

Journal für **Kardiologie**

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

**Intrakardiale Echokardiographie
und "intraluminal phased-array
imaging" zur Führung
interventioneller Prozeduren**

Bartel T

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2008; 15

(7-8), 211-217

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



ACVC
Association for
Acute CardioVascular Care

In Kooperation
mit der ACVC

Indexed in ESCI
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

Krause & Pacherneegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Veranstaltungskalender

Hybrid-Veranstaltungen der Herausgeber des **Journals für Kardiologie**

Finden Sie alle laufend aktualisierten Termine
auf einem Blick unter

www.kup.at/images/ads/kongress.pdf

Intrakardiale Echokardiographie und „intraluminal phased-array imaging“ zur Führung interventioneller Prozeduren

T. Bartel

Kurzfassung: ICE und IPAI ermöglichen die sichere Führung nicht-koronarieller, perkutaner katheterinterventioneller Prozeduren. Diese Verfahren gewinnen bei der Behandlung struktureller Herzerkrankungen zunehmend an Bedeutung. Bei vielen dieser therapeutischen Verfahren ist ein echokardiographisches Monitoring hilfreich, um die Sicherheit zu erhöhen, eine Allgemeinnarkose zu vermeiden, die Untersuchungsdauer zu verkürzen und die Strahlenbelastung für die Patienten zu verringern. Es kann erwartet werden, dass die Zahl der nicht-koronariellen perkutanen Interventionen, wie z. B. perkutane Klappenimplantation, Mitralingmodulation oder interventionelle Verschlussprozeduren, merklich ansteigen wird. Die Kosten der verschiedenen Versio-

nen des AcuNav®-Katheters bleibt dabei ein bedeutender Nachteil, obgleich die Kosten durch Resterilisation risikolos reduziert werden können. Deshalb wird die ICE mehr und mehr eine wichtige bildgebende Technik auf dem Gebiet der interventionellen Kardiologie.

Abstract: Intracardiac Echocardiography and Intraluminal Phased-Array Imaging as Guiding Tools for Percutaneous Interventions. ICE and IPAI are new tools to safely guide non-coronary percutaneous interventional procedures. Those procedures have gained increasing importance in the treatment of structural heart disease. In many of

these therapeutic approaches, continuous echocardiographic viewing helps to improve safety, to avoid general anesthesia, to shorten procedural time, and to reduce radiation exposure of the patients. It can be expected that the number of non-coronary percutaneous interventions, i. e. percutaneous valve implantation, mitral valve ring modulation, device closure procedures etc will markedly increase. The costs of the different versions of the AcuNav® catheter remain an important disadvantage. However, costs can be markedly reduced by re-sterilisation without any risk. Thus, ICE will become a more and more important imaging technique in the field of interventional cardiology. **J Kardiol 2008; 15: 211–7.**

■ Einleitung

Viele moderne katheterinterventionelle Verfahren erfordern ein sonographisches Monitoring, um das jeweilige Interventionsergebnis zu optimieren, Belastungen für den Patienten zu minimieren und unnötige Risiken zu vermeiden. Da mit Hilfe der konventionellen Röntgendurchleuchtung keine Struktur- und Gewebegrenzen darstellbar sind, kann die Positionierung der Katheter und anderer Devices, im Unterschied zu koronariellen Interventionen, nicht allein damit geführt werden. Obgleich die transösophageale Echokardiographie (TEE) eine hochauflösende Bildgebung einschließlich Doppler-Analyse erlaubt und heute eine etablierte Methode zur Steuerung einiger interventioneller Verfahren darstellt, ist ihr Nutzen allein wegen der Rückenlage des Patienten auf dem Kathetertisch und der daraus resultierenden Notwendigkeit einer zumindest tiefen Sedierung mit den bekannten Nachteilen wie Aspirationsgefahr, unwillkürlicher Bewegung des Patienten während der Intervention und vor allem auch der zeitlichen Begrenzung des Monitorings fragwürdig.

Die intrakavitäre Echokardiographie, die bei Anwendung am Herzen auch als intrakardiale Echokardiographie (ICE) und bei Anwendung außerhalb des Herzens als „intraluminal phased-array imaging“ (IPAI) bezeichnet wird, findet zunehmend Anwendung als sichere Alternative zur TEE bei der Führung immer zahlreicher werdender interventioneller Prozeduren [1]. Die Anwendung miniaturisierter Ultraschallköpfe geht auf die Entwicklung des intravaskulären Ultraschalls (IVUS) zurück. So konnte sich der IVUS als wichtige

komplementäre Methode zur intrakoronaren wie auch intraaortalen und peripher-arteriellen Bildgebung im Rahmen der schnell voranschreitenden Entwicklung katheterinterventioneller Techniken etablieren. Darüber hinaus wurde frühzeitig eine IVUS-basierte intrakardiale Bildgebung entwickelt. Die Verbreitung der Methode scheiterte jedoch einerseits wegen des zunächst unklaren Indikationsspektrums und andererseits wegen methodischer Nachteile der IVUS-Technik, die vor allem in der Drahtbindung des Katheters, der geringen Eindringtiefe und der Unfähigkeit zur Doppleranalyse bestehen.

Vor allem der Fortschritt elektrophysiologischer Hochfrequenzablationstechniken zog die Entwicklung der heutigen Form der ICE nach sich [2]. Für die sachgerechte Durchführung zeitgemäßer nicht-koronarieller perkutaner Interventionsverfahren bei den verschiedensten kongenitalen und erworbenen Herzfehlern und Gefäßanomalien ist neben einer hochauflösenden Nahfeldbildgebung auch eine simultane Doppleranalyse hilfreich. Zur Reduzierung der Kostenbelastung durch die intrakavitäre Echokardiographie gewinnt die Resterilisation der entsprechenden Katheter zunehmend an Bedeutung. Dieses Verfahren ist in Deutschland zugelassen, kommerziell verfügbar und hat sich in einer mehrjährigen Praxis bewährt. Dabei ist eine 3–4-malige Resterilisation bei nur geringer Einschränkung der Bildqualität möglich [3].

Der 8F- und 10F-AcuNav®-Katheter (Acuson-Siemens Inc., Mountain View, CA, USA) stellt die beiden am häufigsten eingesetzten Systeme dar. Mit der 8F-Variante wurde der Katheter neben der weiteren Miniaturisierung insoweit verbessert, dass er mit einer höheren einführbaren Länge auch den Aortenbogen bei Erwachsenen erreichen kann, eine Region, die der TEE nur sehr begrenzt zugänglich ist. Der 8F-Katheter ermöglicht auch eine Erweiterung des Indikationsspektrums hinein in die Kinderkardiologie [4], wo die TEE keine zur Erwachsenenherzkardiologie vergleichbare Verbreitung gefunden hat.

