

FISIOPATOLOGÍA CARDIOVASCULAR Y MONITORIZACIÓN

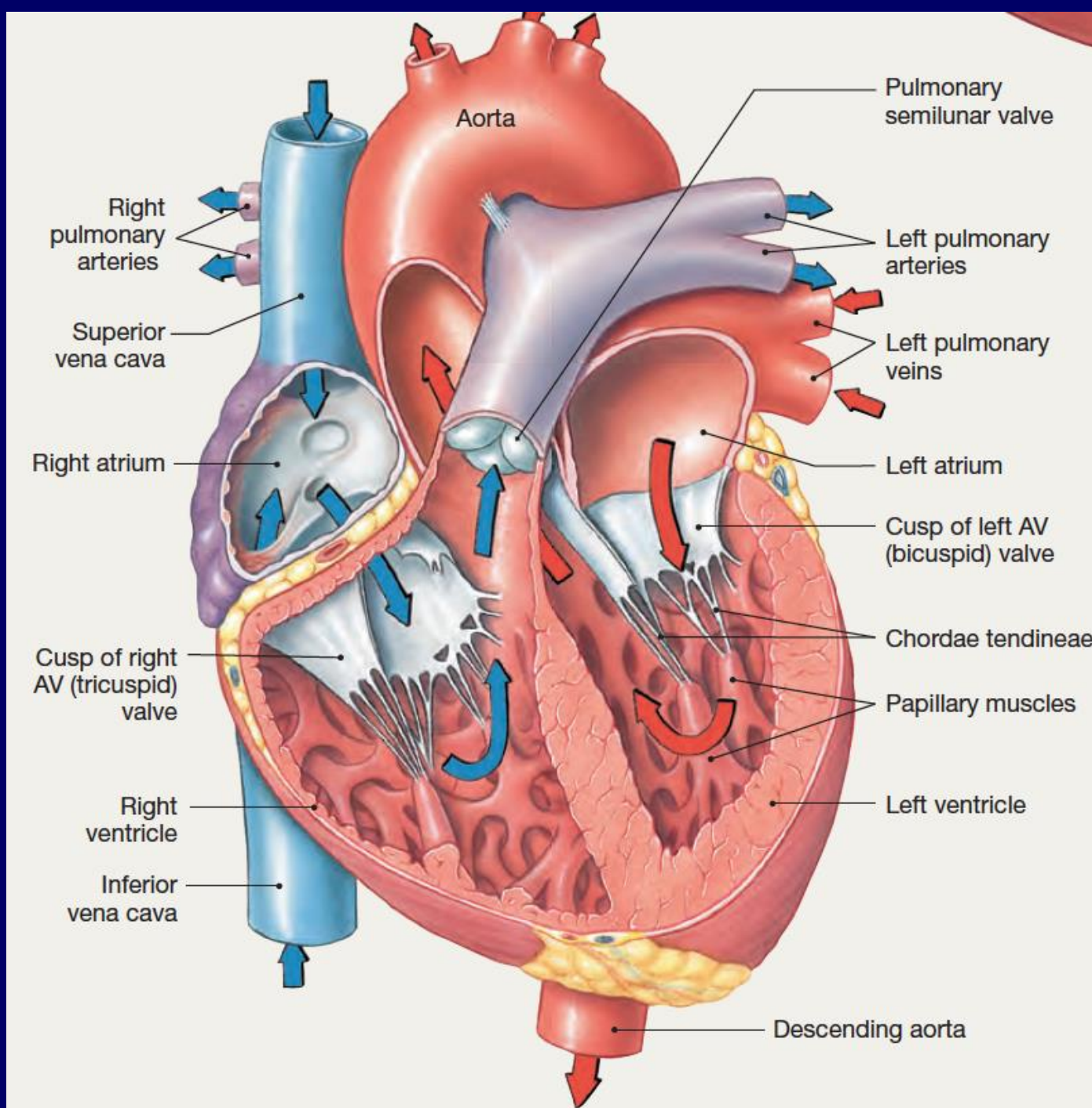


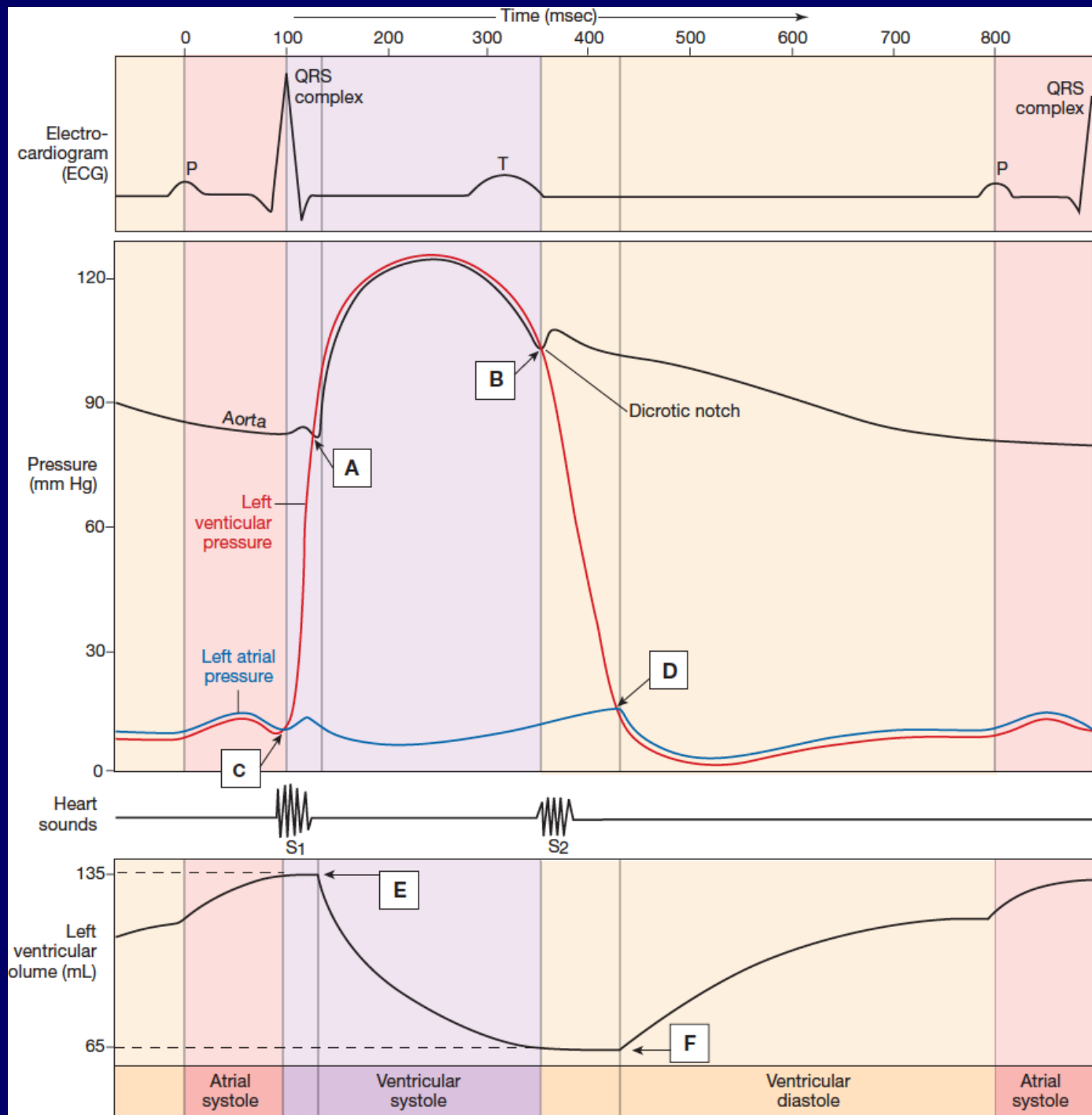
Adrià Font Gual

Hospital de la Santa Creu i Sant Pau
6 Feb. 2017

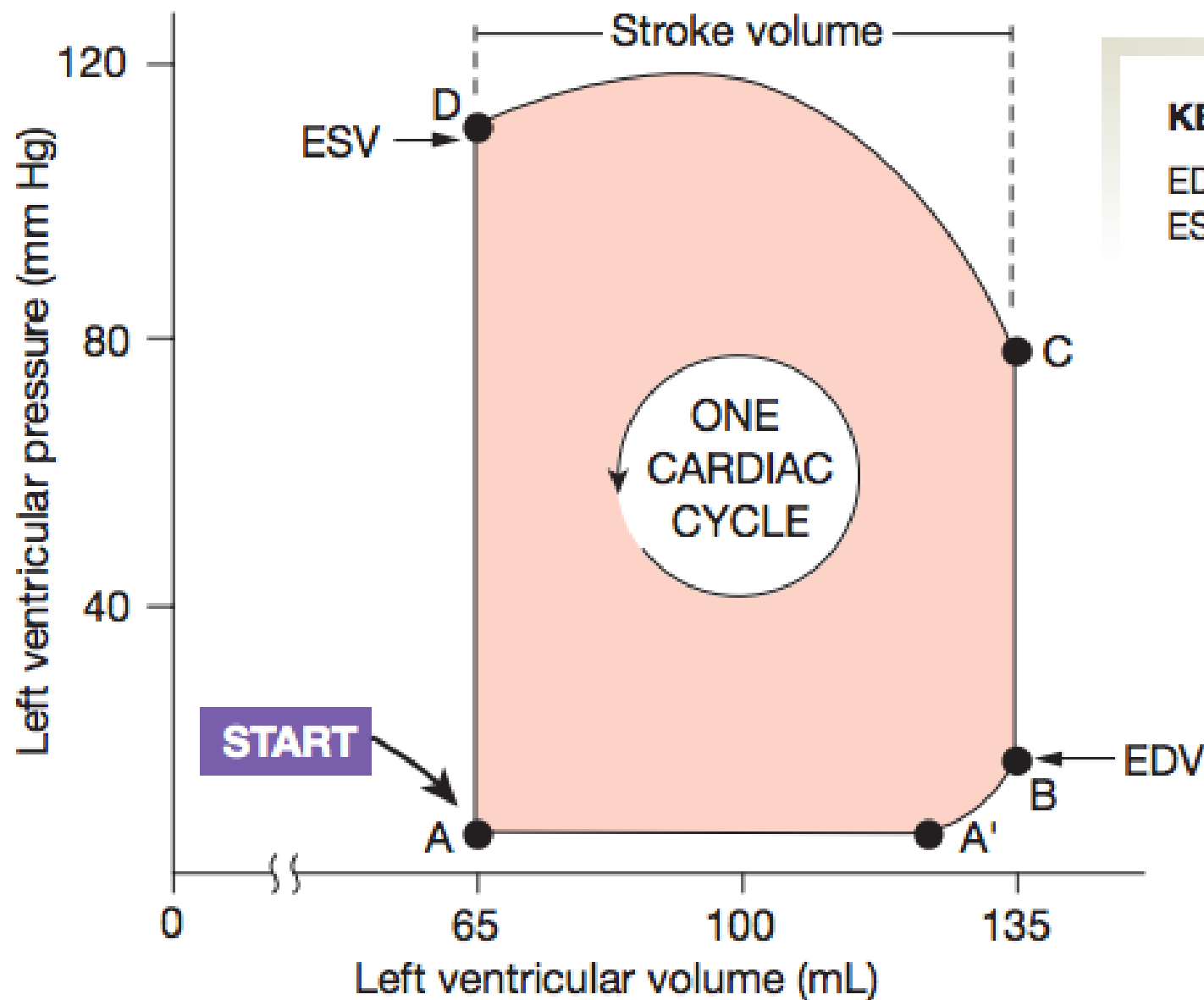
CONCEPTOS

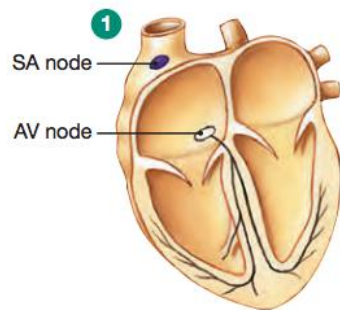
- ECG y Hemodinámica
- Precarga
- Sístole
- Postcarga
- Diástole
- Fracción Eyección
- Contractilidad
- Transporte/Consumo O_2
- Gasto Cardíaco
- Isquemia Miocárdica
- Insuficiencia Cardíaca
- Mecanismos Compensadores
- Monitorización
- Tratamiento



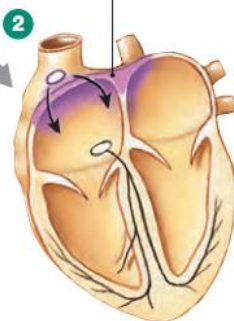


Ciclo Cardíaco Relación Presión / Volumen





Purple shading in steps 2-5 represents depolarization.



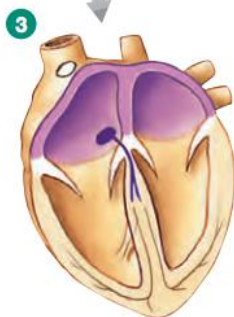
1 SA node depolarizes.

