

Kardiologie 2021 · 15:140–146  
<https://doi.org/10.1007/s12181-021-00454-z>  
 Angenommen: 21. Januar 2021  
 Online publiziert: 2. März 2021  
 © Deutsche Gesellschaft für Kardiologie -  
 Herz- und Kreislaufforschung e.V. Published by  
 Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von  
 Springer Nature - all rights reserved 2021



Axel Schmermund · Philipp Breitbart · Joachim Eckert · Annett Magedanz ·  
 Marco Schmidt · Thomas Voigtländer

Cardioangiologisches Centrum Bethanien, CCB, Frankfurt am Main, Deutschland

## 2020: Entwicklungen in der kardialen Computertomographie

### Koronare Plaquebildung als prognostischer Faktor

Die Veröffentlichung der ISCHEMIA (International Study of Comparative Health Effectiveness with Medical and Invasive Approaches)-Ergebnisse hat einen Prozess des Umdenkens eingeleitet, der sicherlich noch nicht abgeschlossen ist. Obwohl der Ischämienachweis eines der Einschlusskriterien war, ergab sich für die Revaskularisation zusätzlich zur optimalen medikamentösen Therapie kein prognostischer Vorteil gegenüber der alleinigen optimalen medikamentösen Therapie [14]. Dies galt zumindest für die bisherige Nachbeobachtung von 2 Jahren und mit der Einschränkung, dass der Ischämienachweis z. T. mittels Belastungs-EKG erfolgte und insgesamt wenige Patienten mit hohem Risiko eingeschlossen werden konnten. Andererseits wiesen Ferraro et al. zu Recht darauf hin, dass schon durch die duale Plättchenhemmung möglicherweise ein Vorteil in der invasiv behandelten Gruppe bestand, so wie in allen ähnlichen randomisierten Studien auch [5]. Ausgeschlossen wurden Patienten mit Hochrisikokriterien wie einer fortgeschrittenen Niereninsuffizienz (berechnete glomeruläre Filtrationsrate [GFR], < 30 ml/min/1,73 m<sup>2</sup> Körperoberfläche), einem kürzlichen akuten Koronarsyndrom (ACS) oder CT(Computertomographie)-angiographischem Nachweis einer > 50%igen Hauptstammstenose. Die CTA(Computertomographie-Angiographie)-Diagnostik wurde bei ca. 73% der Studienteilnehmer durchgeführt.

In der COURAGE(Clinical Outcomes Utilizing Revascularization and Aggressive Drug Evaluation)-Studie wurden bei

1370 Teilnehmern die Ischämiediagnostik mittels Myokardszintigraphie und der angiographisch definierte Schweregrad der KHK (koronare Herzkrankheit) anhand einer Nachbeobachtung über knapp 8 Jahre verglichen [18]. Während die angiographische Graduierung prognostisch bedeutsam war, traf dies für den szintigraphischen Ischämienachweis nicht zu. Im kanadischen APPROACH(Alberta Provincial Project for Outcomes Assessment in Coronary Heart Disease)-Register wurden 9016 Patienten mit angiographisch definierter Hochrisikokoronaranatomie beobachtet, 3-Gefäß-Erkrankung oder Hauptstammläsion, von denen 5487 revaskularisiert wurden (davon wiederum 3312 mittels Bypasschirurgie) [2]. Hier fand sich über einen Zeitraum von > 6 Jahren ein deutlicher prognostischer Vorteil für die Revaskularisation gegenüber einer rein medikamentösen Therapie. In einer statistischen Analyse, die nach Möglichkeit die Einflussfaktoren angesichts der klinisch und nicht randomisiert zugeteilten Therapie neutralisieren sollte, ergaben sowohl die chirurgische als auch die interventionelle Therapie beeindruckende Hazard Ratios im Bereich von 0,64–0,61, wohl gemerkt im rein observierenden Ansatz ([2]; **Abb. 1 und 2**).

» Aktuelle Studien bestätigen die prognostische Wertigkeit der Visualisierung der koronaren Atherosklerose

