

# Mechanische Komplikationen des Myokardinfarkts

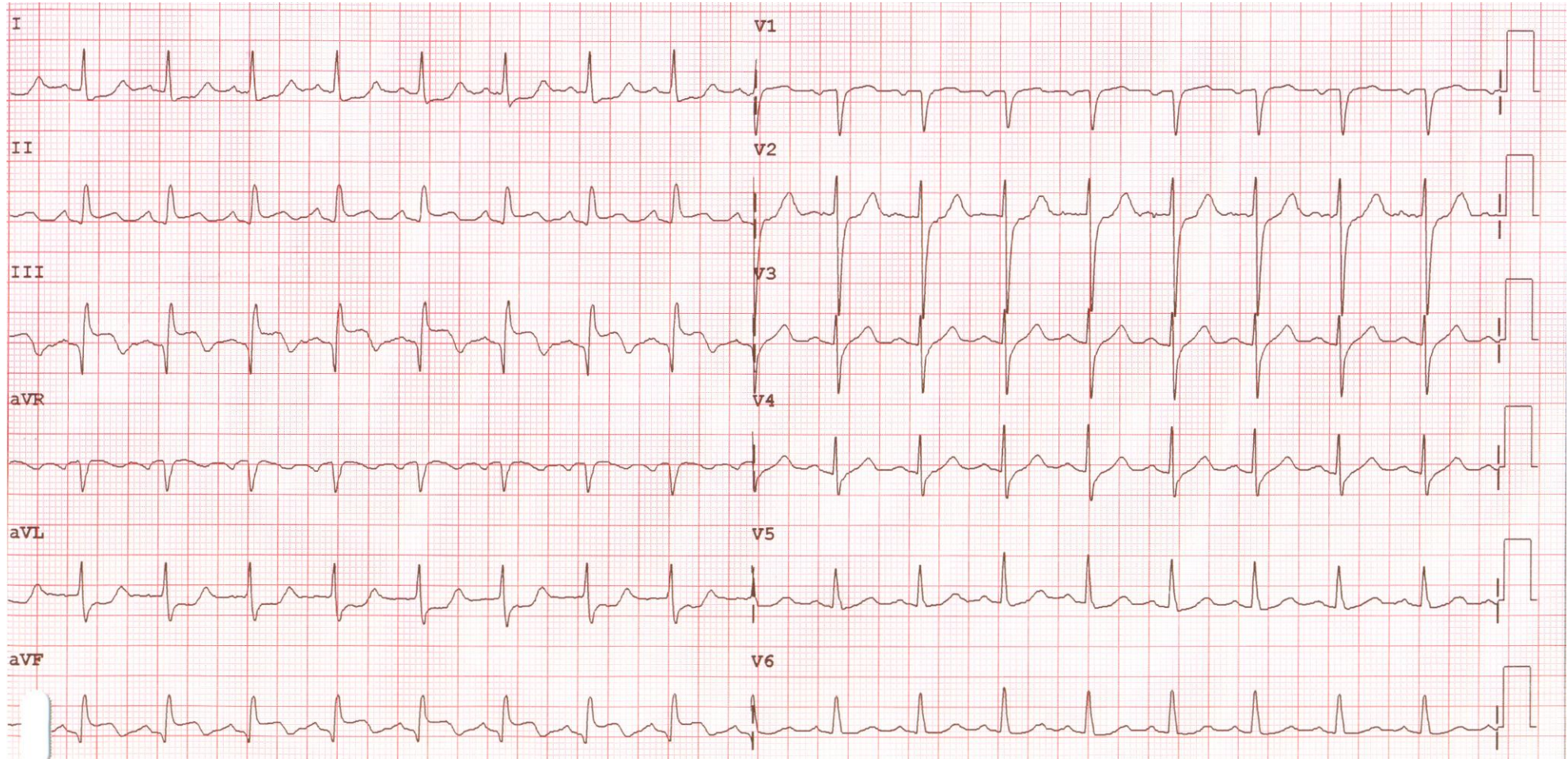
Prof. Dr. med. Franz Eberli  
Chefarzt Kardiologie



**Stadt Zürich**

Stadtspital Waid und Triemli

# 72 jährige Frau mit Oberbauchschmerzen und Übelkeit vor 4 Tagen. Jetzt hypoton. Gestaute Halsvenen



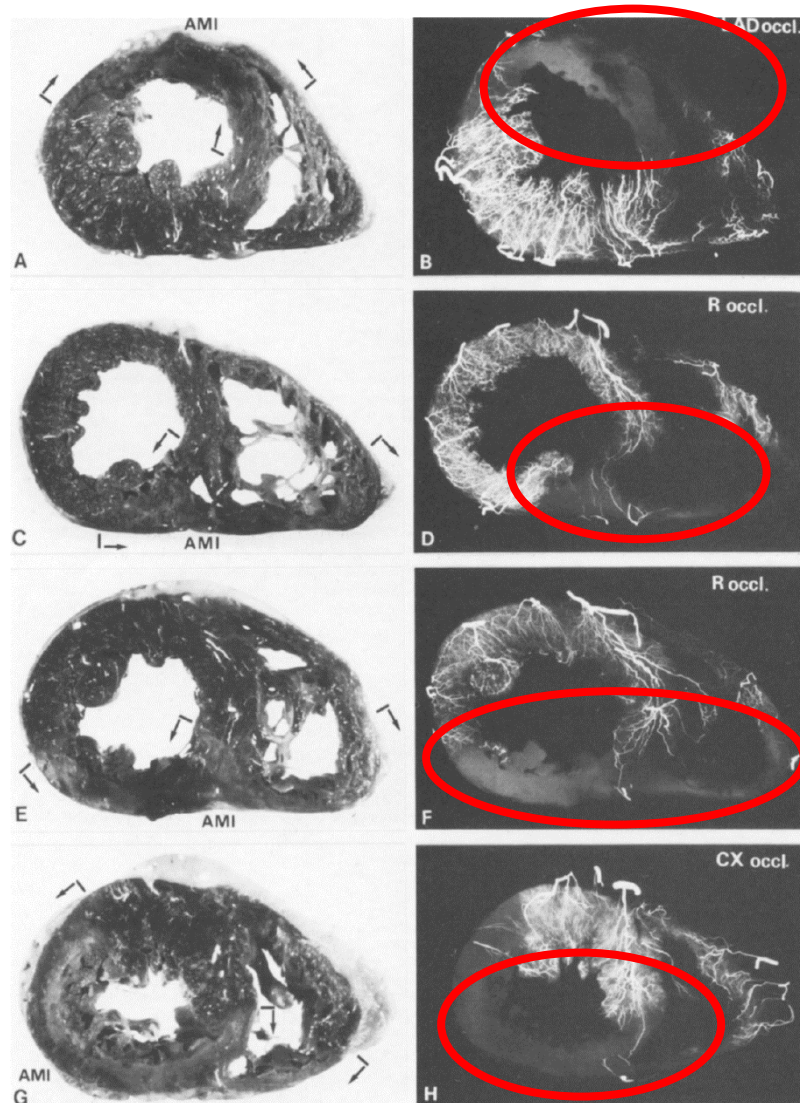
# RV Infarkt

## Befunde der klinischen Untersuchung

- Hypotonie
- Normale Lungenauskultation
- Gestaute Halsvenen
  
- Sensitivität dieser Triade= 25 %
- ↑JVD: 88 Sensitivität, 69 % Spezifität
  
- Positives Kussmaul's Zeichen
- Hämodynamik: Mittlerer RA Druck >10 mmHg, RAP: PCWP Ratio >0.8

# LV und RV Infarkte bei Verschluss einer Kranzarterie

Andersen HR et al. JACC 1987;10:1223-32



**RIVA**

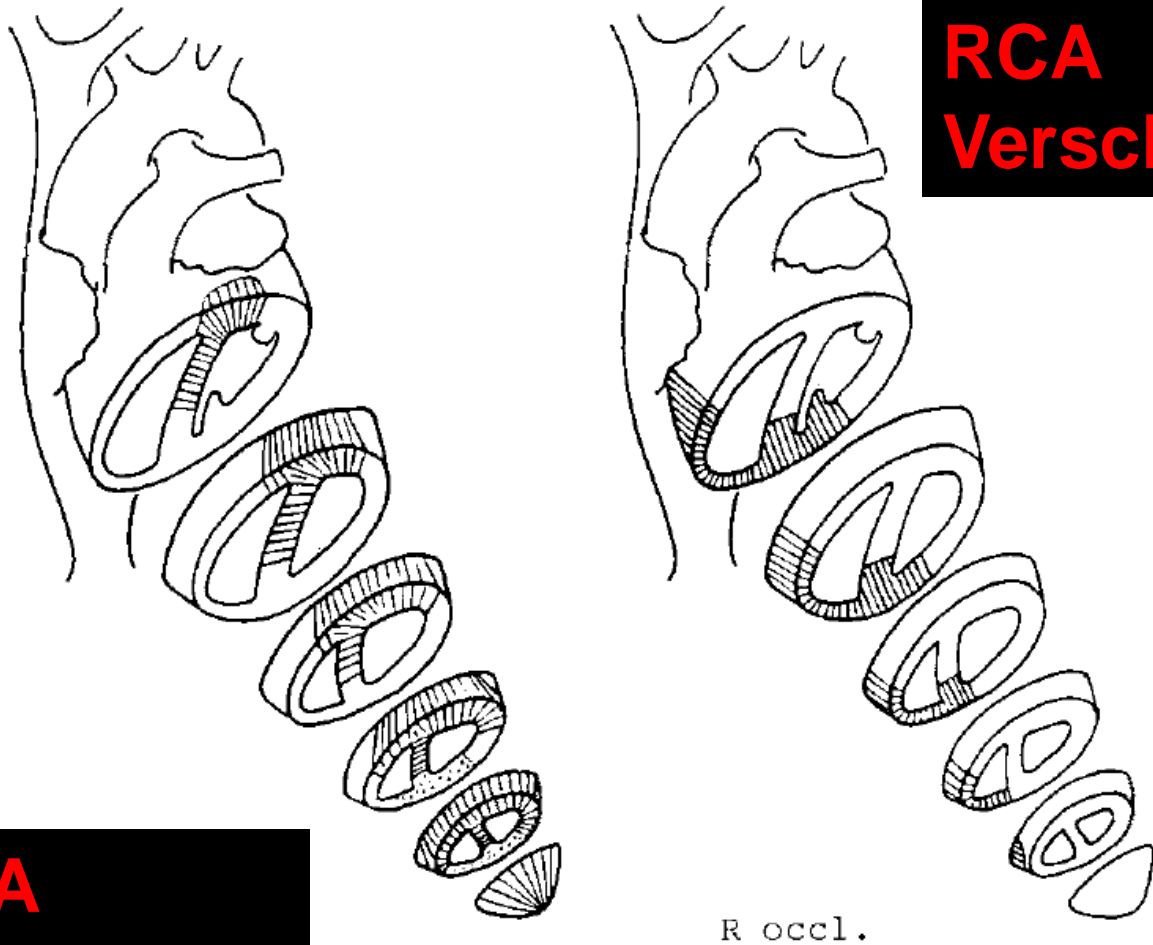
**RCA**

**RCA**

**CX**

# Schema der Rechtsherzbeteiligung bei anteriorem und inferiorem Infarkt

Andersen HR et al. JACC 1987;10:1223-32



**RIVA  
Verschluss**

**RCA  
Verschluss**

- Isolated RV infarction: <3 % of infarctions
  - Inferior MI
    - Occlusion of RCA. 50 % RV involvement
    - Occlusion of dominant CX
  - Anterior MI
    - Occlusion of LAD. 13 % RV involvement
- Kinch, Ryan NEJM 1994;330:1211-17*

# Charakteristika des inferioren Myokardinfarktes mit Rechtsherzinfarkt

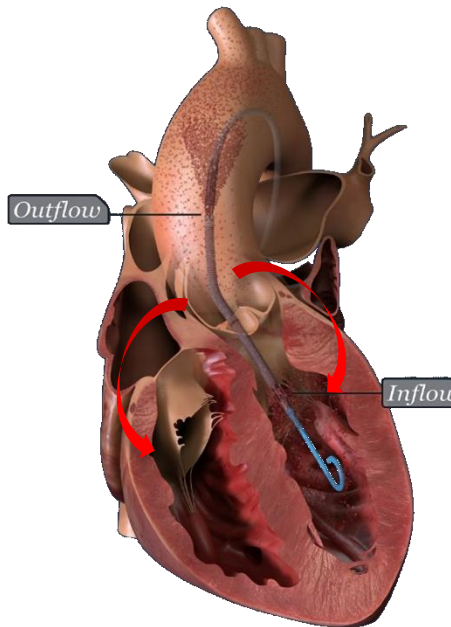
1. Unkompliziert
2. Triade aus Hypotonie, gestaute Halsvenen, fehlende Lungenstauung
3. Auftreten von:
  - Arrhythmien
  - AV-Block
  - Mechanische Komplikationen <sup>1, 2)</sup>
  - Low output
  - Kardiogener Schock

# Behandlung des kardiogenen Schocks bei Rechtsherzinfarkt

- Optimierung der Vorlast
  - Vermeide Senken des *Preload*!
- Optimierung der Nachlast
  - Vermeide Erhöhung des pulmonalen Widerstandes (PEEP)
- Verbesserung der Kontraktilität
  - Inotropika wirken vor allen auf Septum!
- Optimierung der Herzfrequenz und der AV Synchronie

# Möglichkeit der hämodynamischen Stabilisierung durch RV Impella

**Unloads** Left Ventricle & Coronary Perfusion



Seyfarth et al., JACC, 2008  
Remmelink M et al., Cath Card Interv. 2007

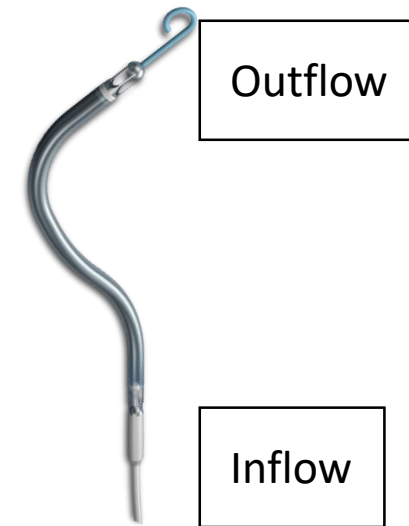
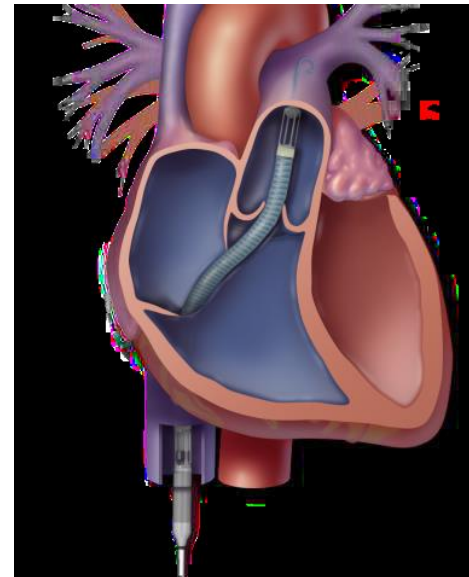
**End Organ** Perfusion



Lam K. et al., Clin Res Cardiol, 2009

**Right Side** Support

Right Side  
Impella RP





# Patient mit inferiorem Myokardinfarkt und kardiogenem Schock

ABGA (during 100% O <sub>2</sub> )	before	after Intervention
pH	7.45	7.46
pCO <sub>2</sub> (mmHg)	29.9	28.9
pO <sub>2</sub> (mmHg)	61.1	51.7
HCO <sub>2</sub> (mmol/l)	20.5	20.4
SaO <sub>2</sub> (%)	92	76

