

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislaferkrankungen

Stellenwert des transmitralen Strömungsprofils zur Quantifizierung der Mitralklappeninsuffizienz

Grossmann G, Giesler M, Hombach V

Höher M, Kochs M, Spieß J

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2002; 9 (9)

380-385

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

Datenschutz:

Ihre Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz und werden nicht an Dritte weitergegeben. Die Daten werden vom Verlag ausschließlich für den Versand der PDF-Files des Journals für Kardiologie und eventueller weiterer Informationen das Journal betreffend genutzt.

Lieferung:

Die Lieferung umfasst die jeweils aktuelle Ausgabe des Journals für Kardiologie. Sie werden per E-Mail informiert, durch Klick auf den gesendeten Link erhalten Sie die komplette Ausgabe als PDF (Umfang ca. 5–10 MB). Außerhalb dieses Angebots ist keine Lieferung möglich.

Abbestellen:

Das Gratis-Online-Abonnement kann jederzeit per Mausklick wieder abbestellt werden. In jeder Benachrichtigung finden Sie die Information, wie das Abo abbestellt werden kann.

Das e-Journal

Journal für Kardiologie

- ✓ steht als PDF-Datei (ca. 5–10 MB) stets internetunabhängig zur Verfügung
- ✓ kann bei geringem Platzaufwand gespeichert werden
- ✓ ist jederzeit abrufbar
- ✓ bietet einen direkten, ortsunabhängigen Zugriff
- ✓ ist funktionsfähig auf Tablets, iPads und den meisten marktüblichen e-Book-Readern
- ✓ ist leicht im Volltext durchsuchbar
- ✓ umfasst neben Texten und Bildern ggf. auch eingebettete Videosequenzen.

Stellenwert des transmitralen Strömungsprofils zur Quantifizierung der Mitralklappeninsuffizienz

G. Grossmann, M. Giesler, J. Spieß, M. Kochs, M. Höher, V. Hombach

Kurzfassung: *Einleitung:* Echokardiographische Parameter sollten eine Mitralklappeninsuffizienz zuverlässig quantifizieren können und einfach zu bestimmen sein. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob die Parameter des transmitralen Strömungsprofils diese Anforderungen erfüllen.

Patienten und Methoden: Bei 41 Patienten (27 Männer) im Alter von 61 ± 12 Jahren mit Mitralklappeninsuffizienz wurde die maximale frühdiastolische und die mittlere Geschwindigkeit des transmitralen Strömungsprofils mit dem gepulsten Doppler gemessen. Daraus wurden nach Messung der maximalen und mittleren systolischen Strömungsgeschwindigkeit im linksventrikulären Ausflußtrakt und des Durchmessers des Mitralklappenrings weitere Parameter abgeleitet. Zusätzlich wurde im Farbdoppler der Radius der proximalen isokinetischen Schalen für eine Strömungsgeschwindigkeit von 28 cm/s bestimmt. Bei 34 der 41 Patienten wurde der angiographische Schweregrad der Mitralklappeninsuffizienz ermittelt.

Ergebnisse: Die Rangkorrelationskoeffizienten zum Schweregrad der Mitralklappeninsuffizienz betragen für die Parameter des transmitralen Strömungsprofils 0,39 bis 0,73 ($p < 0,05 - p < 0,001$), für den Radius der proximalen isokinetischen Schalen 0,87 ($p < 0,001$). Eine hochgradige Mitralklappeninsuffizienz wurde durch die Parameter des transmitralen Strömungsprofils mit einer Sensitivität/Spezifität von 47–79 %/71–100 % erkannt; die Berücksichtigung der Strömungsgeschwindigkeit im linksventrikulären Ausfluß-

trakt oder des Mitralklappenringdurchmessers ergab keine Vorteile. Die Sensitivität/Spezifität des Radius der proximalen, isokinetischen Schalen war 94 %/93 %. Die Parameter des transmitralen Strömungsprofils und der Radius der proximalen isokinetischen Schale korrelierten mit Koeffizienten von 0,22–0,71.

Diskussion: Die Vermessung des transmitralen Strömungsprofils ist einfach und eine spezifische Methode zur Erkennung einer hochgradigen Mitralklappeninsuffizienz. Letztere ließ sich sicher identifizieren, wenn die Messungen oberhalb definierter Grenzwerte lagen. Die Bestimmung des Radius der proximalen isokinetischen Schalen war jedoch für die Diagnose einer hochgradigen Mitralklappeninsuffizienz sensitiver.

Abstract: Value of the transmitral flow velocity profile for the quantification of mitral regurgitation.

Introduction: Echocardiographic parameters for the quantification of mitral regurgitation should be accurate and easy to obtain. In our study we tested whether this can be accomplished by measurement of parameters of the transmitral flow velocity profile.

Patients and Methods: In 41 patients (27 men), aged 61 ± 12 years, with mitral regurgitation, the transmitral flow velocity profile was documented by pulsed wave Doppler and early diastolic peak as well as mean flow velocity were measured. Further parameters were derived by dividing the transmitral flow velocities by peak and mean flow velocity from the left ventricular out-

flow tract or multiplying them with the diameter of the mitral annulus. The radius of the proximal isovelocity surface areas for 28 cm/s blood flow velocity (PISA-radius) was measured using colour flow Doppler imaging. In 34 of the 41 patients mitral regurgitation was graded angiographically.

Results: Rank correlation coefficients with the angiographic grade of mitral regurgitation ranged from 0.39 to 0.73 ($p < 0.05 - p < 0.001$) for the parameters of the transmitral flow velocity profile and 0.87 ($p < 0.001$) for the PISA-radius. Severe mitral regurgitation was detected with a sensitivity/specificity of 47–79 %/71–100 % using the parameters of the transmitral flow velocity profile and a sensitivity/specificity of 94 %/93 % using the PISA-radius, respectively. Data did not change substantially if the left ventricular outflow tract velocity or the diameter of the mitral annulus were included in the analysis. Correlation coefficients between the parameters of the transmitral flow velocity profile and the PISA-radius were 0.22 to 0.71.

Discussion: Measurement of parameters of the transmitral flow velocity profile provided a simple and specific method for the detection of severe mitral regurgitation. Severe mitral regurgitation could reliably be detected by measurements above certain cut-off values. However, parameters of the transmitral flow velocity profile were less sensitive than the PISA-radius for the detection of severe mitral regurgitation.

J Kardiol 2002; 9: 380–5.

■ Einleitung

Entscheidend für eine adäquate Therapie der Mitralklappeninsuffizienz ist neben der Bestimmung der linksventrikulären Pumpfunktion die Quantifizierung des Vitiums [1, 2]. Der Echokardiographie kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu [3, 4]. Zahlreiche echokardiographische Verfahren zur Quantifizierung der Mitralklappeninsuffizienz sind vorgeschlagen worden, wie die Messung der Ausdehnung des Regurgitationsjets im linken Vorhof, der Breite der „Vena contracta“, der Ausdehnung der proximalen Flußkonvergenzzone in der Farbdopplerechokardiographie oder die Bestimmung der Regurgitationsfraktion mittels 2-D- und Dopplerechokardiographie [5–8]. Alle diese Verfahren haben Limitationen hinsichtlich ihrer Genauigkeit und praktischen Durchführbarkeit [9–12]. Besonders die Bestimmung der Regurgitationsfraktion mittels 2-D- und Dopplerechokardiographie ist sehr zeitaufwendig, da das Schlagvolumen an der Mitralklappen- und Aortenklappe ermittelt und daraus die Regurgitationsfraktion berechnet werden muß. Dadurch dient das Verfahren v. a. als Referenzmethode bei wissenschaftlichen Untersuchungen und wird weniger in

der klinischen Routine angewendet. Es liegt nahe zu prüfen, ob das Verfahren vereinfacht werden kann und weiterhin eine zuverlässige Quantifizierung der Mitralklappeninsuffizienz ermöglicht. Bisher sind dazu wenige Daten veröffentlicht worden. Eine Studie konnte eine Bestimmung der Schwere der Mitralklappeninsuffizienz durch Messung der transmitralen Einstromgeschwindigkeit erreichen [13].