2 Electrical activity goes rapidly to AV node via internodal pathways.

3 Depolarization spreads more slowly across atria. Conduction slows through AV node.

4 Depolarization moves rapidly through ventricular conducting system to the apex of the heart.

5 Depolarization wave spreads upward from the apex.



THE CONDUCTING SYSTEM OF THE HEART

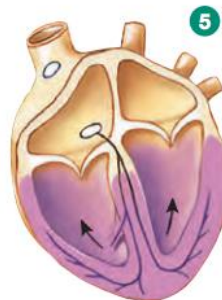
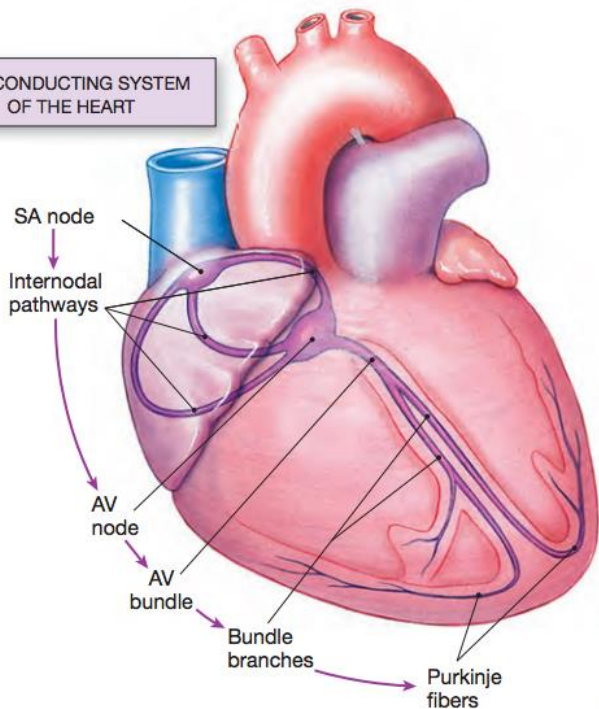
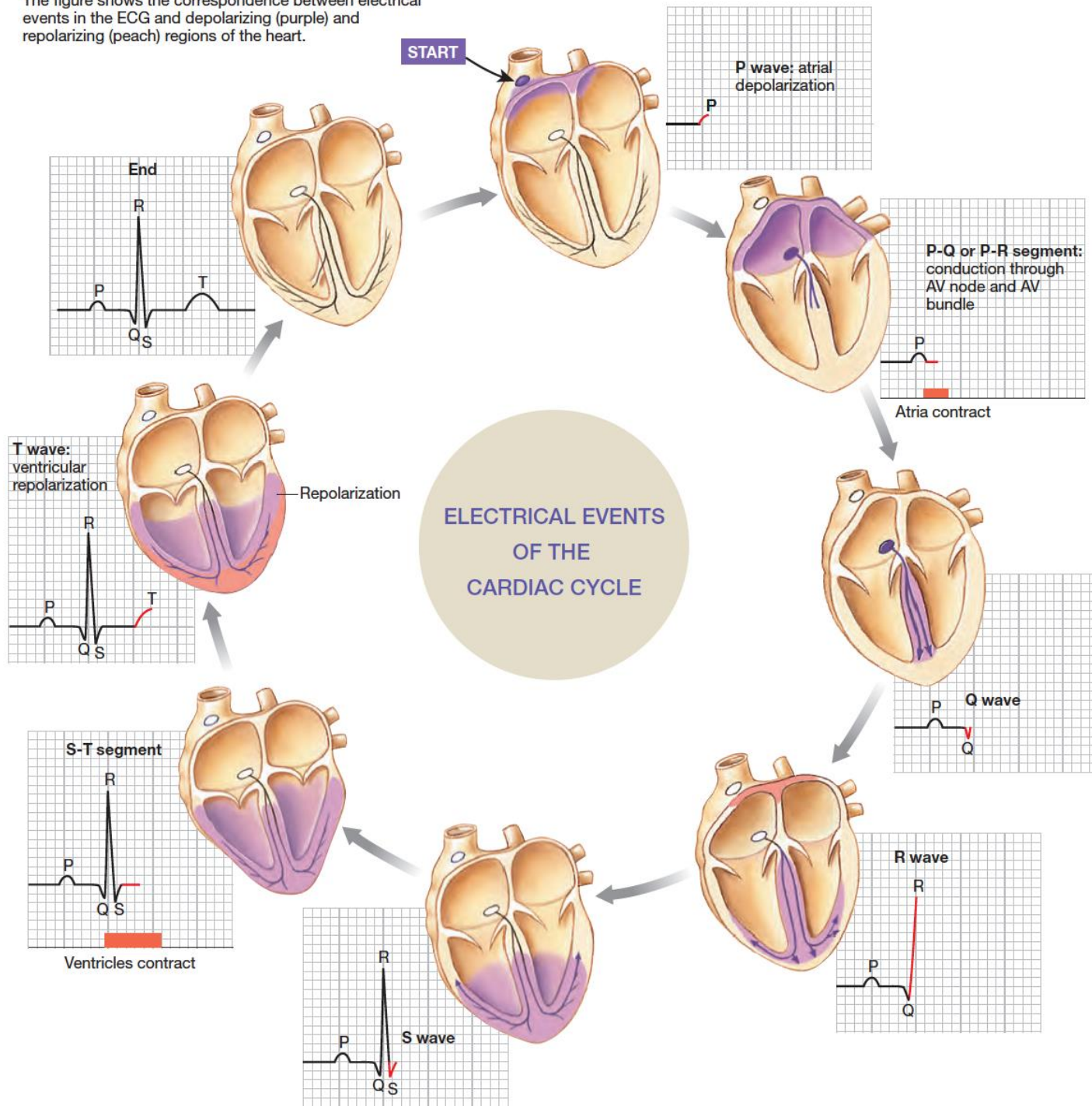


FIGURE QUESTION

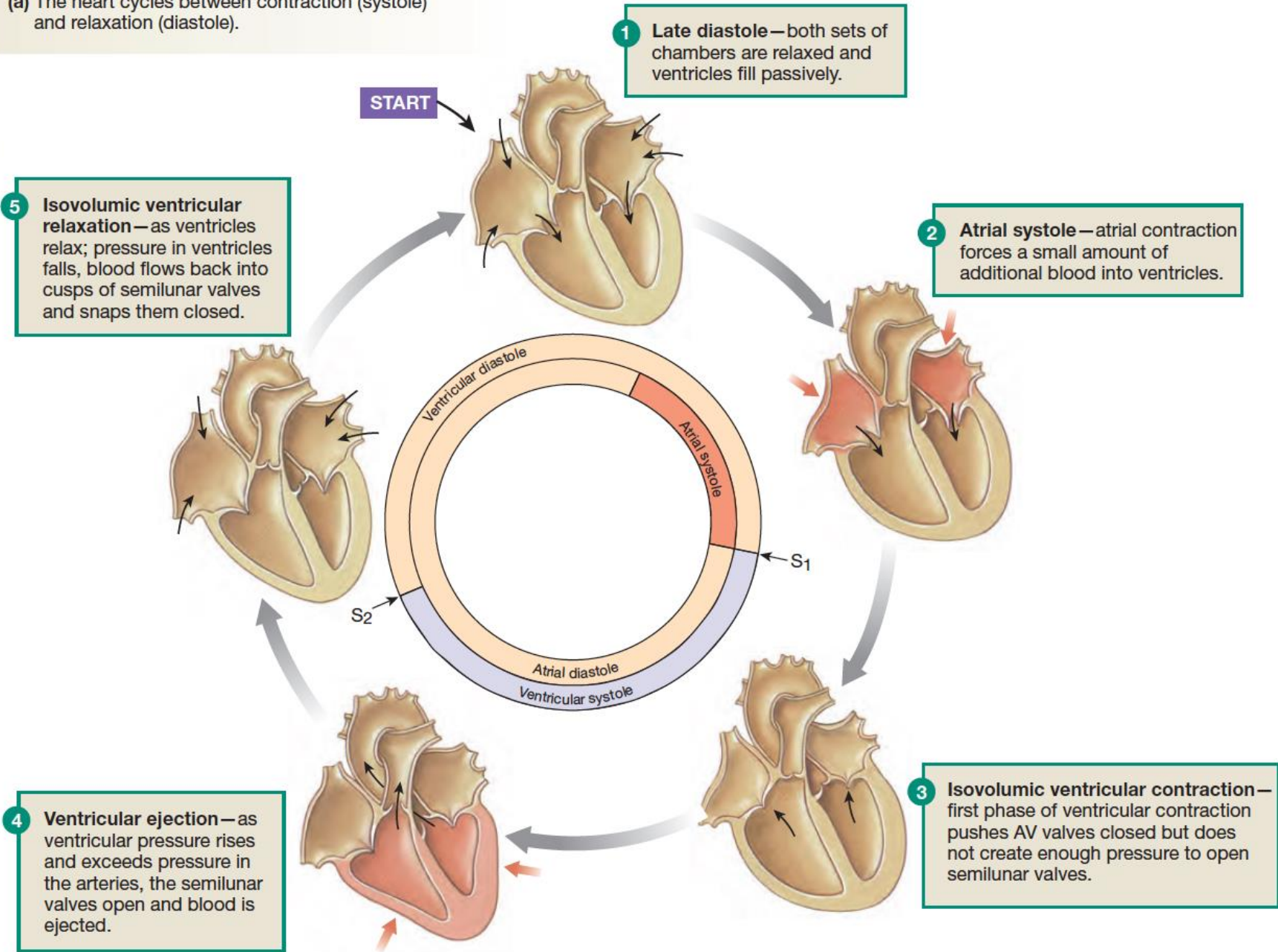
What would happen to conduction if the AV node malfunctioned and could no longer depolarize?

The figure shows the correspondence between electrical events in the ECG and depolarizing (purple) and repolarizing (peach) regions of the heart.



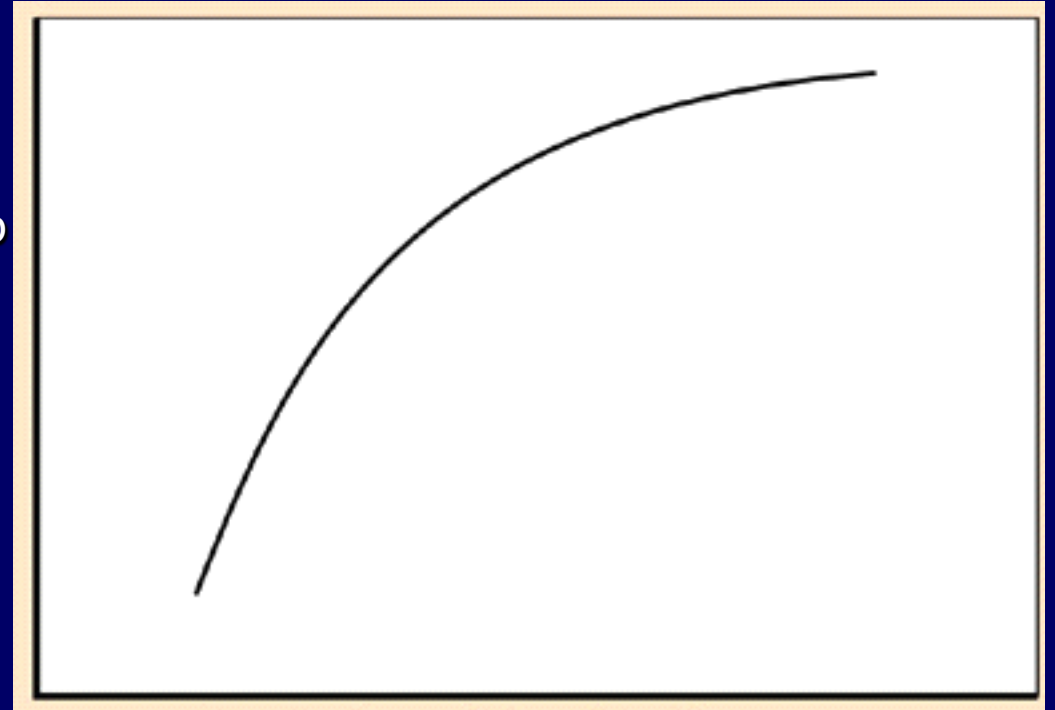
MECHANICAL EVENTS OF THE CARDIAC CYCLE

(a) The heart cycles between contraction (systole) and relaxation (diastole).



Curva de la función cardíaca

- 1) Volumen sanguíneo total
- 2) Contracción auricular
- 3) Bombeo músculo estriado
- 4) Tono venoso
- 5) Posición corporal
- 6) Presión intratorácica
- 7) Complianza ventricular



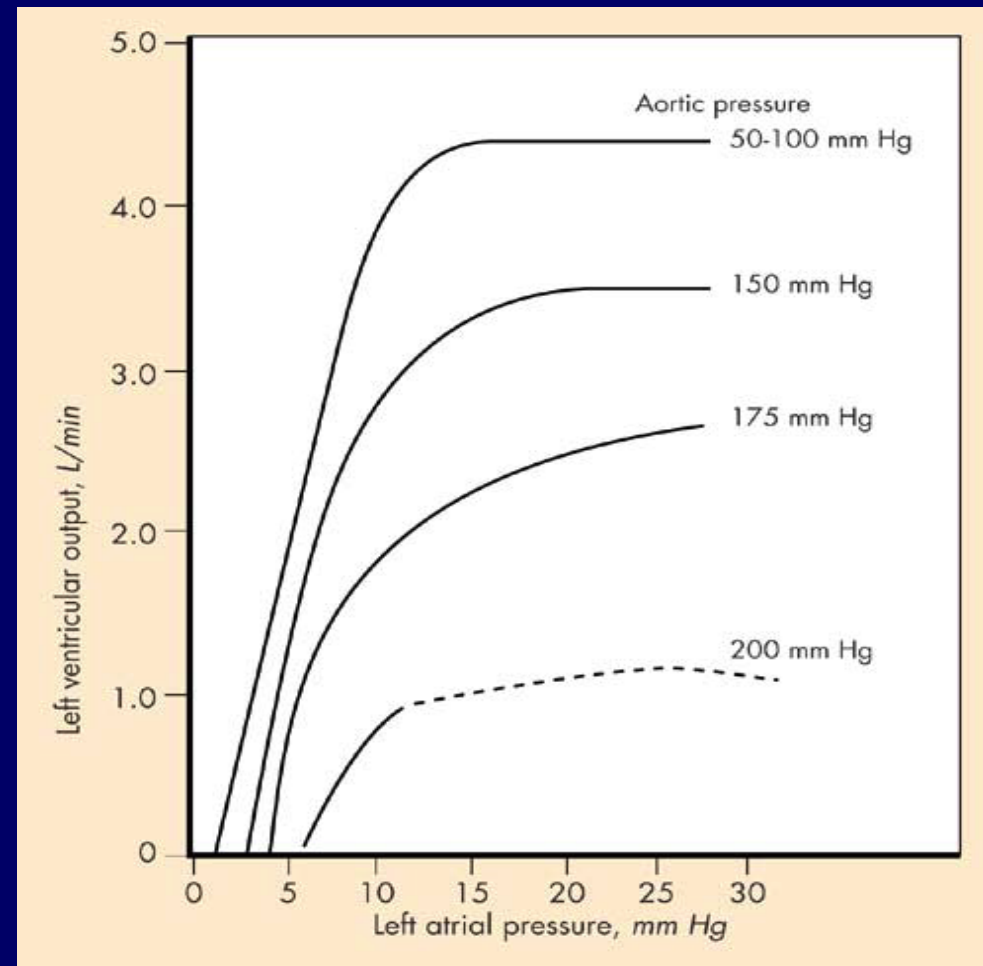
Volumen de Eyección - Postcarga

- Trabajo cardiaco: Volumen sistólico x Presión (Postcarga)
- • Presión sanguínea arterial (TA)
- • Resistencias vasculares sistémicas (Rvs)
- • Distensión pared arterial (Dt)
- Aumento (Postcarga) TA, Rvs, ↓ Dt :Aumento Trabajo
- Aumento Precarga: estiramiento fibras, efecto F-Starling

Relación inversa entre Postcarga y Función cardiaca

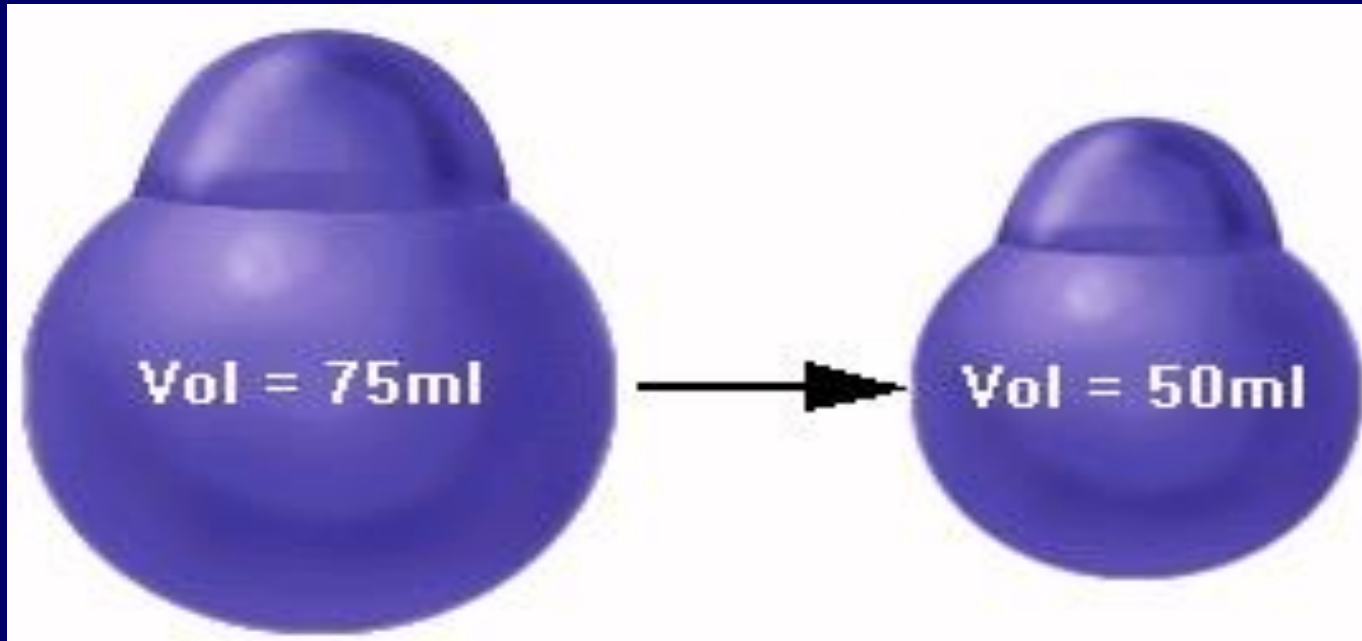
- Postcarga:

Tensión o stress en la pared ventricular durante la sístole.



