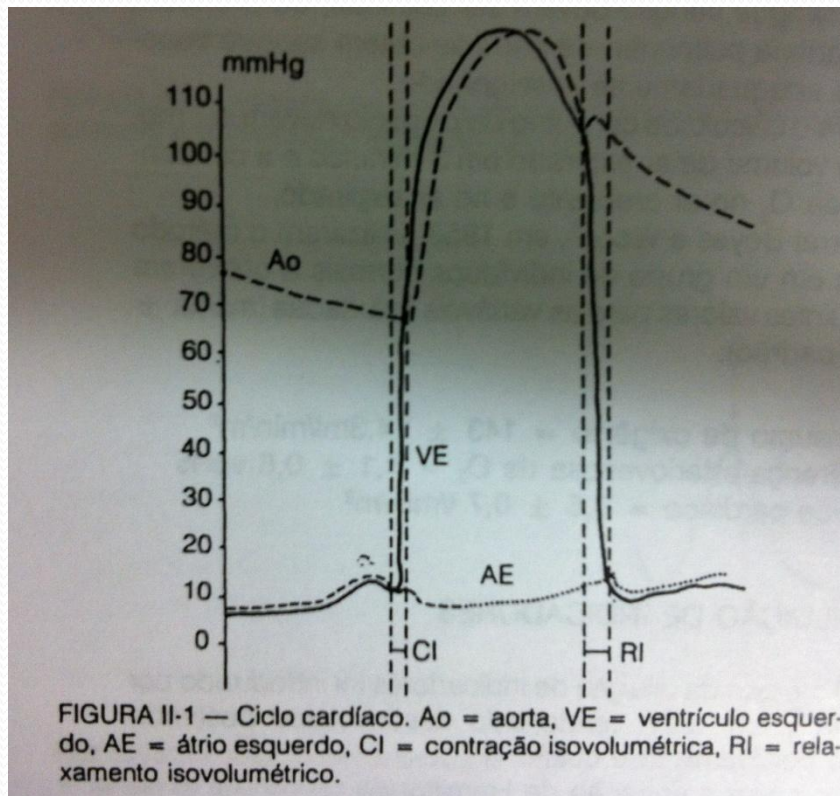


Estudo Hemodinâmico e Angiocardiográfico Normal

Renato Sanchez Antonio

Fisiologia Cardíaca

- Ciclo cardíaco possui 2 períodos: sístole e diástole



Subdivisão das Fases

- Período sistólico
- - Contração isovolumétrica: elevação da P do ventrículo, atividade elétrica no ECG, se associa no componente mitral da 1ª bulha cardíaca e se estende até abertura da valva Ao
- - Ejeção: no momento de abertura da Ao, terminando por ocasião de seu fechamento, se observa elevação da P Ao e redução VE

- Período diastólico
- - Relaxamento isovolumétrico: no fechamento da valva Ao, se estende até abertura da mitral, P intraventricular cai a níveis inferiores do AE
- - Enchimento rápido: abertura da mitral, aumento rápido do V ventricular e redução do V e pressão atrial (descendente Y)
- - Enchimento lento: por ocasião de uma mudança na inclinação da curva de variação de volume ventricular, eventualmente, se acompanha de vibrações de baixa frequência (3a bulha ou galope ventricular), próximo do nadir do descendente y da curva da pressão atrial

- - Contração atrial ou pré sístole: no fim da diástole ventricular por ocasião da sístole atrial, que determina elevação da pressão atrial (onda *a*).
- Próximo ao pico da *a* atrial, caso contração atrial vigorosa, pode haver (4ª bulha ou bulha atrial)
- Em decorrência da posição do nó sinusal, o início da contração do AD e abertura da valva tricúspide precedem a contração do AE e mitral
- Por outro lado a contração do VE se inicia antes do VD, embora início da ejeção do sangue para a. pulmonar preceda a ejeção do sangue para aorta.
- Isto se deve às diferenças de pressão entre a aorta e a. pulmonar (níveis altos)

