

Ösophagusfunktionsszintigraphie]

Indikation, Durchführung und Auswertung

Empfehlungen des Arbeitskreises Neurogastroenterologie und Motilität

M. Katschinski¹, W. Schröttle², A. Wuttge-Hannig³, C. Hannig⁴, G. Stacher⁵ und
K. Tatsch⁶

¹Klinik für Gastroenterologie & Endokrinologie der Philipps-Universität Marburg;

²II. Medizinische Klinik des Klinikums Ingolstadt; ³Gemeinschaftspraxis für
Radiologie, Strahlentherapie & Nuklearmedizin, München; ⁴Institut für Röntgen-
diagnostik des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München;

⁵Psychophysiologisches Laboratorium an der Klinik für Chirurgie der Universität
Wien; ⁶Klinik für Nuklearmedizin, Klinikum Großhadern der Ludwig-Maximilians-
Universität, München

Anschrift für die Verfasser:

Prof. Dr. M. Katschinski

Klinik für Gastroenterologie und Endokrinologie der Philipps-Universität Marburg

Baldingerstraße 1, D-35033 Marburg

Tel. 0049-6421 286 6460; Fax 0049-6421 286 8922

e-mail: katschin@post.med.uni-marburg.de

Einleitung

Die Ösophagusfunktionsszintigraphie ist ein nicht-invasives, quantifizierendes Verfahren zur Objektivierung einer Störung des Bolustransports durch die Speiseröhre. Die Methode wurde zuerst 1972 von Kazem (1) zur qualitativen Beurteilung einzelner Schluckakte eingeführt, die Arbeitsgruppen um Fisher, Russel, Leisner, Kjellen, Castell und Klein haben sie weiterentwickelt (2-8). Tatsch et al. (9) verbesserten die diagnostische Leistung durch die Verwendung von Boli höherer Konsistenz und die Beurteilung mehrerer Schluckakte. Die Untersuchung kann ohne besonderen apparativen Aufwand in jeder nuklearmedizinischen Abteilung durchgeführt werden.

Im vorliegenden Artikel werden Empfehlungen einer vom Arbeitskreis Neurogastroenterologie und Motilität eingesetzten Expertengruppe über Indikationen zur Ösophagusfunktionsszintigraphie, die Durchführung dieser Untersuchung und die Auswertung der dabei gewonnenen Daten präsentiert. Die Empfehlungen stützen sich in erster Linie auf publizierte Berichte, in zweiter Linie auf die praktischen Erfahrungen der Mitglieder der Expertengruppe.

1. Indikationen

Empfehlung. Die Ösophagusfunktionsszintigraphie ist geeignet zur Beurteilung des ösophagealen Bolustransports von Patienten mit Dysphagie, bei denen eine Stenose als Ursache des Symptoms endoskopisch oder radiologisch ausgeschlossen wurde. Geeignet ist sie auch zur Erkennung eines Speiseröhrenbefalls bei Kollagenosen und neuromuskulären Erkrankungen sowie zur Beurteilung des Verlaufs von

Motilitätsstörungen und von Therapieeffekten. Die Ösophagusfunktionsszintigraphie kann zur Erkennung einer Transportstörung auch in Fällen dienen, in denen eine manometrische und eine endoskopische Untersuchung keinen pathologischen Befund zeigten sowie bei Patienten mit nichtkardialen Brustschmerzen, bei denen sich pH-metrisch keine Hinweise auf den Beschwerden zugrundeliegende gastroösophageale Refluxepisoden ergaben.

Erläuterung. Mehrere Studien (10-13) zeigten, daß bei Patienten mit nichtobstruktiver Dysphagie manometrisch festgestellte Störungen der Motilität des tubulären Ösophagus durch die Ösophagusfunktionsszintigraphie mit hoher Sensitivität erkannt werden können. Ein verzögerter Bolustransport wird bei Patienten mit einem erhöhten Anteil nichtpropulsiver (simultaner) oder aus dem proximalen nicht in den distalen Ösophagus fortgeleiteter Kontraktionswellen (14) sowie bei Patienten mit Kontraktionswellen niedriger Amplitude (< 30 mmHg) beobachtet (14,15). Bei manometrisch definierten Störungen wie dem Nußknackerösophagus kann die Szintigraphie nur dann diagnostische Hinweise geben, wenn der Bolustransport beeinträchtigt ist (14,16). Auf das Bestehen einer Achalasie kann aus dem szintigraphischen Befund mit hoher Wahrscheinlichkeit (17) geschlossen werden, vor einer invasiven Therapie jedoch ist zur Sicherung der Diagnose eine manometrische Untersuchung indiziert. Bei Patienten mit Sklerodermie verhielt sich der nach dem Schlucken eines radioaktiv markierten Bolus und drei 'Trockenschlucken' in liegender Position im Ösophagus verbliebene Anteil des Bolus umgekehrt proportional zum manometrisch festgestellten Anteil propulsiver, den Bolus vor sich hertreibender Kontraktionswellen und zur Amplitude dieser Wellen (18).

