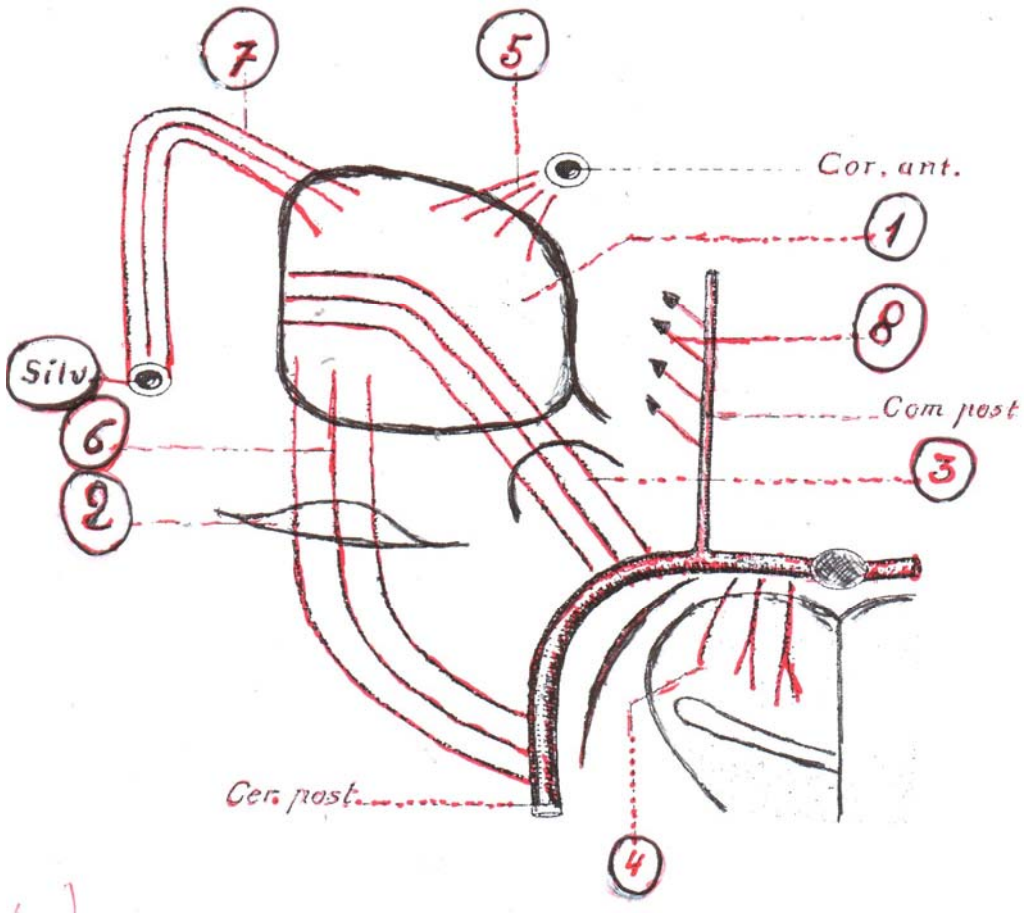
EMODINAMICA DEL TALAMO

BUDETTA GIUSEPPE COSTANTINO

Questo breve saggio di anatomia comparata e di fisiologia mette in rilievo l'emodinamica nei vari nuclei del talamo che subisce modificazioni in rapporto con l'età, in particolare nella specie umana dove le arterie comunicanti posteriori del poligono di Willis - da cui si staccano rami talamici - si riducono fino ad atrofizzarsi nell'adulto.

Nell'Uomo, l'irrorazione della regione talamica è data da specifici rami arteriosi di differente origine e velocità di flusso sanguigno. Ogni regione talamica ha anche citoarchitettura e densità neuronale leggermente differente dalle altre ed è servita da una specifica arteriola. I peduncoli vascolari che si staccano dalla comunicante posteriore sono destinati a scomparire con l'età, o diminuire di numero per la progressiva riduzione di calibro dell'arteria da cui traggono origine (comunicante posteriore). La figura γ (da me elaborata) mostra i cinque peduncoli vascolari del talamo. 1 talamo, 2 corpo genicolato, 3 nucleo rosso, 4 peduncolo cerebrale, 5 peduncolo (vascolare) talamo-perforato, 6 peduncolo (vascolare) talamo-genicolato, 7 peduncolo (vascolare) lenticolo-ottico, 8 peduncolo (vascolare) premammillare. Silv.: Arteria cerebrale media o silviana; Cor. ant., corioidea anteriore; Cer. post., cerebrale posteriore; Com. post., comunicante posteriore. Come conseguenza della riduzione di calibro delle due comunicanti posteriori a livello del poligono di Willis, l'apporto sanguigno al talamo tramite l'arteria premammillare ed altri rami contigui si riduce fino a scomparire. Le aree talamiche il cui corretto funzionamento dipende da tali arterie risulta compromesso.

