

# KRONİK KALP YETERSİZLİĞİ HEMODİNAMİ

**Doç. Dr. Nicad BAXŞALIYEV**

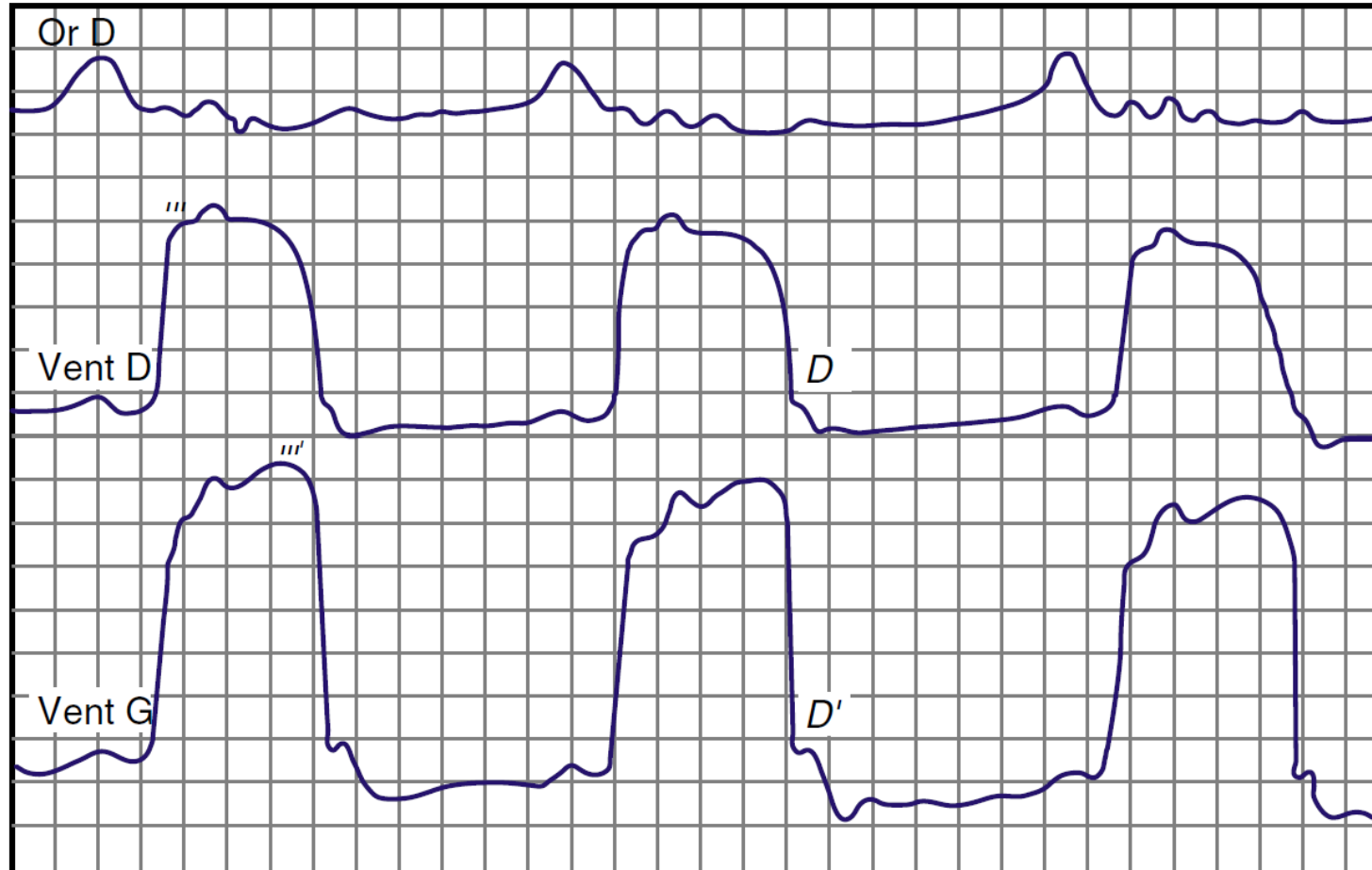
Kardiyoloji Ana Bilim Dalı  
Bezmialem Vakıf Üniversitesi  
İstanbul, Türkiye

10.06.2023

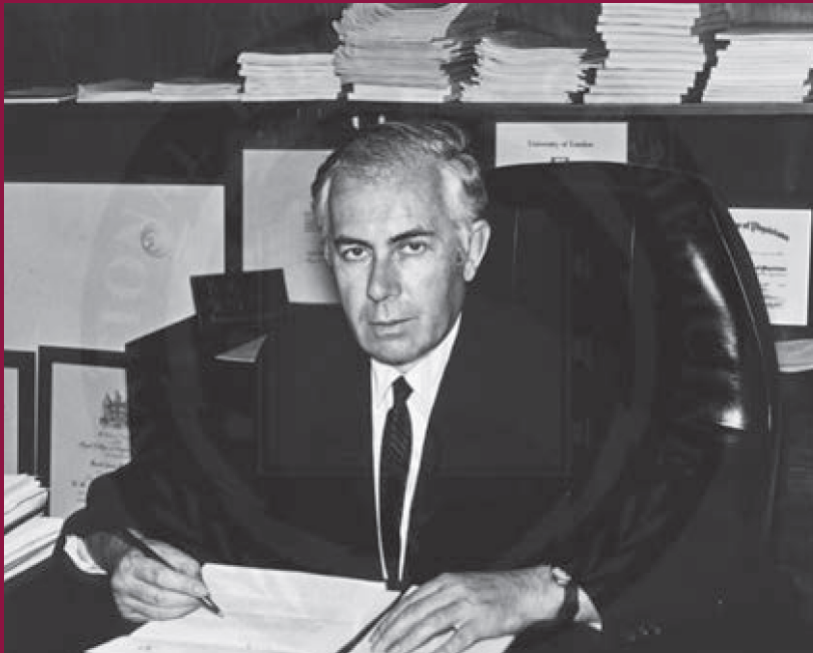
- Kardiyovasküler sistemin majör fonksiyonlarının çoğu mekanik olaylardan oluşur
- Kalp, her şeyin ötesinde basit bir pompadır
- Kalp boşlukları kasılır ve gevşer, kapaklar açılır ve kapanır, kan, basit hidrolik prensiplere uygun hareket eder
- Kardiyak fizyolojiye ait mekanik süreçlerin çoğunu kan basıncını ve kan akımını ölçerek anlayabiliriz;
- *Hemodinami*, bu disiplinin ismidir

- Canlı hayvanda ilk kardiyak kateterizasyon ve basınç ölçümü İngiliz fizyolojist Stephan Hales tarafından 1700lerin başlarında gerçekleştirilmiş
- 1844 senesinde Fransız bilim adamı Claude Bernard metabolik aktivitenin kaynağını öğrenmek için hayvanlar üzerinde bir çok kalp kateterizasyonu yapmış
- 1870'te alman matematikçi ve fizyoloji bilim adamı Adolph Fick kalp debisi için meşhur formülünü yayınladı
- İnsanda ilk kalp kateterizasyonunu Werner Forssmann 1929 yılında kendi üzerinde yaparak tarihe geçti

# Marey ve Chauveau tarafından atın kalp boşluklarından kaydedilmiş ilk basınç kayıtları (1800ler)







The NEW ENGLAND  
JOURNAL of MEDICINE

N Engl J Med 1970; 283:447-451

Vol. 283 No. 9

FLOW-DIRECTED BALLOON-TIPPED CATHETER — SWAN ET AL.

447

### CATHETERIZATION OF THE HEART IN MAN WITH USE OF A FLOW-DIRECTED BALLOON-TIPPED CATHETER\*

H. J. C. SWAN, M.B., PH.D., F.R.C.P., WILLIAM GANZ, M.D., C.SC., JAMES FORRESTER, M.D., HAROLD MARCUS, M.D., GEORGE DIAMOND, M.D., AND DAVID CHONETTE

**Abstract** Pressures in the right side of the heart and pulmonary capillary wedge can be obtained by cardiac catheterization without the aid of fluoroscopy. A No. 5 Fr double-lumen catheter with a balloon just proximal to the tip is inserted into the right atrium under pressure monitoring. The balloon is then inflated with 0.8 ml of air. The balloon is carried by blood flow through the right side of

the heart into the smaller radicles of the pulmonary artery. In this position when the balloon is inflated wedge pressure is obtained. The average time for passage of the catheter from the right atrium to the pulmonary artery was 35 seconds in the first 100 passages. The frequency of premature beats was minimal, and no other arrhythmias occurred.