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob durch die Messung verschiedener transmitraler Einstromgeschwindigkeiten eine Quantifizierung der Mitralklappeninsuffizienz erreicht werden kann und ob sich die Ergebnisse durch die Berücksichtigung des Durchmessers des Mitralklappenrings oder der Strömungsgeschwindigkeit an der Aortenklappe verbessern lassen.

■ Patienten und Methoden

Patienten

Untersucht wurden 41 Patienten mit echokardiographisch gesicherter Mitralklappeninsuffizienz (27 Männer, 14 Frauen, Alter 61 ± 12 [36–85] Jahre). Bei 34 Patienten wurde eine linksventrikuläre Angiographie durchgeführt. 33 Patienten hatten einen Sinusrhythmus, 8 eine absolute Arrhythmie. Die Ursache der Mitralklappeninsuffizienz war bei 17 Patienten organisch: 5mal Sklerose ohne Prolaps, 1mal Prolaps eines oder beider Segel, 1mal flail leaflet. Die linksventrikuläre Auswurffraktion war bei diesen Patienten im Normbereich.

Eingelangt am 20. Februar 2002, Überarbeitung eingelangt am 22. April 2002, angenommen am 8. Mai 2002.

Aus der Abteilung für Kardiologie, Medizinische Klinik und Poliklinik, Universität Ulm, Deutschland

Korrespondenzadresse: Dr. med. Georg Grossmann, Abteilung für Kardiologie, Medizinische Klinik und Poliklinik der Universität Ulm, D-89081 Ulm, Robert Koch Str. 8; E-Mail: georg.grossmann@medizin.uni-ulm.de

Bei 24 Patienten lag eine funktionelle Mitralklappeninsuffizienz bei koronarer Herzerkrankung oder dilatativer Kardiomyopathie vor. Eine mehr als geringgradige Aortenklappeninsuffizienz lag bei keinem der Patienten vor. Alle Patienten stimmten nach Aufklärung den Untersuchungen zu, die im Rahmen der klinischen Routine durchgeführt wurden.

Methoden

Die Patienten wurden transthorakal in Linksseitenlage untersucht mit simultaner EKG-Aufzeichnung. Alle Echokardiographien wurden durch denselben erfahrenen Untersucher durchgeführt. Die Echokardiographie erfolgte mit einem handelsüblichen Ultraschallgerät (Toshiba SSH160A, Toshiba Corp., Tokio, Japan) mit einem 2,5 MHz-Schallkopf.

Die gepulsten (PW-)Dopplerspektren wurden bei unterschiedlichen Pulsrepetitionsfrequenzen und Verstärkungen registriert, bei denen sich die Strömungssignale optimal darstellen ließen. Die Ablenkgeschwindigkeit wurde so eingestellt, daß eine Bildschirmbreite einer Zeitspanne von 1 oder 2 s entsprach. Die Dopplerspektren wurden im Bereich der maximalen Signalintensität (modale Strömungsgeschwindigkeit) vermessen.

Bei der Farbdopplerechokardiographie wurden eine Pulsrepetitionsfrequenz von 3 kHz, ein 30°-Farbsektorwinkel und ein Wandfilter von 600 Hz verwendet. Die Bildrate betrug 13–15 Bilder/s. Als optimale Verstärkung wurde die maximale Verstärkung des Farbdopplers gewählt, bei der gerade keine Farbartefakte in flußfreien Bereichen auftraten.

Alle Messungen erfolgten aus 5 bis 7 (im Mittel 5,25) Herzzyklen im Cineloop-Modus oder von den zusätzlich erstellten Videoaufzeichnungen (SVHS). Zur Vermessung dienten die im Ultraschallgerät integrierten Meßfunktionen. Wurden echokardiographische und angiographische Messungen verglichen, wurden Echokardiographie und Herzkatheter innerhalb von 48 Stunden durchgeführt.

Im gepulsten Doppler wurde die transmitrale Strömung während der Diastole im apikalen 4- oder 2-Kammerblick registriert, dazu wurde die Dopplermesszelle sowohl in Höhe der Segelspitzen als auch am Mitralklappenring unter Kontrolle des 2-D-Bildes plaziert (Abbildung 1). Ermittelt wurde an beiden Orten jeweils die maximale frühdiastolische und die mittlere Strömungsgeschwindigkeit ($V_{\max_{Tip}}$ und $V_{\text{mitt}_{Tip}}$ sowie $V_{\max_{Ring}}$ und $V_{\text{mitt}_{Ring}}$, jeweils in m/s). Zusätzlich wurden im apikalen 4- oder 2-Kammerblick die maximale und mittlere systolische Strömungsgeschwindigkeit im linksventrikulären Ausflußtrakt etwa 1 cm vor der Aortenklappe aufgezeichnet ($V_{\max_{Aorta}}$ / $V_{\text{mitt}_{Aorta}}$ in m/s). Der Durchmesser des Mitralklappenrings wurde im 4-Kammerblick gemessen (D_{MK} in cm). Als weitere Parameter wurden die folgenden Quotienten und Differenzen abgeleitet:

$$\begin{aligned} & V_{\max_{Tip}}/V_{\max_{Aorta}}, V_{\text{mitt}_{Tip}}/ \\ & V_{\text{mitt}_{Aorta}}, V_{\max_{Ring}}/V_{\max_{Aorta}}, V_{\text{mitt}_{Ring}}/ \\ & V_{\text{mitt}_{Aorta}}, V_{\max_{Tip}} - V_{\max_{Aorta}}, V_{\text{mitt}_{Tip}} - \\ & V_{\text{mitt}_{Aorta}}, V_{\max_{Ring}} - V_{\max_{Aorta}}, V_{\text{mitt}_{Ring}} \end{aligned}$$

– $V_{\text{mitt}_{Aorta}}$. Darüber hinaus wurden $V_{\max_{Ring}} \times D_{MK}$, $V_{\text{mitt}_{Ring}} \times D_{MK}$, $(V_{\max_{Ring}}/V_{\max_{Aorta}}) \times D_{MK}$ und $(V_{\text{mitt}_{Ring}}/V_{\text{mitt}_{Aorta}}) \times D_{MK}$ berechnet.