Zusammenfassend bestätigen die aktuellen Studien die prognostische Wertigkeit

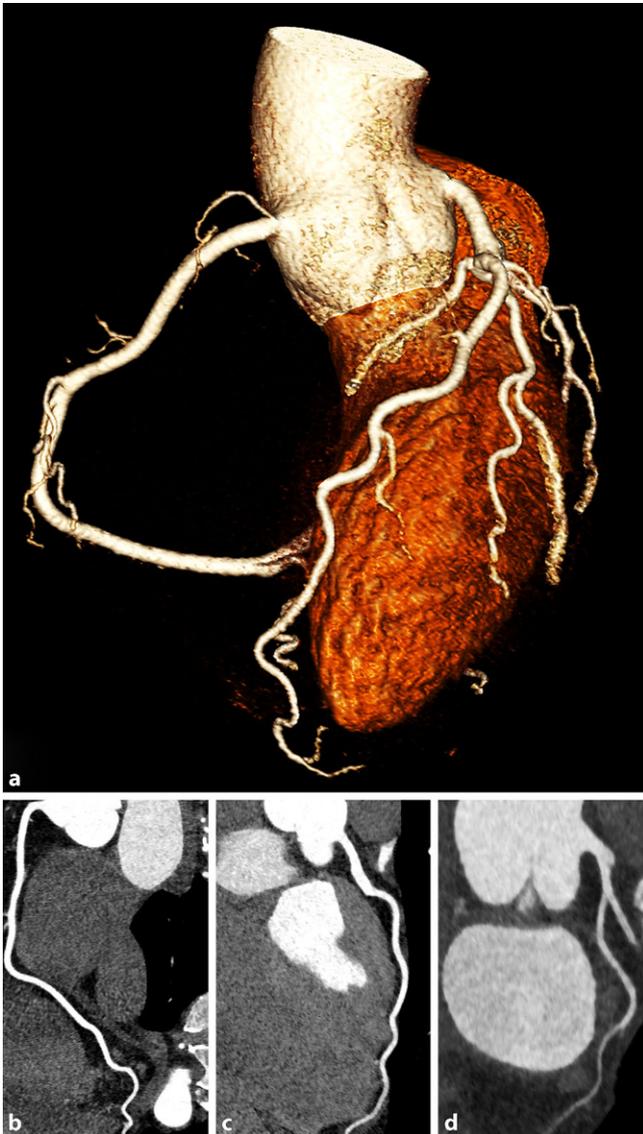
der Visualisierung der koronaren Atherosklerose, die sich bereits in den randomisierten, CT-basierten Studien gezeigt hatte – PROMISE (PROspective Multi-center Imaging Study for Evaluation of chest pain) und SCOT-HEART (Scottish COMputed Tomography of the HEART) [1, 8]. Patienten mit stabilem Verlauf können auch bei nachgewiesener milder bis moderater Myokardischämie erfolgreich konservativ medikamentös behandelt werden. Die mittels CTA oder invasiver Angiographie dokumentierte Hochrisikoanatomie hingegen scheint jene Patienten zu identifizieren, die von einer Revaskularisation profitieren.

### Bedeutung der volumetrischen Plaquequantifizierung

Gegenüber der invasiven Koronarangiographie hat die CTA den Vorteil, die Gefäßwand zusätzlich zum Lumen abzubilden. Schon früh lag es deshalb nahe, die CTA-Daten über die Graduierung von Stenosegraden hinaus für deskriptive oder quantitative Analysen zu nutzen. Tatsächlich ist die genaue Stenosegraduierung mittels CTA ähnlich schwierig wie mittels der (nicht-quantitativen, nicht-QCA (Quantitative Koronarangiographie)) invasiven Koronarangiographie. Andererseits wurden Merkmale hervorgehoben, die mit einer erhöhten Vulnerabilität der Plaque einhergehen können, insbesondere eine große Atheromfläche und expansives Gefäßremodeling. Parallel zu den histopathologischen und IVUS(intravaskulärer Ultraschall)-basierten Untersuchungen blieb aber immer die Frage offen, ob einzelne – identifizierbare – Plaques die Prognose des Patienten bestimmen

Hier steht eine Anzeige.





**Abb. 1** ◀ Kardiale CT(Computertomographie)-Angiographie in Flash-Technik eines koronaren Normalbefundes. CT-angiographische Darstellung der Koronarien mit Normalbefund in „volume rendering technique“ (VRT) (a) sowie monoplane Rekonstruktion der A. coronaria dextra (b), des Ramus interventricularis anterior (c) sowie des Ramus circumflexus (d)

oder ob sie nicht vielmehr Ausdruck eines systemisch koronaren Geschehens sind. Im Zuge der automatisierten Analysemöglichkeiten können mittlerweile die systemische und lokale Komponente im Hinblick auf ihre prognostische Bedeutung verglichen werden. So wurde in der SCOT-HEART-Studie der koronare Kalkscore als Maß der verkalkten Plaquelast erhoben und eine Stenosegraduierung in 3 Abstufungen vorgenommen. Neben diesen üblichen Messungen erfolgte zudem eine quantitative Analyse der Gesamtplaquelast sowie ihrer Untergruppen: verkalkte und nicht verkalkte Plaques, Low-attenuation-Plaques (Untergruppe der nicht verkalkten Plaques), als Korrelat der Ge-

