

Kardiale Bildgebung

Abklärung der Mitralinsuffizienz

Die Mitralinsuffizienz (MI) ist eine der häufigsten Herzklappenerkrankungen. Mittels Auskultation kann zwar eine MI vermutet werden, die definitive Diagnose einer MI, die Quantifizierung des Insuffizienzgrades oder gar die Beschreibung der genauen Pathologie der Klappe ist mittels Auskultation nicht möglich. Somit ist eine weiterführende Bildgebung notwendig, wobei die Echokardiographie die Methode der Wahl darstellt (1).

Heutzutage ergänzt die 3-dimensionale Echokardiographie zunehmend die normale 2-dimensionale Echokardiographie auch in der Routine (2). Je nach Fragestellung wird die transthorakale Echokardiographie mit einer transoesophagealen Echokardiographie, einem kardialen MRI und/oder einer Herzkatheruntersuchung vervollständigt. Die Computertomographie kommt im Alltag für die Beurteilung der Mitralklappe selten zur Anwendung – beispielsweise nur bei spezieller Fragestellung nach Mitralanulusveränderungen (massive Verkalkungen, Ausschluss Tumoren etc.).

Anatomie der Mitralklappe und Ursache der Mitralinsuffizienz

Mit der echokardiographischen Bildgebung können Anatomie und die Funktion der Mitralklappe dargestellt werden. Die Mitralklappe besteht aus dem Papillarmuskelapparat, dem anterioren und posterioren Mitralsegel und den Chordae. Die Abbildung 1 zeigt die normale Mitralklappe mit dem anterioren Segel und den 3 Segmenten (Scallops) und dem posterioren Segel mit den 3 Scallops (modifiziert nach (3)). Daneben gibt es noch 2 Segmente, die anterolaterale



Prof. Dr. med. Christine H. Attenhofer Jost
Zürich
Dr. med. Patric Biaggi
Zürich
PD Dr. med. Pascal Berdat
Zürich
Prof. Dr. med. Barbara Naegeli
Zürich

Kommissur und die posteromediale Kommissur d.h. es bestehen total 8 Segmente (4). Wichtig sind auch die Chordae tendinae bei der Mitralklappe: Es gibt ca. 120 verschiedene Chordae, die von den Spitzen der Papillarmuskel an die Mitralsegel ziehen.

Die häufigsten Aetiologien der Mitralinsuffizienz sind in Tabellen 1 und 2 aufgeführt. Ein Mitralklappenprolaps ist definiert als Vorwölbung des freien Randes eines Mitralsegels in den linken Vorhof um mindestens 2 mm. Die häufigste Ursache einer Mitralinsuffizienz mit Mitralklappenprolaps ist die myxoide Degeneration (M. Barlow) mit einer Prävalenz von ca. 4%, viel seltener liegt eine Bindegewebschwäche wie beispielsweise ein Marfan Syndrom oder Loeys-Dietz Syndrom vor oder ein altersbedingter Fibroelastinmangel (5). Ein typisches Beispiel einer Ursache einer degenerativen, altersbedingten Mitralklappenveränderung ist in Abbildung 2 dargestellt, d.h. man sieht in der transoesophagealen Echokardiographie ein sogenanntes „flail leaflet“ des posterioren Segels wegen einem gerissenen Sehnenfaden.

ABB. 1 Schema einer Mitralklappe vom linken Vorhof aus betrachtet

mit dem anterioren (3 Segmente A1-3) und posterioren Segel (3 Segmente P1-3) sowie der anterolateralen (AL) und posteromedialen (PM) Kommissur. Dies reflektiert das 8 Segmentschema der Carpentier Mitralklappenomenklatur

TV = Tricuspidalklappe; LAA = Vorhofsohr links; AV = Aortenklappe; Ca = anterolaterale Kommissur; Cp = posteromediale Kommissur; CS = Coronarsinus; NCC = nichtkoronare Tasche; RCC = rechtskoronare Tasche; LCC = linkskoronare Tasche der Aortenklappe.

