

Die persönliche Meinung

S. Silber

Kardiologische Gemeinschaftspraxis, München

Streßechokardiographie versus Myokardszintigraphie: Vergleichende Wertigkeit bei koronarer Herzerkrankung

Myokardszintigraphie und Streßechokardiographie sind etablierte Methoden in der Diagnostik der koronaren Herzerkrankung. Während die Myokardszintigraphie vor allem über niedergelassene Nuklearmediziner und Radiologen, seltener über Kardiologen, weite Verbreitung fand, war die Streßechokardiographie in Deutschland vor allem auf Kliniken begrenzt. So wurden an einem größeren Zentrum im Zeitraum zwischen November 1992 und Juni 1995 1000 Dobut-Streßechokardiographien durchgeführt [68]. Durch die Aufnahme der Streßechokardiographie in den EBM-Katalog ab 1. 1. 1996 ist zu erwarten, daß sie jetzt eine breitere Anwendung erfährt. Ziel der vorliegenden Übersichtsarbeit ist es, den Stellenwert sowie die Vorteile bzw. Limitationen der beiden grundsätzlich alternativ einsetzbaren Methoden zusammenfassend darzustellen.

Streßechokardiographie

Vorteile und Limitationen der Streßechokardiographie

Der Vorteil des Verzichts auf Strahlenexposition kommt vor allem bei häufigen Folgeuntersuchungen zum Tragen. Die Streßechokardiographie ist für die meisten Kardiologen rascher und kontrollierbarer verfügbar als die Myokardszintigraphie. Im Vergleich zur Myokardszintigraphie werden zahlreiche zusätzli-

che Parameter erfaßt (systolische und diastolische Kammerfunktion, Klappenfunktion, Wanddicke, Vorhof- und Ventrikelgrößen, Beurteilung des Pulmonalarteriendrucks).

Limitiert ist die Streßechokardiographie nicht selten durch eine suboptimale Darstellbarkeit, insbesondere aufgrund ungenügender Endokardabgrenzung. Unter ergonomischen Bedingungen ist die Streßechokardiographie technisch schwieriger durchzuführen als die Myokardszintigraphie. Die Interpretation der Befunde ist wesentlich subjektiver als die der Myokardszintigramme und der individuelle Vergleich mit einem Normkollektiv schwieriger [8]. Die hierzu verwendeten zahlreichen Computerprogramme sind noch nicht ausreichend standardisiert und noch wenig klinisch geprüft. Kritisch ist hierbei die vollautomatische Computererkennung der Endokardgrenze. Die zur Durchführung der Streßechokardiographie erforderliche ärztliche Ausbildung ist festgelegt [52], eine digitale Bildverarbeitung [10] ist – zumindest für niedergelassene Ärzte – vorgeschrieben.

Stellenwert bei Verdacht auf koronare Herzerkrankung

Die aus 14 Studien für die mittels ergonomischer Belastung durchgeführte Streßechokardiographie berechnete Sensitivität zur Erkennung

einer koronaren Herzerkrankung liegt bei $81\% \pm 10\%$, die Spezifität bei $87\% \pm 9\%$. [5, 14, 22, 28, 38, 40, 43, 50, 53–56, 61, 66]. Unterteilt man die Sensitivität nach Erkennung von Stenosen einzelner Koronararterien, ergibt sich aus fünf Studien eine Sensitivität für den Ramus interventricularis anterior von $77\% \pm 10\%$, für den Ramus circumflexus von $50\% \pm 23\%$ und für die rechte Kranzarterie von $75\% \pm 7\%$ [5, 22, 38, 50, 54].

Für die Dipyridamol-Streßechokardiographie errechnete sich aus 13 Studien eine mittlere Sensitivität von $63\% \pm 11\%$ und eine Spezifität von $95\% \pm 10\%$ [1, 11, 17, 33, 34, 41, 44–49, 65]. Die aus elf Studien für die Dobutamin-Streßechokardiographie ermittelte Sensitivität und Spezifität beträgt jeweils $83\% \pm 9\%$ [12, 32, 34–36, 41, 42, 51, 57, 60, 64]. Das Arbutamin-Streßecho bietet die gleiche diagnostische Sicherheit wie das Belastungs-EKG [11].

Myokardszintigraphie

Vorteile und Limitationen der Myokardszintigraphie

Im Gegensatz zur Streßechokardiographie kann die Myokardszintigraphie bereits Perfusionsunterschiede erkennen, bevor eine Ischämie ausgelöst wird, das heißt, bevor eine Wandbewegungsstörung auftritt. Perfusion und Vitalität können in

einer einzigen Untersuchung abgeklärt werden. Eine gute Darstellbarkeit ist praktisch bei allen Patienten gegeben. Moderne Geräte (mit zum Beispiel zwei im 90°-Winkel angeordneten Detektoren) können die Aufnahmezeit halbieren, so daß die Patienten lediglich etwa acht Minuten unter der Kamera liegen müssen.

