

Journal für **Kardiologie**

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

**Intrakoronare Diagnostik:
Bildgebung und physiologisches
Assessment // Intracoronary
Diagnostic: Imaging and
physiological assessment**

Schober A, Toth GG

*Journal für Kardiologie - Austrian
Journal of Cardiology* 2020; 27
(6), 212-216

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,-

Veranstaltungskalender

Hybrid-Veranstaltungen der Herausgeber des **Journals für Kardiologie**

Finden Sie alle laufend aktualisierten Termine
auf einem Blick unter

www.kup.at/images/ads/kongress.pdf

Intrakoronare Diagnostik: Bildgebung und physiologisches Assessment

A. Schober¹, G. G. Toth²

Kurzfassung: Die Koronarangiographie als alleinbestehendes diagnostisches Tool führt häufig zu unzutreffenden Entscheidungen. Die Anwendung von intrakoronarer Bildgebung und/oder intrakoronarem physiologischem Assessment ist häufig erforderlich, um die Revaskularisation bzw. PTCA zu indizieren, diese zu optimieren und die klinischen Ergebnisse zu verbessern.

Der folgende Artikel soll einen Überblick über die meist verwendeten Verfahren bieten.

Intrakoronare Bildgebung: intravaskulärer Ultraschall und optische Kohärenztomographie; Koronarphysiologie: Fractional Flow Reserve.

Die rezent publizierten Konsensus-Dokumente und Empfehlungen der Europäischen

Gesellschaft für Kardiologie werden dabei erläutert.

Schlüsselwörter: intrakoronare Bildgebung, koronare Physiologie, funktionelle Koronarurteilung, FFR, IVUS, OCT

Abstract: Intracoronary Diagnostic: Imaging and physiological assessment. Coronary angiography as a stand-alone diagnostic tool often leads to incorrect decisions. The use of intracoronary imaging and/or intracoronary physiological assessment is often required to indicate and optimize revascularization or PCI

and improve clinical outcomes. The following article is intended to provide an overview of the most commonly used procedures.

Intracoronary imaging: intravascular ultrasound and optical coherence tomography; Coronary physiology: fractional flow reserve.

The recently published consensus documents and recommendations of the European Society of Cardiology are discussed. *J Kardiol* 2020; 27 (6): 212–6.

Key words: intracoronary imaging, coronary physiology, functional coronary assessment, FFR, IVUS, OCT

■ Limitationen der Goldstandard-Koronarangiographie

In der Koronarangiographie werden Arterien als zweidimensionales Abbild dargestellt und dadurch wird relevante Information von der ursprünglichen dreidimensionalen Struktur verloren. Weiterhin ist es klar, dass die Angiographie aufgrund ihrer Grundprinzipien als Luminographie keine Darstellung der anatomischen Gefäßwand liefern kann und sich daher auch nicht zur Beurteilung deren Atherosklerose eignet. Die Beurteilung der Angiographie basiert auf dem Vergleich des stenotischen Segments mit dem angrenzenden, scheinbar gesunden Gefäß, was aufgrund der diffusen Natur der Atherosklerose oft eine falsche Annahme ist [1]. Die angiographische Interpretation ist durch eine große Inter- und Intra-Observer-Variabilität manchmal fehlerhaft und verfehlt häufig den Schweregrad der Erkrankung und die wahren Gefäßdimensionen. Das führt zu dem potenziellen „in loco“-Fehler einer Koronarangiographie-basierten Beurteilung.

Außerdem erlaubt die Koronarangiographie nur die örtliche Evaluation der Schwere einer Engstelle ohne die systemische Auswirkung und Relevanz (z. B. Vitalität und Ausmaß des Versorgungsgebiets bzw. Narbe oder Kollateralen) erfassen zu können. Das führt zu dem potenziellen „Global“-Fehler einer Koronarangiographie-basierten Beurteilung.

Aufgrund dieser Limitationen ist die diagnostische Wertigkeit einer Koronarangiographie eingeschränkt und zeigt eine wesentliche Diskrepanz zwischen wirklicher Funktionalität und Morphologie einer Koronarstenose. Dementsprechend ist ein alleinstehender Koronarangiographiebefund oft nicht

ausreichend für das Treffen von Revaskularisierungsentscheidungen [2, 3].