Fig. γ

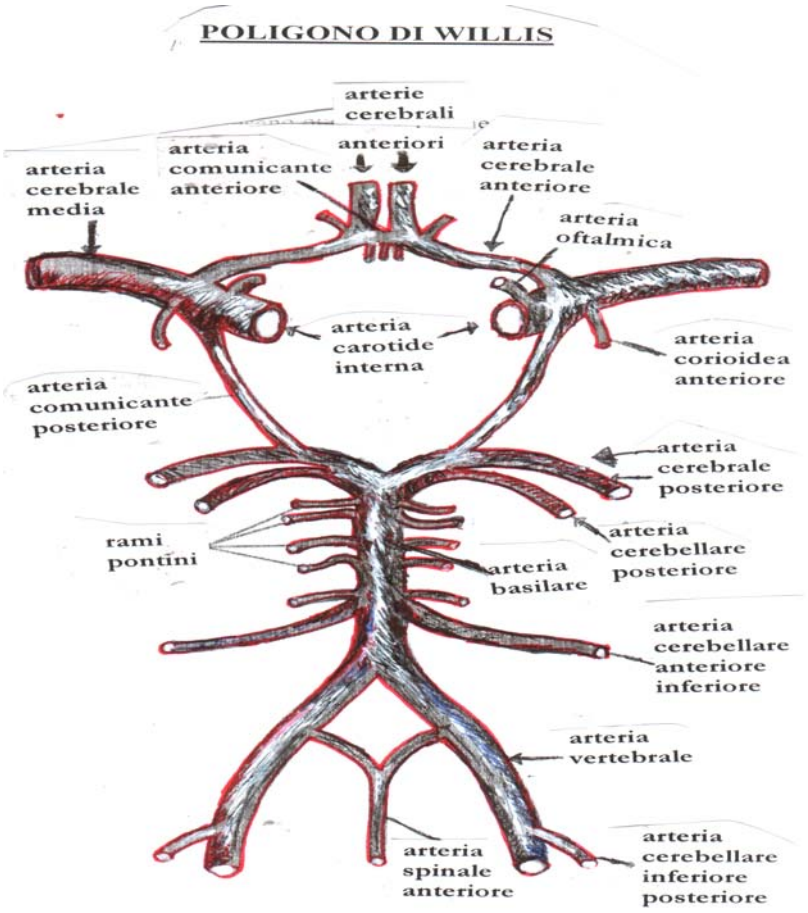


Irrorazione talamica.

Nell'Uomo, Cosson A. (2003) dà una particolareggiata descrizione della irrorazione sanguigna arteriosa talamica. L'autore classifica le arterie talamiche in sei gruppi che sarebbero quattro se si riuniscono insieme i rami perforanti delle coroidali postero – mediali, postero – laterali ed anteriori.

1. Arteria premammillare. Questa arteria è quasi sempre costante.
2. Arterie talamiche perforanti.
3. Arterie talamiche genicolate.
4. Rami perforanti delle a.a. coroidali postero – mediali, postero – laterali (5) ed anteriori (6).

Variazioni dell'arteria premammillare erano rare. Unilaterale era l'origine dell'arteria talamica perforante in due casi su tre. L'origine delle arterie talamo genicolate era presso la cerebrale posteriore (53% dei casi), oppure presso le coroidali posteriori (43%). L'arteria coroidale postero – mediale molto spesso era singola e nella norma dava rami perforanti per l'area talamica mediale. L'a. coroidale postero – laterale era spesso multipla e dava solo branche perforanti per la parte talamica superiore. Rami del *pulvinar* molto spesso si originavano dalla arterie coroidali postero – laterali (2/3 dei casi) e più di rado dalle coroidali postero-mediane (1/3 dei casi). L'arteria coroidale anteriore sarebbe una fonte vascolare per il talamo coi suoi *rami cisterna* diretti alle parti laterali del talamo. Sarebbe anche possibile la partecipazione dei rami plessiformi nella vascolarizzazione del *pulvinar*. Secondo Cosson, questi rami tagliano obliquamente il peduncolo del ventricolo laterale.



