

INICIACIÓN A LA NEUROSONOLOGÍA VASCULAR

Pade Colligris Michelaraki
R3 Neurología HUFA

INTRODUCCIÓN - MODALIDADES DEL ECÓGRAFO

- MODO-B
 - Produce una imagen 2D compuesta por puntos brillantes que representan los ecos del ultrasonido
 - Permite visualizar y evaluar las estructuras anatómicas que vamos a estudiar
 - La pared vascular aparece como una línea doble con un centro hipoecoico

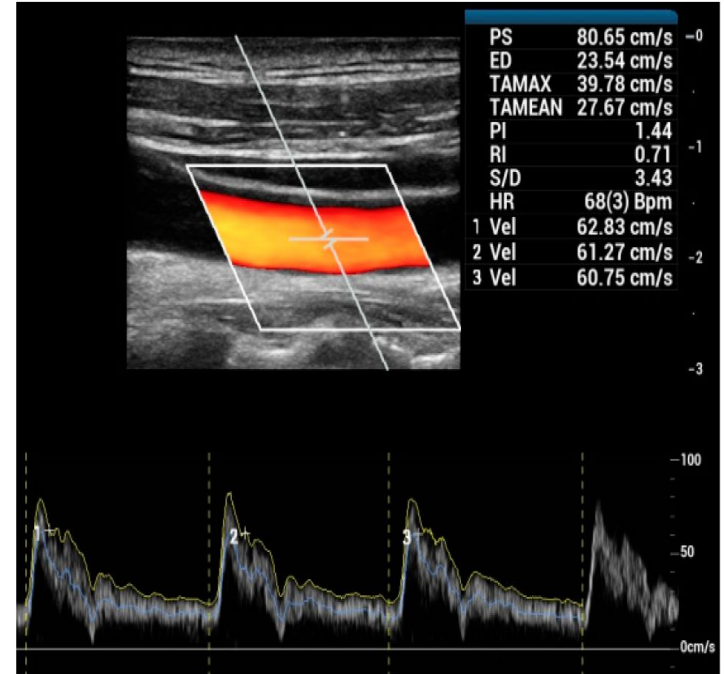
INTRODUCCIÓN - MODALIDADES DEL ECÓGRAFO

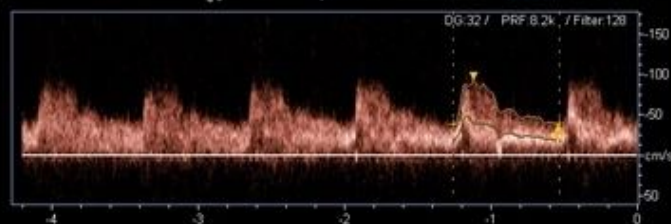
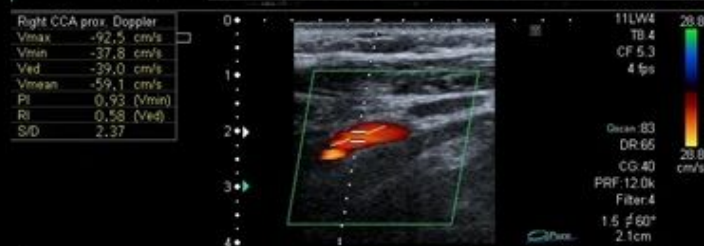
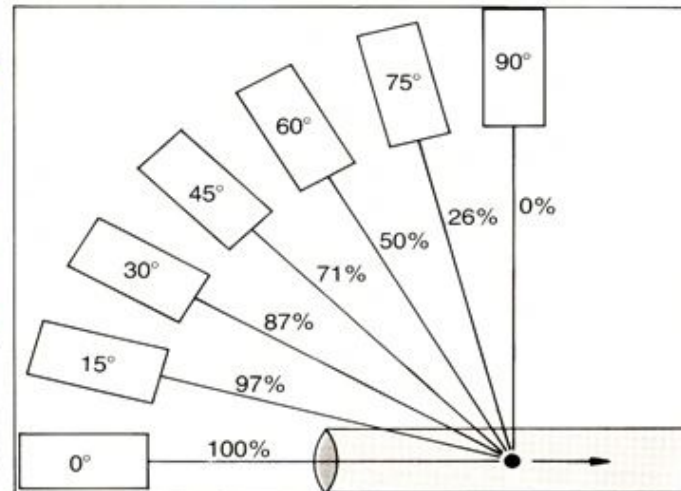
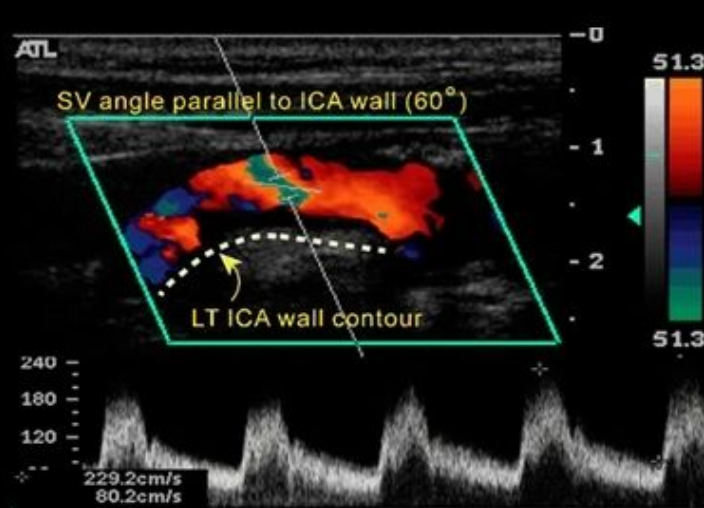
- MODO COLOR

- Visualiza la velocidad y la dirección del flujo de sangre dentro de la caja de color
- El flujo habitualmente se representa de color rojo cuando se acerca a la sonda y de color azul cuando se aleja de la sonda
- La tonalidad de los colores representa las diferentes velocidades (una tonalidad más clara representa velocidades más altas)
- El color está superpuesto sobre las imágenes del modo-B para facilitar la identificación del trayecto del vaso y la dirección de su flujo

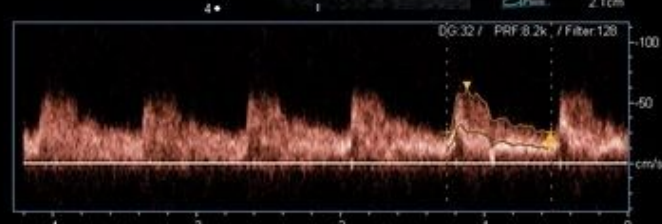
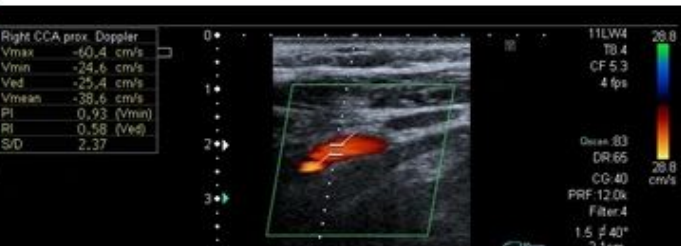
INTRODUCCIÓN - MODALIDADES DEL ECÓGRAFO

- “*Pulse wave*” (PW)
 - Se muestra en una gráfica el flujo de sangre en el tiempo
 - Las señales doppler también se convierten en señales de audio, lo que permite al explorador “oír” los flujos durante la prueba.
 - Se evalúa los siguientes parámetros clave:
 - Velocidad pico-sistólico (PS)
 - Velocidad telediastólica (ED)
 - Índice de resistencia (IR)
 - Índice de pulsatilidad (IP)
 - Aplicar la corrección de ángulo: paralelo a la pared del vaso





60° - PSV 92 cm/s



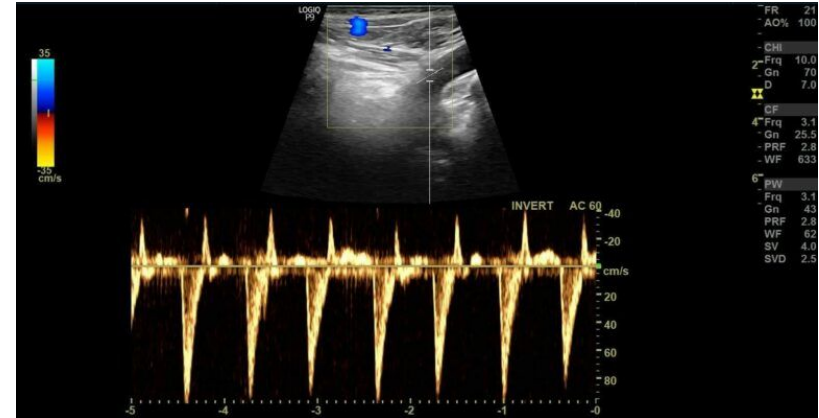
40° - PSV 60 cm/s

INTRODUCCIÓN - FORMA DE LA ONDA

- Su morfología depende de:
 - Fracción de eyección cardiaca
 - Volumen y presión del flujo
 - Resistencia y geometría del sistema vascular
 - Elasticidad de la pared vascular
 - Viscosidad sanguínea

Tipos:

- Monofásica: flujo sistólico y diastólico continuo, sin reversión del flujo
- Trifásica: típica de la arteria subclavia, flujo sistólico en sentido fisiológico y diastólico en sentido retrógrado



ESTUDIO DE TRONCOS SUPRAAORTICOS

GROSOR ÍNTIMA-MEDIA

Lo usamos para cuantificar la carga aterosclerótica en pacientes que puedan requerir un manejo **más agresivo de los factores de riesgo cardiovascular.**

Un valor > 0.9 mm se considera anormal.

GROSOR ÍNTIMA-MEDIA - ¿CÓMO MEDIRLO?

La medición estándar se realiza en MODO B, en la pared inferior de la ARTERIA CARÓTIDA COMÚN, a 10mm de distancia del BULBO CAROTÍDEO.

