

# Kardiologische Bildgebung mit IQon Spectral CT

## Verwendungszweck

Philips IQon Spectral CT, die weltweit erste detektorbasierte Spektraltechnologie, ist die einzige Dual Energy-Lösung, die ohne Kompromisse Bilder von Spektraldaten erzeugt. Dieses Dokument liefert einen Überblick zur Anwendung und Leistungsfähigkeit von IQon in Verbindung mit der iPatient Technologie von Philips in einem Institut in China.

## MDCT in der kardiologischen Bildgebung

Der Einsatz der Multidetektor-CT (MDCT) in der kardiologischen Bildgebung hat an Bedeutung gewonnen und sich als klinische Standarduntersuchung bei unterschiedlichen kardiovaskulären Erkrankungen etabliert. Aufgrund ihrer hohen Empfindlichkeit und ihres guten negativen Vorhersagewertes wurde die Kardio-CT die nicht-invasive Modalität der Wahl zur Beurteilung von koronaren Herzerkrankungen (KHK) sowie deren Auswirkung auf die Herzfunktion und -perfusion.<sup>1</sup> Die Kardio-CT ist zudem nützlich bei der Quantifizierung von Koronarplaques, der Beurteilung von Stents bei In-Stent-Restenose sowie bei der Planung von komplexen koronaren und strukturellen Interventionen wie beispielsweise einer Transkatheter-Aortenklappen-Implantation (TAVI).

## Herausforderungen in der Herzdiagnostik

Es gibt zahlreiche Herausforderungen bei der Bildgebung von Koronararterien. Diese Arterien sind in der Regel klein und weisen an ihren distalen Enden einen Kaliber von nicht mehr als etwa 1 mm auf. Diese kleinen Gefäße unterliegen zudem einer komplexen dreidimensionalen Bewegung während des Herzzykluses, die die Hauptursache für Artefakte bei der Koronarbildgebung darstellt.<sup>2, 3</sup> Deshalb werden MDCT-Scanner mit einer ausreichenden Schnelligkeit benötigt, die die Herzanatomie erfassen, eine gute räumliche Auflösung zur Darstellung der kleinen Strukturen von Koronararterien bieten und schnelle Gantryrotationen ausführen (d.h. eine ausgezeichnete zeitliche Auflösung haben, die für die Bildgebung von sich bewegenden Strukturen wichtig ist).

## IQon Spectral CT in der kardiologischen Bildgebung

IQon Spectral CT basiert auf der iPatient Plattform. Mit optimierten Spektralfunktionen und einer hohen Rotationsgeschwindigkeit (0,27 s, standardmäßige zeitliche Auflösung von 135 ms bei Step & Shoot Cardiac und zusätzliche Verbesserungen durch adaptive Mehrfachzyklus-Rekonstruktion in der Spiral-Betriebsart) eignet sich der IQon Spectral CT ideal dazu, Herausforderungen der kardiologischen Bildgebung zu meistern. Spektralergebnisse wie u.a. monoenergetische (MonoE-) Bilder und Jod ohne Wasser stehen neben den konventionellen CT-Ergebnissen der klassischen Verfahren stets entweder prospektiv oder retrospektiv zur Verfügung.

## Philips iPatient Scanner-Plattform

Die Philips iPatient Scanner-Plattform stellt Tag für Tag eine konstante Bildqualität in der kardiologischen Bildgebung sicher, während gleichzeitig die Dosis adäquat gemanagt wird. Die intuitive Benutzeroberfläche erleichtert die Anwendung von patientenspezifischen Dosismanagement-Tools, sodass eine maximale Diagnosesicherheit erreicht und gleichzeitig durch integrierte Echtzeit-Entscheidungshilfen zu einem optimierten Arbeitsfluss und mehr Effizienz beigetragen wird.

