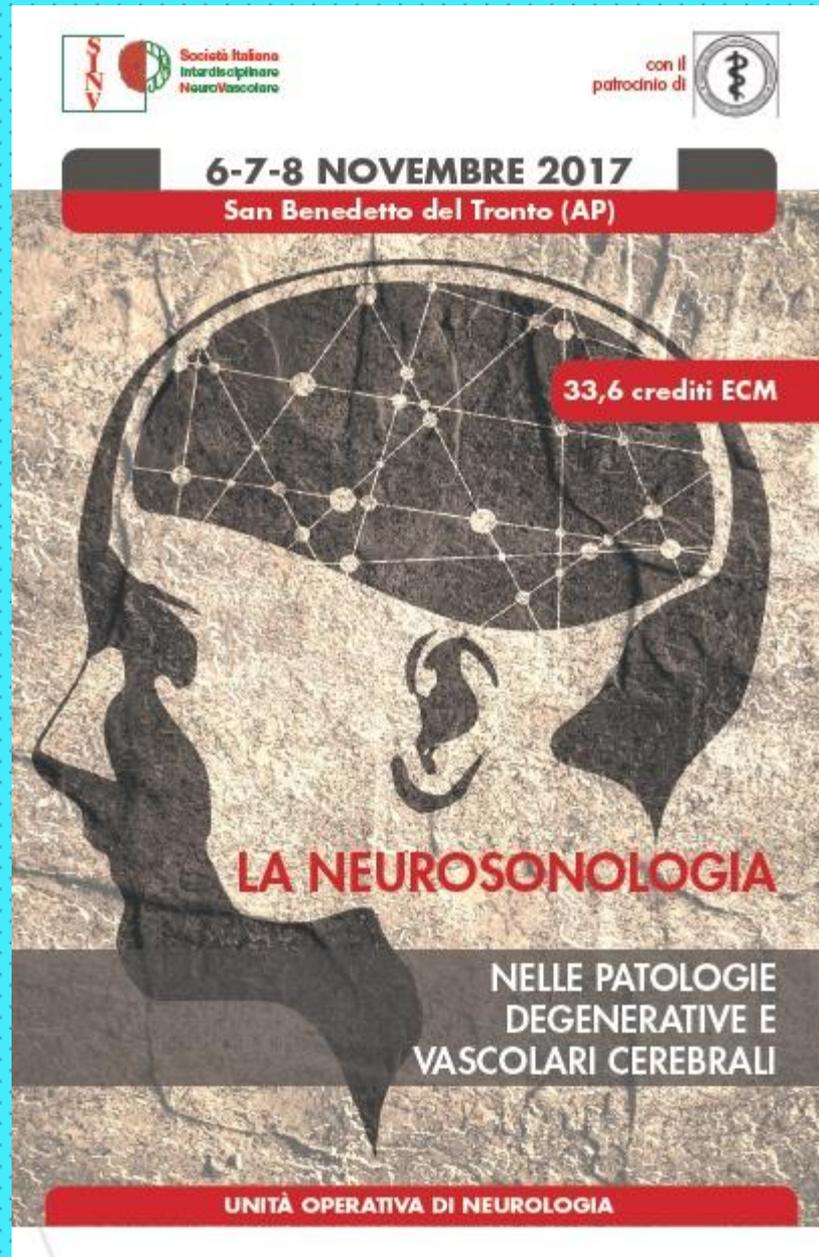
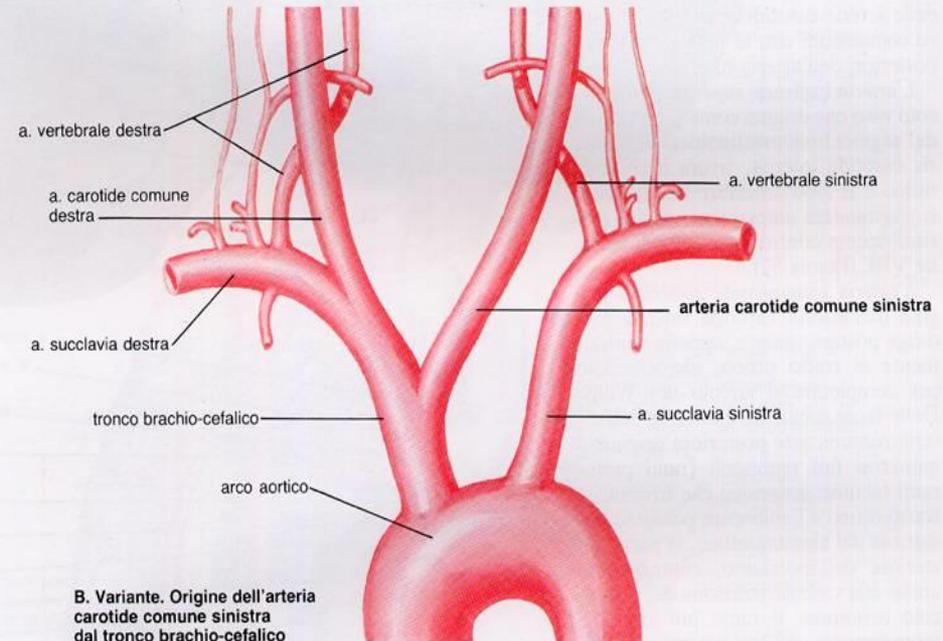
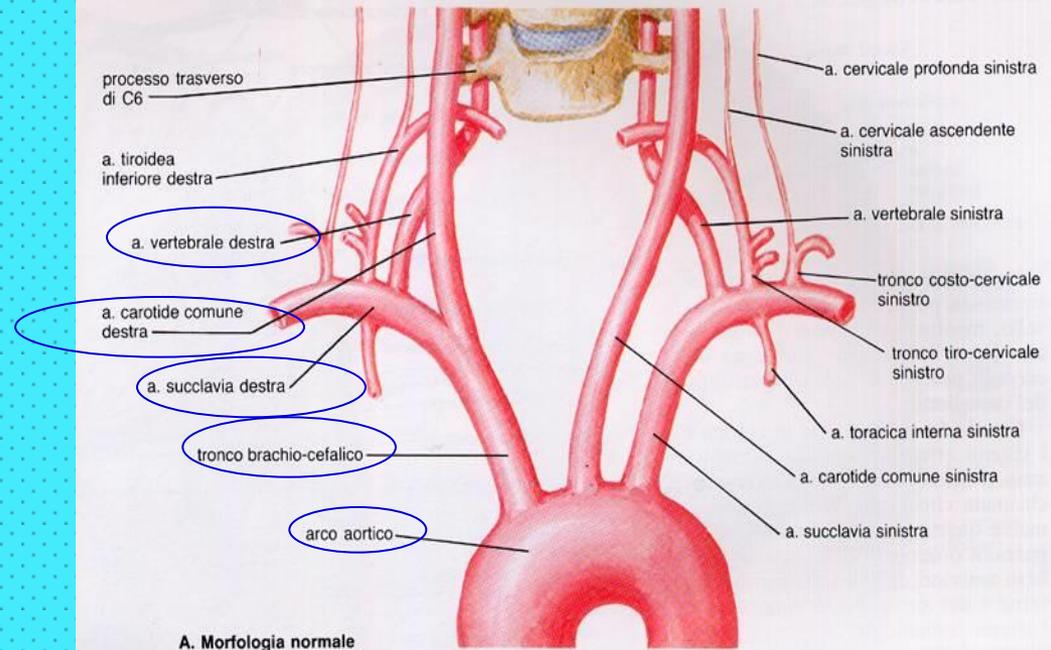


Anatomia e
Fisiopatologia
parenchimale
arteriosa e
venosa
cerebrale

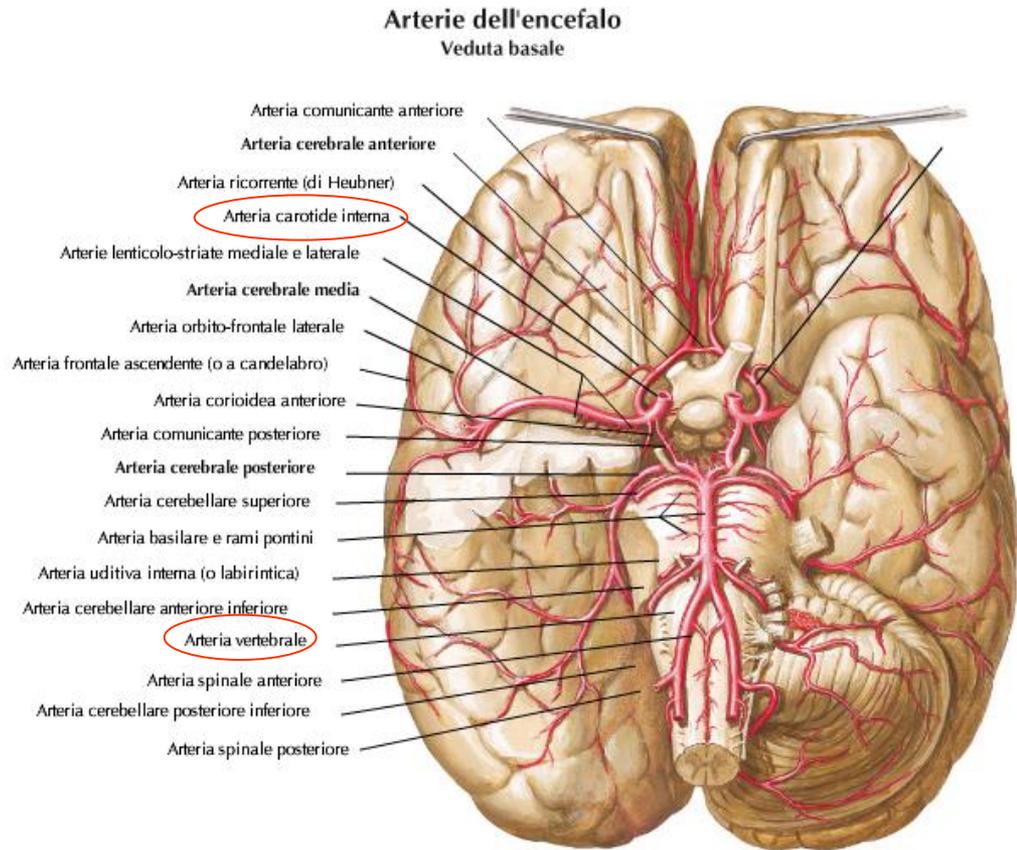


ARTERIE EXTRACRANICHE

- *Arco dell'Aorta fino all'origine della Succlavia sinistra*
- *Tronco Brachiocefalico*
- *A. Succlavie prossimali fino all'origine delle Vertebrali*
- *C. Comuni*
- *C. Interne*
- *A. Vertebrali fino all'ingresso nella base cranica*



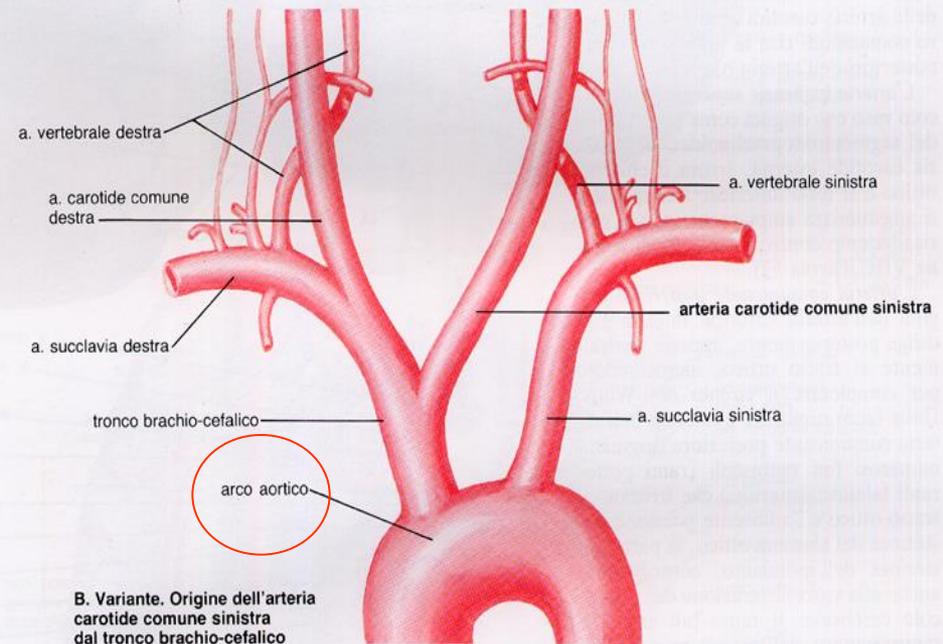
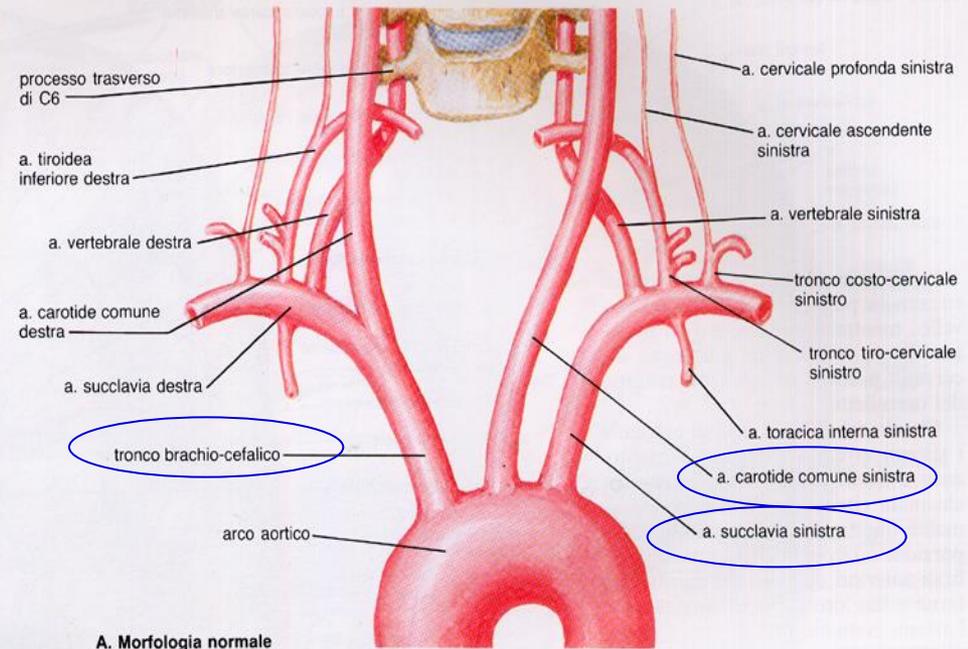
Il supporto ematico al cervello umano viene fornito da due paia di arterie: le Carotidi Interne, destra e sinistra, e le Vertebrali destra e sinistra