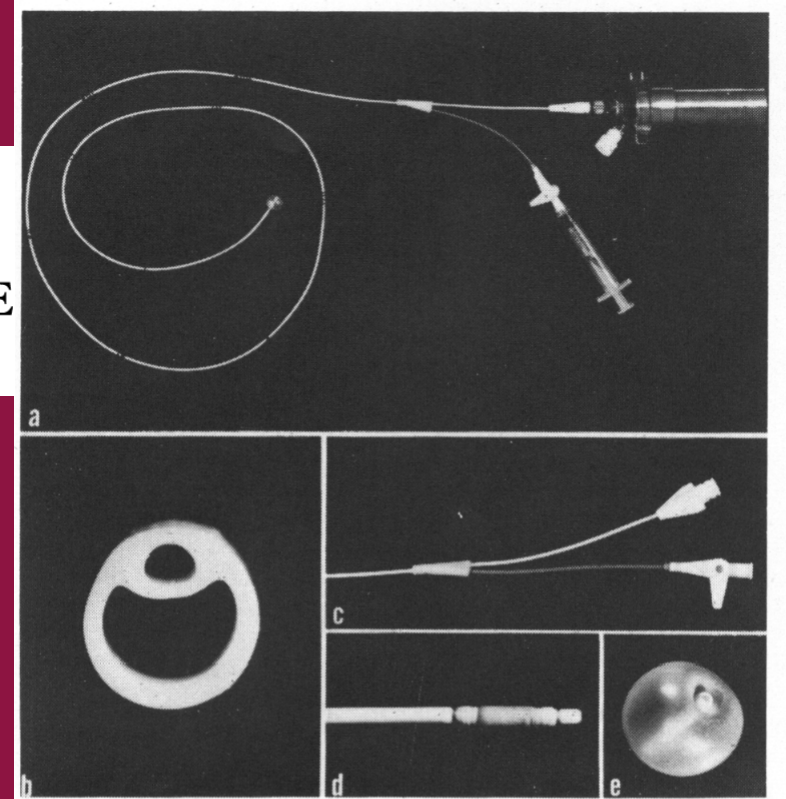


Figure 1. Construction of the Catheter.

In (a) the catheter is attached to a strain-gauge manometer (top right corner). The balloon is inflated. Markers are placed at 10-cm distances along the shaft of the catheter. Inflation of the balloon is accomplished by way of the small side catheter connected to a 1-ml syringe. The catheter in section (b) shows the inflation lumen (minor). Blood sampling or pressure recording is obtained via the major lumen. The connector to the 1-ml syringe (c) is identified by a different color. A one-way stopcock is provided as an integral part of the catheter. Inflation would only be attempted after the integrity of the balloon has been ascertained. The balloon in the deflated node is shown in (d). In (e) the catheter tip is shown with the balloon inflated (note that the catheter tip does not protrude past the inflated balloon surface).

- **Kalp Yetersizliğinin Patofizyolojisinde**

- **Tanıda**

- **Değerlendirmede ve Prognozda**

- **Tedaviye Kılavuzlukta**

# Patofizyoloji

Kalp yetersizliğinde ortaya çıkan olaylar dizisini ve farklı ajanların ortaya çıkardığı etkiyi anlamaya yardımcı olur



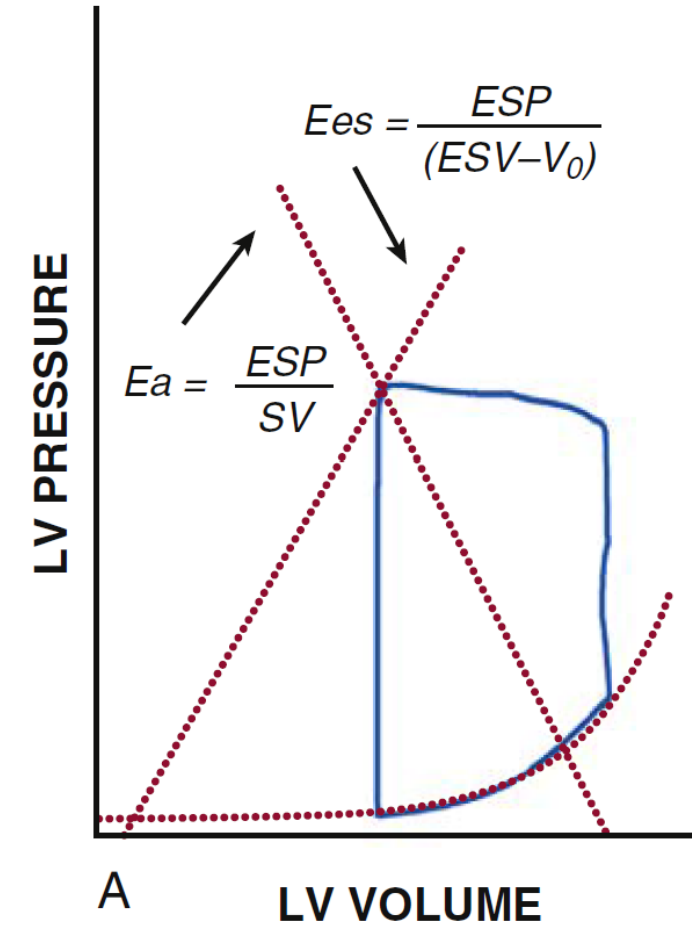
# Kardiyovasküler sistemin bütünlüğü için ventrikül ve arteriyel sistem eş güdümlü çalışıyor

- Arteriyel sistem sürekli bir akımdan ziyade pulsatil bir sistemdir
- Sistemik kan basıncı ve sistemik vasküler direnç (SVR) pulsatil sistemde art yükü doğru temsil etmez
- Pulsatil sistemde art yükün 2 komponenti var:
  - Rezistif →  $SVR = ([MAP-CVP]/CO)$
  - Pulsatil → Total sistemik arteriyel kompliyans ( $C_a$ ) =  $(SV_i/Aortic PP)$