Im 2-D-Farbdoppler wurde die Flußkonvergenzzone im linken Ventrikel proximal des Mitralklappenlecks im apikalen 4- oder 2-Kammerblick abgebildet. Von den konzentrisch um das Klappenleck angeordneten proximalen isokinetischen Schalen wurde diejenige dargestellt, die eine Blutströmungsgeschwindigkeit von 28 cm/s aufwies. Dazu wurde die Nulllinie der Farbkarte jeweils soweit verschoben, bis aufgrund des Aliasing-Effekts ein Farbumschlag von Blau nach Rot bzw. Gelb für die vom Schallkopf weg (auf das Regurgitationsleck hin) gerichtete Blutströmung bei 28 cm/s auftrat. Der Abstand zwischen dem Farbumschlag und dem Regurgitationsleck wurde als PISA-Radius (proximal isovelocity surface area-Radius) (r_{28} in mm) definiert und parallel zum Dopplerstrahl vermessen. Falls das Regurgitationsleck nicht genau lokalisiert werden konnte, wurde die Ebene der Klappensegel während der Systole als Referenz gewählt. Der jeweils größte PISA-Radius in der Bild-zu-Bild-Analyse während einer Systole wurde zur Auswertung herangezogen. Die maximale Regurgitationsflußrate (RFR in ml/s) wurden nach $2\pi \times (r_{28})^2 \times \text{Strömungsgeschwindigkeit}/100$ berechnet.

Die angiographische Schweregradeinteilung der Mitralklappeninsuffizienz erfolgte in der biplanen Lävographie (RAO 30° und LAO 60°) mit 35 ml nichtionischem Röntgenkontrastmittel bei einer Flußrate von 18 ml/s. Die Auswertung wurde nach den Kriterien von Sellers [14] vorgenommen. Die Angiographien wurden durch 2 voneinander unabhängige Untersucher ohne Kenntnis der echokardiographischen Befunde in die Schweregrade I–IV unterteilt. Bei unterschiedlicher Beurteilung des angiographischen Befundes durch die beiden Untersucher um einen Schweregrad wurde der Schweregrad durch einen dritten Untersucher festgelegt. Eine Abweichung der beiden ersten Untersucher um mehr als einen angiographischen Schweregrad bestand in keinem Fall.

Die Meßwerte sind als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. Als Maß für die Korrelation zwischen den echo-

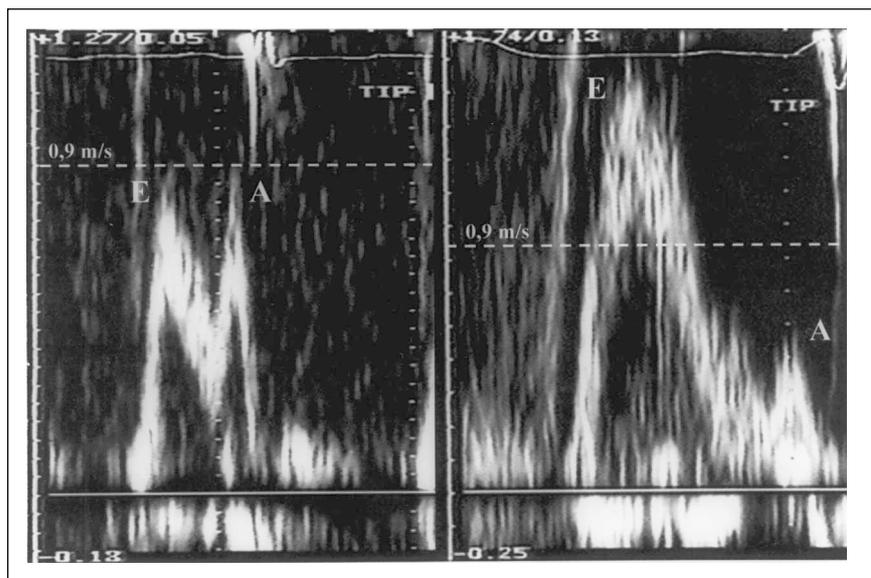


Abbildung 1: Transmitrales Strömungsprofil bei Patienten mit Mitralklappeninsuffizienz vom angiographischen Schweregrad II (links) und vom angiographischen Schweregrad IV (rechts). Die Registrierung erfolgte mit dem gepulsten (PW-)Doppler in Höhe der Segelspitzen. Waagrechte, gestrichelte Linien geben den Grenzwert der maximalen frühdiastolischen Strömungsgeschwindigkeit von 0,9 m/s für die Differenzierung der angiographischen Schweregrade I/II von III/IV an (beachte unterschiedliche Skalierung der Geschwindigkeitsachsen).

kardiographischen Parametern und dem angiographischen Schweregrad der Mitralklappeninsuffizienz wurde der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman berechnet. Kontinuierliche Variablen wurden mittels einer linearen Regression korreliert und der Korrelationskoeffizient sowie der Standard-schätzfehler berechnet. Mit dem t-Test für unabhängige Stichproben wurde geprüft, ob sich die Werte für die echokardiographischen Parameter bei einer Mitralklappeninsuffizienz vom angiographischen Schweregrad I oder II von den Werten bei einer Insuffizienz vom Schweregrad III oder IV unterscheiden. Ein p-Wert < 0,05 wurde als signifikant angesehen.

Ergebnisse

Hämodynamik

Die Herzfrequenz betrug während der Echokardiographie $82 \pm 14 \text{ min}^{-1}$ und während der Angiographie $83 \pm 15 \text{ min}^{-1}$ (n. s.). Während der Echokardiographie/Angiographie lag der systolische Blutdruck bei $128 \pm 23 \text{ mmHg}/127 \pm 18 \text{ mmHg}$ (n. s.) und der diastolische Blutdruck bei $77 \pm 13 \text{ mmHg}/73 \pm 10 \text{ mmHg}$ ($p < 0,01$).

Angiographischer Schweregrad

Der Schweregrad der Mitralklappeninsuffizienz war Grad I bei 10, Grad II bei 5, Grad III bei 12 und Grad IV bei 7 Patienten.

Dopplerechokardiographische Messungen

Der Radius der proximalen isokinetischen Schalen r_{28} , die maximale Regurgitationsflußrate RFR und die verschiedenen Parameter des transmitralen Strömungsprofils sind in Abhän-

gigkeit vom angiographischen Schweregrad in Tabelle 1 aufgeführt (siehe auch Abbildung 2). Die Mittelwerte der echokardiographischen Parameter bei den Patienten mit einem angiographischen Schweregrad I oder II unterscheiden sich mit einer Ausnahme ($V_{\text{mitt_Ring}} - V_{\text{mitt_Aorta}}$) signifikant von

