et al (2003) Detection of coronary artery stenoses with thin-slice multi-detector row spiral computed tomography and multiplanar reconstruction. *Circulation* 107:664–666
22. Ropers D, Rixe J, Anders K et al (2006) Usefulness of multidetector row spiral computed tomography with 64- × 0.6-mm collimation and 330-ms rotation for the noninvasive detection of significant coronary artery stenoses. *Am J Cardiol* 97:343–348
23. Schoepf UJ, Becker CR, Obuchowski NA et al (2001) Multi-slice computed tomography as a screening tool for colon cancer, lung cancer and coronary artery disease. *Eur Radiol* 11:1975–1985
24. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F et al (2008) Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a writing group deployed by the working group nuclear cardiology and cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J* 29:531–556
25. Stillman AE, Oudkerk M, Ackerman M et al (2007) Use of multidetector computed tomography for the assessment of acute chest pain: a consensus statement of the North American Society of Cardiac Imaging and the European Society of Cardiac Radiology. *Eur Radiol* 17:2196–2207
26. Stillman AE, Oudkerk M, Ackerman M et al (2007) Use of multidetector computed tomography for the assessment of acute chest pain: a consensus statement of the North American Society of Cardiac Imaging and the European Society of Cardiac Radiology. *Int J Cardiovasc Imaging* 23:415–427
27. Stolzmann P, Scheffel H, Schertler T et al (2008) Radiation dose estimates in dual-source computed tomography coronary angiography. *Eur Radiol* 18:592–599

R. Birkner
Das typische Röntgenbild des Skeletts

Standardbefunde und Varietäten vom Erwachsenen und Kind
 München: Elsevier 2010, 4., 568 S., (ISBN 978-3-437-21222-2), 79.00 EUR

Die erste Auflage des umfassenden Werks erschien 1977, und es liegt die nunmehr vierte Auflage mit über 1.200 Abbildungen vor. Es handelt sich um ein klassisches Lehrbuch der Skelett-Röntgenologie, das eine sehr verständliche, übersichtliche und von klaren Zeichnungen begleitete Einführung in die Grundlagen der Strahlenphysik, der Bildentstehung und des Strahlenschutzes gibt. Auch wenn die Zeichnungen stellenweise etwas „altbacken“ wirken, so bestechen Zeichnungen und Ausführungen doch durch ihre Klarheit. Der Hauptteil des Buches ist klassisch unterteilt in das typische Röntgenbild des Erwachsenen skeletts sowie des kindlichen Skeletts. Diese beiden großen Abschnitte wiederum sind jeweils unterteilt in die Unterbereiche Schädel, Wirbelsäule mit Brustkorb und Beckengürtel, obere Extremitäten, Schultergürtel sowie untere Extremität. Gerade bei den Beschreibungen des typischen Röntgenbilds des Erwachsenen skeletts wird immer wieder auch auf mögliche Fehlerquellen und Varietäten hingewiesen. Bei den Beschreibungen zum kindlichen Skelett stehen vor allem auch die Skelettentwicklungen vom Neugeborenen bis zum Adoleszenten im Vordergrund. Die zu einem großen Teil in Originalgröße abgebildeten Röntgenbilder bzw. Detailaufnahmen sind von hervorragender Qualität und werden, wo es geboten scheint, von Schemazeichnungen und Zeichnungen aus anatomischen Atlanten begleitet. Der Preis des Buches ist vor dem Hintergrund des Umfangs, des Inhaltes sowie der Qualität der Abbildungen mehr als gerechtfertigt und vergleichsweise günstig. Wer einmal anfängt, in dem Buch zu blättern, wird so schnell nicht aufhören.

M. A. Rothschild (Köln)

Erweiterung der Datenbank zu Verdachtsfällen von Arzneimittelnebenwirkungen

Zum 14.04.2010 hat das Paul-Ehrlich-Institut eine erweiterte Version seiner Datenbank zu Verdachtsfällen unerwünschter Arzneimittelwirkungen (UAW-Datenbank) frei geschaltet. Zusätzlich zur Meldung von Verdachtsfällen von Impfkomplicationen sind von diesem Zeitpunkt an auch die Meldungen nach der Gabe von Sera öffentlich zugänglich. Bekannte Arzneimittel aus dieser Gruppe sind die monoklonalen Antikörper (mAb) und Immunglobuline (Ig). Die Recherche in der Datenbank ist kostenfrei. Für Human-Impfstoffe steht die Datenbank bereits seit Mai 2007 zur Verfügung. Zu beachten ist, dass die Datenbank Verdachtsfälle unerwünschter Arzneimittelwirkungen auflistet (Synonym: Verdachtsfälle von Nebenwirkungen). Das bedeutet, dass nicht in allen aufgeführten Fällen ein ursächlicher Zusammenhang zwischen der Arzneimittelgabe und der unerwünschten Reaktion besteht. Die Datenbank ist über den Link www.pei.de/db-uaw zu erreichen. Dort werden zunächst der Umgang mit der Datenbank und das notwendige Hintergrundwissen dargestellt. Nach der Lektüre kann sich jeder entsprechend seiner Fragestellung und der entsprechenden Suchkriterien Ergebnisse auflisten lassen.

Quelle: Paul-Ehrlich-Institut, www.pei.de