Intervention=Atrial fibrillation, PEEP

# Right-to-Left Flow Through a PFO in Acute RV Infarction

Amsel et al. Chest 1995;108:1468-71

Rare complication of RV infarction, when RA pressure > LA pressure

Worsened by

- Atrial fibrillation
- Bradycardia, AV-Block
- PEEP ventilation

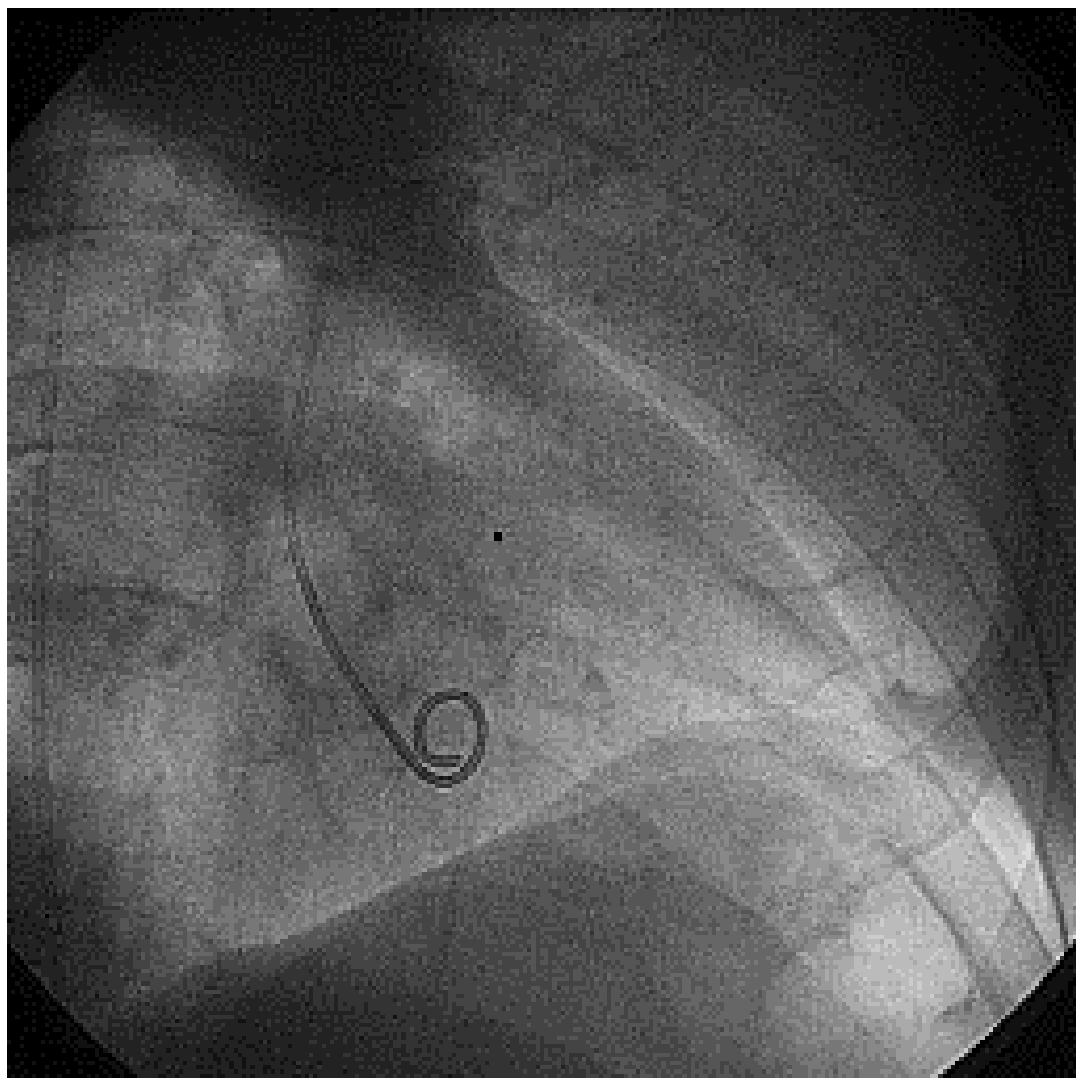
Treatment

- Closure of PFO
- Improvement of RV function by positive inotropes
- Maintenance of atrial contraction

# 72-jährige Frau mit kardiogenem Schock nach infero-posteriorem Myokardinfarkt

Invasive Abklärung mittels Re-Li-Katheter

	Pressures (mmHg)	Oxygen saturation
SVC		38 %
IVC		41 %
Right Atrium	14	39 %
Right Ventricle	49/24	83 %
Pulm. Artery	49/21/27	84 %
PCWP	25	
Left ventricle	95/26	98 %



# VSD nach Infarkt

## Diagnose

- **Klinische Präsentation**
- **Echokardiografie**
  - Links-Rechts Shunt
  - Linksventrikuläre Funktion
  - Rechtsventrikuläre Funktion
  - Rechtseitige Drucke
  - Zusätzliche Pathologie (Mitralsuffizienz, Aneurysma)
- **Herzkatheter**
  - Quantitative Shuntbestimmung
  - Linksventrikuläre Funktion
  - Hämodynamik
  - Koronarangiographie

# Patientencharakteristik

## Mechanische Komplikationen Post-MI

### Begünstigt häufiger mechanische Komplikation

- Höheres Alter
- Frauen
- Weisse Rasse
- Erster Infarkt
- Ausgedehnter Infarkt  
(Ausnahme Papillarmuskelabriss)-
  
- Niereninsuffizienz
- Klappenerkrankungen

### Weniger mechanische Komplikation

- Raucher
- Diabetes
- St. n. Myokardinfarkt
- Nach Reperfusionstherapie
- Hypertonie
- COPD

# Mechanische Komplikationen im Verlauf eines Myokardinfarkts

Analyse von

3,9 Mio STEMI, 5,1 Mio NSTEMI

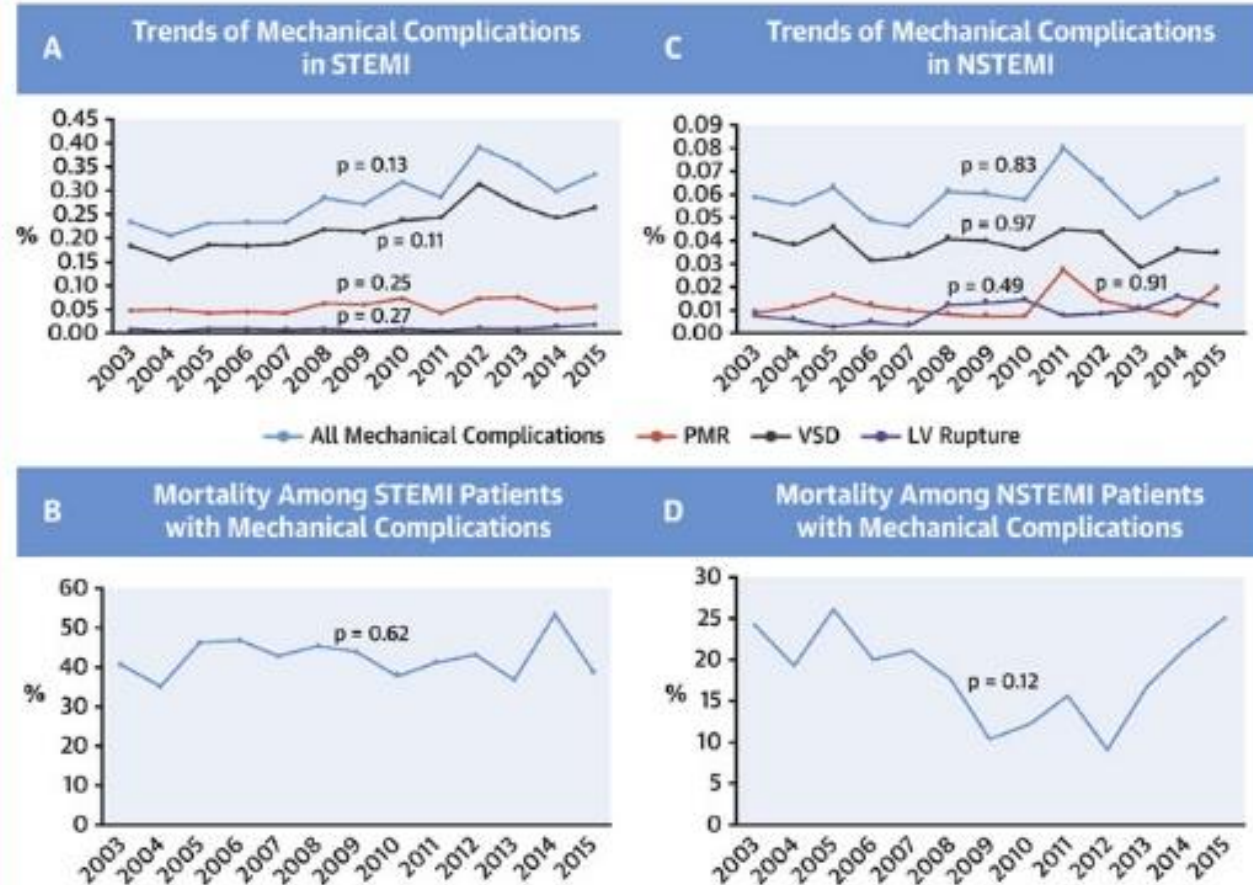
Konstante Rate der mechanischen Komplikationen:

0,27% STEMI, 0,06% NSTEMI

Konstante Rate an Mortalität:

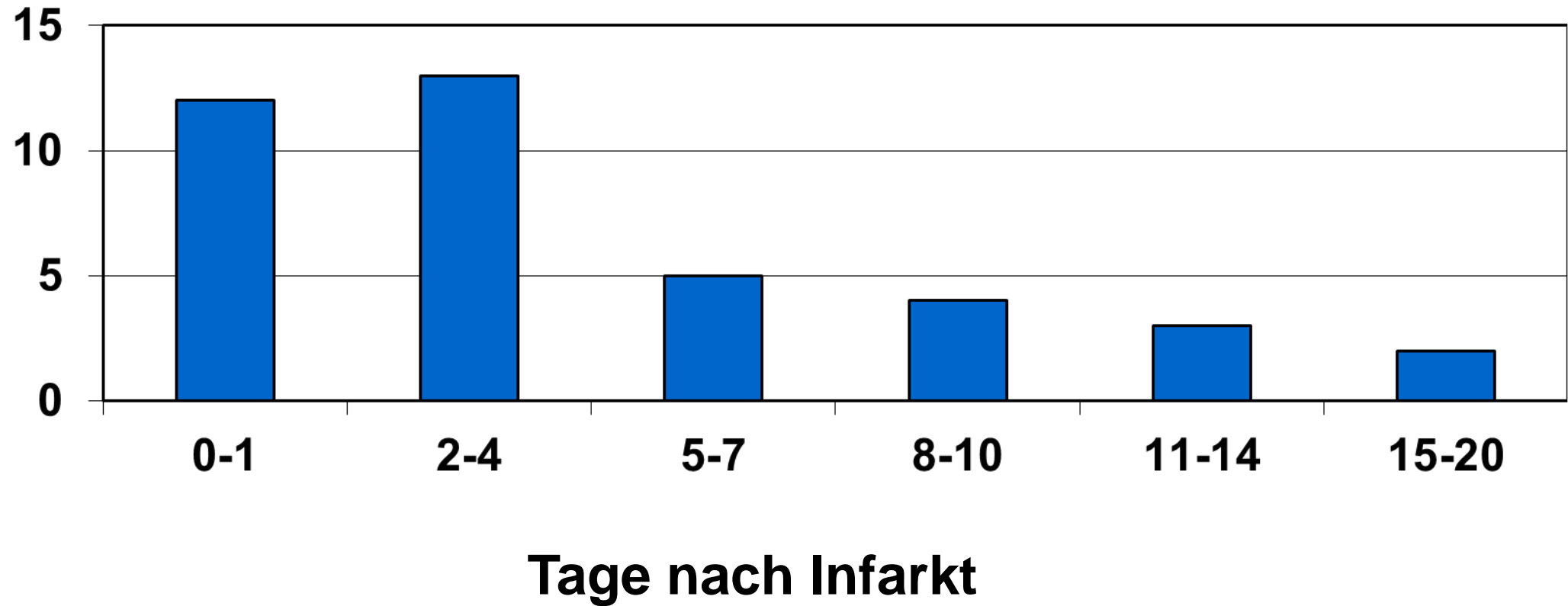
42,4% für STEMI, 18,0% für NSTEMI

**CENTRAL ILLUSTRATION: Temporal Changes in the Numbers and In-Hospital Mortality of Mechanical Complications in Patients With ST-Segment Elevation Myocardial Infarction and Those With Non-ST-Segment Elevation Myocardial Infarction**



# VSD nach Infarkt

## Zeitpunkt des Auftretens





## Westaby et al.

# Thrombolysis and post-infarction ventricular septal rupture

J Thorac Cardiovasc Surg 1992;104:1506-1509

29 Pat. (21 F, 8 M) zugewiesen wegen VSD nach Infarkt

Auftreten von VSD:

- ohne Thrombolyse (n=16): nach **sechs Tagen**
- mit Thrombolyse (n=13): nach **24 Stunden**

Operationsmortalität:

- ohne Thrombolyse: 21%
- mit Thrombolyse: 33%

## Keine Reperfusionstherapie vs Reperfusion mittels PCI <sup>1)</sup>

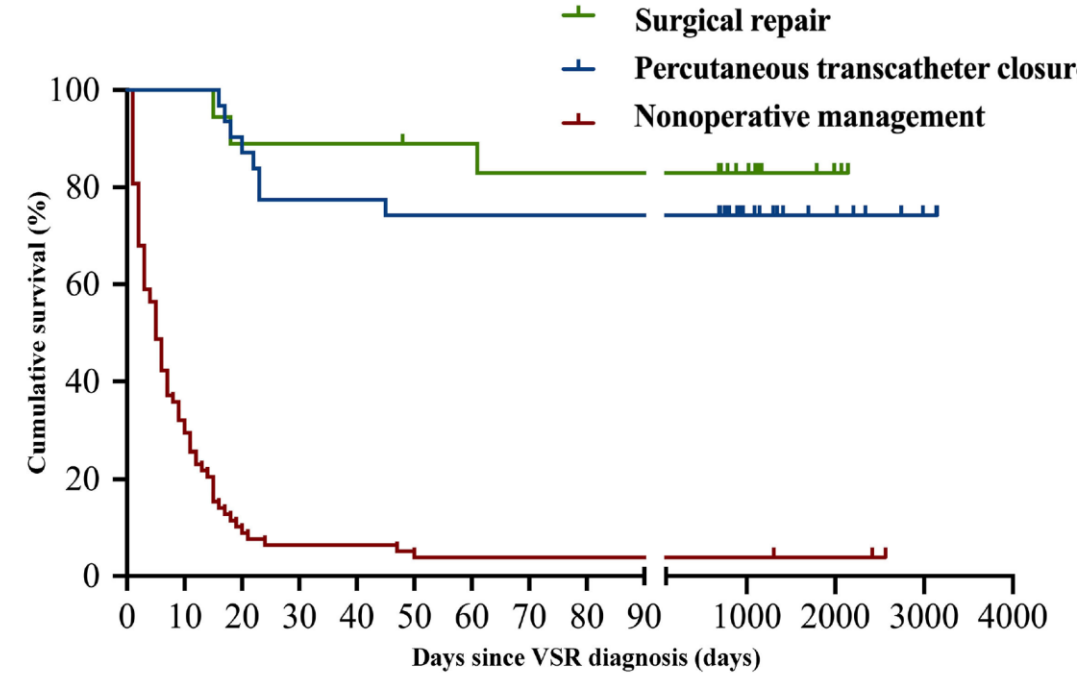
- Tendenziell früheres Auftreten der mechanischen Komplikation.
- Abnahme der Häufigkeit, aber konstant über die letzten 20 Jahre

1) Elbawadi A et al. JACC Cardiovasc Interv 2019;12:1825-36

# Natürlicher Verlauf des VSD nach Infarkt

Tod innerhalb

24 Stunden:	24%
2 Wochen:	65%
2 Monate:	81%
1 Jahr:	93%



	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	1000	2000	3000	4000
<b>Surgical repair</b>	18	18	16	16	16	15	15	14	14	14	14	14	14	14
<b>Percutaneous TCC</b>	31	31	27	24	24	23	23	23	23	23	23	23	23	23
<b>Nonoperative management</b>	78	22	7	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3