Fracción de Eyección

% Volumen diastólico eyectado durante la sístole



Diástole

Sístole

Vol. Sistólico = 25 ml

Fracción de Eyección (FE) = 33%

Sístole Auricular / Ritmo Sinusal

- Contribuye al Vol. Telediastólico en un 20-30%
- El 70-80% del Vol. sanguíneo ventricular entra de forma pasiva durante la diástole ventricular

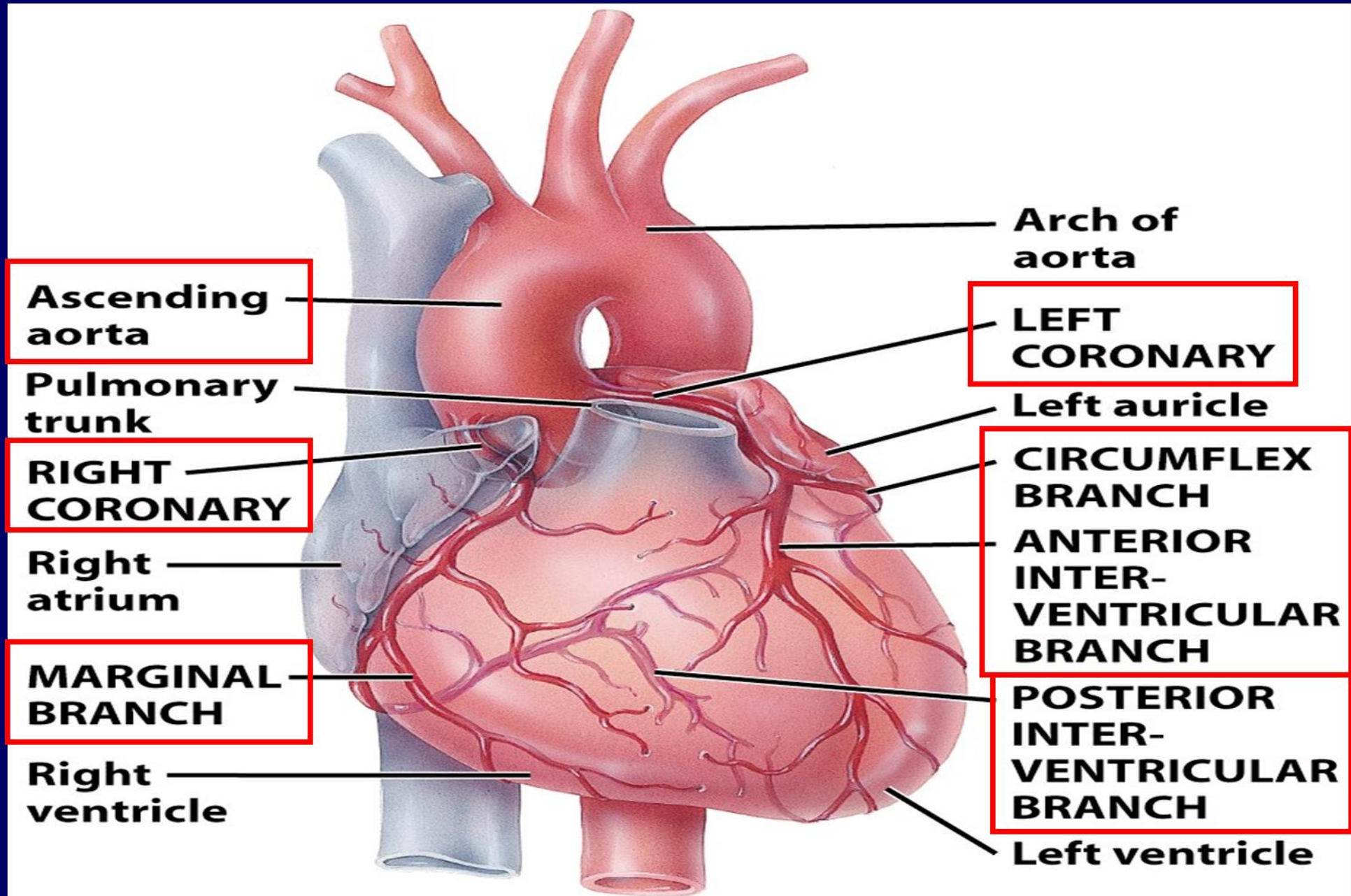
**Sístole auricular es menos importante en
Bradicardia**

**Objetivo en ACxFA → Frec. Ventricular baja →
Aumento del tiempo diastólico**

Irrigación coronaria

- NS irrigado 55% ocasiones **Art. CD** y en el 45% **arteria CX**
- **Nódulo AV** irrigado en el **90% CD** y en el 10% por la CX.
- **Aporte O₂** = **Flujo coronario** x **Contenido O₂**
 - TA diastólica en la Aorta
 - Presión telediastólica V. Izdo (PTDVI)
 - Diámetro arterias coronarias.

$$\text{Flujo sanguíneo coronario} = \frac{\text{Presión de perfusión coronaria}}{\text{Resistencia}}$$



Ascending aorta

Pulmonary trunk

RIGHT CORONARY

Right atrium

MARGINAL BRANCH

Right ventricle

Arch of aorta

LEFT CORONARY

Left auricle

CIRCUMFLEX BRANCH

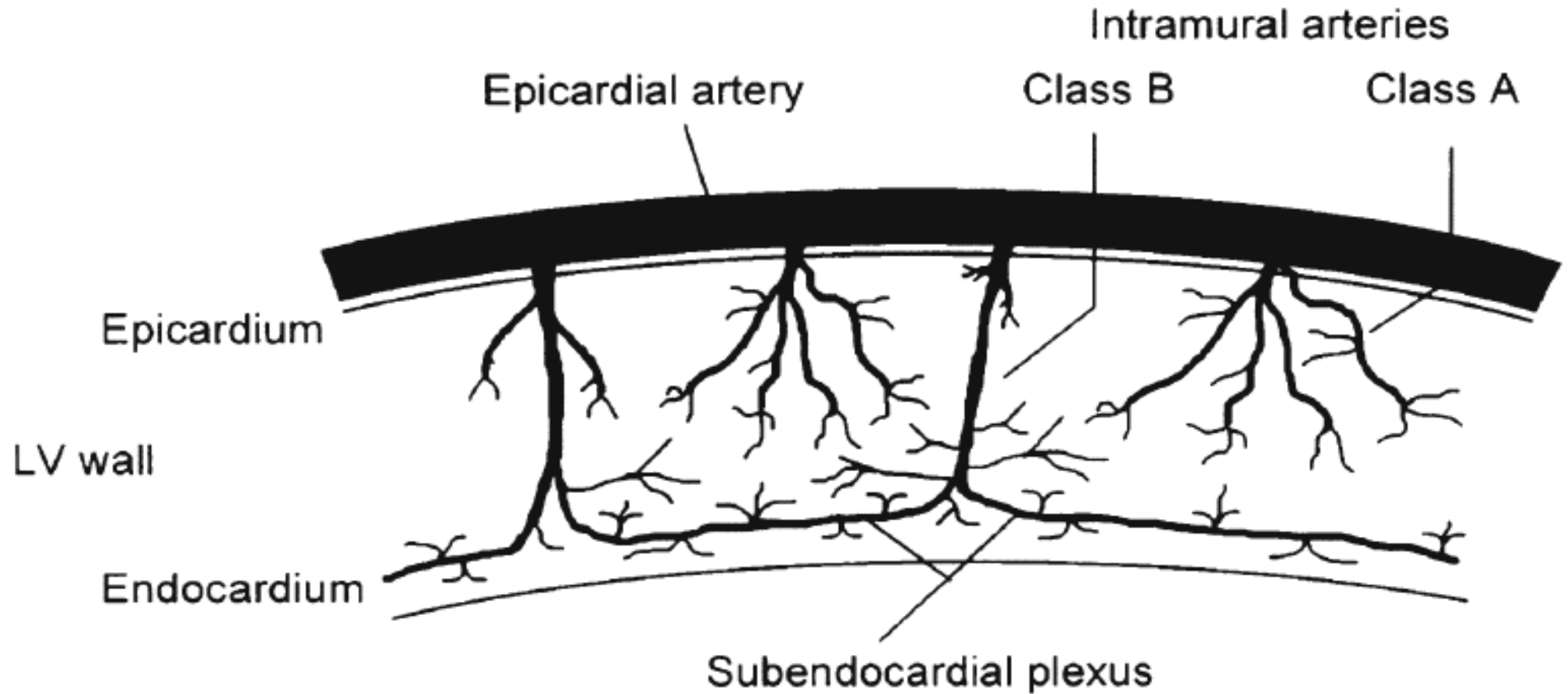
ANTERIOR INTER-VENTRICULAR BRANCH

POSTERIOR INTER-VENTRICULAR BRANCH

Left ventricle

Anterior view of coronary arteries

Irrigación Miocárdica



Factores de consumo de O₂ miocárdico:

Índice de consumo de O₂ por el miocardio:

Presión x Frecuencia: PPF = TAS x FC

➤ **Tensión de la pared miocárdica:**

Precarga: (PTDVI, PAI o PCP)

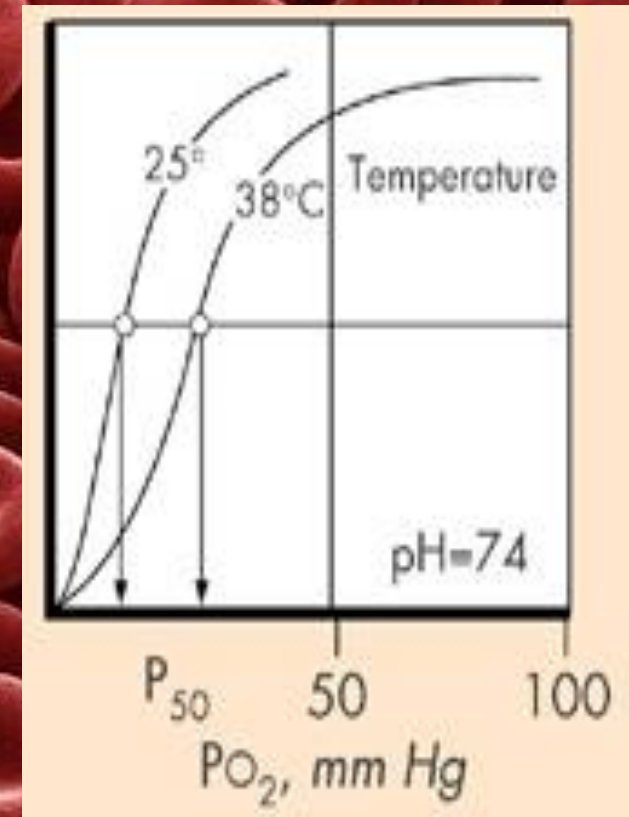
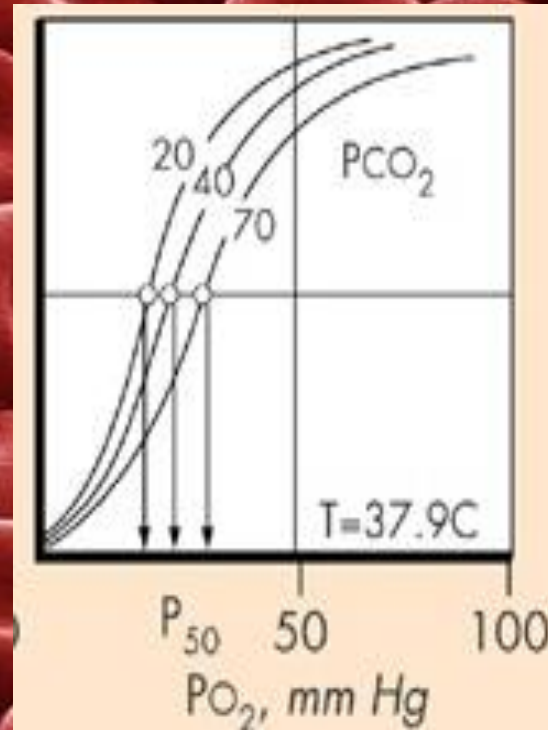
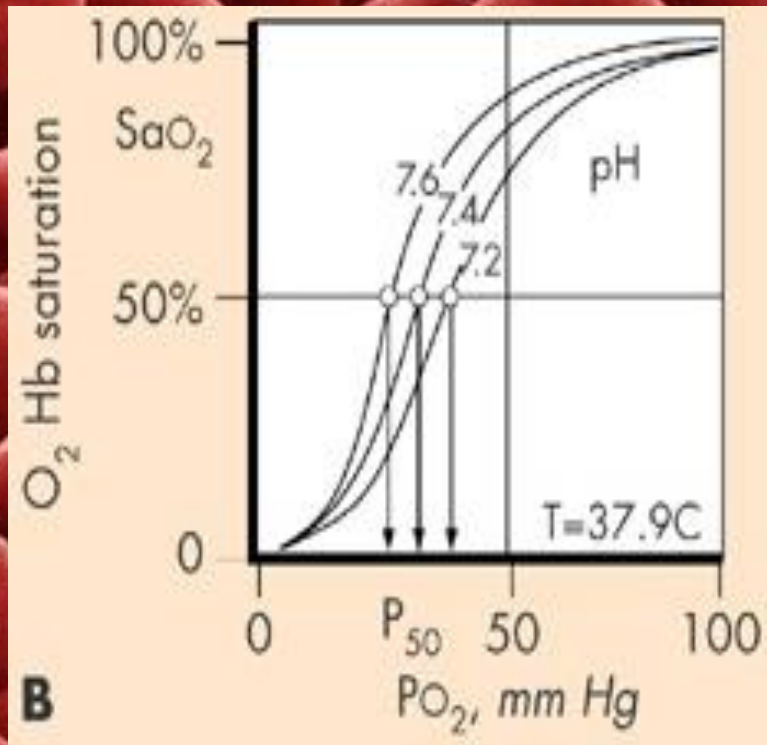
Postcarga: P ventricular sistólica o TA sistólica.