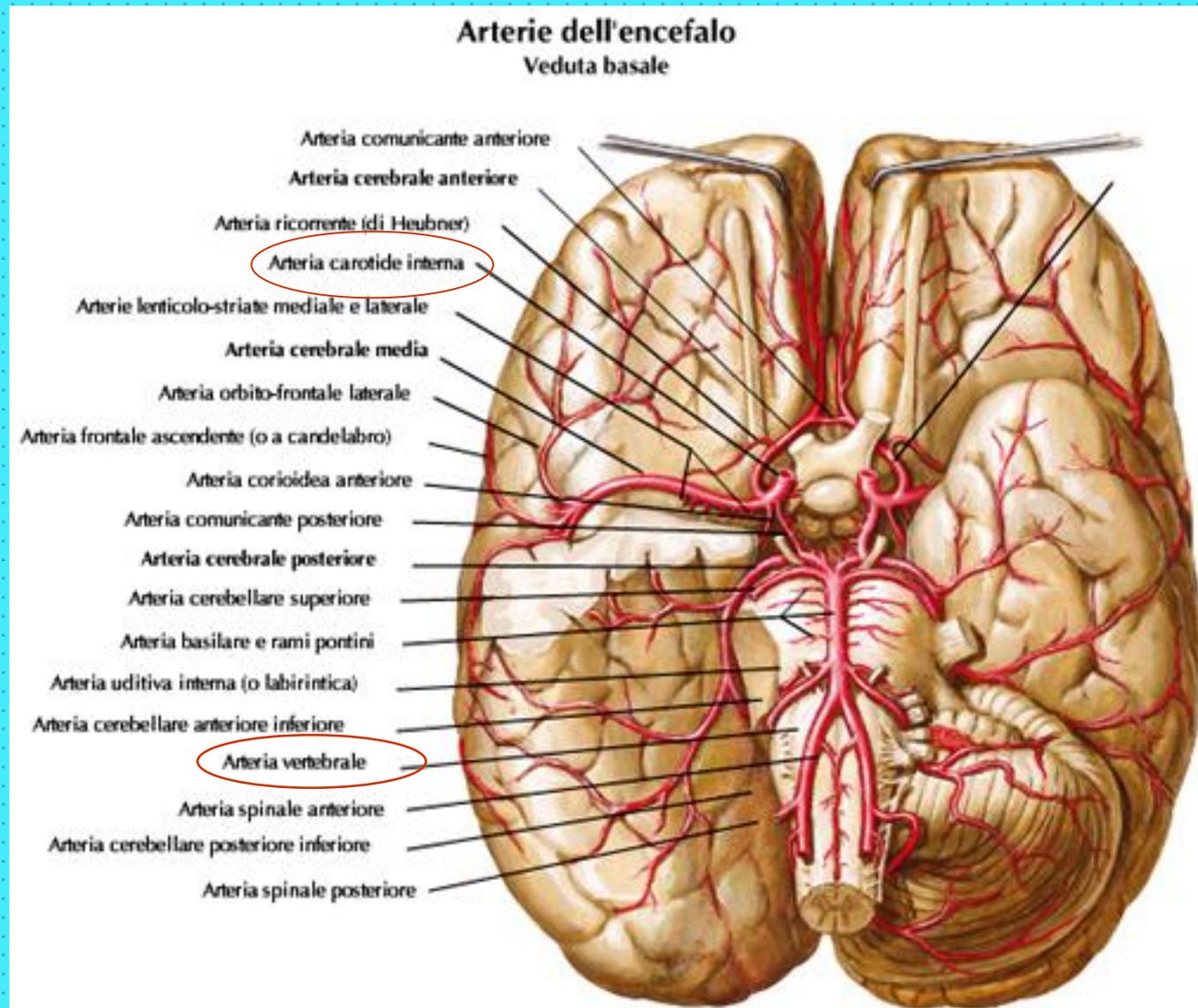
C. COMUNE E TRONCO BRACHIO CEFALICO

Dall'arco originano:

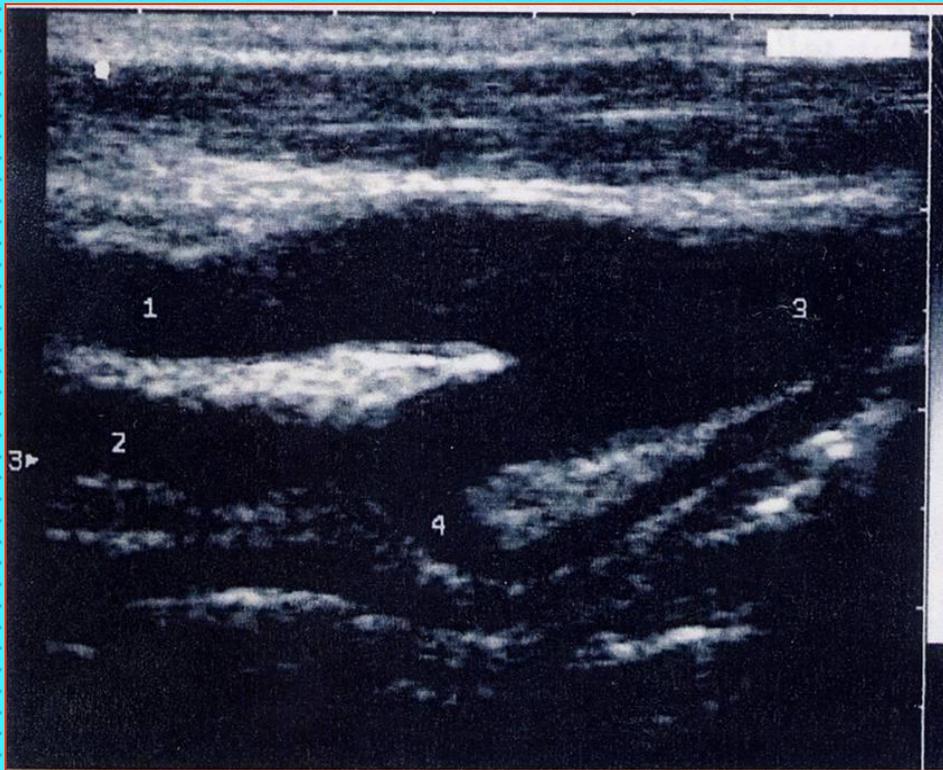
- Tronco Brachio-cefalico
- C. Comune Sinistra
- A. Succlavia Sinistra



Il supporto ematico al cervello umano viene fornito da due paia di arterie: le Carotidi Interne, destra e sinistra, e le Vertebrali destra e sinistra



C. COMUNE

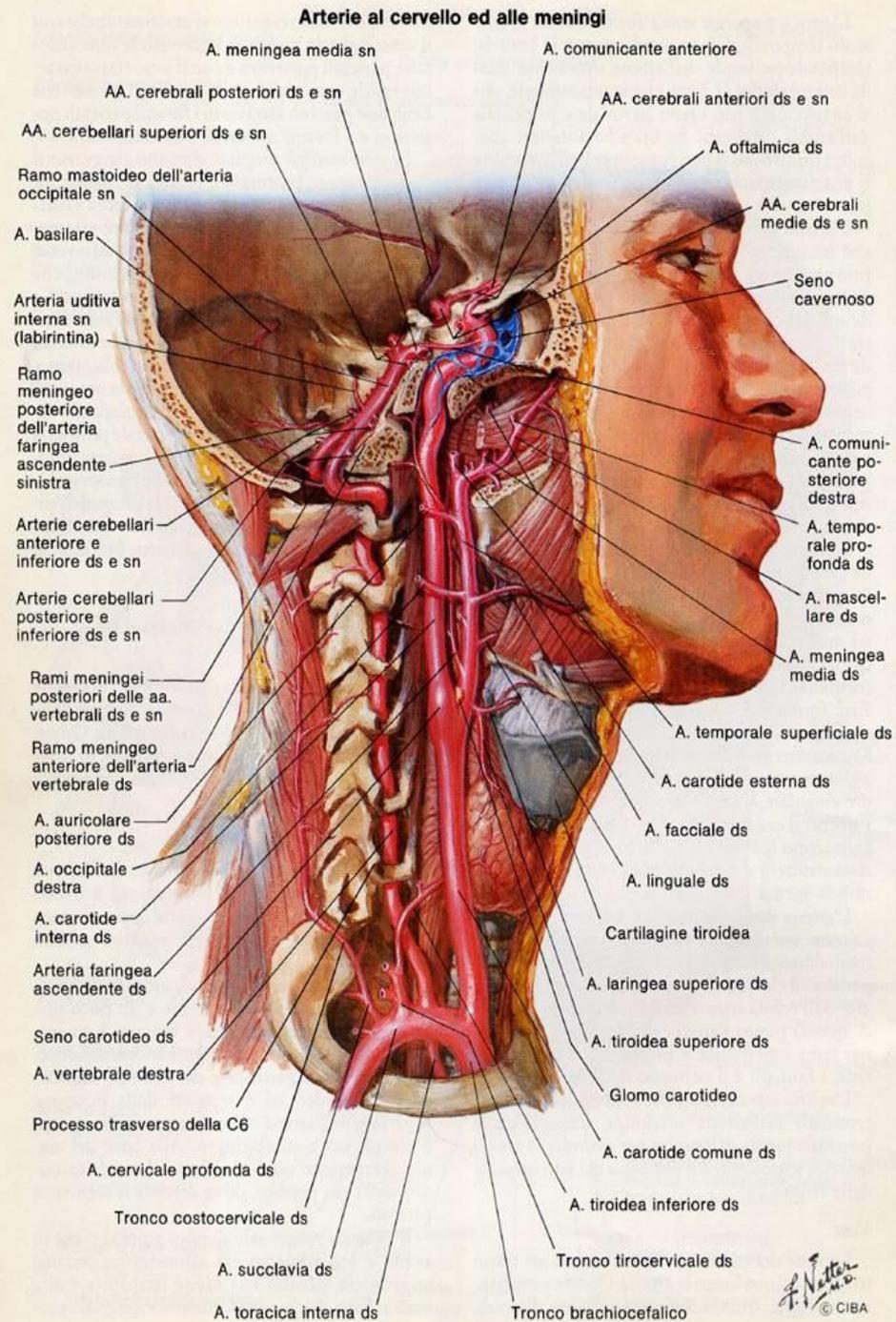


All'altezza del margine superiore della cartilagine tiroidea e di C4 la C. Comune si biforca nella

- C. Interna*
- C. Esterna*

C. INTERNA

- Nel suo decorso extracranico non emette rami collaterali
- Decorre postero-lateralmente alla C. Esterna
- Calibro: da 6.5 - 7.5 mm a 4.5 - 5.5 mm



Porzione Cervicale

(privo di collaterali, decorre generalmente con una lieve curvatura dorso-lateralmente alla CE sino alla base cranica)

Porzione Petrosa

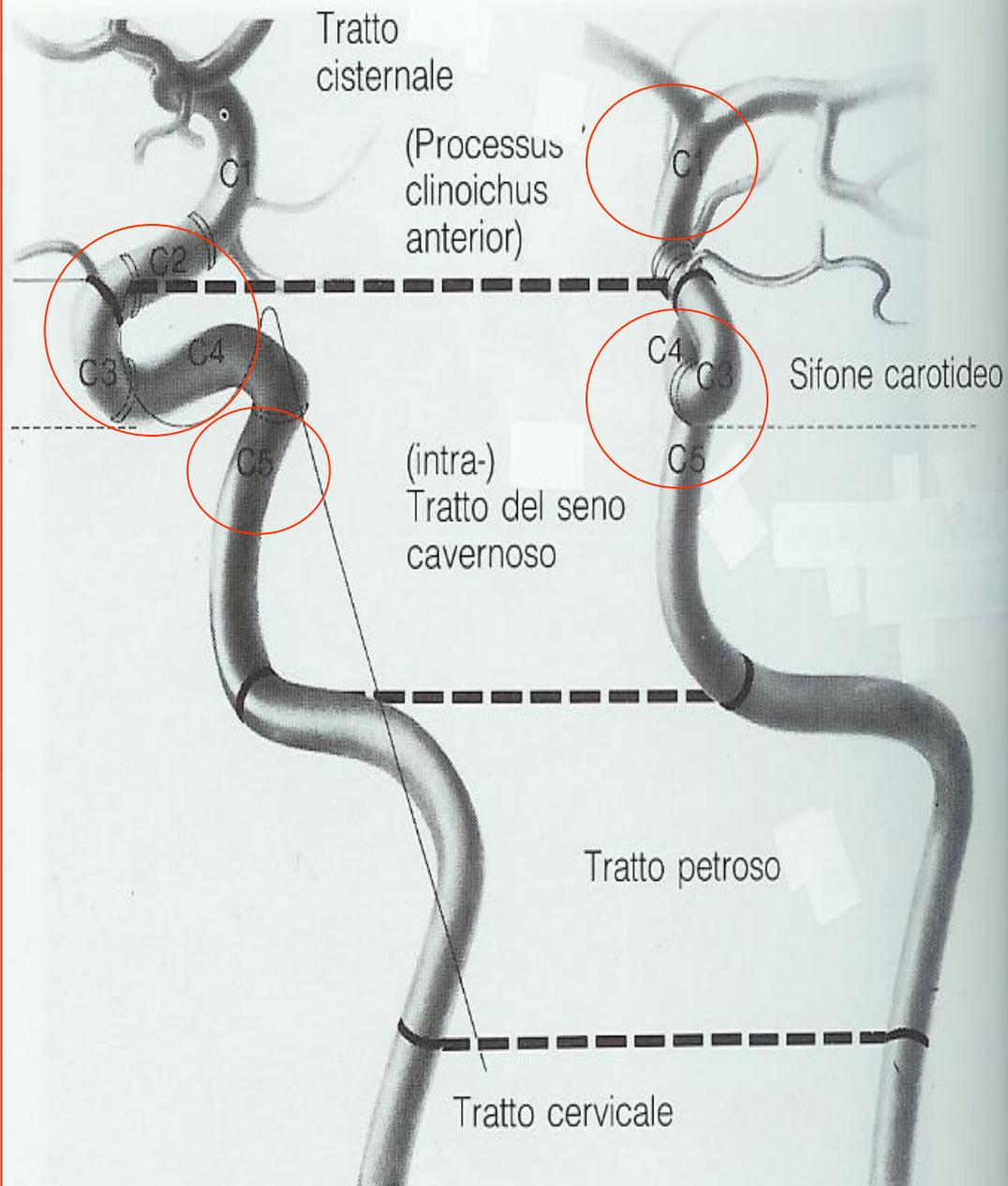
(la CI entra nel basicranio passando attraverso il foro carotico e ne esce tramite il forame lacero)

Porzione Cavernosa

(doppia curvatura ad S italiana - sifone carotideo)

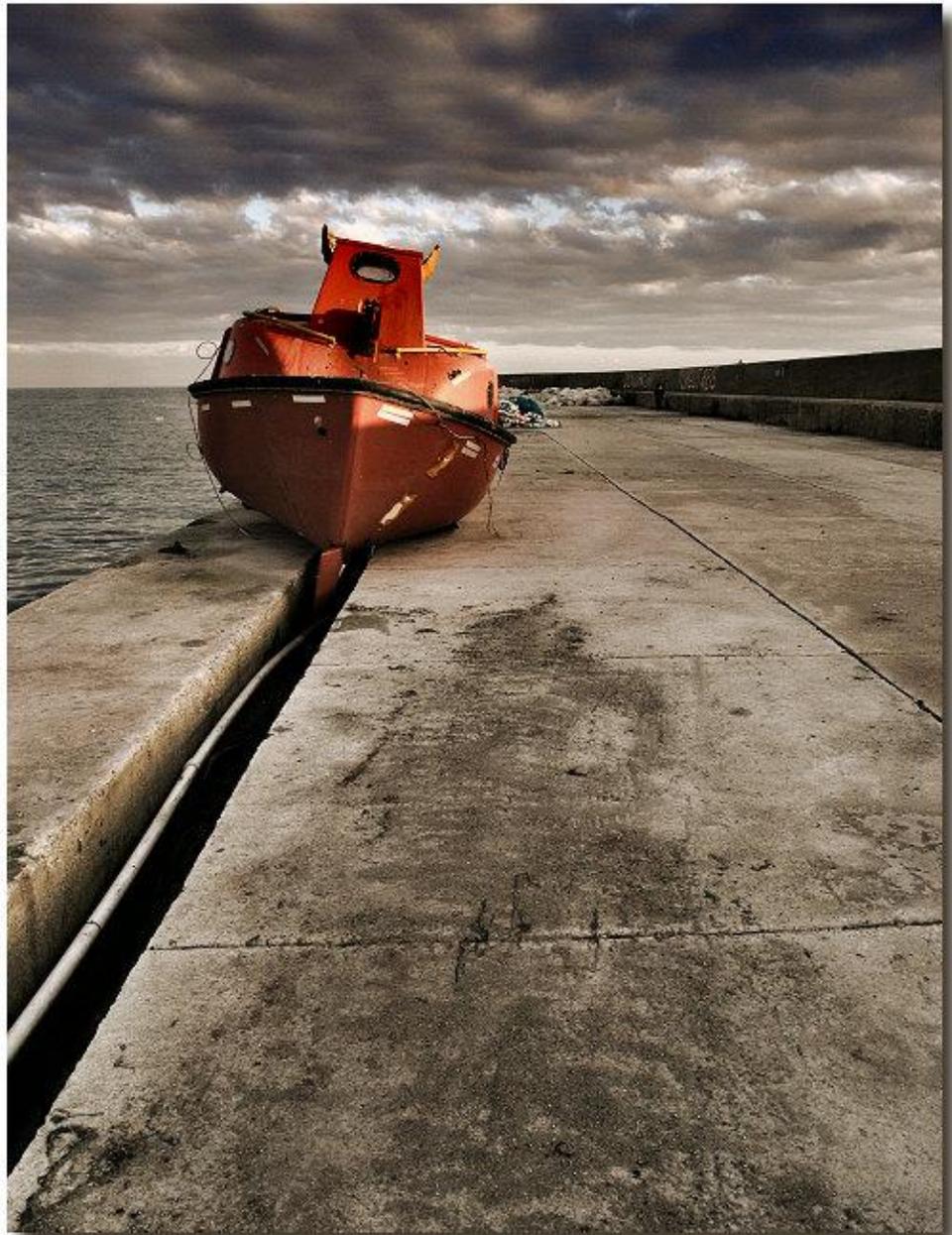
Porzione Sovraclinoidea

(si suddivide nei rami terminali cerebrale media ed anteriore)