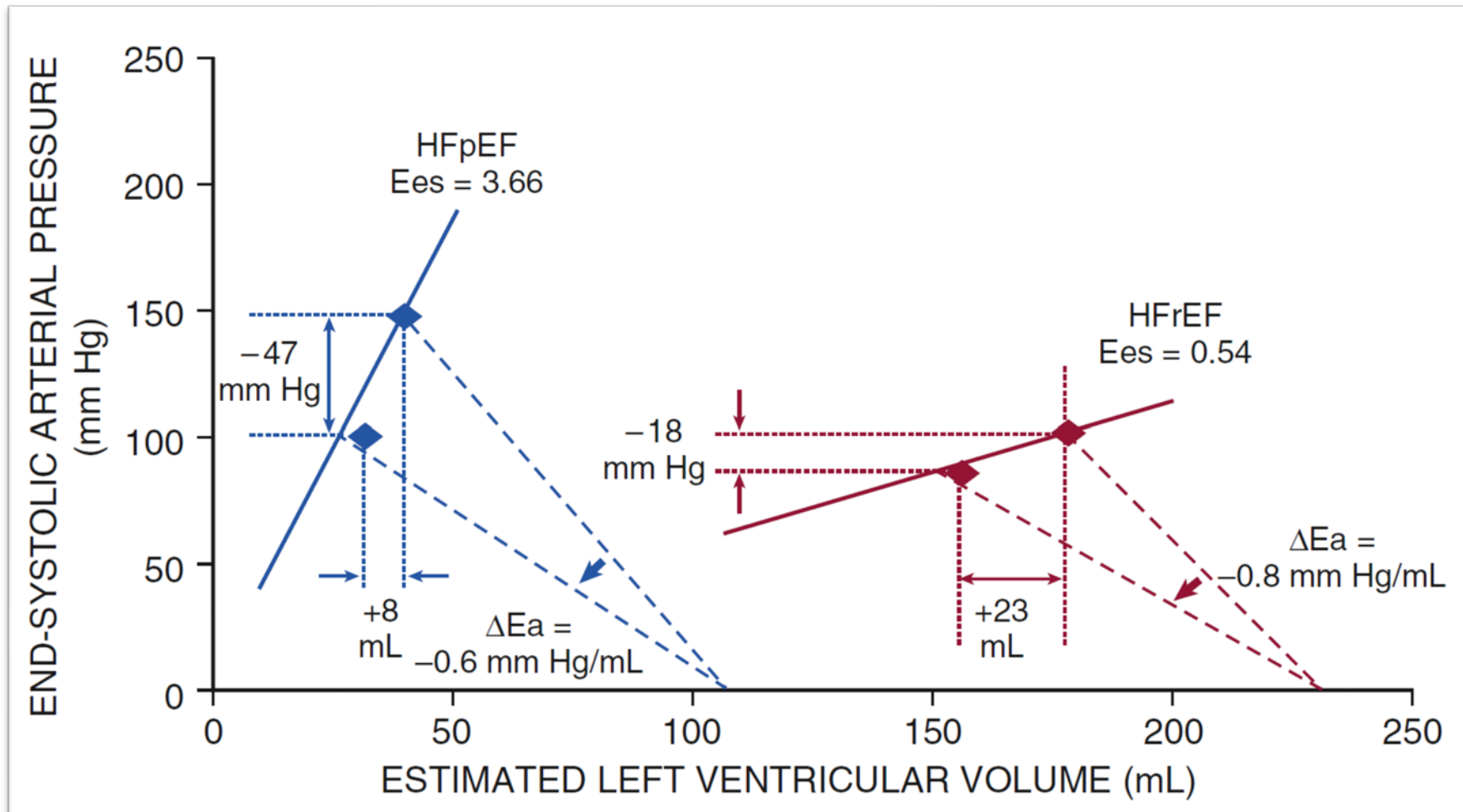
## Ventriküller ve arteriyel sistem arasındaki hemodinamik ilişki en iyi Basınç Hacim Döngüsü ile ifade edilir

- Vasküler art yük arteriyel sertlik veya elastansla karakterizedir ( $E_a$ )
- Yükten bağımsız kontraktilite sistol sonu basınç-hacim ilişkisi eğrisiyle veya sistol sonu elastansla karakterizedir ( $E_{es}$ )
- Optimal  $E_a/E_{es} = 0.6 - 1.2$ 
  - Sol ventrikül sistolik disfonksiyonu  $\rightarrow E_{es}$
  - Nörohormonal aktivasyon  $\rightarrow E_a$
- $E_a/E_{es} > 2.34 \rightarrow$  tüm nedenli mortalite, kap nakli, VAD implantasyonu