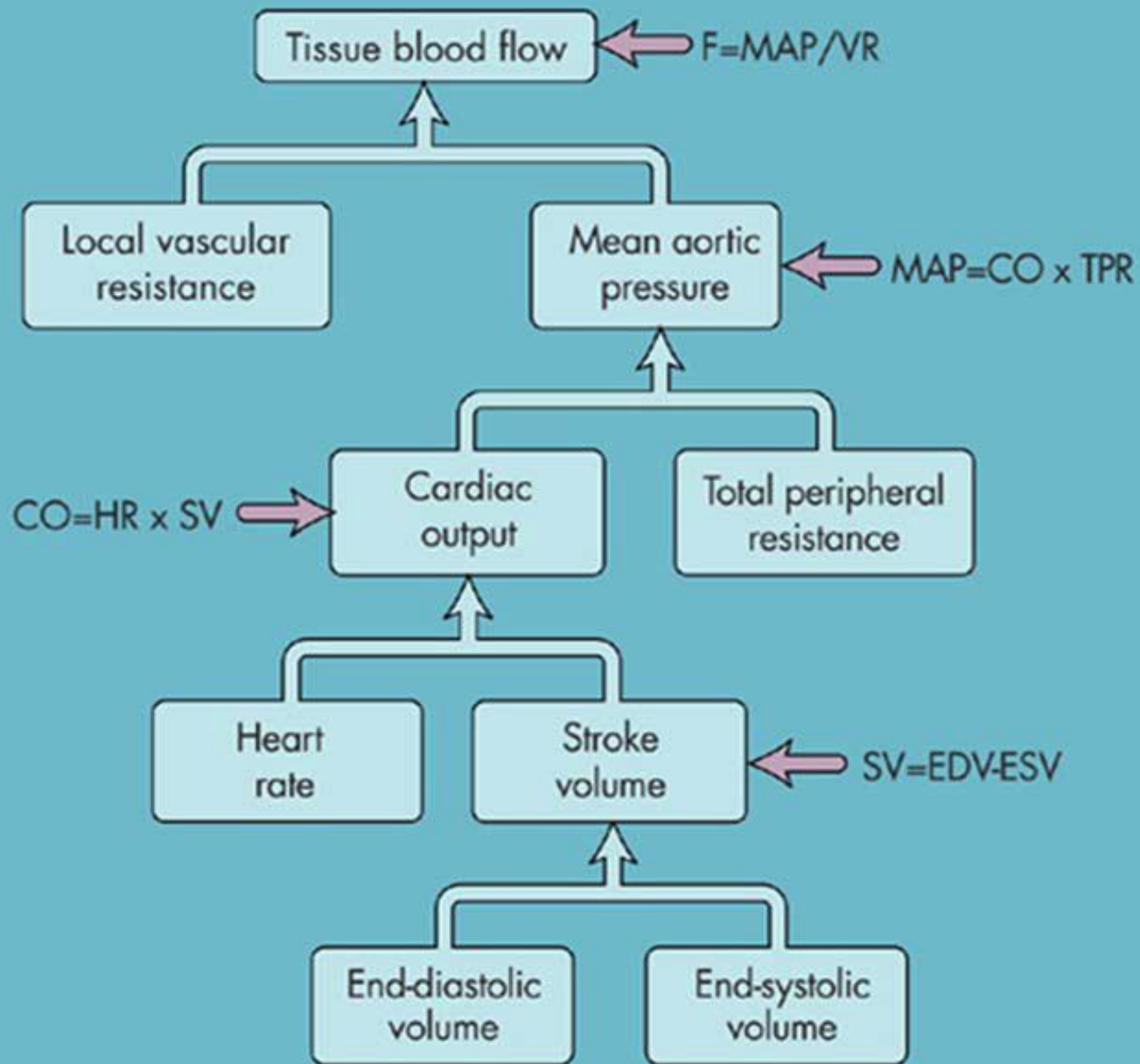
➤ **Frecuencia cardiaca**

➤ **Contractilidad:**

Índice velocidad ventricular /tiempo.

Factores de liberación O_2





Relación
Presión

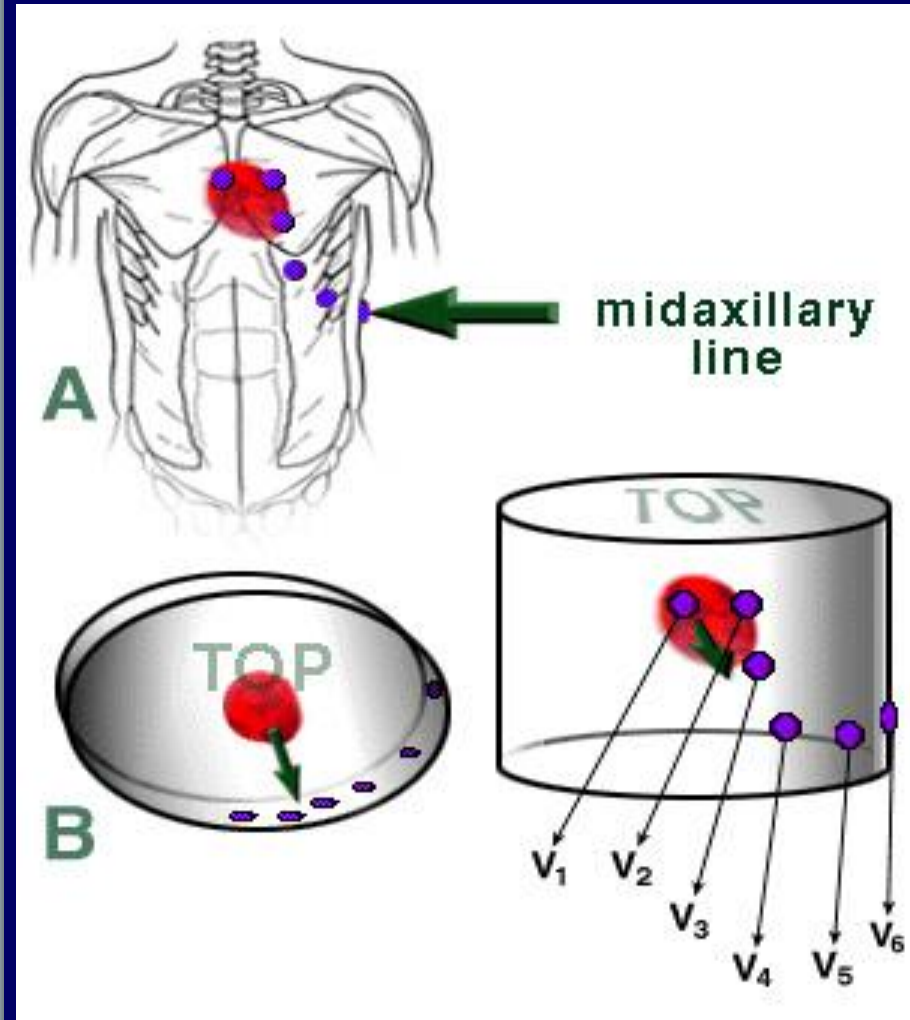


Resistencia

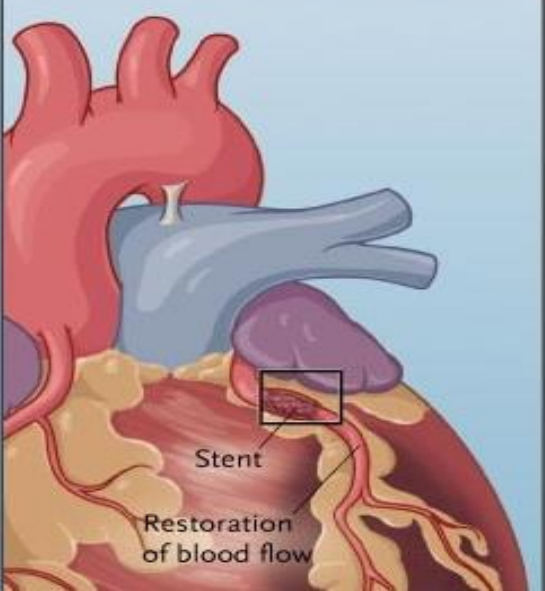
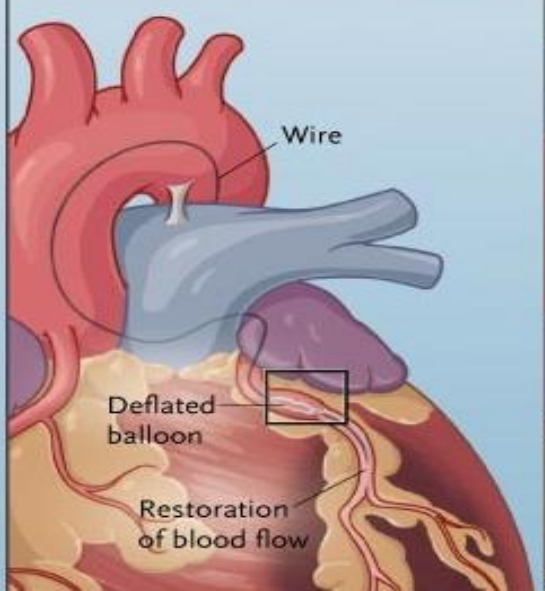
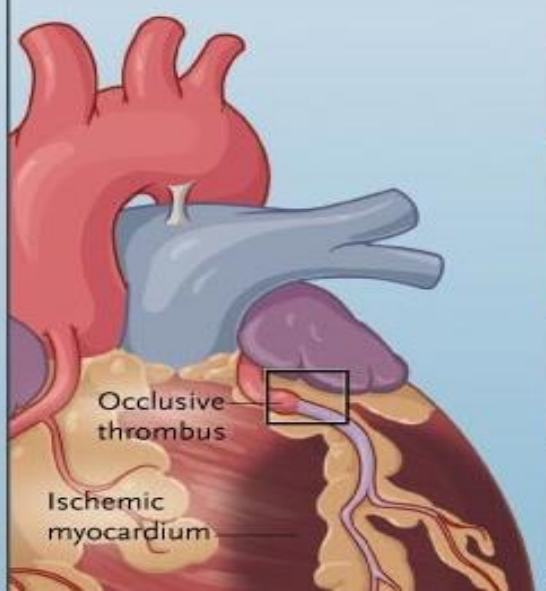
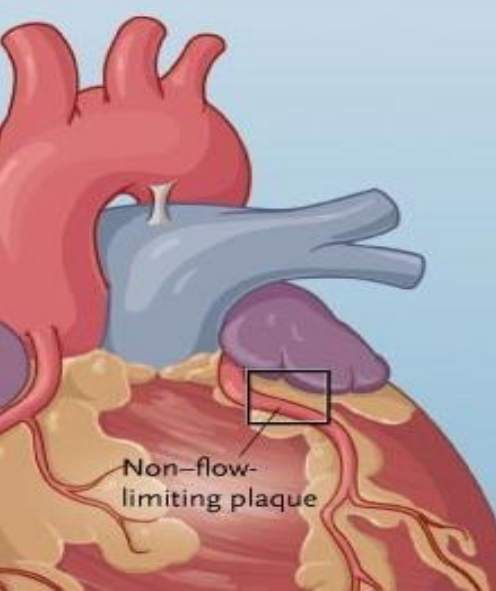
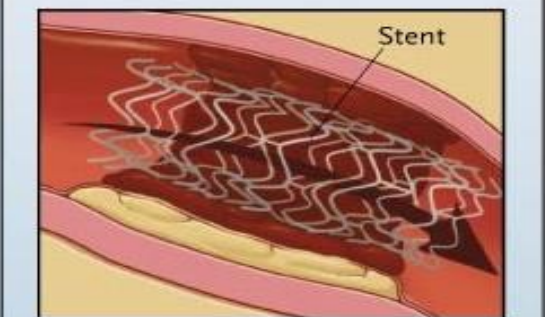
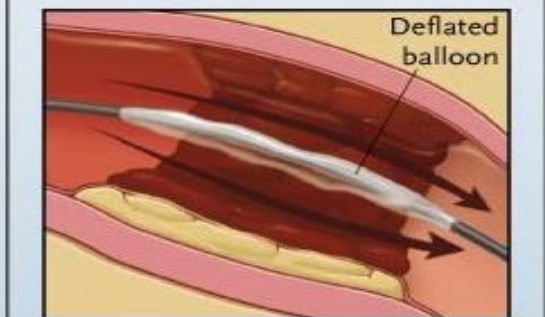
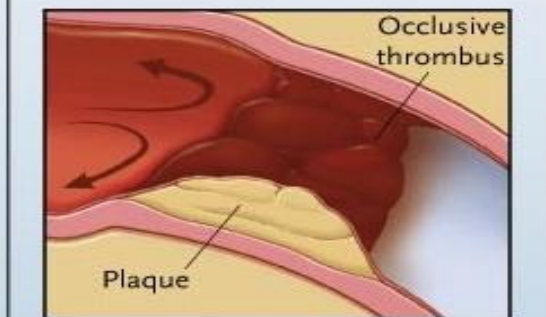
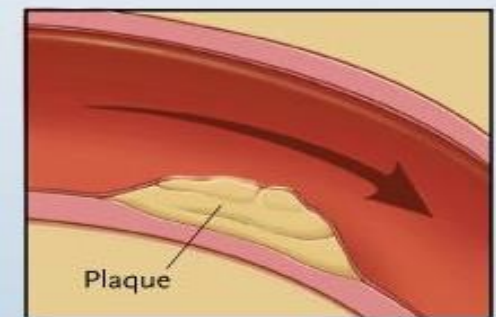
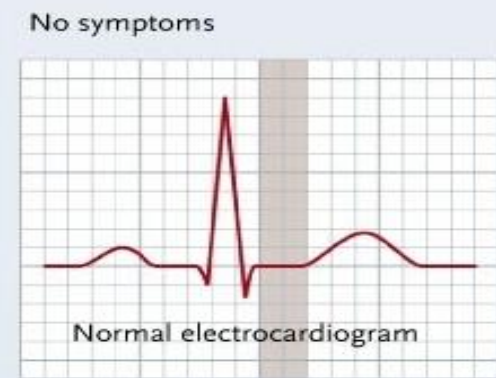
Derivación ECG

Sensibilidad Isquemia

II	33%
V4	61%
V5	75%
II-V5	80%
II - V4	82%
V4 - V5	90%
V3 - V4 - V5	94%
II - V4 - V5	96%
II - V2 - V5	100%





A Before myocardial infarction**B During myocardial infarction****C Primary balloon angioplasty****D Primary stent placement**

Clasificación Insufic. Cardíaca en IAM (Killip y Kimball)

CLASE

CARACTERÍSTICAS

- I** Sin signos clínicos ni radiológicos de Insuficiencia Cardíaca.
- II** Signos clínicos incipientes de insuficiencia cardíaca (disnea, estertores, galope), o radiológicos (cardiomegalia, HVCP, edema intersticial).
- III** Signos clínicos evidentes (disnea intensa), o radiológicos: EAP.
- IV** Criterios de shock cardiogénico (hipotensión) y vasoconstricción periférica (oliguria, cianosis, diaforesis y desorientación).

