

**Peut-on évaluer
la contractilité myocardique
en échocardiographie ?**

Fonction cardiaque

Fonction pompe

Fonction systolique

Index de performance myocardique



Contractilité ?

Critères de choix d'un paramètre de fonction cardiaque

- Un seul cycle cardiaque
- Reproductibilité inter et intra patients
- Sensible aux faibles variations de l'inotropisme
- Indépendant des conditions de charge et de la fréquence cardiaque

Paramètres de fonction systolique

. Mode imagerie:

- Fraction d'éjection
- Contrainte systolique
- vitesse de raccourcissement des fibres myocardiques

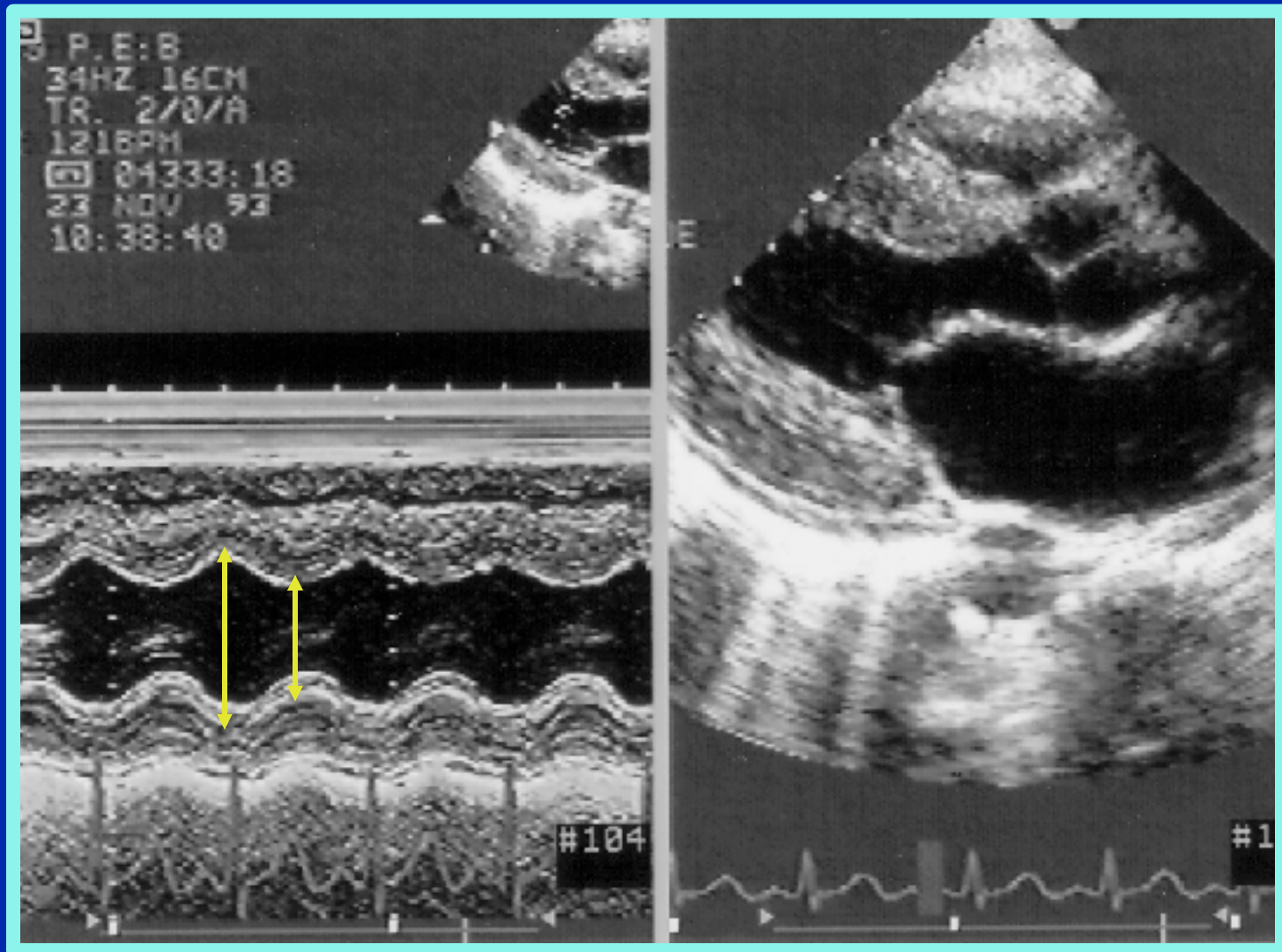
. Mode Doppler:

- Flux d'éjection aortique
- $dp/dt_{\max}$ sur flux IM
- Intervalles isovolumétriques
- Puissance maximale

. Détection automatique des contours

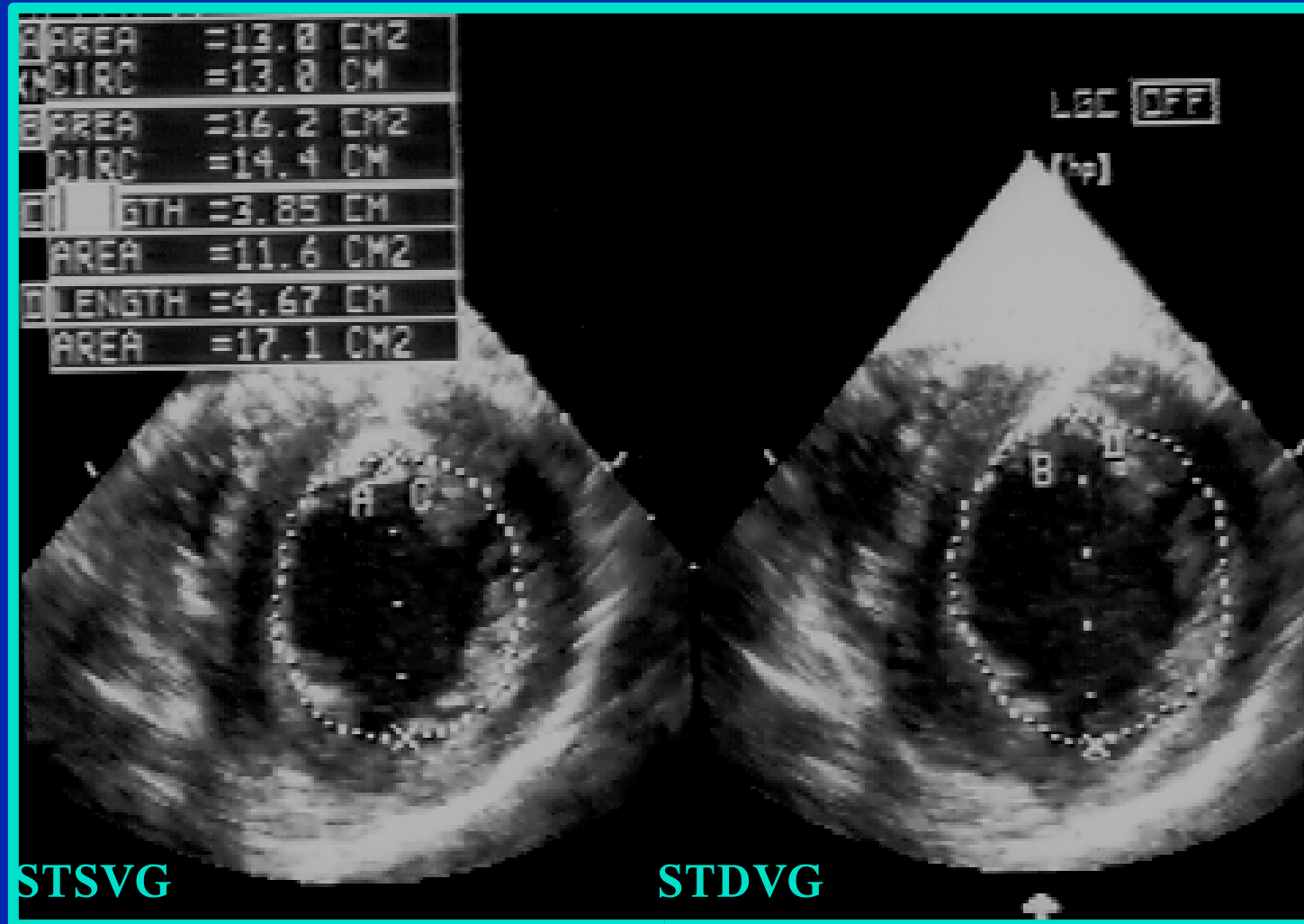
- Élastance maximale

Fraction de raccourcissement

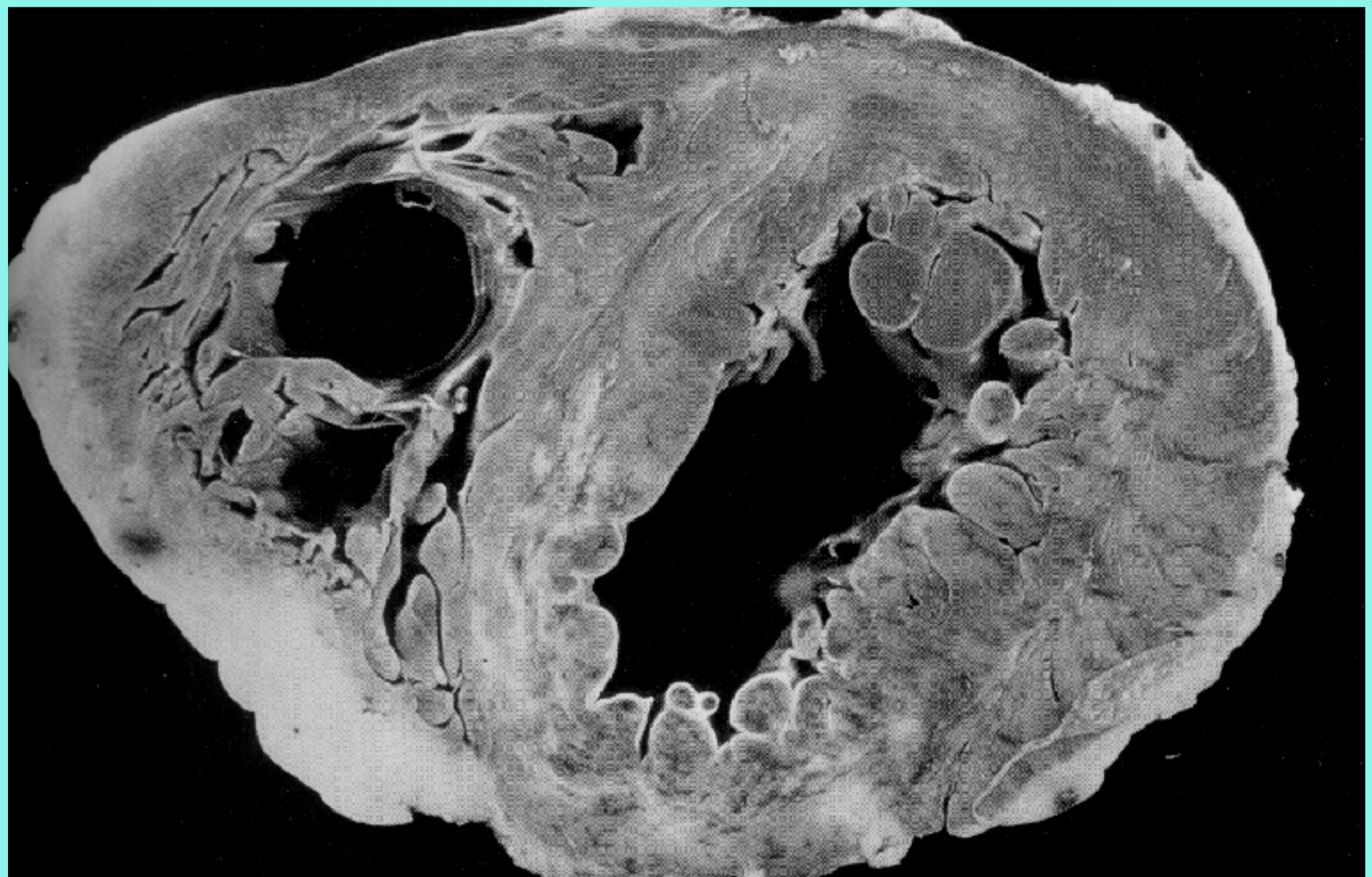


Nle: 30 - 40%

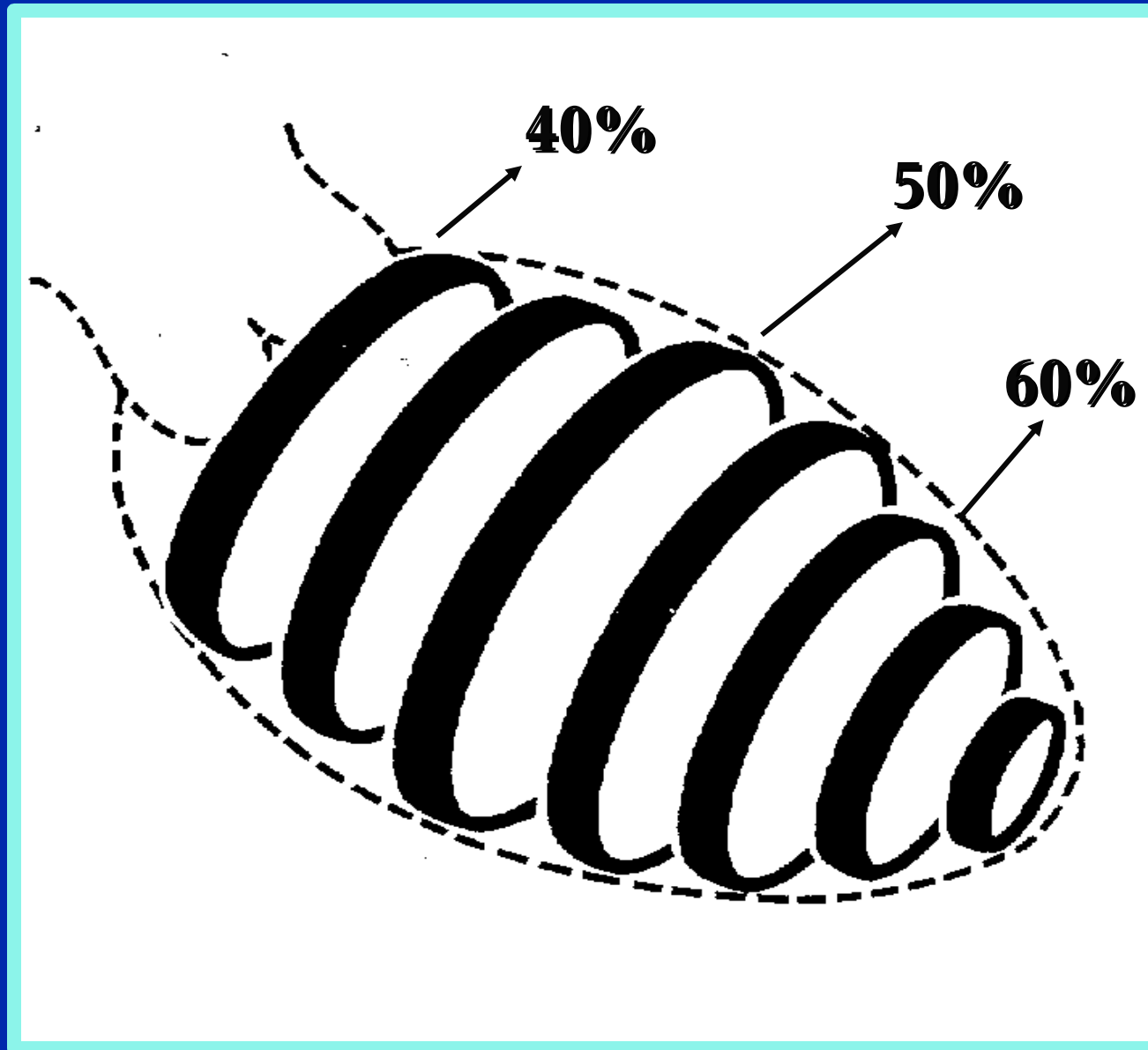
Fraction de raccourcissement de surfaces



