Indice

PARTE I CERVELLO, 1

1 *Anatomia cranica,* 2
MONICA WATKINS

2 *Neoplasie intracraniche,* 40
MARGARET N. CHAPMAN

3 *Malattie cerebrovascolari,* 84
OLUWATOYIN IDOWU

4 *Trauma cranico,* 124
NOUSHIN YAHYAVI-FIROUZ-ABADI

5 *Malattie infettive e infiammatorie non infettive dell'encefalo,* 149
KAREN BUCH

6 *Malattie della sostanza bianca,* 173
DORIS D.M. LIN

7 *Patologie neurodegenerative e idrocefalo,* 202
MEMI WATANABE

8 *Anomalie congenite del sistema nervoso centrale,* 234
AYLIN TEKES E MELIKE GURYILDIRIM

PARTE II TESTA E COLLO, 287

9 *Orbite,* 288
JARUNEE INTRAPIROMKUL

10 *Sella e basicranio centrale,* 317
ROHINI NADGIR

11 *Osso temporale,* 344
NAOKO SAITO

12 *Patologia naso-sinusale,* 376
KAREN BUCH

13 *Malattie mucose e linfonodali della testa e del collo,* 397
ELCIN ZAN

14 *Patologia extramucosa della testa e del collo,* 434
KAREN BUCH

PARTE III COLONNA VERTEBRALE, 471

15 *Patologia degenerativa della colonna vertebrale,* 472
ROHINI NADGIR

16 *Patologia non degenerativa della colonna vertebrale,* 494
MARGARET N. CHAPMAN

PARTE I

CERVELLO

1 Anatomia cranica

MONICA WATKINS

Le neuroimmagini ci danno una rappresentazione definita del cervello, che è una struttura infinitamente complessa con funzioni non ancora conosciute pienamente. Gran parte della determinazione di una patologia inizia con la padronanza dell'anatomia normale. Questo capitolo intende fornire una panoramica delle strutture intracraniche, con particolare attenzione alla loro localizzazione, alla nomenclatura e ai sistemi neurologici funzionali, indispensabili come guida per l'interpretazione delle immagini nella stazione di lavoro (workstation).

Anatomia topografica del cervello sopratentoriale

EMISFERI CEREBRALI

- La superficie superiore del cervello è formata dagli emisferi cerebrali destro e sinistro. Gli emisferi sono divisi sulla linea mediana da un'ampia fessura di liquido cerebrospinale (LCS), la fessura interemisferica, e da una riflessione durale, la falce cerebrale. Ogni emisfero cerebrale contiene un lobo frontale, un lobo parietale, un lobo temporale e un lobo occipitale. La superficie inferiore del cervello è costituita dal cervelletto e dal tronco encefalico, separato dalla parte superiore del cervello da un'altra riflessione durale, il tentorio. L'encefalo sopratentoriale contiene gli emisferi cerebrali, quello sottotentoriale contiene il tronco encefalico e il cervelletto.
- La superficie di ciascun emisfero cerebrale è un complesso involucro stratificato di corteccia di sostanza grigia disposta in uno schema di giri con fessure piene di LCS (*sulci*) nel mezzo. La superficie girale varia da persona a persona. Lo schema è variabile all'interno di ogni singolo individuo se confrontiamo l'emisfero sinistro e il destro e la pozione anteriore con la posteriore. Tuttavia, ci sono costanti anatomiche fondamentali da identificare per garantire la coerenza nei referti radiologici.
- L'obiettivo è quello di affrontare l'anatomia corticale come si interpreterebbero le immagini alla postazione di lavoro, nei piani assiale, coronale e sagittale. Partendo da un'immagine di tomografia computerizzata (TC) nella parte superiore della testa (Fig. 1.1), i giri frontali da mediale a laterale sono il giro frontale superiore e il giro frontale medio. Tra questi due giri si troverà il solco frontale superiore. Posteriormente al giro frontale medio si troverà il solco precentrale, che si unisce al giro frontale superiore in un'intersezione a forma di "T".
- L'area motoria primaria della corteccia cerebrale si trova posteriormente al solco precentrale. L'area motoria primaria contiene una lobulazione posteriore (la "manopola") che corrisponde alla corteccia motoria della mano. L'aspetto della "manopola" è anche conosciuto come "segno dell'uncino sigmoideo" o "segno dell'omega rovesciata". Il solco centrale (o rolandico) è posteriore all'area motoria primaria. Il tessuto cerebrale anteriore al solco centrale è il lobo frontale e il tessuto cerebrale posteriore al solco centrale è il lobo parietale. Il solco centrale è una struttura critica da identificare in modo affidabile, in particolare nella pianificazione chirurgica di una lesione perirolandica, per determinare la posizione prevista della corteccia motoria primaria nel tentativo di preservare la funzione motoria.
- Il piano sagittale sulla linea mediana offre ulteriori possibilità per identificare il solco centrale mediante risonanza magnetica (RM) (Fig. 1.2A). Il corpo calloso, la banda curvilinea di sostanza bianca che collega gli emisferi cerebrali, è facilmente individuabile. Il primo giro che ricopre il corpo calloso è il giro del cingolo, parte

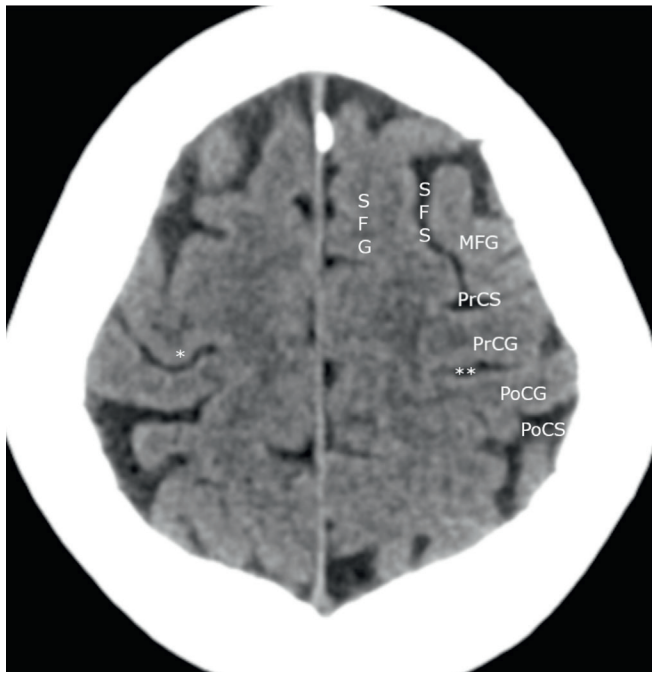


Fig. 1.1 Tomografia computerizzata (TC): la superficie cerebrale superiore mostra il primo giro a sinistra della linea mediana, il giro frontale superiore (*SFG*), seguito dal giro frontale medio (*MFG*), con il solco frontale superiore (*SFS*) tra queste due strutture. Il MFG si collega posteriormente con il solco precentrale (*PrCS*). Il giro precentrale (*PrCG*), o area motoria, è posteriore al PrCS, seguito dal solco centrale (**) e dal giro postcentrale (*PoCG*), o area sensoriale, e dal solco postcentrale (*PoCS*). L'*asterisco* (*) a destra segna una zona a forma di manopola corrispondente all'area motoria della mano nel giro precentrale.

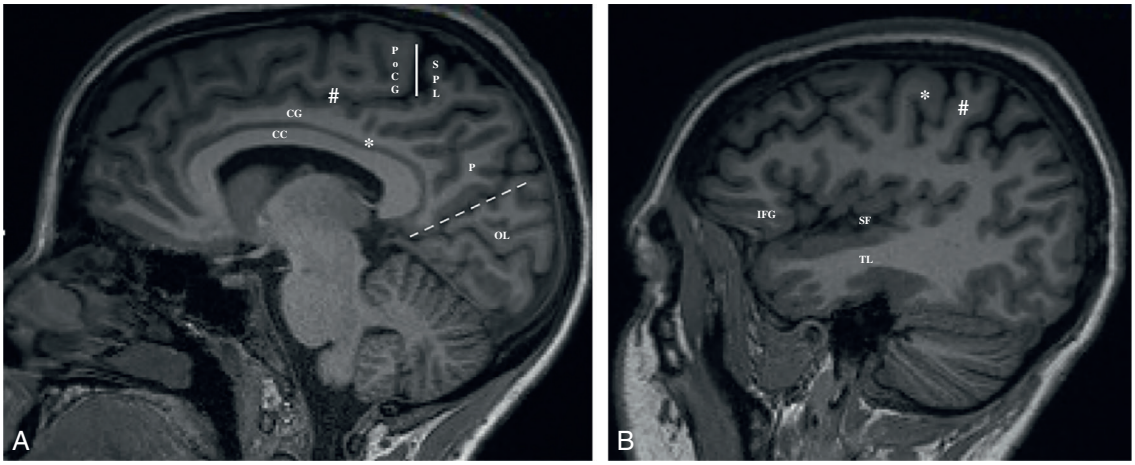


Fig. 1.2 Punti di riferimento anatomici importanti sull'imaging sagittale. (A) Immagine sagittale pesata in T1 (T1WI) della linea mediana con il corpo calloso (*CC*) facilmente identificabile. L'*asterisco* contrassegna il solco calloso sul margine superiore del CC, seguito dal giro del cingolo (*CG*). Il solco cingolato (*#*) delinea il margine superiore del CG. La *pars marginalis* (*linea continua*) è la continuazione verticalizzata del solco cingolato che si estende fino alla superficie del cervello con il giro postcentrale (*PoCG*) anteriore a essa. Posteriormente al PoCG si trova il lobulo parietale superiore (*SPL*). Il solco parietale occipitale (*linea tratteggiata*) delimita il lobo parietale (*P*) dal lobo occipitale (*OL*). (B) Immagine sagittale T1WI più laterale. La fessura silviana delimita i lobi frontali e parietali dai lobi temporali (*TL*) con il giro frontale inferiore (*IFG*), situato appena sopra la fessura silviana anteriormente (*SF*). La "manopola" curva del solco precentrale (*) si trova anteriormente al giro postcentrale (#).

del sistema limbico, che sarà descritto più avanti in questo capitolo. Il solco cingolato si sovrappone e segue il decorso del corpo calloso anteriormente, ma posteriormente forma una brusca svolta verso la superficie, nota come *pars marginalis*.