Clasificación hemodinámica de la Insuficiencia Cardíaca en el IAM (Forrester)

CLASE	PCP mmHg	IC: L/min/m²
I	≤ 18	> 2,2
II	> 18	> 2,2
III	≤ 18	≤ 2,2
IV	> 18	≤ 2,2

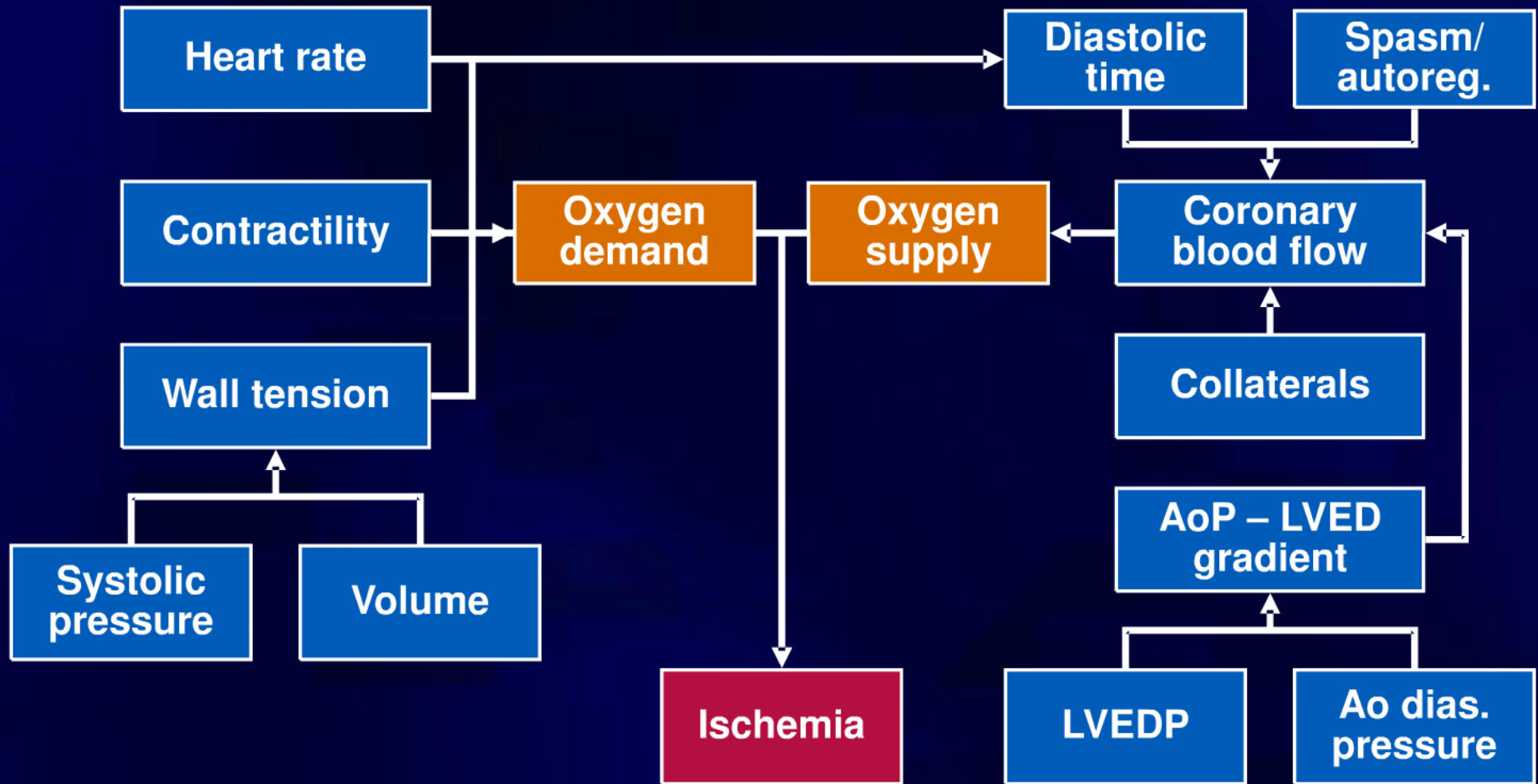
Situación clínica

Índice cardiaco 2,2	I Margen fisiológico	II Congestión pulmonar
	III Hipoperfusión periférica	IV Congestión e Hipoperfusión
PCP mmHg 0 18		

Tratamiento

Índice cardiaco 2,2	I Margen fisiológico	II Diuréticos Vasodilatadores
	III Volumen	IV Inotrópicos Vasodilatadores
PCP mmHg 0 18		

Ischemia is related to myocardial O₂ supply and demand



Insuficiencia cardiaca

- **Hipertrofia Ventricular → Insuficiencia Diastólica**

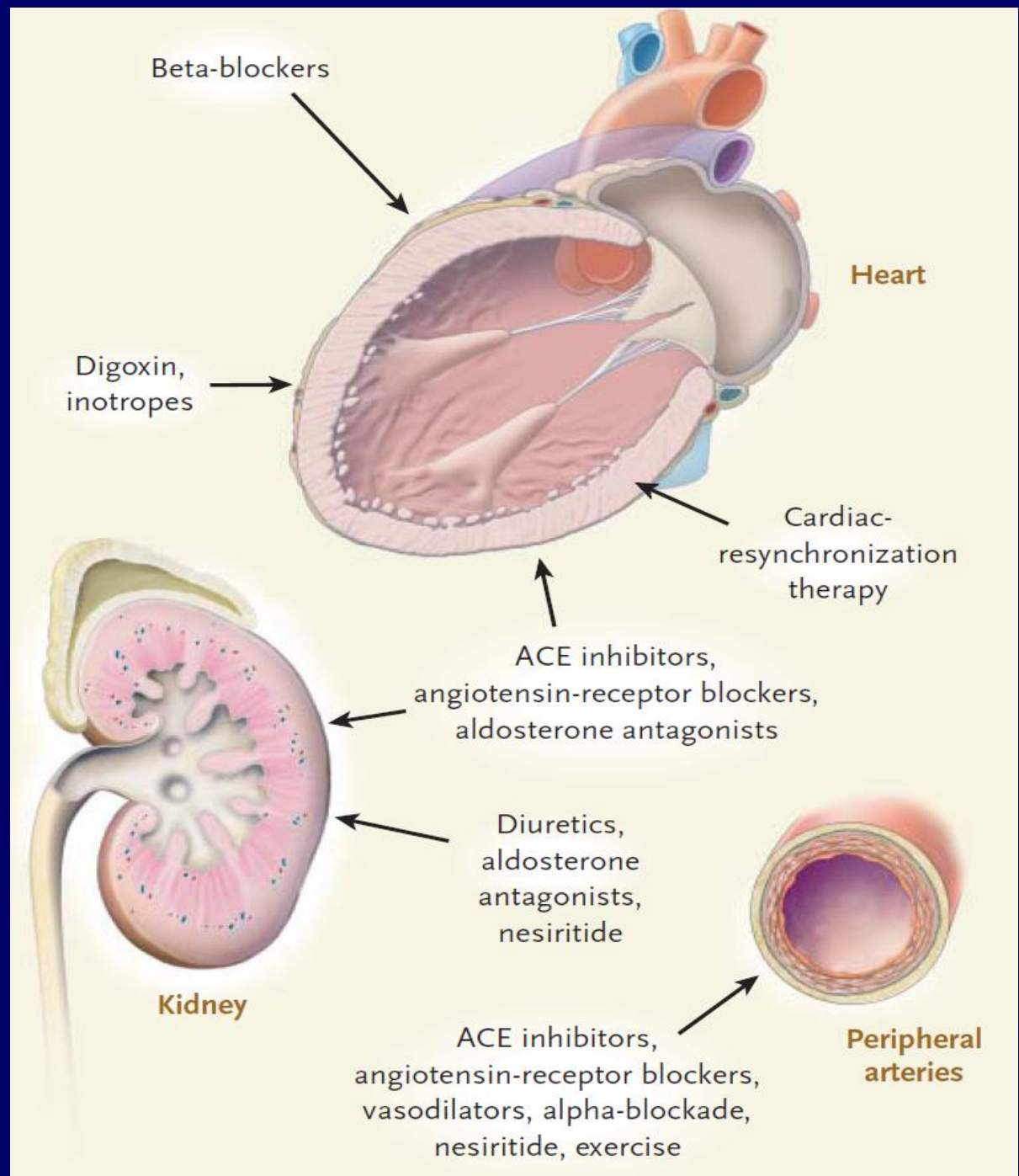
Estenosis Valvular, HTA, Pericarditis, Taponamiento.

- **Dilatación Ventricular → Insuficiencia Sistólica**

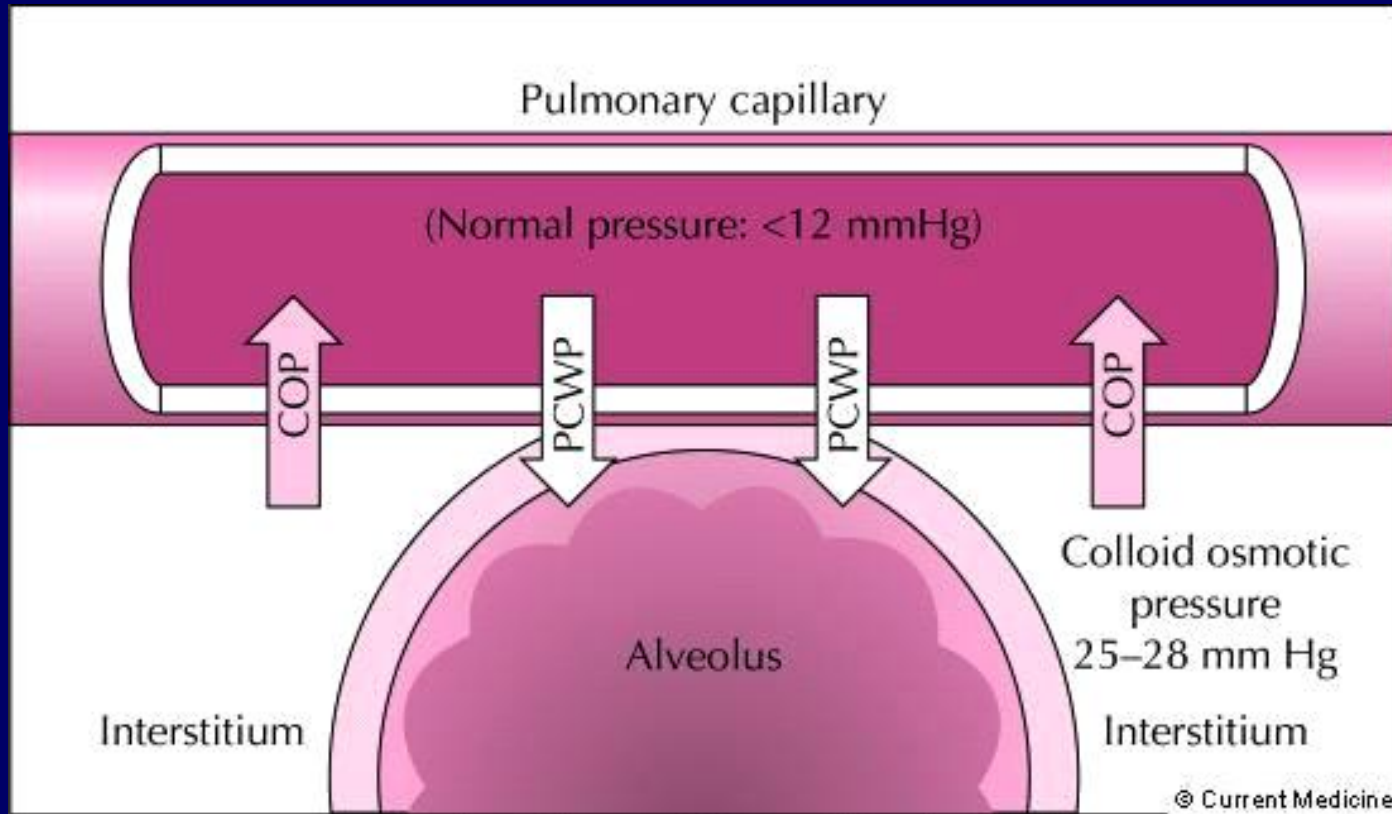
Insuficiencia Valvular, Isquemia Coronaria, Miocardiopatía

- **Aumento Trabajo Cardiaco:** Hipertiroidismo, Sepsis,

HTA, Valvulopatía, Enf. Congénitas.



Mecanismo de Edema pulmonar en la ICC



Alteración relación PCP / P.Onc en la membrana alveolo-capilar
PCP ($< 12 \text{ mmHg}$) tiende a extravasar el líquido en el intersticio
Normalmente la PCP \ll P. Oncótica (25-28 mmHg)
Si PCP $>$ P. Oncótica $\gg \gg$ Edema intersticial $\gg \gg$ drenaje
linfático $\gg \gg$ (capacidad es superada) $\gg \gg$ Edema alveolar

MECANISMOS COMPENSADORES

- Incremento de la actividad simpática (↑Contractilidad)
- Mecanismo de Frank-Starling (Elongación fibras musculares)
- Hipertrofia miocárdica (Estenosis valvulares, HTA, HTP)
- Dilatación de las cavidades (Insuficiencias valvulares)
- Activación del sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona
- Mecanismos de mejora en la liberación de O₂

Clasificación Funcional de la NYHA

CLASE	CARACTERÍSTICAS
I	Pacientes con enf. cardíaca sin limitación de su actividad física.
II	Ligera limitación actividad física (ésta les genera palpitaciones, disnea, o angina de pecho).
III	Marcada limitación actividad física (tareas menores les genera fatiga, disnea, palpitaciones, o angina).
IV	Incapacidad para realizar cualquier tipo de actividad (síntomas de angina, o insuf. cardíaca pueden estar presentes en reposo).

