

Precise Cardiac

Bewegungskompensierte Rekonstruktion für die Koronarbildgebung

Überblick

Philips Precise Cardiac ist ein neuartiger Ansatz, mit dem Herzbewegungen bei der CT-Bildgebung kompensiert werden können, wodurch sich die Darstellung der Koronararterien verbessert. So lassen sich einige der Koronarsegmente verwenden, denen bisher mit kardiologischen Standard-Rekonstruktionsmethoden keine diagnostische Qualität attestiert wurde, was für eine höhere Diagnosesicherheit bei CTA-Untersuchungen der Koronargefäße sorgt.

Hintergrund

Die koronare CT-Angiographie (koronare CTA, CCTA) hat sich als bevorzugte nichtinvasive Modalität für die Detektion und das Ausschließen von koronaren Herzkrankheiten (KHK) etabliert, da sie eine Beurteilung der koronaren Anatomie und die Visualisierung atherosclerotischer Plaques ermöglicht, was die Erkennung von Läsionen erleichtert, die den Blutfluss zum Myokard beeinträchtigen können.

Es gibt allerdings zahlreiche Herausforderungen bei der Bildgebung der Koronararterien mittels CT. Diese Arterien sind mit einem Innendurchmesser von nur 1 mm oder weniger an den am weitesten distalen Enden nicht nur sehr klein, sondern zeigen während des Herzzyklus zudem komplexe 3D-Bewegungen, die zu Bewegungsartefakten bei der kardiologischen Bildgebung beitragen.^{1,2} Darüber hinaus reicht die begrenzte zeitliche Auflösung der koronaren CTA nicht aus, um diese Bewegungsartefakte zu eliminieren. Das Ergebnis sind nicht auswertbare Koronarsegmente, die sich negativ auf die diagnostische Treffsicherheit auswirken.

Bewegungsartefakte sind zwar bei höheren und variablen Herzfrequenzen (HF) ausgeprägter und häufiger, können jedoch auch bei niedrigeren HF auftreten. Eine übliche klinische Gegenmaßnahme besteht darin, durch die Gabe von Medikamenten die HF zu senken und zu stabilisieren. Zusätzlich existiert auch der technische Lösungsansatz, die Rotationsgeschwindigkeit der Gantry zu erhöhen, um die native zeitliche Auflösung des Systems zu verbessern. Dieser Ansatz ist jedoch aufgrund der hohen Gravitationskräfte, die dabei auf das System wirken, nur bis zu einem bestimmten Grad praktikabel.

Trotz Verbesserungen des Patientenmanagements, der nativen zeitlichen Auflösung des Scanners und der konventionellen Rekonstruktionsmethoden sind Bewegungsartefakte der Koronararterien klinisch weiterhin herausfordernd und ihr Auftreten zudem nur schwer vorherzusagen.

Philips CT Smart Workflow



Precise Cardiac ist eines der vielen Tools des KI-gestützten CT Smart Workflow von Philips, mit denen Klinikteams jeden Tag präzise Dosen, Geschwindigkeit und Bildqualität erzielen.

Precise Cardiac

Als einer der technologischen Innovationsführer im Bereich der kardiologischen Bildgebung hat Philips einen neuartigen Rekonstruktionsansatz vorgestellt, der adaptive Rekonstruktionstechniken ergänzt. Die bewegungskompensierte Rekonstruktion von Precise Cardiac bietet eine völlig neue Methode ohne Mausclick, bei der eine einzelne Serie bewegungskorrigierter Bilder generiert wird, die für beide Modi koronarer CTA-Scans (retrospektiv getriggerte Spiralscans und prospektiv getriggerte axiale Scans [Step-and-Shoot Cardiac]) anwendbar ist.³⁻⁷

Precise Cardiac setzt in einer vordefinierten Region rund um die anvisierte Herzphase effiziente Filterungstechniken ein, um die relevanten Objekte zu identifizieren und deren Bewegungsverhalten im lokalisierten Teil des Herzzyklus dynamisch zu verfolgen. Durch Berücksichtigung der Verlagerung von Strukturen und Anwendung der relevanten Korrekturen im Rahmen des Rückprojektionsprozesses werden bewegungskorrigierte Bilder erstellt. Precise Cardiac ist in den CT-Konsolenarbeitsablauf integriert: Manuelles Eingreifen, Datenübertragung oder zusätzliche Workstations sind somit nicht erforderlich.