■ Intrakoronare Bildgebung

Die intrakoronare Bildgebung hingegen ermöglicht durch das Eindringen von Ultraschall bzw. Licht in die Gefäßwand, eine Darstellung der tatsächlichen anatomischen und pathologischen Strukturen jenseits des Gefäßlumens und eine Verbesserung der Einschätzung der Erkrankung sowie eine Verbesserung der Interventionsergebnisse [4–9] mit einem Signal von potenziellen klinischen Vorteilen [10], das sich in randomisierten kontrollierten Studien allerdings erst beweisen lassen muss. Trotzdem wird die aktuelle Empfehlung der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie zur Anwendung der intrakoronaren Bildgebung bei selektionierten Patienten zur perkutanen transluminalen Koronarangioplastie (PTCA) schon jetzt mit IIa – Evidenzlevel B abgegeben [2].

Intrakoronarer Ultraschall (IVUS)

Die IVUS-Ausrüstung besteht aus einem Katheter mit einem miniaturisierten Transducer und einer Konsole zur Rekonstruktion und Darstellung. Die derzeit verwendeten Katheter haben eine Größe, die über konventionelle Führungskatheter ($\geq 5F$) in „Monorail“-Technik über einen Standard-Koronardraht („0,014“) eingeführt werden können. Nach Passieren der Läsion bzw. des Bereichs von Interesse erfolgt ein Rückzug mit Aufnahme des Gefäßabschnittes. Automatisierte Rückzugsvorrichtungen mit einer konstanten Geschwindigkeit ermöglichen die Berechnung von Abständen und Dimensionen.

Das fertige IVUS-Bild ist das Ergebnis von reflektierten Ultraschallwellen. Die Messung erfolgt in einem Querschnitts-„Panoramabild“ von 360°. Die Qualität von den gewonnenen Ultraschallbildern lässt sich durch die räumliche Auflösung und die Kontrastierung beschreiben. Bei ersterem beträgt die axiale Auflösung etwa 100–150 μm , während die laterale Auflösung bei einem herkömmlichen IVUS-System (frequenzabhängig bei 20–40 MHz) ca. 200–250 μm erreicht. Daher liegen

Eingelangt und angenommen am 8. April 2020

Aus der ¹Abteilung für Kardiologie und Karl Landsteiner Institut für kardiovaskuläre und intensivmedizinische Forschung, Krankenhaus Nord/Klinik Floridsdorf, Wien, und der ²Klinischen Abteilung für Kardiologie, Universitätsklinik für Innere Medizin, Universitäres Herzzentrum Graz, Medizinische Universität Graz

Korrespondenzadresse: PD Dr. Gabor G. Toth, Klinische Abteilung für Kardiologie, Universitätsklinik für Innere Medizin, Universitäres Herzzentrum Graz, A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 15; E-Mail: gabor.g.toth@medunigraz.at

alle Strukturen < 100 µm, wie z. B. eine dünne fibröse Kappe oder intimale Dissektionen, unter der Auflösung der Technologie. Die maximale Gewebedurchdringung des IVUS hingegen beträgt bis zu 10 mm, was auch bei großen Veränderungen die Messung des Plaquevolumens und die bessere Darstellung größerer Durchmesser (z. B.: Linker Hauptstamm [LM]) ermöglicht. Die Kontrastauflösung ist die Verteilung der Grauskala des reflektierten Signals und wird oft als dynamischer Bereich bezeichnet. Ein Bild mit geringem Dynamikbereich erscheint als Schwarzweißbild mit einigen Graustufen, während Bilder mit hohem Dynamikbereich weicher sind [11].

Optische Kohärenztomographie (OCT)

Die optische Kohärenztomographie (OCT) ist im Vergleich mit IVUS ein relativ neuartiges, invasives, bildgebendes Verfahren, das digitale, hochauflösende Bilder erzeugt. Ihr allgemeines Funktionsprinzip ähnelt physikalisch dem des IVUS, jedoch verwendet die OCT nicht Ultraschallwellen, sondern Infrarotlicht, das aufgrund der Wellenlänge eine deutlich höhere Auflösung, aber eine deutlich geringere Eindringtiefe in das untersuchte Gewebe bietet.