# VSD nach Infarkt

## Operative Möglichkeiten

### Alte Kontroverse 1:

- Warten für 6 Wochen, bis Infarkt geheilt
- Sofortiges Operieren

### Alte Kontroverse 2:

- Keine gleichzeitige Revaskularisation
- Gleichzeitige Bypassoperation

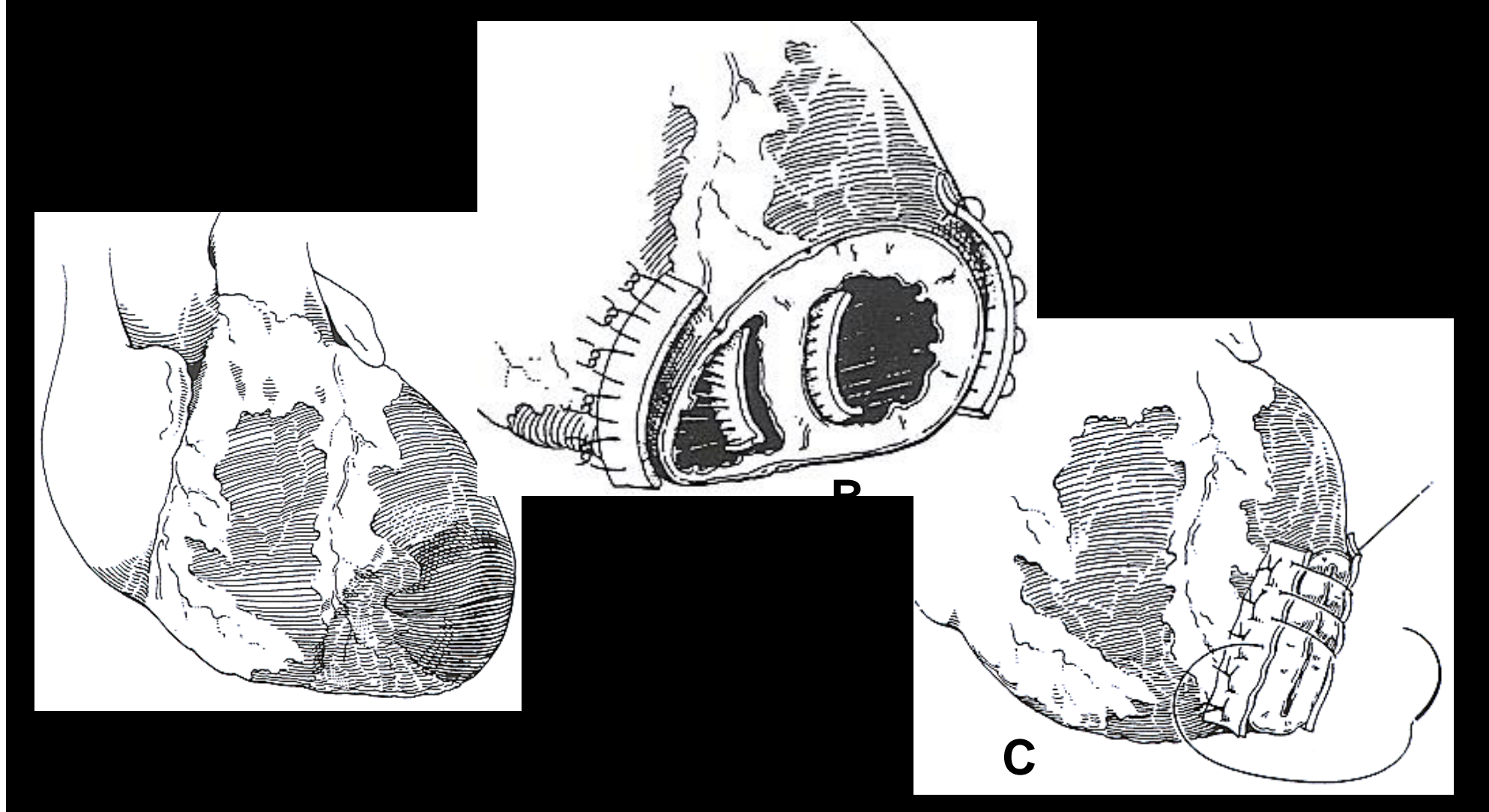
# Post-MI Ventricular Septal Rupture

Moore CA et al. Circulation 1986;74:45-55

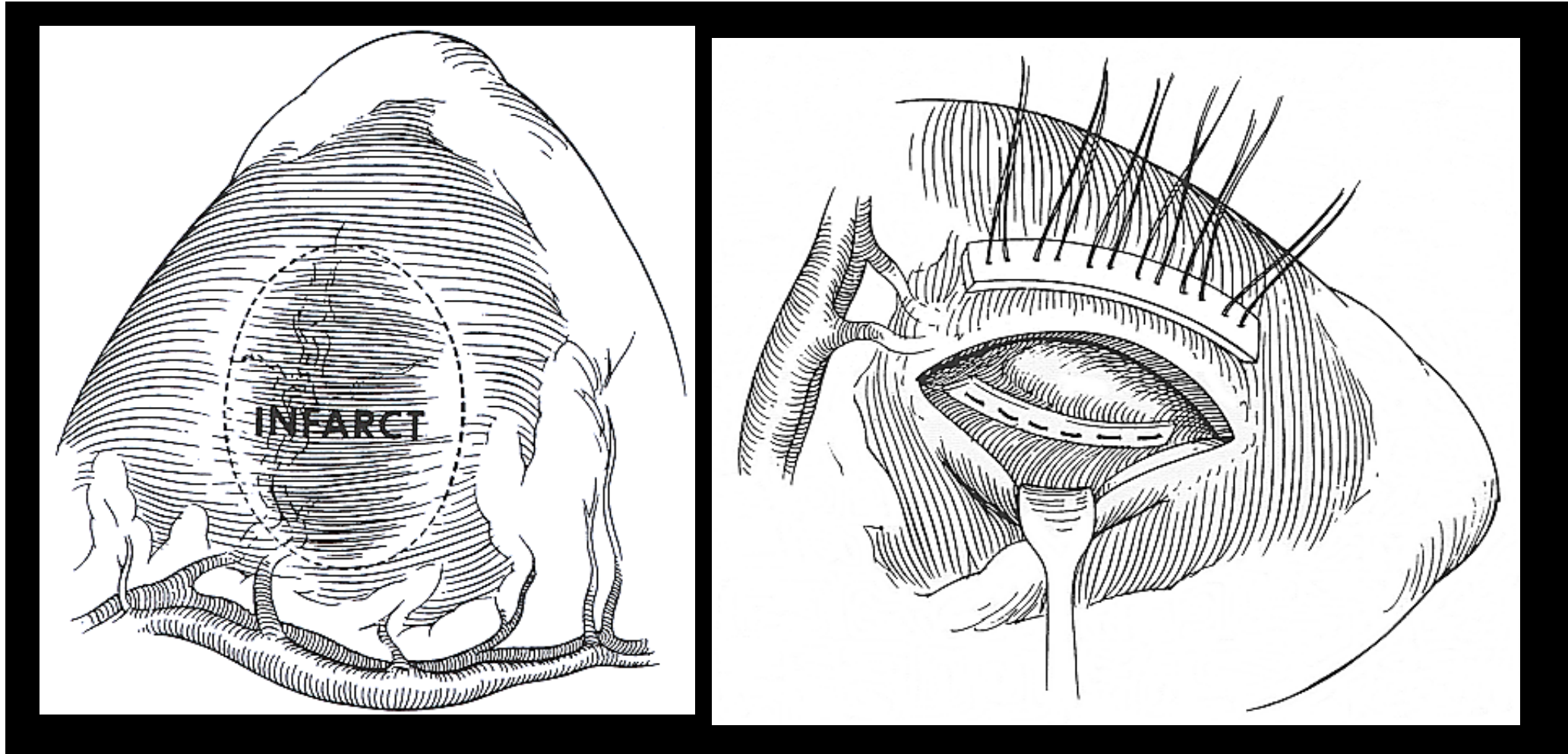
## Results of multivariate analysis predicting outcome

Variable	p-value
1. Cardiac index $\geq 1.75$ l/min/m <sup>2</sup>	0.0001
2. RV free wall septal motion	0.0029
3. Right atrial pressure $\geq 12$ mmHg	0.0094
4. VSD onset $\leq 6$ days	0.01

# Repair of Apical Ventricular Septal Defect



# Repair of Inferiorly Based VSD



# VSD nach Infarkt

## Operative Möglichkeiten

- Zunehmende operative Schwierigkeit für
  - anteriore
  - apikale
  - infero-posteriore VSD
- Operative Mortalität
  - anterior 25%
  - apikal 20-30%
  - infero-posterior 35-50%
- Langzeitprognose:
  - 75% 5-Jahres-Überleben bei gleichzeitigem Bypass
  - weniger als 50% 5-Jahres-Überleben ohne gleichzeitige Revaskularisation

# Surgical Treatment of Postinfarction Ventricular Septal Defect

475 Patienten

**Kardiogener Schock: 212 (44.6%)**

**Frühe Mortalität: 192 (40,4%)**

Keine Verbesserung in den  
letzten 20 Jahren

Variable	Patients, No. (%)			P value
	All (N = 475)	Survived (n = 283)	Died (n = 192)	
VSR site <sup>a</sup>				
Anterior and apical	235 (53.9)	149 (58.7)	86 (47.3)	.02
Posterior	201 (46.1)	105 (41.3)	96 (52.7)	
Concomitant postinfarction mechanical complications	25 (5.3)	13 (4.6)	12 (6.3)	.43
Repair technique <sup>b</sup>				
Infarct exclusion	78 (17.4)	50 (19.1)	28 (15)	.26
Other techniques	371 (82.6)	212 (80.9)	159 (85)	
CPB time, median (IQR), min	137.0 (104.0-181.0)	128.0 (98.0-169.5)	152.5 (118.8-192.5)	.001
ACC time, median (IQR), min	90.0 (69.0-115.0)	85.0 (67.3-112.8)	95.5 (73.3-121.8)	.01
Concomitant CABG	235 (49.5)	144 (50.9)	91 (47.4)	.46
Other concomitant procedures				
FWR or PMR repair	21 (4.4)	12 (4.2)	9 (4.7)	.82
Other procedures	76 (16.0)	48 (17.0)	28 (14.6)	.49
Postoperative inotropes	364 (76.6)	213 (75.3)	151 (78.6)	.39
Postoperative IABP	303 (63.8)	163 (57.6)	140 (72.9)	.001
Postoperative ECMO	65 (13.7)	23 (8.1)	42 (21.9)	<.001
Rethoracotomy for bleeding <sup>c</sup>	51 (11.1)	20 (7.1)	31 (17.6)	<.001
Recurrent or residual VSR <sup>c</sup>	59 (12.9)	33 (11.7)	26 (14.8)	.33
Requiring reoperation	25 (5.4)	15 (5.3)	10 (5.7)	.86
Not requiring reoperation	34 (7.4)	18 (6.4)	16 (9.1)	.28



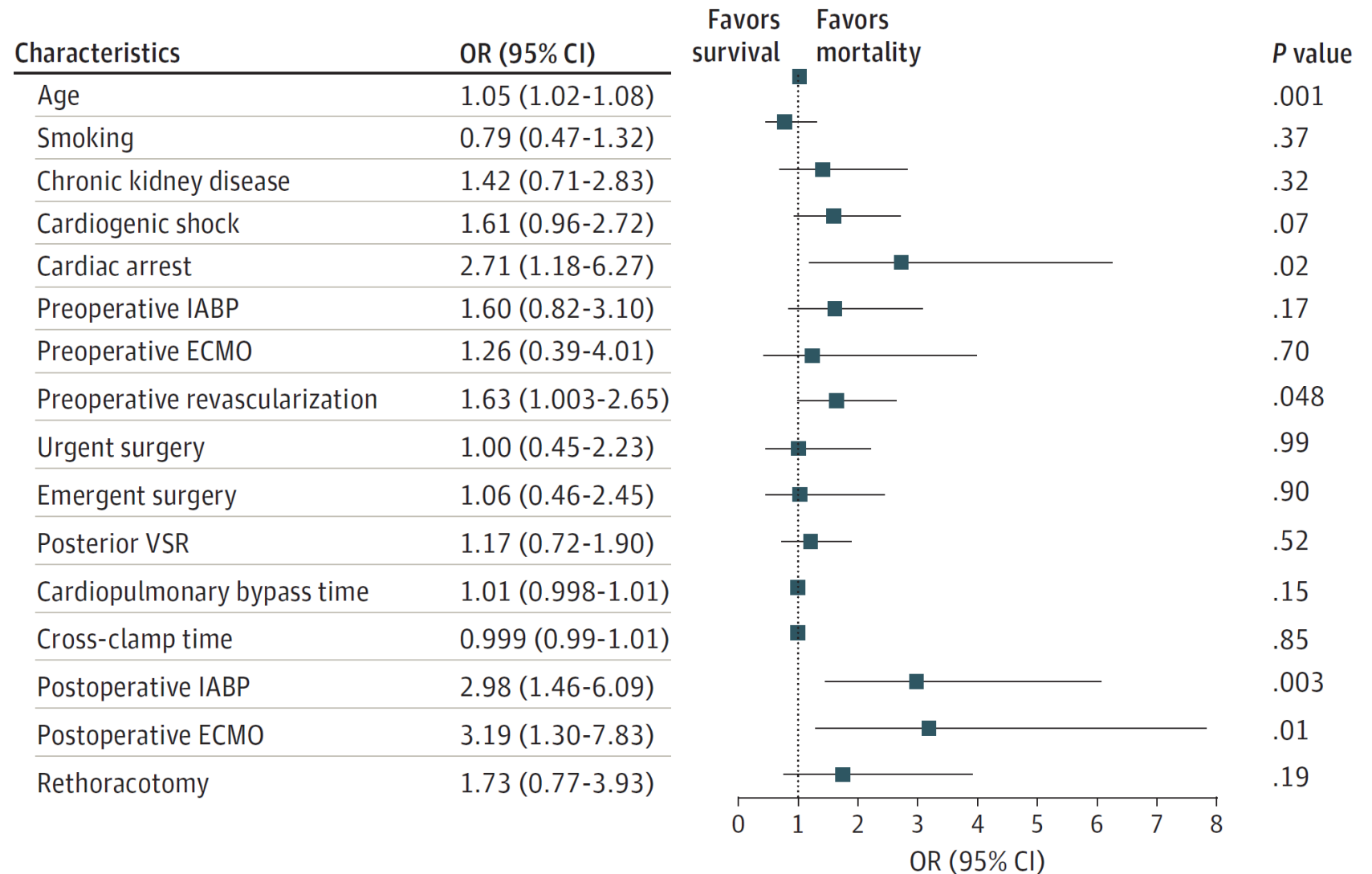
# Surgical Treatment of Postinfarction Ventricular Septal Defect

