

Tricuspidalinsuffizienz: Diagnose und Behandlung

Tricuspidalklappe als wichtiger Parameter in der Beurteilung vieler Herzerkrankungen

Prof. Dr. med. Christine H. Attenhofer Jost,
 Prof. Dr. med. Barbara Naegeli, Prof. Dr. med. Dr. h.c. Paul Vogt, et al.
 Zürich, Lugano

Die Tricuspidalklappe ist eine Herzklappe, deren Bedeutung häufig unterschätzt wird. Dafür gibt es mehrere Gründe: einer ist, dass die Tricuspidal- und Pulmonalklappe, d. h. die rechtsseitigen Herzklappen, im Alter keine degenerativen Veränderungen zeigen. Ein anderer Grund ist, dass ältere Arbeiten zeigten, dass eine Entfernung der Tricuspidalklappe möglich ist (1, 2), dies gilt vor allem bei normalem pulmonal arteriellem Druck.

La valve tricuspide est une valve cardiaque dont l'importance est souvent sous-estimée. Il y a plusieurs raisons à cela: l'une est que les valves tricuspides et pulmonaires, c'est-à-dire les valves cardiaques droites, ne présentent pas de changements dégénératifs chez les personnes âgées. Une autre raison est que des travaux plus anciens ont montré qu'il est possible d'enlever la valve tricuspide (1, 2), surtout à une pression artérielle pulmonaire normale.

Das 10 Jahresüberleben bei schwerer Tricuspidalinsuffizienz (TI) wird allerdings deutlich vermindert. Eine Arbeit von Topilsky (3) zeigt, dass das 10 Jahresüberleben bei schwerer TI $38 \pm 7\%$ beträgt versus $70 \pm 6\%$ bei der Normalpopulation. Das verminderte Ueberleben bei schwerer TI ist unabhängig vom pulmonal arteriellen Druck, der linksventrikulären Funktion und vom Rhythmus (Sinusrhythmus oder Vorhofflimmern).

Um eine schwere TI zu erkennen, helfen uns vor allem die klinische Untersuchung, die Echokardiographie, und das Herz MRI. Ergänzend können noch eine Herzkatheteruntersuchung sowie eine Herz Computertomographie durchgeführt werden. Die richtige Diagnosestellung ist wichtig, da zunehmend auch nicht-chirurgische Behandlungsmethoden zur Anwendung kommen.

Anatomie der Tricuspidalklappe und Ursachen einer Tricuspidalinsuffizienz

Die Tricuspidalklappe besteht aus dem anterioren, septalen und posterioren Segel. Das anteriore Segel ist das grösste. Speziell an dieser Klappe ist, dass im Gegensatz zur Mitralklappe Chordae vom septalen Segel zum Septum ziehen (4). Der Anulus ist elliptisch und sattelförmig, die Öffnungsfläche variiert während dem Herzzyklus um bis zu 30%. Eine minime und als physiologisch zu bezeichnende Tricuspidalinsuffizienz ist sehr häufig.

Die richtige Ursache einer Tricuspidalinsuffizienz zu erkennen ist die Grundlage jeder Therapie (siehe Tab. 1).

Am häufigsten ist die sogenannte sekundäre d.h. funktionelle Tricuspidalinsuffizienz (ca. 75–90%). Dabei sind die Tricuspidalsegel normal, und die Insuffizienz wird durch eine Koaptationsstörung wegen einer asymmetrischen Erweiterung des Anulus oder des rechten Ventrikels hervorgerufen. Ursachen dafür sind: eine Erkrankung