- Anteriormente alla *pars marginalis* si trova il giro postcentrale, il centro della sensazione somatica, seguito dal solco centrale e dal giro precentrale. Insieme, queste strutture sono conosciute come lobulo paracentrale. Più lateralmente, sul piano sagittale, si può vedere il "pomello" curvo del giro precentrale posizionato all'interno del giro postcentrale (vedi Fig. 1.2B). La Figura 1.3 riassume ulteriori indizi per identificare il solco centrale. Sul piano sagittale, posteriormente al giro postcentrale del lobo parietale, si trova il lobulo parietale superiore.

CONCETTI CHIAVE

Suggerimenti utili per la localizzazione del solco centrale

- Il solco centrale entra nel lobulo paracentrale anteriormente al ramo marginale del solco cingolato.
- L'estremità mediale del solco postcentrale ha la forma di una "y" bifida e le estremità bifide racchiudono il ramo marginale del solco cingolato.
- Il solco frontale superiore termina nel solco precentrale, mentre il solco centrale è il solco successivo al solco precentrale.
- Il solco interparietale interseca il solco postcentrale.
- La manopola che rappresenta l'area motoria della mano si trova nel giro precentrale.
- Lo spessore della sostanza grigia corticale del giro precentrale è maggiore dello spessore del giro postcentrale. Solitamente il rapporto spessore pre/post è di circa 1,5:1.
- La corteccia perirolandica è più ipointensa rispetto alla corteccia circostante nella FLAIR.

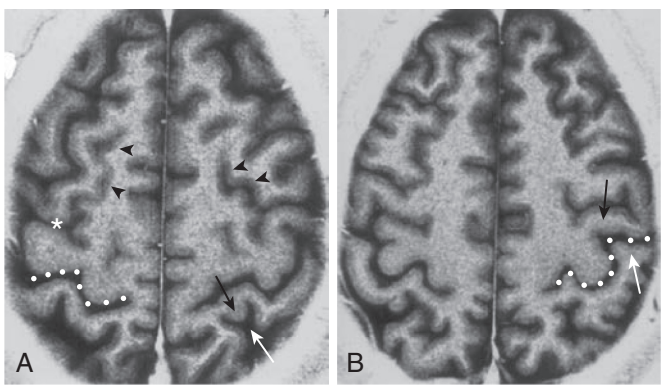


Fig. 1.3 Solco centrale. (A) Si noti la forma dell'estremità mediale del solco postcentrale, la "y" bifida (tra le *frecce bianca* e *nera*), e come il solco frontale superiore (*punte di freccia*) termini nel solco precentrale (*). (B) Il solco centrale è quello posteriore successivo al solco precentrale (tra le *frecce bianca* e *nera*). Si noti che lo spessore della sostanza grigia corticale del giro precentrale (*freccia nera*) è maggiore rispetto allo spessore corticale del giro postcentrale (*freccia bianca*). Il solco centrale è indicato dalla *linea tratteggiata* in entrambe le immagini.

- Sul piano coronale, partendo dalla base cranica in direzione anteriore e inferiore, il giro retto è posizionato appena lateralmente alla porzione più bassa della fessura interemisferica. Lateralmente al giro retto si trova il solco olfattivo, seguito dal giro orbito-frontale sovrastante le orbite (Fig. 1.4).
- Spostandoci posteriormente sul piano coronale, possiamo dividere i lobi frontali in giro frontale superiore, giro frontale medio e giro frontale inferiore (Fig. 1.5). La porzione più posteriore del giro frontale inferiore è la *pars opercolare*, che significa essenzialmente il "coperchio" che copre la fessura silviana e la corteccia insulare e che contiene l'area motoria del linguaggio di Broca. La corteccia insulare è una regione distinta, separata dai lobi frontale, parietale e temporale con funzione somatosensoriale. Lungo la superficie inferiore del giro frontale

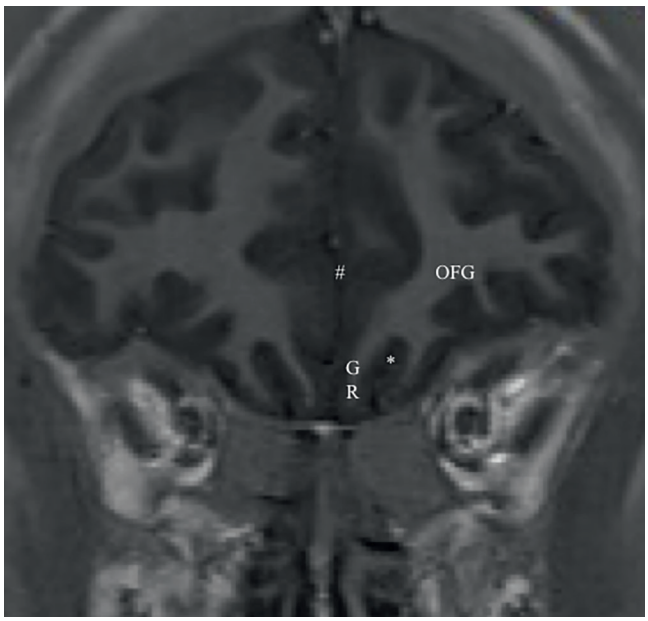


Fig. 1.4 Immagine coronale pesata in T1 (T1WI) che mostra l'anatomia del cervello rostrale sopra le orbite. Laterale alla fessura interemisferica (#) c'è il giro retto (*GR*). Il solco olfattivo (*) separa il GR dal giro fronto-orbitale (*OFG*) che giace sopra le orbite.

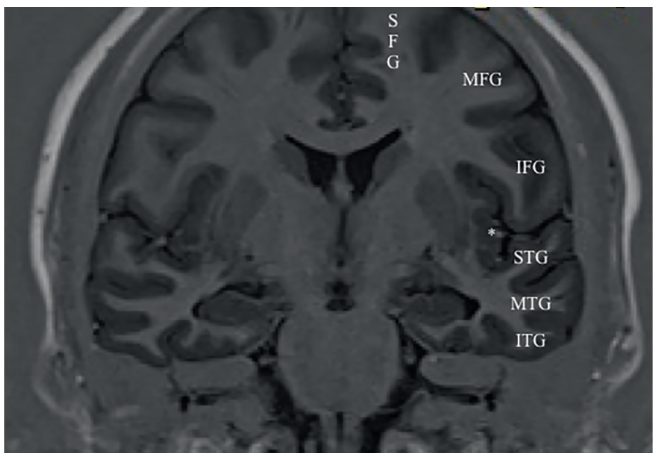


Fig. 1.5 Immagine coronale T1 pesata (T1WI) che mostra le regioni del lobo temporale con i lobi contrassegnati da superiore a inferiore: giro frontale superiore (*SFG*), giro frontale medio (*MFG*), giro frontale inferiore (*IFG*), giro temporale superiore (*STG*), giro temporale medio (*MTG*) e giro temporale inferiore (*ITG*). La porzione opercolare (che significa coperchio) dell'IFG copre la corteccia insulare (*).

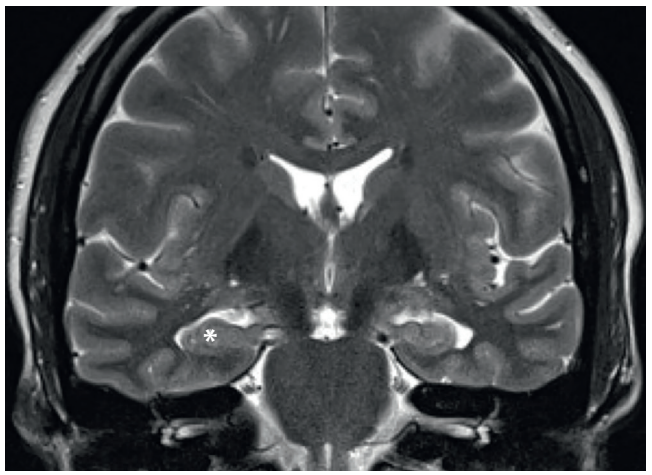


Fig. 1.6 La caratteristica forma curva dell'ippocampo (*), parte del sistema limbico, è facilmente individuabile nel lobo temporale mesiale adiacente al corno temporale dei ventricoli laterali. La struttura contiene due strati di materia grigia: giro dentato e corno di Ammone (*cornu ammonis*). L'ippocampo svolge la funzione di memoria ed è altamente suscettibile al danno anossico.