samtatheromgröße (definiert als eine CT-Dichte < 30 Hounsfield Units [HU]) [19]. Bei 1769 Patienten mit validen Daten zeigte das Volumen der Low-attenuation-Plaques die größte prognostische Bedeutung in der multivariablen Analyse über einen Verlauf von knapp 5 Jahren. Bei Vorliegen eines Low-attenuation-Plaques-Anteils > 4% war das Myokardinfarktrisiko um den Faktor 5 erhöht [19]. Das PARADIGM (Progression of Atherosclerotic Plaque Determined By Computed Tomographic Angiography Imaging)-Register untersucht serielle CTA-Untersuchungen bei Patienten mit nichtobstruktiven Koronarläsionen (< 50% Stenosegrad). Bei 1297 Patienten konnten volumetrische Plaquebestim-

mungen durchgeführt und die Plaques auf das Vorliegen von Hochrisikomerkmale überprüft werden. Als Hochrisikoplaques galten solche Läsionen, auf die mindestens 2 der 3 folgenden Merkmale zutrafen: expansives Remodeling, Low-attenuation-Bestandteile oder „spotty calcification“ (punktförmige Verkalkung) [11]. Insgesamt wurden 425 solcher Hochrisikoläsionen bei 326 Patienten identifiziert. Als Prädiktoren einer KHK-Progression mit Ausbildung von hochgradig stenosierenden Läsionen erwiesen sich in einer multivariaten Analyse v. a. das Gesamtplaquievolumen sowie in zweiter Linie auch der Stenosegrad, nicht aber die Präsenz von Hochrisikoläsionen ([11]; ▶ Abb. 3).

Seit einiger Zeit bereits wird auch das perikoronare Fettgewebe („perivascular adipose tissue“ [PVAT]) in der Analyse der CTA berücksichtigt. Die im PVAT lokalisierten Adipozyten sezernieren eine Reihe von biologisch wirksamen Substanzen, die offenbar eine aktive Rolle bei der Entwicklung der koronaren Atherosklerose spielen und nicht nur passive Veränderungen erfahren. Der Krankheitsprozess geht mithin auch vom perivaskulären Fettgewebe und nicht nur von der Gefäßintima aus, entsprechend der „Outside-to-inside“-vs. „Inside-to-outside“-Theorie [12]. Fettgewebe hat normalerweise eine sehr niedrige CT-Dichte. Sie kann aber in der Folge von inflammatorischen Prozessen ansteigen, vereinfacht erklärt durch eine vermehrte Flüssigkeitseinlagerung. Tatsächlich hat sich der Nachweis einer erhöhten perikoronaren Fettgewebisdichte („fat attenuation index“ [FAT], höher als -70 HU) als unabhängiger prognostischer Faktor im Hinblick auf kardiale Ereignisse gezeigt [15]. Einen innovativen Impuls hat die diesbezügliche Forschung durch die Vereinigung von histopathologischen Untersuchungen an intraoperativen Gewebeproben mit Genexpressionsanalysen und CT-Bildgebung mittels „machine learning“/ künstlicher Intelligenz erfahren [16]. Eine erhöhte CT-Dichte im Fettgewebe (FAT > -70 HU) korrespondierte mit inflammatorischen Markern wie dem Tumornekrosefaktor  $\alpha$ , vermehrte Fibrosierung oder Vaskularität dagegen

A. Schmermund · P. Breitbart · J. Eckert · A. Magedanz · M. Schmidt · T. Voigtländer

## 2020: Entwicklungen in der kardialen Computertomographie

### Zusammenfassung

Die Entwicklung der kardialen Computertomographie (CT) im Jahr 2020 war durch 3 dominante Schwerpunkte im Bereich der koronaren Bildgebung gekennzeichnet: 1) die prognostische Bedeutung der Plaquebildung, 2) die Möglichkeit ihrer volumetrischen Quantifizierung und 3) den Bedeutungsgewinn in den Leitlinien, verstärkt durch die zunehmende Anwendung in der Therapie von strukturellen Herzerkrankungen. Die Veröffentlichung der Ergebnisse von ISCHEMIA (International Study of Comparative Health Effectiveness with Medical and Invasive Approaches) hat den Blick auf die anatomische Charakterisierung der koronaren Herzkrankheit gelenkt, die Visualisierung der koronaren Plaquebildung. Nicht zuletzt als

Ergebnis von „machine learning“/künstlicher Intelligenz hat sich die Möglichkeit herauskristallisiert, die koronare Plaquebildung automatisiert und volumetrisch zu erfassen. Diese beiden Entwicklungen haben die Frage nach der prognostischen Dominanz des Ischämienachweises aufgeworfen, der sekundär aus der Plaquebildung resultiert. Auch hat sich das Verständnis der Pathophysiologie der koronaren Herzerkrankung verändert: Die Ausprägung des (nicht verkalkten) Plaquevolumens, seine Lokalisierung und Dynamik scheinen als Merkmale der Vulnerabilität im Vergleich zur Fokussierung auf ein großes Atherom oder expansives Remodeling einzelner Plaques bedeutsamer zu sein. In den Leitlinien ist die koronare CT-

Angiographie (CTA) sowohl bei den akuten Koronarsyndromen ohne ST-Hebung als auch den chronischen Koronarsyndromen an die erste Stelle gerückt – gleichberechtigt mit den klassischen bildgebenden Ischämietests. Unabhängig davon gewinnt die kardiale CT zunehmend an Bedeutung für die Therapieplanung von Vitien (insbesondere der Aorten- und Trikuspidalklappe), aber auch anderer struktureller Herzerkrankungen (z. B. Verschluss des linken Vorhofohrs, LAA).

