



**E.C.M.**  
Commissione Nazionale Formazione Continua

agenas



Provider *ECM* – ID 173

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Con il Patrocinio di:

## **Dipartimento di Neuroscienze – Università di Torino**

Corso di formazione residenziale teorico-pratico multidisciplinare per  
Tecnici Sanitari Radiologia Medica (TSRM) e Tecnici di Neurofisiopatologia (TNFP)

**“IMPIEGO DEGLI ULTRASUONI IN NEUROSCIENZE: TECNICHE DI  
ULTRASONOLOGIA VASCOLARE E CONTROLLI DI QUALITÀ”**

Torino, 10 – 13 giugno 2015

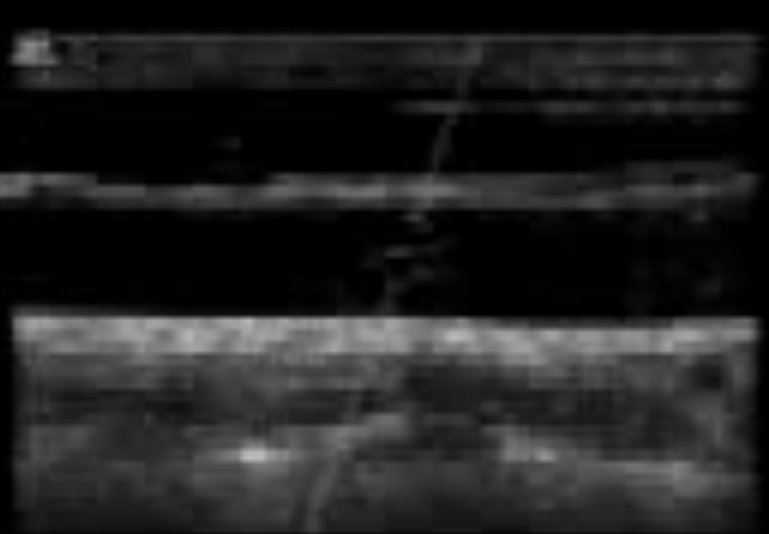
**Tecnica e criteri tecnico-operativi nella conduzione  
dell'indagine eco-color-doppler dei TSA**

***Francesco Paolo SELLITTI***

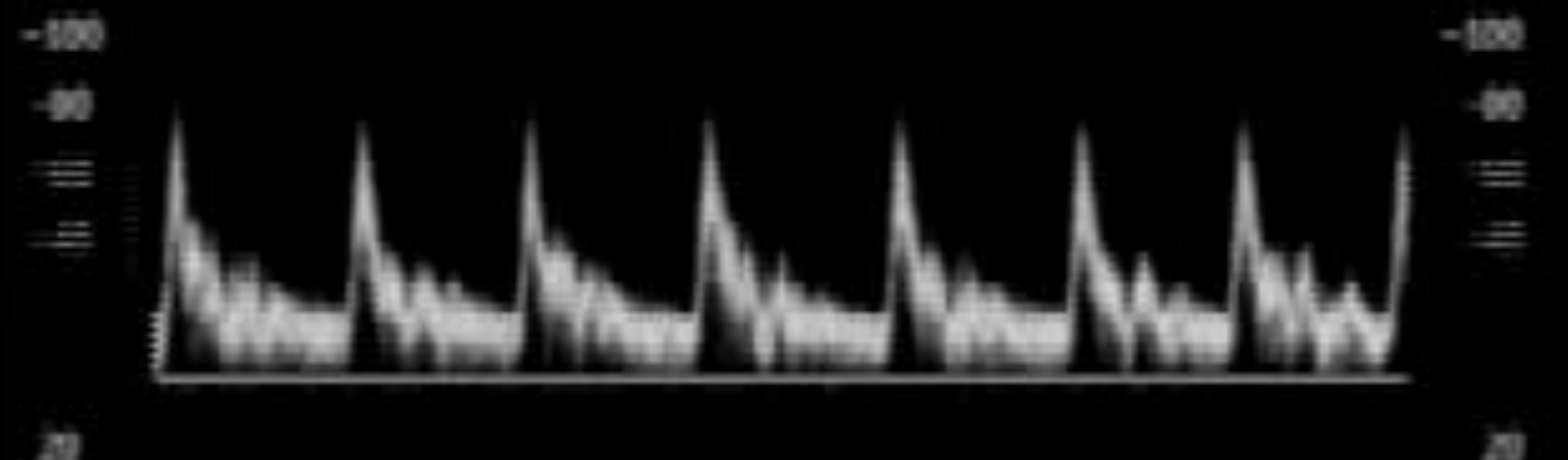
Dipartimento di Neuroscienze – Università degli Studi di Torino

Map2  
170 mV 3  
Pershiana Raster  
OHL 20cm  
Freq 1000Hz

B/N Pag.  
Col F80



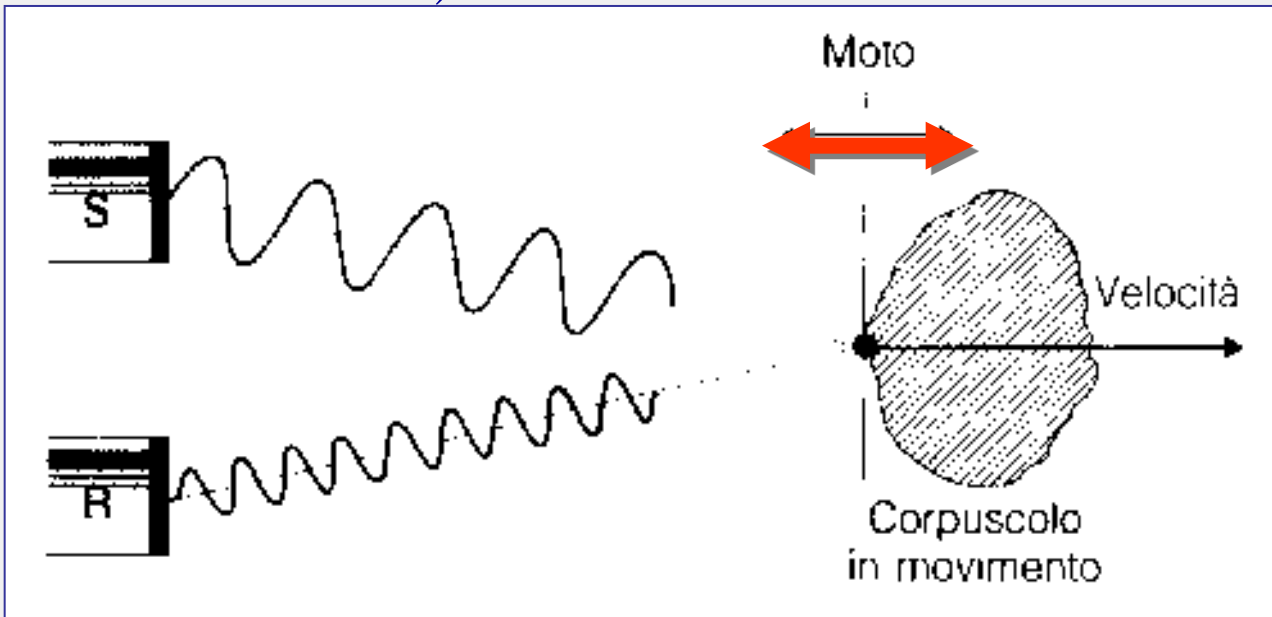
Ang VC 87  
Fret 1.1 cm  
LIM 1.0 mm  
Frag 6.0 MHz  
FP Raster  
Dep 90% Map2  
EHL 6750 Hz



# Fenomeni di propagazione US: Effetto Doppler

È quel fenomeno fisico che studia la variazione di frequenza che si verifica quando vi è uno spostamento relativo fra **Sorgente** e **Ricevente** di onde ultrasonore

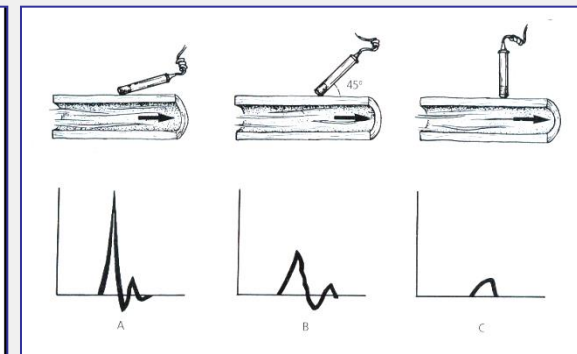
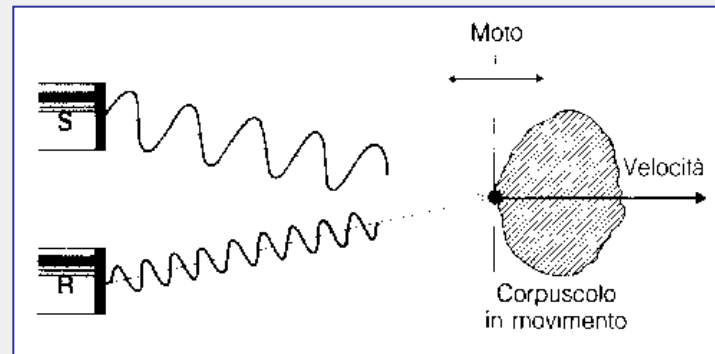
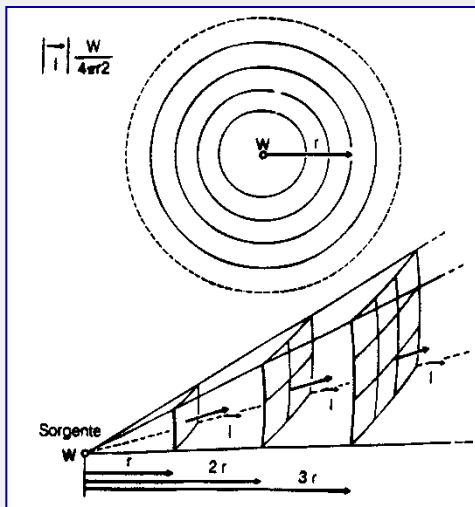
(la frequenza diffusa dal ricevente è DIVERSA da quella trasmessa a secondo che sia in avvicinamento o allontanamento).



# Fenomeni di propagazione US: Effetto Doppler

La variazione di frequenza osservata dipende:

$$fd = \pm \frac{2v \cdot f_s \cdot \cos b}{c} \quad \text{Hz} \quad v = \frac{c \cdot f_d}{2f_s \cdot \cos b} \quad \text{m/s}$$



$v$  = velocità flusso ematico;

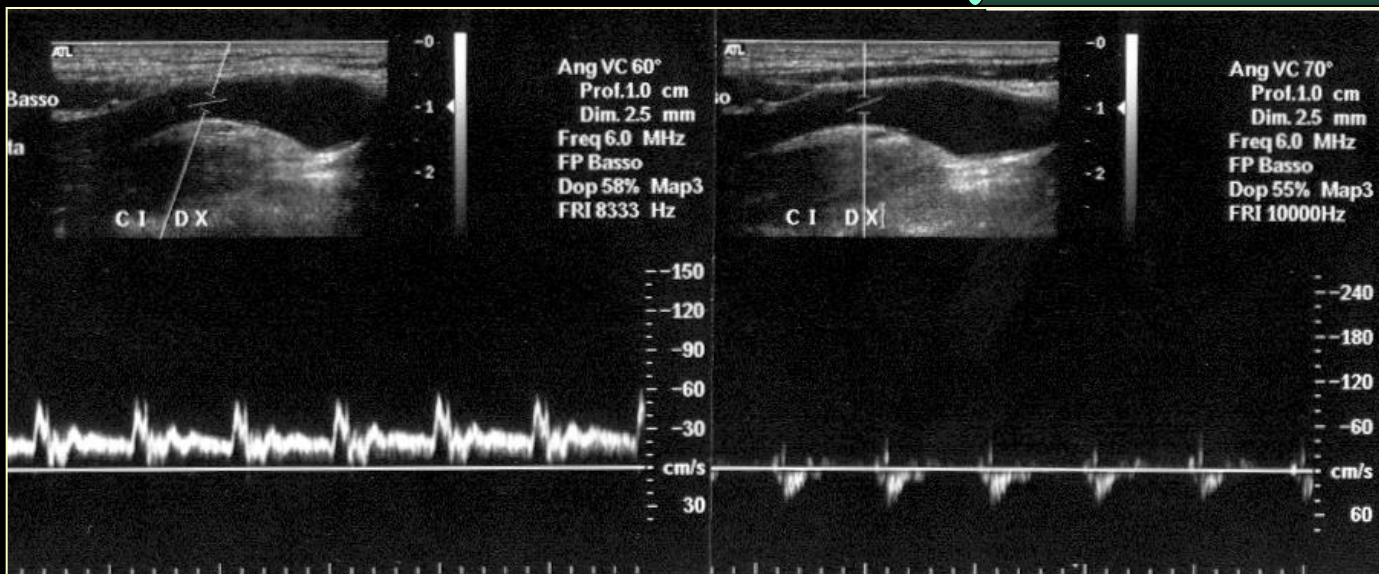
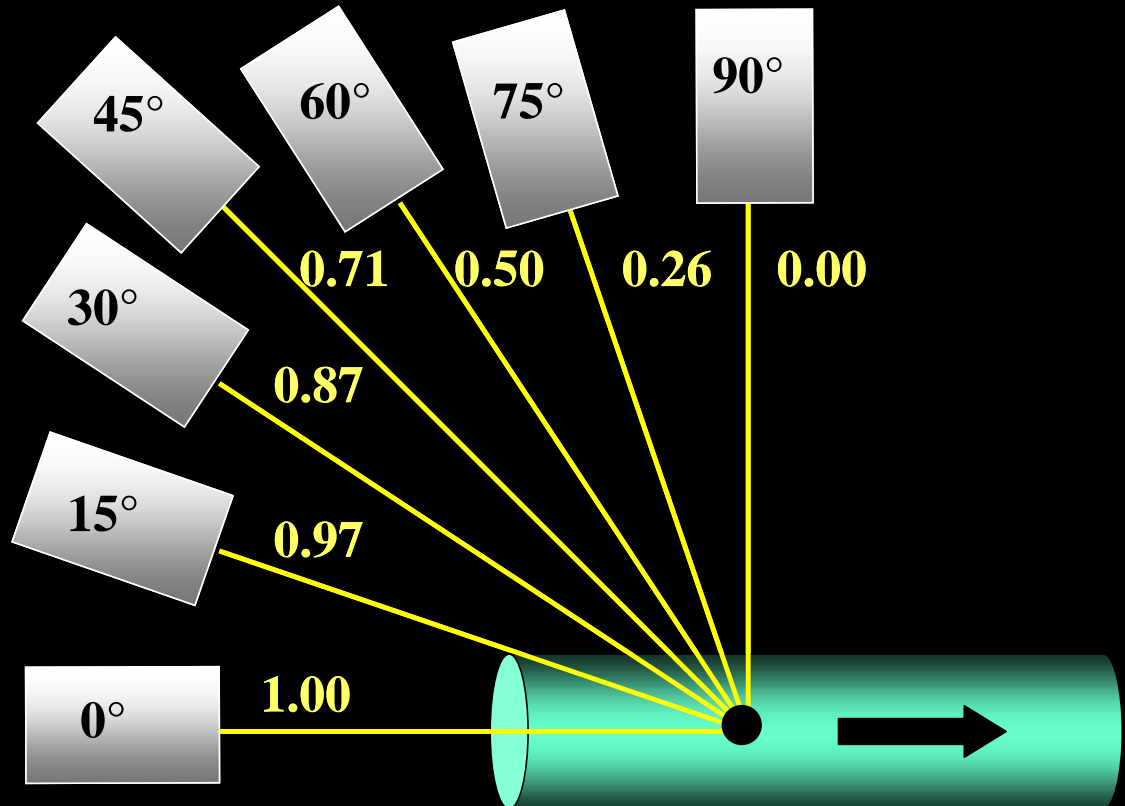
$c$  = velocità u.s. nei tessuti

**Nota:** le frequenze dei suoni udibili sono compresi fra 20 – 20000 Hz



$$fd = \pm \frac{2v \cdot f_s \cdot \cos b}{c} \quad (\text{Hz})$$

*cos b*





*Johann Cristian DOPPLER*

## **Johann Cristian DOPPLER**

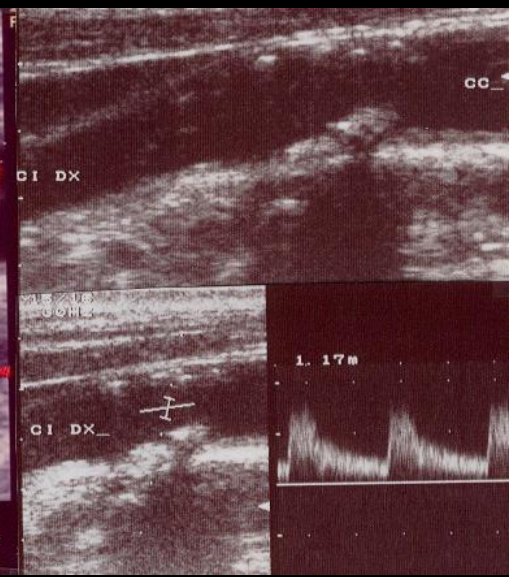
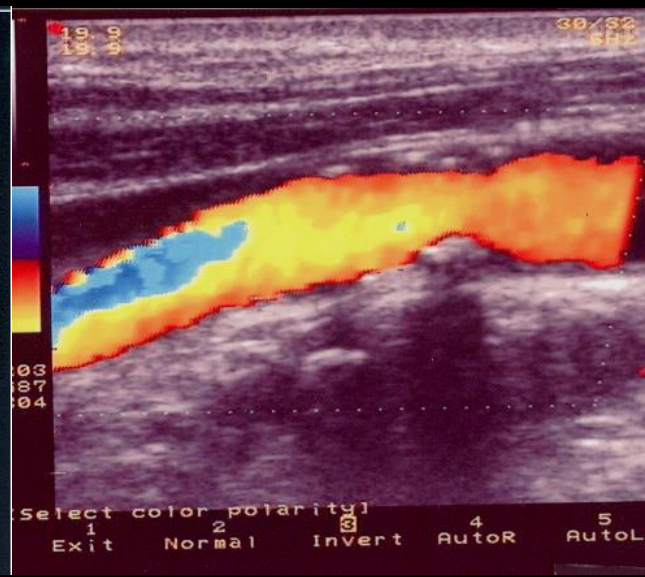
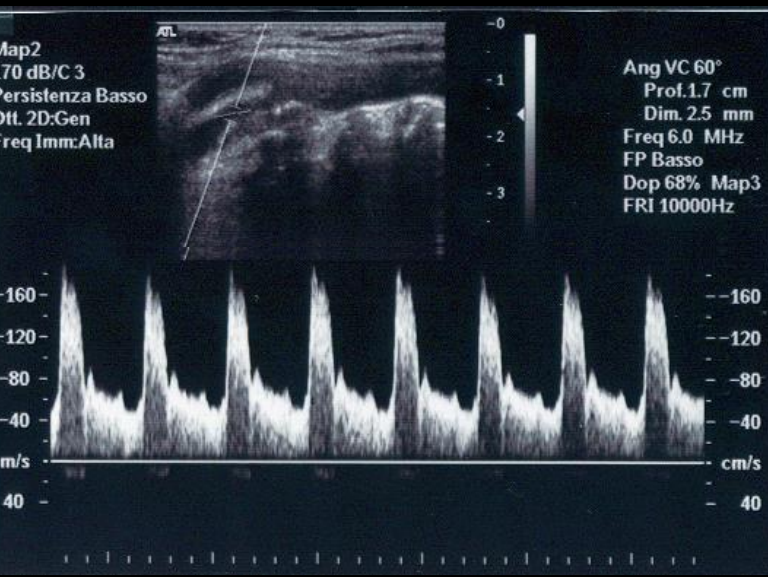
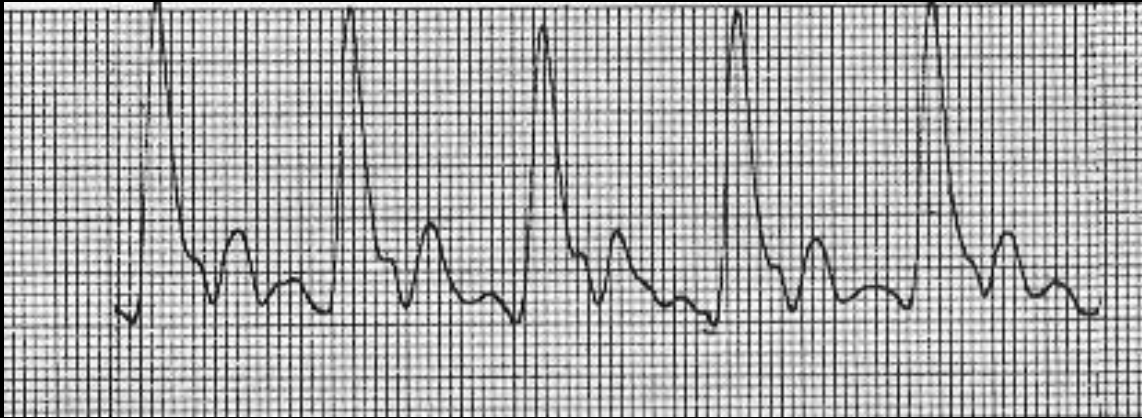
descrisse il fenomeno nel **1843**, ma  
fù nel **1957** che **SATOMURA** **lo**  
**applicò allo studio della**  
**circolazione sanguigna.**

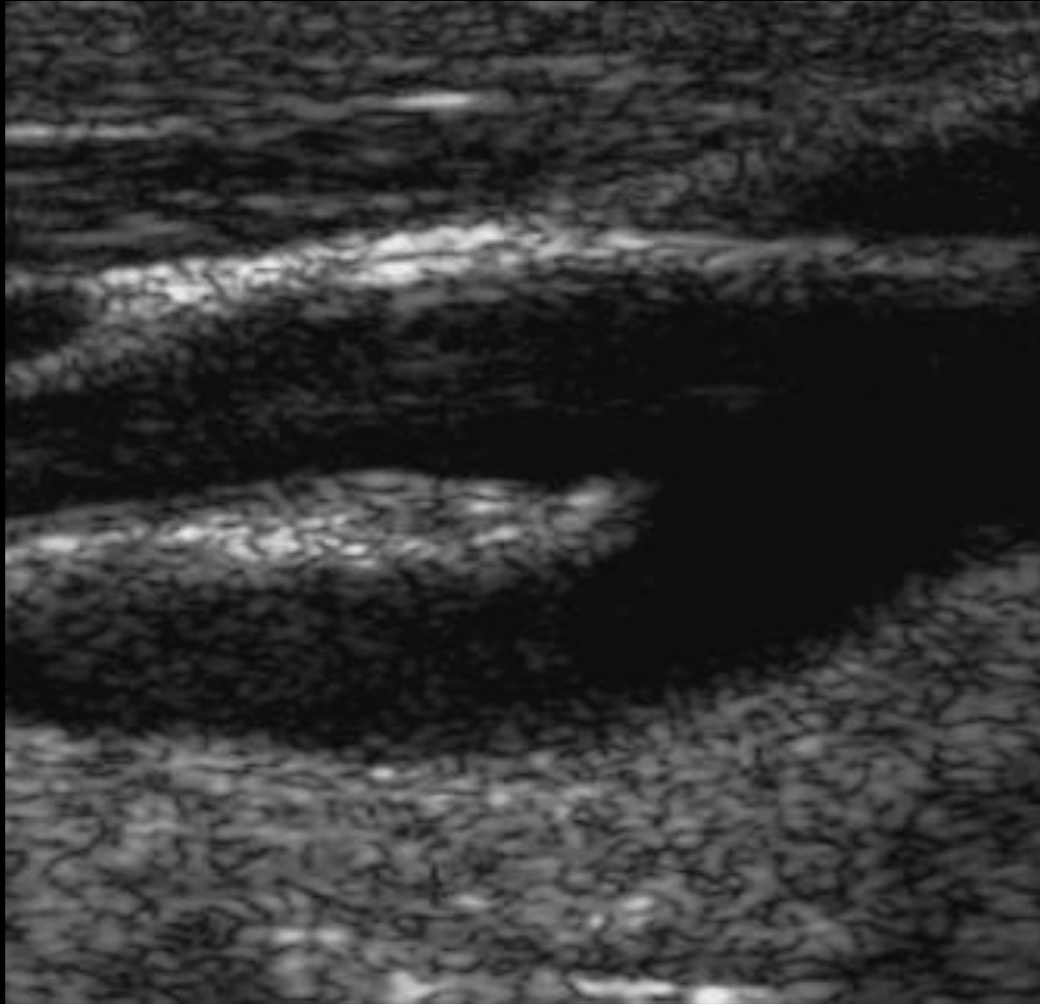
In seguito **FRANKLIN** nel **1961**,  
**Mac LEOD** e **POURCELOT** nel  
**1967** contribuirono al  
perfezionamento.



Shigeo SATOMURA (Giappone) nel **1957** applicò il fenomeno fisico allo studio della circolazione sanguigna (Together with **Ziro KANEKO**, they constructed the doppler flowmeter to measure the doppler **noise** from these blood vessels. These works were part of Satomura's Dr. Med. Sci. thesis which he presented in November **1959**)

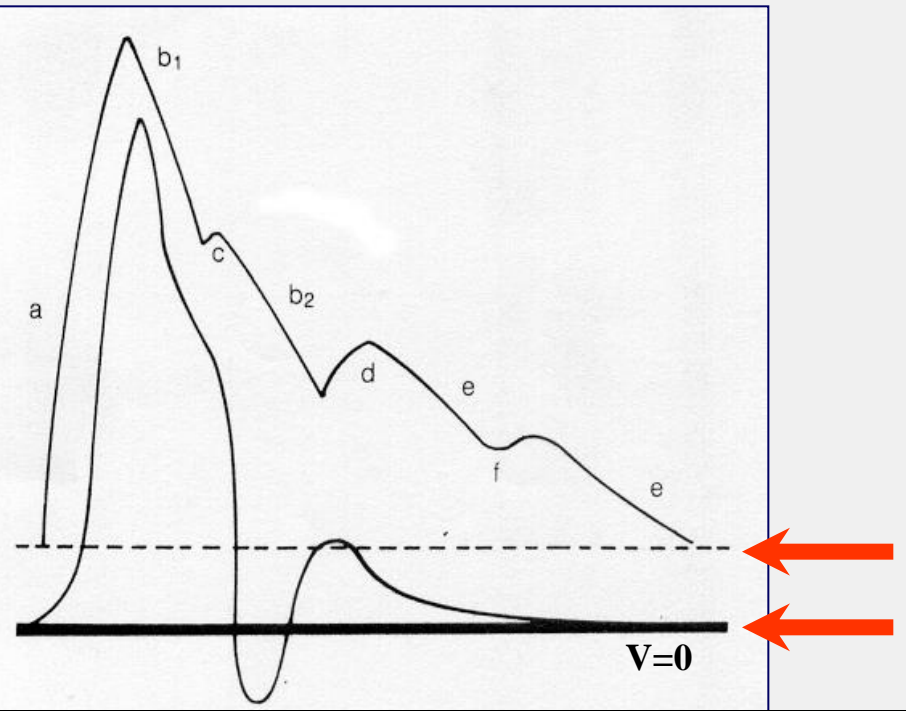
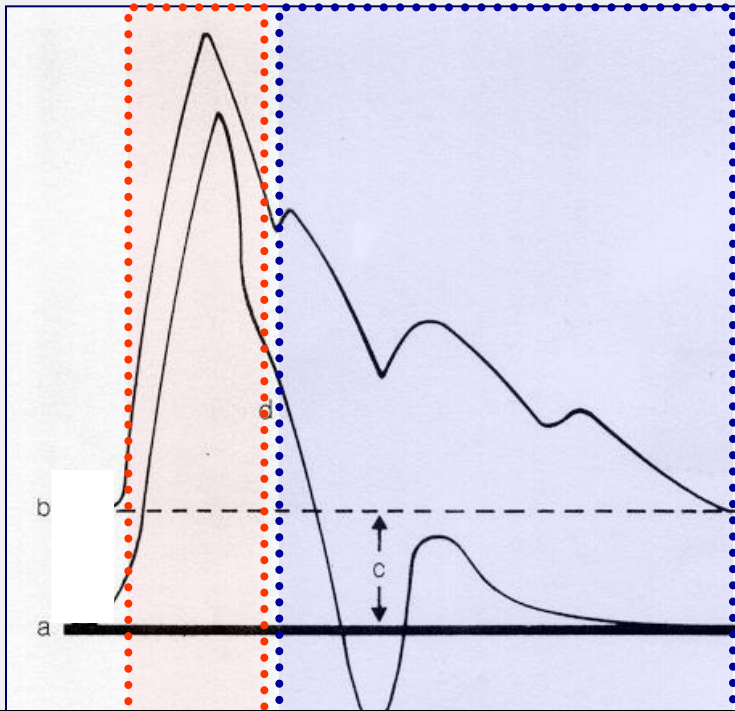