Eingelangt am 9. Oktober 2007; angenommen am 9. Januar 2008.

Aus der Klinischen Abteilung für Kardiologie, Universitätsklinik für Innere Medizin, Medizinische Universität Innsbruck

Korrespondenzadresse: PD Dr. med. Thomas Bartel, Klinische Abteilung für Kardiologie, Universitätsklinik für Innere Medizin, Medizinische Universität Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Anichstraße 35; E-Mail: thomas.bartel@i-med.ac.at

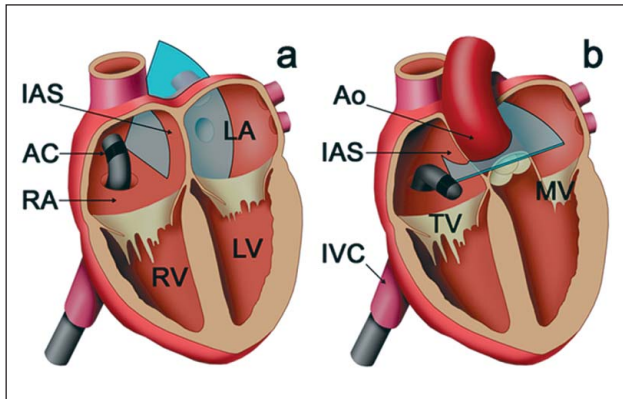


Abbildung 1: Schematische Darstellung der transatrialen Standardschnittebenen. AC: AcuNav®-Katheter; Ao: Aorta; IAS: interatriales Septum; IVC: Vena cava inferior; LA: linker Vorhof; LV: linker Ventrikel; MV: Mitralklappe; RV: rechter Ventrikel; TV: Trikuspidalklappe. Nachdruck aus [9].

Der intrakavitäre Echokatheter verfügt neben der 2D- und M-Mode-Bildgebung über alle Modalitäten des Farbdopplers, Spektraldopplers (kontinuierlicher und gepulster Doppler = CW- und PW-Doppler) sowie des Gewebedopplers [5]. Der Katheter wird über eine Schleuse in die Vena (V.) femoralis, V. jugularis oder Arteria (A.) femoralis eingeführt, durch das jeweilige Gefäß navigiert und erreicht bei venöser Anwendung den rechten Vorhof und bei arterieller Anwendung den Aortenbogen. Mit dem intravasalen Verschieben des Katheters ist ein minimales Risiko verbunden. Obgleich dies im Vergleich zum Gesamtrisiko interventioneller Katheterverfahren sehr gering ist, wurde bereits über einzelne Becken-

venenperforationen und Dissektionen der V. cava inferior berichtet. Eine adäquate Anwendung der intrakavitären Echokardiographie über die V. femoralis schließt daher die Verwendung einer langen Schleuse ein, wodurch eine Verletzung der Beckenvenen praktisch ausgeschlossen werden kann. Daneben ist die Gabe einer Kochsalzlösung empfehlenswert, um über den venösen Druck das Lumen der zentralen Venen zu erweitern, was neben der Punktion die Navigation des Katheters erleichtert.

Zur Standardisierung der intrakardialen Bildgebung wurden – vergleichbar mit der transthorakalen Echokardiographie oder der TEE – Standardschnittebenen definiert, die die Darstellung der für die betreffenden Interventionen wichtigsten Strukturen erlauben (Abb. 1):

- Transatriale langitudinale Ebene
- Transatriale Kurzachsenschnittebene
- Transventrikuläre langitudinale Ebene
- Transventrikuläre Kurzachsenschnittebene.

Bei Nutzung des transjugulären Zugangs über die V. cava superior zum rechten Vorhof sollte die Sondierung des Koronarsinus strikt vermieden werden. So ist generell eine hinreichende Kathetererfahrung erforderlich, um den Echokatheter sicher zu positionieren, sich intrakavitär zu orientieren und standardisierte Schnittebenen einzustellen, um eine adäquate und reproduzierbare Darstellung der anatomischen Strukturen zu erreichen und gezielte Doppleranalysen durchführen zu können [5, 6]. Strukturbewegung, Darstellung intrakavitärer Devices und ihrer räumlichen Beziehung zur umgebenden