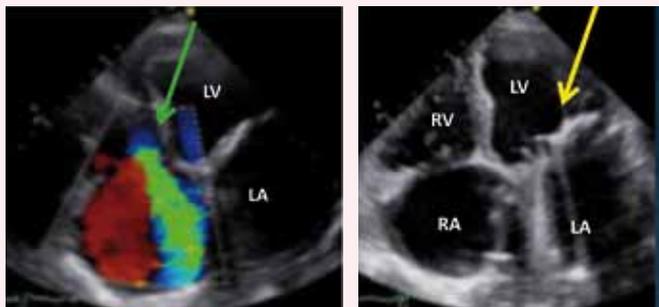
TAB. 1 Ursachen einer Tricuspidalinsuffizienz	
Funktionelle (sekundäre) Tricuspidalinsuffizienz (75–90%)	
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Krankheiten der linken Herzseite (z. B. St. n. Mitralklappenersatz) ▶ Permanentes Vorhofflimmern ▶ Koronare Herzkrankheit (z. B. Rechtsherzinfarkt) ▶ Pulmonal arterielle Hypertonie (z. B. primär, St. n. Lungenembolie) ▶ Kongenitale Herzkrankheiten (z. B. Fallot'sche Tetralogie) 	
Primäre Tricuspidalinsuffizienz (10–25%)	
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tricuspidalklappenanomalien (z. B. Prolaps, Dysplasie, kongenitale Herzkrankheiten wie AV-Septumdefekt, Ebstein-Anomalie, Cleft) ▶ Pulmonale Hypertonie ▶ Rheumatische Herzkrankheit ▶ St. nach Radiotherapie ▶ Endokarditis ▶ Interferenz mit Schrittmacherelektrode ▶ Karzinoid ▶ Seltene Formen 	

des linken Herzens (Abb. 1: funktionelle Tricuspidalinsuffizienz nach Ersatz der Mitralklappe; Abb. 2: funktionelle Tricuspidalinsuffizienz bei ungenügend behandelter arterieller Hypertonie), Vorhofflimmern, eine ischämische Herzerkrankung mit Rechtsherzinfarkt, das Alter, pulmonale Hypertonie, Shunts wie bei einem Vorhofseptumdefekt oder andere kongenitale Vitien wie z.B. die Fallot'sche Tetralogie. Typisch bei der funktionellen Tricuspidalinsuffizienz ist, dass sich der Anulus im Bereich der freien Wand erweitert (4).

Bei der primären Tricuspidalinsuffizienz (in ca. 10–25%) sind die Tricuspidalsegel abnorm wie beispielweise bei einem Prolaps, einer Dysplasie, einer rheumatischen Erkrankung, einem Tethering, einer Ebstein Anomalie oder AV Septumdefekt, nach Endokarditis, einer Verwachsung der Tricuspidalklappe mit einer Schrittmacherelektrode, nach Radiotherapie, einem Karzinoidsyndrom oder anderen Ursachen wie Endomyokardfibrose und systemischer Lupus erythematosus.

Eine relevante Tricuspidalinsuffizienz kann zu einer Erweiterung der rechten Herzkammer und zu einer Rechtsherzinsuffizienz führen. Da der rechte Ventrikel weniger Muskelmasse aufweist als der linke Ventrikel, hat dieser somit Mühe mit einer zusätzlichen Druck- und/oder Volumenbelastung.

ABB. 1 Schwere Tricuspidalinsuffizienz



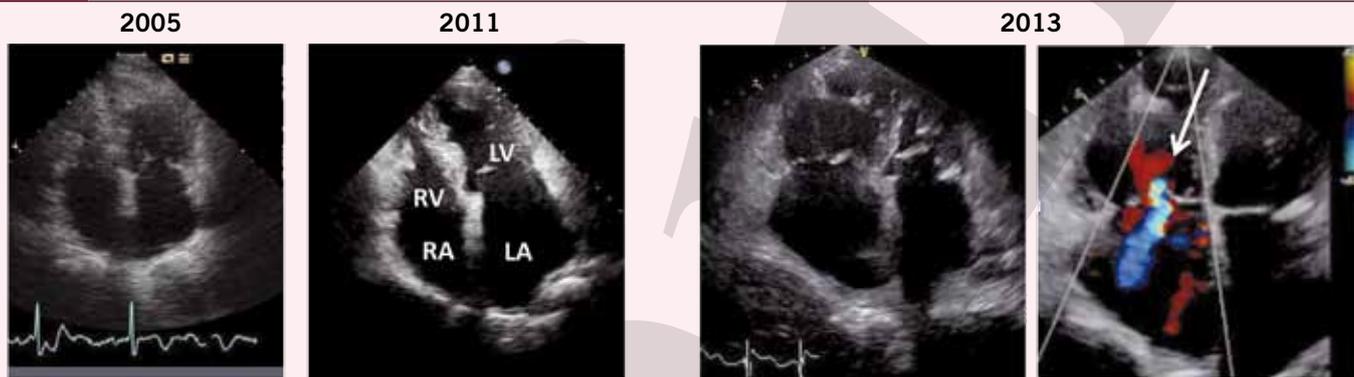
Tricuspidalinsuffizienz (grüner Pfeil, linke Abb.) in der Echokardiographie nach Mitralklappenersatz (gelber Pfeil, rechte Abb.).
RV = rechter Ventrikel; RA = rechter Vorhof;
LV = linker Ventrikel; LA = linker Vorhof

