

Klinische Bedeutung der 201-Thallium-Szintigraphie für die Diagnostik der koronaren Herzerkrankung bei Patienten mit und ohne Myokardinfarkt

S. Silber, U. Klein und W. Rudolph

Klinik für Herz- und Kreislauferkrankungen und Institut für Radiologie, Deutsches Herzzentrum München

Summary. The value of the 201-Thallium scintigraphy in the diagnosis of coronary artery disease in patients with and without myocardial infarction is discussed. The sensitivity and specificity of the method are discussed. The value of the method is discussed in the context of the results of the other methods of diagnosis of coronary artery disease.

Key words: 201-Thallium scintigraphy – Myocardial infarction – Coronary artery disease

Zusammenfassung. Der Wert der 201-Thallium-Szintigraphie für die Erkennung einer myokardialen Durchblutungsstörung ist abhängig von deren Schwere, Spezifität und Vorhersagbarkeit. Bei Vorliegen einer pathologischen Thallium-Szintigraphie kann man dann mit Sicherheit (Vollständigkeit = 100%) auf das Vorliegen einer myokardialen Durchblutungsstörung geschlossen werden, wenn falsch-positive Befunde nicht vorhanden (Spezifität = 100%) sind. Diese hohe Spezifität kann erreicht werden, wenn nur eindeutig positive Thallium-Szintigramme als pathologisch eingestuft werden, welche sich dann der Sensitivität verschlechtern. Bei Vorliegen einer koronaren Durchblutungsstörung mit Myokardinfarkt ist die Sensitivität entsprechend abhängig von der Infarktzone, welche vom Schweregrad der Durchblutungsstörung und dem Ausmaß der Wandschädigungsmessung und dem Vorliegen einer koronaren Herzerkrankung ohne Myokardinfarkt abhängt. Die Sensitivität der 201-Thallium-Szintigraphie bei Patienten mit einer 2- oder 3-Gefäß-Erkrankung liegt bei Patienten mit einer 1- und 2-Gefäß-Erkrankung. Die Belastungs-Szintigraphie ist nur bei Patienten mit einer 1- oder 2-Gefäß-Erkrankung sensibler als die Belastungs-EKG. Die Infektion zur 201-Thallium-Szintigraphie ist bei Patienten mit myokardialer Durchblutungsstörung eine wichtige Methode, die eine Diagnose stellen und mit einem nicht doch nicht überschätzen lassen, und mit einem nicht

Value of the 201-Thallium scintigraphy in the diagnosis of coronary artery disease in patients with and without myocardial infarction is discussed.

Summary. The usefulness and limitations of the 201-Thallium scintigraphy in the diagnosis of myocardial infarction is discussed. The sensitivity and specificity of the method are discussed. The value of the method is discussed in the context of the results of the other methods of diagnosis of coronary artery disease.

The value of the 201-Thallium scintigraphy in the diagnosis of coronary artery disease in patients with and without myocardial infarction is discussed. The sensitivity and specificity of the method are discussed. The value of the method is discussed in the context of the results of the other methods of diagnosis of coronary artery disease.

The value of the 201-Thallium scintigraphy in the diagnosis of coronary artery disease in patients with and without myocardial infarction is discussed. The sensitivity and specificity of the method are discussed. The value of the method is discussed in the context of the results of the other methods of diagnosis of coronary artery disease.

Value of the 201-Thallium Scintigram in the Diagnosis of Coronary Artery Disease in Patients With and Without Myocardial Infarction

Summary. The usefulness and limitations of the 201-thallium scintigram in the detection of myocardial hypoperfusion is dependent on the sensitivity, specificity and predictive value of the method. The presence of myocardial hypoperfusion can be diagnosed with certainty from a pathologic scintigram (predictive value = 100%) only in the absence of false positive scintigrams (specificity = 100%). Such a high specificity can be achieved only by designating markedly positive scintigrams as pathologic findings. This, however, necessarily incurs a reduction in sensitivity. In coronary artery disease with previous myocardial infarction, the sensitivity is primarily dependent on the extent of infarction, to a lesser degree on the amount of wall motion impairment and is almost independent of the infarct localization. In coronary artery disease with no previous myocardial infarction, the sensitivity of the thallium scintigram in patients with 2-vessel disease was found to be less than that of those with 1-vessel and 3-vessel disease. As compared with the exercise ECG, the scintigram was more sensitive only in patients with 1-vessel but less sensitive in those patients with 2-vessel and 3-vessel disease. The thallium scintigram is indicated for patients with atypical chest pain, when angina pectoris cannot be ruled out and when the exercise ECG is borderline or non-interpretable, particularly in patients presenting with coronary calcification and/or risk factors. The thallium scintigram is also indicated for asymptomatic patients with a markedly positive exercise ECG. The thallium scintigram yields no additional information relative to the question of presence or absence of myocardial hypoperfusion in patients with typical angina pectoris. In patients with a history of, but with no electrocardiographic criteria for myocardial infarction, the scintigram seems to be of only limited value. The thallium scintigram is a valuable adjunct in the assessment of the results of

coronary artery bypass surgery provided that a pre-operative study is available for comparison. A sensitivity of 100% does not appear attainable, even on employment of methods intended to increase sensitivity such as the reconstruction computer tomography, indicating that for the present and the foreseeable future, a negative thallium scintigram will not preclude the presence of myocardial hypoperfusion.