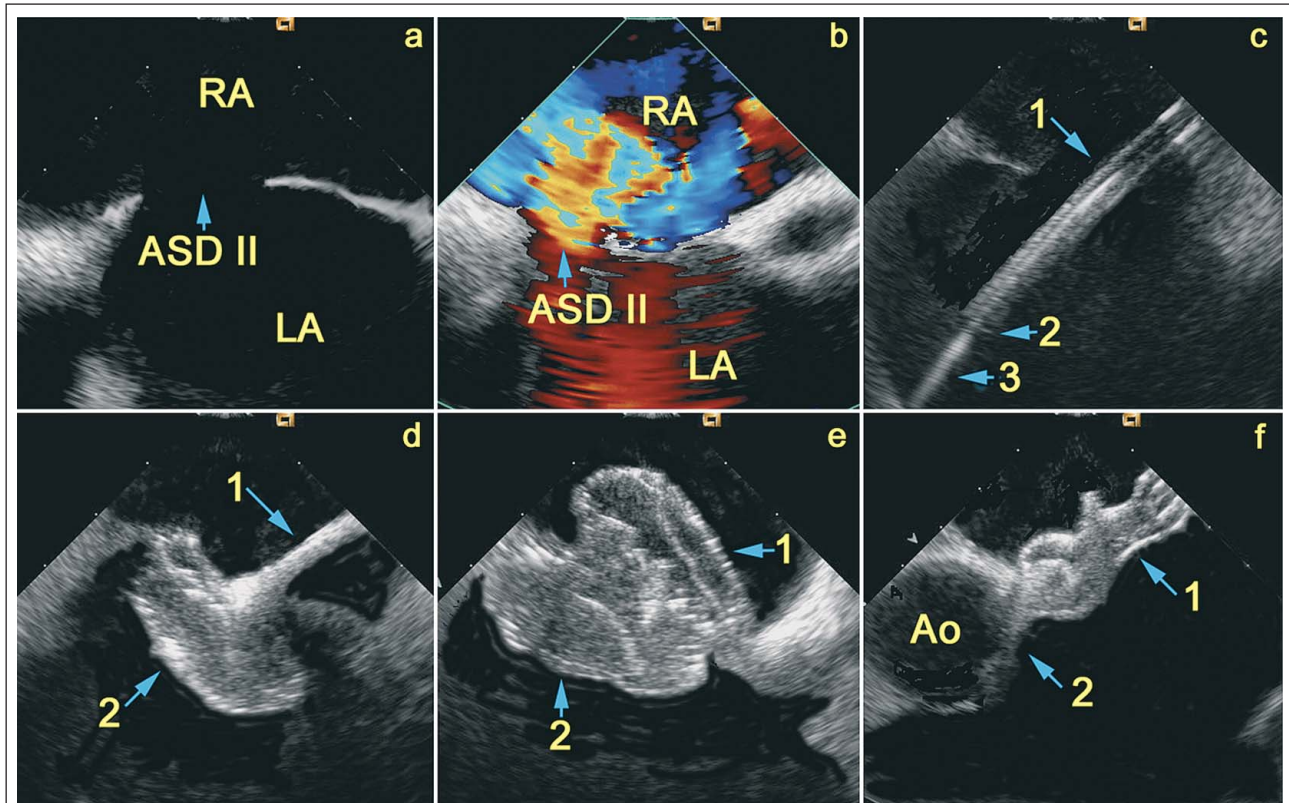


Abbildung 2: Mittels intrakardialer Echokardiographie gesteuerter Vorhofseptumverschluss. a: Vorhofseptumdefekt nativ; b: Vorhofseptumdefekt mit Links-Rechts-Shunt; c: 1: lange Schleuse; 2: distales Ende der langen Schleuse im linken Vorhof; 3: Führungsdraht in der Mündung der linken oberen Lungenvene; d: 1: Führungskabel mit Device; 2: linksseitiger Device-Anteil frei im linken Vorhof; e: 1: rechtsseitiger Device-Anteil; 2: linksseitiger Device-Anteil; f: 1: Device nach Ablösung vom Führungskabel; 2: keine Kompression der A. asc. durch das Device; ASD: Vorhofseptumdefekt; LA: linker Vorhof; RA: rechter Vorhof. Nachdruck aus [9].

Anatomie sowie funktionelle Bewertungen als Ergebnis der interventionellen Prozeduren können in diesen Standardschnittebenen in bisher mittels TEE nicht erreichter Qualität und ohne zeitliche und sonstige Limitationen durchgeführt werden.

■ Monitoring bei Device-Verschlüssen interatrialer Kommunikationen

Der Device-Verschluss interatrialer Kommunikationen hat sich als anerkannte Methode zur Sekundärprävention paradoxer embolischer Ereignisse und zur effektiven Behandlung von Links-Rechts-Shunts durchgesetzt, die mit einem Vorhofseptumdefekt (ASD) vom Sekundumtyp assoziiert sind. Ungeachtet dessen verbleibt ein gewisses Risiko schwerwiegender Komplikationen, wie drohende oder manifeste Device-Embolisationen, rasche Thrombosierung des Devices sowie Perforation der Vorhofwand während der Implantation [7, 8]. Einige Komplikationen mögen aus einer suboptimalen Implantationstechnik resultieren, während andere unmittelbar mit einer diskontinuierlichen echokardiographischen Bildgebung verbunden zu sein scheinen.

Hierzu kommt es, wenn die TEE-Sonde durch den in Rückenlage befindlichen Patienten nicht ausreichend lange toleriert wird. Zudem verlassen sich viele interventionell tätige Kardiologen zu einem ungerechtfertigt hohen Maß auf die Röntgendurchleuchtung, mit der jedoch weder wichtige Strukturgrößen noch die genannten Komplikationen sofort und sicher erkennbar sind. Durch die sehr hohe Bildauflösung kann die ICE insbesondere für den perkutanen ASD-Device-Verschluss als überlegene Alternative zur TEE und ideale Ergänzung zur Röntgendurchleuchtung angesehen werden (Abb. 2).

Vor der Sondierung der interatrialen Kommunikation wird der ICE-Katheter über die V. cava inferior im rechten Vorhof positioniert und das interatriale Septum in der transatrialen longitudinalen Schnittebene eingestellt. Für die Sondierung eines offenen Foramen ovale (PFO) eignet sich eher die transatriale Kurzsachsenschnittebene, da so der Übergang des interatrialen Septums zur A. ascendens, in dessen unmittelbarer Nachbarschaft die Kommunikation zum linken Vorhof gelegen ist, besser dargestellt werden kann. Nachdem die Kommunikation sondiert wurde, werden die linksseitigen Lungenvenenmündungen in einer modifizierten langen Achse von rechtsatrial angeschallt und ein langer Draht in die linke obere Lungenvene positioniert. Im Anschluss daran wird das Ballon-Sizing mit Hilfe eines inkomplett gefüllten Latexballons durchgeführt, der vorsichtig durch die Kommunikation gezogen wird. Nachdem die ASD-Größe bestimmt wurde, wird eine lange Schleuse bis nahe an das Dach des linken Vorhofs über den liegenden Draht vorgeschoben, was mittels ICE genau verfolgt und dokumentiert werden kann und die Notwendigkeit der Röntgendurchleuchtung in dieser Phase auf ein Minimum reduziert. Während der anschließenden Device-Implantation ist eine simultane Bildgebung mittels ICE und Durchleuchtung empfehlenswert (Abb. 3). Eine Dislokation oder Verankerung des Devices wird echokardiographisch sofort und in der Regel vor Ablösung vom Führungskabel sichtbar, sodass das Device problemlos in die Schleuse zurückgezogen werden

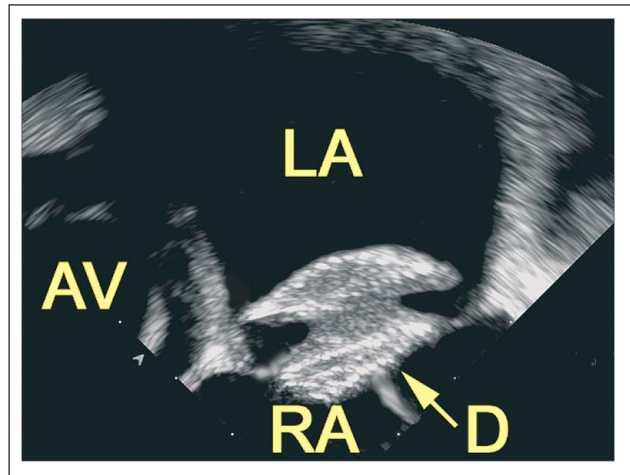


Abbildung 3: „Wiggle“-Manöver: Ziehen und Schieben des Führungskabels vor Ablösung des Devices, um die feste Verankerung zu bestätigen. LA: linker Vorhof; AV: Aortenklappe; D: Device; RA: rechter Vorhof. Nachdruck mit Genehmigung aus [Bartel T et al. Intracardiac Echocardiography. In: Otto CM. Practice of Clinical Echocardiography. 3rd ed. W. B. Saunders, Oxford, 2007]. © Elsevier

kann. Nach einer erfolgreichen Device-Implantation kann mit Hilfe des Farbdopplers ein residueller Shunt nachgewiesen werden.