ABB. 3 Patientin mit schwerster Tricuspidalinsuffizienz



Status vor Tricuspidalklappenrekonstruktion mit Zeichen der chronischen Stauung und massiven peripheren Oedemen (3A) und nach der Operation mit deutlicher Besserung (3B).

ABB. 2 Progrediente Vergrößerung der rechtsseitigen Herzhöhlen und des linken Vorhofs



Als Folge einer ungenügend eingestellten arteriellen Hypertonie und diastolischen Dysfunktion (HFpEF) kommt es zu einer funktionellen Tricuspidalinsuffizienz (Pfeil). LA = linker Vorhof, LV = linker Ventrikel, RA = rechter Vorhof, RV= rechter Ventrikel

Symptome, Laborveränderungen und Prognose bei der schweren Tricuspidalinsuffizienz

Typische klinische Befunde bei einer schweren Tricuspidalinsuffizienz sind Atemnot, Müdigkeit, Oedeme, abdominelle Blähungen und Aszites. Es fehlen Orthopnoe, paroxysmale nächtliche Dyspnoe und Husten. Im Status auffallend sind die V-Welle (gut sichtbar im Bereich der V. jugularis externa), die systolischen Leberpulsationen und die peripheren Oedeme (Abb. 3).

Typisch im Labor bei der chronischen Rechtsherzinsuffizienz sind eine Erhöhung der alkalischen Phosphatase und γ -GT; die Transaminasen sind häufig nur minim erhöht. Eine chronische Stauungsleber führt typischerweise nicht zu einer Leberzirrhose, dies findet man höchstens bei einer restriktiven Perikarditis. Bei hämodynamisch relevanter Tricuspidalinsuffizienz sind auch die BNP Werte erhöht und bei Werten von mind. 200 pg/ml ist die Prognose bei der isolierten Tricuspidalinsuffizienz vermindert (5).

Periphere Oedeme ohne Halsvenenstauung oder sichtbare V-Welle sind nicht bedingt durch eine Tricuspidalinsuffizienz.

Die Prognose bei der schweren Tricuspidalinsuffizienz ist vor allem beim Auftreten von Rechtsherzinsuffizienzzeichen eingeschränkt (6).

EKG Veränderungen und Rhythmusstörungen bei der schweren Tricuspidalinsuffizienz

Es gibt keine für die Tricuspidalinsuffizienz spezifischen EKG Veränderungen. Häufig findet sich ein Rechtsschenkelblock oder ein Vorhofflimmern, seltener ein Vorhofflattern. Zudem können je nach Ursache der Tricuspidalinsuffizienz Hinweise auf die zugrunde liegende Herzerkrankung vorliegen in Form von Repolarisationsveränderungen über der Vorderwand, beispielsweise bei der Ebstein Anomalie oder einer pulmonalen Hypertonie. Die Chance einer erfolgreichen Radiofrequenzablation bei symptomatischem Vorhofflimmern/-flattern kann durch eine relevante Tricuspidalinsuffizienz deutlich vermindert werden. Zudem ist ein chronisches Vorhofflimmern eine häufige Ursache einer funktionellen Tricuspidalinsuffizienz.

Die Rolle der Echokardiographie bei der Tricuspidalinsuffizienz

Die Echokardiographie ist die wichtigste Untersuchungsmethode zur Beurteilung der Tricuspidalklappe wegen der exzellenten Bildauflösung (7). Mit der transthorakalen oder ergänzend transoesophagealen Echokardiographie kann die Ursache der Tri-

TAB. 2 Echokardiographische Kriterien der schweren Tricuspidalinsuffizienz			
Parameter	Leicht	Mittel	Schwer
Flow convergence zone	Kaum sichtbar, klein, transient	Intermediär	Gross
V. cava inferior	Normal	2.1-2.5	>2.5
V. contracta, cm	<0.3	0.3-0.6	≥0.7
PISA radius	≤0.5	0.6-0.9	>0.9
EROA PISA	<20	20-39	≥40
EROA 3D	Unbekannt	Unbekannt	>75
Reg.volumen	<30	30-45	≥45