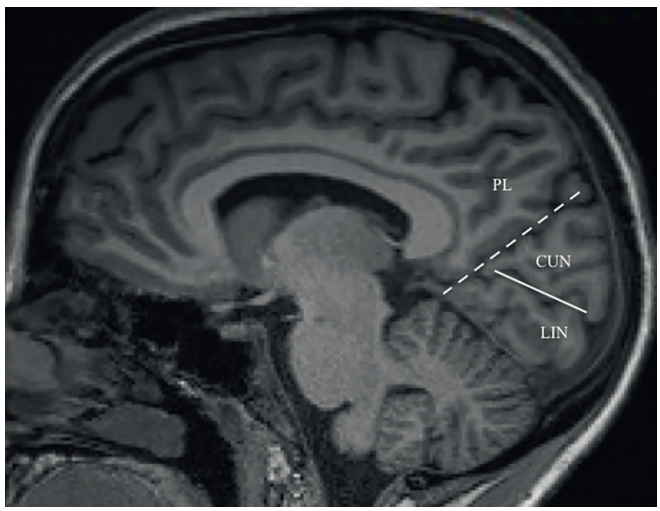


Fig. 1.7 Immagine sagittale pesata in T1 (T1WI). Il solco parieto-occipitale (*linea tratteggiata*) delimita il lobo parietale (*PL*) dal lobo occipitale. All'interno del lobo occipitale, il solco calcarino (*linea continua*) si estende obliquamente, con il cuneo (*CUN*) sopra e il giro linguale (*LIN*) sotto.

inferiore si trova la fessura silviana che delimita il lobo frontale dal lobo temporale, così come il lobo parietale dal lobo temporale.

- L'anatomia del lobo temporale, le cui funzioni primarie comprendono elementi del linguaggio, della memoria, delle emozioni e dell'udito, è ben valutabile sul piano coronale (vedi Fig. 1.5). Il lobo temporale si trova appena inferiormente alla fessura silviana e presenta tre giri principali: il giro temporale superiore, il giro temporale medio e il giro temporale inferiore. La porzione più riconoscibile della regione mediale del lobo temporale è il ricurvo ippocampo, che è importante nella formazione dei ricordi e altamente suscettibile al danno anossico (Fig. 1.6). L'amigdala, a forma di mandorla, si trova appena davanti all'ippocampo. Sia l'ippocampo sia l'amigdala fanno parte del sistema limbico.
- Il lobo occipitale, la cui funzione principale riguarda la visione, è ben evidenziato sul piano sagittale a livello della linea mediana. Il solco parieto-occipitale delimita il lobo parietale dal lobo occipitale. Il solco calcarino si estende obliquamente sul piano sagittale, con la porzione di lobo occipitale sopra a un solco chiamata *cuneo* e la porzione inferiore sopra a un solco denominata *giro linguale* (Fig. 1.7).
- Ricordiamo che il solco centrale separa il lobo frontale dal lobo parietale. Il solco parieto-occipitale separa il lobo parietale dal lobo occipitale. La fessura silviana separa il lobo temporale dai lobi frontale e parietale.

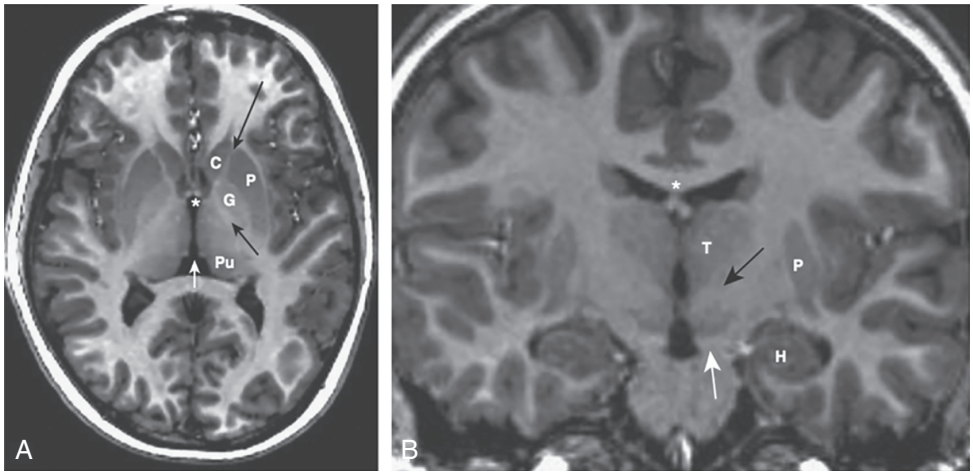


Fig. 1.8 Anatomia della sostanza grigia profonda. (A) L'immagine assiale pesata in T1 (T1WI) mostra il caudato (*C*), il putamen (*P*) e il globo pallido (*G*), nonché il braccio anteriore (*freccia nera lunga*) e il braccio posteriore (*freccia nera corta*) della capsula interna. Tratti di sostanza bianca passano tra i gangli della base. Il talamo e la sostanza grigia periacqueduttale delimitano il terzo ventricolo. Sono evidenti anche i piccoli punti del fornice anteriormente (appena davanti all'*asterisco*), la commissura posteriore (*freccia bianca*), nonché la sostanza grigia del pulvinar talamico (*Pu*). (B) In questa T1WI coronale, il nucleo subtalamico (*freccia nera*) e la *substantia nigra* (*freccia bianca*) sono visibili sotto il talamo (*T*). L'ippocampo (*H*) è presente più lateralmente. I talami sono uniti sulla linea mediana in corrispondenza della massa intermedia, e si possono anche vedere le colonne del fornice (appena sotto l'*asterisco*) sporgenti al di sopra del talamo.

TALAMO E IPOTALAMO

- Il talamo si trova ai lati del terzo ventricolo ed è collegato alla linea mediana dalla massa intermedia (Fig. 1.8). Tra le altre funzioni sono inclusi relè motori, output limbici e coordinazione dei movimenti. Porzioni del talamo sono anche deputate al dolore, alla cognizione e alle emozioni. Il talamo è suddiviso in molti nuclei diversi da strie di sostanza bianca. I nuclei genicolati mediale e laterale, situati lungo la parte posteriore del talamo, fungono da stazioni di collegamento rispettivamente per la funzione uditiva e visiva. Il pulvinar è l'espansione posteriore del talamo. Dietro il pulvinar ci sono le ali della cisterna ambiens.

- L'ipotalamo è situato sul fondo del terzo ventricolo, sopra il chiasma ottico e la cisterna soprasellare. L'ipotalamo è collegato all'ipofisi posteriore attraverso l'infundibolo, o peduncolo, attraverso il quale trasmette le informazioni ormonali alla ghiandola pituitaria. L'ipotalamo è fondamentale per le funzioni autonomiche del corpo.

GANGLI DELLA BASE

- I gangli della base sono conosciuti con diversi nomi nella letteratura neuroanatomica. Queste strutture di sostanza grigia si trovano tra l'insula e la linea mediana. Il globo pallido è la struttura mediale della sostanza grigia identificata appena lateralmente al ginocchio della capsula interna (vedi Fig. 1.8). Lateralmente a esso si trova il putamen. La testa del nucleo caudato incide le corna frontali del ventricolo laterale ed è anteriore al globo pallido; tuttavia, il corpo del nucleo caudato si sviluppa sopra il globo pallido, parallelamente al ventricolo laterale, e termina con una coda di tessuto vicino all'amigdala.
- Altri termini utilizzati per le varie porzioni dei gangli della base includono il corpo striato, composto dal caudato e i nuclei lentiformi o lenticolari. Il lentiforme è costituito dal globo pallido e dal putamen. Si può usare il termine "regione striatocapsulare" per includere i gangli basali con le capsule interne ed esterne. I gangli della base ricevono fibre dalla corteccia sensomotoria, dal talamo e dalla *substantia nigra*, oltre che essere interconnessi tra loro. Le fibre efferenti vanno alle stesse sedi e all'ipotalamo. La funzione principale dei gangli della base sembra essere la coordinazione dei movimenti fluidi.

Cervello sottotentoriale

CERVELLETTO

- Il cervelletto si trova nel compartimento sottotentoriale, posteriore al tronco encefalico. L'anatomia del cervelletto è complessa, con molte aree identificate. Per semplicità, la maggior parte delle persone separa il cervelletto nel verme superiore e inferiore rispetto alla linea mediana e riserva il termine di "emisferi cerebellari" per le restanti porzioni laterali e centrali del cervelletto.
- Le porzioni emisferiche del cervelletto ricevono informazioni dal ponte e contribuiscono a controllare la coordinazione dei movimenti volontari. Le anomalie degli emisferi cerebellari provocano dismetria, disdiadococinesia, tremori intenzionali, nistagmo e atassia. Ventralmente, c'è una protuberanza, chiamata flocculo, su entrambi i lati dell'emisfero cerebellare, che può estendersi verso la cisterna dell'angolo pontocerebellare. Si tratta di una potenziale "pseudomassa", spesso erroneamente identificata come uno schwannoma vestibolare. Le tonsille sono situate inferiormente e sono le strutture che erniano verso il basso attraverso il forame magno nelle malformazioni di Chiari. Il verme superiore presenta un lobulo centrale e una *lingula* visibili anteriormente, mentre il verme

