

Herz 2016 · 41:376–383  
 DOI 10.1007/s00059-016-4450-4  
 Online publiziert: 22. Juni 2016  
 © Der/die Autor(en) 2016. Dieser Artikel ist  
 eine Open-Access-Publikation.



D. Heber · M. Hacker

Klinische Abteilung für Nuklearmedizin, Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin, Wien, Österreich

# Ischämiebelastung versus Koronarmorphologie

## Was ist entscheidend für die Indikation zur Revaskularisation?

### Einleitung

Die Atherosklerose ist eine systemische, meist progressive Erkrankung, die mit der Akkumulation von Lipiden in den Wänden großer Gefäße einhergeht. In der Frühphase der Erkrankung kommt es zu subendothelialen Ansammlungen sogenannter Schaumzellen. Diese Läsionen sind bereits in der ersten Lebensdekade nachweisbar. In diesem Stadium ist die Atherosklerose klinisch stumm. Jedoch schreitet der chronisch inflammatorische Prozess, der auch mit einem gestörten laminaren Fluss assoziiert ist, meist voran. Mit zunehmender Krankheitsprogression kommt es zur Plaquebildung, die Kalzifizierungen, Ulzerationen und Hämorrhagien aufweisen kann [1]. Die Endstrecke repräsentiert aber nicht nur die Einengung des Gefäßlumens, sondern auch die Ruptur einer vulnerablen Plaque, die sich klinisch beispielsweise als Myokardinfarkt manifestieren kann. Global betrachtet ist die koronare Herzkrankung (KHK) nicht nur eine der häufigsten Todesursachen sondern auch eine große ökonomische Bürde für das Gesundheitssystem, allein in den Vereinigten Staaten von Amerika werden jährlich etwa 1.000.000 Herzkatheter durchgeführt [2].

### Ischämie vs. Anatomie

Jahrzehntlang wurde auf Basis der anatomisch-morphologischen Koronarverhältnisse das weitere Vorgehen bei Patienten mit stabiler koronarer Herzkrankung geplant. Auch die nichtinvasive

funktionelle Diagnostik des Myokards wurde auf die Detektion epikardialer Koronarstenosen ausgelegt, obwohl diese Verfahren definitionsgemäß nur solche Koronarstenosen erkennen (können), die auch hämodynamisch/funktionell relevant sind. Dies führte in publizierten Studien zu einer hohen Streubreite der Gütekriterien Sensitivität und Spezifität, da diese in besonderem Maße von der Selektion der in die Studie eingeschlossenen Patienten beeinflusst wurden. So werden für die Myokardszintigraphie (SPECT) Sensitivitäten und Spezifitäten von 61–69 % und 76–84 % [3, 4], für die Positronen-Emissionstomographie (PET) von 76–83 % und 89 % [3, 4], für die Magnetresonanztomographie von 37–87 % und 91–100 % [3, 4] sowie für die Stressechokardiographie von 39–83 % und 77–93 % [4, 5] angegeben.

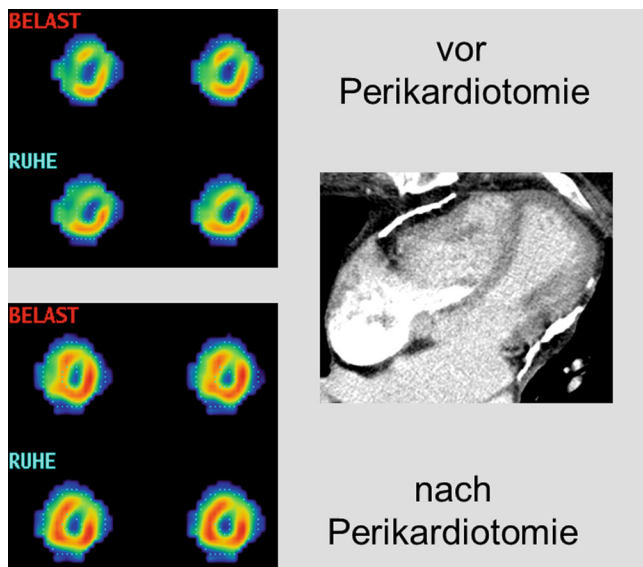
In den letzten Jahren hat sich das Verständnis darüber verbreitet, dass Anatomie und Pathomorphologie der Koronararterien nur bedingt mit hämodynamischen oder funktionellen Auswirkungen auf das Myokard korrelieren und zudem die Unterscheidung der anatomisch-morphologischen Komponente von der funktionellen Relevanz für die Risikostratifizierung von Patienten von essentieller Bedeutung ist. So kann die Ausprägung der koronaren Herzkrankung auf Grund anatomischer Kriterien beschrieben werden, z. B. als Diagnose der koronaren 1-Gefäß-, 2-Gefäß- oder 3-Gefäßerkrankung. Andererseits ließe sich die Ausprägung der KHK auch in Hinblick auf eine flusslimitierende Wirkung der Stenosen beschreiben oder

durch das Ausmaß der Ischämiebelastung, da Stenosen, die in der Koronarangiographie morphologisch ähnlich erscheinen, eine unterschiedliche funktionelle Wirksamkeit haben können. Es können geringgradige Stenosen funktionell relevant sein und hochgradige Stenosen keine myokardialen Perfusionsdefekte hervorrufen (Abb. 1 und 2).

Ursache für die oft divergierenden Einschätzungen basierend auf morphologischen gegenüber funktionellen Kriterien sind beispielsweise Faktoren wie das versorgte Perfusionsterritorium oder das Vorhandensein von Kollateralen.

Der Zusammenhang zwischen Perfusionsminderungen, ermittelt in der Myokardszintigraphie, und der anatomischen Lokalisation eines nachfolgenden Myokardinfarktes wurde bereits untersucht. Galvin et al. konnten zeigen, dass in etwa 79 % der Fälle der nachfolgende Myokardinfarkt innerhalb von 2 Jahren im zugehörigen Stromgebiet stattfand. Die Autoren leiteten daraus die Relevanz der hämodynamischen Wirksamkeit einer Koronarstenose in der Pathogenese eines Myokardinfarktes ab [6].