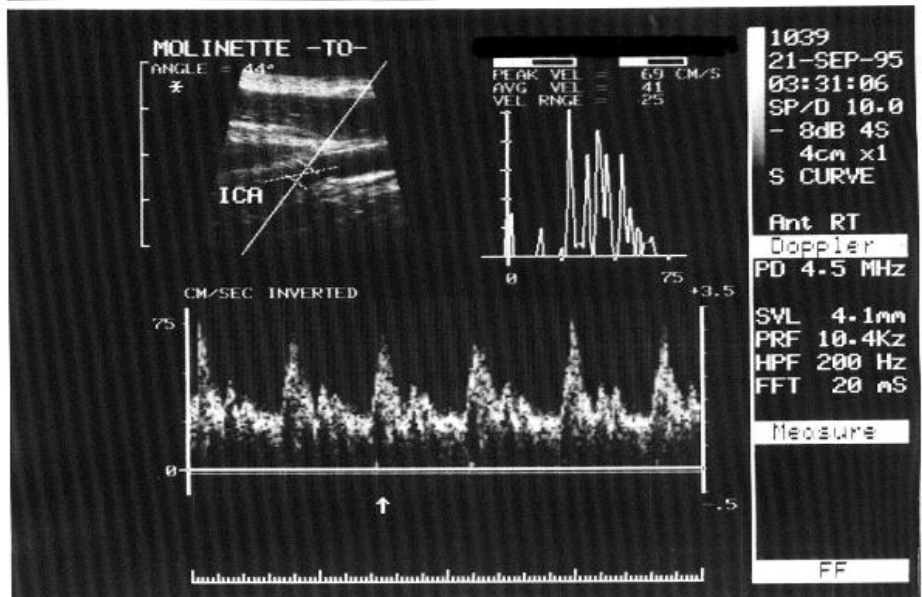
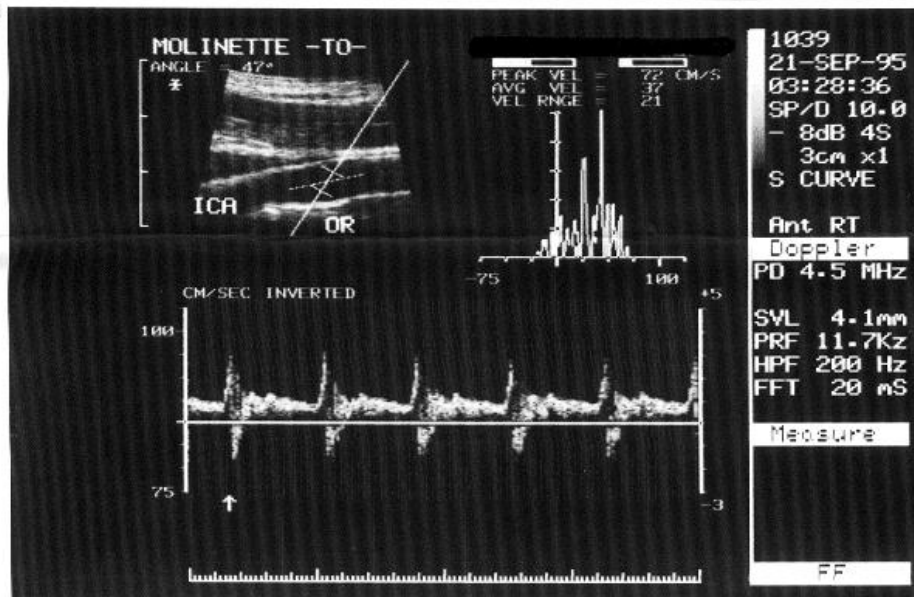
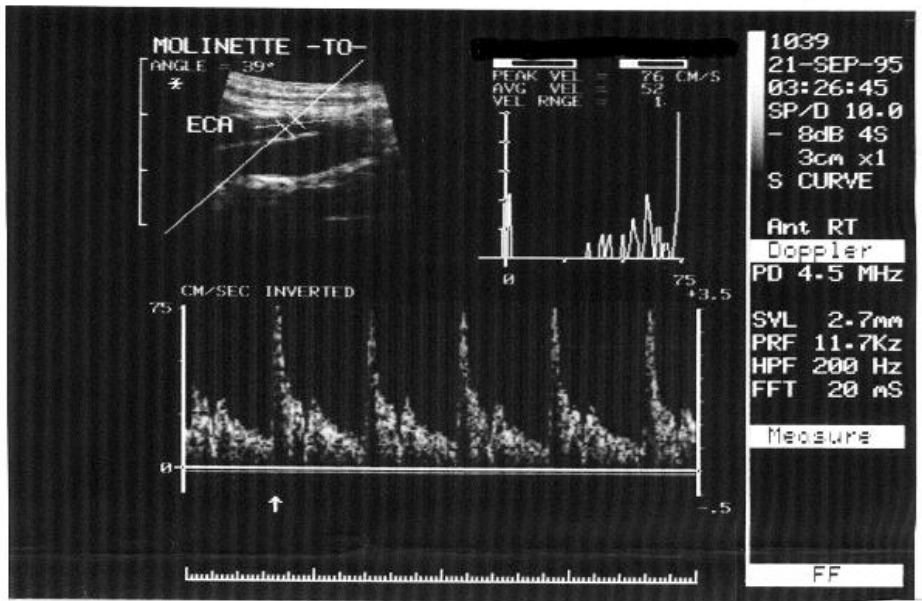
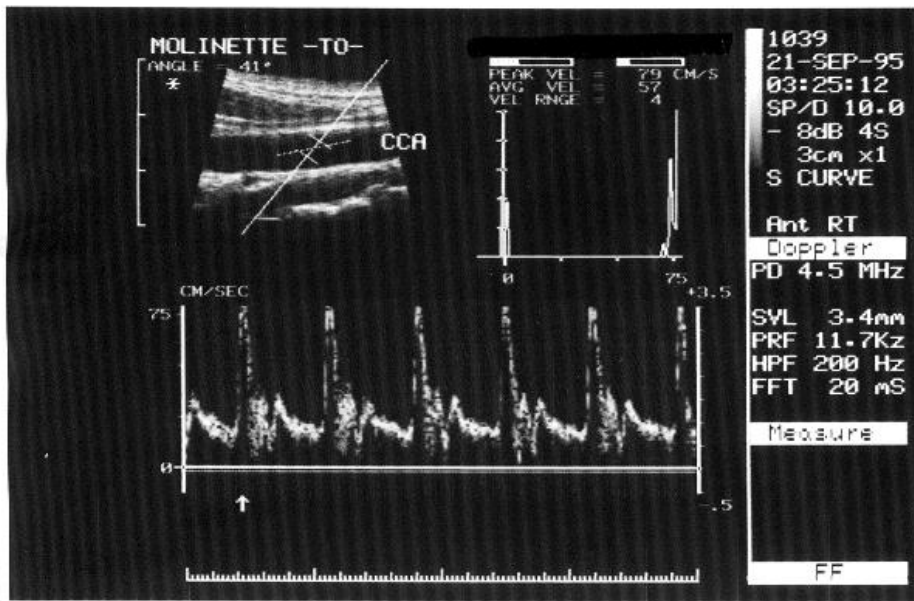


**Come distinguere i vasi indagati ?**

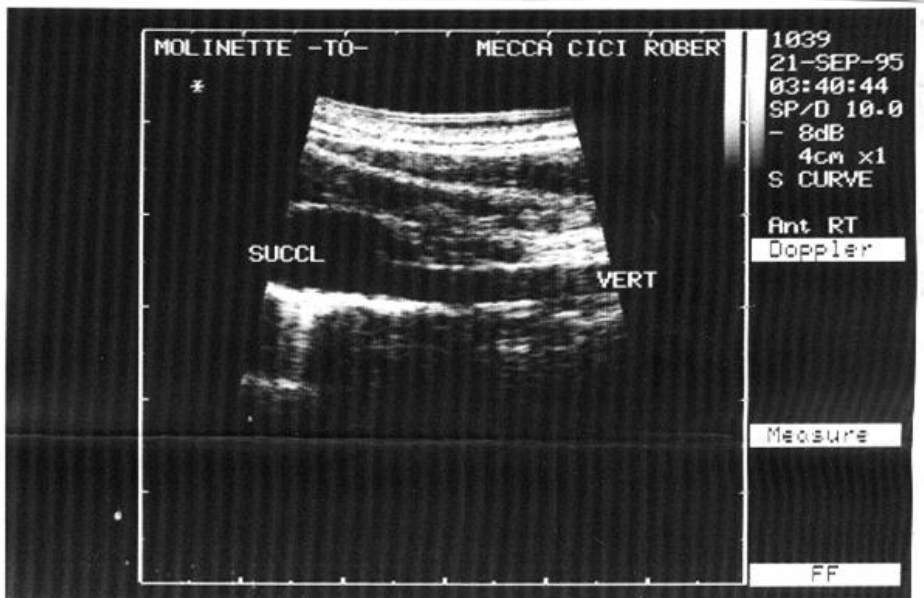
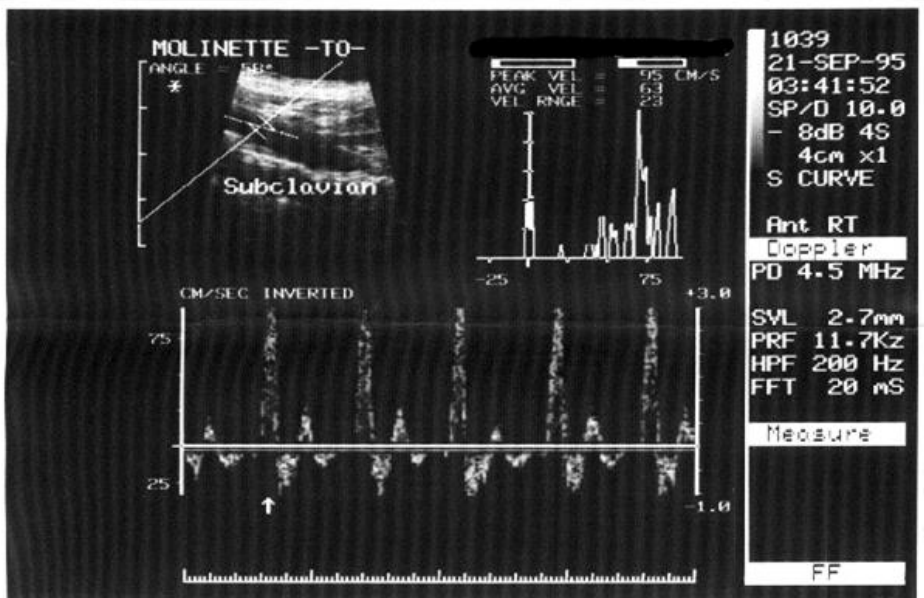
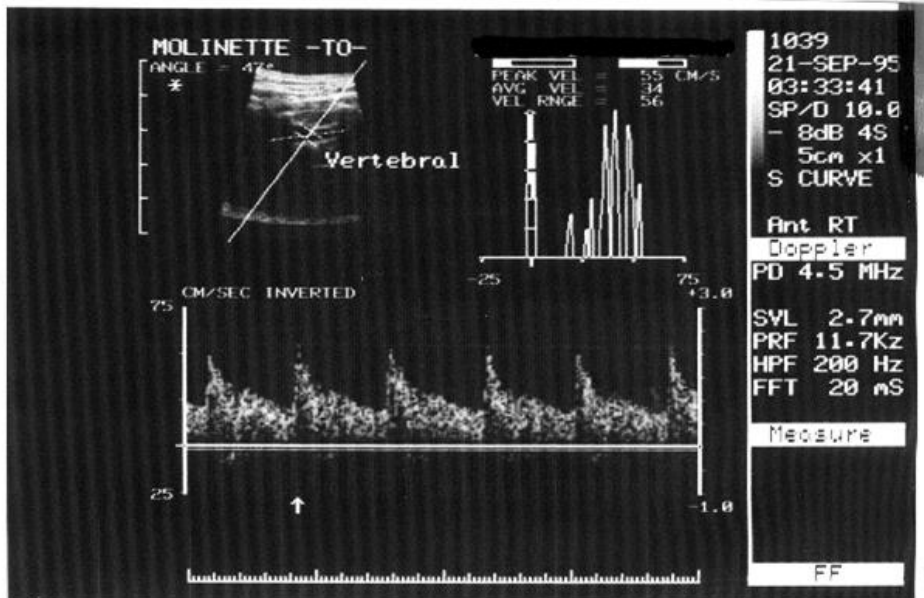
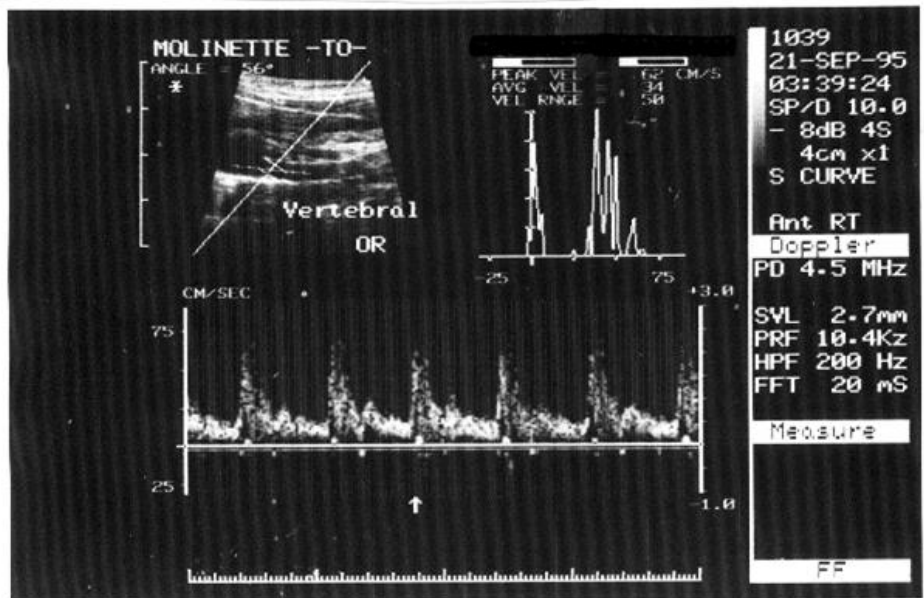
# Morfologia della curva di velocità tipo











# Tecnica e criteri tecnico-operativi nella conduzione dell'indagine eco-color-doppler dei TSA

Indagine Eco-Cor-Doppler fornisce  
DUE DIVERSE INFORMAZIONI:

- **MORFOLOGICA (ECOGRAFIA)**
- **FUNZIONALE (COLOR-DOPPLER)**

# ➤ MORFOLOGICA (ECOGRAFIA)

Le informazioni morfologiche più frequentemente ricercate possono essere così sinteticamente schematizzate:

1. Alterazioni di parete (aterosclerotiche, dissecazioni, aneurismi, fenestrazioni, etc...);
2. Tortuosità vasali;
3. Lesioni a distanza dopo intervento di endoarterectomia (TEA) o di Angioplastica Transluminale per via Percutanea con posizionamento di stenting (PTA + Stenting).

# ➤ MORFOLOGICA (ECOGRAFIA)

## 1) Alterazioni di parete

Le alterazioni di parete di tipo ateromasiche, vengono differenziate in base ad alcune caratteristiche che sono: **l'ecogenicità**, la superficie e l'entità della stenosi.

A) L'ecogenicità si distingue in base al tipo di materiale costituente la placca:

- anaecogeno o ipoecogeno (contenuto liquido, trombo recente o emorragia intrapacca recente, ...);
- iperecogeno senza cono d'ombra acustico (ad alto contenuto di collagene);
- iperecogeno con cono d'ombra acustico (tipico della placca calcifica).

*Le placche possono inoltre essere omogenee (reperti ecogenici univoci) e disomogenee (a contenuto misto).*

# ➤ MORFOLOGICA (EKOGRADIA)

## 1) Alterazioni di parete

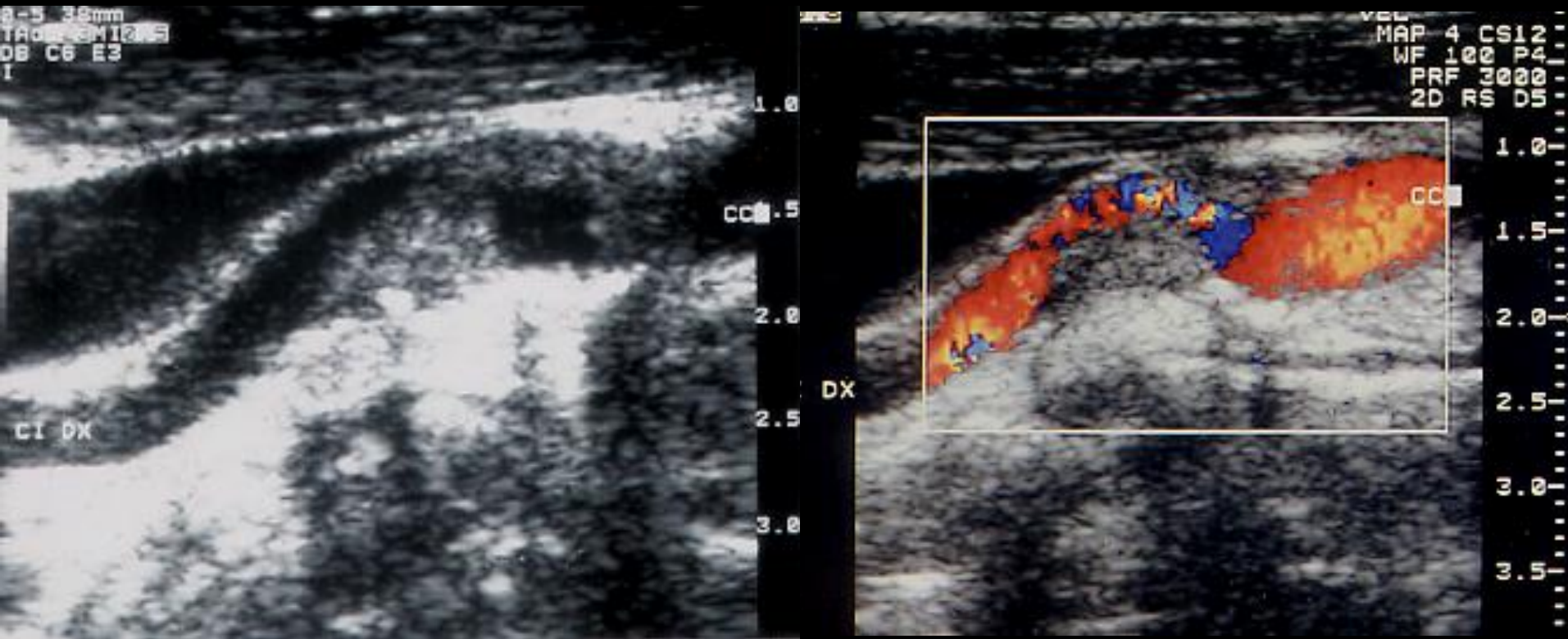
Le alterazioni di parete di tipo ateromasiche, vengono differenziate in base ad alcune caratteristiche che sono: l'ecogenicità, **la superficie** e l'entità della stenosi.

**B) La superficie** si distingue in :

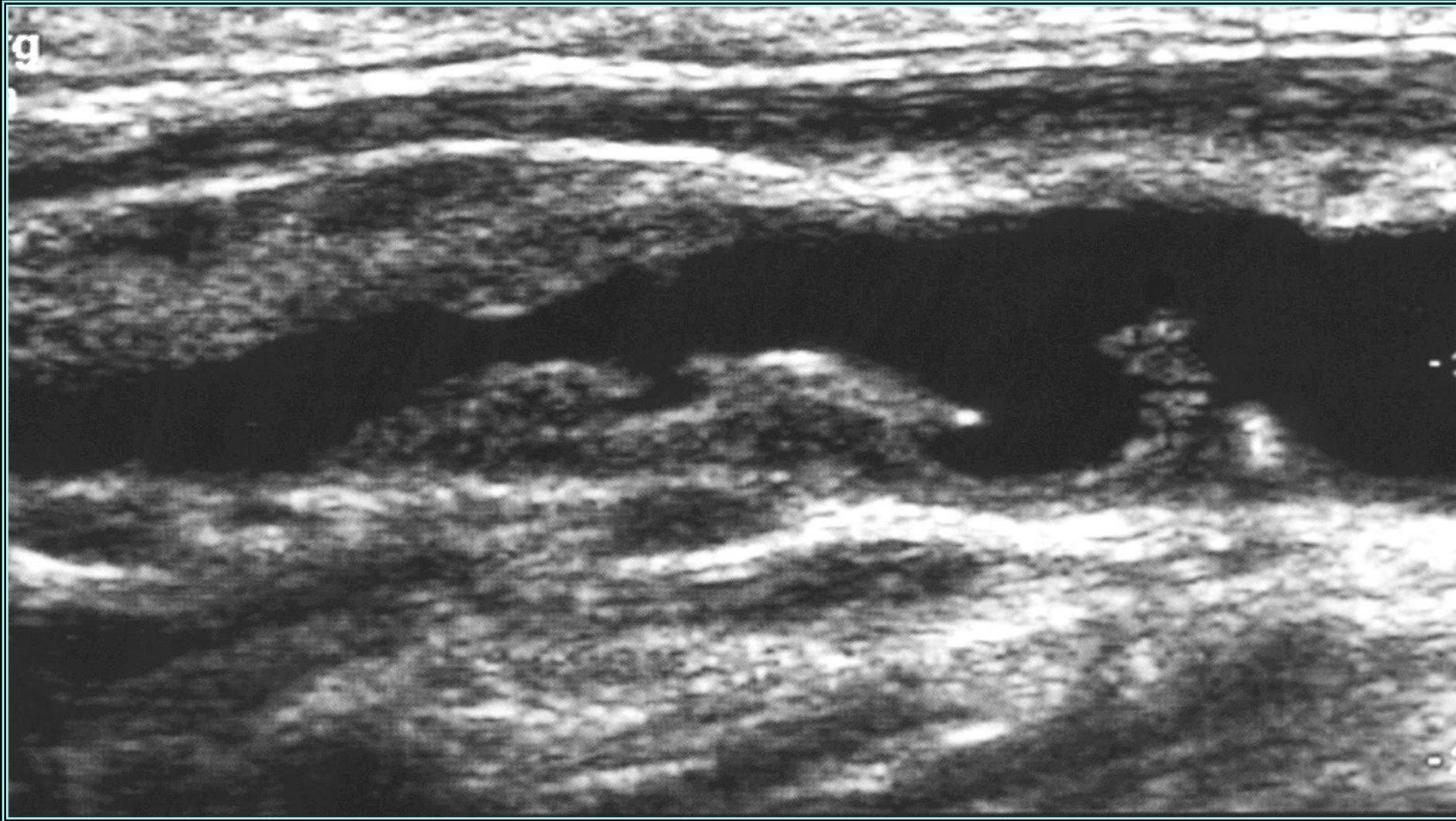
- **liscia** (con regolare contorno endoluminare);
- **irregolare** (tipico di placche estese e disomogenee a maggior rischio di frammentazione);
- **ulcerata** (la superficie presenta una o più escavazioni sul profilo endoluminare la cui evidenziazione è maggiore con eco-color Doppler).