OCT-Katheter enthalten eine einzige optische Faser, die Licht ausstrahlt. Es wird Licht im Infrarotspektrum mit einer Wellenlänge zwischen 1250 und 1350 nm verwendet. Die axiale Auflösung des OCT beträgt 10–20 µm, 10-fach besser im Vergleich mit IVUS. Gemessen werden die Ablenkung, Reflexion und Absorption, bedingt durch die beobachteten Wandstrukturen letztendlich als Interferenz mit einem zweiten Lichtstrahl. Die Messung erfolgt in einem Querschnitt-„Panoramabild“ von 360°, während gleichzeitig ein automatischer Rückzug entlang der Koronararterie durchgeführt wird und so ein Scan des Segments erfolgt.

Die maximale Eindringtiefe ins Gewebe beträgt mit dem OCT derzeit ca. 3 mm, sodass einige Gefäßstrukturen, einschließlich der *Lamina elastica externa*, bei koexistierender großer atherosklerotischer Plaque mittels OCT nicht dargestellt werden können.

Da Erythrozyten die Ausbreitung von Licht behindern, ist es essentiell, das Blut während der OCT-Untersuchung aus dem Gefäßlumen zu verdrängen, um Artefakte zu vermeiden. Dieses Ergebnis wird durch Kontrastmittelspülung erreicht [12].

Das OCT-System besteht, vergleichbar mit dem IVUS, aus einem OCT-Katheter und einer Konsole. Die derzeit verwendeten Katheter können über einen konventionellen Führungskatheter (≥ 5F) in „Monorail“-Technik über einen Standard-Koronardraht („0,014“) eingeführt werden. Nach Passieren der Läsion bzw. des Bereichs von Interesse erfolgt ein automatisierter Rückzug mit Aufnahme des Gefäßabschnittes während kontinuierlicher Kontrastmittelfreisplüfung des Lumens.

Eine Übersicht über die technischen Unterschiede der beiden bildgebenden Verfahren bietet Tabelle 1.

Indikationen zur intrakoronaren Bildgebung

Obwohl harte Outcome-Daten großteils noch fehlen, empfehlen das rezente Expertenkonsensuspapier und die Leitlinien

Tabelle 1: Übersicht der bildgebenden intravaskulären Verfahren. Mod. nach [1].

	IVUS	OCT
Technische Merkmale		
Eindringtiefe	4–8 mm	1–3 mm
Auflösung	100–200 µm	10–20 µm
Gewebedarstellung		
Plaquekappe	–	+
Kalzifizierung	+	+
Lipidreicher Kern	–	+
Integrität der Intima	±	+
Stentdarstellung		
Neoatherosklerose	–	+
Malapposition	±	+
Strutabdeckung	–	+
Stentexpansion	+	+
Vorteile		
	– Deutlich größere Eindringtiefe	– Höhere Auflösung
	– Bildgebung ohne Vordilatation und Kontrastfüllung möglich	– Bessere Gewebeklassifikation
		– Bessere Thrombusdetektion
Nachteile		
	– Thrombuseerfassung ist oft schwierig	– Mehr Kontrastmittel notwendig durch Flushen zur Blutspülung
	– Stent-Gewebe-Interaktion ist nicht darstellbar (Beschattung und Auflösung)	– Niedrigere Eindringtiefe in das Gewebe
	– Stent-Gewebe-Interaktion ist nicht darstellbar (Beschattung und Auflösung)	

zur myokardialen Revaskularisation die Anwendung von intrakoronaren Bildgebung für die folgenden Fragestellungen [1, 2, 13].

