

Congresso Nazionale ANCE
Sorrento 10-13 Ottobre 2019

Stenosi Carotidea

Dalla Valutazione Clinica All'Imaging
Colordoppler

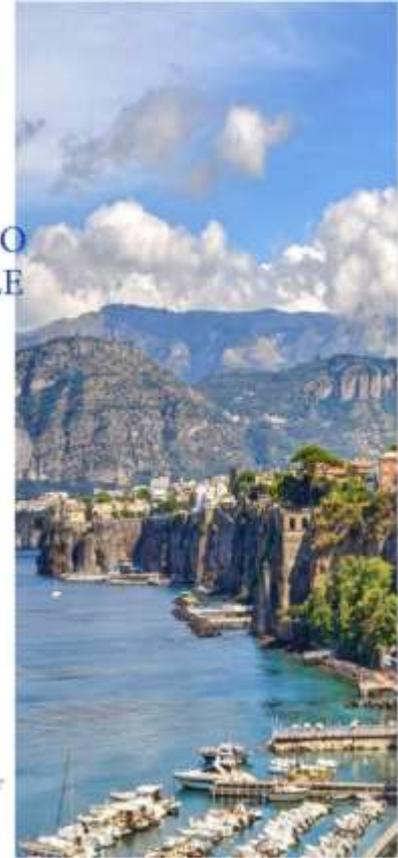
Giuseppe Lantone



XXIX
CONGRESSO
NAZIONALE
ANCE

10 - 13
OTTOBRE '19

*Centro Congressi
Hilton Sorrento Palace
Sorrento (NA)*



DEFINIZIONE: la malattia cerebrovascolare è la seconda causa di morte cardiovascolare ed è una patologia che interessa le arterie deputate all'irrorazione del cervello, in particolare carotidi e vertebrali. Tali arterie vengono interessate più frequentemente dall'arteriosclerosi con la progressiva riduzione del calibro del vaso (stenosi – vedi fig 1) ad opera di placche. Tali lesioni possono progredire fino alla completa occlusione del vaso (trombosi) o frammentarsi dando origine a fenomeni embolici che possono determinare occlusione di vasi più piccoli. I fenomeni embolici possono anche provenire da altre sedi come per esempio dal cuore. In entrambi i casi il risultato è la riduzione o cessazione di flusso ematico in alcuni segmenti del cervello. Conseguenze di tali eventi variano a seconda dell'estensione e dell'importanza del tessuto cerebrale colpito. I quadri clinici possono essere diversi e il paziente potrà avere dei disturbi sensoriali (cecità improvvisa ad un occhio, formicolii e/o perdita della sensibilità ad un arto) o motori (deficit di forza ad un arto o di metà corpo, deviazione della rima buccale, impaccio con la parola, difficoltà a scrivere). L'aspetto che contraddistingue tali eventi è la brusca insorgenza, che spesso coglie il paziente in pieno benessere e che possono manifestarsi in modo transitorio o permanente.

- TIA (attacco ischemico transitorio) è un quadro di ischemia cerebrale reversibile. Tale manifestazione clinica non deve essere assolutamente sottovalutata poiché può essere solo preludio di un evento ben più grave che è l'ictus.

- ICTUS (colpo) si differenzia dal TIA per la sua irreversibilità.

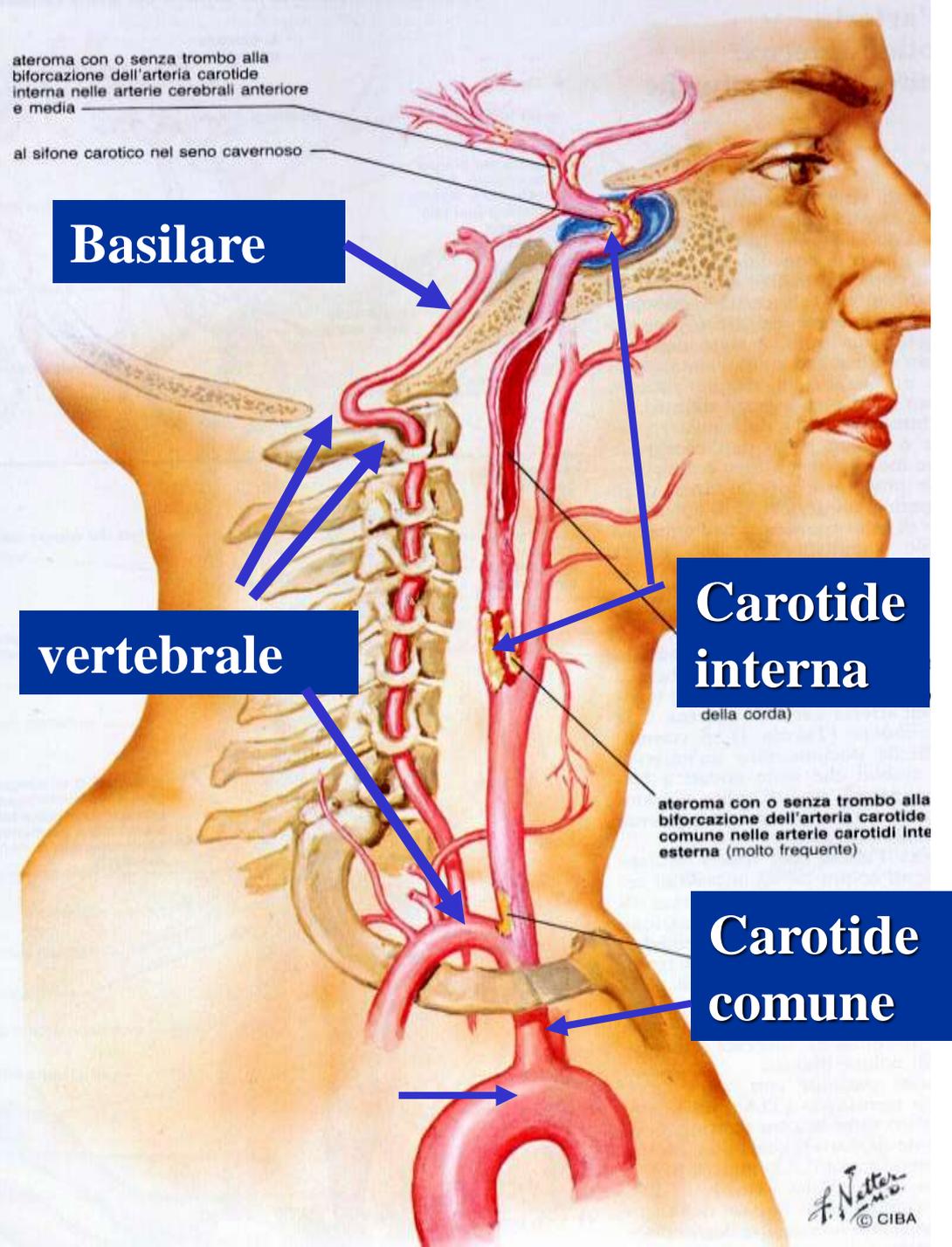
- Va sottolineato che la malattia cerebrovascolare può essere causa di morte o di invalidità del paziente con pesanti conseguenze cliniche e socio- economiche sul paziente stesso, la sua famiglia e l'intera società. Compito della terapia, medica o chirurgica, è quello di prevenire che tali eventi si verifichino (paziente asintomatico) o che non si manifestino di nuovo con conseguenze talora fatali (paziente sintomatico). Il cardine della terapia medica si basa sul fatto che rendendo il sangue più fluido con vari presidi (antiaggreganti, anticoagulanti) si cerca di ridurre la

- probabilità che tali eventi si verifichino. La terapia medica trova indicazione qualora la malattia cerebrovascolare colpisca i piccoli vasi cerebrali che non possono essere trattati con la chirurgia oppure per stenosi carotidee e/o vertebrali non importanti.

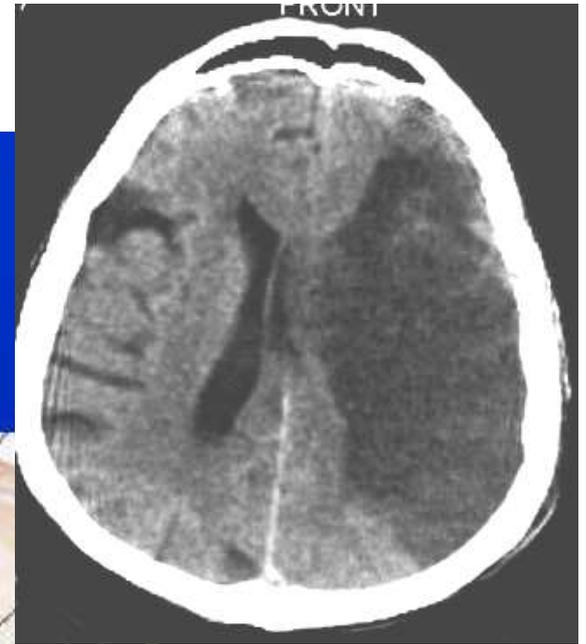
Infarto aterotrombotico

dei vasi di grosso
calibro del circolo
cerebrale: sede di
formazione degli
ateromi

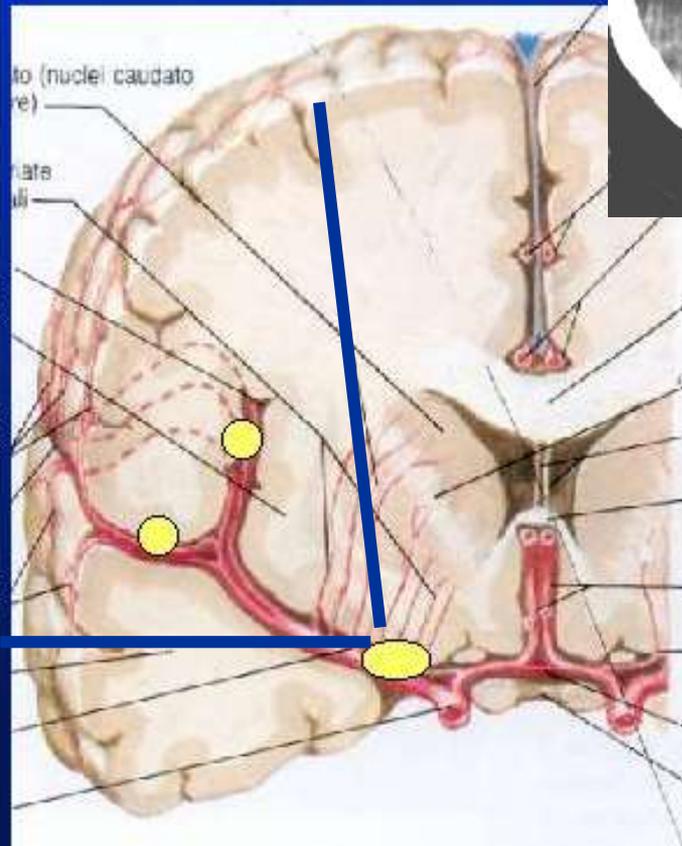
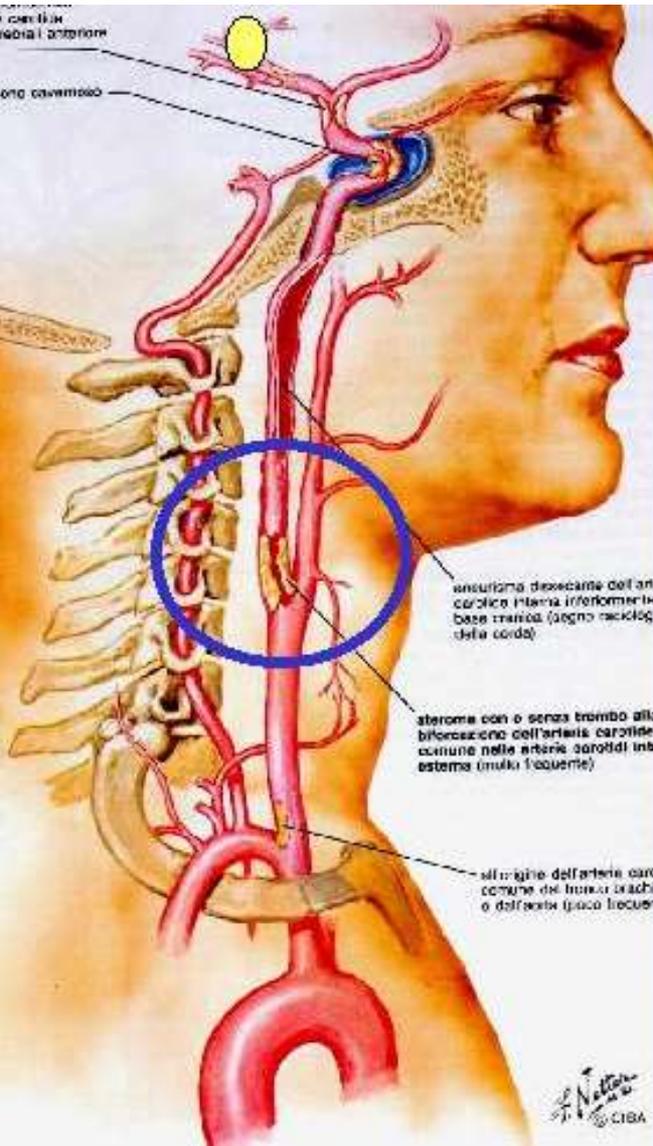
ipertensione arteriosa
diabete mellito
dislipidemia
fumo



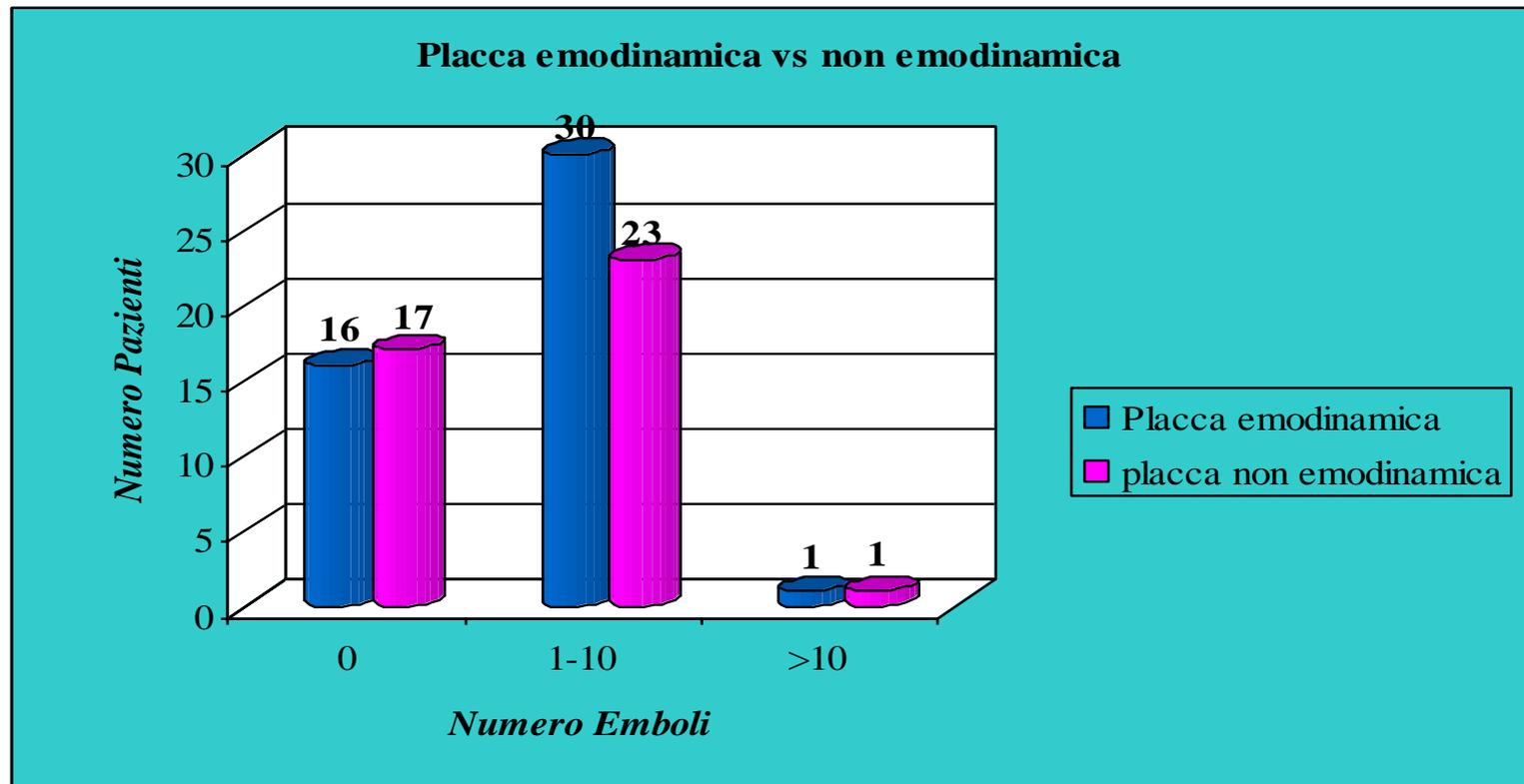
- EMIPLEGIA FBC
- AFASIA



**Infarto totale
ACM di sx**



MES



guida “SPREAD” (Stroke Prevention and Educational Awareness Diffusion) del 2012, che ha ottenuto il miglior punteggio ed è stata inoltre considerata più applicabile al sistema sanitario italiano (Allegato 3). Per alcuni aspetti specifici del percorso assistenziale, il GdL ha deciso di prendere in considerazione anche le raccomandazioni presenti nelle linee guida delle Società Scientifiche ASA/ACCF/AHA/AANN/AANS/ACR/ASNR/CNS/SAIP/SCAI/SIR/SNIS/SVM/SVS (2011), in quelle della SVS (2011), della ESC (2011), della ESVS (2012) e della SICVE (2014). Infine, il GdL ha deciso di prendere in considerazione le raccomandazioni delle ultime linee guida dell’AHA e dell’ASA sulla prevenzione primaria dello stroke, che sono state pubblicate dopo la valutazione del GdL (2014).