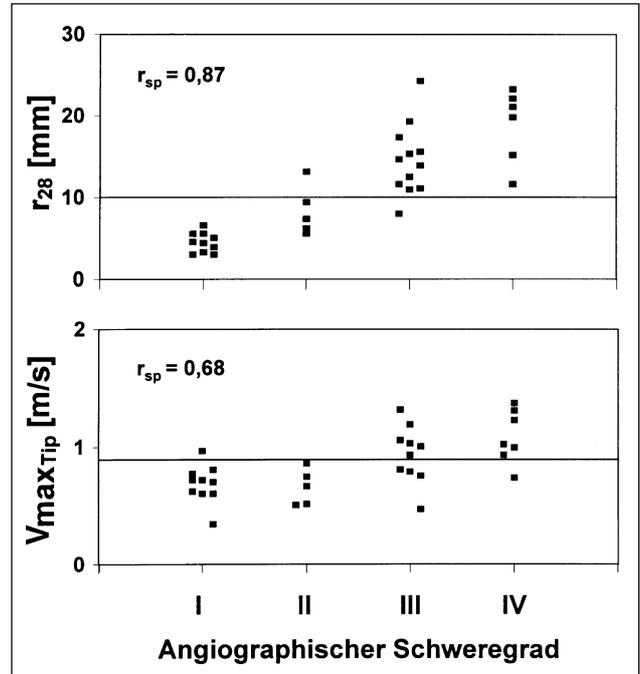


Abbildung 2: Einzelwerte für den Radius der proximalen isokinetischen Schalen (r_{28}) (oben) und die maximale Strömungsgeschwindigkeit an den Spitzen der Mitralklappen (Vmax_{Tip}) (unten) in Abhängigkeit vom angiographischen Schweregrad. Waagrechte Linien geben die Grenzwerte für die Differenzierung der angiographischen Schweregrade I/II von III/IV an. r_{sp} = Rangkorrelationskoeffizient

Tabelle 1. Für den Radius der proximalen isokinetischen Schalen für eine Strömungsgeschwindigkeit von 28 cm/s (r_{28}), die maximale Regurgitationsflußrate (RFR) und die Parameter des transmitralen Strömungsprofils sind Mittelwert \pm Standardabweichung für die einzelnen angiographischen Schweregrade sowie die Schweregrade I oder II und III oder IV angegeben

Echokardiographische Parameter	Angiographischer Schweregrad						p-Wert
	I	II	III	IV	I/II	III/IV	
r_{28}	4,5 \pm 1,0	8,4 \pm 3,0	14,5 \pm 4,4	18,8 \pm 4,5	5,8 \pm 2,6	15,9 \pm 4,8	0,001
RFR	36,6 \pm 16,0	136,1 \pm 100,4	398,3 \pm 249,2	650,0 \pm 275,1	69,7 \pm 73,5	482,2 \pm 278,1	0,001
Vmax _{Tip}	0,7 \pm 0,2	0,6 \pm 0,1	0,9 \pm 0,2	1,1 \pm 0,2	0,7 \pm 0,2	1,0 \pm 0,2	0,001
Vmitt _{Tip}	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,01
Vmax _{Ring}	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,6 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,4 \pm 0,1	0,7 \pm 0,2	0,001
Vmitt _{Ring}	0,2 \pm 0,04	0,2 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,2 \pm 0,05	0,3 \pm 0,1	0,001
Vmax _{Tip} /Vmax _{Aorta}	1,0 \pm 0,3	0,9 \pm 0,3	1,1 \pm 0,3	1,5 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	1,3 \pm 0,4	0,02
Vmitt _{Tip} /Vmitt _{Aorta}	0,7 \pm 0,2	0,7 \pm 0,3	0,9 \pm 0,3	1,1 \pm 0,3	0,7 \pm 0,2	0,9 \pm 0,3	0,05
Vmax _{Ring} /Vmax _{Aorta}	0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,7 \pm 0,2	1,1 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2	0,01
Vmitt _{Ring} /Vmitt _{Aorta}	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,7 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1	0,6 \pm 0,2	0,02
Vmax _{Tip} - Vmax _{Aorta}	-0,01 \pm 0,2	-0,1 \pm 0,2	0,1 \pm 0,3	0,3 \pm 0,2	-0,04 \pm 0,2	0,2 \pm 0,3	0,02
Vmitt _{Tip} - Vmitt _{Aorta}	-0,1 \pm 0,1	-0,2 \pm 0,2	-0,1 \pm 0,2	0,03 \pm 0,1	-0,2 \pm 0,1	-0,04 \pm 0,2	0,05
Vmax _{Ring} - Vmax _{Aorta}	-0,3 \pm 0,1	-0,3 \pm 0,2	-0,2 \pm 0,2	0,04 \pm 0,2	-0,3 \pm 0,1	-0,1 \pm 0,2	0,05
Vmitt _{Ring} - Vmitt _{Aorta}	-0,3 \pm 0,1	-0,3 \pm 0,1	-0,3 \pm 0,1	-0,2 \pm 0,1	-0,3 \pm 0,1	-0,2 \pm 0,1	n.s.
Vmax _{Ring} \times D _{MK}	1,3 \pm 0,3	1,5 \pm 0,3	2,0 \pm 0,7	2,8 \pm 0,7	1,4 \pm 0,3	2,3 \pm 0,8	0,001
Vmitt _{Ring} \times D _{MK}	0,7 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	1,1 \pm 0,5	1,3 \pm 0,4	0,7 \pm 0,2	1,2 \pm 0,4	0,001
(Vmax _{Ring} /Vmax _{Aorta}) \times D _{MK}	1,9 \pm 0,5	2,0 \pm 0,5	2,6 \pm 1,1	3,9 \pm 1,0	1,9 \pm 0,5	3,0 \pm 1,1	0,01
(Vmitt _{Ring} /Vmitt _{Aorta}) \times D _{MK}	1,4 \pm 0,4	1,5 \pm 0,6	1,9 \pm 0,8	2,6 \pm 0,7	1,4 \pm 0,5	2,2 \pm 0,8	0,01

Vmax_{Tip}/Vmitt_{Tip} = maximale/mittlere Strömungsgeschwindigkeit an den Spitzen der Mitralklappenring; Vmax_{Ring}/Vmitt_{Ring} = maximale/mittlere Strömungsgeschwindigkeit am Mitralklappenring; Vmax_{Aorta}/Vmitt_{Aorta} = maximale/mittlere Strömungsgeschwindigkeit am Aortenklappenring; D_{MK} = Durchmesser des Mitralklappenrings. p-Wert = Signifikanzniveau des Unterschieds der Mittelwerte der angiographischen Schweregrade I oder II von den Mittelwerten der Schweregrade III oder IV (t-Test für unabhängige Stichproben)

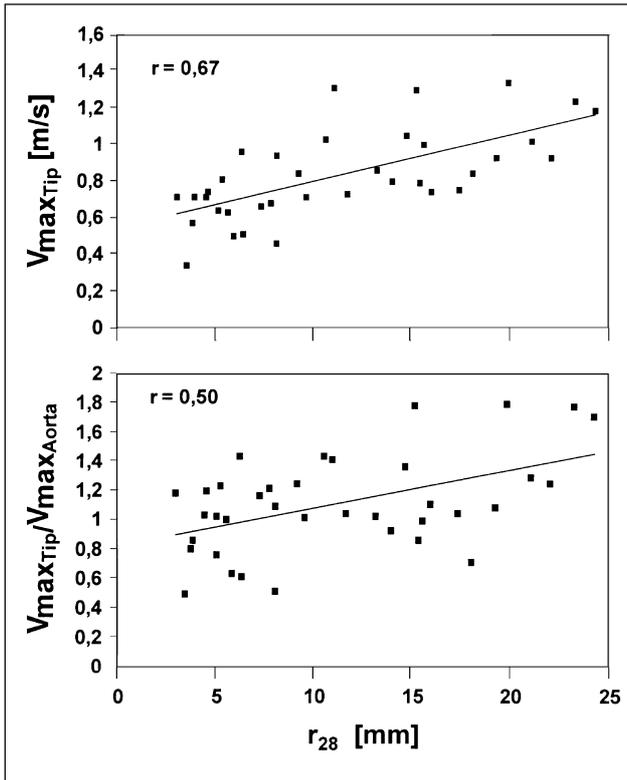


Abbildung 3: Korrelation zwischen der maximalen Strömungsgeschwindigkeit an den Spitzen der Mitralklappensegel ($V_{max_{Tip}}$) (oben) bzw. ihrem Quotienten mit der maximalen Strömungsgeschwindigkeit am Aortenklappenring ($V_{max_{Tip}}/V_{max_{Aorta}}$) (unten) und dem Radius der proximalen isokinetischen Schalen (r_{28}). Regressionsgerade eingezeichnet. r = Korrelationskoeffizient

