

# Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislaferkrankungen

## Die Trikuspidalklappe / Tricuspid valve

Spinka G, Kastl S, Dannenberg V

Bartko P

*Journal für Kardiologie - Austrian*

*Journal of Cardiology 2024; 31*

(5-6)

*Journal für Kardiologie - Austrian*

*Journal of Cardiology 2024; 31*

(9-10), 234-240

Homepage:

[www.kup.at/kardiologie](http://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.

# Die Trikuspidalklappe

G. Spinka, S. Kastl, V. Dannenberg, P. Bartko

**Kurzfassung:** Die Trikuspidalklappe hat vor allem in den vergangenen Jahren aufgrund der hohen Mortalität und Morbidität der häufig vorkommenden Trikuspidalinsuffizienz sowie durch die Fortschritte von kathetergestützten Therapien an Bedeutung gewonnen.

Die führende Ursache liegt sowohl in der isolierten Dilatation des Trikuspidalrings, als auch in Kombination mit der Versetzung der Papillarmuskeln durch Rechtsventrikeldilatation.

Anatomisch besteht die Trikuspidalklappe aus 3 Segeln (anterior, posterior, septal), jedoch haben Pathologiestudien bereits früh gezeigt, dass bei gesunden Menschen eine variable Anzahl an Trikuspidalsegeln und Segelkonstellationen existiert. Erst kürzlich wurden hierfür 4 Hauptklassen an Segelmorphologien definiert.

Die Kategorisierung der Trikuspidalinsuffizienz (TI) erfolgt zunächst anhand der Klappenmorphologie: Hier wird hauptsächlich zwischen primär/organischer TI und sekundärer/funktioneller TI unterschieden. Bei ersterer finden sich pathologische Veränderungen der Klappe selbst (Prolaps, Flail, Trauma, Endokarditis, Karzinoid, rheumatisch) bei letzterer bedingt eine atriale oder ventrikuläre Dilatation eine unzureichende Segelkoaptation. Eine weitere ätiologische Klassifikation, nämlich die der Sonden-assoziierten Trikuspidalinsuffizienz, erscheint pathologisch sinnvoll und wird derzeit erarbeitet.

Zur Beurteilung des Schweregrads der Trikuspidalinsuffizienz wurde, auch im Kontext von kathetergestützten Therapieverfahren, erst kürzlich eine neuere Klassifizierung mit 5 Schweregraden vorgeschlagen, welche anhand von effektiver Regurgitationsöffnungsfläche, Regurgitationsvolumen sowie Surrogatparametern (PISA-Radius, Vena contracta) eingeteilt wird. Die Schweregrade sind in aufsteigender Reihenfolge als leicht-, mittel-, hochgradig, sowie massiv und torrential angegeben.

Die medikamentöse Therapie der Trikuspidalinsuffizienz besteht aus Diuretika und leitliniengerechter Herzinsuffizienztherapie. Bei Patienten, die sich einem chirurgischen Eingriff am linken Herzen unterziehen, wird die Trikuspidalklappe großzügig mitoperiert, da hierdurch kein wesentlicher Mortalitätsanstieg entsteht und der rechte Ventrikel vor Remodelling geschützt wird. Sollten Patienten trotz medikamentöser Therapie symptomatisch bleiben, kann auch eine isolierte Trikuspidalklappenreparatur indiziert sein. Ist hierbei bereits eine eingeschränkte Rechtsventrikelfunktion vorhanden, sollten kathetergestützte Therapien erwogen werden. Diese erfahren in den letzten Jahren einen deutlichen Aufschwung in der Behandlung der Trikuspidalinsuffizienz und werden derzeit in randomisierten Studien erprobt.

**Schlüsselwörter:** Klappenerkrankung, Trikuspidalklappe, Trikuspidalinsuffizienz

**Abstract: The tricuspid valve.** In recent years, the tricuspid valve has gained importance due to the high mortality and morbidity of frequently occurring tricuspid regurgitation as well as the advances in catheter-based therapies.

The leading cause of tricuspid regurgitation lies in both the isolated dilation of the tricuspid annulus and in the combination with displacement of the papillary muscles due to right ventricular dilation.

Anatomically, the tricuspid valve consists of 3 leaflets (anterior, posterior, and septal). However, pathology studies have shown a wide variability of tricuspid leaflet configurations, thereby prompting a recent reclassification of tricuspid leaflet morphologies into 4 main categories.

The classification of tricuspid regurgitation is initially based on the valve morphology and mainly distinguishes primary or organic TR from secondary

or functional TR. Primary TR issues from pathological changes of the valve itself (prolapse, flail, trauma, endocarditis, carcinoid, rheumatic), while in secondary TR, atrial or ventricular dilation results in inadequate leaflet coaptation. Device-related tricuspid regurgitation used to be classified as primary TR. However, it recently emerges as a distinct entity of tricuspid regurgitation, which seems reasonable considering the pathophysiologic differences compared to primary and secondary TR.

In order to assess the severity of tricuspid regurgitation, a new grading system including a classification into five grades has recently been proposed. It includes the assessment of the effective regurgitant orifice area, regurgitant volume, as well as surrogate parameters (PISA radius, vena contracta). The severity grades are indicated in ascending order as mild, moderate, severe, massive, and torrential.

Medical therapy for tricuspid regurgitation consists of diuretics and guideline-directed heart failure therapy. In patients undergoing surgical intervention of the left heart, the tricuspid valve is often concomitantly repaired as this does not result in a significant increase in mortality and protects the right ventricle from post operative adverse remodelling. Should patients remain symptomatic despite medical therapy, isolated tricuspid valve repair may also be indicated. However, if ventricular function is already impaired, catheter-based therapies should be considered over surgery, as isolated tricuspid valve repair has shown high mortality rates. The above-mentioned catheter-based valve repair therapies such as transcatheter edge-to-edge repair (TEER) have therefore experienced a significant upswing in the treatment of tricuspid regurgitation in recent years and are currently being studied in randomized trials. **J Kardiologie 2024; 31 (9–10): 234–40.**

**Key words:** valvular disease, tricuspid valve, tricuspid regurgitation

## ■ Einleitung

Die Trikuspidalklappe hat in den vergangenen Jahren verstärkt das Interesse der medizinischen Forschung auf sich gezogen. Insbesondere die hohe Morbidität und Mortalität von Patienten mit Trikuspidalinsuffizienz sowie die Fortschritte bei kathetergestützten Sanierungsverfahren haben zu dieser Fokussierung beigetragen. Die komplexe Anatomie und anspruchsvolle Bildgebung der Trikuspidalklappe stellen dabei jedoch weiterhin bedeutende Herausforderungen dar.