Von verschiedenen Gruppen wurde die Überlegenheit der kontinuierlichen intraprozeduralen Bildgebung mittels ICE gegenüber dem konventionellen TEE-Monitoring bestätigt [9–12]. Neben den Vorteilen für den Interventionalisten besteht die Überlegenheit vor allem in einem wesentlich höheren Komfort für den Patienten, der keinerlei Sedierung oder Nachbeobachtung benötigt, wie dies wegen der Notwendigkeit einer Allgemeinanästhesie mit oder ohne endotrachealer Intubation bei TEE-Monitoring regelmäßig der Fall ist [13]. Viele Patienten mit interatrialen Kommunikationen befinden sich im reproduktionsfähigen Alter. Es ist daher von Bedeutung, dass ICE die Durchleuchtungszeit und damit die Strahlenbelastung deutlich reduziert [9, 11]. Da PFO-Verschlüsse im Vergleich zu ASD-Verschlüssen technisch deutlich einfacher und weniger zeitaufwendig sind, treten die Vorteile der ICE insbesondere beim interventionellen ASD-Verschluss zutage. Obgleich das Risiko, das durch ICE bedingt wird, noch nicht mit letzter Sicherheit abgeschätzt werden kann, spricht bisher alles dafür, dass sich die Sicherheit des ASD-Device-Verschlusses in Abhängigkeit von der Komplexität des Defekts (z. B. multifenestriertes interatriales Septum oder sehr großer Defekt mit geringem posterior-inferiorem Randsaum) erhöht.

■ Führung der Hochfrequenzablation bei Vorhofflimmern

Die Entwicklung elektrophysiologischer Therapieverfahren brachte die Limitationen einer auf Röntgendurchleuchtung basierenden Strategie offen zutage. So kann mittels Röntgendurchleuchtung und Angiographie häufig nicht ohne weiteres die erforderliche Genauigkeit bei der Platzierung diagnostischer und therapeutischer Katheter erreicht werden, was zu teilweise extrem langen Untersuchungs- und Durchleuchtungszeiten führte. Nach Punktion des interatrialen Septums

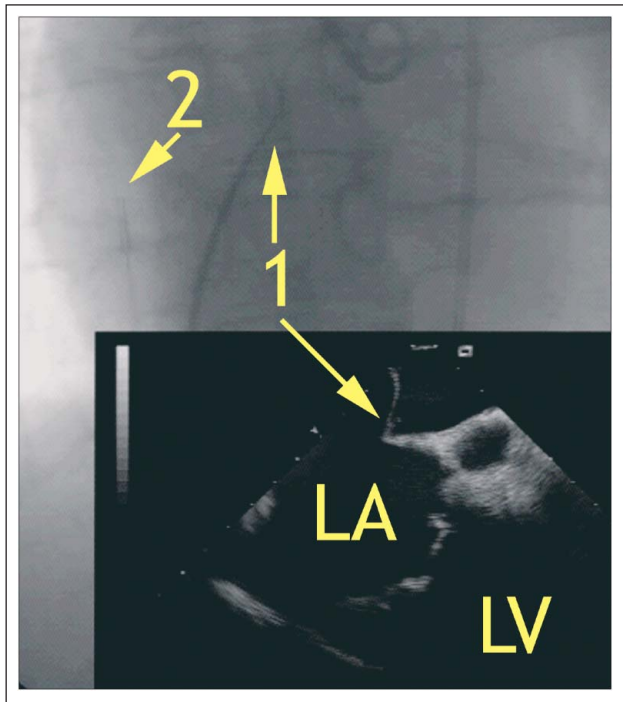


Abbildung 4: Punktion des interatrialen Septums unter intrakardialer echokardiographischer Sicht. 1: „Tenting“ ausgelöst durch das Vorschieben der Brockenbrough-Nadel gegen das interatriale Septum; 2: AcuNav®-Katheter in der Durchleuchtung; LA: linker Vorhof; LV: linker Ventrikel. Nachdruck mit Genehmigung aus [Bartel T et al. Intracardiac Echocardiography. In: Otto CM. Practice of Clinical Echocardiography. 3rd ed. W. B. Saunders, Oxford, 2007]. © Elsevier

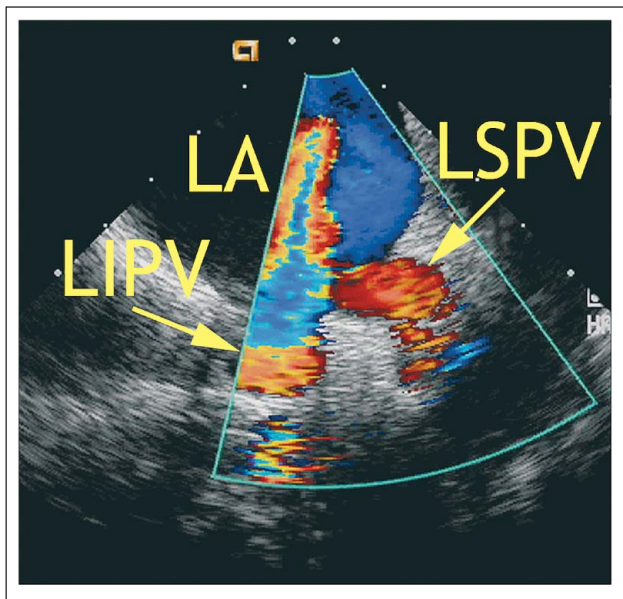


Abbildung 5: Darstellung der linksseitigen Lungenvenen und des Einstroms in den linken Vorhof mittels intrakardialer Echokardiographie. LA: linker Vorhof; LIPV: linke untere Lungenvene; LSPV: linke obere Lungenvene. Nachdruck mit Genehmigung aus [Bartel T et al. Intracardiac Echocardiography. In: Otto CM. Practice of Clinical Echocardiography. 3rd ed. W. B. Saunders, Oxford, 2007]. © Elsevier

(Abb. 4) ist es mittels ICE möglich, die Pulmonalvenenostien direkt darzustellen (Abb. 5) und so Mapping- und Ablationskatheter exakt in die Zielregion vorzuführen [14].