Metodologia di ricerca e valutazione della letteratura

Come raccomandato dalle più recenti ed accreditate linee guida nazionali ed europee sulla realizzazione dei percorsi assistenziali sanitari **[se disponibile dovrebbe essere anche o in alternativa inserito il riferimento ad eventuali documenti di Istruzione**

Operativa/Raccomandazione Aziendale sui PA], il GdL ha preliminarmente eseguito la revisione della letteratura e la ricerca delle Linee Guida Nazionali e Internazionali attraverso le seguenti parole chiave: carotid stenosis (C.S.), C.S. treatment, C.S. guidelines, C.S. angioplasty, C.S. stenting, C.S. endarterectomy, inserendo i seguenti limiti: "English, Italian, published in the last 5 years, Humans, Practice Guideline".

Sono state consultate le seguenti Banche Dati: NCG (National Guideline Clearinghouse), NeLH GF (National Electronic Library for Health Guidelines Finder), SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network), PNLG (Piano Nazionale Linee Guida), Medline.

Le linee guida di interesse sono state preliminarmente identificate attraverso la ricerca bibliografica delle fonti citate e sono state successivamente valutate sulla base dei criteri proposti da Grilli et al. (Allegato 1) e dei criteri AGREE II (Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation) (Allegato 2).

Il processo globale di valutazione delle linee guida si è concluso con la scelta della linea guida "SPREAD" (Stroke Prevention and Educational Awareness Diffusion) del 2012, che ha ottenuto il miglior punteggio ed è stata inoltre considerata più applicabile al sistema sanitario italiano (Allegato 3). Per alcuni aspetti specifici del percorso assistenziale, il GdL ha deciso di prendere in considerazione anche le raccomandazioni presenti nelle linee guida delle Società Scientifiche ASA/ACCF/AHA/AANN/AANS/ACR/ASNR/CNS/SAIP/SCAI/SIR/SNIS/SVM/SVS (2011), in quelle della SVS (2011), della ESC (2011), della ESVS (2012) e della SICVE (2014).

Infine, il GdL ha deciso di prendere in considerazione le raccomandazioni delle ultime linee guida dell'AHA e dell'ASA sulla prevenzione primaria dello stroke, che sono state pubblicate dopo la valutazione del GdL (2014).

Indicazioni e priorità per l'esecuzione dell'ecocolorDoppler dei tronchi sopraortici nel paziente asintomatico

- **CLASSE U (URGENTE: IL PRIMA POSSIBILE)**

- Priorità non prevista perché riservata a pazienti sintomatici

- **CLASSE B (BREVE: ENTRO 10 GIORNI)**

- Priorità non prevista perché riservata a soggetti sintomatici

- **CLASSE D (DIFFERITA: ENTRO 60 GIORNI)** ○ Paziente asintomatico/a candidato/a a:

- Interventi di chirurgia maggiore (pazienti a rischio cardiovascolare alto o molto alto) (vedi par. 6.1.2)

- Coronarografia

- Soffio laterocervicale in paziente a rischio cardiovascolare alto o molto alto

(vedi par. 6.1.2)

- **CLASSE P (PROGRAMMABILE: ENTRO 180 GIORNI)**

- Riscontro di soffio laterocervicale

- Età > 65 anni

- Storia personale di pregressi eventi cardiovascolari maggiori (infarto miocardico acuto, TIA/ictus) o equivalenti di coronaropatia (aneurisma dell'aorta addominale, arteriopatia periferica)

- Presenza di fattori di rischio di aterosclerosi (fumo, diabete mellito, ipertensione arteriosa, dislipidemia, insufficienza renale cronica)
- Storia personale di terapia radiante al collo

- **Esame di controllo/follow-up:** la tempistica degli esami di controllo è regolata dai criteri della programmazione prevista per ogni specifico follow-up per le seguenti indicazioni:

- Presenza documentata di ispessimento intimale diffuso e/o placche delle arterie carotidi

Definizione del rischio cardiovascolare elevato o molto elevato

Si intendono pazienti ad elevato rischio cardiovascolare quelli con:

- Rischio per evento cardiovascolare fatale a 10 anni ≥ 5 e $< 10\%$
(SCORE)

- (secondo linee guida ESC/EAS)

- Dislipidemie familiari

- Ipertensione grave

- Diabete mellito senza fattori di rischio cardiovascolare e senza danno d'organo

- Insufficienza renale cronica moderata (FG 30-59 ml/min/1,73 m²)

• Si intendono pazienti ad elevato rischio cardiovascolare quelli con:

- Rischio per evento cardiovascolare fatale a 10 anni $\geq 10\%$

(SCORE)

- Malattia coronarica sintomatica o asintomatica o ictus ischemico o arteriopatia

- periferica

- Diabete mellito con uno o più fattori di rischio cardiovascolare e/o markers di danno

- d'organo (come la microalbuminuria)

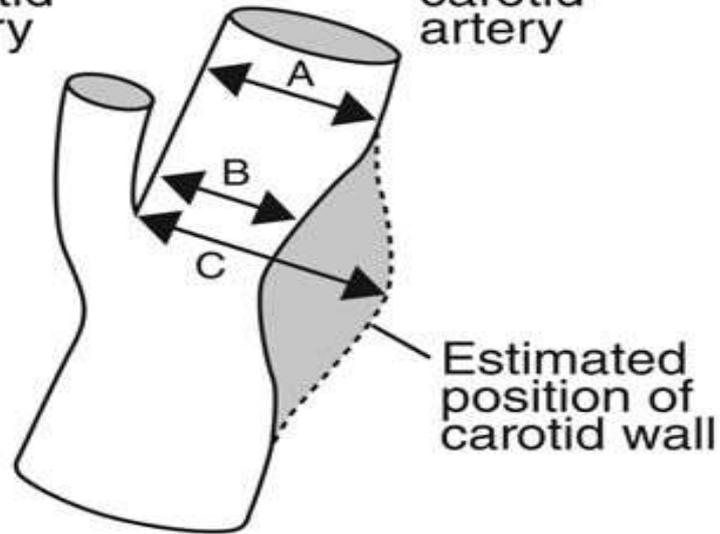
- Insufficienza renale cronica grave (FG 15-29 ml/min/1,73 m²)

Valutazione clinica

In tutti i pazienti con sintomi neurologici di ischemia cerebrale è indicata una visita neurologica per stabilire se i sintomi sono riferibili al territorio carotideo (manifestazioni emisferiche o oculari) o ad altro territorio interessato. Più frequentemente l'eziopatogenesi è embolica a partenza dalla placca carotidea, mentre più di rado le manifestazioni neurologiche sono il risultato di ipoperfusione cerebrale (ad esempio in caso di grave stenosi carotidea e ipotensione concomitante) e in tal caso i TIA sono chiamati “a basso flusso”, mentre le manifestazioni cerebrali ischemiche permanenti sono definiti “ictus emodinamici”.

External
carotid
artery

Internal
carotid
artery



Common carotid artery

$$\text{NASCET } \frac{A-B}{A}$$

$$\text{ECST } \frac{C-B}{C}$$

| NASCET | ECST |
|--------|------|
| 30 | 65 |
| 40 | 70 |
| 50 | 75 |
| 60 | 80 |
| 70 | 85 |
| 80 | 91 |
| 90 | 97 |

Approximate equivalent degrees of internal carotid artery stenosis used in NASCET and ECST according

Sono disponibili, in letteratura, delle tabelle di equivalenza tra grado di stenosi misurato tramite angiografia e grado di stenosi misurato tramite analisi spettrale Doppler. I criteri diagnostici ed i relativi valori soglia velocimetrici più accettati e prevalentemente adottati sono i seguenti:

PSV ICA

(cm/s)

EDV ICA

(cm/s)

R

(PSV ICA /PSV CCA)

| PSV ICA (cm/s) | EDV ICA (cm/s) | R (PSV ICA /PSV CCA) | STENOSI % |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------|
| < 125 | <140 | | < 50 |
| ≥ 125 | < 140 | < 3,2 | 50-59 |
| ≥ 125 | < 140 | 3,2-4,0 | 60-69 |
| ≥ 125 | < 140 | < 4,0 | 70-79 |
| ≥ 125 | ≥ 140 | > 4,0 | 80-99 |
| 0 | 0 | - | 100 |

PSV = Peak Systolic Velocity (velocità di picco sistolico); ICA = Internal Carotid Artery (arteria carotide interna)
 cm/s = centimetri al secondo; EDV = End Diastolic Velocity (velocità di fine diastole); CCA = Common Carotid
 Artery (arteria carotide comune)

Riscontro di stenosi carotidea asintomatica $\geq 50\%$ e $< 70\%$ monolaterale e senza occlusione controlaterale (Processo 2)

o Il medico esaminatore di regola riaffida il paziente al collega prescrittore o Angiologo indicando la cadenza del successivo ecocolorDoppler di controllo:

- il controllo successivo dovrà essere eseguito preferibilmente dopo 6 mesi.
- o Il medico prescrittore o, facoltativamente, anche il medico esaminatore dovrà:
 - valutare il rischio cardiovascolare del/della paziente;
 - prescrivere eventualmente gli accertamenti diagnostici necessari per una adeguata valutazione del rischio cardiovascolare del/della paziente;
 - fornire al/alla paziente gli adeguati consigli ed eventuali prescrizioni per il controllo non farmacologico e/o farmacologico dei fattori di rischio per aterosclerosi
 - prescrivere l'ecocolorDoppler di controllo, compilando in tutte le sue parti l'impegnativa regionale.

o Il/la Paziente può quindi prenotare l'appuntamento, nei modi consentiti dall'Azienda Sanitaria scelta.

• *Riscontro di stenosi carotidea asintomatica $\geq 70\%$ oppure $\geq 60\%$ con occlusione controlaterale oppure $\geq 60\%$ bilaterale*

o Il medico prescrittore o esaminatore deve affidare il paziente a un Centro Specialistico di Chirurgia Vascolare e quindi compila un'impegnativa per visita chirurgica vascolare con classe di priorità B.

6.5 Trattamento medico

La gestione del paziente con stenosi carotidea asintomatica $> 50\%$ dovrebbe includere

malattia carotidea

ruolo delle metodiche ultrasonografiche

Valutare le
stenosi
della
carotide
interna



Guideline on the Management of Patients With Extracranial Carotid and Vertebral Artery

Disease: A Report of the American College of Cardiology, A SVS
ASA/ACCF/AHA/AANN/AANS/ACR/
ASNR/CNS/SAIP/SCAI/SIR/SNIS/SVM/

J. Am. Coll. Cardiol.

2011;57;e16-e94; originally published online Jan 31,

2011

**Carotid Artery Stenosis:
Gray-Scale and Doppler US
Diagnosis—
Society of
Radiologists in Ultrasound
Consensus Conference¹**

© RSNA,

2003

Valutare le stenosi della carotide interna

Una stenosi è un restringimento segmentale di un vaso

Responsabile di ISCHEMIA CEREBRALE

SINTOMATICA: Da riferire a una stenosi carotidea possibilmente trattabile per evitare sia recidiva che peggioramento (Carotid Artery Disease Extracranial atherosclerotic disease accounts for up to 15% to 20% of all ischemic strokes). There was a clear correlation between the degree of stenosis and the risk of stroke in the **NASCET** (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) (70), but the relationship between stroke risk and severity of stenosis in asymptomatic patients was less clear in other studies. **After 18 months of medical therapy** without revascularization, **stroke rates** were **19%** in those with **70% to 79%** initial stenosis, **28%** in those with **80% to 89%** stenosis, and **33%** in the **90% to 99%** stenosis group, and the **risk diminished with near-occlusion**

POTENZIALE quando **ASINTOMATICA-Da prevenire tramite un trattamento preventivo** grazie al riconoscimento precoce delle stenosi carotidiche asintomatiche. In **ACAS** (Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study) and **ACST** (Asymptomatic Carotid Trial), asymptomatic patients with **60% to 80%** stenosis had **higher stroke rates than** those with **more severe stenosis** (71,72). **However, medical therapy in the era during which these trials were conducted was considerably limited compared with today's standards.**

Valutare le stenosi della carotide interna

Una stenosi è un restringimento segmentale di un vaso

Caratterizzata anato-istologicamente da :

-morphologia

-struttura

« Computer-generated measurements of carotid plaque echogenicity and surface characteristics (smooth, irregular, or ulcerated) have been performed on images obtained from patients with symptomatic or asymptomatic ipsilateral cerebral infarction, but the prognostic value of these features has not been established ». **Guideline on the Management of Patients With Extracranial Carotid and Vertebral Artery Disease: *J. Am. Coll. Cardiol.***

Valutare le stenosi della carotide interna

Una stenosi è un restringimento segmentale di un vaso

Caratterizzata emodinamicamente da: **Ischemia**

-**Effetto emodinamico diretto** della stenosi che riduce portata e pressione in rapporto diretto con il calibro, lunghezza e irregolarità del lume

-**Effetto emodinamico indiretto** della stenosi che spara emboli in rapporto in diretto con il calibro, lunghezza e irregolarità del lume e diretto a Struttura della stenosi.

« **Ultrasonography is an accurate method for measuring the severity of stenosis**, with the caveat that subtotal arterial occlusion may sometimes be mistaken for total occlusion. **Guideline on the Management of Patients With Extracranial Carotid and Vertebral Artery Disease: J. Am. Coll. Cardiol** »

According to a consensus document (136), when ultrasound is used, **50% to 69% stenosis** of the internal carotid artery is associated with sonographically visible plaque and a **peak systolic velocity of 125 to 230 cm/s** in this vessel. Additional criteria include a **ratio of internal to common carotid artery peak systolic velocities between 2 and 4** and an end-diastolic velocity of 40 to 100 cm/s in the internal carotid artery. Nonocclusive **stenosis 70%** in the internal carotid artery is associated with a **peak systolic velocity 230 cm/s** in this vessel and plaque and luminal narrowing visualized by gray-scale and color Doppler sonography. Additional criteria include a **ratio of internal to common carotid artery peak systolic velocity 4** and end-diastolic velocity 100 cm/s in the internal carotid artery **Guideline on the Management of Patients With Extracranial Carotid and Vertebral Artery Disease: J. Am. Coll. Cardiol**

*Ref: La CI va ritenuta **normale** quando la VPS della CI è **meno di 125cm/s** e non si vede ne placca ne spessimento intimale;*

*-**stenosi 50-69%** quando la VPS della CI è **125-230 cm/s** con una placca visibile*

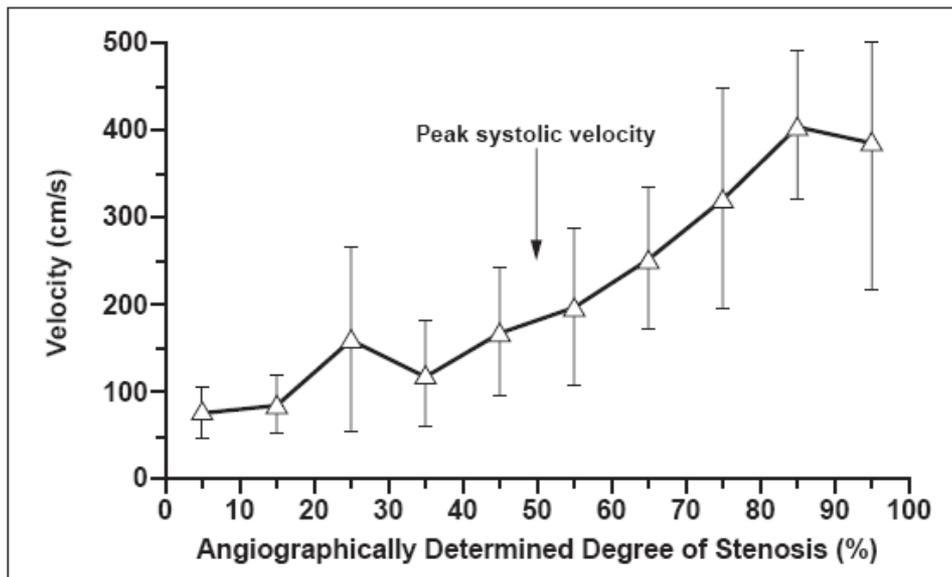
*-**stenosi 70% - occlusione quasi completa** quando la VPS della CI è **> 230- cm/s** e si vede un ristrengimento al Color Doppler ;*

*- **occlusione quasi completa** quando si vede un **forte ristrengimento al Color Doppler**;*

occlusione completa** quando **non si vede lume** alla scala di grigio e ni si registra **valeocità all Doppler spettrale, Pwer e Color.