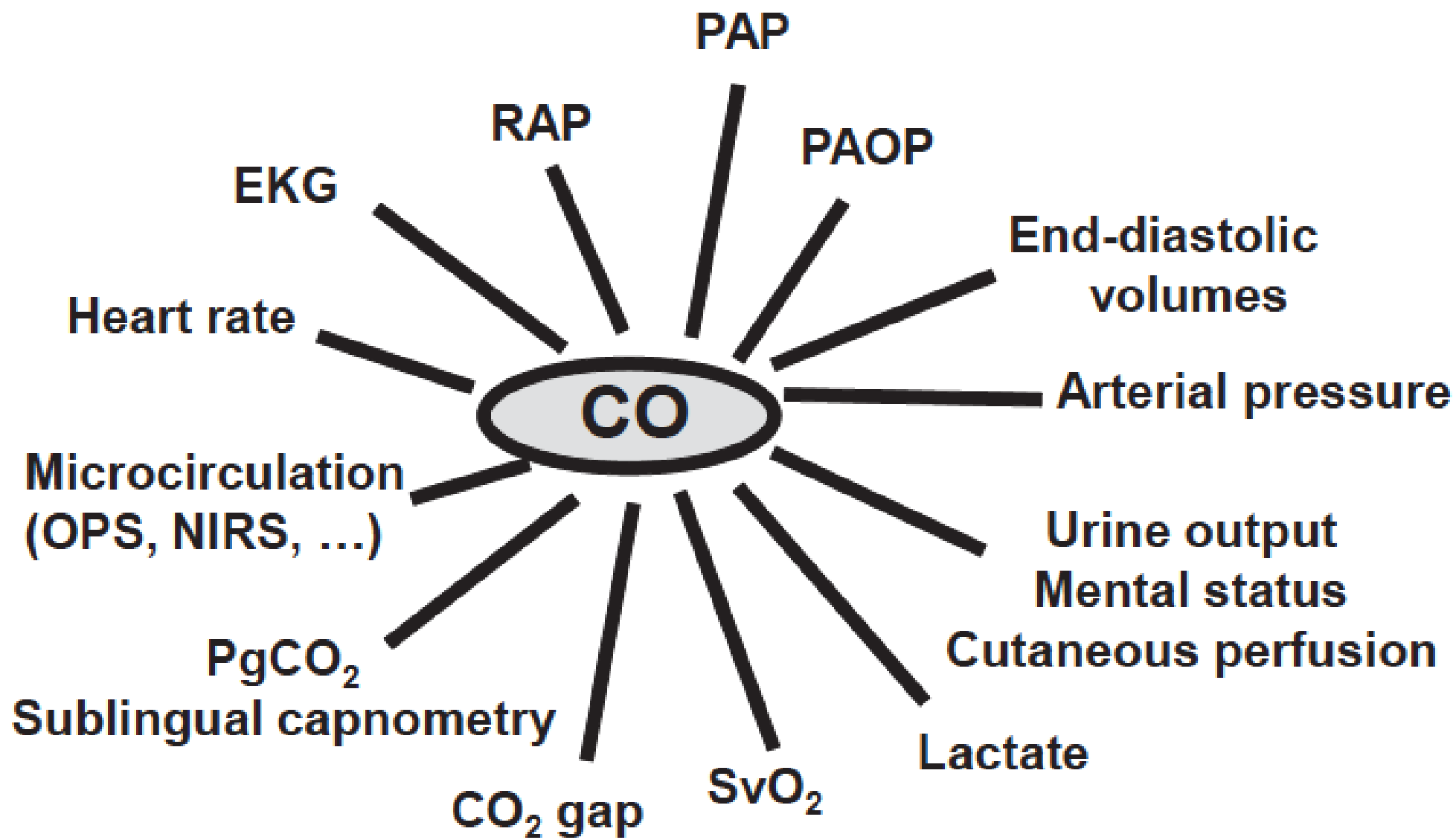


Figure 2. Factors influencing the interpretation of cardiac output

Métodos de medida del GC

- Principio de Fick
- Métodos de Dilución
- Catéter Arteria Pulmonar (termodilución)
- **Ecocardiografía**
 - Transtorácico
 - Transesofágico
- Métodos Presión del Pulso
 - No Invasivo Esfingomanometría y Tonometría
 - Invasivo: interpretan la onda de presión para calcular una serie de parámetros
 - Calibrados: PICCO, LiDCO
 - No Calibrados: FloTrac. Estima el GC a partir de una serie de ondas de presión usando un algoritmo basado en la proporcionalidad de la onda del pulso al GC
- **Cardiografía por Impedancia**
- **Imagen Resonancia Magnética**

Principio de Fick

Deduce el GC por la diferencia de contenido O_2 entre la sangre venosa mixta (pulmonar) y la arterial

Capacidad transporte O_2

Hb (gr 100ml) x 1,38 (ml O_2 /gr Hb) x 10 =

ml O_2 disueltos en 1 gr Hb x 10 (convierte la cifra en gr/L)

Transporte de O_2

$$DO_2 = (Hb \times 13,8) \times SaO_2 \times GC \cong L/min$$

Consumo VO_2 : Metabolismo celular

Transporte (DO_2) O_2 arterial - DO_2 venoso previo al corazón.

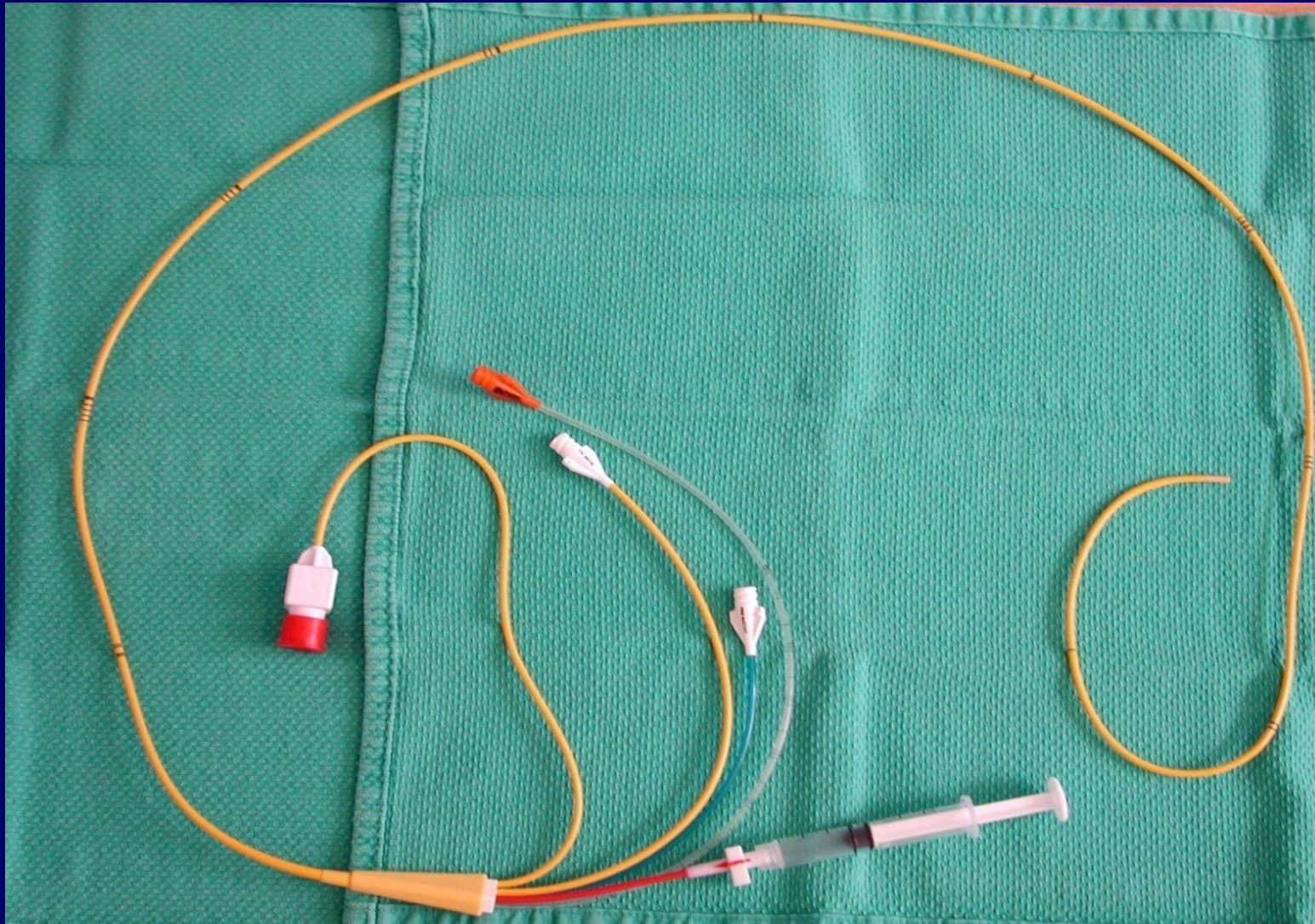
$$VO_2 \text{ (ml/O}_2\text{)} = \{(\text{Hb} \times 13,8) \times \text{SaO}_2 \times \text{GC}\} - \{(\text{Hb} \times 13,8) \times \text{SvO}_2 \times \text{GC}\}$$

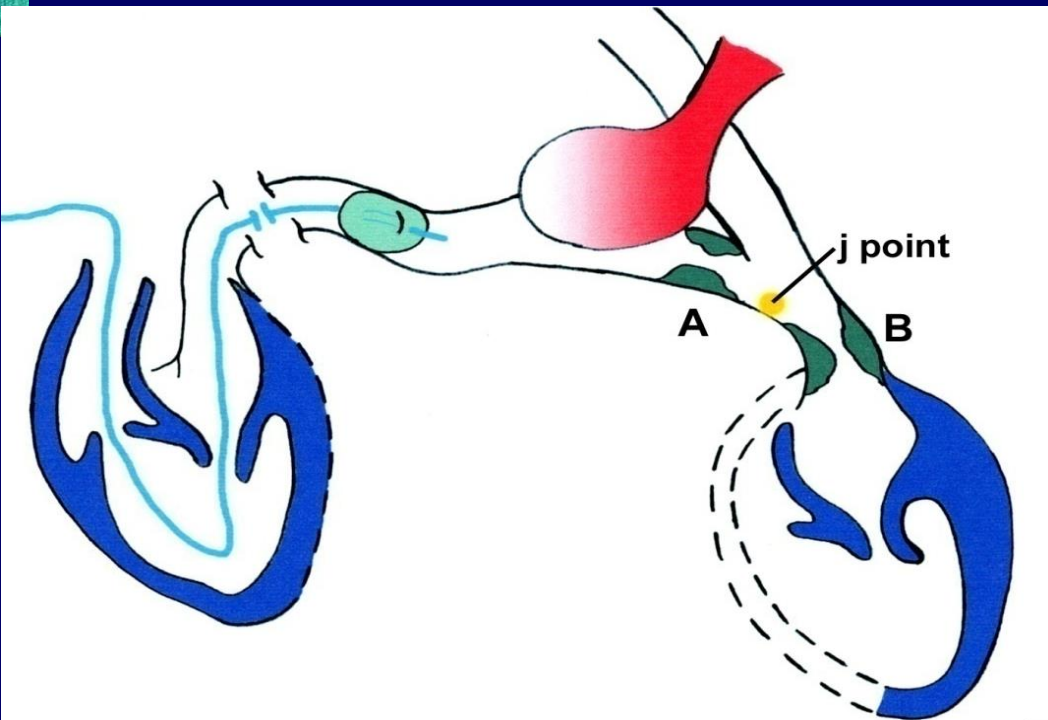
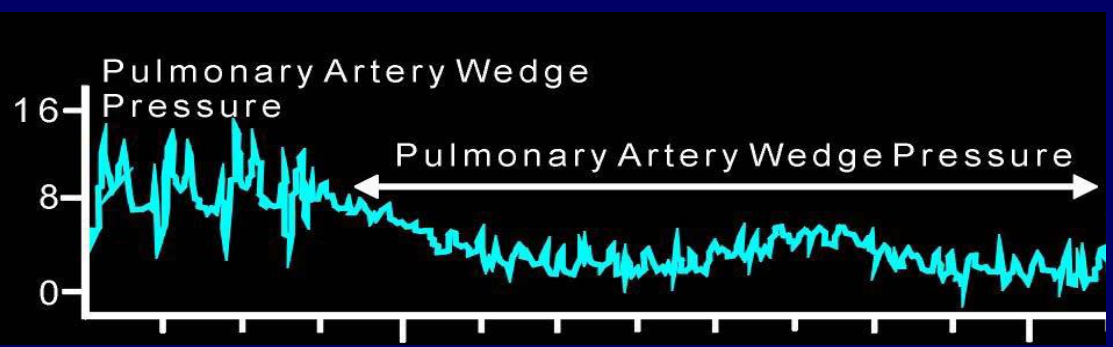
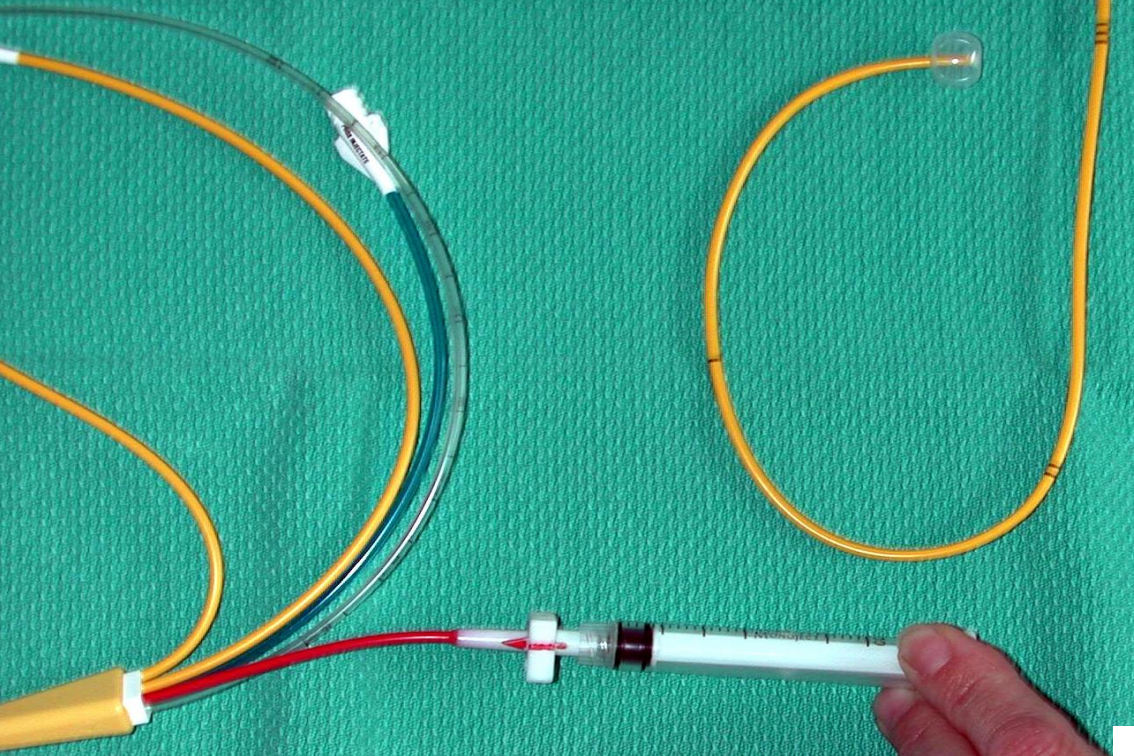
$$\text{SvO}_2 = \text{SaO}_2 - \frac{\text{VO}_2}{\text{Hb} \times 13,8 \times \text{GC}}$$