## Spektral-CT und klassische CT

Im Gegensatz zu herkömmlichen Ergebnissen, die polychromatische Röntgenaufnahmen darstellen, zeigen MonoE-Ergebnisse (auf Hounsfield-Einheiten [HU] basierend) die Abschwächung so dar, als wäre zum Scannen eine einzelne monochromatische Energie (keV) angewendet worden. Diese Ergebnisse können in Echtzeit für 161 einzelne Energiestufen zwischen 40 und 200 keV angezeigt werden. Für MonoE-Ergebnisse gibt es verschiedene Anwendungsbereiche, z.B. die Verstärkung des Jodsignals (geringe MonoE), Verbesserung des Kontrast-Rausch-Verhältnisses (CNR, Contrast-to-Noise-Ratio) (geringe MonoE) sowie die Reduzierung von Kalzium-Blooming-, Strahlauhärtungs- und Metallartefakten (hohe MonoE).

Anders als ein MonoE-Bild, also ein auf HU basierendes Bild, ist ein Jod-ohne-Wasser-Bild ein Materialdichtebild, auf dem die Jodkomponente sichtbar ist und die Wasserkomponente beseitigt wurde. Der Jodgehalt wird innerhalb einer Region of Interest (ROI) angezeigt und in mg/ml angegeben. Während Jod-ohne-Wasser-Aufnahmen in der Regel dazu dienen, die Jodaufnahme darzustellen, haben sie sich auch als nützlich bei der Beurteilung der Koronararterien in Gegenwart von Kalzium erwiesen, wobei sie gleichzeitig die Kontrastverstärkung im Gefäßlumen aufrecht erhalten.

## IQon Spectral CT am Peking Union Medical College Hospital

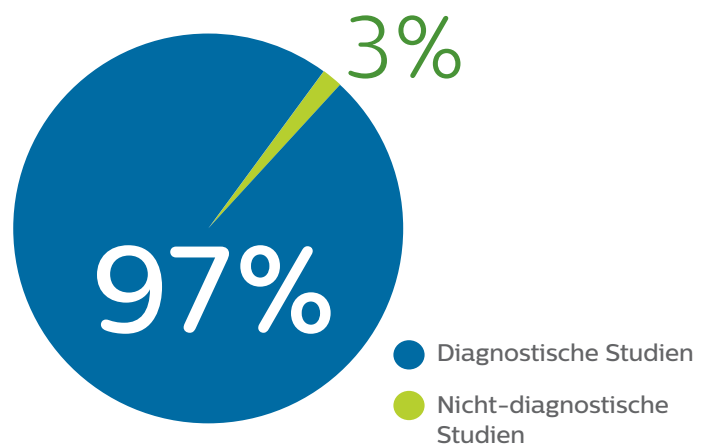
Das Peking Union Medical College Hospital (PUMCH) wurde 1921 vom China Medical Board gegründet. Es handelt sich um ein breitgefächertes tertiäres Krankenhaus der Klasse A, das sich einer fortschrittlichen medizinischen Patientenversorgung, innovativer wissenschaftlicher Forschungsarbeit und einer anspruchsvollen medizinischen Ausbildung verschrieben hat. Die von der National Health and Family Planning Commission als eines der nationalen Überweisungscentren zur Diagnostik und therapeutischen Versorgung von komplexen und seltenen Erkrankungen designierte Einrichtung gilt als landesweit führend auf dem Gebiet der diagnostischen Bildgebung. Sie genießt einen ausgezeichneten Ruf für ihr umfassendes Dienstleistungsspektrum, ihre erstklassigen Technologien und Exzellenz in verschiedenen Fachbereichen und nimmt seit 2009 immer einen der ersten Ränge der „Best Hospitals in China“ ein.