Die führende Ursache für die Trikuspidalinsuffizienz (TI) liegt in der sekundären oder „funktionellen“ Insuffizienz, welche eine bedeutende Patientenpopulation mit begrenzten Behandlungsoptionen kennzeichnet [1, 2]. Obwohl für die sekundäre TI oft eine Kombination aus mehreren Mechanismen ursächlich ist, können sowohl die isolierte Dilatation des Trikuspidalrings/Annulus, als auch eine isolierte Verschiebung der Papillarmuskeln bei Rechtsventrikeldilatation erhebliche Insuffizienzen verursachen [2].

Dreidimensionale echokardiographische Untersuchungen bestätigen die Rolle der Dilatation des rechten Vorhofs und des rechten Ventrikels sowie der Restriktion der Trikuspidalklappe bei Patienten mit TI [2]. Diese Zusammenfassung beleuchtet die echokardiographischen Aspekte in Zusammenhang mit der komplexen Beziehung zwischen dem rechten Herzen und

Eingelangt und angenommen am 01.03.2024

Aus der Klinischen Abteilung für Kardiologie, Universitätsklinik für Innere Medizin II, Wien

**Korrespondenzadresse:** Ap.-Prof. PD Dr. Philipp Bartko, Klinische Abteilung für Kardiologie, Universitätsklinik für Innere Medizin II, A-1090 Wien, Währinger Gürtel 18–20;

E-Mail: philippemanuel.bartko@meduniwien.ac.at

der Trikuspidalklappe sowie unser aktuelles Verständnis der funktionellen Anatomie. Gleichzeitig wird die Graduierung der TI im Kontext mit der assoziierten Übersterblichkeit sowie moderner Behandlungsstrategien betrachtet.

### ■ Funktionelle Anatomie der Trikuspidalklappe

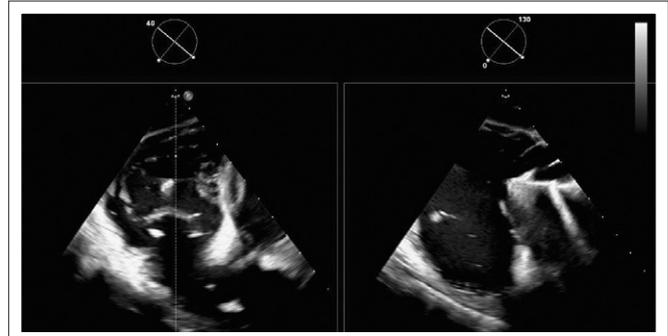
Die Trikuspidalklappe besteht in der Regel aus 3 ungleich großen Klappensegeln (anteriores, posteriores und septales Segel). Da das anteriore und septale Segel normalerweise den größten Teil des Trikuspidalrings abdecken, ist die anteroseptale Kommissur in der Regel die längste [3, 4]. In den meisten Fällen gibt es 2 Papillarmuskeln (anterior, posterior) sowie gelegentlich einen dritten variablen Papillarmuskel. Der anteriore Papillarmuskel ist dabei der größte und versorgt die Chordae der vorderen und hinteren Segel.

Pathologiestudien haben schon seit langer Zeit gezeigt, dass es bei gesunden Menschen eine variable Anzahl von Klappensegeln gibt. Kürzlich wurde eine vereinfachte Nomenklatur vorgeschlagen, die vor allem für die präprozedurale Planung und Durchführung von kathetergestützten Klappenrekonstruktionen von Bedeutung sein könnte [4]. Aufgrund der Nähe der Trikuspidalklappe zur vorderen Brustwand und zum Zwerchfell kann die Morphologie entweder mit modifizierten Schnitten in der transthorakalen Echokardiographie (TTE), mit dem transgastrischen Kurzachsenschnitt in der transösophagealen Echokardiographie (TEE) oder mit einem 3D-Volumen-gerenderten Äquivalent aus beiden Modalitäten dargestellt werden (Abb. 1).

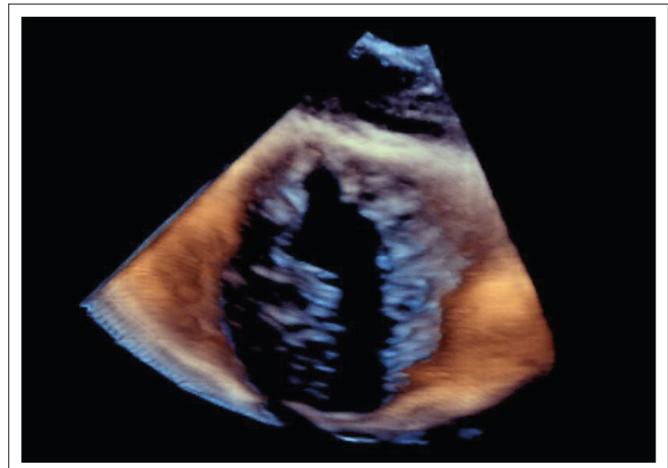
Es wurden 4 Hauptklassen von Segelmorphologien identifiziert, darunter:

- Typ I mit der klassischen Morphologie von 3 Segeln (anteriores, septales und posteriores Segel), die bei etwa 54 % der Patienten zu beobachten ist, die sich einer kathetergestützten Klappenrekonstruktion unterziehen,