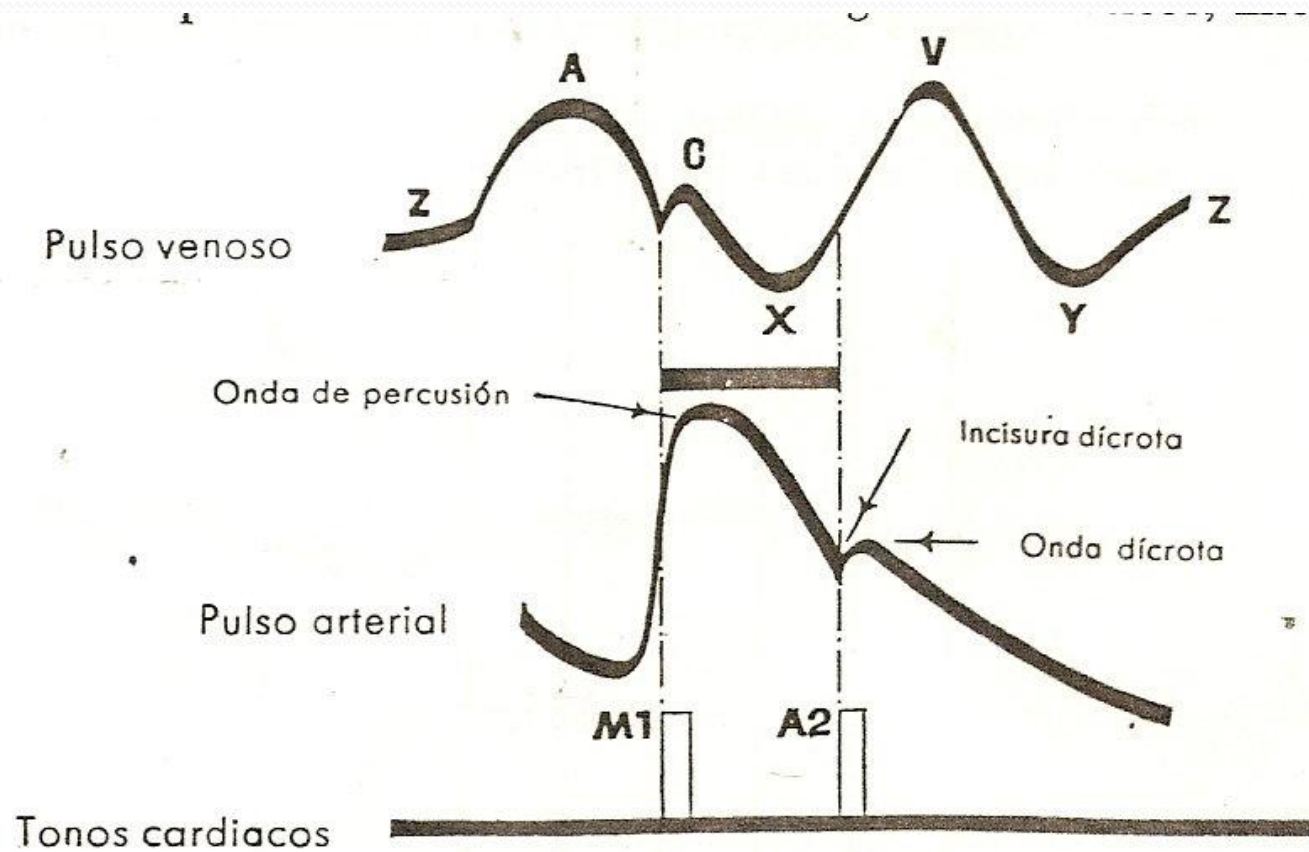
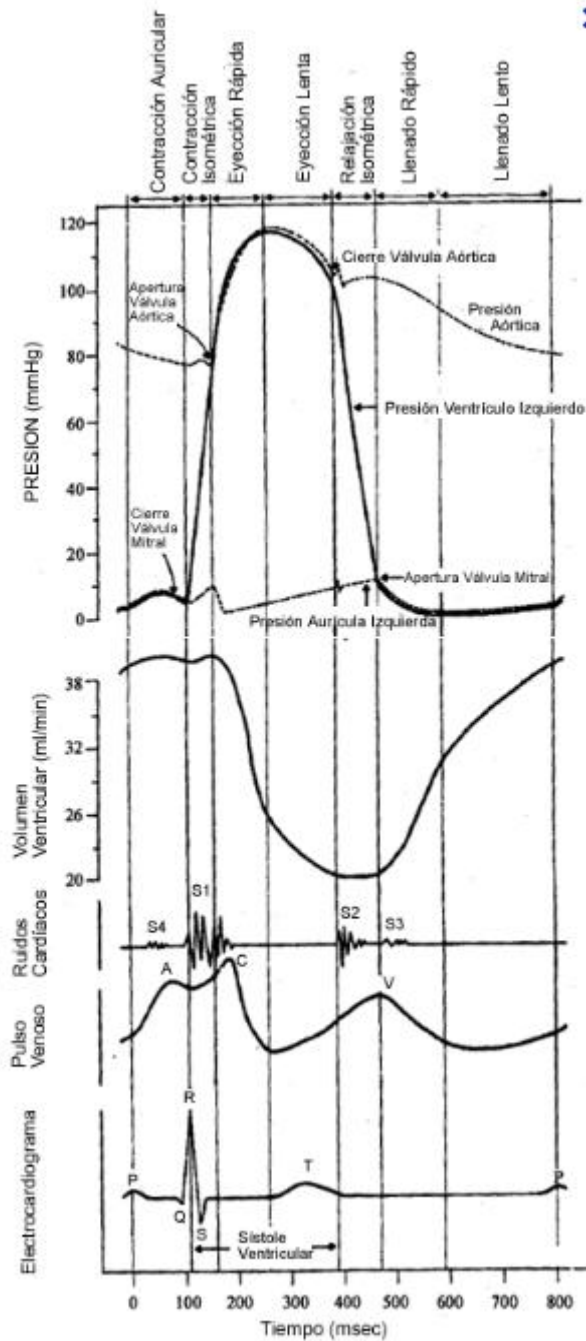
