

---

## Weitere Themen

---

S. Silber, E. Fleck, M. Bierner, U. Klein, W. Rudolph

Klinik für Herz- und Kreislauferkrankungen (Direktor: Prof. Dr. W. Rudolph), Deutsches Herzzentrum München

### Szintigraphischer Nachweis abgelaufener transmuraler Myokardinfarkte mit Thallium-201

Einfluß von Lokalisation, Ausdehnung und Schweregrad der linksventrikulären Wandbewegungseinschränkung

#### Zusammenfassung

Bei 114 Patienten mit Infarktanamnese, eindeutigem Infarkt-Ekg und angiographisch nachgewiesenen Koronararterienstenosen sowie irreversiblen Asynergien wurden Thallium-201-Ruhe-Szintigramme visuell ausgewertet und zu Infarktlokalisierung, -ausdehnung und Schweregrad der Asynergie in Beziehung gesetzt. 25 Herzgesunde dienten als Kontrollgruppe. Aufgrund des Vorkommens grenzwertiger Befunde bei Herzgesunden läßt sich im Einzelfall eine sichere Aussage nur dann treffen, wenn ausschließlich eindeutig-pathologische Szintigramme zur Bewertung herangezogen werden. Dies führt zu einer Spezifität und somit auch zu einer Vorhersagbarkeit von 100%. Von größtem Einfluß auf die Sensitivität der Thallium-201-Szintigraphie zum Infarktnachweis war die Infarktausdehnung, da die Hälfte der Patienten mit nicht ausgedehntem, jedoch fast alle Patienten mit ausgedehntem Infarkt ein eindeutig pathologisches Thalliumszintigramm aufwiesen. An zweiter Stelle steht der Einfluß des Schweregrades der Asynergie, da bei Patienten mit Akinesien und Dyskinesien häufiger ein eindeutig pathologisches Szintigramm nachweisbar war als bei Patienten mit ausschließlichen Hypokinesien. Die Infarktlokalisierung spielt eine untergeordnete Rolle, da nicht ausgedehnte Vorder- und Hinterwandinfarkte, ebenso wie ausgedehnte Vorder- und Hinterwandinfarkte etwa gleich häufig ein sicher pathologisches Szintigramm aufwiesen. Rückschlüsse auf die Infarktausdehnung anhand des Thalliumszintigramms können nur bei ausgedehnten Speicherdefekten gezogen werden, da bei allen Patienten mit diesem Befund auch angiographisch ein ausgedehnter Infarkt nachweisbar war. Liegt ein nicht ausgedehnter Thalliumdefekt vor, kann jedoch keine Aussage über die wahre Infarktausdehnung gemacht werden, da bei etwa 50% dieser Befunde der Infarkt angiographisch ausgedehnt war. Die Aussagekraft des Thalliumszintigramms bezüglich der Infarktausdehnung entspricht der des Ekg.

**Summary: Scintigraphic detection of remote transmural myocardial infarction with thallium-201. – Influence of localization, extent and degree of left ventricular asynergy**

This study was undertaken to assess the value of the thallium-201-scintigram in the detection of remote myocardial infarction with respect to localization and extent as well as the degree of impairment of left ventricular wall motion. 114 patients with typical history of infarction, unequivocal ECG changes and angiographically-documented irreversible asynergy were investigated and 25 healthy subjects served as controls. Electrocardiographic classification of infarction as extensive or non-extensive was based on number of leads involved. The thallium-201-scintigrams were visually analyzed for evaluation of each of 3 segments in all 6 recorded projections. The angiograms were evaluated with respect to regional wall motion derived for the semi-axis shortening of the 3 corresponding scintigraphic segments in the right and left anterior oblique projections. Standard classification of localization and degree of asynergy were employed.

Since interpretation of borderline scintigraphic findings as either negative or positive may exert substantial influence on the outcome of the results, analysis was carried out for both cases.

The sensitivity for the entire population, on consideration of borderline findings as negative (or positive), was 80% (92%). Analysis with respect to infarct *extension* only, demonstrated sensitivities of 50% (78%) in 36 patients with 1 asynergic segment, 92% (98%) in 65 patients with 2 asynergic segments and 100% (100%) in 13 patients with 3 asynergic segments. With respect to *localization* of the infarct, the thallium scintigram showed a sensitivity of 83% (94%) in 52 patients with angiographically-proven anterior wall infarction and 70% (86%) in 43 patients with inferior wall infarction. The sensitivity in 13 patients with angiographic findings consistent with non-extensive anterior wall infarction was 54% (77%), in 39 patients with extensive anterior wall lesions 92% (100%). In 23 patients whose angiographic findings revealed non-extensive inferior wall infarction the sensitivity was 50% (77%) and in 20 patients with extensive inferior wall infarction 95% (95%). The thallium scintigram demonstrated a sensitivity of 95% (100%) in those with both anterior and inferior wall infarctions. Independent of localization and extension, in 29 patients with *hypokinesis only*, the scintigram had a sensitivity of 58% (86%), in 85 patients with *akinesis* or *dyskinesis* 87% (94%).

In 32 patients with *electrocardiographic* changes consistent with non-extensive anterior wall infarction, the sensitivity was 75% (90%) and in 20 patients with ECG changes indicative of extensive anterior wall infarction the sensitivity was 95% (100%).

The sensitivities for ECG changes consistent with non-extensive and extensive inferior wall infarction in 34 and 9 patients, respectively, were 64% (85%) and 89% (89%). The scintigram had a sensitivity of 95% (100%) in 19 patients with electrocardiographic evidence of both anterior and inferior wall infarction.

7 of the 25 control subjects had borderline scintigrams and none had clearly defective thallium uptake. The specificity was thus 100% (72%). The predictive value of a pathologic scintigram was 100% (94%, note high prevalence of 82%).

On consideration of unequivocally-positive scintigrams only, all 46 patients with an extensive defect in thallium uptake showed angiographic evidence of extensive infarction. In 45 patients who clearly demonstrated defective thallium uptake in 1 segment, 60% had angiographic evidence of extensive and 40% non-extensive infarction.

Since the distribution of the thallium activity is not completely homogeneous in approximately one-third of the healthy subjects, it would not appear meaningful to regard borderline findings as positive because this would incur an unnecessary loss of specificity; that is, in the individual case, the detection of remote infarction could not be attained with certainty. Certainty of assessment (with predictive value = 100%) can only be achieved if the specificity is 100% and this is possible only on consideration of borderline findings as negative.

In this study, the most important of the factors capable of influencing the sensitivity of the thallium scintigram in the detection of remote infarction appeared to be the extent of infarction since only half of the patients with non-extensive infarcts, but almost all of the patients with extensive infarction demonstrated a pathologic scintigram. The degree of asynergy was found to be a determinant of intermediate value in that patients with akinesis and dyskinesis displayed more frequently positive findings than those with hypokinesis only. The localization of the infarct had almost no influence on the sensitivity since non-extensive infarction was detected as frequently as extensive infarction in both the anterior and inferior walls.

An extensive thallium defect was indicative of extensive infarction since the latter could be documented angiographically in each case. As opposed to this finding, a non-extensive defect in thallium uptake was associated equally as frequently with both extensive and non-extensive infarction. Thus, in the assessment of infarct size, the thallium-201-scintigram is comparable with the electrocardiogram.

The lesser sensitivity in patients with non-extensive infarction may potentially be enhanced through recording of a "late scintigram" (4 hours after exercise), ECG triggering for an end-diastolic scintigram or, quite promising, tomographic reconstruction of the thallium scintigram recorded with a gamma camera.