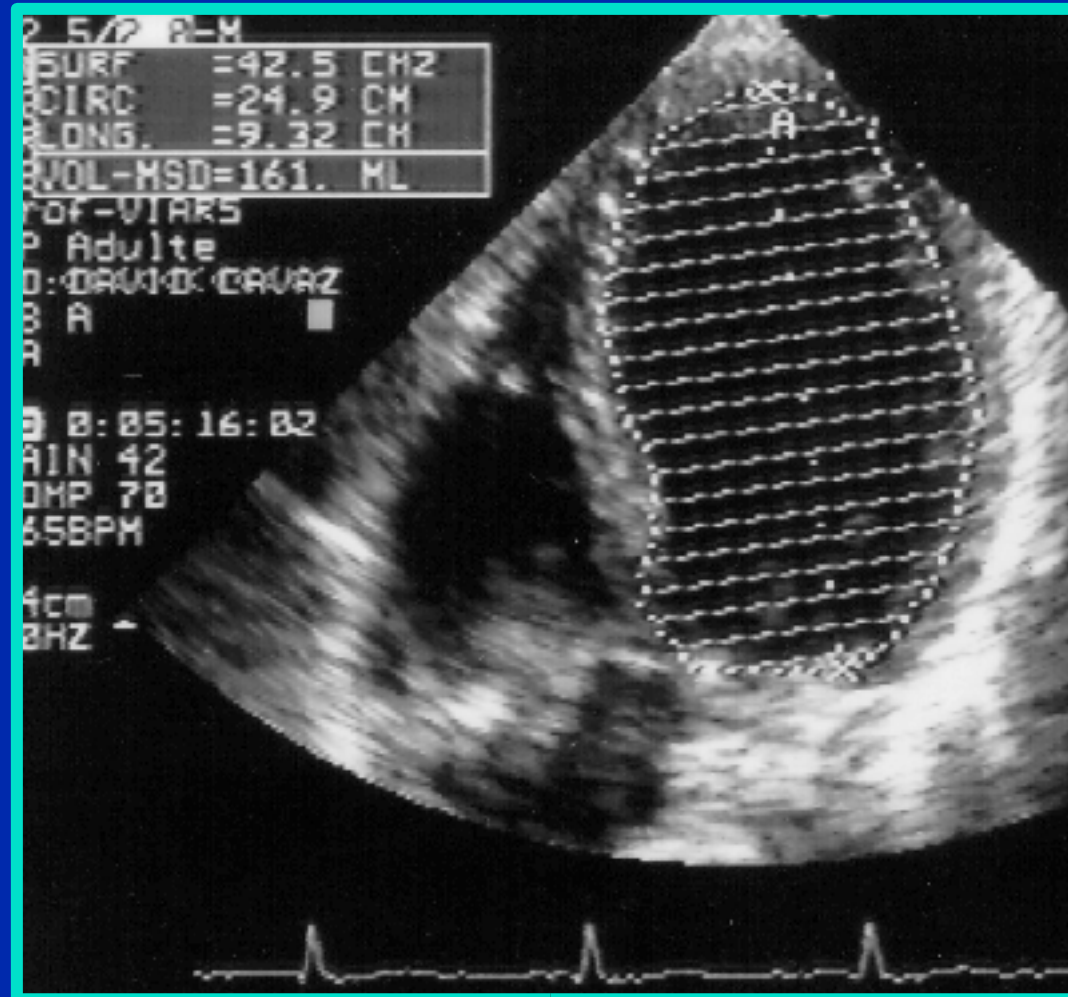
Nle: 50 - 65 %



Fraction de raccourcissement de surfaces

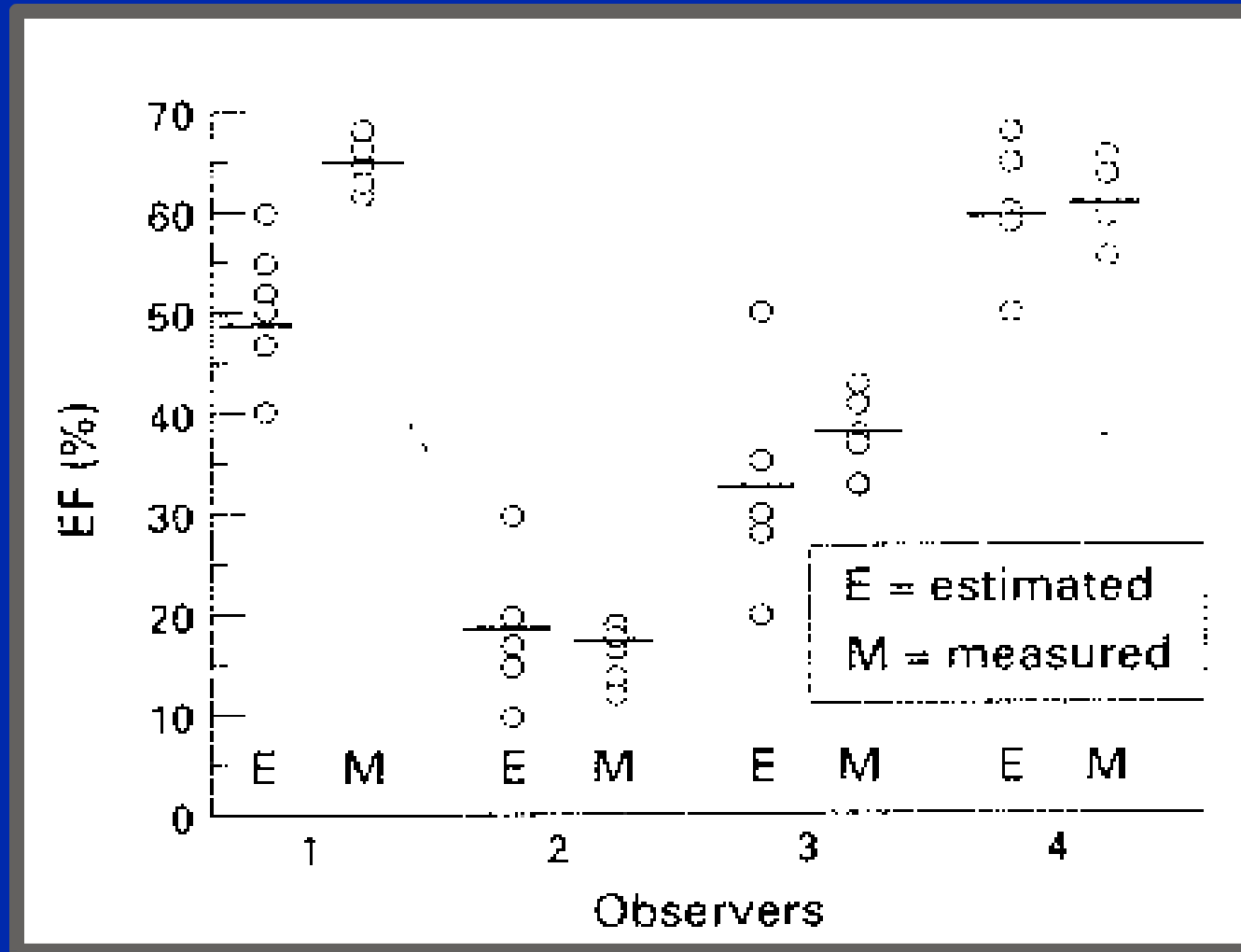


Fraction d'éjection

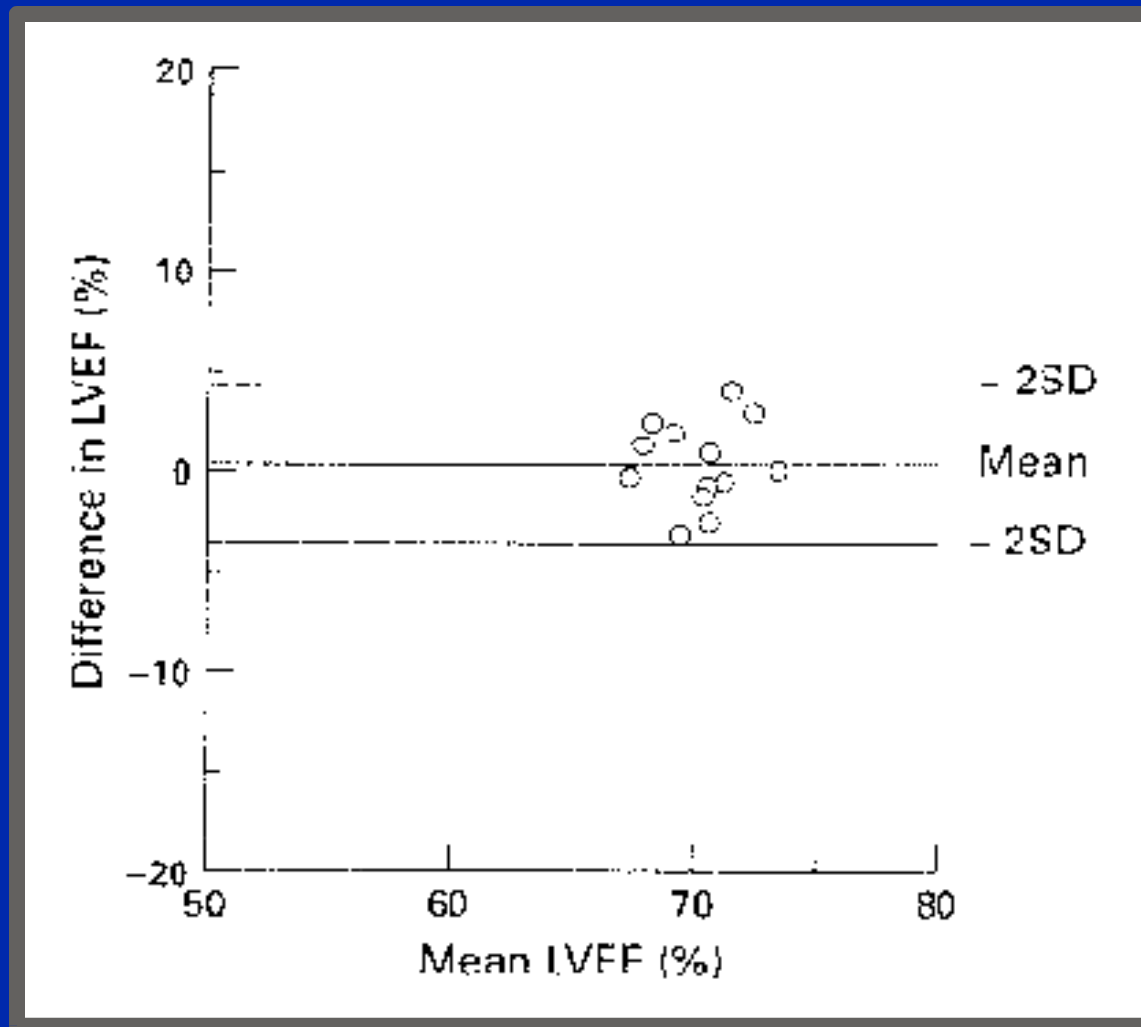


Nle: 55 - 75 %

FE estimée Vs FE mesurée

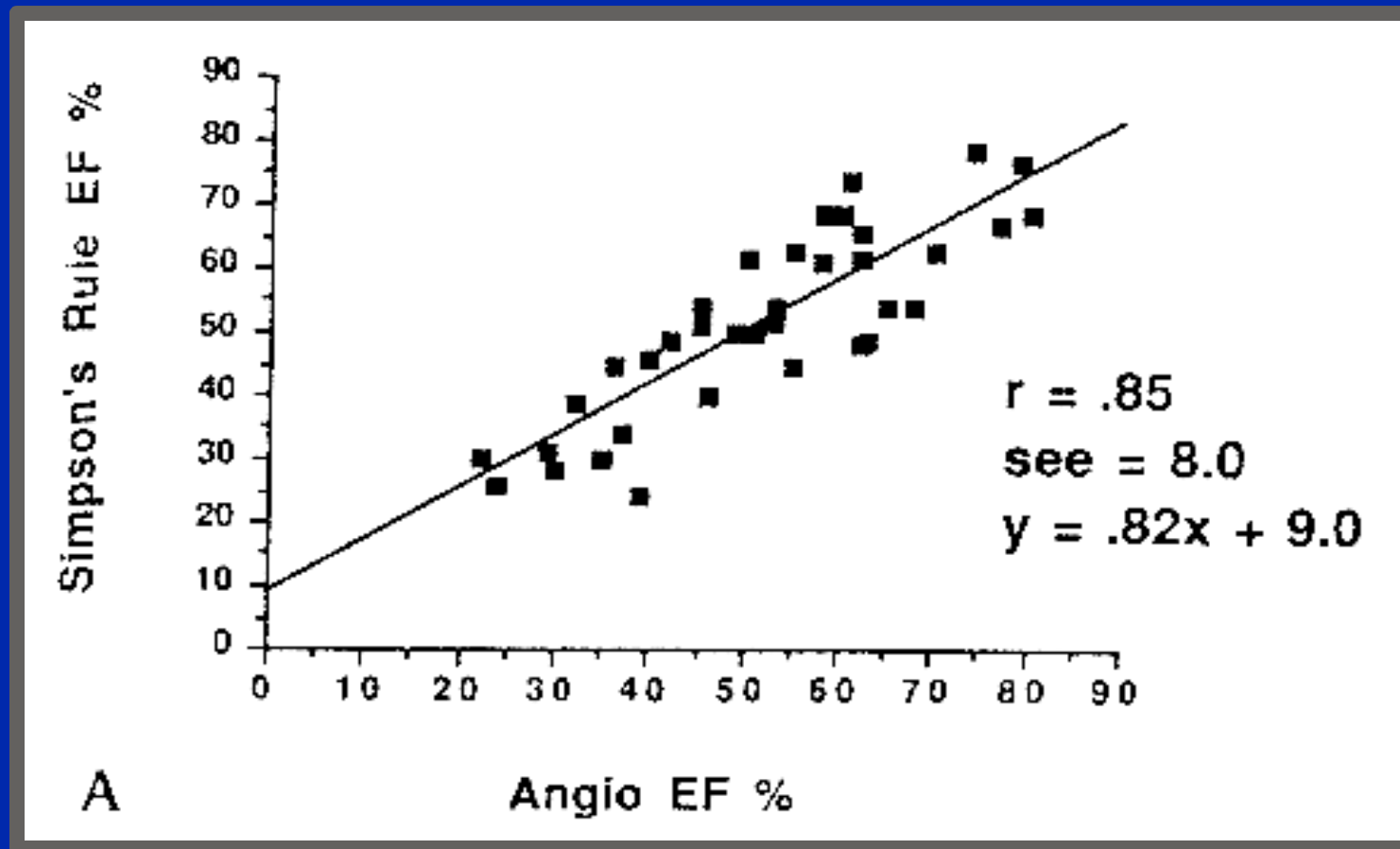


Variabilité inter individuelle



Kuecherer HF, J Am Soc Echo, 1991;4:203-14

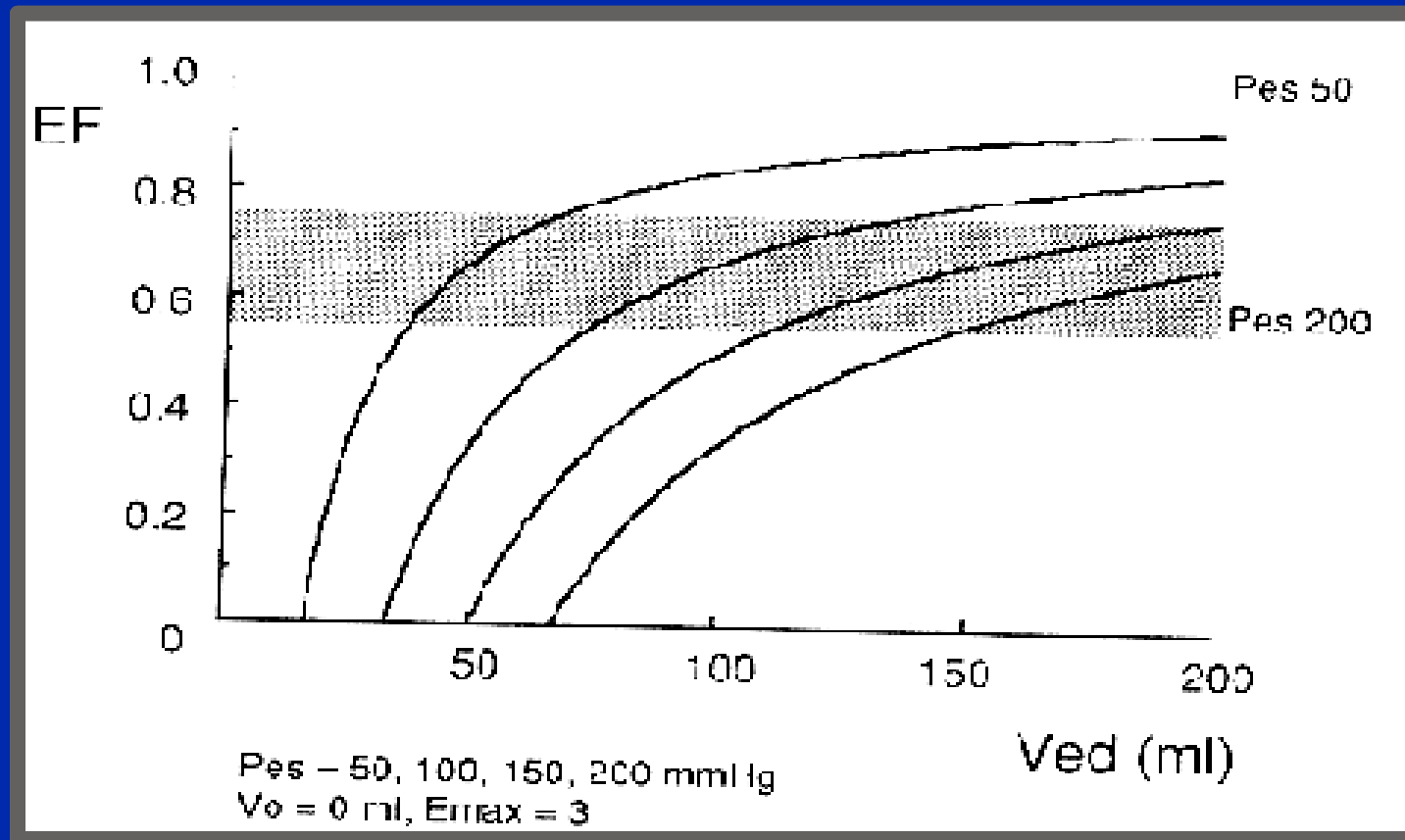
Validation FEVG en coupe longitudinale transoesophagienne