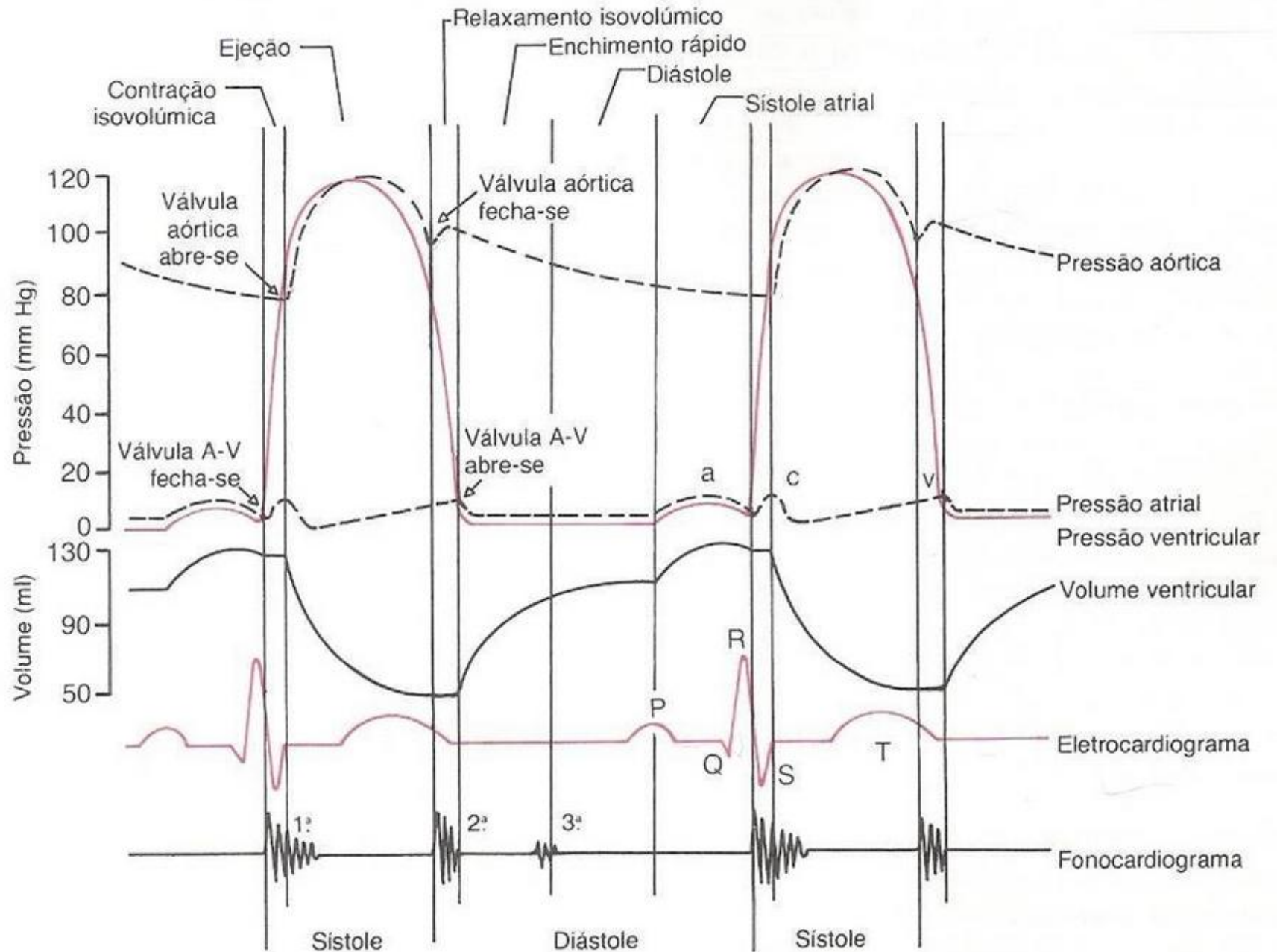