# Studio del profilo endoluminale della placca mediante immagine con ecocolordoppler

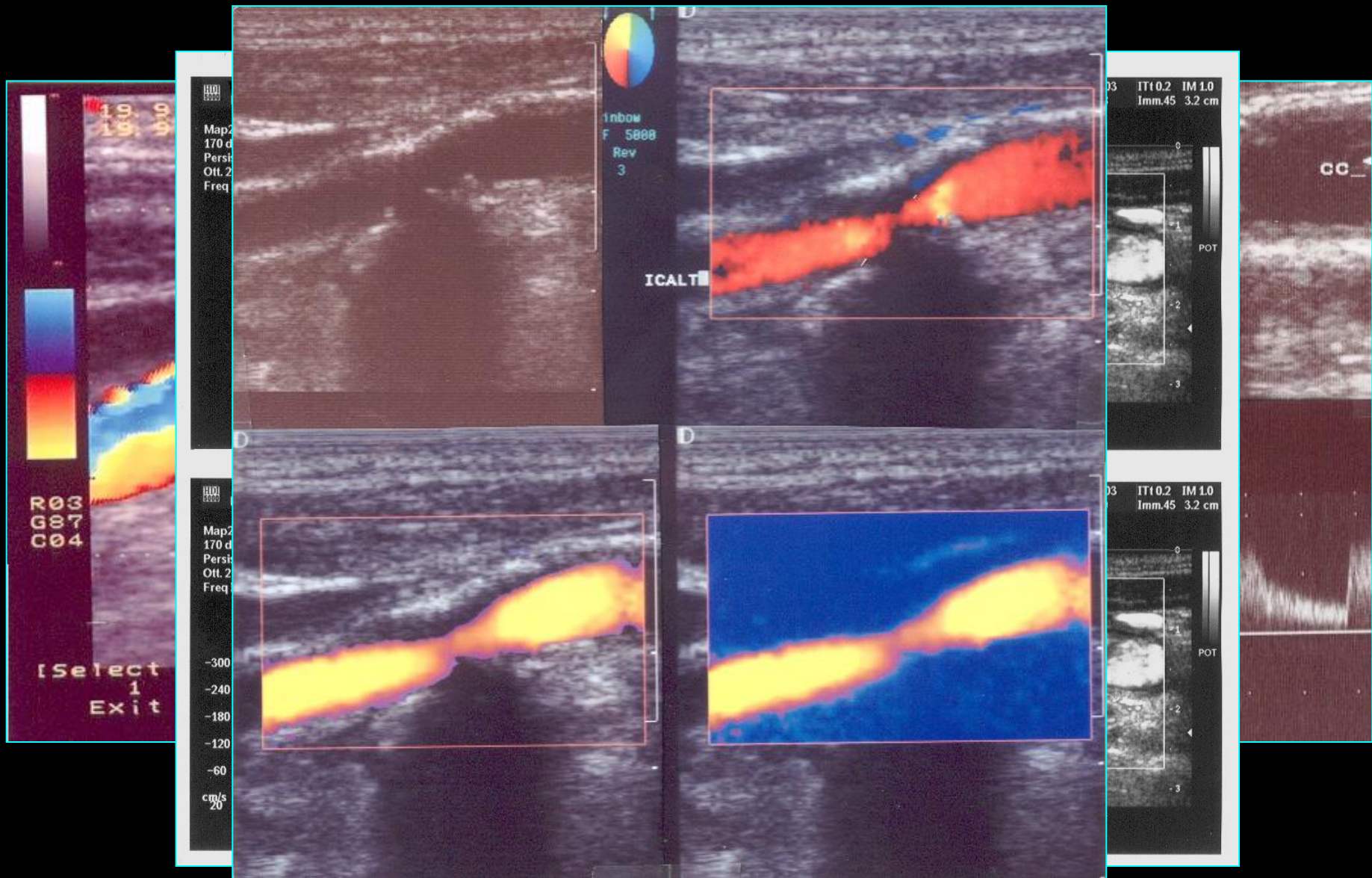


# Studio morfologico della struttura della placca ateromasica mediante ecografia ad alta risoluzione

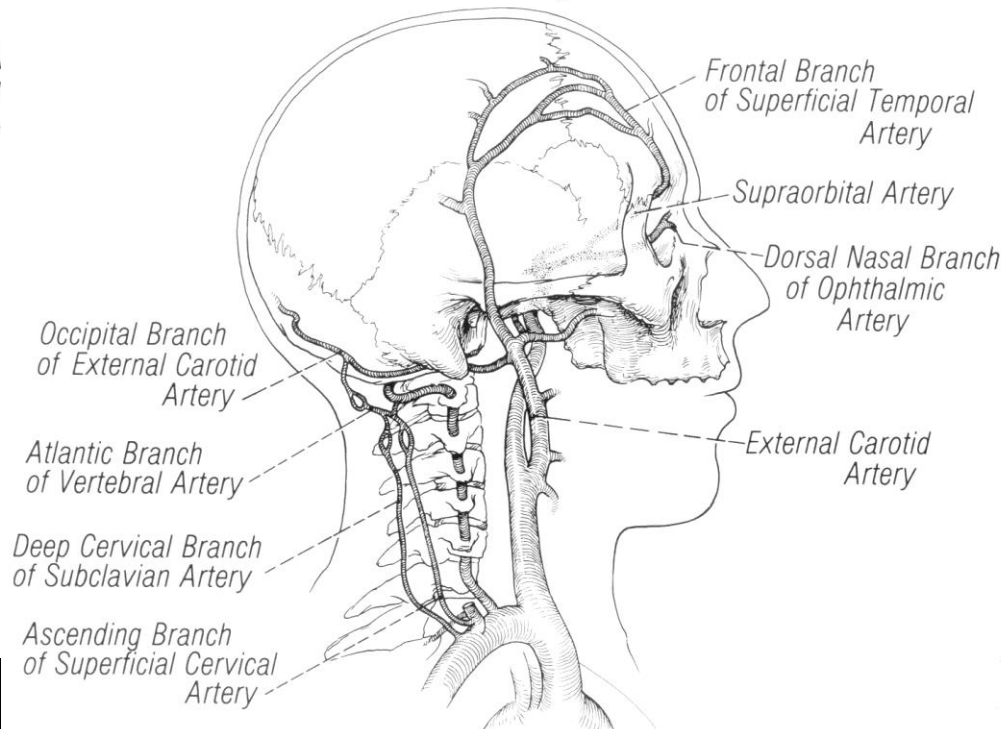
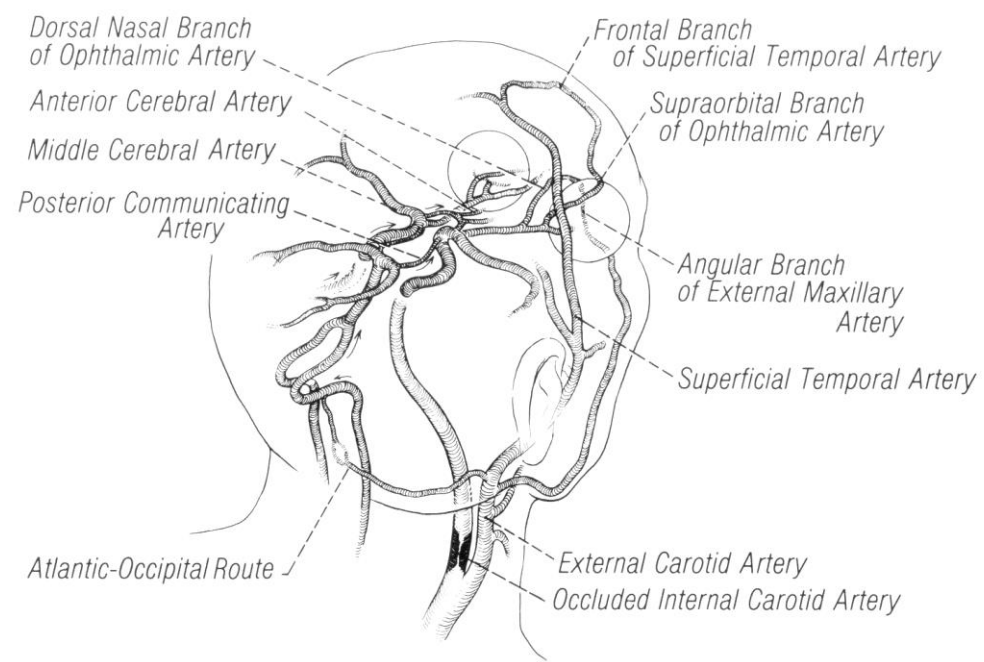
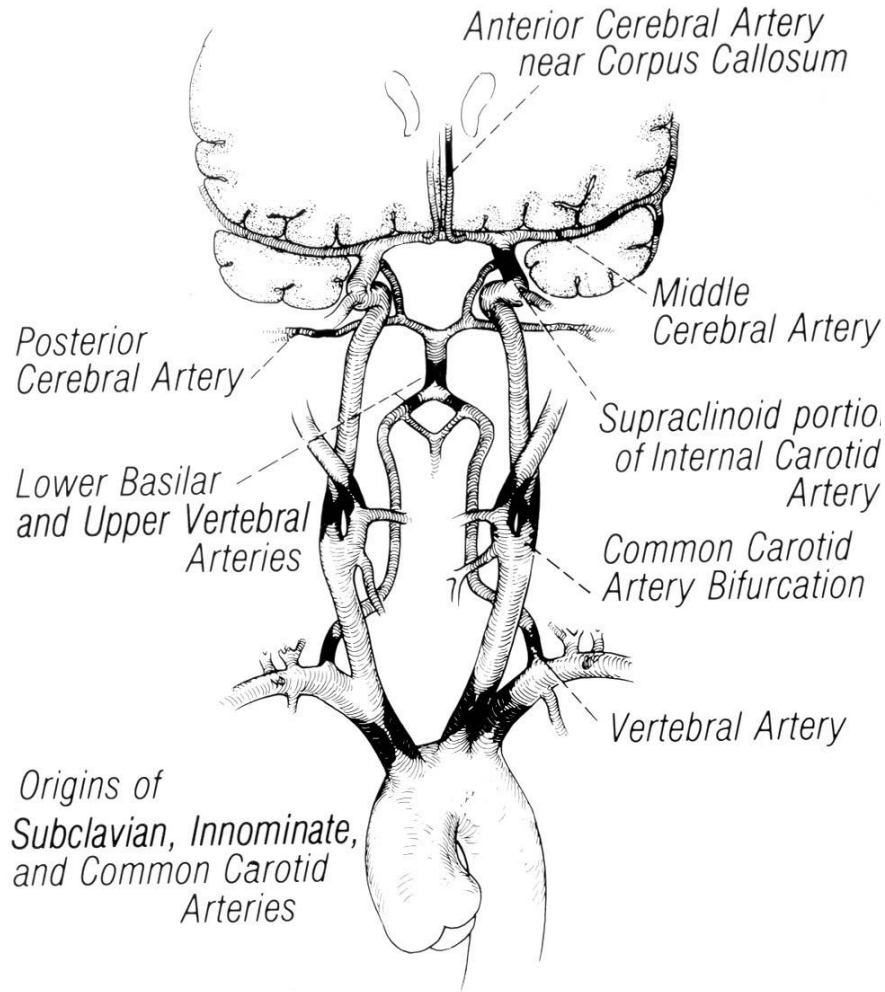




# Studio del profilo endoluminale della placca mediante immagini color-doppler e angio-color-power



# Ultrasonologia in Neuroscienze: Eco-color-doppler TSA e Transcranico



# ➤ MORFOLOGICA (ECOGRAFIA)

Le informazioni morfologiche più frequentemente ricercate possono essere così sinteticamente schematizzate:

1. Alterazioni di parete (aterosclerotiche, dissecazioni, aneurismi, fenestrazioni, etc...);
2. **Tortuosità vasali;**
3. **Lesioni a distanza dopo intervento di endoarterectomia (TEA).**



# ➤ MORFOLOGICA (EKOGRAFIA)

## 2) Tortuosità vasali

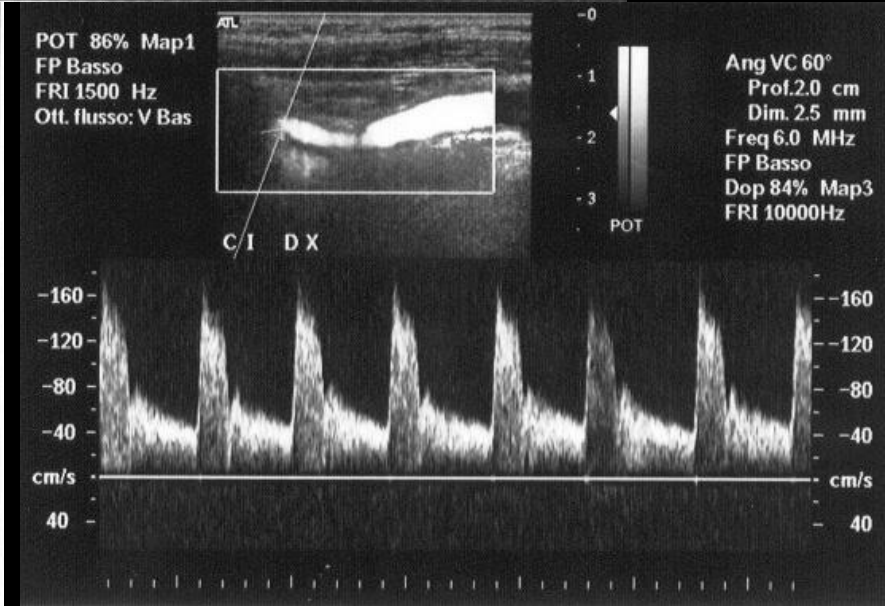
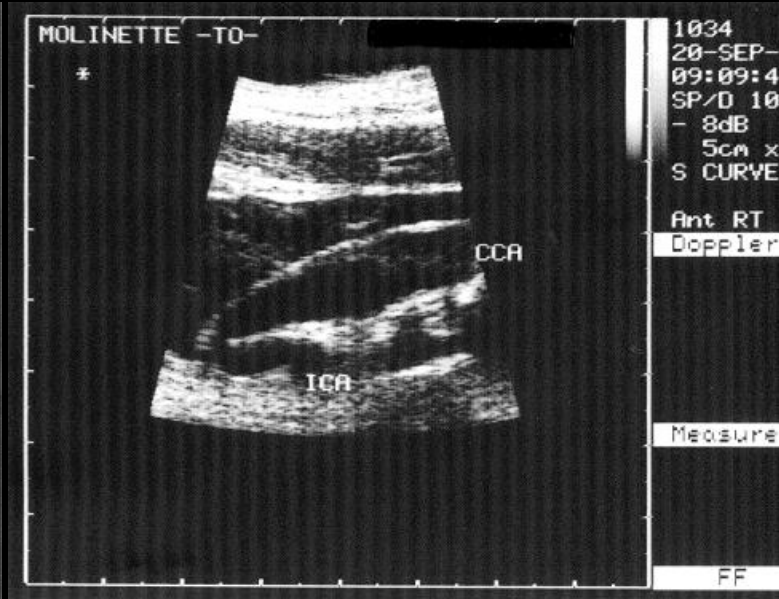
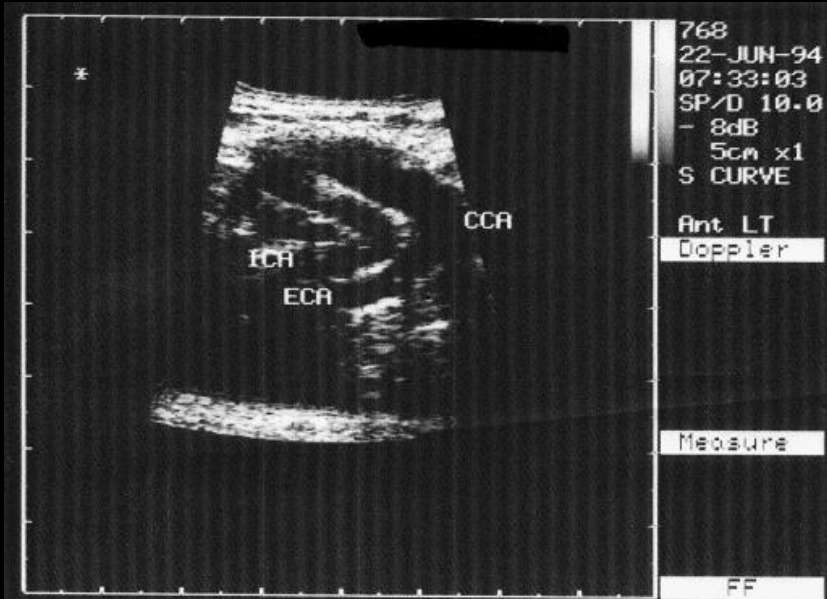
### TORTUOSITÀ DI DECORSO DEI VASI: MEGADOLICO ARTERIE

Sono tortuosità vasali accentuate quali

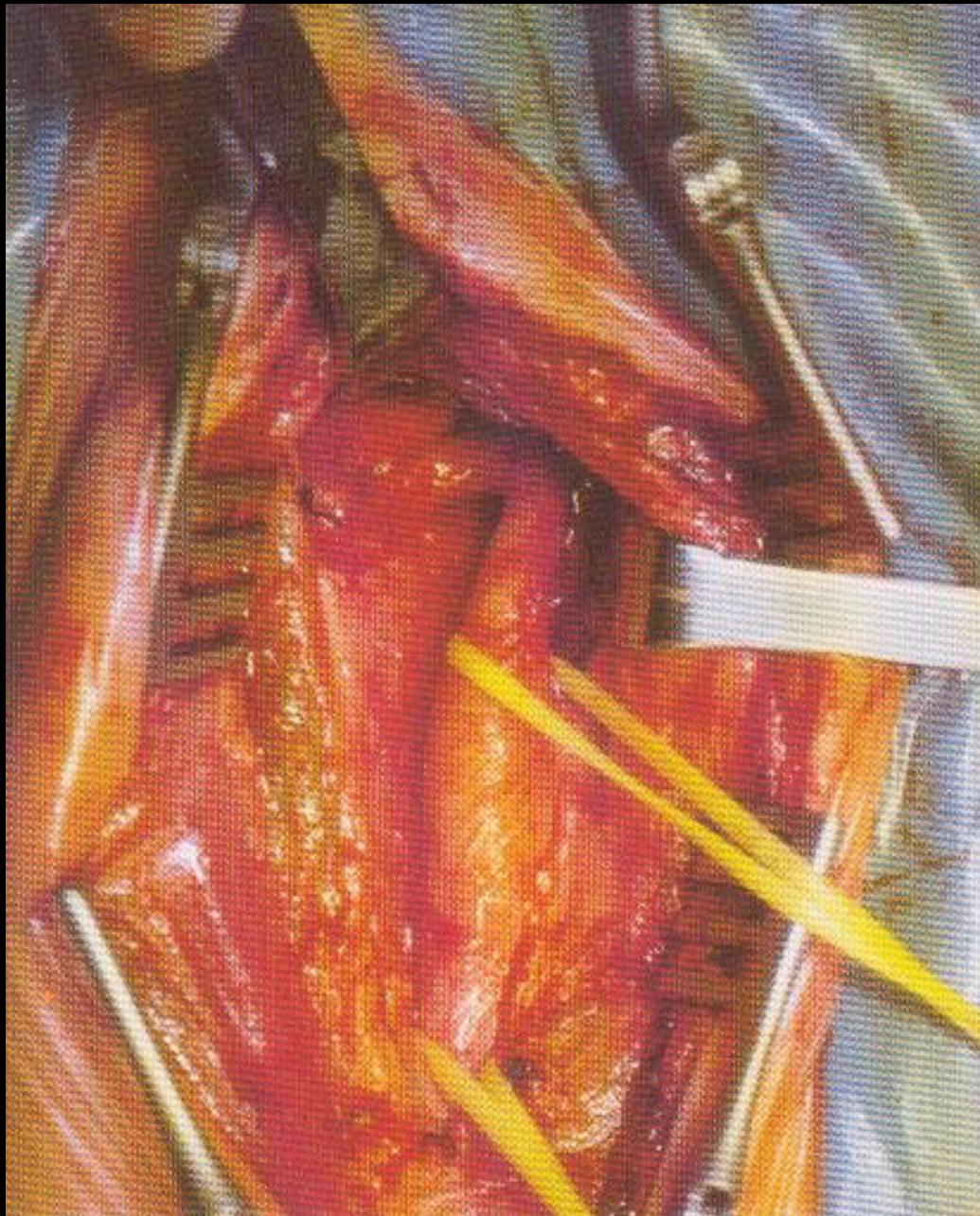
**Coiling** (curvatura dell'arteria a forma di **S** o ad avvolgimento concentrico ) e

**Kinking** (piegature a gomito dell'arteria),  
queste tortuosità possono determinare delle  
pinzature con conseguente riduzione del lume e  
quindi una stenosi vasale.

# MEGADOLICO ARTERIE

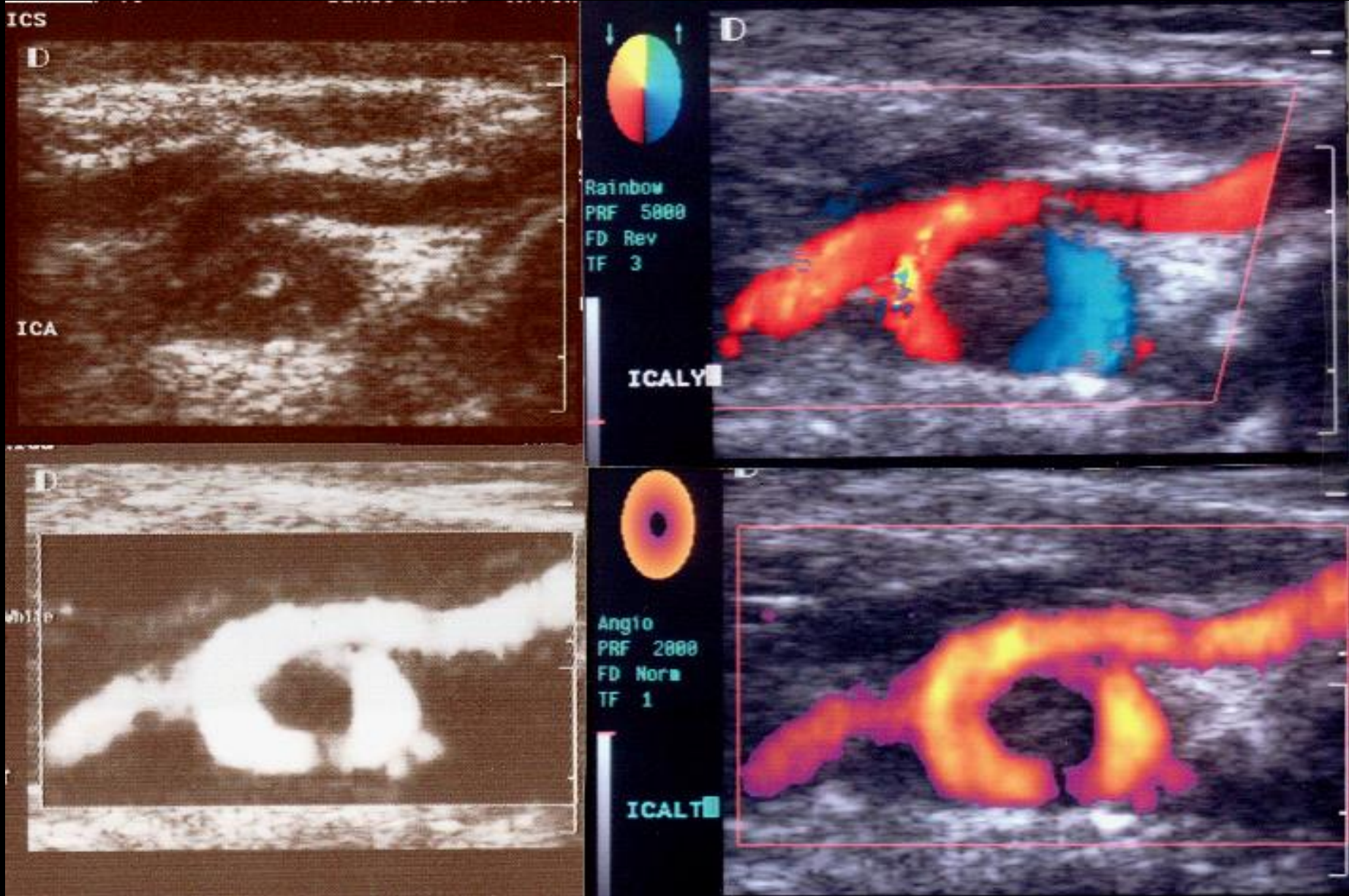








# MEGADOLICO ARTERIE

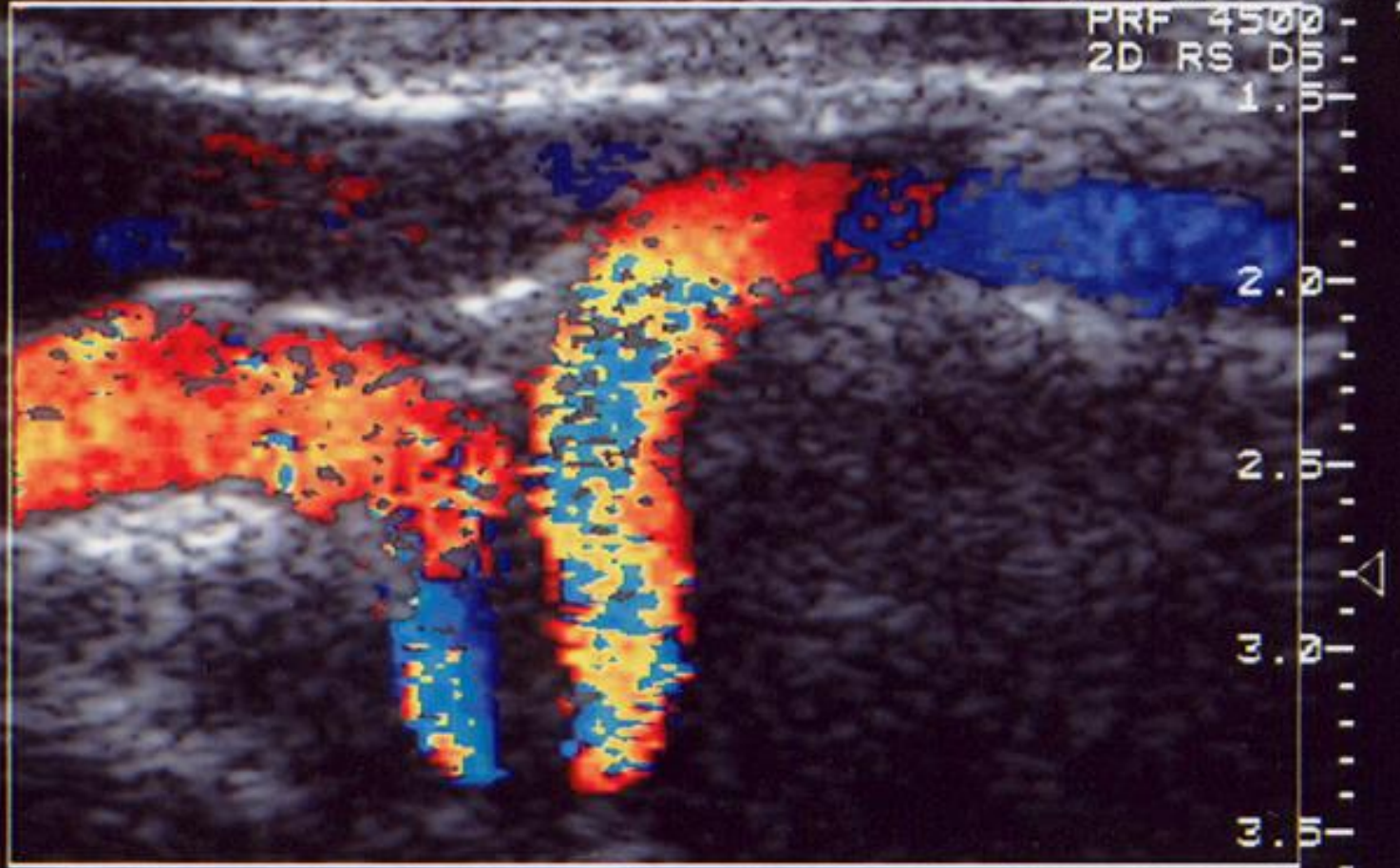




# MEGADOLICO ARTERIE

L10-5 38mm  $\lambda$   
SPTAd 12MI0.8  
50DB C6 E3  
HDI

CALIBRO 107 REVALW  
COLOR 75 %  
VEL  
MAP 4 CS12  
WF 200 P4  
PRF 4500  
2D RS D5



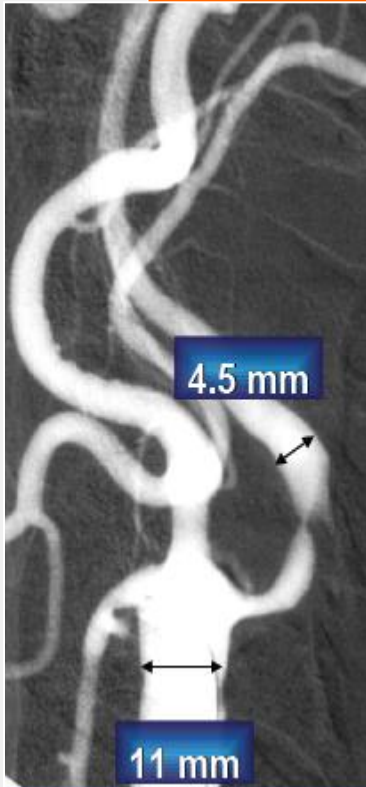
# ➤ MORFOLOGICA (ECOGRAFIA)

Le informazioni morfologiche più frequentemente ricercate possono essere così sinteticamente schematizzate:

1. Alterazioni di parete (aterosclerotiche, dissecazioni, aneurismi, fenestrazioni, etc...);
2. Tortuosità vasali;
3. Lesioni a distanza dopo intervento di endoarterectomia (TEA) o Angioplastica Transluminare Percutanea con Stenting (PTA-Stenting).

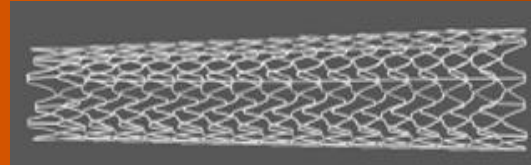
# ➤ MORFOLOGICA (ECOGRAFIA)

## 3) Lesioni a distanza post intervento di TEA



### AccuLink

*(Nitinol, open cell)*



### Vivexx

*(Nitinol, open cell)*



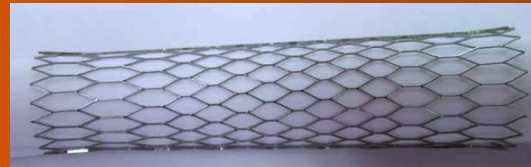
### ProtègeRX

*(Nitinol, open cell)*



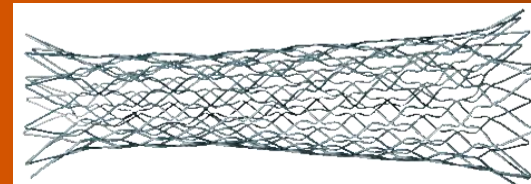
### X-Act

*(Nitinol, closed cell)*



### Nexstent

*(Nitinol, closed cell)*



(\*) differenza > del 50% di diametro tra CCA and ICA



# CONTROLLO PREGRESSO STENT CAROTIDEO

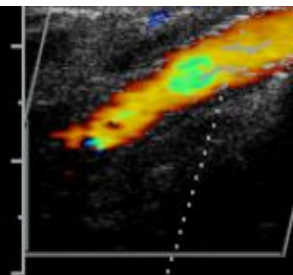


CARDIOLOGICO MONZINO IRCCS

0842

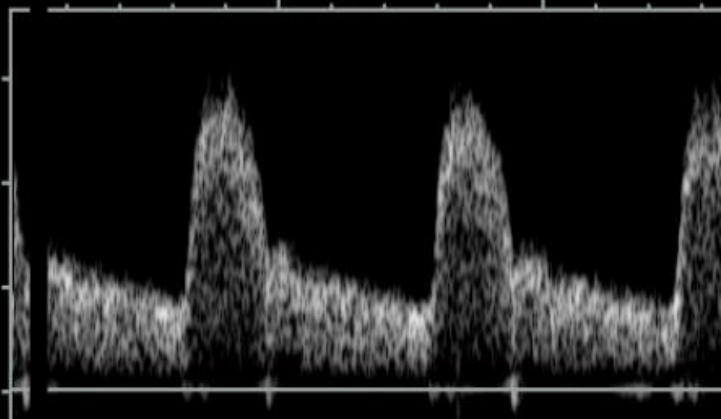


ICA SX INTRASTENT



DP:3.5MHz  $\theta=47^\circ$  Invertito

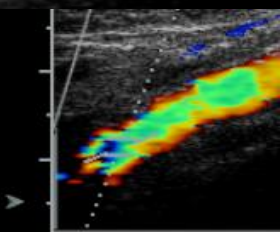
.60



m/sec

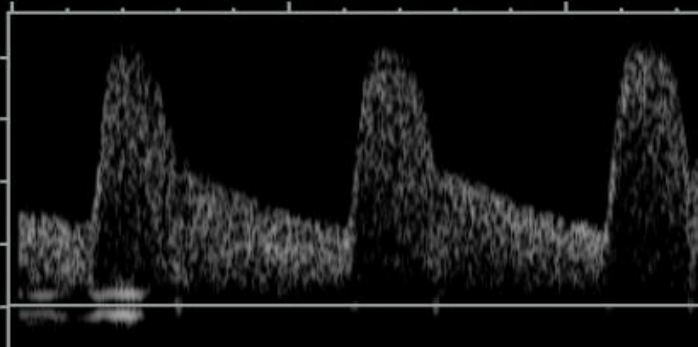


ICA SX POST STENT



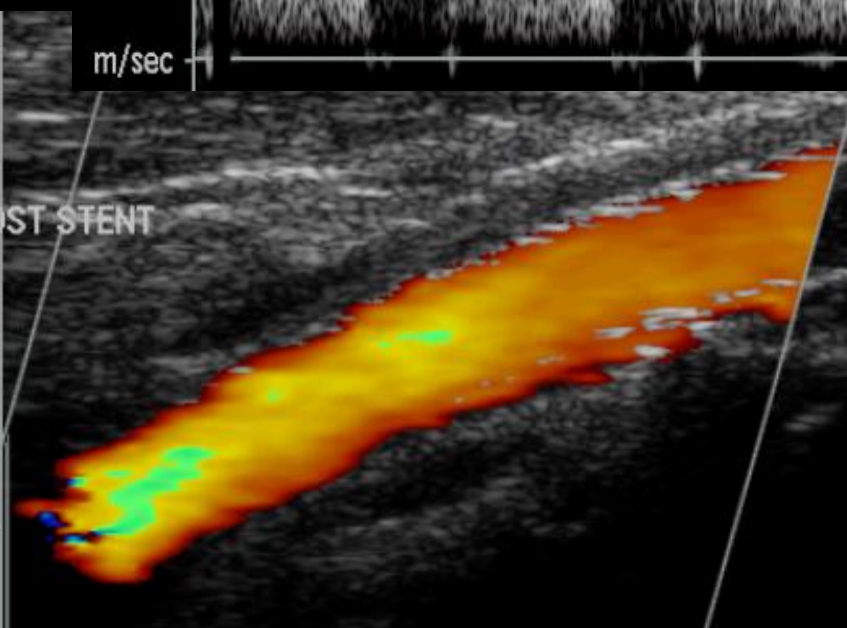
DP:3.5MHz  $\theta=47^\circ$  Invertito

.80



m/sec

ICA SX POST STENT



# ➤ MORFOLOGICA (ECOGRAFIA)

## 3) Lesioni a distanza post intervento di TEA

### RESTENOSI PREGRESSO STENT CAROTIDEO

ECD dei TSA (28.6.2010)

Pervietà con ispessimento intimale di grado marcato (IMT 0.96mm) della carotide comune, bulbo, carotide esterna ed interna bilateralmente, con normale segnale Doppler, in assenza di stenosi emodinamicamente significative.