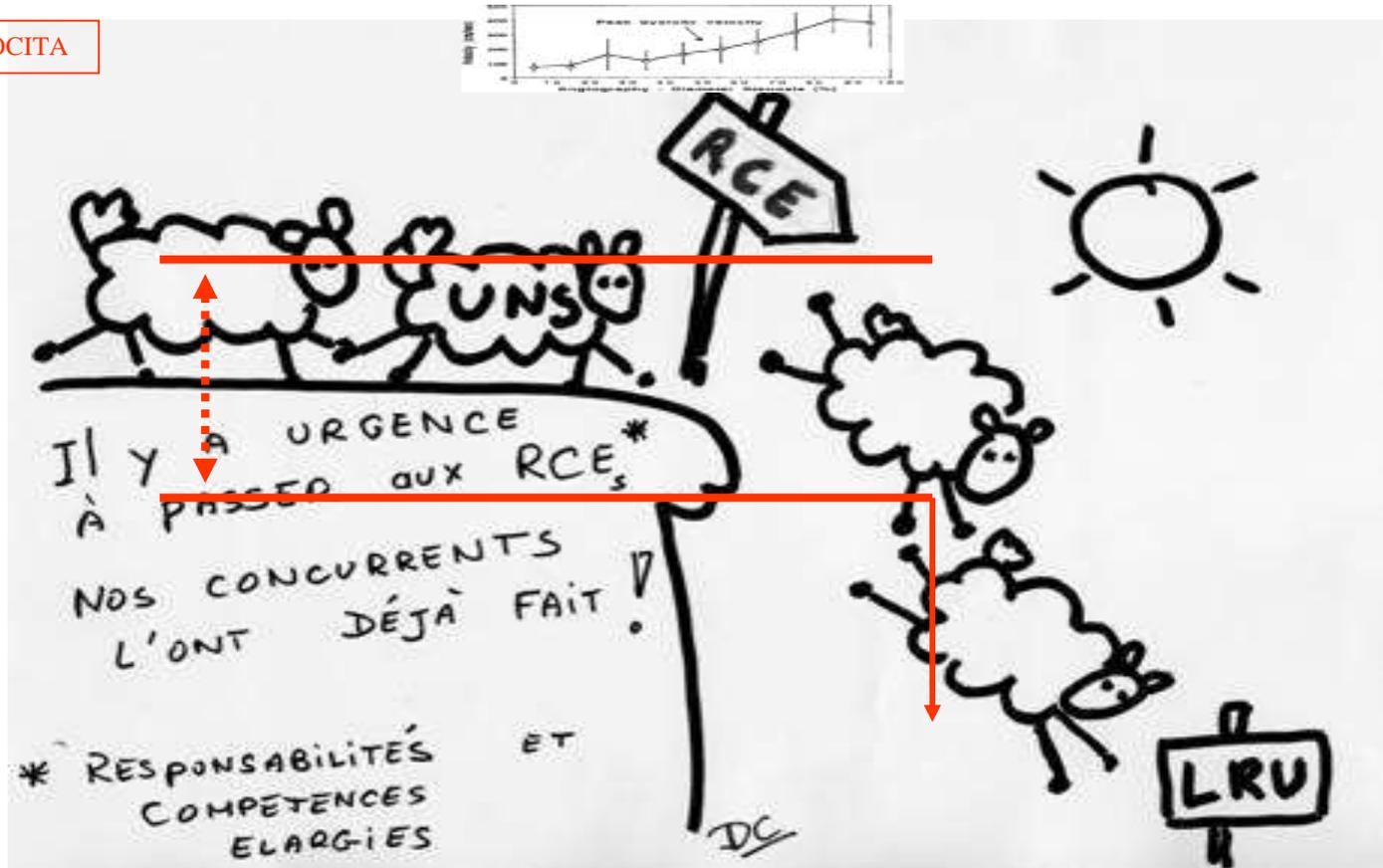
-Carotid Artery Stenosis: Gray-Scale and Doppler US Diagnosis—Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference 1 © RSNA, 2003

« The considerable overlap of velocities associated with stenosis of varying severities may make it difficult to distinguish 70% stenosis from less severe stenosis and supports the use of corroborating vascular imaging methods for more accurate assessment in equivocal or uncertain cases.». **Guideline on the Management of Patients With Extracranial Carotid and Vertebral Artery Disease: *J. Am. Coll. Cardiol***



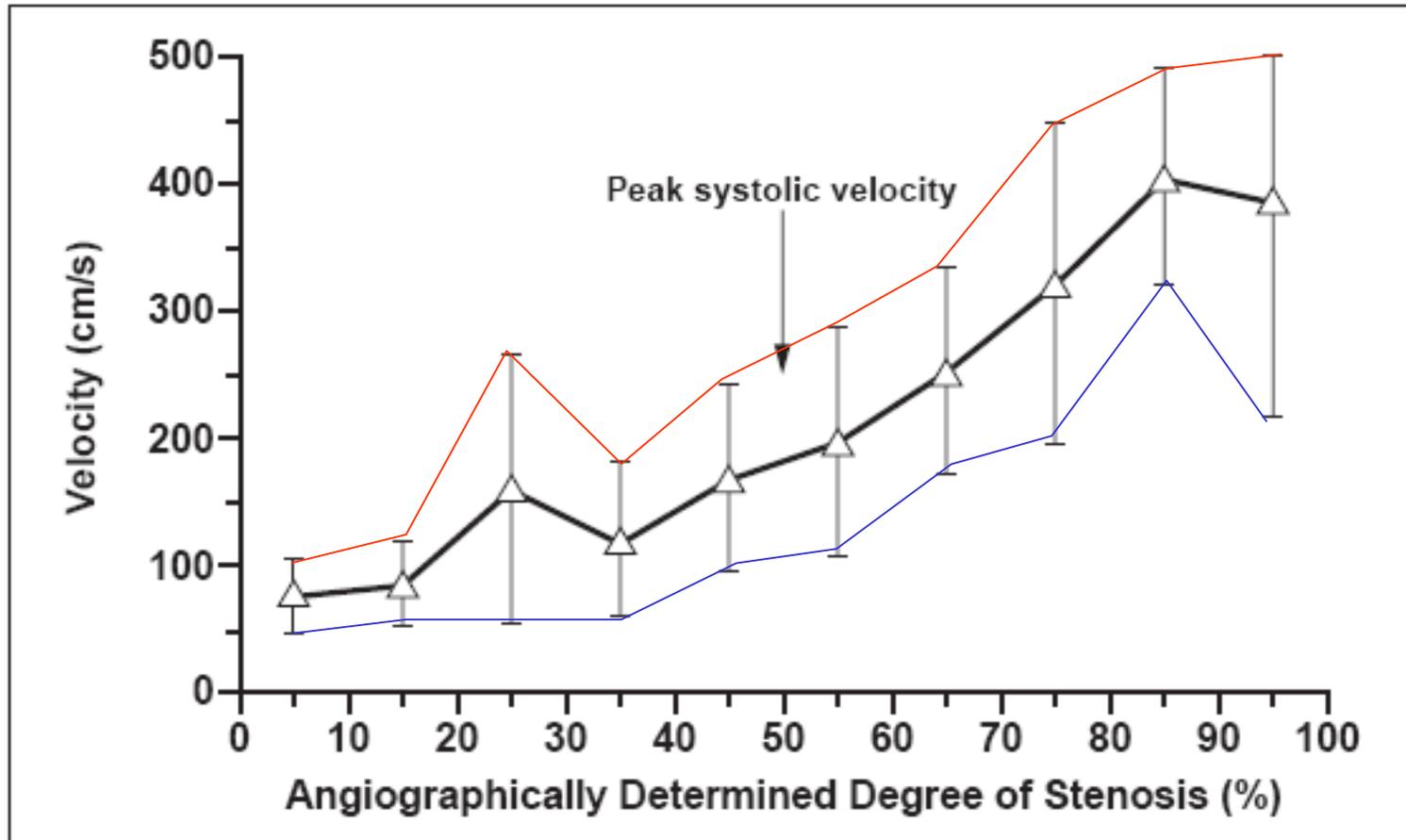
The considerable overlap of velocities associated with stenosis of varying severities may make it difficult to distinguish 70% stenosis from less severe stenosis

ERRORI VELOCITA



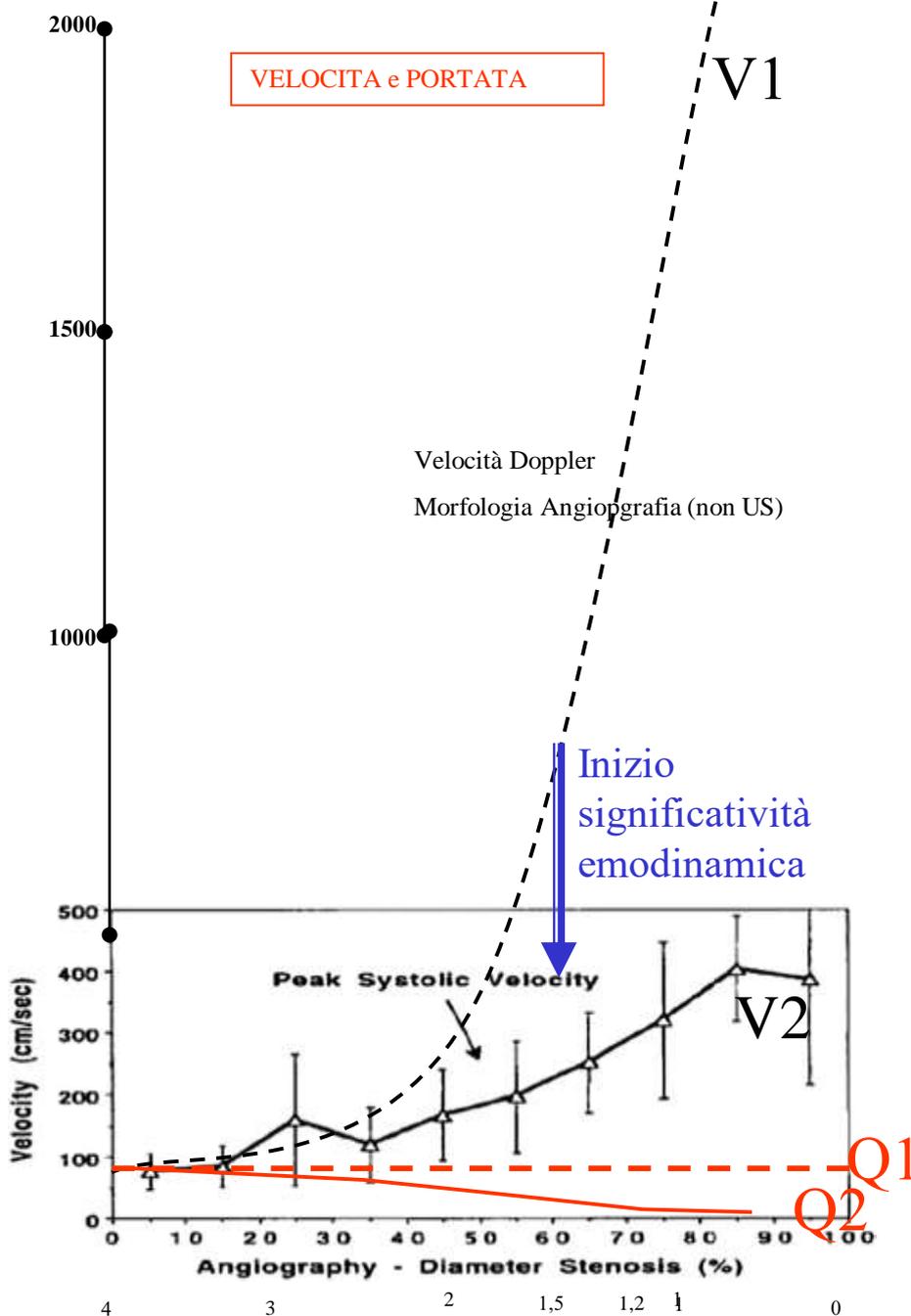
Graph demonstrates the relationship between mean PSV and percentage of stenosis as measured arteriographically. PSV increases with increasing severity of stenosis. Note marked overlap in adjacent categories of stenosis. Error bars 1 SD about the mean. (Reprinted, with permission, from reference 18.)

PERCHE TANTE VARIAZIONI DI MISURA ?



Il valore del calibro del lume ,
INDIPENDENTEMENTE dalla % di
stenosi è SOLO determinato
dal valore emodinamico della
stenosi

C. Franceschi



$$V1 = Q1 / ((1/2 D)^2 \cdot \pi)$$

$$Q1 = Cte$$

$$V2 = Q2 / ((1/2 D)^2 \cdot \pi)$$

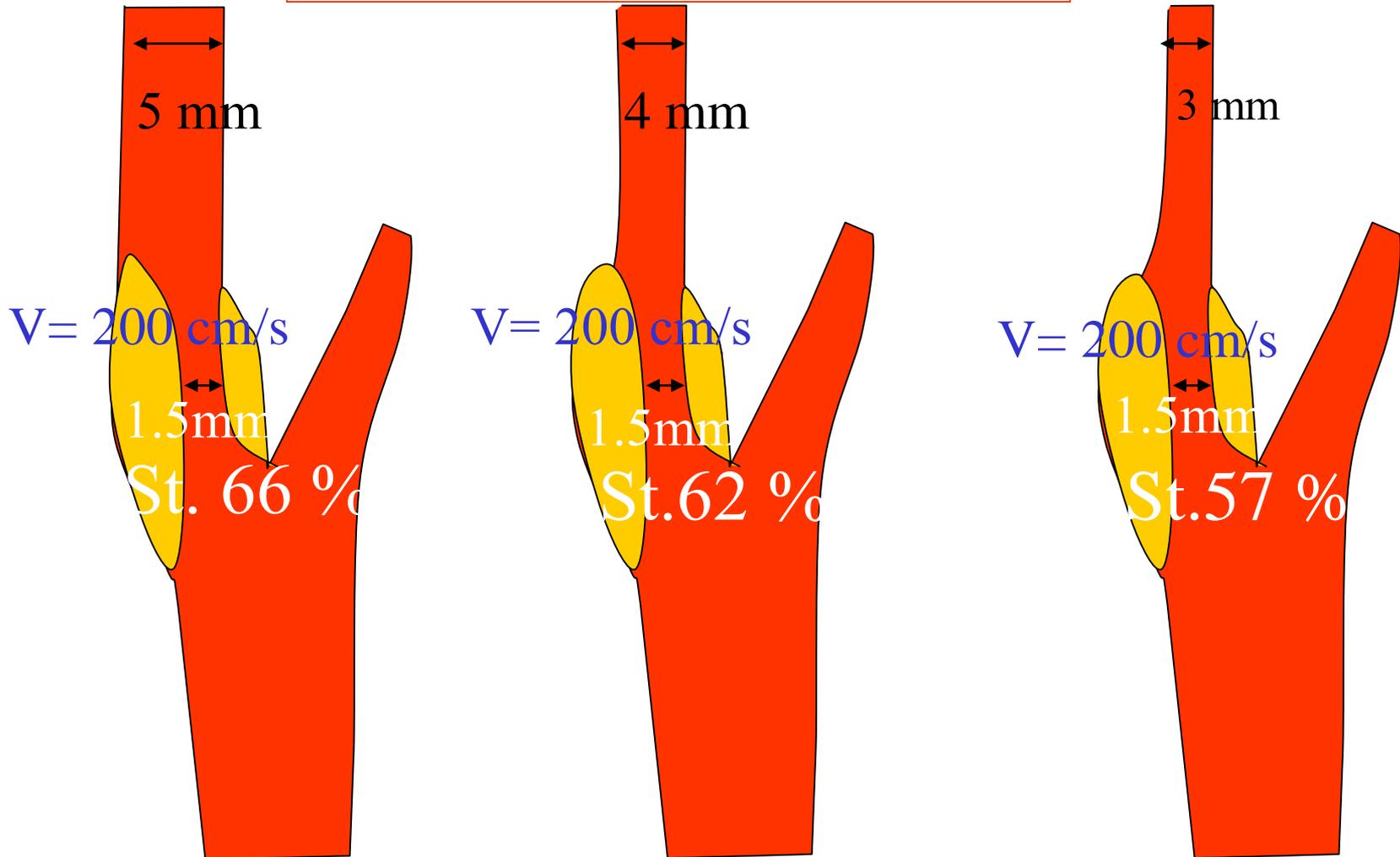
DUNQUE

Portata $Q2$ non è più costante, inizia a diminuire quando la stenosi passa la soglia di Poiseulle-Reynolds, qui un diametro residuale inferiore a 2mm con una stenosi di 50-60% per un calibro carotideo interno avale del bulbo di 4mm.

Inizio di riduzione di portata per non più aumento proporzionale della velocità con la riduzione di calibro: **PERDITA DI CARICO**

(perché è liquido viscoso μ , dunque varia secondo la velocità la riduzione di calibro D , di lunghezza l e di regolarità della stenosi) **legge di Poiseuille: Resistenza al flusso = $8 \ln \mu / ((1/2 D)^4)$**

STENOSI CI e % STENOSI

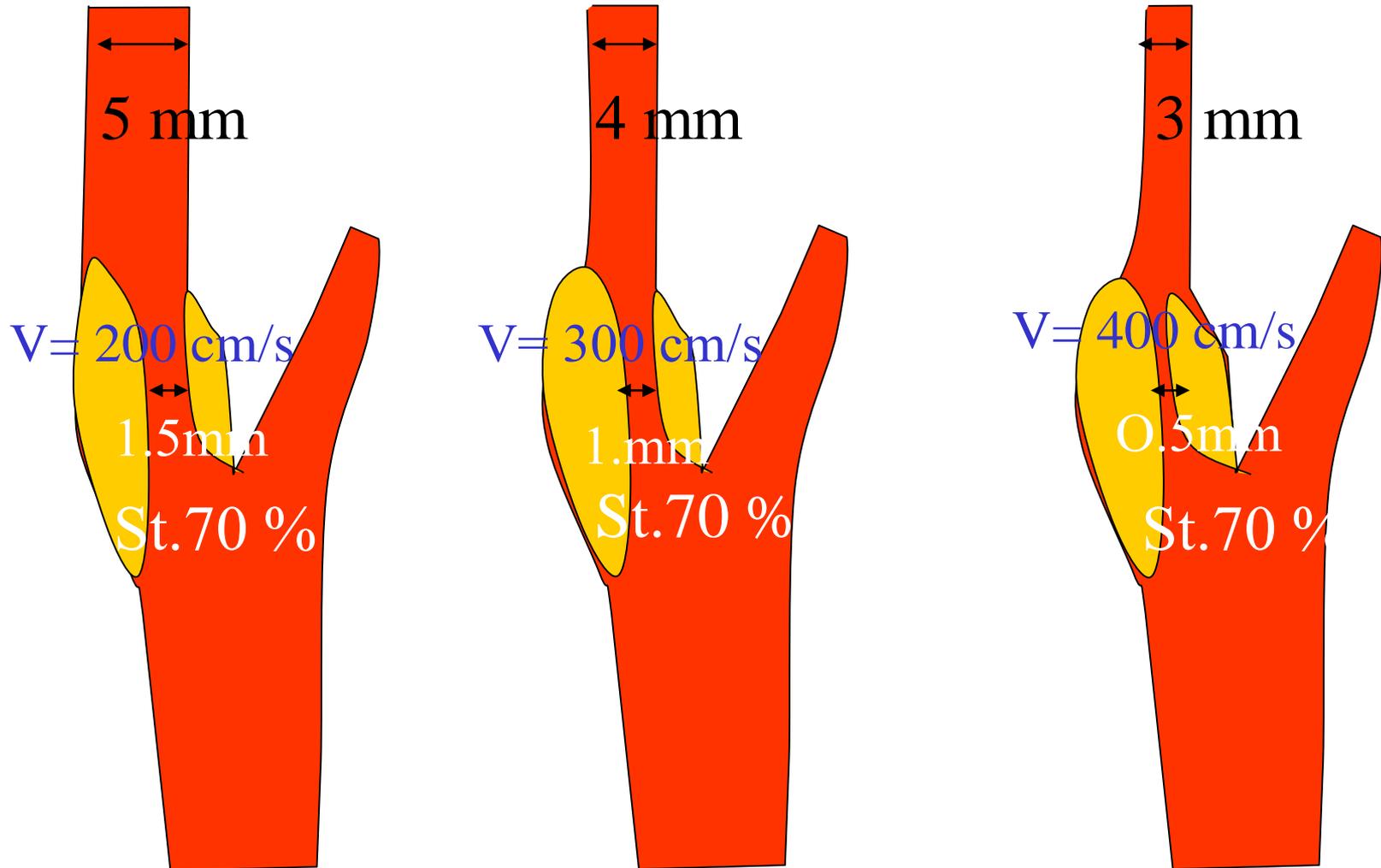


Misura stenosi ACAS

Per lo stesso calibro di lume, la velocità non varia ma VARIA la % di stenosi secondo il calibro A della CI