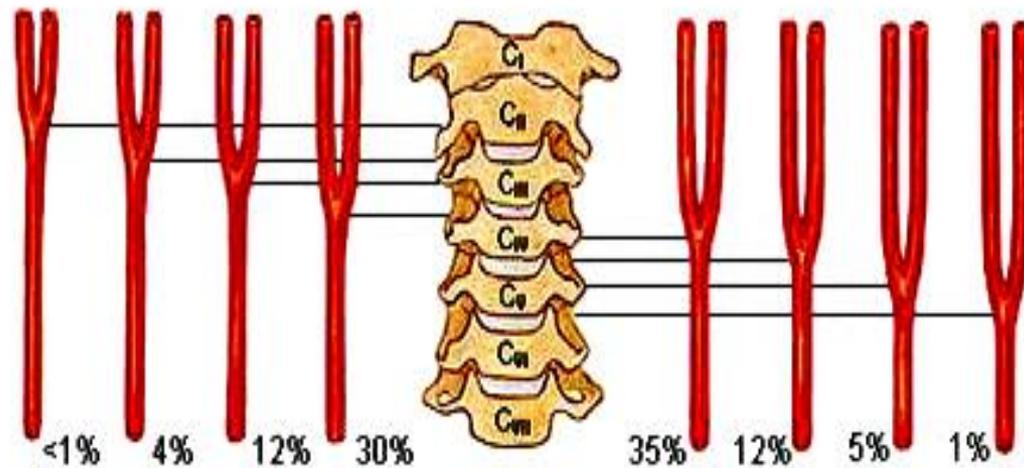


Varianti

- Varianti del livello di origine
- Varianti di decorso
- Varianti di calibro
- Varianti del sifone carotideo



Varianti del livello di origine



Varianti di decorso

- *Tortuosità (allungamento od ondulazione del vaso a forma di S o di C)*
- *Coiling (allungamento che determina una configurazione circolare del vaso # giro#)*
- *Kinking (angolazione di uno più segmenti del vaso associato spesso a stenosi #inginocchiamento#)*

Varianti di calibro

- *L'ICA nei bambini è più larga dell'ECA, mentre negli adulti il tratto cervicale delle due arterie è pressochè simile*
- *Il calibro dell'ICA diminuisce nel segmento sopraclinoideo ed è più marcato dopo l'origine dell'oftalmica*
- *Il calibro delle due carotidi può essere diverso nello stesso individuo (5% delle angiografie)*

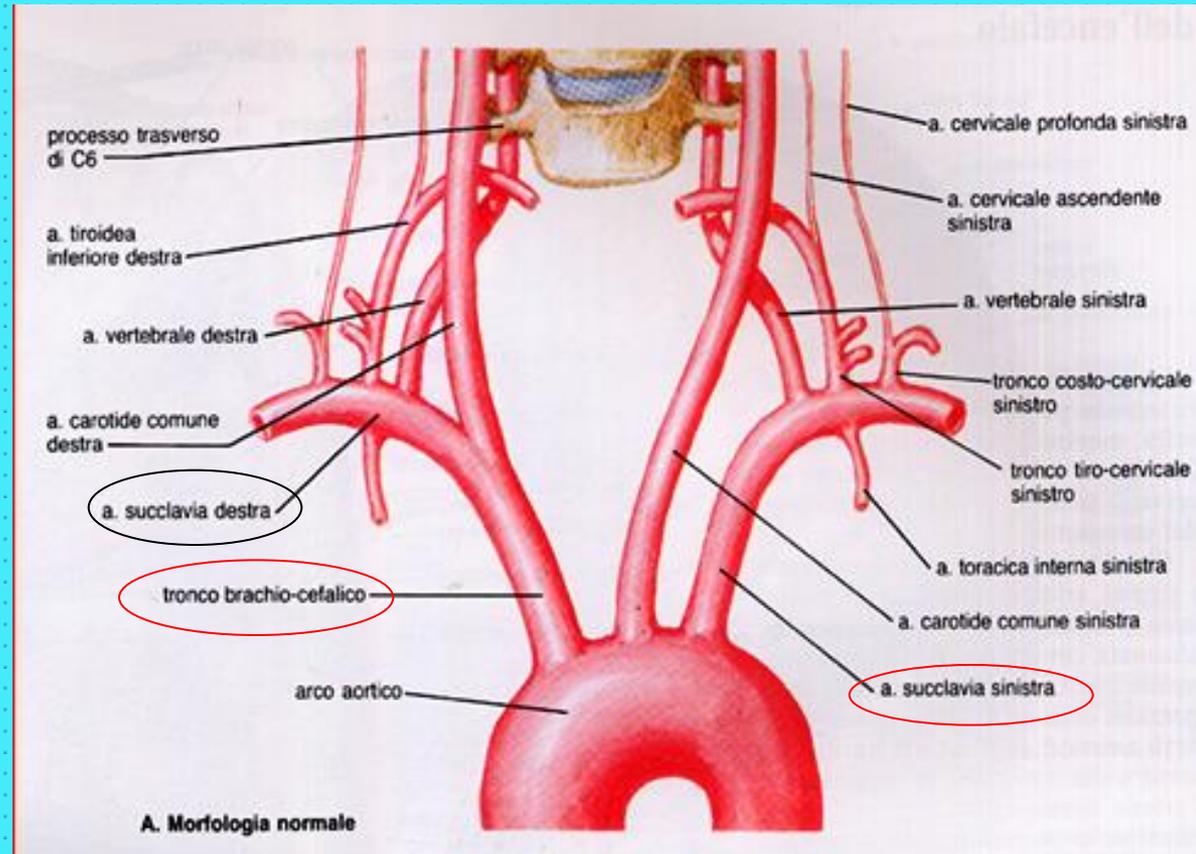
C. ESTERNA (CE)

- *Origina dalla biforcazione della C. Comune e si dirige verso l'alto raggiungendo il condilo della mandibola ove si divide nei suoi rami terminali:*
 - A. Temporale superficiale
 - A. Mascellare interna
- *Calibro: 3.5-4.5 mm*

ARTERIA SUCCLAVIA

Nasce a destra dal tronco anonimo ed a sinistra dall'arco aortico.

E' il tronco arterioso destinato all'arto superiore; contribuisce alla vascolarizzazione dell'encefalo mediante il suo ramo vertebrale e della base del collo e delle pareti del torace mediante rami minori.



A. VERTEBRALE (AV)

Il decorso del vaso
viene suddiviso in

5 segmenti

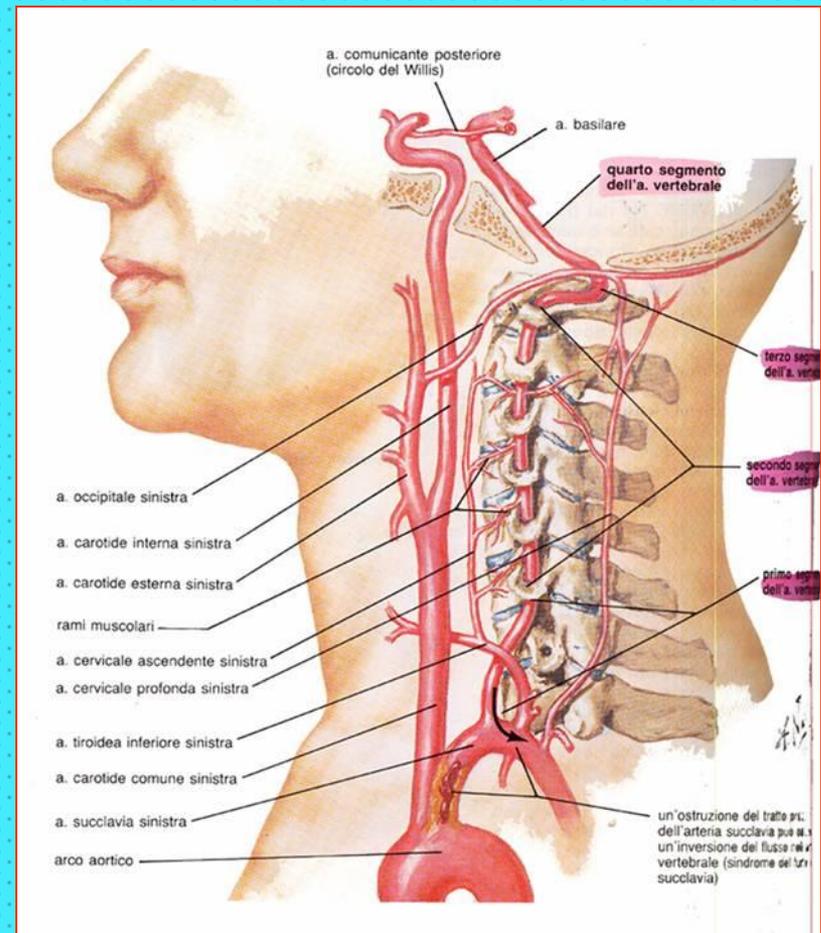
V0: s. origine

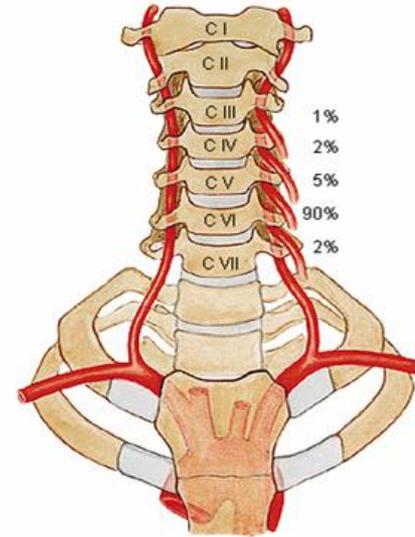
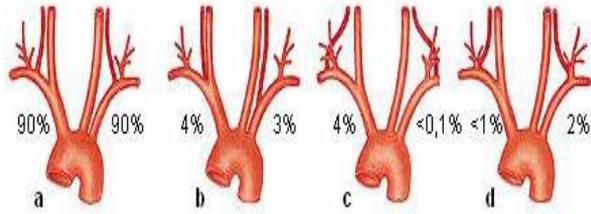
V1: s. pre-vertebrale

V2: s. cervicale
(intertrasversario)

V3: s. atlantico

V4: s. intracranico





Variazioni di origine della vertebrale

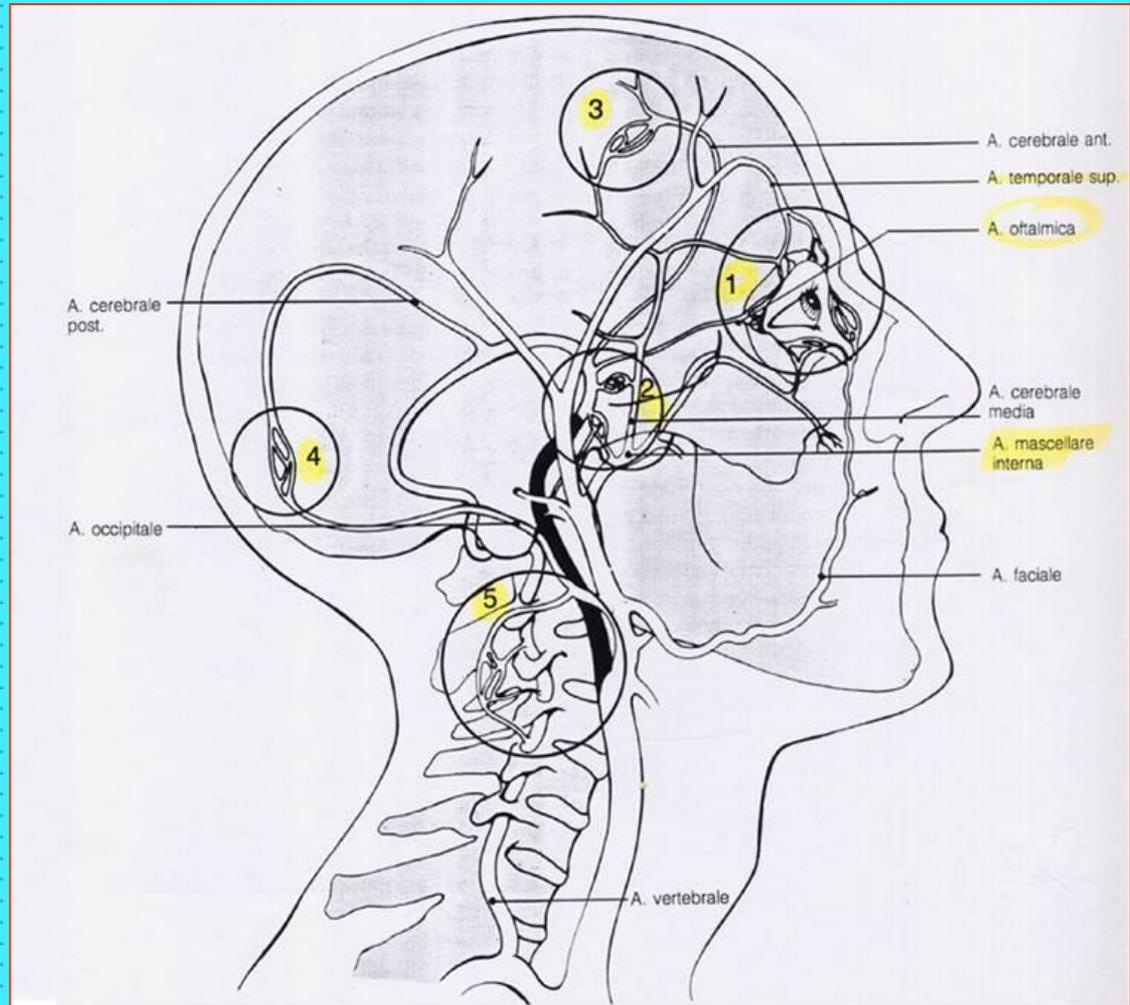
- Arteria carotide comune
- Arteria tiroidea inferiore
- Arteria anonima
- Aorta