475 Patienten

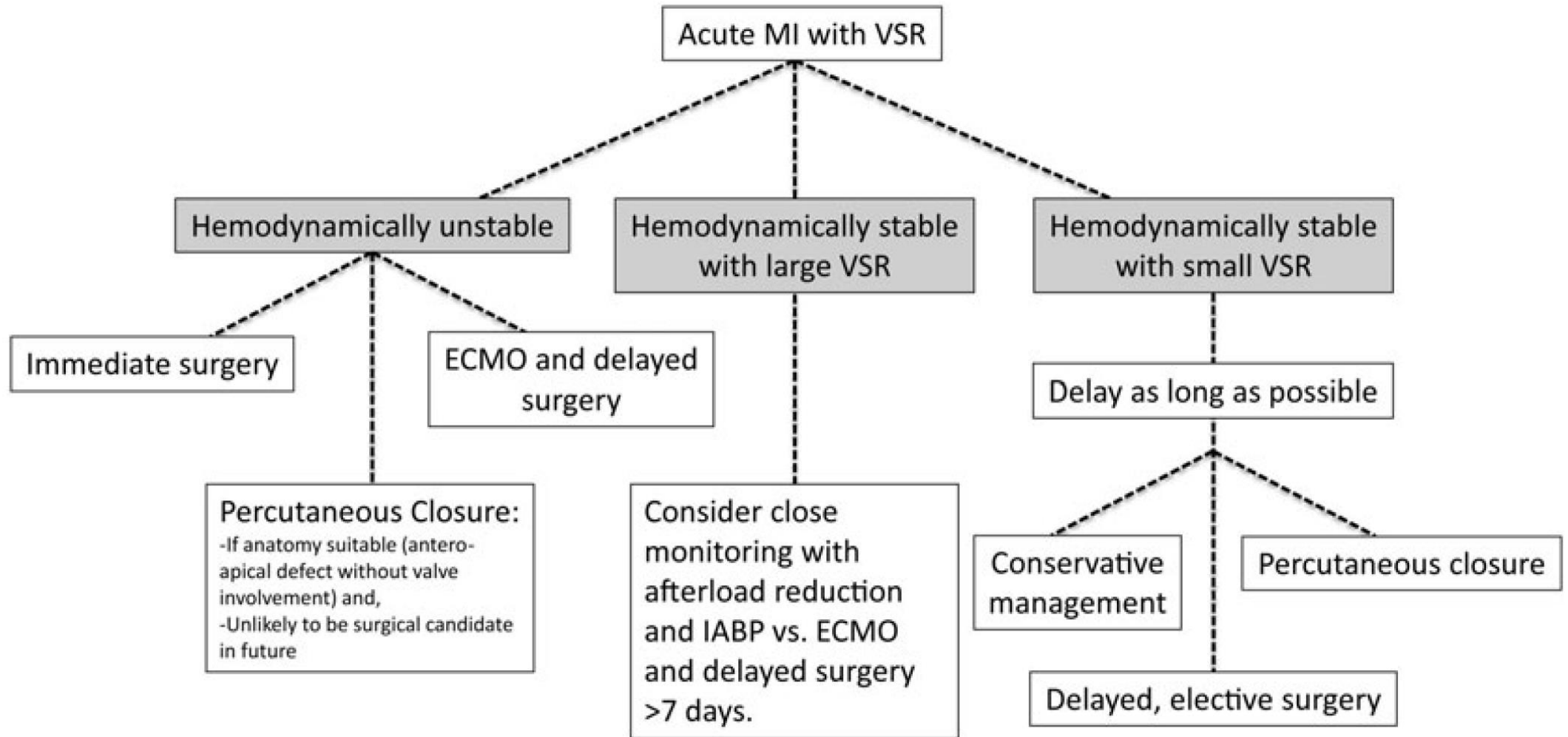
**Kardiogener Schock: 212 (44.6%)**

**Frühe Mortalität: 192 (40,4%)**

Keine Verbesserung in den letzten 20 Jahren

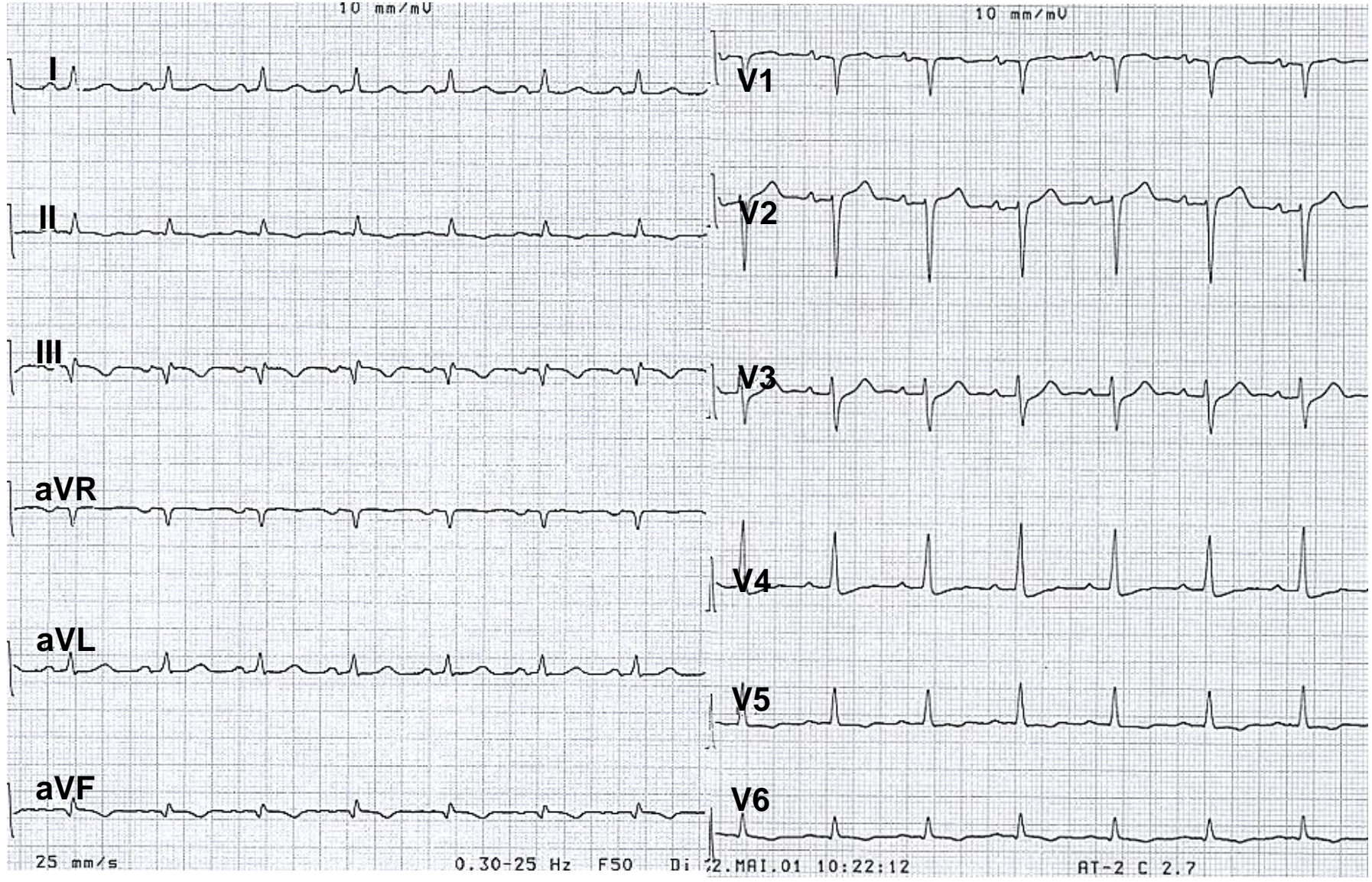


# Ein multidisziplinärer Zugang zur Behandlung des VSD nach Myokardinfarkt

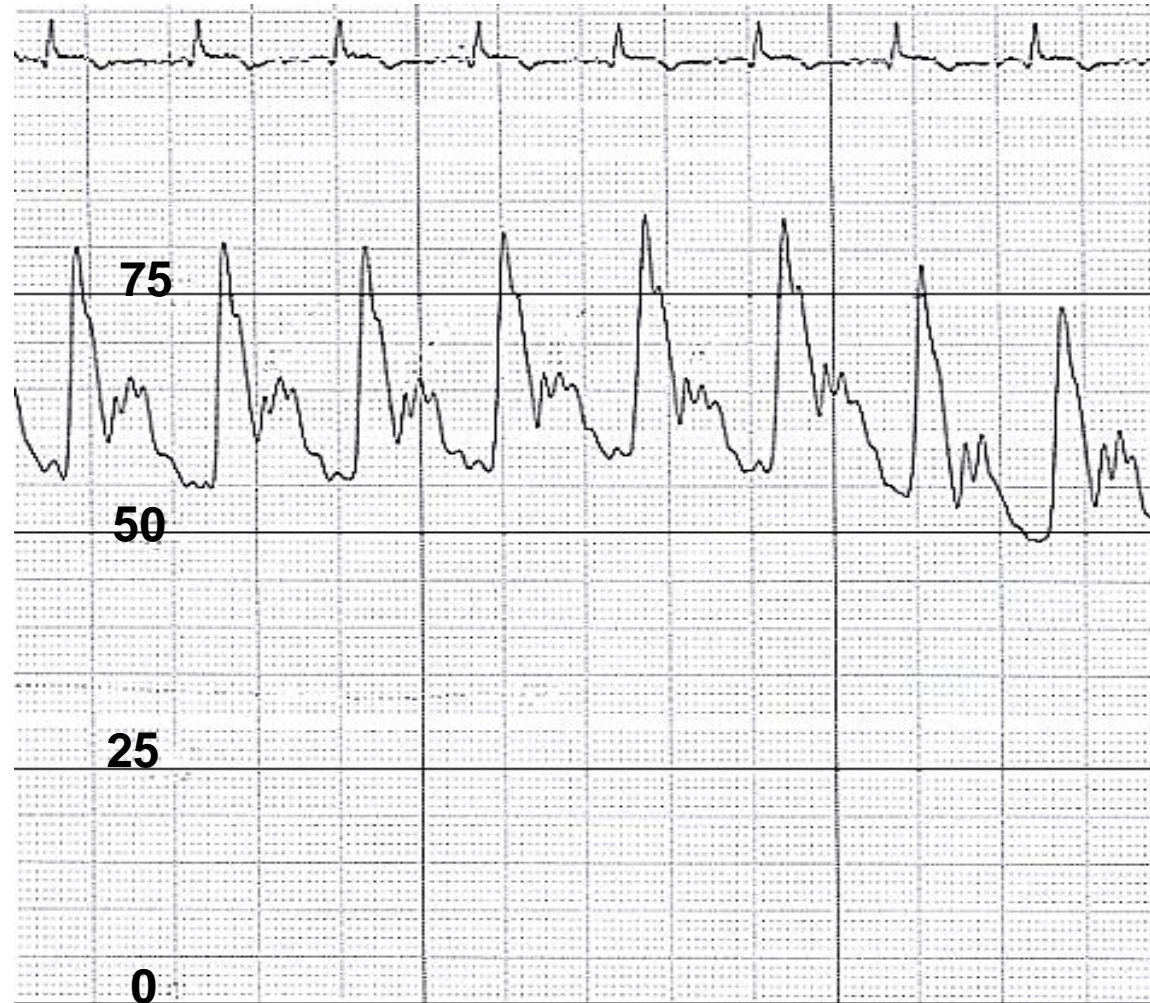


## 54-jähriger Mann mit inferolateralem Myokardinfarkt

02.05.2001	Thoraxschmerzen beim Radfahren, Übelkeit, Erbrechen
03.05.2001	Spitaleinweisung. Infero-lateraler Myokardinfarkt Schmerzfrei nach Morphium Linksherzinsuffizienz
Echo	Leicht eingeschränkte LV-Funktion bei inferiorer Akinesie Mittelschwere Mitralinsuffizienz
Zunehmend hämodynamische Verschlechterung	
14.05.2001	Zuweisung zur Koronarographie