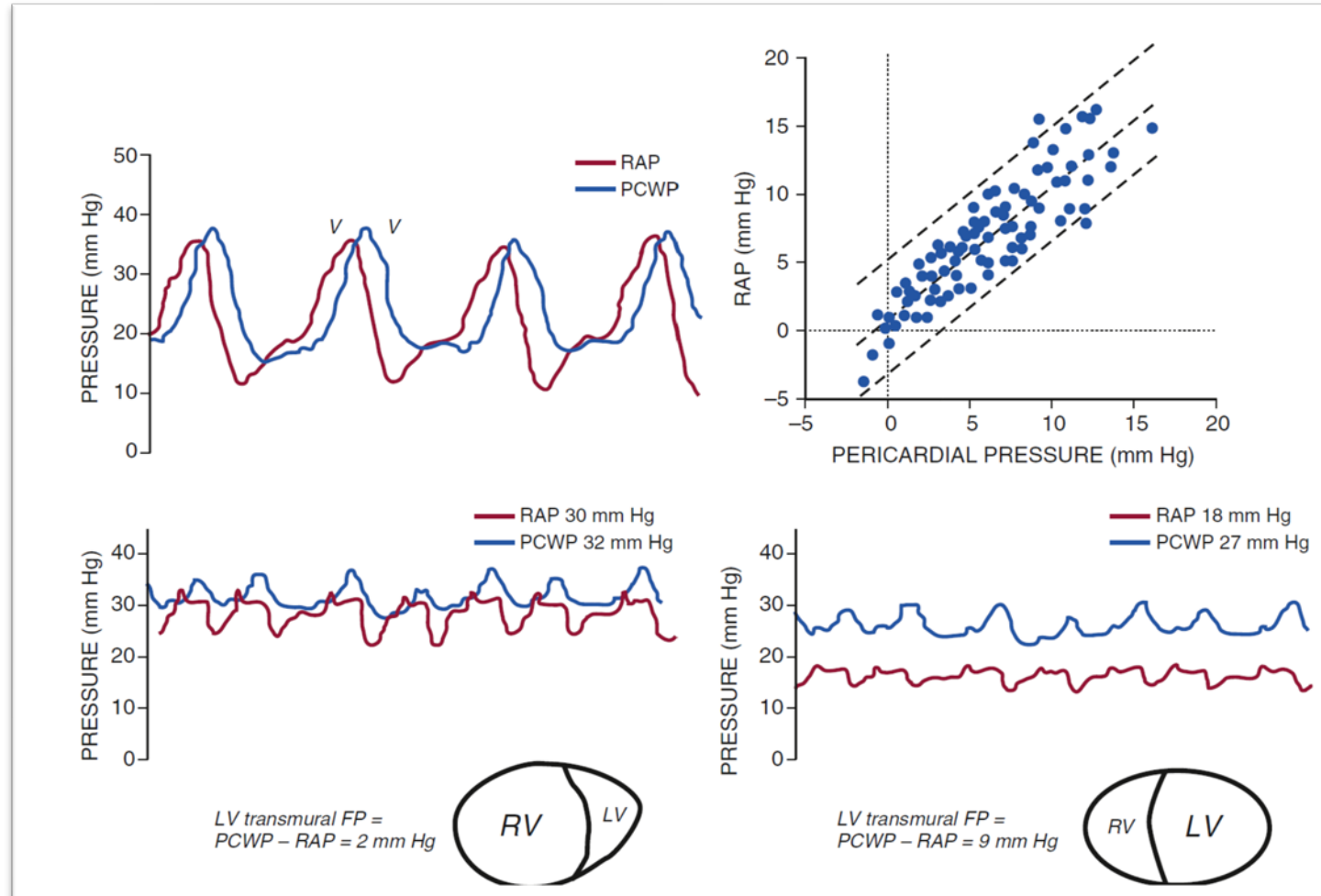




## Vazodilatör ajana iki farklı yanıt: HFpEF vs. HFrEF



# Sağ kalp yetersizliğindeki ventriküller arası ilişki





# Tanıda hemodinamik değerlendirmenin önemi

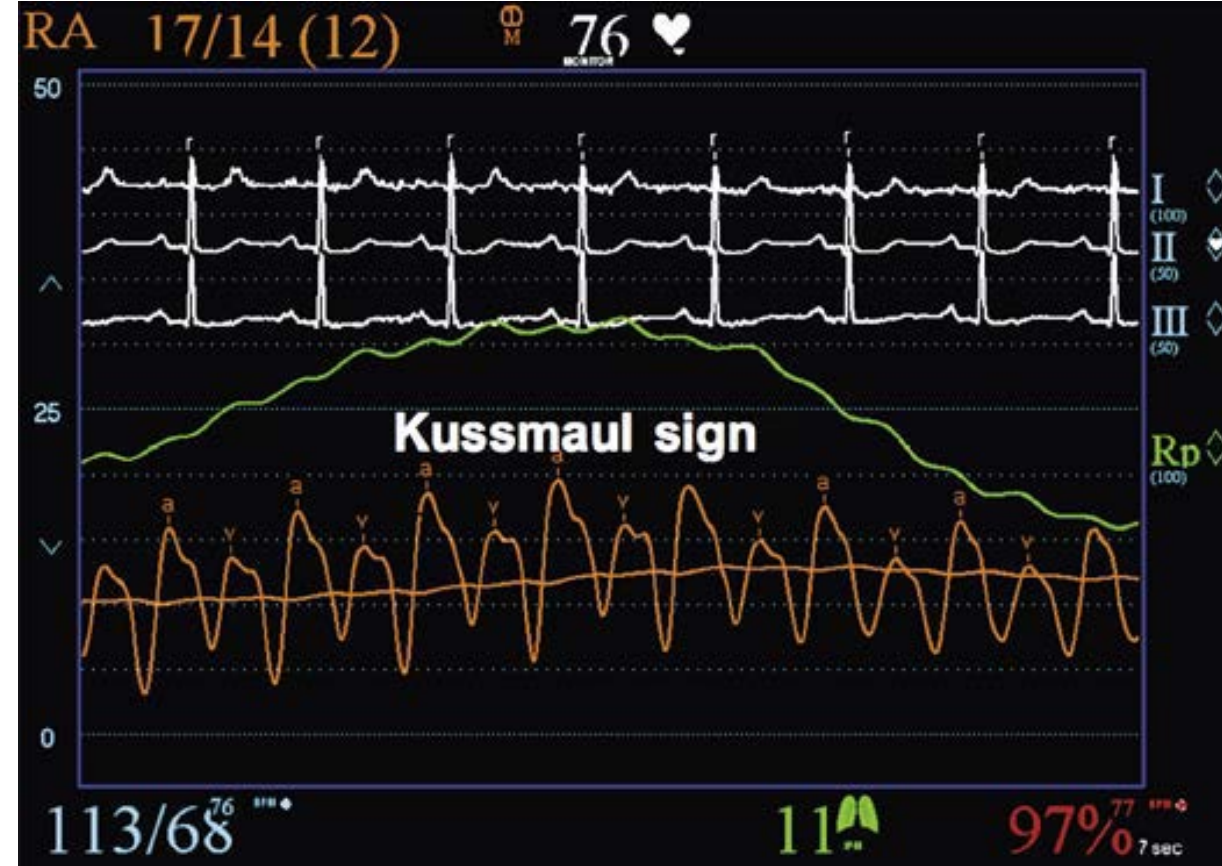
İnvazif hemodinamik değerlendirme ayırıcı tanı için bazı hastalarda altın standart olabilir.

- Günlük pratikte basınç hacim döngüsünü ölçmek pratik olmadığı için basıncın hacme göre değişikliğini değil zaman göre değişikliğini ölçmek ve değerlendirmek daha kolaydır.
- Her boşluğun kendine özgü basınç trasesi var ve bunlar kalbin doluşunu ve ventriküler ejeksiyonu yansıtıyor.
- Bu traseleri birlikte değerlendirmek tek bir ölçüm sonucundan daha fazla bilgi veriyor.

- Sağ atriyal basınç ve dalga formu genel hemodinamik durumla ilgili basit fakat önemli bilgi sağlar
- Normal solunum sırasında sağ atriyum basıncı inspirasyonla birlikte intraplevral basınç kadar düşer (genelde  $< 5$  mmHg)
- Bu, perikardiyal restriksiyon olmadığında intraperikardiyal basıncı yansıtır

# Anormal dalgalara örnekler

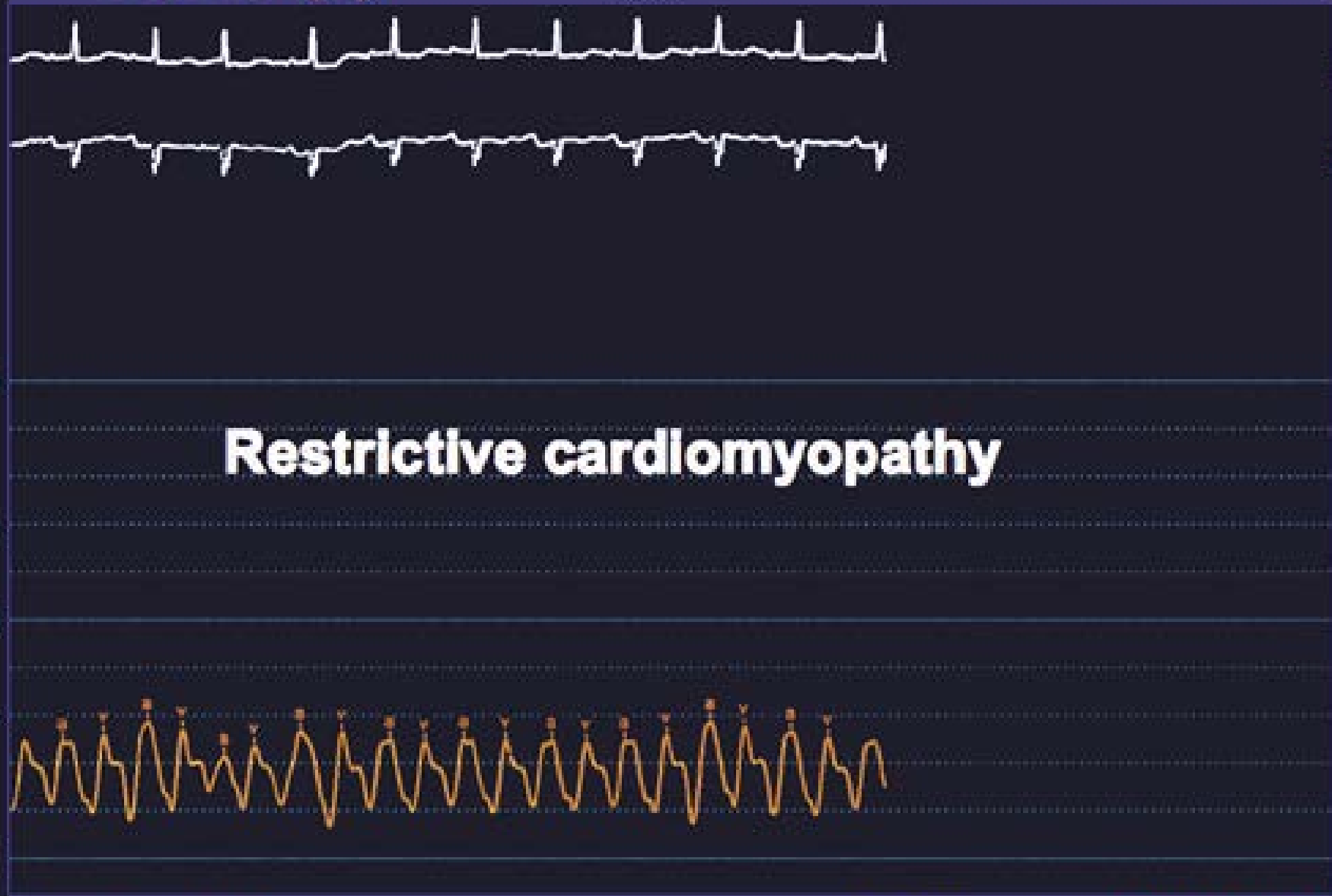
- İspirasyonla basınç azalmamasının olmayışı hatta basınç artışı (örn, Kussmaul bulgusu) sağ ventrikül yetersizliği ve sıklıkla volüm yüklenmesini yansıtır
- Dik y inişi → hızlı, erken diyastolik doluş (sağ vent DD, RV infaktı, ileri DEF-KY, restriktif KMP, KP)
- Belirgin v dalgası → ciddi triküspit yetersizliği





RA 13/13 (9)