Key words: 201-thallium scintigraphy – Myocardial scintigraphy – Cardiac imaging – Coronary artery disease.

Zusammenfassung. Der Wert der 201-Thallium-Szintigraphie für die Erkennung einer myokardialen Durchblutungsstörung ist abhängig von deren Sensitivität, Spezifität und Vorhersagbarkeit. Bei Vorliegen eines pathologischen Thallium-Szintigramms kann nur dann mit Sicherheit (Vorhersagbarkeit = 100%) auf das Vorliegen einer myokardialen Durchblutungsstörung geschlossen werden, wenn falsch positive Befunde nicht vorkommen (Spezifität = 100%). Eine derart hohe Spezifität kann erreicht werden, wenn nur eindeutig positive Thallium-Szintigramme als pathologisch eingestuft werden, jedoch wird damit die Sensitivität vermindert. Bei Vorliegen einer koronaren Herzerkrankung mit Myokardinfarkt ist die Sensitivität entscheidend abhängig von der Infarktausdehnung, weniger vom Schweregrad der Wandbewegungseinschränkung und nahezu unabhängig von der Infarktlokalisation. Bei Vorliegen einer koronaren Herzerkrankung ohne Myokardinfarkt liegt die Sensitivität der 201-Thallium-Szintigraphie bei Patienten mit einer 2-Gefäßerkrankung niedriger als bei Patienten mit einer 1- und 3-Gefäßerkrankung. Das Belastungs-Szintigramm ist nur bei Patienten mit einer 1-Gefäßerkrankung, nicht dagegen mit einer 2- oder 3-Gefäßerkrankung, sensitiver als das Belastungs-EKG. Die Indikation zur 201-Thallium-Szintigraphie ist bei Patienten mit atypischen Brustschmerzen, die eine Angina pectoris jedoch nicht ausschließen lassen, und mit einem nicht

eindeutig auf eine Ischämie hinweisenden oder nicht beurteilbaren Belastungs-EKG, insbesondere in Verbindung mit nachgewiesenem Koronarkalk und/oder vorhandenen Risikofaktoren gegeben, ebenso bei asymptomatischen Patienten mit eindeutig positivem Belastungs-EKG. Bei Patienten mit typischer Angina pectoris erbringt ein 201-Thallium-Szintigramm bezüglich der Frage nach dem Vorliegen einer koronaren Herzerkrankung keine zusätzliche Information. Bei Vorliegen einer Infarktanamnese ohne Infarkt-EKG erscheint die Durchführung eines 201-Thallium-Szintigramms zum Nachweis eines abgelaufenen Myokardinfarktes nicht wertvoll. Gut beurteilbar ist – bei Vorliegen präoperativer Vergleichsbefunde – der Erfolg einer Bypass-Operation. Selbst unter Verwendung von Methoden, die eine Steigerung der Sensitivität versprechen, wie z. B. die Computer-Rekonstruktions-Tomographie, ist bis heute eine Sensitivität von 100% nicht erreicht worden, so daß auch weiterhin ein negatives 201-Thallium-Szintigramm das Vorliegen einer myokardialen Durchblutungsstörung nicht ausschließt.

Schlüsselwörter: 201-Thallium-Szintigraphie – Myocard-Szintigraphie – Herzsintigraphie – coronare Herzerkrankung.

1. Einleitung

Die Szintigraphie mit 201-Thallium eignet sich zur Darstellung ischämischen oder narbigen Myokards. [2–7, 15, 16, 19, 23, 27, 30, 31, 33–39]. In Myokardbezirken, die über eine hämodynamisch wirksame Koronararterienstenose versorgt werden, steigt unter Belastung die Durchblutung im Vergleich zu gesundem Myokard relativ geringer an oder sinkt sogar [18] (Belastungsischämie), so daß sich Flußdifferenzen, wenn sie mehr als 50% betragen [13] unmittelbar nach Belastung (Frühszintigramm) als Speicherdefekte darstellen lassen. 1 bis 4 Stunden nach Belastung (Spätszintigramm) zeigt sich dagegen aufgrund der Rückverteilung eine homogene Thallium-Speicherung [23] (Abb. 1). Bei Patienten mit abgelaufenem Myokardinfarkt sind Speicherdefekte bereits unter Ruhebedingungen vorhanden [23, 30] (Abb. 2). Nach Belastung kommt es im Bereich des Myokardinfarktes zu keiner Rückverteilung, so daß die Speicherdefekte im Spätszintigramm unverändert nachweisbar sind [23].