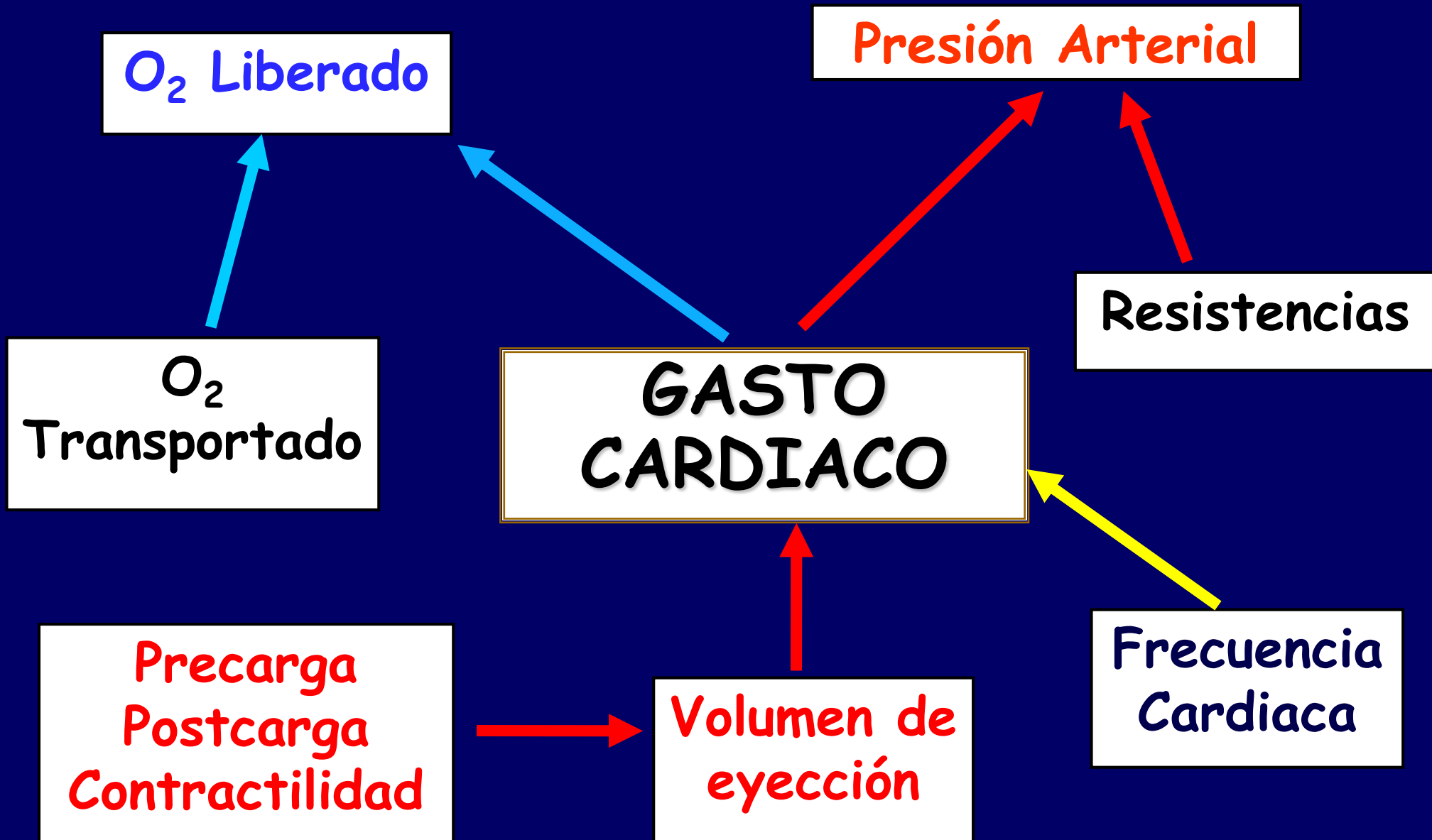
La SvO_2 normal = 75% ($\text{PvO}_2 = 40 \text{ mmHg}$)

El metabolismo basal sólo precisa el 25% del O_2 inicial

Cálculo del GC por **Termodilución** → **Catéter AP**: Sensor distal T^a mide el enfriamiento causado x inyección proximal de un volumen determinado a una T^a conocida.







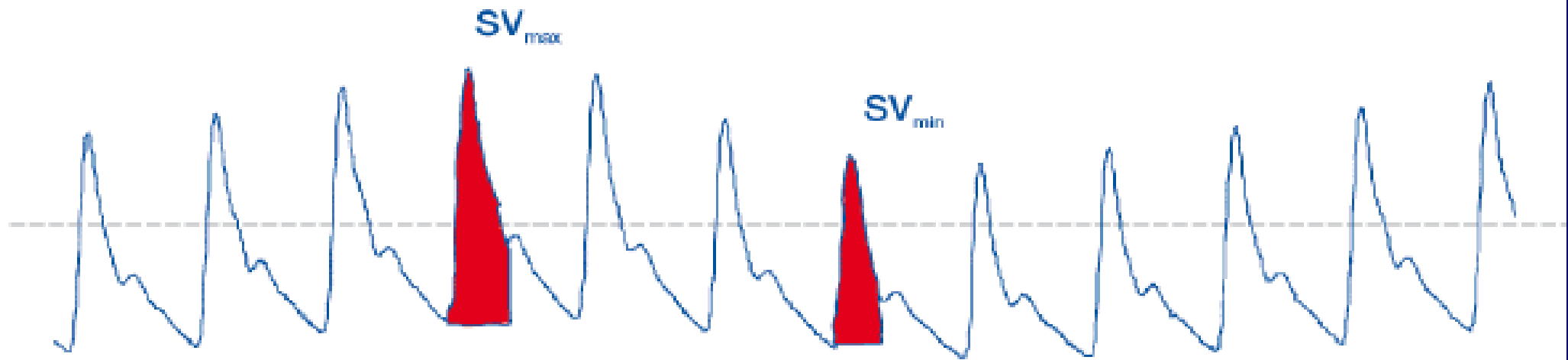
Presiones Intracardiacas

<i>Pressures</i>	<i>Mean</i>	<i>Range</i>
Left atrium	8	4–12
Left ventricle systolic	125	90–140
Left ventricle end-diastolic	8	4–12
Right atrium	5	2–12
Right ventricle systolic	25	15–30
Right ventricle end-diastolic	5	0–10
Pulmonary artery systolic	23	15–30
Pulmonary artery diastolic	10	5–15
Pulmonary capillary wedge	10	5–15
Mean pulmonary artery	15	10–20

Parámetros Hemodinámicos

<i>Parameter</i>	<i>Derived formula</i>	<i>Range</i>
CO	$HR \times SV$	4–6 L/min
CI	CO/BSA	2.6–4.3 L/min/m ²
SV	$CO \times 1000/HR$	50–120 mL/beat
SI	SV/BSA	30–65 mL/beat/m ²
SVR	$(MAP - CVP) \times 80/CO$	800–1400 dyne s cm ⁻⁵
SVRI	$(MAP - CVP) \times 80/CI$	1500–2300 dyne s cm ⁻⁵ m ²
PVR	$(PAP - PCWP) 80/CO$	140–250 dyne s cm ⁻⁵
PVRI	$(PAP - PCWP) 80/CI$	240–450 dyne s cm ⁻⁵ m ²
LVSWI	$1.36 (MAP - PCWP) SI/100$	45–60 g m/m ²
RVSWI	$1.36 (PAP - CVP) SI/100$	5–10 g m/m ²

Variación del Volumen Sistólico (PiCCO)

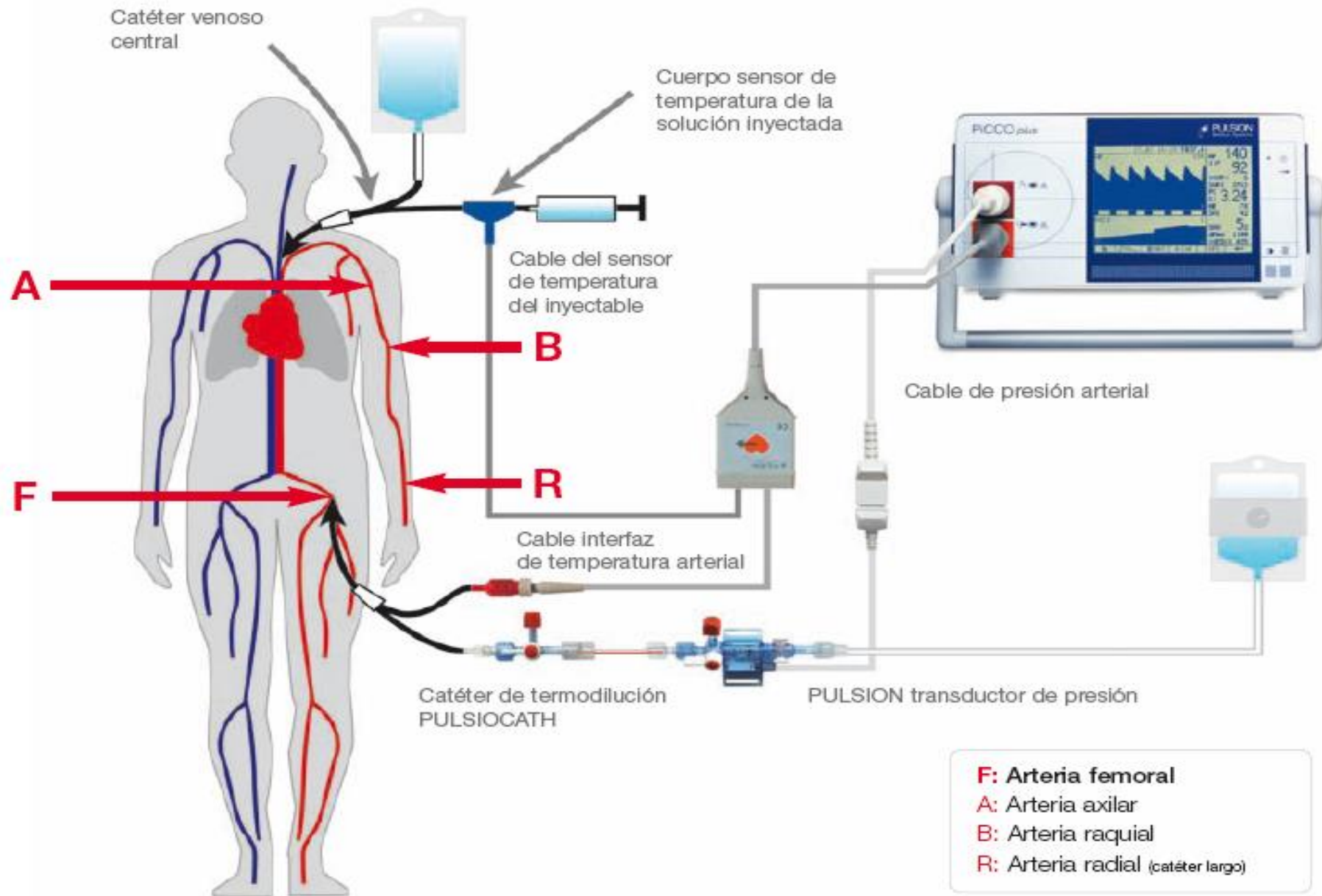


Usa la termodilución transpulmonar como método de
calibración

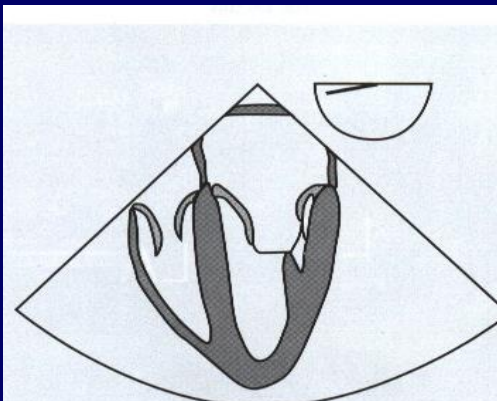
LIDCO

- Utiliza cloruro de litio como solución de calibración mediante su inyección a través de vena periférica.
- Los episodios de calibración están limitados debido al uso de cloruro de litio y pueden conducir a error en caso de uso de ciertos relajantes musculares.

