

Maastricht UMC+ zuyderland VieCuri

The forgotten valve

Refereeravond tricuspidalisklepinsufficiëntie (TI)
16 mei 2022

Martijn Smulders
Cardioloog i.o. Maastricht UMC+

Maastricht UMC+ martijn.smulders@mumc.nl

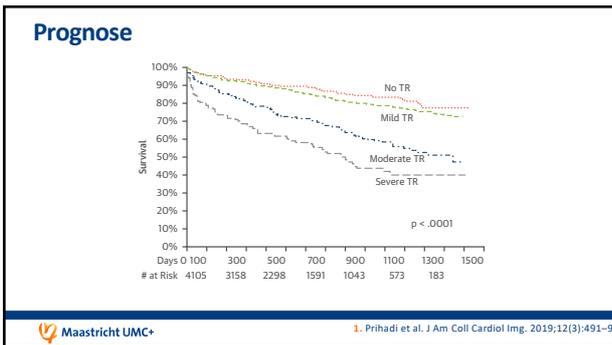
1

Epidemiologie

- Prevalentie TI in algemene populatie (Framingham Heart Study)¹
 - ♀ 86% (>geringe TI in 18%) ♂ 82% (>geringe TI in 15%)
- Vaak asymptomatisch, moeizaam te detecteren middels auscultatie en "per toeval" ontdekt met echocardiografie

Maastricht UMC+ ^{1. Singh et al. Am J Cardiol 1999;83:897-902}

2



3

Anatomie

Tricuspidalisklep

Maastricht UMC+

4

Anatomie: tricuspidalisklep componenten

Maastricht UMC+ ^{1. Sobotta Atlas of human anatomy 2018}

5

Anatomische verschillen met mitralisklep

- Dunnere klepbladen
- Groter klepoppervlak 7-9 cm²
- 3 klepbladen (A/S/P)
- Apicalere insertie
- Chordae tendineae naar septum
- Crista supraventricularis

Maastricht UMC+ ^{1. The EACVI Textbook of Echocardiography 2016, 2. Lancellotti et al. Eur Heart J - CV 2022;23:e171-e232, 3. Sobotta Atlas of human anatomy 2018}

6

Anatomische eigenschappen tricuspidalklep

Annulus: ellips, 3D-vlak, in AP4CH maximaal $19 \pm 2 \text{ mm/m}^2$

Maastricht UMC+ 1. Taramasso et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:605-21. 2. Khalique et al J Am Coll Cardiol Img 2019;12:516-31. 3. Fukuda et al. Circulation. 2006;114(suppl 1):I-492-I-498

7

Anatomische variaties tricuspidalklep

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2021;14:1299-305

8

Etiologie

Tricuspidalklepinsufficiëntie

Maastricht UMC+

9

Etiologie

Primair

- Abnormaal klepblad
 - Congenitaal
 - Verworven

Secundair

- Normaal klepblad
 - Atriaal
 - Ventriculair
 - Pacemaker/ICD

Maastricht UMC+ 1. Prihadi et al. J Am Coll Cardiol Img. 2019;12(3):491-500. 2. Lancellotti et al. Eur Heart J - CVI 2022;43:e171-e233

10

Etiologie – primair

- Congenitaal**
 - Ebstein anomalie (apicalere insertie $>8 \text{ mm/m}^2$ dan MV)
 - Tricuspidalklep dysplasie, hypoplasie, cleft
 - Tethering bij een perimembraneus ventrikel septum defect

Ebstein

Abnormaal klepblad

Maastricht UMC+ 1. Dahou et al. J Am Coll Cardiol Img. 2019;12(3):458-68

11

Etiologie – primair

- Verworven**
 - Myxomateuze degeneratie (Barlow) met prolaps/flail
 - Endocarditis
 - Carcinoid
 - Rheumatisch
 - Traumatisch (thorax trauma, intramyocardiaal biopt)
 - Drugs

Barlow

Carcinoid

Endocarditis

Abnormaal klepblad

Maastricht UMC+ 1. Dahou et al. J Am Coll Cardiol Img. 2019;12(3):458-68. 2. Khor et al. Eur Heart J 2020. 3. Shmueli et al. J Am Heart Ass 2021