Die Myokardszintigraphie ist wesentlich weniger von der Subjektivität des Untersuchers abhängig als die Streßechokardiographie und liefert exakt reproduzierbare und nachvollziehbare Schnitte (Abbildung 1). Eine exakte Endokarddefinition – wie in der Streßechokardiographie – ist bei der Myokardszintigraphie nicht erforderlich. Die klini-

sche Software ist in großen Studien geprüft, es existieren bereits extensive Daten zum Stellenwert in der Beurteilung von Diagnostik und Prognose bei koronarer Herzerkrankung. Einige validierte Computerprogramme sind in den USA von der FDA zugelassen. (Ähnliche Zulassungen für klinische Software durch das Gesundheitsministerium gibt es in Deutschland nicht.)

Für den Kardiologen ist die Myokardszintigraphie zeitsparend, aber nur begrenzt verfügbar. Kardiologen sind nicht oder nur gering auf diesem Gebiet ausgebildet.

Eingeschränkt ist die Aussage bei Patienten mit Linksschenkelblock, bei denen die anteroseptalen Seg-

mente im Falle einer Perfusionsminderung nicht beurteilbar sind; die Zuverlässigkeit bleibt jedoch in den Inferolateralsegmenten erhalten. Die „Achillesferse“ der Myokardszintigraphie sind die falsch-positiven Befunde (niedrige Spezifität) als Folge der inhomogenen Strahlungsabschwächung durch Weichteile (Mammaabschwächung, Adipositas) [67]. Eine Lösung dieses der Physik inhärenten Problems schafft die Attenuationskorrektur mittels Transmissionsaufnahmen: Diese Technik – schon lange in der PET-Szintigraphie Standard – steht jetzt auch für die SPECT-Szintigraphie zur Verfügung [18, 27]. Verwendet werden hierzu externe Americium- oder Gadoliniumquellen (Abbildung 2). Vorteil: Die Steigerung der Spezifität erfolgt nicht auf Kosten der Sensitivität.

Stellenwert bei Verdacht auf koronare Herzerkrankung

Für die Myokardszintigraphie mit Thallium-201 ergibt sich für die früher häufiger durchgeführte planare Technik in einer Zusammenstellung an über 5 000 Patienten eine mittlere Sensitivität von 83% bei einer Spezifität von 88% [15, 59]. Die Sensitivität bei Patienten mit abgelaufenem Myokardinfarkt ist größer als die bei Patienten ohne Infarkt [62, 63].

Im Laufe der vergangenen zehn Jahre hat die SPECT-Technologie (Abbildung 1) allmählich die planare Myokardszintigraphie ersetzt. Bei zusätzlicher quantitativer Analyse ergab sich in neun Studien eine Sensitivität von 92% bei einer Spezifität von 78% [30]. Hierbei ist die Erkennung von Patienten mit einer Mehrgefäßerkrankung mit 94% höher als die von Patienten mit einer Ein-Gefäß-Erkrankung von 83% [30]. Unterteilt nach den Versorgungsge-