Bei Störungen der Motilität des tubulären Ösophagus, wie sie bei Patienten mit Achalasie, diffusen Ösophagusspasmen und anderen Störungen vorkommen, eignet sich die Szintigraphie auch zur Verlaufskontrolle und zur Beurteilung von Therapieeffekten. Bei nach Behandlung persistierender oder wiederaufgetretener Dysphagie ist die Szintigraphie ein adäquates Verfahren zur Quantifizierung des Bolustransports vor einer neuerlichen therapeutischen Intervention (19-22). Bei Kollagenosen und neuromuskulären Erkrankungen sind ein Speiseröhrenbefall und dessen Verlauf szintigraphisch feststellbar (23,24), eine genauere Charakterisierung der Störung kann manometrisch erfolgen. Auch Effekte von Pharmaka auf die Ösophagusfunktion können szintigraphisch objektiviert werden (25).

In mehreren Studien fand sich bei Patienten mit manometrisch normaler Ösophagusfunktion szintigraphisch ein langsamer Bolustransport (3,11,12,26). Dies ist darauf zurückzuführen, daß die auf den Bolus einwirkenden Kräfte manometrisch nur zum Teil erfaßt werden können. Eine szintigraphische Prüfung des Bolustransports ist daher insbesondere bei Patienten mit Dysphagie, aber manometrisch normalem oder grenzwertigem Befund sinnvoll. In solchen Fällen ist es angezeigt, die Untersuchung statt mit Wasserboli mit Boli höherer Konsistenz vorzunehmen (26).

Als Technik zur Feststellung der Ursache einer Dysphagie ist die szintigraphische Untersuchung in ihrer Sensitivität der Röntgenvideokinematographischen Untersuchung unterlegen: Bei 89 Patienten mit Dysphagie und manometrisch untersuchter Ösophagusfunktion konnten videokinematographisch und szintigraphisch 23 bzw. 21 von 23 Fällen mit Achalasie, 4 bzw. 2 von 6 Fällen mit diffusen Ösophagusspasmen, 3 bzw. 3 von 4 Fällen mit Motilitätsstörung bei Sklerodermie, 13 bzw. 15 von 21 Fällen mit unspezifischen

Motilitätsstörungen und 21 bzw. 17 von 26 Fällen mit normaler Funktion erkannt werden (27). Gegenüber der radiologischen Untersuchung hat die Szintigraphie die Vorteile einer geringeren Strahlenexposition und der quantitativen Erfassung der Transportleistung des Ösophagus.

Bei Patienten mit nichtkardialen Brustschmerzen sind diese häufig mit gastroösophagealen Refluxepisoden assoziiert; diagnostisch sollte daher zunächst eine 24 Stunden pH-Metrie durchgeführt werden (28). Kann keine Beziehung zwischen Schmerz und Refluxaktivität festgestellt werden, so muß eine Motilitätsstörung als Ursache ausgeschlossen werden, und zwar mittels einer manometrischen Untersuchung, wenn möglich verbunden mit einem Edrophonium-Test zur Provokation von Brustschmerzen. Ist diese Untersuchungstechnik nicht verfügbar, so sollte szintigraphisch nach solchen Störungen gefahndet werden und auch in diesem Falle eine Edrophonium-Provokation erfolgen (28).

2. Apparative Voraussetzungen

Empfehlung. Die technischen Voraussetzungen zur Durchführung und Auswertung einer Ösophagusfunktionsszintigraphie sind heute an jeder nuklearmedizinischen Abteilung gegeben. Als Aufnahmeparameter sind mindestens eine 64 x 64 Matrix und eine Akquisitionsdauer von 0,5 bis 1 Sekunde (s) pro Bild zu fordern. Die Aktivität in der Speiseröhre sollte über 30 s nach jedem Schluckakt registriert werden.