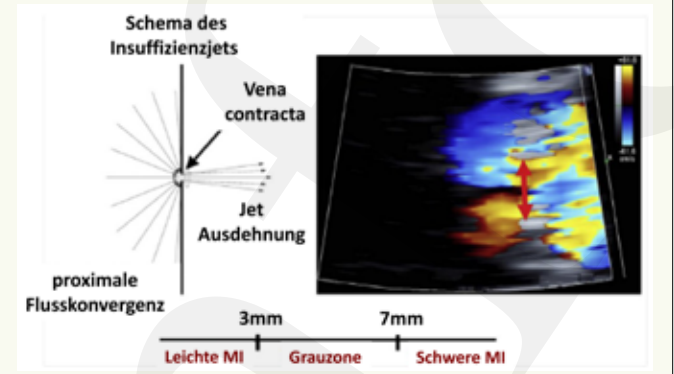
TAB. 1 Ursachen der Mitralinsuffizienz	
Primäre Mitralinsuffizienz	
Degenerativ (Fibroelastin-Mangel)	
Morbus Barlow	
Kongenitales Vitium	
<ul style="list-style-type: none"> • Cleft • Atrioventrikulärer Septumdefekt (partiell, total) • Parachute mitral valve • Shone's Komplex 	
Rheumatisches Fieber	
Endokarditis	
Radiotherapie	
Entzündliche Erkrankungen (Systemischer Lupus erythematoses, etc.)	
Medikamentöse Nebenwirkung (Ergotamin, Cabergolin, etc.)	
Sekundäre Mitralinsuffizienz	
Koronare Herzkrankheit	
Dilatative Kardiomyopathie	
Annulusdilatation (Vorhofflimmern)	
Hypertrophe Kardiomyopathie	



Abb. 2: Transoesophageale Echokardiographie. Mitralklappe mit einem sogenannten „flail leaflet“ des posterioren Mitralsegels, womit eine primäre Mitralinsuffizienz bedingt durch eine fibroelastische Degeneration vorliegt.

ABB. 3 Methoden zur Quantifizierung der Mitralinsuffizienz

Mittels der sogenannten Vena contracta wird der engste Hals des rechts mit dem Color Doppler dargestellten Mitralinsuffizienzjet gemessen. Wenn dieser Jet mehr als 7 mm beträgt, ist die Mitralinsuffizienz meist schwer.



nach Messika-Zeitoun et al. Cardiol Clin 2013;31:217-29

Quantifizierung der Mitralinsuffizienz

Generell ist eine Quantifizierung einer Klappeninsuffizienz schwierig. Die Auskultation kann da nicht helfen. Die am häufigsten verwendete Methode bei der Quantifizierung ist zurzeit die Echokardiographie. Bei sorgfältiger Durchführung der Echokardiographie ist eine recht zuverlässige Einteilung der Mitralinsuffizienz möglich. Im Vergleich mit der Herzkatheteruntersuchung findet sich eine gute Übereinstimmung in der Schweregradbeurteilung. In Tabelle 3 sind die verschiedenen Parameter erwähnt, die bei der Quantifizierung der Mitralinsuffizienz verwendet werden. Mit der Echokardiographie können Regurgitationsvolumen und Regurgitationsfläche der Mitralinsuffizienz bestimmt werden. Allerdings bestehen für diese Messungen gewisse Limitationen wie Echokardio-

graphiequalität, geometrische Annahmen, Exzentrizität und Dynamik des Jets. Vermutlich sind die Vena contracta und die effektive Regurgitationsfläche (EROA) die wichtigsten Parameter neben der kursorischen Beurteilung mit dem Color Doppler Jet (siehe Abb. 3 und 4). Bei der Vena contracta handelt es sich um den engsten Hals des Insuffizienzjets. Für die zuverlässige Gesamtbeurteilung einer Mitralinsuffizienz müssen sämtliche in der Tabelle 3 aufgeführten Parameter berücksichtigt werden, Einzelwerte sind dabei unzureichend, so spielen zusätzlich auch der Lungenvenenfluss und die Höhe der E-Welle d.h. die Analyse des Bluteinstroms in den linken Ventrikel eine wichtige Rolle. Der Schweregrad der Mitralinsuffizienz wird zudem von der zugrundeliegenden Erkrankung beeinflusst: bei der ischämischen Mitralinsuffizienz gilt bereits eine