Il disegno qui sopra è stato eseguito da me medesimo e mostra il poligono di Willis nell'Uomo. Nella specie umana, l'apporto sanguigno al poligono di Willis è assicurato dalle arterie carotidi

interne e dalla basilare. Solo nell'Uomo, le carotidi interne sono vasi di grosso calibro, superiori alle esterne. Negli equini, le carotidi interne sono esili, quasi collaterali delle carotidi esterne, molto voluminose. In alcune specie, le carotidi interne dopo i primi periodi di vita post – uterina scompaiono ed il sangue al cervello è assicurato da rami della mascellare interna. Nei ruminanti (bovini, cervi, bisonti, pecore, capre ecc.), nei cetacei (delfini, balene, narvali ecc.), nel Gatto (felini) e nel Suino, l'arteria mascellare interna dà origine ad un vasto contingente vascolare che alimenta le reti mirabili encefaliche. Queste reti arteriose affiancano ad entrambi i lati il poligono di Willis. Nel Suino, la carotide interna persiste per tutta la vita, ma è considerata uno dei rami afferenti alle reti mirabili encefaliche. Nel Gatto, la carotide interna scompare dopo la nascita ed è sostituita dalla faringea ascendente. Nell'Uomo, il poligono di Willis è privo di rami anastomotici in grado di trasportare il sangue nei versanti opposti del circolo arterioso. Nei ratti, ci sono estese anastomosi tra branche terminali delle tre grosse arterie cerebrali: anteriore, media e posteriore (Coyle e Jokelainen, 1982). Anche nei conigli, cani ed equini esistono rami anastomotici tra i due versanti del poligono di Willis (Barone R., 1983).

Sostanze colorate (Fig. **π**), sono state iniettate nelle arterie vertebrali in bovini in vita. Negli stessi animali in sede autoptica, è stato visto che l'afflusso sanguigno proveniente dalle arterie vertebrali si distribuisce in gran parte delle strutture nervose intracraniche (Baldwin et al., 1960). Indipendentemente dalla presenza delle reti mirabili encefaliche, il sangue dei due distretti anteriore e posteriore (carotideo e vertebrale) è equamente distribuito, nel Bovino. Nel Gatto, dove esistono due reti mirabili (extracranica ed intracranica) la distribuzione del sangue del distretto posteriore è simile a quella che si riscontra nell'Uomo dove è presente solo il poligono di Willis. Nell'Uomo, con l'avanzare dell'età, le comunicanti posteriori tendono a ridursi di calibro; perciò i due distretti (anteriore servito dalle carotidi interne, e posteriore dalla basilare) sono indipendenti.

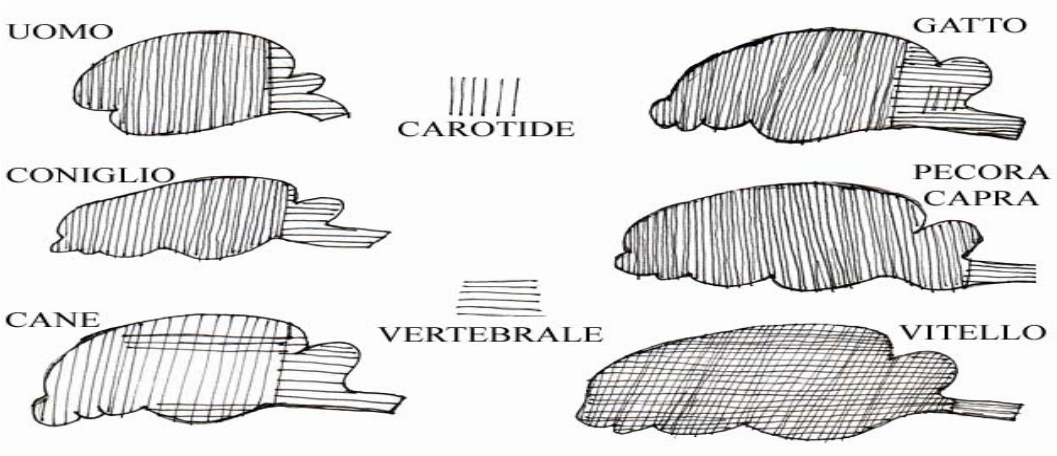


Fig. π

Fig. **π** – Le linee parallele in senso orizzontale indicano il sangue proveniente dalle reti mirabili encefaliche. Nei ruminanti e Gatto, la carotide interna regredisce nei primi periodi di vita extra uterina.

Differenze neuronali a livello talamico.

Nell'Uomo, Amunts V. V. (2008) ha studiato la struttura del nucleo talamico dorsomediale in soggetti vissuti tra i 19 ed i 59 anni, di entrambi i sessi, destrimani, deceduti all'improvviso e senza malattie mentali. L'autore fornisce i seguenti dati.