Più grande o più
piccola la CI, più
grande l'errore per lo
stesso calibro del
lume

VELOCITA CI e % STENOSI



Misura stenosi ACAS

Per la stessa % di stenosi, la velocità, VARIA secondo il calibro D del lume stenotico

Per lo stesso calibro D di lume, la velocità non varia ma VARIA la % di stenosi secondo il calibro A della CI

Per la stessa % di stenosi, la velocità, VARIA secondo il calibro D del lume stenotico

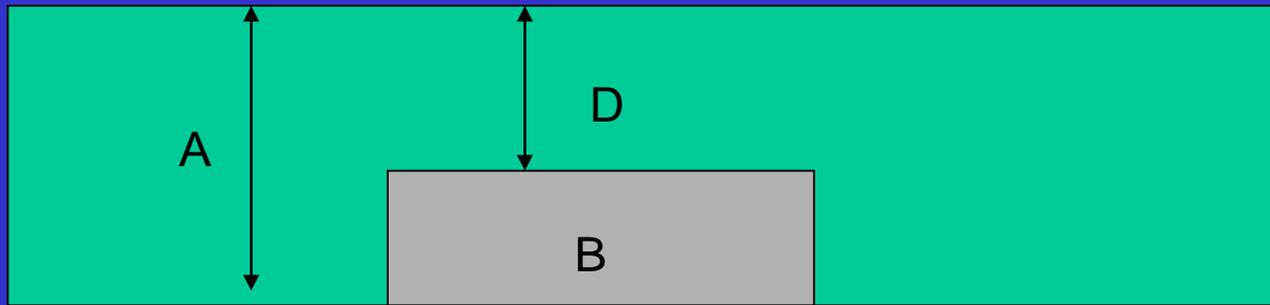
55% , A=4mm , D= 1,8mm
Vmax = 303 cm/s

60% , A=3,5mm , D= 1,4mm
Vmax = 582 cm/s

60% , A=4,5mm , D= 1,8mm
Vmax = 303 cm/s

60% , A=4mm , D= 1,6mm
Vmax = 442 cm/s

60% , A=5mm , D=2mm
Vmax = 270 cm/s

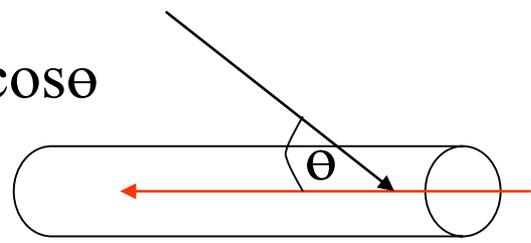


Più grande l'errore di
correzione d'incidenza
dell'angolo, più
grande l'errore

cosθ
1

VELOCITÀ CI e Correzione d'angolo

$$V = \Delta F \cdot \cos\theta$$



Si correzione d'angolo
 varia di 30° (da 30° a
 60°) la velocità passa da
 2m/s a 1,62 m/s

0.86

0.50

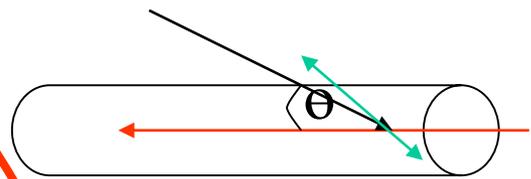
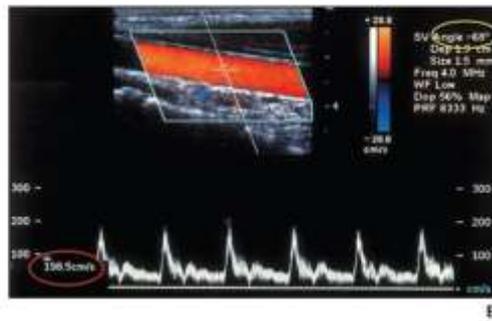
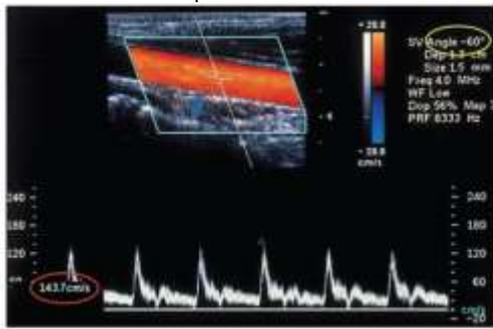


Fig. 1—Effect of Doppler angle on calculation of peak systolic velocity.
 A, Spectral Doppler tracing obtained from common carotid artery in 42-year-old man with a neck bruit reveals that PSV is 143.7 cm/s when Doppler angle (yellow circle) is 60° .
 B, Spectral tracing obtained in same location as A after increasing Doppler angle to 68° . PSV is now calculated at 198.5 cm/s.

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Angolo θ

Più variano le
RESITENZE a valle o
gli OSTACOLI a monte
più varia la velocità
della stenosi

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---------|-----|------|-----|-----|---------|-----|-----|----|---|---------|--------|-----|
| B | F | 10 MHz | G | 52% | CFM | F | 5.0 MHz | G | 72% | PW | F | 5.0 MHz | G | 52% |
| | P | 4 cm | XV | C | | PRF | 1.4kHz | | | | | PRF | 4.8kHz | |
| | PRC | 10-4-A | PRS | 4 | | PRC | 3-B-A | PRS | 4 | | | PRC | 5-1 | |
| | PST | 1 | | | | FP | M | S | /// | | | PST | 5 | |
| | SV | 4- 21mm | θ | +60° | | | | | | | | FP | 100 Hz | |

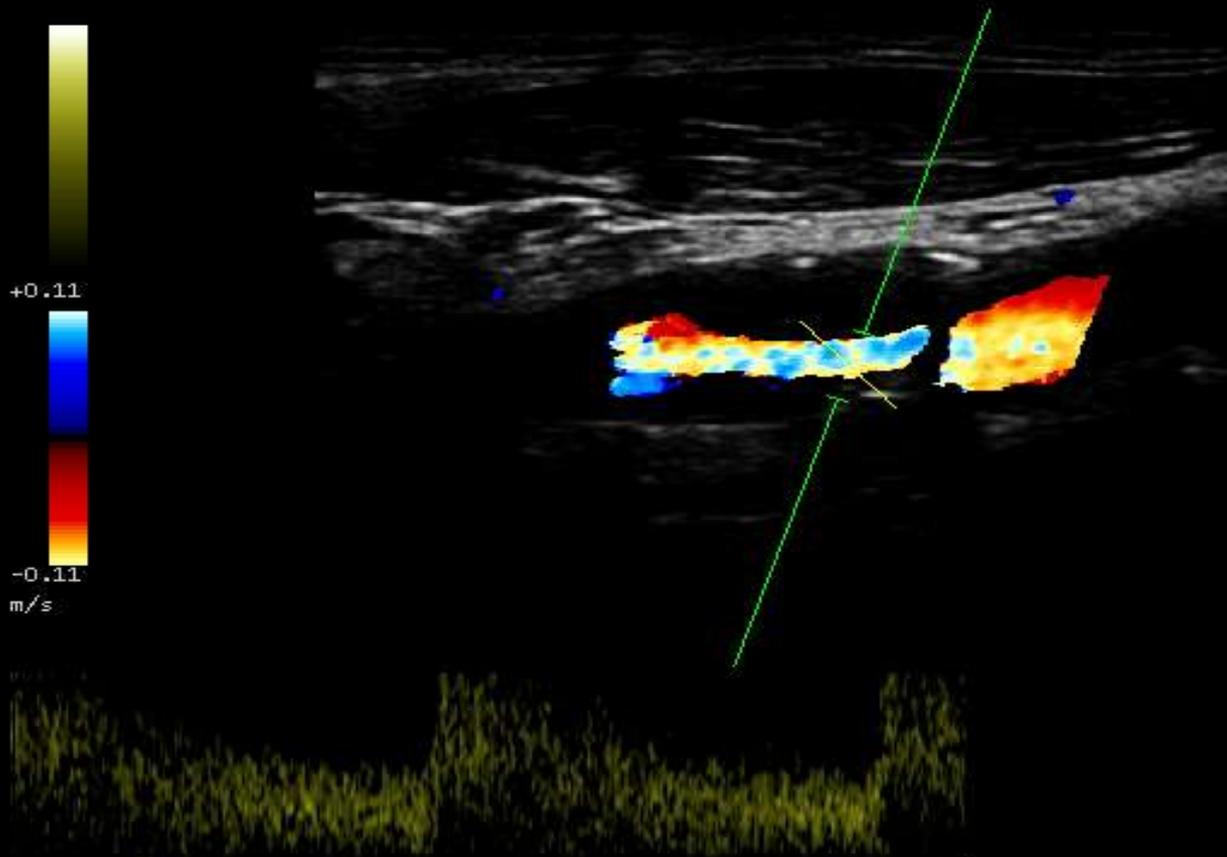
ARTERIO LA523



+0.11

-0.11

m/s

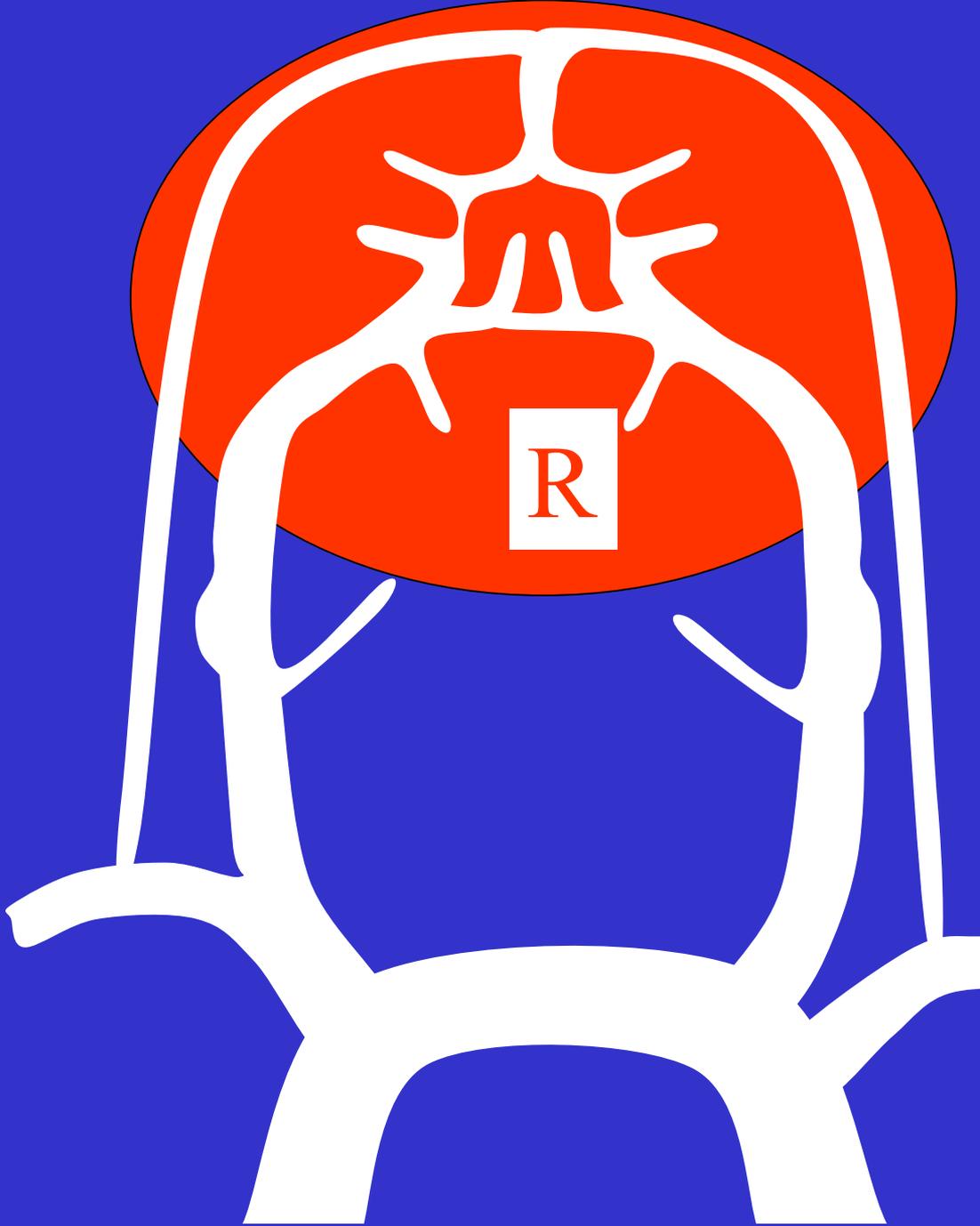


-1.02

m/s

+0.46

3 s



Variazioni di velocità
secondo:

Le resistenze a valle **R**

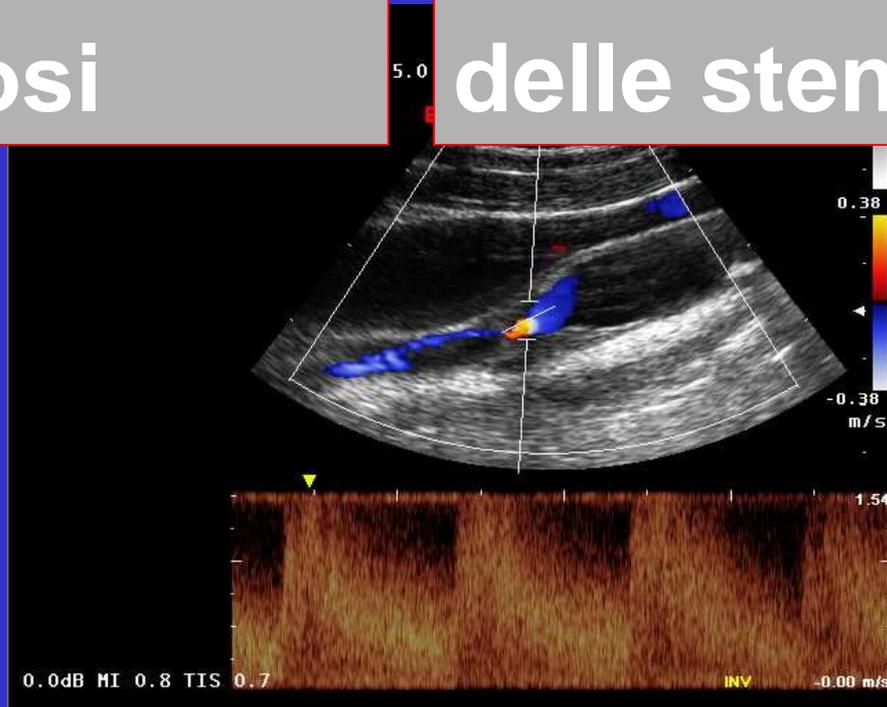
Gli ostacoli a monte **O**

$V \searrow$ quando $R \nearrow$ R cerebrali
(età) Occlusioni
intracraniche

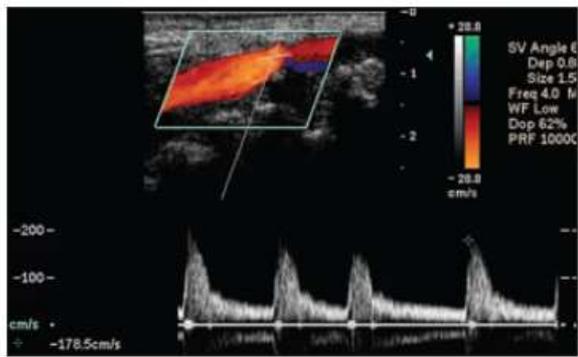
$V \nearrow$ quando $R \searrow$ giovani,
emicrania, occlusioni
carotide controlaterale,
fistole AV cerebrali

Si resistenze
troppo basse,
sovrastimazione
delle stenosi

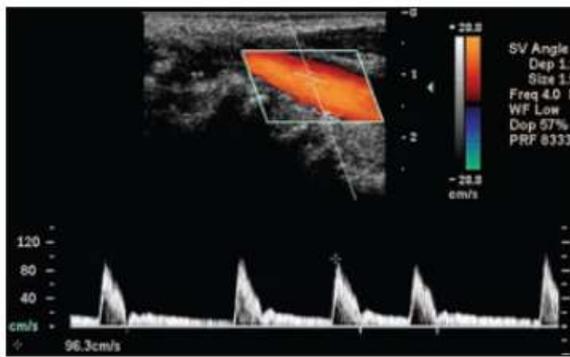
Si resistenze
troppo alte,
sottostimazione
delle stenosi



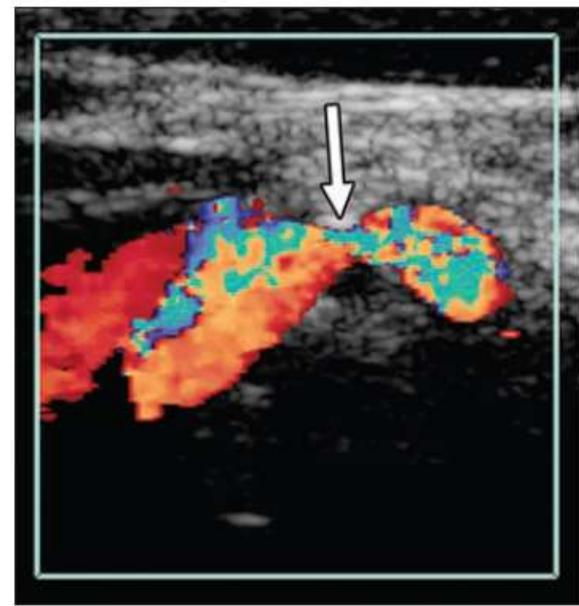
Velocità = Calibro X Resistenze avalle



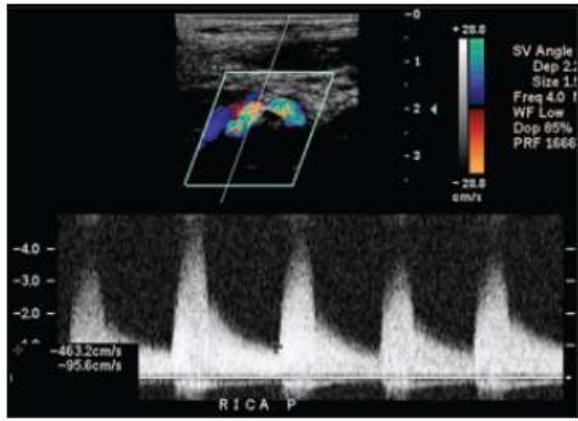
A



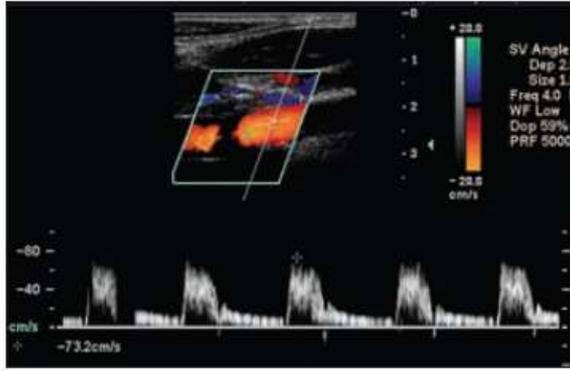
B



C



D



E

Fig. 5—Grading internal carotid artery (ICA) stenosis.