TAB. 2 Carpentier Klassifizierung der Mitralinsuffizienz

	Typ I	Typ II	Typ IIIa	Typ IIIb	Typ IVa	Typ V
Segelbeweglichkeit	Normal	Prolaps oder „flail“	Restriktive Segelöffnung	Restriktiver Segelschluss	SAM	Hybride Situationen
Assoziierte Krankheiten	Chronisches Vorhofflimmern, Bakterielle Endokarditis	Degenerativ (Barlow, Fibroelastinmangel)	Rheumatische Herzkrankheit	Myokardinfarkt, DCM	HCM, St. nach MKR, Hypovolämie	Kombinierte Erkrankungen

DCM = Dilatative Kardiomyopathie; SAM = systolic anterior motion; HCM = hypertrophe Kardiomyopathie; MKR = Mitralklappenrekonstruktion
 Modifiziert nach Tsang W et al. Cardiol Clin 2013;31:203–215 (12)

TAB. 3 Quantifizierung der Mitralinsuffizienz

	Leicht	Schwer	Kommentar
Color Doppler Fläche	< 4 cm ² oder < 20% der linken Vorhofsgröße	> 10 cm ² oder > 40% der linken Vorhofsgröße	Sehr abhängig von dynamischen und technischen Faktoren
Vena contracta	< 3 mm	> 7 mm	Nicht genau bei multiplen Jets
CW Doppler Jet	Schwach	Stark	Als qualitativer Hinweis hilfreich; schwierig bei exzentrischen Jets
EROA, mm ² (PISA)	< 20	≥ 40	Nicht genau, falls Jet nicht holosystolisch oder exzentrisch
Regurgitationsvolumen, ml (PISA)	< 30	≥ 60	Nicht genau, falls Jet nicht holosystolisch oder exzentrisch

EROA = effective regurgitant orifice area; CW = continuous wave; PISA = proximal isovelocity surface area

EROA von 20 mm² als schwer und ist mit einer erhöhten Mortalität assoziiert (6). Im Alltag wird als erstes eine qualitative Beurteilung mit dem Color Doppler Jet gemacht und dann versucht, mit den anderen Methoden die Insuffizienz besser zu quantifizieren. Allerdings ist die Quantifizierung einer Klappeninsuffizienz mittels Echokardiographie immer schwierig; die Unterscheidung mittelschwer versus schwer ist nicht einfach.

Vena contracta und EROA können auch mit der 3-dimensionalen Echokardiographie bestimmt werden. Vermutlich ist die 3-dimensionale Vena contracta die beste Methode, diese wird allerdings im Alltag noch nicht universell verwendet.

Generell ist neben der Analyse des Jets auch die Grösse des linken Ventrikels und linken Vorhofs essentiell, ist doch bei fehlender Vergrößerung des linken Ventrikels und des linken Vorhofs eine schwere chronische Mitralsuffizienz unwahrscheinlich. Das ist einer der zuverlässigsten Parameter für die Praxis.

Stressechokardiographie bei der Mitralsuffizienz

Nicht selten ist für die Schweregradbeurteilung der Mitralsuffizienz eine Stressechokardiographie empfehlenswert, insbesondere zur Abschätzung einer Interventionsbedürftigkeit. Gemäss den Richtlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie ist die dynamische Stressechokardiographie bei der Mitralsuffizienz eine gute Methode für die klinische Beurteilung und Risikostratifizierung (7). Die Stressechokardiographie kann mit dem Fahrrad oder Laufband durchgeführt werden. Der systolische pulmonal-arterielle Druck und die linksventrikuläre Auswurfraction können in Ruhe und während/nach der Belastung gemessen werden. Als Grenzwerte für Interventionen gelten ein Anstieg der EROA von mind. 10 mm² (primäre MI) oder 13 mm² (sekundäre MI), eine Zunahme des Regurgitationsvolumen von mindestens 15 ml, ein

systolischer pulmonal-arterieller Druck von mind. 60 mmHg, ein Anstieg der EF von <4%, ein fehlender Anstieg des linksventrikulären longitudinalen Strains (7). Beispielsweise gilt ein systolischer pulmonal-arterieller Druck von >60 mmHg als Klasse IIB, Evidenz C Indikation für eine Mitralklappenoperation beim asymptomatischen Patienten mit schwerer Mitralsuffizienz (8). Gerade bei der ischämischen Mitralsuffizienz ist die physikalische Stressechokardiographie sehr hilfreich in der Entscheidungsfindung hinsichtlich weiterem Vorgehen (beispielsweise bei unklarer Dyspnoe und zur Risikostratifizierung) und wird bisher zu wenig verwendet.