2. Wertung der 201-Thallium-Szintigraphie

Die Wertung der 201-Thallium-Szintigraphie hinsichtlich der Erkennung einer myokardialen Durchblutungsstörung erfolgt durch die Ermittlung ihrer Sensitivität, Spezifität und Vorhersagbarkeit [20, 24, 25]. Unter Sensitivität versteht man den Prozentsatz

richtig positiver Thallium-Szintigramme der angiographisch als „krank“ eingestuften Patienten: Sensitivität = $rp/(rp + fn)$, wobei rp = richtig positives und fn = falsch negatives Thallium-Szintigramm bedeuten.

Unter Spezifität versteht man den Prozentsatz richtig negativer Thallium-Szintigramme der angiographisch als „gesund“ eingestuften Personen: Spezifität = $rn/(rn + fp)$, wobei rn = richtig negatives und fp = richtig positives Thallium-Szintigramm bedeuten.

Unter Vorhersagbarkeit versteht man die Wahrscheinlichkeit, mit der eine myokardiale Durchblutungsstörung nachgewiesen oder ausgeschlossen werden kann: Vorhersagbarkeit (bei pathologischem Thallium-Szintigramm) = $rp/(rp + fp)$.

Bei Vorliegen eines pathologischen Thallium-Szintigrammes kann nur dann mit Sicherheit (Vorhersagbarkeit = 100%) auf das Vorliegen einer myokardialen Durchblutungsstörung geschlossen werden, wenn falsch positive Befunde nicht vorkommen (Spezifität = 100%). Bei einer Spezifität unter 100% (Vorkommen von falsch positiven Thallium-Szintigrammen) [6, 15, 19, 27, 34], kann im Einzelfall nur noch von der Wahrscheinlichkeit einer myokardialen Durchblutungsstörung (Vorhersagbarkeit unter 100%) gesprochen werden. Die Vorhersagbarkeit ist aber dann entscheidend von der Krankheitsprävalenz [24] bzw. von der Vor-Test-Wahrscheinlichkeit [25] abhängig, deren Ermittlung mit großen Unsicherheitsfaktoren behaftet ist [10, 26]. Aus diesem Grunde ist bei der Wertung der Thallium-Szintigraphie zur Erkennung einer myokardialen Durchblutungsstörung zunächst eine Spezifität von 100% anzustreben. Dies kann erreicht werden, wenn nur eindeutig positive Thallium-Szintigramme als pathologisch eingestuft werden [30, 31] (Tabelle 1).

Eine Vorhersagbarkeit von 100% zum Nachweis einer koronaren Herzerkrankung besteht nur, wenn andere Erkrankungen, die ebenfalls einen Thallium-Speicherdefekt verursachen können (z. B. Aortenstenosen, Kardiomyopathien [1, 11]) ausgeschlossen werden.

3. Klinische Bedeutung der 201-Thallium-Szintigraphie zum Nachweis einer koronaren Herzerkrankung

3.1. Koronare Herzerkrankung mit Myokardinfarkt

Bei Patienten mit akutem Myokardinfarkt beträgt die Sensitivität der Thallium-Szintigraphie innerhalb der ersten 6 Stunden nach dem Schmerzereignis 100% [3, 38]. Im chronischen Infarktstadium nimmt die Sensitivität ab [28, 39] (Tabelle 1). Sie wird entscheidend von der Infarktausdehnung beeinflusst: In über 90% aller Patienten mit angiographisch ausgedehntem Infarkt ist ein pathologisches 201-Thal-