In unterschiedlichen Studien konnte zudem gezeigt werden, dass im Vergleich der CT-Angiographie mit SPECT oder PET als Referenzstandard zur Determinierung der hämodynamischen Relevanz einer Stenose, die CT-Angiographie einen geringen positiv prädiktiven Wert aufweist [7, 8]. Demgegenüber konnte – bei Verwendung der Morphologie als Goldstandard – die Magnetresonanztomographie den Stenosegrad besser vorhersagen als die SPECT [9]. Ähnliche Re-



**Abb. 1** ▲ „Falsch positive“ Myokardszintigraphie im Hinblick auf die Detektion von Koronarstenosen. 46-jähriger Mann mit anamnestischer Synkope. Die Myokard-Perfusionsszintigraphie (Bild links oben und rechts oben) zeigt ausgedehnte persistierende und partiell reversible Perfusionsdefekte anterolateral und inferoseptal mit massiver Deformation des linken Ventrikels. Aufgrund des hoch pathologischen Befunds wurde der Patient mittels Koronarangiographie weiter abgeklärt. Hier zeigte sich ein unauffälliger Koronarstatus ohne Hinweis auf Koronarstenosen. Zur weiteren Klärung wurde eine CT Thorax (Bild Mitte) durchgeführt, die die Diagnose einer konstriktiven Perikarditis erbrachte. Nach operativer Fensterung zeigen sich eine deutlich verbesserte Perfusion und eine Verringerung der Ventrikeldeformation in der Myokardszintigraphie

sultate liegen auch im Vergleich zwischen CT-Angiographie und SPECT gegenüber der Koronarangiographie vor [10].

In einer rezenten Studie wurde bei 30 % der Patienten trotz vorliegender SPECT-Perfusionsminderung keine erhöhte Kalziumlast als Surrogat für eine fortgeschrittene Atherosklerose festgestellt [11]. Sato et al. zeigten in ihrer Studie, dass jeder 20. Patient mit einem Stenosegrad von < 60 % reversible Perfusionsdefekte aufwies [12]. In einer weiteren Studie wurde das Auftreten von Perfusionsdefekten in der 82-Rubidium PET mit der in der CT gemessenen koronaren Kalziumlast bei Patienten mit intermediärem Risiko verglichen. Hier zeigte sich, dass in 16 % der Fälle eine Ischämie vorlag obwohl keine signifikante Kalziumlast nachweisbar war. So errechneten die Autoren für den Kalziumscore einen negativ prädiktiven Wert von lediglich 84 % [13] zum Ausschluss von myokardialen Perfusionsdefekten. Diese Ergebnisse zeigen, dass zwar ein genereller Trend zur positiven Korrelati-

on zwischen Kalziumlast und Ischämie besteht, jedoch ist es nicht möglich, aufgrund der fehlenden Kalziumlast, aufgrund der fehlenden Kalziumlast eine flusslimitierende Stenose bzw. das Vorhandensein von myokardialen Perfusionsdefekten auszuschließen.

Generell sollte aber bei der Betrachtung dieser Ergebnisse berücksichtigt werden, dass meist die anatomische Bildgebung als Goldstandard zur Validierung einer funktionellen Bildgebungsmethode herangezogen wurde. Dies ist insbesondere wichtig vor dem Hintergrund, dass es auch bei normalen morphologischen Herzkatheterbefunden zu Perfusionsminderungen kommen kann, die von prognostischer Relevanz sind ([14, 15]; **■ Abb. 1**).

So wurde bei Patienten mit normaler Perfusion die diagnostische Wertigkeit der koronaren Flussreserve mit jener der Kalziumlast verglichen. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die koronare Flussreserve bei symptomatischen Patienten trotz unauffälliger Perfusionsergebnisse einen inkrementellen prognos-

tischen Wert lieferte, das Kalziumscoring jedoch nicht [16]. Sie führen weiter aus, dass die koronare Flussreserve über alle Bereiche der Kalziumlast jene Patienten mit einer höheren Major Adverse Cardiac Event (MACE)-Rate identifizieren konnte.

Ein möglicher Grund für solche diskrepanten Befunde zwischen morphologischer und funktionsorientierter Diagnostik kann in einer Störung der Mikro-zirkulation sowie in einer vorhandenen endothelialen Dysfunktion liegen, die nicht mit einer relevanten Stenosierung einhergehen müssen und sich damit der morphologischen Diagnostik entziehen können [17–19]. Bei verschiedenen Erkrankungen, die kleine Gefäße involvieren, können trotz unauffälliger epikardialer Verhältnisse Perfusionsminderungen auftreten. Hierzu zählen Diabetes mellitus, Systemischer Lupus erythematoses oder Morbus Behcet [19].

Bereits 1994 konnten Uren et al. zeigen, dass es bei Patienten nach Myokardinfarkt zu einer Beeinträchtigung der Vasodilatation kommt, die nicht nur im infarzierten Areal sondern auch in den nicht betroffenen Anteilen mittels PET nachweisbar war [20].

Aus diesem Spannungsfeld ergibt sich die Fragestellung, welcher der beiden Parameter, Ischämiebelastung oder Koronarmorphologie, als Basis zur Indikationsstellung einer Revaskularisation bedeutsamer ist.

### Die Rolle der Ischämiebelastung in der individuellen Risikostratifizierung

Die invasive Koronarangiographie repräsentiert den Goldstandard zur morphologischen Abklärung einer KHK. Jedoch ist die prognostische Wertigkeit nicht optimal: In einem signifikanten Prozentsatz der Patienten, die einen Myokardinfarkt erleiden, liegt keine „signifikante“ Koronarstenose > 50 % [21] vor.

Aus diesem Grund ist in den letzten Jahren der funktionelle Aspekt einer Stenose immer mehr in den Fokus gerückt. Die fraktionelle Flussreserve (FFR) repräsentiert das Ausmaß, in welchem der maximale Blutfluss durch das Vorliegen der epikardialen Stenose eingeschränkt

wird. Die FFR ist mittlerweile sehr gut validiert und hat eine Klasse I A-Empfehlung in den Leitlinien zur myokardialen Revaskularisation bekommen (■ Tab. 1; [22]).

Verfahren der funktionellen myokardialen Bildgebung bieten zudem die Möglichkeit zur nichtinvasiven Bestimmung der Ischämiebelastung. Damit kommt diesen ebenfalls eine wichtige Rolle in der Selektion jener Patienten zu, die am ehesten von einer Revaskularisation profitieren. Die bildgebenden Verfahren zur indirekten oder direkten Ischämiediagnostik umfassen die Stressechokardiographie, die Magnetresonanztomographie (MRT), die Myokardszintigraphie (SPECT; ■ Tab. 2) sowie die Positronen-Emissionstomographie.

Die Stressechokardiographie repräsentiert eine etablierte Methode zur Evaluation von KHK-Patienten. In einer prospektiven multizentrischen Studie konnte unter Verwendung der Stressechokardiographie bei 377 Patienten mit akutem Thoraxschmerz, negativem oder nichtdiagnostischem EKG und seriell negativem Troponin T gezeigt werden, dass in den folgenden 6 Monaten die Inzidenz von kardialen Ereignissen bei negativem Befund bei nur 4 % lag und im Falle eines positiven Befundes bei 30,8 %.