Weiterhin können die Katheter unter echokardiographischer Sicht so justiert werden, dass ein adäquater Kontakt zwischen Elektroden und Gewebe hergestellt wird (Abb. 6). Dies ist im

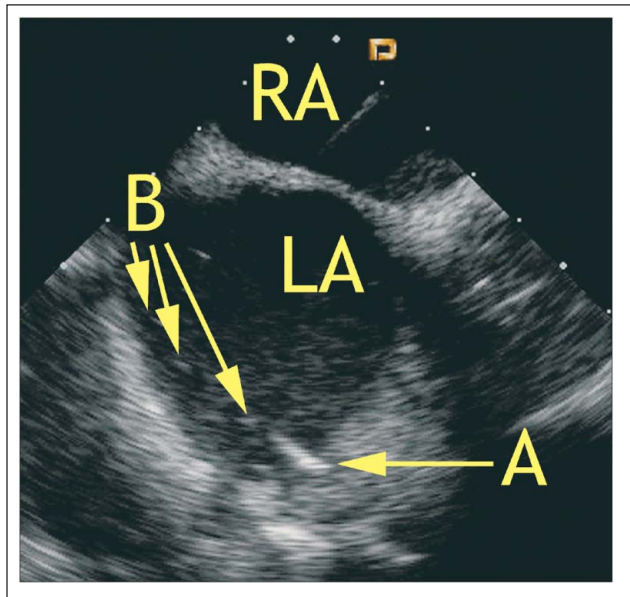


Abbildung 6: Positionierung des Ablationskatheters im linken Vorhof. A = Ablationskatheter; B = Bläschenentstehung bei Hochfrequenzablation; LA: linker Vorhof; RA: rechter Vorhof. Nachdruck mit Genehmigung aus [Bartel T et al. Intracardiac Echocardiography. In: Otto CM. Practice of Clinical Echocardiography. 3rd ed. W. B. Saunders, Oxford, 2007]. © Elsevier

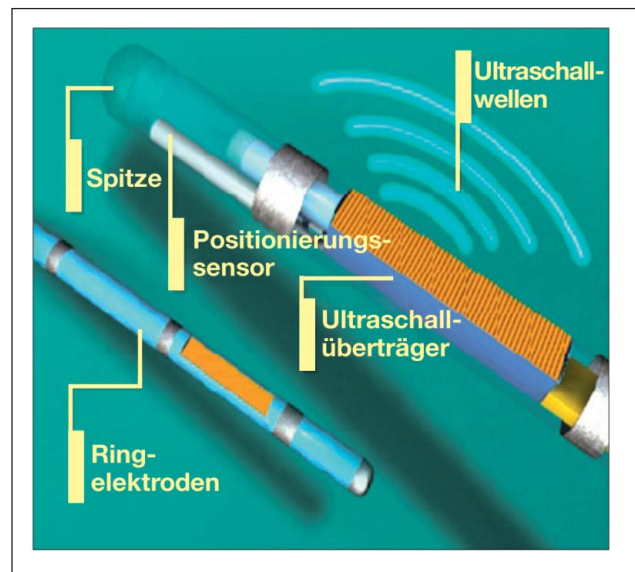


Abbildung 7: Soundstar®-Katheter – Integration der intrakardialen Echokardiographie in ein elektrophysiologisches System zur Unterstützung von Hochfrequenzablationen. Nachdruck mit Genehmigung aus [Bartel T et al. Intracardiac Echocardiography. In: Otto CM. Practice of Clinical Echocardiography. 3rd ed. W. B. Saunders, Oxford, 2007]. © Elsevier

Rahmen der Hochfrequenzablation von Bedeutung, da ein unzureichender Kontakt, zu dem es bei einer rein röntgen-gesteuerten Positionierung kommen kann, eine unzureichende Energieübertragung auf das Gewebe und damit eine zu geringe Hitzeentwicklung im Gewebe nach sich zieht. Dagegen ist der Hitzeverlust in das zirkulierende Blut dann relativ hoch. In modifizierten transatrialen longitudinalen Schnittebenen (siehe oben) werden sowohl die links- als auch die rechtsseitigen Lungenvenenmündungen sichtbar. Um die rechtsseitigen Lungenvenen darzustellen, kann es notwendig werden, den AcuNav®-Katheter bis knapp in die V. cava superior vorzuschieben, da die rechtsseitigen Lungenvenenmün-

dungen in unmittelbarer Nachbarschaft zur Einmündung der V. cava superior in den rechten Vorhof liegen. Neuerdings wird ein 10F-Katheter (Soundstar™) mit einem Magnet-sensor vertrieben, der die räumliche Zuordnung der ICE-Bilder zur Anatomie der Lungenvenenmündungen erleichtert (Abb. 7).

Während der Ablation wird die Ablationszone simultan zur Energieabgabe dargestellt. Dies ermöglicht neben der Darstellung der Entstehung einer entsprechenden Läsion auch die Beurteilung ihrer Form und Fläche sowie die Wanddicke im Bereich der Läsion [15, 16]. Bei der Energieabgabe entstehen echokardiographisch gut sichtbare Gasbläschen, nach deren Menge die Energieabgabe titriert wird. Auf diese Weise kann eine Überhitzung vermieden werden. Farb- und CW-Doppler-Flussmessungen vor und nach Energieabgabe sind zusätzlich empfehlenswert, um die mögliche Entwicklung eines Gradienten, der eine mögliche Komplikation darstellt, frühzeitig zu erkennen [17]. Somit kann jeder Schritt der Hochfrequenzablation durch ICE effektiv überwacht werden, was dazu beiträgt, z. B. die Entwicklung von Thromben [18] oder Pulmonalvenenstenosen [18] frühzeitig zu erkennen. Dabei konnte eine Reduktion von Früh- und Spätkomplikationen unter ICE-Monitoring nachgewiesen werden [19]. Ferner konnte die Untersuchungs- und Durchleuchtungszeit in noch stärkerem Maß als beim Vorhofseptumverschluss gesenkt werden.