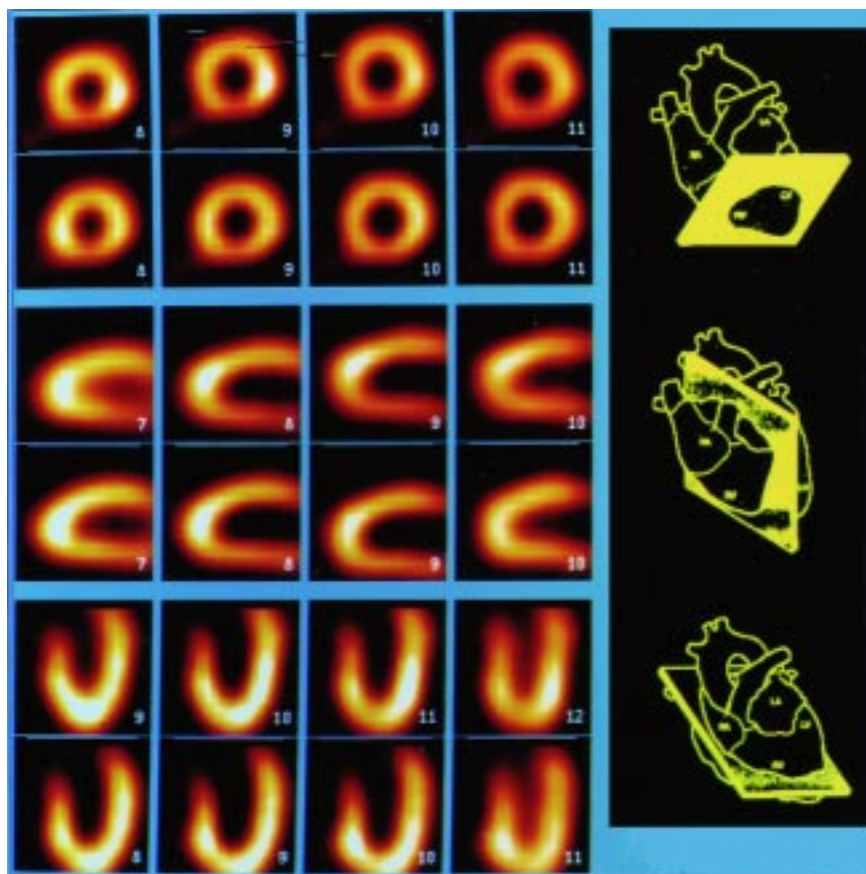


Abbildung 1. Vorteil der Myokardszintigraphie ist die exakt reproduzierbare Schnittführung in der kurzen Achse (oben), der vertikalen Längsachse (Mitte, entsprechend etwa dem echokardiographischen Zwei-Kammer-Blick) und der horizontalen Längsachse (unten, etwa dem echokardiographischen Vier-Kammer-Blick entsprechend).

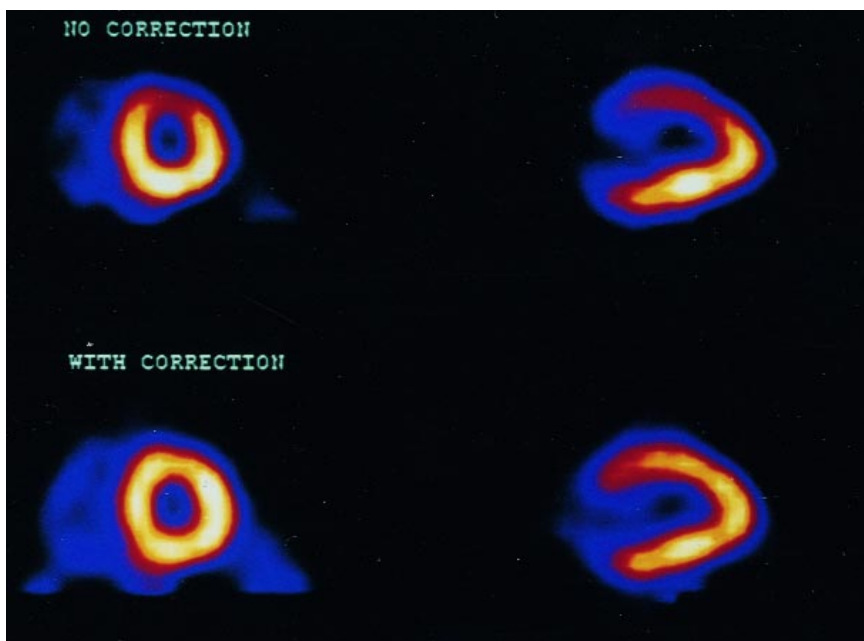


Abbildung 2. Die wohl größte Limitation der Myokardszintigraphie ist die Strahlungsabschwächung durch Weichteilgewebe (Mammae, Adipositas), die zu falsch-positiven Befunden führen kann. Der in der oberen Reihe dargestellte falsch-positive „Infarkt“ bei einer Frau kann durch die heute verfügbare Attenuationskorrektur vermieden werden: Die in der unteren Reihe dargestellten korrigierten Bilder zeigen einen Normalbefund (höhere Spezifität).

bieten der einzelnen Koronararterien fand sich für den Ramus interventricularis anterior eine Sensitivität von 79%, für den Ramus circumflexus von 70% und für die rechte Kranzarterie von 85% bei einer Spezifität von jeweils 84%, 81% und 82% [30].

Die Verwendung des ^{99m}Tc -Perfusionsmarkers (Sesta)-MIBI ergab trotz besseren physikalischen Eigenschaften und unterschiedlichen zellulären Aufnahme-

mechanismen bzw. unterschiedlicher Kinetik Ergebnisse, die mit der Thalliumszintigraphie vergleichbar sind [9, 16].

Vergleich von Streßechokardiographie und Myokardszintigraphie bei denselben Patienten

Vergleich bei Verdacht auf koronare Herzerkrankung

Ein an denselben Patienten durchgeführter Vergleich beider Methoden

| Autoren | Literatur | Patientenzahl | Sensitivität (%) | | Spezifität (%) | |
|------------------|-----------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| | | | Echokardiographie | Szintigraphie | Echokardiographie | Szintigraphie |
| Amanullah et al. | [4] | 27 | 82 | 95 | 80 | 100 |
| Galanti et al. | [20] | 53 | 93 | 100 | 96 | 92 |
| Hecht et al. | [23] | 71 | 90 | 92 | 80 | 65 |
| Maurer u. Nanda | [40] | 23 | 70 | 74 | 92 | 92 |
| Pozzoli et al. | [50] | 75 | 71 | 84 | 96 | 88 |
| Quiñones et al. | [53] | 112 | 74 | 74 | 88 | 81 |
| Mittelwerte | | | 80% | 87% | 89% | 86% |

Tabelle 1. Streßechokardiographie versus Myokardszintigraphie bei denselben Patienten mit ergometrischer Belastung.

geht aus den Tabellen 1 und 2 hervor: In sechs Studien an 361 Patienten betrug die mittlere Sensitivität der Streßechokardiographie bei ergometrischer Belastung 80% (Tabelle 1). Die Sensitivität der Myokardszintigraphie lag mit 87% höher. Dagegen war die Spezifität der Myokardszintigraphie mit 86% etwas niedriger als die der Streßechokardiographie mit 89% (Tabelle 1). Aus diesem Grunde (Mammaabschwächung) bevorzugen einige Autoren bei Frauen die Streßechokardiographie [37].