Tabelle 2: Für die Parameter des transmitralen Strömungsprofils und den Radius der proximalen isokinetischen Schalen r_{28} sind in der Tabelle der Rangkorrelationskoeffizient zum angiographischen Schweregrad (SG) (Signifikanzniveau in Klammern) und der Korrelationskoeffizient zum Radius der proximalen isokinetischen Schalen (Standardschätzfehler in Klammern) aufgeführt.

Echokardiographische Parameter	Rangkorrelation zum SG	Korrelation zu r_{28}
r_{28}	0,87 ($p < 0,001$)	–
$V_{max_{Tip}}$	0,68 ($p < 0,001$)	0,67 (0,18)
$V_{mitt_{Tip}}$	0,52 ($p < 0,005$)	0,57 (0,12)
$V_{max_{Ring}}$	0,73 ($p < 0,001$)	0,67 (0,13)
$V_{mitt_{Ring}}$	0,57 ($p < 0,001$)	0,59 (0,07)
$V_{max_{Tip}}/V_{max_{Aorta}}$	0,51 ($p < 0,005$)	0,50 (0,29)
$V_{mitt_{Tip}}/V_{mitt_{Aorta}}$	0,42 ($p < 0,05$)	0,41 (0,26)
$V_{max_{Ring}}/V_{max_{Aorta}}$	0,58 ($p < 0,001$)	0,49 (0,22)
$V_{mitt_{Ring}}/V_{mitt_{Aorta}}$	0,43 ($p < 0,05$)	0,40 (0,16)
$V_{max_{Tip}} - V_{max_{Aorta}}$	0,52 ($p < 0,005$)	0,48 (0,23)
$V_{mitt_{Tip}} - V_{mitt_{Aorta}}$	0,42 ($p < 0,05$)	0,36 (0,15)
$V_{max_{Ring}} - V_{max_{Aorta}}$	0,54 ($p < 0,005$)	0,35 (0,20)
$V_{mitt_{Ring}} - V_{mitt_{Aorta}}$	0,39 ($p < 0,05$)	0,22 (0,12)
$V_{max_{Ring}} \times D_{MK}$	0,73 ($p < 0,001$)	0,71 (0,54)
$V_{mitt_{Ring}} \times D_{MK}$	0,65 ($p < 0,001$)	0,65 (0,30)
$(V_{max_{Ring}}/V_{max_{Aorta}}) \times D_{MK}$	0,66 ($p < 0,001$)	0,60 (0,86)
$(V_{mitt_{Ring}}/V_{mitt_{Aorta}}) \times D_{MK}$	0,57 ($p < 0,001$)	0,54 (0,63)

$V_{max_{Tip}}/V_{mitt_{Tip}}$ = maximale/mittlere Strömungsgeschwindigkeit an den Spitzen der Mitralklappensegel; $V_{max_{Ring}}/V_{mitt_{Ring}}$ = maximale/mittlere Strömungsgeschwindigkeit am Mitralklappenring; $V_{max_{Aorta}}/V_{mitt_{Aorta}}$ = maximale/mittlere Strömungsgeschwindigkeit am Aortenklappenring; D_{MK} = Durchmesser des Mitralklappenrings

denen der Patienten mit einem Schweregrad III oder IV der Mitralklappeninsuffizienz (Tabelle 1).

Für r_{28} ergab sich ein hochsignifikanter Rangkorrelationskoeffizient zum angiographischen Schweregrad von 0,87, für die Parameter des transmitralen Strömungsprofils lagen die entsprechenden Werte zwischen 0,39 und 0,73 (Tabelle 2). Die Korrelationskoeffizienten zwischen r_{28} und den Parametern des transmitralen Strömungsprofils lagen zwischen 0,22 und 0,71 (Tabelle 2 und Abbildung 3).

Für das Alter der Patienten und die Herzfrequenz während der Echokardiographie fanden sich geringe Korrelationskoeffizienten zu $V_{max_{Tip}}$ und $V_{max_{Ring}}$ zwischen $-0,13$ und $0,42$.

In der Tabelle 3 ist für alle dopplerechokardiographischen Parameter ein Grenzwert angegeben, für den die höchste Genauigkeit bei der Differenzierung der angiographischen Schweregrade I und II von den Schweregraden III und IV erreicht werden konnte. In dem angegebenen Prozentsatz der Patienten lag bei Unterschreiten des Grenzwertes tatsächlich ein Schweregrad I oder II und bei Überschreiten des Grenzwertes ein Schweregrad III oder IV vor. Zusätzlich ist die Sensitivität und Spezifität der echokardiographischen Parameter für die Diagnose einer Mitralklappeninsuffizienz vom Schweregrad III/IV für die oben definierten Grenzwerte in Tabelle 3 aufgeführt.

Der niedrigste Wert, ab dem grundsätzlich ein angiographischer Schweregrad III oder IV der Mitralklappeninsuffizienz vorlag, betrug für: r_{28} 14 mm, RFR 310 ml/s, $V_{max_{Tip}}$ 1,0 m/s; $V_{mitt_{Tip}}$ 0,5 m/s; $V_{max_{Ring}}$ 0,6 m/s; $V_{mitt_{Ring}}$ 0,4 m/s;

Tabelle 3: Für die Parameter des transmitralen Strömungsprofils, den Radius der proximalen isokinetischen Schalen r_{28} und die Regurgitationsflußrate RFR sind in der Tabelle aufgeführt: 1. der Grenzwert mit der größten Genauigkeit bei der Differenzierung zwischen den angiographischen Schweregraden (SG) I/II und III/IV; 2. die erreichte Genauigkeit der Differenzierung (%); 3. und 4. die Sensitivität und Spezifität für die Diagnose einer Mitralklappeninsuffizienz (MI) vom SG III/IV für den definierten Grenzwert.