Se mide la distancia entre las dos líneas ecogénicas paralelas (capa íntima y capa media de la pared vascular)

Realizar la medición en una región libre de placa aterosclerótica (lesión con grosor íntima-media $> 1.5\text{mm}$, o que protruye en la luz arterial $> 0.5\text{mm}$)

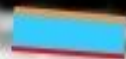
bulb

10mm



CCA

IMT



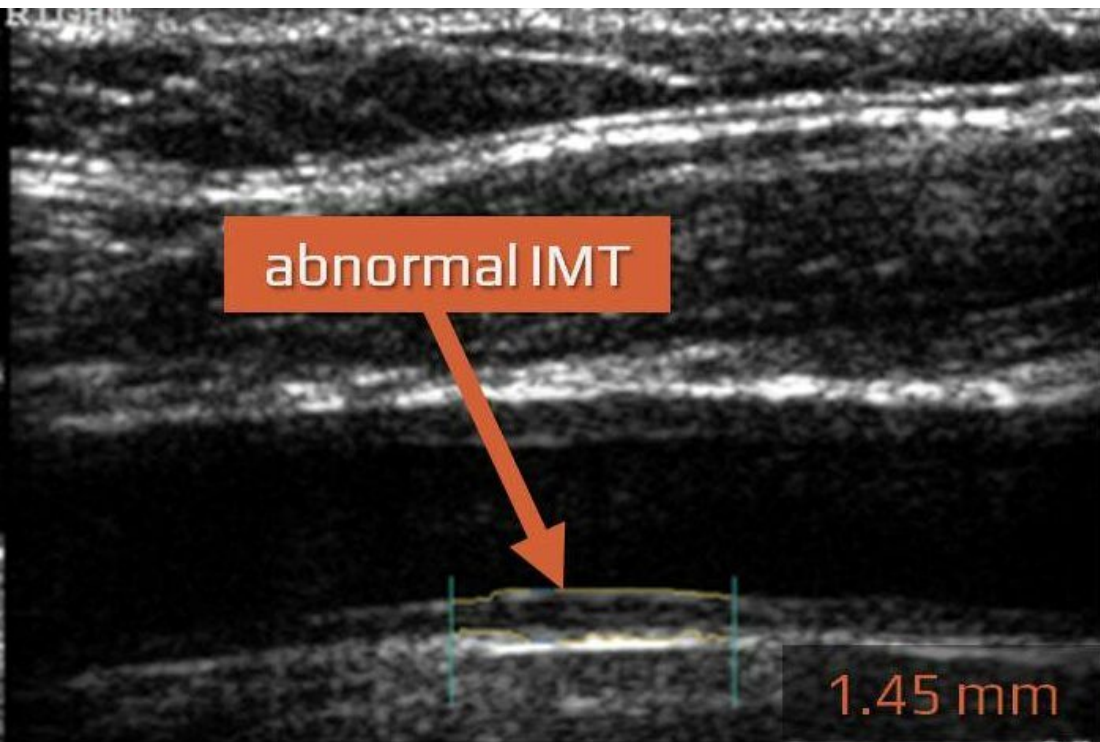
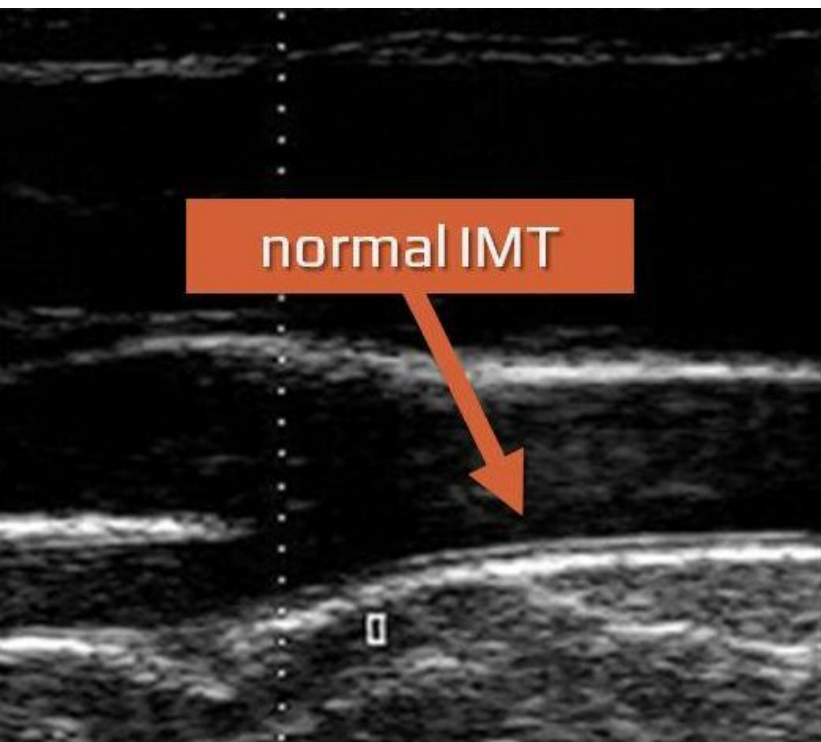
lumen/intima

media/adventitia

far wall

GROSOR ÍNTIMA-MEDIA

- GROSOR ÍNTIMA-MEDIA $< 0.8\text{mm}$: normal, asociado a individuos sanos.
- GROSOR ÍNTIMA-MEDIA $\geq 0.9\text{mm}$: clasificado como daño asintomático a órgano diana en guías de hipertensión arterial
- GROSOR ÍNTIMA-MEDIA $\geq 1\text{mm}$: asociado a arterioesclerosis y mayor riesgo de enfermedad cardiovascular
- GROSOR ÍNTIMA-MEDIA $\geq 1.5\text{mm}$: placa de aterosclerosis.



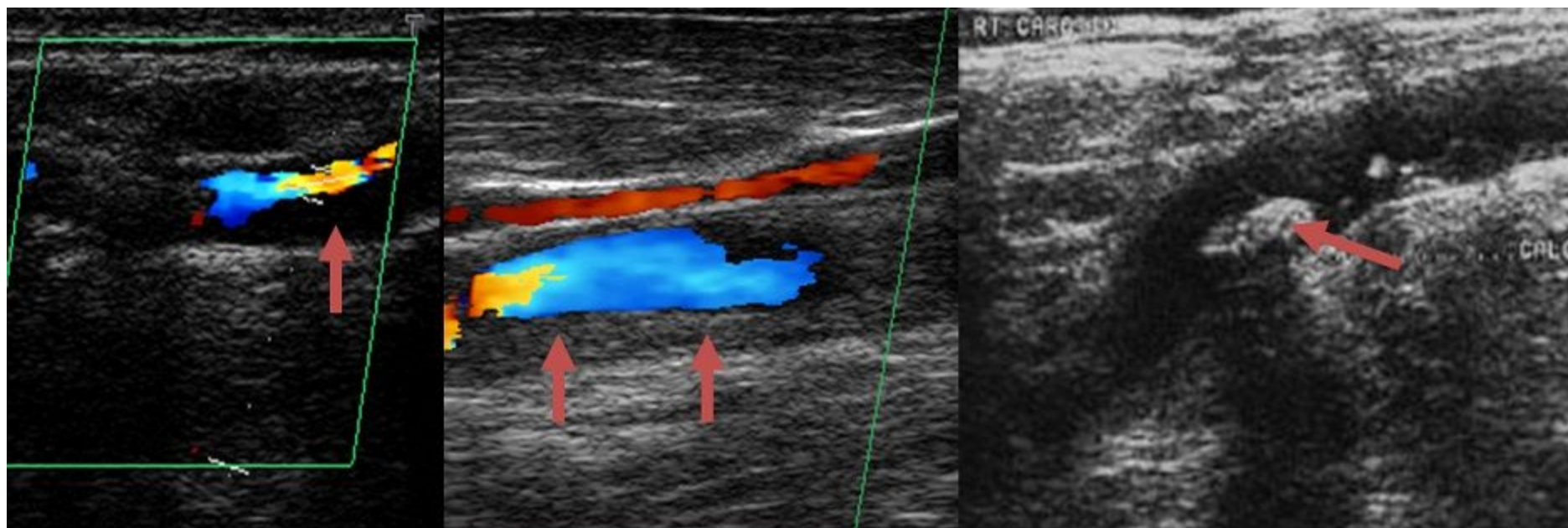
EVALUACIÓN DE LA PLACA ATEROMATOSA

Es definida como una lesión en la pared vascular de un grosor $\geq 1.5\text{mm}$

EVALUACIÓN DE LA PLACA ATEROMATOSA - ECOGENICIDAD

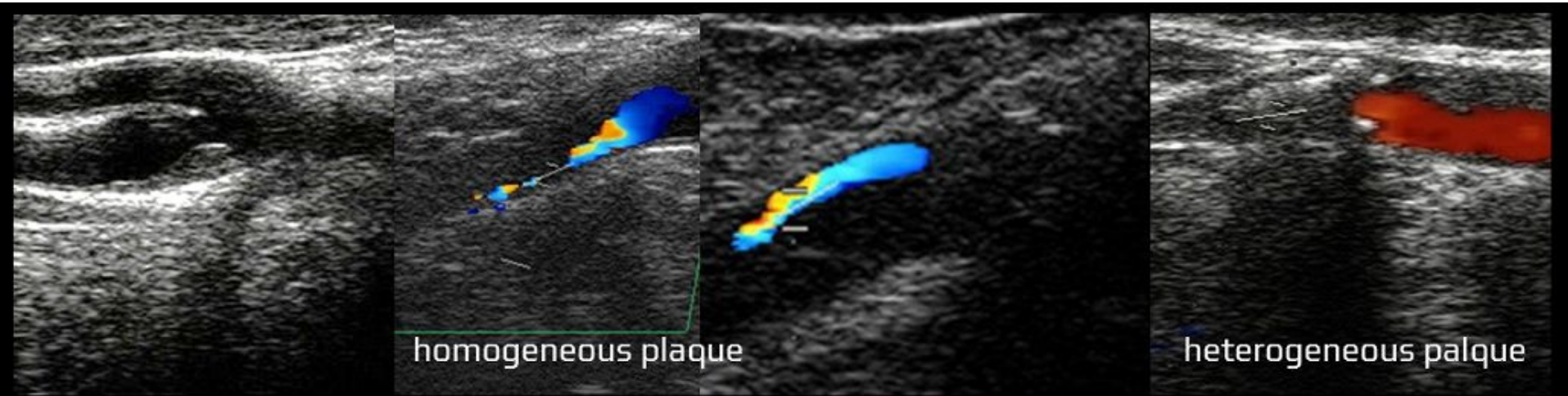
Clasificación de de Grey-Weale

- Tipo I: Hipoecogénicas (blandas, ricas en lípidos)
- Tipo II: Predominantemente hipoecogénicas con áreas hiperecogénicas (fibrosas o con componentes calcificados)
- Tipo III: Predominantemente hiperecogénicas con un pequeño núcleo hipoecogénico
- Tipo IV: Placas hiperecogénicas homogéneas (calcificadas o con fibrosis densa)