Obwohl zahlreiche Untersuchungen über die Wertigkeit der Thallium-201-Szintigraphie zum nichtinvasiven Nachweis regionaler Ischämien durchgeführt wurden [3, 9, 16, 21, 38, 40], liegen zur Erkennung einer Myokardnarbe nur in bezug auf den akuten Infarkt ausreichende Daten vor: Berger et al. [4] und Wackers et al. [46] fanden bei allen Patienten mit akutem Vorder- oder Hinterwandinfarkt einen Thalliumspeicherdefekt. Diese außerordentlich hohe Sensitivität gilt nur bis zu 6 Stunden nach dem Schmerzereignis. Wenn auch über eine Abnahme der Sensitivität im chronischen Infarktstadium berichtet wurde [29, 47], lassen die bisher vorliegenden Mitteilungen [25, 37] für dieses Stadium keine schlüssige Beurteilung zu, weil meist keine Unterteilung in Vorder- und Hinterwandinfarkte getroffen wurde [7, 9, 16, 31] sowie Angaben über Ausdehnung, Schweregrad und Reversibilität der Wandbewegungseinschränkung fehlen [6, 15, 27, 34]. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Wertigkeit der Thallium-201-Szintigraphie zur Erkennung eines abgelaufenen Infarkts unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte festzustellen.

## Krankengut und Methodik

In die Studie wurden 114 Patienten mit Infarktanamnese, eindeutigem Infarkt-Ekg, irreversibler Asyner-

gie und Stenosen  $\geq 75\%$  der dem Infarktgebiet zugeordneten Koronararterien aufgenommen. 25 Patienten mit unauffälligen Koronararterien, normaler Hämodynamik und regelrechter Ventrikelwandbewegung dienten als Kontrollgruppe.

## Thallium-201-Szintigramm

Nach 12stündigem Fasten [48] erfolgte unter Ruhebedingungen die Injektion von etwa 2,0 mCi Thallium-201 (Philips-Duphar). 20 Minuten danach [16] wurden Szintigramme in 6 Projektionen (30° RAO, anterior-posterior, 30° LAO, 45° LAO, 60° LAO, links-lateral) mit einer Anger-Kamera (Radicamera II CGR; LEM, Searle) bei 80 keV [20], 20% Fenster bis 300 000 counts/Bild unter Verwendung eines hochauflösenden Kollimators angefertigt (Abbildung 1). Die Auswertung der in einem Computersystem (Medstor bzw. Hewlett-Packard 5407 A) gespeicherten Bilder (Matrix 64 × 64) erfolgte visuell nach Kontrastverstärkung ohne Untergrundsubtraktion. Zur Beurteilung von Infarktlokalisierung und -ausdehnung wurden die Szintigramme in 3 Segmente unterteilt: jeweils anteriores, apikales und inferiores Segment in 30° RAO, anterior-posteriorer und links-lateraler Projektion; antero-septales, apikal-inferiores sowie laterales Segment in den linksschrägen Projektionen. Anteriorer

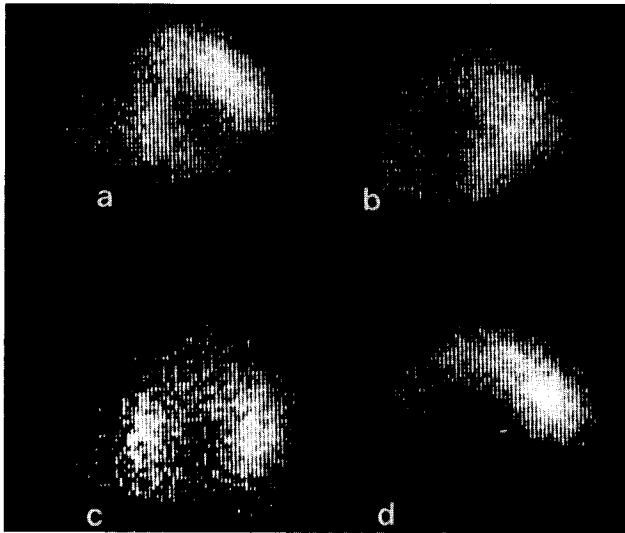


Abbildung 1. Thallium-201-Ruhe-szintigramme bei 4 Patienten mit abgelaufenem transmuralen Myokardinfarkt. a) Speicherdefekt im apikalen Segment eines Patienten mit angiographisch nicht ausgedehntem Vorderwandinfarkt (anterior-posteriore Projektion). b) Speicherdefekt im antero-septalen und apikalen Segment eines Patienten mit angiographisch ausgedehntem Vorderwandinfarkt (45° LAO). c) Speicherdefekt im apikal-inferioren Segment eines Patienten mit angiographisch nicht ausgedehntem Hinterwandinfarkt (45° LAO). d) Speicherdefekt im antero-septalen und apikal-inferioren Segment eines Patienten mit Vorder- und Hinterwandinfarkt (45° LAO).

Figure 1. Resting thallium-201 scintigrams in 4 patients with remote transmural myocardial infarction. a) Defective uptake in the apical segment of a patient with angiographically-documented non-extensive anterior wall infarction (a.p. projection). b) Defective uptake in the antero-septal and apical segments in a patient with angiographically-documented extensive anterior wall infarction (45° LAO projection). c) Defective uptake in the apico-inferior segment of a patient with angiographically-documented non-extensive inferior wall infarction (45° LAO projection). d) Defective uptake in antero-septal and apico-inferior segments of a patient with angiographically-documented anterior and inferior wall infarction (45° LAO projection).

und antero-septaler, apikaler und apikal-inferiörer sowie inferiörer und apikal-inferiörer Abschnitt wurden zu einem Segment zusammengefaßt. Als nicht ausgedehnter Defekt wurde eine Minderspeicherung in nur einem, als ausgedehnter Defekt eine Minderspeicherung in 2 Segmenten definiert. Ein eindeutig positiver Befund lag bei deutlicher Minderspeicherung in mindestens 2 Projektionen, ein grenzwertiger Befund bei „geringer“ Minderspeicherung in nur einer Projektion vor. Da die Einordnung grenzwertig pathologischer Szintigramme die Ergebnisse erheblich beeinflußt [40], wurden diese zunächst als negativ, dann auch als positiv eingestuft.

Die Wertigkeit der Thallium-201-Szintigraphie wurde in Sensitivität ( $rp/rp + fn$ ), Spezifität ( $rn/rn + fp$ ) und

Vorhersagbarkeit ( $rp/rp + fp$ ) angegeben [24, 32, 42], wobei r = richtig, f = falsch, p = positiv und n = negativ bedeuten.

### Angiographie

Linke und rechte Koronararterie wurden selektiv nach Judkins in mehreren Projektionen dargestellt, die Lävokardiogramme biplan in 30° RAO und 60° LAO angefertigt. Zum besseren Vergleich mit der Thallium-szintigraphie wurde die aus Halbachsen ermittelte regionale Wandbewegung zu jeweils 3 Segmenten in rechts- und linksschräger Projektion zusammengefaßt. Die Einteilung der Asynergien erfolgte in Hypokinesien und Akinesien bzw. Dyskinesien (Einschränkung der Wandbewegung bis bzw. unter 15% des Normbereichs [36]). Als nicht ausgedehnter Infarkt ( $VW_I$  bzw.  $HW_I$ ) wurde eine Asynergie in nur einem, als ausgedehnter Infarkt eine Asynergie in mindestens 2 Segmenten definiert ( $VW_2$  bzw.  $HW_2$ ).