### Schlüsselwörter

Koronare Computertomographie-Angiographie · Koronares Plaquevolumen · Chronisches Koronarsyndrom · Strukturelle Herzerkrankungen · Koronarsyndrom

## 2020: developments in cardiac computed tomography

### Abstract

The development of cardiac computed tomography (CT) in the year 2020 was characterized by 3 dominant trends in coronary imaging, namely 1) the prognostic importance of coronary plaque formation, 2) the possibilities associated with its volumetric quantification and 3) the increase in importance attributed to coronary CT angiography (CTA) in the current guidelines, enhanced by its increasing use in the treatment of structural heart disease. The publication of the results of the International Study of Comparative Health Effectiveness with Medical and Invasive Approaches (ISCHEMIA) has underlined the importance of anatomic characterization of coronary heart disease by visualizing coronary

plaques. Aided by machine learning/artificial intelligence, algorithms have been established for reproducible automated quantitative coronary plaque volumetry. These advances have led to questioning the significance of measuring myocardial ischemia, as it results secondarily from coronary plaque formation. Furthermore, the understanding of the pathophysiology of coronary heart disease has changed: the volume of (noncalcified) coronary plaque formation, its localization and dynamics as characteristics of vulnerability, appear to be more important than the focus on a large atheroma or expansive (outward) remodeling of individual plaques. In the guidelines coronary CTA has been promoted

to the first-line diagnostic measure in both chronic and acute coronary syndromes without ST-elevation, with an equal strength of recommendation compared with classical imaging ischemia tests. Apart from this, cardiac CT is increasingly used for treatment planning of diseases, particularly of aortic and tricuspid valves, but also other structural heart diseases e.g. occlusion of the left atrial appendage (LAA).

### Keywords

Coronary computed tomography angiography · Coronary plaque volume · Chronic coronary syndrome · Structural heart disease · Coronary syndrome

mit der Expression anderer Genprodukte. Über „machine learning“ gelang es, Bildeigenschaften des PVAT herauszuarbeiten, die mit einem erhöhten Koronarrisiko vergesellschaftet waren [16].

» Durch die Gefäßwandanalyse mittels CTA lässt sich ein enormer Informationsgewinn erreichen

Zusammenfassend illustrieren die oben besprochenen aktuellen Studienergeb-

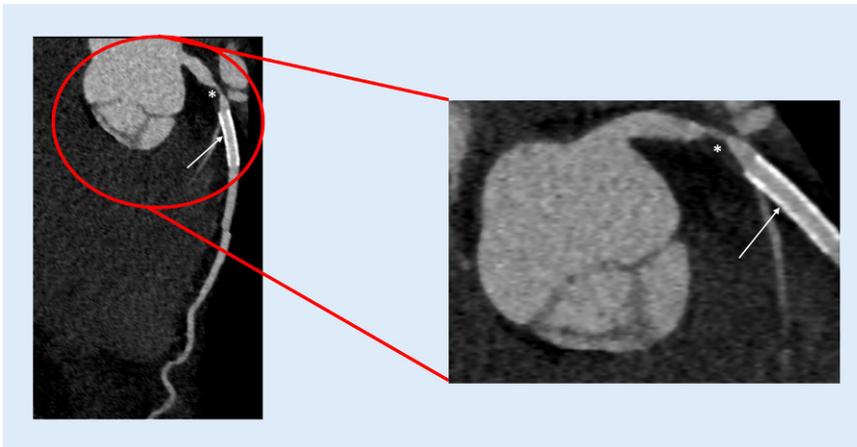
nisse den enormen Informationsgewinn, der sich durch die Gefäßwandanalyse mittels CTA im Vergleich zur invasiven angiographischen Luminographie erreichen lässt. Dabei rückt die Quantifizierung nicht zuletzt im Hinblick auf Verlaufsuntersuchungen in den Vordergrund. Das Gesamtplaquevolumen, v. a. der Low-attenuation-Anteil, spielt in prognostischer Hinsicht eine wichtigere Rolle als die Identifizierung einzelner Läsionen mit Hochrisikomerkmale. Mittels moderner Softwarelösungen und „machine learning“ ist im perivaskulären

Fettgewebe bereits eine Gewebecharakterisierung gelungen, die ein erhöhtes Koronarrisiko vorhersagen kann.