Legende:
V. cava inf. = Vena cava inferior; PISA = proximal isovelocity surface area; EROA = effective regurgitant orifice area; 3D = 3-dimensional; Reg.volumen = Regurgitationsvolumen

TAB. 3 Behandlung der schweren, symptomatischen Tricuspidalinsuffizienz	
Medikamentös	Diuretika, Aldosteron-Antagonisten Medikamente zur Behandlung einer pulmonal arteriellen Hypertonie
Herzchirurgie	Klappenrekonstruktion (Ringanuloplastie) Klappenersatz
Kathetertechnisch-Interventionell	Rekonstruktion Klappenersatz (nur möglich bei St.n. vorgängiger Ringanuloplastie oder St.n. Bioprothese)

cuspidalinsuffizienz festgestellt sowie der Schweregrad der Tricuspidalinsuffizienz quantifiziert werden. Parameter die bei der Echokardiographie angegeben werden sind Schweregrad der Tricuspidalinsuffizienz, in Form des sogenannten ERO (effective regurgitant orifice d.h. die Regurgitationsfläche), die sogenannte Vena contracta (kleinster Durchmesser des Regurgitationsjets) und der Anulusdurchmesser. Zudem müssen die Grösse und Funktion des rechten Ventrikels und weitere kardiale Abnormitäten beurteilt werden (8,9). Die Auswurfsfraktion des rechten Ventrikels wird bei der Echokardiographie nicht angegeben, sondern die sogenannte «fractional area change» FAC (Tab. 2), d.h. die Verkürzungsfraktion der Fläche des rechten Ventrikels. Gelegentlich hilfreich zur genauen morphologischen Beurteilung der Tricuspidalklappe kann auch die 3D-Echokardiographie sein. Die Beurteilung des pulmonalen Drucks in der Echokardiographie ist bei der Tricuspidalinsuffizienz sehr wichtig: dazu muss man wissen, dass mittels Echokardiographie keine intrakardialen Druckmessungen gemacht werden können, sondern der pulmonal arterielle Druck wird aufgrund der relativ genau bestimmbaren Druckdifferenz zwischen dem rechten Ventrikel und rechten Vorhof und dem geschätzten rechtsatrialen Druck berechnet bzw. abgeschätzt. Bei schwerster Tricuspidalinsuffizienz ist die Beurteilung des pulmonal arterielle Drucks äusserst schwierig, dieser wird häufig über- oder unterschätzt (diesbezügliche grössere Studien fehlen (10, 11)).

Bedeutung des MRI und der Computertomographie bei der Tricuspidalklappe

Die dünnen Segel der Tricuspidalklappe sind im MRI nicht so gut zu beurteilen wie bei der Echokardiographie jedoch spielt das Herz

MRI bei der schweren Tricuspidalinsuffizienz eine grosse Rolle, da insbesondere Funktion und Grösse des rechten Ventrikels im MRI sehr gut beurteilt werden können.

Das MR liefert umfassende morphologische und funktionelle Informationen über die Trikuspidalklappe mit einer sehr guten zeitlichen und räumlichen Auflösung.

Gleichzeitig erhalten wir aus unterschiedlichen Bildsequenzen Angaben zu strukturellen Veränderungen des Myokards sowie Bestimmung der Volumina und Funktion des rechten Ventrikels, als Goldstandard. Die Trikuspidalinsuffizienz kann direkt mittels Geschwindigkeits-kodierter Phasenkontrast Messung bestimmt werden oder indirekt aus den Schlagvolumina des rechten Ventrikels und Messung des antegraden Flusses über die Pulmonalarterie (12).

Im Zeitalter der perkutanen Tricuspidalklappeneingriffe wird die Computertomographie des Herzens zunehmend verwendet, vor allem um die Anulusgrösse, Verkalkungen und der Verlauf der Koronarien optimal zu beurteilen.