Als eine der ersten Einrichtungen, die den IQon Spectral CT eingeführt haben, hat das PUMCH bereits umfassende Erfahrung auf dem Gebiet der nicht-invasiven kardiologischen Bildgebung gesammelt und über 1.500 Patienten mit IQon untersucht. Anhand der Dosismanagement-Tools der iPatient Plattform wurden die Scan- und Injektionsprotokolle kontinuierlich an den Körperhabitus der Patienten (basierend auf Körpergröße, Gewicht und Body Mass Index [BMI]) angepasst. Speziell für die Herzdiagnostik ausgelegte Dosismanagement-Tools wie z.B. Step & Shoot Cardiac und die EKG-Röhrenmodulation bei Spiralscans werden eingesetzt, um die Strahlendosen zu optimieren.

Bei der Planung des diagnostischen Scans wurde der Wasseräquivalent-Durchmesser (Dw) aus dem Übersichtsbild (dem Scout Image) ermittelt und basierend darauf der DoseRight Index (DRI) berechnet, um die Röhrenstrahlung (mAs) so zu optimieren, dass eine konsistente Bildqualität erreicht wird. Die Energieerzeugung der Röhre wurde auf 120 kVp eingestellt und der mAs-Wert anhand des DRI basierend auf dem Dw aus der Übersicht ermittelt. Da die Spektralfunktion stets eingeschaltet bleibt, wurden die Spektralergebnisse von MonoE-Bildern bei geringer Stufe verwendet, um die Kontrastverstärkung zu optimieren. Dadurch konnten kardiologische CT-Scans mit geringeren Kontrastvolumen durchgeführt werden – es wurden nur 36 ml Kontrastmittel und 20 ml Kochsalzlösung bei einer Flussrate von 3 ml/s injiziert. Die Datenerfassung erfolgte mithilfe einer automatisierten Bolusverfolgungstechnik, wobei Scans sechs Sekunden nach Erreichen eines Schwellenwertes von 90 HU in der absteigenden Aorta ausgelöst wurden.

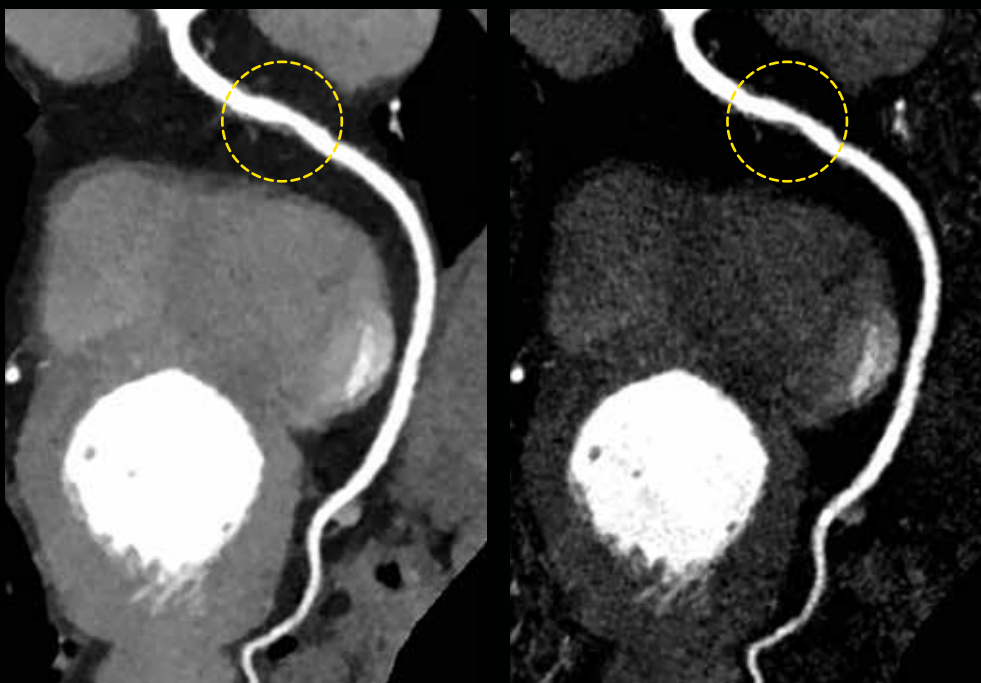
Alle Scans wurden mit Erfolg durchgeführt; und bei allen Fällen wurden mittlere Schwächungswerte von 350 HU in der Aortenwurzel erzielt (gemessen anhand von klassischen Ergebnissen). Diese Messwerte wurden unter Verwendung der MonoE-Spektralergebnisse bei niedriger keV-Stufe (720 HU bei 50 keV und 495 HU bei 60 keV) nochmals verstärkt dargestellt, was zusätzliche Unterstützung bei der Beurteilung der Koronargefäße bot. Die optimierten Protokolle ermöglichten die Durchführung von koronaren CTA-Scans in hoher Qualität – 97% aller Scans erlaubten eindeutige Koronargefäß-Diagnosen. Die Gründe für nicht-diagnostische Ergebnisse und Diagnosekriterien, wie z.B. Bewegungen der Koronargefäße, sind in der klinischen Fachliteratur umfangreich publiziert.<sup>4-6</sup>