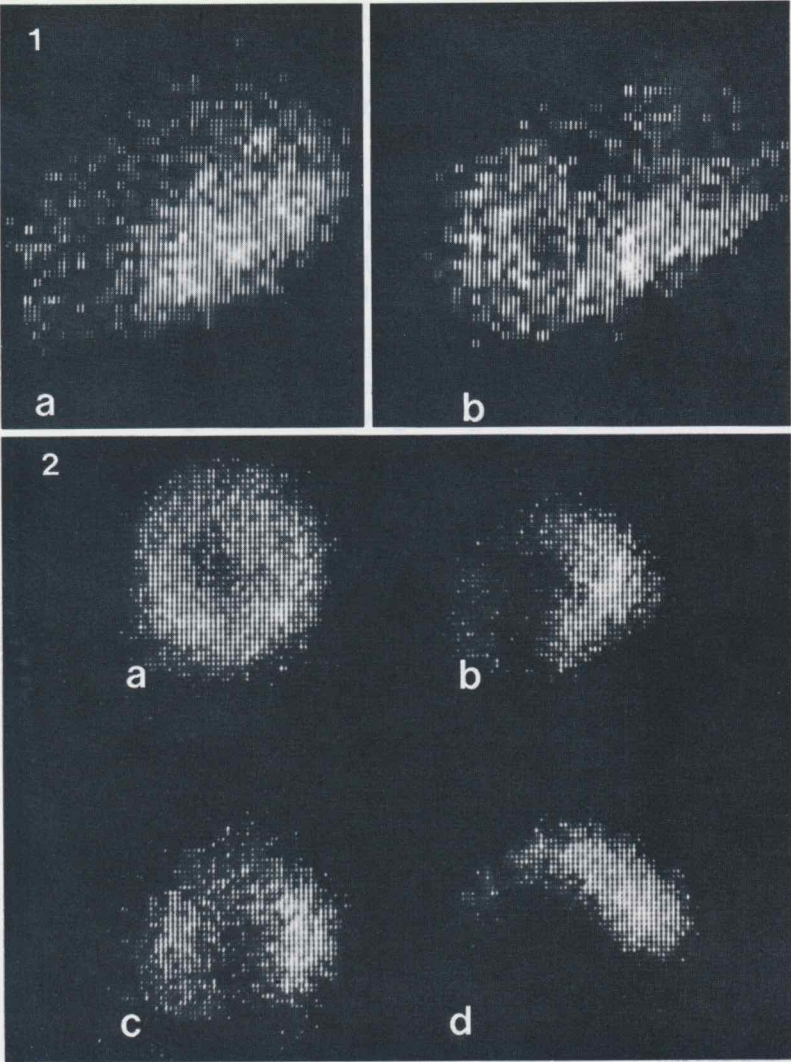


Abb. 1 a und b. 201-Thallium-Belastungs-Szintigramm eines Patienten mit hochgradiger isolierter proximaler Stenose des Ramus interventricularis anterior (60° LAO). **a** Unmittelbar nach Belastung (3 Min. 80 Watt, 2 Min. 110 Watt) erkennt man eine deutliche Minderspeicherung im Vorderwandspitzenbereich. **b** 2 Stunden nach Belastung ist eine Rückverteilung des 201-Thalliums im zuvor minderperfundierten Gebiet nachweisbar

Abb. 2 a–d. 201-Thallium-Ruhe-Szintigramme (jeweils 45° LAO): **a** Herzgesunder Patient. Homogene Aktivitätsverteilung im Myokard. **b** Speicherdefekt im antero-septalen und apikalen Segment eines Patienten mit angiographisch ausgedehntem Vorderwandinfarkt. **c** Speicherdefekt im apikal-inferioren Segment eines Patienten mit angiographisch nicht-ausgedehntem Hinterwandinfarkt. **d** Speicherdefekt im antero-septalen und apikal-inferioren Segment eines Patienten mit Vorder- und Hinterwandinfarkt

Tabelle 1. Sensitivität und Spezifität der 201-Thallium-Szintigraphie zum Nachweis einer koronaren Herzerkrankung

	201-Thallium-Szintigramm			
	positiv	negativ	Sensitivität	Spezifität
220 Patienten mit koronarer Herzerkrankung				
114 Pat. mit abgelaufenem Myokardinfarkt, Ruhe-Szintigramm	91	23	80%	
106 Pat. ohne abgelaufenem Myokardinfarkt, Belastungs-Szintigramm	68	38	64%	
50 Herzgesunde				
25 Ruhe-Szintigramme		25		100%
25 Belastungs-Szintigramme		25		100%
270 Patienten	159	61 + 50	72%	100%

lium-Szintigramm nachweisbar (Tabelle 2). Patienten mit einem nicht-ausgedehnten Infarkt zeigen dagegen nur in 50% einen sicheren Thallium-Speicherdefekt (Tabelle 2). Der Einfluß des Schweregrades der Wandbewegungseinschränkung auf die Sensitivität zeigt sich darin, daß bei Patienten mit Akinesien und Dyskinesien häufiger ein pathologisches Thallium-Szintigramm nachweisbar ist (87%) als bei Patienten mit ausschließlichen Hypokinesien (59%) (Tabelle 3). Die Infarktlokalisierung ist nahezu ohne

Tabelle 2. Einfluß der Infarktausdehnung auf die Sensitivität der 201-Thallium-Ruhe-Szintigraphie zum Nachweis abgelaufener transmuraler Myokardinfarkte