A destra: Pregressa PTA. Carotide comune e carotide interna risultano pervie. device in sede. PSV nella norma (Media 0.45 m/sec). Stent normalmente perfuso senza stenosi emodinamicamente significative.

A sinistra: Si segnala la presenza di placca fibrocalcifica a livello del bulbo carotideo e all'origine della carotide interna determinante una stenosi quantificabile intorno al 30% c.a.

Arterie vertebrali pervie ed ortograde. Arterie succlavie di normale flusso.

ECD dei TSA (2.3.2011)

A sinistra si evidenzia ispessimento intimale di 1.02 mm, diffuso alla carotide comune. Il bulbo e la carotide interna presentano placca mista a prevalente componente lipidica, determinante stenosi di circa 40% (PSV 1.4 m/sec, EDV 0.45 m/sec).

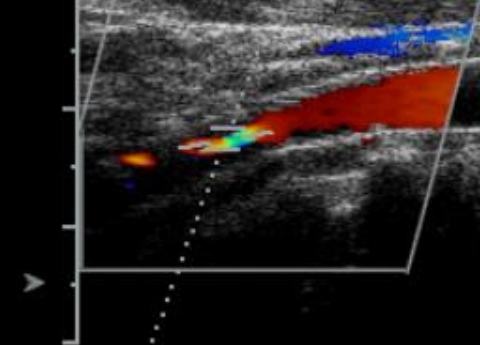
A destra si evidenzia ispessimento intimale di 1.32 mm, diffuso alla carotide comune. Si segnala stent normoposizionato in carotide comune (3 distale) e carotide interna (pregressa PTA + stenting dell'ICA il 24.6.2010) con importante restenosi del 85-90% al 3 distale dello stent (PSV 4.3 m/sec, EDV 2.1 m/sec).



Guad DP= 0dB



ICA DX



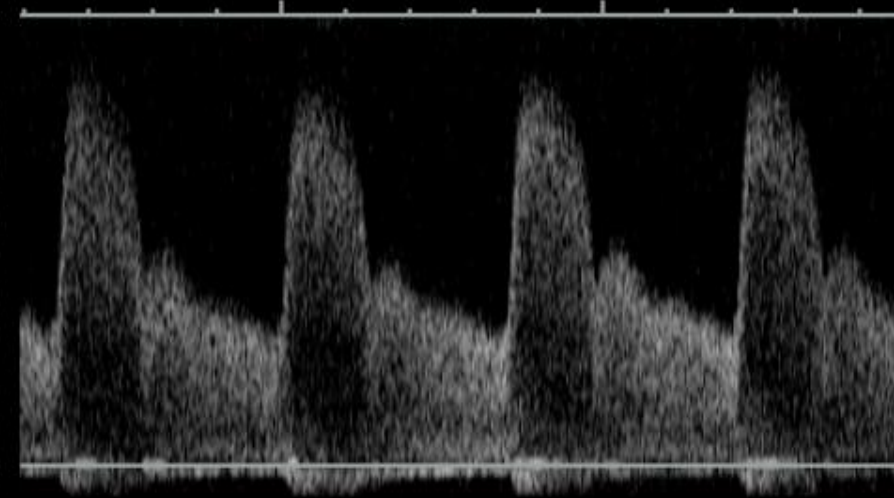
DP:3.5MHz

$\theta=60^\circ$

Invertito

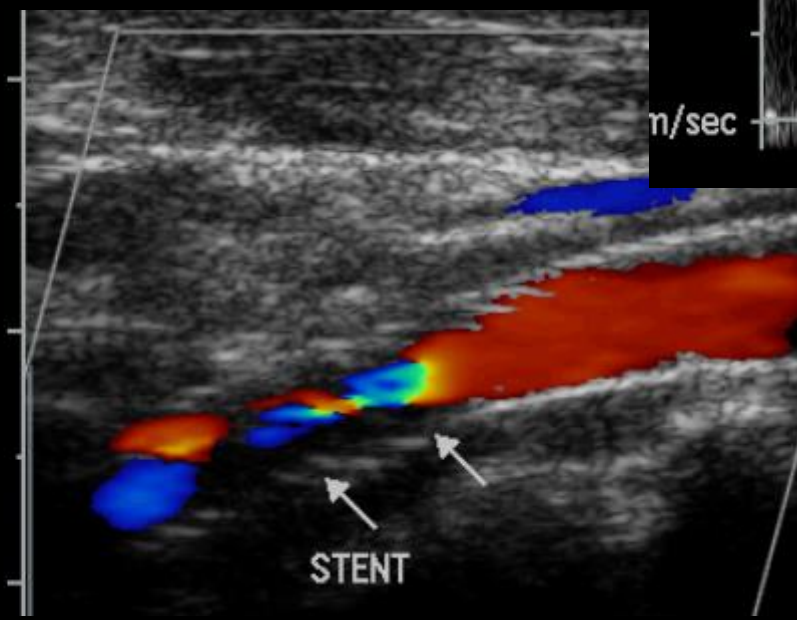
5.0

n/sec



2

ICA DX



STENT



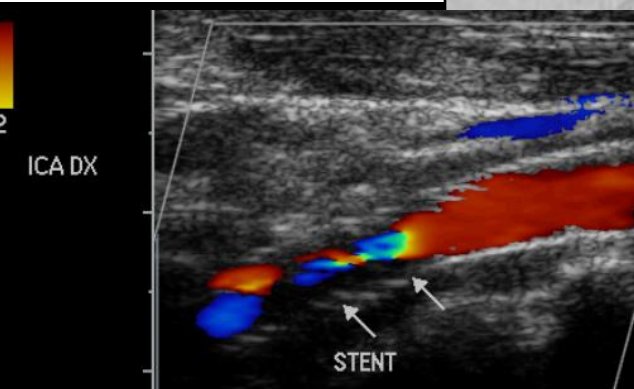




# Cutting balloon + PTA carotidea (3.3.2011)

## ECD dei TSA (2.3.2011)

A sinistra si evidenzia ispessimento della parete interna presentano placca (PSV 1.4 m/sec, EDV 0.45 m/sec)  
A destra si evidenzia ispessimento della parete interna normoposizionato in carotide (24.6.2010) con importante restenosi





# Tecnica e criteri tecnico-operativi nella conduzione dell'indagine eco-color-doppler dei TSA

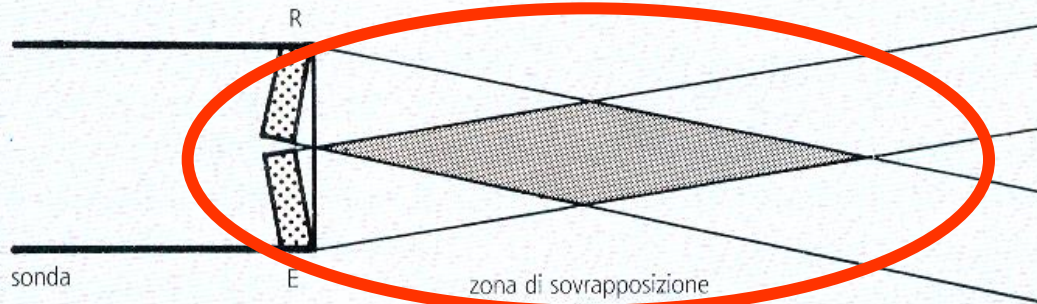
DUE DIVERSE INFORMAZIONI:

➤ MORFOLOGICA (ECOGRAFIA)

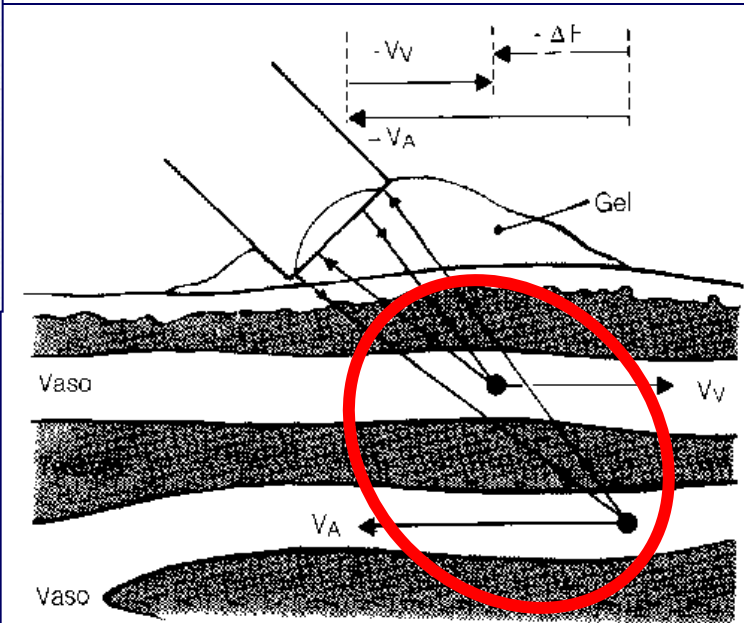
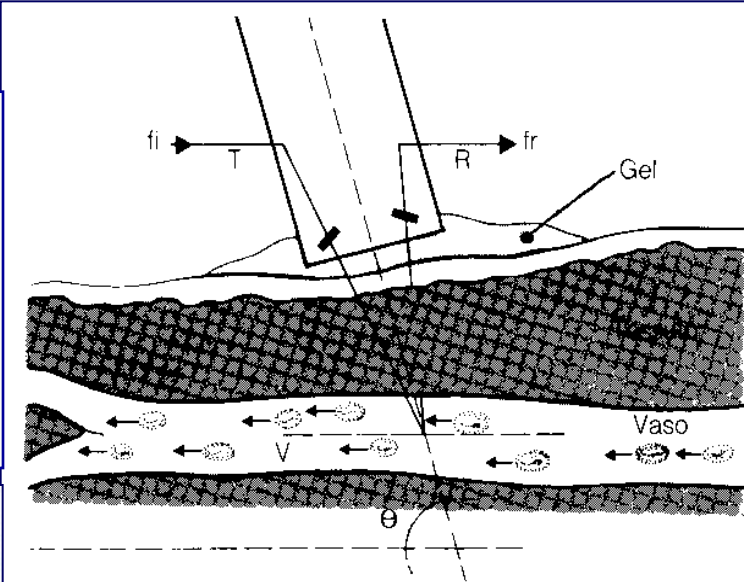
➤ **FUNZIONALE (COLOR-DOPPLER)**



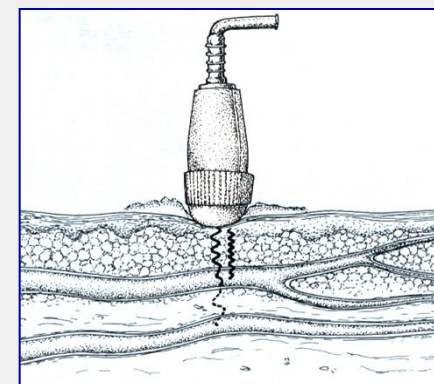
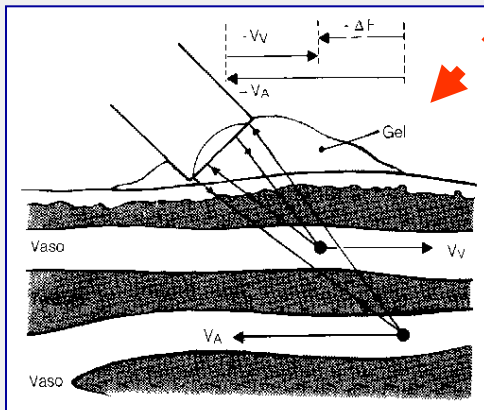
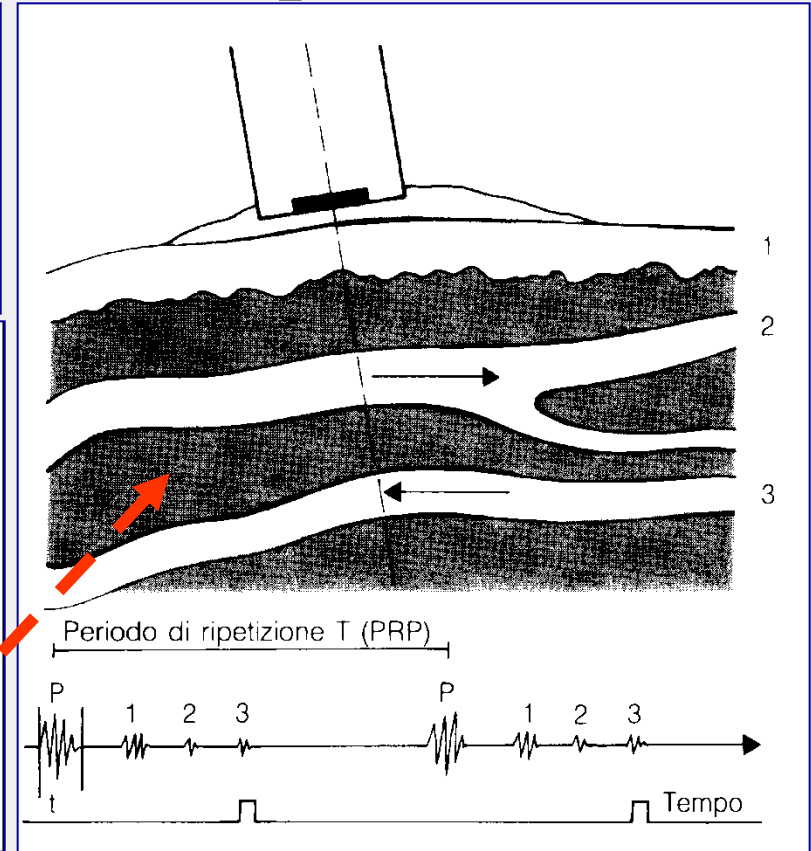
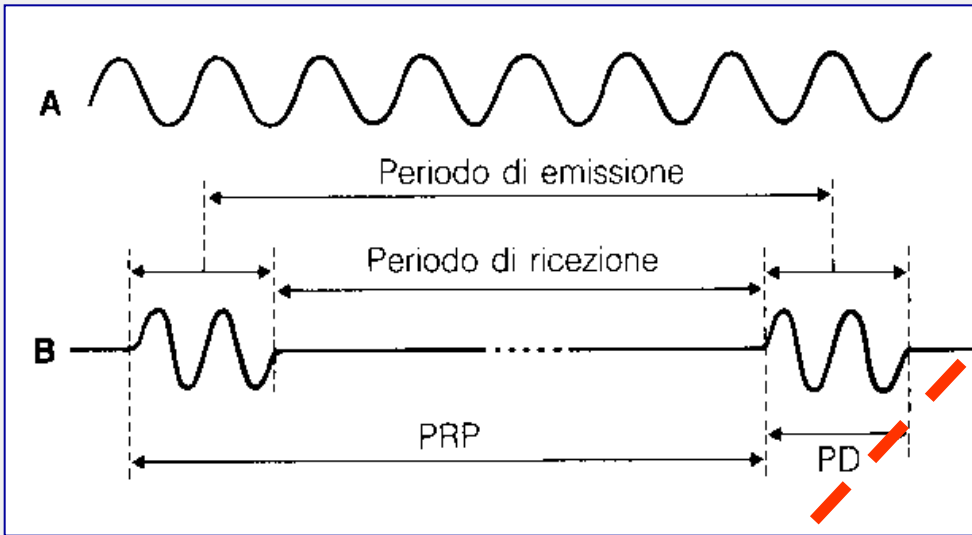
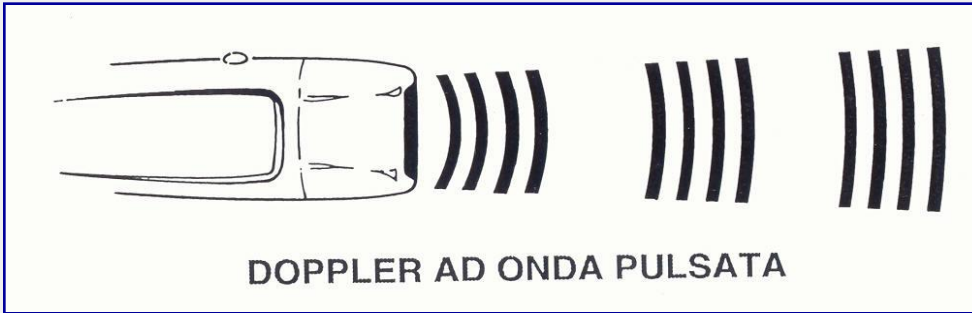
# Flussimetro ad emissione d'onda continua (CW)



*Sonde (penne)*  
da **4 e 8 Mhz**



# Flussimetro ad emissione d'onda pulsata (PW)

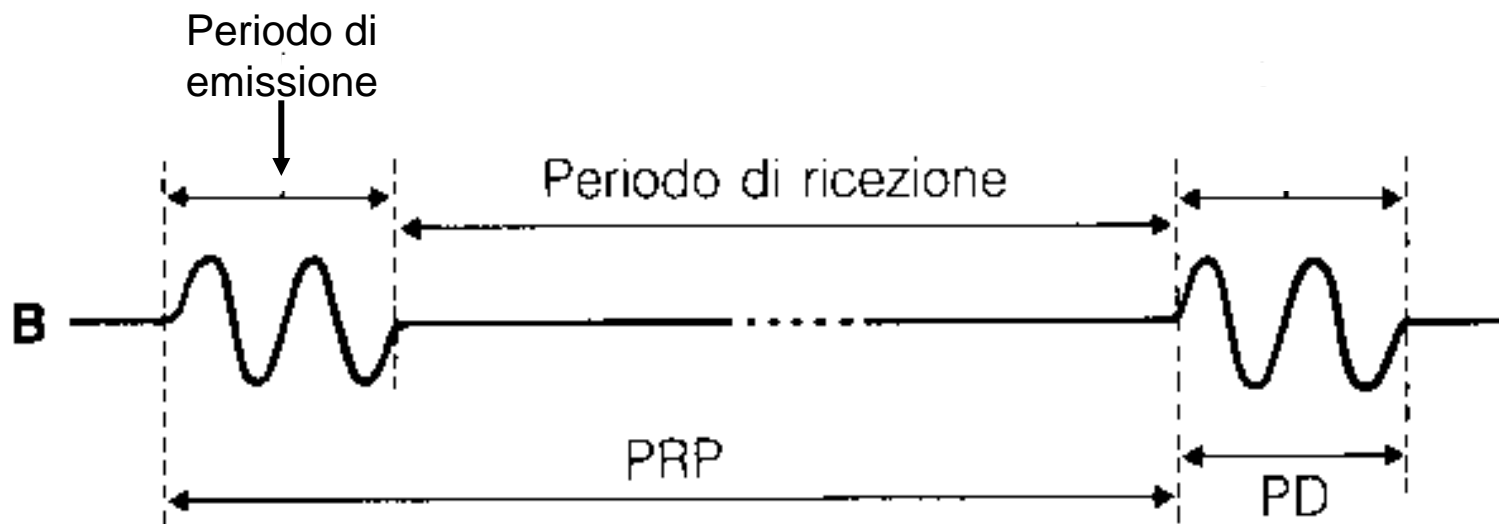




**C.W.**



**P.W.**



➤ Durata dell'impulso (**PD**);

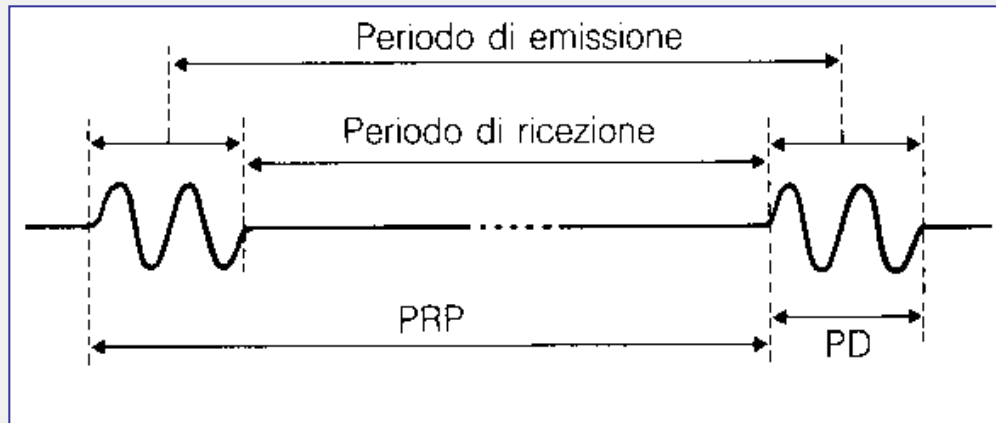
➤ Periodo di ripetizione dell'impulso (**PRP**);

$$PRP = 1/PRF \quad T = 1/f$$

➤ Frequenza di ripetizione dell'impulso (**PRF**).

## ➤ *Frequenza di ripetizione dell'impulso (PRF).*

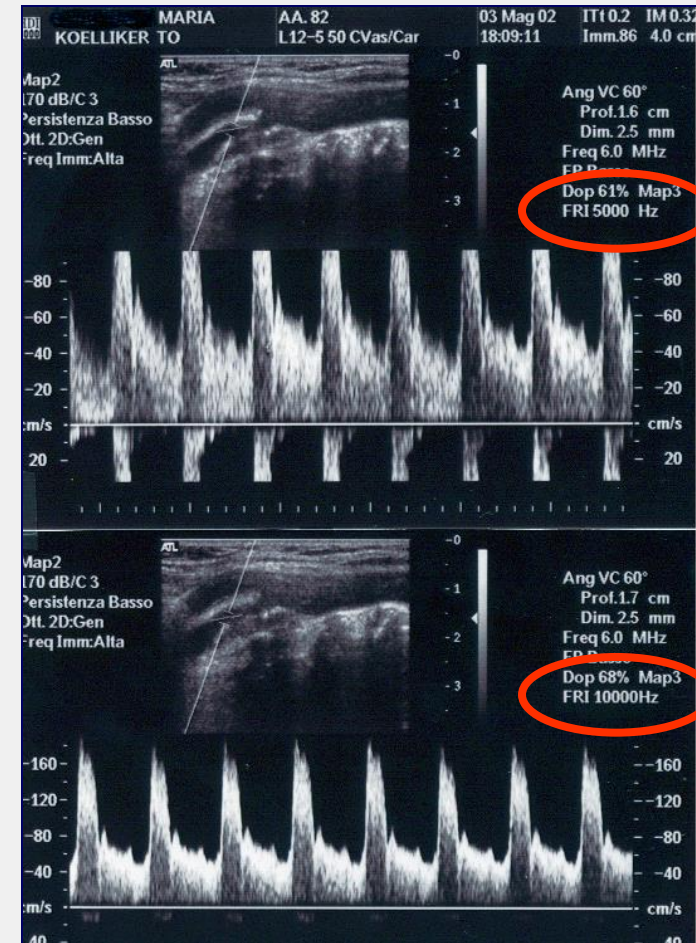
Con al metodica **P.W**, la frequenza doppler minima e massima misurabile con accuratezza sono funzione della **PRF**, secondo la relazione (“LIMITE”) di **Nyquist**.



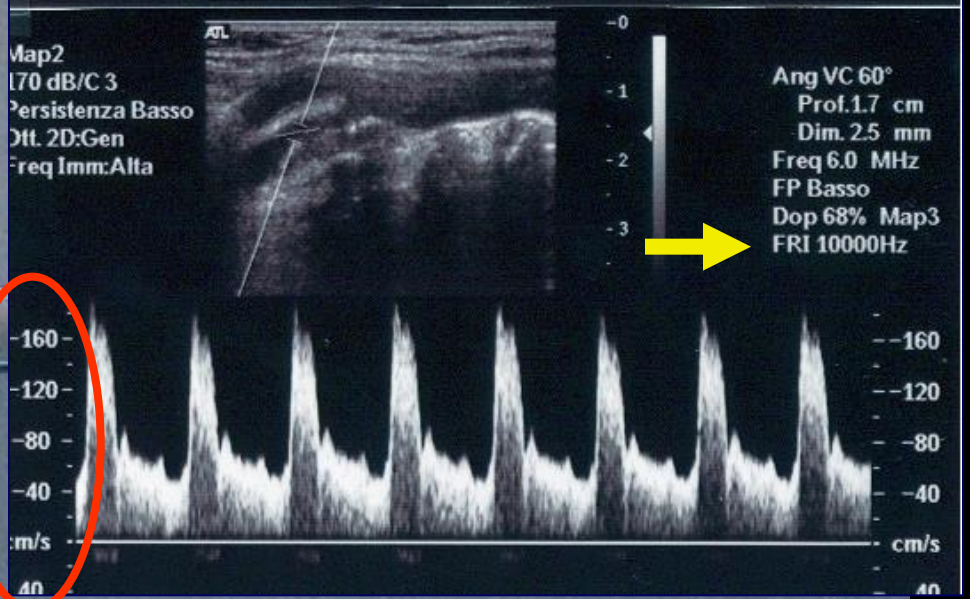
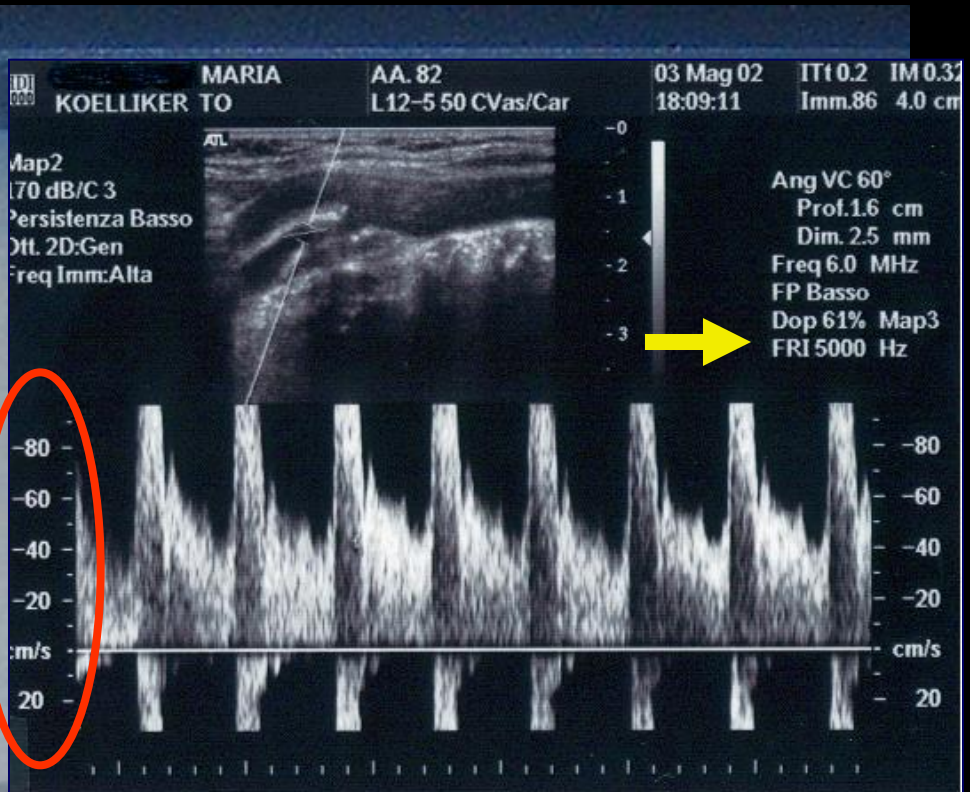
$$F_{\max} = \frac{\text{PRF}}{2} \quad V_{\max} = \pm \frac{C (\text{PRF})}{4 \cos \alpha F_0}$$

➤ **Profondità** (con PRF elevate strutture profonde non forniscono echi leggibili)

➤ **Velocità flusso**

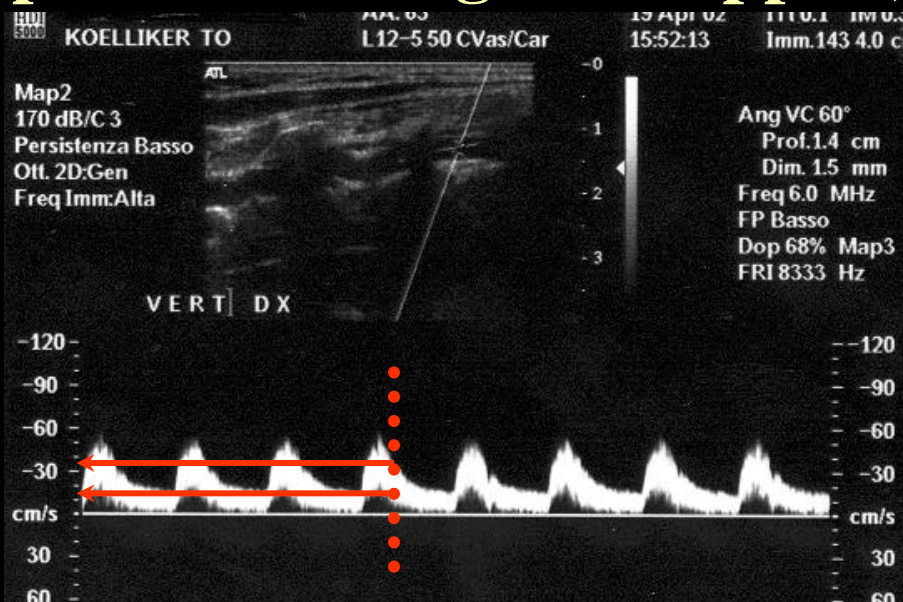
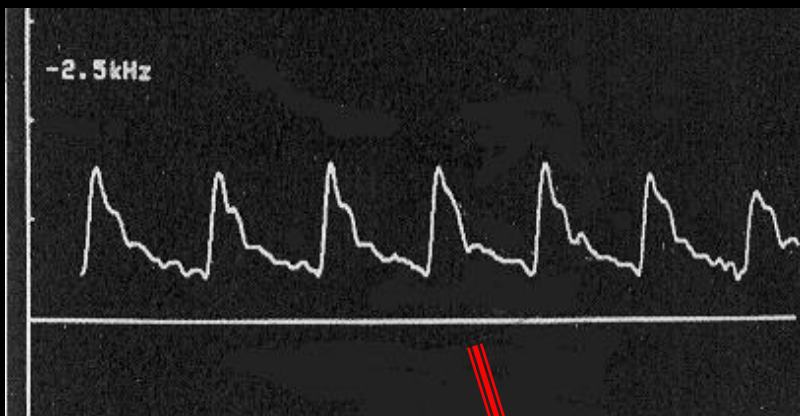