Smith MD, JACC, 1992;19:1213-22

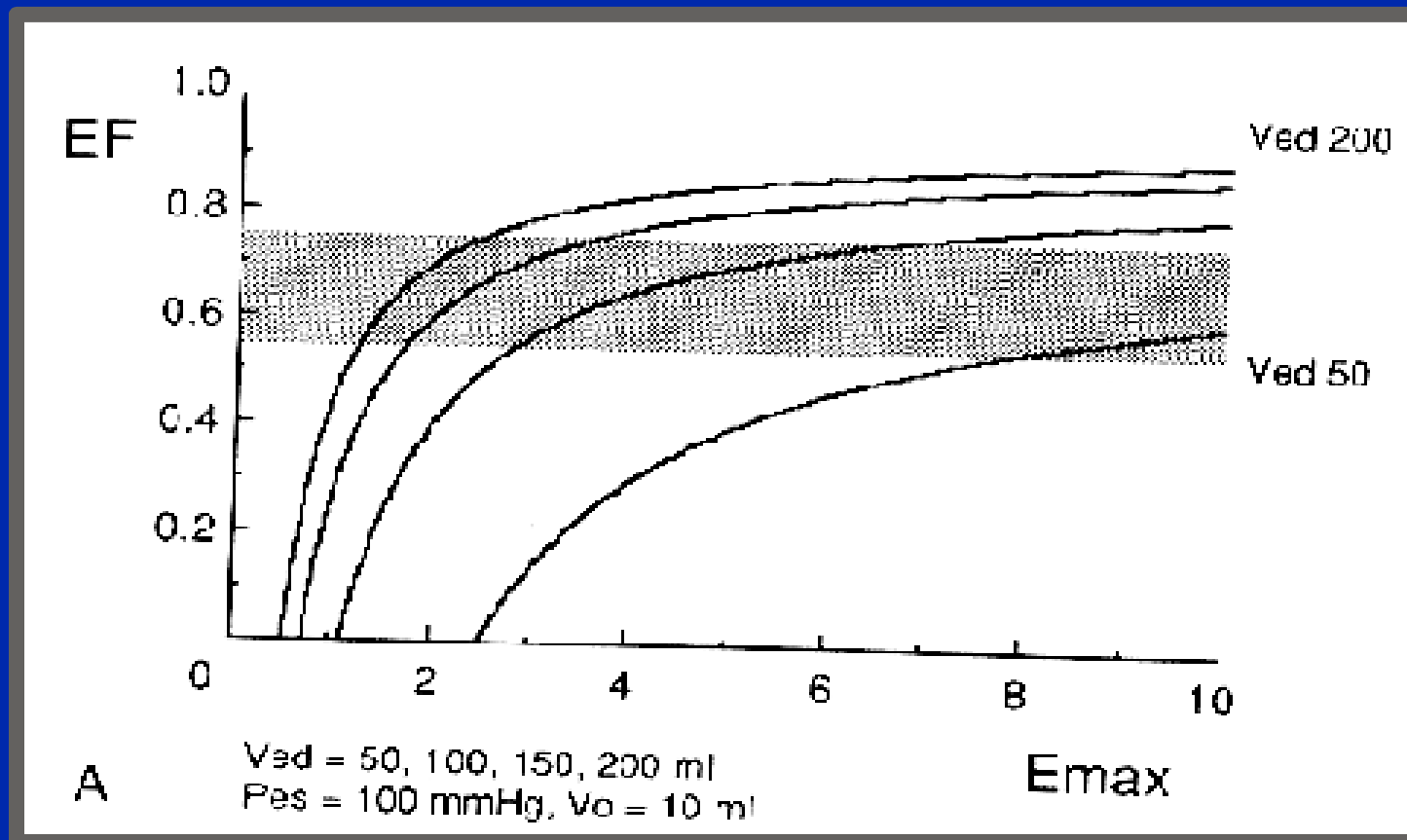
Relation entre contractilité (E_{max}), fraction d'éjection (FE), pression systolique (PTS) et le volume diastolique (VTD)

$$EF = 1 - (PTS / VTD) (1 / E_{max})$$



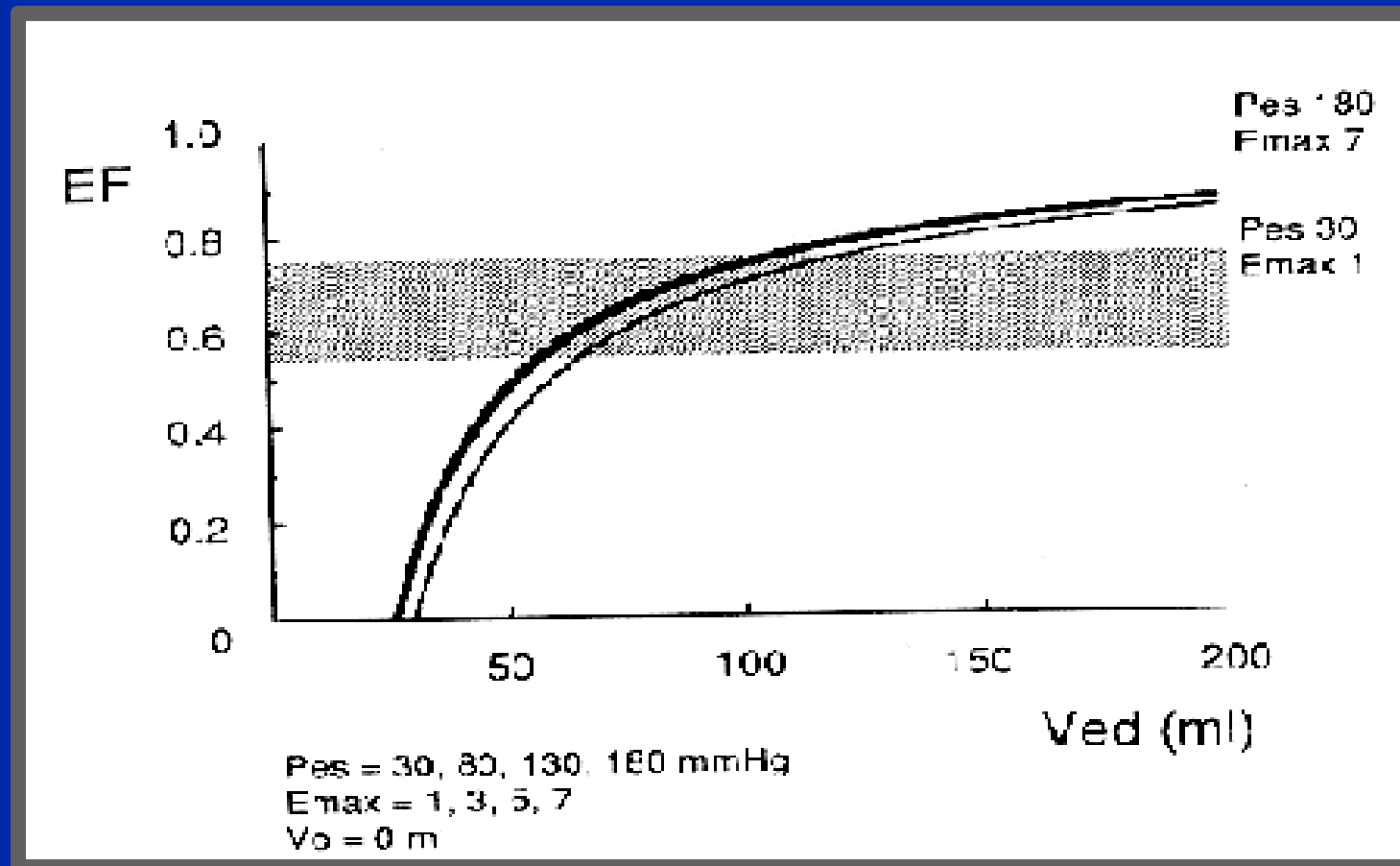
Relation entre contractilité (E_{max}), fraction d'éjection (FE), pression systolique (PTS) et volume diastolique (VTD)

$$EF = 1 - (PTS / VTD) (1 / E_{max})$$



Relation entre contractilité (E_{max}), fraction d'éjection (FE), pression systolique (PTS) et volume diastolique (VTD)

$$EF = 1 - (PTS / VTD) (1 / E_{max})$$



Paramètres de fonction systolique

. Mode imagerie:

- Fraction d'éjection
- Contrainte systolique
- vitesse de raccourcissement des fibres myocardiques

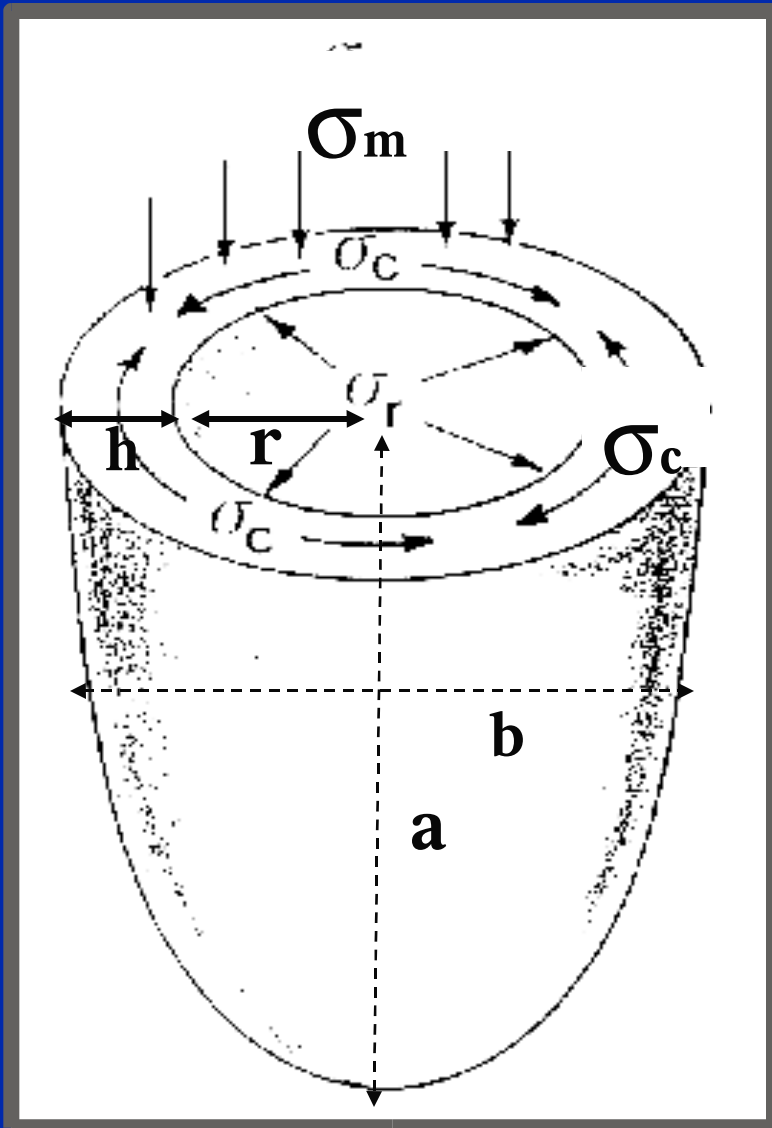
. Mode Doppler:

- Flux d'éjection aortique
- $dp/dt_{\max}$ sur flux IM
- Intervalles isovolumétriques
- Puissance maximale