Erläuterung. Einige Arbeitsgruppen verwenden zwar kurze Akquisitionszeiten von nur 0,2 bis 0,3 s pro Bild (8,17,18), Akquisitionszeiten von 0,5 bis 1 s erbringen

jedoch eine ausreichende zeitliche Auflösung, um den Transport des Bolus durch den Ösophagus aufzuzeichnen. Bei Verwendung längerer Akquisitionszeiten, z. B. 1 s/Bild, ist mit kleineren Mengen des eingesetzten Radioisotops eine ebenso gute Zählratenstatistik und damit diagnostische Aussagekraft zu erreichen wie mit sehr kurzen Akquisitionszeiten (0,2 s/Bild), gleichzeitig ist aber die Strahlenexposition des Patienten deutlich geringer (9,10). Bei Gesunden werden sowohl flüssige als auch breiige Boli innerhalb von 15 Sekunden komplett in den Magen befördert (9,10,12,16,17,27), daher reichen 30 s zur Verfolgung des Bolus nach jedem Schluckvorgang aus. Werden mehrere Boli innerhalb von jeweils 30 s nicht vollständig in den Magen befördert, so spricht dies für eine erhebliche Störung (27).

3. Durchführung

Empfehlung. Die Patienten sollten vor der Untersuchung mindestens 3 Stunden und bei Verdacht auf das Bestehen einer Achalasie 12 Stunden nichts gegessen und getrunken haben. Um die Patienten mit der Prozedur vertraut zu machen, werden sie zunächst gebeten, einen nicht markierten Testbolus auf einmal zu schlucken. Dann wird, um den pharyngoösophagealen Übergang als Oberrand der Speiseröhre kennzuzeichnen, ein radioaktiver Marker in Höhe des Ringknorpels plaziert, mit der Gammakamera aufgenommen und wieder entfernt. Die im Verlauf der Untersuchung zu schluckenden Boli werden mit den nicht resorbierbaren Radiopharmaka ^{99m}Tc -Zinnkolloid, ^{99m}Tc -Schwefelkolloid oder ^{99m}Tc -Diäthylen-Triamin-Pentaessigsäure (DTPA) markiert. Als flüssige Boli sollten 10 ml Wasser markiert mit 10 MBq eines Technetium-haltigen Radiopharmakons verwendet werden. Mit semisoliden Boli können Transportstörungen mit größerer Sensitivität erkannt werden als mit

Wasserboli. Als semisoliden Boli haben sich 10 g Grießbrei (z.B. Alete Milch-Fertigbrei), markiert mit 10 MBq eines Technetium-haltigen Radiopharmakons, bewährt. Wichtig ist, daß die Konsistenz solcher Boli gleichbleibend und reproduzierbar ist; sie sollte so sein, daß der Bolus nicht vom Löffel tropft. Der in liegender Position befindliche Patient wird angewiesen, in Abständen von 30 Sekunden mehrere, am besten 6 oder 8, Boli zu schlucken. Ist nach 6 bzw. 8 Schlucken eine Retention größerer Bolusanteile im Ösophagus festzustellen, so sollte die Messung am sitzenden Patienten über 5 bis 20 Minuten fortgeführt werden. Eine in sitzender Position persistierende Retention größerer Bolusanteile spricht für das Vorliegen einer Achalasie.

Erläuterung. Mit flüssigen Boli konnte in einer Reihe von Untersuchungen gut zwischen zuvor manometrisch festgestellter normaler und gestörter Motilität des tubulären Ösophagus differenziert werden (2,3,12,13,17,27,29-31), dabei ergab sich für die Szintigraphie eine Sensitivität von 44 % (30), 67 % (31), 68 % (27), 79 % (29) bzw. 81 % (17). In einer Untersuchung an 86 Patienten zeigte es sich jedoch, daß der Transport eines flüssigen Bolus in nur 59 % der Fälle gestört war, in denen auch der Transport eines semisoliden Bolus gestört war (9). In einer anderen Untersuchung konnte eine manometrisch festgestellte normale oder gestörte Motilität bei Verwendung semisolider Boli mit einer Sensitivität von 95 % und einer Spezifität von 96 % erkannt werden, bei Verwendung flüssiger Boli jedoch mit einer Sensitivität und Spezifität von jeweils nur 85 % (10). Mit semisoliden Boli können insbesondere unspezifische Störungen besser erkannt werden als mit flüssigen (32). Dies ist damit zu erklären, daß die Kontraktionswelle des Pharynx einen visköseren Bolus nur bis zur Hälfte des Ösophaguskörpers, einen Wasserbolus dagegen zumindest teilweise

bis zum ösophagogastralen Übergang transportiert (33).