Plaque-Komposition

Der Nachweis von Kalzifizierungen im Plaque macht das Abschätzen des PTCA-Aufwandes besser möglich. Allerdings ist noch unklar, ob diese bessere Einschätzung zu einem verbesserten klinischen Endergebnis führt. Mittels OCT lassen sich auch charakteristische pathologische Veränderungen der Gefäßwand darstellen, die als „instabile Plaques“ subsumiert werden. Hierzu zählen das „thin-cap fibroatheroma“ (TCFA), die Plaqueerosion, „calcified noduli“ und die Plaquerruptur. Neben der Darstellung solcher Hochrisiko-Läsionen ermöglicht die OCT-Bildgebung bei ACS-Patienten sowohl die Identifikation als auch den Ausschluss von möglichen „culprit-lesions“ und dementsprechend kann die Intervention damit geführt werden [1, 13].

Stentdimensionierung: Durchmesser und Länge

Für die Auswahl des Stentdurchmessers wurden mehrere mögliche Ansätze vorgeschlagen. Konservativere Ansätze sprechen sich für eine Bemessung auf Grundlage der kleinsten Referenzlumenabmessungen aus. Größere Stentdurchmesser würden unter Berücksichtigung der mittleren (Durchschnitt der proximalen und distalen) Referenzlumenabmessungen gewählt. Noch aggressivere Ansätze basieren auf einem Media-zu-Media-Ansatz an der Stelle des minimalen

Lumendurchmessers. Diese Dimensionen sind mit intrakoronarer Bildgebung mit 10–100 µm (OCT vs. IVUS) Genauigkeit bestimmt worden.

Die Bedeutung der richtigen Auswahl der Stentlänge wird dadurch klar, dass eine unvollständige Läsionsdeckung einer der wichtigsten Prädiktoren für das Stentversagen ist. Wichtig ist hierbei auch die Vermeidung der „Landezone“ innerhalb eines Bereiches mit einer Plaquebelastung von > 50 % und/oder in einem besonders lipidreichen Plaque. Die Ko-Registrierung von intrakoronarer Bildgebung und Angiographie ist ein wichtiges Instrument, um die Auswahl der Stentlänge und die präzise Implantation zu erleichtern. Diese Technik steht für die klinische Praxis bereits zur Verfügung und vereinfacht die bildgebungsgesteuerte Stentimplantation.

PTCA-Optimierung

Stentunterexpansion ist ein weiterer wichtiger Prädiktor für das Versagen von Stents. Die Stentexpansion beschreibt die minimale Stent-Querschnittsfläche entweder als absolutes Maß oder im Vergleich zur vordefinierten Referenzfläche. Eine größere absolute Stentexpansion ist mit einer besseren langfristigen Stentdurchgängigkeit, besseren klinischen Ergebnissen und einem geringeren Risiko eines Stentversagens in Verbindung gebracht. IVUS-basierte Studien haben relativ gezeigt, dass eine absolute Stent-Querschnittsfläche von 5,5 mm² (bei nicht LM-Läsionen der linken Koronararterie) nachfolgende Ereignisse am besten unterscheidet. Für LM-Läsionen sind die Cut-off-Werte deutlich höher (z. B. > 7 mm² für distale LM und > 8 mm² für proximale LM-Läsionen durch IVUS). In der klinischen Praxis ist eher das Erreichen eines minimalen Lumens, > 80–90 %, der durchschnittlichen (proximalen und distalen) Referenzfläche empfohlen, was sich auch in Studien durch niedrige Eventraten bewährt hat.

Im Gegensatz zur Unterexpansion bezieht sich die mangelnde Apposition auf den fehlenden Kontakt der Stent-„Struts“ mit der Gefäßwand. Diese Malapposition und die o. g. Unterexpansion können gleichzeitig bestehen oder unabhängig voneinander auftreten. Die mangelnde Apposition kann entweder in der akuten, postprozeduralen Phase auftreten oder sich später entwickeln, möglicherweise auch als Folge eines zugrundeliegenden vaskulären Prozesses, Entzündung und eines positiven Remodellings der Gefäßwand. Die OCT kann die Apposition deutlich besser darstellen als IVUS. Während die Stent-Unterexpansion ein wichtiger Prädiktor für eine frühe Stent-Thrombose oder Restenose ist, gibt es keine bewiesene Verbindung zwischen diesen und einer Malapposition. Allerdings haben Studien mit Stents, die eine Thrombose aufweisen, die Malapposition als eine häufige zugrunde liegende Problematik identifiziert und eine höhere Inzidenz und ein höheres Ausmaß der Malapposition in Stentsegmenten mit vs. ohne Thrombus gezeigt. In Übereinstimmung mit diesen Beobachtungen wurde die Malapposition auch in In-vitro-Studien mit einer erhöhten Thrombogenität assoziiert. In seriellen OCT-Studien wurde beobachtet, dass die Struts mit einem Abstand < 0,35 mm zur Intima bei der Kontrolle eine vollständige neointimale Integration erfahren. Die Ergebnisse der In-vitro-Versuche und die Trends großer Stent-Thrombose-Register führen zur Empfehlung, signifikante (> 0,4 mm) Malapposition zu vermeiden und, wenn technisch machbar, zu korrigieren.