Verarbeitungsschritte bei Precise Cardiac

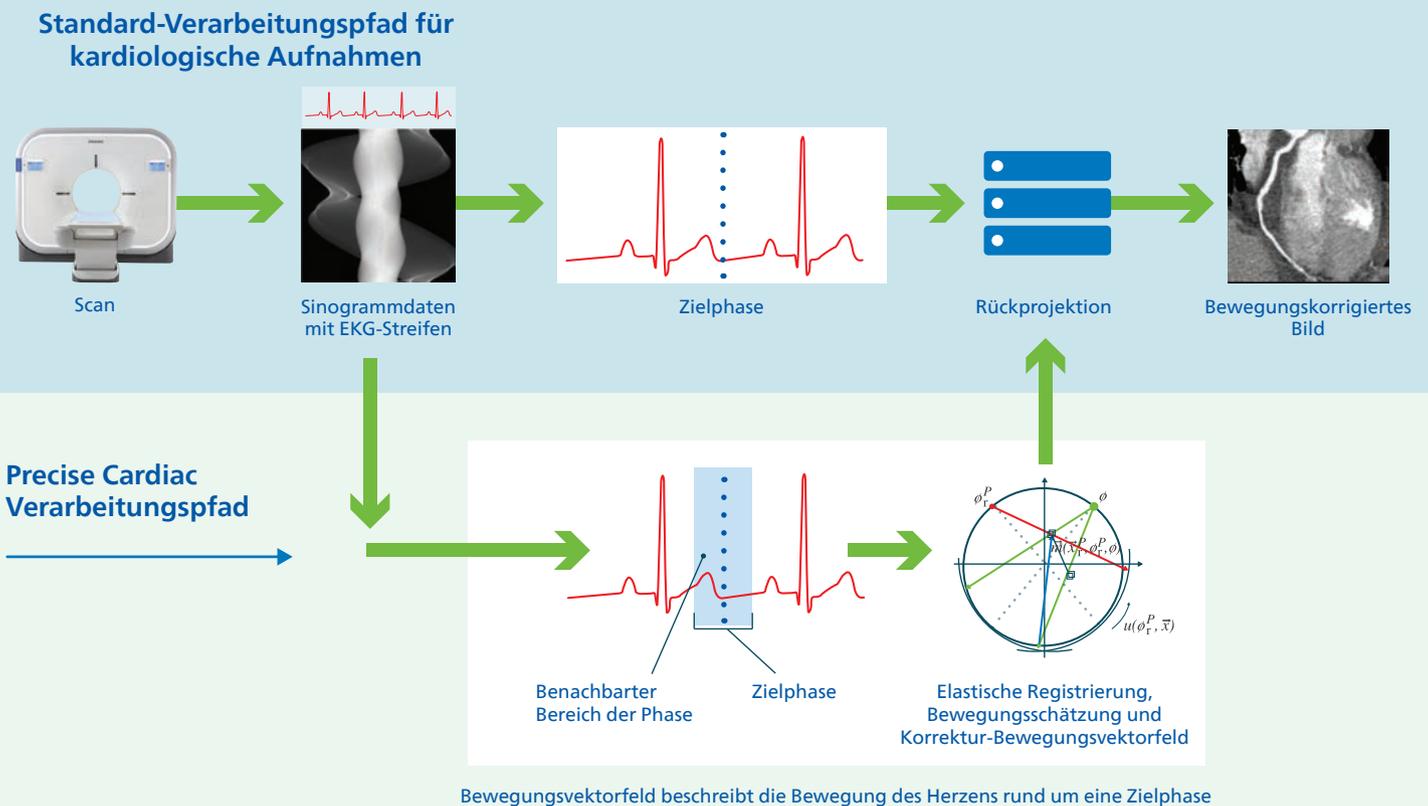


Abbildung 1 Der Verarbeitungspfad zeigt, wie Herzbewegungen von Precise Cardiac korrigiert werden, um eine bessere Visualisierung bei kardiologischen Scans zu erreichen.