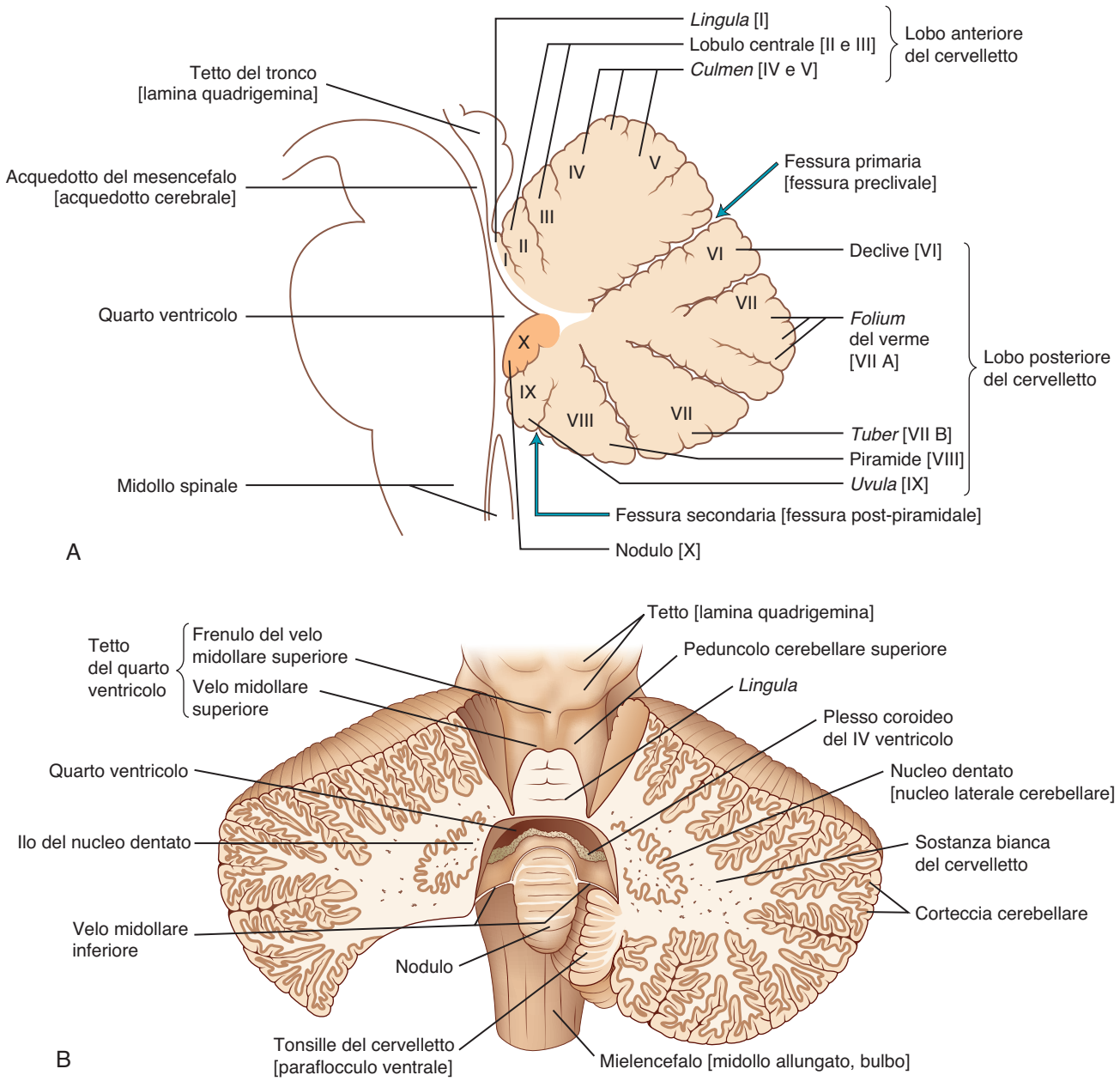


Fig. 1.9 Anatomia cerebellare. Schemi mediano (A) e coronale (B) dei lobi cerebellari, dei lobuli e del verme. Gli emisferi cerebellari e il verme sono divisi in 10 lobuli (I-X). La fessura primaria divide il cervelletto in lobi anteriori (lobuli I-V, tra cui *lingula*, lobulo centrale e *culmen*) e lobi posteriori (lobuli VI-IX, tra cui declive, *folium*, tubero, piramide e ugola). La fessura secondaria separa il lobo posteriore dal lobo nodulare (lobulo X). (Da Putz R, Pabst R, eds. *Sobotta Atlas of Human Anatomy*. 13th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1996:292, 293.)

inferiore presenta un nodulo, l'uvula, la piramide e il tubero sulla sua superficie inferiore (Fig. 1.9). La superficie superiore offre una visione del *culmen*, del declive e del *folium* del verme superiore. Il verme superiore e la maggior parte del verme inferiore ricevono le informazioni sensoriali spinocerebellari.

- Il cervelletto è composto da corteccia, sostanza bianca e quattro nuclei grigi profondi accoppiati. Le masse di sostanza grigia nel cervelletto includono il nucleo del fastigio, il nucleo globoso, il nucleo emboliforme e i nuclei dentati. I nuclei dentati sono situati lateralmente nella sostanza bianca del cervelletto e sono visibili alla TC perché possono calcificarsi in età avanzata. Il nucleo dentato, la struttura più grande della sostanza grigia profonda, ha connessioni con i nuclei rossi e con i talami.
- Tre tratti principali di sostanza bianca collegano il cervelletto al tronco cerebrale bilateralmente (Fig. 1.10). Il peduncolo cerebellare superiore (*brachium conjunctivum*) collega le strutture del mesencefalo al cervelletto, il peduncolo cerebellare medio (*brachium pontis*) collega il ponte al cervelletto e il peduncolo cerebellare inferiore (corpo restiforme) collega il midollo allungato al cervelletto.

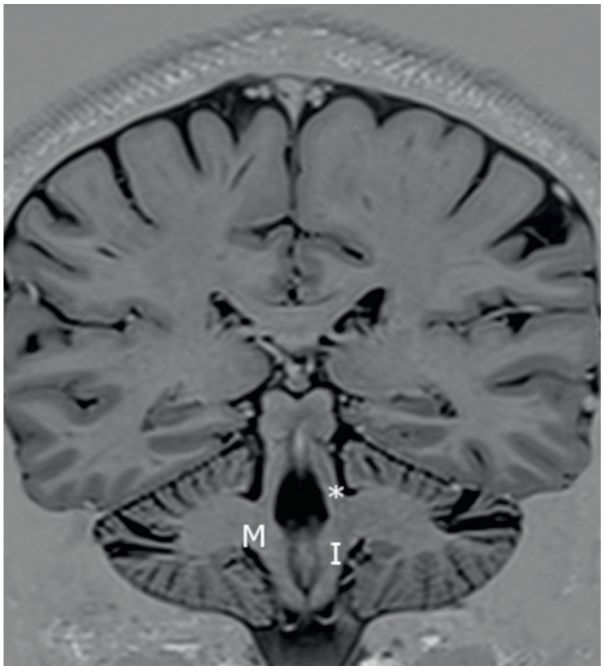


Fig. 1.10 Peduncoli cerebellari. I peduncoli cerebellari appaiati contengono tratti di sostanza bianca che collegano il cervelletto al tronco encefalico. Il peduncolo cerebellare inferiore (indicato *a sinistra*, *I*), detto anche corpo restiforme, contiene tratti spinocerebellari provenienti dal midollo allungato. Il peduncolo cerebellare medio (indicato *a destra*, *M*), detto *brachium pontis*, contiene tratti di fibre corticospinali provenienti dal ponte, compresi i tratti corticopontini e pontocerebellari che terminano nell'emisfero cerebellare controlaterale e nel verme. Il peduncolo cerebellare superiore (indicato *a sinistra*, ***), detto *brachium conjunctivum*, contiene fibre efferenti dal nucleo dentato, che decussano al collicolo inferiore e si estendono al nucleo rosso.

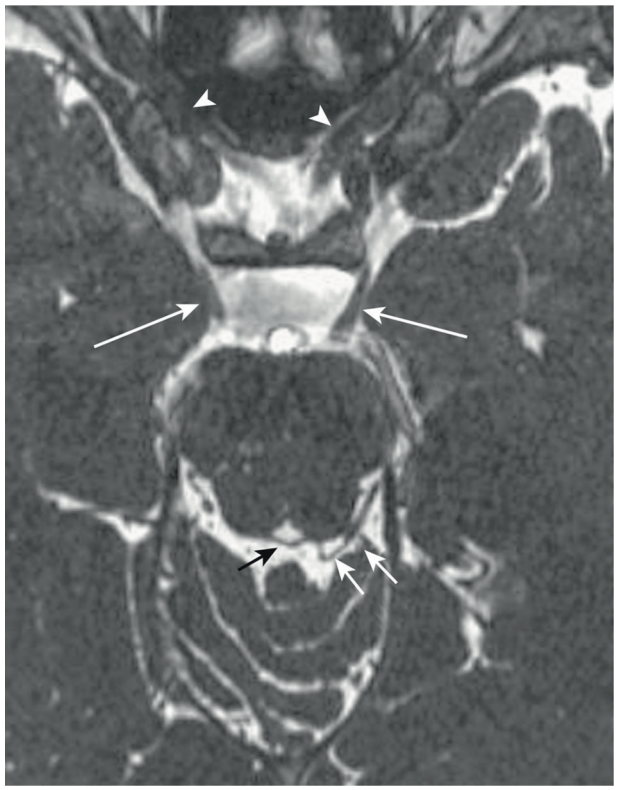


Fig. 1.11 Anatomia del mesencefalo. Questa immagine steady state (CISS) mostra entrambi i nervi oculomotori (*frecce bianche lunghe*) nelle loro porzioni cisternali, che conducono al seno cavernoso, il nervo trocleare di sinistra (*frecce bianche corte*) che origina dal mesencefalo posteriore e che decorre nella cisterna ambiens, il nervo trocleare di destra, che decussa posteriormente nella linea mediana (*freccia nera*). I nervi ottici possono essere identificati nei canali ottici bilateralmente (*punte di freccia*).