### Infarkt-Ekg

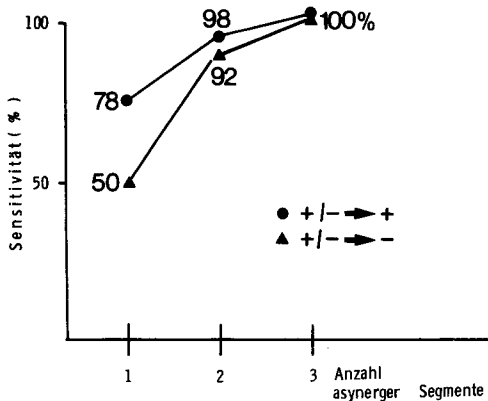
Als eindeutiges Ekg-Kriterium für einen transmuralen Infarkt galt eine Q-Zacke  $\geq 0,04$  s [8], ein QS-Komplex oder bei Vorderwandinfarkt eine fehlende R-Progression. Die Einteilung in Gruppen erfolgte nach Lokalisation und Ausdehnung [5, 39]: Vorderwandinfarkt:  $VW_I$  = nicht ausgedehnter Vorderwandinfarkt: Q oder QS-Komplex bzw. fehlende R-Progression in den Abteilungen (V)  $V_2$  bis  $V_3$  ( $V_4$ ).  $VW_{II}$  = ausgedehnter Vorderwandinfarkt: Q oder QS-Komplex bzw. fehlende R-Progression in  $V_2$  bis  $V_5$  ( $V_6$ ), I, aVL. Hinterwandinfarkt:  $HW_I$  = nicht ausgedehnter Hinterwandinfarkt: Q oder QS-Komplex in (II), III, aVF.  $HW_{II}$  = ausgedehnter Hinterwandinfarkt: Q oder QS-Komplex in (II), III, aVF, ( $V_5$ ),  $V_6$ . Vorder- und Hinterwandinfarkt:  $VHW = VW_{I, II} + HW_{I, II}$ .

### Ergebnisse

#### Sensitivität

Für das gesamte Krankengut ergab sich unter Einordnung grenzwertiger Befunde als negativ eine Sensitivität der Thallium-201-Szintigraphie zur Erkennung eines abgelaufenen Infarkts von 80%, unter Einordnung grenzwertiger Befunde als positiv eine Sensitivität von 92%.

Bei ausschließlicher Berücksichtigung der Infarktausdehnung und Einordnung grenzwertiger Befunde als negativ zeigten von 36 Patienten mit einem asynergen



- 1 = Patienten mit Asynergien in 1 Segment (n = 36) – patients with asynergy in 1 segment (n = 36);  
 2 = Patienten mit Asynergien in 2 Segmenten (n = 65) – patients with asynergy in 2 segments (n = 65);  
 3 = Patienten mit Asynergien in 3 Segmenten (n = 13) – patients with asynergy in 3 segments (n = 13).

Segment 50%, von 65 Patienten mit 2 asynergen Segmenten 92% und von 13 Patienten mit 3 asynergen Segmenten 100% ein pathologisches Thalliumsintigramm (Abbildung 2). Unter Einordnung grenzwertiger

Abbildung 2. Einfluß der Infarktausdehnung auf die Sensitivität der Thallium-201-Ruheaszintigraphie zum Nachweis abgelaufener transmuraler Myokardinfarkte. Grenzwertige (+/-) Befunde wurden als negativ (-) bzw. als positiv (+) eingestuft. Die größte Bedeutung für die Sensitivität kommt der Infarktausdehnung zu, da nur die Hälfte der Patienten mit nicht-ausgedehntem, jedoch fast alle Patienten mit ausgedehntem Infarkt ein eindeutig pathologisches Szintigramm aufwiesen.

Figure 2. Influence of infarct extent on the sensitivity of the resting thallium-201 scintigram in the detection of remote transmural infarction. Borderline (+/-) findings considered negative (-) and positive (+) respectively. The extent of infarction was the most important determinant of sensitivity since only half of the patients with non-extensive but almost all of those with extensive infarction demonstrated a positive scintigram.

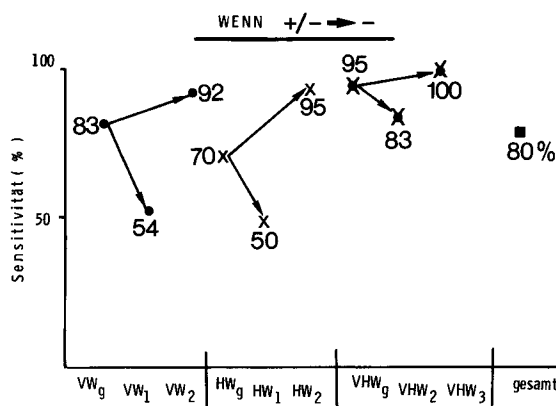


Abbildung 3a – Figure 3a

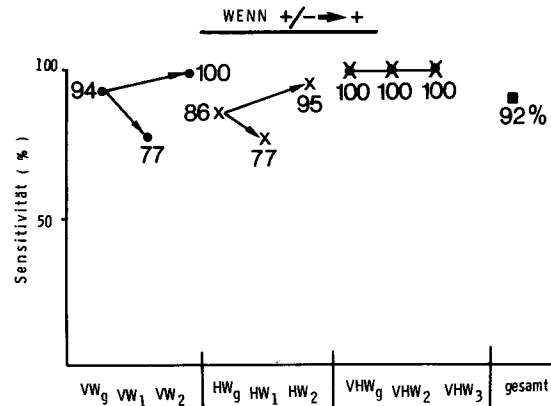


Abbildung 3b – Figure 3b

- VW<sub>g</sub> = Gesamtgruppe der Patienten mit Vorderwandasynergien (n = 52) – total group of patients with anterior wall asynergy (n = 52);  
 VW<sub>1</sub> = Patienten mit Vorderwandasynergien in 1 Segment (n = 13) – patients with anterior wall asynergy in 1 segment (n = 13);  
 VW<sub>2</sub> = Patienten mit Vorderwandasynergien in 2 Segmenten (n = 39) – patients with anterior wall asynergy in 2 segments (n = 39);  
 HW<sub>g</sub> = Gesamtgruppe der Patienten mit Hinterwandasynergien (n = 43) – total group of patients with inferior wall asynergy (n = 43);  
 HW<sub>1</sub> = Patienten mit Hinterwandasynergien in 1 Segment (n = 23) – patients with inferior wall asynergy in 1 segment (n = 23);  
 HW<sub>2</sub> = Patienten mit Hinterwandasynergien in 2 Segmenten (n = 20) – patients with inferior wall asynergy in 2 segments (n = 20);  
 VHW<sub>g</sub> = Gesamtgruppe der Patienten mit Vorder- und Hinterwandasynergien (n = 19) – total group of patients with anterior and inferior wall asynergy (n = 19);  
 VHW<sub>2</sub> = Patienten mit Vorder- und Hinterwandasynergien in 2 Segmenten (n = 6) – patients with anterior and inferior wall asynergy in 2 segments (n = 6);  
 VHW<sub>3</sub> = Patienten mit Vorder- und Hinterwandasynergien in 3 Segmenten (n = 13) – patients with anterior and inferior wall asynergy in 3 segments (n = 13).

Abbildungen 3a und 3b. Einfluß der Infarktlokalisation und -ausdehnung auf die Sensitivität der Thallium-201-Ruheaszintigraphie zum Nachweis abgelaufener transmuraler Myokardinfarkte. Grenzwertige (+/-) Befunde wurden als negativ (Abbildung 3a) bzw. als positiv (Abbildung 3b) eingestuft. Die Infarktlokalisation ist nahezu ohne Einfluß auf die Sensitivität, da nicht-ausgedehnte etwa ebenso häufig wie ausgedehnte Vorder- und Hinterwandinfarkte ein sicher pathologisches Szintigramm aufwiesen. Die im Vergleich zu Hinterwandinfarkten vermeintlich höhere Sensitivität bei Vorderwandinfarkten ist auf den wesentlich größeren Anteil ausgedehnter Infarkte in dieser Gruppe zurückzuführen.