12

Etiologie – secundair

- Atrial (geïsoleerde TI)**
 - Atriumfibrilleren met RA + annulus dilatatie (geen RV dilatatie)
- Ventriculair**
 - RV dilatatie en/of dysfunctie met tethering van de klepladen en annulus dilatatie
 - Pulmonale hypertensie (meestal type II)
 - RV cardiomyopathie
 - RV infarct
 - Atrium septum defect

Normaal klepblad

Maastricht UMC+ 1. Dahou et al. J Am Coll Cardiol Img. 2019;12(3):458-68

13

Etiologie – secundair PM/ICD

7-45% ontwikkelt na implantatie een significante TI

Maastricht UMC+ Casus MUMC
1. Addetta et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:622-36

14

Etiologie en functie – Carpentier classificatie

Klepbladbeweging

- Normaal (annulus dilatatie, klepblad perforatie)
- Excessief (prolaps, flail)
- Restrictief (reumatisch, RV dilatatie)

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J – CVI 2022;23:e171-e232

15

Diagnostiek

Multimodality imaging TTE/TEE, CMR en CT

Maastricht UMC+

16

Imaging

Multi-modality Imaging for Assessment of Tricuspid Regurgitation Severity

Parameters	Relative Utility of Each Imaging Modality			
	Echocardiography (TTE or TEE) 2D/Doppler	3D/Color	Cardiac Magnetic Resonance	Computed Tomography Angiography
Structural Parameters				
TV Morphology	+++	+++	++	++
RV and RA size	+++	+++	+++	+++
SVC and IVC Size	+++ (proximal cavae only)	+++	+++	+++
Comprehensive vascular assessment	-	-	+++	+++
Semi-Quantitative parameters				
Jet Area	+++	+++	++	-
Vena Contracta Width	+++	+++	++	-
Vena Contracta Area	-	+++	++	-
Anatomic Orifice Area	-	+	++	+++
Quantitative Parameters				
Effective Regurgitant Orifice Area	++ (PSA and Doppler SV)	++ (see VCA)	++	-
Regurgitant Volume	++ (PSA and Doppler SV)	++ (from VCA)	++	-

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:469-90

17

Imaging

Multi-modality Imaging for Assessment of Tricuspid Regurgitation Severity

Parameters	Relative Utility of Each Imaging Modality			
	Echocardiography (TTE or TEE) 2D/Doppler	3D/Color	Cardiac Magnetic Resonance	Computed Tomography Angiography
Structural Parameters				
TV Morphology	+++	+++	++	++
RV and RA size	+++	+++	+++	+++
SVC and IVC Size	+++ (proximal cavae only)	+++	+++	+++
Comprehensive vascular assessment	-	-	+++	+++
Semi-Quantitative parameters				
Jet Area	+++	+++	++	-
Vena Contracta Width	+++	+++	++	-
Vena Contracta Area	-	+++	++	-
Anatomic Orifice Area	-	+	++	+++
Quantitative Parameters				
Effective Regurgitant Orifice Area	++ (PSA and Doppler SV)	++ (see VCA)	++	-
Regurgitant Volume	++ (PSA and Doppler SV)	++ (from VCA)	++	-

Transthoracale echocardiografie

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:469-90

18

Anatomische beoordeling CMR

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:469-90
2. Myerson et al. J Am Coll Cardiol Img 2021;14:2020-2033

19

Kwantitatieve beoordeling CMR

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:469-90

20

Kwantitatieve beoordeling CMR: 4D flow

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:469-90

21

Anatomische beoordeling CT: annulus + EROA

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:469-90

22

Imaging

Multi-modality Imaging for Assessment of Tricuspid Regurgitation Severity

Parameter	Relative Utility of Each Imaging Modality		
	Echocardiography	CMR	Computed Tomography
Tricuspid Annulus	+++	++	++
Tricuspid Regurgitation	+++	+++	+++
Effective Regurgitant Orifice Area	+++	+++	+++
Quantitative Parameters	++	+++	+++
Effective Regurgitant Orifice Area	++	+++	+++
Regurgitant Volume	++	+++	+++