TRONCO ENCEFALICO

- Il tronco encefalico è costituito, a partire dalla parte superiore, dal mesencefalo, dal ponte e dal midollo allungato.
- Il mesencefalo è il sito di origine del terzo e del quarto nervo cranico. Inoltre, il mesencefalo contiene il nucleo rosso, la sostanza nera e l'acquedotto cerebrale, o acquedotto di Silvio (Fig. 1.11). I tratti di sostanza bianca che conducono i comandi motori e sensoriali passano attraverso il mesencefalo. Il mesencefalo è inoltre separato nel tegmento e nel tetto, che si riferiscono rispettivamente alle porzioni del mesencefalo anteriori e posteriori all'acquedotto cerebrale.
  - Il *tectum*, o tetto, è costituito dalla placca quadrigemina (lamina quadrigemina), che ospita i collicoli superiori e inferiori.
  - Il tegmento contiene tratti di fibre, i nuclei rossi, i nuclei del terzo e quarto nervo cranico e la sostanza grigia periacqueduttale. La sostanza nera si trova davanti al bordo anteriore del tegmento.
  - Anteriormente al tegmento si trovano i peduncoli cerebrali, che hanno una configurazione a "orecchie di Topolino".
- Il ponte contiene i nuclei dei nervi cranici (NC) V, VI, VII e VIII (Figg. 1.12 e 1.13). La sostanza bianca pontina trasmette fibre sensoriali e motorie al viso e al corpo. Il ponte ospita anche le principali connessioni del sistema di attivazione reticolare per le funzioni vitali. È possibile identificare il ponte sul piano sagittale per il suo "ventre gravido".
- Il midollo allungato contiene i nuclei dei NC IX, X, XI e XII. I tratti sensoriali e motori da e verso il viso e il cervello sono trasmessi attraverso il midollo allungato. Altre porzioni identificabili nel midollo allungato includono le piramidi, un insieme di fibre paramediane anteriori che trasmettono la funzione motoria, e il nucleo olivare nella parte media del midollo allungato (Fig. 1.14A-B).
- Il triangolo di Guillain-Mollaret o via dentato-rubro-olivare collega il tronco encefalico e il cervelletto per coordinare l'attività motoria (vedi Fig. 1.14C-D). La via è composta dal nucleo rosso del ponte, dal nucleo olivare inferiore omolaterale del midollo allungato e dal nucleo dentato controlaterale del cervelletto. Disfunzioni lungo il percorso tra il nucleo rosso e il nucleo olivare inferiore omolaterale (tratto tegmentale centrale) o tra il nucleo rosso e il nucleo dentato controlaterale (tratto dentato-rubrale attraverso il peduncolo cerebellare superiore) determinano un aumento del segnale T2 e un ingrandimento dell'oliva. Per esempio, un'emorragia acuta nel ponte dorsale sinistro può provocare un'ipertrofia del nucleo olivare inferiore sinistro per diversi mesi. Questa entità prende il nome di *degenerazione olivare ipertrofica*, in pazienti che si presentano con mioclono palatale e atassia degli arti.

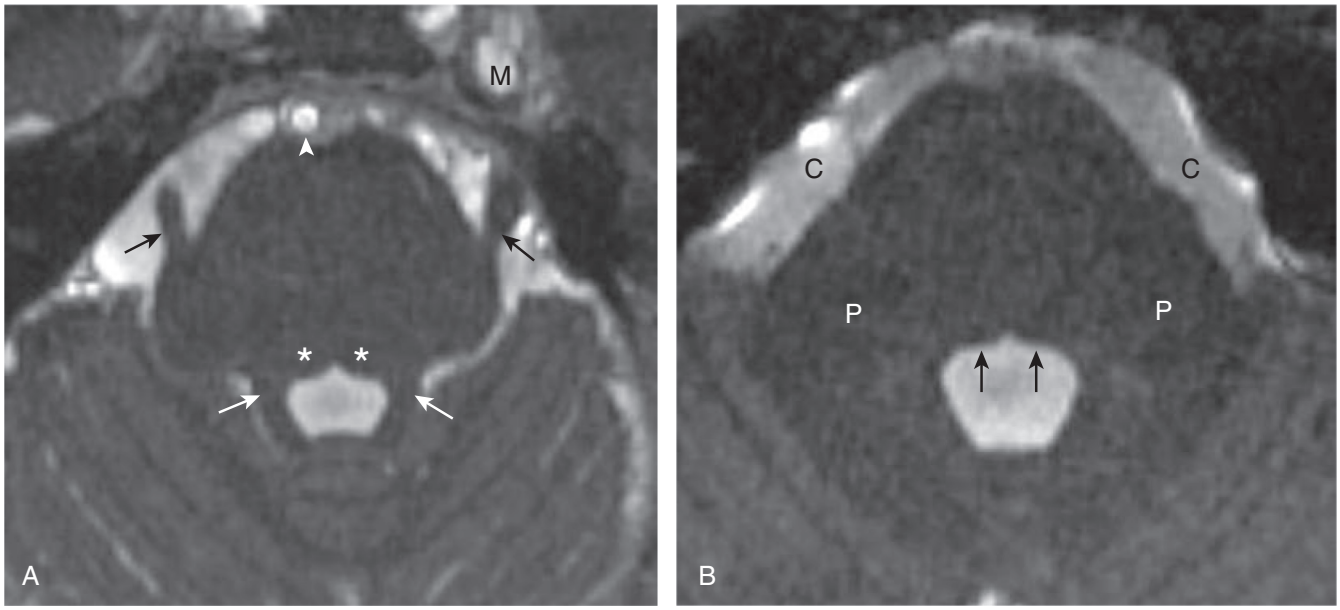


Fig. 1.12 Anatomia del ponte. (A) L'immagine assiale T2 allo steady state (CISS) mostra il V nervo cranico che esce dal ponte (*frecce nere*). Si notino i peduncoli cerebellari superiori (*frecce bianche*), il cavo di Meckel a sinistra (*M*), il fascicolo longitudinale mediale (*asterischi*) e l'arteria basilare (*punta di freccia*). (B) I collicoli facciali (*frecce*) sono chiaramente visibili in questa immagine T2 CISS assiale. Il peduncolo cerebellare medio (*P*) è la struttura dominante che porta al cervelletto. È identificabile anche la cisterna dell'angolo cerebellopontino (*C*).

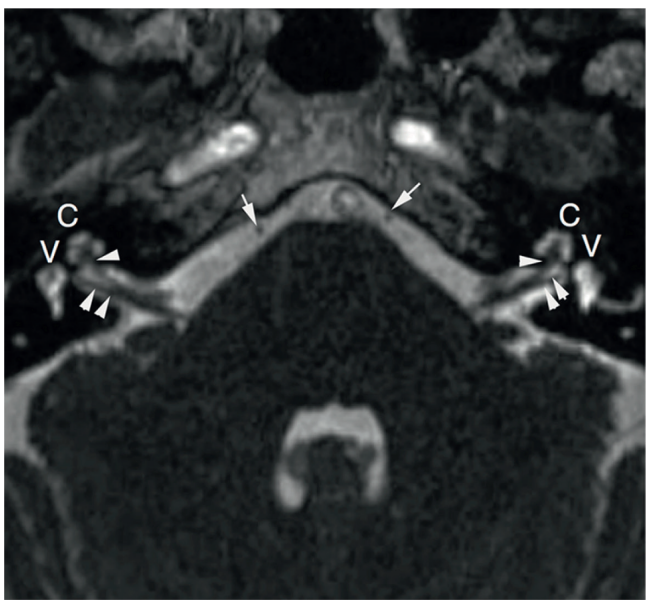


Fig. 1.13 Anatomia del ponte inferiore. Questa immagine allo steady state (CISS) mostra il nervo abducente (indicato dalle *frecce bianche*), mentre il nervo cocleare (più anteriore) e il nervo vestibolare inferiore (più posteriore) sono visibili bilateralmente nella cisterna dell'angolo pontocerebellare (rispettivamente con una e due *punte di freccia bianche*). La coclea (*C*) e il vestibolo (*V*), pieni di liquido, sono iperintensi in T2.

Tratti di sostanza bianca

Esistono tre categorie principali di tratti di sostanza bianca: commissurali, di associazione e di proiezione. I tratti commissurali più evidenti che collegano le strutture attraverso la linea mediana sono facilmente identificabili con le sequenze di risonanza magnetica convenzionali. I progressi del tensore di diffusione (DTI) e del tracciamento tridimensionale (3D) delle fibre aiutano a delineare i percorsi assonali dei tratti di associazione e di proiezione (Fig. 1.15).

Fibre commissurali: fasci di fibre che si estendono attraverso la linea mediana.

- Corpo calloso: ampio tratto di sostanza bianca della linea mediana che attraversa i due emisferi cerebrali. Le sue porzioni prendono il nome di rostro (la sua porzione affusolata antero-inferiore, appena sopra la commissura anteriore), ginocchio (la parte anteriore), corpo o tronco (la faccia superiore) e splenio (la porzione più posteriore) (Fig. 1.16). Spesso può essere presente un restringimento focale all'interno del corpo posteriore, il cosiddetto "istmo", che è una normale variazione anatomica e non deve essere confuso con patologia focale.
- Commissura anteriore: situata nella parte inferiore del corpo calloso, appena sopra la lamina terminale. La commissura anteriore trasmette i tratti provenienti dall'amigdala e dal lobo temporale al lato controlaterale.
- Commissura posteriore: appena davanti alla ghiandola pineale, vicino all'abenula. Le commissure dell'abenula e dell'ippocampo collegano tra loro i due emisferi e i due talami.

Fibre di associazione: le fibre possono essere lunghe, quando collegano giri distanti, o corte (fibre a "U"), quando collegano giri all'interno dello stesso lobo. I tratti principali includono il cingolo, il fascicolo uncinato, il fascicolo longitudinale superiore, il fascicolo longitudinale inferiore e il fascicolo fronto-occipitale inferiore.