Wichtig ist, daß der Transport mehrerer Boli beurteilt werden kann. Bei der Untersuchung mit einem einzigen Schluck sind etwa 25 % falsch-positiver bzw. falsch-negativer Ergebnisse zu erwarten (9,34). Eine erhebliche Retention des Bolus im Liegen und ein Persistieren der Retention bei Weiterbeobachtung in sitzender Körperposition spricht für das Vorliegen einer Achalasie, während bei hypodynamen Störungen des Ösophaguskörpers, aber intakter Sphinkterrelaxation, in sitzender Position keine Retention mehr zu beobachten ist.

4. Auswertung

Empfehlung. Die qualitative Beurteilung des Bolustransportes erfolgt am besten durch eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Aktivitätsverteilung entlang der Speiseröhre mittels einer Ort-Zeit-Matrix. Eine solche wird für den Transport jedes einzelnen Bolus angefertigt. Für die zusammenfassende Beurteilung kann aus den Ort-Zeit-Matrizes der einzelnen Schluckakte ein repräsentatives Summenbild erstellt werden. In einer Serie von 6 Boli und bei normalen quantitativen Transportparametern sind bis zu 2 Schluckakte, in deren Verlauf der Bolus nicht komplett in den Magen befördert wird, noch als normal zu betrachten. Pathologische Muster sind ein Hin- und Herbewegtwerden des Bolus und ein Liegenbleiben des Bolus oder größerer Anteile davon in einem bestimmten Bereich der Speiseröhre. Zur quantitativen Beurteilung werden aus den Ort-Zeit-Matrizes der einzelnen Schluckakte oder des Summenbildes Zeitaktivitätskurven abgeleitet. Der zu definierten Zeitpunkten in den Magen transportierte Anteil des Bolus, z.B.

$$100 \times \frac{\text{maximale Aktivität minus Aktivität nach 12 Sekunden}}{\text{maximale Aktivität minus Hintergrundaktivität}}$$

und/oder die Zeit vom Eintritt der ersten Aktivität in den Ösophagus bis zum Eintreffen von 90 % der maximalen Aktivität im Magen, werden angegeben.

Erläuterung. Eine Beschränkung der Auswertung auf Maßzahlen zur Charakterisierung der Transportzeit oder des zu bestimmten Zeitpunkten in den Magen transportierten Anteils des Bolus ist unzureichend, weil damit keine Aussage über das Motilitätsmuster und die Lokalisation der Störung getroffen wird. Daher ist eine qualitative Beurteilung der Schluckakte anhand einer Ort-Zeit-Matrix geboten. In Anbetracht der relativ großen Variabilität der Schluckakte bei gesunden Personen – auch bei solchen können vereinzelt abnorme Schluckakte beobachtet werden - ist die Durchführung der Untersuchung in Mehrfachschlucktechnik erforderlich (10). Am liegenden Patienten ist ein Auf- und Abbewegtwerden des Bolus bei diffusen Ösophagusspasmen und bei einer vigorösen Achalasie, ein Liegenbleiben des Bolus in der Speiseröhre oder einem Teil davon bei Achalasie oder bei adynamischem Ösophagus wie etwa bei Patienten mit Sklerodermie zu beobachten (3,27); bei den letzteren fließt der Bolus nach Aufsetzen des Patienten jedoch ungehindert in den Magen ab. Eine erhebliche Transportverzögerung im mittleren und distalen Ösophagus (Transportzeit > 30 Sekunden), die auch in aufrechter Position weitgehend bestehen bleibt, spricht für das Vorliegen einer Achalasie.

Bei der Eingrenzung der zur Auswertung über den Ösophagus gelegten Region ist darauf zu achten, daß diese nicht eine Hiatushernie einschließt. Ob eine Hiatushernie besteht, sollte durch eine vorangehende radiologische oder endoskopische Untersuchung ermittelt werden (6).