Die kardiale Magnetresonanztomographie liefert sowohl strukturelle als auch funktionelle Informationen. So können die regionale myokardiale Wandbewegung, die Ruhe- und Stressperfusion sowie das Vorliegen eines myokardialen Ödems untersucht werden. Delayed Enhancement und T2-gewichtete Sequenzen können zwischen akutem und chronischem Myokardinfarkt differenzieren. Als Limitation der MRT sind Einschränkungen bei Patienten mit Klaustrophobie sowie ferromagnetischen Implantaten zu nennen.

Die Myokard-Perfusionsszintigraphie (MPS) repräsentiert ein anerkanntes Verfahren in der Diagnostik der KHK. Die prognostische Vorhersagekraft der Methode ist bei einer mittleren Vor-testwahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer KHK am größten. Es konnte gezeigt werden, dass ein unauffälliger Befund in einer Myokardperfusionsszintigra-

Herz 2016 · 41:376–383 DOI 10.1007/s00059-016-4450-4

© Der/die Autor(en) 2016. Dieser Artikel ist eine Open-Access-Publikation.

D. Heber · M. Hacker

## Ischämiebelastung versus Koronarmorphologie. Was ist entscheidend für die Indikation zur Revaskularisation?

### Zusammenfassung

Die koronare Herzerkrankung ist in der westlichen Welt weiterhin die häufigste Todesursache, wenn auch die Mortalitätsraten im letzten Jahrzehnt verringert werden konnten. Die invasive Koronarangiographie stellt den Goldstandard in der morphologisch orientierten Diagnostik der koronaren Herzerkrankung dar, allerdings nimmt in den letzten Jahren die funktionelle Diagnostik, die auf die Darstellung der physiologischen Relevanz von Koronarveränderungen fokussiert, an Bedeutung zu. Neben verschiedenen bildgebenden Verfahren wird hier insbesondere auch die Berechnung der fraktionellen Flussreserve (FFR) im Rahmen der Koronarangiographie in den aktuellen Leitlinien zur Myokardrevaskularisation empfohlen.

An bildgebenden Verfahren zur direkten oder indirekten Ischämiediagnostik stehen Stressechokardiographie, Magnetresonanztomographie (MRT) sowie Myokardszintigraphie (SPECT) und Positronen-Emissions-Tomographie (PET) zur Verfügung. Diese leisten bereits jetzt einen wesentlichen Beitrag zur Therapieselektion und individuellen Risikostratifizierung von Patienten mit vermuteter oder bekannter koronarer Herzerkrankung (KHK). In Zukunft könnten es hier neue Verfahren der Hybridbildgebung ermöglichen, in einem Untersuchungsgang funktionelle und anatomische Aspekte der KHK zu erfassen.

Die Rolle der Ischämiediagnostik wird mit der Darstellung der Koronar Anatomie im Hinblick auf KHK-Diagnostik sowie Risiko- und Therapiestratifizierung verglichen.

### Schlüsselwörter

Koronare Herzerkrankung · Hybridbildgebung · Ischämiediagnostik · Positronen-Emissionstomographie · Risikostratifizierung

## Ischemic burden vs. coronary artery morphology. What is crucial for the indication of revascularization?

### Abstract

Ischemic heart disease still represents the leading cause of death in the western world despite a decrease of mortality in the last decade. For the diagnostics of coronary artery morphology, invasive coronary angiography represents the gold standard. Nevertheless, in recent years the importance of functional diagnostics of the coronary arteries has increased and various imaging procedures for the measurement of fractional flow reserve (FFR) during coronary angiography were established and recommended for ischemia testing in the actual guidelines on myocardial revascularization.

Imaging modalities for diagnostics of the functional relevance of coronary artery disease include stress echocardiography, magnetic resonance imaging (MRI), single photon emission computed tomography

(SPECT), and positron emission tomography (PET). These procedures enable advanced risk stratification and therapy guiding in patients with suspected or known coronary artery disease. In future algorithms, hybrid imaging may facilitate the determination of anatomical and functional aspects after only one investigation.

In the present article, the role of ischemia testing is compared with morphological methods for the diagnosis of coronary artery disease, individual risk stratification, and therapy guiding.

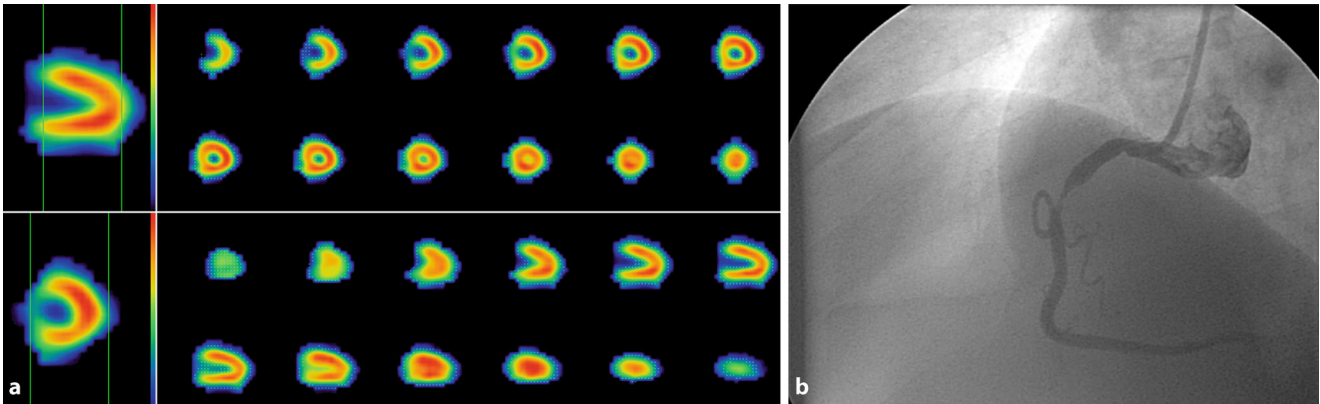
### Keywords

Coronary artery disease · Hybrid imaging · Ischemia diagnostic · Positron emission tomography · Risk stratification

phie mit einer sehr günstigen Prognose einhergeht. Die jährliche Ereignisrate liegt in diesem Fall im Bereich von etwa 0,6 % [23]. Im Falle eines abnormalen Befunds steigt die Ereignisrate um das 3- bis 7-Fache und hängt von Ausmaß und Schweregrad der Perfusionsdefekte, vom

Vorliegen reversibler oder nicht reversibler Defekte sowie vom individuellen Risikoprofil des Patienten ab.

Die Positronen-Emissionstomographie ermöglicht die Messung von myokardialer Hypoperfusion sowie Funktion unter Stress- und Ruhebedingungen.