Echokardiographische Parameter	Differenzierung SG I/II vs III/IV		Diagnose MI SG III/IV	
	Grenzwert	Genauigkeit	Sensitivität	Spezifität
r_{28}	10 mm	94 %	94 %	93 %
RFR	190 ml/s	94 %	94 %	93 %
$V_{max_{Tip}}$	0,9 m/s	81 %	70 %	93 %
$V_{mitt_{Tip}}$	0,5 m/s	71 %	47 %	93 %
$V_{max_{Ring}}$	0,6 m/s	79 %	63 %	100 %
$V_{mitt_{Ring}}$	0,3 m/s	74 %	58 %	93 %
$V_{max_{Tip}}/V_{max_{Aorta}}$	1,2	74 %	59 %	93 %
$V_{mitt_{Tip}}/V_{mitt_{Aorta}}$	0,8	68 %	65 %	71 %
$V_{max_{Ring}}/V_{max_{Aorta}}$	0,7	74 %	74 %	73 %
$V_{mitt_{Ring}}/V_{mitt_{Aorta}}$	0,6	68 %	53 %	87 %
$V_{max_{Tip}} - V_{max_{Aorta}}$	0,2 m/s	71 %	53 %	93 %
$V_{mitt_{Tip}} - V_{mitt_{Aorta}}$	0,1 m/s	68 %	65 %	71 %
$V_{max_{Ring}} - V_{max_{Aorta}}$	0,2 m/s	74 %	74 %	73 %
$V_{mitt_{Ring}} - V_{mitt_{Aorta}}$	0,2 m/s	71 %	47 %	87 %
$V_{max_{Ring}} \times D_{MK}$	1,9 m x cm/s	88 %	79 %	100 %
$V_{mitt_{Ring}} \times D_{MK}$	0,9 m x cm/s	76 %	68 %	87 %
$(V_{max_{Ring}}/V_{max_{Aorta}}) \times D_{MK}$	2,5 cm	81 %	74 %	87 %
$(V_{mitt_{Ring}}/V_{mitt_{Aorta}}) \times D_{MK}$	1,9 cm	71 %	58 %	87 %

$V_{max_{Tip}}/V_{mitt_{Tip}}$ = maximale/mittlere Strömungsgeschwindigkeit an den Spitzen der Mitralklappensegel; $V_{max_{Ring}}/V_{mitt_{Ring}}$ = maximale/mittlere Strömungsgeschwindigkeit am Mitralklappenring; $V_{max_{Aorta}}/V_{mitt_{Aorta}}$ = maximale/mittlere Strömungsgeschwindigkeit am Aortenklappenring; D_{MK} = Durchmesser des Mitralklappenrings

$V_{\text{max_Tip}}/V_{\text{max_Aorta}} 1,5$; $V_{\text{mitt_Tip}}/V_{\text{mitt_Aorta}} 1,2$; $V_{\text{max_Ring}}/V_{\text{max_Aorta}} 1,0$; $V_{\text{mitt_Ring}}/V_{\text{mitt_Aorta}} 0,8$; $V_{\text{max_Tip}} - V_{\text{max_Aorta}} 0,3 \text{ m/s}$; $V_{\text{mitt_Tip}} - V_{\text{mitt_Aorta}} 0,1 \text{ m/s}$; $V_{\text{max_Ring}} - V_{\text{max_Aorta}} 0 \text{ m/s}$; $V_{\text{mitt_Ring}} - V_{\text{mitt_Aorta}} - 0,1 \text{ m/s}$; $V_{\text{max_Ring}} \times D_{\text{MK}} 2,0 \text{ m} \times \text{cm/s}$; $V_{\text{mitt_Ring}} \times D_{\text{MK}} 1,1 \text{ m} \times \text{cm/s}$; $(V_{\text{max_Ring}}/V_{\text{max_Aorta}}) \times D_{\text{MK}} 2,5 \text{ cm}$ und $(V_{\text{mitt_Ring}}/V_{\text{mitt_Aorta}}) \times D_{\text{MK}} 2,2 \text{ cm}$.

■ Diskussion

Die verschiedenen Parameter des transmitralen Strömungsprofils waren in der vorliegenden Studie mäßig gut mit dem angiographischen Schweregrad der Mitralklappeninsuffizienz korreliert. Die besten Ergebnisse fanden sich für die maximale frühdiastolische Strömungsgeschwindigkeit, die mit dem Schweregrad der Insuffizienz zunahm. Dies war unabhängig davon, ob die Geschwindigkeit im Bereich der Segelspitzen oder des Mitralklappenrings gemessen wurde. Es ist zwar zu beachten, daß sich abhängig vom Meßort andere Grenzwerte für die Differenzierung einer leicht- bis mittelgradigen (angiographischer Schweregrad I und II) von einer hochgradigen (angiographischer Schweregrad III und IV) Insuffizienz ergeben haben, grundsätzlich aber funktionierte die Methode unabhängig von der Position der Strömungsmessung in der gepulsten Dopplerechokardiographie.

Die hohe Spezifität der Parameter des transmitralen Strömungsprofils bei der Erkennung einer hochgradigen Mitralklappeninsuffizienz erlaubte deren zuverlässige Diagnose ab einem definierten Grenzwert für die einzelnen Parameter. Ein wichtiger Nachteil der Methode war demgegenüber die eingeschränkte Sensitivität bei der Identifizierung einer hochgradigen Mitralklappeninsuffizienz, die dadurch bei einem beträchtlichen Teil der Patienten nicht erkannt wurde. Hierbei ergaben sich Vorteile für den Radius der proximalen isokinetischen Schalen bzw. die Regurgitationsflußrate, die neben einer hohen Spezifität eine hohe Sensitivität für die Diagnose einer hochgradigen Mitralklappeninsuffizienz aufwiesen. Die Korrelationen der Parameter des transmitralen Strömungsprofils mit dem Radius der proximalen isokinetischen Schalen waren insgesamt gering bis mittelgradig. Die Ableitung zusätzlicher Parameter unter Berücksichtigung des transmitralen Strömungsprofils und der Geschwindigkeit an der Aortenklappe oder des Durchmessers des Mitralklappenrings hat zu keiner relevanten Verbesserung der Ergebnisse geführt. Es ist als praktischer Vorteil des transmitralen Strömungsprofils anzusehen, daß eine Erhebung einfacher Parameter ausreichend ist.

Vergleich mit anderen Studien

Eine Zunahme der frühdiastolischen Geschwindigkeit des transmitralen Strömungsprofils bei Bestehen einer Mitralklappeninsuffizienz wurde beschrieben, ohne dies direkt mit dem Schweregrad der Insuffizienz zu vergleichen [15]. Thomas et al. beschrieben einen direkten Zusammenhang zwischen der maximalen, frühdiastolischen Geschwindigkeit des transmitralen Strömungsprofils und der Schwere der Mitralklappeninsuffizienz, wobei eine Geschwindigkeit $> 1,2 \text{ m/s}$ recht sensitiv und spezifisch für eine schwere Mitralklappeninsuffizienz war [13]. Während die gute Spezifität weitgehend mit den eigenen Daten übereinstimmt, war die hohe Sensitivität in der eigenen Studie nicht vorhanden. Unterschiede in

den beiden Studien könnten durch die unterschiedlichen Referenzmethoden zur Bestimmung der Schwere der Mitralklappeninsuffizienz bedingt sein. Daten zum Einfluß einer unterschiedlichen Position der Dopplermesszelle (Segelspitzen gegenüber Klappenring) oder der Berücksichtigung der Strömungsgeschwindigkeit an der Aortenklappe bzw. der Weite des Mitralklappenrings wurden von den Autoren nicht berichtet, so daß ein Vergleich mit den eigenen Daten nicht möglich ist [13]. Auch Tahirkheli et al. berichteten über eine signifikante Korrelation zwischen der frühdiastolischen Einstromgeschwindigkeit an der Mitralklappe und der mittels Dopplerechokardiographie bestimmten Regurgitationsfraktion in einem größeren Kollektiv von Patienten mit Mitralklappeninsuffizienz [16].