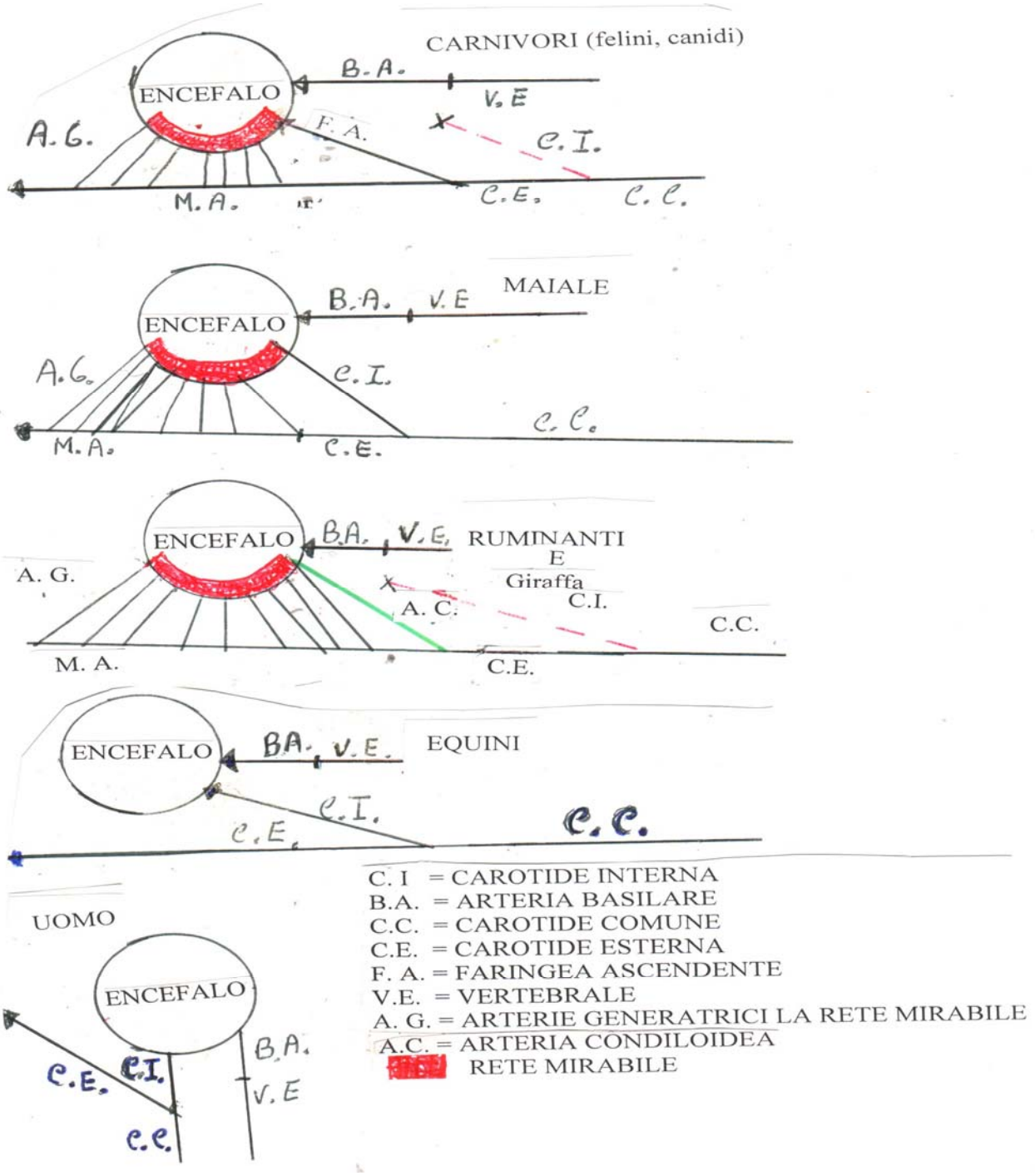
- Densità neuronale. Assenza di asimmetria in riguardo alla densità neuronale; variabilità individuale molto marcata nelle donne.
- Densità delle cellule gliali totali. Superiore a destra negli uomini, a sinistra nelle donne.
- Densità delle cellule gliali satellitari. Più accentuata a sinistra negli uomini. Maggiore variabilità nelle donne.
- *Ratio* dei neuroni con glia satellitare rapportata a tutti i neuroni. Maggiore a sinistra, sia negli uomini che nelle donne. Idem, per la *ratio* riferita alla cellule satellitari rispetto alla totalità delle cellule gliali.
- C'era una maggiore asimmetria di tutte queste strutture negli uomini e la tendenza ad una più spiccata variabilità nelle donne.

Fisiologia. Dal punto di funzionale, il talamo comprende:

1. *Nuclei del relé* posti sulle vie corticipete: nuclei latero-ventrale posteriore, intermedio, corpi genicolati, nucleo anteriore.
2. *Nuclei di associazione* tra i centri specifici e la corteccia: nucleo latero-dorsale, pulvinar, nucleo mediale dorsale.
3. *Nuclei di associazione e di attivazione* diffusa di tipo reticolare: centro mediano, nuclei intralaminari, nuclei reticolari, nucleo latero-ventrale anteriore.