Dissektion

Große Randdissektionen durch IVUS wurden als Korrelate einer frühen Stentthrombose berichtet und diese Dissektionen waren häufig durch ihre Tiefe (zumindest die Media durchbrechend), ihre laterale Ausdehnung (> 60°) sowie ihre Länge (> 2 mm) charakterisiert. Aufgrund der höheren Auflösung der Untersuchung ist die Inzidenz von Dissektionen in OCT-basierten Studien deutlich höher. In Übereinstimmung mit den IVUS-Studien werden Stentkantendissektionen als einer der OCT-definierten Prädiktoren für eine frühe Stent-Thrombose betrachtet. Subtile Anomalien (d. h. geringfügige Randdissektionen) werden jedoch nicht berücksichtigt, da sie wahrscheinlich nicht klinisch signifikant sind und keine Korrektur erfordern. Der Nachweis intra- und extramuraler Hämatome durch IVUS oder OCT kann ebenfalls relevant sein, da diese Befunde in der Regel als verbleibende Randstenose in der luminalen Angiographie erscheinen und daher fehldiagnostiziert werden können.

Stentversagen

Die bildgebende Analyse von Instant-Restenosen und Stent-Thrombosen mittels intrakoronarer Bildgebung ist für das Verständnis der Mechanismen, die dazu geführt haben, wichtig und wird unbedingt empfohlen. Obwohl prospektive Outcome-Daten dazu noch fehlen, erscheinen individualisierte Behandlungsstrategien, die auf den genauen Mechanismen basieren, sinnvoll. Die OCT ist aufgrund der detailreicheren Darstellung die bevorzugte Technik zur Untersuchung von Stents mit Versagen. Die korrigierbaren Ergebnisse, die zum Stentversagen führen können, sind: Malapposition, Restenose, Restenose besonders bei den „Landing Zones“, mechanische Belastung an der Stentkante, Dissektionen und Stentunterexpansion.

■ Intrakoronare physiologische Evaluierung

Das Ziel der Revaskularisation ist die Verbesserung der Blutversorgung des Myokards und die Minimierung von Myokardischämie. Dementsprechend ist ein klinischer Vorteil nur dann zu erwarten, wenn die Revaskularisation wirklich an die Engstellen gezielt wurde, die den Blutfluss signifikant limitieren. Non-invasive funktionelle Untersuchungen sind oft fehlend oder nicht eindeutig, besonders bei Patienten mit Mehrgefäßerkrankung, bei Patienten mit akutem Koronarsyndrom und begleitenden „non-culprit lesions“ oder bei Patienten, die mit nicht-funktioneller non-invasiver Untersuchung (z. B. Koronar-CT) für eine Herzkatheteruntersuchung zugewiesen sind.

Invasives funktionelles Assessment der koronaren Herzkrankheit ermöglicht die „lesion-level“-Beurteilung der Funktionalität der Koronarsklerose und dementsprechend eine Hilfe für eine richtige Ischämie-gezielte Intervention. Die generelle Empfehlung der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie zur Anwendung einer invasiven funktionellen Untersuchung zum PTCA-Guidance ist mit I – Evidenzlevel A abgegeben [2].