93 BPM



122/85

94 BPM

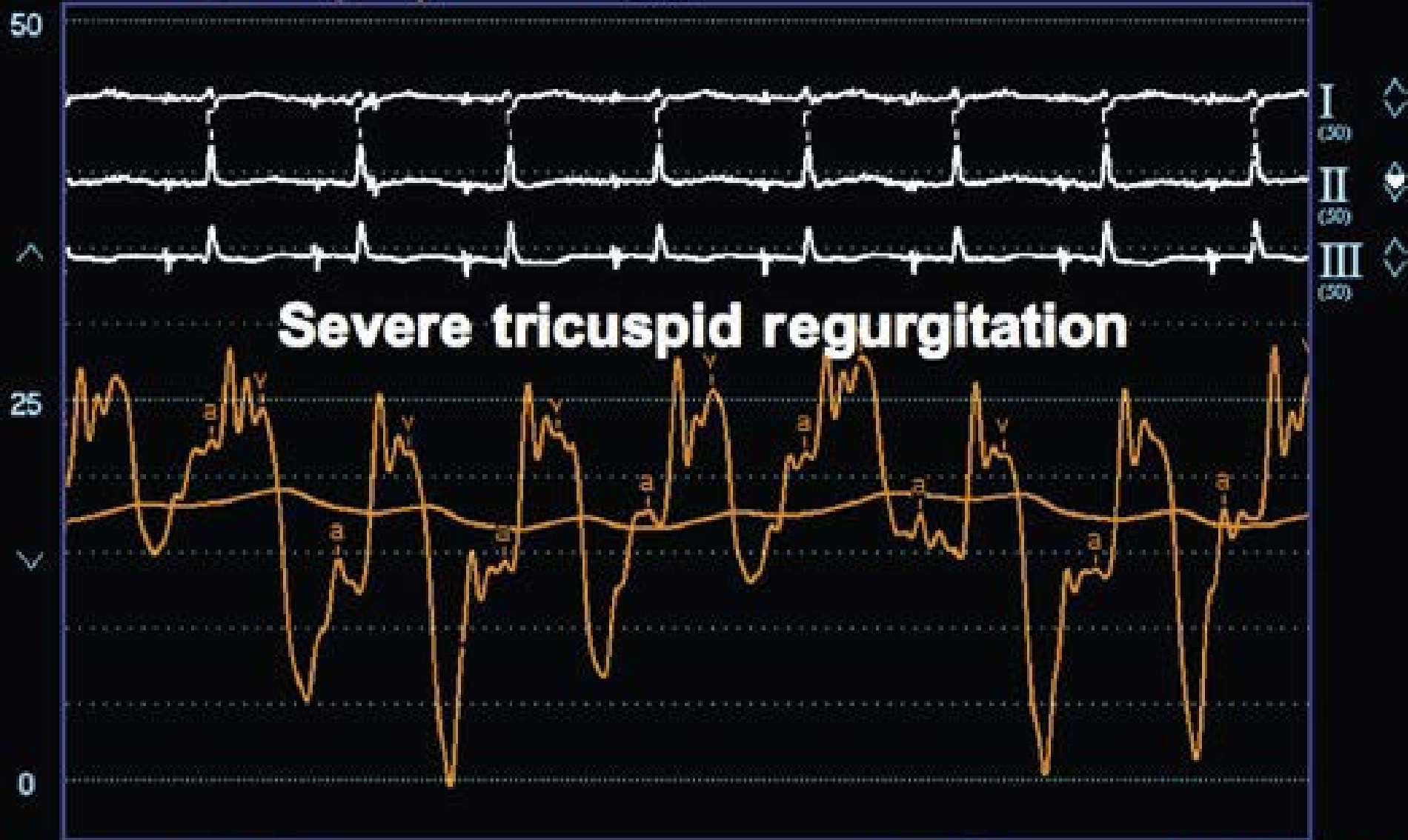
16

93% 93 BPM

7 sec


RA 18/24 (17)

79 



125/71 <sup>80</sup> 

10 

100% <sup>79</sup>   
7 sec

- Sağ kalp kateterizasyonunda doğru ölçümü en zor olan basınçtır
- Floroskopi ve dalga formundaki değişikliğe göre kateterin doğru pozisyonu anlaşılabilir
- Pulmoner arter traslerinin kaybı ve dalga şekillerinin yüzeyselleşmesi pulmoner arter kama basıncını gösterir
- Belirgin v dalgaları sistolik pulmoner arter basıncı ile karıştırılabilir
- Sistolik pulmoner arter dalgası EKG'deki T dalgasından önce veya eşzamanlı olurken, PAKB ile ilişkili belirgin v dalgası T dalgasından sonra gelir

COR	LOE	RECOMMENDATIONS
2a	B-NR	1. In patients with HF, endomyocardial biopsy may be useful when a specific diagnosis is suspected that would influence therapy (1,2).
2a	C-EO	2. In selected patients with HF with persistent or worsening symptoms, signs, diagnostic parameters, and in whom hemodynamics are uncertain, invasive hemodynamic monitoring can be useful to guide management.
3: No Benefit	B-R	3. In patients with HF, routine use of invasive hemodynamic monitoring is not recommended (3,4).
3: Harm	C-LD	4. For patients undergoing routine evaluation of HF, endomyocardial biopsy should not be performed because of the risk of complications (5,6).



Recommendations	Class	Level
Right heart catheterization is recommended in patients with severe HF being evaluated for heart transplantation or MCS.	<b>I</b>	<b>C</b>
Right heart catheterization should be considered in patients where HF is thought to be due to constrictive pericarditis, restrictive cardiomyopathy, congenital heart disease, and high output states.	<b>IIa</b>	<b>C</b>
Right heart catheterization should be considered in patients with probable pulmonary hypertension, assessed by echo in order to confirm the diagnosis and assess its reversibility before the correction of valve/structural heart disease.	<b>IIa</b>	<b>C</b>
Right heart catheterization may be considered in selected patients with HFpEF to confirm the diagnosis.	<b>IIb</b>	<b>C</b>

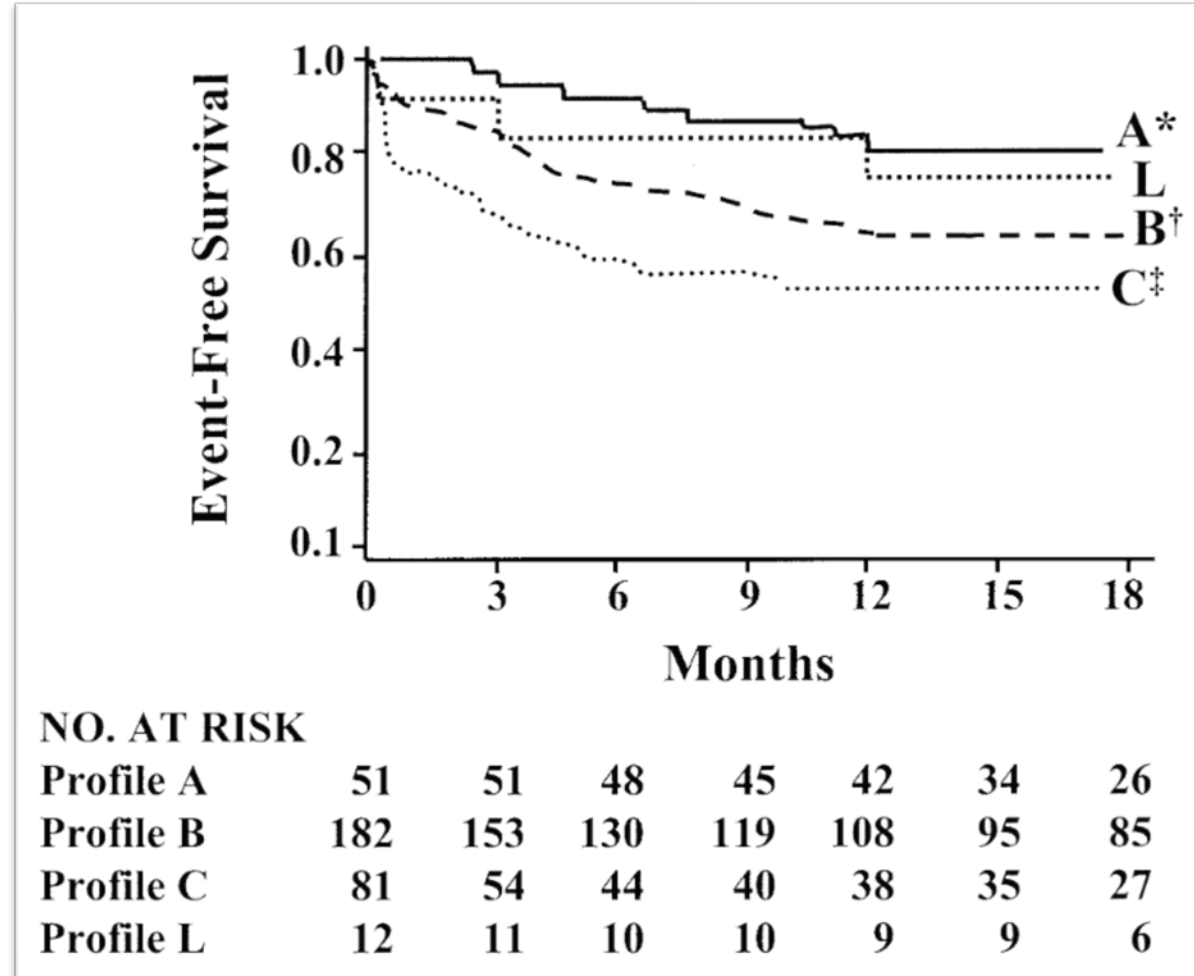
# Değerlendirme ve Prognoz

- Hemodinami kılavuzluğunda klinik değerlendirmenin prognoza etkisi var
- Kötüleşen hemodinamik bulgular artan 1 yıllık mortalite veya acil kalp transplantasyonu ile ilişkilidir
- Hasta başı klinik değerlendirme invazif ölçümlerle paralellik gösterir
- Yüksek santral venöz basıncı (SVB) kardiyorenal sendromla ilişkilidir
- Yüksek SVB/PAKB oranı daha kötü RV disfonksiyonu ve kötü prognozla ilişkilidir