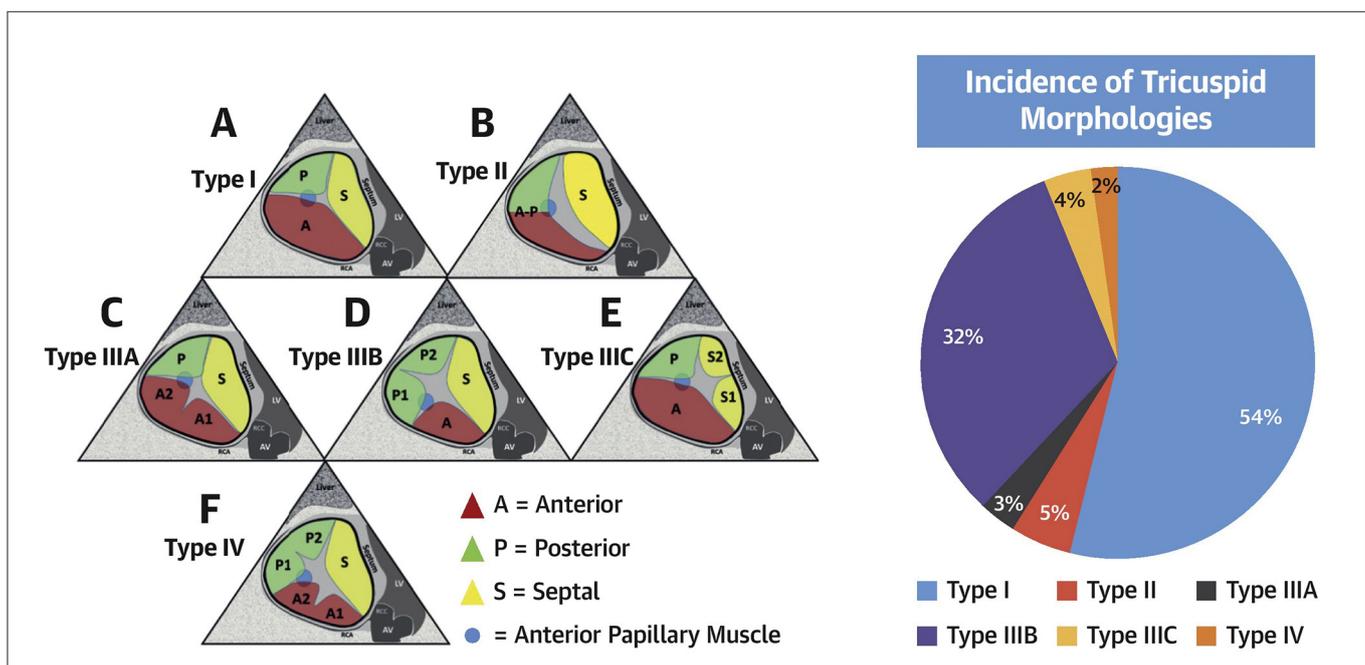
- Typ II mit der Morphologie von 2 Segeln (anteriores und posteriores Segel verschmolzen) (Abb. 2),
- Typ III mit der Konfiguration von 4 Segeln und Unterkategorien, die auf der Lage des vierten Segels basieren und
- Typ IV mit mehr als 4 Segeln (Abb. 3) [4].



**Abbildung 1:** Transgastrischer Schnitt zur strukturellen Evaluierung und Guiding bezüglich kathetergestützter Trikuspidalklappen-Therapien.



**Abbildung 2:** Beispiel einer Trikuspidalklappenmorphologie mit 2 Segeln (anteriores und posteriores Segel verschmolzen; Typ II).



**Abbildung 3:** Nomenklatur und Variabilität der Segelanatomie der Trikuspidalklappe im spezifischen Kontext der kathetergestützten Trikuspidalklappen-Therapien. Aus [4]. Open access. CC BY-NC-ND 4.0-Lizenz.

**Tabelle 1:** Vorschlag für eine neue integrative Klassifizierung der Trikuspidalinsuffizienz. Mod. nach [6]. Nachdruck mit Genehmigung der Europa Group.

	Strukturelle Merkmale des Klappenapparates	Pathophysiologie	Ätiologie	Bildgebungsmerkmale
<b>Sekundär (funktionell)</b>				
Atrial	Normal	Deutliche Dilatation des rechten Vorhofs, oft isolierte annuläre Dilatation; rechter Ventrikel oft noch normal	Vorhofflimmern, Vorhofflatern, Alter, HFpEF	Trikuspidalklappen-Annulusdilatation ist der dominante Mechanismus, Segelzug und -verlagerung nach ventrikulär gar nicht bis kaum vorhanden, normale Beweglichkeit der Segel, stark vergrößerter rechter Vorhof, keine wesentliche RV-Vergrößerung, Papillarmuskelverlagerung (außer bei Spätstadien)
Ventrikulär	Normal	Dilatation und oder Dysfunktion des rechten Ventrikels, mit Zug an den Klappen-segeln und typischem Tenting, Annulusdilatation	Linksseitige ventrikuläre oder Klappenerkrankungen, pulmonale Hypertonie, RV-Kardiomyopathie und Dilatation, RV-Infarkt	Verlagerung der Segel nach ventrikulär („tethering“, „tenting“) ist der dominante Mechanismus, systolische Segelbewegung ist eingeschränkt, Dilatation von rechtem Ventrikel, rechtem Vorhof und Trikuspidalklappen-Annulus
Sonden-assoziiert	Normal abnormal	Segel-Impingement, Segel und/oder chordale Interaktion, chordale Ruptur, Segelperforation	Transvalvuläre Schrittmacher-, CRT- und ICD-Sonden, Sondenextraktionen	Strukturelle Abnormalitäten können, aber müssen nicht vorhanden sein, Segel-Beweglichkeit ist variabel, von Restriktion bis normaler Beweglichkeit alles möglich, Dilatierter RV-RA und Trikuspidalklappen-Annulus
<b>Primär (organisch)</b>	Abnormal	Koaptationsdefekt durch intrinsisches Klappenproblem, restriktive oder exzessive Segelbeweglichkeit oder Segelperforation	Kongenitale Herzerkrankungen, Endokarditis, myxomatöse Degeneration, Segelredundanz, traumatisch, nach Biopsie, Karzinoid, rheumatisch, nach Radiotherapie	Strukturelle Abnormalitäten des Trikuspidalklappenapparates, Segel-Beweglichkeit ist variabel, von Restriktion bis normaler Beweglichkeit alles möglich, dilatierter RV-RA und Trikuspidalklappen-Annulus

Die Struktur und Funktion der Herzklappen können zur Kategorisierung der TI verwendet werden. Drei strukturelle und funktionelle Merkmale helfen dabei, die wichtigsten Phänotypen zu klassifizieren:

1. pathologische Veränderungen der Segel, die zu Segeldefekten oder Fehlkoaptation führen – die primäre oder organische TI [5],
2. unzureichende Segelkoaptation aufgrund eines dilatierten Trikuspidalrings – die atriale sekundäre TI,
3. unzureichende Segelkoaptation im Rahmen einer apikalen Verschiebung der Papillarmuskeln mit konsekutiver Restriktion der Klappensegel – die ventrikuläre sekundäre TI.