. Détection automatique des contours

- Élastance maximale

Loi de Laplace



$$\sigma_m = \frac{P R}{2 h}$$

Meridional stress

$$\sigma_m = \frac{P R}{2 h (1 + h/2R)}$$

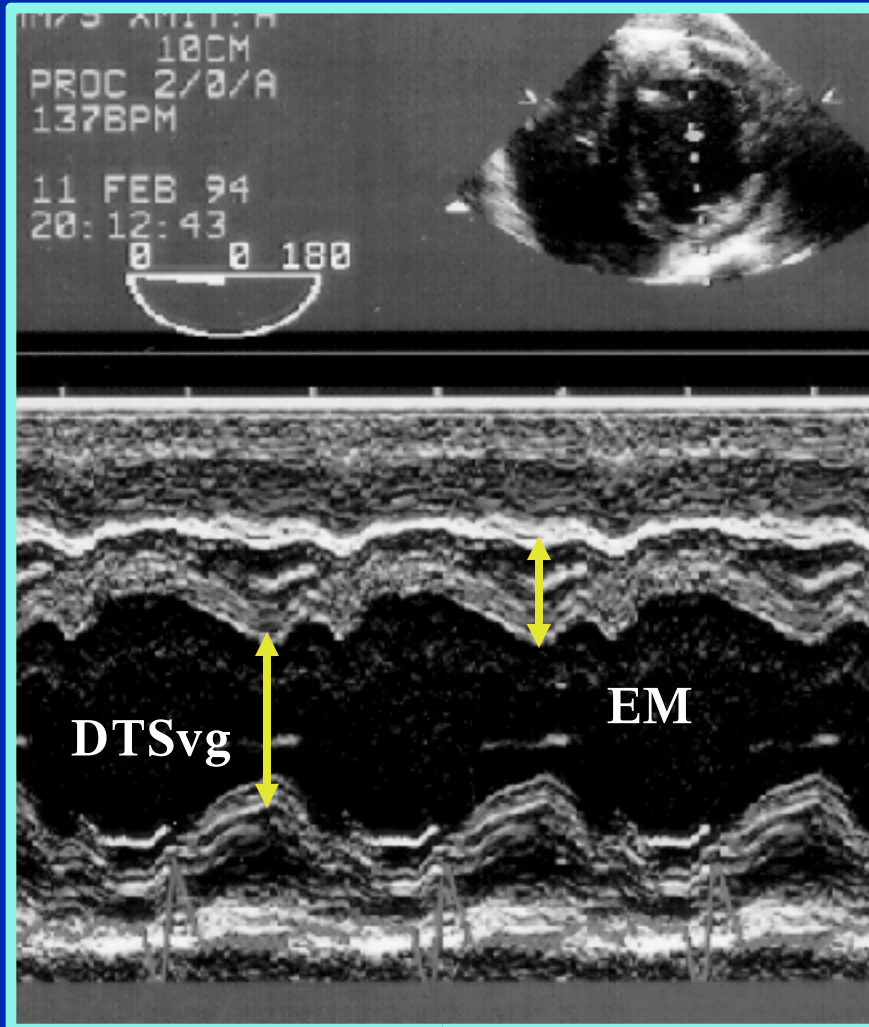
Nle: 73 ± 21 Kdynes/cm²

Circumferential stress

$$\sigma_m = \frac{P h (1 - h/2b) (1 - hb/a^2)}{2 h}$$

Nle: 213 ± 29 Kdynes/cm²

Contrainte systolique



$$\frac{0,334 \cdot PAS \cdot DTSvg}{EM \cdot (1 + EM / DTSvg)}$$

PAS = Pression artérielle systolique

DTSvg = Diamètre télé systolique vg

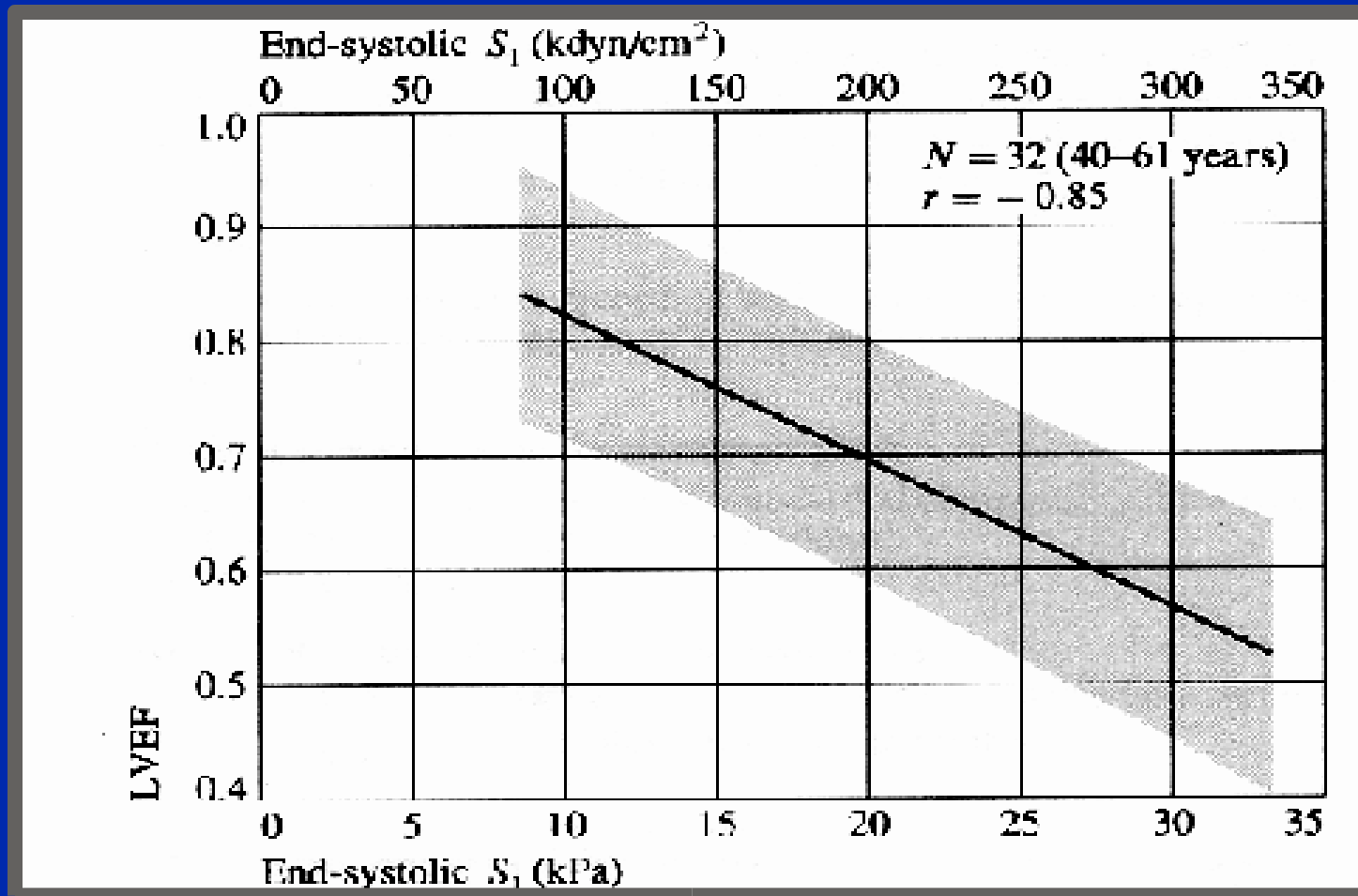
EM = Épaississement myocardique maximal

0.334 = facteur de correction des mmHg en g/cm²

Nles : 73 ± 21 Kdynes / cm²

Reischek N, Circulation, 1982;65:99-116

Relation fraction d'éjection-contrainte



Pouleur, Am J Cardiol, 1983;52:813-21

Paramètres de fonction systolique

. Mode imagerie:

- Fraction d'éjection
- Contrainte systolique
- Vitesse de raccourcissement des fibres myocardiques

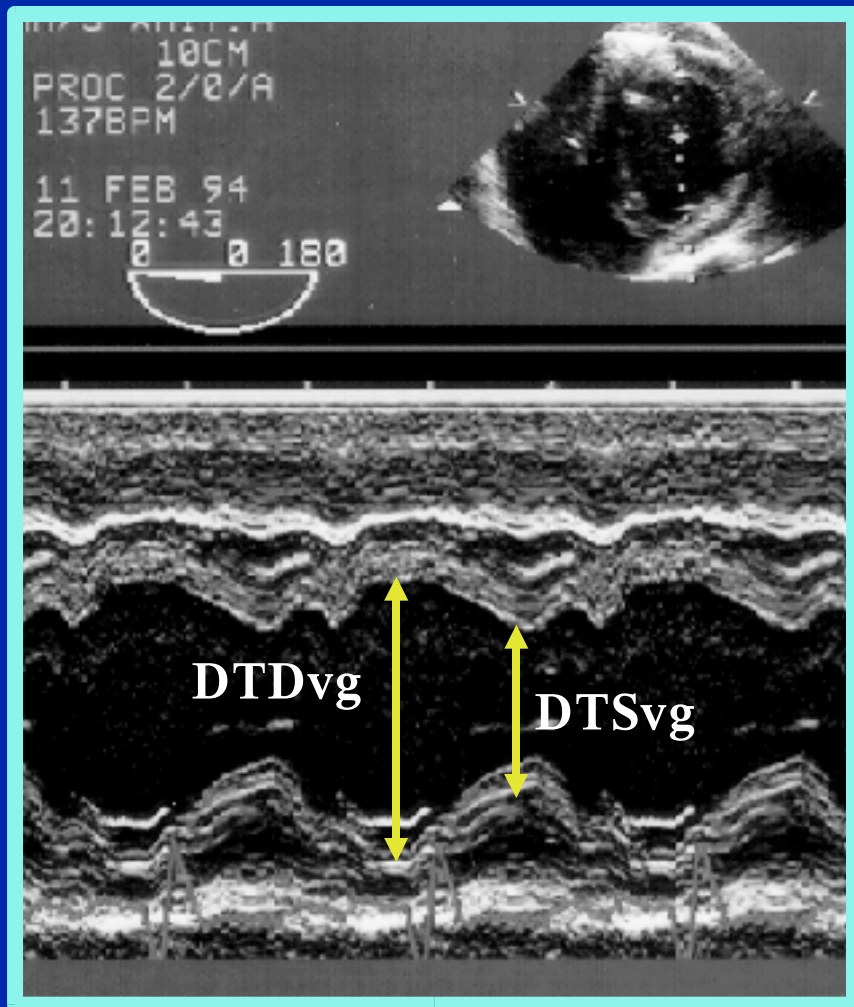
. Mode Doppler:

- Flux d'éjection aortique
- Rate of pressure rise (IM)
- Intervalles isovolumétriques
- Puissance maximale

. Détection automatique des contours

- Élastance maximale

Vitesse de raccourcissement circonférentiel des fibres myocardiques corrigée par la fréquence cardiaque



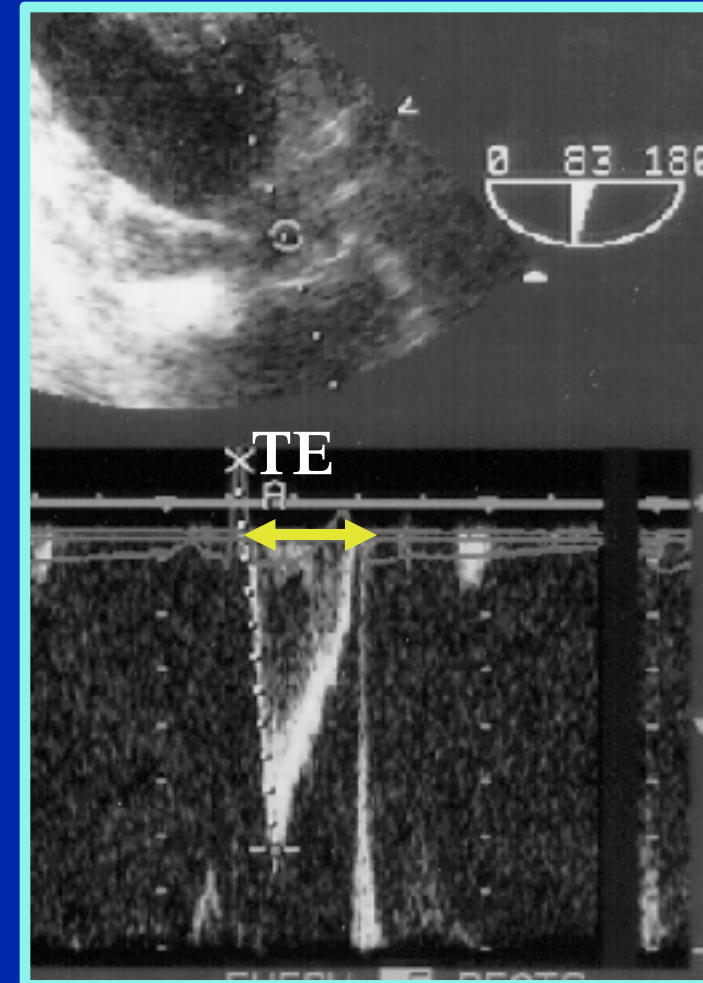
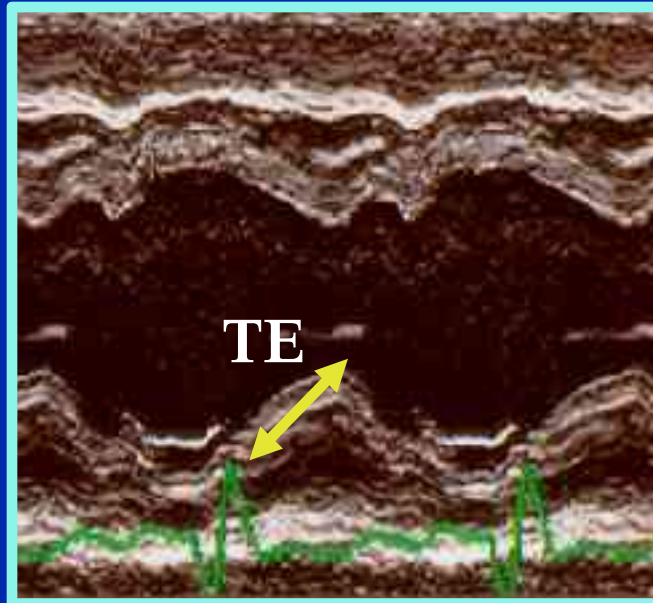
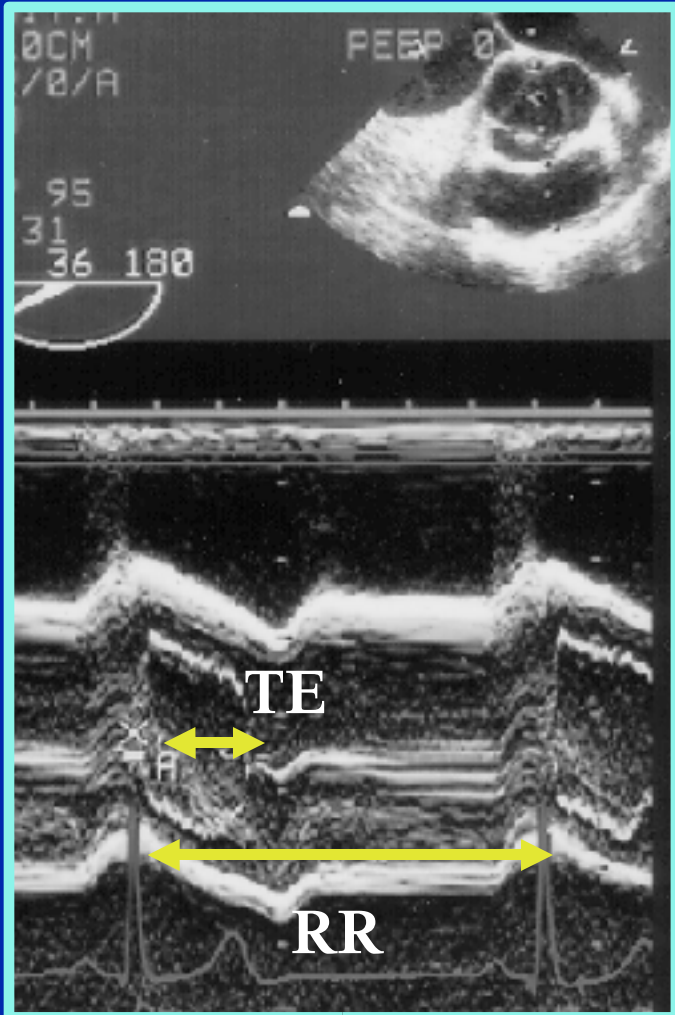
$$V_{cf} = RS / TE$$

$$V_{cf-c} = V_{cf} / V_{RR}$$

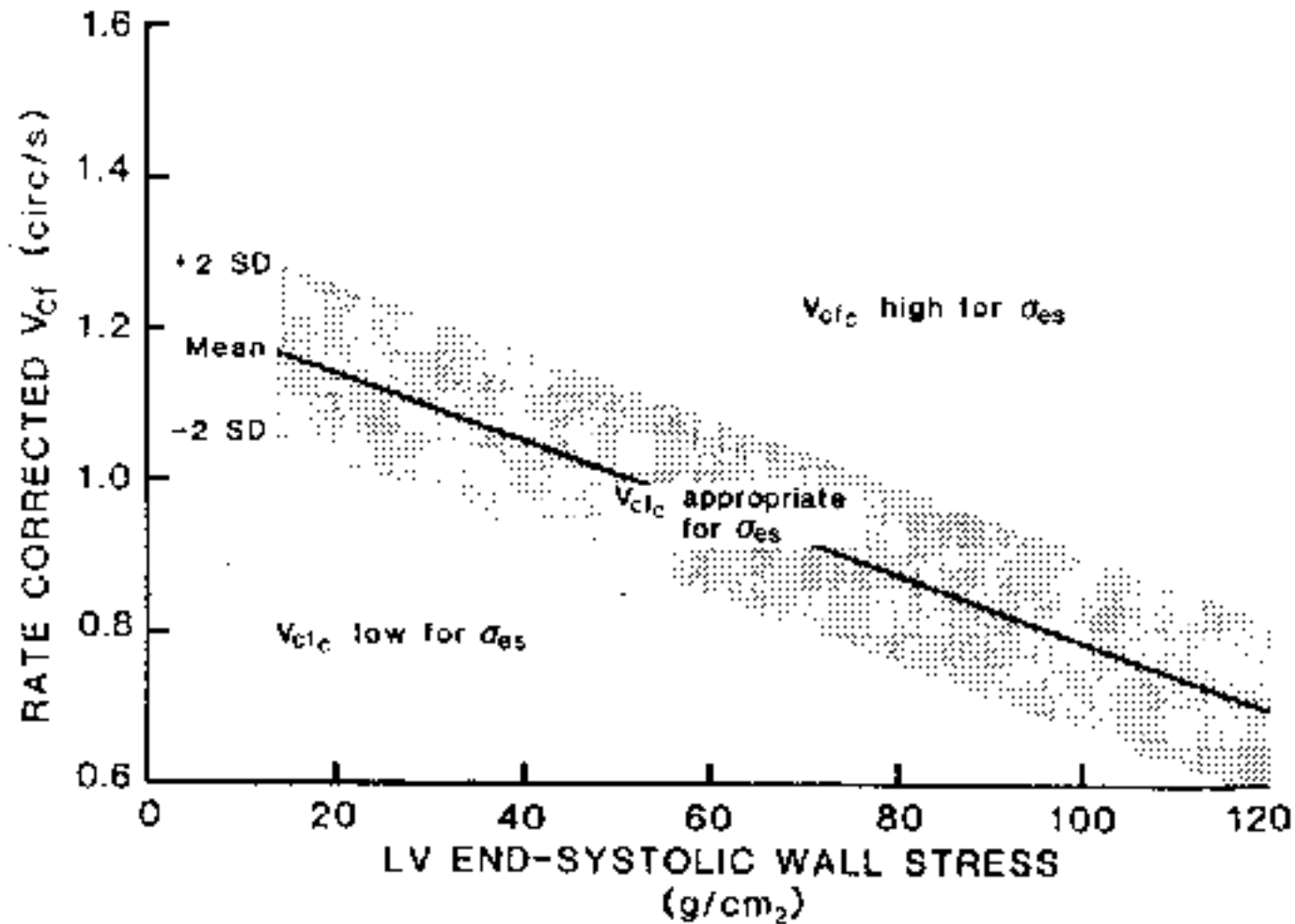
$$RS = (DTDvg - DTSvg) / DTDvg$$

$$\text{ou } RS = (CTDvg - CTSvg) / CTDvg$$

Mesure du temps d'éjection



Relation vitesse-contrainte



Paramètres de fonction systolique

. Mode imagerie:

- Fraction d'éjection
- vitesse de raccourcissement circonférentiel des fibres myocardiques

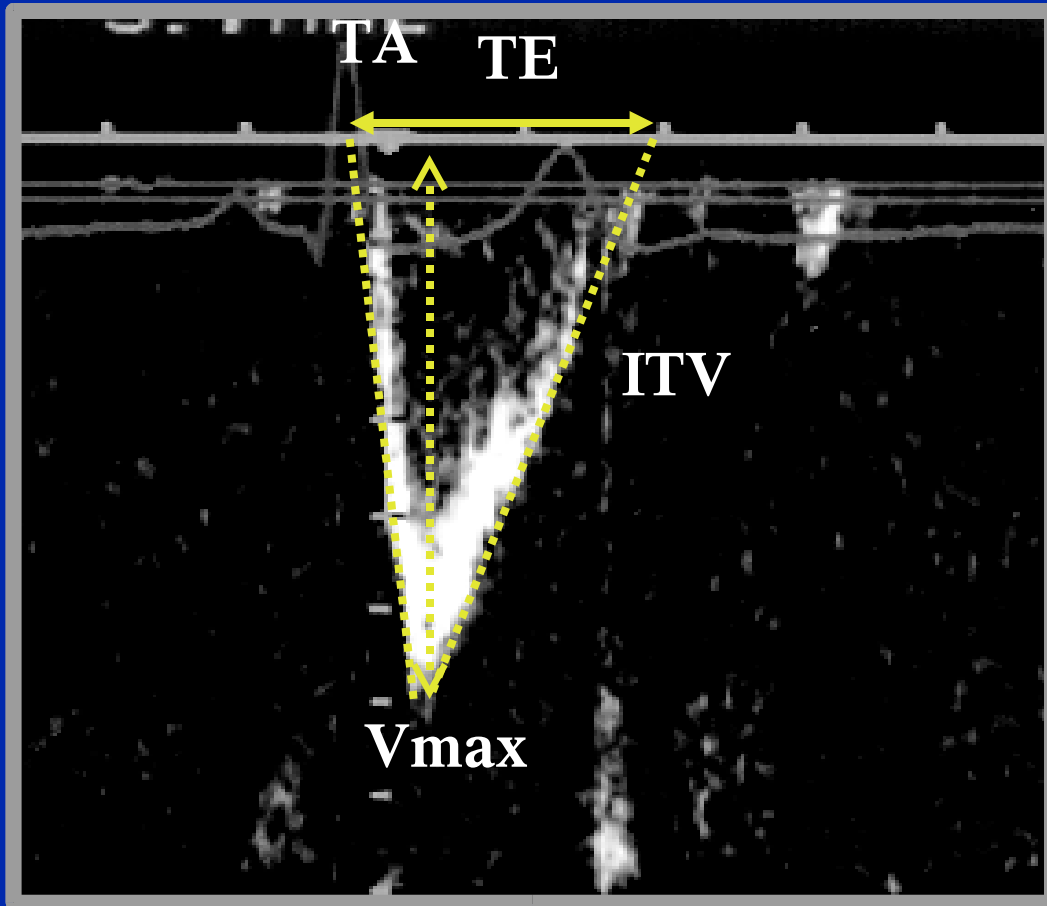
. Mode Doppler:

- Flux d'éjection aortique
- Intervalles isovolumétriques
- Puissance maximale

. Détection automatique des contours

- Élastance maximale

Flux d'éjection aortique



Vélocité max (V_{max})

N: 72-120 cm/s

Intégrale temps-vitesse (ITV)

N: 18-22 cm

Temps d'accélération (TA)

N: 83-118 ms

Temps d'éjection (TE)

N: 265-325 ms

Accélération moyenne

N: 6 -11 m/s²

Paramètres de fonction systolique

. Mode imagerie:

- Fraction d'éjection
- vitesse de raccourcissement circonférentiel des fibres myocardiques

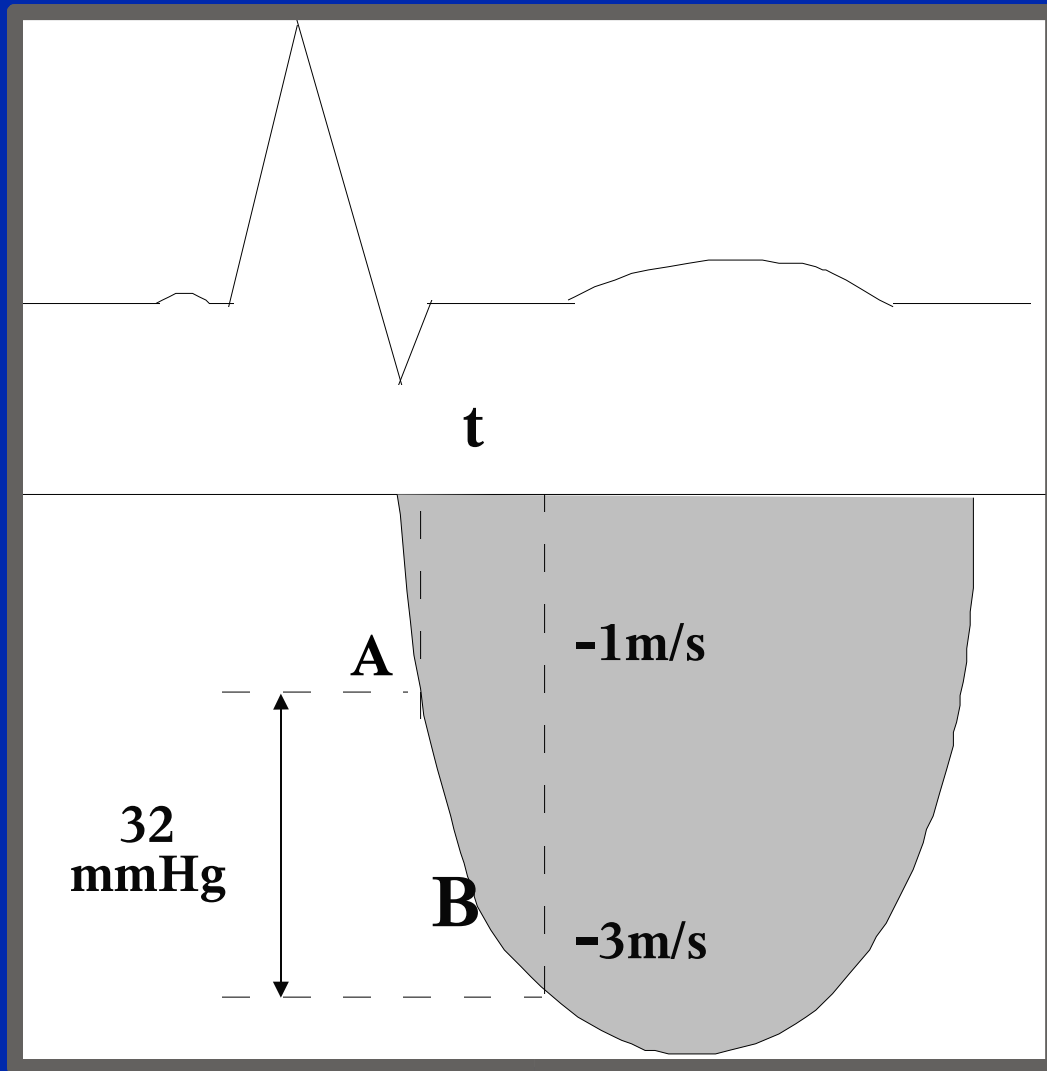
. Mode Doppler:

- Flux d'éjection aortique
- Rate of pressure rise (IM)
- Intervalles isovolumétriques
- Puissance maximale

. Détection automatique des contours

- Élastance maximale

Rate of pressure rise (RPR)



Mathematical basis:

Bernoulli equation

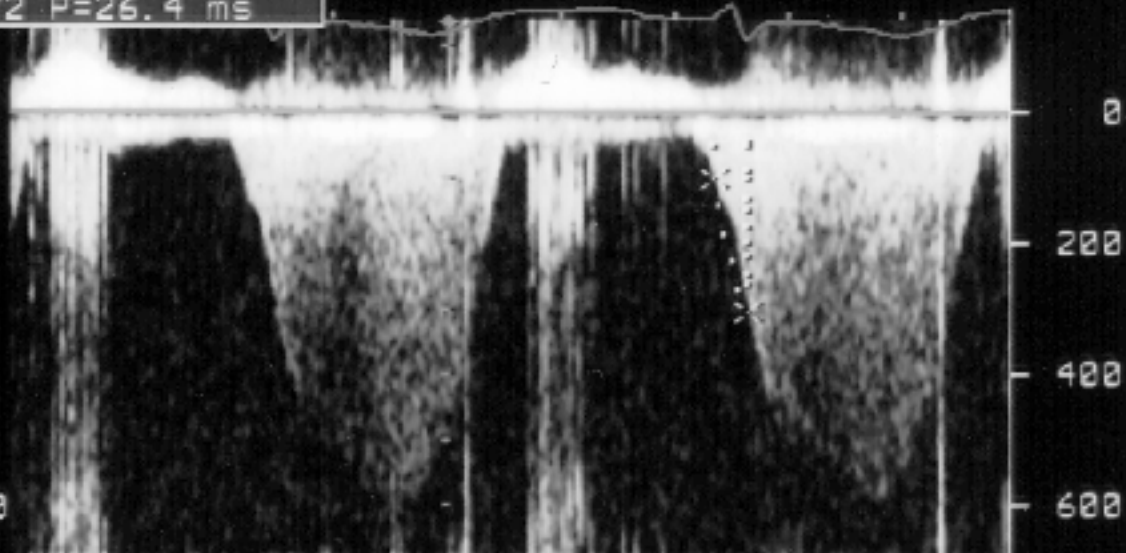
$$dP = 4V_A^2 - 4V_B^2$$

$$\text{RPR} = \frac{32\text{mmHg}}{t \text{ (sec)}}$$

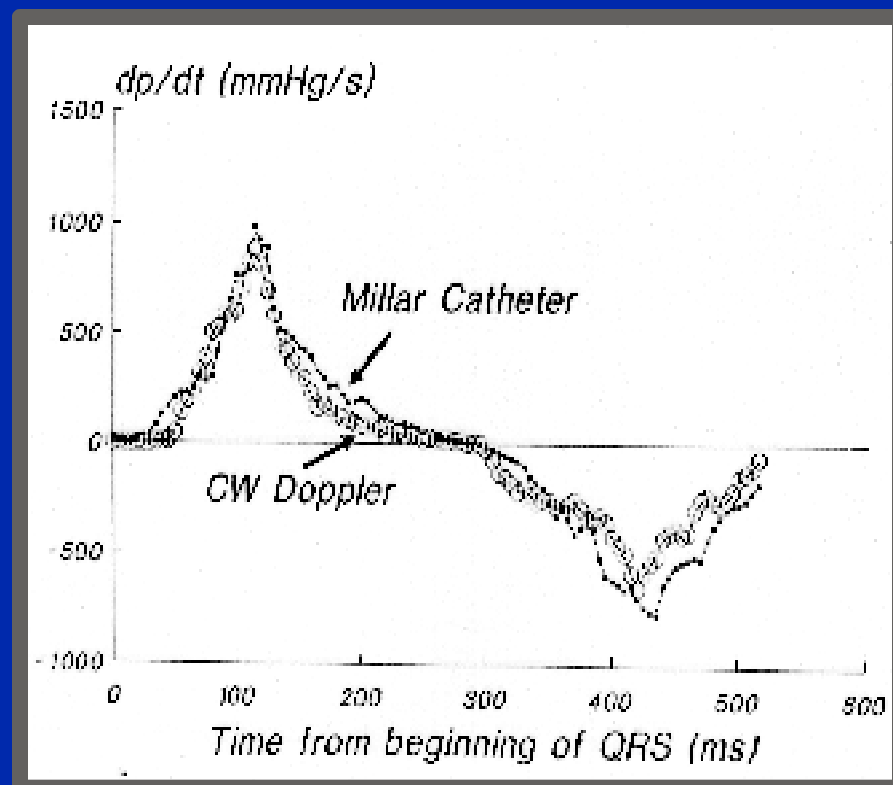
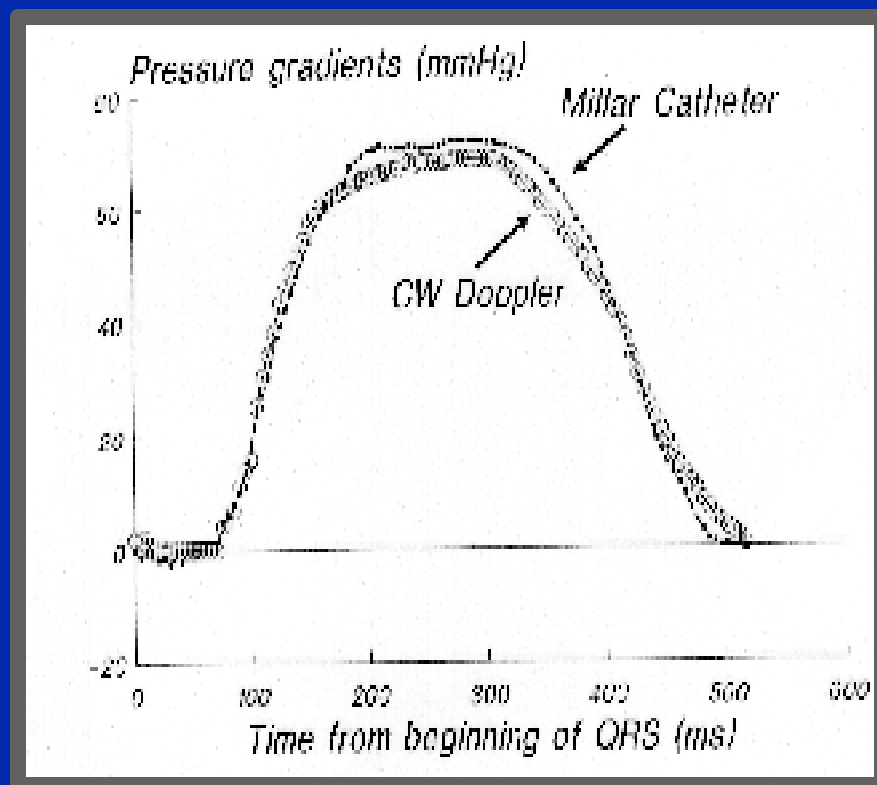
TITLE: CAL RETRIEVE
A XVEL. =102. cm/s
HP GrPress=4.16 mmHg M
B +VEL. =305. cm/s 26:27
ABDE GrPress=37.2 mmHg C 99
C :: V. MAX =305. cm/s : 32
DUREE =.060 s
PENTE =3386 cm/s²
GRD MAX=37.2 mmHg
T 1/2 P=26.4 ms