Oishi et al. (1999), studiarono l'atrofia del corpo calloso e le variazioni del flusso sanguigno cerebrale in 15 casi di persone con alcolismo cronico ed in 15 controlli di persone sane. Con la metodica MRI, gli autori ricavarono l'indice callosale dei soggetti alcolizzati, mentre le variazioni del flusso sanguigno cerebrale furono calcolate con la tomografia computerizzata. Furono misurate le variazioni del flusso sanguigno cerebrale regionale a livello delle cortecce frontale, temporale e parietale; inoltre nella sostanza bianca occipitale, frontale, temporale, occipitale e a livello del nucleo caudato, putamen e **talamo**. Negli alcolisti cronici, alcune zone del corpo calloso erano alterate e l'indice callosale nel *genu* e nel *tronco* molto ridotto rispetto ai controlli. Negli alcolisti cronici, il flusso sanguigno nella corteccia cerebrale, **talamo** e putamen era più basso.

Villablanca et al. (2000), in una ricerca sull'encefalo di 64 gatti, hanno osservato un più rapido accrescimento della neocortex nei primi trenta giorni di vita. Dopo i trenta giorni, neocortex e sostanza bianca telencefalica mostravano incremento da sinistra verso destra, con visibili asimmetrie con lobo destro più ampio del controlaterale. Gli stessi autori davano altri risultati sulla differente crescita di alcuni nuclei cerebrali nel Gatto. Non ci sono sostanziali differenze destra sinistra riferite al nucleo caudato. Per il **talamo**, le maggiori differenze destra sinistra erano a trenta giorni ed a centoventi giorni.



Il presente schema è stato da me medesimo elaborato e mostra la circolazione encefalica nelle differenti specie di mammiferi, compreso l'Uomo. Solo nell'Uomo, la carotide interna è di grosso calibro, superiore alla corrispondente esterna. In molte specie, l'arteria carotide interna scompare dopo la nascita e l'apporto sanguigno al cervello è assicurato da rami della mascellare interna, oltre che dalla faringea ascendente. Nell'Uomo, l'obliterazione delle comunicanti posteriori a livello di poligono di Willis comporta ridotto apporto sanguigno in particolare nei nuclei mediani del talamo, irrorati dall'arteria premammillare. Malattie senili come la Demenza di Guam, alcune atrofie del talamo con demielizzazzione dei fasci di connessione (centro mediano, nuclei intralaminari) troverebbero una delle concause nella sclerosi delle comunicanti posteriori a livello del poligono di Willis. Queste modificazioni vascolari sarebbero molto precoci. Già dopo la nascita, la parte

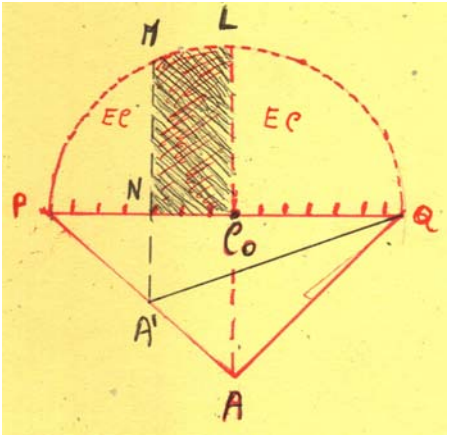
anteriore del ramo caudale della carotide interna diminuisce di volume. Allora come se la carotide non potesse più - attraverso il suo lume ristretto – inviare sufficiente sangue all'arteria basilare, la vertebrale aumenta di volume e la supplisce. Nell'arteria basilare ora, il sangue circola dal basso in alto. Questo vaso aumenta anch'esso di volume e così fanno i suoi rami anteriori e le due cerebrali posteriori che sembra, lo continuino. Mentre la parte posteriore del ramo caudale acquista sviluppo considerevole, la sua parte anteriore, quella che precede l'emergenza della cerebrale posteriore, continua ad atrofizzarsi e diviene l'arteria senza importanza che nell'adulto prende il nome di comunicante posteriore e che quasi sempre finisce con l'obliterarsi. La carotide interna che primitivamente è la sola arteria encefalica, nel corso dello sviluppo corporeo perde i territori posteriori del suo dominio a favore di un'arteria di formazione più recente, l'arteria vertebrale (Testut L & Latarjet A., 1966).

Lo schema **(ψ**, da me eseguito**)** riporta le conseguenze di una ridotta irrorazione sanguigna nel talamo dopo la riduzione e stenosi delle due comunicanti posteriori del poligono di Willis. Alcune arterie come la premammillare ed altri ramuscoli destinati al talamo si originano dalla comunicante posteriore, destinata a ridursi e ad obliterarsi con l'avanzare dell'età. La riduzione di calibro nelle comunicanti posteriori è espressa sulla retta graduata CoN. Man mano che ci si sposta verso sinistra (verso P) si riduce il flusso arterioso nelle aree talamiche irrorate dall'arteria premammillare.