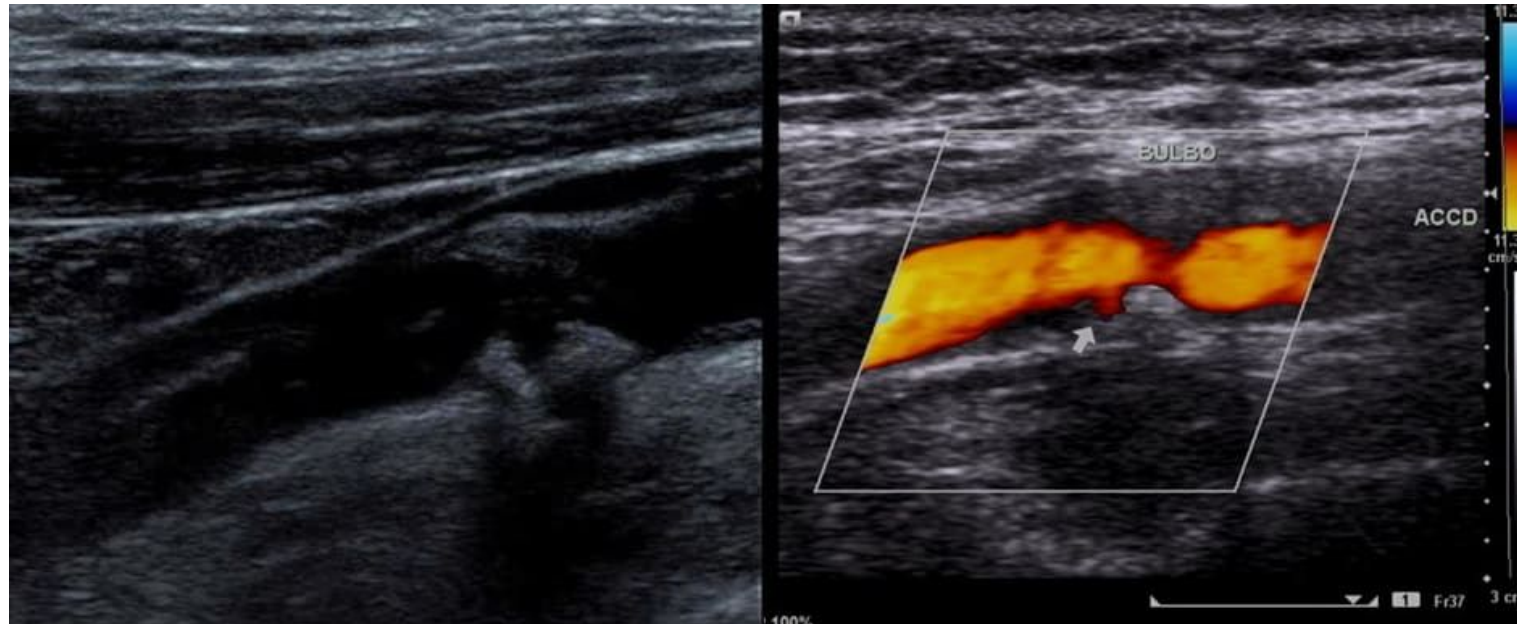
EVALUACIÓN DE LA PLACA ATEROMATOSA - HOMOGENEIDAD

- Homogeneas
- Heterogeneas



EVALUACIÓN DE LA PLACA ATEROMATOSA - SUPERFICIE

- Lisa
- Irregular
- Ulcerada: la ruptura de la capa fibrosa expone el núcleo lipídico a la luz del vaso



EVALUACIÓN DE LA PLACA ATEROMATOSA - ¿ESTABLE O INESTABLE?

- Placa estable: poca tendencia a romperse o trombosarse, bajo contenido lipídico
- Placa inestable: asociadas a alto riesgo de evento vascular
 - Alto contenido lipídico
 - Ulceradas (Núcleo necrótico y rotura de capa fibrosa)
 - Placa con componente móvil

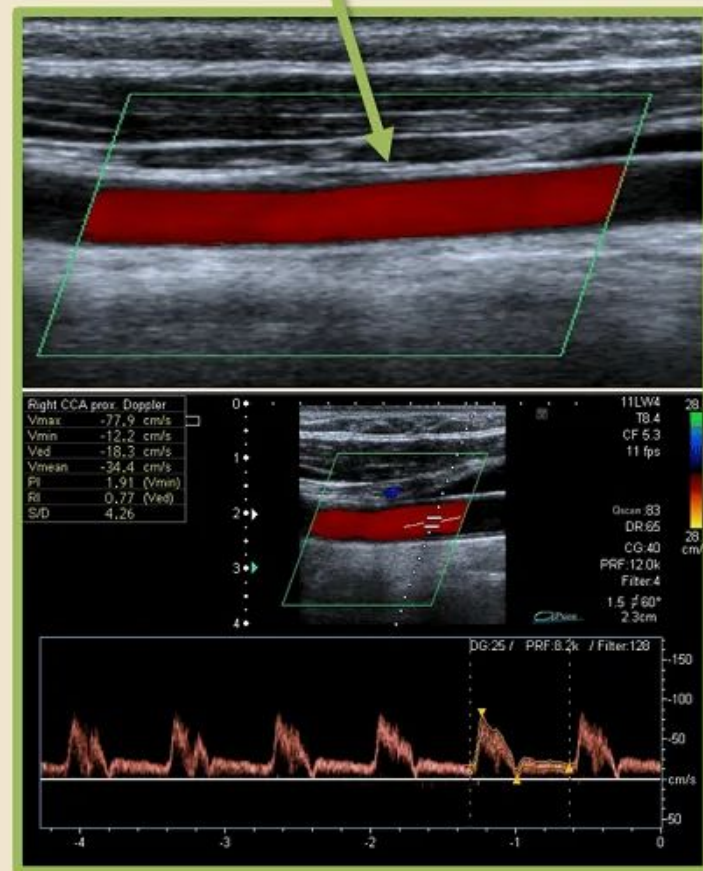
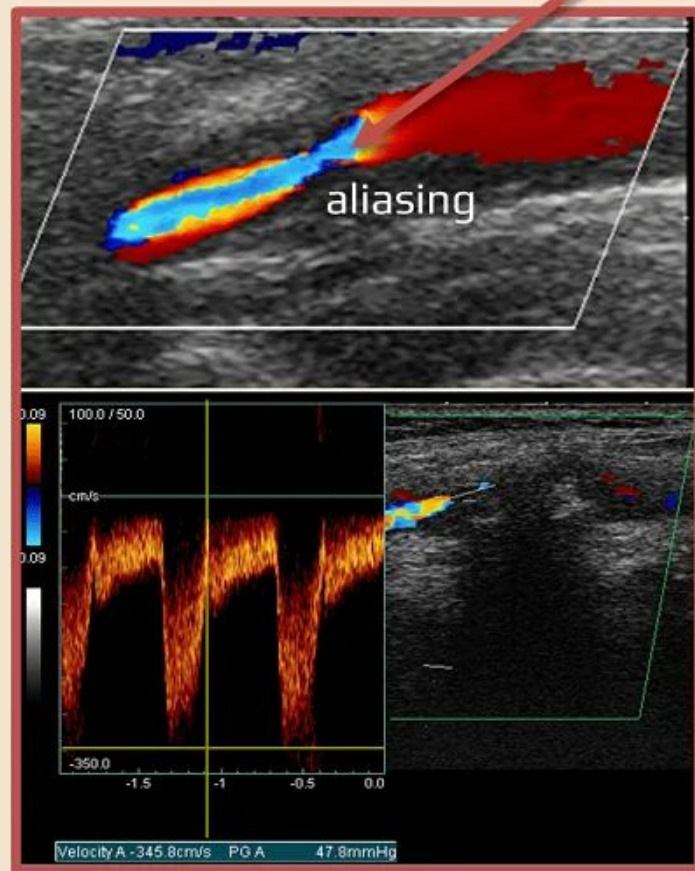
EVALUACIÓN DE LA ESTENOSIS EXTRACRANEAL

El grado de estenosis se puede determinar midiendo:

- Diámetro y área en cortes transversales (angioTAC)
- Velocidad del pico sistólico y calculando índices de velocidad (eco-doppler)

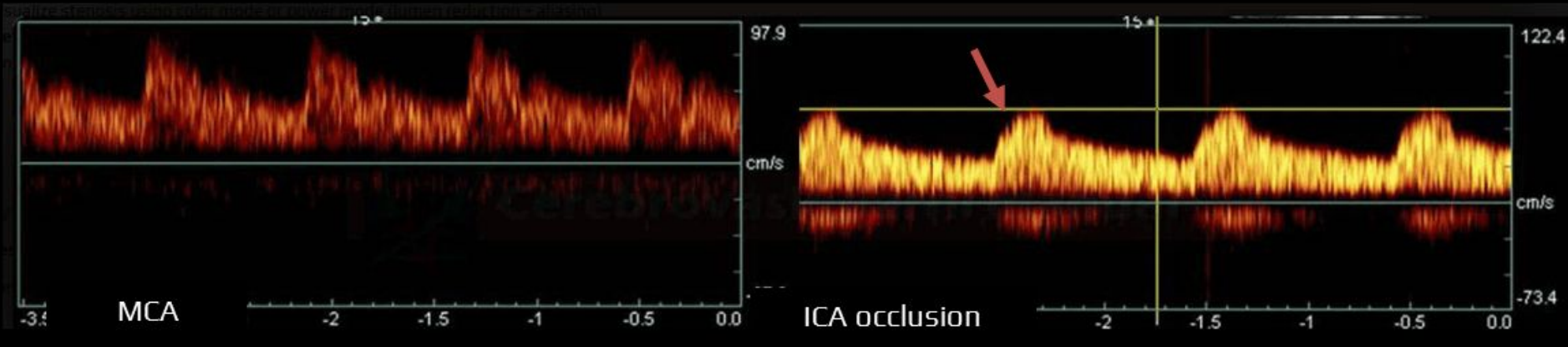
ESTENOSIS EXTRACRANEAL - SIGNOS DIRECTOS

- En modo-B: Se puede medir la anchura de la placa aterosclerótica y la luz vascular residual.
- En modo color: Se puede visualizar la reducción de luz vascular y el “aliasing” (artefacto que ocurre en los modos Doppler cuando la velocidad del flujo sanguíneo excede el límite de detección del equipo, manifestándose como una imagen de flujo turbulento y colores "envolventes”)
- Detectar el flujo turbulento y aumentado dentro de la estenosis
 - ↑ Velocidad Pico Sistólica (VPS)
 - ↑ Velocidad Telediastólica (VTD)
 - ↑ ÍNDICE VPS ACC/ACI



ESTENOSIS EXTRACRANEAL - SIGNOS INDIRECTOS

- En segmentos proximales: flujo con resistencia aumentada
 - $\uparrow$ Índice de resistencia $\uparrow$ Índice de pulsatilidad
- En segmentos distales: flujo amortiguado
 - $\downarrow$ VPS
 - $\downarrow$ Índice de resistencia $\downarrow$ Índice de pulsatilidad (por vasodilatación compensatoria)