5. Normwerte

Empfehlung. Innerhalb von 12 Sekunden nach dem Schlucken sollten 91 % eines flüssigen und 85 % eines breiigen Bolus im Magen angelangt sein (10).

Erläuterung. Die angegebenen Normwerte wurden mittels Receiver-Operator-Characteristic (ROC) Analyse an 47 nacheinander manometrisch und szintigraphisch untersuchten Patienten als jene Werte festgelegt, die zwischen normaler und pathologischer Funktion am besten diskriminierten. Die Sensitivität und Spezifität des Parameters "Ösophageale Entleerung" zum Zeitpunkt 12 Sekunden nach Schluckbeginn betrug für breiige Boli 95 bzw. 96 %, die Sensitivität und Spezifität des Parameters "Transportzeit" (Zeit vom Schluckbeginn bis zum Eintreffen von 90 % des Bolus im Magen) 86 bzw. 85 % (10). Weitere Parameter zur Quantifizierung der Transportleistung sind weder allgemein gebräuchlich noch erforderlich.

6. Fehlerquellen bei der Dateninterpretation

Konsens. 'Trockene' Schlucke zwischen den einzelnen Bolusschlucken können zu einer deglutitiven Hemmung und damit zu einer Passageverzögerung führen und sind daher zu vermeiden. Die einzelnen Schluckakte können intraindividuell beträchtlich variieren: Deshalb ist in einer Folge von 6 bis 8 Schluckakten einzelnen abnormen Schluckakten, bei denen es zu einer Aufteilung des Bolus und einem verzögerten Transport von Bolusanteilen kommt, keine Bedeutung zuzumessen. Wichtig ist daher, stets alle der aufgezeichneten Schluckakte qualitativ und

quantitativ zu betrachten. Ein Zurücktransportiertwerden von Bolusanteilen aus dem Magen in die Speiseröhre ist klar an einer Zunahme der Aktivität im Ösophaguskörper zu erkennen, die nicht durch ein Nachschlucken im Pharynx retinierten Materials bewirkt wird. Zur Erkennung und Quantifizierung einer gastroösophagealen Refluxaktivität ist die szintigraphische Untersuchung aber ungeeignet.

Erläuterung. Zur Vermeidung von 'Trocken'-Schlucken wird der Patient gebeten, nach jedem Bolusschluck den Mund geöffnet zu lassen. Der großen intraindividuellen Variabilität der Bolusschlucke trägt die Mehrfachschlucktechnik Rechnung (9).

7. Konsequenzen aus dem szintigraphischen Befund

Empfehlung. Ein normaler szintigraphischer Befund schließt eine Ösophagusmotilitätsstörung mit hoher Wahrscheinlichkeit aus. Die szintigraphisch gestellte Diagnosen der Achalasie (erhebliche Transportverzögerung im mittleren und distalen Ösophagus die auch in aufrechter Position mehr oder weniger bestehen bleibt) und diffuser Ösophagusspasmen (abwechselnd antegrader und retrograder intraösophagealer Bolustransport) sollten, insbesondere wenn eine invasive Therapie erwogen wird, durch eine manometrische Untersuchung gesichert werden.

Erläuterung. In 6 Studien, in denen die Sensitivität der Szintigraphie beim Erkennen einer manometrisch festgestellten Funktionsstörung des tubulären Ösophagus an insgesamt 325 Patienten untersucht wurde, ergaben sich insgesamt nur 8 (2.5%) falsch-negative szintigraphische Befunde (3,10-13,27). Daher sind bei Patienten mit

nicht-obstruktiver Dysphagie bei Vorliegen eines normalen szintigraphischen Befundes weitere diagnostische Schritte in der Regel nicht erforderlich. Zur Erfassung oropharyngealer oder szintigraphisch nicht faßbarer Störungen der Ösophagusfunktion können jedoch eine dynamische Röntgen-Ösophagographie oder eine manometrische Untersuchung erforderlich sein (15,27). Da die Störungen der Ösophagusmotilität, insbesondere die Achalasie und die diffusen Ösophagusspasmen, durch manometrische Kriterien definiert sind, sollten Patienten mit einem auf solche Störungen hinweisenden szintigraphischen Befund zur Sicherung der Diagnose in der Regel auch manometrisch untersucht werden.