Medikamentöse Behandlung der Tricuspidalinsuffizienz

Medikamente können die Prognose der Tricuspidalinsuffizienz kaum beeinflussen, es wird aber eine Herzinsuffizienztherapie der symptomatischen Patienten empfohlen. Dabei spielen vor allem Diuretika eine Rolle. Man verwendet meist Schleifendiuretika und ergänzend gelegentlich Aldactone. Wichtig ist, dass bradykardisierende Medikamente vermieden werden, da die Insuffizienz durch eine Bradykardie akzentuiert wird. Bei funktioneller (sekundärer) Trikuspidalinsuffizienz im Rahmen einer pulmonal arteriellen Hypertonie (PAH) wird die Anwendung spezifischer gegen die PAH gerichtete Medikamente erwogen, wie die den Prostazyklin (PGI₂)-, den Stickstoff (NO)- und/oder den Endothelin-1-Signalweg beeinflussenden Substanzen. Erste randomisierte kontrollierte Studien gibt es für den Endothelin-Rezeptor-Antagonisten Macitentan (Opsumit®, SERAPHIN-Trial), das über den NO-Signalweg wirkende Riociguat (Adempas®, PATENT-Trial) oder den PGI₂-Agonisten Selexipag (Upravi®, GRIPHON-Trial). Man kann davon ausgehen, dass bei einer Verbesserung der PAH auch der Grad der Trikuspidalinsuffizienz positiv beeinflusst wird. Studien mit dem primären Endpunkt «Trikuspidalinsuffizienz» gibt es nicht.

Chirurgie der Tricuspidalklappe

Bei der Chirurgie der Tricuspidalinsuffizienz spielen Annuloplastie und Tricuspidalklappenersatz eine Rolle.

Falls immer möglich wird die Annuloplastie verwendet. Bei der Annuloplastie wird versucht, die Segelkoaptation zu verbessern. Dazu werden Ringe verwendet, die vor allem bei schwerem Segel tethering d.h. grossem Abstand der Segel zu klein gewählt werden. Artifizielle Chordae und andere Techniken zur Segelrekonstruktion werden gelegentlich verwendet. Es gibt genaue Richtlinien zur Indikation der Tricuspidalklappenrekonstruktion bei linksseitigen Herzklappeneingriffen, um spätere Reoperationen einer Tricuspidalinsuffizienz zu vermeiden.

Wenn die Tricuspidalklappe nicht reparabel ist, dann ist ein Trikuspidalklappenersatz mit einer biologischen oder mechanischen Prothese ist eine gute Option, dies gilt vor allem dann, wenn die der Anulus sehr gross, die rechtsventrikuläre Funktion deutlich eingeschränkt und der Patient beispielsweise schon älter ist (älterer

Patient mit Ebsteinanomalie etc.). Die Wahl der Herzklappe hängt ab von der Grunderkrankung, dem Alter des Patienten und dem zugrundeliegenden Herzrhythmus bzw. der Notwendigkeit einer Antikoagulation. Die Resultate sind sowohl mit mechanischen wie auch biologischen Prothesen gut.

In der Klinik Im Park wurden von 2006 bis 2014 132 Patienten mit sekundärer TK-Insuffizienz im Rahmen mehrfach kombinierter Eingriffe und 23 Patienten mit primärer lang bestehender TI bei zum Teil schwerer Rechtsherz-Dysfunktion operiert: bei einem durchschnittlichen EuroScore von 12% (1% bis 56%) lag die 30-Tages Mortalität bei einer sekundären TI bei 4.5%; während sie bei Patienten mit primärer TI mit schwerer RV-Dysfunktion 8.6% betrug.

Perkutane Behandlungen der Tricuspidalklappe

Die kathetertechnischen Eingriffe an der Tricuspidalklappe sind zurzeit Gegenstand intensiver Forschung und von klinischen Studien (13). Zurzeit geeignet sind solche Eingriffe bei inoperablen Patienten oder solchen mit hohem Operationsrisiko. Bei der nativen Tricuspidalklappe können Clipähnliche Eingriffe durchgeführt werden. Da werden zurzeit Versuche mit dem Edwards Cardioband System, dem Forma Concept, und dem TriCinch Concept durchgeführt, wobei bei der Planung dieser Eingriffe die Computertomographie eine Voraussetzung darstellt.

Der Ersatz einer degenerierten Bioprothese in Tricuspidalposition mit einer Melodyklappe wird gelegentlich durchgeführt, wenn auch seltener als bei der Pulmonalklappe. Auch bei kongenitalen Vitien, wie der Ebsteinanomalie, werden derartige Eingriffe gelegentlich durchgeführt.