**Abb. 2** ▲ „Falsch negative“ Myokardszintigraphie im Hinblick auf die Detektion von Koronarstenosen. 57-jährige Frau mit mittlerer Vortestwahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer koronaren Herzerkrankung und atypischen thorakalen Schmerzen mit Ausstrahlung in den linken Arm. Nebendiagnose: Refluxösophagitis. Zum Ausschluss einer KHK wurde eine Myokardszintigraphie durchgeführt (a). Nach der völlig unauffälligen Belastungsuntersuchung wurde die Untersuchung beendet. Kein Hinweis auf eine hämodynamisch relevante KHK. 2 Wochen später Wiedervorstellung der Patientin mit persistierender Symptomatik, daraufhin wurde eine Koronarangiographie durchgeführt, die eine höhergradige Stenose in der RCA zeigte (b)

Auch der absolute myokardiale Blutfluss, der in ml/min/g angegeben wird, ist mit Hilfe der PET quantifizierbar. Derzeit stehen folgende PET-Tracer zur Perfusionssdiagnostik zur Verfügung: N-13-Ammonium, Rubidium-82 und O-15-Wasser.

Die Sensitivität und Spezifität der Positronen-Emissionstomographie für das Vorliegen einer angiographisch signifikanten KHK liegt etwa bei 90 %. Es konnte bereits gezeigt werden, dass ein abnormaler Befund im Sinne einer Perfusionssminderung ermittelt in der N-13-Ammonium-PET-Untersuchung mit einer signifikant höheren Rate an MACE assoziiert ist.

Shaw et al. konnten in einer Studie mit über 4500 Patienten den additiven prognostischen Wert der Ischämiebelastung, die mittels Myokard-Perfusionsszintigraphie ermittelt wurde, nachweisen [24]. Sogar bei Patienten mit unauffälligen Herzkatheterbefunden konnte der prädiktive Wert der Myokard-Perfusionsszintigraphie nachgewiesen werden [15]. Mit steigendem Ausmaß der Perfusionssdefekte nahm auch das Risiko der Patienten zu, schwere kardiale Ereignisse zu erleiden.

Iskandrian et al. zeigten in ihrer Studie in über 300 KHK-Patienten, dass die Myokard-Perfusionsszintigraphie einen inkrementellen prognostischen Wert über die Information aus dem Herzkatheter hinaus lieferte [25].

In einer rezenten Studie wurde der Wert der Myokard-Perfusionsszintigraphie bei Diabetikern untersucht. Hier zeigte sich, dass im medianen Follow-up von 8 Jahren 69 % starben, 35 % davon an einer kardialen Ursache. Insgesamt kommen die Autoren zum Schluss, dass in einer Hochrisikogruppe die Myokardszintigraphie bis 4 Jahre nach Durchführung der Untersuchung einen inkrementellen prognostischen Wert zu den alleinigen klinischen Daten generiert [26]. Ähnliche Resultate wurden auch 2015 von Veenis publiziert [27].

Auch im Setting einer bereits stattgefundenen Revaskularisation kann die nichtinvasive Bildgebung einen Beitrag zur Risikostratifizierung leisten. So konnte bei Patienten mit Mehrgefäßerkrankung, die bereits eine Revaskularisation hinter sich hatten, gezeigt werden, dass die Myokardperfusionsszintigraphie eine prognostische Information lieferte. Jene Patienten mit moderater oder schwerer Ischämiebelastung sowie jene mit einer LV-EF < 35 % hatten ein höheres Risiko für nachfolgende kardiale Ereignisse. Ähnliche Resultate zeigten sich auch in einer Studie mit 336 Patienten mit Mehrgefäßerkrankung nach Revaskularisation. Jene Patienten, die reversible Perfusionssminderungen aufwiesen, hatten eine schlechtere Prognose [28].

In einer Studie mit über 1700 Patienten konnten Zellweger et al. nachweisen, dass die Ischämiebelastung bei Patienten nach

Revaskularisation den wichtigsten Prädiktor für das Langzeit-Überleben darstellte [29].

Bei Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz, die bekanntlich ein per se erhöhtes KHK-Risiko aufweisen, konnte in einer Studie mit über 1600 Teilnehmern gezeigt werden, dass die Myokardperfusionsszintigraphie ein effektives Mittel zur Risikostratifizierung in dieser Gruppe darstellt [30].

## Ischämienachweis und funktionelle Relevanz in der Therapieplanung

Mittlerweile ist der Ischämienachweis bei Patienten mit stabiler KHK ein obligatorisches Kriterium zur Indikationsstellung einer Revaskularisation. In den aktuellen Leitlinien wird die Revaskularisation bei Patienten mit angiographisch intermediären Stenosen ohne Ischämienachweis oder mit einer FFR > 0,80 zur Verbesserung der Prognose nicht empfohlen.

Durch die Messung der FFR ergibt sich die Möglichkeit einer verbesserten Therapieplanung. Dabei werden lediglich jene Gefäße revaskularisiert, die für den verminderten Blutfluss verantwortlich sind. Im sogenannten FAME-Trial konnte die Überlegenheit einer FFR-geleiteten gegenüber einer rein angiographisch geleiteten Revaskularisationsstrategie demonstriert werden. De Bruyne et al. verglichen bei stabilen KHK



**Tab. 1** Prospektiv randomisierte Studien zur invasiven Bestimmung der fraktionellen Flussreserve

Autoren	Publikation	Teilnehmerzahl	Methodik	Conclusio
De Bruyne et al.	FAME II, NEJM 2012 [31]	888	PCI + OMT vs. OMT bei FFR < 0,80	Vorzeitiger Studienabbruch
Tonino et al.	FAME I Studie, NEJM 2009 [32]	1005	Angiographisch vs. FFR-gesteuerte PCI	Kombinierte Endpunkte reduziert
Pijls et al.	DEFER Studie 2007 [45]	325	PCI vs. OMT bei Patienten mit FFR > 0,75	FFR > 0,75 führt zu exzellentem 5-Jahres-Überleben
Van Nunen et al.	Lancet 2015 [33]	1005	5-Jahres-Follow-up des FAME Trials	Nach 5 Jahren zeigte sich in der angiographiegeleiteten Gruppe eine Ereignisrate von 31 vs. 28 % in der FFR-Gruppe

**Tab. 2** Nicht randomisierte Studien/Register zur Evaluation der myokardialen SPECT

Autoren	Publikation	Patientenzahl	Studiendesign	Ischämietest	Ischämie Cut Off	Conclusio
Hachamovitch et al.	Circulation 2003 [40]	10.627	Revaskularisation vs. med. Therapie	SPECT	> 10 %	Prognoseverbesserung nur bei Ischämiebelastung > 10 %
Hachamovitch et al.	Eur Heart Journal 2011 [46]	13.969	Revaskularisation vs. med. Therapie	SPECT	> 10 %	Prognoseverbesserung nur bei Ischämiebelastung > 10 %
Shaw et al.	COURAGE, Nuclear Substudy 2008 [47]	314	SPECT-Baseline vs. SPECT-Follow-up	SPECT	Ischämiereduktion > 5 %	Häufigere Ischämiereduktion > 5 % durch PCI + OMT vs. OMT
Kim et al.	J Am Coll Cardiol, 2012 [48]	5340	IG vs. Non-IG guided Revaskularisation	SPECT	SSS > 3	Geringere MACE Rate bei IG-guided Revaskularisation

Patienten in der prospektiven randomisierten FAME II-Studie die FFR-geleitete perkutane koronare Intervention (PCI) in Kombination mit einer optimalen medikamentösen Therapie gegenüber einer nur medikamentös therapierten Kontrollgruppe mit ebenfalls pathologischer FFR < 0,80. Die Studie musste früher als geplant beendet werden, da in der nur medikamentös behandelten Gruppe eine wesentlich höhere Rate an akuten Revaskularisationen erforderlich war (11,1 vs. 1,6 %) [31].