Fractional Flow reserve (FFR)

Die Fractional Flow Reserve (FFR) ist ein spezifischer Index, entwickelt für epikardiale Arterien, und basiert ausschließlich auf Druckmessungen. Sie wird anhand des Verhältnisses des

maximalen hyperämischen distalen Koronardrucks zum zentralen Aortendruck berechnet. Aus dem Vorhergehenden ist ersichtlich, dass eine streng normale FFR gleich 1,00 ist. Es wurde gezeigt, dass ein FFR-Wert $< 0,80$ eine Stenose kennzeichnet, die eine Myokardischämie induzieren kann [3, 14, 15].

Die maximale Vasodilatation der epikardialen Koronararterie und des Mikrogefäßsystems (durch intrakoronare Nitrate) ist zwingend erforderlich, um aussagekräftige FFR-Werte zu erhalten. Die am häufigsten angewandte Methode zur Erzielung einer maximalen Hyperämie ist dann der intrakoronare Bolus von Adenosin. Die Dosierung beträgt dabei 200 µg in der linken Koronararterie und 160 µg in der rechten Koronararterie. Die maximale Hyperämie wird innerhalb weniger Sekunden erreicht und dauert insgesamt 10–20 Sekunden. In seltenen Fällen kann ein AV-Block zweiten oder dritten Grades auftreten, der meist nicht länger als 3–6 Sekunden dauert. Die Verabreichung von Adenosin kann bei einigen Patienten von einem Beklemmungsgefühl oder Atemnot begleitet sein.

Es wurde gezeigt, dass das klinische Ergebnis nach Anwendung einer FFR-gesteuerten Revaskularisierungsstrategie unabhängig vom angiographischen Erscheinungsbild hervorragend ist [3, 14, 15]. Dementsprechend rechtfertigt die Messung eines nicht signifikanten FFR-Werts (d. h. $> 0,80$) bei Patienten mit stabiler Koronararterienkrankung eine Aufschub-Strategie, selbst bei angiographisch wirksam anmutender Stenose. Voraussetzung dafür ist natürlich eine technisch einwandfreie Messung. Im Gegensatz dazu zeigt ein signifikanter FFR-Wert (d. h. $\leq 0,80$) eine Indikation zur Revaskularisierung an, selbst wenn die Stenose angiographisch weniger ausgeprägt scheint. Auch wenn die Diskrepanz zwischen funktionaler Relevanz und angiographischem Erscheinungsbild von Zeit zu Zeit überraschend sein kann, sind konsistente klinische Entscheidungen von größter Bedeutung.

Non-hyperämische Indices

Es gibt verschiedene non-hyperämische Indices (aktuell: „Instantaneous Wave Free Ratio“, „Resting Pd/Pa“, „Resting Full-cycle Ratio“, „Diastolic Pressure Ratio“), für die man keine Hyperämie induzieren muss. Diese Indices sind während unterschiedlicher Phasen des Herzzyklus als Verhältnisse des distalen Koronardrucks zum zentralen Aortendruck berechnet. Die verschiedenen Methoden zeigen eine durchaus gute Korrelation mit FFR und die diagnostische Genauigkeit liegt für jede bei ca. 85 % [16–18].

Literatur:

1. Räber L, Mintz GS, Koskinas KC, et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *Eur Heart J* 2018; 39: 3281–3300.
2. Wijns W, Kolh P, Danchin N, et al; Developed with the special contribution of the European Association for Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). Guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J* 2010; 31: 2501–55.
3. Tonino PAL, De Bruyne B, Pijls NHJ, et al, FAME Study Investigators. Fractional

- flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N Engl J Med* 2009; 360: 213–24.
4. Mintz GS, Guagliumi G. Intravascular imaging in coronary artery disease. *Lancet* 2017; 390: 793–809.
5. Koskinas KC, Ughi GJ, Windecker S, Tearney GJ, Räber L. Intracoronary imaging of coronary atherosclerosis: validation for diagnosis, prognosis and treatment. *Eur Heart J* 2016; 37: 524–35.
6. Witzensbichler B, Maehara A, Weisz G, et al. Relationship between intravascular ultrasound guidance and clinical outcomes after drug-eluting stents: the assessment of dual antiplatelet therapy with drug-eluting stents (ADAPT-DES) study. *Circulation* 2014; 129: 463–70.

