

Farbkodierte Doppler-Sonographie bei Nierentransplantaten

Von B. Schwaighofer, P. Hübsch, J. Kovarik, F. Frühwald, F. Kainberger und P. Barton

Abteilung für Diagnostische Radiologie (Leiter: OA Dr. G. Seidl) der II. Medizinischen Universitätsklinik Wien
(Vorstand: Prof. Dr. G. Geyer)

Zusammenfassung

Im Rahmen einer prospektiven Studie wurde bei 81 nierentransplantierten Patienten die farbkodierte Doppler-Sonographie (Angiodynographie) und die Szintigraphie (^{99m}Tc -Bolus) zum Nachweis des Blutflusses im Transplantat verglichen. Bei klinisch unauffälligen Patienten waren die Ergebnisse beider Untersuchungen gleichwertig. Bei anurischen Patienten war die Angiodynographie dem Tc-Bolus insofern überlegen, als sie in 3 Fällen wichtige zusätzliche Information wie fehlende Durchblutung der Nierenarterien 3. und 4. Ordnung oder eines Nierenpols aufzeigen konnte. Die Angiodynographie scheint in der Lage zu sein, die Tc-Bolus-Untersuchung zu ersetzen; bis zur Entwicklung niederfrequenter Schallsonden ist die Beurteilbarkeit bei sehr adipösen Patienten allerdings eingeschränkt.

Colour flow doppler in renal transplants

A prospective study was carried out in 81 patients to compare the ability of colour coded Doppler sonography (angiodynography) and Tc bolus examination for demonstrating renal blood supply. In patients with normal transplant function both methods performed equally well. In anuric patients angiodynography was superior to the Tc bolus examination: In three cases angiodynography was able to provide important additional information such as absence of blood flow in peripheral intrarenal vessels or missing blood supply of a transplant pole. Angiodynography seems to be able to replace the Tc bolus examination; this statement excludes very obese patients until low-frequency probes for angiodynography will be available.

Einleitung

Bei postoperativer Nierentransplantatanurie stellt sich als eine der ersten Differentialdiagnosen die Frage, ob das Organ durchblutet ist. Die Beurteilung der Vaskularisation sowie der Durchgängigkeit der Nierenarterienanastomose wird heute routinemäßig szintigraphisch oder angiographisch durchgeführt (4, 18, 21). Vor allem letztere Methode stellt durch die Invasivität und Kontrastmittelapplikation eine beträchtliche Belastung für die anurischen Patienten dar.

In den letzten Jahren wurden zum röntgenologischen Transplantatmonitoring auch andere bildgebende Methoden wie Ultraschall und Duplexsonographie, Computertomographie oder Magnetresonanztomographie eingesetzt, die zwar teilweise gute Ergebnisse in der Abstoßungsdiagnostik und in der Beurteilung des perirenaln Raumes erbrachten, bezüglich der Anastomosenverhältnisse und Organvaskularisation aber keine exakten Aussagen zuließen (1–3, 6–9, 12–22).

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Patienten mit Nierentransplantaten mit einem neuen Farbdopplersystem (sog. Angiodynographie) untersucht. Mit diesem Verfahren ist es möglich, den Blutfluß sowohl großer extrarenaler als auch kleiner intraparenchymatöser Gefäße farbig darzustellen (5, 10, 11).

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Wertigkeit der farbkodierten Doppler-Sonographie zur nicht-invasiven Beurteilung der Organdurchblutung und Anastomosen-durchgängigkeit im Vergleich zur ^{99m}Tc -Bolus-Untersuchung zu evaluieren.

Material und Methode

Insgesamt wurden 81 Patienten (51 männlich, 30 weiblich, Durchschnittsalter 46 Jahre) mit Hilfe der farbkodierten Doppler-Sonographie und anschließend szintigraphisch untersucht. An 54 Patienten mit gut funktionierendem Nierentransplantat wurde sowohl unmittelbar postoperativ als auch im Rahmen von Verlaufskontrollen das normale Erscheinungsbild von Transplantaten im Farbdoppler evaluiert. Anschließend wurde bei 27 anurischen Patienten die Aussagekraft der farbkodierten Doppler-Sonographie bei nicht funktionierenden Nierentransplantaten untersucht, wobei die Untersuchungen unmittelbar postoperativ (1.–7. Tag) durchgeführt wurden.