Echokardiographie versus Magnetresonanztomographie

Zunehmend wird vor allem bei unklaren Fällen die kardiale Magnetresonanztomographie empfohlen (cMRI). Mit dem cMRI können die Mitralsegel deutlich weniger gut als mit der Echokardiographie dargestellt werden, hingegen ist eine Quantifizierung der Mitralsuffizienz theoretisch möglich. Im Vergleich zur 2-dimensionalen Echokardiographie ist beim cMRI die Inter- und Intraobservervariabilität bei der Quantifizierung der Mitralsuffizienz in ersten Publikationen sogar kleiner (9). Dieser Nachteil wird durch die 3-dimensionale Echokardiographie minimiert. Im Alltag spielt das cMRI für die Beurteilung der Mitralklappe und der Mitralsuffizienz noch keine relevante Rolle.

Mitralklappe vor und nach der Mitralklappen-Chirurgie oder einem MitraClip

Zur Festsetzung des optimalen therapeutischen Procedere bei interventionsbedürftiger Mitralsuffizienz (chirurgische Rekonstruktion/Klappenersatz versus kathetertechnisch interventionelle MitraClip-Behandlung) ist die genaue Beurteilung der Mitralklappenmorphologie essentiell. Als Indikationen für eine Mitralklappenoperation gelten Patienten mit einer akuten oder chronischen schweren Mitralsuffizienz mit Symptomen, dann asymptomatische Patienten mit einer chronischen Mitralsuffizienz mit einer leichten bis mittelschweren Einschränkung der linksventrikulären Funktion (Auswurfraction 30–60%) und/oder endsystolischer Durchmesser von mindestens 40 mm. Zunehmend gelten asymptotische Patienten mit einer schweren Mitralsuffizienz auch als Operationskandidaten, falls die Chance einer Mitralklappenrekonstruktion über 90% beträgt und/oder neu Vorhofflimmern, eine pulmonale Hypertonie von mind. 50 mmHg in Ruhe oder >60 mmHg nach Belastung auftreten (10).

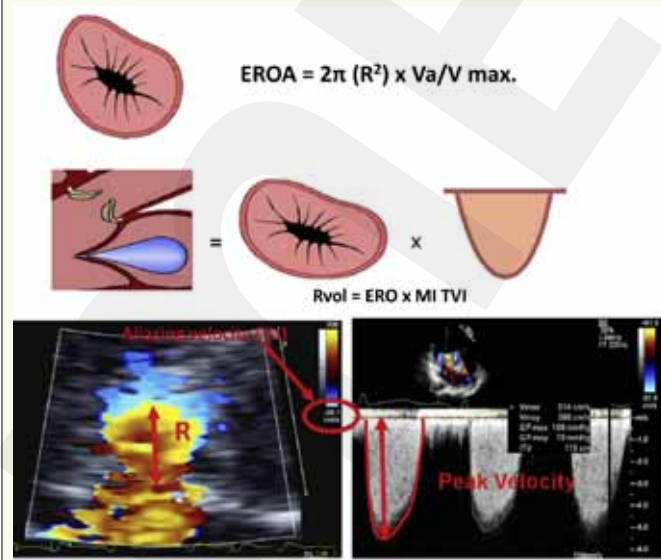
Wichtig ist die Erfassung der Klappenöffnungsfläche, der Verkalkung, der Klappengrösse, etc.