Variazioni di decorso della vertebrale al collo

CIRCOLI COLLATERALI

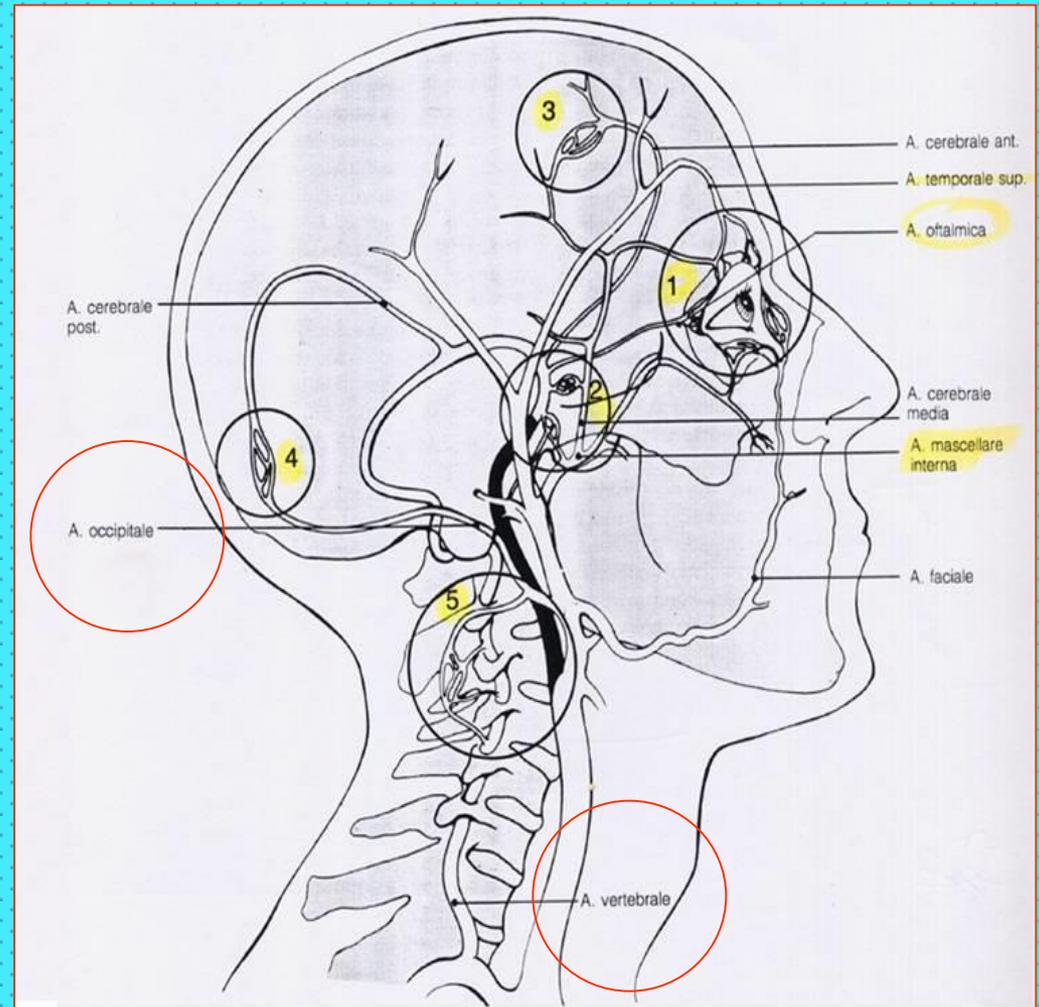
La più importante anastomosi tra la CI e la CE avviene tramite l'**A. Oftalmica (AO)**

L'AO ed i suoi rami terminali si anastomizzano con branche della CE



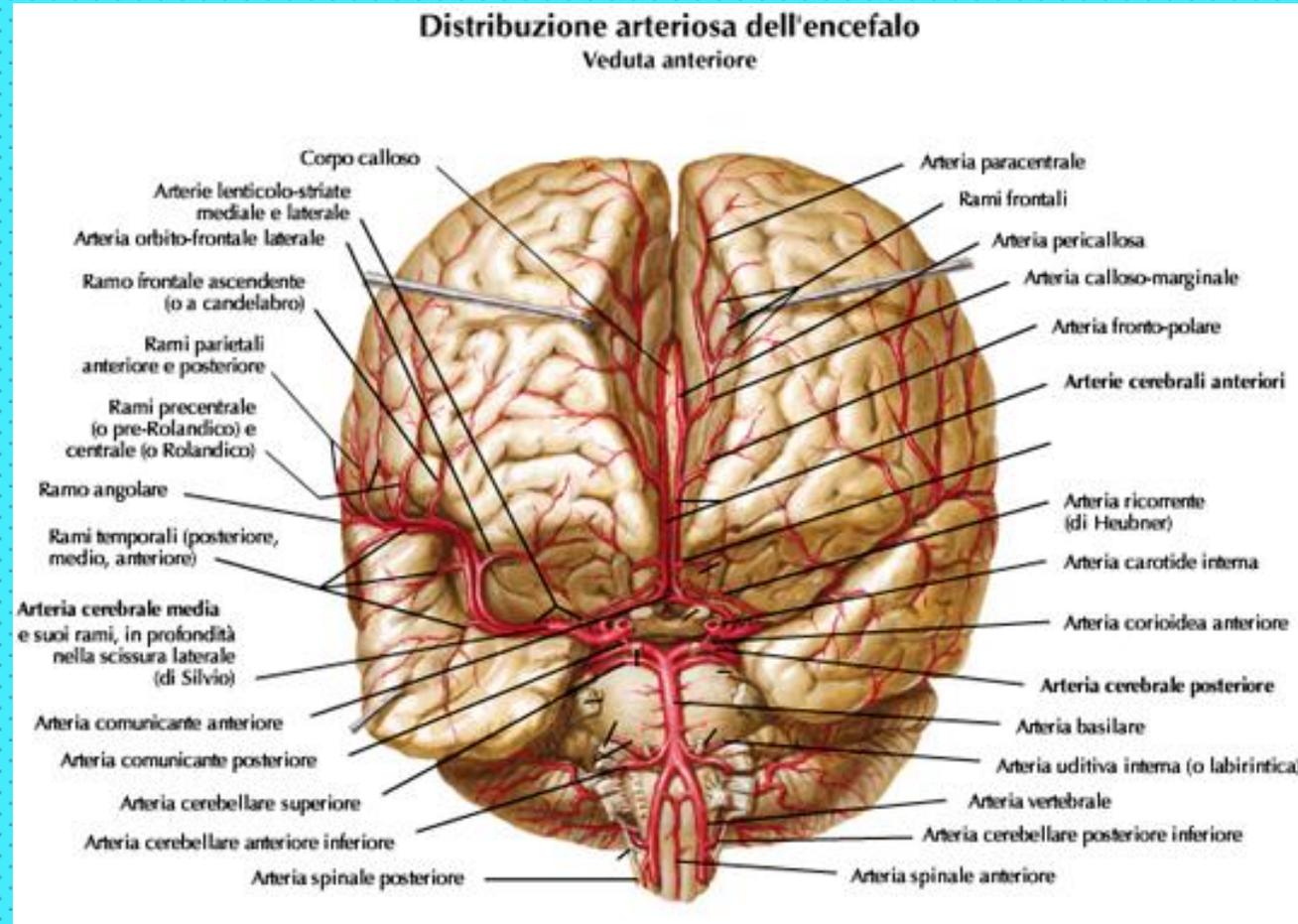
CIRCOLI COLLATERALI

Le anastomosi tra i rami muscolari dell'A. Occipitale ed i rami muscolari dell'AV costituiscono il più importante collegamento extracranico tra il sistema carotideo e quello vertebro-basilare

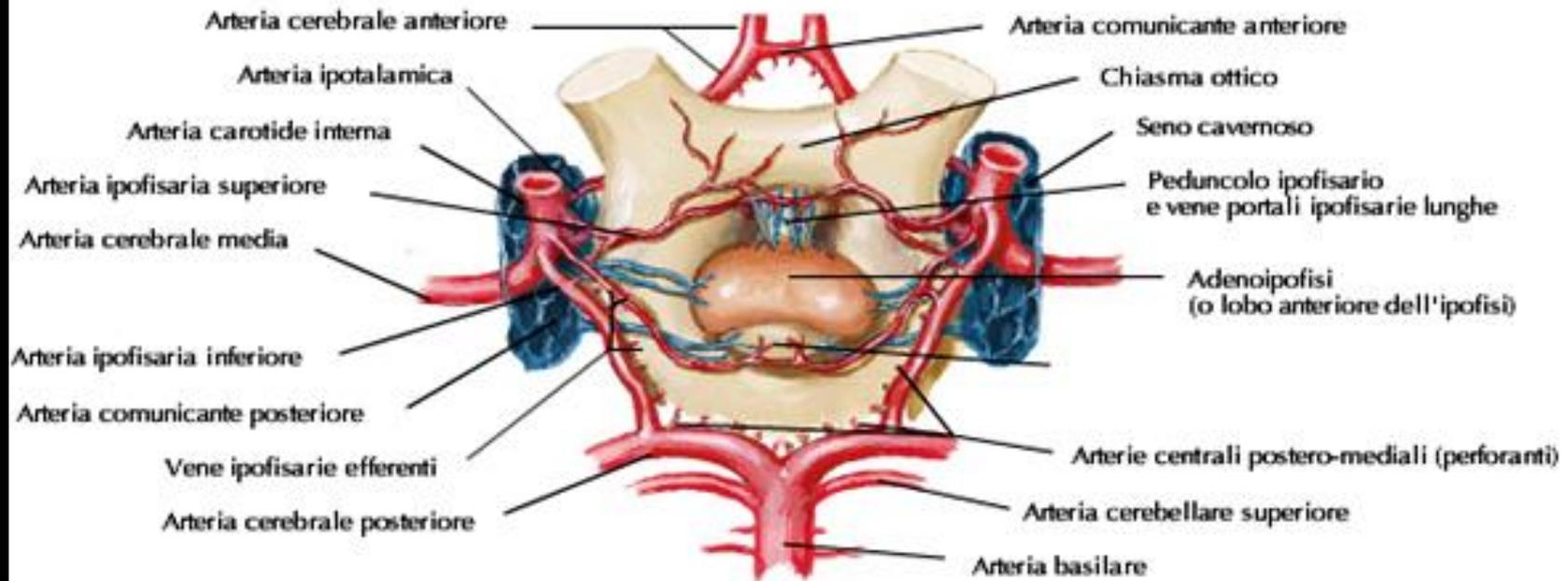


ANATOMIA DEL CIRCOLO INTRACRANICO

Le arterie del cervello provengono dalle 2 Carotidi Interne e dalla Basilare costituita dall'unione delle 2 Vertebrali

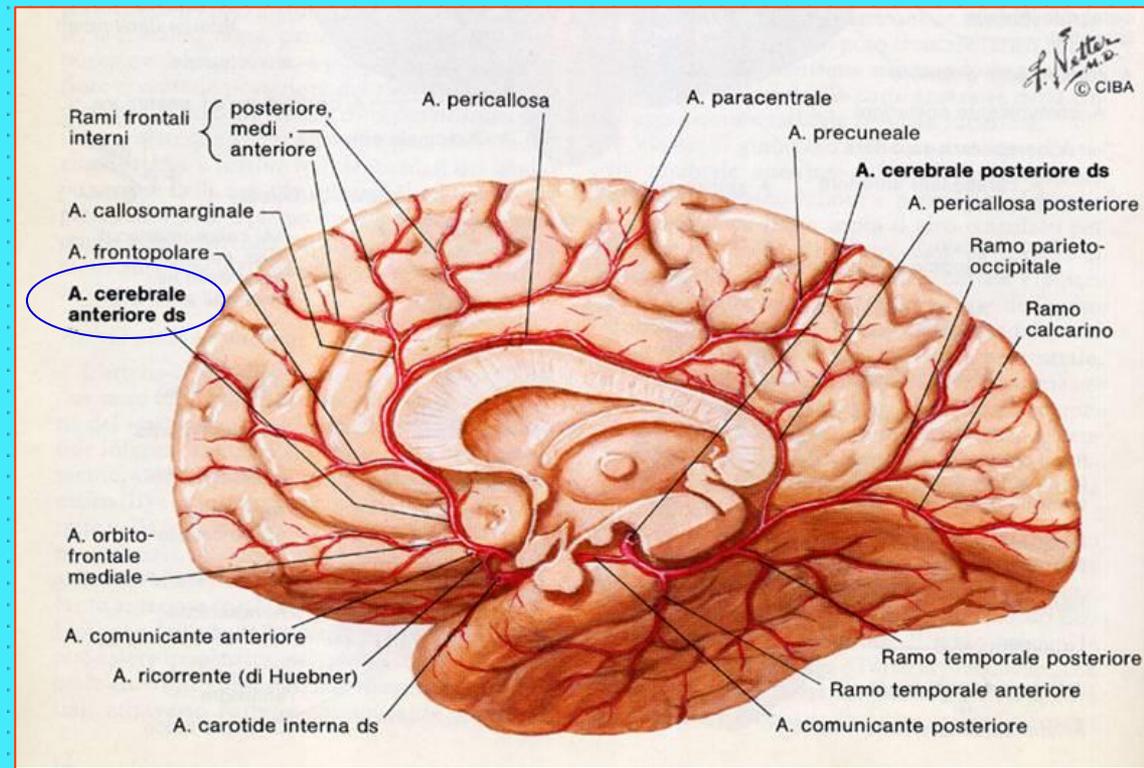


Schema del circolo del Willis

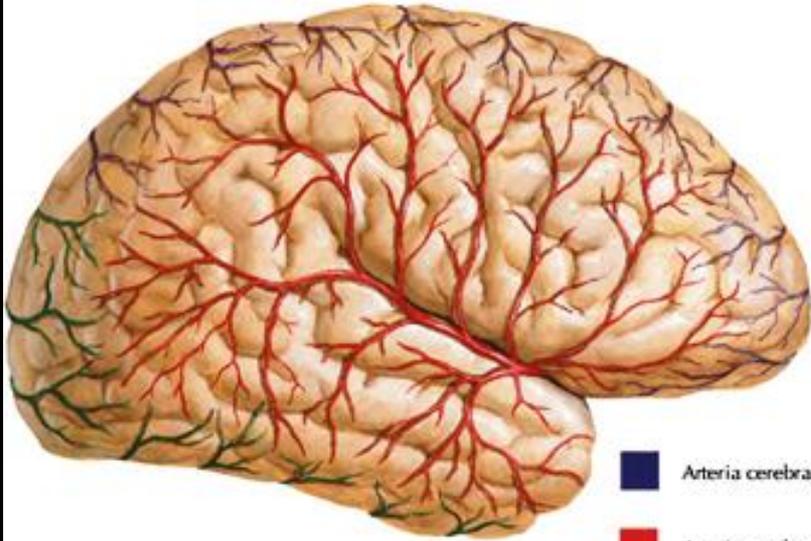


ARTERIA CEREBRALE ANTERIORE (ACA)

Dopo la sua origine, l'ACA si dirige, sopra il processo clinoido anteriore, medialmente ed in avanti; prosegue fra il chiasma ottico ed il trigono olfattorio e devia in alto con un'angolazione quasi retta, penetrando nella scissura interemisferica. Segue la stria olfattoria mediana e poco prima della lamina terminale tende ad avvicinarsi alla controlaterale con la quale si connette mediante **l'Arteria Comunicante Anteriore (ACoA)**.