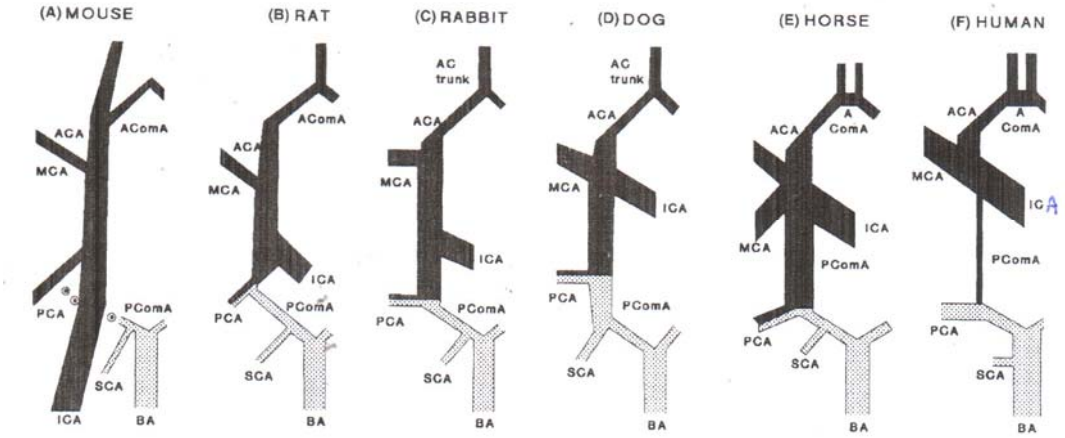
- La circolazione arteriosa ottimale nelle comunicanti posteriori coincide coi punti A e Co.
- La circolazione sanguigna arteriosa difettosa → A' ed N.

Il rapporto forze viscose /forze di inerzia è detto numero di REYNOLD e si esprime con la seguente equazione: $$R = \frac{D \cdot u \cdot \rho}{\mu}$$

D: massa volumica ; **u:** velocità del fluido; **ρ:** lunghezza del vaso considerato; **μ:** viscosità del fluido. Il numero di Reynolds ® è senza dimensioni – un puro numero – risultato dal rapporto tra grandezze aventi le stesse dimensioni. In questo caso il numero di Reynolds può essere espresso dal rapporto costante tra i due triangoli PQA e PQA' aventi i vertici rispettivamente in A ed in A'. Il triangolo PQA corrisponde al numero di Reynolds ricavato alla nascita a livello del flusso sanguigno dell'arteria comunicante posteriore. PQA' è il numero di Reynolds nello stesso vaso e nello stesso soggetto, ma in età senile. LMNCo è l'area ischemica talamica, conseguente al ridotto apporto di sangue dalle comunicanti posteriori all'arteria premammilare. Qui sotto, lo schema **ψ.**



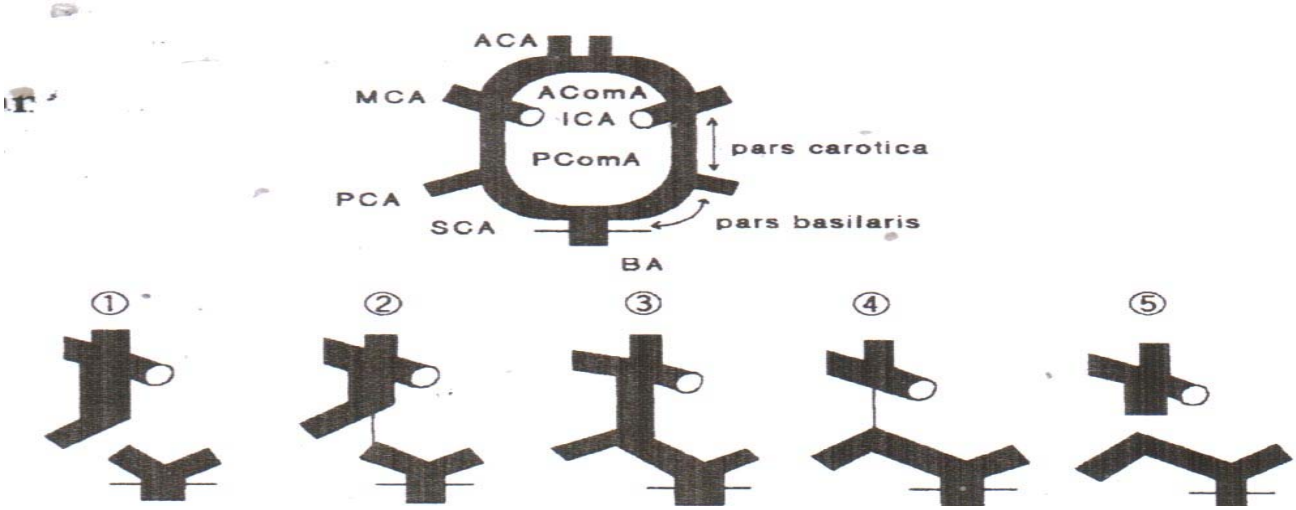
Co = comunicante posteriore; LMNCo = area ischemica; il segmento ACo indica il flusso sanguigno regolare; A'N è il flusso sanguigno ridotto. EC = uno dei due emisferi cerebrali.