Figures 3a and 3b. Influence of infarct localization and infarct extent on the sensitivity of the resting thallium-201 scintigram in the detection of remote transmural infarction. Borderline (+/-) findings considered negative (Figure 3a) and positive (Figure 3b) respectively. The localization of the infarction has almost no influence on the sensitivity since non-extensive infarctions demonstrate a pathologic scintigram as frequently as extensive infarctions in both the anterior and inferior wall. As compared with that of inferior wall infarction, the seemingly higher sensitivity associated with anterior wall infarction appears primarily due to a larger percentage of extensive lesions in this group.

ger Befunde als positiv betrug die Sensitivität bei Patienten mit einem asynergen Segment 78%, bei Patienten mit 2 asynergen Segmenten 98% und bei Patienten mit 3 asynergen Segmenten 100% (Abbildung 2). Bei Unterteilung nach Infarktlokalisierung und Einordnung grenzwertiger Befunde als negativ betrug die Sensitivität bei 52 Patienten mit angiographisch nachgewiesenem Vorderwandinfarkt 83% und bei 43 Patienten mit Hinterwandinfarkt 70% (Abbildung 3a). Unter Einordnung grenzwertiger Befunde als positiv fand sich bei Patienten mit Vorderwandinfarkt eine Sensitivität von 94% und bei Patienten mit Hinterwandinfarkt von 86% (Abbildung 3b).

Die Sensitivität bei 13 Patienten mit angiographisch nicht ausgedehntem Vorderwandinfarkt (VW<sub>1</sub>) betrug unter Einordnung grenzwertiger Befunde als negativ 54% und bei 39 Patienten mit ausgedehntem Vorderwandinfarkt (VW<sub>2</sub>) 92% (Abbildung 3a). Von 23 Patienten mit angiographisch nicht ausgedehntem Hinterwandinfarkt (HW<sub>1</sub>) zeigten 50% und von 20 Patienten mit ausgedehntem Hinterwandinfarkt (HW<sub>2</sub>) 95% ein pathologisches Thalliumszintigramm. 95% der 19 Patienten mit Vorder- und Hinterwandinfarkt sowie irreversiblen Asynergien in 2 oder mehr Seg-

menten wiesen einen eindeutig pathologischen Thalliumspeicherdefekt auf (Abbildung 3a).

Wurden grenzwertige Befunde als positiv eingestuft (Abbildung 3b), betrug die Sensitivität bei Patienten mit VW<sub>1</sub> 77% und bei Patienten mit VW<sub>2</sub> 100%. Von den Patienten mit HW<sub>1</sub> zeigten 77%, von den Patienten mit HW<sub>2</sub> 95% einen Thalliumspeicherdefekt. Bei allen Patienten mit Vorder- und Hinterwandinfarkt war eine Minderspeicherung im Szintigramm nachweisbar.

Von 29 Patienten mit ausschließlichen Hypokinesien – und unter Einordnung grenzwertiger Befunde als negativ – hatten, unabhängig von Lokalisation und Ausdehnung, 58%, von 85 Patienten mit Akinesien und Dyskinesien 87% ein pathologisches Thalliumszintigramm (Abbildung 4a). Wurden grenzwertige Befunde als positiv eingestuft (Abbildung 4b), zeigten 86% der Patienten mit ausschließlichen Hypokinesien und 94% der Patienten mit Akinesien bzw. Dyskinesien einen Thalliumspeicherdefekt.

Unter alleiniger Berücksichtigung der eindeutig pathologischen Thalliumszintigramme zeigte die Gesamt-

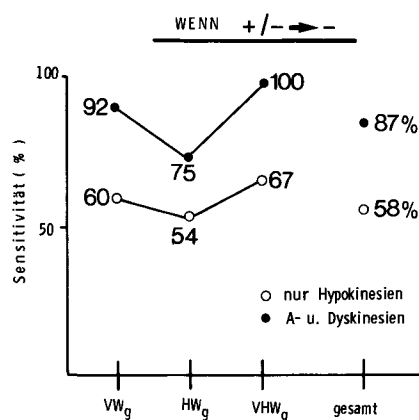


Abbildung 4a – Figure 4a

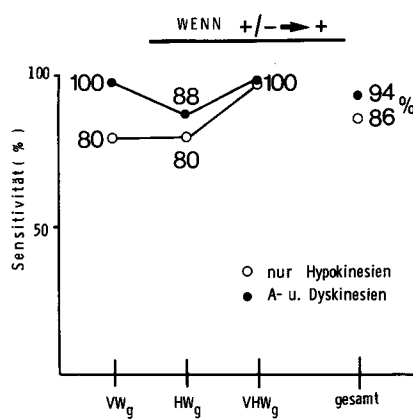


Abbildung 4b – Figure 4b

VW<sub>g</sub> = Gesamtgruppe der Patienten mit Vorderwandasynergien (n = 52) – total group of patients with anterior wall asynergy (n = 52);  
 HW<sub>g</sub> = Gesamtgruppe der Patienten mit Hinterwandasynergien (n = 43) – total group of patients with inferior wall asynergy (n = 43);  
 VHW<sub>g</sub> = Gesamtgruppe der Patienten mit Vorder- und Hinterwandasynergien (n = 19) – total group of patients with anterior and inferior wall asynergy (n = 19).

Abbildungen 4a und 4b. Einfluß des Schweregrades der Asynergie und ihrer Lokalisation auf die Sensitivität der Thallium-201-Ruheszintigraphie zum Nachweis abgelaufener transmuraler Myokardinfarkte. Grenzwertige (+/-) Befunde wurden als negativ (Abbildung 4a) bzw. als positiv (Abbildung 4b) eingestuft. 29 Patienten zeigten ausschließlich irreversible Hypokinesien, 85 Patienten Akinesien und Dyskinesien. Die Sensitivität wird auch vom Schweregrad der Asynergie beeinflusst, da bei Patienten mit Akinesien und Dyskinesien häufiger ein eindeutig pathologisches Szintigramm nachweisbar war als bei Patienten mit ausschließlichen Hypokinesien. Die im Vergleich zu Hinterwandinfarkten vermeintlich höhere Sensitivität bei Vorderwandinfarkten ist auf den wesentlich größeren Anteil ausgedehnter Infarkte in dieser Gruppe zurückzuführen.

Figures 4a and 4b. Influence of the degree of asynergy and its location on the sensitivity of the resting thallium-201 scintigram in the detection of remote transmural infarction. Borderline (+/-) findings considered negative (Figure 4a) and positive (Figure 4b) respectively. 29 patients had irreversible hypokinesis only, 85 patients akinesis or dyskinesis. The degree of asynergy is also a determinant of the sensitivity since patients with akinesis and dyskinesis more frequently demonstrate clearly pathologic scintigrams than those with hypokinesis only. As compared with that of inferior wall infarction, the seemingly higher sensitivity associated with anterior wall infarction appears due to a larger percentage of extensive lesions in the latter group.