Transthoracale echocardiografie

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:469-90

23

Diagnostiek – bepaling ernst TI

Transthoracale echocardiografie
structureel – visueel – semi-kwantitatief – kwantitatief

Maastricht UMC+

24

Diagnostiek

Transthoracale echocardiografie structureel

Maastricht UMC+

25

Structureel: Standaard opnames TTE

RV instroom parasternaal

RV-focus apicaal 4-kamer

Parasternaal korte as

Subcostaal

Maastricht UMC+ 1. The EACVI Textbook of Echocardiography 2016

26

Structureel: Standaard opnames TTE – pitfalls

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J – CVI 2022;23:e171–e232

27

Diagnostiek

Transthoracale echocardiografie visueel

Maastricht UMC+

28

Visueel: jet oppervlakte

Gering kleplijden

Belangrijk kleplijden

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J – CVI 2022;23:e171–e232
2. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Ime 2019;12:469–90

29

Visueel: jet oppervlakte ... pitfalls

Hoge schaal

Lage gain

Hypotensie

Lage schaal

Hoge gain

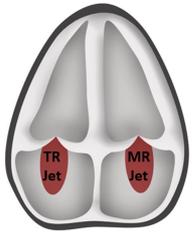
Hypertensie

Eccentrische jet – coanda effect

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J – CVI 2022;23:e171–e232
2. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Ime 2019;12:469–90

30

Visueel: intermezzo fysica



Regurgitatie jet afhankelijk van:

- Behoud van massa (continuïteitsvergelijking)
- Behoud van energie (Bernoulli vergelijking)
- **Behoud van momentum**

Momentum = EOA * V²
 EOA = regurgitatieoppervlakte
 V = snelheid

Dus een verdubbeling in snelheid = factor 4 jet oppervlakte

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:469-90
2. Thomas et al. Circulation 1990;81:247-253

31

Visueel

Brede (centrale) VC	Mild TR A	Moderate TR B	Severe TR C	Massive TR D	Torrential TR E
Driehoekig dens CW signaal	Peak 2.9 m/s	Peak 3 m/s	Peak 3.66 m/s	Peak 2.53 m/s	Peak 1.5 m/s
Flail / groot coaptatiedefect					

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J - CVI 2022;23:e171-e232

32

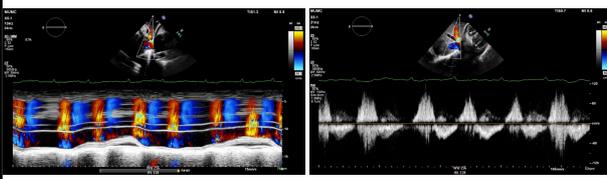
Diagnostiek

Transthoracale echocardiografie semi-kwantitatief

Maastricht UMC+

33

Semi-kwantitatief: systolische backflow v. hepatica

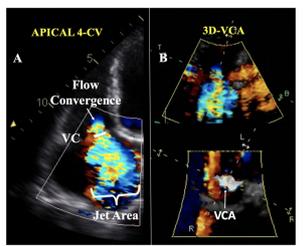


Belangrijk omgekeerde flow

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J - CVI 2022;23:e171-e232

34

Semi-kwantitatief: vena contracta



3 componenten in 1 beeld:

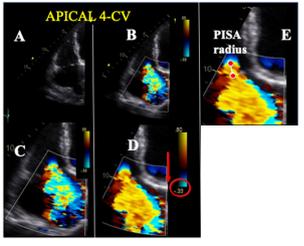
- Flow convergence
- **Vena contracta**
- Jet turbulence

Gering < 3mm
Belangrijk > 7mm

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J - CVI 2022;23:e171-e232

35

Semi-kwantitatief: pisa radius



3 componenten in 1 beeld:

- Flow convergence
- Vena contracta
- Jet turbulence

Gering < 5mm
Belangrijk > 9mm*

*Nyquist limiet 28cm/s

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J - CVI 2022;23:e171-e232

36

Semi-kwantitatief: inflow patroon (PW Doppler)