RPR = 533mmHg/s

◆= 100

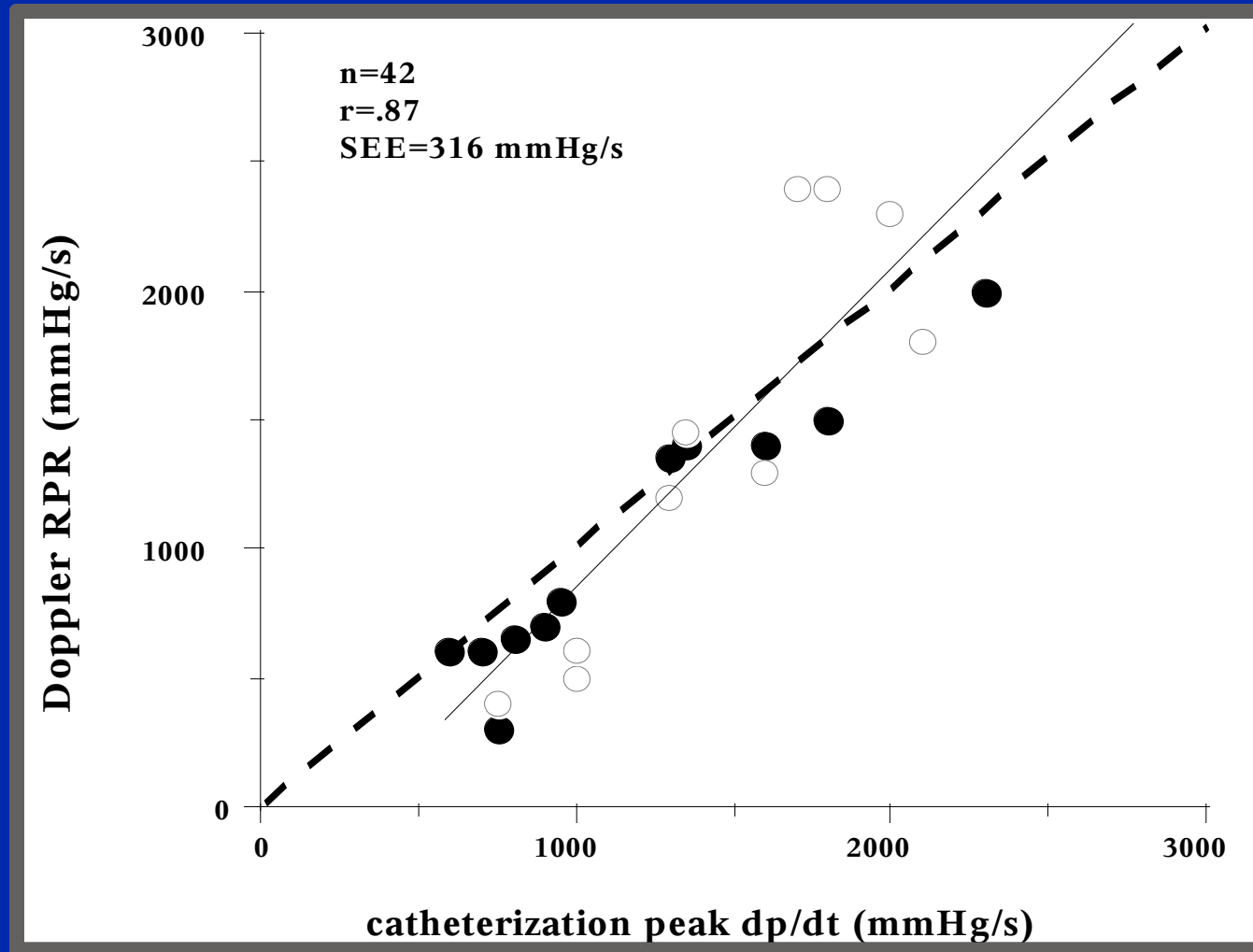


Gradient de pression en hémodynamique invasive Vs gradient de vitesse en Doppler sur un flux d'IM



Estimation of LV dp/dt with CW Doppler

Validation at cardiac catheterization



Bargiggia, Circulation, 1989

Limites de la méthode

- IM enregistrable
- POG élevée
- Alignement parfait
- $dp/dt_{\max}$ précharge dépendant

Paramètres de fonction systolique

. Mode imagerie:

- Fraction d'éjection
- vitesse de raccourcissement circonférentiel des fibres myocardiques

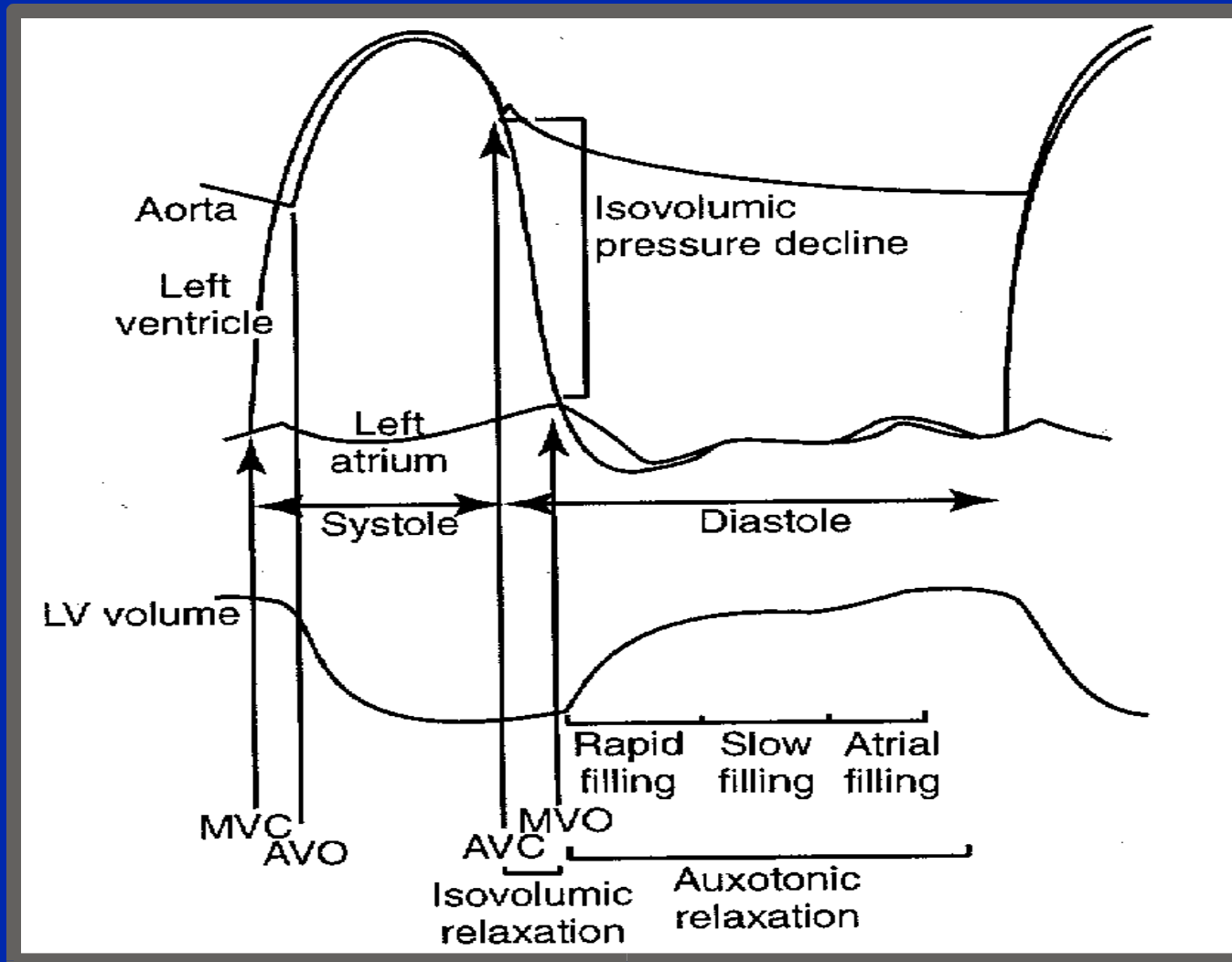
. Mode Doppler:

- Flux d'éjection aortique
- Rate of pressure rise (IM)
- Intervalles isovolumétriques
- Puissance maximale

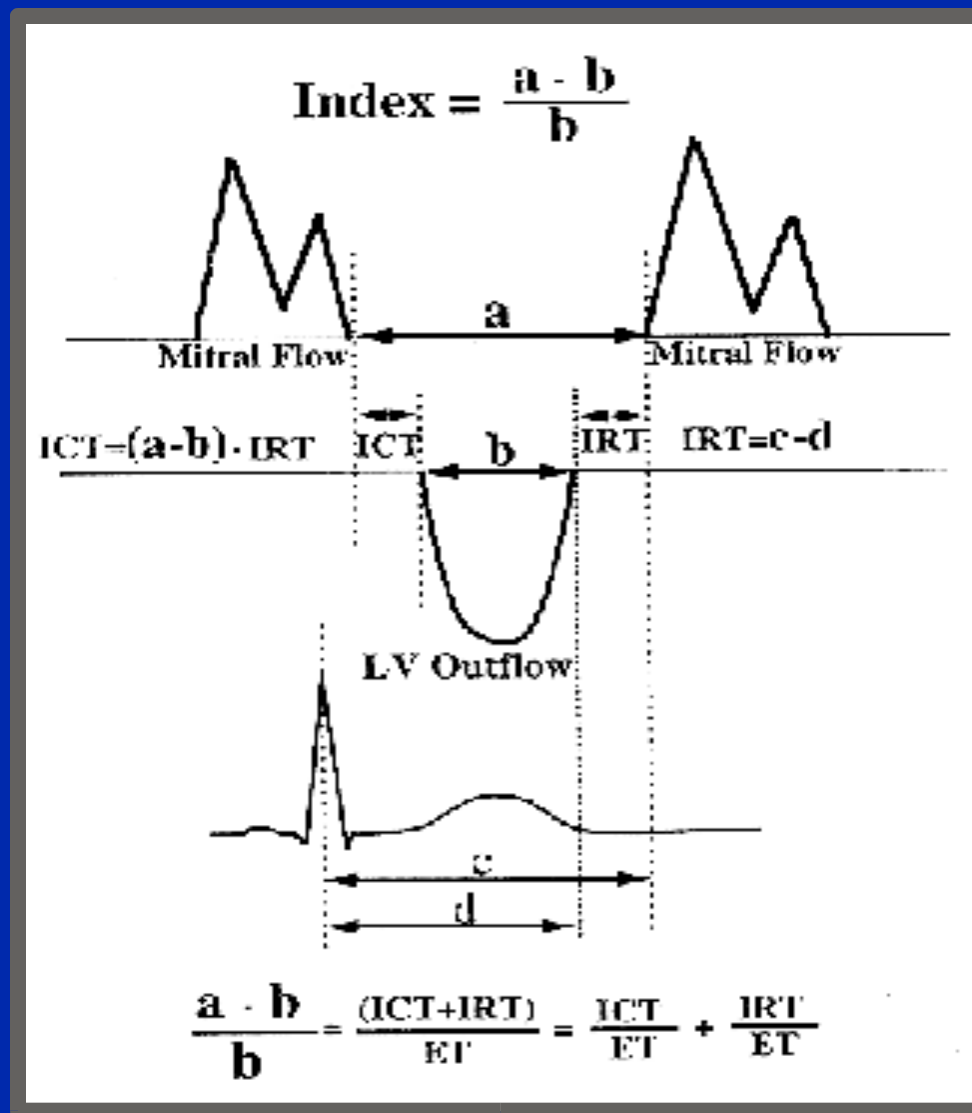
. Détection automatique des contours

- Élastance maximale

Intervalles isovolumétriques



Intervalles isovolumétriques



Tei C, J Am soc Echo, 1997;10:169-78

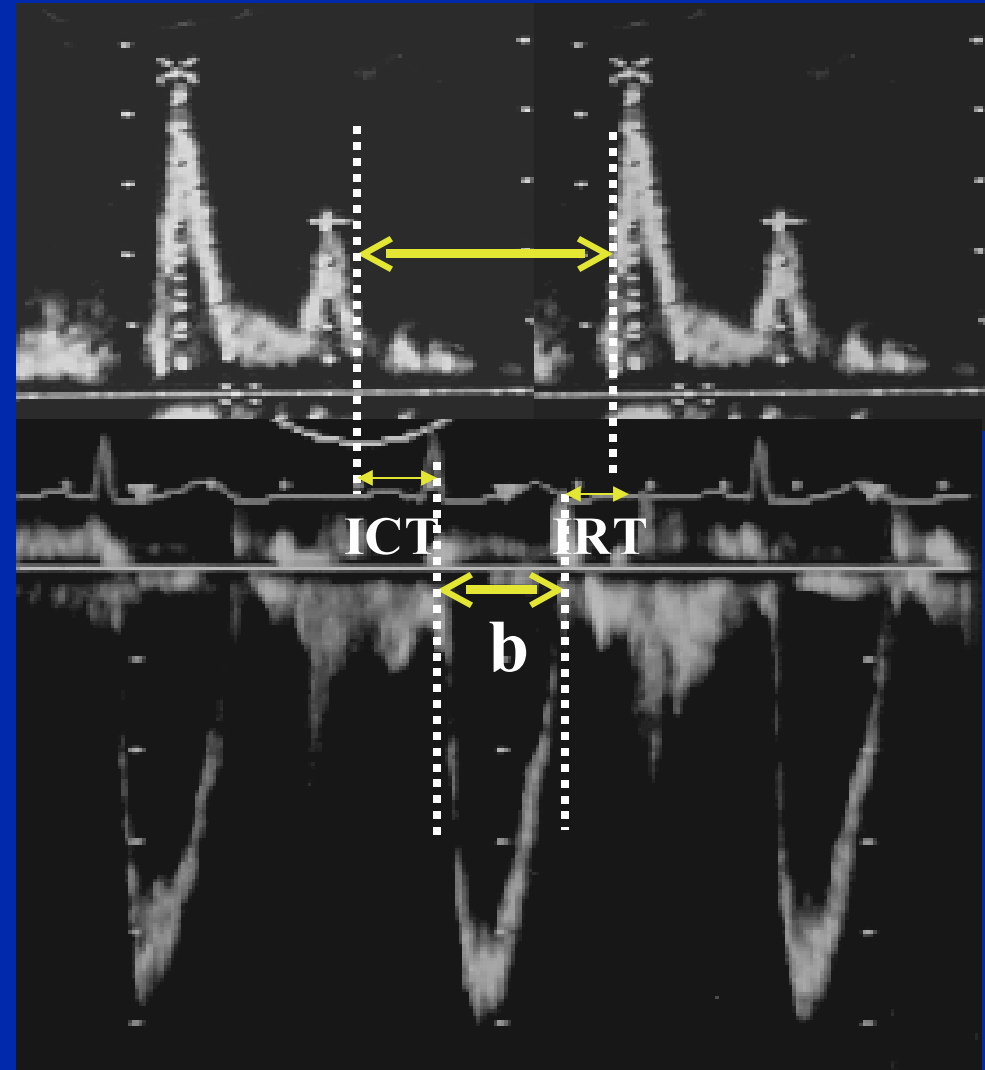
Intervalles

isovolumétriques:

Contraction (TCI)