■ Monitoring der perkutanen transluminalen Septalablation (PTSMA)

Entsprechend den Richtlinien der amerikanischen Gesellschaft für Echokardiographie kommt der Echokardiographie allgemein eine definitive Rolle bei der periinterventionellen Bewertung bei hypertroph-obstruktiver Kardiomyopathie zum Follow-up nach PTSMA zu. Durch die intraintraoperative Myokardkontrastechokardiographie kann die Ablation zielgerichtet erfolgen [20]. Auf diese Weise lässt sich das potenzielle Nekroseareal vor der Alkoholgabe klar abgrenzen und vorhersagen.

Somit repräsentiert die ICE eine Alternative bzw. eine Variante eines bereits etablierten Monitorings mittels transthorakaler Echokardiographie, während der TEE im Rahmen der PTSMA keine Bedeutung zukommt. Der Vorteil der intrakardialen Bildgebung liegt darin, dass die Intervention nicht für die echokardiographische Bildgebung unterbrochen werden muss und kontinuierlich erfolgen kann [21]. Es eignen sich dafür sowohl die transventrikuläre longitudinale Schnittebene als auch die Kurzachsenschnittebene. Dabei sollten vor der Ablation auch die systolische Vorwärtsbewegung (SAM-Phänomen) der Mitralklappe und die Myokarddicke im Ablationsgebiet mittels ICE dokumentiert werden, da sich beides nach der Alkoholgabe verändert. Dies trifft auch auf eine funktionelle Mitralsuffizienz zu, die im Farbdoppler gut sichtbar ist. Durch intrakoronare Kontrastmittelgabe demarkiert sich das potenzielle Nekrosegebiet im Septummyokard meist dreieckförmig, was schallkopfnah im Sektorbild zur Darstellung kommt. Nach Alkoholgabe stellt sich das echo-dichte Areal meist noch größer dar als zuvor, was auf mögliche Kapillarleckbildungen zurückzuführen ist. Im Anschluss

an die Ablation werden nochmals Ausflusstraktdiameter, SAM-Phänomen, Septumdicke und Mitralsuffizienz bewertet. Eine Gradientenbestimmung im linksventrikulären Ausflusstrakt ist dagegen wegen des Winkelfehlers bei transseptaler Anschallung schwierig.

■ Periinterventionelle Bildgebung der Aorta und der Aortenklappe

Bei Verwendung der TEE wird die hochtransösophageale Anschallung im sogenannten „Banaview“ (90° Schallkopffrotation) verwendet, um die ascendierende Aorta einzusehen, während die mittösophageale Anschallung bei ca. 120° Schallkopffrotation die Aortenklappe und den Bulbus aortae zur Darstellung bringt. Leider verläuft der Blutfluss in beiden Fällen nicht in Schallrichtung, sodass zwar eine qualitative Bewertung mittels Farbdoppler, jedoch keine quantitative Spektral-Doppleranalyse im Bereich der ascendierenden Aorta möglich ist. Gerade die Begrenzung der Diagnostik auf die Erkennung eines Regurgitationsflusses ist vor dem Hintergrund der fortschreitenden Entwicklung der rekonstruktiven Aortenklappenchirurgie und mehr noch des interventionellen Aortenklappenersatzes nicht mehr ausreichend. Wegen ihrer Fähigkeit zur funktionellen Diagnostik aber auch der hochauflösenden 2D-Bildgebung stellen ICE und IPAI eine Alternative zur TEE beim Monitoring chirurgischer und interventioneller Eingriffe an der Aortenklappe und der A. ascendens dar.

Für das intraoperative Monitoring eignet sich insbesondere der transjuguläre Zugang. Dabei wird der AcuNav®-Katheter, und hier vorzugsweise die neue 8F-Version, über die Jugularvene in die V. cava superior oder weiter bis in den rechten Vorhof vorgeführt. Im Gegensatz zum transfemoralen Zugang ist hier keine Durchleuchtung beim Einführen des Katheters erforderlich, da die Länge der Schleuse ausreichend ist, den Katheter direkt bis in die herznahe V. cava superior einzuführen. Der Katheter braucht beim Vorführen nicht in der Spitze abgewinkelt zu werden, da jede Navigation überflüssig ist. Durch Rotation des Katheters im Uhrzeigersinn kommen alle die V. cava superior und den rechten Vorhof umgebenden Strukturen zur Darstellung. So können ähnlich wie in der TEE auch die Koronarostien und die zentralen Anteile der Koronararterien dargestellt werden. Vom oberen rechten Vorhof aus können die Aortenklappe und der Bulbus aortae in einer transjugulären langen Achse und nach Abwinklung der Katheterspitze auch im Kurzachsenschnitt eingestellt werden.

Nach Rückzug des Katheters in die V. cava superior stellt sich die ascendierende Aorta bis zum Abgang des Truncus brachiocephalicus in der langen Achse dar. Dabei vollzieht sich der aortale Fluss nahezu ohne Winkelfehler in Schallrichtung. Dies ermöglicht neben der hochauflösenden Bildgebung auch die Ableitung von Druckgradienten an der Aortenklappe bzw. Aortenklappenprothese mit hoher Präzision. Dies ist auch für die retrograde perkutane Aortenklappenimplantation von potenziellem Nutzen, da auch die Koronarostien und die zentralen Koronararterien einsehbar sind. Intraoperativ ist der transjuguläre Zugang auch hinsichtlich der Führung von

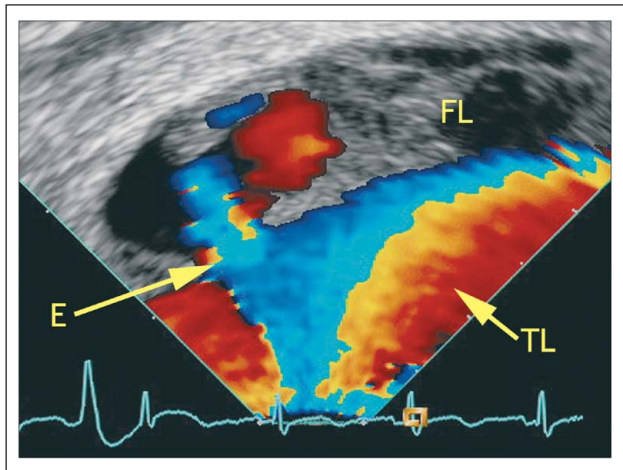


Abbildung 8: „Intraluminal phased-array imaging“ mit Darstellung auch kleinster Entry-Flüsse vom wahren Lumen aus bei Aortendissektion Typ B. E: Entry; FL: falsches Lumen; TL: wahres Lumen. Nachdruck mit Genehmigung aus [Bartel T et al. Intracardiac Echocardiography. In: Otto CM. Practice of Clinical Echocardiography. 3rd ed. W. B. Saunders, Oxford, 2007]. © Elsevier

Kanülierungen der ascendierenden Aorta möglicherweise vorteilhaft. Insgesamt liegen derzeit jedoch nur Einzelerfahrungen zum perioperativen/periinterventionellen Einsatz der ICE im Bereich der ascendierenden Aorta mit relativ wenigen Patienten und somit noch keine Daten aus größeren Untersuchungen vor.