Schema **R**

Lo schema **R** è stato ricavato dal lavoro di Shinichi Okuyama et all. (2004) e mostra diversi tipi di poligono di Willis: Topo (A), Ratto (B), Cane (D), Cavallo (E), Uomo (F).

Solo nell'Uomo e nei primati, le due comunicanti posteriori (PComA) sono molto ridotte e tendono ad atrofizzarsi col passare degli anni. **PComA** = Comunicante posteriore; **ACA** = arteria cerebrale anteriore; **MCA** = arteria cerebrale media; **ICA** = arteria carotide interna; **BA** = arteria basilare. Alcuni rami arteriosi destinati al talamo - come l'arteria premammillare – si staccano direttamente dalle due comunicanti posteriori del poligono di Willis. Con la sclerosi delle comunicanti posteriori c'è riduzione dell'apporto sanguigno al talamo.



Schema **S**

Anche lo schema S è stato ricavato dal lavoro di di Shinichi Okuyama et all. (2004) e mostra l'evoluzione del poligono di Willis nell'Uomo prima della nascita, alla settima settimana di gestazione (1) all'età adulta (5). Prima della nascita, non esistono né l'arteria basilare, né la comunicante posteriore e l'irrorazione encefalica è data esclusivamente dalla carotide interna che fornisce sangue anche alle regioni posteriori del cervello (1). Nei primi periodi di vita post uterina, il sangue fluisce dalla carotide interna verso le parti posteriori del cervello all'interno delle arterie comunicanti posteriori che aumentano di calibro (2) e (3). Col progredire dell'età, le comunicanti posteriori tendono di nuovo a ridursi di calibro (4) ed in molti casi si obliterano (5). Alla base

cranica si formano così due distinti distretti: uno anteriore che riceve il sangue dalle carotidi interne ed uno posteriore servito dalla basilare. La scomparsa o la chiusura delle comunicanti posteriori comporta una riduzione di afflusso sanguigno in molte regioni talamiche irrorate dall'arteria premammillare e da altri ramuscoli perforanti, collegati alle due comunicanti posteriori.

Alastruey J, Parker K H, Peirò J, Byrd S M, Sherwin S J (2007), dimostrano che in un soggetto normale il poligono di Willis non necessiti di apporto sanguigno aggiuntivo dalle comunicanti anteriori o posteriori. Gli stessi Autori ammettono però che nel caso di occlusione od assenza di una delle due carotidi interne l'arteria comunicante anteriore apporta un contributo sanguigno molto maggiore rispetto alla comunicante posteriore.

Secondo Ito Hiroshi et all. (2003), la durata del transito medio del flusso sanguingo caratterizza la circolazione cerebrale. Gli autori hanno trovato che la distribuzione regionale del sangue arterioso cerebrale non era uniforme. La maggior quantità di flusso sanguigno era nella corteccia temporo occipitale. La minor quantità rispetto alla altre parti era nel cervelletto, **talamo** e putamen. Queste differenze regionali di flusso sanguigno – dicono Ito et all. – sarebbero inversamente proporzionali alla pressione di perfusione cerebrale e da relazionarsi alle differenti concentrazioni di microvascolarizzazione arteriolare ed al loro tono (quantità di elementi muscolari lisci presente nella parete arteriolare e pre capillare).

Eidelman et al. (2001) riportano il caso di pazienti trattati con immuno soppressori e con postumi di aprassia linguistica. Immagini al MRI mostravano flusso sanguigno asimmetrico nei gangli basali e **talamo**.