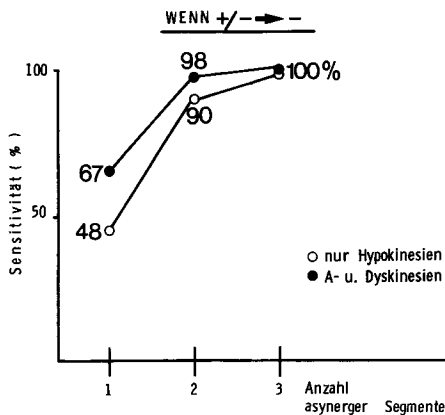


Abbildung 5a – Figure 5a

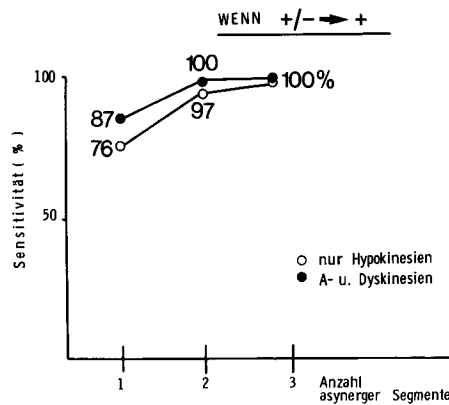


Abbildung 5b – Figure 5b

Abbildungen 5a und 5b. Einfluß der Infarktausdehnung und des Schweregrades der Asynergie auf die Sensitivität der Thallium-201-Ruheaszintigraphie zum Nachweis abgelaufener transmuraler Myokardinfarkte. Grenzwertige Befunde (+/–) wurden als negativ (Abbildung 5a) bzw. als positiv (Abbildung 5b) eingestuft. 29 Patienten zeigten ausschließlich irreversible Hypokinesien, 85 Patienten Akinesien und Dyskinesien. Für die Sensitivität kommt der Infarktausdehnung eine größere Bedeutung zu als dem Schweregrad der Asynergie.

Figures 5a and 5b. Influence of infarct extent and degree of asynergy on the sensitivity of the resting thallium-201 scintigram in the detection of remote transmural infarction. Borderline (+/–) findings considered negative (Figure 5a) and positive (Figure 5b). 29 patients had irreversible hypokinesia only, 85 patients akinesia or dyskinesia. The extent of infarction exerts a greater influence on the sensitivity than the degree of asynergy.

- VW<sub>g</sub> = Gesamtgruppe der Patienten mit Ekg-Kriterien eines Vorderwandinfarkts (n = 52) – total group of patients with ECG criteria for anterior wall infarction (n = 52);
- VW<sub>I</sub> = Patienten mit Ekg-Kriterien eines nicht ausgedehnten Vorderwandinfarkts (n = 32) – patients with ECG criteria for non-extensive anterior wall infarction (n = 32);
- VW<sub>II</sub> = Patienten mit Ekg-Kriterien eines ausgedehnten Vorderwandinfarkts (n = 20) – patients with ECG criteria for extensive anterior wall infarction (n = 20);
- HW<sub>g</sub> = Gesamtgruppe der Patienten mit Ekg-Kriterien eines Hinterwandinfarkts (n = 43) – total group of patients with ECG criteria for inferior wall infarction (n = 43);
- HW<sub>I</sub> = Patienten mit Ekg-Kriterien eines nicht ausgedehnten Hinterwandinfarkts (n = 34) – patients with ECG criteria for non-extensive inferior wall infarction (n = 34);
- HW<sub>II</sub> = Patienten mit Ekg-Kriterien eines ausgedehnten Hinterwandinfarkts (n = 9) – patients with ECG criteria for extensive inferior wall infarction (n = 9);
- VHW<sub>g</sub> = Gesamtgruppe der Patienten mit Ekg-Kriterien eines Vorder- und Hinterwandinfarkts (n = 19) – total group of patients with ECG criteria for anterior and inferior wall infarction (n = 19).

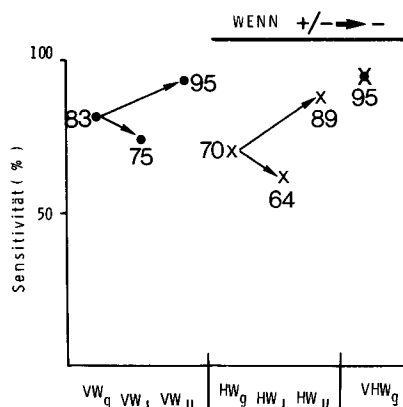


Abbildung 6a – Figure 6a

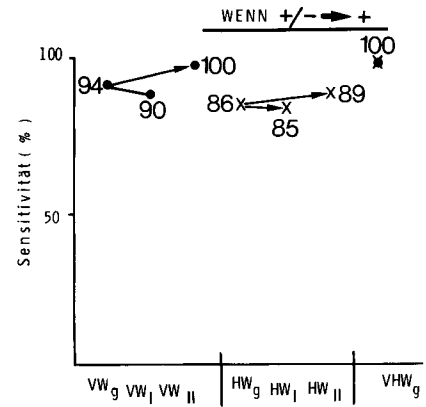


Abbildung 6b – Figure 6b

Abbildungen 6a und 6b. Sensitivität der Thallium-201-Ruheaszintigraphie in Korrelation zur elektrokardiographischen Infarktlokalisierung und -ausdehnung. Grenzwertige (+/–) Befunde wurden als negativ (Abbildung 6a) bzw. als positiv (Abbildung 6b) eingestuft. Die Sensitivität ist bei Patienten mit Ekg-Kriterien eines ausgedehnten Infarkts größer als bei Patienten mit Ekg-Kriterien eines nicht-ausgedehnten Infarkts. Da die Gruppen mit den Ekg-Kriterien eines nicht-ausgedehnten Infarkts auch Patienten mit tatsächlich ausgedehntem Infarkt beinhalten, war die Sensitivität des Szintigramms in diesen Gruppen höher als in den mit angiographisch nicht-ausgedehnten Infarkten.

Figures 6a and 6b. Sensitivity of the resting thallium-201 scintigram as compared with electrocardiographic localization and extent of infarction. Borderline (+/–) scintigrams considered negative (Figure 6a) and positive (Figure 6b) respectively. The sensitivity is higher in patients with ECG criteria for extensive than for non-extensive infarction. Since the group with ECG criteria for non-extensive infarction also contained patients with extensive infarctions, the sensitivity of the scintigram was higher in this group than in those with angiographically-documented non-extensive infarctions.

gruppe der Patienten mit Vorderwandinfarkt und Akinesien bzw. Dyskinesien eine höhere Sensitivität als die Gesamtgruppe der Patienten mit Hinterwandinfarkt und Akinesien bzw. Dyskinesien (Abbildung 4a). Dies gilt auch für Patienten mit ausschließlichen Hypokinesien.

Bei kombinierter Betrachtung von Infarktausdehnung und Schweregrad der Asynergie sowie Einordnung grenzwertiger Befunde als negativ betrug die Sensitivität bei Patienten mit nicht ausgedehntem Infarkt und Akinesien bzw. Dyskinesien 67%, bei Patienten mit nicht ausgedehntem Infarkt und ausschließlichen Hypokinesien 48% (Abbildung 5a). Die Sensitivität bei Patienten mit ausschließlichen Hypokinesien in 2 Segmenten lag bei 90%, bei Patienten mit Akinesien und Dyskinesien sowie gleicher Infarktausdehnung bei 98%. Unabhängig vom Schweregrad der Wandbewegungseinschränkung betrug die Sensitivität bei Patienten mit 3 asynergen Segmenten 100%. Unter Einordnung grenzwertiger Befunde als positiv (Abbildung 5b) betrug die Sensitivität bei Patienten mit nicht ausgedehntem Infarkt und Akinesien bzw. Dyskinesien 87%, bei Patienten mit nicht ausgedehntem Infarkt und ausschließlichen Hypokinesien 76%. Die Sensitivität bei Patienten mit ausschließlichen Hypokinesien in 2 Segmenten lag bei 97%, bei Patienten mit Akinesien und Dyskinesien sowie gleicher Infarktausdehnung bei 100%. Unabhängig vom Schweregrad der Wandbewegungseinschränkung betrug die Sensitivität bei Patienten mit 3 asynergen Segmenten 100%.