Fig. 1. Dibujo esquemático del pulso venoso y arterial normal y sus relaciones temporales con los tonos cardiacos. La raya negra entre las líneas de puntos señala la duración de la sístole ventricular. (M_1 , componente mitral del primer tono; A_2 , componente aórtico del segundo tono.)





QUADRO II-1 — Valores normais das pressões durante o ciclo cardíaco, em repouso.

Átrio direito	{ Média 0-5 Onda a \leq 7 Onda v \leq 5
Ventrículo direito	{ Sistólica 15-30 Diastólica final 0-5
Artéria pulmonar	{ Sistólica 15-30 Diastólica 6-14 Média 10-20
Capilar pulmonar (ou átrio esquerdo)	{ Média 3-14 Onda a \leq 14 Onda v \leq 12
Ventrículo esquerdo	{ Sistólica 90-140 Diastólica final 0-14
Aorta	{ Sistólica 90-140 Diastólica 60-90 Média 70-105

Débito Cardíaco

- V de sangue ejetado pelo coração na unidade de tempo (l/min)
- $IC = DC / ASC$ (indivíduos diferentes)
- Método de Fick
 - - consumo de O_2 e diferença AV de O_2
- Diluição de Indicadores
- Método de Hamilton
 - - injeta-se determinada quantidade de indicador em uma veia sistêmica ou câmara direita, também se colhe amostras de sangue arterial a intervalos regulares

Método de Fick

$$DC \text{ (l/min)} = \frac{\text{Consumo de oxigênio (ml/min)}}{AVO_2 \text{ (vol \%)} \times 10}$$

AVO₂ = diferença arteriovenosa na concentração de O₂ em ml de O₂ por 100ml de sangue.

Step 1. Theoretic oxygen-carrying capacity:

$$\text{Hemoglobin (gm/dL)} \times 1.36 \text{ (mL of O}_2\text{/gm of Hb)} \times 10 = \text{_____ mL O}_2\text{/L blood}$$

Step 2. Saturation of arterial (BA, FA, Ao) blood = _____ %

Step 3. Oxygen content of arterial blood:

$$\begin{array}{ccc} \text{Theoretic capacity} \times \% \text{ saturation} & = & \text{_____ mL/L} \\ \text{(step 1)} & & \text{(step 2)} \end{array}$$

Step 4. Saturation of mixed venous (PA) blood = _____ %

Step 5. Oxygen content of mixed venous blood:

$$\begin{array}{ccc} \text{Theoretic capacity} \times \% \text{ saturation} & = & \text{_____ mL/L} \\ \text{(step 1)} & & \text{(step 4)} \end{array}$$

Step 6. AV O₂ difference:

$$\begin{array}{ccc} \text{Arterial O}_2 \text{ content} - \text{venous O}_2 \text{ content} & = & \text{_____ mL/L} \\ \text{(step 3)} & & \text{(step 5)} \end{array}$$

Figure 8.5 Calculation of oxygen content and AV oxygen difference when using the reflectance oximetry method.