3-dimensionale Echokardiographie

Die 3-dimensionale Echokardiographie ist heute unentbehrlich in der präoperativen Beurteilung der Mitralklappe (11) und ist vor allem in der transoesophagealen Echokardiographie im Alltag unerlässlich. Sie ist gemäss Studien der 2-dimensionalen Echokardiographie in der Beurteilung der Mitralklappe deutlich überlegen. Insbesondere beim Mitralklappenprolaps hilft die 3-dimensionale Echokardiographie, den genauen Ort vom maximalen Prolaps zu lokalisieren, oder einen Cleft zu erkennen (12). Zwei Beispiele von einer 3-dimensionalen Echokardiographie der Mitralklappe sind in Abbildungen 5 und 6 dargestellt. In Abbildung 6 ist ein Beispiel vor und nach MitraClip abgebildet: speziell bei herzchirurgischen

ABB. 4 EROA (effective regurgitation orifice area)

Die EROA ist die Fläche des effektiven Regurgitationsvolumens (Rvol). Je grösser diese Fläche, desto schwerer ist die Mitralsuffizienz. Dazu wird der Radius R des konvergierenden Mitralsuffizienzjets gemessen und die maximale Geschwindigkeit des Insuffizienzjets (V_a = aliasing Velocity; V_{max} = maximale Geschwindigkeit des Regurgitationsjets) und dessen Kontur. Wenn die EROA mindestens 40 mm² beträgt, bzw. das Regurgitationsvolumen mehr als 60 ml, ist die Mitralsuffizienz schwer.



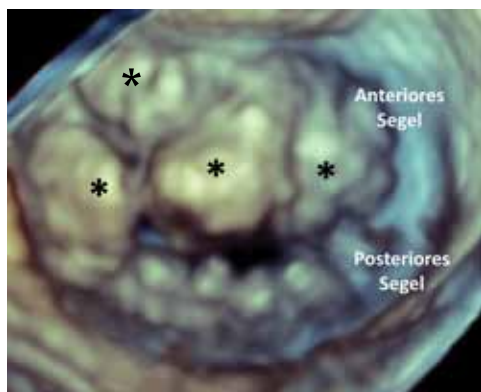


Abb. 5: Myxomatös veränderte Mitralklappe mit dem grösseren deutlich veränderten anterioren und dem kleineren nur leicht verdickten posterioren Segel bei der transoesophagealen 3-dimensionalen Echokardiographie. Die * zeigen die prolabierenden 3 Segmente des anterioren Mitralsegels sowie des Segmentes der anterolateralen Kommissur.

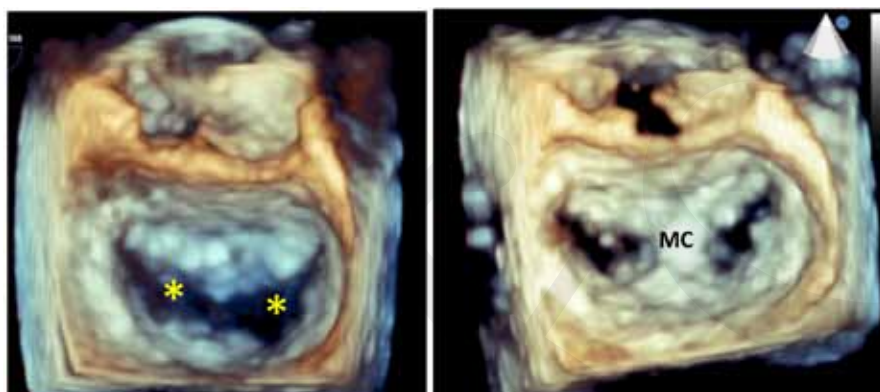


Abb. 6: Diese Abbildung zeigt die Mitralklappe mit der 3-dimensionalen Echokardiographie vor und nach Einlage eines sogenannten Mitralclips. Links sieht man die Mitralklappe geöffnet in der Diastole, die Oefnung ist mit den * markiert. Nach Einlage eines Mitralclips (MC; rechtes Bild) ist die Mitralklappenöffnungsfläche kleiner und „halbiert“.

Hochrisikopatienten steht diese kathetertechnische Mitralklappenrekonstruktion zur Verfügung (ohne Thorakotomie). Annulusgrösse, Höhe der Segel und Klappenöffnungsfläche können ebenfalls gut beurteilt werden.

Herzkatheteruntersuchung bei der Mitralsuffizienz

Gelegentlich hilft die Beurteilung des Resultates der Links- und Rechts-Herzkatheteruntersuchung bei der Schweregradbeurteilung der Mitralsuffizienz: beim Fehlen einer V-Welle und fehlendem Anstieg des pulmonal-arteriellen systolischen Drucks trotz „Hand-Grip“ ist eine relevante Mitralsuffizienz unwahrscheinlich.