Riassunto

Nell'Uomo con l'avanzare dell'età, le comunicanti posteriori tendono a ridursi di calibro ed i due distretti (anteriore servito dalle carotidi interne, e posteriore dalla basilare) si separano. Dalle comunicanti posteriori si stacca l'arteria premammillare che irrora il talamo. In alcuni casi anche le arterie talamiche perforanti (o peduncolo talamo-perforato) si originano dalle comunicanti posteriori del poligono di Willis. Questo gruppo di arterie riceve un minor apporto sanguigno dalle comunicanti posteriori in involuzione senile, riducendo di conseguenza il proprio calibro. La funzionalità di alcune aree talamiche risulterebbe compromessa (atrofia senile). Ito Hiroshi et all. (2003), affermano che è la durata del transito medio del flusso sanguingo a caratterizzare nelle grandi linene la circolazione cerebrale. Gli autori hanno trovato che la distribuzione regionale del sangue arterioso cerebrale non era uniforme nel cervello. La maggior quantità di flusso sanguigno era nella corteccia temporo occipitale. La minor quantità rispetto alla altre parti era nel cervelletto, **talamo** e putamen. Queste differenze regionali di flusso sanguigno sarebbero inversamente proporzionali alla pressione di perfusione cerebrale e potrebbero essere relazionate alle differenti concentrazioni di microvascolarizzazione arteriolare ed al loro tono (quantità di elementi muscolari lisci presente nella parete arteriolare e pre capillare). Nell'Uomo, sono assenti arterie anastomotiche che collegano i due versanti opposti del poligono di Willis e la riduzione del calibro delle comunicanti posteriori fino all'atrofia, comporta la scomparsa della arteria premammillare e in alcuni casi anche delle talamiche perforanti. Il ridotto apporto sanguigno si ripercuote negativamente in particolare nei nuclei mediani del talamo, irrorati dall'arteria premammillare. Malattie senili come la Demenza di Guam, alcune atrofie del talamo con demielizzazzione dei fasci di connessione (centro mediano, nuclei intralaminari) troverebbero una delle concause nella sclerosi fisiologica delle comunicanti posteriori a livello del poligono di Willis.

BIBLIOGRAFIA

- Aguggini G, Beghelli V, Giulio LF.: *Fisiologia degli animali domestici con elementi di etologia*. UTET-Torino (1992).
- Alastruey J, Parker K H, Peirò J, Byrd S M, Sherwin S J: *Modelling the circle of Willis to assess the effects of anatomical variations and occlusions on cerebral flows.* Journal of Biomechanics, 40: 1794 – 1805 (2007).
- Amunts V.V.: *Individual variabilità in the structural asymmetry of the dorsomedial nucleus of the thalamus in men and women*. Neuroscience and Behavioral Physiology. Vol. 38, No. 7 (2008).
- Amunts K, Schulaug G, Scleicher A, Steinmetz H, Dabringhaus A, Roland PE, Zilles K.: *Asymmetry in the human motor cortex and handednes*. Neuroimage 4 : 216-222 (1996).
- Amunts K., Schleicher A., Bürgel U., Mohlberg H., Uyling H.B., & Zilles, K. : *Broca's region revisited : Cytoarchitecture and intersubject variability*. Journal of Comparative Neurology. 412 : 319 – 341 (1999).
- Amunts K, Jäncke L, Mohlberg H, Steinmetz H, & Zilles K.: *Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender.* Neuropsychologia 38 :304-312 (2000).
- Baldwin BA, Bell FR.: *The contribution of the carotid and vertebral arteries to the blood supply of the cerebral cortex of sheep and calves.* J Physiol 151 :9-10 (1960).
- Barone R.: *Anatomia Comp. dei Mammiferi Domestici.* Vol. V. Edagricole (1983).
- Cosson A. et all.: *Arterial vascularizzation of the human thalamus: extra-parenchimal arterial groups.* Surg. Radiol. Anat., 25: 408 – 415 (2003).
- Coyle P, Jokelainen PT.: *Dorsal cerebral arterial collaterals of the rat.* Anat Rec 203:397-404 (1982).
- Delmas A.: *Vie e centri nervosi.* UTET (1997).
- Eidelman BH, Pulipaka U, Wiley C, Charron M, Bohnen NI.: *Abnormal cerebral blood flow findings in transplant patients with posttransplant apraxis of speech.* Transplant Proc 33(4):2563-2565 (2001).
- Ito Hiroshi, Iwao Kanno et all.: *Regional distribution of human cerebral vascular mean transit time measured by positron emission tomography.* NeuroImage: 19, 1163 – 1169 (2003).
- Oishi M, Mochizuki Y, Shikata E. : *Corpus callosum atrophy and cerebral blood flow in chronic alcoholics.* J Neurol. Sci 162(1) : 51-55 (1999).
- Shinichi Okuyama et all. : *The arterial circle of Willis of the mouse helps to decipher secrets of cerebral vascular accidents in the human.* Medical Hypotheses, 63 : 997 – 1009 (2004).
- Testut L, Latarjet A.: *Trattato di Anatomia Umana*. UTET-Torino (1966).
- Villablanca JR, Schmanke TD, Lekht V, Crutcher HA.: *The growth of the feline brain from late fetal into adult life. I. A morphometric study of the neocortex and white matter.* Brain Res Dev Brain Res 122(1):11-20 (2000).
- Villablanca JR, Schmanke TD, Crutcher HA, Sung AC, Tavabi K.: *The growth of the feline brain from fetal into adult life. II. A morphometric study of subcortical nuclei* Brain Res Dev Brain Res 122(1):21-33 (2000).

F I N E