Der Vergleich beider Methoden bei pharmakologischer Belastung ist aus Tabelle 2 ersichtlich: Bei 583 Patienten ergab sich eine mittlere Sensitivität für die Streßechokardiographie mit Dobutamin von 79% und für die Myokardszintigraphie von 83%. Im Gegensatz hierzu war die Spezifität der Dobutamin-Echokardiographie mit 84% höher als die der Dobutamin-Myokardszintigraphie mit 80%. Die Ergebnisse für Adenosin können ebenfalls der Tabelle 2 entnommen werden, auch für das Arbutamin-Thallium liegen erste Ergebnisse vor [26].

Obwohl die Anzahl der an denselben Patienten durchgeführten Studien relativ gering ist, wird ersichtlich, daß die Streßechokardiographie sowohl bei ergometrischer als auch bei pharmakologischer Belastung im Vergleich zur Myokardszintigraphie eine geringere Sensitivität, aber eine höhere Spezifität aufweist. Mit Spannung werden Vergleichsstudien erwartet, in denen die Streßechokardiographie an der attenuationskorrigierten, das heißt spezifischeren SPECT-Myokardszintigraphie gemessen wird.

Vergleich bei der Vitalitätsdiagnostik

Die Unterscheidung zwischen vitalem, aber nicht funktionierendem

| Autoren | Literatur | Patientenzahl | Sensitivität (%) | | Spezifität (%) | | Substanz |
|------------------|-----------|---------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-----------|
| | | | Echokardiographie | Szintiographie | Echokardiographie | Szintiographie | |
| Amanullah et al. | [3] | 40 | 74 | 94 | 100 | 100 | Adenosin |
| Forster et al. | [19] | 105 | 75 | 83 | 89 | 89 | Dobutamin |
| Gunalp et al. | [21] | 27 | 84 | 94 | 88 | 88 | Dobutamin |
| Marwick et al. | [36] | 97 | 85 | 80 | 82 | 74 | Dobutamin |
| Marwick et al. | [36] | 97 | 58 | 86 | 87 | 71 | Adenosin |
| Marwick et al. | [36] | 217 | 72 | 76 | 83 | 67 | Dobutamin |
| Mittelwerte: | | | 79 % | 83 % | 84 % | 80 % | Dobutamin |
| | | | 66 % | 90 % | 94 % | 86 % | Adenosin |

Tabelle 2. Streßechokardiographie versus Myokardszintigraphie bei denselben Patienten mit pharmakologischer Belastung.

Myokard („Winterschlaf“) und avitalem Gewebe ist von großer Bedeutung, da Patienten mit „Winterschlafmyokard“ gefährdeter sind und von einer Revaskularisation profitieren [58]. Für diese Differentialdiagnose akinetischer bzw. dyskinetischer Segmente gilt heute die Reinjektionstechnik bzw. die Spätaufnahme nach Ruheszintigraphie mit Thallium-201 als Standard, zumal in der Vitalitätsdiagnostik das Thallium dem Technetium-MIBI überlegen ist [16]. In Spezialfällen ergibt sich die Indikation zur PET-Szintigraphie mit 18-Fluor-Deoxyglucose (FDG). Die PET-Szintigraphie mit FDG hat heute einen festen Stellenwert in der Praxis der Vitalitätsdiagnostik [58].

Vergleiche zwischen Dobutamin-Streßecho und Thalliumszintigraphie zeigten eine ähnliche Sensitivität für die nach einer Revaskularisation einsetzende Funktionsverbesserung (82% bis 86% vs. 86% bis 94%), bei allerdings größerer Streuung der Spezifität des Thalliums (64% bis 94%) im Vergleich zu Dobutamin (86%) [2, 25, 39]. Zur Erkennung von Perinfarktischämien fand sich für das Dobutamin-Streßecho eine im Vergleich zur Perfusionsszintigraphie geringere Empfindlichkeit [24]. In der frühen

Postinfarktphase war das Dobutamin-Streßecho zur Vorhersage einer funktionellen Verbesserung weniger sensitiv, aber spezifischer als das Thalliumszintigramm [29]. Eine gewisse Mindestwanddicke vorausgesetzt, kann die Dobutamin-induzierte Verbesserung der Wandbewegung Segmente mit über 50%igem Gehalt an vitalen Myozyten identifizieren [7]. Ob die Funktionsverbesserung nach einer Revaskularisation durch die transösophageal durchgeführte Dobutamin-Streßechokardiographie exakter vorhergesagt werden kann als durch die FDG-PET-Szintigraphie, bleibt an einem größeren Patientengut zu überprüfen [6].