Bereits in der COURAGE-Substudie von 2008 konnte ein Zusammenhang zwischen einer therapiebedingten Verringerung der Ischämiebelastung (ermittelt mittels Myokardperfusionsszintigraphie) und der Mortalität bzw. der Rate an Myokardinfarkten nachgewiesen werden. In dieser Studie wurde vor der Therapie und 6 bis 18 Monate danach eine Myokardperfusionsszintigraphie durchgeführt. Dabei zeigte sich zudem, dass jene Patienten, die zusätzlich zur optimalen medikamentösen Therapie auch eine PCI hatten, eine größere Senkung der Ischämiebelastung aufwiesen (-2,7 vs. -0,5 %). Insbesondere jene Patienten mit einer mittleren bis hohen Ischämiebelastung profitierten. Den primären Endpunkt der Studie, näm-

lich eine Reduktion der Ischämiebelastung um 5 Prozentpunkte, erreichten in der Revaskularisationsgruppe 33 % gegenüber 19 % in der rein medikamentös therapierten Gruppe.

Tonino untersuchte im sogenannten FAME-Trial 2009 die Wertigkeit der FFR-geleiteten Revaskularisation gegenüber einer angiographiegeleiteten Revaskularisation bei Patienten mit Mehrgefäßkrankung. In dieser Studie mit über 1000 Teilnehmern wurde der kombinierte Endpunkt (Tod, Myokardinfarkt und erneute Revaskularisation) nach 1 Jahr in der FFR-geleiteten Gruppe bei rund 13 % gegenüber 18 % in der Vergleichsgruppe erreicht [32].

Mittlerweile liegen auch die Daten aus dem 5-Jahres-Follow-up der FAME Studie vor. Darin zeigte sich, dass die FFR-geleitete PCI im Vergleich zur angiographiegeleiteten PCI in den ersten beiden Jahren eine signifikante Reduktion an MACE nach sich zog, während das Risiko danach in beiden Gruppen ähnlich war. In dieser Studie konnte die Evidenz für die Langzeitsicherheit der FFR-geleiteten PCI geschaffen werden [33].

In einer rezenten Metaanalyse konnte zudem ein inverser Zusammenhang zwischen FFR und Ereignisrate gezeigt werden. FFR-geleitetes Patientenmanage-

ment reduzierte die MACE-Häufigkeit sowie Todesrate und Myokardinfarktrate [34].

Neben der FFR-geleiteten Revaskularisation liegen auch für den Einsatz nichtinvasiver bildgebender Verfahren Daten vor, die es erlauben, die gemessene Ischämiebelastung als Prädiktor für das Outcome nach Revaskularisation heranzuziehen.

Hachamovitch et al. konnten zeigen, dass Patienten mit schwerwiegenden Perfusionsminderungen und einer Gesamtischämiebelastung > 10 % des linksventrikulären Myokards in der Myokardszintigraphie von einer Revaskularisation profitierten [35]. Hierbei handelte es sich jedoch nur um die retrospektive Auswertung eines großen offenen Patientenregisters (Registry), aber nicht um eine randomisierte, kontrollierte Studie (Randomized Controlled Trial = RCT). In einer Kohorte mit geringen oder moderaten Perfusionsminderungen konnten zudem O'Keefe et al. einen Überlebensvorteil der rein medikamentös therapierten Gruppe gegenüber der Revaskularisationsgruppe nachweisen [36].

2006 konnte in einer Studie gezeigt werden, dass zwar die Ejektionsfraktion am besten den kardialen Tod vorher sagte, jedoch lediglich die Ischämiebelastung

entscheidend dafür war, welche Patienten von einer Revaskularisation auf kurze Sicht profitierten [37].

In die DEFER Studie wurden Patienten eingeschlossen, die angiographisch eine > 50 %ige Stenose aufwiesen, jedoch keine Evidenz für reversible Ischämien durch nichtinvasive Testung in den letzten 2 Monaten hatten. Es handelte sich um die erste kontrollierte Studie, die die FFR-geleitete Revaskularisation untersuchte. Hierzu wurde der Aufschub bzw. die Durchführung einer Revaskularisation bei angiographisch intermediären Stenosen, die jedoch alle eine FFR > 0,75 aufwiesen, miteinander verglichen. Sowohl das Zwei-Jahres- als auch das Fünf-Jahres-Follow-up zeigten, dass bezogen auf das Outcome sowie die Symptome sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ergab. Es zeigte sich im 5-Jahres-Follow-up kein Unterschied bezüglich Mortalität, Myokardinfarkt oder Revaskularisation der Stenosen, die keiner Intervention zugeführt wurden. Diese Resultate wurden auch im 15-Jahres-Follow-up bestätigt. Die Autoren zogen daher den Schluss, dass Koronarstenosen, die keine Ischämie last verursachen (FFR > 0,75), unter einer medikamentösen Therapie auch nach 15 Jahren ein exzellentes Outcome aufweisen. In einer retrospektiven Studie fanden Li et al. ebenfalls ein besseres Langzeit-Überleben von Patienten nach FFR-geleiteter Revaskularisation im Vergleich zu solchen nach rein angiographisch geleiteter Revaskularisation.

In einer Studie mit 826 asymptomatischen Patienten mit Diabetes ohne bekannte KHK wurde gezeigt, dass lediglich jene Patienten von einer Revaskularisation profitierten, die auch auf Grund der SPECT-Ergebnisse als Hochrisikopatienten einzustufen waren [38].

Demgegenüber stehen die Ergebnisse von Panza et al., die in ihrer Studie an Patienten mit einer LV-EF < 35 % keinen Zusammenhang zwischen Ischämie last und schlechter Prognose bzw. keinen Vorteil durch Revaskularisation nachweisen konnten [39]. Allerdings ließe sich dies unter Umständen durch die eingeschränkte LV-Funktion erklären, der unter Umständen große Narbenareale zu Grunde lagen.