Zu den Ursachen der primären TI gehören degenerative Erkrankungen (z. B. Prolaps), Trauma, Endokarditis, Karzinoid und rheumatische Erkrankungen.

Die sekundäre atriale TI ist mit einer ausgeprägten Vorhof- und damit Ringdilatation verbunden, typischerweise mit weniger Restriktion der Trikuspidalsegel und häufig noch normaler rechtsventrikulärer Form und Funktion [2].

Obwohl jene TIs, bei deren Pathogenese transvalvuläre Sonden beteiligt sind, traditionell als primäre TIs kategorisiert werden,

sind sie tatsächlich sekundär als Komplikation von Schrittmacherimplantationen zu betrachten.

Somit wurde eine neue ätiologische Klassifikation erarbeitet und vorgeschlagen, welche zwar noch nicht gänzlich etabliert ist aber aus pathophysiologischer Sicht sowie auch entsprechend der morphologischen Eigenschaften und der Behandlungsstrategien sehr sinnvoll erscheint [6]. Ein Vorschlag für eine neue integrative Klassifizierung der Trikuspidalinsuffizienz ist in Tabelle 1 dargestellt.

In der transthorakalen Echokardiographie (TTE) sollte der Durchmesser des Trikuspidalannulus (TA) am Ende der Diastole in der apikalen Vierkammeransicht gemessen werden. Die TA-Dilatation wird definiert als ein TA-Durchmesser  $\geq 40$  mm oder  $> 21$  mm/m<sup>2</sup> [7]. Die Abmessungen und die Form des TA ändern sich während des Herzzyklus erheblich. Die Messung des Annulus am Ende der Diastole bleibt umstritten [8], da die Insuffizienz meistens mitt-systolisch quantifiziert wird und die beiden Messungen somit im Bezug auf den Herzzyklus entkoppelt sind. Der TA ist kein stabiler Bindegewebsring, sondern nur undeutlich und unvollständig vom umliegenden Gewebe abgrenzbar, insbesondere in dem Segment, das der freien rechten Ventrikelwand entspricht. Diese Prädilektionsstelle er-

**Tabelle 2:** Qualitative, semiquantitative und quantitative Definitionen der TI nach 5 Schweregraden. © P. Bartko

	Leicht	Mäßig	Schwer	Massiv	Torrential
<b>Qualitativ</b>					
Color-Doppler des TI -Jet	Klein, zentral	Intermediär	Groß, zentral oder exzentrisch, bis zur Vorhofwand reichend		
CW-Dopplersignal	Parabolisch, schwach	Parabolisch, stark	Triangulär, stark	Spitzenfluss < 2 m/s	–
<b>Semiquantitativ</b>					
VC-Breite (mm)	< 3	3–6,9	7–13,9	14–20	≥ 21
PISA-Radius (mm)	≤ 5	6–9	> 9	–	–
<b>Quantitativ</b>					
EROA-PISA (mm <sup>2</sup> )	< 20	20–39	40–59	60–79	≥ 80
EROA-Doppler (mm <sup>2</sup> )	–	–	75–94	95–114	≥ 115
R-Vol-PISA (ml)	< 30	30–44	45–59	60–74	≥ 75

klärt auch die häufige Dilatation in diesen Regionen, während septale Segmente weniger anfällig zu sein scheinen. Der TA ist oval, wird jedoch mit der Dilatation des rechten Ventrikels kreisförmiger und planarer.

Während des Herzzyklus zeigt sich der TA hochdynamisch und verändert sich in Form und Größe. Die Interaktion zwischen den Dimensionen, der Segelklappen-Koaptation und dem Schweregrad der TI trägt zum Verständnis der Läsion und somit zur Patientenprognose bei.

## ■ Klassifizierung der TI

Seit vielen Jahren wird die sekundäre TI als eine eigenständige Entität betrachtet, die hauptsächlich durch atriale, ventrikuläre und hämodynamische Veränderungen verursacht wird. Die verschiedenen zugrundeliegenden, mitunter kombinierten Mechanismen, sowie unterschiedliche Ergebnisse von Trikuspidalklappen-Sanierungen haben dazu geführt, dass verschiedene Gruppen sekundärer TIs mit unterschiedlicher Pathophysiologie und charakteristischen Bildgebungsmerkmalen definiert werden mussten. Diese Gruppen unterscheiden sich nicht nur in der Beweglichkeit der Trikuspidalklappen-Segel und der Art der Koaptation, sondern weisen auch unterschiedliche Grade an strukturellen und funktionellen Veränderungen auf.

Aktuelle Studien haben gezeigt, dass sich eine sekundäre TI nicht nur als Folge eines Remodellings des rechten Ventrikels entwickelt, sondern auch durch eine Ringdilatation aufgrund einer atrialen Dilatation und Dysfunktion verursacht werden kann, ohne dass eine Anomalie des rechten Ventrikels, pulmonale Hypertonie oder Linksherzerkrankung vorliegt [9]. Diese Form der sekundären TI, die früher als isolierte oder idiopathische TI bezeichnet wurde, wird heute allgemein als atriale sekundäre TI anerkannt und in neueren Leitlinien als eigenständige Entität mit einer grundlegend anderen Pathophysiologie, im Vergleich zur traditionellen Form der sekundären TI bei Remodelling des rechten Ventrikels, betrachtet.