Patienten mit	201-Thallium-Szintigramm		
	positiv	negativ	Sensitivität
1 asynergen Segment (n = 36)	18	18	50%
2 asynergen Segmenten (n = 65)	60	5	92%
3 asynergen Segmenten (n = 13)	13	0	100%

Tabelle 3. Einfluß des Schweregrades der Asynergie auf die Sensitivität der 201-Thallium-Ruhe-Szintigraphie zum Nachweis abgelaufener transmuraler Myokardinfarkte

Patienten mit	201-Thallium-Szintigramm		
	positiv	negativ	Sensitivität
ausschließlichen Hypokinesien (n = 29)	17	12	59%
Akinesien und Dyskinesien (n = 85)	74	11	87%

Tabelle 4. Einfluß der Infarktausdehnung und -lokalisation auf die Sensitivität 201-Thallium-Ruhe-Szintigraphie zum Nachweis abgelaufener transmuraler Myokardinfarkte

Patienten mit	201-Thallium-Szintigramm		
	positiv	negativ	Sensitivität
nicht-ausgedehntem Vorderwandinfarkt (n = 13)	7	6	54%
ausgedehntem Vorderwandinfarkt (n = 39)	36	3	92%
Vorderwandinfarkt (n = 52)	43	9	83%
nicht-ausgedehntem Hinterwandinfarkt (n = 23)	11	12	50%
ausgedehntem Hinterwandinfarkt (n = 20)	19	1	95%
Hinterwandinfarkt (n = 43)	30	13	70%
Vorder- und Hinterwandinfarkt (n = 19)	18	1	95%

Tabelle 5. Einfluß der Anzahl stenosierter Koronararterien auf die Sensitivität der 201-Thallium-Belastungs-Szintigraphie zum Nachweis einer koronaren Herzerkrankung bei Patienten ohne abgelaufenen Myokardinfarkt

Patienten mit einer	201-Thallium-Szintigramm		
	positiv	negativ	Sensitivität
1-Gefäßerkrankung (n = 42)	30	12	71%
2-Gefäßerkrankung (n = 33)	12	21	36%
3-Gefäßerkrankung (n = 31)	26	5	84%

Einfluß auf die Sensitivität, da nicht-ausgedehnte Vorderwandinfarkte (54%) etwa gleich häufig wie nicht-ausgedehnte Hinterwandinfarkte (50%) und ausgedehnte Vorderwandinfarkte (92%) etwa gleich häufig wie ausgedehnte Hinterwandinfarkte (95%) ein pathologisches Szintigramm verursachen (Tabelle 4). Die Sensitivität bei den Patienten mit Vorderwandinfarkten (Tabelle 4) ist deshalb höher (83%) als bei den mit Hinterwandinfarkten (70%), da Vorderwandinfarkte häufiger ausgedehnt sind als Hinterwandinfarkte.

3.2 Koronare Herzerkrankung ohne Myokardinfarkt

Bei Patienten mit koronarer Herzerkrankung ohne Myokardinfarkt ist die Sensitivität der Thallium-Szintigraphie abhängig von der Anzahl stenosierter

Gefäße: Bei Patienten mit einer 2-Gefäßerkrankung ist die Sensitivität niedriger (36%) als bei Patienten mit einer 1- (71%) oder einer 3-Gefäßerkrankung (84%) (Tabelle 5). Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, daß eine gleichmäßige Perfusionsänderung im Versorgungsbereich des Ramus interventricularis anterior und der Arteria circumflexa (überwiegender Anteil in unserem Krankengut mit 2-Gefäßerkrankung) im Szintigramm, das nur Perfusionsdifferenzen darstellt, nicht eindeutig sichtbar gemacht werden kann. Die hohe Sensitivität bei Patienten mit einer 3-Gefäßerkrankung ist dadurch zu erklären, daß bei diesen Patienten in der Regel ein eindeutiger Defekt im apikal-inferioren Bereich, dem Überlagerungsbereich der 3 großen Koronararterien, nachgewiesen werden konnte.

Vergleicht man die Sensitivität des Belastungs-EKG's mit der des Belastungs-Szintigramms, so ist nach Angaben der meisten Autoren das Belastungszintigramm dem Belastungs-EKG überlegen [2, 6, 15, 19, 27]. Dagegen ist unter ausschließlicher Berücksichtigung der eindeutigen Speicherdefekte die Sensitivität der Thallium-Szintigraphie bei Patienten ohne Myokardinfarkt geringer als die des Belastungs-EKG's [31]. Nur bei Patienten mit einer 1-Gefäßerkrankung ist das Belastungszintigramm sensitiver als das Belastungs-EKG [31].

Durch die zusätzlich zum Belastungs-EKG durchgeführte Belastungszintigraphie kann die Sensitivität bei Patienten mit einer 1-Gefäßerkrankung um 25% gesteigert werden, dagegen bei Patienten mit einer Mehr-Gefäßerkrankung nur um ca. 5% [31].