Hachamovitch et al. konnten zeigen, dass ab einer Ischämie last von 10–12,5 % Patienten von einer Revaskularisation profitierten, während Patienten mit einer geringeren Ischämie last hinsichtlich ihres Überlebens nicht von einer Revaskularisation profitierten. [40]. Auch diese Studie war keine randomisierte kontrollierte Studie (RCT), sondern eine retrospektive Auswertung von Registerdaten. In einer PET-basierten Studie von Taqueti an über 2000 Patienten, die < 10 % Narbengewebe aufwiesen, keine Bypassoperation in der Anamnese hatten und eine LV-EF > 40 %, wurde ebenfalls ein Schwellenwert gefunden. Dieser lag jedoch bei etwa 8 % Ischämie last [41].

In der sogenannten SPARC-Studie wurde die Rate an durchgeführten Herzkathetern bzw. Änderungen im medikamentösen Management 90 Tage nach Durchführung einer SPECT-, PET- oder CT-Untersuchung bei Patienten ohne bekannte KHK und intermediärer bis hoher Vortestwahrscheinlichkeit für eine KHK untersucht. Nach 90 Tagen benötigten 9,6 % einen Herzkatheter. Die Autoren kamen zum Schluss, dass nichtinvasive Bildgebungsverfahren lediglich einen moderaten Einfluss auf das klinische Management haben. Es zeigte sich jedoch eine höhere Durchführungsrate an Herzkathetern bei jenen Patienten, die mittels CT-Angiographie untersucht wurden, im Vergleich zu jenen, die mit SPECT oder PET untersucht wurden [42].

In einer prospektiven, multizentrischen Studie (SCOT-HEART) wurde bei Patienten mit pektanginösen Beschwerden bei suspizierter KHK die Standardvorgehensweise mit der Standardvorgehensweise plus CT-Koronarangiographie verglichen. Nach 6 Wochen wurden in 27 bzw. 23 % der Patienten die Diagnose einer KHK bzw. die Diagnose von pektanginösen Beschwerden auf Grund einer KHK reklassifiziert. Nach 1,7 Jahren zeigte sich eine Reduktion der fatalen und nicht fatalen Myokardinfarkte um 38 % ( $p = 0,057$ ). Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass bei Patienten mit Angina pectoris die CT-Koronarangiographie einen Beitrag zur Diagnosestellung leisten kann, eine Hilfestellung zur Revaskularisation dar-

stellt sowie möglicherweise die Rate an künftigen Myokardinfarkten reduzieren kann [43].

Neglia et al. fanden in einer multizentrischen Studie, dass bei stabilen Patienten mit Thorax-Schmerz und geringer KHK-Prävalenz die CT-Koronarangiographie akkurater in der Diagnostik einer hämodynamisch wirksamen KHK ist als die funktionelle Bildgebung [4].

Im PROMISE Trial wurde bei über 10.000 Patienten bei einem medianen Follow-up von 25 Monaten kein signifikanter Unterschied bezüglich eines kombinierten Endpunkts im Vergleich zwischen CT-Koronarangiographie und funktioneller Testverfahren gefunden [44].

Auf Grund dieser teilweise widersprüchlichen Datenlage ist der nunmehr gestartete ISCHEMIA-Trial von großem Interesse. Mit über 8000 Teilnehmern soll hier Evidenz geschaffen werden bezüglich des optimalen Managements von Patienten mit stabiler KHK. In dieser Studie sollen einer Gruppe Patienten mit routinemäßiger invasiver Strategie mittels Herzkatheter sowie nachfolgender Revaskularisation und optimaler medikamentöser Therapie (OMT) zugeordnet werden. In der anderen Gruppe wird optimale medikamentöse Therapie eingesetzt und nur im Fall des Versagens der OMT ein Herzkatheter und eine Revaskularisation durchgeführt. Die Ergebnisse dieser prospektiven Studie werden eine bessere Beurteilbarkeit des Stellenwerts der Ischämie last für die Revaskularisation ermöglichen.

---

## Korrespondenzadresse

**Univ.-Prof. Dr. med. M. Hacker**

Klinische Abteilung für Nuklearmedizin,  
Universitätsklinik für Radiologie und  
Nuklearmedizin  
Währinger Gürtel 18–20, 1090 Wien, Österreich  
marcus.hacker@meduniwien.ac.at

---

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** D. Heber und M. Hacker geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