- Il complesso del fascicolo longitudinale superiore (FLS)/fascicolo arcuato collega il lobo frontale alla corteccia parietale e temporale. Il fascicolo arcuato ha una traiettoria ad arco che collega l'area (ricettiva) di Wernicke nel giro temporale all'area di Broca (espressiva) nel giro

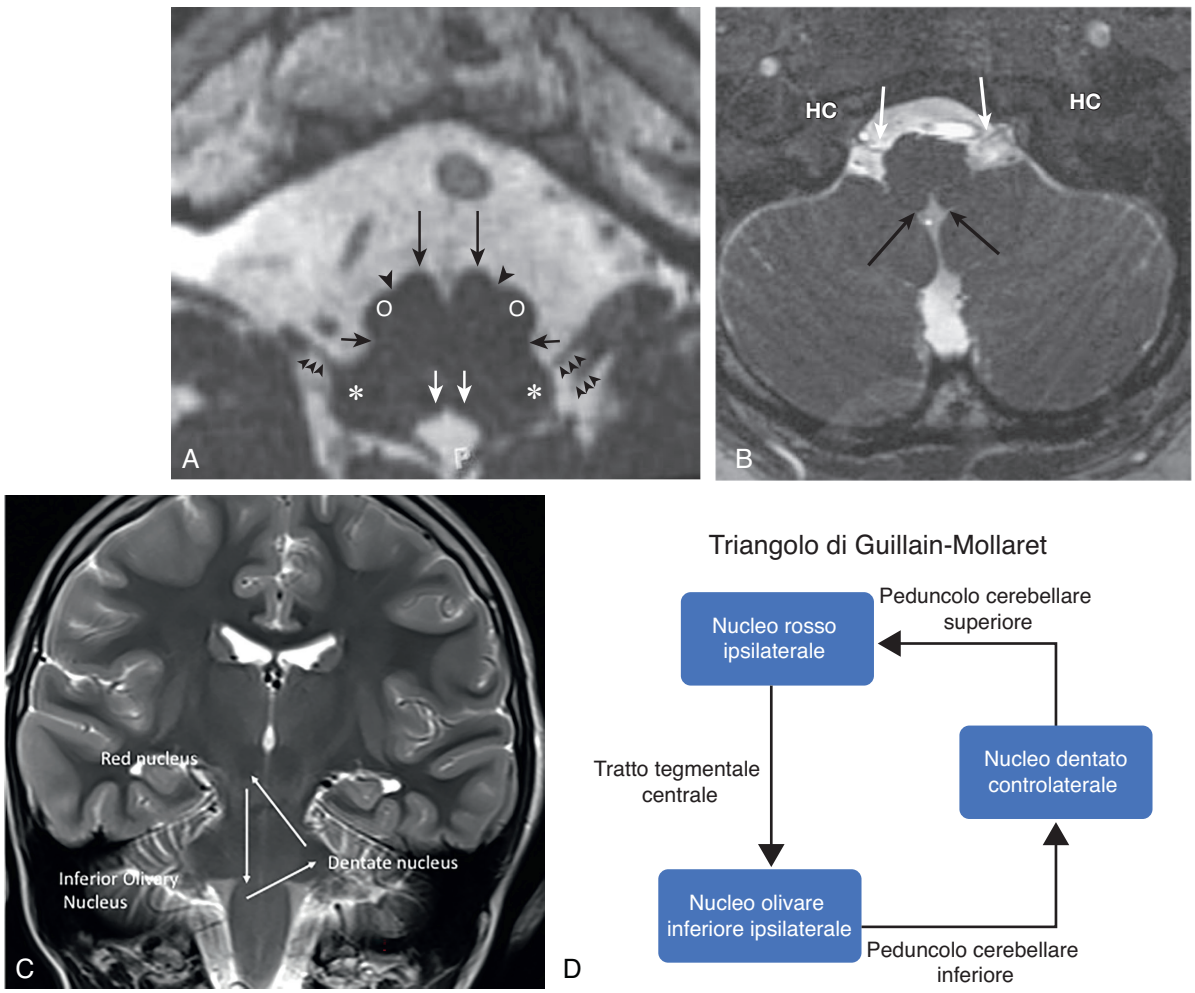


Fig. 1.14 Anatomia del midollo allungato. (A) La T2 assiale allo steady state (CISS) mostra il solco postolivare (*frecce nere corte*), il solco preolivare (*punte di freccia singole*), il tratto piramidale (*frecce nere lunghe*) e il peduncolo cerebellare inferiore (*asterischi*), i nuclei ipoglossi (*frecce bianche*) e il complesso dei nervi cranici IX-X (*piccole punte di freccia triple*). L'oliva (*O*) è visibile anteriormente. (B) Le *frecce bianche* evidenziano i nervi ipoglossi che si dirigono verso i canali ipoglossi (*HC*). Ai lati della fessura posteriore della linea mediana si trovano i nuclei gracili (*frecce nere*). Lateralmente a essi si trovano i nuclei cuneati. (C-D) Triangolo di Guillain-Mollaret o via dentato-rubro-olivare: triangolo anatomico di feedback che collega il nucleo rosso con il nucleo ipsilaterale inferiore dell'oliva attraverso il tratto tegmentale centrale. Il dentato è collegato al nucleo rosso controlaterale attraverso il tratto dentato-rubrale e con il nucleo olivare inferiore controlaterale attraverso il peduncolo cerebellare inferiore.

frontale inferiore, svolgendo quindi un ruolo chiave nell'elaborazione del linguaggio.

- Il cingolo si estende inferiormente al giro cingolato lungo la faccia mediale di ciascun emisfero cerebrale collegando sezioni dei lobi frontali, parietali e temporali. Permette la comunicazione tra le diverse componenti del sistema limbico.

Fibre di proiezione: comprendono i tratti ascendenti e discendenti che collegano il cervello con il tronco encefalico, il cervelletto e il midollo spinale. Questi tratti includono la corona radiata, la capsula interna, il tratto corticospinale e il tratto corticobulbare.

Meningi e spazi associati

- Esplorando il compartimento intracranico, dall'esterno all'interno, incontriamo innanzitutto i tre strati di meningi che proteggono il cervello: la dura, l'aracnoide e la pia (vedi Fig. 5.1). La dura (pachimeninge) è lo strato più esterno e più spesso (1-2 mm di spessore) formato da uno strato periostale esterno e da uno strato meningeo interno. La dura è aderente al tavolato interno del cranio in corrispondenza delle suture. Tra il tavolato interno del cranio e la dura si trova uno spazio potenziale, lo spazio epidurale, che è visibile solo in condizioni patologiche, come un ematoma epidurale. La patologia dello spazio epidurale di solito non attraversa le suture. Subito al di sotto della dura c'è lo spazio subdurale, un altro spazio potenziale visualizzato solo in condizioni patologiche.
- Lo strato di tessuto successivo, l'aracnoide, è un foglio sottile che si allinea alla dura ma non è strettamente legato a essa. Lo spazio subaracnoideo, riempito di liquor, sovrasta l'ultimo strato di tessuto, la pia. La pia è strettamente aderente alla superficie cerebrale invaginandosi nei solchi. La pia e l'aracnoide non sono sempre facilmente distinguibili con la diagnostica per immagini e sono denominati collettivamente *leptomeningi*.