Erste Untersuchungen laufen zurzeit zur intraaortalen IPAI. So kann mit Hilfe des längeren neuen 8F-Katheters die A. ascendens vom Aortenbogen aus einschließlich der Koronarabgänge beurteilt werden. Der Aortenbogen und die distalen Anteile der A. ascendens können mittels TEE genauso wenig eingesehen werden. Auch die Erkennung von Entry-Flüssen mittels TEE ist wegen des Winkelfehlers, der in Abhängigkeit von der Ausrichtung der Dissektionsmembran zum Schallkopf beträchtlich sein kann, vor allem bei kleinen Entries limitiert. Dennoch wird die TEE zur Führung von Aortenstentimplantationen genutzt [22]. Diesbezüglich ermöglicht IPAI eine Kombination der Vorteile der TEE und des IVUS. Der intraaortalen Anwendung des AcuNav®-Katheters stand bis vor Kurzem noch die beträchtliche Katheterstärke von 10F (Schleusenstärke 11F) entgegen. Der neue 8F-Katheter erleichtert dagegen die Einführung über eine lange Schleuse. Vom wahren Lumen aus kann die Dissektionsmembran über die volle Länge nach Entries abgesucht werden (Abb. 8). Dabei lässt sich der Dopplerstrahl jeweils so ausrichten, dass selbst kleinste Entries Farbdoppler-echokardiographisch sichtbar werden, was vor allem periinterventionell von Bedeutung ist, da die Nichterkennung von Entries dazu führt, dass das falsche Lumen auch nach erfolgreicher Stentimplantation weiterhin gespeist wird und die gewünschte Thrombosierung ausbleibt, sodass weiterhin ein Perforationsrisiko besteht.

In diesem Zusammenhang ist auch von Bedeutung, dass mittels IPAI der Druckgradient zwischen wahren und falschem Lumen gemessen werden und so drucktrennende von nicht-drucktrennenden Dissektionen unterschieden werden können. Erste Berichte über die IPAI-geführte Biopsie intraaortaler Strukturen unklarer Dignität [23] unterstreichen das Potenzial

der Methode hinsichtlich des periinterventionellen Monitorings bei Aortenerkrankungen insgesamt. Neben der intraaortalen Anlotung besteht bei Interventionen im Bereich der abdominalen Aorta auch die Möglichkeit des transvenösen IPAI. Dazu wird der AcuNav®-Katheter in die V. cava inferior eingeführt und der Schallsektor auf die benachbarte A. abdominalis ausgerichtet. Bei Aortendissektion können so die abdominalen Gefäßabgänge aus dem wahren und falschen Lumen sicher beurteilt werden. Ferner stellt sich ein möglicher „True-lumen-Kollaps“, der ein distales Ischämiesyndrom nach sich zieht, mit der Stelle der größten Kompression des wahren Lumens dar [24]. Neben einer akuten Stentimplantation zur Abdeckung des proximalen Entries [25] kommt akuttherapeutisch eine Ballonfensterung der Dissektionsmembran zur Wiederherstellung des Abflusses nach distal in Betracht. Die minimal-invasive Behandlung des distalen Ischämiesyndroms bei akuter Aortendissektion stellt wegen der schnellen Durchführbarkeit bei sehr kleinem therapeutischen Zeitfenster eine relevante Therapiestrategie dar [26], deren Handhabbarkeit durch transvenöses IPAI verbessert werden kann.

■ Grenzen der Methode und Schlussfolgerungen

Die adäquate Anwendung von ICE und IPAI erfordern eine Lernkurve auch für katheterinterventionell erfahrene Untersucher bzw. Operateure. Das Kaliber des Katheters erschwert den Einsatz bei Kleinkindern, obgleich sich die diesbezüglichen Einsatzmöglichkeiten mit der Einführung des 8F-Katheters deutlich verbessern. Für viele Prozeduren macht ICE schon heute eine Sedierung oder Anästhesie überflüssig und erhöht damit entscheidend den Patientenkomfort. Gleichzeitig können Durchleuchtungszeit, Interventionszeit und Kontrastmittelverbrauch gesenkt werden. Die kontinuierliche Bildgebung während des Eingriffs erhöht die Sicherheit, führt zur frühzeitigen Erkennung von Komplikationen und vermag möglicherweise auch die Erfolgsrate einiger Eingriffe zu erhöhen, insbesondere wenn technisch schwierige Verfahren zum Einsatz kommen oder die individuellen morphologischen Verhältnisse zu Erschwernissen führen. So bieten ICE und IPAI bei einigen interventionellen Verfahren eine klar überlegene Alternative zur TEE. Bei anderen Eingriffen dagegen ist die Bedeutung von TEE wie auch ICE oder IPAI noch nicht sicher geklärt!

Nachteilig für die intrakavitäre Echokardiographie ist der ökonomische Aufwand. Hier ist und bleibt die TEE klar überlegen, da die mit ihr verbundenen geringen Kosten durch kein invasives Verfahren zu unterbieten sind. Durch Restertilisation, mit der bereits gute Erfahrungen vorliegen, lassen sich jedoch die Kosten pro einzelner Anwendung stark reduzieren. In Deutschland ist die Gassterilisation zugelassen und bereits etabliert [3]. Für interventionelle Eingriffe, die nur ein Kurzzeitmonitoring erfordern, scheint der relativ hohe Aufwand zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht gerechtfertigt zu sein. Dies trifft z. B. für PFO-, nicht jedoch für ASD-Verschlässe zu, bei denen sich ICE wie auch bei der Führung von Hochfrequenzablationen als deutlich überlegen erwiesen hat.