**Open Access.** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

## Literatur

- Lusis AJ (2000) Atherosclerosis. *Nature* 407(6801):233–241
- Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS et al (2015) Heart disease and stroke statistics – 2015 update: a report from the American Heart Association. *Circulation* 131(4):29–322. doi:10.1161/cir.0000000000000152
- Takx RA, Blomberg BA, El Aidi H et al (2015) Diagnostic accuracy of stress myocardial perfusion imaging compared to invasive coronary angiography with fractional flow reserve meta-analysis. *Circ Cardiovasc Imaging* 8:1. doi:10.1161/circimaging.114.002666
- Neglia D, Rovai D, Caselli C et al (2015) Detection of significant coronary artery disease by noninvasive anatomical and functional imaging. *Circ Cardiovasc Imaging* 8:3. doi:10.1161/circimaging.114.002179
- Erhard I, Rieber J, Jung P et al (2005) The validation of fractional flow reserve in patients with coronary multivessel disease: a comparison with SPECT and contrast-enhanced dobutamine stress echocardiography. *Z Kardiol* 94(5):321–327. doi:10.1007/s00392-005-0213-6
- Galvin JM, Brown KA (1996) The site of acute myocardial infarction is related to the coronary territory of transient defects on prior myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol* 3(5):382–388
- Hacker M (2006) SPECT-CT in der Diagnostik der koronaren Herzerkrankung. *Nuklearmedizin* 29(3):188–193. doi:10.1055/s-2006-942140
- Hacker M, Jakobs T, Hack N et al (2007) Sixty-four slice spiral CT angiography does not predict the functional relevance of coronary artery stenoses in patients with stable angina. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 34(1):4–10. doi:10.1007/s00259-006-0207-2
- Greenwood JP, Maredia N, Younger JF et al (2012) Cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography for diagnosis of coronary heart disease (CE-MARC): a prospective trial. *Lancet* 379(9814):453–460. doi:10.1016/s0140-6736(11)61335-4
- Arbab-Zadeh A, Di Carli MF et al (2015) Accuracy of computed tomographic angiography and single-photon emission computed tomography-acquired myocardial perfusion imaging for the diagnosis of coronary artery disease. *Circ Cardiovasc Imaging* 8(10):e003533. doi:10.1161/circimaging.115.003533
- Scholte AJ, Schuijff JD, Kharagitsingh AV et al (2008) Different manifestations of coronary artery disease by stress SPECT myocardial perfusion imaging, coronary calcium scoring, and multislice CT coronary angiography in asymptomatic patients with type 2 diabetes mellitus. *J Nucl Cardiol* 15(4):503–509. doi:10.1016/j.nuclcard.2008.02.015
- Sato A, Hiroe M, Tamura M et al (2008) Quantitative measures of coronary stenosis severity by 64-Slice CT angiography and relation to physiologic significance of perfusion in nonobese patients: comparison with stress myocardial perfusion imaging. *Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine* 49(4):564–572. doi:10.2967/jnumed.107.042481
- Schenker MP, Dorbala S, Hong EC et al (2008) Interrelation of coronary calcification, myocardial ischemia, and outcomes in patients with intermediate likelihood of coronary artery disease: a combined positron emission tomography/computed tomography study. *Circulation* 117(13):1693–1700. doi:10.1161/circulationaha.107.717512
- Alqaisi F, Albadarin F, Jaffery Z et al (2008) Prognostic predictors and outcomes in patients with abnormal myocardial perfusion imaging and angiographically insignificant coronary artery disease. *J Nucl Cardiol* 15(6):754–761. doi:10.1007/bf03007356
- Adamu U, Knollmann D, Almutairi B et al (2010) Stress/rest myocardial perfusion scintigraphy in patients without significant coronary artery disease. *J Nucl Cardiol* 17(1):38–44. doi:10.1007/s12350-009-9133-6
- Naya M, Murthy VL, Foster CR et al (2013) Prognostic interplay of coronary artery calcification and underlying vascular dysfunction in patients with suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 61(20):2098–2106. doi:10.1016/j.jacc.2013.02.029
- Perrone-Filardi P, Achenbach S, Möhlenkamp S et al (2011) Cardiac computed tomography and myocardial perfusion scintigraphy for risk stratification in asymptomatic individuals without known cardiovascular disease: a position statement of the Working Group on Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European SocWorking Group on Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 32(16):1986–1993. doi:10.1093/eurheartj/ehq235
- Schuijff JD, Wijns W, Jukema JW et al (2006) Relationship between noninvasive coronary angiography with multi-slice computed tomography and myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol* 48(12):2508–2514. doi:10.1016/j.jacc.2006.05.080
- Wiele C van de, Rambu A, Belhocine T et al (2016) Reversible myocardial perfusion defects in patients not suffering from obstructive epicardial coronary artery disease as assessed by coronary angiography: a review of the literature. *Q J Nucl Med Mol Imaging* 2016. (Epub ahead of print)
- Uren NG, Crake T, Lefroy DC et al (1994) Reduced coronary vasodilator function in infarcted and normal myocardium after myocardial infarction. *N Engl J Med* 331(4):222–227. doi:10.1056/nejm199407283310402
- Libby P (2001) Current concepts of the pathogenesis of the acute coronary syndromes. *Circulation* 104(3):365–372
- Windecker S, Kolh P, Alfonso F et al (2014) 2014 ESC/EACTS 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) Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J* 35(37):2541–2619. doi:10.1093/eurheartj/ehu278
- Shaw LJ, Iskandrian AE (2004) Prognostic value of gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol* 11(2):171–185. doi:10.1016/j.nuclcard.2003.12.004
- Shaw LJ, Wilson PW, Hachamovitch R et al (2010) Improved near-term coronary artery disease risk classification with gated stress myocardial perfusion SPECT. *Jacc Cardiovasc Imaging* 3(11):1139–1148. doi:10.1016/j.jcmg.2010.09.008
- Iskandrian AS, Chae SC, Heo J et al (1993) Independent and incremental prognostic value of exercise single-photon emission computed tomographic (SPECT) thallium imaging in coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 22(3):665–670
- Boiten HJ, Domburg RT van, Valkema R et al (2016) Dobutamine stress myocardial perfusion imaging: 8-year outcomes in patients with diabetes mellitus. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. doi:10.1093/ehjci/jev351
- Veenis JF, Valkema R, Domburg RT van, Schinkel AF (2015) Prediction of 14-year outcomes in patients with a limited exercise capacity: Utility of dobutamine myocardial perfusion imaging in a high-risk population. *J Nucl Cardiol* 22(5):888–900. doi:10.1007/s12350-014-0052-9
- Alazraki NP, Krawczynska EG, Kosinski AS et al (1999) Prognostic value of thallium-201 single-photon emission computed tomography for patients with multivessel coronary artery disease after revascularization (the Emory Angioplasty versus Surgery Trial [EAST]). *Am J Cardiol* 84(12):1369–1374
- Zellweger MJ, Lewin HC, Lai S et al (2001) When to stress patients after coronary artery bypass surgery? Risk stratification in patients early and late post-CABG using stress myocardial perfusion SPECT: implications of appropriate clinical strategies. *J Am Coll Cardiol* 37(1):144–152
- Hakeem A, Bhatti S, Dillie KS et al (2008) Predictive value of myocardial perfusion single-photon emission computed tomography and the impact of renal function on cardiac death. *Circulation* 118(24):2540–2549. doi:10.1161/circulationaha.108.788109
- De Bruyne B, Pijls NH, Kalesan B et al (2012) Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease. *N Engl J Med* 367(11):991–1001. doi:10.1056/NEJMoa1205361
- Tonino PA, De Bruyne B, Pijls NH et al (2009) Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N Engl J Med* 360(3):213–224. doi:10.1056/NEJMoa0807611
- Nunen LX van, Zimmermann FM, Tonino PA et al (2015) Fractional flow reserve versus angiography for guidance of PCI in patients with multivessel coronary artery disease (FAME): 5-year follow-up of a randomised controlled trial. *Lancet* 386(10006):1853–1860. doi:10.1016/s0140-6736(15)00057-4
- Zhang D, Lv S, Song X et al (2015) Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention: a meta-analysis. *Heart* 101(6):455–462. doi:10.1136/heartjnl-2014-306578
- Hachamovitch R, Kang X, Amanullah AM et al (2009) Prognostic implications of myocardial perfusion single-photon emission computed tomography in the elderly. *Circulation* 120(22):2197–2206. doi:10.1161/circulationaha.108.817387
- O’Keefe JH Jr, Bateman TM, Ligon RW et al (1998) Outcome of medical versus invasive treatment strategies for non-high-risk ischemic heart disease. *J Nucl Cardiol* 5(1):28–33
- Hachamovitch R, Rozanski A, Hayes SW et al (2006) Predicting therapeutic benefit from myocardial revascularization procedures: are measurements of both resting left ventricular ejection fraction and stress-induced myocardial ischemia necessary? *J Nucl Cardiol* 13(6):768–778. doi:10.1016/j.nuclcard.2006.08.017