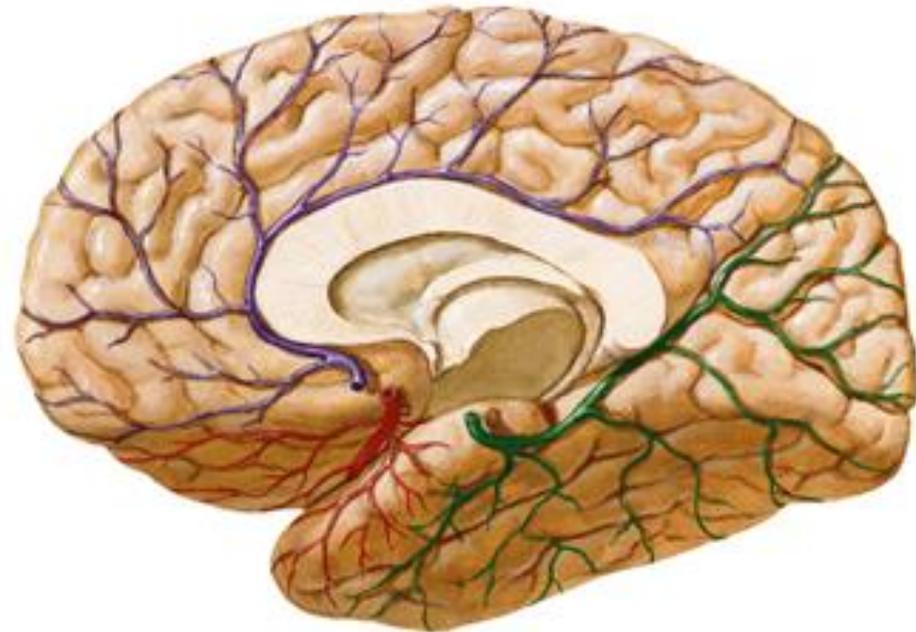
Territori irrorati dalle arterie cerebrali
Veduta laterale



- Arteria cerebrale anteriore
- Arteria cerebrale media
- Arteria cerebrale posteriore

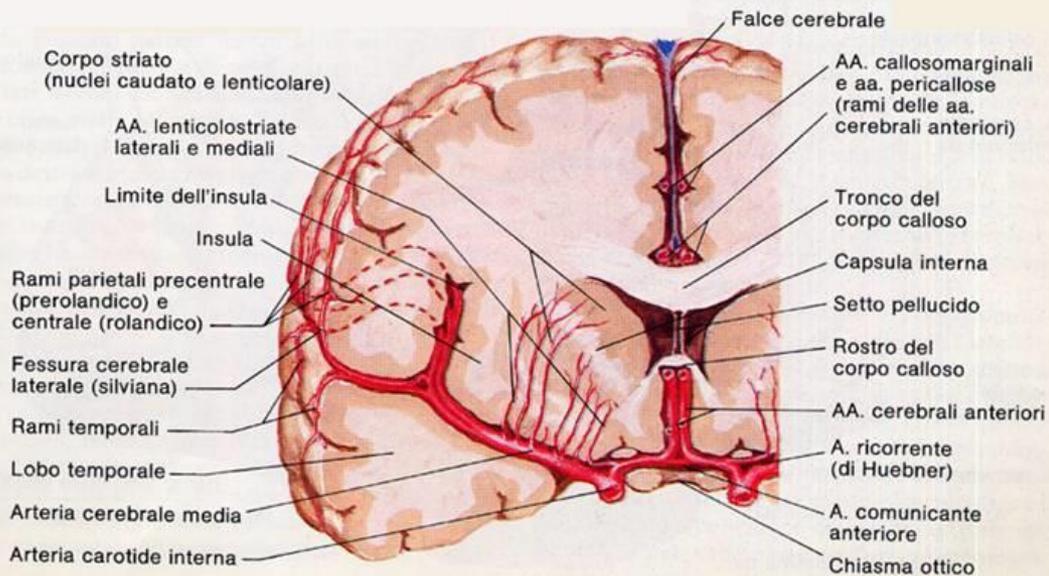
F. Natta
© IEDM

Territori irrorati dalle arterie cerebrali
Veduta mediale



- Arteria cerebrale anteriore
- Arteria cerebrale media
- Arteria cerebrale posteriore

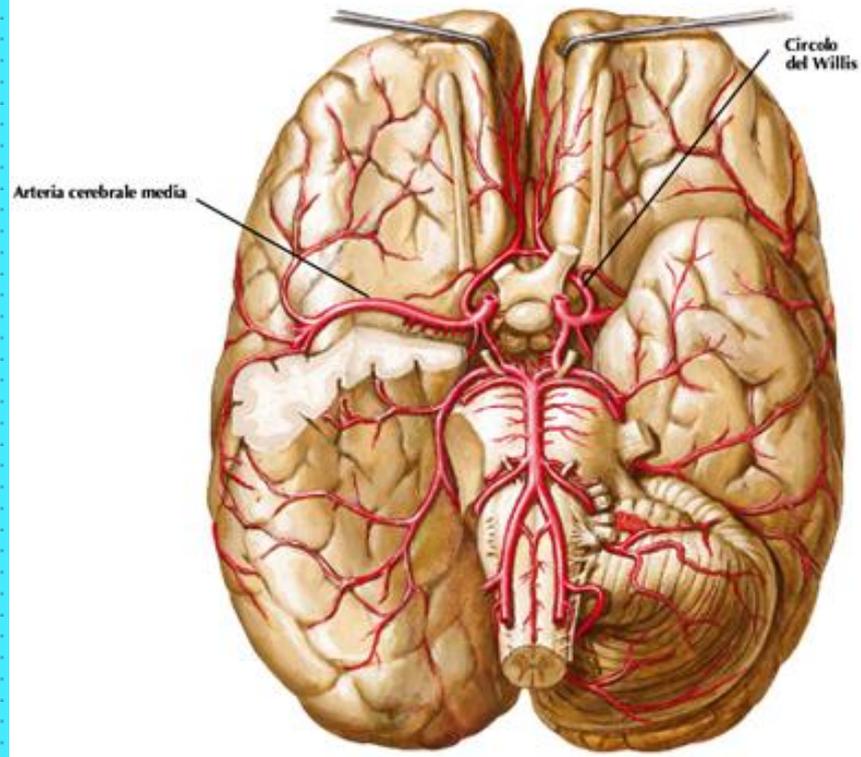
TERRITORI DI DISTRIBUZIONE DELLE ARTERIE CENTRALI CHE ORIGINANO DALL'ACA



- **G. antero-mediale:**
testa del n. caudato

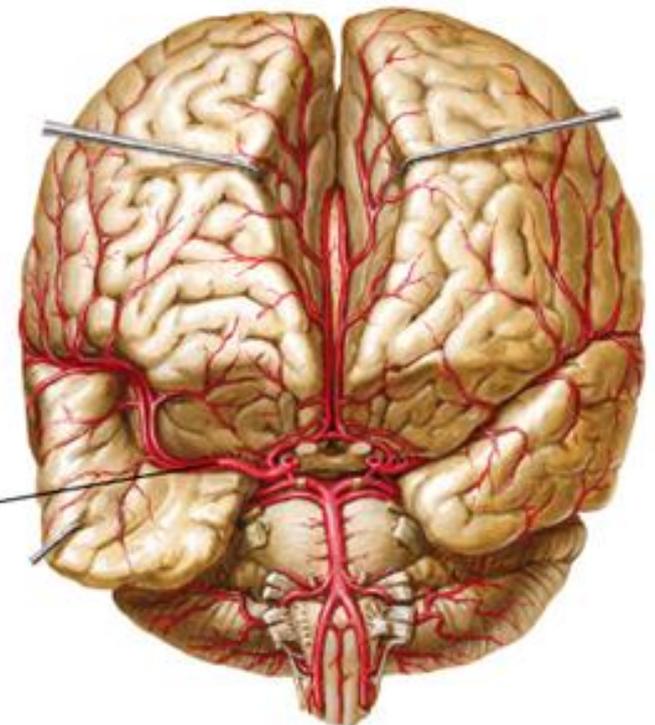
ARTERIA CEREBRALE MEDIA (ACM)

Arterie dell'encefalo
Veduta basale



Distribuzione arteriosa dell'encefalo
Veduta anteriore

Arteria cerebrale media
e suoi rami, in profondità
nella scissura laterale
(di Silvio)



Arteria Cerebrale Media

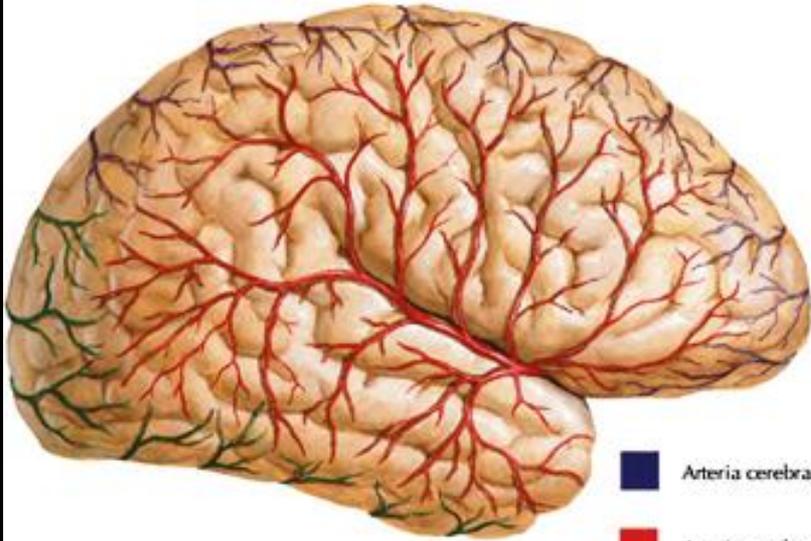
M1 (parte sfenoidale): La sua lunghezza media è di circa 14 -16 mm. Talvolta questo ramo si divide precocemente, ma nella maggioranza dei casi lo fa distalmente

M2 (parte insulare): questi rami originano dalla divisione di M1 che di solito avviene a livello della scissura Silviana

M3 (parte opercolare)

M4 (parte terminale)

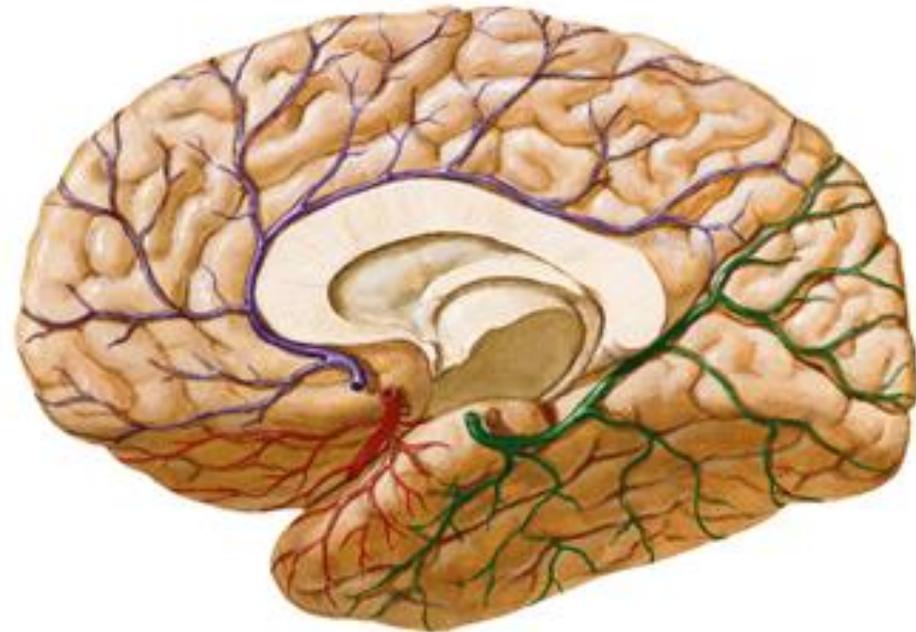
Territori irrorati dalle arterie cerebrali
Veduta laterale



-  Arteria cerebrale anteriore
-  Arteria cerebrale media
-  Arteria cerebrale posteriore

F. Natta
© IEDM

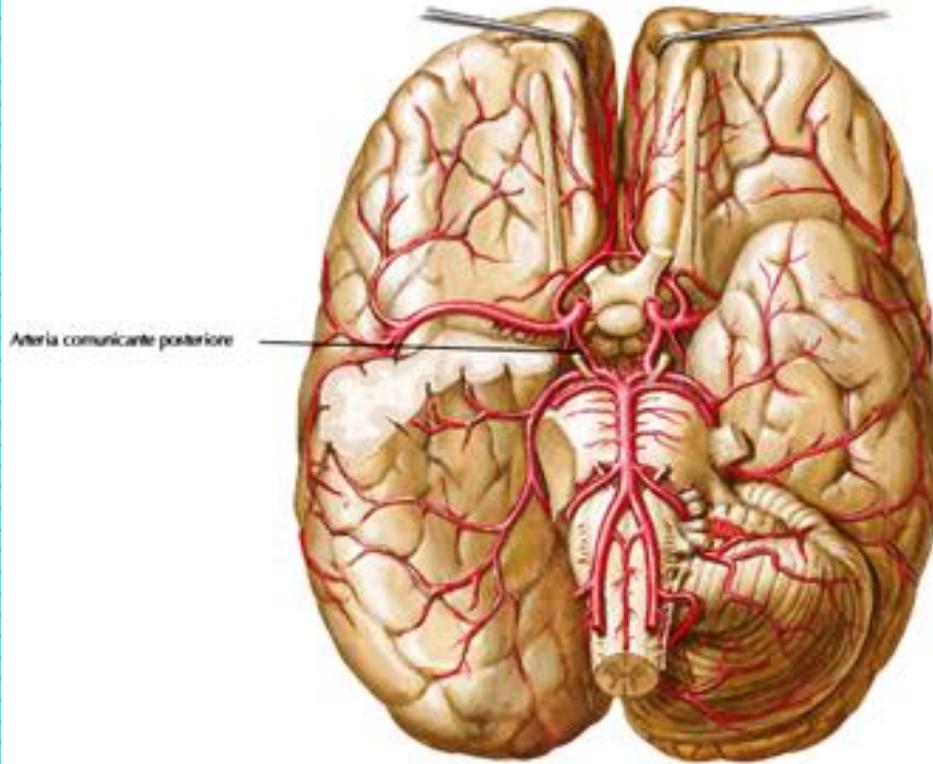
Territori irrorati dalle arterie cerebrali
Veduta mediale



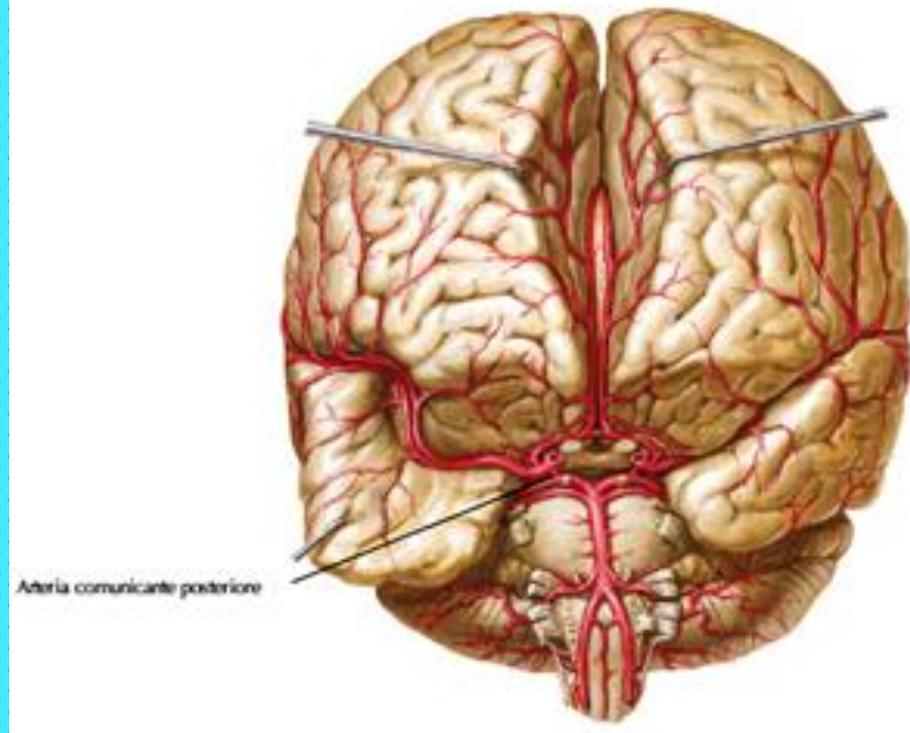
-  Arteria cerebrale anteriore
-  Arteria cerebrale media
-  Arteria cerebrale posteriore