ESTIMACIÓN DEL GRADO DE ESTENOSIS (ACI)

Stenosis grade	PSV (cm/s)	EDV (cm/s)	Flow pattern	B-mode (plaque %)	PSV ACI/ACC index
normal finding	≤ 125	< 40	laminar	absent	< 2
< 50%	< 125	≤ 40	laminar	< 50%	≤ 2
50-69%	125-230	40-100	mildly turbulent	> 50%	2-4
70-95%	> 230	> 100	turbulent	> 50%	> 4
subtotal stenosis (near occlusion)	variable	variable	highly turbulent	filiform stenosis	variable
occlusion	–	–	–	occlusion (acute x chronic)	–

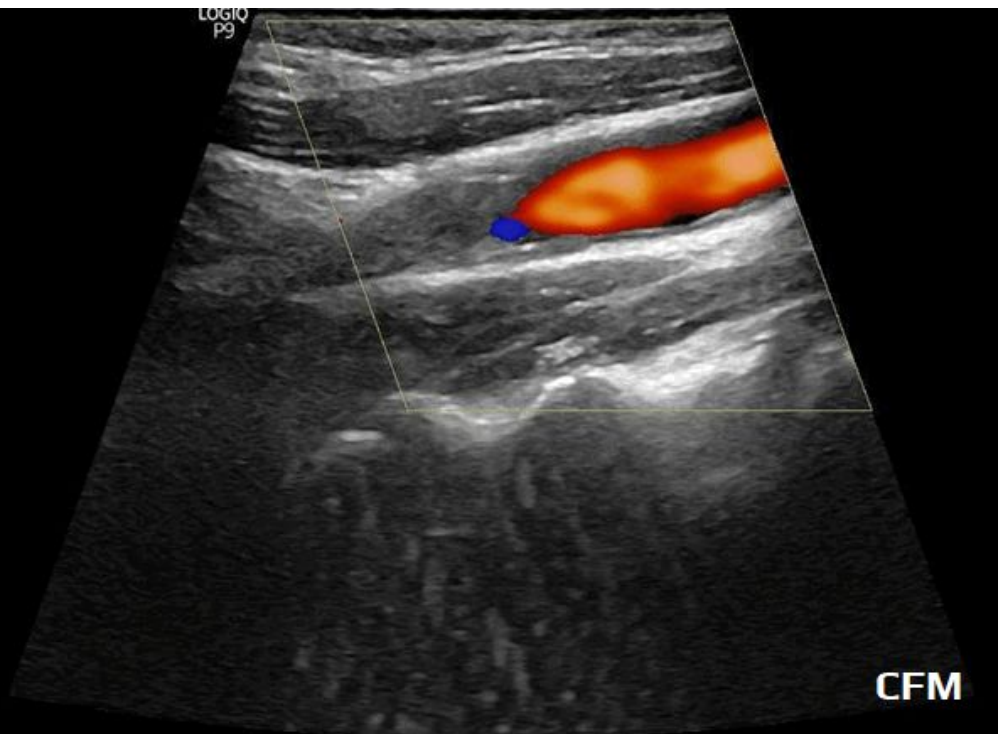
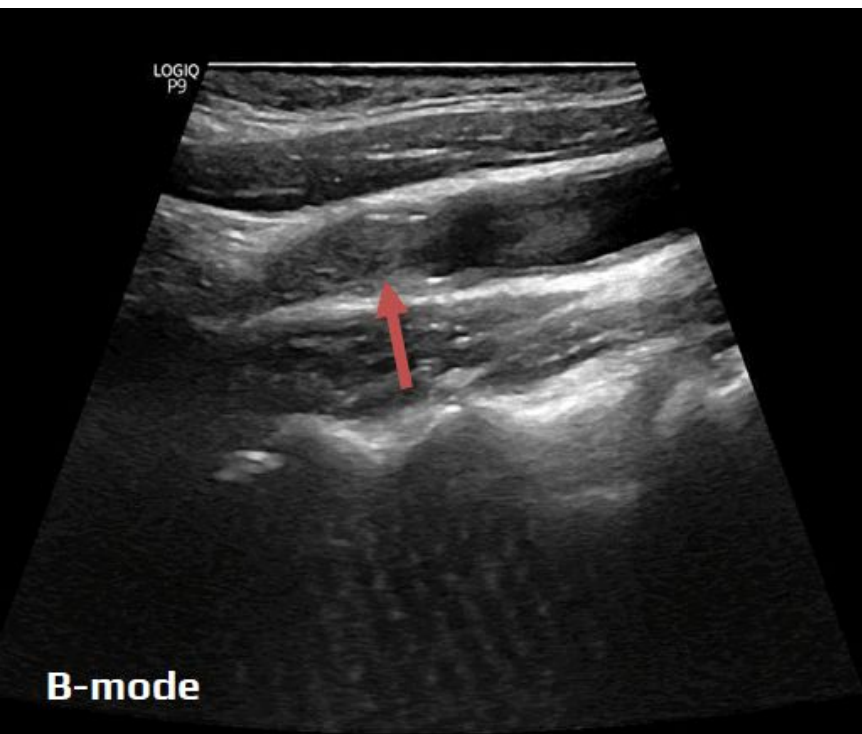
[Radiology, 2003]

ESTIMACIÓN DEL GRADO DE ESTENOSIS (AV)

ARTERIA	PS	IP
AV DERECHA	46,6 ± 14,6	1,03 ± 0,25
AV IZQUIERDA	47,4 ± 15,9	0,98 ± 0,25

EVALUACIÓN DE LA OCLUSIÓN ARTERIAL

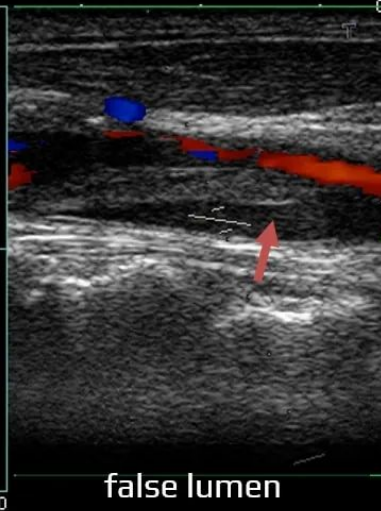
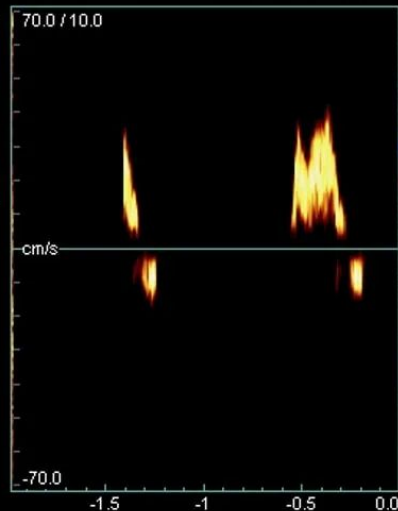
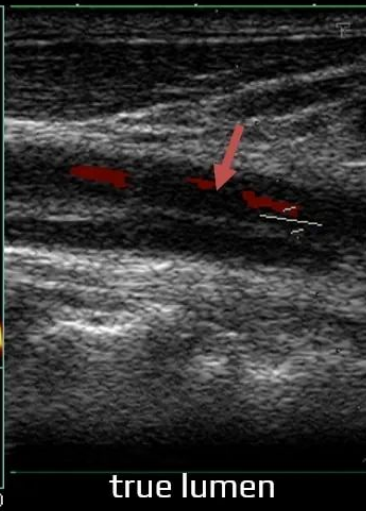
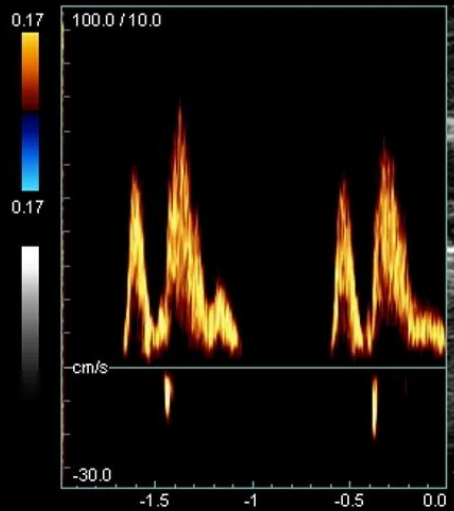
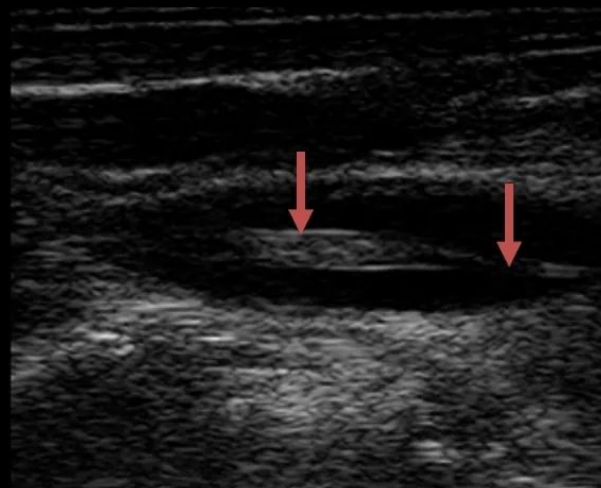
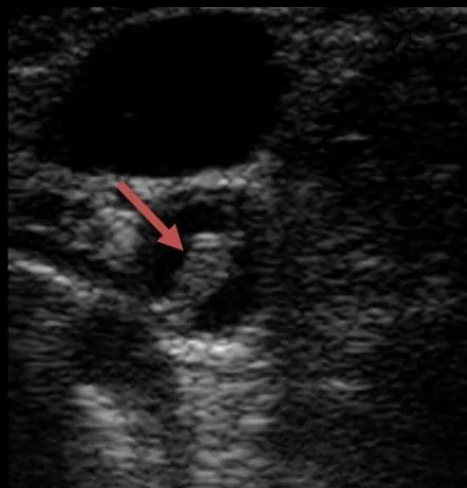
- MODO-B:
 - Oclusión crónica: la luz arterial está llena de material aterosclerótico heterogéneo
 - Oclusión aguda: material hipoecoico en la luz arterial (trombo fresco)
- MODO COLOR: se ve un “stop” de color en la luz arterial
- MODO PW:
 - Ausencia de flujo
 - Aumento de índices de resistencia en segmentos proximales