Bei beiden Patientengruppen wurde die Wertigkeit der farbkodierten Doppler-Sonographie im Vergleich zur Szintigraphie überprüft und die Effizienz beider Methoden berechnet (Effizienz = Prozentsatz der richtigen Befunde, gemessen an der Gesamtzahl der Befunde).

Die Angiodynographie (Quantum/Philips) ist ein Farb-Dopplerverfahren, mit dem es möglich ist, den Blutfluß in den Gefäßen farbig sichtbar zu machen. Das System wertet die von jedem Punkt des Bildfeldes reflektierte Schallwelle bezüglich ihrer Amplitude, Phase und Frequenz aus. Stationäre Echosignale werden proportional zur Echointensität einem Grauwert zugeordnet und erzeugen so das bekannte B-Bild. Signale von bewegten Elementen werden aufgrund der Geschwindigkeit und der Bewegungsrichtung der Elemente einer Farbe zugeordnet und erzeugen so ein dynamisches Bild des Blutflusses. Rot kennzeichnet die Bewegung weg vom Schallkopf, blau eine Bewegung auf den Schallkopf zu. Die Farbintensität (Helligkeit) basiert auf der Doppler-Verschiebung und ist abhängig von der Geschwindigkeit der Elemente am jeweiligen Ort des Bildfeldes. Die Untersuchungen wurden mit einem 5-MHz-Linearschallkopf durchgeführt, der eine axiale Ortsauflösung von 0,38 mm und eine laterale Ortsauflösung von

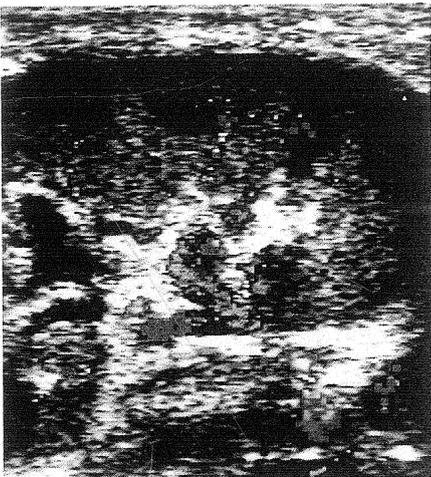


Abb. 1 Farbkodierte Doppler-Sonographie eines gut funktionierenden Nierentransplantats: intraparenchymatöse Gefäße im gesamten Nierenbereich bis zu den Aa. arcuatae kommen farbig zur Darstellung.

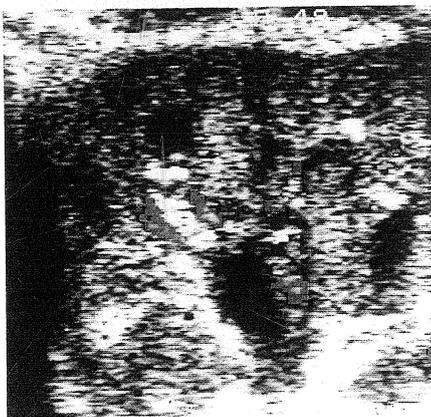


Abb. 2 Farbkodierte Doppler-Sonographie eines Nierentransplantates bei akut vaskulärer Abstoßung: Nur die zentralen Nierengefäße (im Sinusbereich) kommen zur Darstellung.

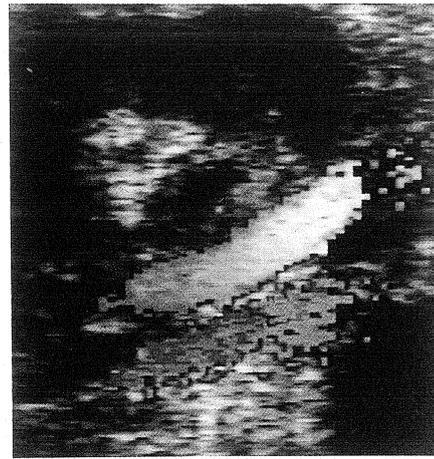


Abb. 3 a Farbkodierte Doppler-Sonographie eines Nierentransplantates bei Verschuß der Nierenarterienanastomose: Im schräg angeschnittenen Transplantat ist keine Durchblutung nachweisbar. Gute Farbdarstellung der darunter vorbeiziehenden Iliakalgefäße (rot = Arterie, blau = Vene).