### Erfolgsrate



Peking Union Medical College Hospital (PUMCH),  
Peking, China

# Die **hohe Leistungsfähigkeit des IQon Spectral CT** in der kardiologischen Bildgebung zeigen die folgenden Beispiele



Mit Hilfe der spektralen CT Comprehensive Cardiac Analysis (sCCA) des IntelliSpace Portals war auf Spektralbildern wie dem MonoE 50 keV-Bild und dem Jod-ohne-Wasser-Bild die kleine nicht kalzifizierte Plaque in der RCA deutlich sichtbar.

## Fallstudie 1

Diese Fallstudie zeigt die Möglichkeit des IQon Spectral CT kardiologische Untersuchungen bei geringer Dosierung durchzuführen. Ein Patient im mittleren Alter wurde aufgrund des Verdachtes auf eine Herzerkrankung und dem gelegentlichen Auftreten von Brustschmerz medikamentös behandelt und einer koronaren CT-Angiographie (Koronar-CTA) mit Step & Shoot Cardiac (effektive Dosis: 0,85 mSv,  $k = 0,014$ )\* unterzogen. Ihm wurde ein Kontrastmittelvolumen von insgesamt 30 ml mit einem Flow von 3 ml/s injiziert. Unter Verwendung der spektralen CT Comprehensive

Cardiac Analysis (sCCA) Anwendung des IntelliSpace Portals wurden gekrümmte multiplanare Rekonstruktionsbilder (cMPR) erzeugt und mithilfe von konventionellen und spektralen CT-Ergebnissen wie etwa MonoE 50 keV zur besseren Darstellung und Charakterisierung der Strukturen basierend auf den spektralen Abschwächungseigenschaften optimiert. Es wurde ein kleiner nicht-kalzifizierter Plaque in der proximalen rechten Koronararterie (RCA) gefunden, die mit den MonoE 50 keV- und Jod-ohne-Wasser-Spektralergebnissen gut dargestellt wurde.

Alle Bilder mit freundlicher Genehmigung von Prof. Yining Wang und Prof. Zhengyu Jin, PUMCH.