Bei der atrialen sekundären TI handelt es sich um eine Ausschlussdiagnose, die durch das Fehlen jeglicher Anomalien der Herzklappen, einer Dysfunktion des rechten Ventrikels, einer linksseitigen Klappenerkrankung oder pulmonalen Hypertonie definiert ist [10]. Morphologisch zeigt die sekundäre atriale

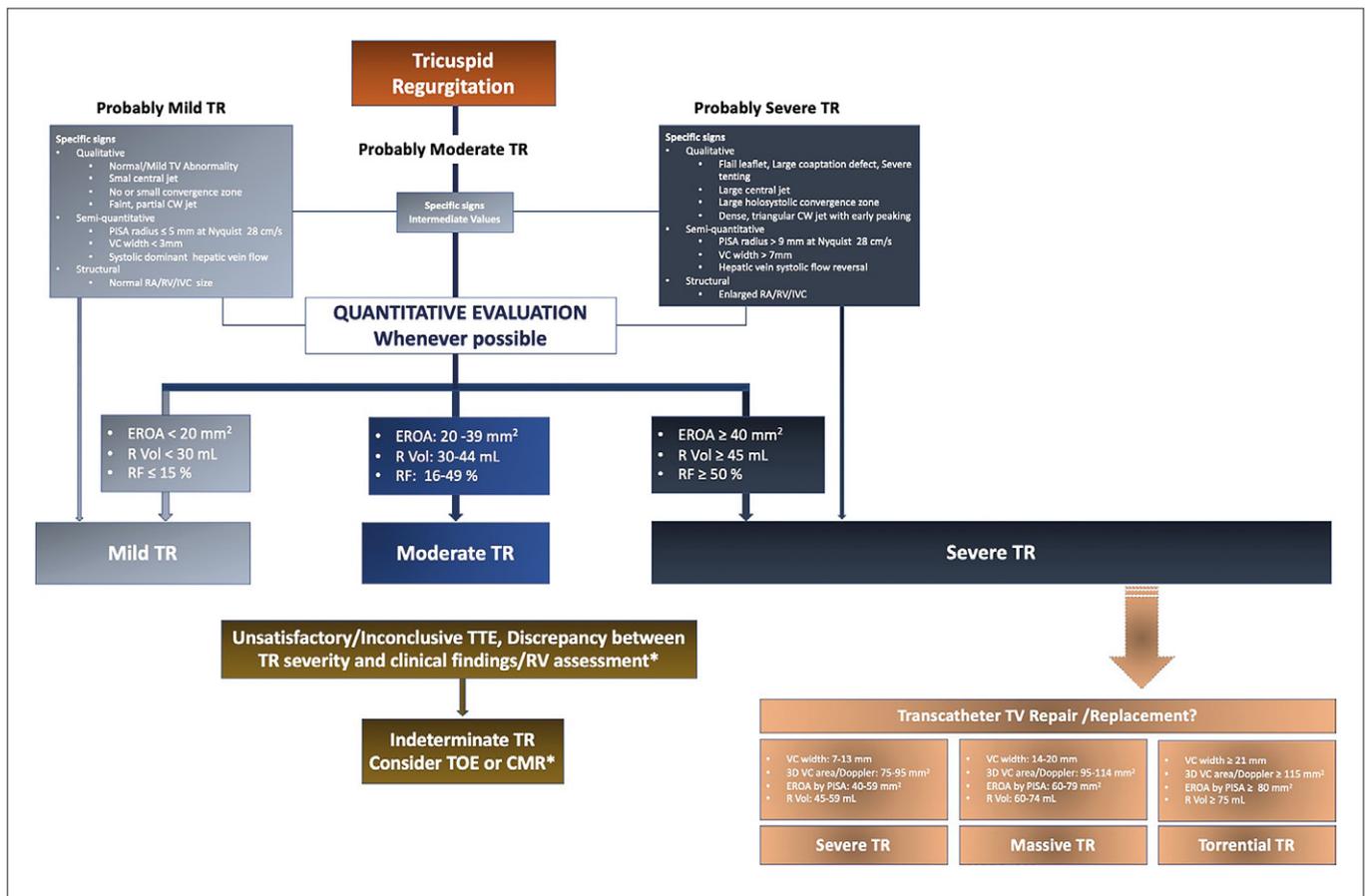
TI eine ausgeprägtere annuläre Dilatation, teils mit basaler ventrikulärer Dilatation.

Die neue Klassifizierung der sekundären TI, bei der die atriale von der ventrikulären Form unterschieden wird, hat prognostische und therapeutische Auswirkungen. Bei der sekundären atrialen TI kommt es aufgrund des raschen Fortschreitens des Schweregrads häufig zu einer sekundären Dilatation und/oder Dysfunktion des rechten Ventrikels. Die Kontrolle des Herzrhythmus kann hier dazu beitragen, die atriale sekundäre TI durch ein „Reverse Remodelling“ zu verringern [8].

## ■ Bewertung des Schweregrads der TI im Kontext neuer Konzepte und Behandlungsstrategien

Die Bewertung des Schweregrads der TI basiert auf einer umfassenden Untersuchung der anatomischen und funktionellen Grundlagen sowie einer Integration von Anatomie und multiparametrischer Evaluierung, welche auch die Quantifizierung des Regurgitations-Volumens und deren Surrogate miteinbezieht. Die Einschätzung des Schweregrads erfolgt mittels transthorakaler Echokardiographie unter Anwendung qualitativer, semiquantitativer und quantitativer Methoden (Abb. 4). Prinzipiell wird die Einteilung in 3 Schweregrade empfohlen (leichtgradig, mittelgradig, hochgradig) [8]. Im Kontext interventioneller Trikuspidalklappen-Therapien wurden kürzlich 2 weitere Schweregrade im hochgradigen Spektrum hinzugefügt (massiv und torrential) [11] (Abb. 4, Tab. 2). Der Farbdoppler-Jet sollte lediglich zur Diagnose der TI verwendet werden, jedoch nicht zu ihrer Quantifizierung. Ein integrativer Algorithmus zur Quantifizierung der TI ist nach dem aktuellen Positionspapier der EACVI [11] in Abbildung 4 zu finden. Die nach Schweregrad eingeteilten qualitativen, semiquantitativen und quantitativen Merkmale sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Sobald farbdopplersonographisch ein mehr als kleiner zentraler Jet beobachtet wird, sollte – neben strukturellen und qualitativen Merkmalen – eine semiquantitative Evaluierung mittels Messung der Vena contracta und des PISA-Radius durchgeführt werden. Hier hat auch der Lebervenenfluss eine entscheidende Bedeutung. Vor allem bei intermediären Messungen (PISA-Radius 6–9 mm bei einem Nyquist-Limit von