4. Indikationen zur 201-Thallium-Szintigraphie zum Nachweis einer koronaren Herzerkrankung

Bei Patienten mit atypischen Brustschmerzen, die eine Angina pectoris jedoch nicht ausschließen lassen und mit einem nicht eindeutig auf eine Ischämie hinweisenden oder eingeschränkt beurteilbaren Belastungs-EKG (z. B. Schenkelblock, WPW-Syndrom), insbesondere in Verbindung mit nachgewiesenem Koronarkalk und/oder vorhandenen Risikofaktoren [10, 26] (mittlere Vor-Test-Wahrscheinlichkeit) ist die Durchführung eines Thallium-Szintigramms indiziert. Dies gilt auch für Patienten mit einem eindeutig positiven Belastungs-EKG ohne Symptomatik.

Bei asymptomatischen Personen oder Patienten mit völlig atypischen Brustschmerzen ohne Risikofaktoren mit unauffälligem Belastungs-EKG (niedrige Vor-Test-Wahrscheinlichkeit) erscheint die Durchführung der Thallium-Szintigraphie (als Screening-Test) aufgrund der hohen Kosten und der relativ geringen Sensitivität nicht gerechtfertigt.

Bei Patienten mit typischer Angina pectoris erbringt ein 201-Thallium-Szintigramm bezüglich der Frage nach dem Vorliegen einer koronaren Herz-

erkrankung keine Zusatzinformation, da bei diesen Patienten ohnehin mit über 90%iger Wahrscheinlichkeit [40] eine koronare Herzerkrankung vorliegt (hohe Vor-Test-Wahrscheinlichkeit).

Bei Infarktanamnese ohne eindeutiges Infarkt-EKG erscheint die Durchführung eines Thallium-Szintigramms zum Nachweis eines abgelaufenen Infarktes nicht wertvoll, da diese Infarkte in der Regel zu klein sind [9, 17, 21], um mit den von uns jetzt zur Verfügung stehenden szintigraphischen Methoden nachweisbar zu sein.

Das Ergebnis einer koronaren Bypass-Operation kann durch die Thallium-Szintigraphie in den meisten Fällen – bei Vorliegen präoperativer Vergleichsbefunde – gut beurteilt werden [33].

5. Möglichkeiten zur Steigerung der Sensitivität der 201-Thallium-Szintigraphie

Die zur Erlangung einer Spezifität und somit Vorhersagbarkeit von 100% notwendige Einordnung grenzwertiger Thallium-Szintigramme als negativ führt zu einer niedrigen Sensitivität. Das Ziel weiterer Verbesserungen der Thallium-Szintigraphie muß daher darin bestehen, die Sensitivität bei konstant hoher Spezifität zu steigern:

Um die Bildunschärfe, die durch die Herzbewegung entsteht [32] zu eliminieren, können 201-Thallium-Szintigramme mit Hilfe einer EKG-Triggerung enddiastolisch dargestellt werden. Die so erzielte Steigerung der Sensitivität [14] führt allerdings zu einer ca. 10 × längeren Aufnahmedauer und kann daher in Anbetracht der schnellen Rückverteilung des Thalliums [29] für die Belastungs-Szintigraphie zum Nachweis von Ischämien nicht akzeptiert werden.

Möglicherweise kann durch eine quantitative Auswertung der Thallium-Szintigramme [7, 8] eine Steigerung der Sensitivität erreicht werden [12, 22], insbesondere unter Verwendung der Computer-Rekonstruktions-Tomographie [36, 37]. Hiermit könnte der Nachweis kleinerer, im EKG nicht faßbarer ischämischer oder narbiger Bezirke gelingen.

Dennoch wird eine Sensitivität von 100% bis heute – selbst unter Verwendung dieser Methode – nicht erreicht, so daß auch weiterhin ein negatives Thallium-Szintigramm das Vorliegen einer myokardialen Minderdurchblutung nicht ausschließt.

Wir danken Frau M. Vogel für ihre wertvolle technische Assistenz.