# FLUSSIMETRO (Analisi spettrale del segnale doppler)

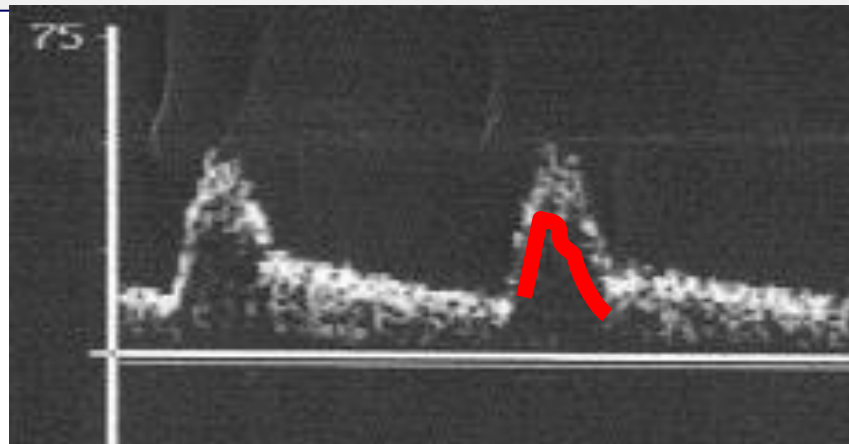
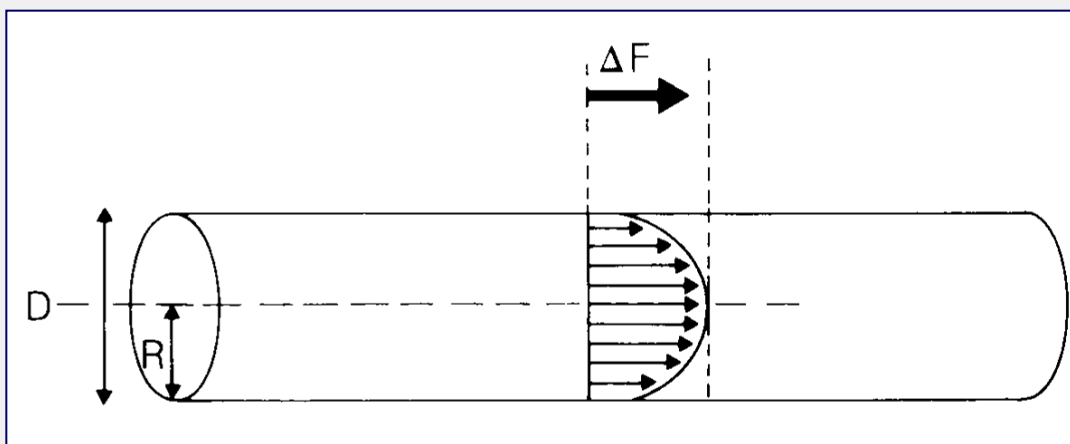


L'analisi spettrale delle frequenze e la sua elaborazione grafica consente il primo vero passaggio, nella valutazione del flusso ematico, da un metodo basato prevalentemente sull'ascoltazione ad uno in cui l'elemento visivo assume una pari importanza

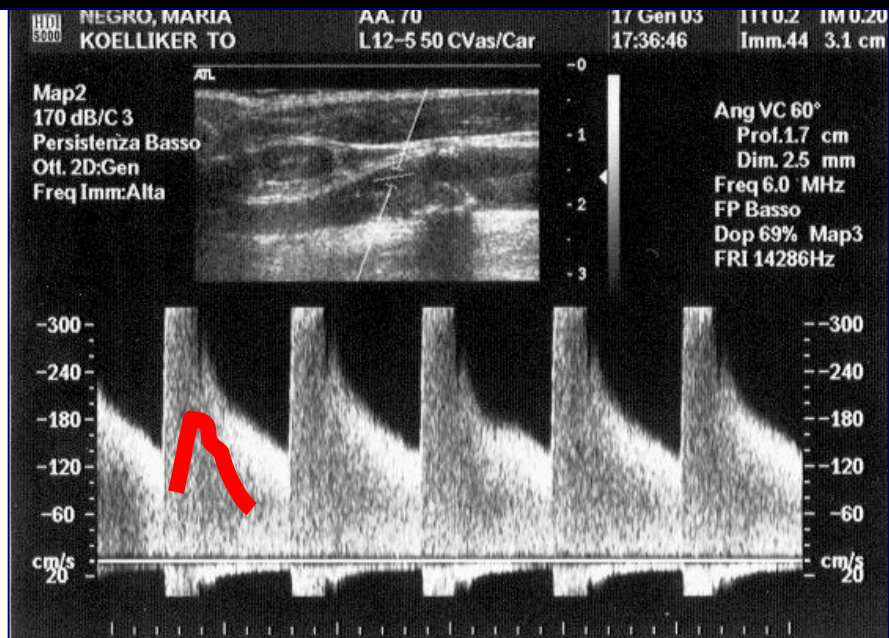
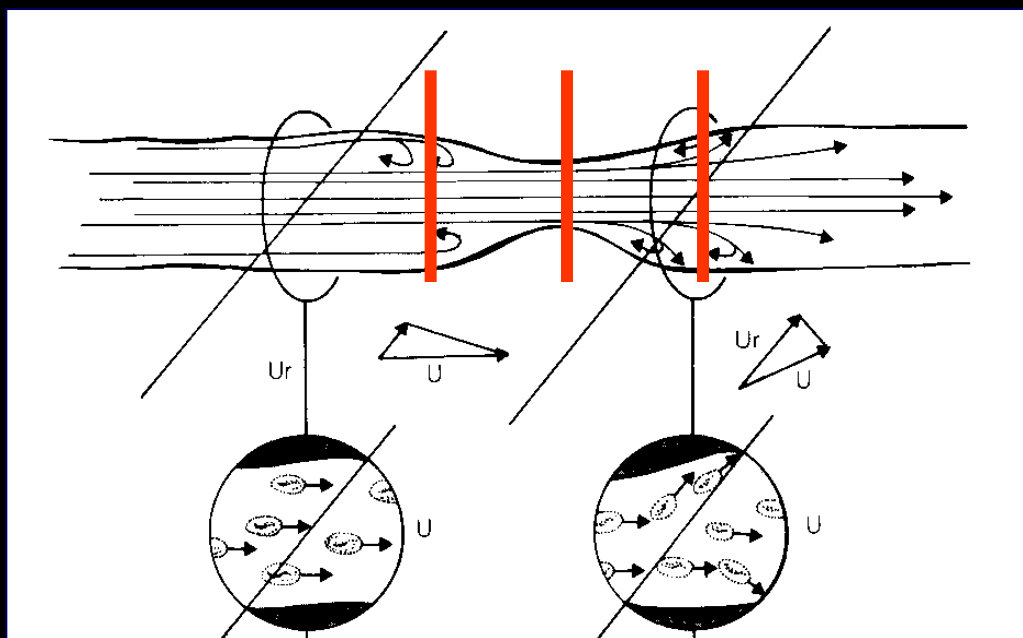
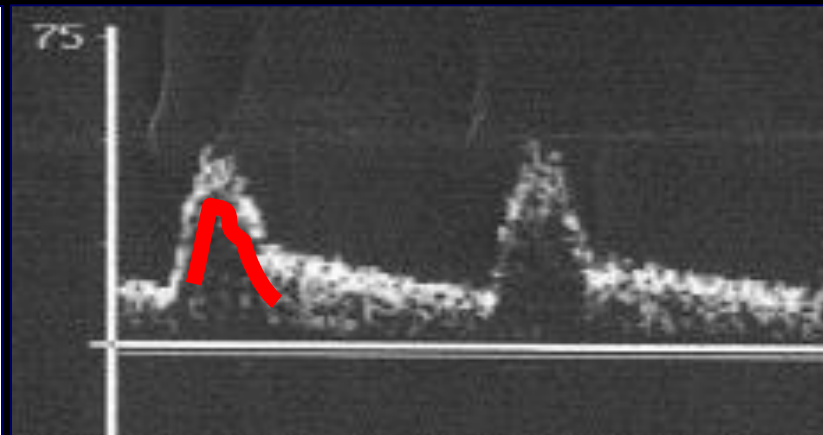
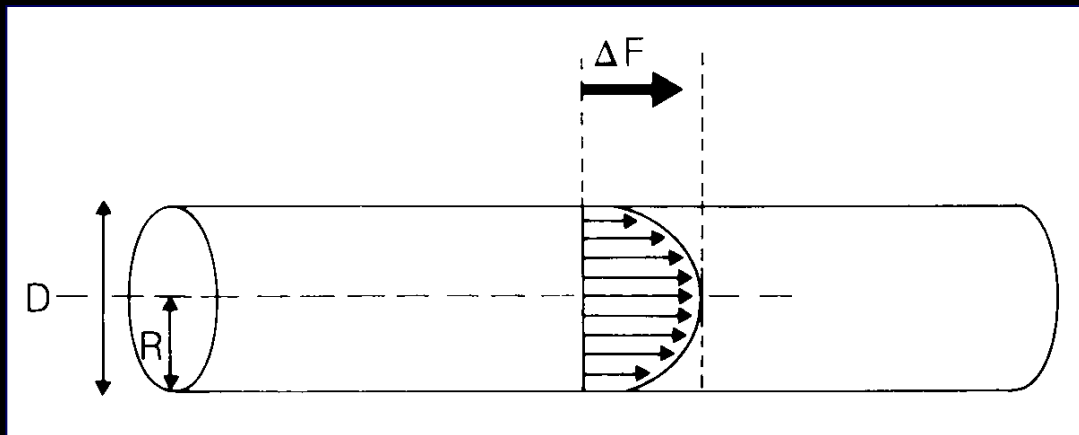


# FLUSSIMETRO (Analisi spettrale del segnale doppler)

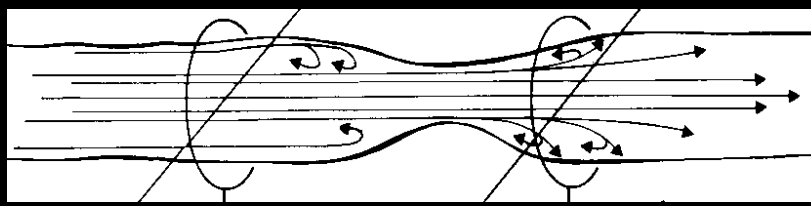
Lo spetrogramma normale di un vaso con flusso laminare (velocità massima al centro e velocità progressivamente decrescente man mano che si avvicina alla parete), è caratterizzato da frequenze massimali a contorni netti che sottendono una “finestra sistolica” a brillantezza debole o nulla.



# FLUSSIMETRO (Analisi spettrale del segnale doppler)

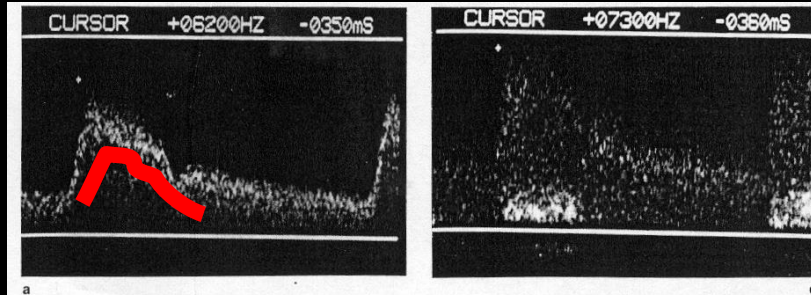






### 1° Stadio - Stenosi del 40 %:

❖ Velocità di picco sistolico (VPS) < 80 cm/sec.

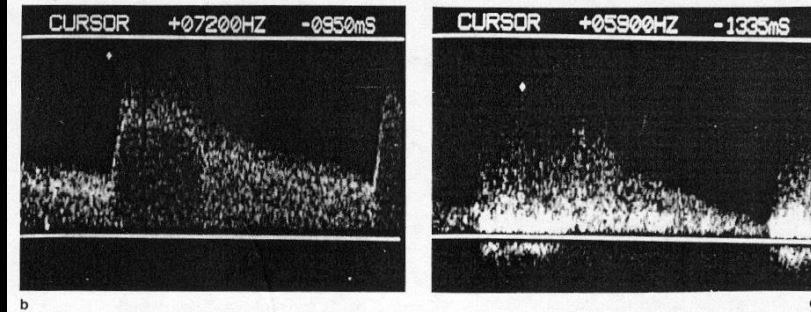


### 4° Stadio - Stenosi del 75-90 %:

❖ VPS I grado > 175 cm/sec

### 2° Stadio - Stenosi del 40-60 %:

❖ VPS compresa fra 80 - 120 cm/sec

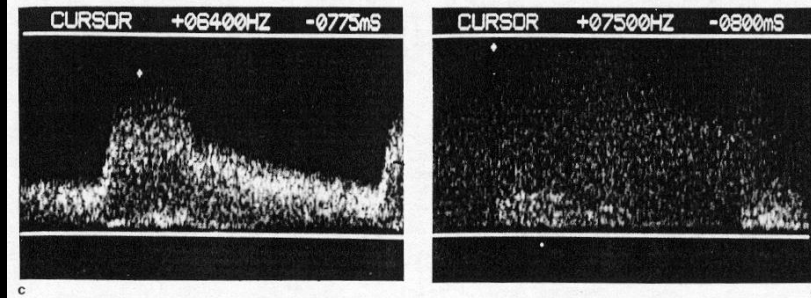


### 5° Stadio - Stenosi > 90 %:

❖ VPS II grado > 175 cm/sec

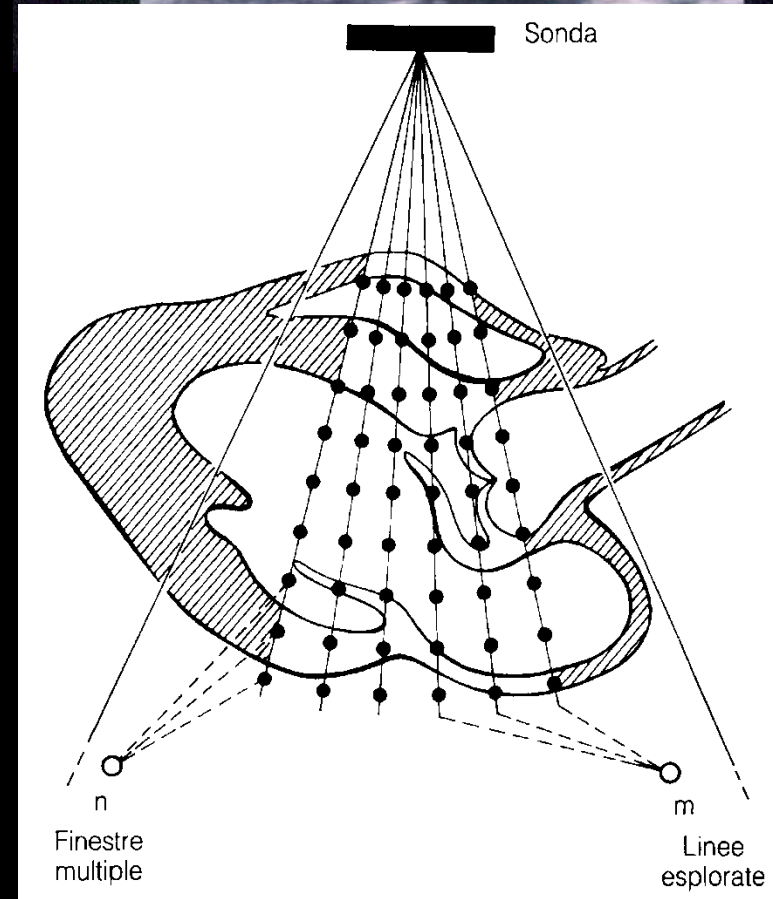
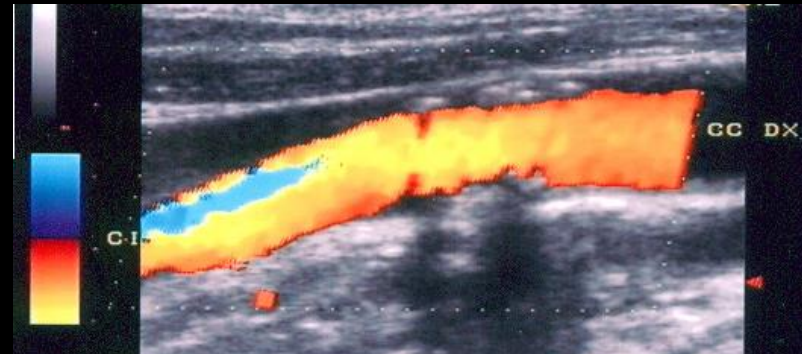
### 3° Stadio - Stenosi del 60-75 %:

❖ VPS compresa fra 120-175 cm/sec

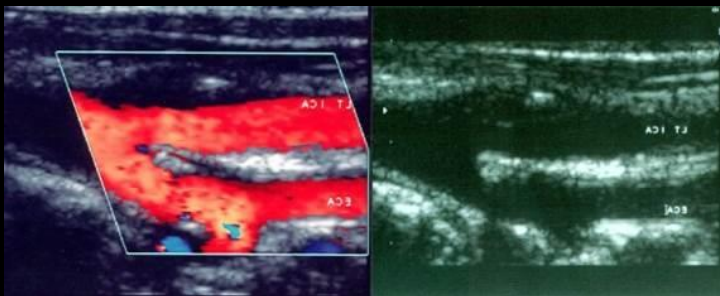


# Flussimetro Eco - colordoppler

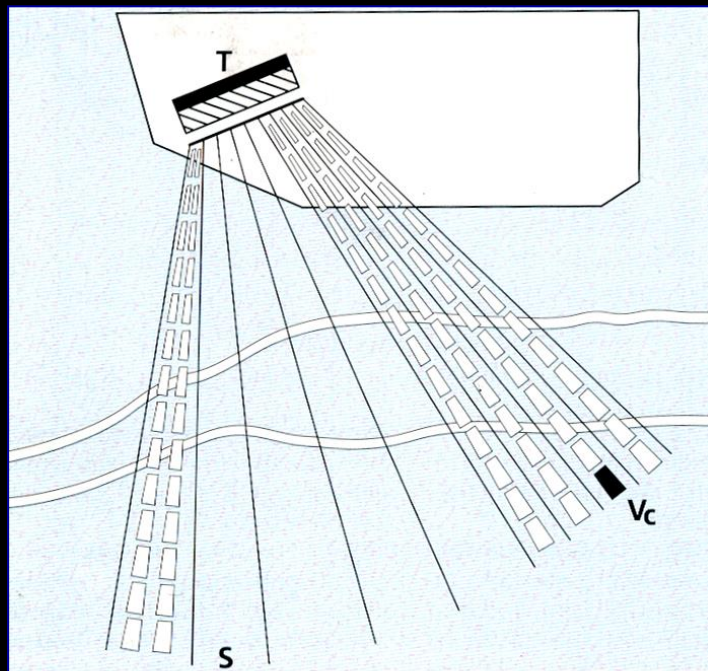
➤ fornisce **informazioni immediate e dirette** sia sull'**emodinamica** (codifica del colore) sia sulla **morfologia** (codifica di ecogenicità) dei vasi;



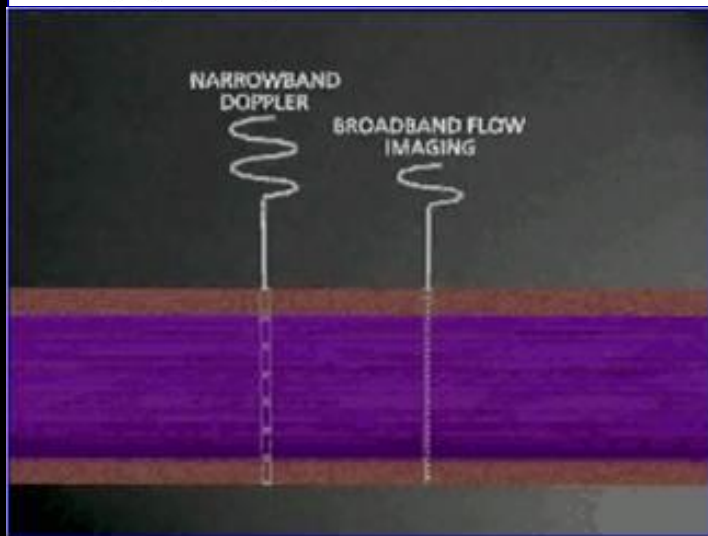
# Flussimetro Eco - colordoppler



➤ Il sistema doppler pulsato “multigate” permette una simultanea e continua campionatura a **diverse profondità e su più linee di scansioni** ottenute dallo spostamento meccanico di un unico trasduttore o dalla commutazione elettronica di più trasduttori.



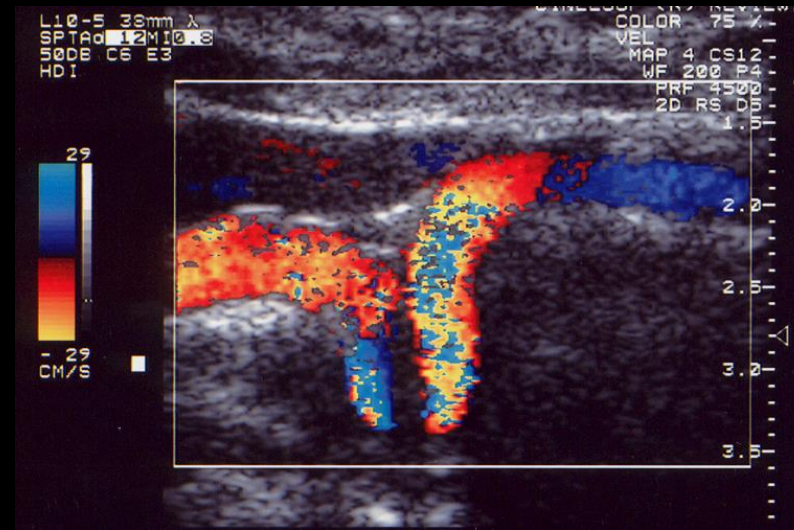
Sistema Doppler pulsato "multigate": T = trasduttore; S = linee di scansione; VC = velocità



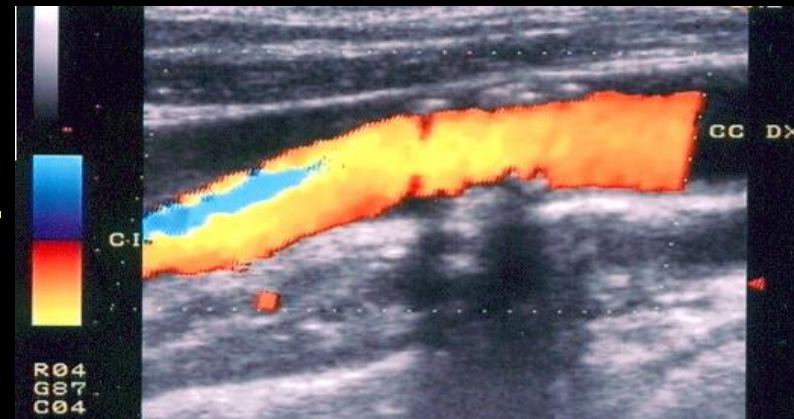


# Flussimetro Eco - colordoppler

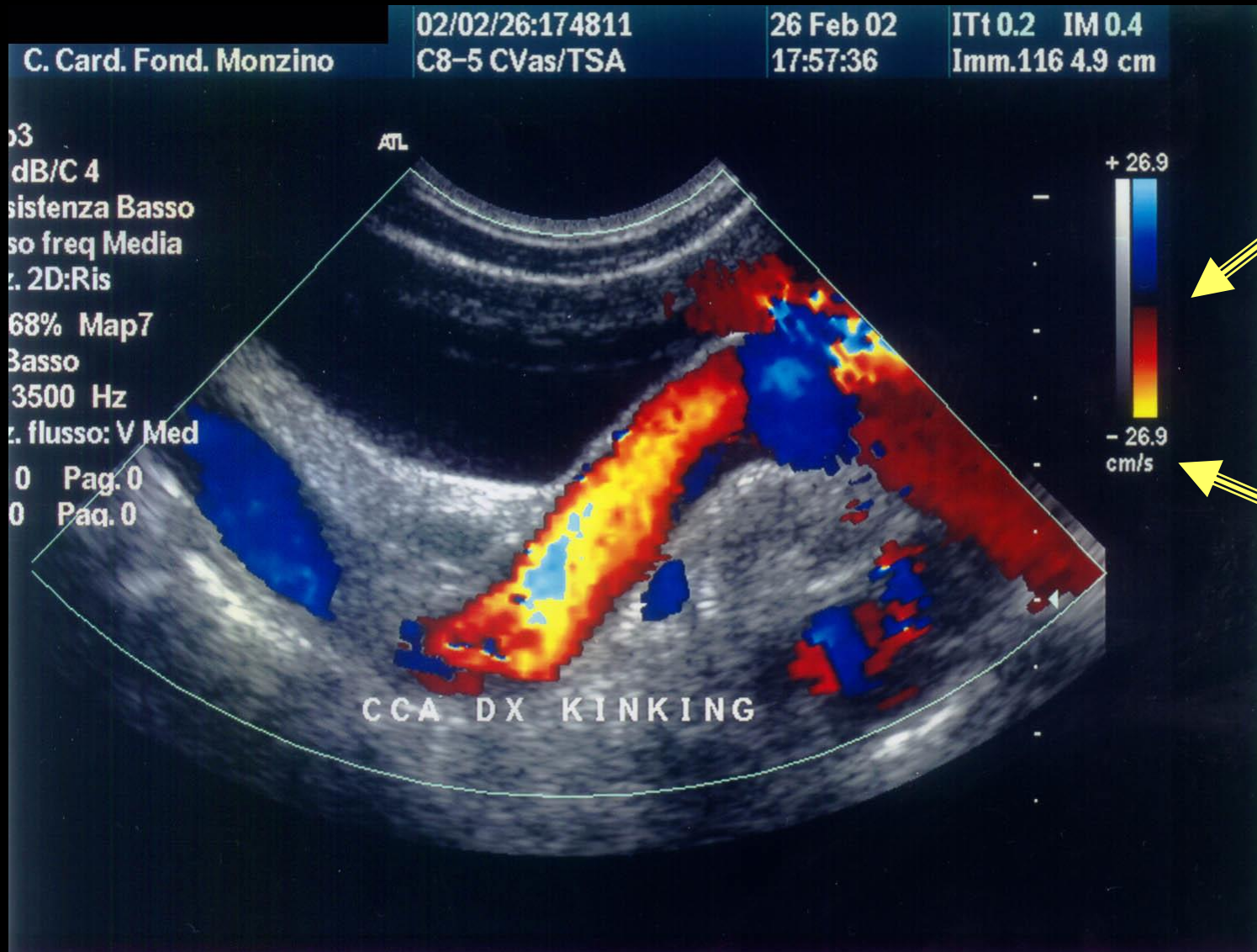
➤ **L'assegnazione del colore può essere arbitraria** e può essere modificata a discrezione dall'operatore: **convenzionalmente si è comunque assegnato il colore rosso alle emazie in avvicinamento al trasduttore e blu quello in allontanamento.**



➤ **Le diverse velocità vengono differenziate dalle gradazioni di tonalità** (rosso verso l'arancione ed il giallo o il bianco, il blu verso il celeste chiaro per rappresentare le alte velocità).