Diluição de Indicadores

$$DC = \frac{I \times 60}{C_m \times t}$$

DC = débito cardíaco (em l/min)

I = quantidade de indicador injetado (em mg)

C_m = concentração média do indicador em uma passagem pelo local de amostragem (em mg/l)

t = duração total de curva de diluição (segundos)

- Termodiluição
- - mais utilizado, indicador é mais frio do que sangue circulante
- - catéter posicionado com orifício distal no AD e termistor na a.pulmonar

Resistências Vasculares

- Resistência corresponde a relação entre desnível pressórico e fluxo sanguíneo em determinado território vascular

Calcula-se a resistência pulmonar total pela fórmula:

$$RPT = \frac{PmAP}{DC}$$

A resistência arteriolar pulmonar é dada por:

$$RAP = \frac{PmAP - PmAE}{DC}$$

A resistência arterial sistêmica é dada por:

$$RAS = \frac{PAm - PmAD}{DC}$$

onde: RPT = resistência pulmonar total
PmAP = pressão média da artéria pulmonar
DC = débito cardíaco
PmAE = pressão média do átrio esquerdo (ou
pressão média de capilar pulmonar)
PAm = pressão arterial média
PmAD = pressão média do átrio direito

RAS = 1130 ± 178 dinas \times s \times cm⁻⁵
RPT = 205 ± 51 dinas \times s \times cm⁻⁵
RAP = 67 ± 23 dinas \times s \times cm⁻⁵

Determinações das Áreas Valvares

- Equação Gorlin: cálculo do orifício valvar é uma expressão matemática do impacto fisiológico de uma valva estenótica na circulação
- - presença de uma valva estenosada há uma relação quadrática entre o fluxo através do orifício valvar e o desnível pressórico

- Gradiente médio da valva mitral é determinado pela área dividida tempo de enchimento diastólico
- Gradiente médio da valva aórtica é determinado pela área dividida tempo de ejeção sistólica

$$A = \frac{F}{44,5 \times \sqrt{P1-P2}}$$

A = área do orifício valvar em cm^2

F = fluxo transvalvar (ml/s)

P1-P2 = gradiente pressórico (mmHg)

Os valores de K são:

K = 1 para cálculo da área da valva aórtica

K = 0,85 para cálculo da área da valva mitral

$$F = \frac{DC \text{ (ml/min)}}{\text{Tempo de enchimento diastólico (s/ciclo)} \times FC \text{ (ciclos/min)}}$$

Para a valva aórtica, considerando que o fluxo ocorre apenas durante a sístole, teremos:

$$F = \frac{DC \text{ (ml/min)}}{\text{Tempo de ejeção sistólica (s/ciclo)} \times FC \text{ (ciclos/min)}}$$