**Abbildung 4:** Integrative multiparametrische Evaluierung der Trikuspidalklappeninsuffizienz nach dem Positionspapier der EACVI. Erstmals finden die beiden neuen Schweregrade der Trikuspidalinsuffizienz („massiv“ und „torrential“) in einem Positionspapier Erwähnung, mit der Betonung des Kontextes der transkathetergestützten Therapie. Nachdruck aus [11]. Nachdruck mit Genehmigung der Oxford University Press.

28 cm/s und Vena-contracta-Breite 3–7 mm) sollte – wenn möglich – eine genauere Quantifizierung durchgeführt werden (Messung der effektiven Regurgitations-Öffnungsfläche und des Regurgitations-Volumens mittels PISA-Methode bzw. multimodale Bestimmung der Regurgitations-Fraktion).

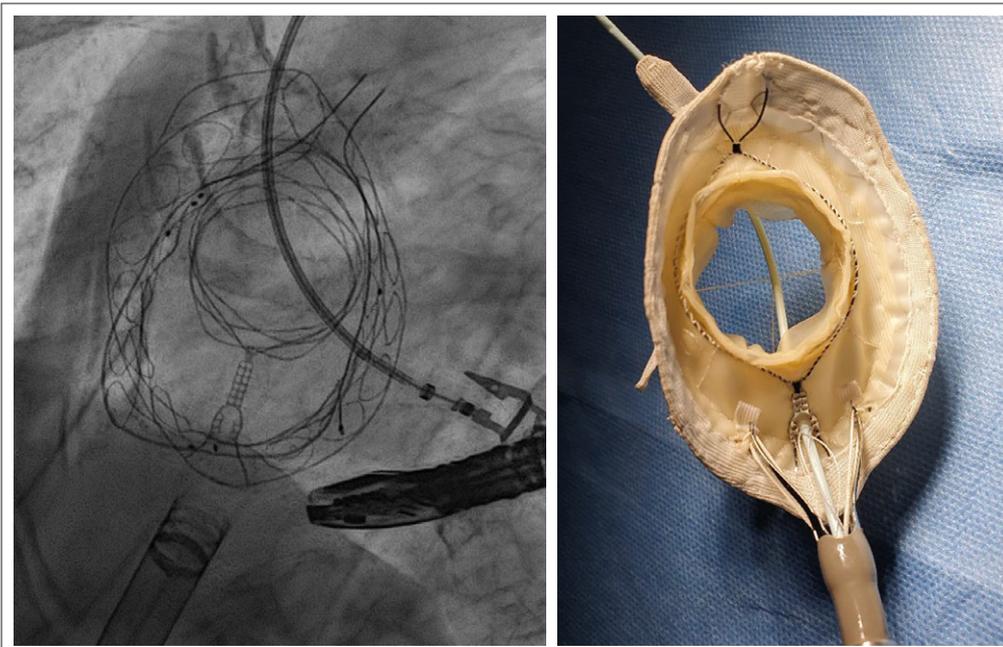
Nicht zu vernachlässigen sind die jeweiligen methodischen Einschränkungen, derer man sich bewusst sein muss, um die Daten adäquat interpretieren und etwaige Fehlmessungen erkennen zu können. Quantitative und semiquantitative Messungen bieten sicherlich den Nachteil, stark untersucherabhängig zu sein, wohingegen quantitative Messungen von Messfehlern und methodischen Einschränkungen betroffen sind. Als Beispiel kann hier die geometrische Annahme der PISA-Methode genannt werden, welche voraussetzt, dass die Regurgitations-Öffnungsfläche kreisrund ist. Um diesbezüglich Fehlerquellen minimieren zu können ist vor allem bei nicht eindeutigen Messwerten eine integrative Beurteilung mit Einbeziehung aller Aspekte und Methoden hinsichtlich eines Therapieerfolges unumgänglich.

### ■ Bewertungsmöglichkeiten der TI

Unabhängig von der gewählten Bildgebungsmethode bildet eine gründliche Untersuchung der anatomischen und funktionellen Grundlagen die Basis für die Beurteilung des Schweregrads der Trikuspidalinsuffizienz. Im Rahmen des strukturierten Ansatzes zur Schweregradbeurteilung wird als erster Schritt eine detaillierte morphologische und funktionel-

le Charakterisierung empfohlen, wie bereits oben ausführlich beschrieben. Im Folgenden werden die neuesten Entwicklungen in der Bewertung und Klassifizierung der TI mit einem Schwerpunkt auf der echokardiographischen Methodologie erläutert.