Bei 32 Patienten mit elektrokardiographischen Kriterien eines nicht ausgedehnten Vorderwandinfarkts (VW<sub>I</sub>) fand sich unter Einordnung grenzwertiger Szintigramme als negativ eine Sensitivität von 75% und bei 20 Patienten mit elektrokardiographischen Zeichen eines ausgedehnten Vorderwandinfarkts (VW<sub>II</sub>) von 95% (Abbildung 6a). Bei 34 Patienten mit elektrokardiographischen Zeichen eines nicht ausgedehnten Hinterwandinfarkts (HW<sub>I</sub>) betrug die Sensitivität 64% und bei 9 Patienten mit elektrokardiographischen Zeichen eines ausgedehnten Hinterwandinfarkts (HW<sub>II</sub>) 89%. 95% der 19 Patienten mit Ekg-Kriterien eines Vorder- und Hinterwandinfarkts hatten ein sicher pathologisches Szintigramm.

Wurden grenzwertige Befunde als positiv eingestuft (Abbildung 6b), betrug die Sensitivität bei Patienten mit VW<sub>I</sub> 90% und bei Patienten mit VW<sub>II</sub> 100%. Bei den Patienten mit HW<sub>I</sub> betrug die Sensitivität 85%

und bei Patienten mit HW<sub>II</sub> 89%. Alle 19 Patienten mit Ekg-Kriterien eines Vorder- und Hinterwandinfarkts hatten ein pathologisches Szintigramm.

### *Spezifität*

Bei 7 von 25 Herzgesunden lag ein grenzwertiges Szintigramm vor. Die Spezifität betrug bei Einordnung dieser Befunde als negativ 100% bzw. als positiv 72%.

### *Vorhersagbarkeit*

Wurden grenzwertige Befunde als negativ eingestuft, lag bei pathologischem Ruheszintigramm – unabhängig von der Prävalenz – eine Vorhersagbarkeit von 100% vor. Unter Einordnung grenzwertiger Befunde als positiv ergab sich aufgrund der hohen Prävalenz in unserem Krankengut von 82% (114/139) eine Vorhersagbarkeit von 94%.

### *Szintigraphische Beurteilung der Infarktausdehnung*

Unter ausschließlicher Berücksichtigung eindeutig positiver Szintigramme fand sich bei allen 46 Patienten mit ausgedehntem Thalliumspeicherdefekt angiographisch ein ausgedehnter Infarkt. Von 45 Patienten mit eindeutigem Thalliumspeicherdefekt in einem Segment zeigten 60% einen angiographisch ausgedehnten und 40% einen nicht-ausgedehnten Infarkt. Unter Berücksichtigung der Infarktlokalisierung ergaben sich bei Patienten mit eindeutigem Speicherdefekt in einem Segment keine Unterschiede in der Beurteilung der Infarktausdehnung.

### **Diskussion**

Thallium-201 wird ähnlich dem Kalium in Myokardzellen eingelagert und dort im wesentlichen flußabhängig angereichert, so daß sich Ischämien oder Narben als Aktivitätsminderung darstellen [10, 43]. Eindeutige Thalliumspeicherdefekte im Ruheszintigramm entsprechen meist Narben [28, 35].

Wie aus der vorliegenden Untersuchung hervorgeht, ist die Thalliumaktivitätsverteilung im Ruheszintigramm bei etwa einem Drittel der Herzgesunden nicht vollständig homogen. Dies kann mit der Überlagerung verschiedener Myokardbezirke und der Abschwächung der Strahlung kameraferner Myokardanteile erklärt werden. Es ist deshalb nicht sinnvoll, grenzwertige Befunde als positiv einzustufen, da sonst diese Methode unnötig an Spezifität verlieren würde, d.h., daß dann im Einzelfall kein sicherer Rückschluß auf einen abgelaufenen Infarkt möglich wäre. Dem wider-

spricht nur scheinbar die hohe Vorhersagbarkeit von 94%, die sich unter Einordnung grenzwertiger Befunde als positiv berechnete, weil die ihr zugrundeliegende Krankheitsprävalenz von 82% in einem nicht-ausgesuchten Krankengut unwahrscheinlich ist. Bei Annahme einer Krankheitsprävalenz von 10% würde die Vorhersagbarkeit bei gleicher Sensitivität und Spezifität lediglich 12% betragen und damit klinisch irrelevant sein. Eine sichere Beurteilung (Vorhersagbarkeit = 100%) bei unbekannter Prävalenz ist nur möglich, wenn die Spezifität 100% beträgt [24, 32, 40, 42]. Dies läßt sich nur erreichen, wenn grenzwertige Befunde als negativ eingestuft werden. Zu berücksichtigen ist, daß auch Patienten mit Aortenstenosen und Kardiomyopathien Perfusionsdefekte aufweisen können [2, 14]. Werden diese ausgeschlossen, beträgt die Spezifität der Thallium-201-Szintigraphie zum Nachweis eines abgelaufenen Myokardinfarkts 100%. Die hohe Spezifität beinhaltet allerdings, daß kleinere Narben, deren Aktivitätsminderung im Schwankungsbereich der Speicherwerte Herzgesunder liegt, nicht erfaßt werden, so daß die Methode an Sensitivität verliert. Immerhin lassen sich bei diesem Vorgehen 80% der abgelaufenen Infarkte szintigraphisch nachweisen. Die von anderen Autoren mit 92 bis 100% angegebene Gesamtsensitivität würden wir nur unter Einordnung grenzwertiger Szintigramme als positiv erreichen [9, 16, 22, 31, 37].

Von den untersuchten Faktoren, welche die Sensitivität der Thallium-201-Szintigraphie bei Patienten mit abgelaufenem Infarkt beeinflussen, muß man der Infarktausdehnung die größte Bedeutung beimessen, da nur die Hälfte der Patienten mit nicht-ausgedehntem, jedoch fast alle Patienten mit ausgedehntem Infarkt ein eindeutig pathologisches Thalliumszintigramm aufwiesen. Dieser Befund stimmt mit Phantommessungen überein, denen zufolge Aktivitätsminderungen im Thallium-201-Szintigramm klar zur Darstellung kommen, wenn ihr Durchmesser mindestens 2,0 cm beträgt [12]. An zweiter Stelle steht der Einfluß des Schweregrades der Asynergie, da bei Patienten mit Akinesien und Dyskinesien häufiger ein eindeutig pathologisches Szintigramm nachweisbar war als bei Patienten mit ausschließlichen Hypokinesien. Die geringe Sensitivität bei Patienten mit vergleichbar ausgedehnten Hypokinesien ist wohl auf den größeren Anteil vitalen, d. h. thalliumspeicherungsfähigen Myokards zurückzuführen [11]. In dieser Studie nicht untersuchte reversible Asynergien würden wegen des größeren Anteils vitalen Myokards die Sensitivität wohl weiter vermindern.