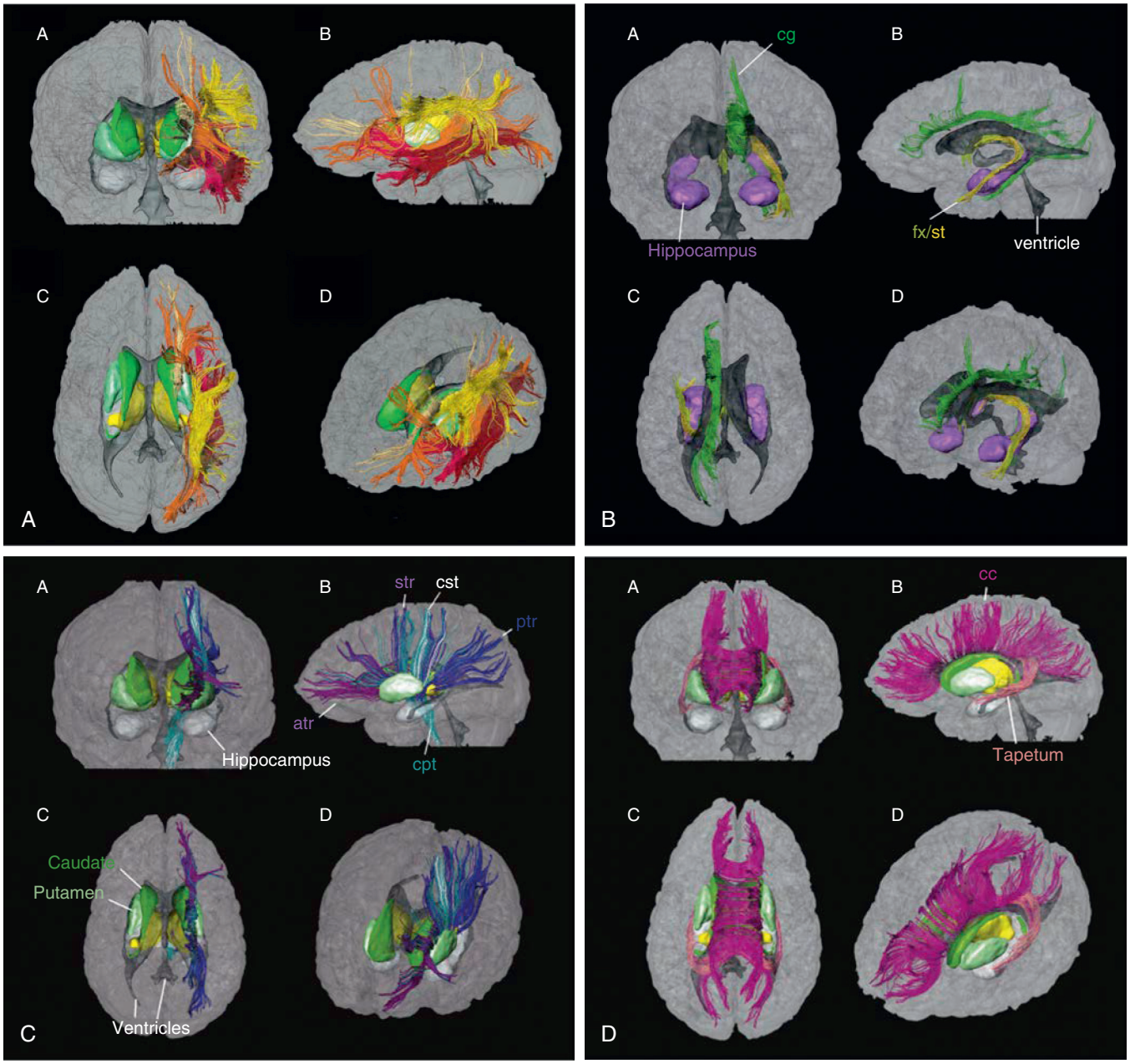


Fig. 1.15 Trattografia con imaging a tensore di diffusione (DTI). Utilizzando i dati DTI, i tratti di fibre discrete nel cervello possono essere isolati e codificati a colori, dimostrando le fibre di associazione (i fasci di assoni che collegano parti diverse del cervello nello stesso emisfero cerebrale), le fibre di proiezione (gli assoni che collegano la corteccia con le parti inferiori del cervello e del midollo spinale) e le fibre commissurali (gli assoni che collegano i due emisferi cerebrali). (A) Sono rappresentate le ricostruzioni tridimensionali (3D) delle fibre di associazione, anche in orientamento anteriore (*A*), sinistro (*B*), superiore (*C*) e obliquo (antero-superiore sinistro) (*D*). Si notino le proiezioni colorate del fascicolo longitudinale superiore (*in giallo*), del fascicolo fronto-orbitale inferiore (*in arancione*), del fascicolo uncinato (*in rosso*) e del fascicolo longitudinale inferiore (*in marrone*). I talami sono gialli, i ventricoli sono grigi, i nuclei caudati sono verdi e i nuclei lentiformi sono verde chiaro. (B) Risultati della ricostruzione 3D delle fibre di associazione nel sistema limbico viste dall'orientamento anteriore (*A*), sinistro (*B*), superiore (*C*) e obliquo (anteriore sinistro) (*D*). Gli ippocampi sono rappresentati in viola. (C) Risultati della ricostruzione 3D delle fibre di proiezione viste dall'orientamento anteriore (*A*), sinistro (*B*), superiore (*C*) e obliquo (antero-superiore sinistro) (*D*). Sono rappresentati la radiazione talamica anteriore (*atr*), il tratto corticopontino (*cpt*), il tratto corticospinale (*cst*), la radiazione talamica posteriore (*ptr*) e la radiazione talamica superiore (*str*). (D) Ricostruzioni 3D delle fibre commissurali viste dagli orientamenti anteriore (*A*), sinistro (*B*), superiore (*C*) e obliquo (antero-superiore sinistro) (*D*). Il corpo calloso (*cc*) è colorato in magenta e il *tapetum* (fibre commissurali che si estendono ai lobi temporali) è colorato in pesca. *cg*, *cingulum*; *fx*, *fornix*; *st*, *stria terminalis*. (Da Oishi K, Faria AV, van Zijl PCM, Mori S. *MRI Atlas of Human White Matter*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2011:18-21.)

- Lo strato piale accompagna le arterie corticali nel loro percorso verso il tessuto cerebrale. Gli spazi perivascolari prominenti non patologici, anche detti "spazi di Virchow-Robin", compaiono quando lo spazio potenziale tra lo strato piale esterno e quello interno si dilata a causa del liquido interstiziale. Le sedi tipiche sono la regione striato-capsulare e il mesencefalo (Fig. 1.17).

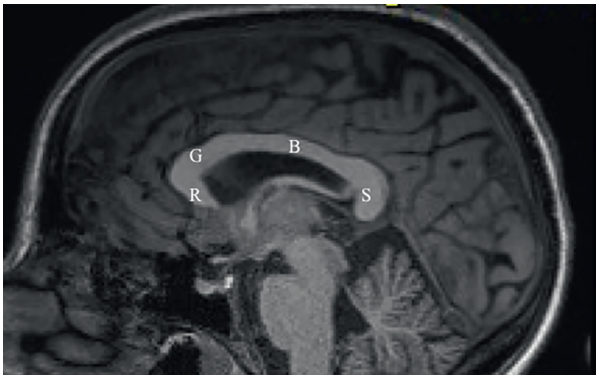


Fig. 1.16 Risonanza magnetica (RM) T1 sagittale mediana del corpo calloso. Il grande tratto di sostanza bianca collega gli emisferi cerebrali ed è composto da quattro parti: rostro (*R*), ginocchio (*G*), corpo (*B*) e splenio (*S*).

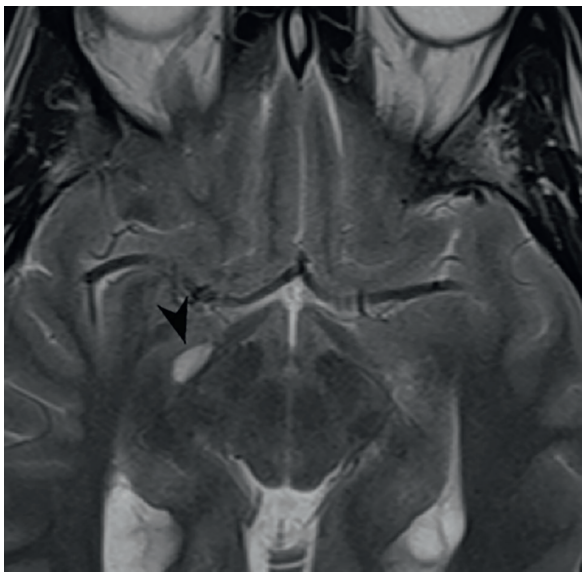


Fig. 1.17 Spazio di Virchow-Robin. L'immagine assiale T2 pesata mostra una struttura prominente piena di fluido nella parte inferiore dei gangli della base di destra (*punta di freccia*), tipico aspetto dello spazio di Virchow-Robin.

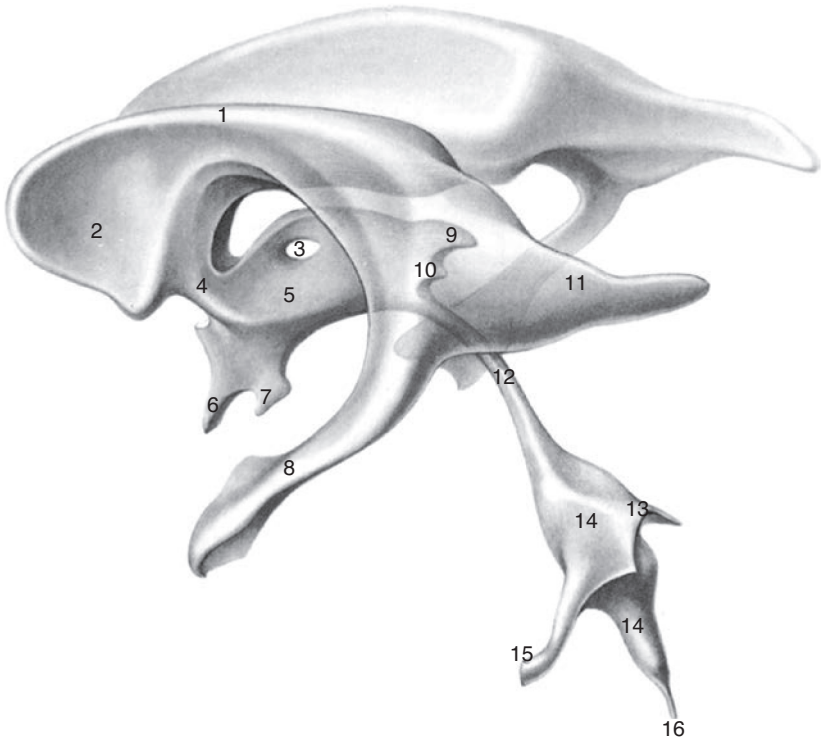
Sistema ventricolare, liquido cerebrospinale e spazi del liquido cerebrospinale

- Il volume normale del liquido cerebrospinale (LCS) nell'intero sistema nervoso centrale (SNC) è di circa 150 mL, di cui 75 mL distribuiti intorno al midollo spinale, 25 mL all'interno del sistema ventricolare e 50 mL che circondano i solchi corticali e le cisterne alla base del cervello. Nelle persone anziane, il volume del liquor intracranico aumenta da 75 mL a una media di circa 150 mL nelle donne e 190 mL negli uomini. La produzione normale di LCS è stata stimata in circa 450 mL al giorno, quindi la quantità di liquor viene reintegrata da due a tre volte al giorno.
- Ogni plesso coroideo del ventricolo contribuisce alla produzione di liquor, mentre il riassorbimento del liquor avviene a livello dei villi aracnoidei all'interno del sistema intravascolare dal liquido extracellulare. I villi aracnoidei risiedono sulla superficie dell'encefalo e possono sporgere nei seni venosi maggiori, apparendo come difetti di riempimento non occlusivi della densità del fluido o del segnale del fluido all'interno dei seni venosi maggiori.
- Il flusso del liquor passa dai ventricoli laterali attraverso i forami di Monro al terzo ventricolo, all'acquedotto cerebrale di Silvio e al quarto ventricolo, uscendo infine attraverso i forami di Luschka (bilateralmente) e di Magendie (nella linea mediana; Fig. 1.18). Il liquor fluisce quindi nelle cisterne dell'encefalo e nello spazio subaracnoideo cervicale e poi lungo i compartimenti spinali intratecali. Alla fine, il liquor risale sulle convessità degli emisferi, dove viene riassorbito dai villi aracnoidei nello spazio intravascolare.
- Intorno al tronco encefalico e alle strutture della linea mediana sono presenti diverse cisterne (Fig. 1.19). I contenuti di questi spazi possono essere compromessi a seconda della patologia in atto e le strutture critiche che attraversano questi spazi possono essere interessate ed essere all'origine del disturbo del paziente. Pertanto, la conoscenza di queste cisterne e del loro contenuto è fondamentale nella descrizione delle diverse sindromi erniarie e di altre patologie che possono essere identificate con la diagnostica per immagini.