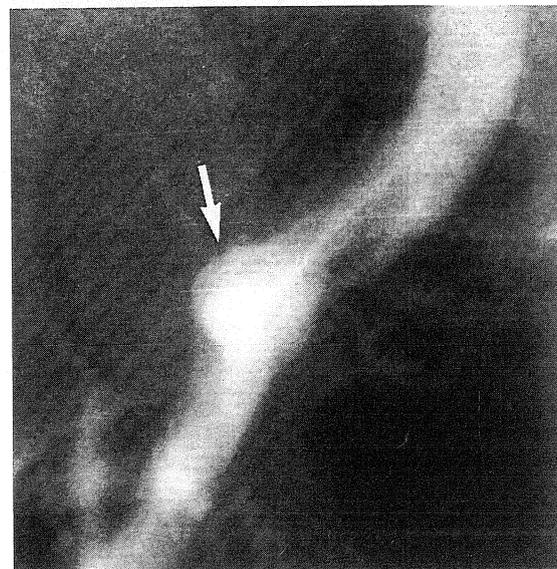


Abb. 3 b Angiographie der A. iliaca: keine Darstellung der Nierengefäße, Verschuß im Anastomososenbereich (Pfeil).

1,4 mm besitzt. (Auch ein 7,5-MHz-Linearschallkopf steht zur Verfügung.) Der Schallkopf wurde mit Ultraschallgel an der Hautoberfläche direkt angekoppelt, frische Operationswunden wurden mit einer sterilen Plastikfolie abgedeckt.

Als normal wurde die Organvaskularisation bei der Farb-Doppleruntersuchung dann bezeichnet, wenn die intraparenchymalen Gefäße im gesamten Nierenbereich bis zu den Aa. arcuatae dargestellt werden konnten (Abb. 1). Wenn nur ein Teil der Niere vaskularisiert war (z.B. fehlende Darstellung der Nierengefäße 3. und 4. Ordnung, fehlende Vaskularisation eines Nierenpols), wurde die Durchblutung als reduziert bewertet (Abb. 2). Eine fehlende Farbdarstellung der Nierengefäße wurde als Anastomosenverschuß interpretiert (Abb. 3, 4).

Die Szintigraphie wurde mit einem ^{99m}Tc Technetium-Bolus durchgeführt (10 mCi). Zeigte die Anflutung der Niere eine steile Kurve, wurde ein Nierenarterienverschuß oder eine Stenose ausgeschlossen. Bei schlechter oder fehlender Anflutung der Niere wurde eine höhergradige Nierenarterienstenose oder ein -verschuß suspiziert.

Der Nachweis einer normalen Vaskularisation bei der Farbdoppler- und Szintigraphieuntersuchung wurde als richtig-negativer Befund gewertet. Im Falle eines positiven Befundes in einer der beiden Techniken wurde die Untersuchung bei funktionierendem Nierentransplantat als falsch-positiv gewertet und auf eine Angiogra-

phie verzichtet. Im Falle eines fraglich-positiven Befundes in einer der beiden Techniken wurde bei anurischen Patienten zur Verifizierung eine intraarterielle digitale Subtraktionsangiographie durchgeführt (ca. 20 ml KM). Dies war bei 7 Patienten der Fall.

Ergebnisse

Gute Transplantatfunktion (n = 54)

Bei 46 Patienten mit normaler Transplantatfunktion war sowohl angiodynamographisch als auch szintigraphisch eine normale Organvaskularisation nachweisbar (richtig-negativer Befund). Bei 5 Patienten wurde aufgrund des Te-Bolus ein Verschuß bzw. eine hochgradige Stenose der Nierenarterie suspiziert. Bei der Farb-Doppleruntersuchung war in diesen 5 Fällen eine normale Durchblutung nachweisbar. Demnach wurden die szintigraphischen Ergebnisse als falsch-positiv bewertet.

Bei 3 adipösen Patienten mit besonders tiefliegendem Transplantat (Abstand Transducer-Niere > 7 cm) konnte mit Hilfe des Farb-Dopplers der Blutfluß in den Nierengefäßen nicht erfaßt werden, die Szintigraphie zeigte jedoch eine normale Durchblutung. Die angiodynamographische Unter-

suchung erbrachte somit in diesen 3 Fällen falsch-positive Ergebnisse. Wegen der guten Transplantatfunktion wurde in allen diesen Fällen jedoch auf eine Angiographie verzichtet. Die Effizienz der Angiodynographie bei Patienten mit gut funktionierendem Nierentransplantat betrug 94 %, die Effizienz der Szintigraphie betrug 91 %.