\*Anhand AAPM Technical Report 96

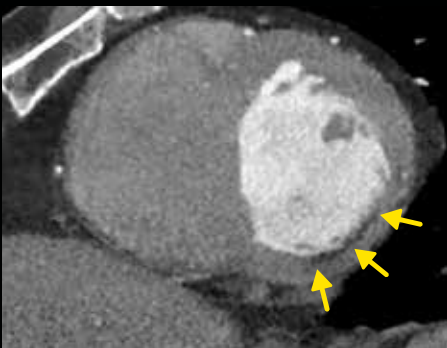
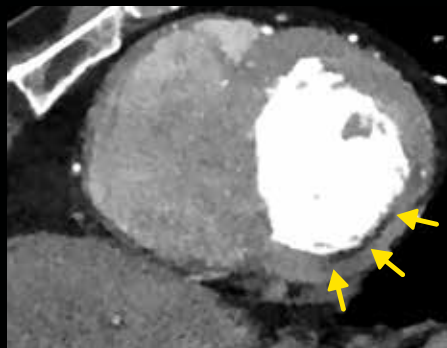
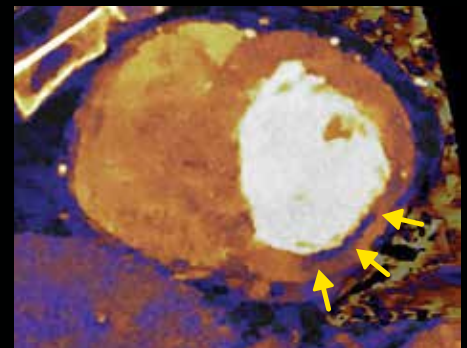
**Konventionell****MonoE 150 keV****MonoE 50 keV****Jod ohne Wasser**

Konventionelle CT-Bilder sind für die In-Stent-Visualisierung nicht geeignet, auch nicht bei Anpassung der Fensterweite und -ebene, denn eine Restenose wird durch stentbedingte Blooming-Artefakte verdeckt. Bei hoher Stufe erfasste MonoE-Bilder (150 keV) bewirken eine effektive Reduzierung des Blooming-Effektes, bei geringeren MonoE-Werten (50keV) verbessert sich der Gefäßkontrast und im Jod-ohne-Wasser-Bild zeigt sich die In-Stent-Restenose besonders deutlich.

## Fallstudie 2

Ein Patient im mittleren Alter mit einer Anamnese von Hypertonie und Rauchen wurde mit akutem Brustschmerz vorstellig. Sein Elektrokardiogramm (EKG) ließ auf einen Myokardinfarkt der Hinterwand schließen, und es erfolgte eine invasive Koronarangiographie sowie eine Implantation von Stents in der RCA und dem linken Ramus circumflexus (LCX). Aufgrund von erneut auftretendem Brustschmerz wurde er einer koronaren CTA mit IQon unterzogen. Die cMPR-Bilder des LCX im Stentbereich wurden unter Verwendung von herkömmlichen und spektralen Ergebnissen in der sCCA Anwendung des IntelliSpace Portals überprüft. Die Möglichkeiten, das Lumen innerhalb des Stents zu untersuchen, waren mit den konventionellen CT-Bildern trotz Anpassung von Fensterweite und -ebene erheblich eingeschränkt. Das bei hoher Stufe erfasste MonoE (150 keV)-Ergebnis verringert

Stent-Streben bedingte Blooming-Artefakte, allerdings bei beeinträchtigter Kontrastverstärkung. Die mit MonoE (50keV) gewählten Bilderergebnisse boten Vorteile zur besseren Kontrastverstärkung, mit einigen Hinweisen der geringeren Verstärkung im proximalen Bereich des Stents, jedoch mit stärkerem Blooming-Effekt durch den Stent. Im Gegensatz dazu zeigte das Jod-ohne-Wasser-Bild klar einen Rückgang der Verstärkung am proximalen Ende des Stents und einen geringeren durch die Stent-Streben bedingten Blooming-Effekt. Zudem wurde bei der Betrachtung der Kurzachsenbilder das Vorliegen eines subendokardialen Defektes in der inferioren und inferolateralen Wand des Myokards (Bereich der RCA und des LCX) festgestellt, der in den Spektralergebnissen (MonoE 50 keV) noch deutlicher sichtbar war, wobei das Z-effektive Bild die zugehörige Farbkarte zeigt.

**Konventionell****MonoE 50 keV****Fusioniertes Z-effektiv**

Konventionelles Bild, MonoE 50 keV-Bild und fusioniertes Z-effektives Kurzachsenbild, wobei auf den Spektralbildern das Ausmaß des Myokardperfusionsdefektes deutlicher zu sehen ist.