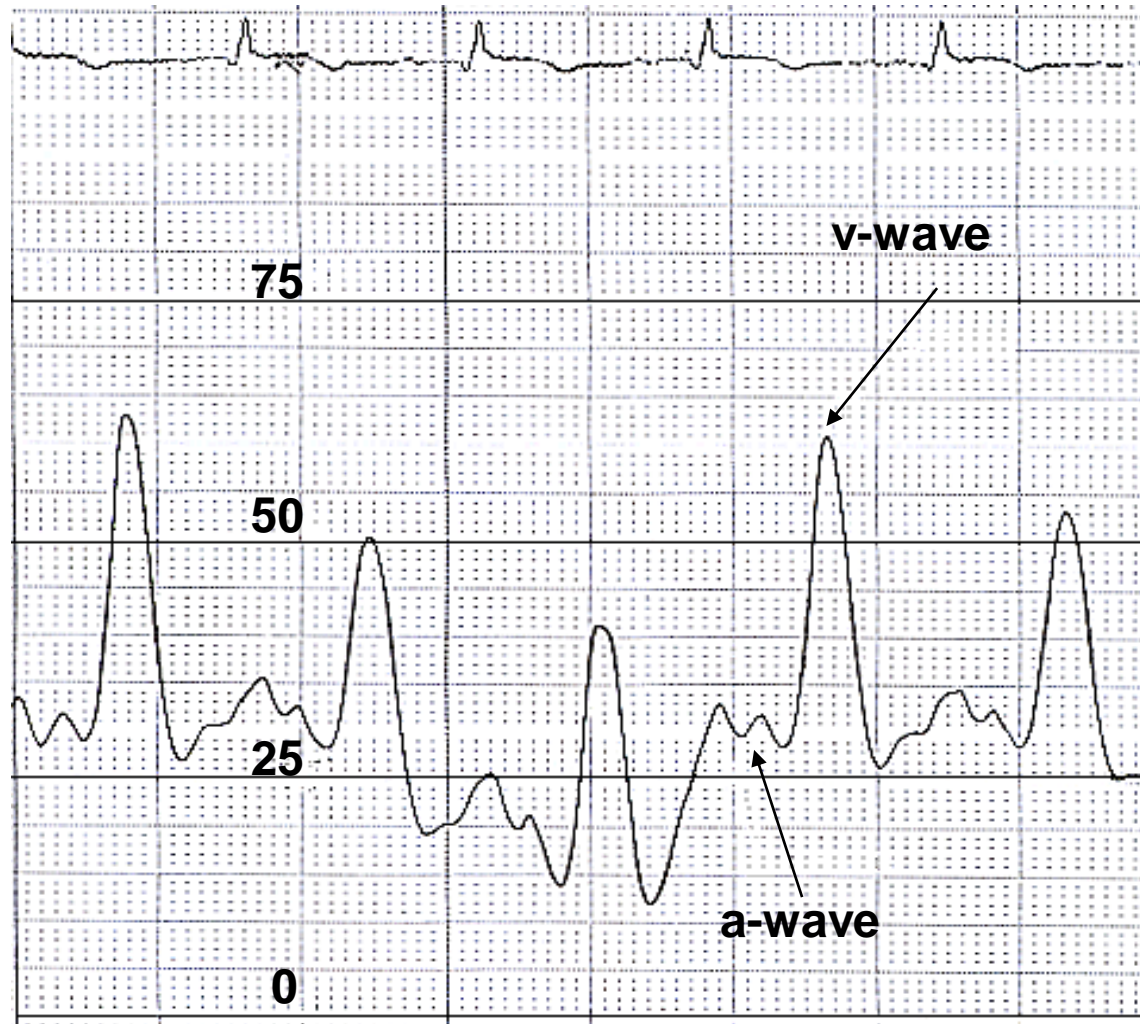


# Druckkurve Aorta



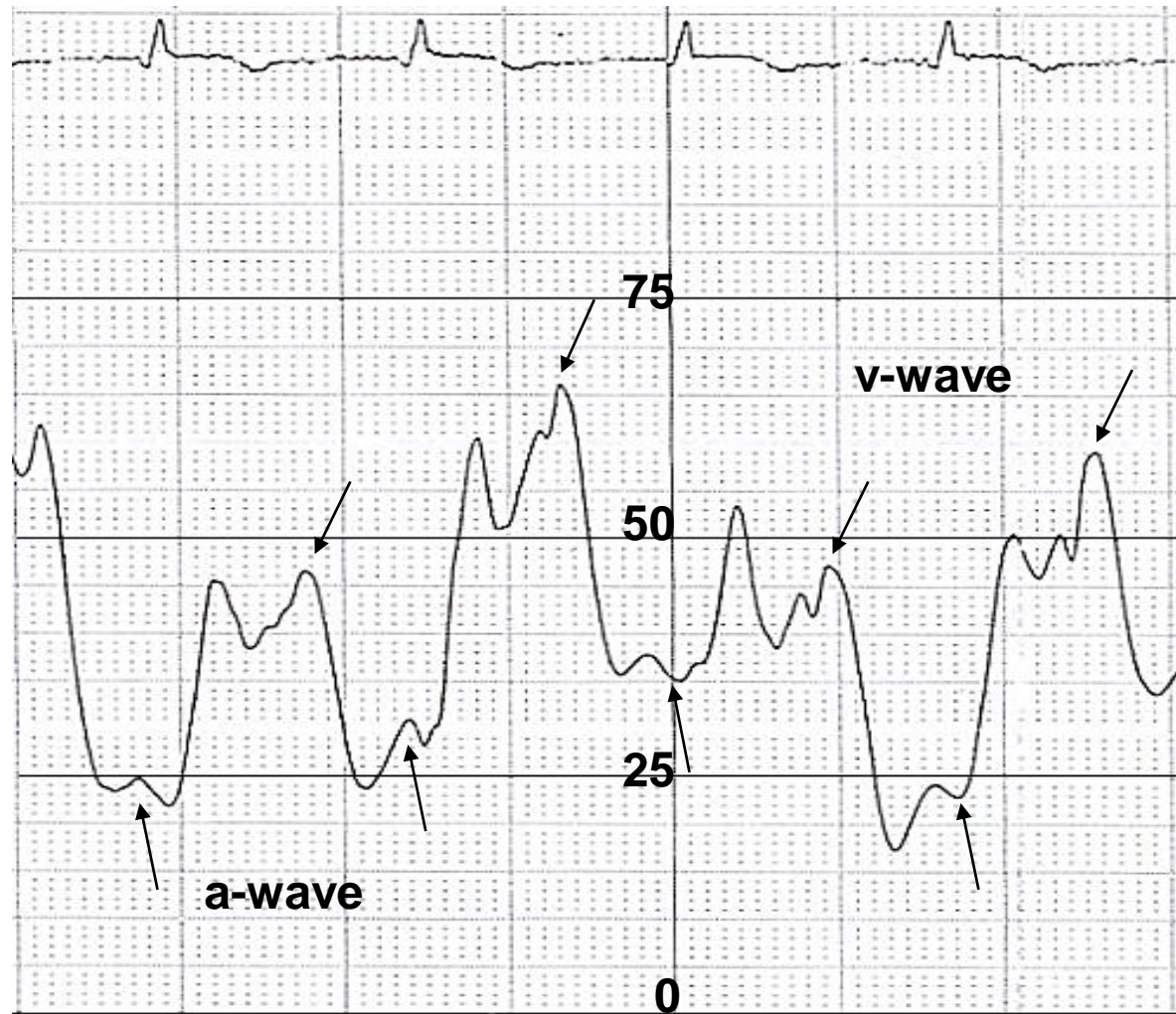
E.G. 1946

# Pulmonary Capillary Wedge Pressure



E.G. 1946

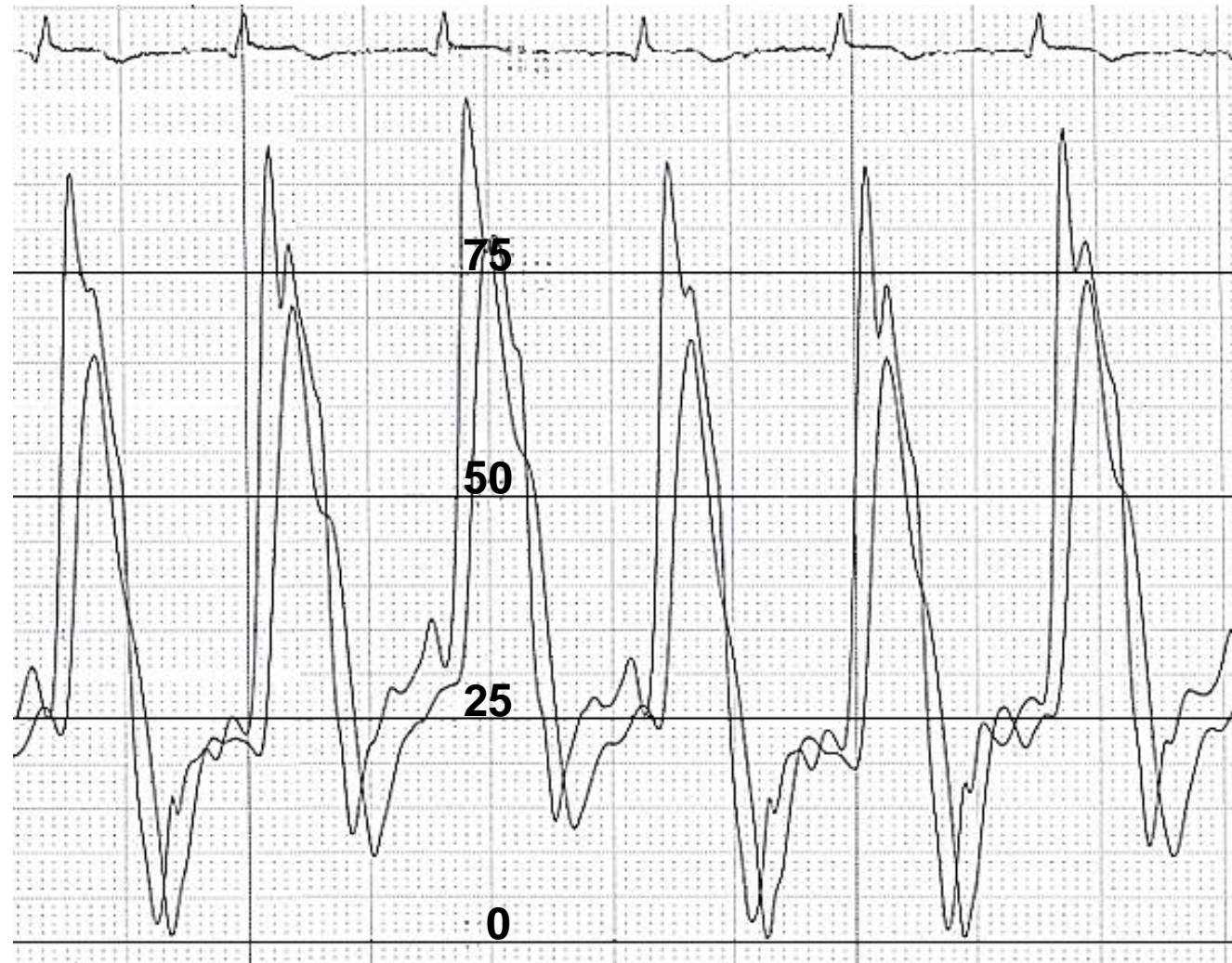
# Druckkurve Arteria Pulmonalis



E.G. 1946

14.05.01

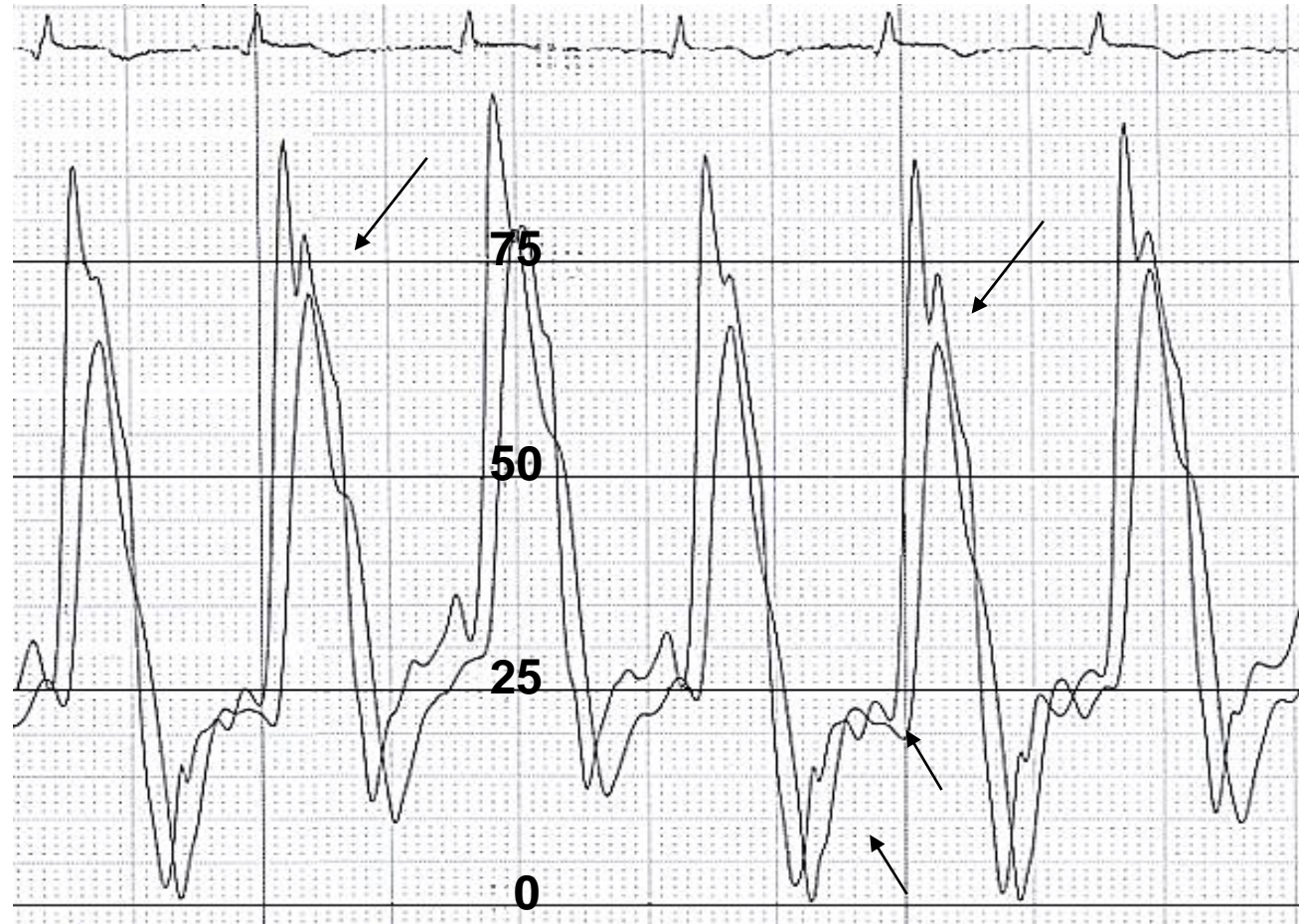
# LV und RV Druckkurve



E.G. 1946



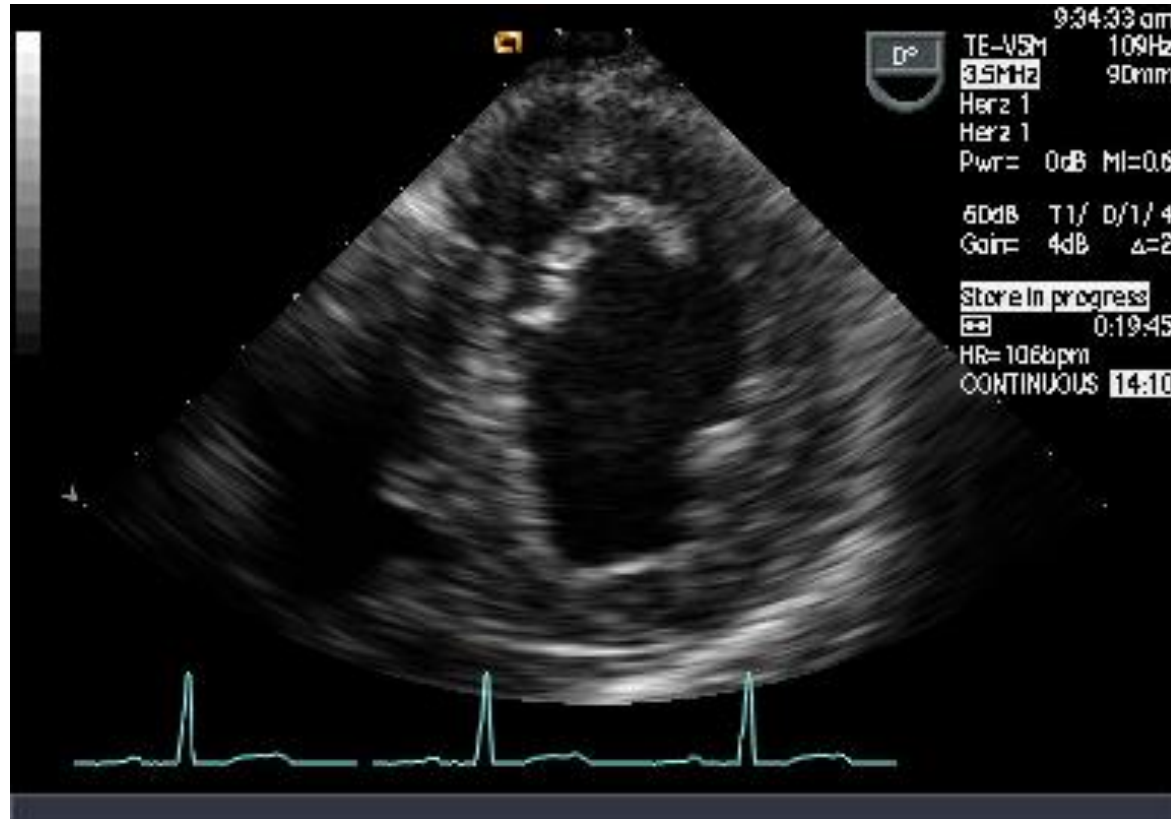
# LV und RV Druckkurve

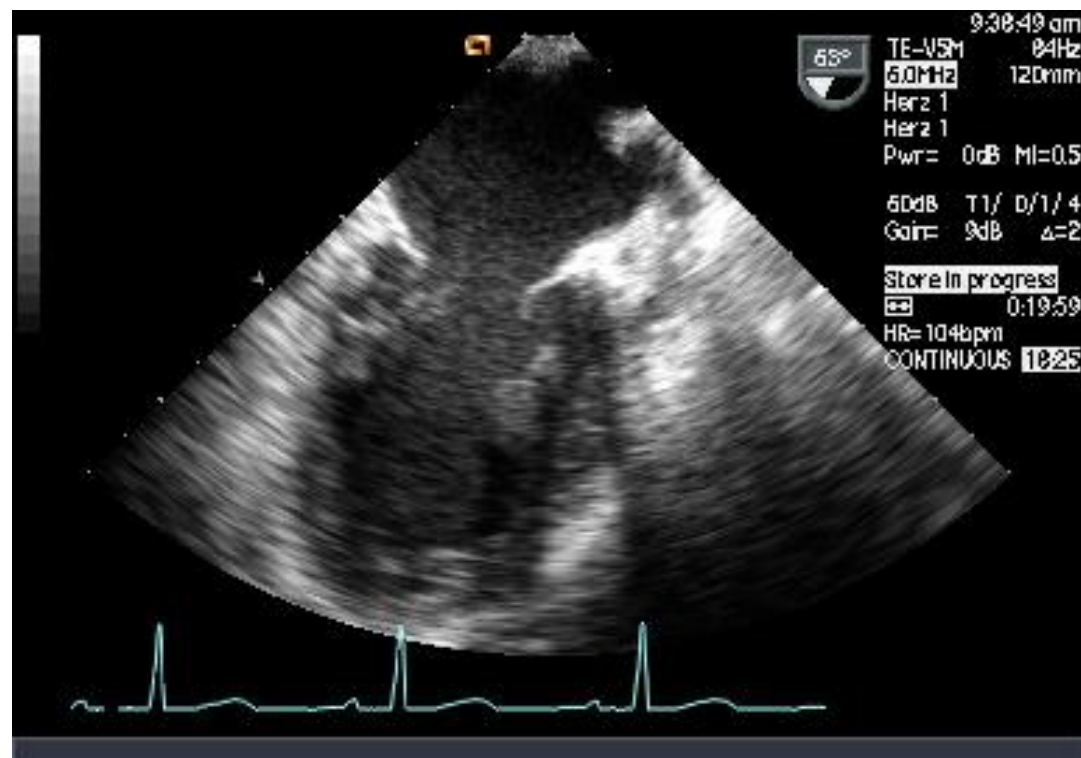


E.G. 1946

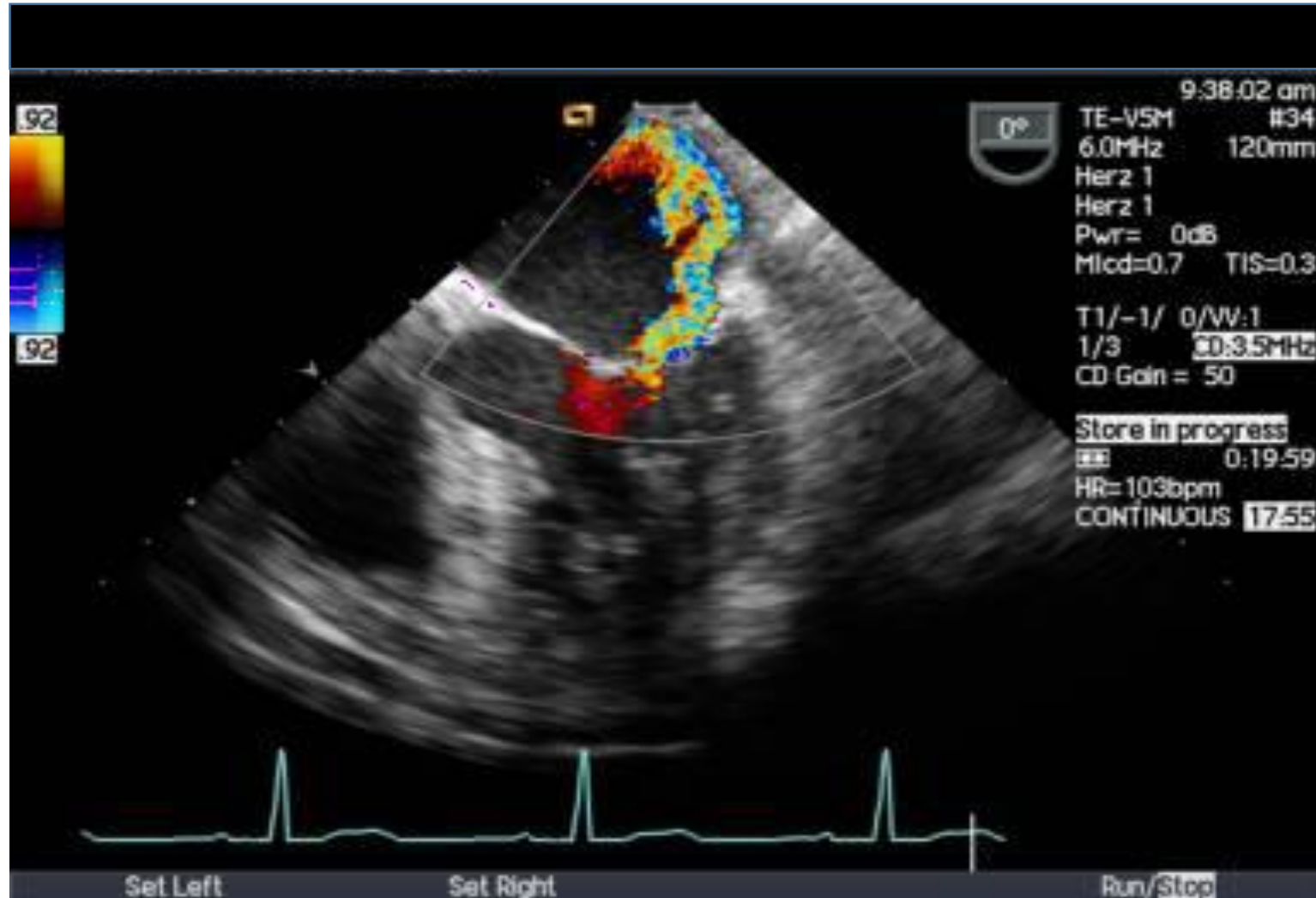
- Rapid decrease of LV systolic pressure
- Dip-Plateau of RV and LV
- Equalization of diastolic pressures