ARTERIA COMUNICANTE POSTERIORE

Arterie dell'encefalo
Veduta basale



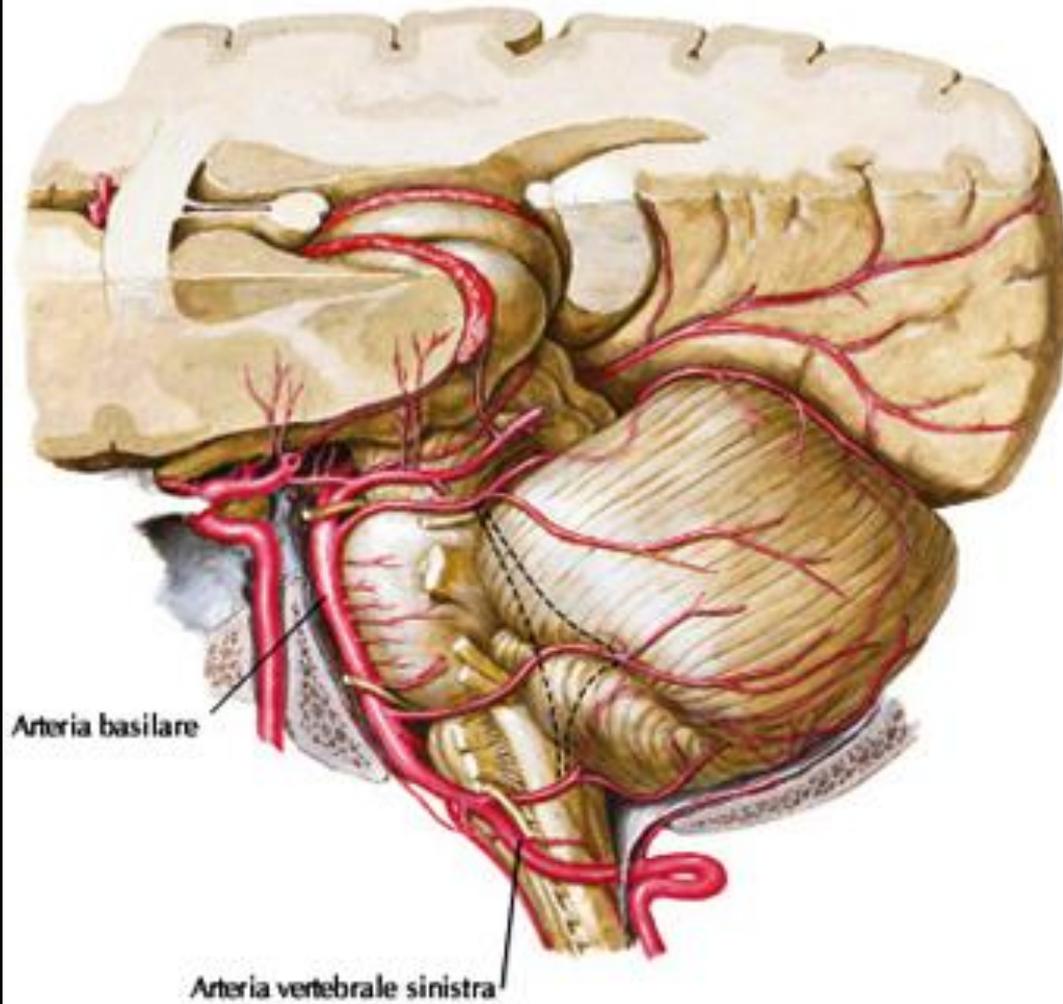
Distribuzione arteriosa dell'encefalo
Veduta anteriore



- Nasce dalla C. Interna, si porta indietro e raggiunge la ACP
- Conformazione variabile (spesso ipoplasica)

Sistema arterioso vertebro-basilare

Arteria della fossa cranica posteriore



Arterie vertebrali

L'arteria Vertebrale (VA) presenta usualmente un decorso regolare, dall'origine fino al termine dove confluendo con la controlaterale forma l'arteria Basilare.

Può essere divisa in cinque porzioni:

V0: origine;

V1: fino all'ingresso nel forame traverso, solitamente appartenente a C1;

V2: tratto intertrasversario, da C1 a C2;

V3: dal foro traverso di C2 fino all'ingresso nel Foro Magno (Occipitale). Dopo aver superato il forame dell'Epistrofeo l'arteria Vertebrale descrive un arco convesso all'esterno e flettendosi di circa 45° raggiunge il foro traverso dell'atlante; dopo averlo superato, prosegue ondulata, diretta prima all'indietro e successivamente verso l'alto ed in avanti verso il Foro Occipitale. Queste inginocchiature del vaso vengono definite "anse di riserva" e consentono all'arteria di "seguire" i movimenti della colonna e del capo;

V4: dall'ingresso nel Forame Magno all'origine dell'arteria Basilare.

Arterie vertebrali (collaterali)

1. nel tratto extracranico forniscono, oltre a rami muscolari, alcune arterie radicolari che contribuiscono all'irrorazione midollare;

2. subito dopo l'ingresso intracranico ed avendo perforato la dura madre ha origine l'arteria Spinale Posteriore che più frequentemente origina dall'a. Cerebellare Inferiore Posteriore (PICA);

la PICA, di calibro cospicuo, origina ad un livello variabile, a volte anche dall'arteria Basilare, si flette dorsalmente percorre lo spazio fra la fossa romboidale ed il cervelletto, si dirige verso il peduncolo cerebellare inferiore descrivendo un'ansa a raggio stretto e raggiunge la superficie inferiore del cervelletto;

l'arteria Spinale Anteriore origina dalla convessità dell'arteria Vertebrale in prossimità della linea mediana e si fonde con l'arteria omonima controlaterale irrorando la parte mediana e paramediana del midollo allungato.

Arteria Basilare

Origina dalla confluenza delle arterie Vertebrali, si estende per circa 3 cm., impari e mediana salendo verso l'alto sulla faccia anteriore del ponte accolta nel solco della basilare e giunta al solco pre-pontino si divide nelle due arterie Cerebrali Posteriori.

Lungo il suo decorso, variamente ondulato, tra clivus e ponte, dà origine a:

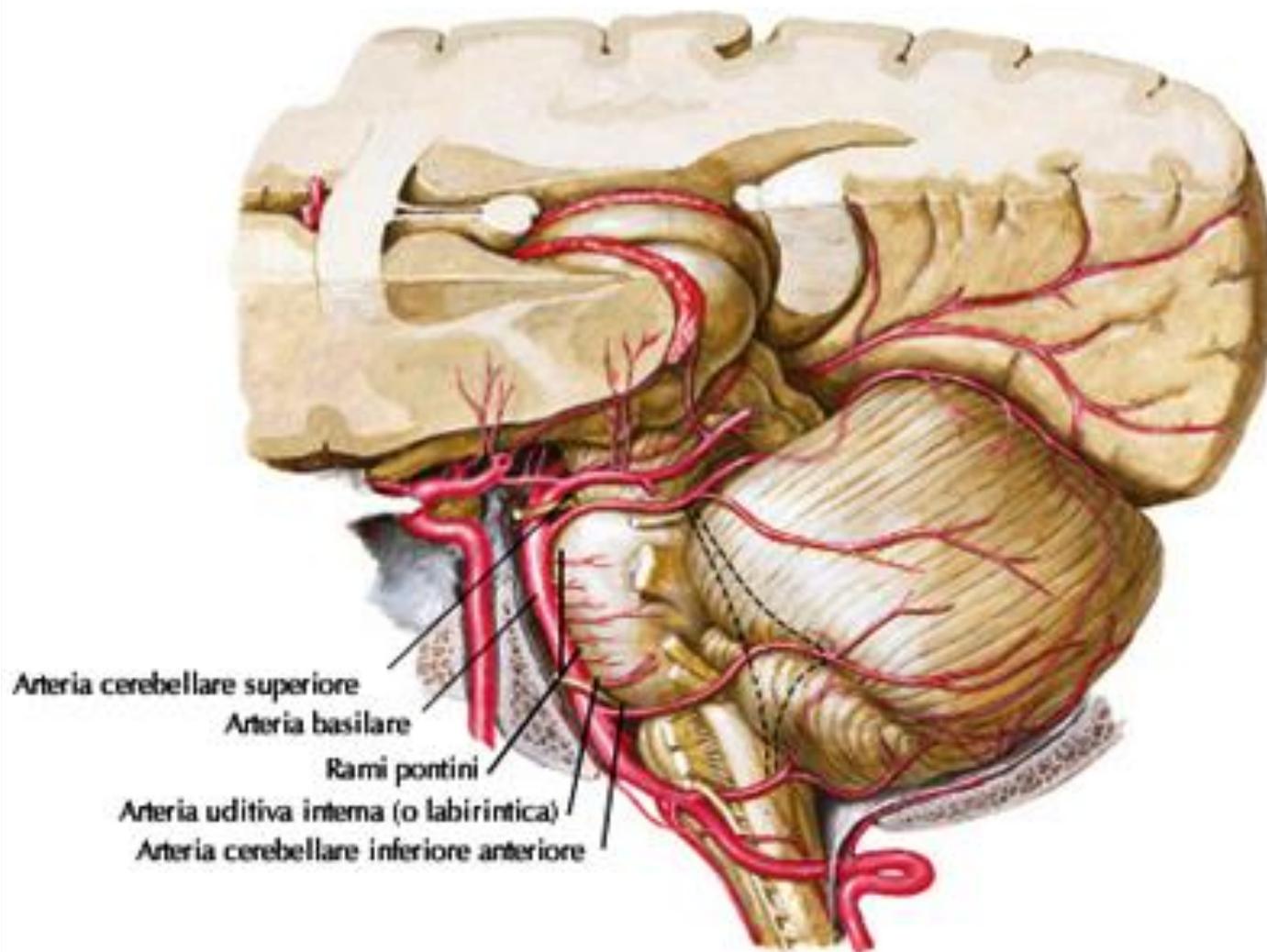
1. l'arteria Cerebellare Antero Inferiore (AICA) che nasce solitamente subito dopo la confluenza delle arterie Vertebrali, ha una direzione laterale e lievemente caudale verso il solco tra il ponte ed il midollo allungato; usualmente queste arterie bilanciano il territorio d'irrorazione con le PICA;
2. l'arteria Uditiva Interna o Labirintica;

le arterie Protuberenziali che sono piccole arterie, molto numerose, mediane e paramediane che si approfondiscono verticalmente nel parenchima del ponte;

l'arteria Cerebellare Superiore (SCA) che origina poco prima della biforcazione dell'arteria Basilare, decorrendo parallela all'arteria Cerebellare Posteriore, abbraccia il mesencefalo dividendosi, sul bordo del peduncolo cerebrale, in due rami che, in prossimità del versante laterale dei tubercoli quadrigemini, cambiano bruscamente direzione portandosi verso il basso e verso l'esterno.

Sistema arterioso vertebro-basilare

Arteria della fossa cranica posteriore

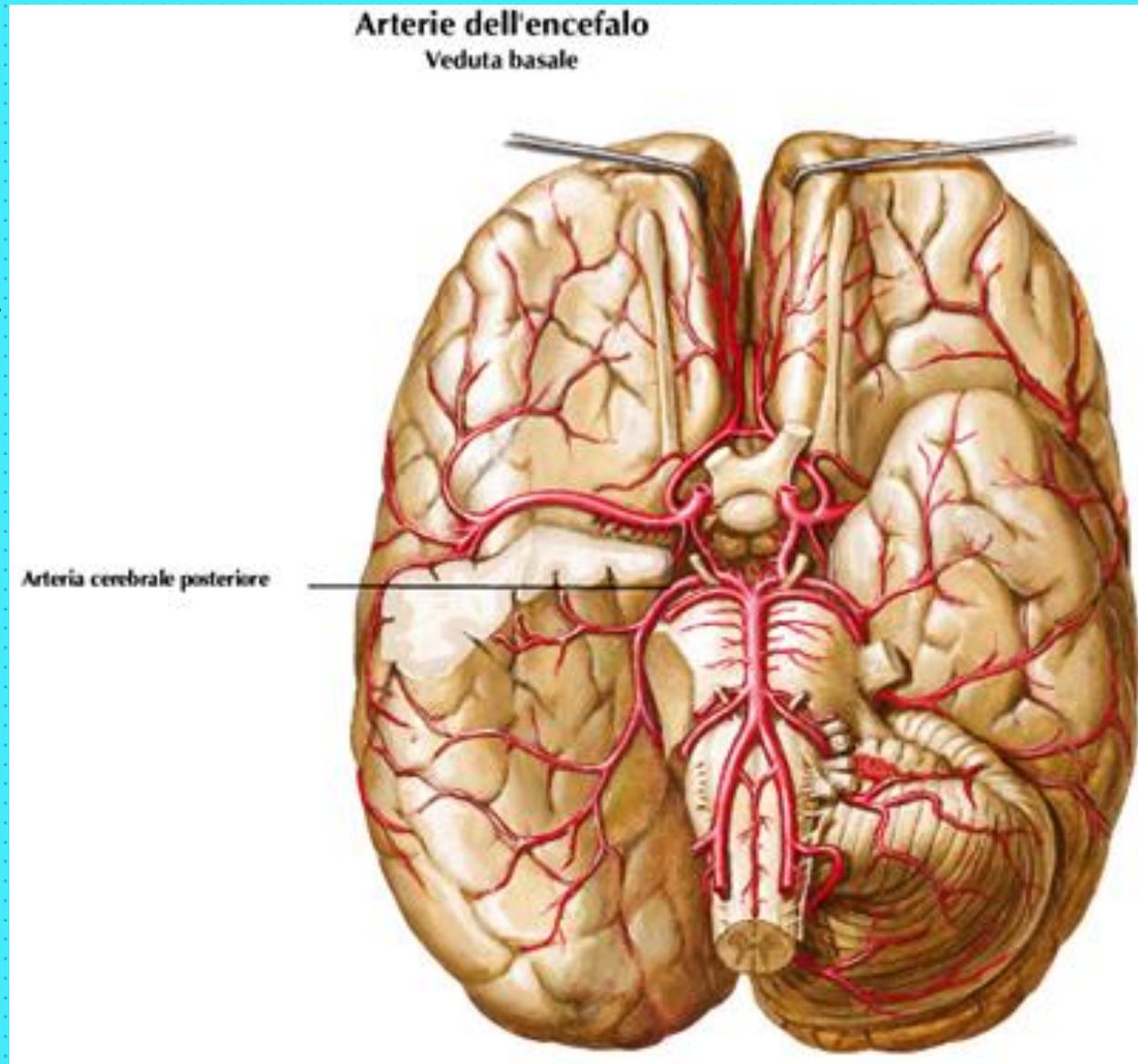


ARTERIA CEREBRALE POSTERIORE (ACP)

L'arteria Cerebrale

Posteriore rappresenta la congiunzione anatomica e funzionale fra la **circolazione anteriore** (sistema carotideo) e quella **posteriore** (sistema vertebro-basilare) del Poligono di Willis.