Trikuspidalinsuffizienz im Rahmen des Einsatzes von Herzunterstützungspumpen (left ventricular assist devices, LVADs)

Auch wenn die Zahl der mit einem LVAD-behandelten Patienten bislang vernachlässigbar klein ist, es ist damit zu rechnen, dass in den nächsten fünf bis zehn Jahren wegen dem Spenderherz-Mangel und der laufend sich verbessernden Technologie, diese neue Thematik uns zunehmend beschäftigen wird. Die Graduierung der Trikuspidalinsuffizienz und die Bestimmung der Längsverkürzung des rechten Ventrikels mittels Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) ist ein wichtiger Prädiktor einer schweren rechtsventrikulären Funktionsstörung nach LVAD-Implantation. Ein TAPSE von <7.5 mm wird dabei als ungünstiger Prädiktor angesehen (14). Folgerichtig darf man davon ausgehen, dass die Implantation eines LVAD den Grad einer Trikuspidalinsuffizienz günstig beeinflusst. Der Einsatz eines Trikuspidal-Ringes bei schwerer Trikuspidalinsuffizienz im Rahmen der Implantation eines LVADs wird für sogenannte bridge-to-transplant Patienten zusehends zurückhaltend angewendet (15). Im Rahmen eines Langzeiteinsatzes eines Assist-Devices LVAD (sogenannte Destination-Therapie) ist die Wahrscheinlichkeit einer Reoperation (Herztransplantation) kleiner bei vorausgehend implantiertem LVAD mit TK-Ring. Allerdings wird dann die Herzexplantation bei der Herztransplantation für den Chirurgen noch herausfordernder. Es kann jedoch im Rahmen einer allmählich auftretenden Aortenklappeninsuffizienz (bei voll laufendem LVAD) zu einer Rechtsherzbelastung kommen, weshalb bei einer Destination-LVAD-Implantation eher eine TK-Ring-Implantation erwogen wird (Reineke D (Bern): persönliche Mitteilung).

Prof. Dr. med. Christine H. Attenhofer Jost¹, Prof. Dr. med. Barbara Naegeli¹
 Prof. Dr. med. Dr. h.c. Paul Vogt¹, PD Dr. med. Christoph Scharf¹
 Dr. med. Gabriella De Pasquale¹, Dr. med. Olaf Franzen¹
 PDDr. med. Pascal Berdat¹, Dr. med. Dominik Maurer¹,
 Dr. med. Anja-Faeh-Gunz¹, Dr. med. Francesco Faletta²
 Prof. Dr. med. Paul Mohacs¹,

¹ HerzGefässZentrum Zürich
 Klinik Im Park, Seestr. 220, 8027 Zürich
 christine.attenhofer@hirslanden.ch

² Cardiocentro Ticino
 Via Tesserete 48, 6900 Lugano

+ **Interessenskonflikt:** CA, BN, GDP, PM: Stipendien und Forschungsbeiträge von Medtronic, Abott und Edwards Lifesciences; CS: Mitbegründer und Aktionär von Acutus Medical; OF: Beratungen bei Edwards Lifesciences, Forschungsvertrag mit Siemens; PV, PB DM AFG und FF haben keine Interessenskonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

Take-Home Message

- ◆ Die Tricuspidalklappe wird vom lange vernachlässigten Stiefkind zu einem wichtigen Parameter in der Beurteilung vieler Herzerkrankungen.
- ◆ Eine Tricuspidalklappeninsuffizienz ist oft Ausdruck einer linksseitigen Herzerkrankung oder einer pulmonal arteriellen Hypertonie.
- ◆ Die Klinik spielt eine wichtige Rolle in der Erkennung des Schweregrades der TI.
- ◆ Die Bildgebung mit der Echokardiographie inklusive Beurteilung des pulmonal arteriellen Drucks sind die wichtigsten Grundlagen in der Beurteilung, ergänzend wird das MRI eingesetzt.
- ◆ Neben der häufig nur enttäuschend wirksamen medikamentösen Therapie werden in Zukunft, neben chirurgischer Rekonstruktion und Klappenersatz, sicher auch perkutane oder Hybrideingriffe eine Rolle spielen.
- ◆ Ob die Prognose mit einem perkutanen Tricuspidalklappeneingriff verbessert werden kann, ist derzeit noch unklar.