Die Infarktlokalisierung ist nahezu ohne Einfluß auf die Sensitivität, da nicht-ausgedehnte etwa ebenso häufig wie ausgedehnte Vorder- und Hinterwandinfarkte ein sicher pathologisches Thalliumszintigramm aufwiesen. Die im Vergleich zu Hinterwandinfarkten vermeintlich höhere Sensitivität bei Vorderwandinfarkten ist auf den wesentlich größeren Anteil ausgedehnter Infarkte in dieser Gruppe zurückzuführen. Ein ausgedehnter Speicherdefekt im Thalliumszintigramm läßt auf einen ausgedehnten Infarkt schließen, da in all diesen Fällen auch angiographisch ein ausgedehnter Infarkt nachweisbar war. Dagegen kann bei nicht-ausgedehntem Speicherdefekt keine Aussage über die tatsächliche Infarktausdehnung gemacht werden, weil hier mit gleicher Häufigkeit ein großer oder kleiner Infarkt vorlag. Übereinstimmend mit dieser Aussage fanden Wackers et al. [45] zwischen szintigraphischer und pathologisch-anatomischer Infarktgröße keine enge Beziehung (Korrelationskoeffizient = 0,69). Die Wertigkeit der Thallium-201-Szintigraphie zur Beurteilung der Infarktausdehnung entspricht in etwa der des Elektrokardiogramms: Bei allen Patienten mit Ekg-Kriterien eines ausgedehnten Infarkts, aber auch bei etwa der Hälfte der Patienten mit Ekg-Zeichen eines nicht-ausgedehnten Infarkts konnten angiographisch ausgedehnte Infarkte objektiviert werden. Da folglich die Gruppe mit den Ekg-Kriterien eines nicht-ausgedehnten Infarkts auch Patienten mit tatsächlich ausgedehntem Infarkt beinhaltete, war die Sensitivität des Thalliumszintigramms in dieser Gruppe höher als in der mit angiographisch nicht-ausgedehnten Infarkten.

Die geringe Sensitivität bei Patienten mit nicht-ausgedehntem Infarkt beruht neben dem gegebenen Auflösungsvermögen des verwendeten Systems auch auf dem niedrigen Verhältnis von Myokard- zu Untergrundaktivität bei Ruheszintigrammen und der Unschärfe, die durch die Bewegung des Herzens entsteht [23, 41]. Da nach Belastung ein günstigeres Verhältnis von Myokard- zu Untergrundaktivität vorliegt, sollen Speicherdefekte, die im Ruheszintigramm nicht erkennbar sind, in „Spätszintigrammen“ (4 Stunden nach Belastung) nachweisbar sein [6, 23]. Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Sensitivität ergibt sich durch Ekg-Triggerung mit Darstellung enddiastolischer Szintigramme, bei allerdings längerer Aufnahmedauer [30].

Eine vielversprechende Möglichkeit zur Steigerung der Sensitivität ist durch tomographische Rekonstruktion der mit einer Gamma-Kamera aufgenommenen



Thalliumsintigramme gegeben [44]. Mit dieser Methode könnte der Nachweis kleiner, auch im Ekg nicht mehr faßbarer Infarkte gelingen [1, 13, 17–19, 26, 33]. Damit wäre eine entscheidende Bereicherung der nichtinvasiven Infarktdiagnostik gegeben.

# Literatur

1. Arkin, B.M., D.C. Hueter, T.J. Ryan: Predictive value of electrocardiographic patterns in localizing left ventricular asynergy in coronary artery disease. *Amer. Heart J.* 97 (1979), 453.
2. Bailey, I., P.C. Come, D. Kelly, L.S.C. Griffith, W.H. Strauss, B. Pitt: Thallium-201 myocardial perfusion imaging in patients with aortic stenosis. *Circulation* 53/54, Suppl. II (1976), 79.
3. Bailey, I., L.S.C. Griffith, J. Rouleau, W.H. Strauss, B. Pitt: Thallium-201 myocardial perfusion imaging at rest and during exercise. *Circulation* 55 (1977), 79.
4. Berger, H.J., A. Gottschalk, B.L. Zaret: Dual radionuclide study of acute myocardial infarction. *Ann. intern. Med.* 88 (1978), 145.
5. Bierner, M., E. Fleck, W. Rudolph: Aussagekraft elektrokardiographischer Infarktkriterien; Korrelation zu angiographischen Befunden. *Z. Kardiol.* 67 (1978), 227.
6. Blood, D.K., D.M. McCarthy, R.R. Sciacca, P.J. Cannon: 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 (1978), 777.
7. Bodenheimer, M.M., V.S. Banka, C. Fooshee, G.A. Hermann, R.H. Helfant: Relationship between regional myocardial perfusion and the presence, severity and reversibility of asynergy in patients with coronary heart disease. *Circulation* 58 (1978), 789.
8. Bodenheimer, M.M., V.S. Banka, R.H. Helfant: Q-waves and ventricular asynergy: predictive value and hemodynamic significance of anatomic localization. *Amer. J. Cardiol.* 35 (1975), 615.
9. Botvinick, F.H., M.R. Taradash, D.M. Shames, W.W. Parmley: Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy for the clinical clarification of normal, abnormal and equivocal electrocardiographic stress tests. *Amer. J. Cardiol.* 41 (1978), 43.
10. Britten, J.S., M. Blank: Thallium activation of the (Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>)-activated ATPase of rabbit kidney. *Biochim. biophys. Acta (Amst.)* 159 (1968), 160.
11. Büll, U., B.E. Strauer, H.P. Niendorf: Correlation of degree of LAD-stenosis, myocardial motion and myocardial function with the regional thallium-201 uptake evaluated by a scintimetric method. *Herz* 2 (1977), 138.
12. Cook, D.J., I. Bailey, H.W. Strauss, J. Rouleau, H.N. Wagner jr., B. Pitt: Thallium-201 for myocardial imaging: Appearance of the normal heart. *J. nucl. Med.* 17 (1976), 583.
13. Cox, C.J.C.: Return to normal of the electrocardiogram after myocardial infarction. *Lancet* 1 (1967), 1194.
14. Feiglin, D., V. Huckell, H. Staniloff, P. McEwen, J. Morch, P.R. McLaughlin: Demonstration of segmental thallium perfusion defects in cardiomyopathies having normal coronary arteries. *J. nucl. Med.* 19 (1978), 704.
15. Felix, R., W. Pensky, J. Wagner, P. Thurn, G. Neumann, J.P. Hedde, H. Simon, C. Winkler: Zur Zuverlässigkeit der Myokardszintigraphie mit Thallium-201. Vergleich mit der Lävokardiographie und der Perfusionsszintigraphie. *Fortschr. Röntgenstr.* 124 (1976), 210.
16. Hamilton, G.W., G.B. Trobaugh, J.L. Ritchie, D.L. Williams, W.D. Weaver, K.L. Gould: Myocardial imaging with intravenously injected thallium-201 in patients with suspected coronary artery disease. Analysis of technique and correlation with electrocardiographic, coronary anatomic and ventriculographic findings. *Amer. J. Cardiol.* 39 (1977), 347.
17. Horan, L.G., N.C. Flowers, J.G. Johnson: Significance of the diagnostic Q-wave of myocardial infarction. *Circulation* 43 (1971), 428.
18. Howard, P.F., A. Benchimol, K.B. Dessler, F.D. Reich, C. Graves: Correlation of electrocardiogram and vectorcardiogram with coronary occlusion and myocardial contraction abnormality. *Amer. J. Cardiol.* 38 (1976), 582.
19. Kalbfleisch, J.M., K.S. Shadaksharappa, L.L. Conrad, N.K. Sarkar: Disappearance of the Q-deflection following myocardial infarction. *Amer. Heart J.* 76 (1968), 193.
20. Lebowitz, E., M.W. Greene, R. Fairchild, P.R. Bradley-Moore, H.L. Atkins, A.N. Ansari, P. Richards, E. Belgrave: Thallium-201 for medical use, I. *J. nucl. Med.* 16 (1975), 151.
21. Lenaers, A., E. van Thiel, P. Block, M. Lebedelle: Myocardial imaging with thallium-201 after exercise: Comparison with coronary arteriography and exercise electrocardiography. *Herz* 2 (1977), 151.
22. Leppo, J., T. Yipintsoi, R. Bontemps, L.M. Freeman: Correlation in the diagnosis of infarction by thallium, ECG and angiography with the surgical findings. *J. nucl. Med.* 19 (1978), 725.
23. Llauro, J.G., J.A. Madden, R.C. Meade, G.A. Smith: Distribution of thallium-201 injected into rats following stress: Imaging, organ to plasma uptake ratios, and myocardial kinetics. *J. nucl. Med.* 19 (1978), 172.
24. Lusted, L.B.: Decision-making studies in patient management. *New Engl. J. Med.* 284 (1971), 416.
25. Luther, M., F. Langer, A. Schneider, L. Henselmann, F. Kieffhaber: Die Szintigraphie des Myokards – Vergleichende Studie zwischen Thallium- und Perfusionsszintigramm. *Münch. med. Wschr.* 119 (1977), 15.
26. Margolis, J.R., W.B. Kannel, M. Feinleib, T.R. Dawber, P.M. McNamara: Clinical features of unrecognized myocardial infarction – silent and symptomatic, eighteen year follow up: The Framingham Study. *Amer. J. Cardiol.* 32 (1973), 1.
27. Mathey, D., R. Montz, P. Hanrath, W. Kupper, N. Bleese, P. Stritzke, E. Kröger, J. Knop, W. Bleifeld: Reversible Myokardischämie oder irreversible Myokardfibrose? Unterscheidung mit Hilfe der biphasischen 201-Thallium-Szintigraphie. *Dtsch. med. Wschr.* 103 (1978), 1736.
28. McKillop, J.H., R.G. Murray, R.G. Bessent, J.G. Turner, W.R. Greig, A.R. Lorimer: The significance of the abnormal rest thallium-201 myocardial image in coronary artery disease. *Europ. J. nucl. Med.* 4 (1979), 83.
29. McKillop, J.H., J.G. Turner, H.W. Gray, R.G. Bessent, W.R. Greig: Clinical value of delayed thallium-201 myocardial imaging in suspected acute myocardial infarction. *Brit. Heart J.* 40 (1978), 870.
30. McKusick, K.A., J. Bingham, G.M. Pohost, H.W. Strauss: Comparison of defect detection on ungated vs. gated images. *J. nucl. Med.* 19 (1978), 72.
31. McLaughlin, P.R., R.P. Martin, P. Doherty, S. Daspit, M. Goris, W. Haskell, S. Lewis, J.P. Kriss, D.C. Harrison: Reproducibility of thallium-201 myocardial imaging. *Circulation* 55 (1977), 497.
32. McNeil, B.J., E. Keeler, S.J. Adelstein: Primer on certain elements of medical decision making. *New Engl. J. Med.* 293 (1975), 211.
33. Miller, R.R., E.A. Amsterdam, H.G. Bogren, R.A. Massumi, R. Zelis, D.T. Mason: Electrocardiographic and cineangiographic correlations in assessment of the location, nature and extent of abnormal left ventricular segmental contraction in coronary artery disease. *Circulation* 49 (1974), 447.
34. Pabst, H.W., G. Hör, H. Lichte, H. Sebening, H. Kriegel: Experience with 201-thallium in detection of myocardial infarction. *Europ. J. nucl. Med.* 1 (1976), 19.
35. Pohost, G.M., L.M. Zir, R.H. Moore, K.A. McKusick, T.E. Guiney, G.A. Beller: Differentiation of transiently ischemic from infarcted myocardium by serial imaging after a single dose of thallium-201. *Circulation* 55 (1977), 294.