Gering A-top dominant
Belangrijk E-top dominant >1m/s

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J – CVI 2022;23:e171–e232

37

Diagnostiek

Transthoracale echocardiografie kwantitatief

Maastricht UMC+

38

Kwantitatief EROA / volume

$$EROA = \frac{2\pi r^2 * V_{aliasing}}{V_{peak}}$$

EROA = regurgitatieoppervlakte
R = PISA radius
V = snelheid

Gering <20mm²
Belangrijk >40mm²

Regurgiterend volume = EROA * TVI

Gering <30mL
Belangrijk >45mL

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J – CVI 2022;23:e171–e232

39

Kwantitatief EROA (planimetrie)

Gering < 20mm²
Belangrijk > 40mm²

Maastricht UMC+ 1. Lancellotti et al. Eur Heart J – CVI 2022;23:e171–e232

40

Diagnostiek

Transthoracale echocardiografie gradatie tricuspidalisklepinsufficiëntie

Maastricht UMC+

41

Diagnostiek – ernst TI

Parameters	MILD	MODERATE	SEVERE
Vena Contracta width (biplane average)	<3 mm	3-6.9 mm	7 mm - 13 mm
EROA by PISA	<20 mm ²	20-39 mm ²	40-59 mm ²
3D Vena Contracta Area or Quantitative Doppler EROA	-	-	75-94 mm ²

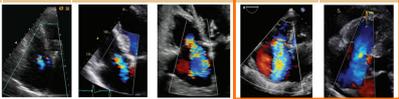
Example:

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:469–90

42

Diagnostiek – ernst functionele TI – nieuwe gradatie

Parameters	MILD	MODERATE	SEVERE	MASSIVE	TORRENTIAL
Vena Contracta width (Diaplane average)	<3 mm	3-6.9 mm	7 mm - 13 mm	14-20 mm	≥21 mm
EROA by PISA	<20 mm ²	20-39 mm ²	40-59 mm ²	60-79 mm ²	≥80 mm ²
3D Vena Contracta Area or Quantitative Doppler EROA	-	-	75-94 mm ²	95-114 mm ²	≥115 mm ²

Example: 

Maastricht UMC+ 1. Hahn et al. J Am Coll Cardiol Img 2019;12:469-90

43

Diagnostiek

Transtoracale echocardiografie samenvattend algoritme

Maastricht UMC+

44

Tricuspid Regurgitation

Probably Mild TR

- Small jet
- Maximal TR velocity < 2.9 m/s
- Maximal TR EROA < 20 mm²
- Maximal TR VCI < 20 mL
- Maximal TR VCI < 15%

Probably Moderate TR

Quantitative Evaluation Whenever possible

- EROA 20-39 mm²
- TR VCI 20-49 mL
- TR % 16-49%

Probably Severe TR

- Large jet
- Large TR velocity > 2.9 m/s
- Large TR EROA > 40 mm²
- Large TR VCI > 50 mL
- Large TR VCI > 50%

Verlag

- Etiologie/functie
- Ernst TI
- Hemodynamische consequenties
- Overige kleppen en LV

Un satisfactory/Inconclusive TTE, Discrepancy between TR severity and clinical findings/RV assessment* → Indeterminate TR Consider TTE or CMR*

Transcatheter TV Repair/Replacement?

Severe TR	Massive TR	Torrential TR
-----------	------------	---------------

Maastricht UMC+

45

Take home message

- Tricuspidalisklepinsufficiëntie komt frequent voor, is meestal secundair en prognostisch van belang
- Transtoracale echocardiografie is het diagnosticum van keus
- Ernst tricuspidalisklepinsufficiëntie inschatten niet meer visueel, maar (semi)kwantitatief
- Beoordeel volledige echocardiogram (LV/RV functie, dimensies, kleppen)

Maastricht UMC+

46





The "no longer" forgotten valve

Refereeravond tricuspidalisklepinsufficiëntie (TI)
16 mei 2022

Martijn Smulders
Cardioloog i.o. Maastricht UMC+

Maastricht UMC+ martijn.smulders@mumc.nl

47