	<b>KONJESYON BULGULARI</b>  Ortopne, Yüksek jüğüler ven basıncı S3, sert P2 Pretibiyal ödem, asit Ral, Hepatojüğüler reflü Valsalvada karekök dalgası	
<b>DÜŞÜK PERFÜZYON BULGULARI</b>  Dar nabız basıncı Pulsus alternans Soğuk ekstremiteler Bilinç bulanıklığı Hiponatremi Kötüleşen renal fonksiyonlar	<b>SVR (N), PCWP (N), CVP (N)</b>  <b>Sıcak ve kuru (A)</b>	<b>SVR(N), PCWP (↑), CVP (↑)</b>  <b>Sıcak ve ıslak (B)</b>
	<b>SVR (↑) , PCWP (↓,N), CVP (N)</b>  <b>Soğuk ve kuru (L)</b>	<b>SVR (N,↑), PCWP (↑), CVP (↑)</b>  <b>Soğuk ve ıslak (C)</b>

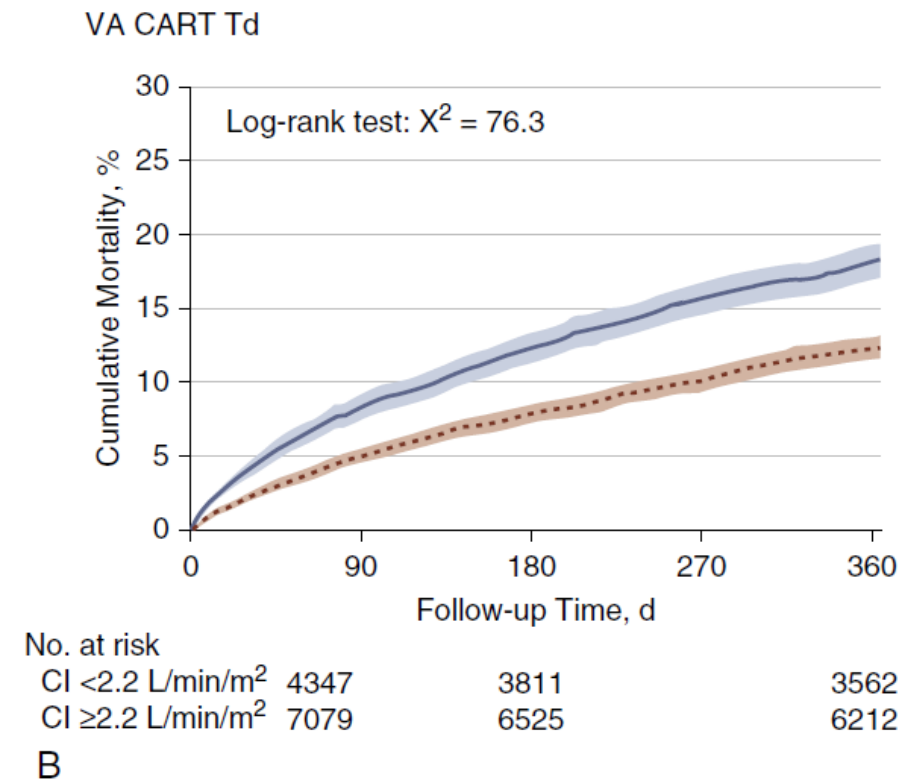
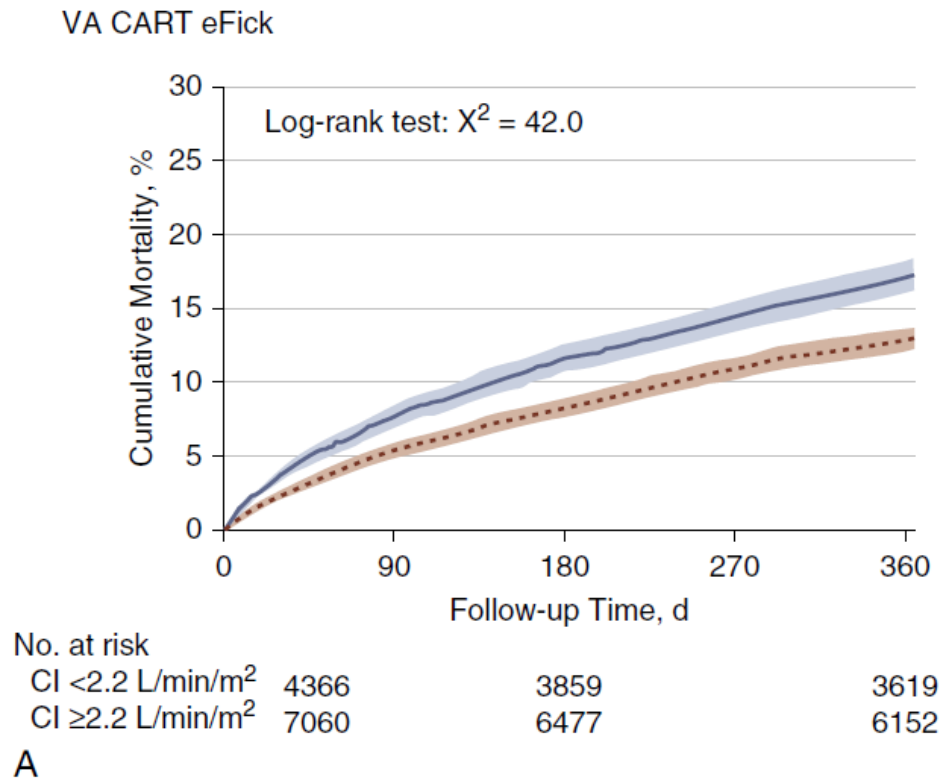


# Klinik profillere göre Kaplan-Meier sağkalım eğrisi



Hemodynamic Parameters Associated With RV Function		
Variable	Calculation	Thresholds Associated With Clinical Events in Specific Populations
RAP	RAP (or CVP)	>15 mmHg (RHF after LVAD) <sup>83,201</sup>
Right-to-left discordance of filling pressures	RAP:PCWP	>0.63 (RHF after LVAD) <sup>76</sup> >0.86 (RHF in acute MI) <sup>202</sup>
PA pulsatility index	(PASP-PADP)/RAP	<1.0 (RHF in acute MI) <sup>203</sup> <1.85 (RHF after LVAD) <sup>204</sup>
RV stroke work index	(MPAP-CVP)×SVI	<0.25–0.30 mmHg·L/m <sup>2</sup> (RHF after LVAD) <sup>205,206</sup>
PVR	(MPAP-PCWP)/CO	>3.6 WU (RHF after LVAD) <sup>207</sup>
PA compliance	SV/(PASP-PADP)	<2.5 mL/mmHg (RHF in chronic HF, RV-PA coupling in PAH) <sup>26,115</sup>