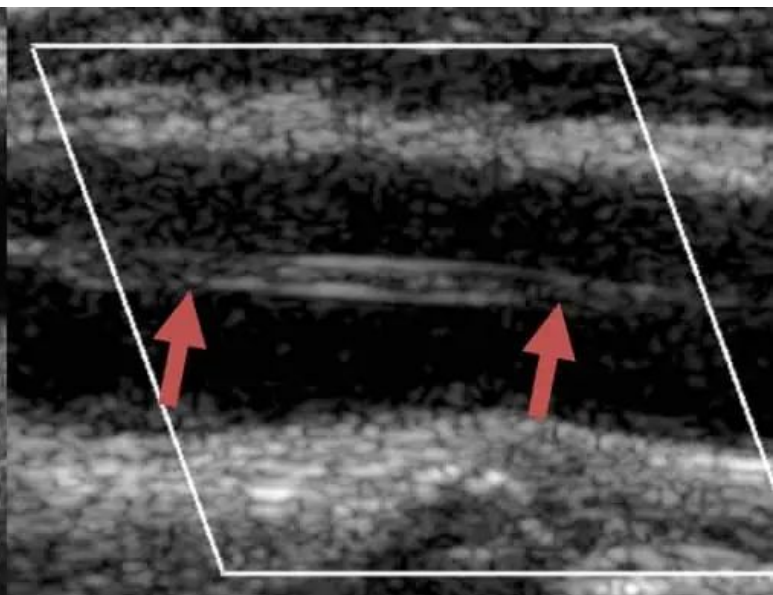
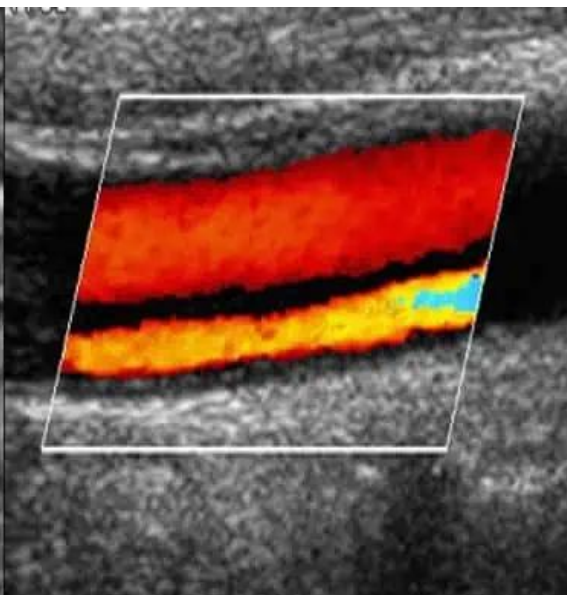
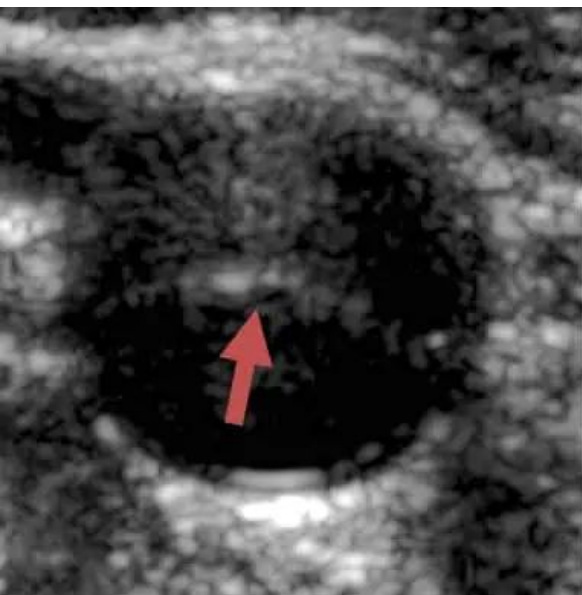


DISECCIÓN CAROTÍDEA

- MODO-B: durante la fase aguda/subaguda, el hallazgo más habitual es ver un hematoma causando una estenosis (imagen hipoecoica y homogénea) o una doble luz con un “flap intimal”
- MODO PW:
 - Luz verdadera: puede tener un flujo estenótico (turbulento, $\uparrow$ VPS) o preoclusivo ($\uparrow$ Índice de resistencia)
 - Luz falsa: flujo disminuido, con resistencias aumentadas, y puede ser retrógrado o bidireccional

CCA dissection





DISECCIÓN VERTEBRAL

- MODO-B: estenosis irregular que habitualmente involucra varios segmentos, o oclusión sin cambios ateroescleróticos visibles.
 - Es poco frecuente visualizar doble luz, flap intimal o hematomas hipoecoicos en la pared del vaso
- MODO PW:
 - Flujo con índice de resistencia aumentado, flujo ausente, flujo amortiguado en segmentos distales

FENÓMENO DEL ROBO DE LA SUBCLAVIA

Ocurre cuando aparece un flujo retrógrado en la arteria vertebral debido a una estenosis en la arteria subclavia ipsilateral.

La extremidad superior recibe sangre de la arteria vertebral ipsilateral a expensas de la circulación cerebral posterior.

Hay que distinguir entre:

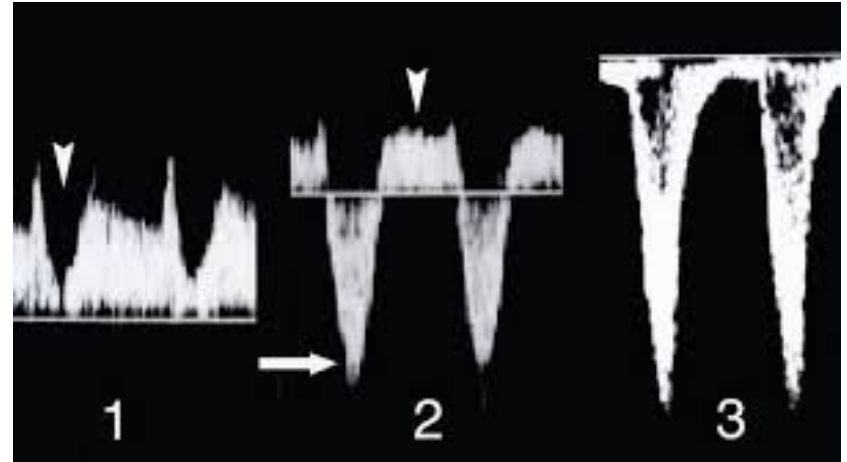
- Fenómeno del robo de la subclavia: paciente asintomático, hallazgo incidental de flujo retrógrado en la arteria vertebral
- Síndrome del robo de la subclavia: fenómeno + (déficits neurológicos focales de la circulación posterior)

FENÓMENO DEL ROBO DE LA SUBCLAVIA

Los cambios hemodinámicos de la arteria vertebral se pueden clasificar en 3 grados:

- GRADO 1 (PRE-ROBO/ROBO LATENTE): flujos con pico sistólico amortiguado, o dividido
- GRADO 2 (ROBO INCOMPLETO): flujo bifásico con sístole retrógrada
- GRADO 3 (ROBO COMPLETO): flujo retrógrado con resistencias aumentadas

Siempre hay que intentar valorar también la arteria basilar en transcraneal



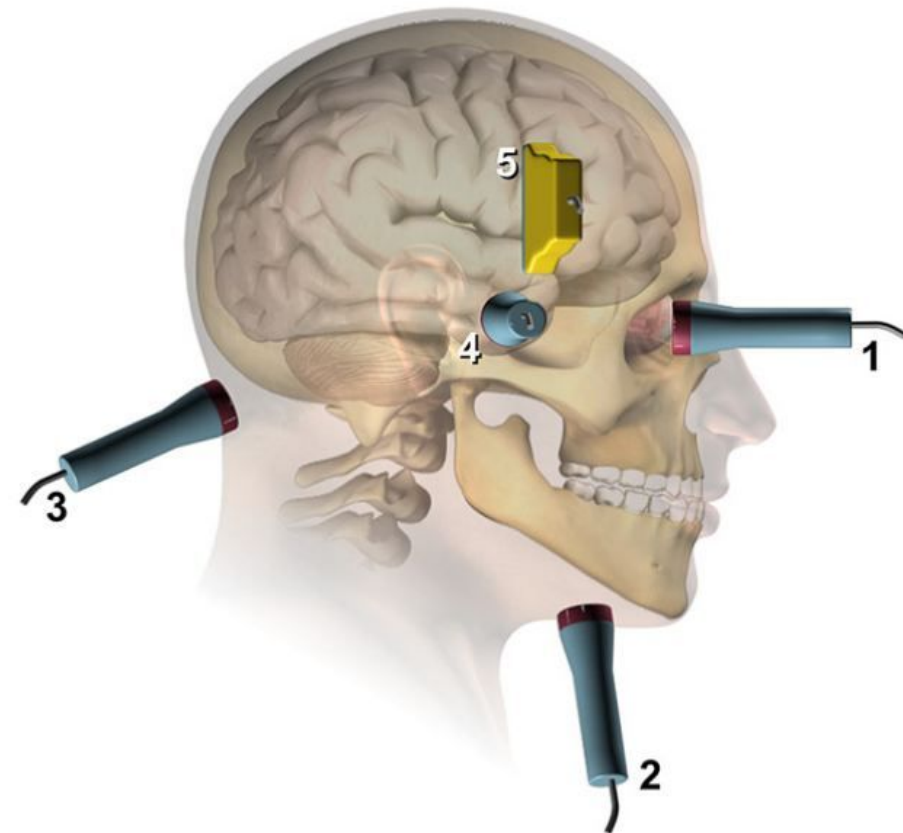
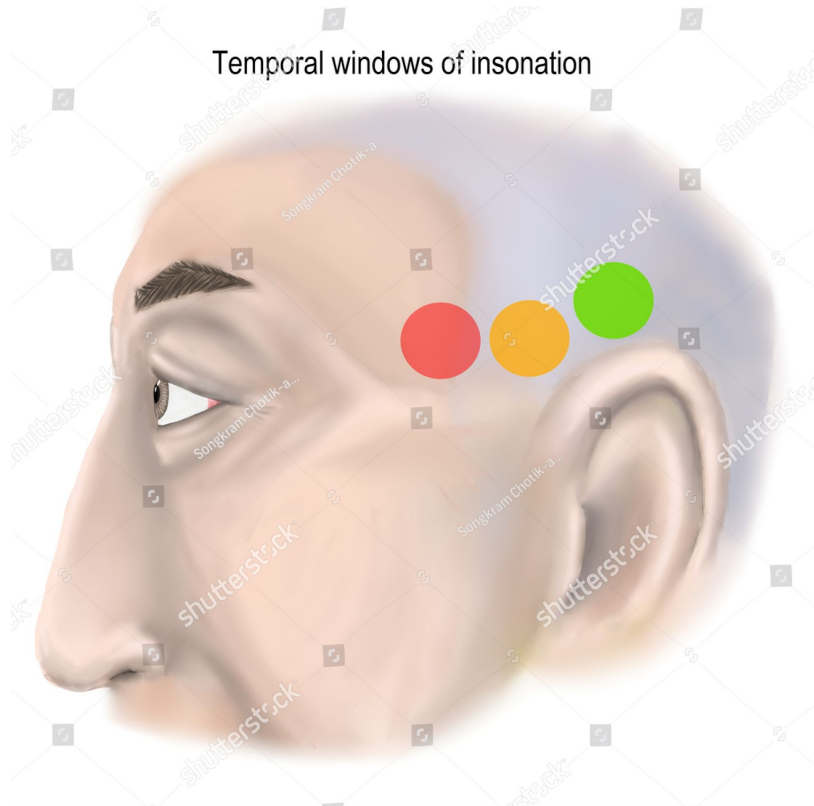
ESTUDIO TRANSCRANEAL