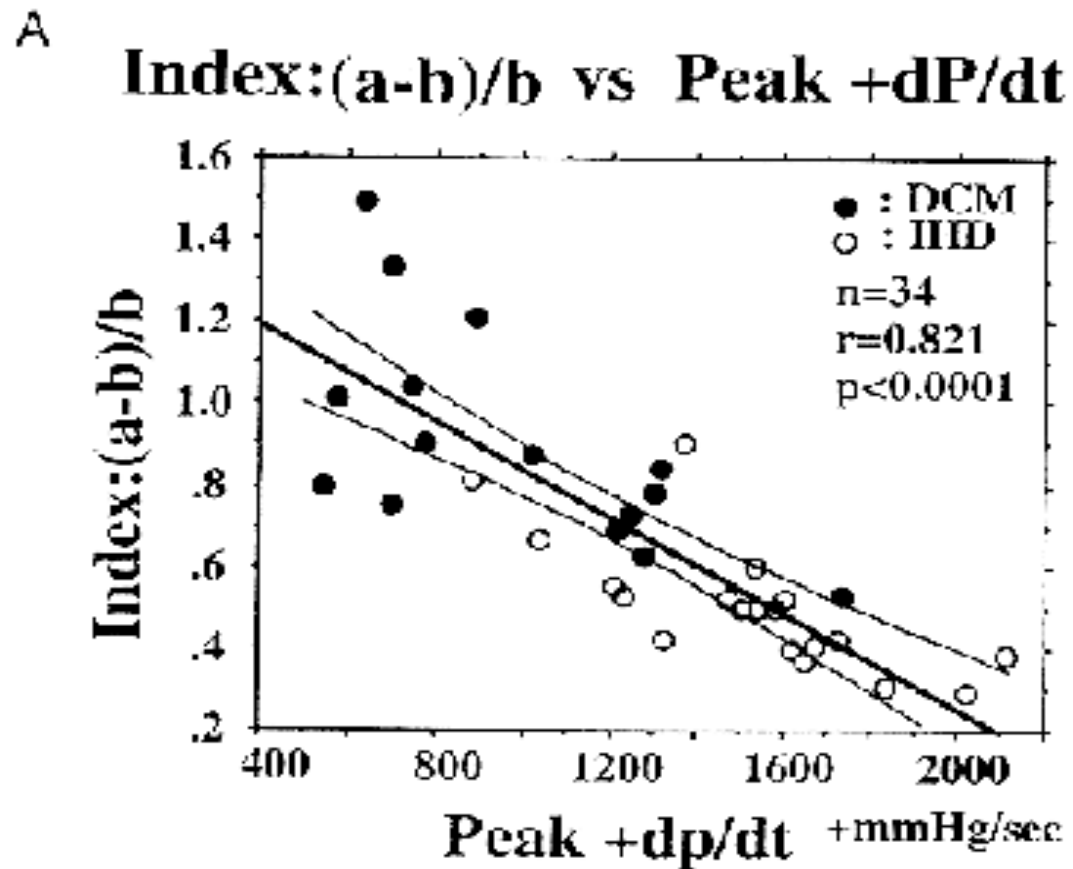
Relaxation (TRI)

IPM: $(ICT + TRI) / TE$



Intervalles isovolumétriques: validation en hémodynamique invasive

34 patients, cardiopathie ischémique



Tei C, J Am soc Echo, 1997;10:169-78

Intervalles isovolumétriques: Limitations

- Tachycardie >120
- Troubles de conduction
- ACFA
- Dépendant des conditions de charge
- Validés par rapport à une dérivée de pression

Paramètres de fonction systolique

. Mode imagerie:

- Fraction d'éjection
- vitesse de raccourcissement des fibres myocardiques

. Mode Doppler:

- Flux d'éjection aortique
- Rate of pressure rise (IM)
- Intervalles isovolumétriques
- Puissance maximale

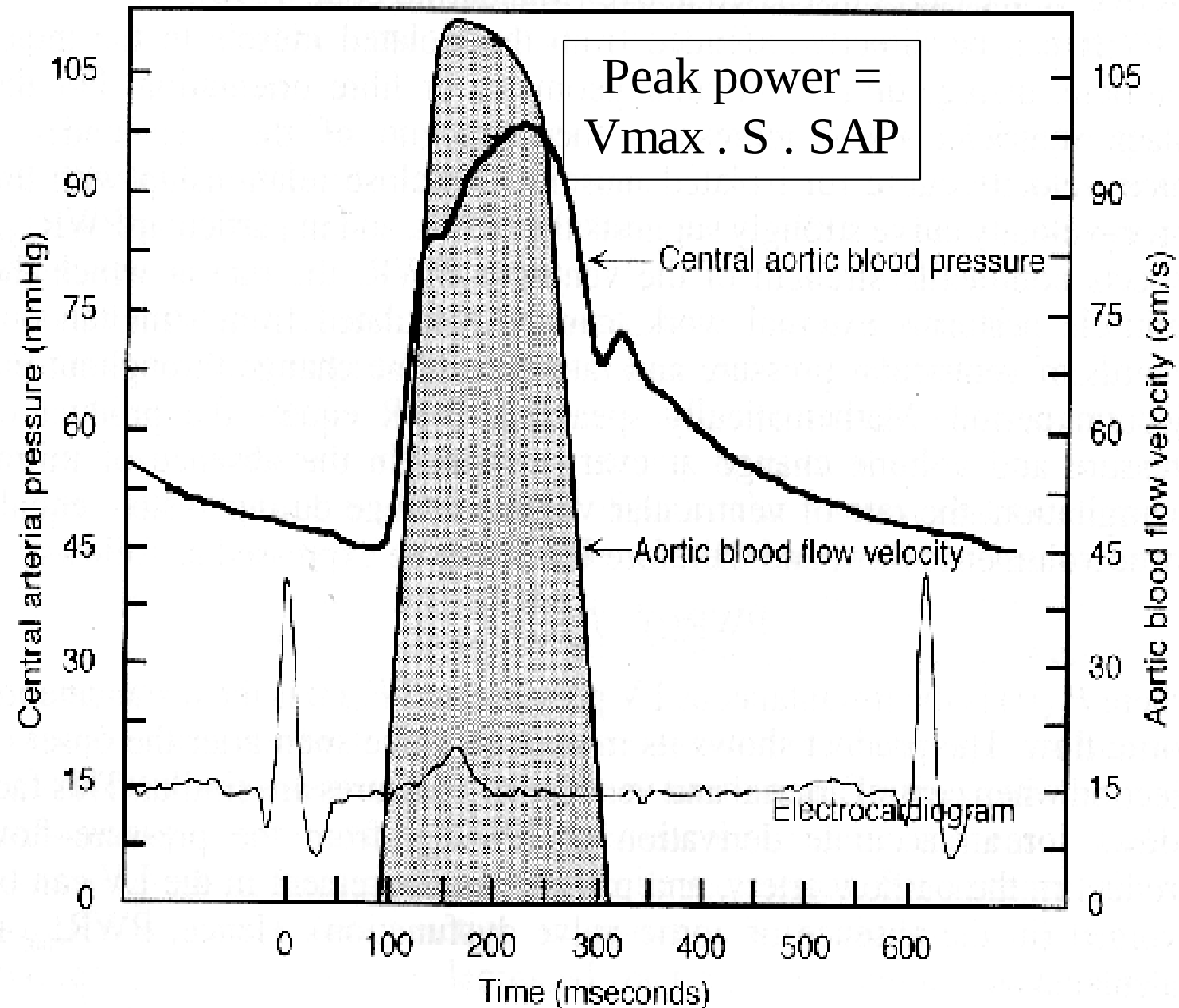
. Détection automatique des contours

- Élastance maximale

Peak power

$$\begin{array}{ccccc} \text{Power} & = & \text{Flow} & . & \text{Pressure} \\ (\text{Watts}) & & (\text{ml} / \text{s}) & & (\text{mmHg}) \end{array}$$

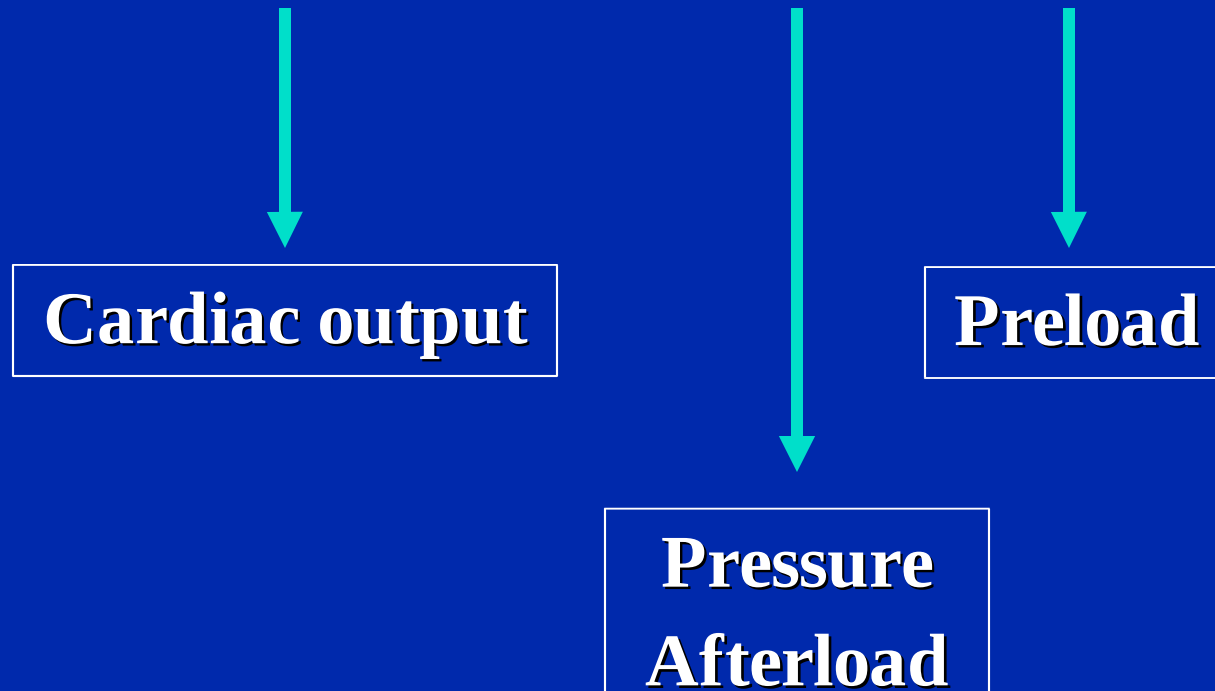
Mandarino WA, J Am Coll Cardiol, 1998;31:861-8
Armstrong GP, Heart, 1999;82:357-64



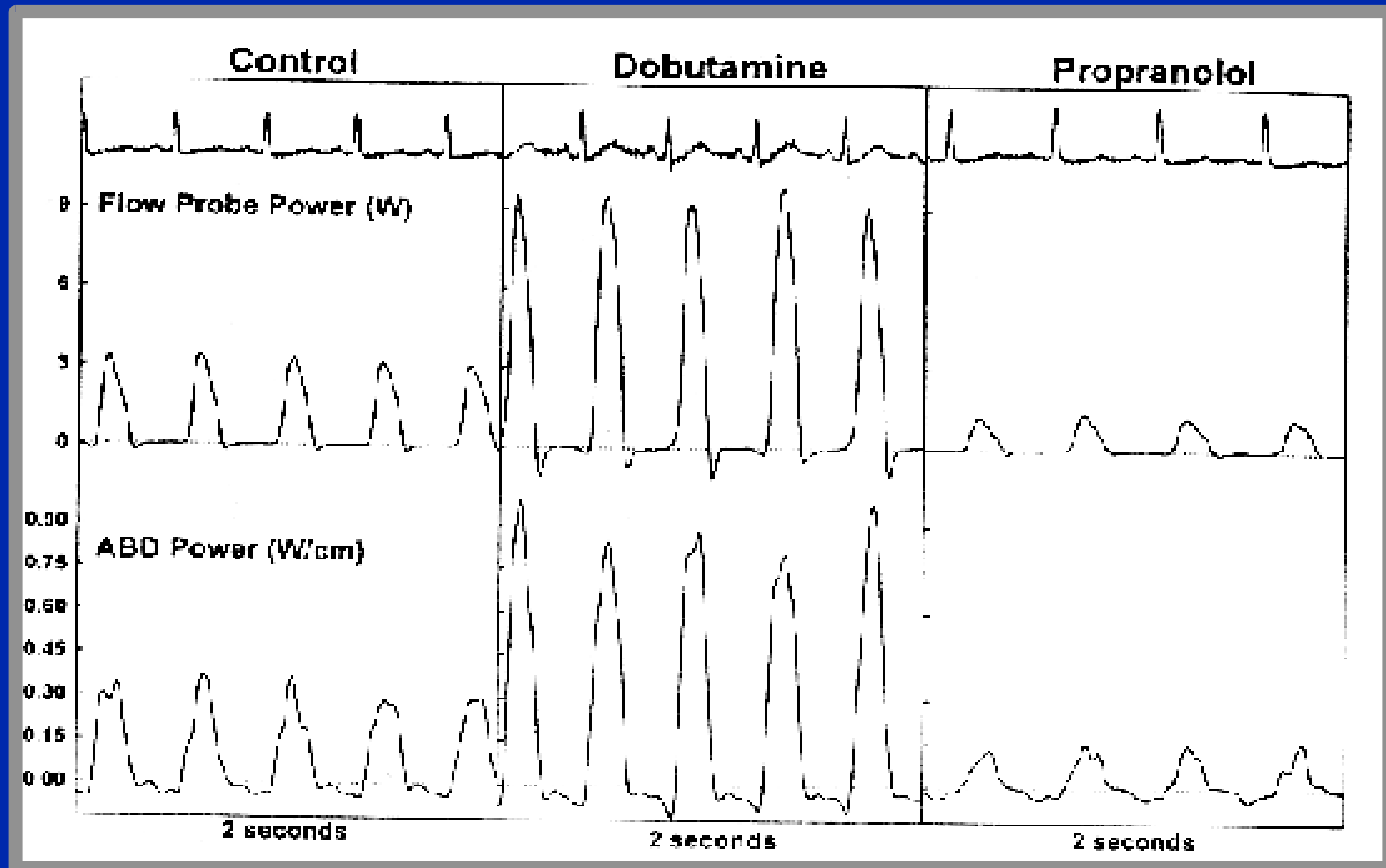
Preload adjusted maximal power

Preload adjusted maximal power (mW /cm⁴)

$$= (\text{instantaneous maximal flow} \cdot \text{SAP}) / \text{EDA}^2$$



Preload adjusted maximal power



Mandarino WA, Pinsky MR, Gorscan III J, JACC, 1998;15:861-8

Paramètres de fonction systolique

. Mode imagerie:

- Fraction d'éjection
- vitesse de raccourcissement des fibres myocardiques

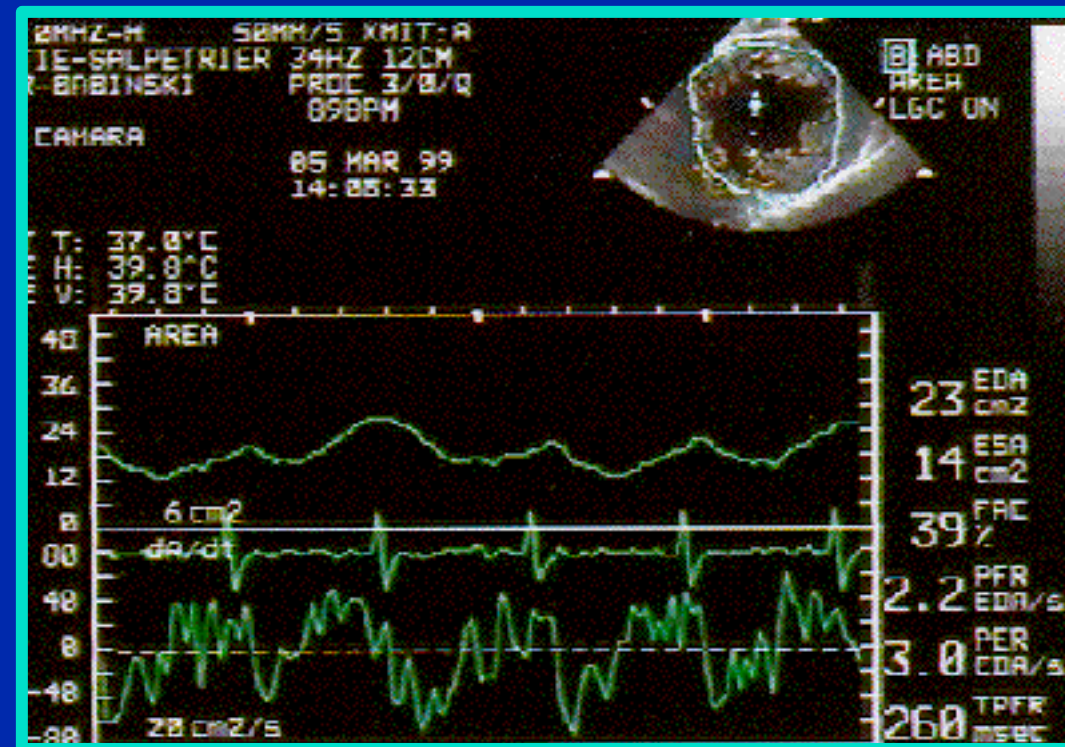
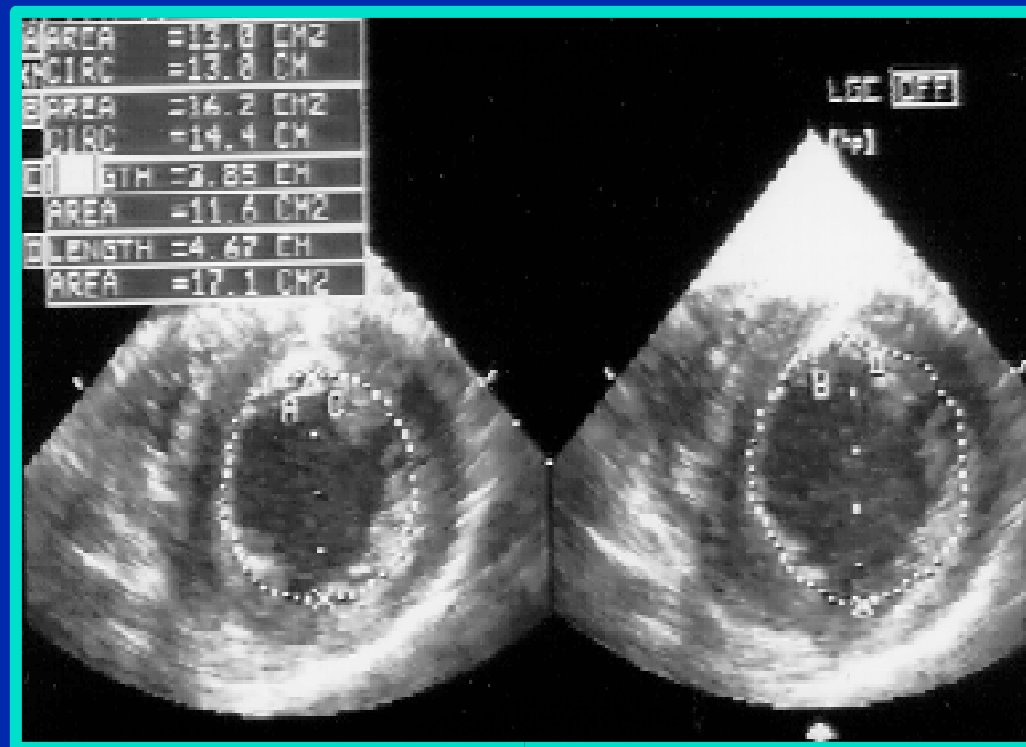
. Mode Doppler:

- Flux d'éjection aortique
- Rate of pressure rise (IM)
- Intervalles isovolumétriques
- Puissance maximale

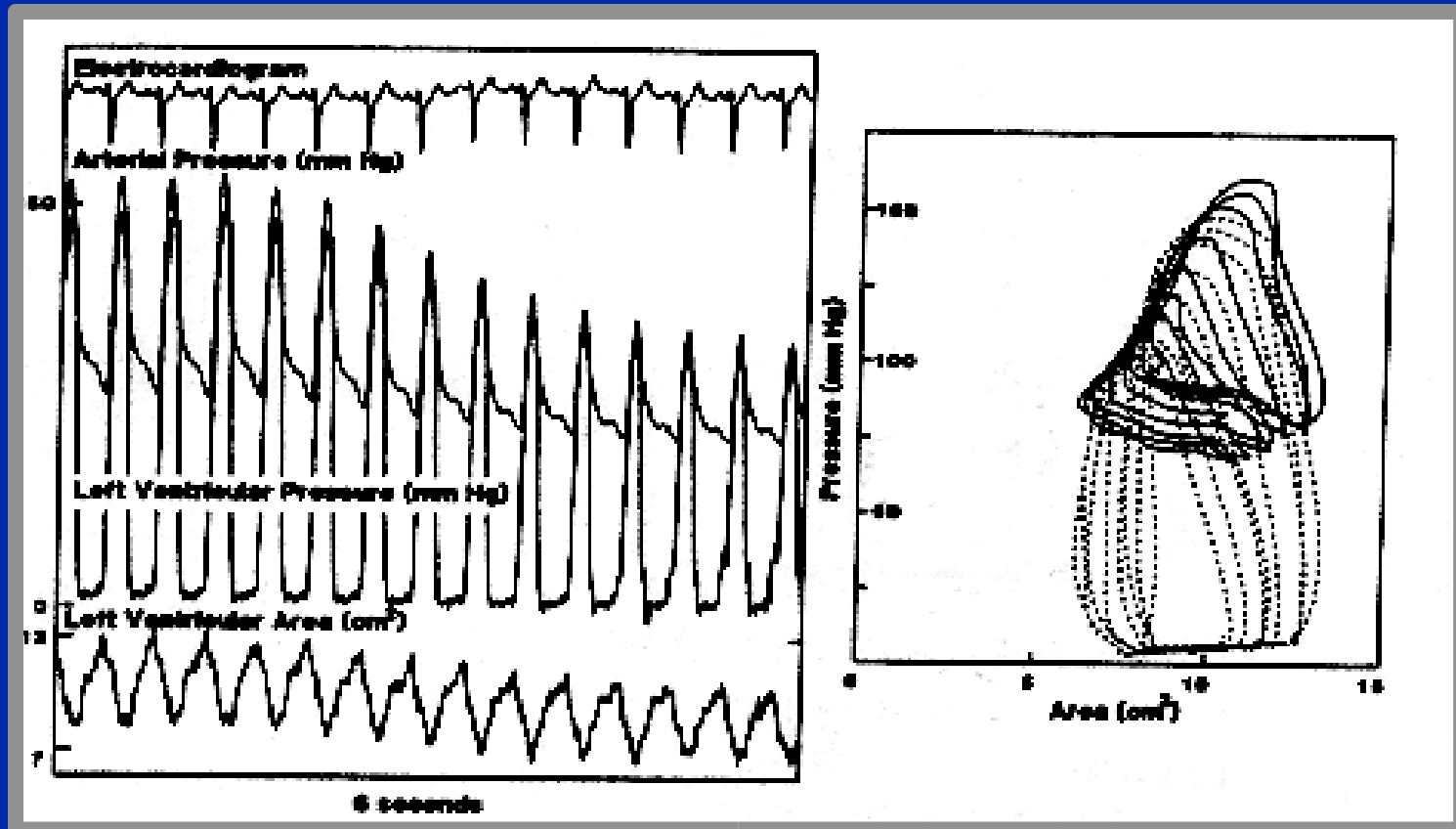
. Détection automatique des contours

- Élastance maximale

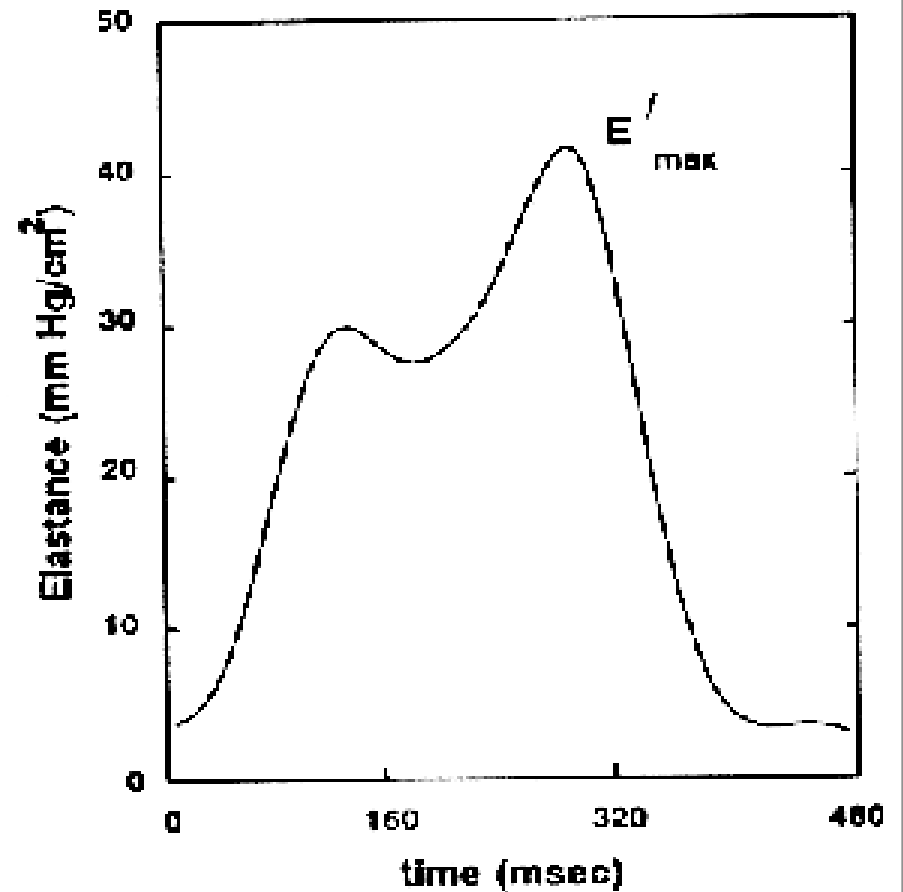
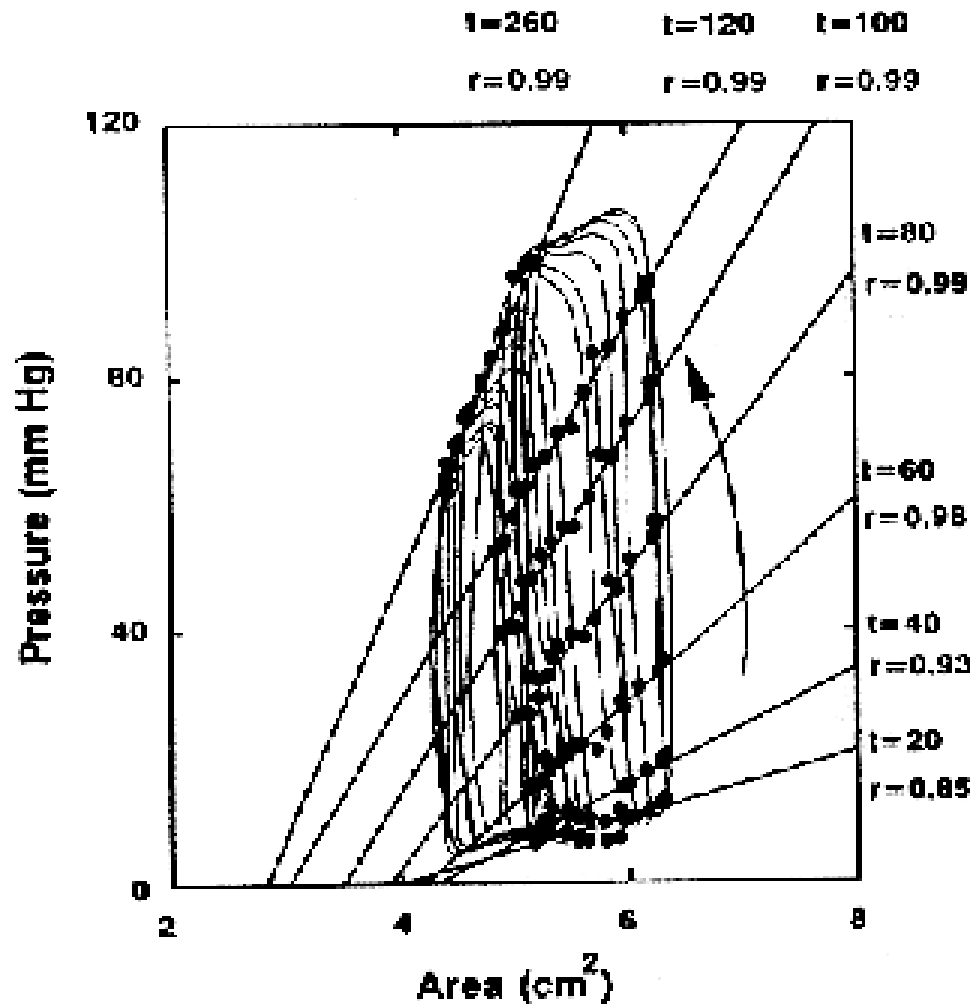
Détection automatique des contours



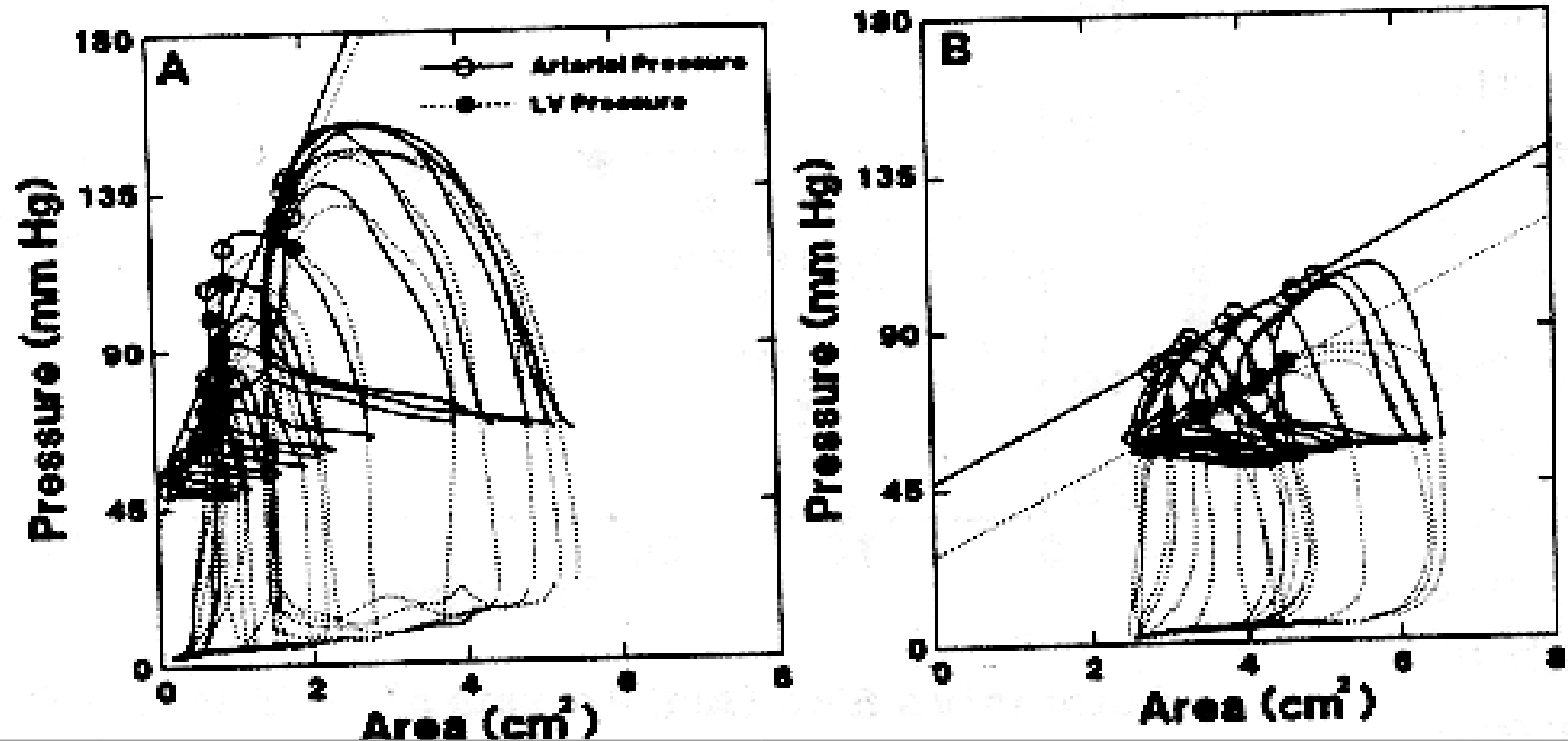
On-line pressure-area relations



Time-varying elastance



On-line pressure-area relations



Gorscan III J, Anesthesiology, 1994;81:553-62