## Fallstudie 3

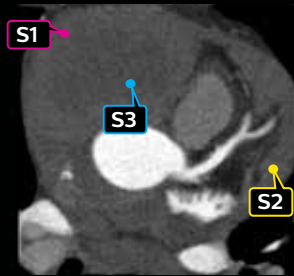
Eine Patientin mittleren Alters mit einer Anamnese von Hypertonie und Symptomen von Rückenschmerzen und vorübergehendem Unwohlsein in der Brust wurde einer koronaren CTA mit IQon zur Untersuchung der Koronararterien unterzogen. Alle Segmente der Koronararterien wurden beurteilt, und es wurde eine ostiale Läsion der RCA festgestellt (zu sehen in der cMPR-Ansicht). Zusätzlich wurde eine unregelmäßige Verdickung des Perikards mit einem großen Tumor im mediastinalen Bereich festgestellt. Die spektralen Werkzeuge waren sehr hilfreich bei der Untersuchung der heterogenen Zusammensetzung dieser Raumforderung im Perikard. Anders als auf der herkömmlichen Aufnahme boten das bei geringer Stufe

erfasste MonoE-Spektralbild (40 keV), das Jod-ohne-Wasser-Bild und das Z-effektive Bild eine bessere Darstellung des hypodensen Kerns dieser Raumforderung. Das Einzeichnen einer ROI (S1, S2 und S3) in drei verschiedenen Bereichen ermöglichte eine bessere Differenzierung dieser Bereiche, wobei der Perikardmuskel (S1, S2) eine Jodaufnahme auf dem bei geringer Stufe erfassten MonoE-Bild zeigte und im mittleren Bereich (S3) ein Abwärtsgefälle (bzw. keine Jodaufnahme – Hinweis auf einen nekrotischen Kern) feststellbar war. Basierend auf den Befunden wurde eine CT-geführte Perikardiozentese-Biopsie in Verbindung mit einer immunhistochemischen Analyse durchgeführt, die das Vorliegen eines Mesothelioms bestätigten.

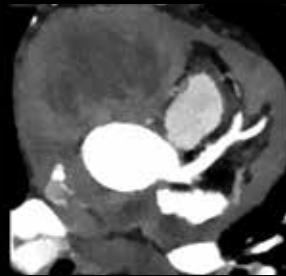


Mit der sCCA Anwendung auf IntelliSpace Portal erzeugte cMPR. Der gelbe Kreis kennzeichnet die ostiale Läsion in der RCA.

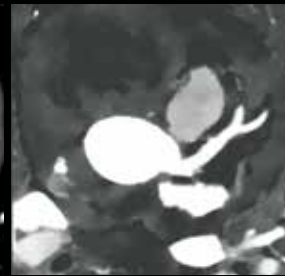
Konventionell



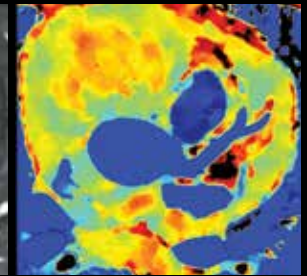
MonoE 40 keV



Joddichte

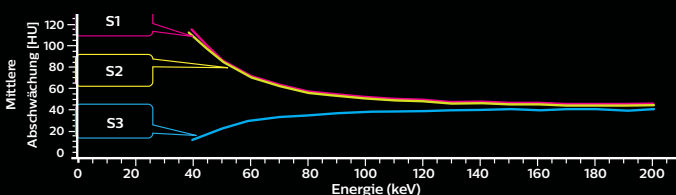


Z-effektiv

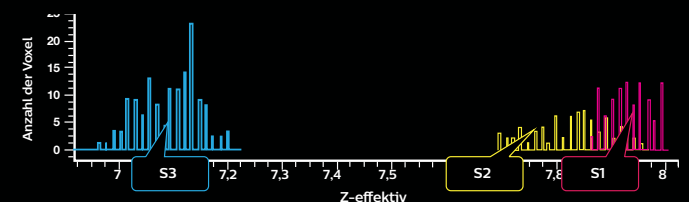


In den Spektralbildern (MonoE 40 keV, Joddichte, Z-effektiv) sind die Raumforderungen des hypodensen Kerns besser erkennbar. In den beiden Spektraldiagrammen sind deutlich die besseren Differenzierung der ROIs S1, S2 und S3 erkennenbar.