36. Rudolph, W., K.L. Froer, H. Rinke, E. Fleck, H. Petri, L. Goppel, D. Hall, M. Späth, C. Loracher, S. Recke, A. Gehrke, D. Wolfram, J. Dirschinger, M. Bierner: Neue Gesichtspunkte in der Diagnose und Therapie kardiovaskulärer Erkrankungen. *Herz* 1 (1976), 1.
37. Sawayama, T., Y. Ito, T. Ichikawa, S. Nezu, T. Tsuda, T. Katsumura: Thallium-201 imaging with color display computer system in old myocardial infarction. *Amer. J. Cardiol.* 40 (1977), 277.
38. Sebening, H., E. Sauer, G. Hör, J. Dressler, L. Lutsky, C. Wagner-Manslau, K. Ulm, H.W. Pabst, H. Blömer: Die Serien-myokardszintigraphie zur Beurteilung der postischämischen 201-Thallium-Aufnahme im linksventrikulären Myokard. *Z. Kardiologie* 68 (1979), 1.
39. Silber, S., E. Fleck, W. Bierner, G. Jennerwein, U. Klein, W. Rudolph: Sensitivität der 201-Thallium-Szintigraphie zum Nachweis eines abgelaufenen Myokardinfarktes. *Z. Kardiologie* Suppl. 4 (1977), 66.
40. Silber, S., E. Fleck, U. Klein, W. Rudolph: Wertigkeit der Thallium-201-Belastungsszintigraphie im Vergleich zur Belastungselektrokardiographie bei Patienten mit koronarer Herzerkrankung ohne Myokardinfarkt. *Herz* 4 (1979), 359.
41. Silber, S., U. Klein, L. Goppel, H. Rinke, M. Weber, W. Rudolph: Thallium-201 myocardial imaging in patients with hypertrophic cardiomyopathy and with right ventricular overload. *Herz* 2 (1977), 176.
42. Sonnenberg, A.: Bayessches Theorem bei klinischer Differentialdiagnose. *Dtsch. med. Wschr.* 103 (1978), 1443.
43. Strauss, H.W., K. Harrison, J.K. Langan, E. Lebowitz, B. Pitt: Thallium-201 for myocardial imaging. Relation of thallium-201 to regional myocardial perfusion. *Circulation* 51 (1975), 641.
44. Vogel, R.A., D.L. Kirch, M.T. LeFree, J.O. Rainwater, D.P. Jensen, P.P. Steele: Thallium-201 myocardial perfusion scintigraphy: Results of standard and multi-pinhole tomographic techniques. *Amer. J. Cardiol.* 43 (1979), 787.
45. Wackers, F.J.Th., A.E. Becker, G. Samson, E.B. Sokole, J.B. van der Schoot, A.J.T.M. Vet, K.I. Lie, D. Durrer, H. Wellens: Location and size of acute transmural myocardial infarction estimated from thallium-201 scintiscans. A clinicopathological study. *Circulation* 56 (1977), 72.
46. Wackers, F.J.Th., K.I. Lie, E.B. Sokole, J. Res, J.B. van der Schoot, D. Durrer: Prevalence of right ventricular involvement in inferior wall infarction assessed with myocardial imaging with thallium-201 and technetium-99m-pyrophosphate. *Amer. J. Cardiol.* 42 (1978), 358.
47. Wackers, F.J.Th., E.B. Sokole, G. Samson, J.B. van der Schoot, K.I. Lie, K.L. Liem, H.J.J. Wellens: Value and limitations of thallium-201 scintigraphy in the acute phase of myocardial infarction. *New Engl. J. Med.* 295 (1976), 1.
48. Zaret, B.L.: Myocardial imaging with radioactive potassium and its analogs. *Progr. cardiovasc. Dis.* 20 (1977), 81.

*Für die Verfasser: Prof. Dr. Werner Rudolph, Direktor der Klinik für Herz- und Kreislauferkrankungen, Deutsches Herzzentrum, Lothstraße 11, D-8000 München 2.*