8. Kosten und Risiken

Konsens. Die Ösophagusfunktionsszintigraphie mit Aufzeichnung des Transports von 6 bis 8 Boli ist mit einer wesentlich geringeren Strahlenexposition verbunden als die in ihrer qualitativen Aussage vergleichbare dynamische Röntgen-Ösophagographie und auch einfacher durchzuführen. Wegen ihres nichtinvasiven Charakters wird die Szintigraphie von den Patienten gut toleriert. Die Kosten einer Ösophagusfunktionsszintigraphie liegen über denen einer Ösophagusmanometrie und einer dynamischen Röntgen-Ösophagographie.

Erläuterung. Die effektive Ganzkörperdosis des Patienten ist bei der Ösophagusfunktionsszintigraphie mit etwa 2 mSv wesentlich geringer als bei einer radiologischen Untersuchung der Speiseröhre (35), bei der von 50 mSv pro Minute Durchleuchtungszeit auszugehen ist (36). In der Bundesrepublik Deutschland sieht der Einheitliche Bewertungsmaßstab (EBM) der Kassenärztlichen

Bundesvereinigung für die Ösophagusfunktionsszintigraphie 2400, für die Röntgenuntersuchung (mit Durchleuchtung) von Speiseröhre, Magen und proximalem Dünndarm 1300 und für die Ösophagusmanometrie 600 Punkte vor (37).

Literatur

1. Kazem I. A new scintigraphic technique for the study of the esophagus. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1972;115:681-688
2. Tolin RD, Malmud LS, Reilley J, Fisher RS. Esophageal scintigraphy to quantitate esophageal transit (quantitation of esophageal transit). *Gastroenterology* 1979;76:1402-1408
3. Russell COH, Hill LD, Holmes ER III, Hull DA, Gannon R, Pope CE II. Radionuclide transit: A sensitive screening test for esophageal dysfunction. *Gastroenterology* 1981;80:887-892
4. Leisner B, Wirsching R, Seidl I. Ösophagus-Funktionsszintigraphie: Kombinierte Untersuchung von Peristaltik und gastroösophagealem Reflux. *Nuc Compact* 1982;13:188-194
5. Kjellen G, Svedberg JB, Tibbling L. Computerized scintigraphy of oesophageal bolus transit in asthmatics. *Int J Nucl Med Biol* 1981;8:153-158
6. Blackwell JM, Richter JE, Wu WC, Cowan RJ, Castell DO. Esophageal radionuclide transit tests. Potential false-positive results. *Clin Nucl Med* 1984;9:679-683
7. Klein HA, Wald A. Computer analysis of radionuclide esophageal transit studies. *J Nucl Med* 1984;25:957-964
8. Klein HA. Esophageal transit scintigraphy. *Semin Nucl Med* 1995;25:306-317
9. Tatsch K, Schroettle W, Kirsch C-M. Multiple swallow test for the quantitative and qualitative evaluation of esophageal motility disorders. *J Nucl Med* 1991;32:1365-1370
10. Tatsch K, Voderholzer WA, Weiss MJ, Schröttle W, Hahn K. Reappraisal of

quantitative esophageal scintigraphy by optimizing results with ROC analyses.

J Nucl Med 1996;37:1799-1805

11. Eising EG, Holtmann G, Reiners C. Bedeutung der parametrisierten Ösophagusszintigraphie in Mehrfachschlucktechnik im Vergleich zur Ösophagusmanometrie. Radiologe 1996;36:508-514
12. Netscher D, Larson GM, Polk HC. Radionuclide esophageal transit. A screening test for esophageal disorders. Arch Surg 1986;121:843-848
13. Taillefer R, Jadliwalla M, Pellerin E, Lafontaine E, Duranceau A. Radionuclide esophageal transit study in detection of esophageal motor dysfunction: comparison with motility studies (manometry). J Nucl Med 1990;31:1921-1926
14. Richter JE, Blackwell JN, Wu WC, Johns DN, Cowan RJ, Castell DO. Relationship of radionuclide liquid bolus transport and esophageal manometry. J Lab Clin Med 1987;109:217-224
15. Tatsch K, Voderholzer WA, Weiss MJ et al. Simultaneous assessment of bolus transport and contraction parameters in multiple-swallow investigations. J Nucl Med 1992;33:1291-1300
16. Holloway RH, Lange RC, Plankey MW, McCallum RW. Detection of esophageal motor disorders by radionuclide transit studies. A reappraisal. Dig Dis Sci 1989;34:905-912
17. Stacher G, Schima W, Bergmann H et al. Sensitivity of radionuclide bolus transport and videofluoroscopic studies compared with manometry in the detection of achalasia. Am J Gastroenterol 1994;89:1484-1488
18. Klein HA, Wald A, Graham TO, Campbell WL, Steen VD. Comparative studies of esophageal function in systemic sclerosis. Gastroenterology 1992;102:1551-1556