Anurische Patienten (n = 27)

Bei 20 Patienten war mit Szintigraphie und Angiodynographie eine gute Organsvaskularisation nachweisbar, auf eine angiographische Untersuchung wurde daher verzichtet (richtig-negative Befunde). 1 Patient mit unauffälligem Farb-Dopplerbefund zeigte szintigraphisch keine Anreicherung im Transplantatbereich, angiographisch war eine normale Durchblutung der Niere nachweisbar (1 falsch-positiver Szintigraphiebefund).

Bei 3 Patienten konnte angiodynographisch kein Blutfluß im Nierentransplantat dargestellt werden. Bei einem dieser Patienten konnten die Iliakalgefäße farbig dargestellt werden, zweimal waren aufgrund tiefer Lage auch die Iliakalgefäße nicht darstellbar. Szintigraphisch und angiographisch wurde aber nur bei 2 dieser Patienten eine fehlende Organdurchblutung der Niere nachgewiesen (Verschluß der Nierenarterienanastomose), bei einem dieser 3 Patienten fand sich aber eine normale Durchblutung des Nierentransplantates (Angiodynographie: 2mal richtig-positiv, 1mal falsch-positiv).

Bei 3 weiteren Patienten war zwar mit beiden Methoden eine Durchblutung nachweisbar, dennoch ergab sich ein unterschiedlicher Befund. Während die Szintigraphie in diesen Fällen einen normalen Befund erbrachte, zeigte die Angiodynographie als Zusatzinformation eine reduzierte Vaskularisation: Bei 2 Patienten fand sich eine gute Farbdarstellung der Gefäße 1. und 2. Ordnung, in den Segmentarterien und in den Aa. arcuatae war jedoch kein Blutfluß nachweisbar. Da sich auch angiographisch der gleiche Befund fand, wurde eine Biopsie durchgeführt, welche die histologische Diagnose einer akut vaskulären Abstoßung erbrachte. Nach Therapie setzte die Nierenfunktion ein, angiodynographisch war wieder eine normale Organvaskularisation nachweisbar. Bei dem dritten Patienten waren im kaudalen Nierendrittel mit Hilfe des Farb-Dopplers keine Gefäße darstellbar. Bei der Angiographie fand sich bei doppelter Nierenarterie ein Verschluß des kaudalen Gefäßes und somit eine fehlende Vaskularisierung des entsprechenden Nierendrittels. Auch in diesem Fall zeigte die Szintigraphie eine normale Vaskularisation. Die Effizienz der Angiodynographie betrug bei anurischen Patienten 96 %, die der Szintigraphie betrug 82 %.

Diskussion

Die farbkodierte Doppler-Sonographie ist eine ausgezeichnete Methode, um die Vaskularisation eines Nierentransplantates rasch und auf einfache, nicht-invasive Weise zu beurteilen. Wie die vorliegende Studie zeigt, ist die Angiodynographie bei der Frage nach der Organdurchblutung der Szintigraphie in der Aussagekraft etwa gleichwertig. Bei anurischen Patienten ist sie der nuklearmedizinischen Methode sogar überlegen, da aufgrund der exakten Darstellung der Gefäßmorphologie zusätzliche Aussagen möglich sind: Kommen bei Farbdoppleruntersuchungen nur Nierenge-

fäße 1. und 2. Ordnung zur Darstellung, liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Abstoßung vor (szintigraphisch ist diese nicht nachweisbar). Nach Ansprechen der Abstoßungstherapie sind wieder normale Vaskularisationsverhältnisse vorhanden. Weiters können auch Infarktareale, die szintigraphisch verborgen bleiben, mit der Farbdopplermethode dargestellt werden. Die Zahl der angiographischen Untersuchungen kann dadurch reduziert werden.

Da alle bewegten Blutteilchen im Nierentransplantat farbig wiedergegeben werden, ist ein falsch-negatives Ergebnis nicht möglich, das heißt, wenn Gefäße im Transplantat farbig zur Darstellung kommen, ist eine Perfusion mit Sicherheit vorhanden. Bei fehlender Gefäßdarstellung mit der Farb-Dopplermethode ist der hochgradige Verdacht auf eine Nierenarterienstenose oder auf einen Verschluß zu äußern. Diese Fälle sollten unbedingt angiographisch weiter abgeklärt werden.