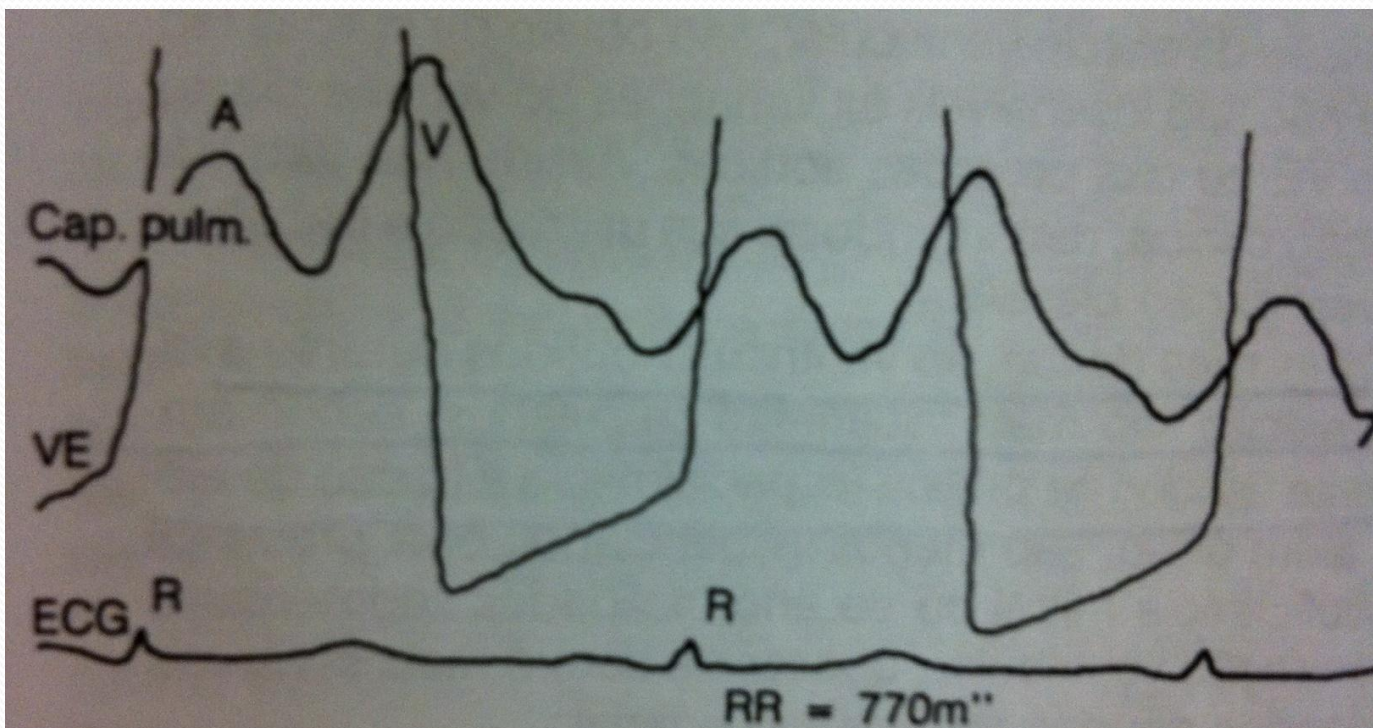


FIGURA II-3 — Registro simultâneo das curvas de pressão de capilar pulmonar (cap. pulm.) e do ventrículo esquerdo (VE). A = onda a, V = onda v, RR = RaR do ECG.

Exemplo de cálculo de área do orifício da valva mitral

- Determinação do gradiente transvalvar médio pela planimetria (5 ciclos em sinusal e 10 ciclos em FA)
- Determinação do tempo de enchimento diastólico (TED)pela média aritmética

- Área mitral: 4-6 cm²
 - Estenose: leve (4-1,5 cm²);
 - Moderada; (1,5-1,0 cm²);
 - Severa (<1,0 cm²)
- Área aórtica: 3-4 cm²
 - 0,7cm²: severa
 - EAo crítica: início de sintomas:
 - Angina, síncope e IC

No exemplo, o débito cardíaco é $3.800\text{cm}^3/\text{min}$.

Os gradientes obtidos foram: 19,8, 18,6 e 17,6mmHg, com média de 18,6mmHg.

Os tempos de enchimento diastólico foram 0,44, 0,42 e 0,42s, com média de 0,43s. A frequência cardíaca foi 78 ciclos/min.

Assim, substituindo-se os valores, na fórmula de Gorlin, teremos:

$$A = \frac{F}{K \times 44,5 \times \sqrt{P1-P2}}$$

$$F = \frac{DC}{TED \times FC}$$

$$A = \frac{DC}{TED \times FC \times 0,85 \times 44,5 \times \sqrt{18,6}} = \frac{3.800}{0,43 \times 78 \times 163}$$

$$A = 0,69\text{cm}^2$$

Avaliação da função ventricular através das medidas pressóricas

- A principal dificuldade consiste nas amplas variações da qualidade da contração muscular dependentes do comprimento inicial da fibra miocárdica por ocasião da estimulação elétrica, e da resistência que se opõe ao encurtamento muscular por ocasião da sístole.
- Inicialmente se considerou o valor da pressão diastólica final do VE como indicador da função sistólica, pois na disfunção o volume residual sistólico está aumentado, o que aumenta volume diastólico e pressões diastólicas.
- Os índices de função ventricular obtidos durante a fase de ejeção são os mais utilizados (FE)

Respostas Hemodinâmicas ao Exercício

- Determina modificações simultâneas na frequência cardíaca, na contratilidade miocárdica, no grau de distensão diastólica da fibra cardíaca (pré load) e na resistência periférica.

Exercício Dinâmico

- Determina aumento da contratilidade miocárdica e redução da impedância aórtica.
- Aumento do DC e redistribuição dos fluxos regionais, com aumento do fluxo para membro em desempenho e coronárias, inalteração nos fluxos renal e esplâncnico e diminuição em território visceral.

Exercício Isométrico

- Constitui-se em sobrecarga pressórica ao VE, acompanhado de elevações das pressões aórticas.
- Aumento da FC, contratilidade e débito cardíaco, sem alteração significativa da resistência periférica
- Mecanismos adicionais: aumento do tonus venoso, extração periférica de O₂ e deslocamento para direita de curva de oxihemoglobina