## Computertomographie – Bedeutungsgewinn in den Leitlinien

### Chronisches Koronarsyndrom

Für die Abklärung von Patienten mit chronischem Koronarsyndrom (CCS), also stabiler KHK bzw. KHK-Verdacht, wird die CTA in der aktuellen europä-



**Abb. 2** ▲ CT(Computertomographie)-Angiographie einer hochgradigen Koronarstenose. CT-angiographische Darstellung in adaptiert sequenzieller Technik einer hochgradigen Stenose durch eine nicht verkalkte Plaqueablagerung (*Sternchen*) im proximalen Ramus interventricularis anterior. Distal der Stenose zeigt sich ein regelrecht perfundierter Stent (*Pfeil*) ohne Hinweis auf eine In-Stent-Stenose

ischen Leitlinie als Klasse-I-Indikation äquivalent zu bildgebenden funktionellen Tests gewichtet, insbesondere bei niedriger bis mittlerer Vortestwahrscheinlichkeit [10]. Überlegungen innerhalb der amerikanischen Fachgesellschaft gehen in eine ähnliche Richtung [17]. Neben der oben beschriebenen Bedeutung, die mittlerweile die Detektion der koronaren Plaquebildung erlangt hat, erklärt sich dies v. a. über die veränderte klinische Präsentation der Patienten. In zeitgenössischen Studien beträgt die mittlere Vortestwahrscheinlichkeit bei symptomatischem KHK-Verdacht nur noch 14,9% [9]. Die Patienten stellen sich überwiegend mit atypischen pektanginösen Beschwerden vor (59%), viele leiden auch unter Dyspnoe. Eine relativ hohe Vortestwahrscheinlichkeit > 50% liegt nur noch bei Männern im Alter > 70 Jahre mit typischer Angina vor [9]. Alle anderen Gruppen mit typischer oder atypischer Angina haben auch im hohen Alter eine Krankheitsprävalenz < 50%, teilweise < 5%. Aus der niedrigen Krankheitsprävalenz folgt, dass diagnostische Prozeduren v. a. einen sicheren KHK-Ausschluss ermöglichen sollten („rule-out“) [9, 10]. Hier kann die CTA überzeugen. Zudem werden im Unterschied zur Funktionsdiagnostik auch nicht stenosierende Plaques detektiert, die im Vergleich zum Normalbefund eine prognostische Relevanz haben und die medikamentöse Therapie zugunsten

eines besseren Outcomes beeinflussen [1, 8].

### Akutes Koronarsyndrom

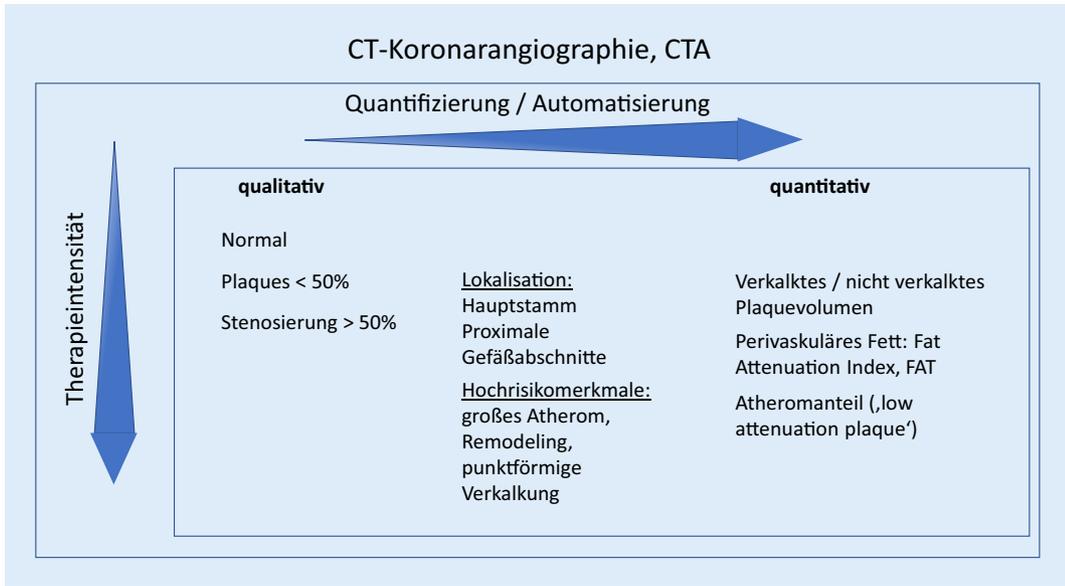
Ähnliche Überlegungen gelten auch beim akuten Koronarsyndrom (ACS). Während der Anteil der Patienten mit instabiler Angina in der Ära der hochsensitiven Troponine abnimmt, machen Infarkte ohne ST-Hebung (NSTEMI) mittlerweile > 50% der Fälle aus, Tendenz steigend [4]. In dieser Gruppe hat die Prävalenz von Hypertonie und Diabetes zugenommen. Trotzdem ist, wohl nicht zuletzt dank des gestiegenen Anteils an Revaskularisationen, die Sterblichkeit von ca. 17 auf 6% zurückgegangen [4]. Auch bei diesen Patienten – ACS ohne ST-Hebung – wird jetzt die CTA als First-line-Diagnostik empfohlen, um bei unklarer Situation und niedriger bis mittlerer Vortestwahrscheinlichkeit den Koronarstatus abzuklären [4]. Im Rahmen der VERDICT (Very Early Versus Deferred Invasive Evaluation Using Computerized Tomography in Patients With Acute Coronary Syndromes)-Studie konnte bei Patienten mit NSTEMI gezeigt werden, dass die CTA eine valide Ausschlussdiagnostik („rule out“) unabhängig von den Patientencharakteristika oder dem klinischen Risikoprofil ermöglicht [13].