Die TI wird initial hauptsächlich mittels transthorakaler Echokardiographie beurteilt [2, 12, 13]. Diese Modalität ist weit verbreitet und zugänglich, kostengünstig, sowie mobil einsetzbar. Die Technologie bietet mittlerweile eine hohe räumliche sowie zeitliche Auflösung und wird zur Beurteilung des Schweregrads einer TI herangezogen, liefert bei den meisten Patienten jedoch auch bereits wichtige Hinweise zu Ätiologie und den ursächlichen Mechanismen. Bei Patienten mit signifikanter TI kann die transösophageale Echokardiographie zusätzliche Aspekte zur Ätiologie, zum Mechanismus und zur Erfolgsaussicht der Behandlungsstrategie liefern. Da die TI oft dynamisch ist und ihr Schweregrad je nach Kontext variiert, ist eine umfassende Bewertung erforderlich. In Tabelle 3 werden strukturiert anatomische Voraussetzungen und interventionelle Therapiestrategien in Bezug auf deren Erfolgsaussichten bzw. deren Machbarkeit beschrieben. Hier sind jedoch nicht nur die transthorakale und transösophageale Echokardiographie von entscheidender Bedeutung. Auch andere Bildgebungsmethoden, insbesondere die kardiale Computer-Tomographie, sollten in Bezug auf die geplante Intervention möglichst zeitnah und in einem stabilen Flüssigkeitsstatus (nicht dekompensiert oder massiv flüssigkeitsentzogen) durchgeführt werden. Abbildung 5 zeigt die Premiere einer Katheter-gestützten or-



**Abbildung 5:** Beispiel einer orthotopen kathetergestützten Trikuspidalklappenimplantation (fluoroskopische „Barrell“- oder „En-face-Ansicht“) mit einer Klappe der Firma Vdyne Inc. (rechtes Bild).

thotopen Klappenimplantation, wie sie in Österreich an der Abteilung für Kardiologie der Medizinischen Universität Wien im Dezember 2023 am AKH Wien erstmals stattgefunden hat.

Die Bewertung der TI stützt sich hinsichtlich der Therapie auf qualitative, semiquantitative und quantitative Methoden [11]. Die regelmäßige Messung mehrerer Aspekte wie Vena contracta, effektive Regurgitations-Öffnungsfläche und Regurgitations-Volumen sowie deren kritische Bewertung wird empfohlen, um die Qualität der Ergebnisse zu verbessern. Diese Messungen können den behandelnden Ärzten bei einer präziseren Risikostratifizierung helfen und zusätzliche Informationen für Interventionen liefern [2, 14].

In den letzten Jahren haben 2 Bereiche des TI-Schweregradspektrums besonderes Interesse gefunden, nicht zuletzt bedingt durch die Entwicklung risikoarmer Transkatheter-Reparaturstrategien:

1. Die Übergangszone, in der die Volumensüberlastung der TI die individuelle Kompensationsreserve übersteigt und Herzversagen, kardiovaskuläre Morbidität sowie Mortalität ansteigen [2, 14]. Das adaptive Potenzial wird häufig überschritten, irreversible strukturelle Schäden können durch die Volumenüberlastung entstehen. Eine atriale Ringdilatation beschleunigt oft das Fortschreiten der TI in dieser Gruppe, was für die Planung einer engmaschigen Nachsorge von klinischer Bedeutung ist.
2. Das Ende des TI-Spektrums, das unter dem Oberbegriff „schwer“ zusammengefasst wird, scheint heterogener zu sein als bei der Mitralsuffizienz mit effektiven Regurgitationsöffnungsflächen von bis zu über 80 mm<sup>2</sup>. Zur genaueren Quantifizierung sowie exakteren Risikostratifizierung wurde daher eine Erweiterung der Graduierung vorgeschlagen und die bestehende Skala um die Grade „massiv“ und „torrential“ erweitert [15]. Des Weiteren konnte in Studien ein Zusammenhang mit erhöhter Mortalität der neu

**Tabelle 3:** Anatomische Voraussetzung und zu erwartender Interventionserfolg nach interventioneller Strategie. © P. Bartko

Interventionelle Strategie	Günstige anatomische Voraussetzungen	Komplexe anatomische Voraussetzungen	Ungünstige anatomische Voraussetzungen
TEER	Relativ schmaler septolateraler Koaptationsdefekt $\leq 7$ mm; Anteroseptaler Jet; gut abgrenzbar; Prolaps oder Teilanriss	Septolateraler Koaptationsdefekt 7–8,5 mm; Posteroseptaler Jet; anatomische Varianten abseits einer 3-Segel-Morphologie; transvalvuläre Schrittmachersonde vorhanden, aber nicht ursächlich	Septolaterale Koaptationsdefekte $> 8,5$ mm; rheumatische Klappe/Karzinoid, Perforation; anteroposteriorer Jet; schlechte Visualisierung mittels TEE; elektrodenassoziierte TI
Annuloplastie	Annuläre Dilatation als primärer Mechanismus; maximal leicht ausgeprägtes Tenting/Tethering der Segel ( $< 1,63$ cm <sup>2</sup> ); zentraler Jet; suffiziente Landzone für Annuloplastieanker	Moderat ausgeprägtes Tenting/Tethering der Segel ( $< 2,5$ cm <sup>2</sup> ); transvalvuläre Schrittmachersonde vorhanden, aber nicht ursächlich	Exzessive Annulusdilatation; Exzessiv ausgeprägtes Tenting/Tethering der Segel
Orthotope Klappenimplantation	Vorhergehende Trikuspidalklappenrekonstruktion/Ersatz; Rheumatische Klappe/Karzinoid; Schrittmachersonde vorhanden, aber nicht ursächlich	Großer Koaptationsdefekt, Elektroden „Impingement“	Exzessive Annulusdilatation; ungünstiger VCI-Offset/Device Navigationswinkel; stark reduzierte Rechtsventrikelfunktion
Heterotope Klappenimplantation	Adäquate Größe der Holvenen; keine Option für orthotope Klappe/TEER/Ringannuloplastie		Geringer Abstand des rechten Vorhofs zu den Lebervenen

**Tabelle 4:** TRI-Score und Gewichtung der Scorekomponenten zur Einschätzung der perioperativen Mortalität bei isolierter Trikuspidalklappen-OP. Aus [Dreyfus J, et al. TRI-SCORE: a new risk for in-hospital mortality prediction after isolated tricuspid valve surgery. *Eur Heart J* 2022; 43: 654–62.] Open access. CC-BY-NC-Lizenz.