In einer anderen Studie berichten Olmos et al. über eine hohe Sensitivität und Spezifität einer frühdiastolischen, transmitralen Strömungsgeschwindigkeit $\geq 1,9 \text{ m/s}$ bei der Erkennung einer signifikanten Insuffizienz von Mitralklappenprothesen [17]. Die vergleichsweise hohe Geschwindigkeit dürfte v. a. darauf zurückzuführen sein, daß es sich um Klappenprothesen gehandelt hat. Ebenso war der Quotient aus den Zeit-Geschwindigkeitsintegralen an der Mitralklappe und im linksventrikulären Ausflußtrakt vor der Aortenklappe zur Diagnose einer signifikanten Protheseninsuffizienz geeignet [17]. In der eigenen Studie wurde nicht der Quotient aus den Zeit-Geschwindigkeitsintegralen, sondern Quotienten aus den direkt gemessenen Geschwindigkeiten im Bereich der Mitralklappen- und Aortenklappe mit der Schwere der Mitralklappeninsuffizienz korreliert. Für die in unserer Untersuchung ermittelten Quotienten lag eine vergleichbar hohe Sensitivität, wie von Olmos et al. berichtet, nicht vor. Aus Gründen der Praktikabilität der Methode wurden die Zeit-Geschwindigkeitsintegrale, deren Bestimmung zeitaufwendiger als die Geschwindigkeitsmessungen ist, in der vorliegenden Studie nicht evaluiert.

Die Bestimmung des Radius proximaler isokinetischer Schalen bzw. davon abgeleitete Parameter wiesen übereinstimmend in mehreren Studien eine sehr enge Korrelation zum angiographischen Schweregrad der Mitralklappeninsuffizienz auf und ermöglichten eine zuverlässige Differenzierung zwischen leicht- bis mittelgradigem und hochgradigem Vitium [7, 18–21]. Dies stimmt mit den hier erhobenen Daten gut überein. Es sind jedoch auch methodische Probleme der Vermessung proximaler isokinetischer Schalen zur Quantifizierung der Mitralklappeninsuffizienz beschrieben worden, die beispielsweise die Ungenauigkeit der Lokalisation des Regurgitationslecks, die variable Geometrie der Flußkonvergenzzone oder die nichtoptimale Darstellbarkeit der Flußkonvergenzzone betreffen [22–24]. Derartige Probleme haben sich in unserer Untersuchung nicht gravierend ausgewirkt. Sicher liegt dies auch daran, daß keine exakte Bestimmung des Regurgitationsvolumens erfolgte, sondern ein Vergleich mit einer semiquantitativen Referenzmethode wie der Angiographie durchgeführt wurde.

Diastolische, linksventrikuläre Funktion und transmitrales Strömungsprofil

Wie in der Arbeit von Thomas et al. fand sich auch bei unseren Patienten kein Hinweis auf einen wesentlichen Einfluß von Patientenalter und Herzfrequenz auf die Parameter des transmitralen Strömungsprofils bei bestehender Mitralklappeninsuffizienz [13]. Es besteht aber kein Zweifel, daß die links-

ventrikuläre diastolische Funktion einen Einfluß auf das transmitrale Strömungsprofil hat [25–27]. Dabei werden die diastolischen Eigenschaften des linken Ventrikels durch eine bestehende Mitralklappeninsuffizienz beeinflusst [28]. Die beobachtete Zunahme der frühdiastolischen Füllung entsteht bei der Mitralklappeninsuffizienz wahrscheinlich nicht nur durch den regurgitationsbedingt erhöhten linksatrialen Füllungsdruck, sondern auch durch eine Verringerung der Steifigkeit des linken Ventrikels bei chronischer Insuffizienz [28]. Dies gilt zumindest, solange die Auswurfraction des linken Ventrikels erhalten und das endsystolische Volumen noch nicht zu stark angestiegen ist [28]. Bei unseren Patienten mit hochgradiger Mitralklappeninsuffizienz lag eine normale Auswurfraction vor.

Limitationen der Studie

Als Referenzmethode zur Schweregradbestimmung diente in der vorliegenden Untersuchung die Angiographie. Neben der Subjektivität bei der Beurteilung der Angiogramme stellt die Methode grundsätzlich nur einen semiquantitativen Ansatz zur Beurteilung der Schwere der Mitralklappeninsuffizienz dar [29, 30]. Um die Zuverlässigkeit der angiographischen Befunde zu erhöhen, wurden die Angiogramme durch 2 Untersucher beurteilt. Es ist zudem festzuhalten, daß die Angiographie trotz ihrer Limitationen weiterhin als eine Standardmethode zur Beurteilung der Schwere der Mitralklappeninsuffizienz anzusehen ist [2]. Angiographie und Echokardiographie wurden nicht simultan, sondern mit einem zeitlichen Intervall bis zu 48 Stunden durchgeführt. Veränderte hämodynamische Bedingungen könnten den Schweregrad der Mitralklappeninsuffizienz beeinflussen haben [31]. Die Veränderungen von Blutdruck und Herzfrequenz zwischen beiden Untersuchungen waren jedoch gering. Dies betraf nur einen leicht erniedrigten diastolischen Blutdruck während der Katheteruntersuchung.

Es wurde nicht versucht, die diastolische Funktion des linken Ventrikels zu beurteilen. Bei bestehender Mitralklappeninsuffizienz sind Aussagen dazu anhand von Parametern des transmitralen Strömungsprofils wahrscheinlich wenig aussagekräftig [27]. Die vorliegende Untersuchung läßt keine Rückschlüsse darüber zu, ob und wie Veränderungen der linksventrikulären, diastolischen Funktion den Zusammenhang zwischen der Schwere einer Mitralklappeninsuffizienz und dem transmitralen Strömungsprofil beeinflussen. Es ist zu erwarten, daß eine chronische, hochgradige Mitralklappeninsuffizienz im Verlauf zu zunehmenden Veränderungen der diastolischen Füllung führt; dies gilt verstärkt bei Vorliegen einer eingeschränkten linksventrikulären Auswurfraction [28]. Patienten mit einer eingeschränkten linksventrikulären Pumpfunktion bei primärer, hochgradiger Mitralklappeninsuffizienz wurden in dieser Studie nicht untersucht. Ebenfalls wurden keine Patienten mit einer akuten Mitralklappeninsuffizienz eingeschlossen.

Klinischer Stellenwert des transmitralen Strömungsprofils

Die Parameter des transmitralen Strömungsprofils waren weniger sensitiv bei der Erkennung einer hochgradigen Mitralklappeninsuffizienz als der Radius der proximalen isokinetischen Schalen. Dies war ein relevanter Nachteil der Metho-

de. Bei hoher Spezifität der Methode ließ sich jedoch eine hochgradige Mitralklappeninsuffizienz durch die Parameter des transmitralen Strömungsprofils sicher identifizieren, wenn die Messungen oberhalb definierter Grenzwerte lagen. Die Methode war leicht anwendbar, da zur Beurteilung der Mitralklappeninsuffizienz die Bestimmung der maximalen frühdiastolischen Strömungsgeschwindigkeit ausreichte. Eine Vermessung des transmitralen Strömungsprofils kommt als Ergänzung zum Radius der proximalen isokinetischen Schalen zur Beurteilung einer Mitralklappeninsuffizienz in Betracht, v. a. wenn eine Darstellung der proximalen isokinetischen Schalen nicht adäquat möglich sein sollte.