Literatur

1. Bailey, I., Come, P. C., Kelley, D., Griffith, L. S. C., Strauss, W. H., Pitt, B.: Thallium-201 myocardial perfusion imaging in patients with aortic stenosis. *Circulation Suppl. II*, **53/54**, 79 (1976)
2. Bailey, I., Griffith, L. S. C., Rouleau, J., Strauss, H., Pitt, B.: Thallium-201 myocardial perfusion imaging at rest and during exercise. *Circulation* **55**, 79 (1977)
3. Berger, H. J., Gottschalk, A., Zaret, B. L.: Dual radionuclide study of acute myocardial infarction. *Ann. Intern. Med.* **88**, 145 (1978)
4. Blood, D. K., McCarthy, D. M., Sciacca, R. R., Cannon, P. J.: Comparison of single-dose and double-dose Thallium 201 myocardial perfusion scintigraphy for the detection of coronary artery disease and prior myocardial infarction. *Circulation* **58**, 777 (1978)
5. Bodenheimer, M. M., Banka, V. S., Fosshee, C., Hermann, G. A., Helfant, R. H.: Relationship between regional myocardial perfusion and the presence, severity and reversibility of asynergy in patients with coronary heart disease. *Circulation* **58**, 789 (1978)
6. Botvinick, F. H., Taradash, M. R., Shames, D. M., Parmley, W. W.: Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy for the clinical clarification of normal, abnormal and equivocal electrocardiographic stress tests. *Am. J. Cardiol.* **41**, 43 (1978)
7. Büll, U., Strauer, B. E., Niendorf, H. P.: Correlation of degree of LAD-stenosis, myocardial motion and myocardial function with the regional Thallium-201 uptake, evaluated by a scintimetric method. *Herz* **2**, 138 (1977)
8. Burow, R. D., Pond, M., Schafer, W., Becker, L.: Circumferential profiles: A new method for computer analysis of Thallium-201 myocardial perfusion images. *J. Nucl. Med. Allied Sci.* **20**, 771 (1979)
9. Cox, C. J. C.: Return to normal of the electrocardiogram after myocardial infarction. *Lancet* **1967 I**, 1194
10. Diamond, G. A., Forrester, J. S.: Analysis of probability as an aid in the clinical diagnosis of coronary artery disease. *N. Engl. J. Med.* **300**, 1350 (1979)
11. Feiglin, D., Huckell, V., Staniloff, H., McEwen, P., Morch, J., McLaughlin, P. R.: Demonstration of segmental Thallium perfusion defects in cardiomyopathies having normal coronary arteries. *J. Nucl. Med.* **19**, 704 (1978)
12. Fletcher, J. W., Walter, K. E., Witztum, K. F., Daly, J. L., Herbig, F. K., Mueller, H. S., Donati, R. M.: Diagnosis of coronary artery disease with 201-Thallium. *Radiology* **128**, 423 (1978)
13. Gould, K. L.: Noninvasive assessment of coronary stenoses by myocardial perfusion imaging during pharmacologic vasodilatation. *Am. J. Cardiol.* **41**, 267 (1978)
14. Hamilton, G. W., Narahara, K. A., Trobaugh, G. B., Ritchie, J. L., Williams, D. L.: Thallium-201 myocardial imaging characterization of the ECG-synchronized images. *J. Nucl. Med.* **19**, 1103 (1978)
15. Hamilton, G. W., Trobaugh, B., Ritchie, J. L., Gould, K. L.: Myocardial imaging at rest and during exercise. *Herz* **2**, 146 (1977)
16. Hör, G., Lichte, H., Pabst, H. W., Luther, M.: 201-Thallium-Myokardszintigraphie bei Herzinfarkt. *Nuc. Compact* **5**, 77 (1974)
17. Kalbfleisch, J. M., Shadaksharappa, K. S., Conrad, L. L., Sarkar, N. K.: Disappearance of the Q-deflection following myocardial infarction. *Am. Heart J.* **76**, 193 (1968)
18. Knoebel, S. B., Elliot, W. C., McHenry, P. L., Ross, E.: Myocardial blood flow in coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* **27**, 51 (1971)
19. Lössle, B., Krönert, J., Rafflenbeul, D., Feinendegen, L. E., Loogen, F.: Empfindlichkeit und Treffsicherheit der Thallium-201-Myokardszintigraphie bei der Diagnostik der koronaren Herzkrankheit und bei Myokardschäden anderer Ursache. *Z. Kardiol.* **68**, 429 (1979)
20. Lusted, L. B.: Decision-making studies in patient management. *N. Engl. J. Med.* **284**, 416 (1971)
21. Margolis, J. R., Kannel, W. B., Feinleib, M., Dawber, T. R., McNamara, P. M.: Clinical features of unrecognized myocardial infarction – silent and symptomatic, eighteen year follow up: The framingham study. *Am. J. Cardiol.* **32**, 1 (1973)