Unabhängige Beurteilung

Phantombewertung

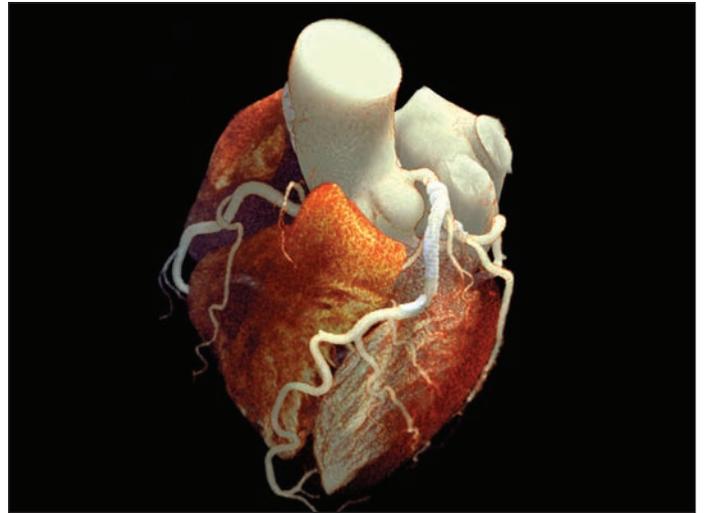
In einer kürzlich durchgeführten Studie³ wurde die Leistungsfähigkeit von Precise Cardiac bei der Reduzierung von CCTA-Bewegungsartefakten im Rahmen der Bildgebung eines dynamischen Phantoms bei verschiedenen Geschwindigkeiten untersucht. Diese Studie ergab Folgendes:

- Mit Precise Cardiac konnten Bewegungsartefakte reduziert werden. Die so erzeugten Bilder unterschieden sich nicht signifikant von Bildern ohne jegliche Bewegungen.
- Mit Precise Cardiac konnten Bewegungsartefakte der Koronargefäße bei vielen verschiedenen Geschwindigkeiten, die in der klinischen Praxis häufig zum Einsatz kommen, reduziert werden.
- Anhand des Philips Spectral CT 7500 Systems konnte eine 11-fache Reduzierung von Bewegungsartefakten gezeigt werden. Diese Versuche wurden an einem Philips CT 5300 System wiederholt, bei dem wiederum eine 6-fache Reduzierung von Bewegungsartefakten belegt werden konnte.
- Frühere Untersuchungen legen nahe, dass das Ausmaß der Reduzierung von Bewegungsartefakten (11-fach oder 6-fach) zu einer dementsprechend höheren effektiven zeitlichen Auflösung beiträgt. Die resultierenden Scan-Daten wirken also, als ob sie mit einer signifikant besseren zeitlichen Auflösung erzeugt worden wären.
- Die Artefaktreduktion führte beim Spectral CT 7500 System zu einer 11-mal höheren effektiven zeitlichen Auflösung. Das entspräche einer effektiven zeitlichen Auflösung von 12,3 ms.
- Die Artefaktreduktion führte beim CT 5300 System zu einer 6-mal höheren effektiven zeitlichen Auflösung. Das entspräche einer effektiven zeitlichen Auflösung von 29,2 ms.
- Precise Cardiac kann die CCTA-Beurteilung durch die Reduzierung von Bewegungsartefakten der Koronargefäße verbessern. Dies gilt insbesondere für Patienten mit einer erhöhten HF oder Patienten mit Kontraindikationen für Betablocker, bei denen die anvisierte HF nicht erreicht wird.

Klinische Bewertung

In einer Pilotstudie⁸ mit 28 Patienten wurde die Effektivität dieses Ansatzes zur Verbesserung der Darstellungsqualität aller Koronararterien bei gleichbleibendem Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) und Kontrast-Rausch-Verhältnis (CNR) belegt.

Die mittlere HF der Patienten lag während des Scans bei 86 ± 11 Schlägen/min (Bereich: 68 bis 114/min). Die resultierenden Visualisierungsscores fielen bei der bewegungskompensierten Rekonstruktion für alle Koronararterienabschnitte höher aus als bei getriggerten Routine-Rekonstruktionen aus.