Prof. Dr. med. Christine H. Attenhofer Jost

HerzGefässZentrum Zürich, Klinik Im Park
Seestrasse 220, 8027 Zürich
ch.attenhofer@attglobal.net

Dr. med. Patric Biaggi

PD Dr. med. Pascal Berdat

Prof. Dr. med. Barbara Naegeli

HerzGefässZentrum Zürich, Klinik Im Park Zürich,
und Herzklinik Hirslanden, Zürich

Literatur:

1. Bonow RO, Carabello BA, Chatterjee K, de Leon AC, Jr., Faxon DP, Freed MD, et al. 2008 focused update incorporated into the ACC/AHA 2006 guidelines for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to revise the 1998 guidelines for the management of patients with valvular heart disease). Endorsed by the Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52(13):e1-142
2. Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T, et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012;13(1):1-46
3. Biaggi P, Gruner C, Jedrzkiewicz S, Karski J, Meineri M, Vegas A, et al. Assessment of mitral valve prolapse by 3D TEE angled views are key. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2011;4(1):94-7
4. Messika-Zeitoun D, Topolsky Y, Enriquez-Sarano M. The role of echocardiography in the management of patients with myxomatous disease. *Cardiol Clin.* 2013;31(2):217-29
5. Adams DH, Rosenhek R, Falk V. Degenerative mitral valve regurgitation: best practice revolution. *Eur Heart J.* 2010;31(16):1958-66
6. Lancellotti P, Moura L, Pierard LA, Agricola E, Popescu BA, Tribouilloy C, et al. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment

Take-Home Message

- ◆ Die Echokardiographie bleibt dank den vielen Fortschritten der letzten Jahre die Methode der Wahl zur Beurteilung der Mitralsuffizienz, dennoch ist diese Beurteilung aber immer noch äusserst komplex
- ◆ Die Echokardiographie erlaubt häufig die Bestimmung der genauen Ursache der Mitralsuffizienz und die Unterscheidung einer primären von einer sekundären Mitralsuffizienz
- ◆ Die Aetiologie der Mitralsuffizienz zu erkennen ist relativ einfach; auch die Unterscheidung einer leichten von einer sehr schweren Mitralsuffizienz ist möglich
- ◆ Die genaue Quantifizierung einer Mitralsuffizienz ist aber schwierig. Die 3-D Echokardiographie, die dynamische Stressechokardiographie, ein kardiales MRI und die Herzkatheteruntersuchung können bei unklaren Fällen entscheidend weiterhelfen
- ◆ Eine minimale Mitralsuffizienz ist nicht kontrollbedürftig. Je schwerer die Mitralsuffizienz aber ist, desto häufiger sind Kontrollen indiziert, um den idealen Zeitpunkt einer Mitralklappenoperation oder !intervention nicht zu verpassen
- ◆ Heutzutage werden bereits asymptomatische Patienten mit schwerer Mitralsuffizienz zunehmend häufiger operiert, bei nachweislich besseren Ergebnissen im Vergleich zu Spätstadien

of valvular regurgitation. Part 2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease). *Eur J Echocardiogr.* 2010;11(4):307-32

7. Magne J, Lancellotti P, Pierard LA. Stress echocardiography and mitral valvular heart disease. *Cardiol Clin.* 2013;31(2):311-21
8. Vahanian A, Alfiery O. Guidelines on valvular heart disease in clinical practice. *Eur Intervent.* 2013;9 Suppl:S11-3
9. Cawley PJ, Hamilton-Craig C, Owens DS, Krieger EV, Strugnell WE, Mitsumori L, et al. Prospective comparison of valve regurgitation quantitation by cardiac magnetic resonance imaging and transthoracic echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2013;6(1):48-57
10. Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of C, European Association for Cardio-Thoracic S, Vahanian A, Alfiery O, Andreotti F, Antunes MJ, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur Heart J.* 2012;33(19):2451-96
11. Salcedo EE, Quaipe RA, Seres T, Carroll JD. A framework for systematic characterization of the mitral valve by real-time three-dimensional transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22(10):1087-99
12. Tsang W, Freed BH, Lang RM. The role of 3-dimensional echocardiography in the diagnosis and management of mitral valve disease: myxomatous valve disease. *Cardiol Clin.* 2013;31(2):203-15