# Kalp debisine göre 3 ve 12 aylık kumulyatif mortalite



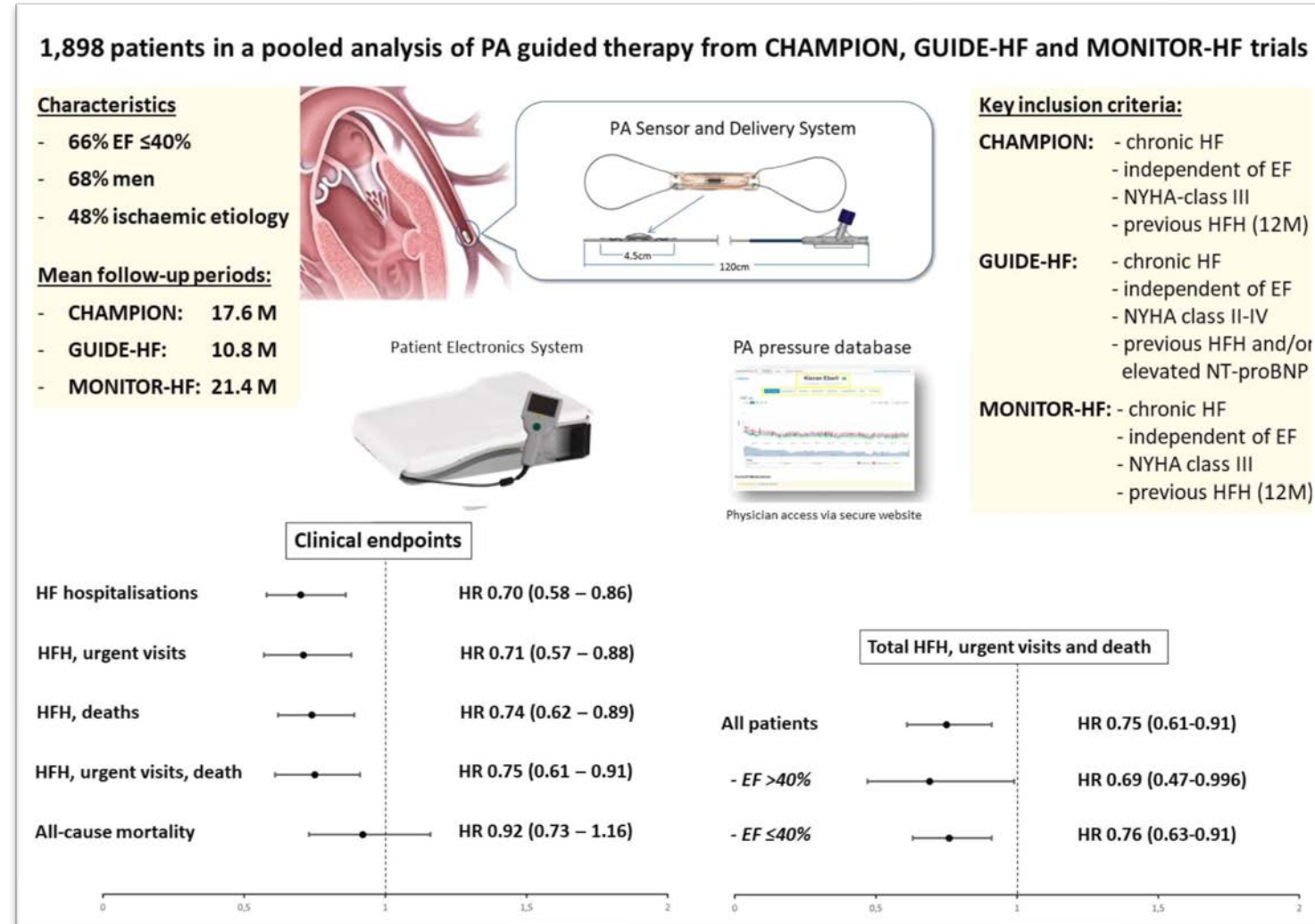
# Tedaviye Kılavuzluk

Hemodinami-kılavuzlu tedavinin sonuçlara etkisi



# Efficacy of Pulmonary Artery Pressure Monitoring in Patients with Chronic Heart Failure: A Meta-Analysis of Three Randomized Controlled Trials

- 3 RKÇ, toplamda 1898 NYHA sınıf II-IV ayaktan hasta, ya son bir yılda KY nedeniyle hospitalize edilmiş, yada NT-proBNP değerleri yüksek
- Ort takip 14.7 ay
- %67.8 erkek
- %65.8 hastada EF  $\leq$ 40%
- Total KY hospitalizasyonu **HR=0.70** (0.58-0.86) (p=0.0005).
- Total KY hospitalizasyonu, acil ziyaret ve tüm nedeni mortaliteden oluşan kompozit sonuçları **HR = 0.75** (0.61-0.91; p=0.0037)
- Tüm nedeni mortalite **HR=0.92** (0.73-1.16).