## Strukturelle Herzerkrankungen

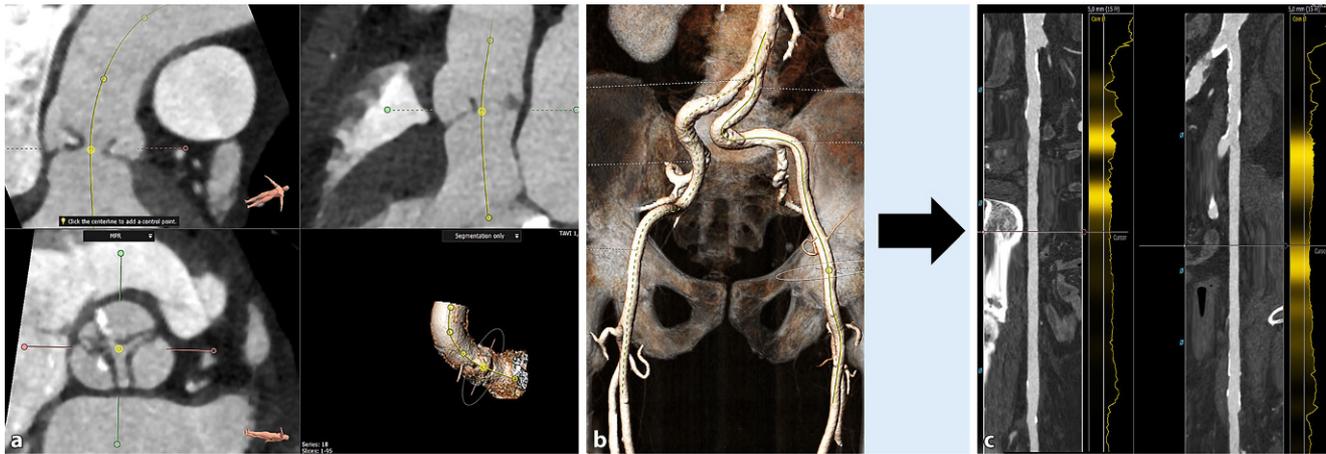
Die CT-Diagnostik ist in der Planung einer TAVI (transfemorale Aortenklappenimplantation)-Prozedur sowie deren Nachbeobachtung (z. B. Evaluation einer Klappenthrombose) als Goldstandard etabliert (■ **Abb. 4**). Weitere Anwendungen in der Diagnostik und Behandlung struktureller Herzerkrankungen scheinen nicht zuletzt angesichts der COVID-19-Pandemie noch mehr in den Vordergrund gerückt, da die CT-Analyse im Vergleich zu Stresstests oder transösophagealer Echokardiographie (TEE) infektiologisch unbedenklich ist [20]. Beim Vorhofohrverschluss (LAA-[linkes Vorhofohr]Okklusion) erfolgt, basierend auf der genauen CT-Evaluation der dreidimensionalen LAA-Anatomie, die Optimierung der Eingriffsplanung durch eine entsprechende mathematische Modellierung, wodurch Devicewahl und -größe optimal angepasst werden [3]. Für die Behandlung der Trikuspidalinsuffizienz ist die genaue Erhebung der Anatomie mittels CT besonders wichtig, u. a. um entscheiden zu können, ob ein Clipverfahren infrage kommt [7]. Ähnlich wie die angiographischen Ebenen bei der TAVI-Prozedur können auch hier anhand der CT-Anatomie bereits die besten intraprozeduralen TEE-Blickwinkel bestimmt werden [6]. Die große Stärke der CT-Analyse liegt in der dreidimensionalen Darstellung mit bestmöglicher Ortsauflösung. Auch eine dynamische Komponente („4-D“) ist mittels CT zugänglich, wird aber intraprozedural natürlich mit den anderen Verfahren beleuchtet. In der Vor- und Nachbereitung dagegen erfährt die CT-Diagnostik einen zunehmend hohen Stellenwert.