Diese Indices haben natürlich den praktischen Vorteil, dass man keine Hyperämie induzieren muss und dementsprechend die prozeduralen Beschwerden von Patienten auch milder sind.

Von allen non-hyperämischen Indices ist „Instantaneous Wave Free Ratio“ am meist untersucht und von den robustesten klinischen Daten unterstützt. Hier ist der Cut-off-Wert von 0,89 anzuwenden.

Bei grenzwertiger oder unklarer Messung ist die Induktion von Hyperämie und die genaue Bestimmung der FFR sicher eine hilfreiche Ergänzung.

Ausrüstung

Die Voraussetzung für eine intravaskuläre, funktionelle Evaluation ist die genaue Messung des distalen koronaren Drucks. Verschiedene Führungsdrähte sind verfügbar, die mit einem Drucksensor genau an der Verbindungsstelle zwischen dem strahlendurchlässigen und dem röntgendichten Teil des Drahts ausgerüstet sind. Das Drucksignal wird primär entweder elektrisch oder faseroptisch weitergeleitet und wird dann entweder drahtlos an die Schnittstelle oder direkt an das herkömmliche physiologische Überwachungssystem des Katheterlabors übertragen. Die Drähte sind wie ein Standard-Koronardraht dimensioniert („0,014“) und dementsprechend sind sie geeignet, auch direkt als normaler Führungsdraht zu funktionieren, falls die Messung eine PTCA indiziert.

Konklusion

Koronarangiographie als alleinstehendes diagnostisches Tool ist erstaunlich unsicher und führt oft sowohl morphologisch als auch funktionell zu unzutreffenden Entscheidungen. Deshalb ist die Anwendung von intrakoronarer Bildgebung und/oder intrakoronarem physiologischem Assessment häufig erforderlich, um die Revaskularisierung bzw. PTCA zu indizieren, diese zu optimieren und die klinischen Ergebnisse zu verbessern.

Interessenkonflikt

AS: Educational Grant Fa. Abbott
GT: Keiner.

- Patients. *JACC Cardiovascular Interventions* 2017; 10: 2488–98.
10. Kinnaird T, Johnson T, Anderson R, et al. Intravascular imaging and 12-month mortality after unprotected left main stem PCI: An analysis from the British Cardiovascular Intervention Society Database. *JACC Cardiovascular Interventions* 2020; 13: 346–57.
11. García-García HM, Alfonso F. Intravascular Ultrasound. In: *The PCR Textbook*. 2nd ed., 2019. <https://www.pcronline.com/eurointervention/textbook>.
12. Regar E, Prati F. Optical Coherence Tomography. In: *The PCR Textbook*. 2nd ed., 2019. <https://www.pcronline.com/eurointervention/textbook>

13. Johnson TW, Räber L, Di Mario C, et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 2: acute coronary syndromes, ambiguous coronary angiography findings, and guiding interventional decision-making: an expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *Eur Heart J* 2019; 40: 2566–84.
14. De Bruyne B, Pijls NHJ, Kalesan B, et al. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease. *N Engl J Med* 2012; 367: 991–1001.
15. Xaplanteris P, Fournier S, Pijls NHJ, et al; FAME 2 Investigators. Five-year outcomes with PCI guided by fractional flow reserve. *N Engl J Med* 2018; 379: 250–9.
16. Berry C, van't Veer M, Witt N, et al. VERIFY (VERification of Instantaneous Wave-Free Ratio and Fractional Flow Reserve for the Assessment of Coronary Artery Stenosis Severity in Everyday Practice). *J Am Coll Cardiol* 2013; 61: 1421–7.
17. Davies JE, Sen S, Dehbi HM, et al. Use of the instantaneous wave-free ratio or fractional flow reserve in PCI. *N Engl J Med* 2017; 376: 1824–34.
18. Jeremias A, Maehara A, Génèreux P, et al. Multicenter core laboratory comparison of the instantaneous wave-free ratio and resting Pd/Pa with fractional flow reserve. *J Am Coll Cardiol* 2014; 63: 1253–61.

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