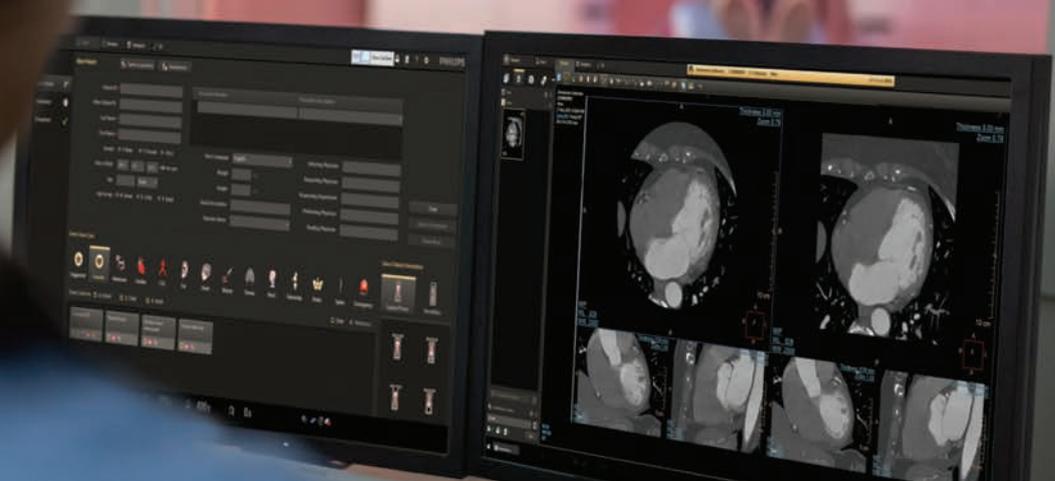
Für eine 6- bis 11-mal höhere effektive zeitliche Auflösung



Bessere CCTA-Beurteilung bei Patienten durch Reduzierung von Bewegungsartefakten der Koronararterien, insbesondere bei Patienten mit erhöhter Herzfrequenz



Entfernung von Bewegungsartefakten bei sich schnell bewegenden Koronargefäßen und demzufolge Bilder, die sich nicht signifikant von Bildern ohne jegliche Bewegungen unterscheiden



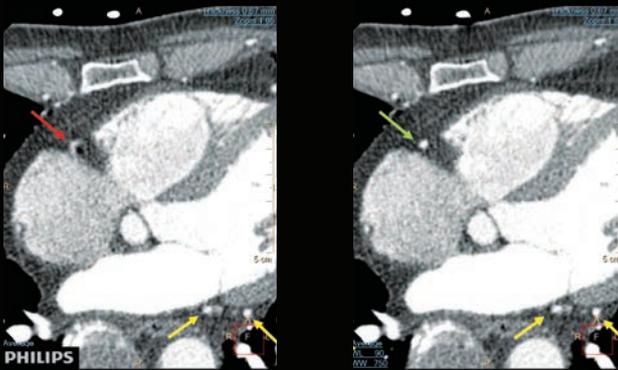
Leistung

Durch Nutzung von Precise Cardiac ergeben sich im Vergleich zu kardiologischen Standard-Rekonstruktionsmethoden nachweislich signifikante Verbesserungen bei der Bildqualität der Koronararterien. Durch die Korrektur der Bewegungen der Koronararterien lassen sich potenziell Wiederholungsscans vermeiden.

Vergleiche klinischer Bilder

Patient mittleren Alters, der sich mit Brustschmerzen und Kurzatmigkeit vorstellte, mittlere HF: 61/min

Philips Incisive CT



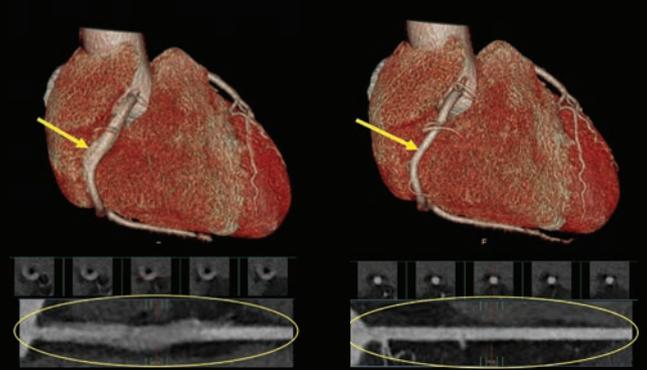
Ohne Precise Cardiac

Mit Precise Cardiac

Scanparameter: 120 kV, 697 mAs, $CTDI_{vol}$ 56,5 mGy, DLP 678 mGy*cm, effektive Dosis 9,5 mSv (k=0,014)