Literatur:

1. Bruce CJ, Packer DL, Belohlavek M, Seward JB. Intracardiac echocardiography: newest technology. *J Am Soc Echocardiogr* 2000; 13: 788–95.
2. Olgin JE, Kalman JM, Chin M, Stillson C, Maguire M, Ursel P, Lesh MD. Electrophysiological effects of long, linear atrial lesions placed under intracardiac ultrasound guidance. *Circulation* 1997; 96: 2715–21.
3. Bartel T. Editorial to Vaina S et al. Intracardiac echocardiography during interventional procedures. *Eurointervention* 2006; 1: 371–3.
4. Luxenberg DM, Silvestry FE, Herrmann HC, Cao QL, Rohatqi S, Hijazi ZM. Use of a new 8 French intracardiac echocardiographic catheter to guide device closure of atrial septal defects and patent foramen ovale in small children and adults: initial clinical experience. *J Invasive Cardiol* 2005; 17: 540–5.
5. Bruce CJ, Packer DL, Seward JB. Intracardiac Doppler hemodynamics and flow: new vector, phased-array ultrasound-tipped catheter. *Am J Cardiol* 1999; 83: 1509–12.
6. Bartel T, Müller S, Caspari G, Erbel R. Intracardiac and intraluminal echocardiography: indications and standard approaches. *Ultrasound Med Biol* 2002; 28: 997–1003.
7. Du ZD, Hijazi ZM, Kleinman CS, Silverman NH, Larntz K, Amplatz Investigator. Comparison between transcatheter and surgical closure of secundum atrial septal defect in children and adults. *J Am Coll Cardiol* 2003; 39: 1836–44.
8. Chessa M, Carminati M, Butera G, Bini RM, Drago M, Rosti L, Giamberti A, Pome G, Bossone E, Frigiola A. Early and late complications associated with transcatheter occlusion of secundum atrial septal defect. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39: 1061–5.
9. Bartel T, Konorza T, Arjumand J, Ebradlize T, Eggebrecht H, Caspari G, Neudorf U, Erbel R. Intracardiac echocardiography is superior to conventional monitoring for guiding closure of interatrial communications. *Circulation* 2003; 107: 795–7.
10. Mullen MJ, Dias BF, Walker F, Siu SC, Benson LN, McLaughlin PR. Intracardiac echocardiography guided device closure of atrial septal defects. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41: 285–92.
11. Koenig P, Cao QL, Heitschmidt M, Waight DJ, Hijazi ZM. Role of intracardiac echocardiographic guidance in transcatheter closure of atrial septal defects and patent foramen ovale using the Amplatz device. *J Interv Cardiol* 2003; 16: 51–62.
12. Bartel T, Konorza T, Neudorf U, Ebradlize T, Eggebrecht H, Gutersohn A, Erbel R. Intracardiac echocardiography: an ideal guiding tool for device closure of interatrial communications. *Eur J Echocardiogr* 2005; 6: 92–6.
13. Martin F, Sánchez PL, Doherty E, Colon-Hernandez PJ, Delgado G, Inglese I, Scott N, Hung J, King ME, Buonanno F, Demirjan Z, de Moor M, Palacios IF. Percutaneous transcatheter closure of patent foramen ovale in patients with paradoxical embolism. *Circulation* 2002; 106: 1121–6.
14. Epstein LM, Mitchell MA, Smith TW, Haines DE. Comparative study of fluoroscopy and intracardiac echocardiographic guidance for the creation of linear atrial lesions. *Circulation* 1998; 98: 1796–801.
15. Tardif JC, Groeneveld PW, Wang PJ, Haugh CJ, Estes NA 3rd, Schwartz SL, Pandian NG. Intracardiac echocardiographic guidance during microwave catheter ablation. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; 12: 41–7.
16. Roithinger FX, Steiner PR, Goseki Y, Sparks PB, Lesh MD. Low-power radiofrequency application and intracardiac echocardiography for creation of continuous left atrial linear lesions. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1999; 10: 680–91.
17. Callans DJ, Ren JF, Schwartzman D, Gottlieb CD, Chaudhry FA, Marchlinski FE. Narrowing of the superior vena cava-right atrium junction during radiofrequency catheter ablation for inappropriate sinus tachycardia: analysis with intracardiac echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1999; 33: 1667–70.
18. Ren JF, Marchlinski FE, Callans DJ. Left atrial thrombus associated with ablation for atrial fibrillation: identification with intracardiac echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1861–7.
19. Marrouche NF, Martin DO, Wazni O, Gillinov AM, Klein A, Bhargava M, Saad E, Bash D, Yamada H, Jaber W, Schwekert R, Tchou P, Abdul-Karim A, Saliba W, Natale A. Phased-array intracardiac echocardiography monitoring during pulmonary vein isolation in patients with atrial fibrillation: impact on outcome and complications. *Circulation* 2003; 107: 2710–6.
20. Faber L, Seggewiss H, Gleichmann U. Percutaneous transluminal septal myocardial ablation in hypertrophic obstructive cardiomyopathy: results with respect to intraprocedural myocardial contrast echocardiography. *Circulation* 1998; 98: 2415–21.
21. Vaina S, Ligthart J, Vijayakumar M. Intracardiac echocardiography during interventional procedures. *Eurointervention* 2006; 1: 454–64.
22. Koschyk DH, Nienaber CA, Knap M, Hofmann T, Kodolitsch YV, Skriabina V, Ismail M, Franzen O, Rehders TC, Dieckmann C, Lund G, Reichenspurner H, Meinertz T. How to guide stent-graft implantation in type B aortic dissection? *Circulation* 2005; 122 (Suppl I): I-S260–I-S264.
23. Bartel T, Eggebrecht H, Erbel R. Safe biopsy of aortic masses guided by intraluminal two-dimensional ultrasonography. *Heart* 2004; 90: 974.
24. Bartel T, Eggebrecht H, Ebradlize T, Baumgard D, Erbel R. Optimal guidance for intimal flap fenestration in aortic dissection by transvenous two-dimensional and Doppler ultrasonography. *Circulation* 2003; 107: e17–e18.
25. Eggebrecht H, Herold U, Kuhn O, Schmermund A, Bartel T, Martini S, Lind A, Naber CK, Kienbaum P, Kuhl, Peters J, Jakob H, Erbel R, Baumgard D. Endovascular stent-graft treatment of aortic dissection: determinants of post-interventional outcome. *Eur Heart J* 2005; 26: 489–97.
26. Chavan A, Galanski M, Pichlmaier M. Minimally invasive therapy options in aortic dissections. *Rofo* 2000; 172: 576–86.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

☒ Medizintechnik-Produkte



Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ Bestellung e-Journal-Abo

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

Impressum

Disclaimers & Copyright

Datenschutzerklärung