Literatur

- Carabello BA, Crawford FA. Valvular heart disease. *N Engl J Med* 1997; 337: 32–41.
- Bonow RO, Carabello B, De Leon AC, Edmunds LH, Fedderly BJ, Freed MD, Gaasch WH, McKay CR, Nishimura RA, O'Gara PT, O'Rourke RA, Rahimtoola SH. ACC/AHA guidelines for the management of patients with valvular heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32: 1486–588.
- Jaffe WM, Roche AHG, Coverdale HA, McAlister HF, Ormiston JA, Greene ER. Clinical evaluation versus Doppler echocardiography in the quantitative assessment of valvular heart disease. *Circulation* 1988; 78: 267–75.
- Slater J, Gindea AJ, Freedberg RS, Chinitz LA, Tunick PA, Rosenzweig BP, Winer HE, Goldfarb A, Perez JL, Glassman E, Kronzon I. Comparison of cardiac catheterization and Doppler echocardiography in the decision to operate in aortic and mitral valve disease. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 1026–36.
- Helmecke F, Nanda NC, Hsiung MC, Soto B, Adey CK, Goyal RG, Gatewood RP. Color Doppler assessment of mitral regurgitation with orthogonal planes. *Circulation* 1987; 75: 175–83.
- Fehske W, Omran H, Manz M, Köhler J, Hagendorf A, Luderitz B. Color-coded Doppler imaging of the vena contracta as a basis for quantification of pure mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 1994; 73: 268–74.
- Bargiggia GS, Tronconi L, Sahn DJ, Recusani F, Raisaro A, De Servi S, Valdes-Cruz LM, Montemartini C. A new method for the quantification of mitral regurgitation based on color flow Doppler imaging of flow convergence proximal to regurgitant orifice. *Circulation* 1991; 84: 1481–9.
- Rokey R, Sterling LL, Zoghbi WA, Sartori MP, Limacher MC, Kuo LC, Quinones MA. Determination of regurgitant fraction in isolated mitral or aortic regurgitation by pulsed Doppler two-dimensional echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 1273–8.
- Bolger AF, Eigler NL, Maurer G. Quantifying valvular regurgitation. Limitations and inherent assumptions of Doppler techniques. *Circulation* 1988; 78: 1316–8.
- Kühl HP, Franke A, Hoffmann R, Hanrath P. Stellenwert der Echokardiographie zur Beurteilung der chronischen Mitralklappeninsuffizienz. *Dtsch med Wschr* 1999; 124: 1281–9.
- Simpson IA, Sahn DJ. Quantification of valvular regurgitation by Doppler echocardiography. *Circulation* 1991; 84 (Suppl I): I 188–192.
- Thomas JD. How leaky is that mitral valve? Simplified Doppler methods to measure regurgitant orifice area. *Circulation* 1997; 95: 548–50.
- Thomas L, Foster E, Schiller NB. Peak inflow velocity predicts mitral regurgitation severity. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31: 174–9.
- Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K, Lillehei CW. Left retrograde cardioangiography in acquired cardiac disease. Technic, indications and interpretations in 700 cases. *Am J Cardiol* 1964; 14: 437–47.
- Schiller NB, Foster E, Redberg RF. Transesophageal echocardiography in the evaluation of mitral regurgitation: the twenty-four signs of severe mitral regurgitation. *Cardiol Clin* 1993; 11: 399–408.
- Tahrkheili NK, Sarano ME. Does mitral regurgitation affect the validity of the interpretation of diastolic filling parameters? A quantitative echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1997; 29 (Suppl A): 26A (Abstract).
- Olmos L, Salazar G, Barbetseas J, Quinones MA, Zoghbi WA. Usefulness of transthoracic echocardiography in detecting significant prosthetic mitral valve regurgitation. *Am J Cardiol* 1999; 83: 199–205.
- Flachskamp FA, Frieske R, Engelhard B, Grenner H, Frielingdorf J, Beck F, Reineke T, Thomas JD, Hanrath P. Comparison of transesophageal Doppler methods with angiography for evaluation of the severity of mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11: 882–92.
- Giesler M, Grossmann G, Schmidt A, Kochs M, Langhans J, Stauch M, Hombach V. Color Doppler echocardiographic determination of mitral regurgitant flow from the proximal velocity profile of the flow convergence region. *Am J Cardiol* 1993; 71: 217–24.
- Grossmann G, Giesler M, Schmidt A, Kochs M, Wieshammer S, Höher M, Felder C, Hombach V. Influence of the mechanism of regurgitation on the quantification of mitral regurgitation by the proximal flow convergence method and the jet area method. *Eur Heart J* 1996; 17: 1256–64.
- Yoshida K, Yoshikawa J, Yamaura Y, Hozumi T, Shakudo M, Akasaka T, Kato H. Value of acceleration flows and regurgitant jet direction by color Doppler flow mapping in the evaluation of mitral valve prolapse. *Circulation* 1990; 81: 879–85.
- Simpson IA, Shiota T, Gharib M, Sahn DJ. Current status of flow convergence for clinical applications: Is it a leaning tower of "PISA"? *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 504–9.
- Schwammthal E, Chen C, Giesler M, Sagie A, Guerrero JL, Vazquez De Prada JA, Hombach V, Weyman AE, Levine RA. New method for accurate calculation of regurgitant flow rate based on analysis of Doppler color flow maps of the proximal flow field. Validation in a canine model of mitral regurgitation with initial application in patients. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 161–72.
- Enriquez-Sarano M, Miller Jr. FA, Hayes SN, Bailey KR, Tajik AJ, Seward JB. Effective mitral regurgitant orifice area: Clinical use and pitfalls of the proximal isovelocity surface area method. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 703–9.
- European Study Group on Diastolic Heart Failure. How to diagnose diastolic heart failure. *Eur Heart J* 1998; 19: 990–1003.
- Nishimura RA, Tajik J. Evaluation of diastolic filling of left ventricle in health and disease: Doppler echocardiography is the clinician's rosetta stone. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30: 8–18.
- Grodecki PV, Klein AL. Pitfalls in the echo-Doppler assessment of diastolic dysfunction. *Echocardiography* 1993; 10: 213–34.
- Corin WJ, Murakami T, Monrad S, Hess OM, Kravenbuehl HP. Left ventricular passive diastolic properties in chronic mitral regurgitation. *Circulation* 1991; 83: 797–807.
- Croft CH, Lipscomb K, Mathis K, Firth BG, Nicod P, Tilton G. Limitations of qualitative angiographic grading in aortic or mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 1984; 53: 1593–8.
- Dujardin KS, Enriquez-Sarano M, Bailey KR, Nishimura RA, Seward JB, Tajik AJ. Grading of mitral regurgitation by quantitative Doppler echocardiography. Calibration by left ventricular angiography in routine clinical practice. *Circulation* 1997; 96: 3409–15.
- Keren G, Bier A, Strom JA, Laniado S, Sonnenblat EH, LeJemtel TH. Dynamics of mitral regurgitation during nitroglycerin therapy: a Doppler echocardiographic study. *Am Heart J* 1986; 112: 517–25.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

[Medizintechnik-Produkte](#)



Neues CRTD 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](#)