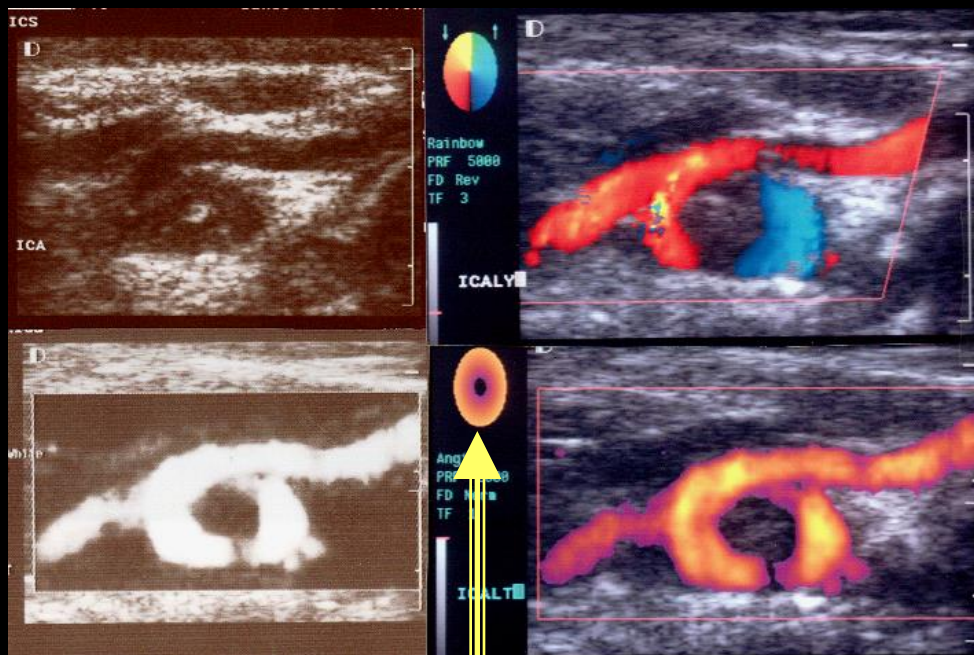


# ➤ FUNZIONALE (COLOR-DOPPLER)

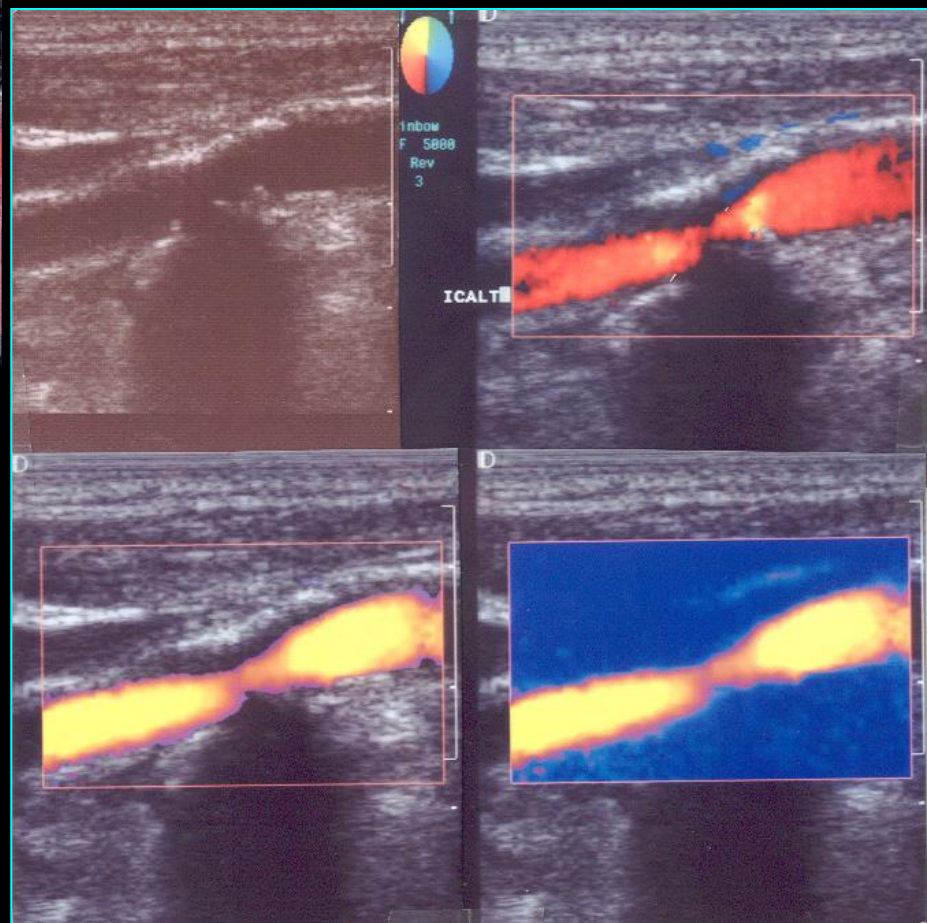




# ➤ FUNZIONALE (COLOR-DOPPLER)



**angio-color-power (CPA)**





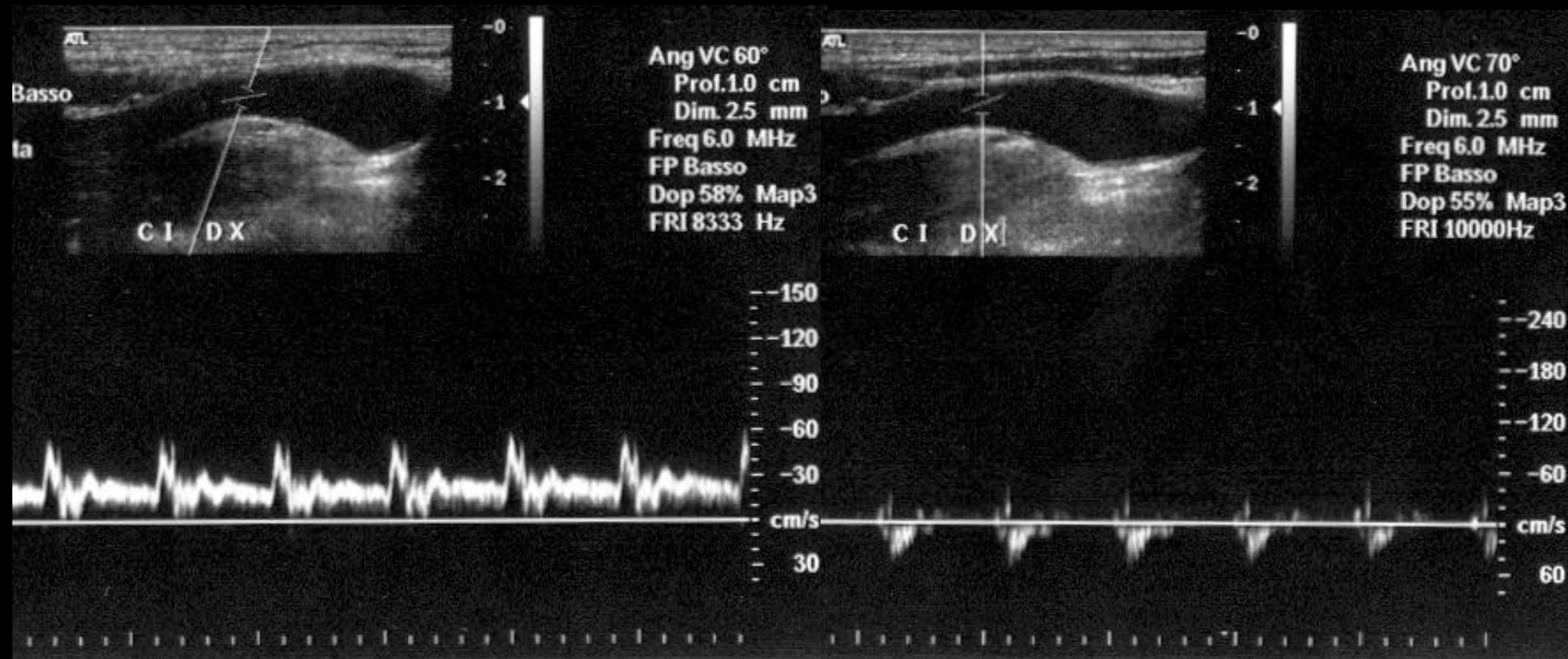
# **CODIFICA DEI CRITERI OPERATIVI:**

**come per numerose altre indagini strumentali diagnostiche, anche per lo studio ultrasonografico vascolare si è reso necessaria la codifica dei criteri operativi**

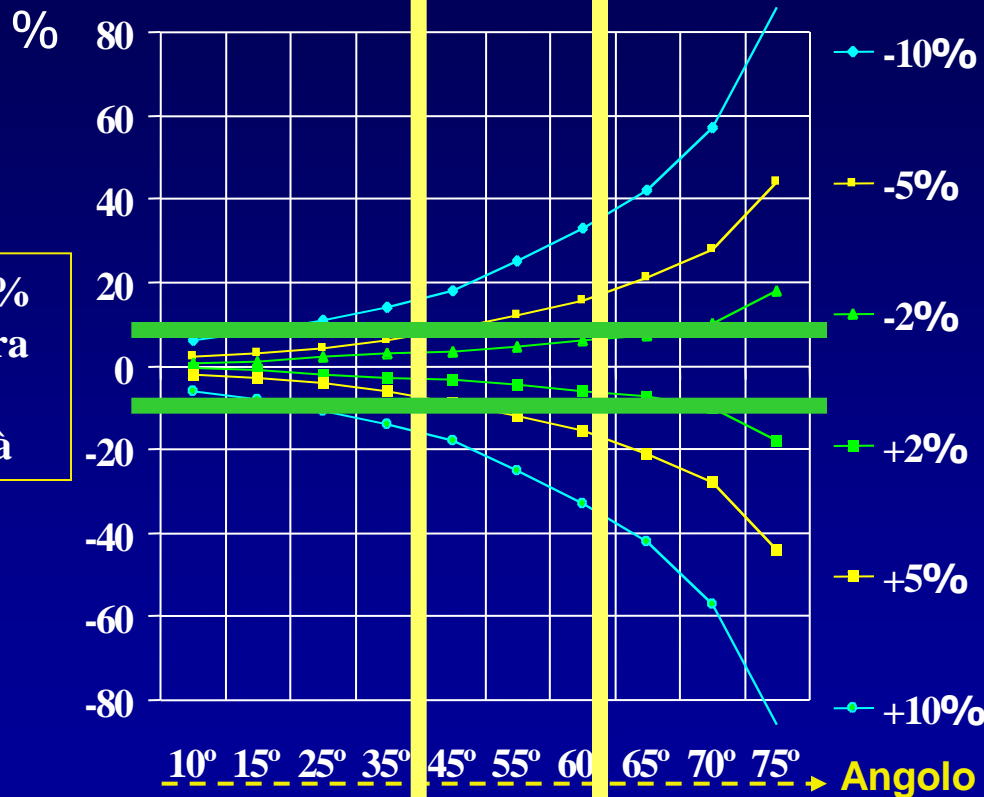
**INTERNAZIONALMENTE RICONOSCIUTI**

**( Consensus Conference Europeo – Parigi 1996 )**

# 1) Quantificazione emodinamica del grado di stenosi mediante il doppler pulsato con correzione dell'angolo d'incidenza

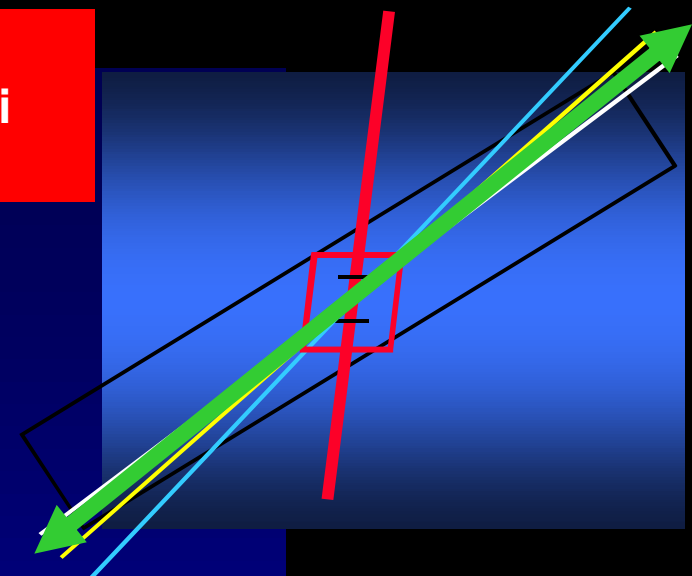


# Diversa influenza dell'errore di stima dell'angolo sull'accuratezza della misura della velocità ai diversi angoli d'insonazione



Errore % di misura della velocità

Errore nella stima dell'angolo rispetto all'asse del vaso

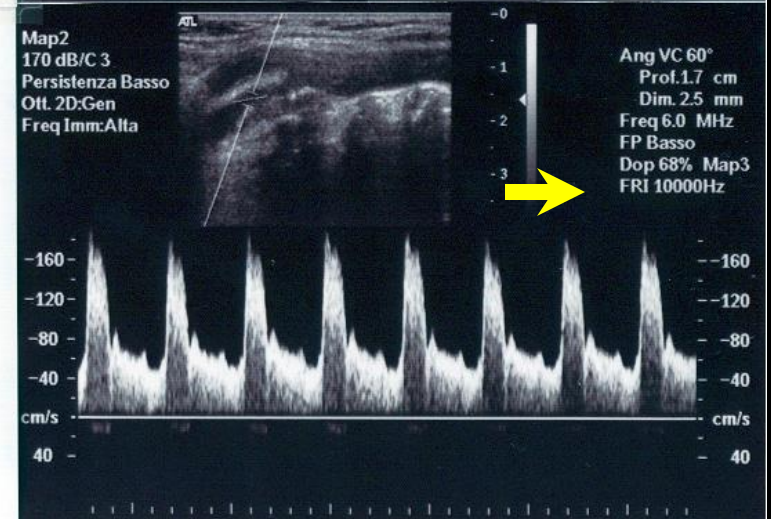
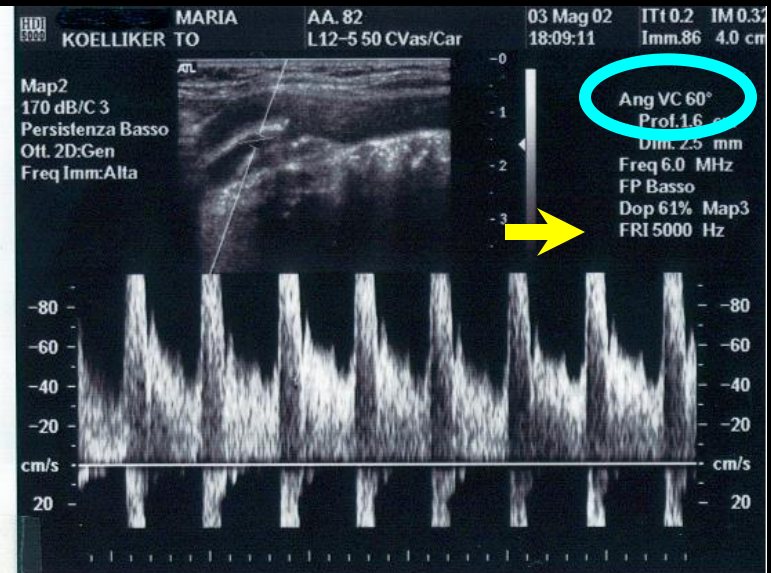


Il diagramma illustra come l'errore nella stima dell'angolo fra fascio incidente e direzione del flusso si rifletta in maniera diversa sulla stima della velocità del flusso a secondo dell'angolo di insonazione.

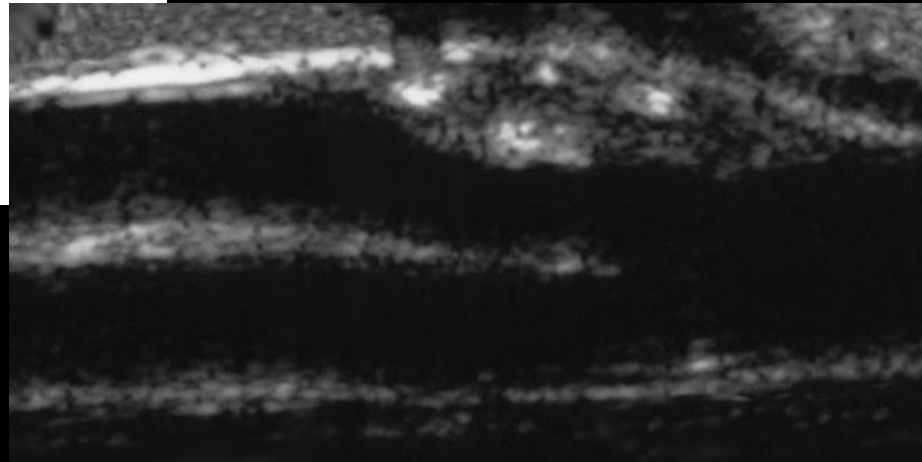
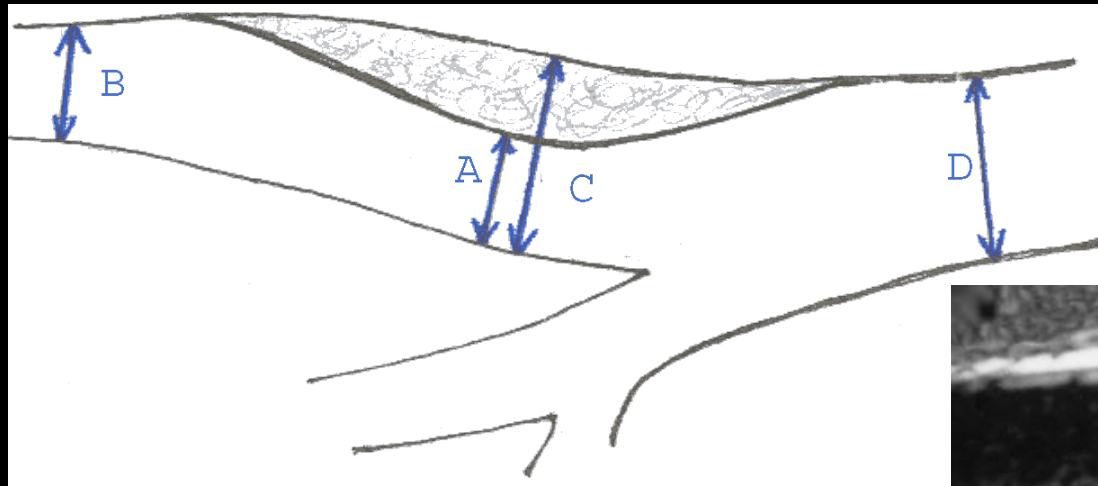
In particolare angoli ampi ( $> 60^\circ$ ) determinano un errore molto più elevato nella stime della velocità.



# 1) Quantificazione emodinamica del grado di stenosi mediante il doppler pulsato con correzione dell'angolo d'incidenza e misurazione della velocità di picco sistolico (cm/sec.)



## 2) Quantificazione anatomica della stenosi mediante immagine con color-doppler o, meglio, con angio-color-power (CPA) e misurazione del lume residuo (Diametri o Aree)



• **ECST** (European Carotid Surgery Trial)

$$C - A / C \times 100\%$$

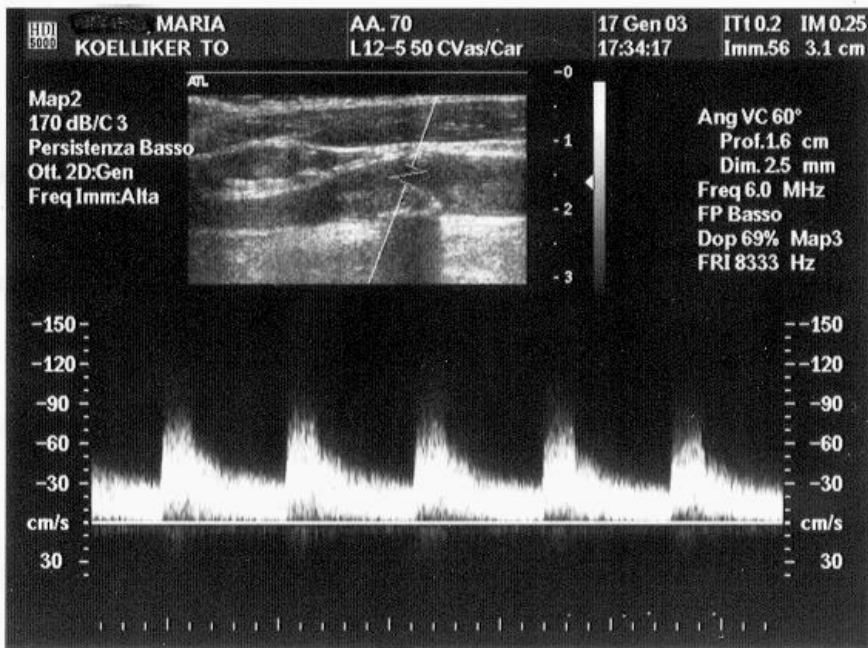
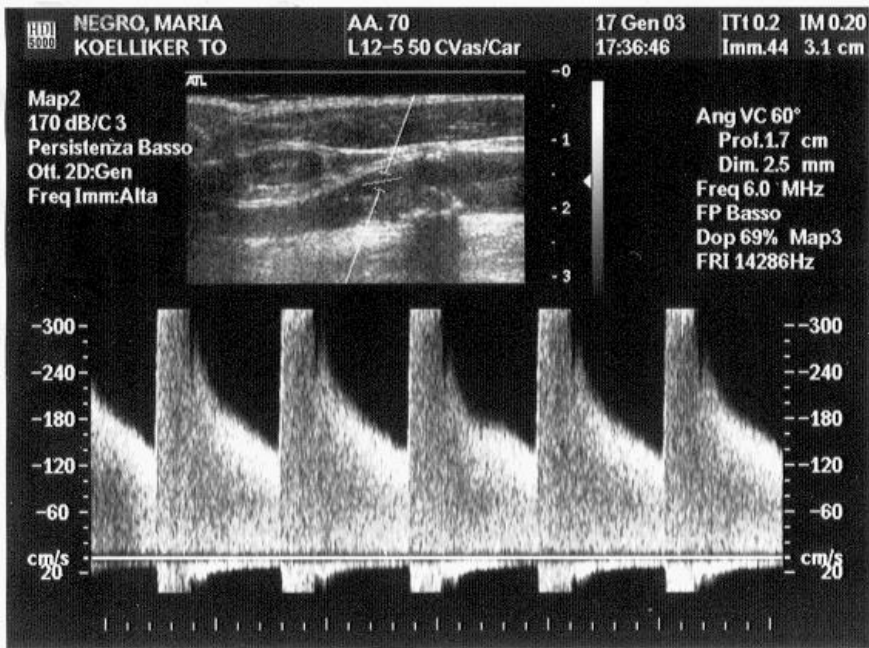
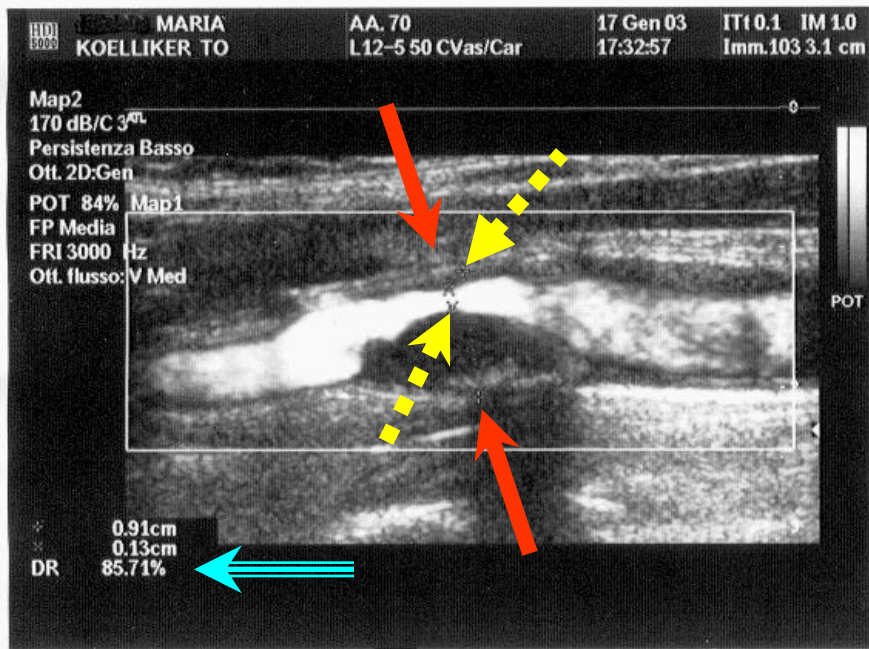
• **NASCET** (North American Syntomatic Carotid Endarterectomy)

$$B - A / B \times 100\%$$

• **Carotide Comune**

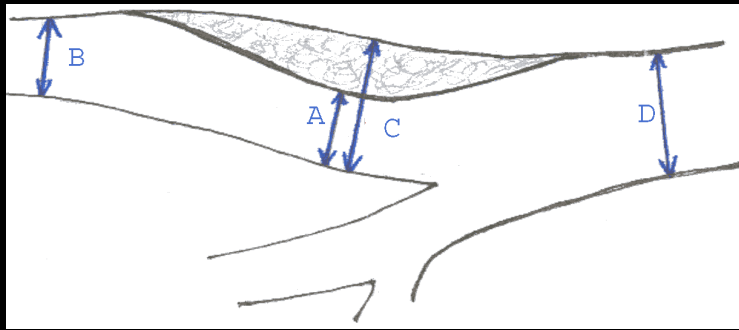
$$D - A / D \times 100\%$$





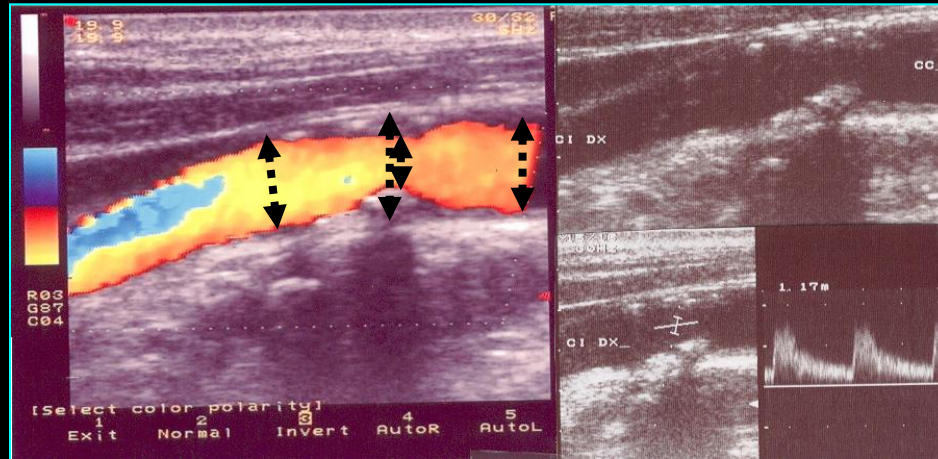


2) Quantificazione anatomica della stenosi mediante immagine con color-doppler o, meglio, con angio-color-power (CPA) e misurazione del lume residuo (Diametri o Aree)



A=05 mm  
B=07 mm  
C=09 mm  
D=10 mm

Nota: le misure non sono reali ma misurate su stampa a solo scopo esplicativo

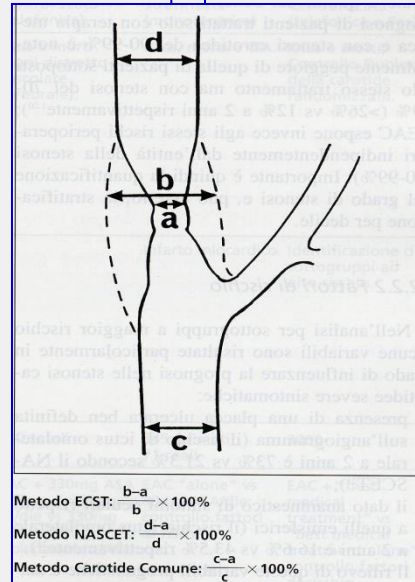


- **ECST**  $C - A / C \times 100\%$   $9-5/9= 0,44$  **(44%)**
- **NASCET**  $B - A / B \times 100\%$   $7-5/7=0,28$  **(28%)**
- **Carotide Comune**  $D - A / D \times 100\%$   $10-5/10=0,50$  **(50%)**