ECOGRAFÍA DOPPLER TRANSCRANEAL - VENTANAS

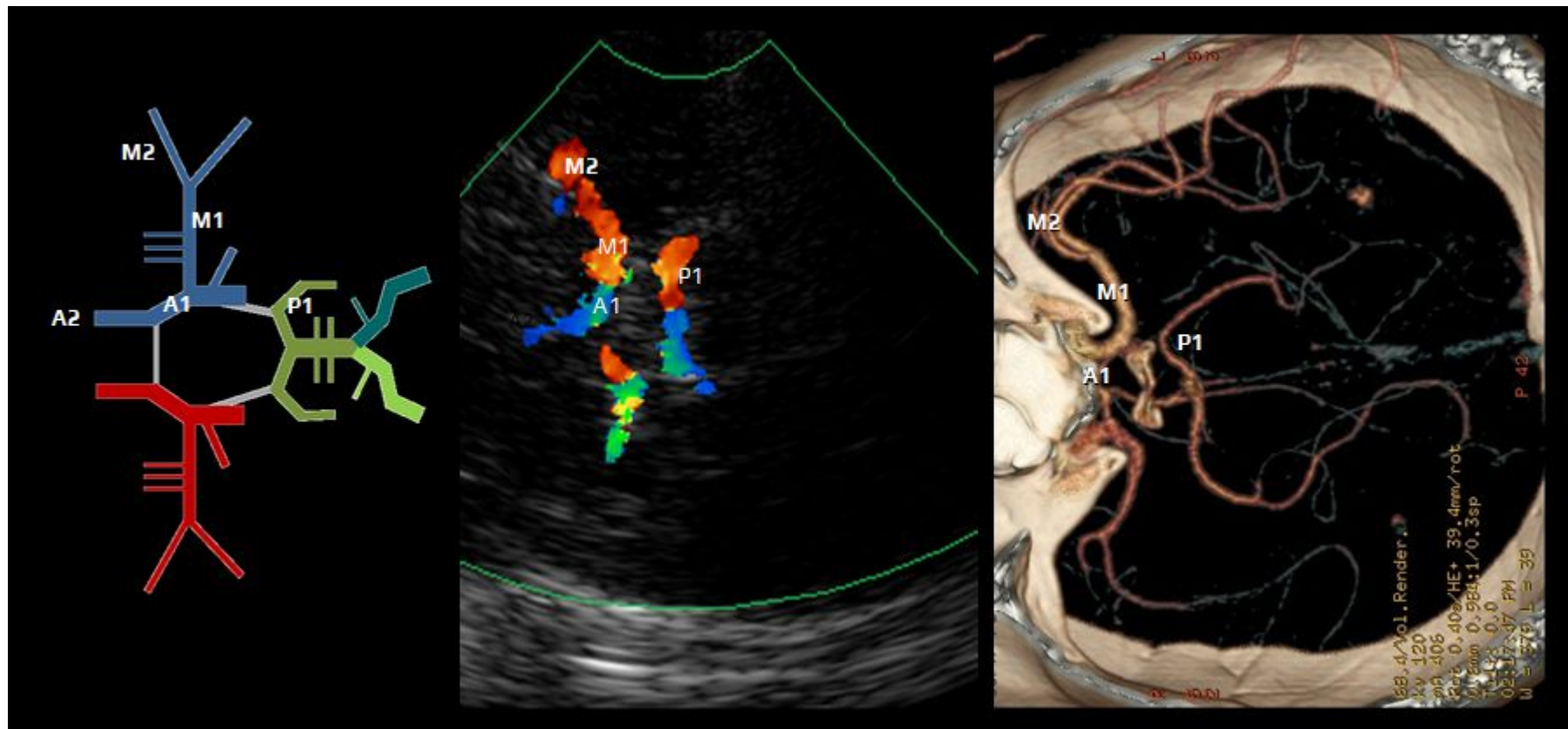
Se utiliza habitualmente un transductor de alta frecuencia colocado sobre ventanas transcraneales específicas (regiones donde se puede visualizar la imagen con la mínima interferencia del hueso)

DOPPLER TRANSCRANIAL - VENTANA TEMPORAL

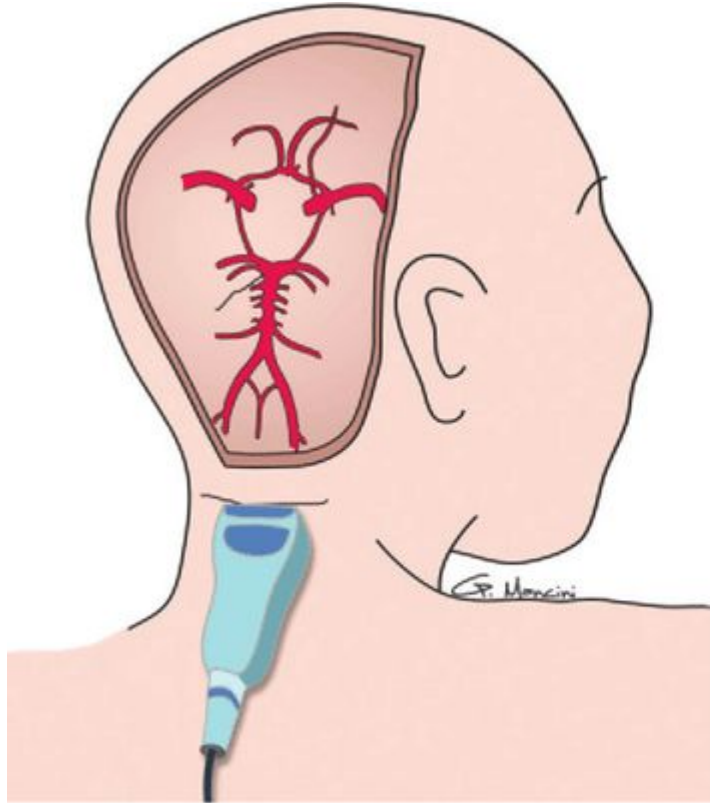
Temporal windows of insonation



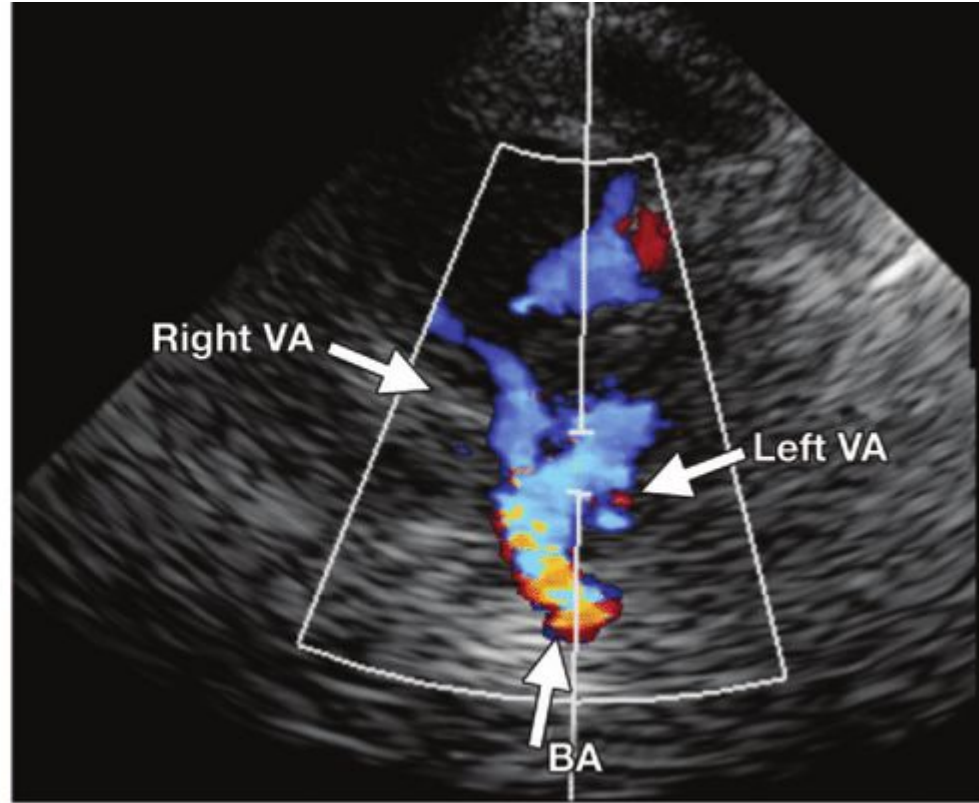
DOPPLER TRANSCRANEAL - VENTANA TEMPORAL



DOPPLER TRANSCRANEAL - VENTANA TRANSFORAMINAL



6.