Risikofaktoren	Punkte
Alter $\geq$ 70 Jahre	1
NYHA 3–4	1
Zeichen der Rechtsherzinsuffizienz	2
Tägliche Furosemid-Dosis $\geq$ 125 mg	2
GFR $<$ 30 ml/min	2
Erhöhtes Bilirubin	2
Reduzierte LVF (EF $<$ 60 %)	1
Mittel- bis höhergradig red. RVF	1
Summe	12

definierten Grade gegenüber einer hochgradigen Trikuspidalinsuffizienz bewiesen werden. Eine durch interventionelle Sanierung erreichte Reduktion solch überbordender TI-Grade kann jedoch positive klinische Auswirkungen zeigen, selbst wenn die postinterventionell zurückbleibende TI echokardiographisch immer noch als hochgradig einzustufen ist. Die Grenzwerte der derzeit etablierten Klassifizierung mit vorgeschlagener Erweiterung sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Eine durch interventionelle Sanierung erreichte Reduktion solch überbordender TI-Grade kann trotz postinterventionell residueller hochgradiger Trikuspidalinsuffizienz eine erhebliche klinische Besserung für die Patienten bedeuten.

## ■ TRI-Score

Der TRI-Score ist ein Risikobewertungsmodell, das auf acht leicht zu ermittelnden Parametern basiert (Tab. 4). Dieses Modell soll Ärzte über das Risiko einer chirurgischen Klappensanierung informieren. Gleichzeitig soll es den klinischen Entscheidungsprozess bei der Anwendung von transkatheterbasierten Therapieansätzen lenken. Obwohl das Risikopunkte-Modell ursprünglich darauf ausgelegt war, die Sterblichkeitsrate im Krankenhaus vorherzusagen, war es auch signifikant

mit schwerwiegenden postoperativen Komplikationen und 1-Jahres-Sterblichkeitsraten verbunden.

## ■ TRILUMINATE Pivotal Trial

TRILUMINATE Pivotal ist die erste randomisierte Studie, welche den interventionellen Therapieerfolg von kathetergestützten Trikuspidalklappenrekonstruktionen hinsichtlich des kombinierten Endpunktes (Mortalität, Notwendigkeit der Trikuspidalklappen-Operation, Herzinsuffizienz-Rehospitalisation und Verbesserung der Lebensqualität) untersuchte. Das Ziel dieser Studie war es, die Sicherheit und Wirksamkeit des TriClip bei symptomatischen Patienten mit schwerer Trikuspidalinsuffizienz zu demonstrieren, die ein mittleres oder höheres geschätztes Risiko für Mortalität oder Morbidität bei chirurgischer Trikuspidalklappensanierung aufwiesen. In dieser randomisierten, kontrollierten Studie wurde TriClip versus medikamentöse Therapie verglichen. Die transvenöse Edge-to-Edge-Reparatur der Trikuspidalklappe war für Patienten mit schwerer Trikuspidalinsuffizienz sicher, reduzierte den Schweregrad der Trikuspidalinsuffizienz und war mit einer Verbesserung der Lebensqualität verbunden. Eine Verbesserung der einzelnen Endpunkte (Mortalität und Rehospitalisierungsrate) konnte in der Studie nicht nachgewiesen werden und wird künftig das Ziel von randomisierten Studien mit spezifischer Patientenselektion werden.

### ■ Take-Home-Botschaften

- Die Trikuspidalklappe ist anatomisch komplex und geht mit beachtlicher interindividueller Variabilität einher.
- Die sekundäre TI ist häufig und kann durch atriale oder ventrikuläre Mechanismen verursacht werden.
- Der Schweregrad der TI ist vielfältig, neue Konzepte in der Bewertung sind insbesondere hinsichtlich neuer Therapiestrategien relevant.
- Interventionelle Verfahren entwickeln sich als vielversprechende Optionen für die Trikuspidalklappenreparatur.

## ■ Interessenkonflikt

Keiner.

## Literatur:

- Topilsky Y, Maltais S, Medina Inojosa J, et al. Burden of tricuspid regurgitation in patients diagnosed in the community setting. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019; 12: 433–42.
- Bartko PE, Hulsmann M, Hung J, et al. Secondary valve regurgitation in patients with heart failure with preserved ejection fraction, heart failure with mid-range ejection fraction, and heart failure with reduced ejection fraction. *Eur Heart J* 2020; 41: 2799–810.
- Dannenberg V, Schneider M, Bartko P, et al. Diagnostic assessment and procedural imaging for transcatheter edge-to-edge tricuspid valve repair: a step-by-step guide. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2021; 22: 8–10.
- Hahn RT, Weckbach LT, Noack T, et al. Proposal for a standard echocardiographic tricuspid valve nomenclature. *JACC Cardiovasc Imaging* 2021; 14: 1299–305.
- Dannenberg V, Bartko PE, Andreas M, et al. Tricuspid edge-to-edge repair for tricuspid valve prolapse and flail leaflet. Feasibility in comparison to patients with secondary tricuspid regurgitation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2023; 2024: 25: 365–72.
- Praz F, Muraru D, Kreidel F, et al. Transcatheter treatment for tricuspid valve disease. *EuroIntervention* 2021; 17: 791–808.
- Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, et al. Recommendations for noninvasive evaluation of native valvular regurgitation: A report from the American Society of Echocardiography developed in collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr* 2017; 30: 303–71.
- Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 2021; 60: 727–800.
- Guta AC, Badano LP, Tomaselli M, et al. The pathophysiological link between right atrial remodeling and functional tricuspid regurgitation in patients with atrial fibrillation: A three-dimensional echocardiography study. *J Am Soc Echocardiogr* 2021; 34: 585–94.
- Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the management of patients with valvular heart disease: Executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2021; 143: e35–e71.
- Lancellotti P, Pibarot P, Chambers J, et al. Multi-modality imaging assessment of native valvular regurgitation: an EACVI and ESC council of valvular heart disease position paper. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2022; 23: e171–e232.
- Hahn RT, Badano LP, Bartko PE, et al. Tricuspid regurgitation: recent advances in understanding pathophysiology, severity grading and outcome. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2022; 23: 913–29.
- Hahn RT. Tricuspid regurgitation. *N Engl J Med* 2023; 388: 1876–91.
- Bartko PE, Arfsten H, Frey MK, et al. Natural history of functional tricuspid regurgitation: Implications of quantitative doppler Assessment. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019; 12: 389–97.
- Hahn RT, Zamorano JL. The need for a new tricuspid regurgitation grading scheme. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2017; 18: 1342–43.

# 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](#)