# % stenosi

## NASCET

50  
60  
70  
80  
90

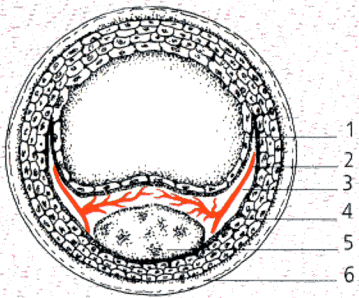


## ECST

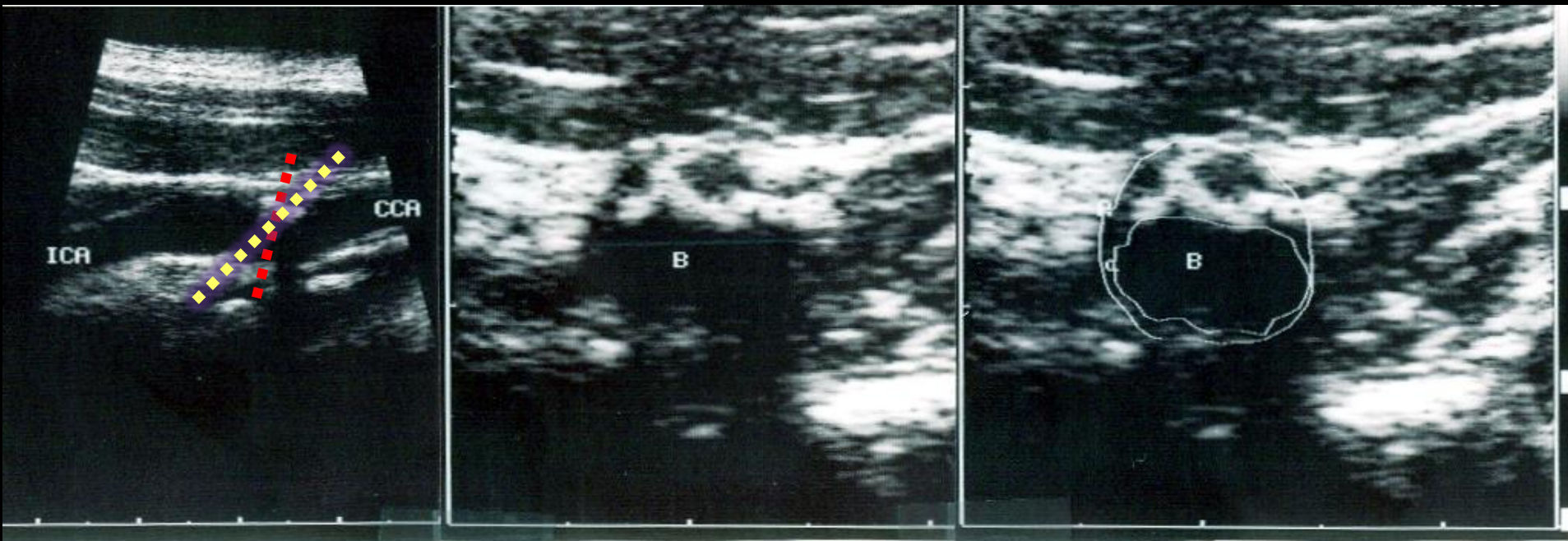
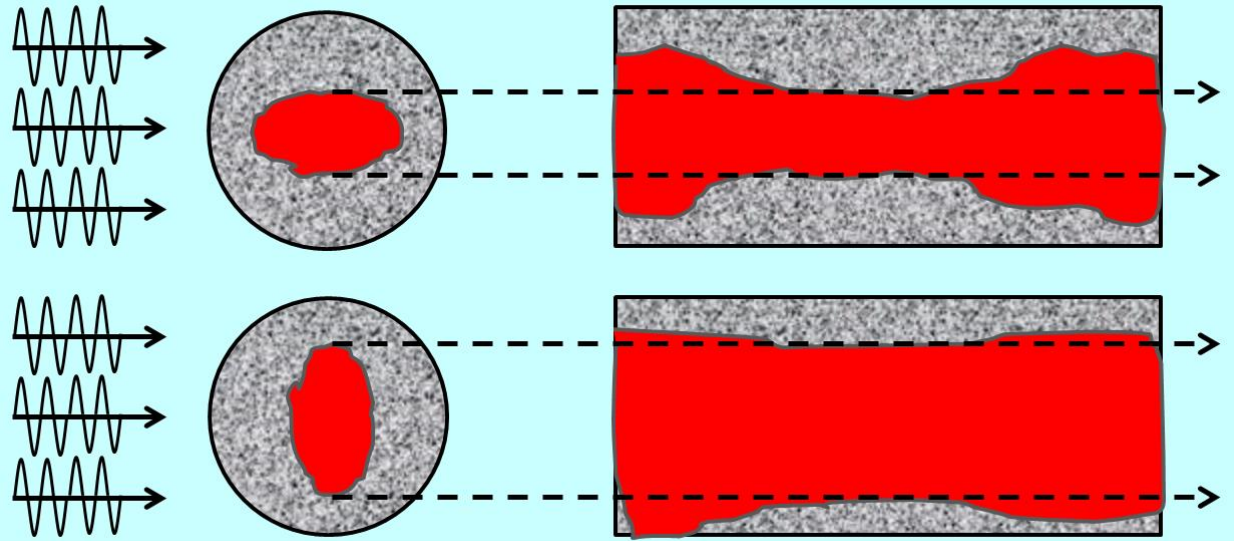
75  
80  
85  
91  
97

$$\% \text{ NASCET} = \frac{\% \text{ ECST} - 40}{0.6}$$

0.6

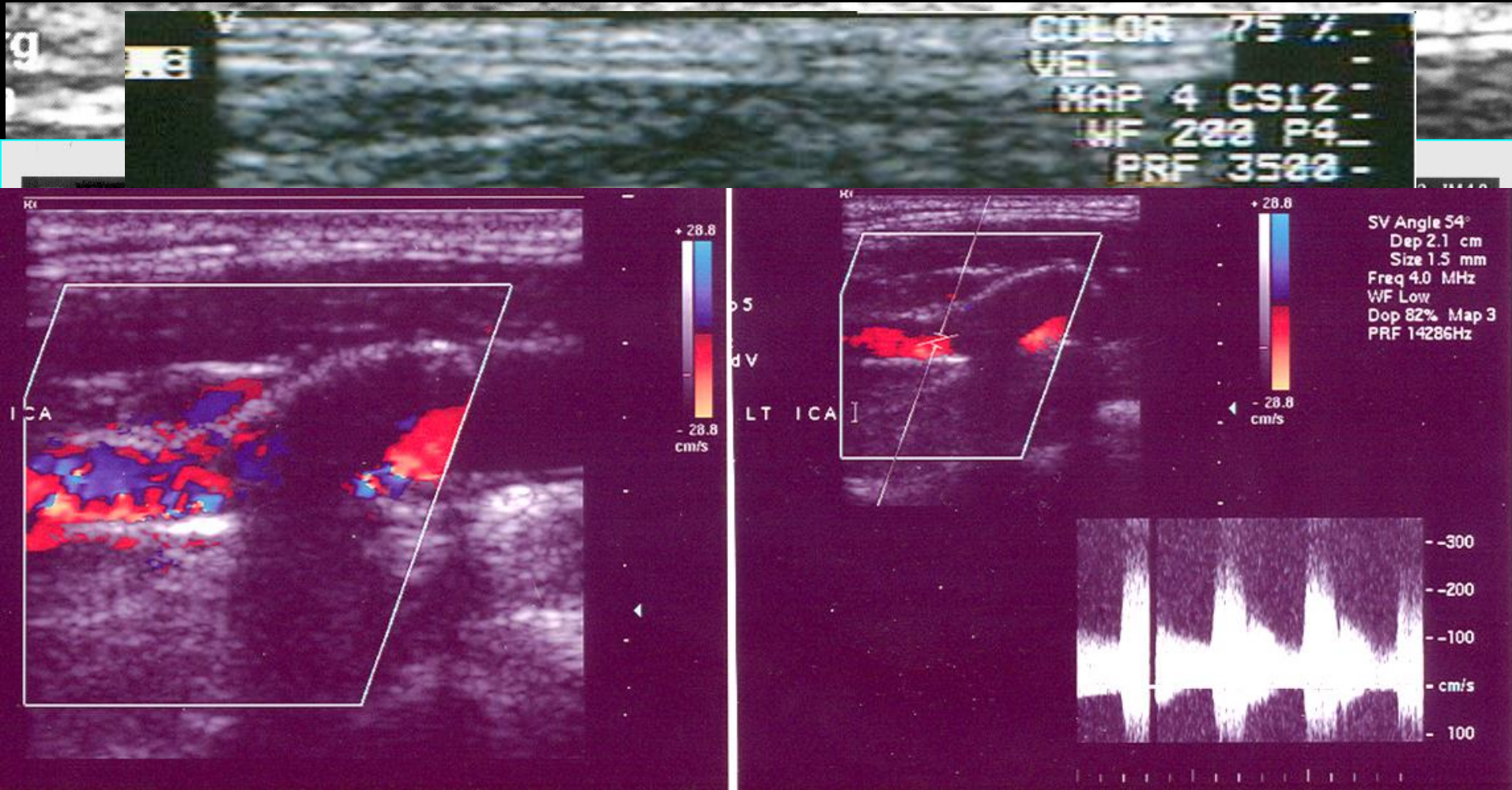


- Componenti della placca arteriosclerotica 1, endotelio. 2, capillari a parete sottile. 3, capsula fibrosa. 4, media. 5, nucleo lipidico e frazioni di colesterolo. 6, avventizia.



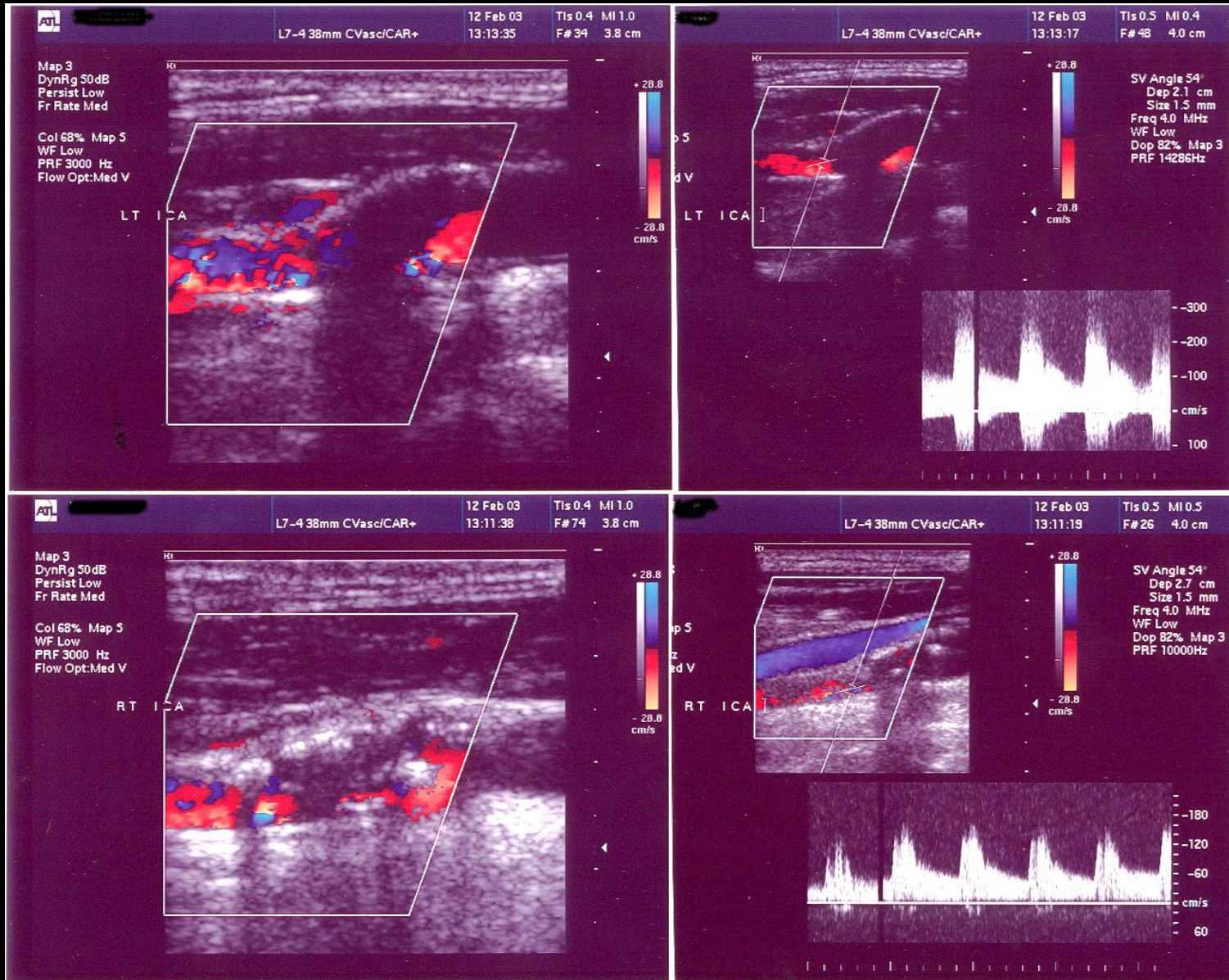


### 3) Studio morfologico della struttura della placca ateromasica

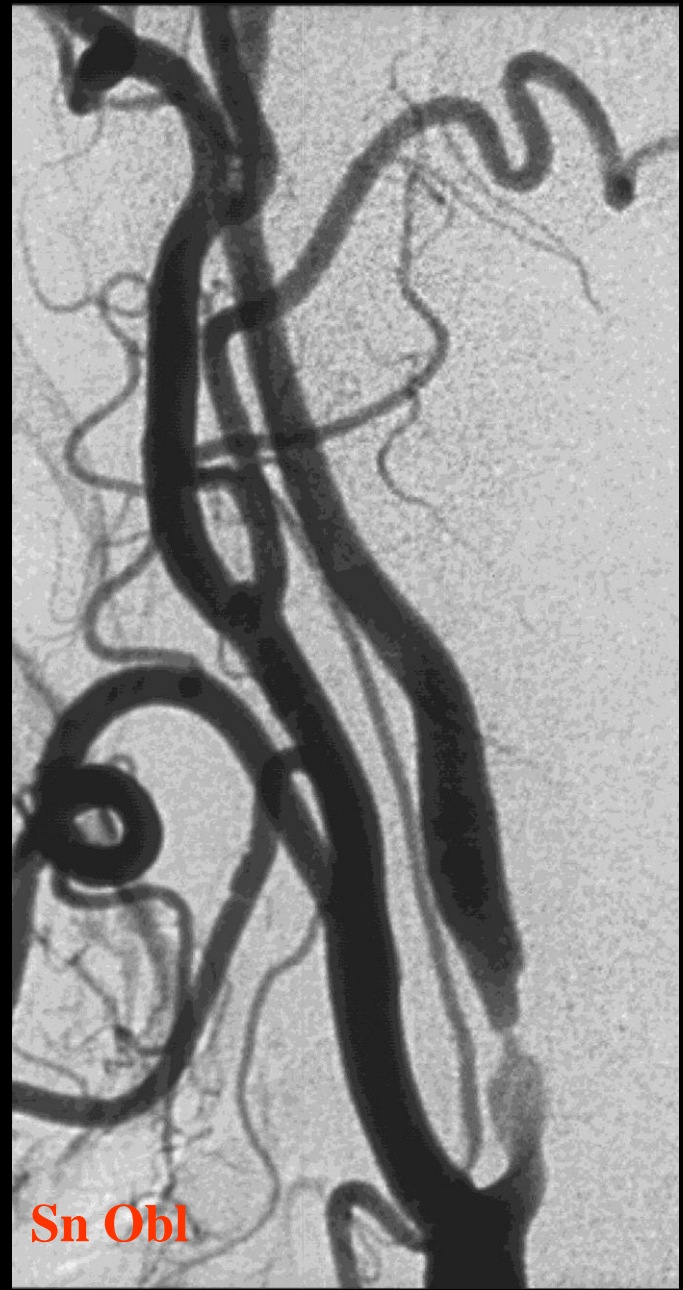
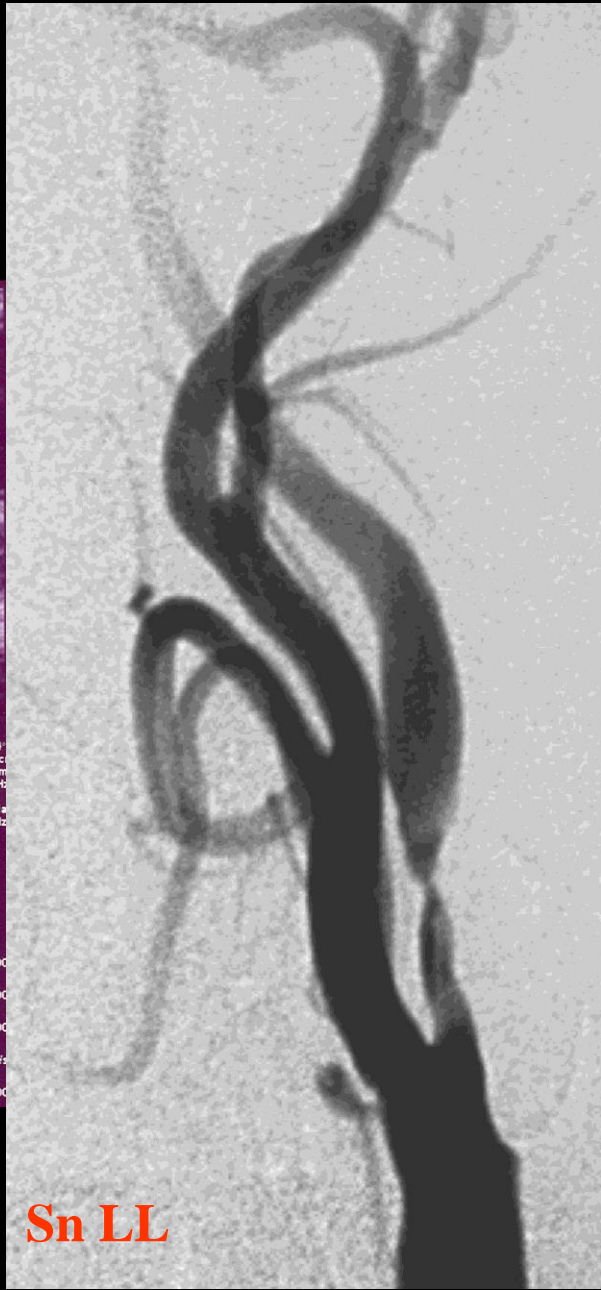
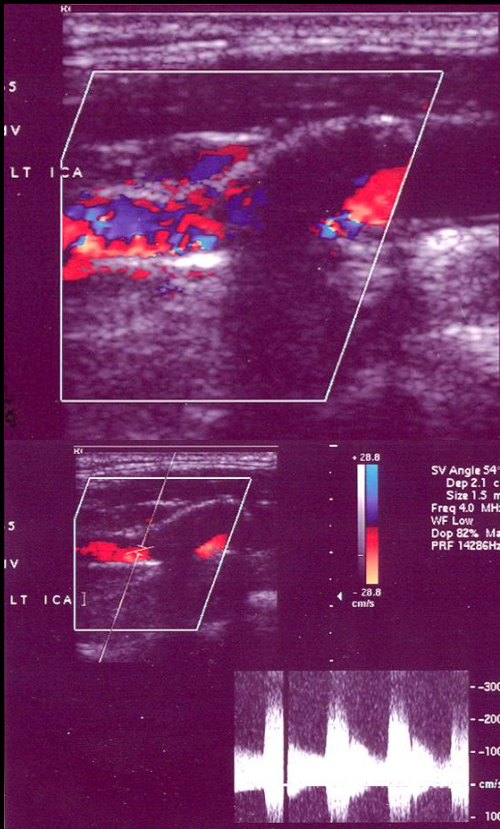




# CASO 1











**CC Sn PA**

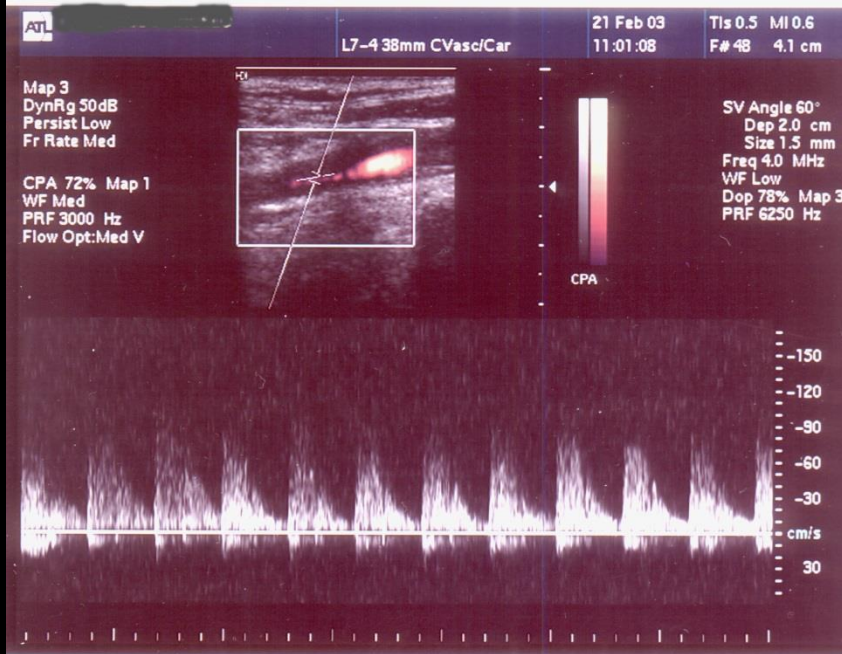
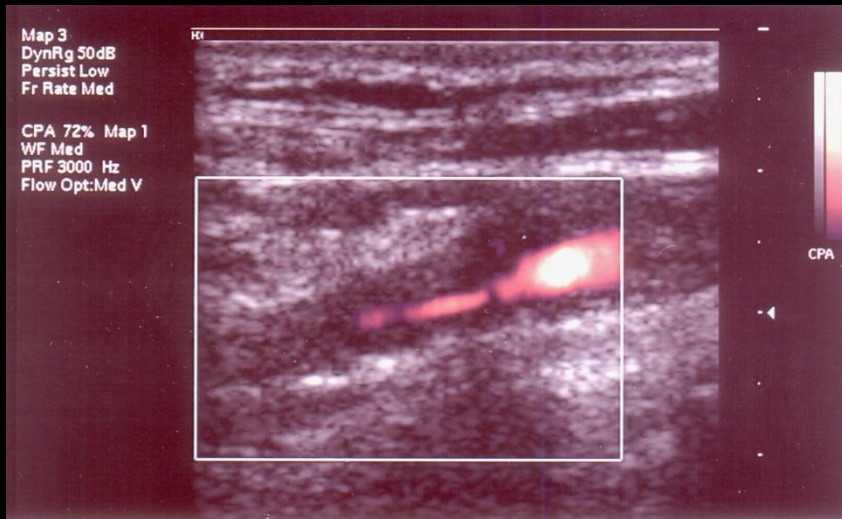


**CC Dx PA**



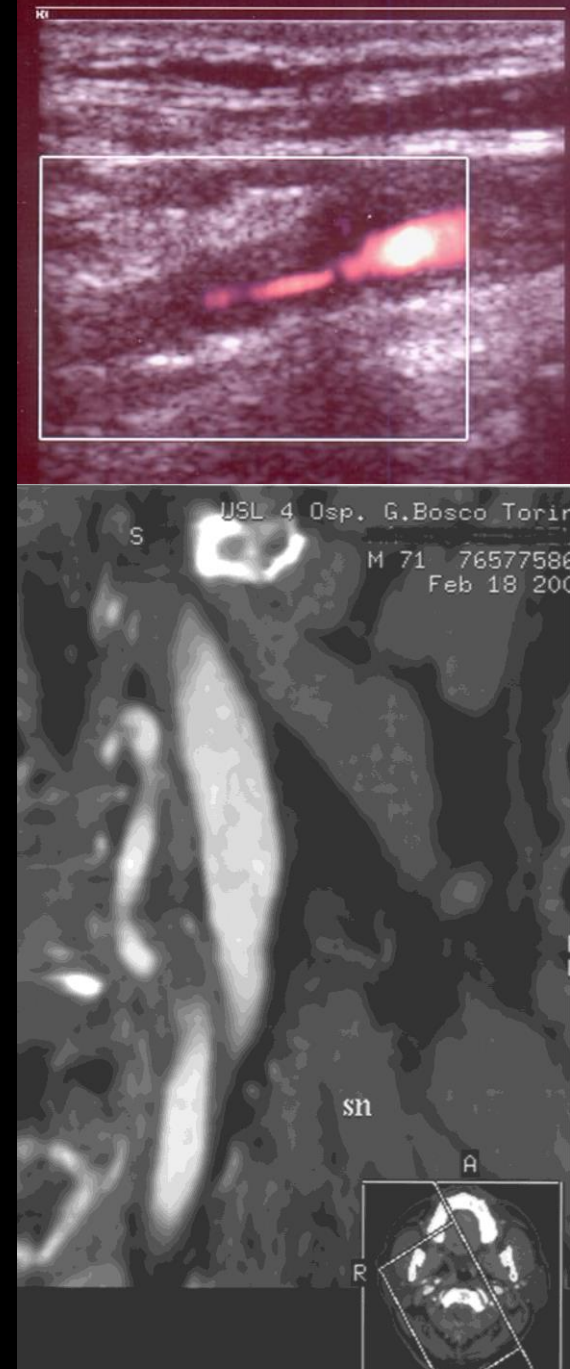
**Vert. Sn Obl**

# CASO 2



DIAMETER STENOSIS	GRAY-SCALE WAVEFORM (cm/sec)	PEAK SYSTOLIC VELOCITY
0-40%		<80 cm/sec
40-60%		80-120 cm/sec
60-80%		120-175 cm/sec
80-99% Grade I <sup>3</sup>		>175 cm/sec
80-99% Grade II <sup>4</sup>		>175 cm/sec





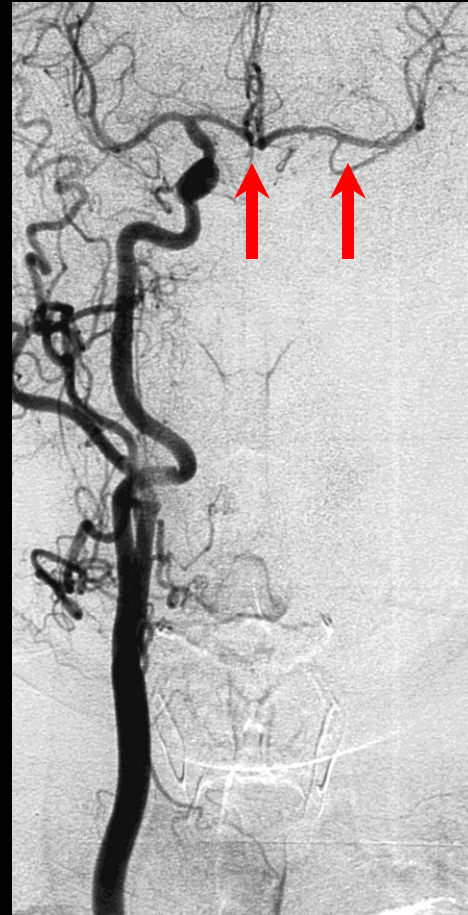




**CC Sn LL**



**CC Sn PA**

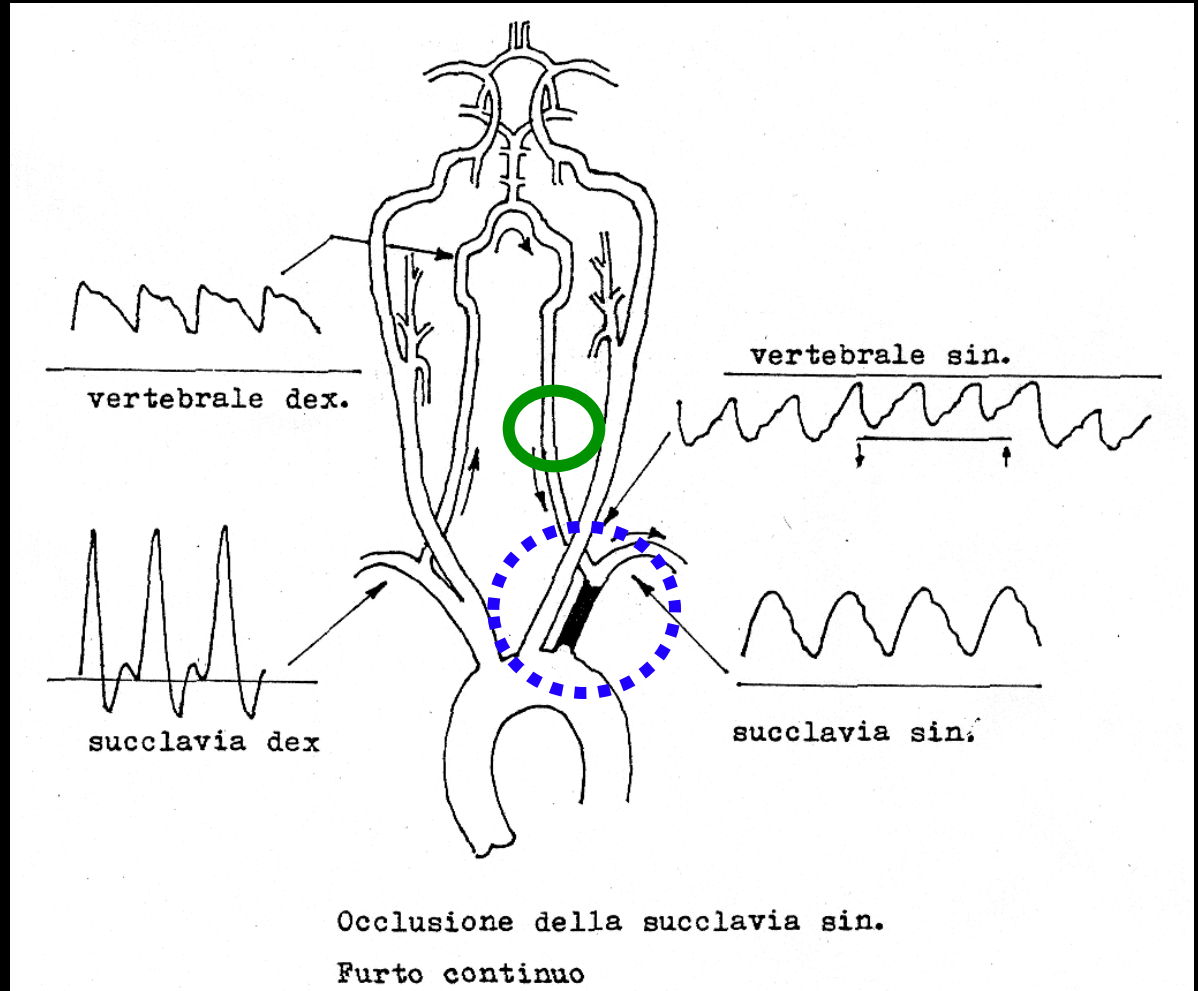
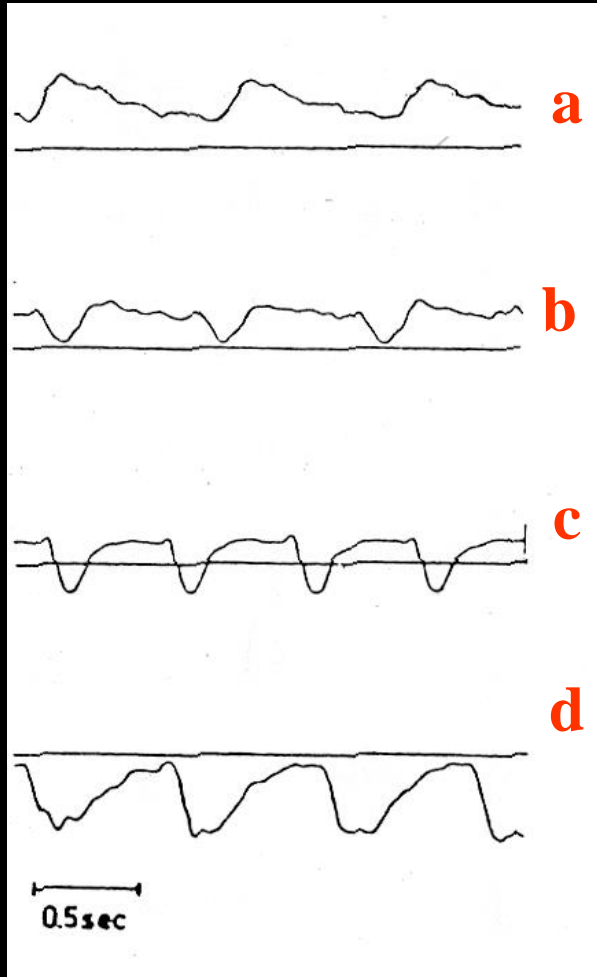