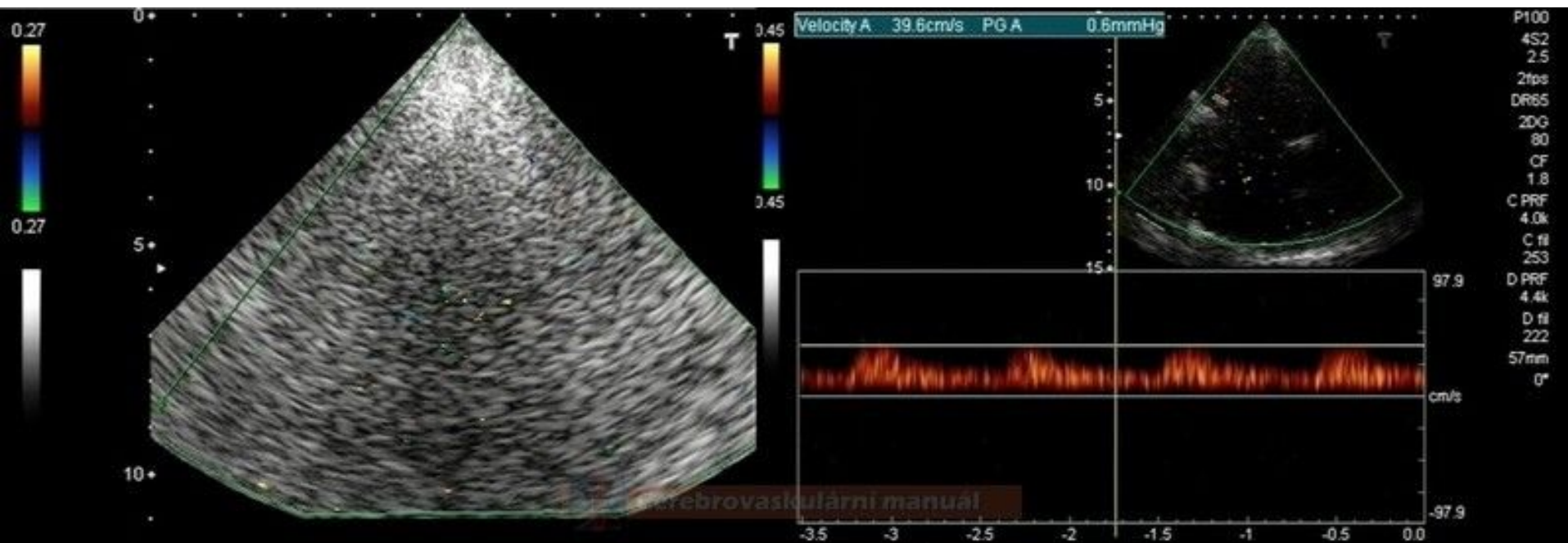


7.

DOPPLER TRANSCRANEAL - CALIDAD DE VENTANAS

En el 5-20% de los casos la hiperostosis craneal puede causar una mala ventana ecográfica, especialmente en la ventana temporal

- La incidencia varía dependiendo de factores como la edad y la etnicidad
- Incluso en ausencia de una señal de flujo, a veces se puede obtener una onda de pulso aceptable
- Sirven de mucha ayuda los contrastes (SONOVUE)

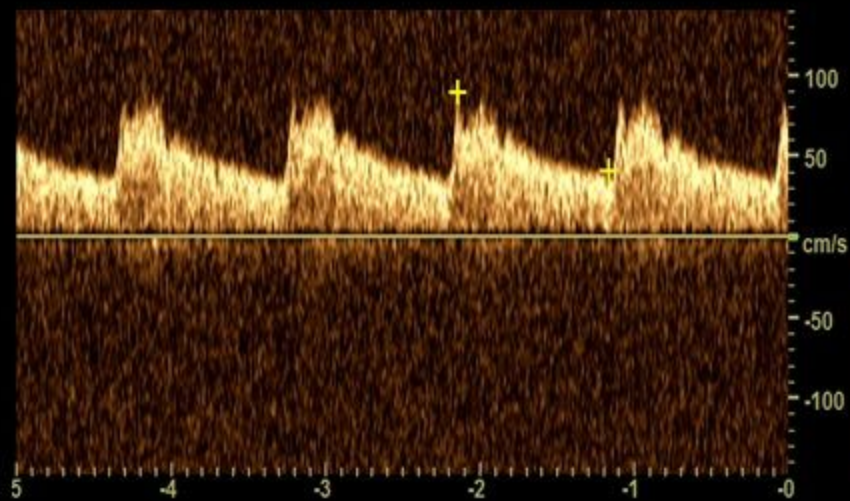


DOPPLER TRANSCRANEAL - HALLAZGOS NORMALES

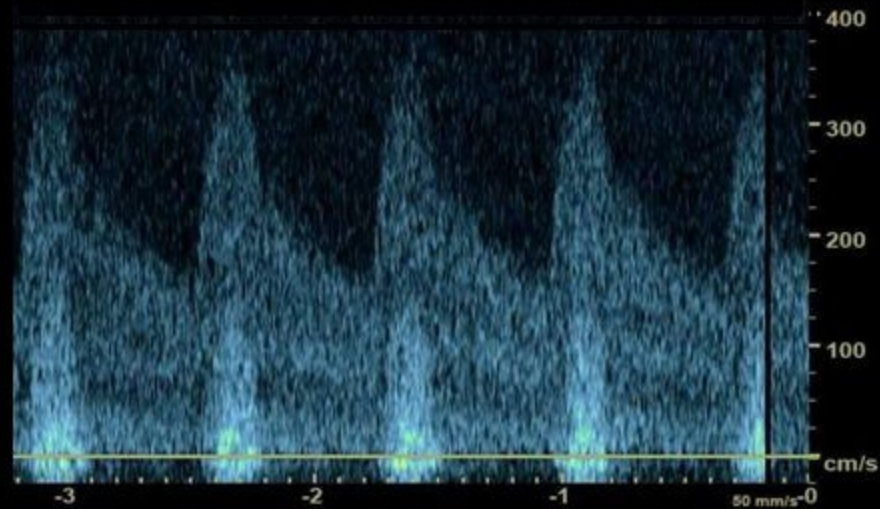
Para evaluar correctamente los flujos intracraneales, hay que tener en cuenta los hallazgos extracraneales (estenosis, oclusiones...) y factores sistémicos que pueden alterar la normalidad de la onda (hipotensión, arritmias, defectos valvulares...)

DOPPLER TRANSCRANEAL - HALLAZGOS NORMALES

- Evaluar el patrón de flujo: laminar o turbulento
- Evaluar la VPS, VTD, índices de resistencia y compararlos con el lado contralateral
- Hallazgos normales:
 - Diferencia interhemisférica < 20-30%
 - VPS: ACM > ACA, ACM > ACP, AB > AV
- Identificar un posible fenómeno del robo de la subclavia
- Detectar posibles HITS (*high-intensity transient signal*): indica la presencia de partículas pequeñas como burbujas o embolias
- Otras alteraciones de la onda (arritmias, defectos valvulares...)

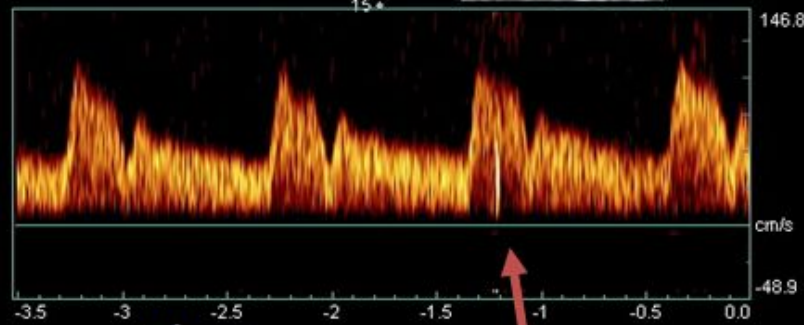
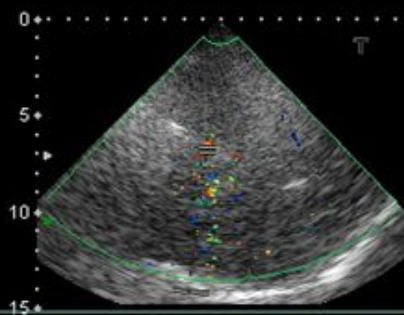


laminar



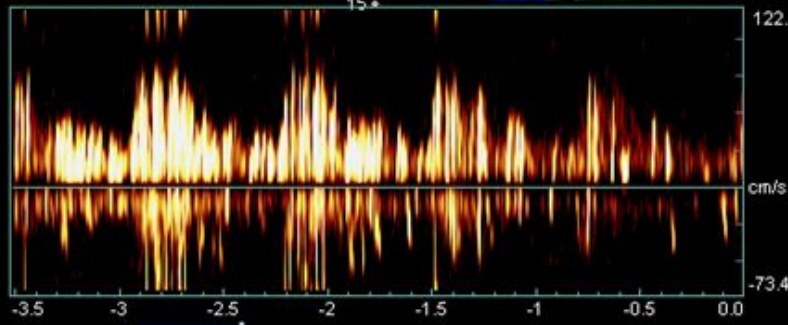
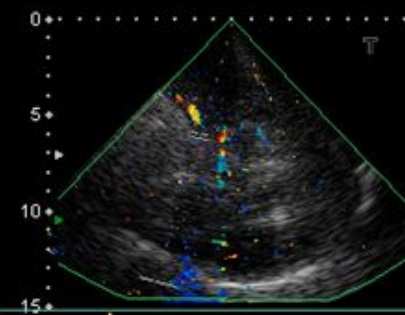
turbulent

0.47
0.47



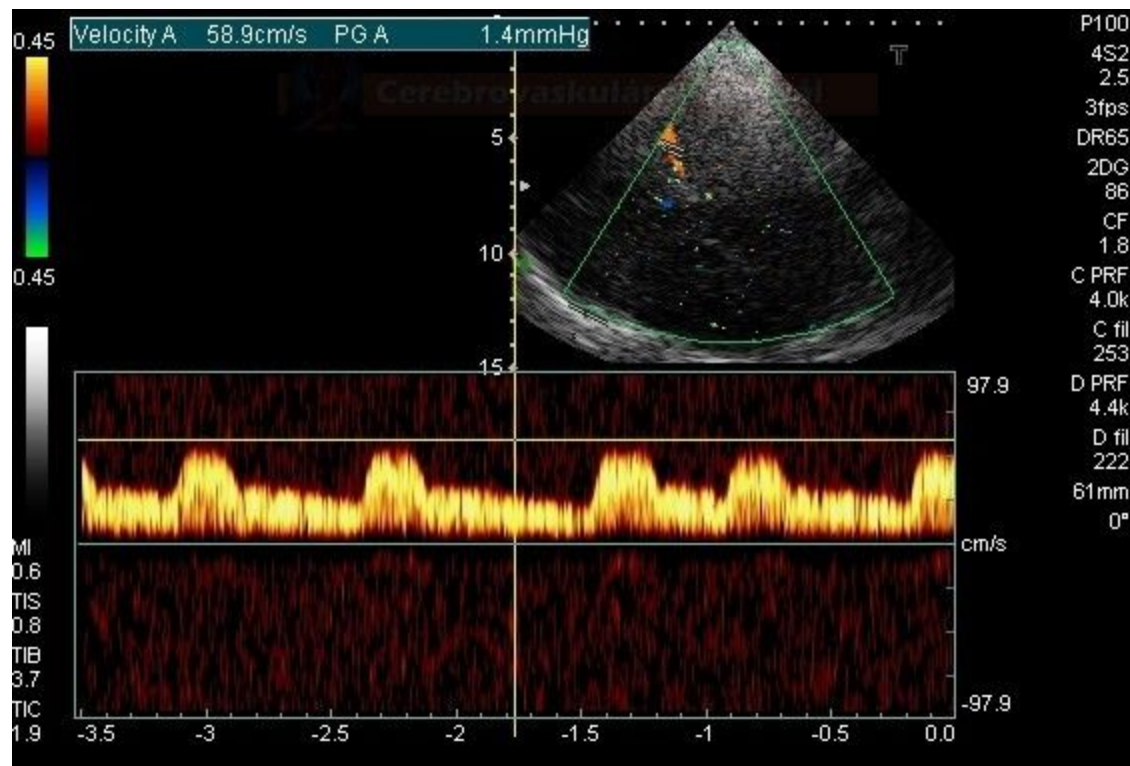
P10C
4S2
2.5
21ps
DR65
2DG
8C
CF
1.8
C PRF0.41
4.4k
C fil
265
D PRF
4.4k
D fil
222
68mm
0°