- Origina dalla biforcazione dell'AB;
- Termina con l'art. calcarina



Arteria Cerebrale Posteriore

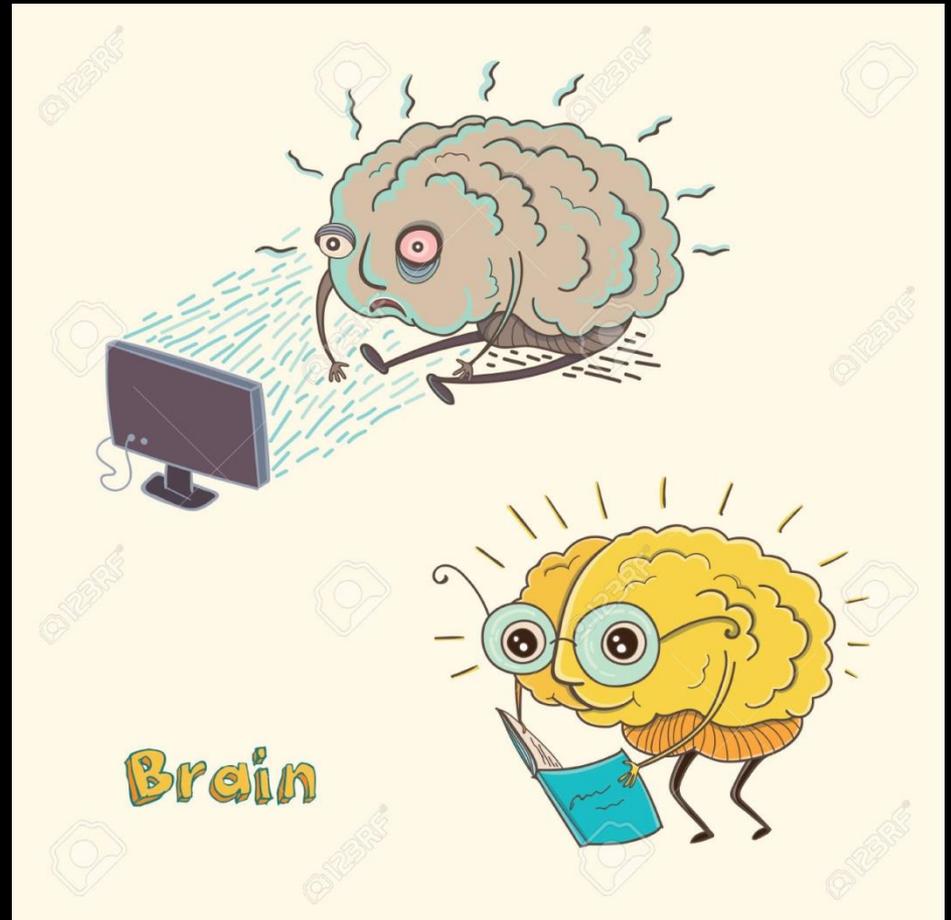
- Parte circolare
- a. P1 o parte pre-comunicante
da cui partono rami per il tronco encefalico (arterie Paramediane Interpeduncolari, Intercrurali perforanti), le arterie Talamiche (mediale e laterale) e l'arteria Corioidea Posteriore Media;
- b. P2 o parte post-comunicante,

Parte corticale

- Arteria Occipitale Laterale
- Arteria Occipitale Mediale

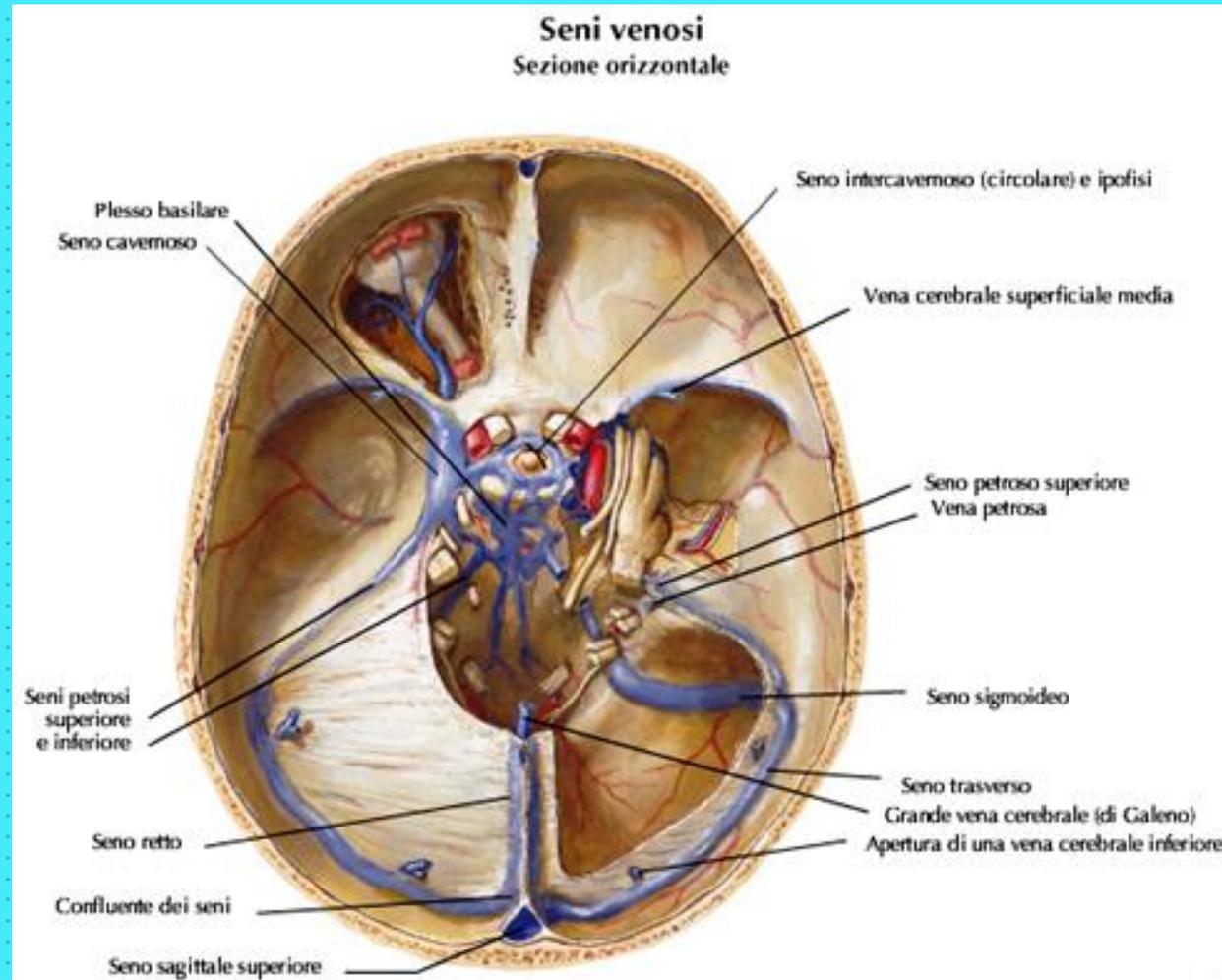


Circolazione venosa dell'encefalo



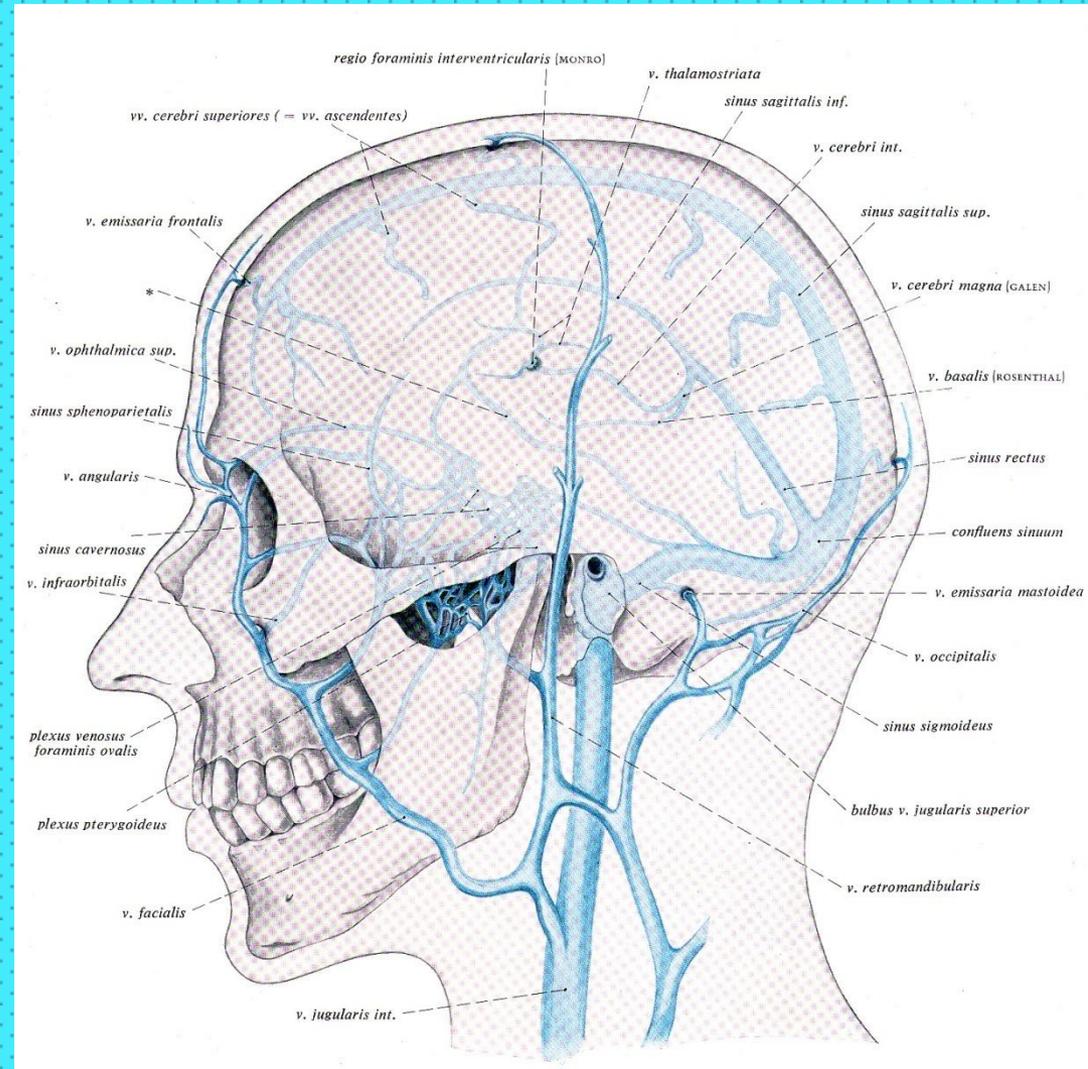
Caratteristiche dei seni venosi

- *Canali a pareti rigide*
- *Situati nello spessore della dura madre*
- *Rivestiti da endotelio*
- *Volume più considerevole delle arterie*
- *I rami decorrono di preferenza alla superficie libera delle circonvoluzioni*
- *Hanno pareti molto sottili (prive di fibre muscolari)*
- *Assenza di valvole*
- *Molteplicità di anastomosi*



Caratteristiche dei seni venosi

- Sono tributari direttamente o indirettamente delle vene giugulari interne
- Ricevono sangue dalle vene cerebrali

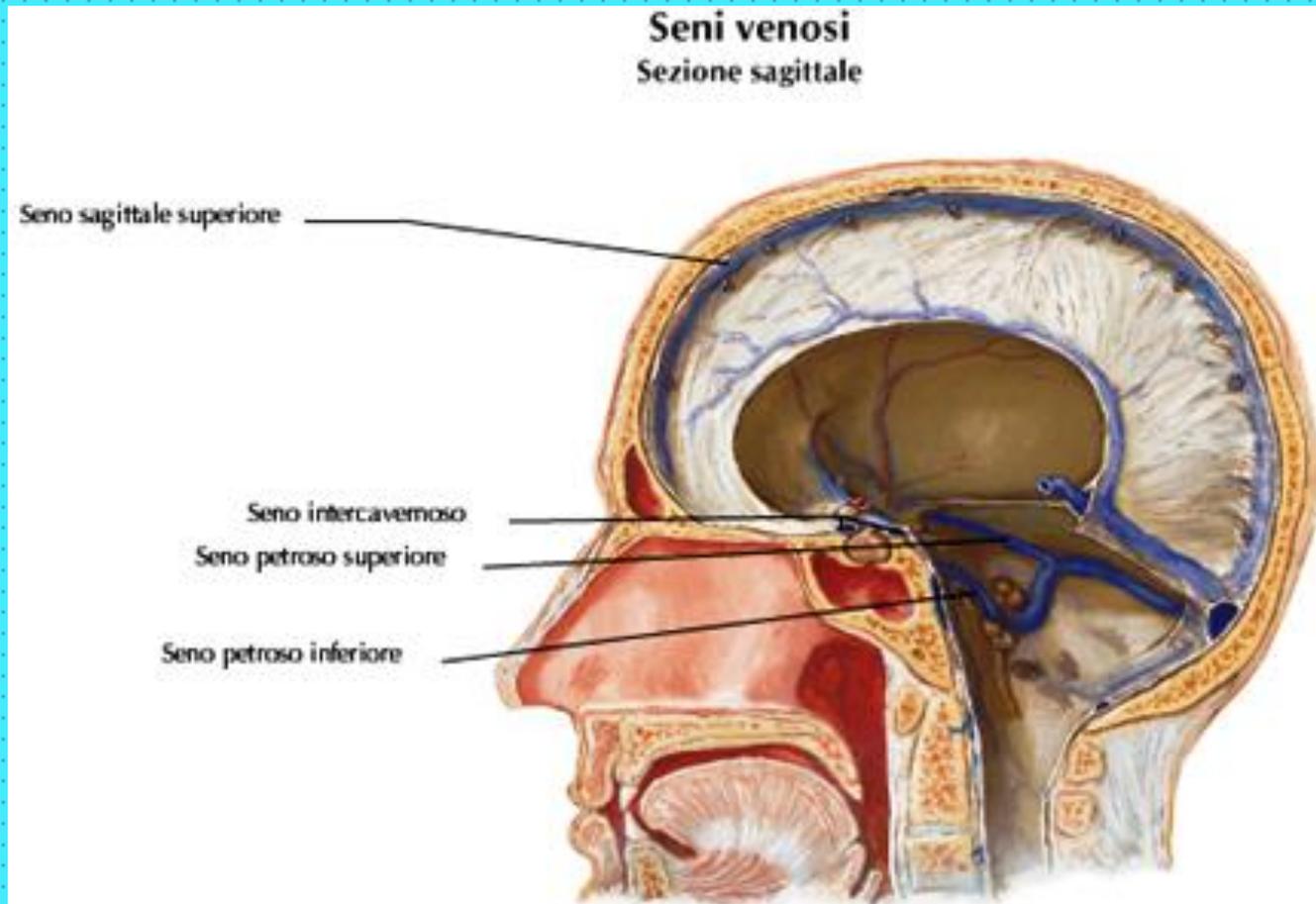




- Sistema superficiale
- Sistema basale
- Sistema profondo

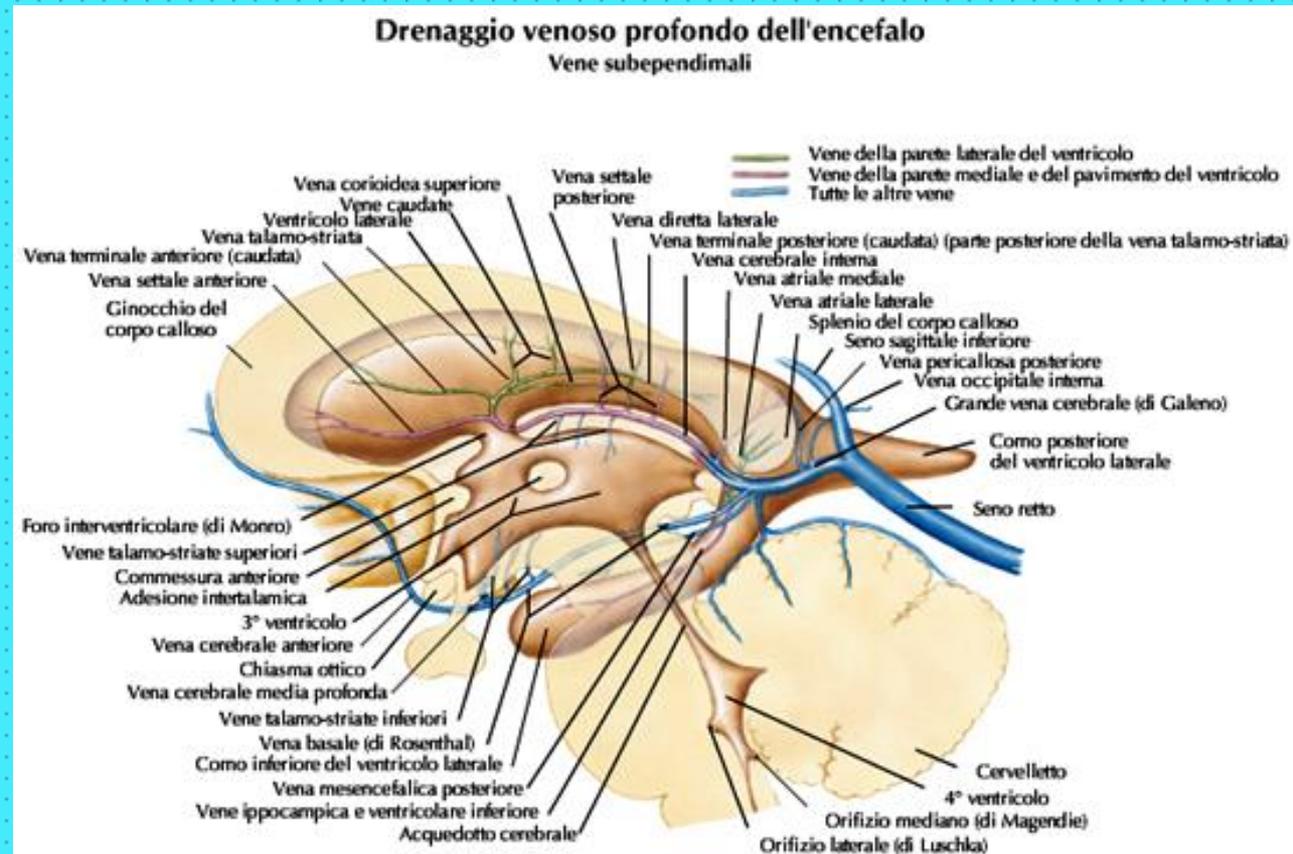
Sistema superficiale

Comprende l'insieme delle vene cerebrali che, partendo dal reticolo piale, drenano il sangue venoso delle circonvoluzioni cerebrali, dirigendosi o verso l'alto (seno longitudinale superiore) o verso il basso (seni cavernosi, petrosi o laterali)