Diagramm zur HU-Abschwächung



Histogramm: Z-effektiv



## Fazit

Die Spektralergebnisse des IQon Spectral CT bieten zusätzliche klinische Informationen zur Beurteilung von Herzerkrankungen. Spektralergebnisse wie MonoE- und Jod-ohne-Wasser-Bilder ermöglichen eine bessere Darstellung von komplexen Herzstrukturen als bei herkömmlichen Aufnahmen. In den Fallbeispielen werden die Vorteile von IQon Spectral CT verdeutlicht – wobei die Spektralinformationen stets prospektiv und retrospektiv verfügbar sind.

## Klinische Bedeutung

Philips IQon Spectral CT verbessert in Verbindung mit der iPatient Technologie die Diagnosesicherheit in der täglichen klinischen Praxis, indem sie die Beurteilung von unterschiedlichen Herzerkrankungen und deren Auswirkungen auf die Herzfunktion ermöglicht.

Ergebnisse von Fallstudien sind nicht prädiktiv für Ergebnisse anderer Fälle. Letztere können davon abweichen.

## Literaturverweise

- 1 Scot-heart T. CT coronary angiography in patients with suspected angina due to coronary heart disease (SCOT-HEART): an open-label, parallel-group, multicentre trial. *Lancet*. 2015;385:2383–2391.
- 2 Vembar M, Garcia MJ, Heuscher DJ, Haberl R, Matthews D, Böhme GE, Greenberg NL. A dynamic approach to identifying desired physiological phases for cardiac imaging using multislice spiral CT. *Med Phys*. 2003 Jul;30(7):1683–93. PMID:12906185.
- 3 Vembar M, Walker MJ, Johnson PC. Cardiac imaging using multislice computed tomography scanners: technical considerations. *Coron Artery Dis*. März 2006;17(2):115–23. PMID:16474229.
- 4 Neefjes LA, Dharampal AS, Rossi A, Nieman K, Weustink AC, Dijkshoorn ML, Ten Kate GJ, Dedic A, Papadopoulou SL, van Straten M, Cademartiri F, Krestin GP, de Feyter PJ, Mollet NR. Image quality and radiation exposure using different low-dose scan protocols in dual-source CT coronary angiography: randomized study. *Dez*. 2011;261(3):779–86. doi:10.1148/radiol.11110606. PMID:219696662.
- 5 Leschka S, Stolzmann P, Desbiolles L, Baumueller S, Goetti R, Schertler T, Scheffel H, Plass A, Falk V, Feuchtner G, Marincek B, Alkadhi H. Diagnostic accuracy of high-pitch dual-source CT for the assessment of coronary stenoses: first experience. *Eur Radiol*. Dez. 2009;19(12):2896–903. doi:10.1007/s00330-009-1618-9. PMID:197602293.
- 6 Budoff MJ, Achenbach S, Duerinck A. Clinical utility of computed tomography and magnetic resonance techniques for noninvasive coronary angiography. *J Am Coll Cardiol*. 3. Dez. 2003;42(11):1867–78. PMID:14662244.

©2018 Koninklijke Philips N.V. Alle Rechte vorbehalten.  
Philips behält sich das Recht vor, ein Produkt zu verändern  
und dessen Herstellung jederzeit und ohne Ankündigung  
einzustellen. Marken sind das Eigentum von Koninklijke  
Philips N.V. oder der jeweiligen Inhaber.



[philips.de/healthcare](https://philips.de/healthcare)

Printed in The Netherlands.  
4522 991 06753 \* OCT 2018