A, Spectral Doppler waveform from proximal right ICA in 85-year-old woman with transient ischemic attacks reveals peak systolic velocity (PSV) of 178.5 cm/s. Color imaging reveals approximately 50–60% stenosis.

B, PSV in right common carotid artery (CCA) is 96.3 cm/s and PSV ratio (PSVR) is 1.9. By Society for Radiologists in Ultrasound (SRU) criteria, these findings correspond to a 50–69% stenosis.

C, Color Doppler image from 70-year-old man with recent stroke shows tight stenosis at origin of right ICA (arrow).

D and **E**, PSV is 463.2 cm/s in proximal right ICA (**D**) and 73.2 cm/s in distal right CCA (**E**), yielding PSVR of 6.3. According to SRU criteria, these findings correspond

Velocita di stenosi = 170 cm/s 50-60 %

Rapporto carotideo = 6,3 70-95%

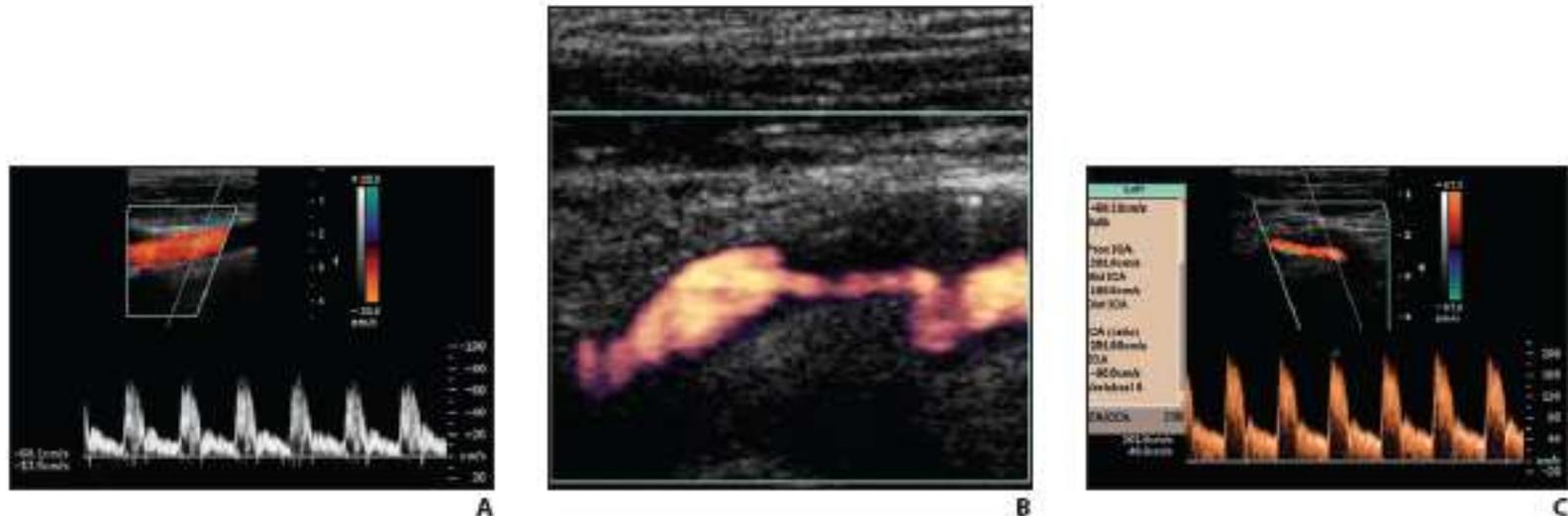
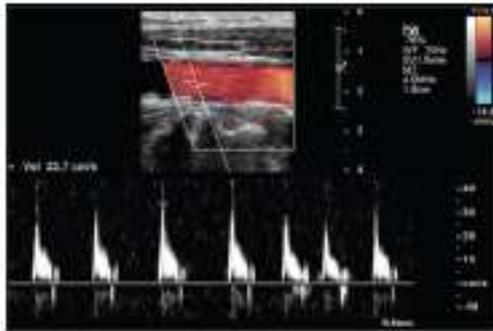


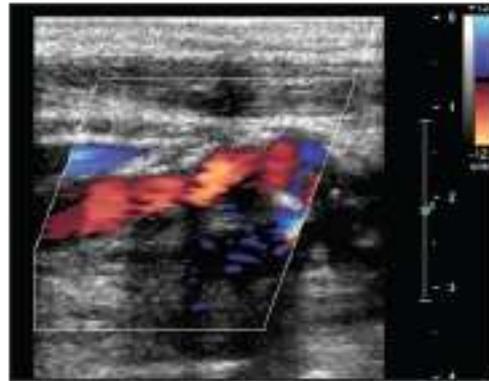
Fig. 10—Near occlusion of internal carotid artery (ICA) in 71-year-old woman with left neck bruit.
A, Spectral Doppler image from distal left common carotid artery (CCA) shows peak systolic velocity (PSV) of 68.1 cm/s. Waveform is normal in appearance.
B, Power Doppler image reveals severely narrowed lumen in proximal ICA and large amount of hypoechoic plaque. Note reconstitution of lumen distally.
C, Spectral image from area of presumed stenosis shows PSV of 201.8 cm/s, which yields systolic ratio of 2.96. Both values would categorize degree of stenosis as 50–69%. This stenosis category, however, is not in keeping with visual image of severe, nearly occlusive stenosis. MR angiography (not shown) confirmed nearly occlusive lesion. Nearly occlusive lesions may be misleading because stenosis may be so severe that PSV begins to fall relative to degree of actual stenosis; color images are more reflective of actual amount of vessel narrowing.

Carotid Ultrasound Leslie M. Scouff1, Edward G. Grant2 2009 ARRS Categorical Course

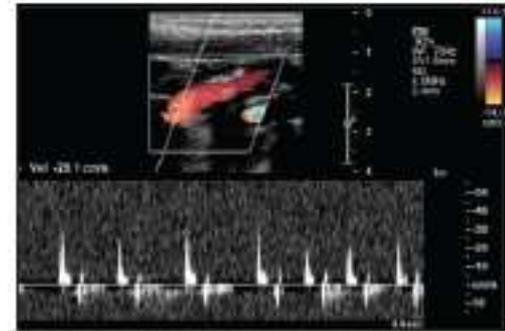
La velocità dà % stenosi 50-69% ma il Power Doppler dimostra una stenosi molto più serrata.



A

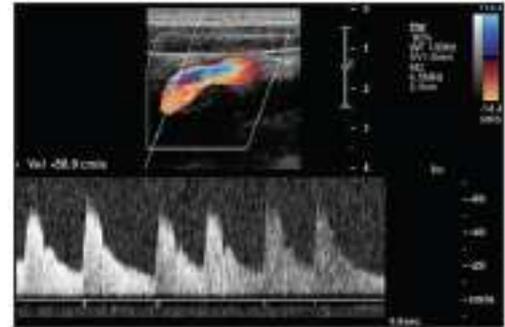
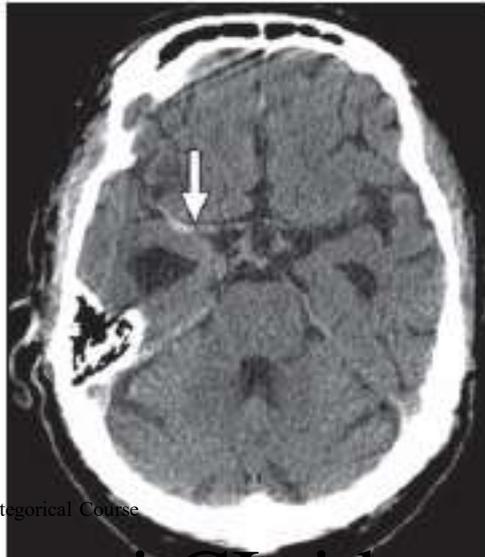


B



C

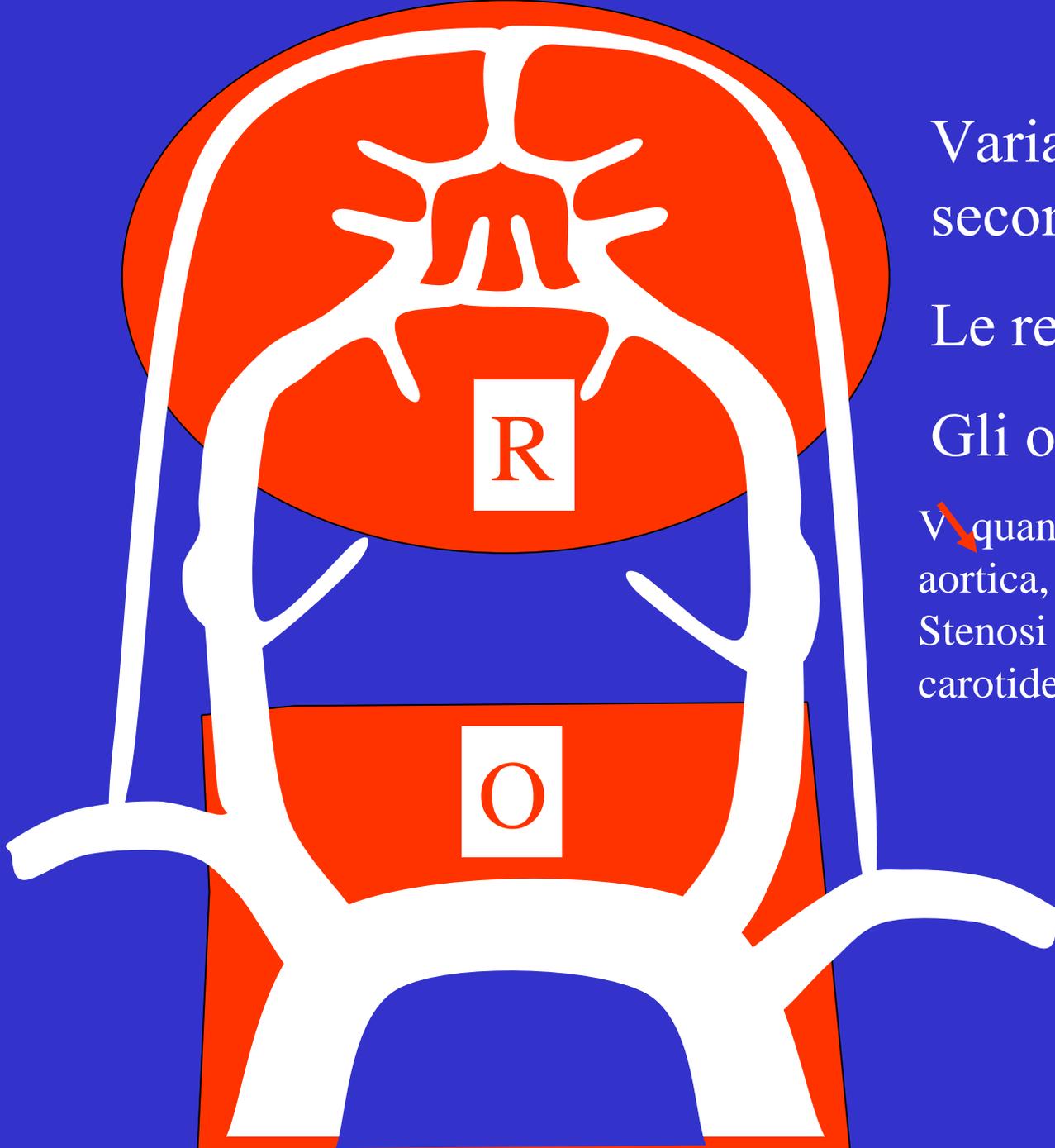
Fig. 12—Intracranial occlusion in 80-year-old woman with right hemispheric stroke.
A, Note absence of diastolic flow in distal right common carotid artery, suggesting distal high-grade stenosis or occlusion.
B, Color Doppler image of right internal carotid artery (ICA), however, reveals that it is patent.
C, Spectral tracing of distal ICA reveals absent end-diastolic flow and reversed early diastolic flow with decreased peak systolic velocity (PSV) suggesting intracranial vascular occlusion or high-grade stenosis.
D, Unenhanced CT scan shows dense middle cerebral artery sign (*arrow*) consistent with acute clot or thrombosis.
E, In comparison with **D**, spectral tracing from contralateral left distal ICA shows normal PSV and diastolic flow.



E

Carotid Ultrasound Leslie M. Scutt1, Edward G. Grant2 2009 ARRS Categorical Course

La velocità di stenosi CI ridotta per occlusione arteria cerebrale media



Variazioni di velocità
secondo:

Le resistenze a valle **R**

Gli ostacoli a monte **O**

$V \searrow$ quando $O \nearrow$: Stenosi
aortica, occlusioni o
Stenosi tronco anonima,
carotide commune

Velocita

Variabile:

Ritmo
cardiaco

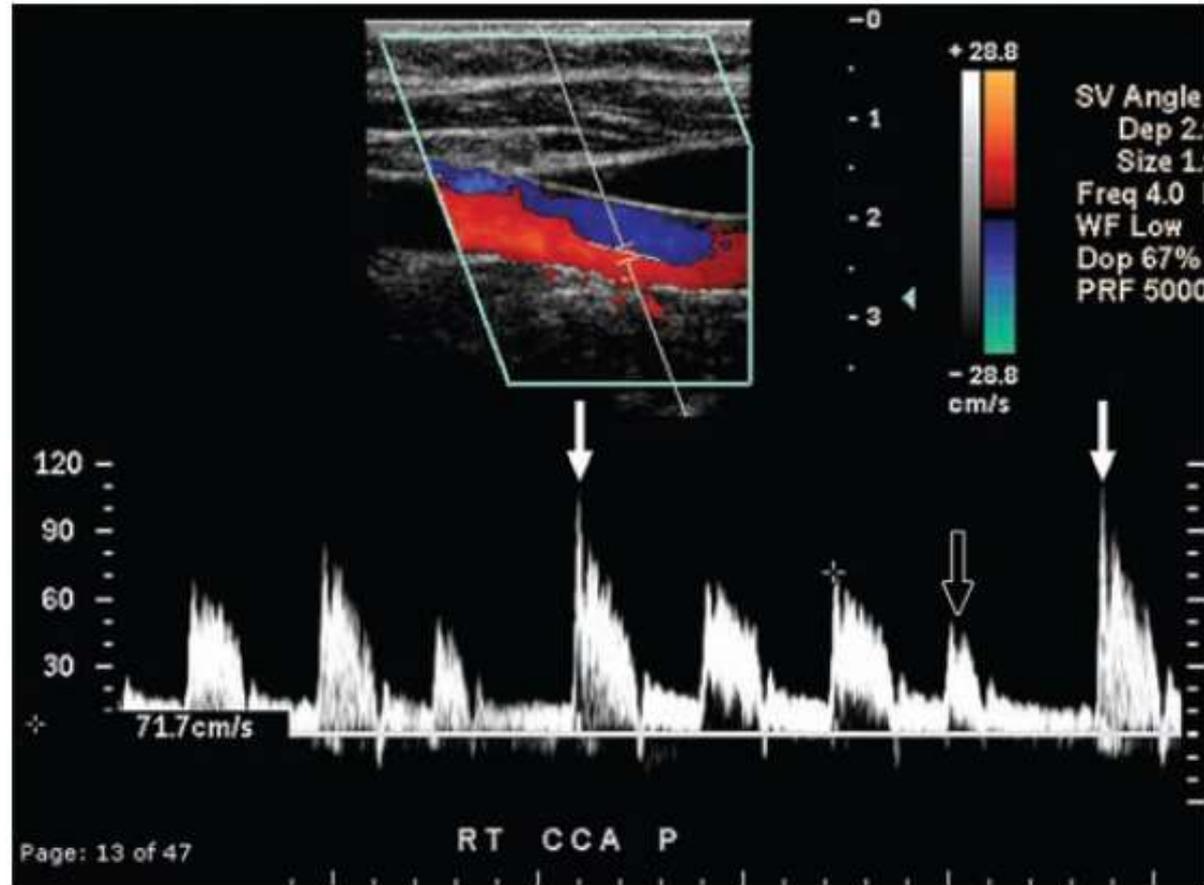


Fig. 2—Effect of heart rate on peak systolic velocity (PSV). Note that PSV in this 72-year-old woman with transient ischemic attacks is much lower in premature ventricular contraction (*open arrow*) due to relative tachycardia—that is, short QRS interval. PSV is higher in beat after compensatory pause (*solid arrows*) due to relative bradycardia (i.e., long QRS interval). For purposes of calculation of percent internal carotid artery stenosis, PSV should be measured after most normal QRS interval (*cursor*).