# Schwere Mitralinsuffizienz nach Myokardinfarkt





# Schwere Mitralinsuffizienz nach Myokardinfarkt



# Papillarmuskelabriss

## Klinische Symptomatik

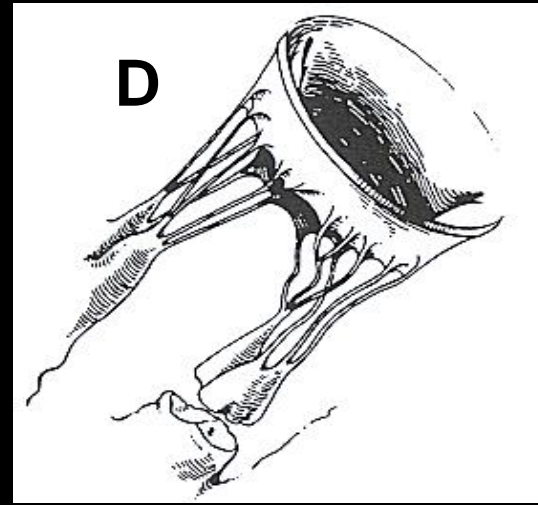
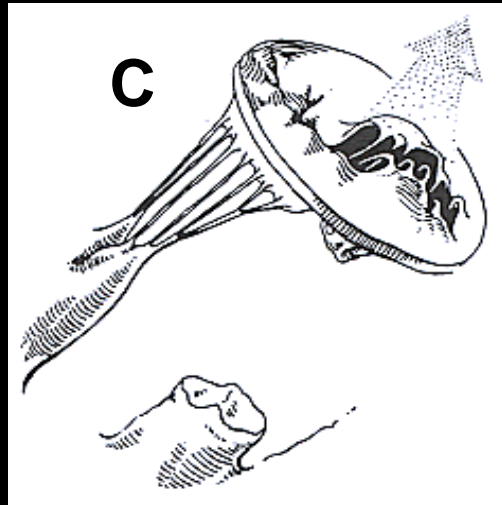
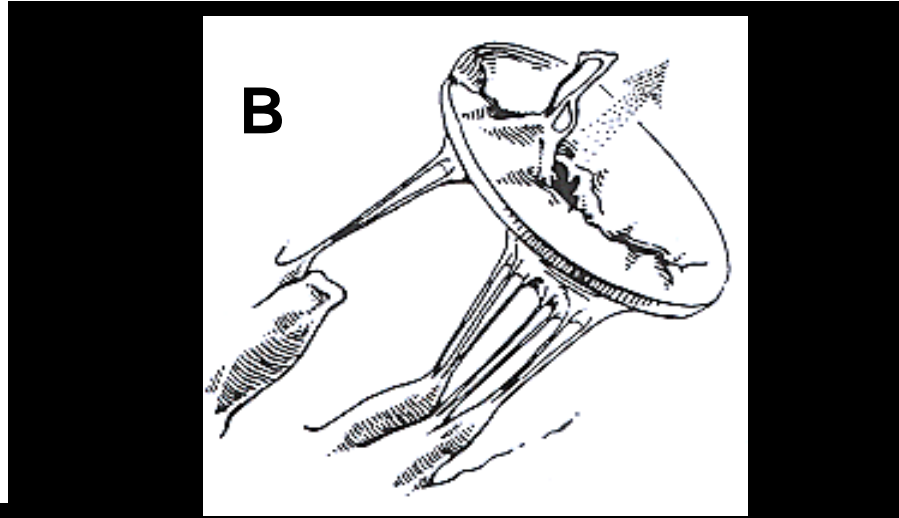
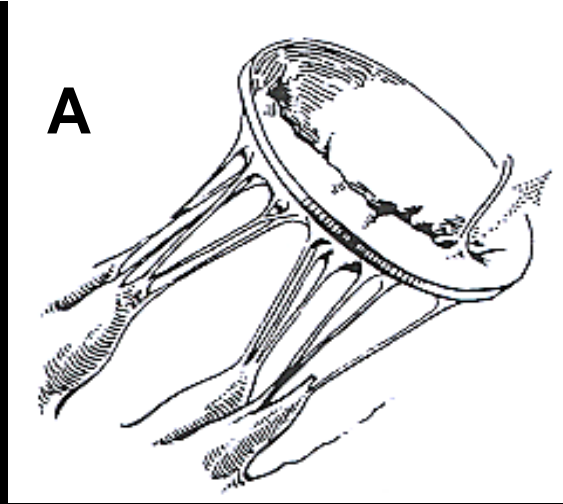
- Neues lautes holosystolisches Geräusch über Apex, in Axilla ausstrahlend
  - Gelegentlich: Stille, schwere Mitralinsuffizienz
- Hämodynamische Verschlechterung
  - Linksherzversagen, Lungenödem
  - Kardiogener Schock
- Rechtsherzkatheter
  - PCWP: Ausgeprägte V-Welle
  - Erhöhter RV Druck

# Papillarmuskelabriss

## Diagnose

- Klinische Präsentation
- Echokardiografie
  - **TTE** wegen Tachykardie und möglichem schnellen Druckausgleich LV zu LA kein eindrückliches Dopplersignal und damit ev. keine sichere Darstellung der akuten schweren Mitralinsuffizienz möglich
  - **TEE** Bildgebung der Wahl um Papillarmuskelabriss zu diagnostizieren
- Herzkatheter
  - Linksventrikuläre Funktion, Hämodynamik, Koronarangiographie

# Mitral Regurgitation after Myocardial Infarction due to Papillary Head Rupture



# Papillarmuskelabriss

## Pathologie

- **Postero-medialer Papillarmuskel**
  - 5-10x häufiger betroffen als antero-lateraler
  - Infero-lateral = häufigste Infarktlokalisierung
  - 50% kleine subendokardiale Infarkte
  - 50% totale, 50% partielle Abrisse
- **Antero-lateraler Papillarmuskel**
  - Häufig anteriore Infarkte
  - Häufiger totaler Abriss

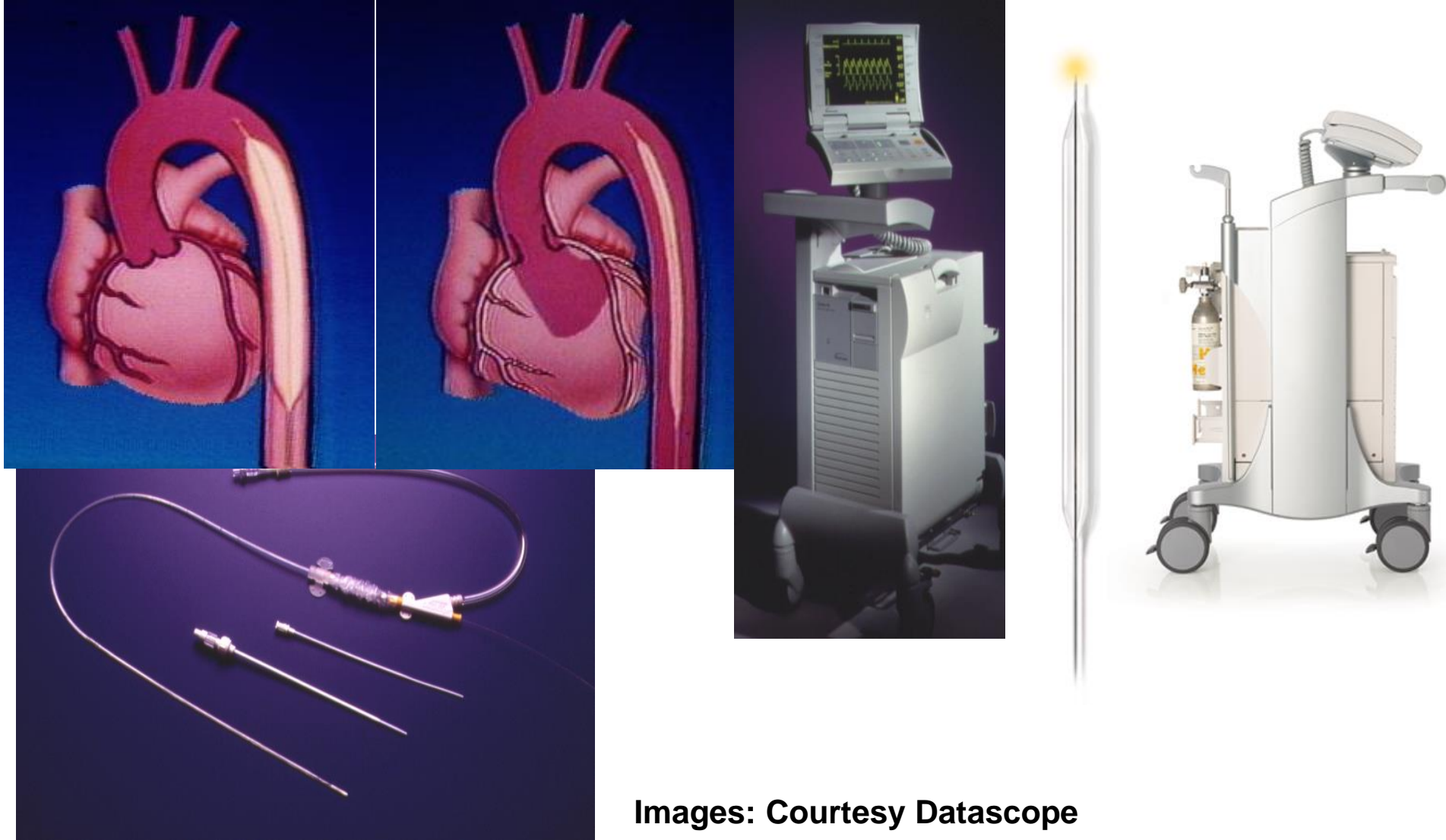


# Papillarmuskelabriss

## Therapie

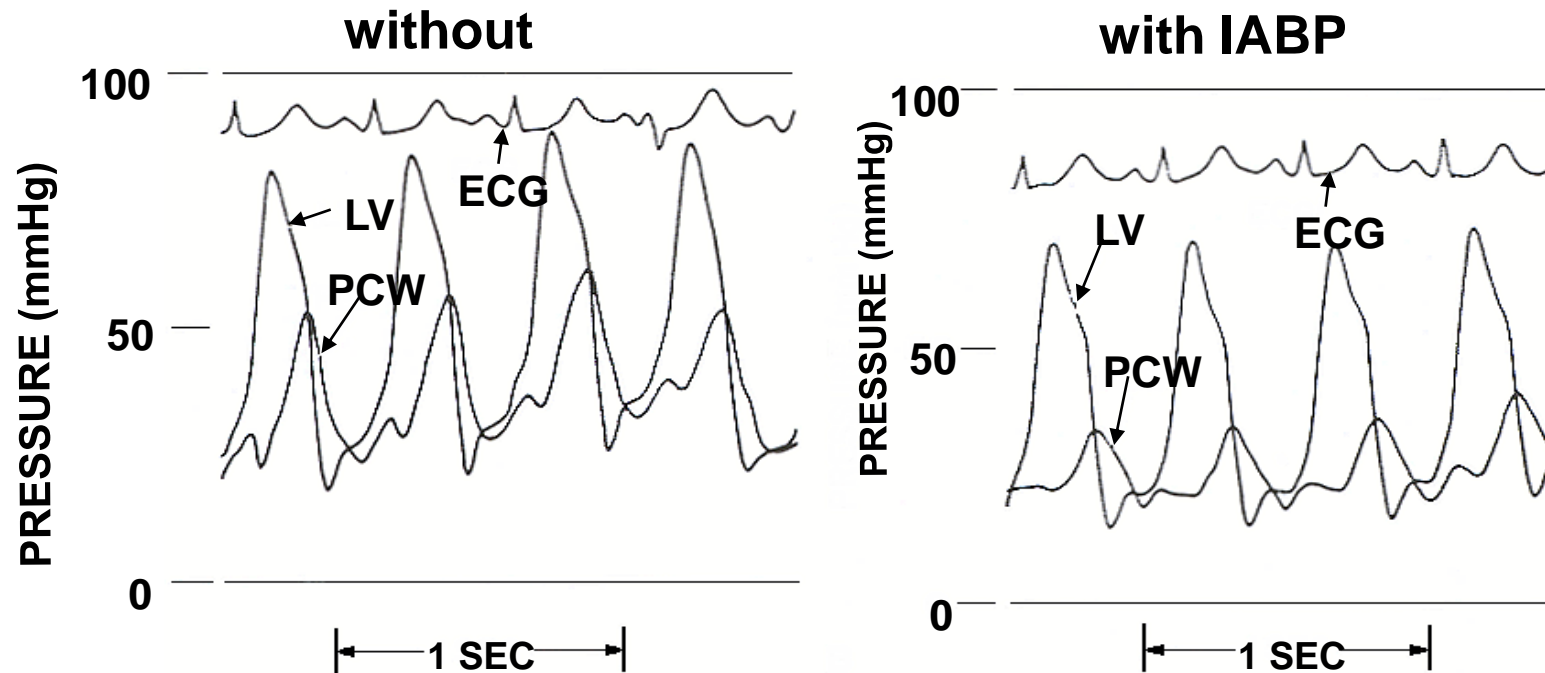
- Medikamentöse
  - Vorlast senken
    - Lasix i.v.
  - Nachlast senken
    - Vasodilatation mit Dobutamin, Perlinganit, Nitroprussid
    - IABP, Impella
  - Intubation
- Chirurgisch
  - Akuter Klappenersatz/-rekonstruktion