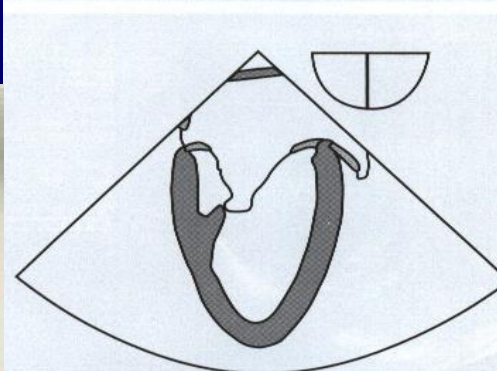
Imagen esquemática del montaje del PiCCO plus



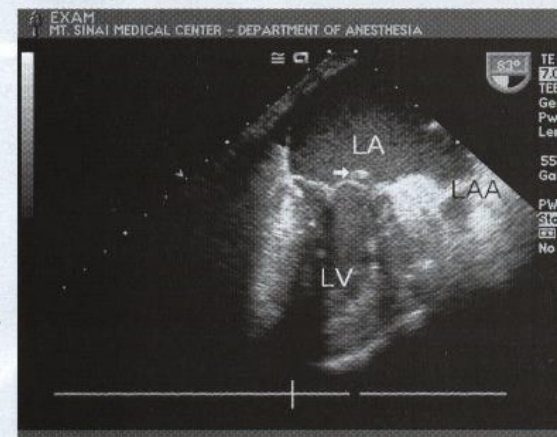
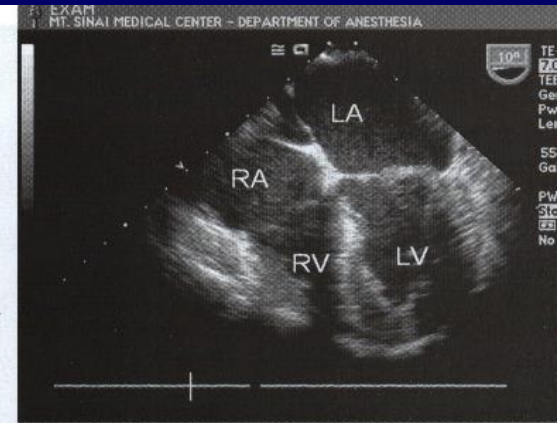
ECOCARDIOGRAFÍA

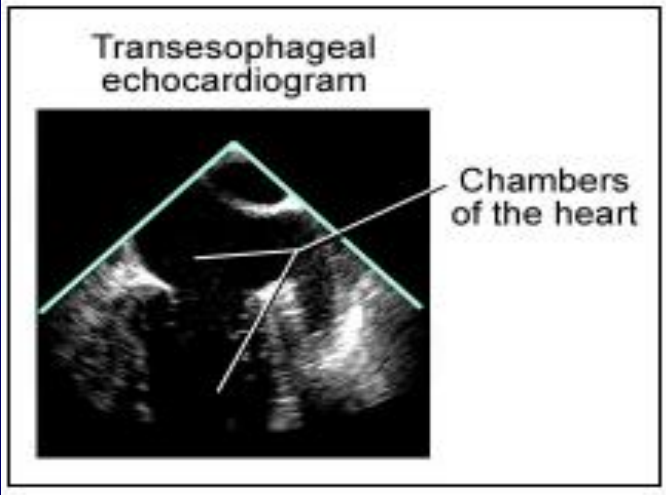
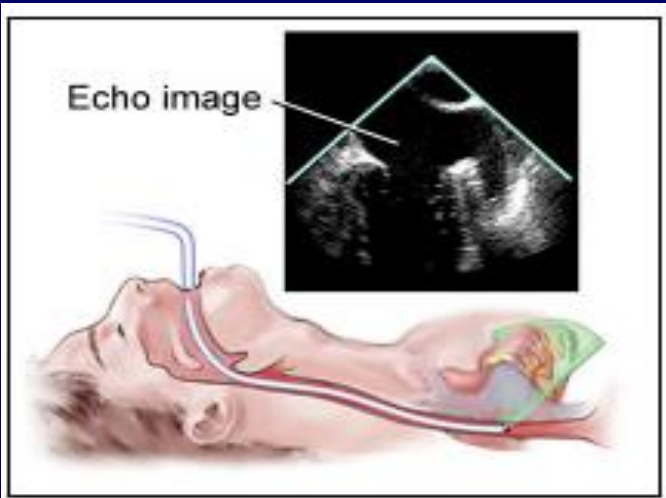


ME four chamber



ME two chamber



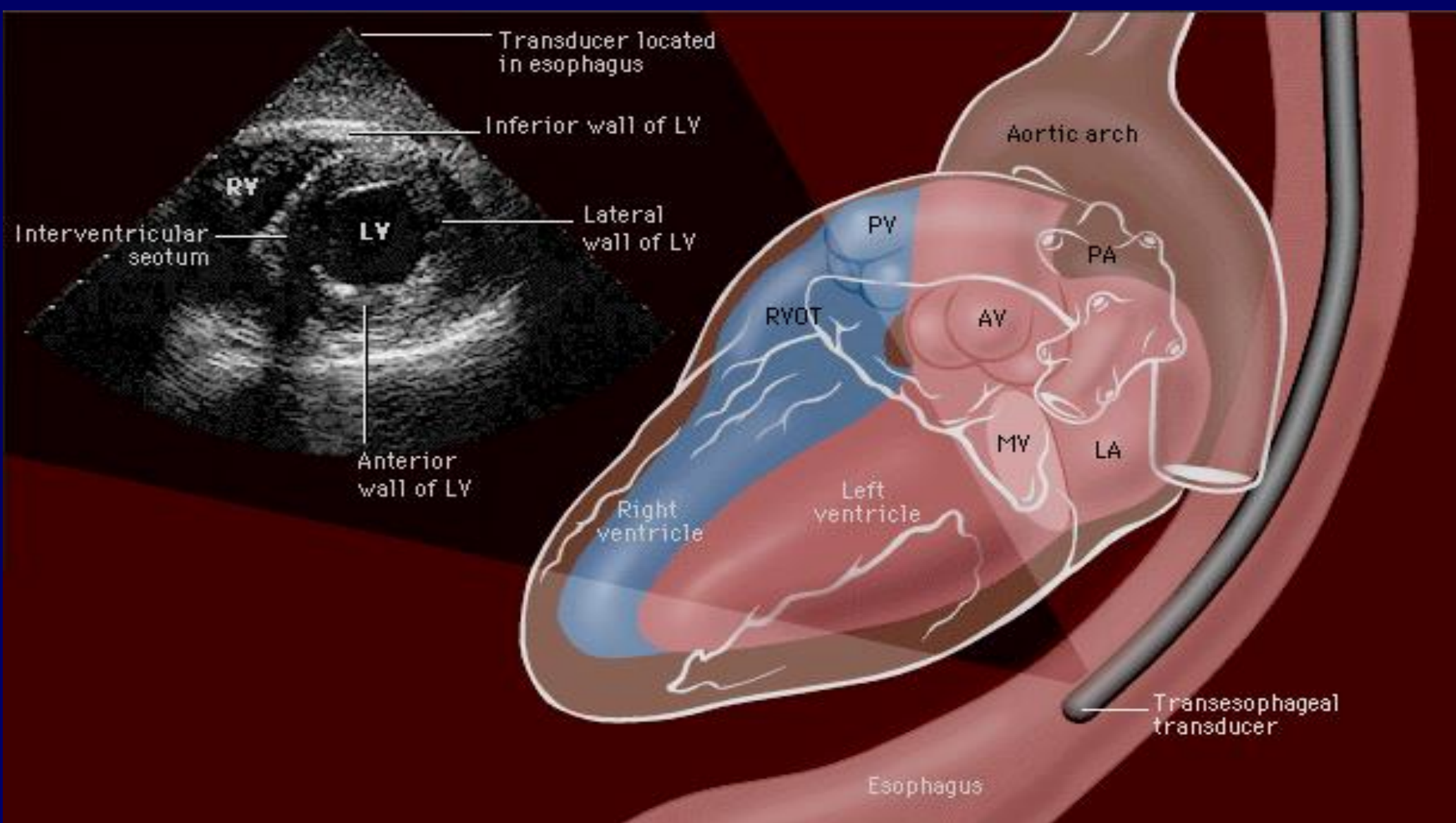


Diagnósticos mediante ETE

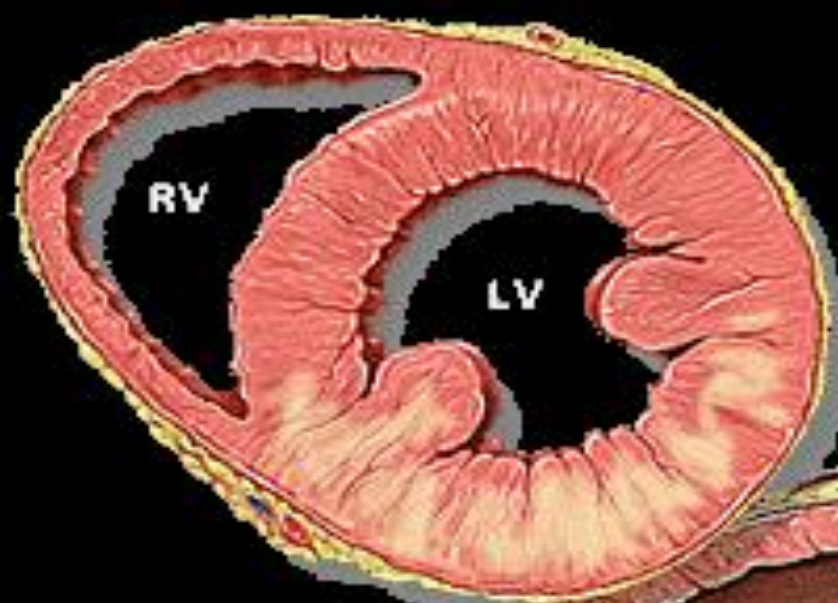
- Hipovolemia
- Descenso de la función sistólica:
 - * Isquemia, IM, Cardiomiopatía.
- Valvulopatías

Etiologías menos comunes

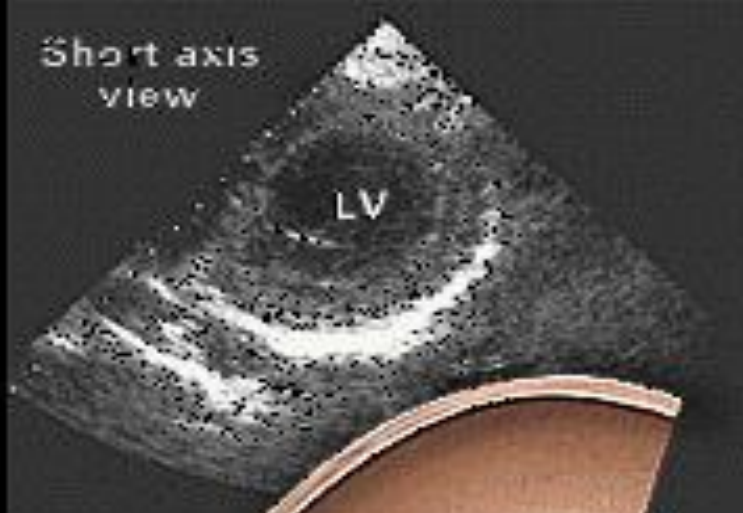
- Taponamiento pericárdico
- Disección Aórtica (Insuf. Ao importante)
- Ruptura músculo papilar (Insuf. Mitral)
- Defecto del septo V (complicación IM)
- Obstrucción flujo tracto de salida del VI



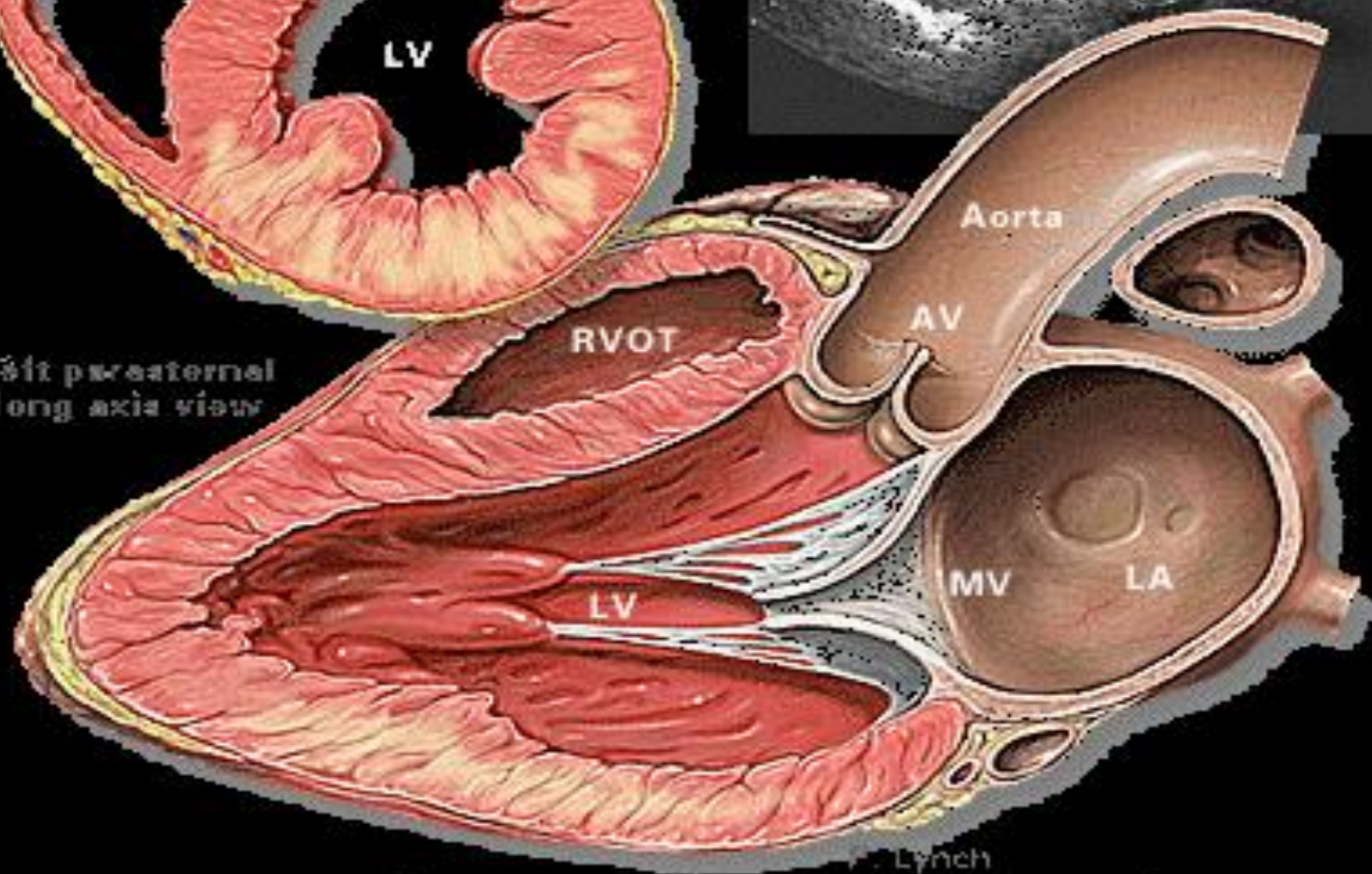
Short axis view



Short axis view



Left parasternal long axis view



Hemodynamic instability

arterial catheter
central venous catheter

Fluid responsiveness ?
(low CVP ?)

present

absent

echocardiography

hypovolemia likely

small chambers

large ventricles
poor contractile state
valvulopathy
(cardiogenic)

RV dilation
(obstructive)

tamponade

fluid challenge

EuroSCORE

Tasas de mortalidad

- Grupo de bajo riesgo (1 – 2) **0,8%**
- Riesgo medio (3 – 5) **3%**
- Grupo de riesgo alto (≥ 6) **11,2%**

Clear Data

EuroSCORE II



Patient Related Factors

Patient Age (years):

18-95

Gender:

Male

Female

Creatinine Clearance (ml/min) or Dialysis:

> 85

51 - 85

< 51

Dialysis

Extracardiac Arteriopathy:

Yes

No

Calculate Creatinine Clearance

Previous Cardiac Surgery:

Yes

No

Poor Mobility:

Yes

No

Chronic Lung Disease:

Yes

No

Active Endocarditis:

Yes

No

Critical Preop State:

Yes

No

Diabetes on Insulin:

Yes

No

Cardiac Related Factors

NYHA Class:

I

II

III

IV

CCS Class 4 Angina:

Yes

No

LV Function (EF):

< 21%

21 - 30%

31 - 50%

> 50%

Recent MI:

Yes

No

PA Systolic Pressure (mm Hg):

< 31

31 - 55

> 55

Operation Related Factors

Urgency:

Elective

Urgent

Emergent

Salvage

Thoracic Aortic Surgery:

Yes

No

Weight of the Intervention:
(see key below)

1

2

3

4

1. Isolated CABG

3. Two procedures

2. Single non CABG

4. Three + procedures

Tap Any Label For Definition

Calculate Risk

Estimated Mortality:



Add to Database

Stored Patients

Email Patient Data