STENOSI CAROTIDE COMMUNE

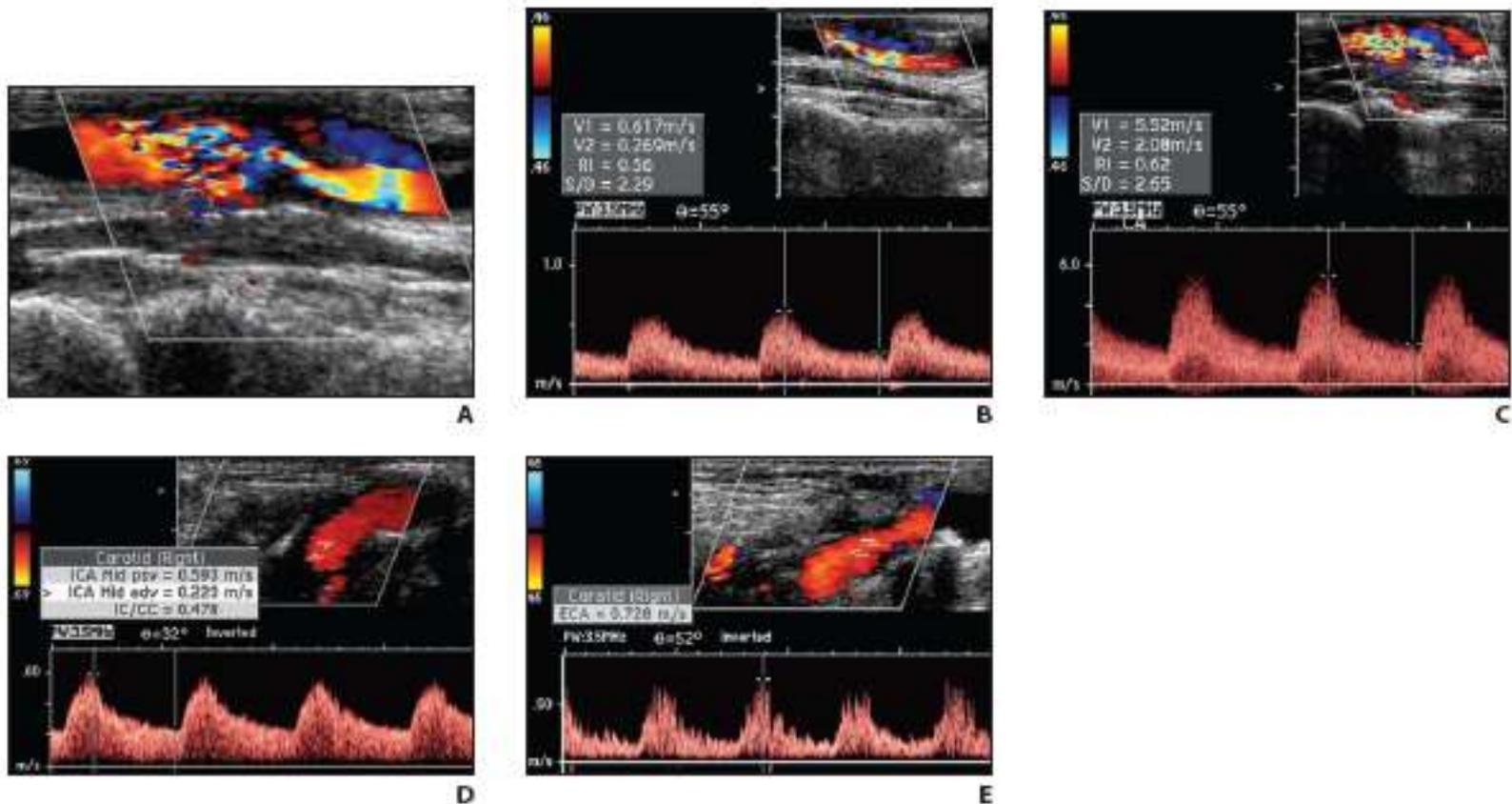
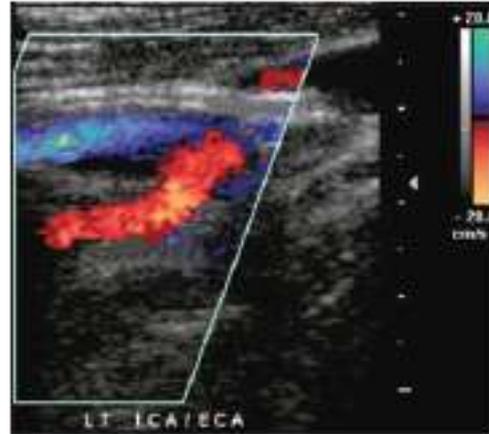


Fig. 6—Common carotid artery (CCA) stenosis in 67-year-old man with transient ischemic attacks and history of head and neck irradiation.
A, Color Doppler image from mid right CCA shows intense area of aliasing in association with severe narrowing of lumen.
B, Spectral Doppler image from proximal right CCA reveals normal waveform with peak systolic velocity (PSV) of approximately 62 cm/s.
C, Spectral Doppler image from area of aliasing confirms presence of markedly elevated PSV measured at 552 cm/s. Ratio of proximal PSV to stenotic PSV is 8.9, well above threshold for high-grade stenosis.
D, Spectral image from right internal carotid artery (ICA) shows marked tardus–parvus appearance, although PSV is only slightly depressed.
E, Spectral image from right external carotid artery (ECA) shows very abnormal waveform with spiked appearance and abundant diastolic flow. ECA is normally high-resistance system.

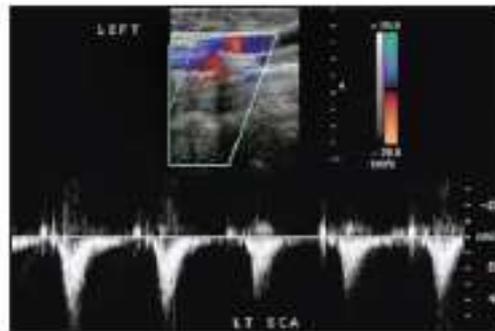
OCCLUSIONE CAROTIDE COMMUNE



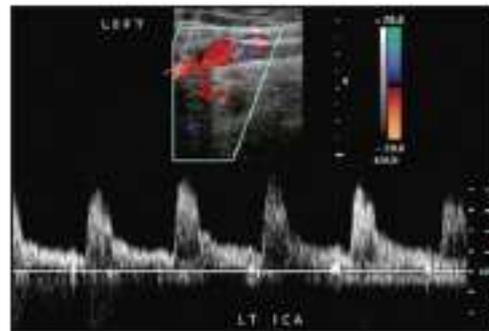
A



B



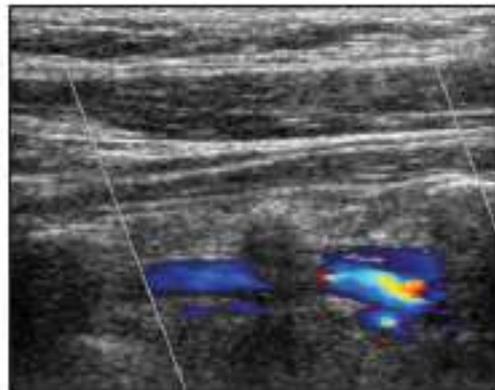
C



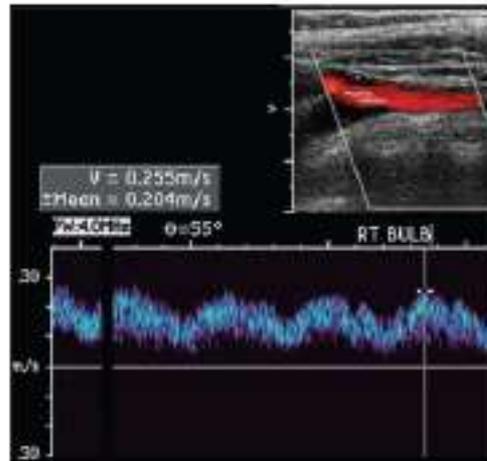
D

Fig. 7—Common carotid artery (CCA) occlusion in 52-year-old man with history of stroke. A, Gray-scale images of left CCA shows lumen to be filled with echogenic plaque. Color imaging failed to show flow (not shown). B, Color Doppler image of left carotid bifurcation reveals both internal carotid artery (ICA) and external carotid artery (ECA) to be patent. C and D, Color Doppler images with spectral Doppler tracings show flow in ECA is reversed (C) while flow in ICA remains antegrade (D).

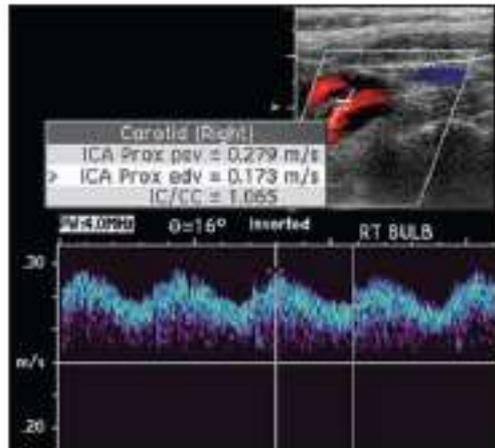
STENOSI TRONC INNOMINATO



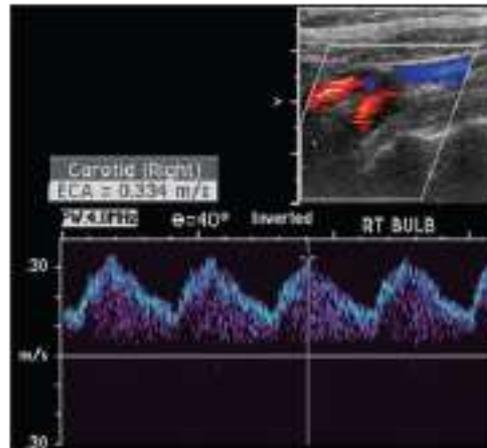
A



B



C



D

Fig. 8—Innominate artery occlusion in 62-year-old woman with recent onset of dizziness. A, Color Doppler image of right vertebral artery shows reversal of flow. B, Spectral Doppler image from right carotid bulb shows very unusual waveform, which is tardus-parvus in appearance and very low resistance. Peak systolic velocity (PSV) of 26 cm/s is abnormally low and asymmetric when compared with opposite common carotid artery (CCA) in which PSV was 82 cm/s. C, Spectral Doppler image from right internal carotid artery (ICA) shows similar tardus-parvus waveform with subtle spike in early systole suggesting "bunny rabbit sign," although expected mid-systolic deceleration is not obvious. Note that PSV is quite low, 28 cm/s. IC/CC = ratio of ICA PSV/CCA PSV. D, Similar tardus-parvus waveforms are obtained from right external carotid artery (ECA). Note extremely low-resistance pattern and PSV of only 33 cm/s.

STENOSI AORTICA

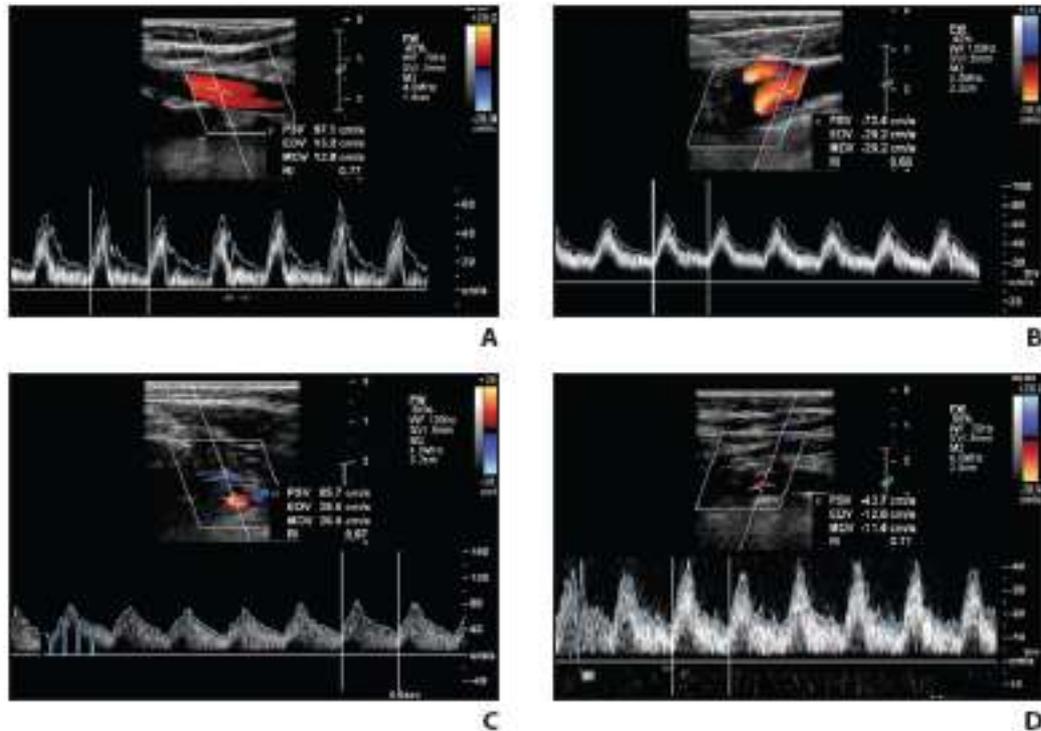


Fig. 11—Tardus–parvus waveform in 86-year-old woman with TIA and cardiac bruit, preoperative for an aortic valve replacement. **A–D**, Note delayed systolic upstroke in right common carotid artery (**A**), right internal carotid artery (ICA) (**B**), left ICA (**C**), and left vertebral artery (**D**). Stenosis proximal to all four locations would most likely be at level of aortic valve. Echocardiogram (not shown) obtained before patient underwent surgery for aortic valve replacement revealed aortic valve gradient of 63 mm Hg and valve area of 0.52 cm² consistent with severe aortic stenosis.

RAPPORTO CAROTIDEO

Carotid Artery Stenosis: Gray-Scale and Doppler US Diagnosis—Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference 1 © RSNA, 2003

((c) ICA peak systolic velocity (PSV) and presence of plaque on gray-scale and/or color Doppler images are primarily used in diagnosis and grading of ICA stenosis; two additional parameters, ICA-to-common carotid artery PSV ratio and ICA enddiastolic velocity may also be used when clinical or technical factors raise concern that ICA PSV may not be representative of the extent of disease.

*((c) Il pico sistolico della CI (VPS) e la presenza di placca alla scala di grigio fanno per primo la diagnosi delle stenosi e del suo grado; **due parametri addizionali , rapporto CI-carotide comune e velocità telediastolica della CI possono essere sfruttate** quando la clinica o problemi tecnici portano dubbi sulla validità delle misura*

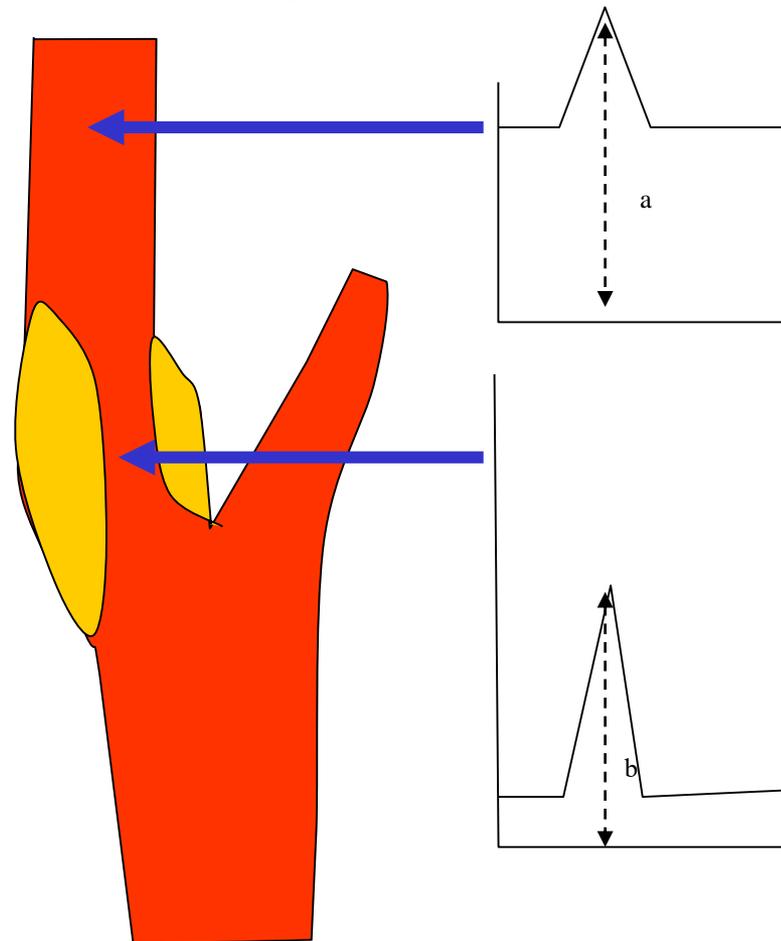
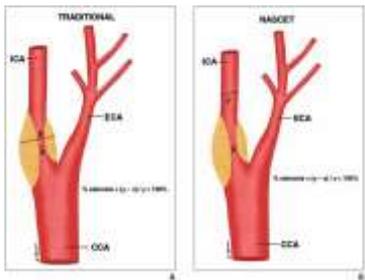
«The ratio of flow velocities in the internal and common carotid arteries may help distinguish between

increased compensatory flow through collaterals and true

contralateral internal carotid stenosis or occlusion ».

Guideline on the Management of Patients With Extracranial Carotid and Vertebral Artery Disease: *J. Am. Coll. Cardiol*

Rapporto carotideo
= a/b



COLLANA DI MEDICINA ULTRASONORA
di OTTAVIO ALBANO

JACC

JOURNAL of the AMERICAN COLLEGE of CARDIOLOGY



1977

L'INDAGINE
VASCOLARE
CON
SONOGRAFIA
DOPPLER

ALLA SECONDA EDIZIONE FRANCESE

MASSON



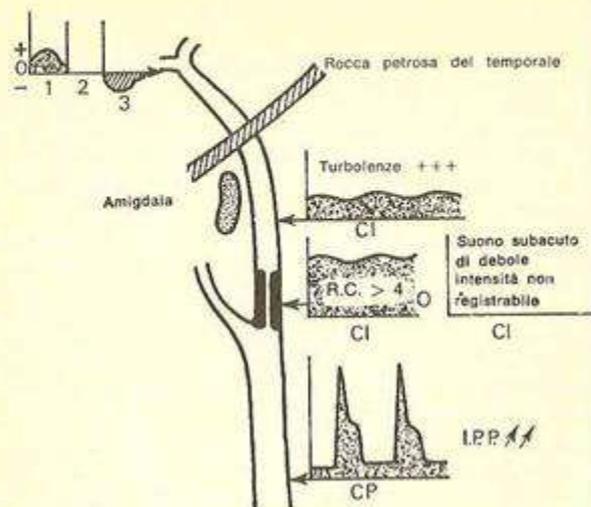


Fig. 58. Criteri di pretrombosi carotidea.