19. Pasricha PJ, Ravich WJ, Hendrix TR, Sostre S, Jones B, Kalloo AN. Intraspincteric botulinum toxin for the treatment of achalasia. *N Engl J Med* 1995;322:774-778
20. Annese V, Basciani M, Perri F et al. Controlled trial of botulinum toxin injection versus placebo and pneumatic dilation in achalasia. *Gastroenterology* 1996;111:1418-1424
21. Holloway RH, Krosin G, Lange RC, Baue AE, McCallum RW. Radionuclide esophageal emptying of a solid meal to quantitate results of therapy in achalasia. *Gastroenterology* 1983;84:771-776
22. Johnston BT, Collins BJ, Collins JSA, Ferguson WR. Perendoscopic pneumatic dilatation in achalasia: assessment of outcome using esophageal scintigraphy. *Dysphagia* 1992;7:201-204
23. Kaye SA, Siraj QH, Agnew J, Hilson A, Black CM. Detection of early asymptomatic esophageal dysfunction in systemic sclerosis using a new scintigraphic grading method. *J Rheumatol* 1996;23:297-301
24. Wang SJ, Chia LG, Hsu CY, Lin WY, Kao CH, Yeh SH. Dysphagia in Parkinson's disease. Assessment by solid phase radionuclide scintigraphy. *Clin Nucl Med* 1994;19:405-407
25. Drane WE, Karvelis K, Johnson DA, Curran JJ, Silverman ED. Scintigraphic detection of metaclopramide esophageal stimulation in progressive systemic sclerosis. *J Nucl Med* 1987;28:810-815
26. Kjellen G, Svedberg JB, Tibbling L. Solid bolus transit by esophageal scintigraphy in patients with dysphagia and normal manometry and radiography. *Dig Dis Sci* 1984;29:1-5
27. Parkman HP, Maurer AH, Caroline DF, Miller DL, Krevsky B, Fisher RS. Optimal

- evaluation of patients with nonobstructive esophageal dysphagia. Manometry, scintigraphy, or videoesophagography? *Dig Dis Sci* 1996;41:1355-1368
28. Baron TH, Richter JE. The use of esophageal function tests. *Adv Intern Med* 1993;28:361-368
29. Chobanian SJ, Benjamin SB, Curtis DJ, Cattau EL Jr. Systematic esophageal evaluation of patients with noncardiac chest pain. *Arch Intern Med* 1986;146:1505-1508
30. Mughal MM, Marples M, Bancewicz J. Scintigraphic assessment of oesophageal motility: what does it show and how reliable is it? *Gut* 1986;27:946-953
31. Gilchrist AM, Laird JD, Ferguson WR. What is the significance of the abnormal oesophageal scintigram? *Clin Radiol* 1987;38:509-511
32. Hsu JJ, O'Connor MK, Kang YW, Kim CH. Nonspecific motor disorder of the esophagus: A real disorder or a manometric curiosity? *Gastroenterology* 1993;104:1281-1284
33. Buthpitiya AG, Stroud D, Russell COH. Pharyngeal pump and esophageal transit. *Dig Dis Sci* 1987;32:1244-1248
34. Bartlett RJV, Parkin A, Ware FW, Riley A, Robinson PJA. Reproducibility of oesophageal transit studies: several 'single swallows' must be performed. *Nucl Med Commun* 1987;8:317-326
35. Lissner J, Fink U (Eds). *Radiologie II*. Enke, Stuttgart, 1990, S. 636
36. Siegel JA, Wu RK, Knight LC, Zelac RE, Stern HS, Malmud LS. Radiation dose estimates for oral agents used in upper gastrointestinal disease. *J Nucl Med* 1983;24:835-837
37. Kassenärztliche Bundesvereinigung. Einheitlicher Bewertungsmaßstab (EBM). Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 2000