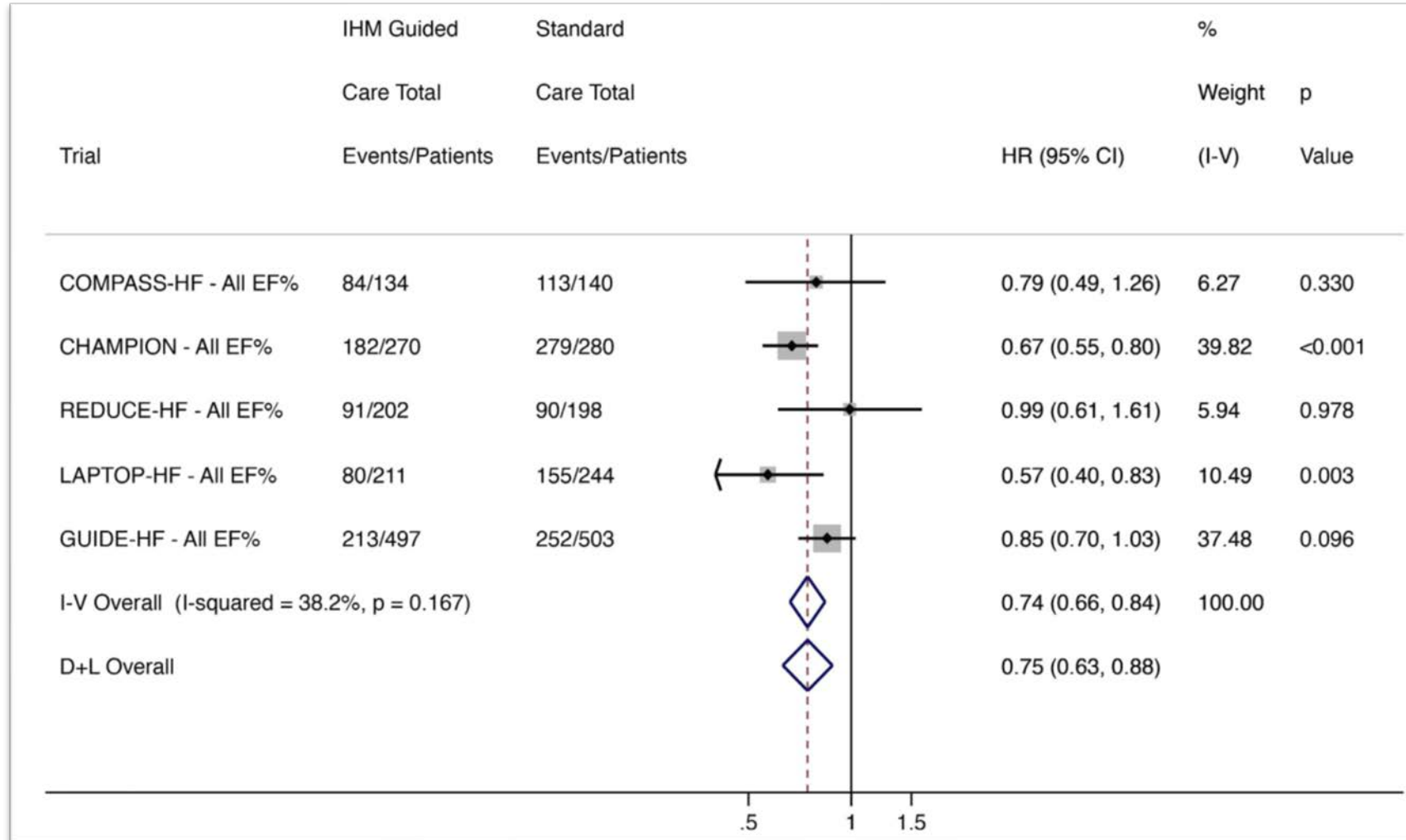




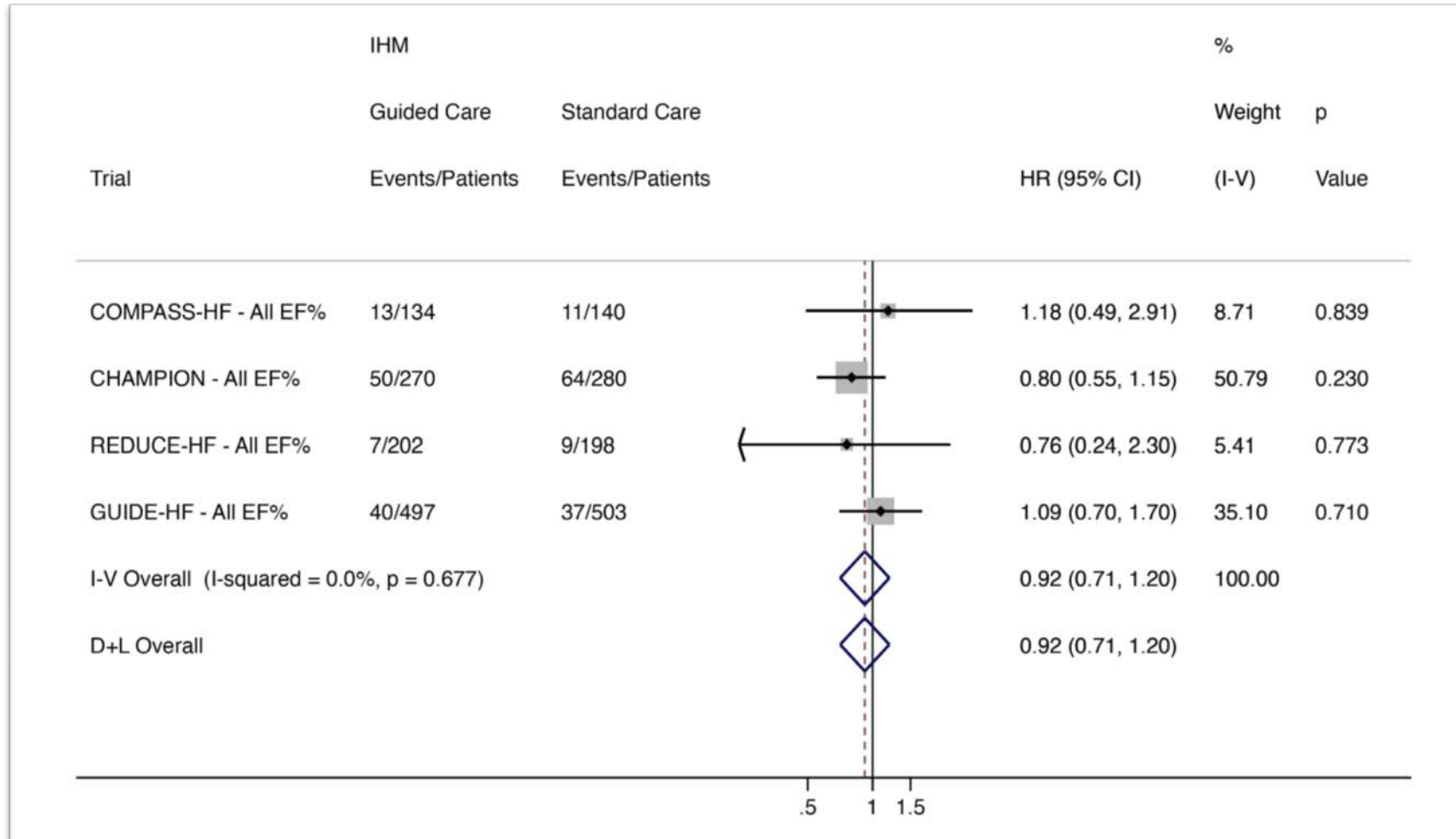
## Efficacy of implantable haemodynamic monitoring in heart failure across ranges of ejection fraction: a systematic review and meta-analysis

Trial	First author and year	Design, country	Primary efficacy endpoint	Numbers enrolled	EF	NYHA class	Previous HF event	Follow-up
COMPASS-HF	Bourge <i>et al</i> , <sup>16</sup> 2008	Single-blind,* multicentre RCT; USA	HF hospitalisation and ED and urgent clinic visit for intravenous therapy (included hypovolaemic events)	274	No EF inclusion criterion	III-IV	≤6 months (or ED visit)	6 months
CHAMPION	Abraham <i>et al</i> , <sup>18</sup> 2011	Single-blind,* multicentre RCT; USA	HF hospitalisation	550	No EF inclusion criterion	III	≤12 months	6 months
REDUCE-HF	Adamson <i>et al</i> , <sup>10</sup> 2011	Single-blind,* multicentre RCT; USA	HF hospitalisation and ED and urgent clinic visit for intravenous therapy	400	No EF inclusion criterion	II-III	≤12 months	12 months
LAPTOP-HF	Abraham <i>et al</i> , <sup>17</sup> 2016	Multicentre RCT (no blinding); USA and New Zealand	HF hospitalisation and complications from HF therapy	486	No EF inclusion criterion	III	≤12 months (or BNP ≥400 pg/mL or NT-proBNP ≥1500 pg/mL)	12 months
GUIDE-HF	Lindenfeld <i>et al</i> , <sup>2</sup> 2021	Single-blind,* multicentre RCT; USA and Canada	All-cause mortality and HF hospitalisation and ED and urgent clinic visit for intravenous therapy	1000	No EF inclusion criterion	II – IV	≤12 months (or BNP ≥250 pg/mL or NT-proBNP ≥1000 pg/mL)	12 months

# Ejeksiyon Fraksiyonundan Bağımsız Olarak Tüm Hastalarda Oluşan Total (İlk Ve Tekrarlayan) Kötüleşen KY Olaylar (KY Nedenli Hosp veya Acile Vizit gereksinimi) üzerine etkisi



# Ejeksiyon Fraksiyondan Bağımsız Olarak Tüm Nedenli Mortaliteye Etkisi



## ESC-KY- 2021 →

European Heart Journal, Volume 42, Issue 36, 21 September 2021, Pages 3599–3726

## ACC-KY-2022

J Am Coll Cardiol. 2022 May, 79 (17) e263–e421



### Recommendations for telemonitoring

Recommendations	Class <sup>a</sup>	Level <sup>b</sup>
Non-invasive HTM may be considered for patients with HF in order to reduce the risk of recurrent CV and HF hospitalizations and CV death. <sup>374</sup>	IIb	B
Monitoring of pulmonary artery pressure using a wireless haemodynamic monitoring system may be considered in symptomatic patients with HF in order to improve clinical outcomes. <sup>372</sup>	IIb	B

© ESC 2021

CV = cardiovascular; HF = heart failure; HTM = home telemonitoring; LVEF = left ventricular ejection fraction.

<sup>a</sup>Class of recommendation.

<sup>b</sup>Level of evidence.

COR	LOE	RECOMMENDATION
2b	B-R	1. In selected adult patients with NYHA class III HF and history of a HF hospitalization in the past year or elevated natriuretic peptide levels, on maximally tolerated stable doses of GDMT with optimal device therapy, the usefulness of wireless monitoring of PA pressure by an implanted hemodynamic monitor to reduce the risk of subsequent HF hospitalizations is uncertain (1-4).
Value Statement: Uncertain Value (B-NR)		2. In patients with NYHA class III HF with a HF hospitalization within the previous year, wireless monitoring of the PA pressure by an implanted hemodynamic monitor provides uncertain value (4-7).

## Kronik kalp yetersizliğinde hemodinamik veriler:

- **Kardiyovasküler sürecin iyi anlaşılmasına;**
- **Zor vakalarda ayırıcı tanı ve kesin tanıyı koymaya;**
- **Seçilmiş hastalarda bireysel tedavinin düzenlenmesine;**
- **Hastane yatışı ve KV olayları azaltamaya yönelik tedavi düzenlenmesine yardım eder**



# Teşekkürler