- I.P.P. \nearrow \nearrow R.C. > 4: velocità demodulata e lenta a valle della stenosi con turbolenze di tonalità grave.
- La velocità ed il senso del flusso oftalmico dipendono dalle possibilità di compensazione da parte del circolo di Willis:
 - 1: Circolo di Willis molto buono
 - 2: Circolo di Willis abbastanza buono
 - 3: Circolo di Willis mediocre.

a 4 o da provocare un suono iperacuto di così debole intensità da non essere registrabile sul grafico.

3) Velocità molto debole ed amortizzata a valle della stenosi, esaminata per via endoorale se necessario, con turbolenze di tonalità molto grave, simili ad un rotolio di ciotoli.

Un quarto criterio, accessorio perché incostante ed influenzato da altre cause, è dato dalla riduzione o dall'inversione del flusso oftalmico.

Ricordiamo, comunque, che il flusso oftalmico può essere alterato di poco o addirittura normale, quando il circolo di Willis sia abbastanza pervio da permettere una buona funzionalità delle collaterali attraverso gli altri assi, e che può essere, invece, invertito per cause puramente endocraniche, il più delle volte per lesioni importanti a livello del sifone carotideo.

Segnaliamo infine che all'angiografia due di questi casi mostravano una obliterazione completa e dodici stenosi poco serrate, tutti sono stati operati d'urgenza dopo il Doppler ed in tutti all'intervento operatorio sono stati riscontrati i segni di un'imminente trombosi completa, il che confermava l'estrema importanza di questa sindrome velocimetrica.

XII. SEMEIOTICA VELOCIMETRICA DELLE OCCLUSIONI DELLE ARTERIE CEREBRALI E DELLE COMUNICANTI DEL CIRCOLO DI WILLIS

Queste difficili diagnosi possono essere formulate in maniera attendibile se si ritrovano almeno due segni indiretti all'esame velocimetrico (fig. 45).

L'occlusione della cerebrale anteriore è probabile quando non si riesca ad evidenziare la comunicante anteriore e quando i flussi carotidei del lato lesio siano rallentati.

Se inoltre fosse presente anche un elemento clinico la diagnosi sarebbe quasi sicura.

Si può concludere per un'occlusione della cerebrale posteriore, se la comunicante posteriore non è pervia ed il flusso vertebrale è ridotto. La diagnostica è quasi certa se la semeiotica clinica concorda con il referto velocimetrico. Per quanto riguarda l'occlusione isolata della cerebrale media la sua diagnosi è da supporre quando tutte le comunicanti siano pervie ed il flusso sia ridotto (I.P.P. elevato).

L'assenza di pervietà di una o di più comunicanti, messa in evidenza dalle manovre già descritte, è indicativa in assenza di altri segni, sia di un'occlusione acquisita sia di un'agenesia.

XIII. SEMEIOTICA VELOCIMETRICA DELLE FISTOLE ARTERO-VENOSE CERVICO-ENCEFALICHE

Le fistole artero-venose dei vasi cervico-encefalici presentano i caratteri velocimetrici generali già studiati (fig. 17). Si può, in particolare, diagnosticarle ogni volta che si ritrovino, in una carotide primitiva o in una vertebrale, velocità molto aumentate nella loro frazione diastolica.

Per confermare la diagnosi, bisogna ricercare a valle proprio la fistola, punto di accelerazione estremo e continuo, che si riduce e si annulla dopo una compressione a monte e non si modifica o aumenta dopo compressione a valle.

Inoltre si sa che la fistola lascia passare nella vena adiacente all'arteria un flusso ritmato con la rivoluzione cardiaca e non più soltanto con la respirazione.

Quando la fistola non sia esaminabile direttamente (intracranica)

IPP= P DIAST in mmHg/vDiast carotidea com.+1cmsec(nei punti non stenotici)(dato qualitativo)

- Vn 40aa:2-5
- 40-60aa:3-6
- >60aa:4-8

IDC=V TOT-VDIAST CCcmsec/PAS-PAD in Hg(a supporto del'IPP)

- 40aa:20-10
- 40-60aa:20-8
- >60aa:8-4

RAPPORTO CAROTIDEO=V diast C.Int/V diast. CC(quantitativo)

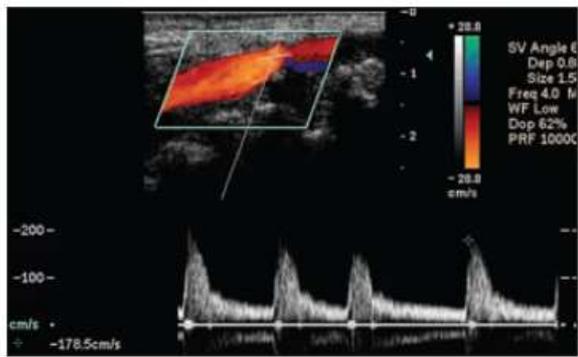
Vn: 1-1,5

1)V diast. Uguale in tutti I tratti della CI (piccola)

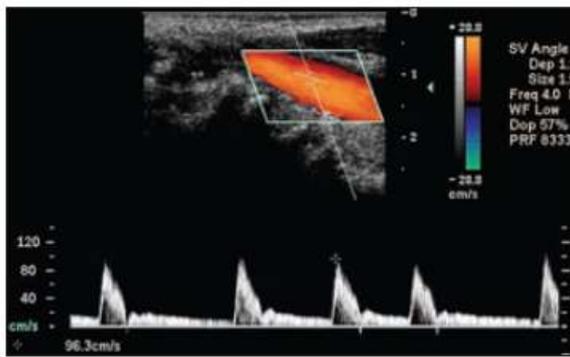
2)V diast. è irregolare sul tragitto della CI:

- Stenosi dove è più elevato RC
- Stenosi lieve:1,5-2
- Stenosi moderata: 2-2,5
- Stenosi serrata:2,5-3
- Stenosi molto serrata:>3(si può avere anche <1 quando c'è un flusso diastolico in CE o se stenosi della CC)

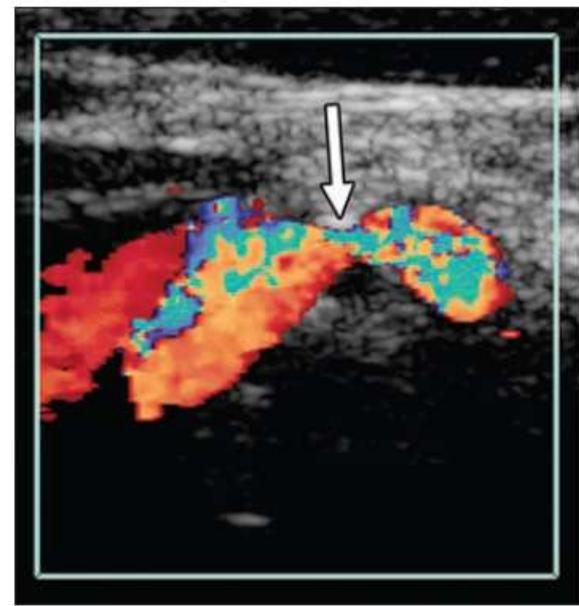
•IPP>>> e RC>>> +Vel.debole ed ammortizzata a valle stenosi con turbolenze+ invers.oftalmica= pretrombosi



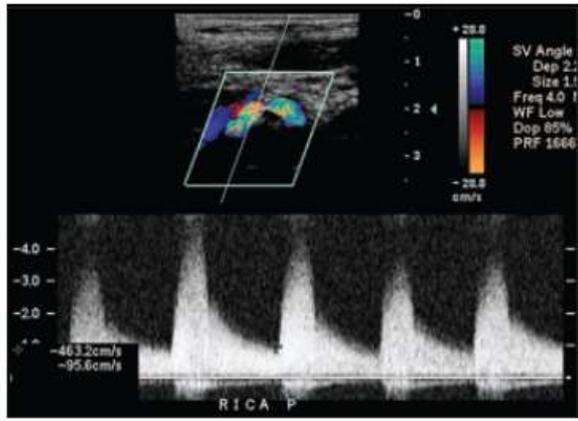
A



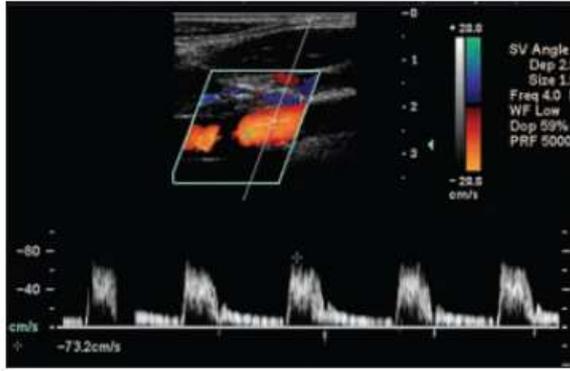
B



C



D



E

Fig. 5—Grading internal carotid artery (ICA) stenosis.

A, Spectral Doppler waveform from proximal right ICA in 85-year-old woman with transient ischemic attacks reveals peak systolic velocity (PSV) of 178.5 cm/s. Color imaging reveals approximately 50–60% stenosis.

B, PSV in right common carotid artery (CCA) is 96.3 cm/s and PSV ratio (PSVR) is 1.9. By Society for Radiologists in Ultrasound (SRU) criteria, these findings correspond to a 50–69% stenosis.

C, Color Doppler image from 70-year-old man with recent stroke shows tight stenosis at origin of right ICA (arrow).

D and **E**, PSV is 463.2 cm/s in proximal right ICA (**D**) and 73.2 cm/s in distal right CCA (**E**), yielding PSVR of 6.3. According to SRU criteria, these findings correspond

Velocita di stenosi = 170 cm/s 50-60 %

Rapporto carotideo = 6,3 70-95%

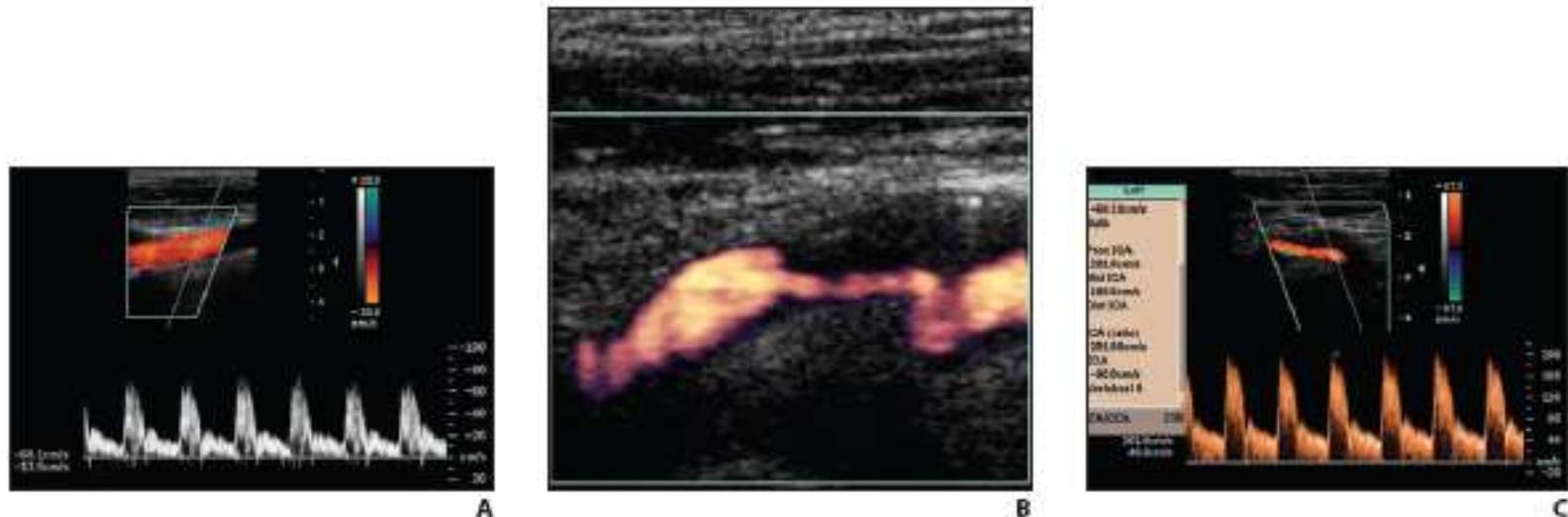


Fig. 10—Near occlusion of internal carotid artery (ICA) in 71-year-old woman with left neck bruit.
A, Spectral Doppler image from distal left common carotid artery (CCA) shows peak systolic velocity (PSV) of 68.1 cm/s. Waveform is normal in appearance.
B, Power Doppler image reveals severely narrowed lumen in proximal ICA and large amount of hypoechoic plaque. Note reconstitution of lumen distally.
C, Spectral image from area of presumed stenosis shows PSV of 201.8 cm/s, which yields systolic ratio of 2.96. Both values would categorize degree of stenosis as 50–69%. This stenosis category, however, is not in keeping with visual image of severe, nearly occlusive stenosis. MR angiography (not shown) confirmed nearly occlusive lesion. Nearly occlusive lesions may be misleading because stenosis may be so severe that PSV begins to fall relative to degree of actual stenosis; color images are more reflective of actual amount of vessel narrowing.

Carotid Ultrasound Leslie M. Scouff1, Edward G. Grant2 2009 ARRS Categorical Course

La velocità dà % stenosi 50-69% ma il Power Doppler dimostra una stenosi molto più serrata.



AMERICAN CONCLUSION

. (e) The final report should discuss velocity measurements and gray-scale and color Doppler findings. Study limitations should be noted when they exist. The conclusion should state an estimated degree of ICA stenosis as reflected in the above categories. The panel also considered various technical aspects of carotid US and methods for quality assessment and identified several important unanswered questions meriting future research

. (e) *Il referto finale discute dei dati velocimetrici Doppler color e spettrale e immagini in scala di grigio. I limiti delle misure devono essere scritti quando esistono. La conclusione deve dare il grado di stenosi stimato secondo le categorie proposte da queste raccomandazioni.*

Il gruppo del consenso ha considerato molti aspetti del Ecocolor Doppler carotideo che riguardano la tecnica e ha identificato molte interrogazioni ancora non chiarite che domandano ulteriori ricerche.

PER NOI ?



SI PUO MIGLIORARE L'AFFIDABILITA

PERCHE non siamo tecnici ma MEDICI

E RAGIONIAMO



STUDIO MORFOLOGICO

Oggi quasi sempre possibile grazie alle prerformance degli apparecchi:

Scala di grigio ottima

Power Doppler e ancora meglio BFLOW per misurare il calibro del lume stenotico

STUDIO EMODINAMICO

Valutiamo l'effetto emodinamico

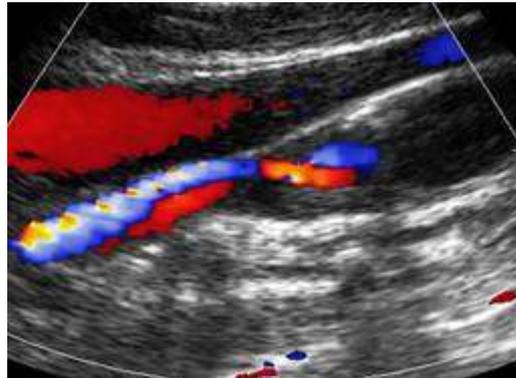
Sfruttando le turbolenze dello spettro di velocità

Misuriando il flusso a valle della stenosi

Controlliamo gli altri vasi del collo

STUDIO MORFOLOGICO

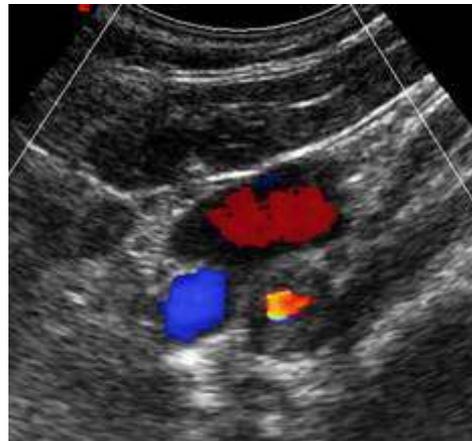
Color doppler deve essere regolato benissimo, se no errori. Invece, Il B Flow mi sembra il futuro.



Valutazione grado morfologico di stenosi possibile.

Quando il diametro scende sotto 1,8 mm in condizioni di resistenze cerebrali “normali” la stenosi è emodinamicamente significativa e corrisponde a una stenosi a 70% di 4mm diametro.