Fazit

Die ergometrische Belastung ist und bleibt der erste (und logische) Schritt in der Diagnostik bei „Verdacht auf koronare Herzerkrankung“. Die pharmakologische Belastung wird bei Patienten, die man nicht adäquat belasten kann, insbesondere im Rahmen einer Operationsvorbereitung, bevorzugt eingesetzt [31]. Hierbei sind Streßechokardiographie und Myokardszintigraphie grundsätzlich als gleichwertig anzusehen, obschon die Standardisierung der Streßechokardiographie noch weiter verbessert

werden muß. In der Vitalitätsdiagnostik ist die PET-Szintigraphie mit Beurteilung der Glucoseaufnahme gesicherter Goldstandard, allerdings liegen für die Dobutamin-Streßechokardiographie bei gleicher Fragestellung erste vielversprechende Ergebnisse vor. In Anbetracht des für den Kardiologen größeren Zeitaufwandes für die Streßechokardiographie stellt sich die Frage nach der individuellen Kosten-Nutzen-Analyse.

Literatur

1. Agati, L., L. Arata, C. P. Neja et al.: Usefulness of the dipyridamole-Doppler test for diagnosis of coronary artery disease. *Amer. J. Cardiol.* 65 (1990), 829–834.
2. Alferi, O., G. LaCanna, R. Guibbini, O. Visoli: Coronary revascularization and recovery of function: the ultimate target. *J. nucl. Biol. Med.* 36 (1992), 280–283.
3. Amanullah, A. M., S. Bevegard, K. Lindvall, M. Aasa: Assessment of left ventricular wall motion in angina pectoris by two-dimensional echocardiography and myocardial perfusion by technetium-99m sestamibi tomography during adenosine-induced coronary vasodilation and comparison with coronary angiography. *Amer. J. Cardiol.* 72 (1993), 983–989.
4. Amanullah, A. M., K. Lindvall, S. Bevegard: Exercise echocardiography after stabilization of unstable angina: correlation with exercise thallium-201 single photon emission computed tomography. *Clin. Cardiol.* 15 (1992), 585–589.
5. Armstrong, W. F., J. O'Donnell, T. Ryan, H. Feigenbaum: Effect of prior myocardial infarction and extent and location of coronary artery disease on accuracy of exercise echocardiography. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 10 (1987), 531–538.
6. Baer, F. M., E. Voth, H. J. Deutsch, C. A. Schneider, K. LaRosée, U. Sechtem, H. Schicha, E. Erdmann: Dobutamine-transoesophageal-echocardiography versus 18F-fluoro-deoxyglucose positron emission tomography: Predictive value for the improvement of akinetic myocardium after revascularization. *Circulation* 92 (1995), I-778.
7. Baumgartner, H., Y.-K. Lau, M. Wutte, U. Klaar, M. Mehrabi, G. Porenta, R. Pacher, M. C. Fishbein, G. Maurer: Assessment of myocardial viability by dobutamine echocardiography: histopathologic correlation in explanted hearts. *Circulation* 92 (1995), I-778.
8. Beckmann, S., W. Bocksch, M. Schartl: Praktische Durchführung der Streßechokardiographie – Worauf ist zu achten? *Herz* 21 (1996), 414–419.