Schwierigkeiten ergeben sich derzeit im Einzelfall aufgrund technischer Gegebenheiten bei adipösen Patienten, bei denen das Transplantat tief liegt. Mit dem 5-MHz-Schallkopf gelingt es zwar, die Niere (bis zu einer Tiefe von ca. 10 cm) abzugrenzen, eine farbkodierte Darstellung des Blutflusses in den Nierengefäßen ist jedoch dann meist nicht möglich. In solchen Fällen (in der vorliegenden Studie 5 % der Fälle) ist die Angiodynographie nicht anwendbar, solange kein niederfrequenter Schallkopf zur Verfügung steht. Dies wird jedoch in Kürze der Fall sein. Bis dahin ist eine zusätzliche szintigraphische oder angiographische Untersuchung in derartigen Fällen erforderlich.

Problematisch sind im Rahmen der Szintigraphie in der Beurteilung der Transplantatdurchblutung die falsch-positiven Befunde: Gerade bei hämodialysierten Patienten kann aufgrund fehlender oberflächlicher Venen die Tracerapplikation Probleme bereiten. Zusätzlich ist die exakte Positionierung der Meßkammer oft schwierig, wodurch es zu Fehlmessungen kommen kann. Weiters ist szintigraphisch die Nierenarterienanastomose nicht beurteilbar, mit dem Farb-Doppler kann sie in immerhin 81 % eingesehen werden. Da in der vorliegenden Studie keine Anastomosenstenosen vorlagen, kann diesbezüglich über die Wertigkeit des Farb-Dopplers keine Aussage gemacht werden.

Gegenüber der konventionellen Duplexsonographie, die zum Nierentransplantatmonitoring häufig eingesetzt wird (1, 3, 15, 16, 22), besitzt die Angiodynographie den großen Vorteil, daß die Vaskularisation im gesamten Organ wesentlich rascher beurteilt werden kann. Oftmalige Einzelmessungen werden überflüssig, wodurch die Untersuchung in einem Bruchteil der bisherigen Zeit möglich ist. Mit Hilfe der integrierten Duplexeinrichtung können auf einfache Weise zusätzlich Doppler-Frequenzspektren gewonnen werden. Durch die Darstellung der intrarenalen Gefäße ist erstmals eine exakte Positionierung des Meßvolumens möglich, so daß sich exakt aus einzelnen Gefäßabschnitten Doppler-Signale ermitteln lassen.

Zusammenfassend ist bei der Beurteilung der Durchblutung von Nierentransplantaten die Angiodynographie der Szintigraphie gleichwertig, aufgrund der guten Darstellung der intraparenchymatösen Gefäße können jedoch wichtige Zusatzinformationen getroffen werden. In der

Zukunft könnte daher auf den routinemäßigen Einsatz der nuklearmedizinischen Untersuchung verzichtet werden und bereits unmittelbar postoperativ die Vaskularisation des Transplantates mit Hilfe der Angiodynographie nicht-invasiv und rasch nachgewiesen werden. Zeigt sich mit dieser Methode eine normale Organdurchblutung, sind keine weiteren Untersuchungen erforderlich. Bei fehlender Vaskularisation sollte bei sehr adipösen Patienten ein Tc-Bolus, bei den übrigen eine angiographische Untersuchung angeschlossen werden. Kommen lediglich Gefäße 1. und 2. Ordnung zur Darstellung, sollte eine Transplantatbiopsie durchgeführt werden.