Pero, valutare la stenosi emodinamica: Velocità ma soprattutto TORBOLENZE



STUDIO EMODINAMICO

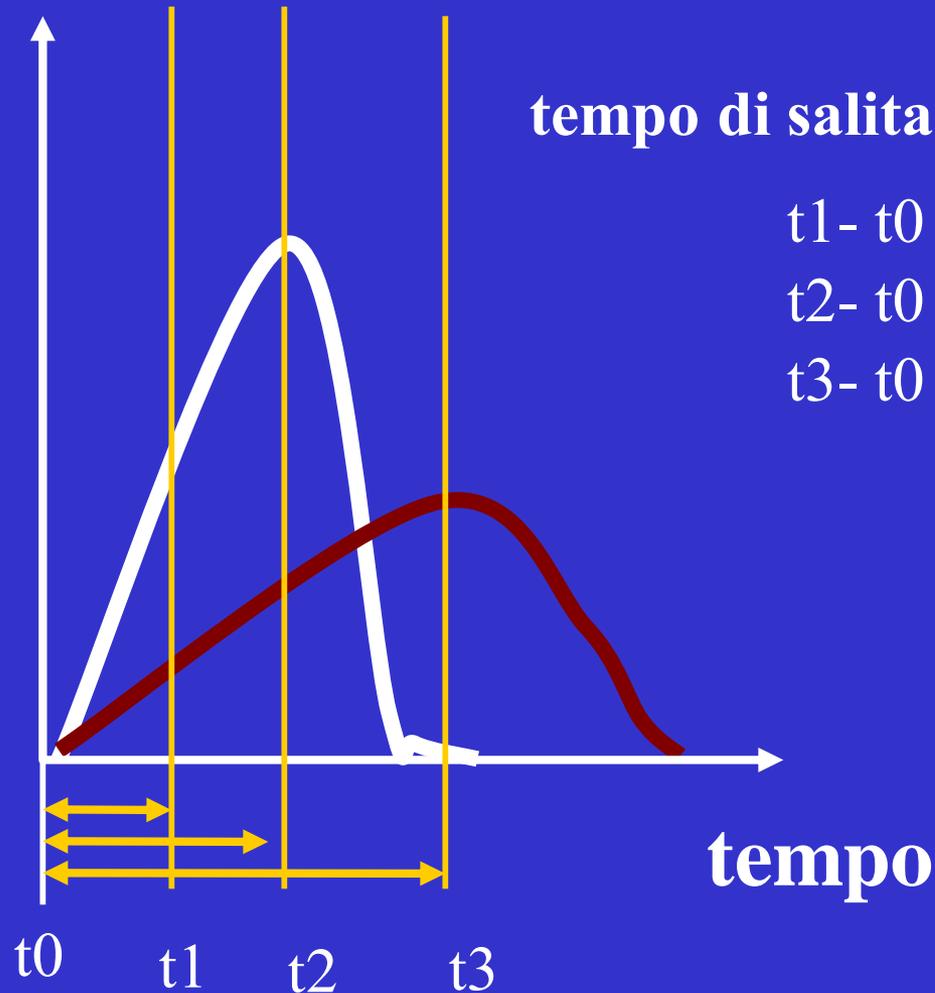
TORBOLENZE MEDIO SISTOLICHE
= SOFFIO = PERDITA DI CARICO



Facile da sentire all'audio , afferma la
significatità emodinamica ma non la
puo quantificare

Perdita di carico proporzionale al tempo di salita sistolica (amortamento)

Velocità

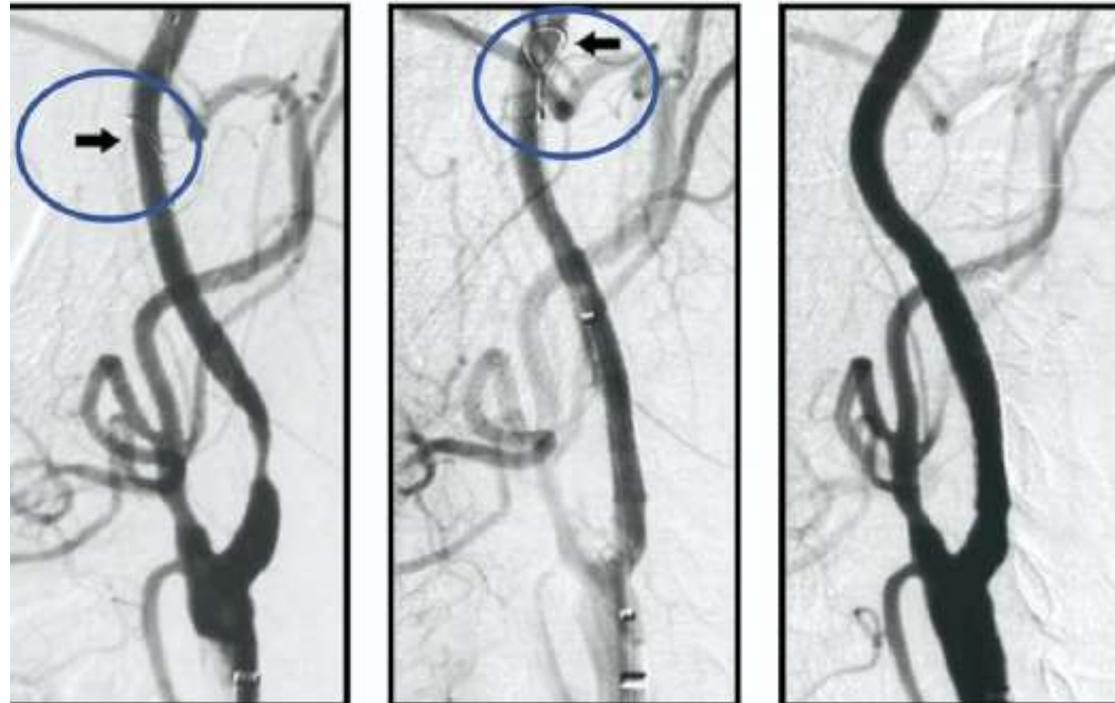


Why Didn't CREST End the Debate?

- Surgeons feel that carotid revascularization is performed for stroke prevention
 - CEA reduced stroke risk more than CAS
 - Excess MI rate with CEA less of an issue
- Interventionists feel that CAS performed as safely as CEA
 - Excess stroke risk was minor stroke only
 - MI risk of CEA is important
- Neurologists feel that although outcomes were low, medical therapy is more effective than *any* revascularization

STENTING CAROTIDEO

- Reazioni Vasovagali (5-10%)
- Ipotensione (5-10%)
- IMA (<1%)
- Dissezione (<1%)
- Trombosi (<1%)
- Perforazione (<1%)
- ECA stenosi o occlusione (5-10%)
- Vasospasmo transitorio (10-15%)
- Restenosi (<3%)
- TIA (1-2%)
- Stroke (2-3%)
- Emorragia Intracranica (<1%)
- Sdr da Iperperfusion (1%)
- Epilessia (<1%)
- Complicanza nel sito di accesso (5%)
- Trasfusione (2-3%)
- Nefropatia da contrasto (2%)
- Reazioni al contrasto (1%)
- Morte (1%)



Carotid cross-clamping intolerance during carotid endarterectomy: the role of Willis' Circle variations

Mara FANELLI ¹ ✉, Paolo PERINI ¹, Claudio BIANCHINI MASSONI ¹, Alberto BRAMUCCI ¹, Enrico EPIFANI ², Matteo AZZARONE ¹, Rita D'OSPINA ¹, Bilal NABULSI ¹, Giulia ROSSI ¹, Alessandro UCCI ¹, Antonio FREYRIE ¹

¹ *Unit of Vascular Surgery, Department of Medicine and Surgery, University of Parma, Parma, Italy;* ² *Unit of Interventional Radiology, Department of Diagnostic and Interventional Radiology, University of Parma, Parma, Italy*

[HTML](#) [PDF](#)

BACKGROUND: Several authors have emphasized that different anatomical features regarding the Willis Circle (CoW) may represent risk factors in the development of cerebral ischemia during carotid cross-clamping (CCC). The aim of this study is to determine if the incompleteness of CoW assessed by computed tomography angiography (CTA) represents a risk factor for CCC intolerance (CCCi) during carotid artery endarterectomy (CEA).

METHODS: We have conducted a retrospective study evaluating patients with a preoperative CTA of the extracranial and intracranial cerebral circulation, who underwent CEA under general anesthesia with preserved consciousness from 2012 to 2017. We considered patients who required shunt for CCCi (group A). We selected a control group with patient who tolerated CCC, homogenous to group A cardiovascular risk factors, contralateral carotid and vertebral arteries disease and operative technique (group B). On CTA we evaluated type (aplasia/hypoplasia) and side of the variations. Endpoints: evaluating CCCi risk in patients with at least one CoW variation; identifying the most common variation associated with CCCi. Statistical analysis was conducted using Fisher's Exact Test.

RESULTS: Group A was composed by 17 patients, group B by 37. All group A patients owned at least one CoW variation vs. 70.3% of group B patients (P=0.01). The CoW variations resulted statistically significant were an aplasia/hypoplasia of contralateral anterior cerebral artery (cA1) (P=0.009) and the combination between cA1 and ipsilateral posterior communicating artery (iCoP) (P=0.008).

CONCLUSIONS: By this preliminary experience it can be assumed that CCCi is more frequently associated with



STUDIO MORFOLOGICO

Misura morfologica della stenosi

%

Diametro lume: $> 0 < 1,8$ mm

Rapporto carotideo

STUDIO EMODINAMICO

Significatività emodinamica:

Turbolenze sistoliche dello spettro di velocità

Amortamento del flusso a valle della stenosi

altri vasi del collo

REFERTO



Stenosi morfologica x% ECST coerente con la velocità di Y

Stenosi morfologica x% ECST non coerente con la velocità di Y

per calibro della CI avale $> 0 < a$ 4mm

per resistenze avale troppo basse: FV, occlusione CI controlaterale, emicrania, giovane

ostacolo amonte: stenosi CC, TBC, Aorta...

Posizione biforcazione: rischio chirurgico se alta e profonda

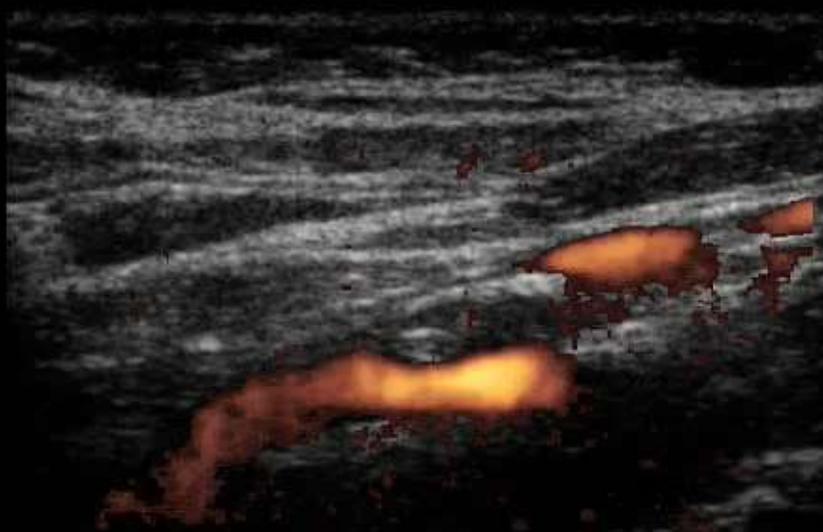
A-----

02 OTT 2019 10:45

| | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| B | F | 10 | MHZ | G | 61% | CFM | F | 5.0 | MHZ | G | 79% |
| P | | 5 | cm | XV | 1 | | PRF | 2.1 | KHZ | | |
| PRC | | 8-3-A | | PRS | 4 | | PRC | 3-B-A | | PRS | 4 |
| PST | | 2 | | | | | FP | M | | S | |

0:00:00.56

FACTORY1 LA523

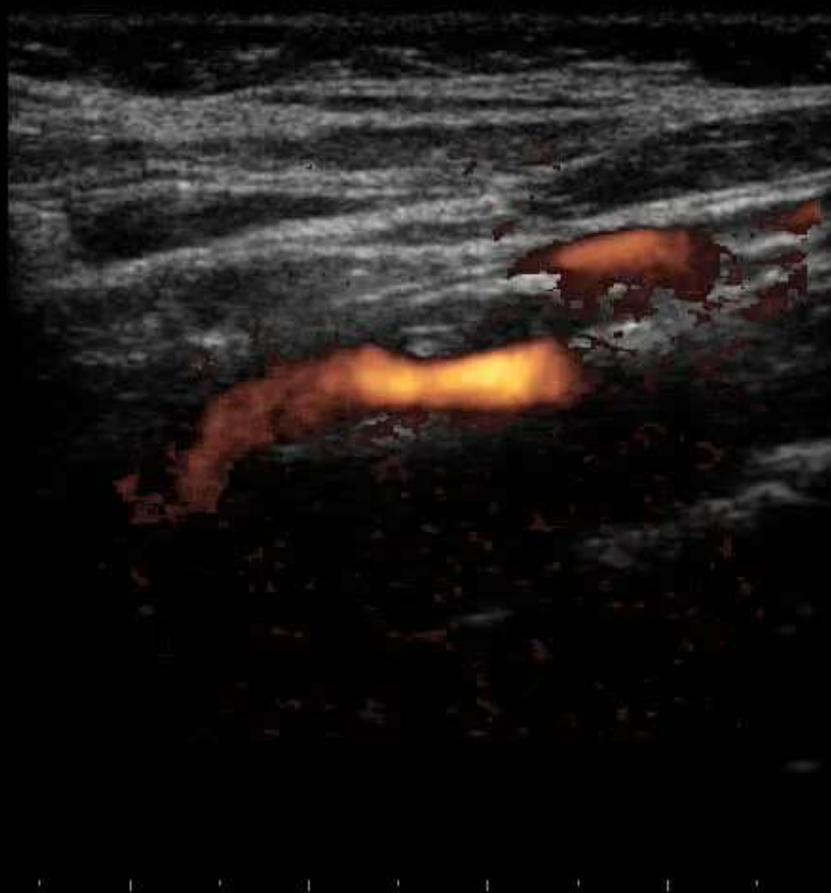


A-----

| | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-----|-----|-----|-----|---|-------|-----|-----|-----|
| B | F | 10 | MHZ | G | 61% | CFM | F | 5.0 | MHZ | G | 79% |
| P | | 5 | cm | XV | 1 | PRF | | 2.1 | KHZ | | |
| PRC | | 8-3-A | | PRS | 4 | PRC | | 3-B-A | | PRS | 4 |
| PST | | 2 | | | | FP | | M | | S | |

0:00:00.56

FACTORY1 LA523



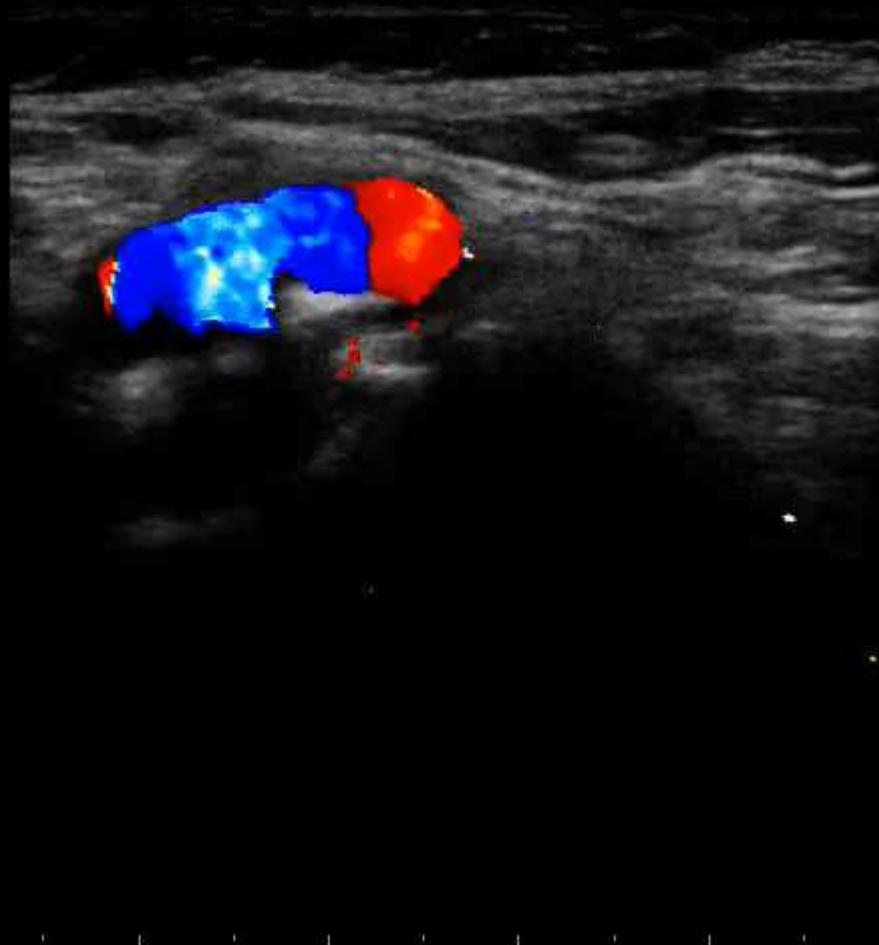
SCELSA, ANNAMARIA,

02 OTT 2019 10:14

| | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| B | F | 10 | MHZ | G | 52% | CFM | F | 5.0 | MHZ | G | 76% |
| P | | 5 | CM | XV | 1 | | PRF | 2.8 | KHZ | | |
| PRC | | 8-3-A | | PRS | 4 | | PRC | 3-B-A | | PRS | 4 |
| PST | | 2 | | | | | FP | M | | S | // |

0:00:00.41

FACTORY1 LA523



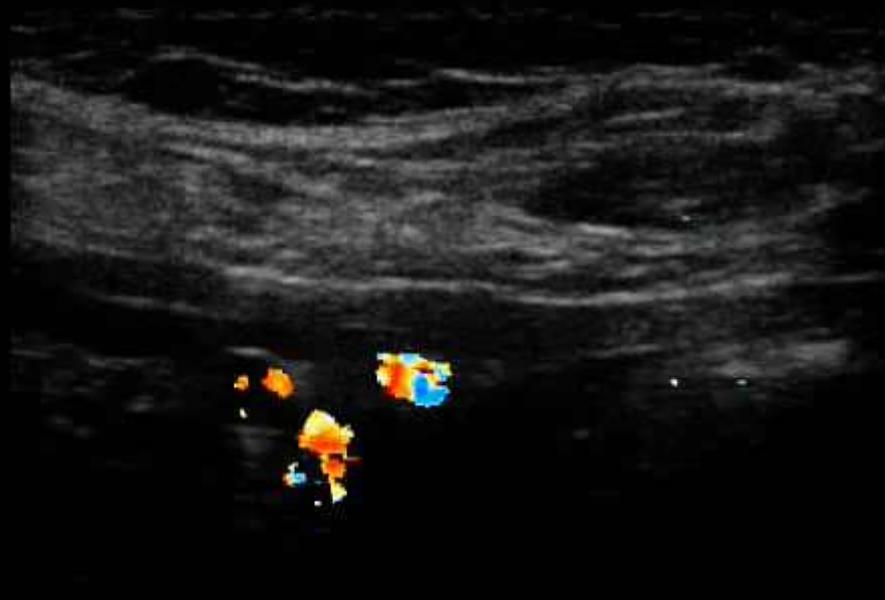
SCELSA, ANNAMARIA,

02 OTT 2019 10:14

B F 10 MHz G 52% CFM F 5.0 MHz G 76%
P 5 cm XV 1 PRF 2.8kHz
PRC 8-3-A PRS 4 PRC 3-B-A PRS 4
PST 2 FP M S //

0:00:00.41

FACTORY1 LA523



SCELSA, ANNAMARIA,

02 OTT 2019 10:14

B F 10 MHz G 52% CFM F 5.0 MHz G 76% 0:00:00.58
P 5 cm XV 1 PRF 2.8kHz
PRC 8-3-A PRS 4 PRC 3-B-A PRS 4
PST 2 FP M S /

FACTORY1 LA523