Precise Cardiac eliminiert die bei der RCA beobachtete Bewegung, HF: 77/min

Philips Spectral CT 7500



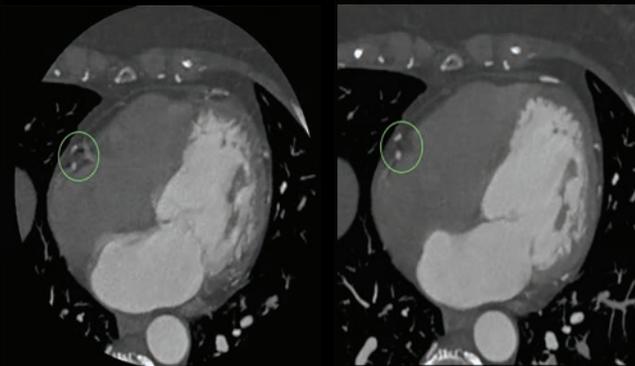
Ohne Precise Cardiac

Mit Precise Cardiac

Die Beispielbilder wurden im Rahmen einer klinischen Studie des Spectral CT 7500 Systems am Tel Aviv Sourasky Medical Center (Ichilov)/Israel erfasst.

Precise Cardiac eliminiert die bei der RCA beobachtete Bewegung, HF: 60/min

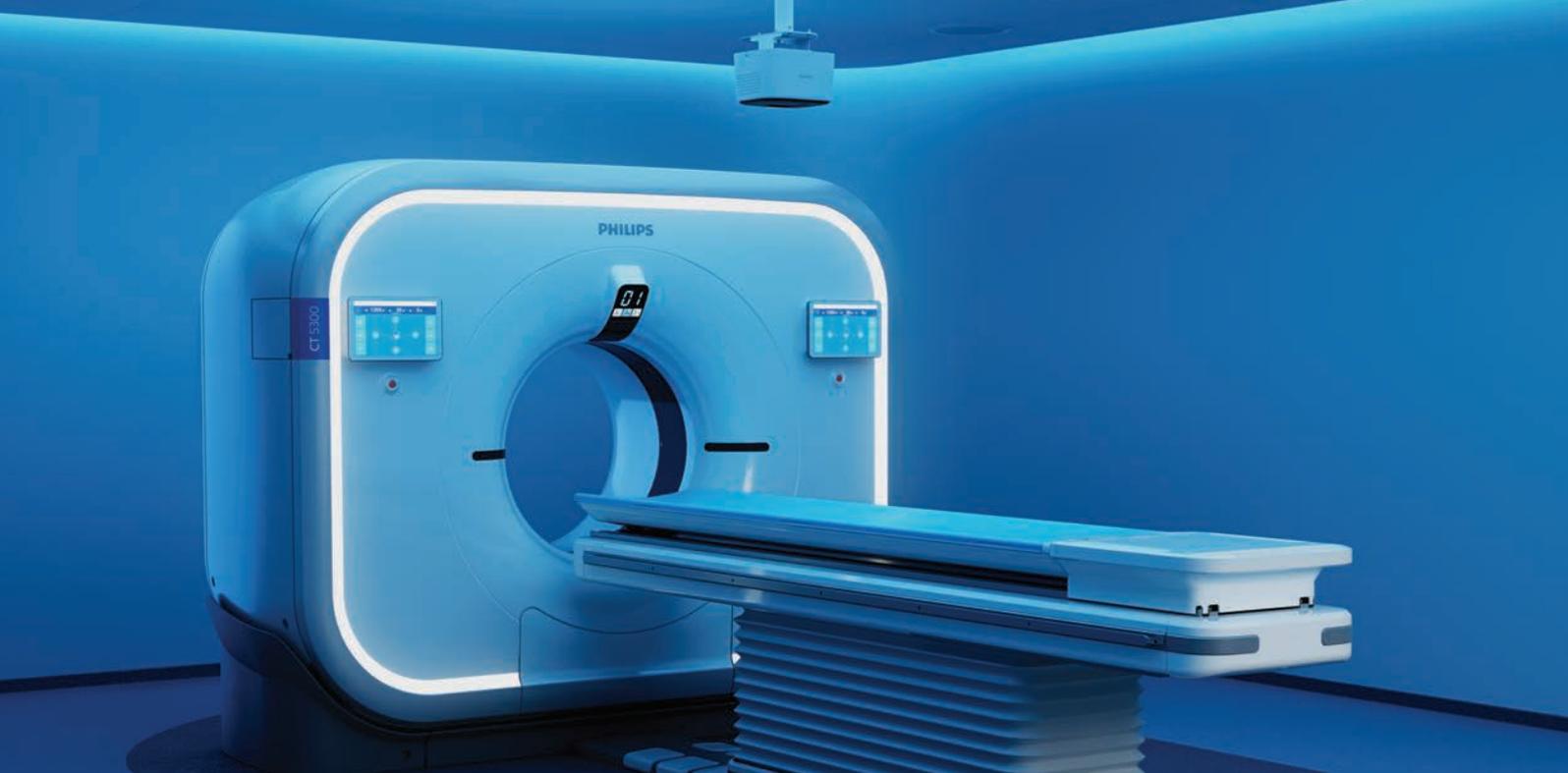
Philips CT 5300



Ohne Precise Cardiac

Mit Precise Cardiac

Scanparameter: 80 kV, 893 mAs, $CTDI_{vol}$ 20,73 mGy, DLP 369 mGy*cm, effektive Dosis 5,1 mSv (k=0,014)



Fazit

Philips Precise Cardiac ist eine neuartige technologische Innovation, mit der Herzbewegungen kompensiert werden, wodurch sich die Darstellung der Koronararterien bei der CT-Bildgebung verbessert. Mit Precise Cardiac lassen sich einige Koronarsegmente verwerten, denen bisher mit kardiologischen Standard-Rekonstruktionsmethoden keine diagnostische Qualität attestiert wurde, was für eine höhere Diagnosesicherheit bei CTA-Untersuchungen der Koronargefäße sorgt.

Literaturverweise

1. Vembar M, et al. A dynamic approach to identifying desired physiological phases for cardiac imaging using multislice spiral CT. *Med Phys.* 2003;0(7):1683–93. DOI: 10.1118/1.1582812.