38. Sorajja P, Chareonthaitawee P, Rajagopalan N et al (2005) Improved survival in asymptomatic diabetic patients with high-risk SPECT imaging treated with coronary artery bypass grafting. *Circulation* 112(9 Suppl):I311–I316. doi:10.1161/circulationaha.104.525022
39. Panza JA, Holly TA, Asch FM et al (2013) Inducible myocardial ischemia and outcomes in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 61(18):1860–1870. doi:10.1016/j.jacc.2013.02.014
40. Hachamovitch R, Hayes SW, Friedman JD et al (2003) Comparison of the short-term survival benefit associated with revascularization compared with medical therapy in patients with no prior coronary artery disease undergoing stress myocardial perfusion single photon emission computed tomography. *Circulation* 107(23):2900–2907. doi:10.1161/01.cir.0000072790.23090.41
41. Taqueti VR, Everett BM, Murthy VL et al (2015) Interaction of impaired coronary flow reserve and cardiomyocyte injury on adverse cardiovascular outcomes in patients without overt coronary artery disease. *Circulation* 131(6):528–535. doi:10.1161/circulationaha.114.009716
42. Hachamovitch R, Nutter B, Hlatky MA et al (2012) Patient management after noninvasive cardiac imaging results from SPARC (Study of myocardial perfusion and coronary anatomy imaging roles in coronary artery disease). *J Am Coll Cardiol* 59(5):462–474. doi:10.1016/j.jacc.2011.09.066
43. The SCOT-HEART Investigators (2015) CT coronary angiography in patients with suspected angina due to coronary heart disease (SCOT-HEART): an open-label, parallel-group, multicentre trial. *Lancet* 385(9985):2383–2391. doi:10.1016/s0140-6736(15)60291-4
44. Douglas PS, Hoffmann U, Patel MR et al (2015) Outcomes of anatomical versus functional testing for coronary artery disease. *N Engl J Med* 372(14):1291–1300. doi:10.1056/NEJMoa1415516
45. Pijls NHJ, Schaardenburgh P van, Manoharan G et al (2007) Percutaneous Coronary Intervention of Functionally Nonsignificant Stenosis. 5-Year Follow-Up of the DEFER Study. *J Am Coll Cardiol* 49(21):2105–2111. doi:10.1016/j.jacc.2007.01.087
46. Hachamovitch R, Rozanski A, Shaw LJ et al (2011) Impact of ischaemia and scar on the therapeutic benefit derived from myocardial revascularization vs. medical therapy among patients undergoing stress-rest myocardial perfusion scintigraphy. *Eur Heart J* 32(8): 1012–1024. doi.org/10.1093/eurheartj/ehq500
47. Shaw LJ, Berman DS, Maron DJ et al (2008) Optimal medical therapy with or without percutaneous coronary intervention to reduce ischemic burden: results from the Clinical Outcomes Utilizing Revascularization and Aggressive Drug Evaluation (COURAGE) trial nuclear substudy. *Circulation* 117(10):1283–1291. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.743963
48. Kim BK, Hong MK, Shin DH et al (2012) A New Strategy for Discontinuation of Dual Antiplatelet Therapy: The RESET Trial (REal Safety and Efficacy of 3-month dual antiplatelet Therapy following Endeavor zotarolimus-eluting stent implantation). *J Am Coll Cardiol* 60(15):1340–1348. doi:10.1016/j.jacc.2012.06.043

## Deutsche Hochdruckliga schreibt Wissenschaftspreise aus

Die Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL® – Deutsche Gesellschaft für Hypertonie und Prävention – startet 2016 wieder eine neue Ausschreibungsrunde ihrer Wissenschaftspreise für hervorragende wissenschaftliche Original- und Promotionsarbeiten zum Thema Bluthochdruck. Damit ehrt und fördert die Fachgesellschaft ihren wissenschaftlichen Nachwuchs.

Auch in diesem Jahr vergibt die Deutsche Hochdruckliga e. V. DHL® – Deutsche Gesellschaft für Hypertonie und Prävention Förderpreise für Arbeiten und Dissertationen in deutscher oder englischer Sprache auf dem Gebiet der Hochdruckforschung.

Mit dem „Dieter-Klaus-Förderpreis“ für die Hochdruckforschung zeichnet die Deutsche Hypertonie Stiftung DHS® Arbeiten auf dem Gebiet der experimentellen, der klinischen oder der epidemiologischen Hochdruckforschung aus. Bewerbungen können sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Europa mit bislang unveröffentlichten Arbeiten bis zum vollendeten 40. Lebensjahr.

Der „Forschungspreis Dr. Adalbert Buding“ richtet sich an Ärztinnen und Ärzte aus dem deutschsprachigen Raum, die neue Erkenntnisse in der Bluthochdruckforschung gewonnen haben, die ebenfalls noch unveröffentlicht sind. Auch hier sollten die Forschenden nicht älter als 40 Jahre sein.

Der Förderpreis der deutschen Hochdruckliga e.V. zeichnet herausragende Forschungsprojekte im Themenfeld Sport, nicht medikamentöse Therapie und Hypertonie. In Frage kommen zudem Initiativen oder Projekte aus der Öffentlichkeitsarbeit, Selbsthilfegruppen oder innovative Therapiekonzepte. Voraussetzung dafür ist, dass noch keine Auszeichnung vorliegt.

Mit den „Best-of-...“-Preisen prämiiert die DHL die besten Vorträge sowie die besten Poster auf dem 40. Wissenschaftlichen Kongress. Die Abstracts können bis zum 1. September 2016 eingereicht werden und teilnehmen kann, wer das 35. Lebensjahr noch nicht vollendet hat. Die Einrei-

cher der besten Poster und freien Vorträge werden bis Anfang Oktober 2016 ermittelt und zu einer „Best-of-...“-Session eingeladen. Die drei besten Poster und Vorträge bekommen dann nach der Session den „Best-of-...“-Preis verliehen.

Darüber hinaus verleiht die DHL® einen „Young Investigator Award“ für Abstract-Einreicher im Vorfeld des Jahreskongresses sowie Reisestipendien. Abstracts können bis zum 1. September eingereicht werden. Zum dritten Mal wird es auch einen Studentischen Medienpreis geben, in diesem Jahr zum Thema „Bester (Trick-)Film – bewegen für einen guten Druck“.

Die Auswahlverfahren für die ausgeschriebenen Preise sind kompetitiv und die Begutachtung erfolgt durch ein unabhängiges Expertengremium. Die Unterlagen müssen bis zum 1. beziehungsweise 16. September 2016 in der Geschäftsstelle der DHL®, Berliner Straße 46, 69120 Heidelberg, vorliegen. Informationen dazu finden Sie in der detaillierten Ausschreibung unter <http://www.hypertonie-kongress.de/programm/wissenschaftspreise-2016/>.

**Quelle: Deutsche Hochdruckliga e.V. DHL®  
Deutsche Gesellschaft für Hypertonie  
und Prävention  
[www.hochdruckliga.de](http://www.hochdruckliga.de)**