## Schlussfolgerung

Das Jahr 2020 hat einen Paradigmenwechsel in der KHK-Diagnostik erlebt. Verantwortlich scheinen die geänderte Epidemiologie zu sein, weil sich in der heutigen Zeit viel häufiger als früher Patienten mit niedrigem Risiko vorstellen, sowie auch die Fortschritte in der medikamentösen Therapie. Zugleich gelingt dank der enormen technischen Entwick-



**Abb. 3** ◀ Schematische Darstellung der Bedeutung von Automatisierung und Quantifizierung für die CT(Computertomographie)-Angiographie. Die individuelle Therapieentscheidung basiert auf der entsprechend genauen quantitativen Abbildung des Koronarstatus



**Abb. 4** ▲ CT(Computertomographie)-Angiographie zur Planung eines transarteriellen Aortenklappenersatzes (TAVI). CT-angiographische Darstellung der Aortenannulusregion (a) zur Bestimmung von Prothesenmodell und -größe sowie der arteriellen Beckenzugangswege in „volume rendering technique“ (VRT, b) und monoplaner Rekonstruktion (c) zur Evaluation einer transarteriellen Durchführbarkeit der TAVI-Prozedur

lung der CT eine weitgehend automatisierte quantitative wie auch qualitativ deskriptive Visualisierung der koronaren Gefäßwand mit entsprechendem Einfluss auf die individuelle Therapieentscheidung. Klinische Studien legen nahe, dass bei Patienten mit chronischem Koronarsyndrom und niedrigem bis intermediärem Risiko selbst bei Ischämienachweis eine optimale medikamentöse Therapie gegenüber der Revaskularisation prognostisch nicht unterlegen ist. Andererseits scheinen Patienten mit Hochrisikoanatomie, analysiert mittels CT, von der Revaskularisation zu profitieren. In den Leitlinien hat dies zu einer

Klasse-I-Empfehlung für die koronare CT-Angiographie sowohl bei chronischem als auch akutem Koronarsyndrom mit niedrigem bis intermediärem Risiko geführt. Eine zunehmend bedeutendere Rolle nimmt die dreidimensionale CT-gestützte Darstellung bei strukturellen Herzerkrankungen ein, z. B. bei TAVI-Prozeduren, interventioneller Trikuspidalklappentherapie oder LAA-Okklusion. Für die Zukunft lässt sich prognostizieren, dass neben weiteren technischen CT-Entwicklungen der Trend zur Quantifizierung und automatisierten Messung verstetigt wird – mit prägender Beeinflussung des klinischen Alltags.

### Fazit für die Praxis

- Dank der enormen technischen Entwicklung der Computertomographie (CT) gelingt eine weitgehend automatisierte quantitative wie auch qualitativ deskriptive Visualisierung der koronaren Gefäßwand mit entsprechendem Einfluss auf die individuelle Therapieentscheidung.
- Bei Patienten mit chronischem Koronarsyndrom und niedrigem bis intermediärem Risiko ist selbst bei Ischämienachweis eine optimale medikamentöse Therapie gegenüber der Revaskularisation prognostisch

nicht unterlegen. Patienten mit Hochrisikoanatomie scheinen von der Revaskularisation zu profitieren. In den Leitlinien hat dies zu einer Klasse-I-Empfehlung für die koronare CT-Angiographie sowohl bei chronischem als auch akutem Koronarsyndrom mit niedrigem bis intermediärem Risiko geführt.

— Eine zunehmend bedeutendere Rolle nimmt die dreidimensionale CT-gestützte Darstellung bei strukturellen Herzerkrankungen ein.

## Korrespondenzadresse



**Prof. Dr. Axel Schmermund**  
 Cardioangiologisches  
 Centrum Bethanien, CCB  
 Im Prüfling 23, 60389 Frankfurt am Main, Deutschland  
 a.schmermund@ccb.de

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** A. Schmermund, P. Breitbart, J. Eckert, A. Magedanz, M. Schmidt und T. Voigtländer geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