9. Canby, R. C., S. Silber, G. M. Pohost: Relations of the myocardial imaging agents ^{99m}Tc -MIBI and ^{201}Tl to myocardial blood flow in a canine model of myocardial ischemic insult. *Circulation* 81 (1990), 289–296.
10. Castini, D., F. Gentile, M. Ornaghi, E. Montani, A. Lippolis, E. Mangiarotti, D. Esposti, D. Cirino, G. C. Maggi: Dobutamine echocardiography: usefulness of digital image processing. *Europ. Heart J.* 16 (1995), 1420–1424.
11. Cohen, J. L., K. L. Chan, W. Jaarsma, D. S. Bach, D. W. Muller, M. R. Starling, W. F. Armstrong: Arbutamine echocardiography: efficiency and safety of a new pharmacologic stress agent to induce myocardial ischemia and detect coronary artery disease. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 26 (1995), 1168–1175.
12. Cohen, J. L., T. O. Greene, J. R. Alston, S. D. Wilchfort, C. S. Kim: Usefulness of oral dipyridamole digital echocardiography for detecting coronary artery disease. *Amer. J. Cardiol.* 64 (1989), 385–386.
13. Cohen, J. L., T. O. Greene, J. Ottenweller, S. Z. Binebaum, S. D. Wilchfort, C. S. Kim: Dobutamine digital echocardiography for detecting coronary artery disease. *Amer. J. Cardiol.* 67 (1991), 1311–1318.
14. Crouse, L. H., J. J. Harbrecht, J. L. Vacek, T. L. Rosamond, P. H. Kramer: Exercise echocardiography as a screening test for coronary artery disease and correlation with coronary arteriography. *Amer. J. Cardiol.* 67 (1991), 1213–1218.
15. Detrano, R., A. Janosi, K. P. Lyons et al.: Factors affecting sensitivity and specificity of a diagnostic test: the exercise thallium scintigram. *Amer. J. Med.* 84 (1988), 699–710.
16. Dilsizian, V., R. O. Bonow: Current diagnostic techniques of assessing myocardial viability in patients with hibernating and stunned myocardium. *Circulation* 87 (1993), 1–20.
17. Ferrara, N., D. Bonaduce, D. Leosco et al.: Two-dimensional echocardiographic evaluation of ventricular asynergy induced by dipyridamole: correlation with thallium scanning. *Clin. Cardiol.* 9 (1986), 437–442.
18. Ficarò, E. P., J. A. Fessler, P. D. Shreve, J. N. Kritzman, P. A. Rose, J. R. Corbett: Simultaneous transmission/emission myocardial perfusion tomography. *Circulation* 93 (1996), 463–473.
19. Forster, T., A. J. McNeill, A. Salustri, A. E. Reijs, E. S. el-Said, J. R. Roelandt, P. M. Fioretti: Simultaneous dobutamine stress echocardiography and technetium- 99m isonitrite single-photon emission computed tomography in patients with suspected coronary artery disease. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 21 (1993), 1591–1596.
20. Galanti, G., R. Sciagrà, M. Comeglio, T. Taddei, F. Bonechi, F. Giusti, P. Malfanti, G. Bisi: Diagnostic accuracy of peak exercise echocardiography in coronary artery disease: comparison with thallium-201 myocardial scintigraphy. *Amer. Heart J.* 122 (1991), 1609–1616.
21. Gunalp, B., B. Dokumaci, C. Uyan, E. Vardareli, E. Isik, H. Bayhan, M. Ozguven, E. Ozturk: Value of dobutamine technetium- 99m sestamibi SPECT and echocardiography in the detection of coronary artery disease compared with coronary angiography. *J. nucl. Med.* 34 (1993), 889–894.
22. Hecht, H. S., L. DeBord, R. Shaw, R. Dunlap, C. Ryan, S. H. Stertzer, R. K. Myler: Digital supine bicycle stress echocardiography: a new technique for evaluating coronary artery disease. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 21 (1993), 950–956.
23. Hecht, H. S., L. DeBord, R. Shaw, H. Chin, C. Ryan, R. K. Myler: Supine bicycle echocardiography versus tomographic thallium-201-exercise imaging for the detection of coronary artery disease. *J. Amer. Soc. Echocardiogr.* 6 (1993), 177–185.
24. Hoffmann, R., H. Lethen, E. Kleinhans, S. Krüger, F. A. Flachskampf, P. Hanrath: Dobutamin-Streßechokardiographie und Perfusionsszintigraphie zur Erfassung myokardialer Ischämien bei Patienten mit und ohne vorausgegangenen Myokardinfarkt. *Z. Kardiol.* 85 (1996), 20–27.
25. Kaul, S.: Dobutamine echocardiography for determining myocardial viability after reperfusion: experimental and clinical observations. *Europ. Heart J.* 16, Suppl. M (1995), 17–23.