2. Vembar M, et al. Cardiac imaging using multislice computed tomography scanners: technical considerations. *Coron Artery Dis.* 2006;17(2):115–23. DOI: 10.1097/00019501-200603000-00004.
3. Dobrolinska MM, Tetteroo PM, Greuter, MJW, et al. The influence of motion-compensated reconstruction on coronary artery analysis for a dual-layer detector CT system: a dynamic phantom study. *Eur Radiol* (2024). <https://doi.org/10.1007/s00330-023-10544-z>.
4. Koken P, et al. Aperture weighted cardiac reconstruction for cone-beam CT. *Phys Med Biol.* 2006;51(14):3433–48. DOI: 10.1088/0031-9155/51/14/011.
5. Grass M, et al. Fully automatic cardiac CT motion compensation using vessel enhancement. Presented at Society of Cardiovascular Computed Tomography annual meeting. 2016. Orlando, FL.
6. Grass M, et al. Fully automatic cardiac CT motion compensation using vessel enhancement. Presented at Radiological Society of North America annual meeting. 2016. Chicago, IL.
7. Van Stendaal U, et al. A motion-compensated scheme for helical cone-beam reconstruction in cardiac CT angiography. *Med Phys.* 2008;35(7):3239–51. DOI: 10.1118/1.2938733.
8. Balaney B, et al. Improved visualization of the coronary arteries using motion correction during vasodilator stress CT myocardial perfusion imaging. *Eur J Radiol.* 2019;114:1–5. DOI: 10.1016/j.ejrad.2019.02.010.

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