**CC Dx PA**

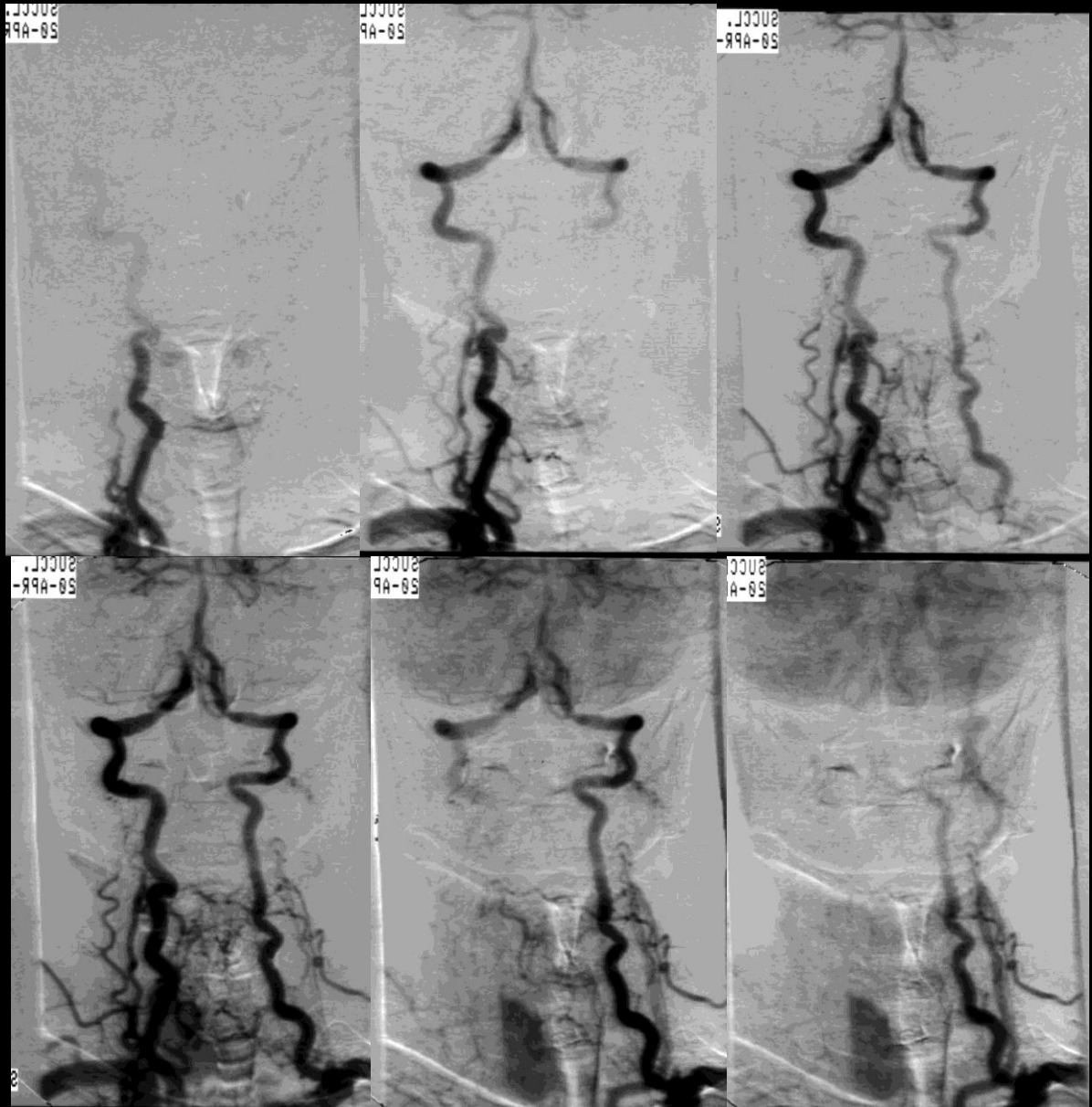
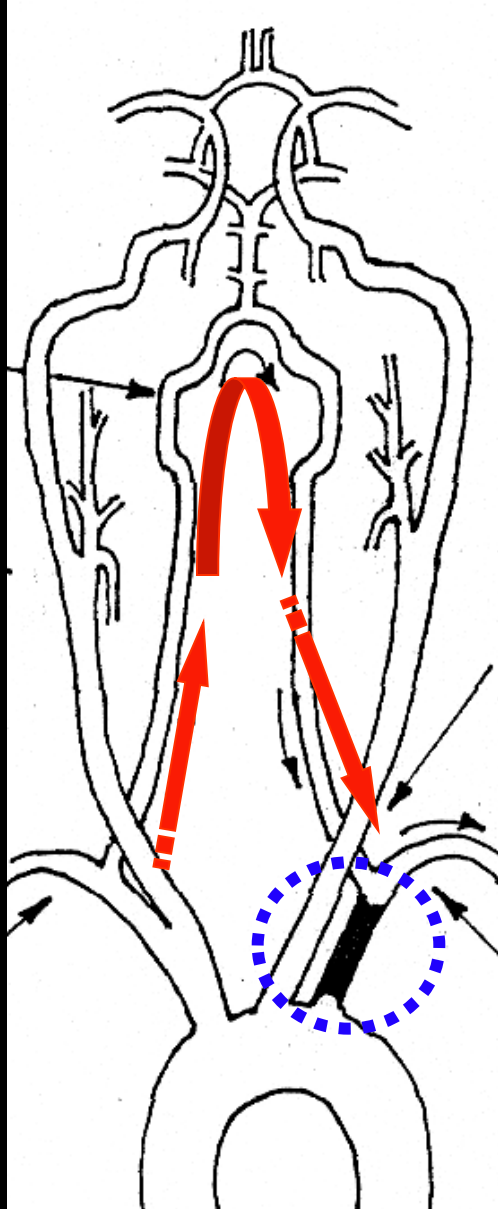


**Vert. Sn PA**

# Sindrome da emostorno cerebrale: “Furto della succlavia”

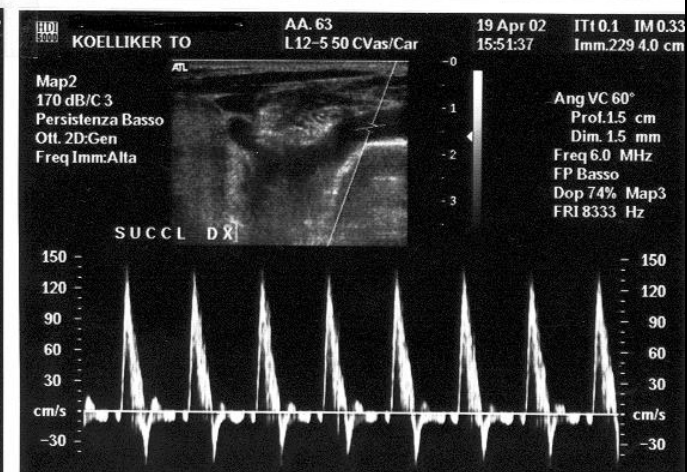
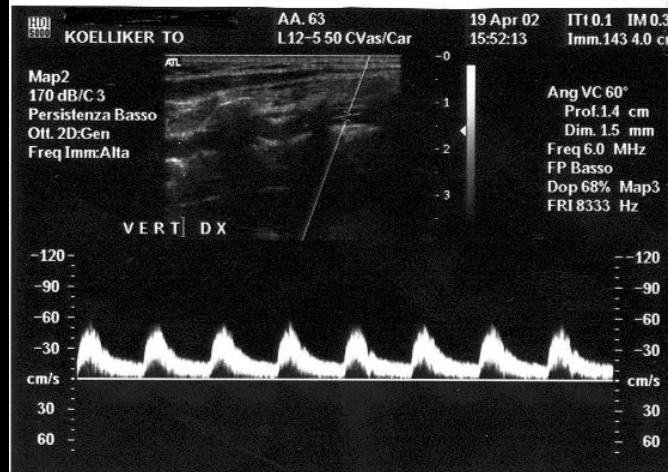
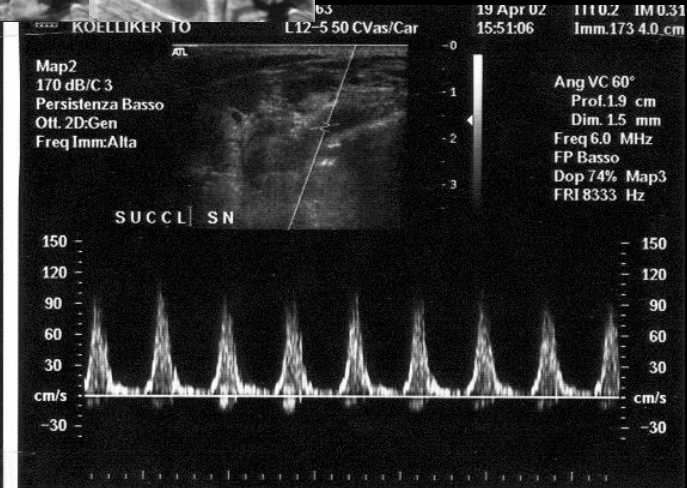
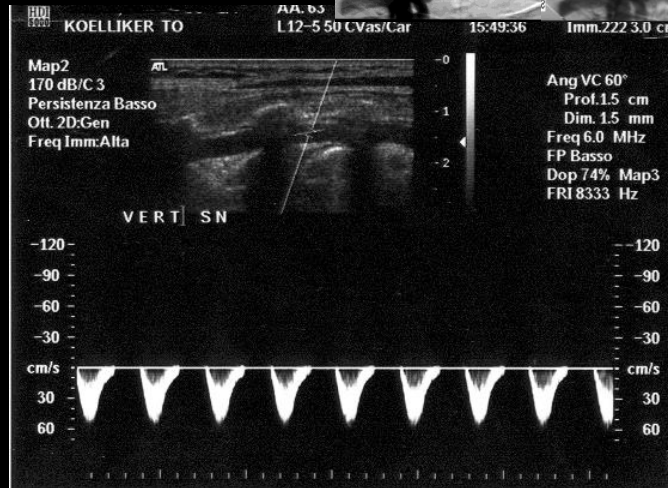
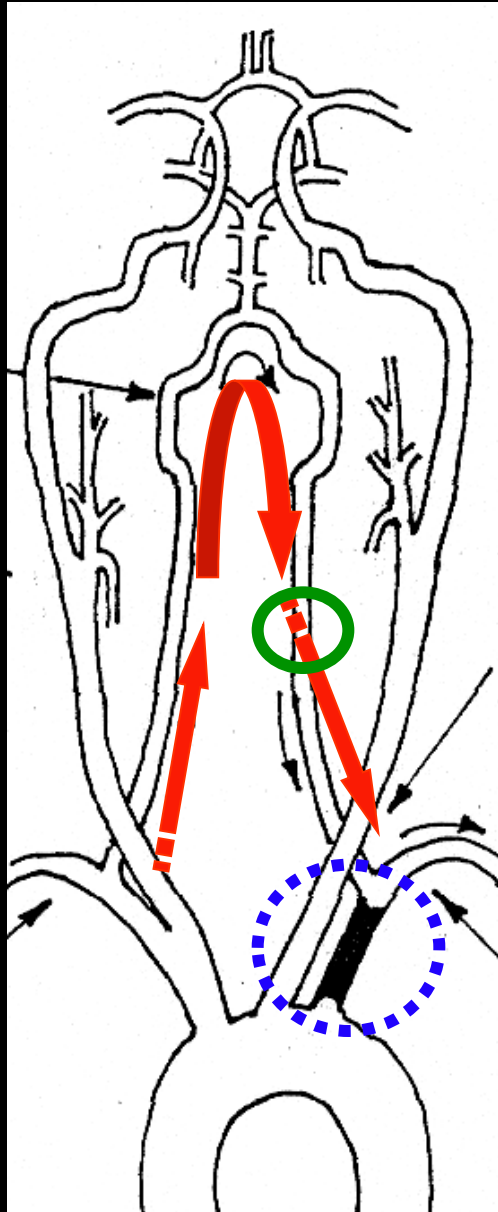


# Sindrome da emostorno cerebrale: “Furto della succlavia”

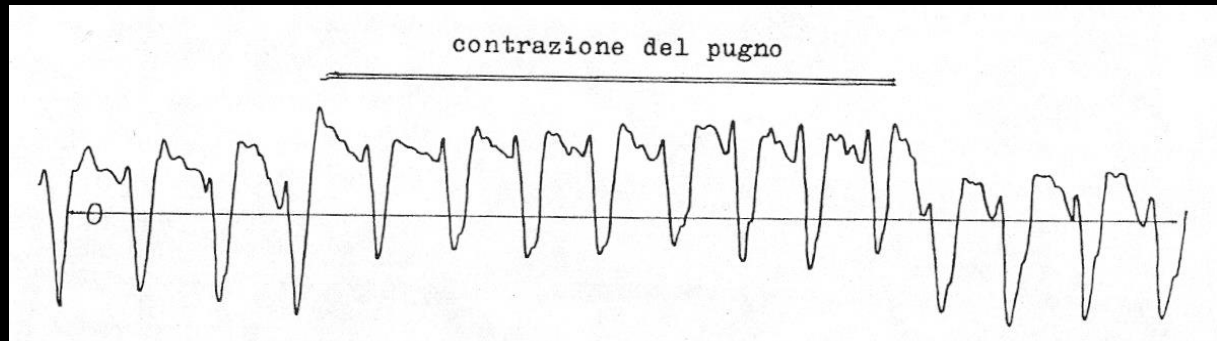
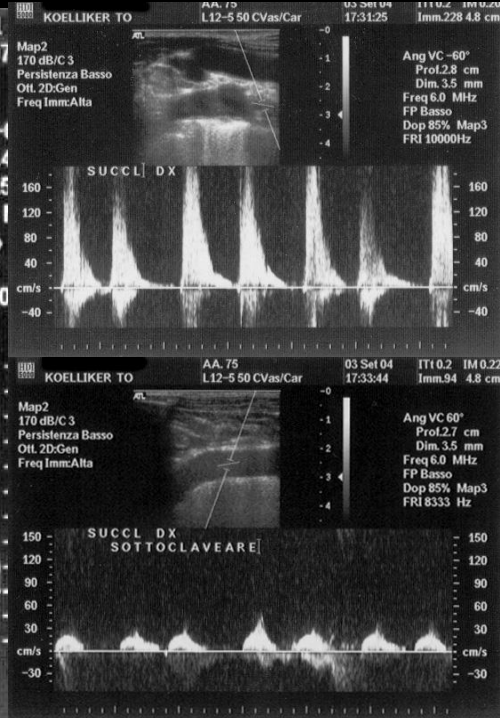
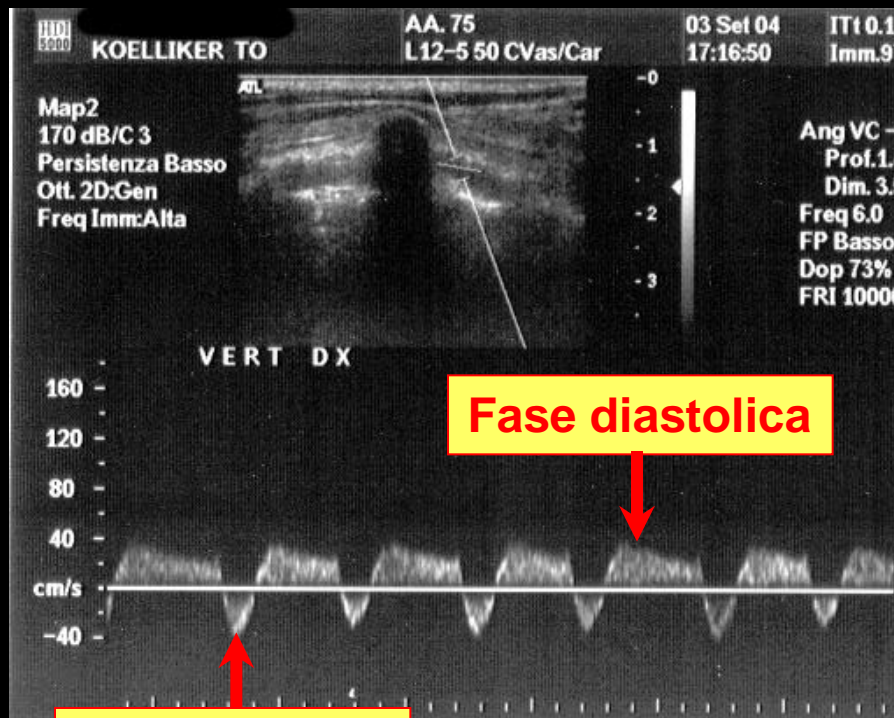
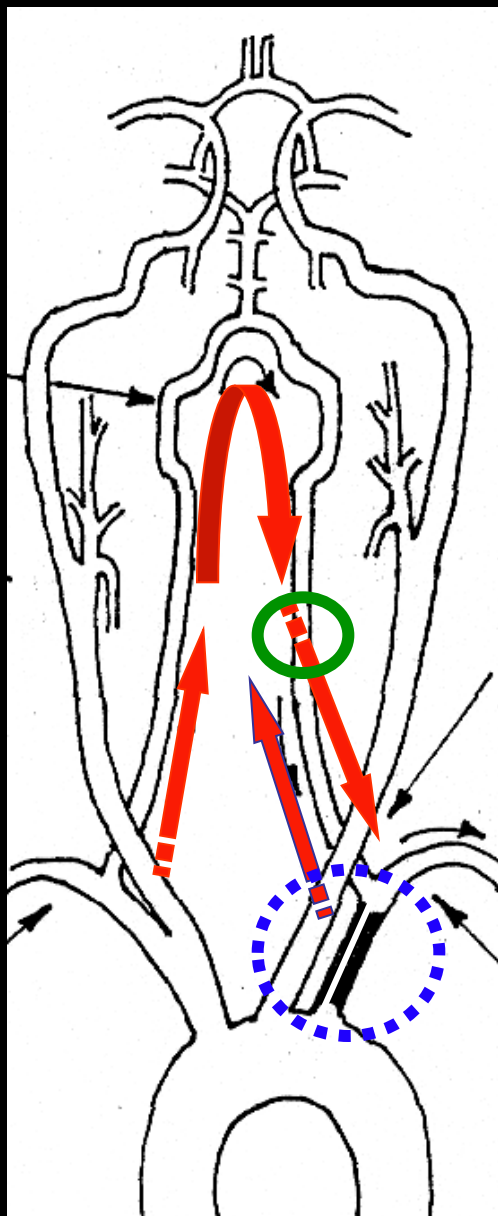




# Sindrome da emostorno cerebrale: “Furto della succlavia”

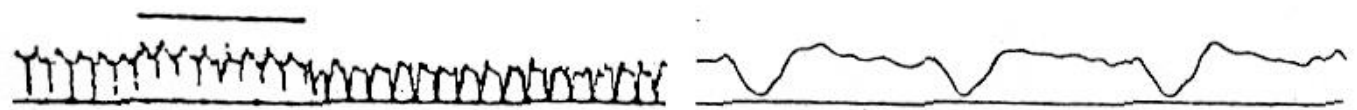
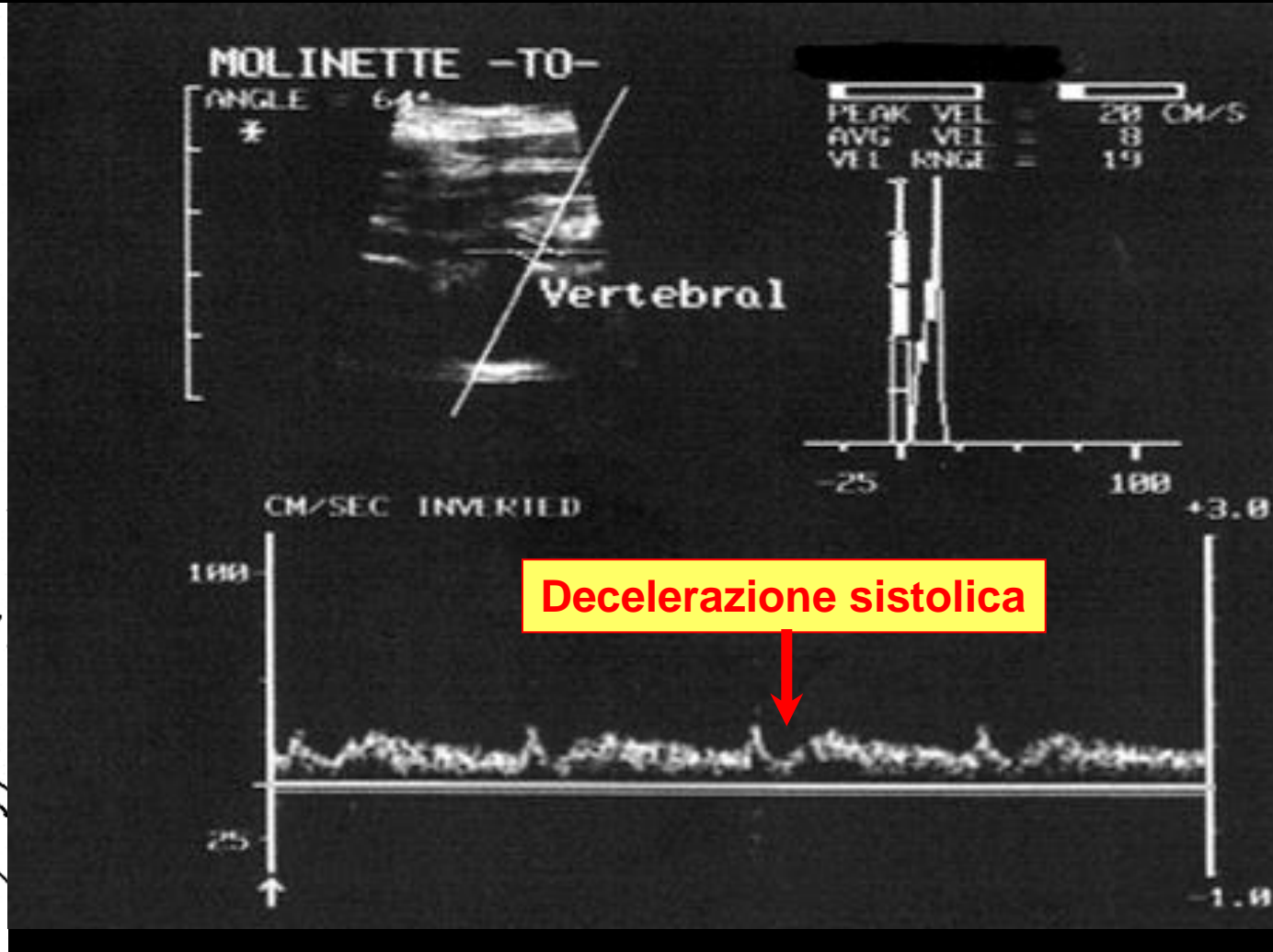
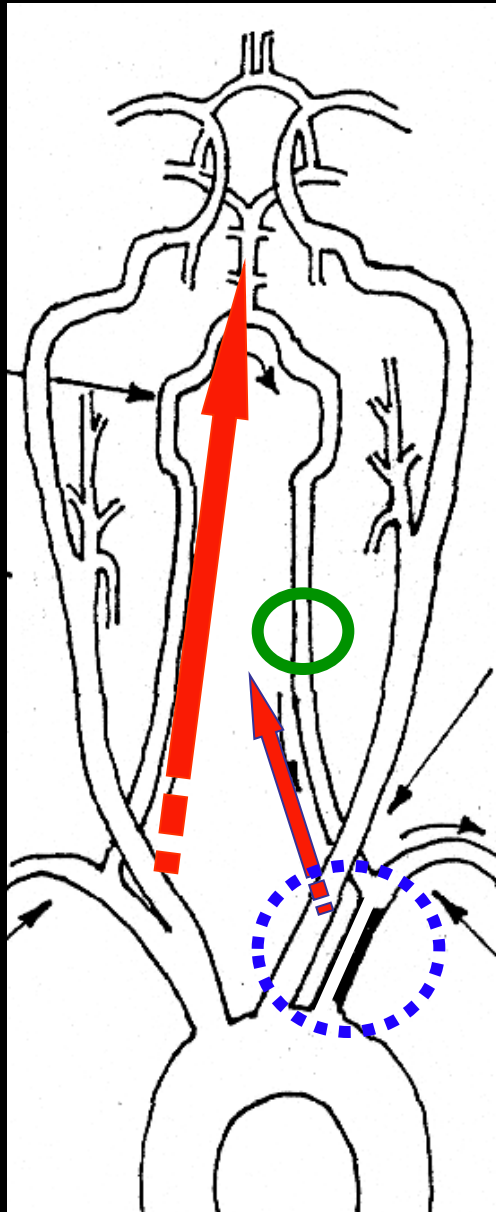


# Sindrome da emostorno cerebrale: "Furto della succlavia"





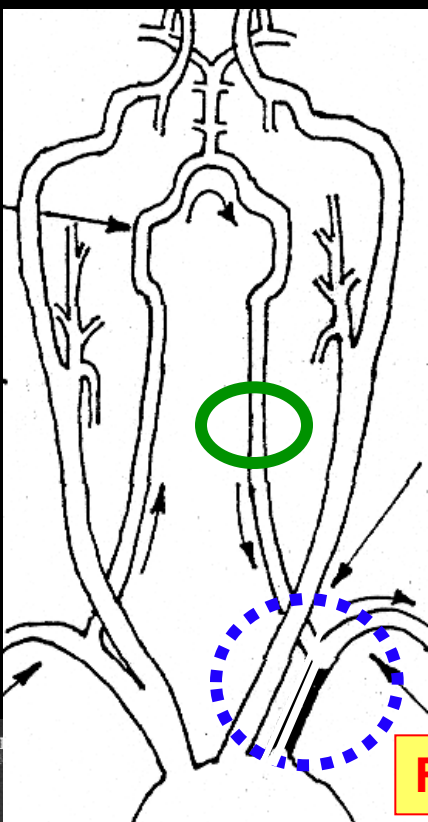
# Sindrome da emostorno cerebrale: “Furto della succlavia”





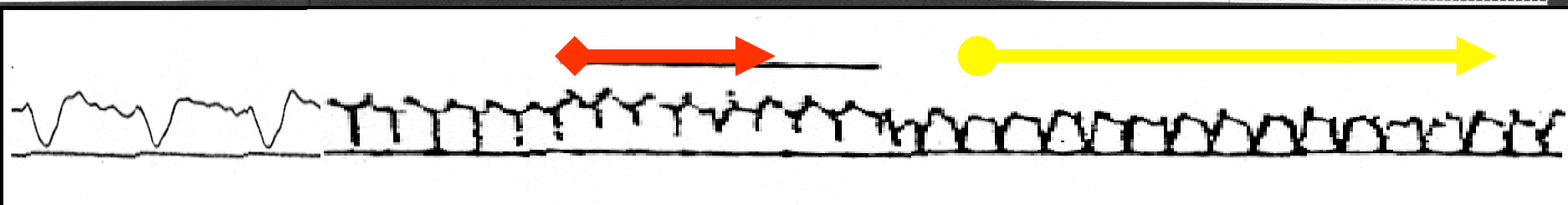
Durante il test dell'iperemia post-ischemica, nell'art. vertebrale omolaterale, si può osservare:

- durante la compressione del braccio un netto aumento del flusso diastolico ed un calo nella fase di iperemia post-ischemica;
- in alcuni casi, una componente di flusso negativo nella fase post-ischemica reattiva.



Fase ischemica

Fase post-ischemica



**OCCORRE:**

- **aver eseguito almeno 600 indagini per acquisire autonomia operativa nella conduzione dell'esame doppler ed eco-doppler dei vasi epiaortici;**
- **un continuo confronto con le altre tecniche e metodiche di diagnostica vascolare (l'angioradiografia DSA, l'angiografia RM, l'angiografia TC, ...);**
- **un continuo confronto con gli altri operatori.**

# GRAZIE!