# IABP



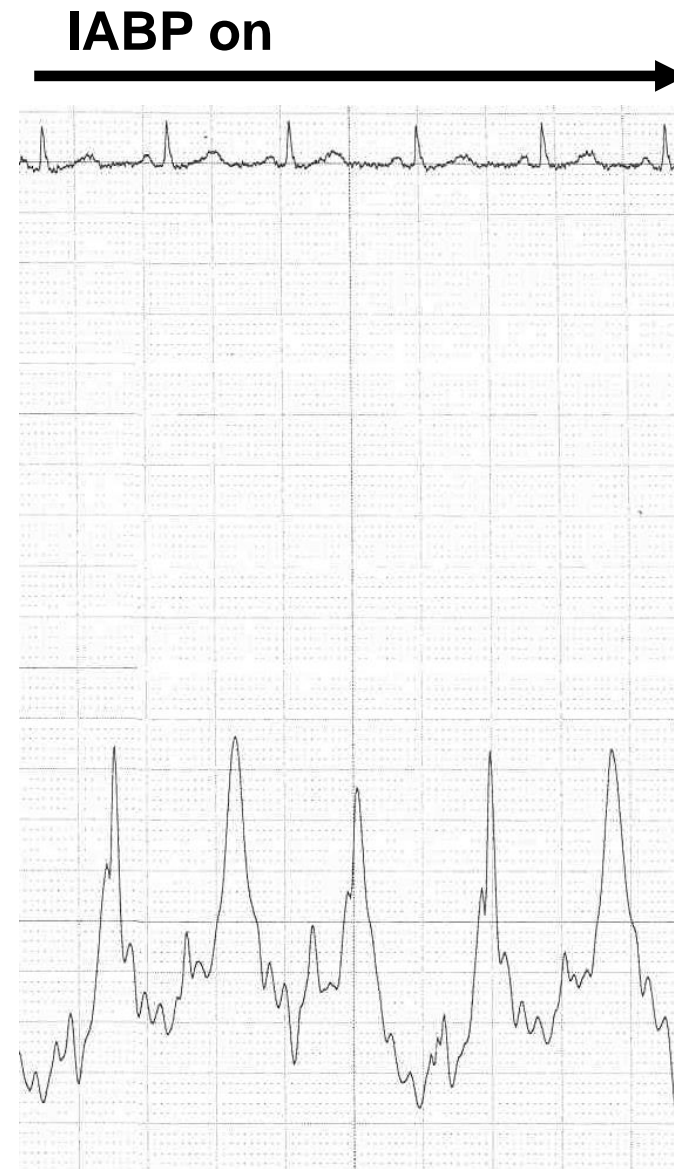
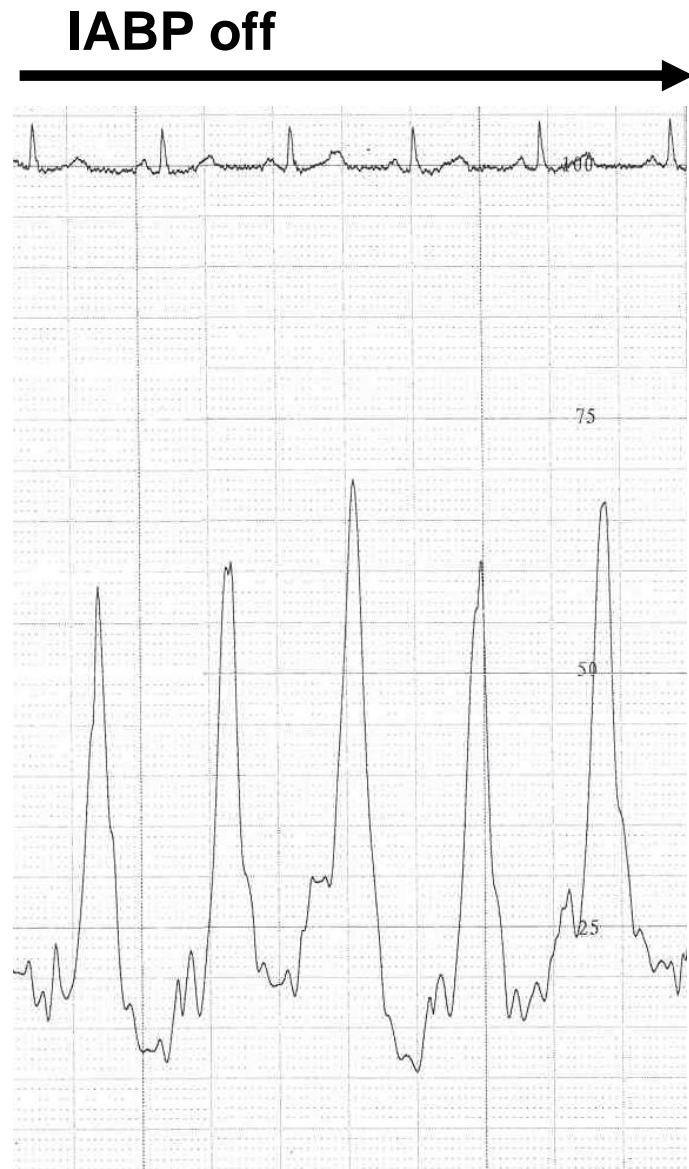
Images: Courtesy Datascope

# Effect of IABP in Acute Mitral Insufficiency



- Decrease of LV Filling Pressure = Decrease of Preload
- Decrease of Preload Reserve
- Decrease of Afterload = Decrease of LV Systolic Pressure

# Effect of IABP on PCWP in Acute MR



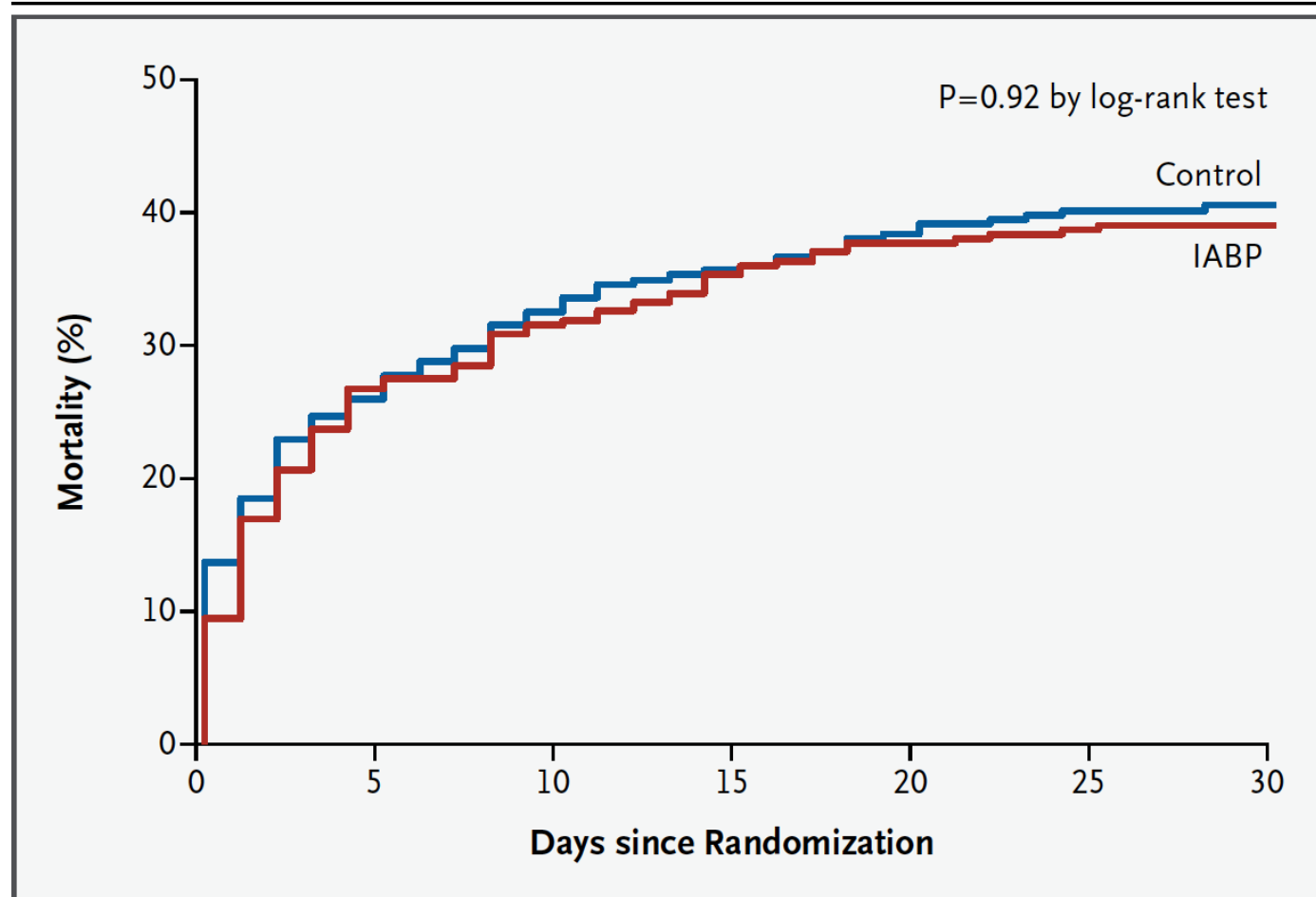
75

50

25

0

# Keine Verbesserung der Mortalität durch IABP im kardiogenen Schock: IABP SHOCK II Trial

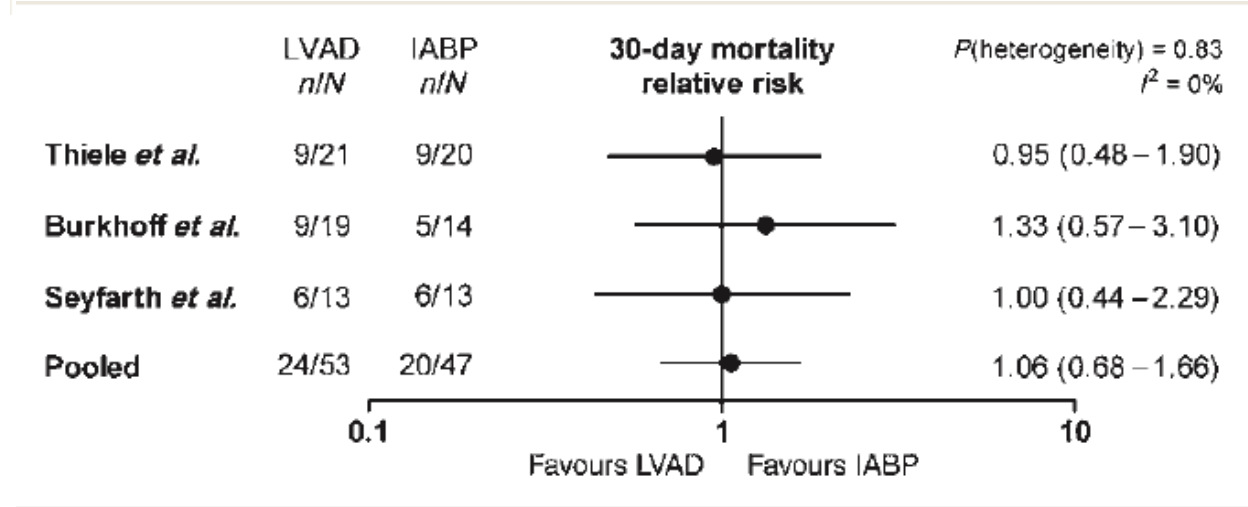
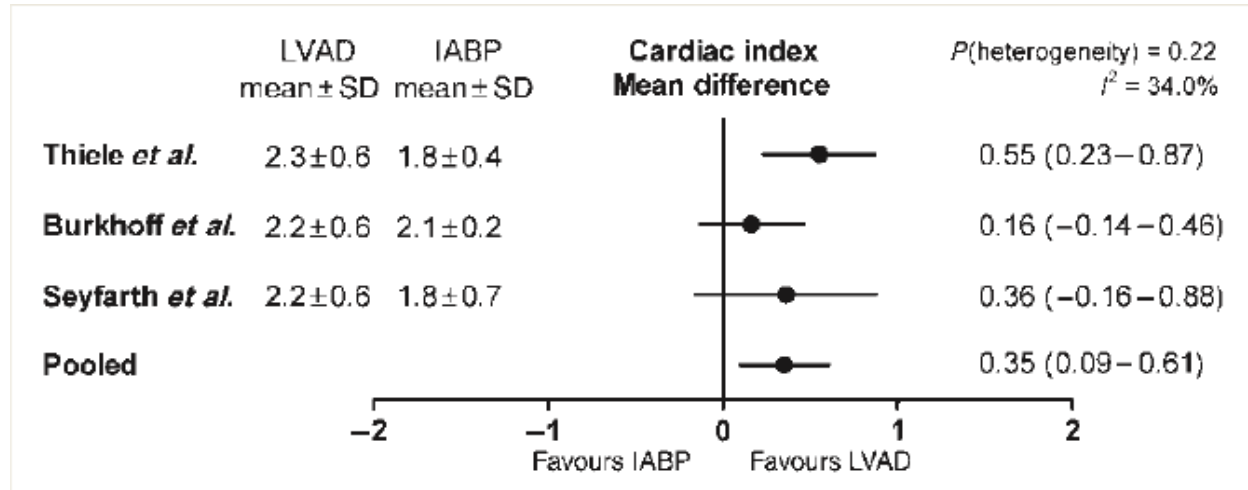
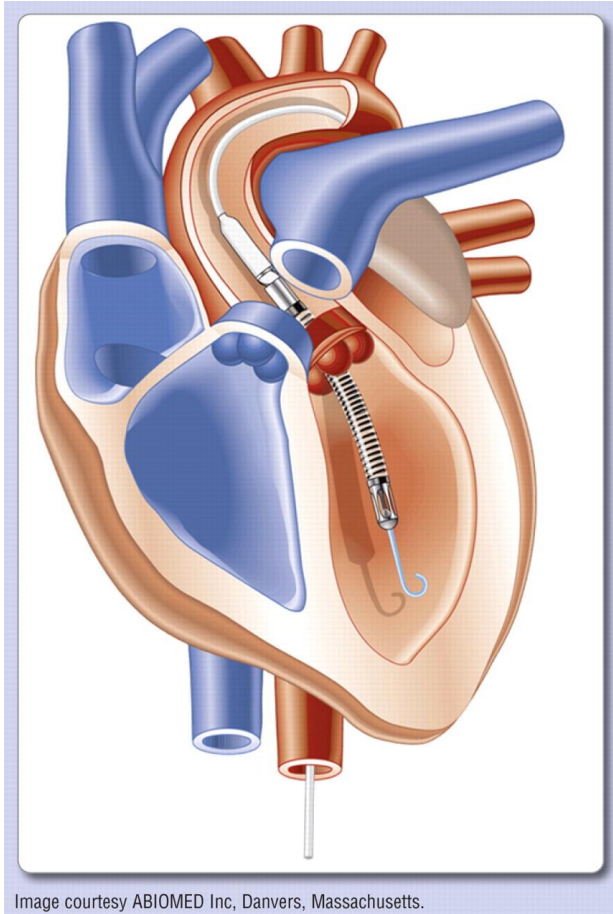


# Kein Nutzen von IABP im Kardiogenen Schock: IABP SHOCK II Trial

**Wichtig: Mechanische Komplikationen waren ausgeschlossen**

Outcome	IABP (N = 300) <i>number (percent)</i>	Control (N = 298) <i>number (percent)</i>	P Value	Relative Risk with IABP (95% CI)
Primary end point: all-cause mortality at 30 days	119 (39.7)	123 (41.3)	0.69	0.96 (0.79–1.17)
Reinfarction in hospital	9 (3.0)	4 (1.3)	0.16	2.24 (0.70–7.18)
Stent thrombosis in hospital	4 (1.3)	3 (1.0)	0.71	1.32 (0.30–5.87)
Stroke in hospital	2 (0.7)	5 (1.7)	0.28	0.40 (0.08–2.03)
Ischemic	2 (0.7)	4 (1.3)	0.45	0.49 (0.09–2.71)
Hemorrhagic	0	1 (0.3)	0.50	—
Peripheral ischemic complications requiring intervention in hospital	13 (4.3)	10 (3.4)	0.53	1.29 (0.58–2.90)
Bleeding in hospital*				
Life-threatening or severe	10 (3.3)	13 (4.4)	0.51	0.76 (0.34–1.72)
Moderate	52 (17.3)	49 (16.4)	0.77	1.05 (0.74–1.50)
Sepsis in hospital	47 (15.7)	61 (20.5)	0.15	0.77 (0.54–1.08)

# Increased Cardiac Index, but no Mortality Benefit with LVAD Compared to IABP







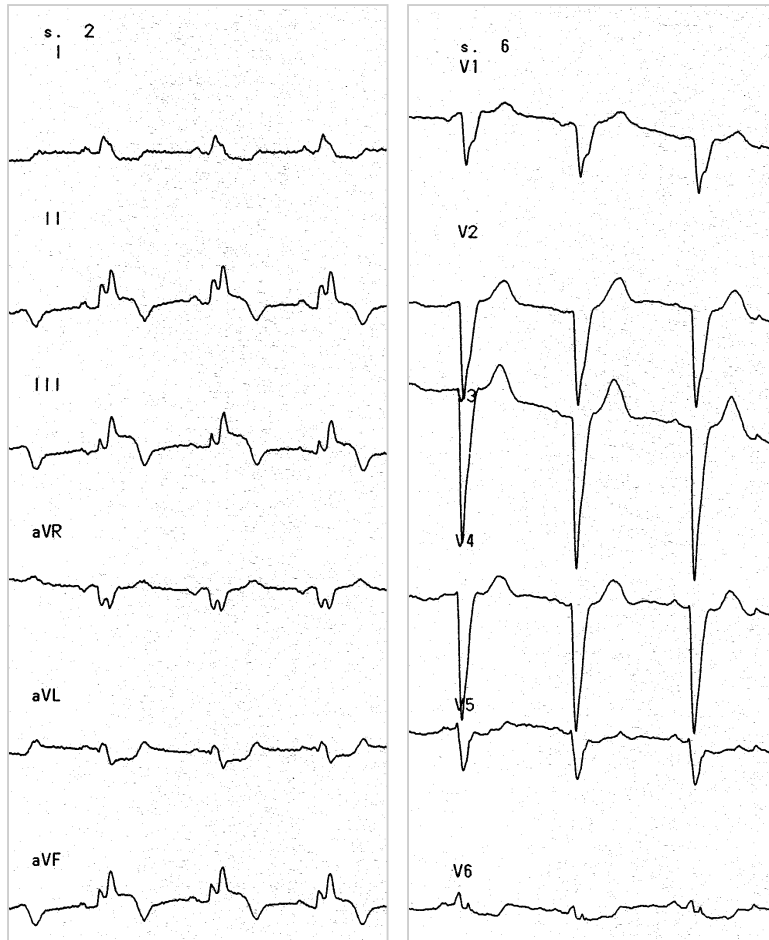
# Papillarmuskelabriss

## Operative Möglichkeiten

- Mitralklappenersatz
- Mitralklappenrekonstruktion
- Gleichzeitige Bypass-Operation
  