22. Paris, J. V., Burt, R. W., Graham, M. C., Knoebel, S. B.: Computerized statistical enhancement of stress Thallium-201 images. *Circulation* **55/56**, 540 (1977)
23. Pohost, G. M., Zir, L. M., Moore, R. H., Mc Kusick, K. A., Guiney, T. E., Beller, G. A.: Differentiation of transiently ischemic from infarcted myocardium by serial imaging after a single dose of Thallium-201. *Circulation* **55**, 294 (1977)
24. Redwood, D. R., Borer, J. S.: Whither the ST-segment during exercise? *Circulation* **54**, 703 (1976)
25. Rifkin, R. D., Hood, W. B.: Bayesian analysis of electrocardiographic exercise stress testing. *N. Engl. J. Med.* **297**, 681 (1977)
26. Salel, A. F., Fong, A., Zelis, R., Miller, R. R., Borhani, N. O., Mason, D. T.: Accuracy of numerical coronary profile. *N. Engl. J. Med.* **296**, 1447 (1977)
27. Sauer, E., Sebening, H., Dressler, J., Lutitsky, L., Ulm, K., Hör, G., Pabst, H. W., Blömer, H.: Thallium-201-Serienmyokardszintigraphie bei koronarer Herzkrankheit. Vergleich mit der Elektrokardiographie und Koronarangiographie. *Z. Kardiol.* **68**, 454 (1979)
28. Sawayama, T., Ito, Q., Ichikawa, T., Nezou, S., Tsuda, T., Katsumra, T.: Thallium-201 imaging with color display computer system in old myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.* **40**, 277 (1977)
29. Schelbert, H. R., Schuler, G., Ashburn, W. L., Covell, J. W.: Time-course of „redistribution“ of Thallium-201 administered during transient ischemia. *Eur. J. Nucl. Med.* **4**, 351 (1979)
30. Silber, S., Fleck, E., Bierner, M., Klein, U., Rudolph, W.: Szintigraphischer Nachweis abgelaufener transmuraler Myokardinfarkte mit Thallium-201. Einfluß von Lokalisation, Ausdehnung und Schweregrad der linksventrikulären Wandbewegungseinschränkung. *Herz* **4**, 428 (1979)
31. Silber, S., Fleck, E., Klein, U., Rudolph, W.: Wertigkeit der Thallium-201-Belastungsszintigraphie im Vergleich zur Belastungselektrokardiographie bei Patienten mit koronarer Herzkrankung ohne Myokardinfarkt. *Herz* **4**, 359 (1979)
32. Silber, S., Klein, U., Goppel, L., Rinke, H., Weber, M., Rudolph, W.: Thallium-201 myocardial imaging in patients with hypertrophic cardiomyopathy and with right ventricular overload. *Herz* **2**, 176 (1977)
33. Silber, S., Schwaiger, M., Fleck, E., Klein, U., Rudolph, W.: Beurteilung des Ergebnisses einer koronaren Bypass-Operation mittels 201-Thallium-Szintigraphie. *Z. Kardiol.* **68**, 631 (1979)
34. Turner, D. A., Battle, W. E., Deshmukh, H., Colandrea, M. A., Snyder, G. L., Fordham, E. W., Messer, J. V.: The predictive value of myocardial perfusion scintigraphy after stress in patients without previous myocardial infarction. *J. Nucl. Med.* **19**, 249 (1978)
35. Verani, M. S., Ihingran, S., Attar, M., Rizk, A., Quinones, M. A., Miller, R. R.: Poststress redistribution of Thallium-201 in patients with coronary artery disease with and without prior myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.* **43**, 1114 (1979)
36. Vogel, R. A., Kirch, D., Le Free, M., Steele, P.: A new method of multiplanar emission tomography using a seven pinhole collimator and an anger scintillation camera. *J. Nucl. Med.* **19**, 648 (1978)
37. Vogel, R. A., Kirch, D. L., Le Free, M. T., Rainwater, J. O., Jensen, D. P., Steele, P. P.: Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy: Results of standard and multipinhole tomographic techniques. *Am. J. Cardiol.* **43**, 787 (1979)
38. Wackers, F. J. Th., Lie, K. I., Sokole, E. B., Res, J., Van der Schoot, J. B., Durrer, D.: Prevalence of right ventricular involvement in inferior wall infarction assessed with myocardial imaging with Thallium-201 and technetium-99 m-pyrophosphate. *Am. J. Cardiol.* **42**, 358 (1978)
39. Wackers, F. J. Th., Sokole, E. B., Samson, G., Van der Schoot, J. B., Lie, K. I., Liem, K. L., Wellens, H. J. J.: Value and limitations of thallium-201 scintigraphy in the acute phase of myocardial infarction. *N. Engl. J. Med.* **295**, 1 (1976)
40. Weiner, D. A., McCabe, C., Hueter, D. C., Ryan, T., Hood, W. B.: The predictive value of anginal chest pain as an indicator of coronary disease during exercise testing. *Am. Heart J.* **96**, 458 (1978)

Prof. Dr. W. Rudolph
Klinik für Herz- und
Kreislaufkrankungen
Deutsches Herzzentrum
Lothstraße 11
D-8000 München