## Literatur

1. Adamson PD, Williams MC, Dweck MR et al (2019) Guiding therapy by coronary CT angiography improves outcomes in patients with stable chest pain. *J Am Coll Cardiol* 74:2058–2074
2. Baine KR, Alemayehu W, Welsh RC, Kumar A, King SB 3rd, Kirtane AJ (2021) Long-term clinical outcomes following revascularization in high-risk coronary anatomy patients with stable ischemic heart disease. *J Am Heart Assoc* 10:e18104. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.018104>
3. Bavo AM, Wilkins BT, Garot P et al (2020) Validation of a computational model aiming to optimize preprocedural planning in percutaneous left atrial appendage closure. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 14:149–154
4. Collet JP, Thiele H, Barbato E et al (2020) 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Eur Heart J*. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa575>
5. Ferraro R, Latina JM, Alfaddagh A et al (2020) Evaluation and management of patients with stable angina: beyond the ischemia paradigm: JACC state-of-the-art review. *J Am Coll Cardiol* 76:2252–2266
6. Fortuni F, Hirasawa K, Marques AI et al (2021) Computed tomography-derived transesophageal echocardiographic views: Step forward for procedural planning of transcatheter tricuspid valve annuloplasty. *Circ Cardiovasc Imaging*. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.120.011107>
7. Hell MM, Emrich T, Kreidel F, Kreitner KF, Schoepf UJ, Münzel T, von Bardeleben RS (2020) Computed tomography imaging needs for novel transcatheter tricuspid valve repair and replacement therapies. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa308>
8. Hoffmann U, Ferencik M, Udelson JE et al (2017) Prognostic value of noninvasive cardiovascular testing in patients with stable chest pain: insights from the PROMISE trial (Prospective Multicenter Imaging Study for Evaluation of Chest Pain). *Circulation* 135:2320–2332
9. Juarez-Orozco LE, Saraste A, Capodanno D et al (2019) Impact of a decreasing pre-test probability on the performance of diagnostic tests for coronary artery disease. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 20:1198–1207
10. Knuuti J, Wijns W, Saraste A et al (2020) 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 41:407–477
11. Lee SE, Sung JM, Andreini D et al (2020) Differences in progression to obstructive lesions per high-risk plaque features and plaque volumes with CCTA. *JACC Cardiovasc Imaging* 13:1409–1417
12. Lin A, Dey D, Wong DTL, Nerlekar N (2019) Perivascular adipose tissue and coronary atherosclerosis: from biology to imaging phenotyping. *Curr Atheroscler Rep* 21(12):47–31741080. <https://doi.org/10.1007/s11883-019-0817-3>
13. Linde JJ, Kelbaek HH, Hansen TF et al (2020) Coronary CT angiography in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. *J Am Coll Cardiol* 75:453–463
14. Maron DJ, Hochman JS, Reynolds HR et al (2020) Initial invasive or conservative strategy for stable coronary disease. *N Engl J Med* 382:1395–1407
15. Oikonomou EK, Marwan M, Desai MY et al (2018) Non-invasive detection of coronary inflammation using computed tomography and prediction of residual cardiovascular risk (the CRISP CT study): a post-hoc analysis of prospective outcome data. *Lancet* 392(10151):929–939
16. Oikonomou EK, Williams MC, Kotanidis CP et al (2019) A novel machine learning-derived radiotranscriptomic signature of perivascular fat improves cardiac risk prediction using coronary CT angiography. *Eur Heart J* 40:3529–3543
17. Poon M, Lesser JR, Biga C et al (2020) Current evidence and recommendations for coronary CTA first in evaluation of stable coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 76:1358–1362
18. Weintraub WS, Hartigan PM, Mancini GBJ et al (2019) Effect of coronary anatomy and myocardial ischemia on long-term survival in patients with stable ischemic heart disease. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.118.005079>
19. Williams MC, Kwicinski J, Doris M et al (2020) Low-attenuation noncalcified plaque on coronary computed tomography angiography predicts myocardial infarction: results from the multicenter SCOT-HEART trial (Scottish Computed Tomography of the HEART). *Circulation* 141:1452–1462
20. Zoghbi WA, DiCarli MF, Blankstein R et al (2020) Multimodality cardiovascular imaging in the midst of the COVID-19 pandemic. Ramping up safely to a new normal. *JACC Cardiovasc Imaging* 13:1615–1626

## Für Autoren

### Möchten Sie einen Beitrag für *Der Kardiologe* einreichen?

Wir freuen uns, dass Sie unsere Zeitschrift mitgestalten möchten.



Für folgende Rubriken können Manuskripte eingereicht werden:

- Übersichten
- Originalien
- Wie lautet Ihre Diagnose?
- Praxiswissen EKG-Interpretation

Um Ihnen bei der Manuskripterstellung behilflich zu sein, haben wir für unsere Autoren ausführliche Autorenleitfäden und Musterbeiträge für die verschiedenen Rubriken zusammengestellt.

Diese und weitere Hinweise zur Manuskripterstellung finden Sie online unter dem Menüpunkt „Hinweise für Autoren“ unter [www.DerKardiologe.de](http://www.DerKardiologe.de).

Bitte reichen Sie Ihren fertigen Beitrag in elektronischer Form bei den zuständigen Schriftleitern ein.

Sollten Sie noch Fragen zur Manuskriptgestaltung haben, wenden Sie sich bitte an die Redaktion:

Felix Erwin  
[felix.erwin@springer.com](mailto:felix.erwin@springer.com)

Wir freuen uns auf Ihre Beiträge!  
 Ihre Redaktion von *Der Kardiologe*