0.41
0.41



P100
4S2
2.5
21ps
DR65
2DG
80
CF
1.8
C PRF
3.6k
C fil
228
D PRF
4.4k
D fil
222
62mm
0°

0.41
0.41



Average velocities in cm/s (with angle correction) +/- 1 standard deviation (SD)				
Artery	flow velocity and resistance index	age		
		20 – 40 years	40 – 60 years	> 60 years
MCA	PSV (cm/s)	91 -126	84 – 120	78 – 109
	EDV (cm/s)	37 – 70	35 – 61	28 – 48
	RI	0,48-0,59	0,47-0,58	0,5-0,65
ACA	PSV (cm/s)	67-102	62-96	49-91
	EDV (cm/s)	31-50	30-46	25-39
	RI	0,5-0,59	0,48-0,57	0,51-0,6
PCA	PSV (cm/s)	50-78	45-73	41-73
	EDV (cm/s)	21-37	21-35	17-31
	RI	0,48-0,56	0,48-0,56	0,49-0,66
VA	PSV (cm/s)	46-76	38-74	38-62
	EDV (cm/s)	23-43	18-40	14-29
	RI	0,44-0,57	0,44-0,57	0,48-0,63
BA	PSV (cm/s)	48-80	49-82	37-65
	EDV (cm/s)	26-43	19-40	13-25
	RI	0,46-0,56	0,46-0,56	0,5-0,62

EVALUACIÓN DE LA ESTENOSIS INTRACRANEAL

Es necesaria una evaluación MULTIPARAMÉTRICA, no es suficiente con una VPS medida de forma aislada en el segmento estenótico.

SEGMENTO PRE-ESTENOSIS: aumento de índice de resistencia, flujo disminuido

SEGMENTO ESTENÓTICO: Flujo turbulento con $\uparrow$ VPS y fenómeno de *aliasing*

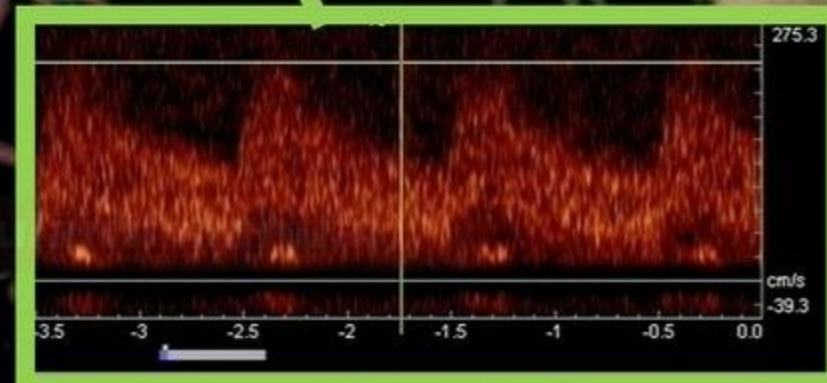
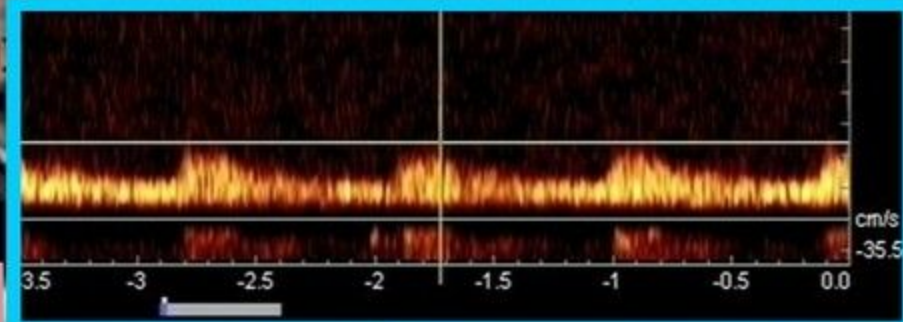
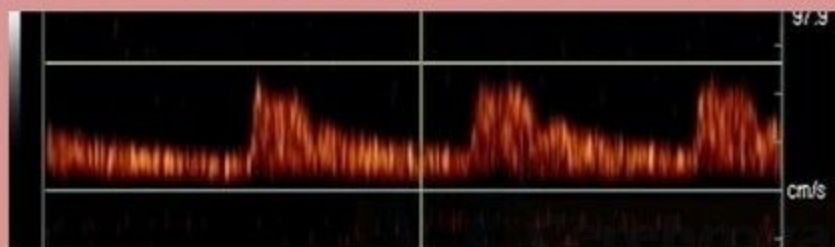
- VPS $> 30\%$ en comparación con contralateral

SEGMENTO POST-ESTENOSIS: $\downarrow$ VPS, disminución de índice de resistencia

33453

3 +c

ma Rendering 1 out



ACM	140-209 cm/s: LEVE 210-279 cm/s: MODERADA > 280 cm/s: GRAVE < 50%: > 155 cm/s > 50%: > 220 cm/s
ACA	> 80 cm/s
ACP	> 70 cm/s
ARTERIA BASILAR	> 60 cm/s
ARTERIA VERTEBRAL	> 50 cm/s

EVALUACIÓN DE LA OCLUSIÓN INTRACRANEAL

Signos de oclusión directos:

- Ausencia de visualización de la arteria en modo color con correcta visualización del resto de arterias
- Flujos alterados o ausentes (criterios TIBI)

Signos de oclusión indirectos:

- ↓VPS y disminución de índice de resistencia en región proximal a la oclusión

EVALUACIÓN DE LA OCLUSIÓN INTRACRANEAL

La clasificación TIBI (*Thrombolysis in brain ischemia*) fue desarrollada para graduar el flujo residual mediante doppler transcraneal.

Se correlaciona con la gravedad inicial del ictus, la recuperación y la mortalidad.

Se limita a los vasos accesibles por la técnica.

	TIBI 0: señal ausente
	TIBI 1: espículas sistólicas de duración y velocidad variables. No señal diastólica
	TIBI 2: aceleración sistólica aplanada, velocidad diastólica positiva e índice de pulsatilidad < 1.2
	TIBI 3: aceleración sistólica normal, velocidad diastólica positiva, velocidades medias $< 30\%$ respecto al lado contralateral
	TIBI 4: velocidad media $> 30\%$ respecto al lado contralateral y signos de turbulencia o > 80 cm/seg de velocidad media
	TIBI 5: señal comparable al lado contralateral o lado sano

Figura 3. Patrones de flujo TIBI (*Thrombolysis In Brain Ischemia*). Modificado de Demchuk y col²⁴.

Recanalization assessment *[Clotbust, 2007]*

Complete recanalization

TIBI 4-5

Partial recanalization

increase of TIBI by ≥ 1 grade (but not to 4 or 5)

Reocclusion

decrease of TIBI by ≤ 1 grade

TEST DE BURBUJAS

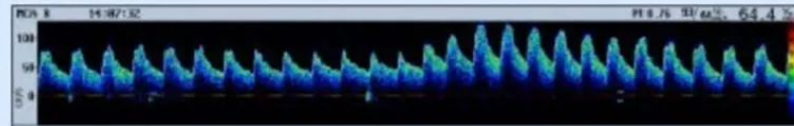


Sirve para demostrar un shunt derecha-izquierda (por ejemplo un foramen oval permeable) simulando un embolismo paradójico.

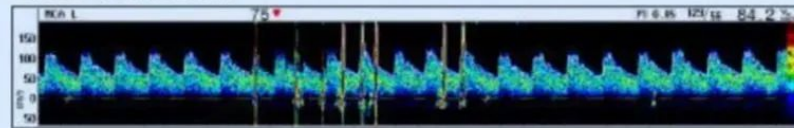
CÓMO REALIZARLO:

- El paciente (con vía venosa) colocado en decúbito supino.
- Encontramos la ACM.
- Utilizamos 2 jeringas de 10ml conectadas a través de una llave de 3 pasos.
- Llenamos una jeringa de 9ml de SSF y la otra de 1ml de aire.
- Mezclamos de forma enérgica la mezcla entre las dos jeringas pasando el contenido de una a otra al menos 10 veces.
- Inyectamos la suspensión de microburbujas inmediatamente.
- Repetimos otra vez el proceso, pero ahora el paciente realizará maniobra de Valsalva durante 5-10s y en los últimos 1-2s inyectamos la suspensión de microburbujas.
- Controlamos la eficacia de la MV comprobando que la onda de velocidad de la ACM disminuye respecto al valor basal.

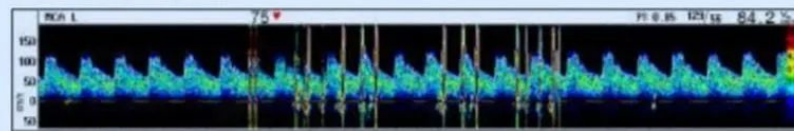
DTC normal



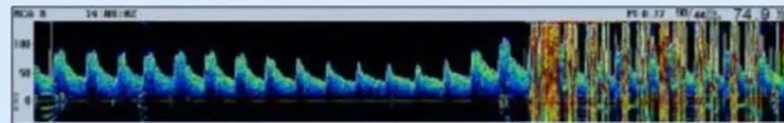
Shunt < 10 señales



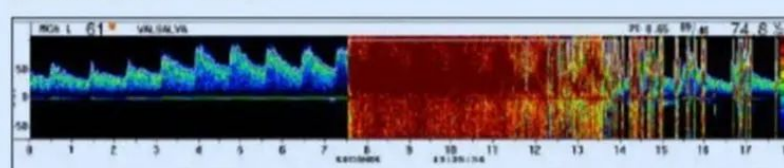
Shunt > 10 señales



Shunt masivo: "Ducha"



Shunt masivo: "Cortina"



GRACIAS!!