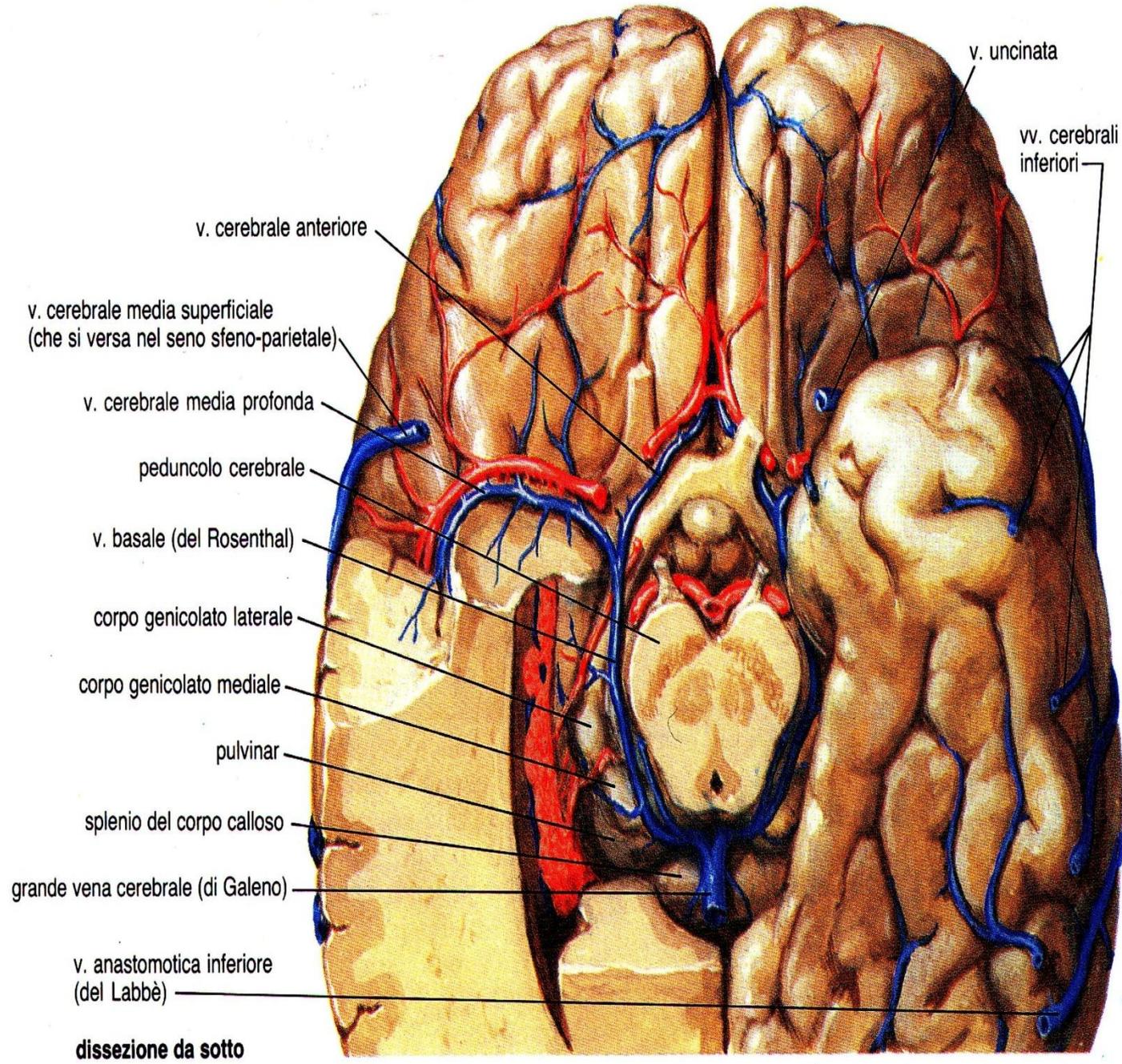
Sistema profondo

Raccoglie il sangue dai gangli della base, della capsula interna e di buona parte del centro ovale, nonché il sangue refluo dai plessi corioidei e dalle pareti ventricolari.



Sistema basale

Raccoglie il sangue della base cranica ed è rappresentato bilateralmente dalla vena basilare o vena di Rosenthal e dai seni cavernosi petrosi e laterali.





Fisiopatologia del circolo cerebrale

Fisiopatologia del circolo cerebrale

- L'encefalo è un organo **ad alto consumo metabolico con limitate risorse energetiche di glucosio e di O₂** (carburante del cervello)
- Il cervello è in grado di utilizzare anche corpi chetonici (soprattutto in età anziana)
- La vascolarizzazione arteriosa è di conseguenza particolarmente importante, deve essere costante, metabolismo dipendente.

Fisiopatologia del circolo cerebrale

- Al cervello arrivano circa 750 cc di sangue al minuto, 50 cc/100 gr, al cuore 100 cc/100 gr
- Variazione della quantità di sangue al cervello, da 750 a 1000 cc/minuto in relazione al movimento del liquido cerebrospinale
- Il cervello consuma circa 50 cc di O₂ /min, quasi il 15 % del totale e 80 mg/min di glucosio
- Flusso carotideo/minuto > 305-330 ml
- " vertebrale/minuto > 175 ml

Autoregolazione cerebrovascolare

- Per salvaguardare al massimo il parenchima cerebrale, a livello della microcircolazione cerebrale si realizza una autoregolazione del flusso con **controllo delle resistenze vascolari intracraniche**, permettendo una adeguata perfusione cerebrale anche in condizioni circolatorie molto precarie.
- Molteplici sono i meccanismi fisiopatologici alla base dell'autoregolazione cerebrovascolare del flusso arterioso:
 - ❑ 1 **effetto Bayliss**
 - ❑ 2 **emogasanalitico e chemiorecettoriale**
 - ❑ 3 **neurogenico**

Meccanismi di autoregolazione cerebrale

L'effetto Bayliss è di natura miogenica:

modula il tono arteriolare aumentandolo quando la pressione arteriosa si abbassa e riducendolo quando la pressione sistolica si eleva e garantisce un gradiente perfusivo stabile e costante anche in presenza di ampie variazioni pressorie (da 60 a 220 mm Hg).

Meccanismi di autoregolazione cerebrale

Il meccanismo emogasanalitico agisce sul tono arteriolare, in funzione delle variazioni della concentrazione dell'O₂ e della CO₂ (incremento della PO₂ e riduzione della PCO₂ aumentano il tono arteriolare, ipossiemia o ipercapnia lo riducono). Il meccanismo chemiorecettoriale, i cui recettori si trovano sulla faccia ventrale del ponte e del bulbo, modula il tono arteriolare in funzione del pH tissutale (l'incremento dell'acidosi tissutale encefalica induce la riduzione del tono arteriolare).

Meccanismi di autoregolazione cerebrale

Nel meccanismo di autoregolazione neurogenico è il neurone stesso che modula la velocità di scorrimento del sangue, modificando le resistenze periferiche tramite specifici peptidi vasoattivi (serotonina, dopamina, neuropeptide gamma, GABA, vasopeptide VIP, etc.) che agiscono su corrispondenti recettori arteriolari.

Altri meccanismi di regolazione del circolo cerebrale

- In condizioni normali gli effetti circolatori cerebrali della attivazione o inibizione del simpatico cervicale sono scarsi o nulli.
- Le variazioni di calibro prodotte nelle arterie piali sono compensate da variazioni di segno opposto nei vasi del microcircolo cerebrale
- Il simpatico cervicale riveste invece un ruolo protettivo nel caso di improvvisi aumenti della pressione arteriosa sistemica: la vasocostrizione dei vasi di resistenza di grosso calibro protegge i capillari cerebrali da aumenti pressori improvvisi che potrebbero superare il range della autoregolazione e determinare alterazioni nelle proprietà di barriera

Interazione fra i meccanismi regolatori

- Le diverse regolazioni operanti interagiscono fra loro , per cui le risposte vascolari possono risultare modificate (in presenza di più stimoli).
- Ad es. nel caso di vasodilatazione cerebrale indotta da ipercapnia o ipossia severa i meccanismi di autoregolazione risultano inefficaci: un aumento elevato della P.A. sistemica produce un aumento passivo del flusso ematico cerebrale. Anche le proprietà di barriera possono in questo caso risultare compromesse per l'aumento di pressione intramurale che si trasmette ai vasi di piccolo calibro.

- Quando una porzione, anche piccola, di tessuto cerebrale riceve un insulto ischemico (ovvero il flusso ematico è più o meno temporaneamente insufficiente) si ha la perdita distrettuale dell'autoregolazione, con privilegio di aree dove sono ancora mantenuti i meccanismi di autoregolazione
- Si crea così un vero e proprio emostorno verso i distretti indenni.
- L'ischemia cerebrale distrettuale si aggrava ulteriormente per la formazione di trombosi a livello microvasale nell'area ipoperfusa e successiva sofferenza neuronale.
- In questa fase, se la noxa che ha indotto l'ischemia cerebrale è rimossa, si può avere la riperfusione (reflow phenomenon) con ripristino dell'autoregolazione e regressione della sofferenza neuronale.

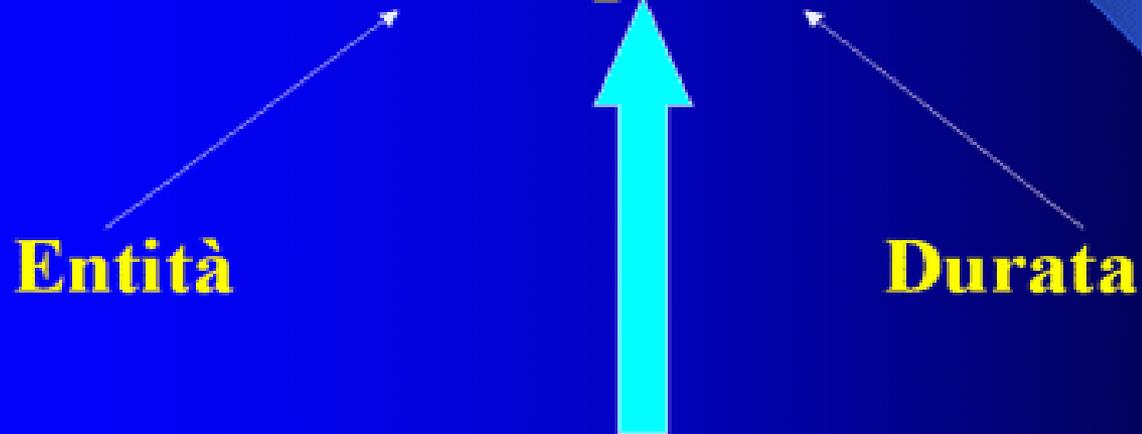
**Modificazioni Emodinamiche e
Neuronali**

Reflow phenomenon

Entità

Durata

Biologia molecolare



- **Eventi ipoperfusivi distrettuali sono piuttosto frequenti**, in assoluto silenzio clinico, proprio per la rapida instaurazione della riperfusione e dell'autoregolazione.
- Quando il fenomeno della riperfusione ritarda si hanno le manifestazioni cliniche temporanee (attacchi ischemici transitori) o, se ritarda oltre un certo limite, le manifestazioni cliniche diventano persistenti.

- Modeste ma prolungate ipoperfusioni possono condurre a danni irreversibili mentre brevi eventi ipoperfusivi anche se estesi possono essere ben tollerati dal neurone.
- Attualmente si correla il fenomeno della **riperfusione** soprattutto alla concentrazione microvasale di **alcuni neuropeptidi che inducono un ipertono distrettuale persistente, abbassando la soglia di responsività miogenica delle arteriole.**

Modificazioni Emodinamiche e Neuronali

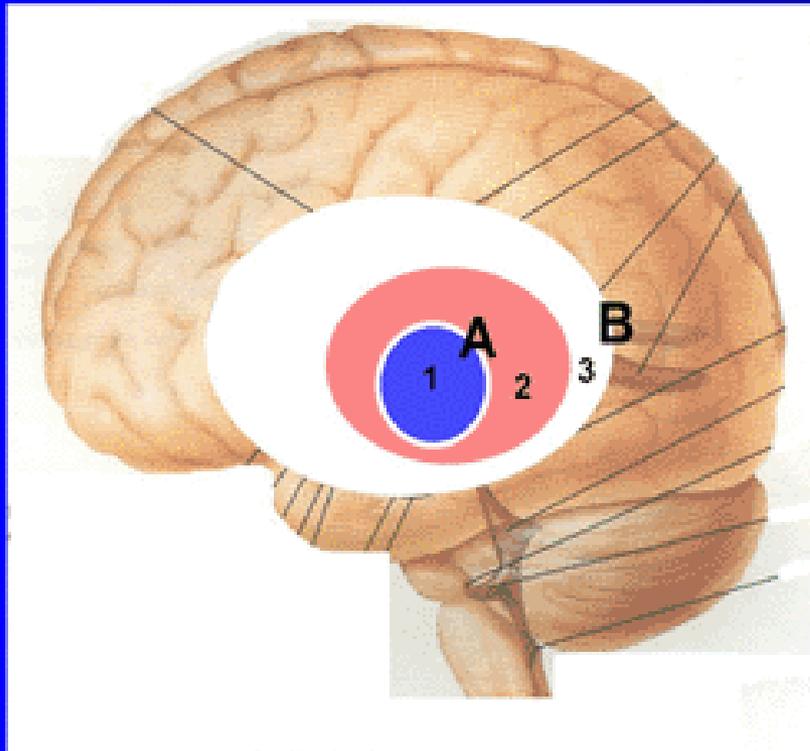
Molto frequenti



Si descrivono **due livelli di flusso in un'area cerebrale ischemica**:

- una **soglia inferiore** al di sotto della quale il deficit neurologico è irreversibile ed
- una **soglia superiore** al di sotto della quale compaiono immediatamente deficit neurologici
- Nella zona compresa fra le due soglie, definita **penombra ischemica**, la sofferenza neuronale è ancora pienamente reversibile

Modificazioni Emodinamiche e Neuronali



**1 Area ischemica
irreversibile**

2 Area ischemica critica

3 Edema

2 + 3 = penombra ischemica

**A = soglia inferiore = limite
perfusivo**

**B = soglia superiore
= livello di flusso**

- A livello cellulare l'ischemia cerebrale determina la fuoriuscita del K intracellulare, l'incremento del Sodio e del Calcio intracellulare.
- Ne consegue la **depolarizzazione persistente e l'aumento dell'eccitabilità neuronale** con incremento del consumo energetico non controbilanciato dalla attività mitocondriale né dal flusso ematico.
- Ancora, per l'alterazione dell'osmolarità, la cellula si rigonfia con **formazione di edema citotossico**, ed incremento del tono miogenico arteriolare.
- Se non s'instaura prontamente la riperfusione, la sofferenza del neurone rapidamente diventa irreversibile con la **morte cellulare**.

MECCANISMI DI COMPENSO IN CASO DI OCCLUSIONE DELLA ARTERIA CAROTIDE INTERNA

Vasi di compenso	Compensi	Aspetti sonologici al TCCD
Art.Com.Ant	92	ACA invertita
Oftalmica	63	oftalmica invertita
Art.Com.Post	52	vel.media aumentata in ACP
Art.Vert.	43	vel.media aumentata in AB

Quanto può
vivere una
persona senza
cervello?
Non so, tu
quanti anni hai?