26. Kiat, H., A. S. Iskandrian, B. J. Villegas, M. R. Starling, D. S. Berman: Arbutamine stress thallium-201 single-photon emission computed tomography using a computerized closed-loop delivery system. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 26 (1995), 1159–1167.
27. King, M. A., B. M. W. Tsui, T.-S. Pan: Attenuation compensation for cardiac single-photon emission computed tomographic imaging: Part 1. Impact of attenuation and methods of estimating attenuation maps. *J. nucl. Cardiol.* 2 (1995), 513–524.
28. Limacher, M. C., M. A. Quiñones, R. Poliner, J. G. Nelson, W. L. Winters Jr., A. D. Waggoner: Detection of coronary artery disease with exercise two-dimensional echocardiography. *Circulation* 67 (1983), 1211–1218.
29. Lund, G. K., R. M. Höppner, V. M. Heinrichs, D. H. Koschyk, T. Hofmann, M. Lübeck, C. A. Nienhaber: Dobutamine echocardiography or rest-redistribution thallium-201 SPECT for detection of residual viability after acute myocardial infarction? *Circulation* 92 (1995), I-778.
30. Mahmarian, J. J., M. S. Verani: Exercise thallium-201 perfusion scintigraphy in the assessment of ischemic heart disease. *Amer. J. Cardiol.* 67 (1991), 2D–11D.
31. Mangano, D. T., L. Goldman: Preoperative assessment of patients with known or suspected coronary disease. *New Engl. J. Med.* 333 (1995), 1750–1756.
32. Marcovitz, P. A., W. F. Armstrong: Accuracy of dobutamine stress echocardiography in detecting coronary artery disease. *Amer. J. Cardiol.* 69 (1992), 1269–1273.
33. Margonato, A., S. Chierchia, D. Cianflone et al: Limitations of dipyridamole echocardiography in effort angina pectoris. *Amer. J. Cardiol.* 59 (1987), 225–230.
34. Martin, T. W., J. F. Seworth, J. P. Johns, L. E. Pupa, W. R. Condos: Comparison of adenosine, dipyridamole and dobutamine in stress echocardiography. *Ann. intern. Med.* 116 (1992), 190–196.
35. Marwick, T., A. M. D'Hondt, T. Baudhuin, B. Willemart, W. Wijns, J. M. Detry, J. Melin: Optimal use of dobutamine stress for the detection and evaluation of coronary artery disease: combination with echocardiography or scintigraphy, or both? *J. Amer. Coll. Cardiol.* 22 (1993), 159–167.
36. Marwick, T., B. Willemart, A. M. D'Hondt, T. Baudhuin, W. Wijns, J. M. Detry, J. Melin: Selection of the optimal nonexercise stress for the evaluation of ischemic regional myocardial dysfunction and malperfusion. *Circulation* 87 (1993), 3454–354.
37. Marwick, T. H., T. Anderson, M. J. Williams, B. Haluska, J. A. Melin, F. Pashkow, J. D. Thomas: Exercise echocardiography is an accurate and cost-efficient technique for detection of coronary artery disease in women. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 26 (1995), 335–341.
38. Marwick, T. H., J. J. Nemeck, F. J. Pashkow, W. T. Stewart, E. E. Salcedo: Accuracy and limitations of exercise echocardiography in a routine clinical practice. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 19 (1992), 74–81.
39. Marzullo, P., O. Parodi, B. Reichenhofer, G. Sambuceti, E. Picano, A. Distante, A. Gimelli, A. L'Abbate: Value of rest thallium-201/technetium- 99m sestamibi scans and dobutamine echocardiography for detecting myocardial viability. *Amer. J. Cardiol.* 71 (1991), 166–172.
40. Maurer, G., N. C. Nanda: Two dimensional echocardiographic evaluation of exercise induced left and right ventricular asynergy: correlation with thallium scanning. *Amer. J. Cardiol.* 48 (1981), 720–727.
41. Mazeika, P., P. Nihoyannopoulos, J. Joshi, C. M. Oakley: Uses and limitations of high dose dipyridamole stress echocardiography for evaluation of coronary artery disease. *Brit. Heart J.* 67 (1992), 144–149.
42. McNeil, A. J., P. M. Fioretti, E. M. El-Said, A. Salustri, P. J. deFeyter, J. R. Roelandt: Enhanced sensitivity for detection of coronary artery disease by addition of atropine to dobutamine stress echocardiography. *Amer. J. Cardiol.* 70 (1992), 41–46.
43. Morganroth, J., C. C. Chen, D. David et al.: Exercise cross-sectional echocardiographic diagnosis of coronary artery disease. *Amer. J. Cardiol.* 47 (1981), 20–26.