Literatur

- ¹ Arima, M., M. Ishibashi, M. Usami: Analysis of the arterial blood flow patterns of normal and allografted kidneys by the directional ultrasonic Doppler technique. *J. Urol.* 122 (1979) 587–591
- ² Atkinson, P., J. P. Woodcock: Doppler ultrasound and its use in clinical measurement. Academic Press, London 1982
- ³ Berland, L. L., T. L. Lawson, M. B. Adams, B. L. Melrose, W. D. Foley: Evaluation of renal transplants with pulsed Doppler duplex sonography. *J. Ultrasound Med.* 1 (1982) 215–222
- ⁴ Delmonico, F. L., K. A. McKusick, A. B. Cosimi: Differentiation between renal allograft rejection and acute tubular necrosis by renal scan. *Amer. J. Roentgenol.* 128 (1977) 625–628
- ⁵ Flesch, U., H. Witt: Angiodynographie – Eine neue Dimension in der Sonographie der Gefäße – Ein erster Erfahrungsbericht. *Röntgenstrahlen* 57 (1987) 28
- ⁶ Fuld, I. L., T. A. Metalon, R. L. Vogelzang: Dynamic CT in the evaluation of physiologic status of renal transplants. *Amer. J. Roentgenol.* 142 (1984) 1157–1160
- ⁷ Hricak, H., C. Cruz, W. R. Eyler, B. L. Madrazo, R. Romanski, M. A. Sandler: Acute post-transplantation renal failure: differential diagnosis by ultrasound. *Radiology* 139 (1981) 441–449
- ⁸ Hricak, H., F. Terrier, B. E. Demas: Renal allografts: Evaluation by MR imaging. *Radiology* 159 (1986) 435–441
- ⁹ Hricak, H., L. H. Toledo-Pereyra, W. R. Eyler, B. L. Madrazo, G. S. Sy: Evaluation of acute post-transplant renal failure by ultrasound. *Radiology* 133 (1979) 443–447
- ¹⁰ Merritt, R. B.: Doppler blood flow imaging: integrating flow with tissue data. *Diagnostic Imaging* 146 (1981)
- ¹¹ Merritt, C. R. B., R. A. Scholl, E. I. Bluth, M. A. Sullivan: Angiodynographie: Clinical applications of Doppler color flow mapping (Abstract). *Radiology* 161 (P) Special Edition (1986) 397
- ¹² Miyatake, K., M. Okamoto, N. Kinoshita, S. Izumi, M. Owa, S. Takao, H. Sakakibara, Y. Nimura: Clinical applications of a new type of real-time two-dimensional Doppler flow imaging system. *Am. J. Cardiol.* 54 (1984) 857–859
- ¹³ Persson, A. V., R. L. Powis: Recent advances in imaging and evaluation of bloodflow using ultrasound. *Medical Clinics of North America* 70 (1986) 1241–1245
- ¹⁴ Reid, M. H., R. S. MacKay, B. M. T. Lantz: Noninvasive blood flow measurements by Doppler ultrasound with applications to renal artery flow determination. *Invest. Radiol.* 15 (1980) 323–331
- ¹⁵ Rifkin, M. D., M. E. Pasto, L. Needleman, P. Foy, E. McGlynn, A. B. Kurtz, R. G. Pennell, B. B. Goldberg: Accuracy of predicting renal transplant rejection using resistive index obtained by Duplex-Doppler US examination. *Radiology* 157 (P) Special Edition (1985) 310
- ¹⁶ Rigsby, C. M., K. J. W. Taylor, G. Weltin, P. N. Burns: Renal allografts in acute rejection. Evaluation using Duplex sonography. *Radiology* 158 (1986) 375–378
- ¹⁷ Sampson, D.: Ultrasonic method for detecting rejection of human renal allotransplant. *Lancet* 2 (1969) 976–978
- ¹⁸ Smith, R. B., A. B. Cosimi, R. Lordon, A. L. Thompson, R. M. Ehrlich: Diagnosis and management of arterial stenosis causing hypertension after successful renal transplantation. *J. Urol.* 115 (1976) 639–642
- ¹⁹ Smith, D. F., T. L. Lawson: Abdominal applications of Doppler ultrasound. In: Jaffe, C. C., ed. *Vascular and Doppler ultrasound*. Churchill Livingstone, New York-Edinburgh-London (1984) 105–131
- ²⁰ Wood, R. E. M., D. G. Nasmyth: Doppler ultrasound in the diagnosis of vascular occlusion in renal transplantation. *Transplantation* 33 (1982) 547–551
- ²¹ Taylor, K. J. W., P. N. Burns, J. P. Woodcock, P. N. T. Wells: Bloodflow in deep abdominal and pelvic vessels: Ultrasonic pulsed-Doppler analysis. *Radiology* 154 (1985) 487–491
- ²² Taylor, K. J. W., S. S. Morse, C. M. Rigsby, M. Bia, M. Schiff: Vascular complications in renal allografts: Detection with duplex Doppler US. *Radiology* 162 (1987) 31–38

Dr. B. Schwaighofer

II. Med. Univ. Klinik/Röntgen
Garnisonsgasse 13
A-1090 Wien