Messages à retenir

- ◆ La valve tricuspide passe d'un beau-fils longtemps négligé à un paramètre important dans l'évaluation de nombreuses maladies cardiaques.
- ◆ L'insuffisance valvulaire tricuspide est souvent l'expression d'une cardiopathie ventriculaire gauche ou d'une hypertension artérielle pulmonaire.
- ◆ La clinique joue un rôle important dans l'identification de la gravité de l'insuffisance tricuspide
- ◆ L'imagerie par échocardiographie, y compris l'évaluation de la pression artérielle pulmonaire, est la base d'évaluation la plus importante, et l'IRM est également utilisée.
- ◆ En plus de la pharmacothérapie souvent très peu efficace, la chirurgie percutanée ou hybride jouera certainement un rôle dans l'avenir, en plus de la reconstruction chirurgicale et du remplacement valvulaire.
- ◆ Il n'est pas encore clair si le pronostic peut être amélioré par une chirurgie percutanée de la valve tricuspide

Literatur:

1. Chait RD, Midwall J. Tricuspid valvectomy: long-term survival and surgical options. *Clin Cardiol* 2006; 29: 83-84.
2. du Plessis FA, Helbing WA, Bogers AJ. Excision of the tricuspid valve in a baby with *Candida* endocarditis. *Cardiol Young* 2007; 17: 545-547.
3. Topilsky Y, Nkomo VT, Vatury O et al. Clinical outcome of isolated tricuspid regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2014; 7: 1185-1194.
4. Hung J. The pathogenesis of functional tricuspid regurgitation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2010; 22: 76-78.
5. Yoon CH, Zo JH, Kim YJ et al. B-type natriuretic Peptide in isolated severe tricuspid regurgitation: determinants and impact on outcome. *J Cardiovasc Ultrasound* 2010; 18: 139-145.
6. Takahashi Y, Izumi C, Miyake M et al. Actual management and prognosis of severe isolated tricuspid regurgitation associated with atrial fibrillation without structural heart disease. *Int J Cardiol* 2017; 243: 251-257.
7. Huttin O, Voilliot D, Mandry D et al. All you need to know about the tricuspid valve: Tricuspid valve imaging and tricuspid regurgitation analysis. *Arch Cardiovasc Dis* 2016; 109: 67-80.
8. Antunes MJ, Rodriguez-Palomares J, Prendergast B et al. Management of tricuspid valve regurgitation: Position statement of the European Society of Cardiology Working Groups of Cardiovascular Surgery and Valvular Heart Disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 2017; 52: 1022-1030.
9. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015; 16: 233-270.
10. Ozpelit E, Akdeniz B, Ozpelit EM et al. Impact of Severe Tricuspid Regurgitation on Accuracy of Echocardiographic Pulmonary Artery Systolic Pressure Estimation. *Echocardiography* 2015; 32: 1483-1490.
11. Fei B, Fan T, Zhao L et al. Impact of severe tricuspid regurgitation on accuracy of systolic pulmonary arterial pressure measured by Doppler echocardiography: Analysis in an unselected patient population. *Echocardiography* 2017; 34: 1082-1088.
12. Saremi F, Hassani C, Millan-Nunez V, Sanchez-Quintana D. Imaging Evaluation of Tricuspid Valve: Analysis of Morphology and Function With CT and MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2015; 204: W531-542.
13. Perlman G, Praz F, Puri R et al. Transcatheter Tricuspid Valve Repair With a New Transcatheter Coaptation System for the Treatment of Severe Tricuspid Regurgitation: 1-Year Clinical and Echocardiographic Results. *JACC Cardiovasc Interv* 2017; 10: 1994-2003.
14. Puwanant S, Hamilton KK, Klodell CT et al. Tricuspid annular motion as a predictor of severe right ventricular failure after left ventricular assist device implantation. *J Heart Lung Transplant* 2008; 27: 1102-1107.
15. Song HK, Gelow JM, Mudd J et al. Limited Utility of Tricuspid Valve Repair at the Time of Left Ventricular Assist Device Implantation. *Ann Thorac Surg* 2016; 101: 2168-2174.