44. Perin, E. C., W. Moore, M. Blume, D. Hernandez, R. Dhneke, C. M. DeCastro: Comparison of dipyridamole echocardiography with dipyridamole thallium scintigraphy for the diagnosis of myocardial ischemia. *Clin. nucl. Med.* 16 (1991), 417–420.
45. Picano, E., A. Distante, M. Masini, M. A. Morales, F. Lattanzi, A. L'Abbate: Dipyridamole-echocardiography test in effort angina pectoris. *Amer. J. Cardiol.* 56 (1985), 452–456.
46. Picano, E., F. Lattanzi, M. Masini, A. Distante, A. L'Abbate: Comparison of high-dose dipyridamole echocardiography test and exercise 2D echocardiography for diagnosis of coronary artery disease. *Amer. J. Cardiol.* 59 (1987), 539–542.
47. Picano, E., F. Lattanzi, M. Masini, A. Distante, A. L'Abbate: Usefulness of the dipyridamole-exercise echocardiography test for diagnosis of coronary artery disease. *Amer. J. Cardiol.* 62 (1988), 67–70.
48. Picano, E., M. Masini, F. Lattanzi, A. Distante, A. L'Abbate: Role of dipyridamole-echocardiographic test in electrocardiographically silent effort myocardial ischemia. *Amer. J. Cardiol.* 58 (1986), 235–237.
49. Picano, E., I. Simonetti, M. Masini et al.: Transient myocardial dysfunction during pharmacologic vasodilation as an index of reduced coronary reserve: a coronary hemodynamic and echocardiographic study. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 8 (1986), 84–90.
50. Pozzoli, M. M. A., P. M. Fioretti, A. Salustri, A. E. M. Reijts, J. R. T. C. Roelandt: Exercise echocardiography and technetium-99m MIBI single photon emission computed tomography in the detection of coronary artery disease. *Amer. J. Cardiol.* 67 (1991), 350–355.
51. Previtali, M., L. Lanzarini, M. Ferrario, M. Tortorici, A. Mussini, C. Montemartini: Dobutamine versus dipyridamole echocardiography in coronary artery disease. *Circulation* 83, Suppl. (1991), III-27–31.
52. Qualifikationsvoraussetzungen für die Belastungs-Echokardiographie. *Dt. Ärztbl.* 92 (1995), A-3579.
53. Quiñones, M. A., M. S. Verani, R. M. Hachin, J. J. Mahmarian, J. Suarez, W. A. Zoghbi: Exercise echocardiography versus thallium-201 single-photon emission computed tomography in evaluation of coronary artery disease; analysis of 292 patients. *Circulation* 85 (1992), 1026–1031.
54. Ryan, T., D. S. Segar, S. G. Sawada, K. E. Berkovitz, D. Whang, A. M. Dohan, J. Duchak, T. E. White, J. Foltz, J. A. O'Donnell: Detection of coronary artery disease with upright bicycle exercise echocardiography. *J. Amer. Soc. Echocardiogr.* 6 (1993), 186–197.
55. Ryan, T., C. G. Vasey, C. F. Presti, J. A. O'Donnell, H. Feigenbaum, W. F. Armstrong: Exercise echocardiography: detection of coronary artery disease in patients with normal left ventricular wall motion at rest. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 11 (1988), 993–999.
56. Sawada, S. G., T. Ryan, N. S. Fineberg et al.: Exercise echocardiographic detection of coronary artery disease in women. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 14 (1989), 1114–1147.
57. Sawada, S. G., D. S. Segar, T. Ryan, S. E. Brown, A. M. Dohan, R. Williams, N. S. Fineberg, W. F. Armstrong, H. Feigenbaum: Echocardiographic detection of coronary artery disease during dobutamine infusion. *Circulation* 83 (1991), 1601–1614.
58. Schröter, G., M. Schwaiger: Myokardialer Vitalitätsnachweis mit FDG-PET: Noch Forschung oder schon reif für die Praxis? *Herz* 20 (1995), 350–353.
59. Schwaiger, M., S. Silber, U. Klein, W. Rudolph: Myokardszintigraphie mit 201-Thallium: Eine Zwischenbilanz. *Herz* 5 (1980), 79–85.
60. Segar, D. S., S. E. Brown, S. G. Sawada, T. Ryan, H. Feigenbaum: Dobutamine stress echocardiography: correlation with coronary lesion severity as determined by quantitative angiography. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 19 (1992), 1197–1202.
61. Sheikh, K. H., J. R. Bengtson, S. Helmy et al.: Relation of quantitative coronary lesion measurements to the development of exercise-induced ischemia assessed by exercise echocardiography. *J. Amer. Coll. Cardiol.* 15 (1990), 1043–1051.
62. Silber, S., E. Fleck, U. Klein, W. Rudolph: Wertigkeit der 201-Thallium-Belastungszintigraphie im Vergleich zur Belastungselektrokardiographie bei Patienten mit koronarer Herzerkrankung ohne Myokardinfarkt. *Herz* 4 (1979), 359–369.
63. Silber, S., E. Fleck, M. Bierner, U. Klein, W. Rudolph: Szintigraphischer Nachweis abgelaufener Myokardinfarkte mit 201-Thallium: Einfluß von Lokalisation, Ausdehnung und Schweregrad der linksventrikulären Wandbewegungseinschränkung. *Herz* 4 (1979), 428–437.
64. Simek, C. L., D. D. Watson, W. H. Smith, E. Vinson, S. Kaul: Dipyridamole thallium-201 imaging versus dobutamine echocardiography for the evaluation of coronary artery disease in patients unable to exercise. *Amer. J. Cardiol.* 72 (1993), 1257–1262.
65. Simonetti, I., K. Rezai, J. D. Rossen, M. D. Winniford, C. L. Talman, M. Hollenberg, P. T. Kirchner, M. L. Marcus: Physiological assessment of sensitivity of noninvasive testing for coronary artery disease. *Circulation* 83, Suppl. (1991), III-43–49.
66. Visser, C. A., R. L. van der Wieken, G. Kan et al.: Comparison of two-dimensional echocardiography with radionuclide angiography during dynamic exercise for the detection of coronary artery disease. *Amer. Heart J.* 106 (1983), 528–534.
67. Wackers, F. J. T.: Diagnostic pitfalls of myocardial perfusion imaging in women. *J. Myocard Ischemia* 4 (1992), 23–37.
68. Zahn, R., R. Lotter, H. Nöhl, R. Schiele, C. Bergmeier, M. Zander, K. Seidl, J. Senge: Praktikabilität und Sicherheit der Dobutamin-Streßechokardiographie: Erfahrungen bei 1000 Untersuchungen. *Z. Kardiol.* 85 (1996), 28–34.

Verfasser: Priv.-Doz. Dr. med. S. Silber, Kardiologische Gemeinschaftspraxis, Tal 21, D-80331 München.