- MKE plus Bypass: 20% Mortalität
  
- Langzeitresultate nach erfolgreicher Operation:
  - 75% 5-Jahres-Überleben für MKE
  - 85-90% 5-Jahres-Überleben für Rekonstruktion

# Cardiac Rupture

# Mechanische Komplikation nach Myokardinfarkt: A. O. 1930



- 13.03 Holzen, Rückenschmerzen, NSAID  
20.03 Erstmalig retrosternale Schmerzen, regredient unter NSAID  
21.03 14h: erneute Schmerzen, i.m. Analgetikum  
24h: Hospitalisation mit V. a. MI & LSB
- subakuter inferiorer Infarkt
  - CK 1'347 (2'247)
  - CRP 5.6

# Mechanische Komplikation nach Myokardinfarkt: A. O. 1930

25.03. "Postinfarkt-Angina"

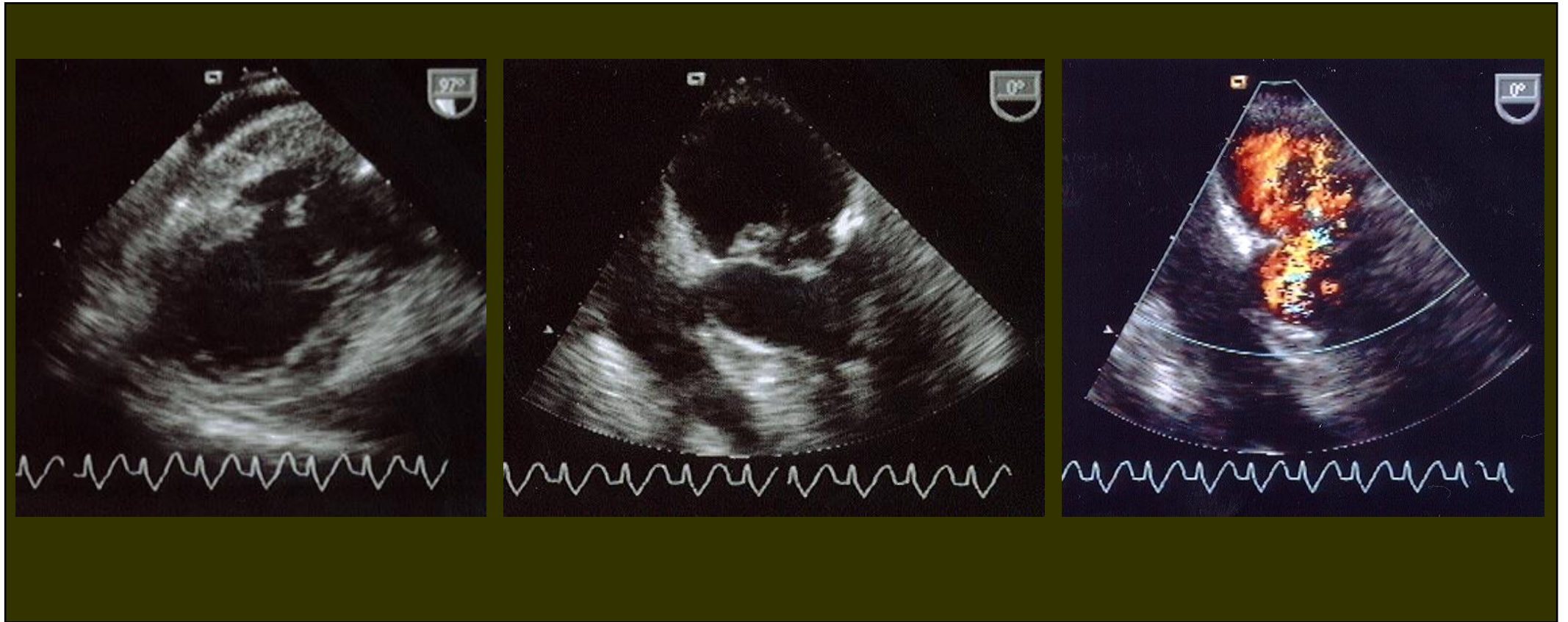
- CK 218
- CRP 244

26.03. Koronarographie

- koronare 2-Gefäß-Erkrankung bei subtotaler prox. und dist. RCA-Stenose: 2x PTCA/Stent
- erneute Schmerzen, Lungenödem, Schock

# A. O. 1930: TEE

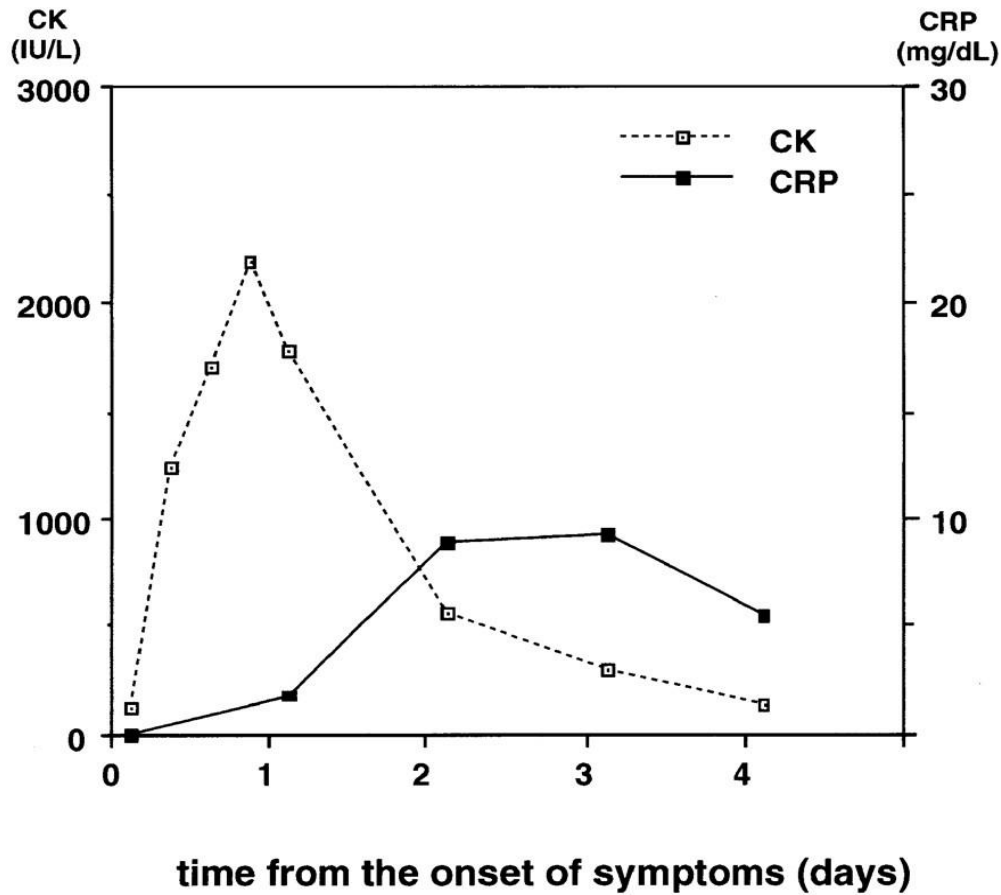
## Papillarmuskelabriss und Ventrikelruptur



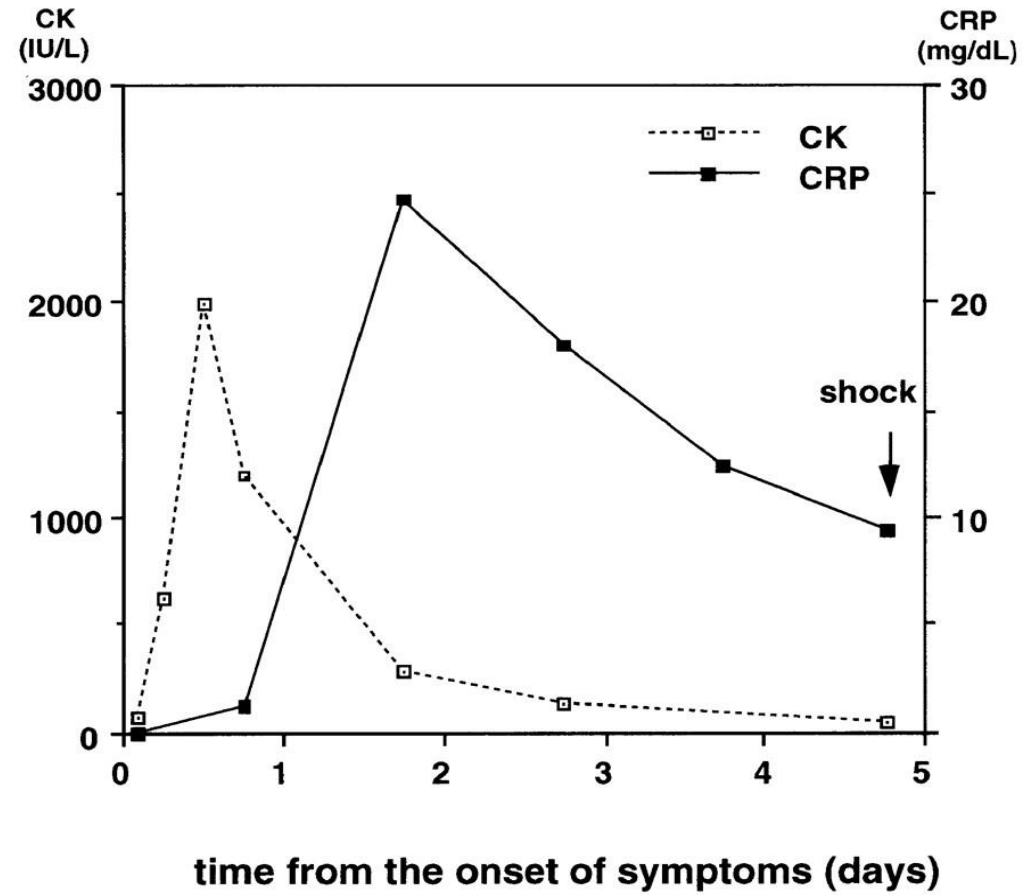
# C-Reactive Protein and Infarct Expansion During AMI

Anzai T et al. Circulation 1997;96:778-84

### A patient with no complications



### A patient with free wall rupture



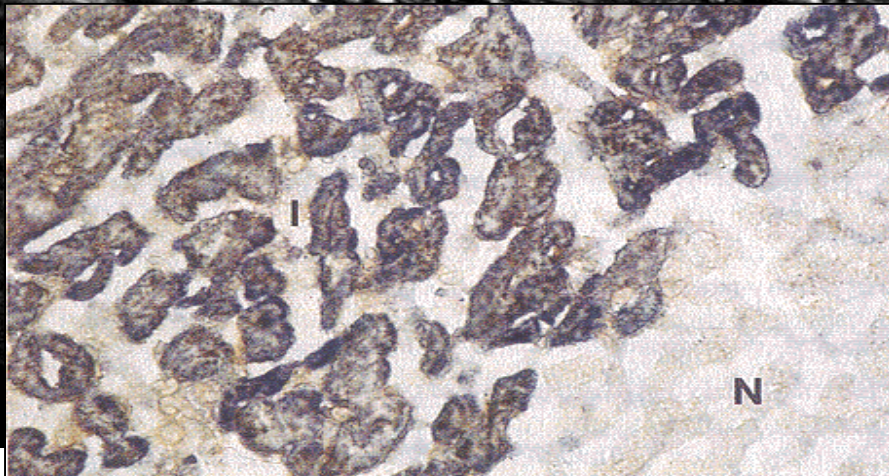
# C-Reactive Protein Colocalizes With Complement in Human Hearts During Acute Myocardial Infarction

Lagrand et al. Circulation 1997;95:97-103

CRP bindet an das ischämische Myokard und aktiviert das klassische Komplementsystem mit der Bildung eines Komplexes, der die Membran angreift als Teil des Reperfusionsschadens

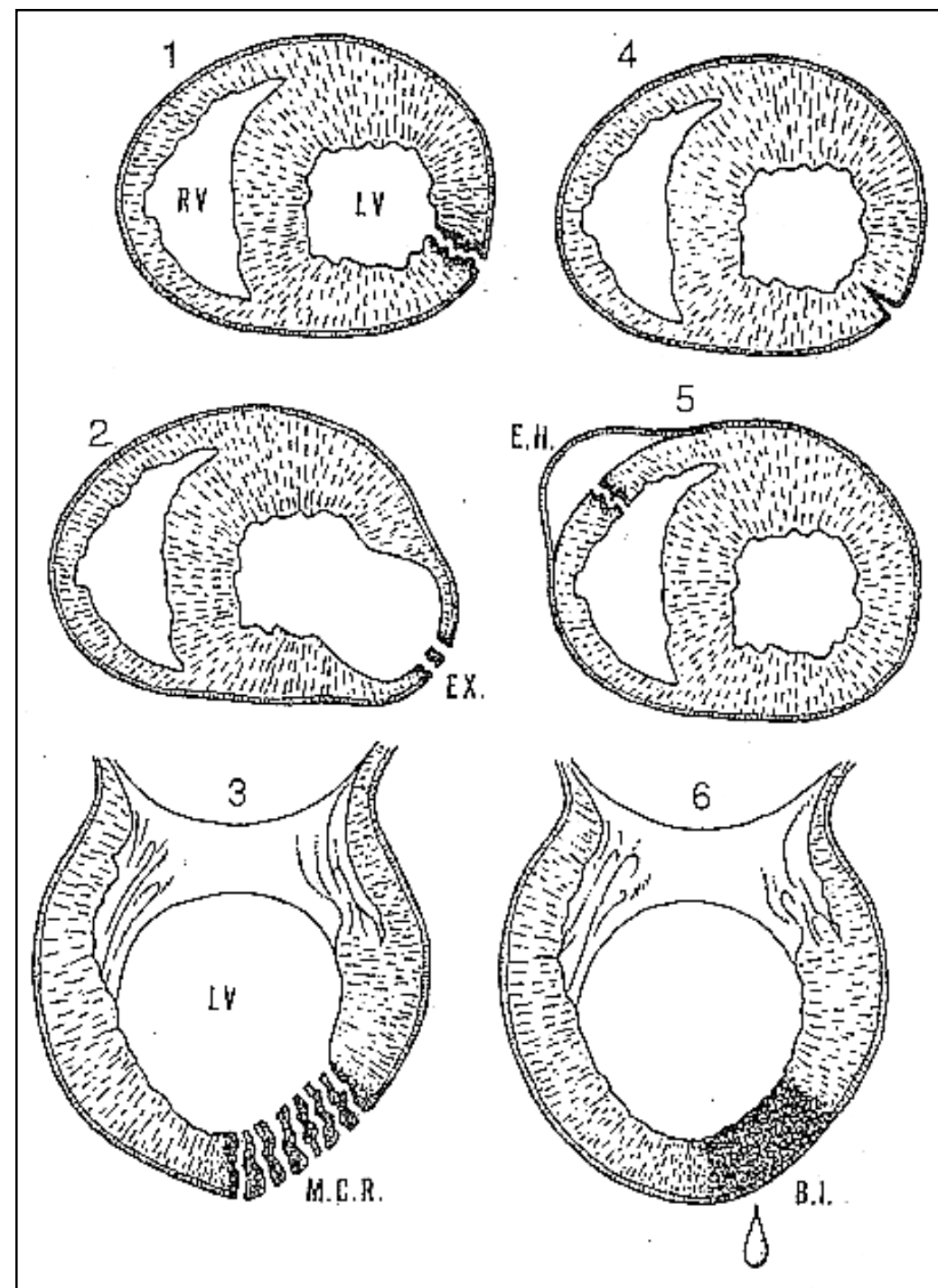
“eosinophile droplets”  
während der Reperfusion

Intramyokardiale  
Fissuren



# Classification & Morphologic Types of Cardiac Rupture

Purcaro A et al. Am J Cardiol 1997;80:397





# Ventrikelruptur

## Mögliche Szenarien

- **Akute, komplette Ruptur**
  - Thoraxschmerzen
  - Hämoperikardium, Tamponade
  - Sinusbradykardie
  - Elektromechanische Dissoziation
- **Subakute, inkomplette Ruptur**
  - Thrombus oder Perikardium verlegt Rupturstelle
  - Sickerblutung bei "bleeding infraction"
  - Klinik: Unruhe, Erbrechen, Thoraxschmerzen, Bradykardie, Hypotonie, Synkope
  - Perikardpunktion oder besser operative Revision

# Ventrikelruptur

## Operative Möglichkeiten

- Infarktektomie
- Verschluss mit Teflon verstärkten Nähten
- Gelegentlich Dacron-Patch
  
- Perioperative Mortalitätsrate:
  - Einfache Naht: 33%
  - Dacron-Patch: Schlechtere Prognose