CONCETTI CHIAVE

Cisterne del cervello

Nome	Localizzazione	Strutture che attraversano le cisterne
Cisterna magna	Postero-inferiormente al quarto ventricolo	Arterie vertebrali
Cisterna perimidollare	Intorno al midollo	Arteria cerebrale postero-inferiore
Cisterna cerebellare superiore	Sopra il cervelletto	Vena basale di Rosenthal, vena di Galeno
Cisterna prepontina	Anteriore al ponte	Arteria basilare, V e VI NC
Cisterna cerebello-pontina	Tra il ponte e il *porus acusticus*	Arteria cerebrale antero-inferiore, VII e VIII NC
Cisterna interpeduncolare	Tra i peduncoli cerebrali	III NC
Cisterna ambiens	Intorno al mesencefalo	IV NC
Cisterna quadrigeminale	Dietro al mesencefalo	Branche distali dell'arteria cerebrale posteriore, arteria cerebellare superiore, IV NC, arteria coroidea posteriore
Cisterna soprasellare	Sopra l'ipofisi	Chiasma ottico, III e IV NC, arterie carotidi, peduncolo ipofisario
Cisterna del retropulvinar (ali della cisterna ambiens)	Dietro al talamo	Arteria coroidea postero-laterale
Cisterna della lamina terminale	Anteriormente alla lamina terminale, commissura anteriore	Arteria cerebrale anteriore (ACA)
Cisterna del velo *interpositum*	Sopra il terzo ventricolo	Vena cerebrale interna, vena di Galeno
Cisterna dell'ACA	Sopra il corpo calloso	ACA



1 Corpo del ventricolo laterale
2 Corno frontale del ventricolo laterale
3 Massa intermedia
4 Forame di Monro
5 Terzo ventricolo
6 Recesso ottico, terzo ventricolo
7 Recesso infundibolare, terzo ventricolo
8 Corno temporale, ventricolo laterale
9 Recesso soprapineale, terzo ventricolo
10 Recesso pineale, terzo ventricolo
11 Corno occipitale, ventricolo laterale
12 Acquedotto di Silvio
13 Fastigio
14 Quarto ventricolo
15 Recesso laterale, forame di Luschka, quarto ventricolo
16 Canale centrale

Fig. 1.18 Sistema ventricolare del cervello. Schema tridimensionale del sistema ventricolare del cervello. (Da Nieuwenhuys R, Voogd J, van Huijen C. *The Human Central Nervous System: A Synopsis and Atlas*. Rev 3rd ed. Berlin: Springer-Verlag; 1988.)

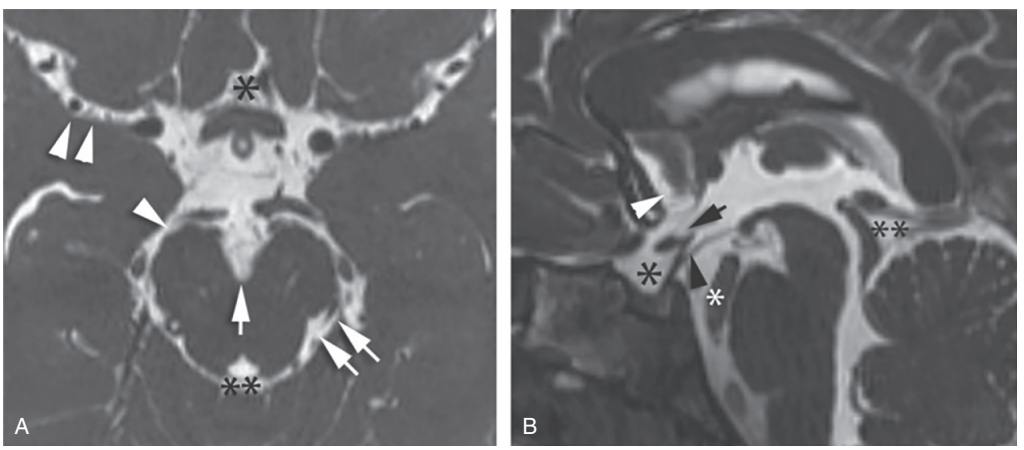


Fig. 1.19 Cisterne del cervello. (A) L'immagine assiale CISS (steady state) mostra la cisterna interpeduncolare (*freccia singola*), la cisterna ambiens (*punta di freccia singola*), la cisterna perimesencefalica (*frecce doppie*), la fessura silviana (*punte di freccia doppie*) e la cisterna della placca quadrigemina (*doppio asterisco*). La cisterna della *lamina terminalis* è indicata da un *asterisco singolo*. (B) L'immagine CISS sagittale mostra la cisterna della *lamina terminalis* (*punta di freccia bianca*), la cisterna soprasellare (*asterisco nero singolo)* e la cisterna della placca quadrigemina (*doppio asterisco nero*). L'arteria basilare (*asterisco bianco*) scorre nella cisterna prepontina. Sono indicati anche il recesso chiasmatico (*freccia nera*) e il recesso infundibolare (*punta di freccia nera*).

Calcificazioni fisiologiche

- La ghiandola pineale si calcifica con l'età. Una piccola percentuale di bambini e ragazzi (il 2% dei bambini di età inferiore agli 8 anni e il 10% degli adolescenti) presenta una calcificazione della ghiandola pineale. Entro i 30 anni di età, la maggior parte delle persone presenta una ghiandola pineale calcificata. Anteriormente alla ghiandola pineale, si vede spesso la commissura abenulare come una struttura curvilinea calcificata. Il plesso coroideo è calcificato in circa il 5% dei bambini entro i 15 anni e nella maggior parte degli adulti entro i 40 anni. Tali calcificazioni possono essere osservate nei ventricoli laterali, nel terzo e quarto ventricolo, nonché nei forami di Luschka e Magendie e nelle fessure della coroide.

- La falce durale e/o il tentorio non sono praticamente mai calcificati nei bambini e tali calcificazioni dovrebbero essere considerate sospette nel contesto della sindrome del nevo basocellulare. Tuttavia, negli adulti non sono rari i focolai di calcificazione e persino di ossificazione della dura, del tentorio e della falce. La dura presenta tassi di calcificazione più elevati nei pazienti che hanno subito shunt o sono stati irradiati.
- Le calcificazioni dei gangli basali si osservano raramente in soggetti di età inferiore ai 30 anni e, se riscontrate in età giovanile, dovrebbero indurre a ricercare disturbi metabolici o una storia pregressa di infezioni perinatali. Al di sopra dei 30 anni, invece, le calcificazioni dei gangli della base sono molto comuni, al punto che non devono essere necessariamente menzionate in un referto di routine, a meno che non ci sia il sospetto di patologia. Questa mineralizzazione benigna dei gangli basali è tipicamente bilaterale, anche se in alcuni casi può essere più evidente su un lato rispetto all'altro. È necessario fare attenzione a non confondere queste calcificazioni fisiologiche, che sono iperdense alla TC, con l'emorragia, anch'essa iperdensa alla TC. La TC a doppia energia può essere utile per fare la distinzione nei casi difficili. Anche il plesso coroideo si calcifica con l'avanzare dell'età e valgono le stesse avvertenze.

Nervi cranici

- Quanti studenti di medicina, nel corso degli anni, hanno recitato una delle classiche tecniche mnemoniche per i nervi cranici? Ogni Oggetto Ornamentale Tracima Tanta Amorevole Felicità Verso Giovani Visi Assai Innamorati (olfattivo, ottico, oculomotore, trocleare, trigemino, abducente, facciale, acustico [vestibolococleare], glossofaringeo, vago, accessorio spinale e ipoglosso. Questa frase rimane impressa per sempre, ma qui presentiamo un ripasso di anatomia. Abbiamo già esaminato la sede dei nuclei dei nervi cranici (NC) all'interno del tronco encefalico. Ogni NC ha un percorso diverso nel compartimento intracranico per attraversare i forami della base cranica e raggiungere le strutture extracraniche. Descriveremo in modo più dettagliato, in una sezione successiva, la funzione di ciascuno dei nuclei, delle vie intracraniche e delle strutture che innervano, ma di seguito riassumiamo brevemente:
- I NC, nervo olfattivo: fornisce informazioni sull'olfatto.
- II NC, nervo ottico: fornisce il senso della vista.
- III NC, nervo oculomotore: fornisce l'innervazione motoria ai muscoli extraoculari, a eccezione del retto laterale e dell'obliquo superiore, mediante fibre parasimpatiche al corpo ciliare che controllano la dilatazione pupillare.
- IV NC, nervo trocleare: fornisce l'innervazione motoria ai muscoli obliqui superiori.
- V NC, nervo trigemino: fornisce informazioni sensoriali dalla testa e dal viso e innervazione motoria ai muscoli della masticazione.
- VI NC, nervo abducente: fornisce l'innervazione motoria al retto laterale.
- VII NC, nervo facciale: fornisce l'innervazione motoria ai muscoli dell'espressione facciale, il gusto dai due terzi anteriori della lingua e l'innervazione delle ghiandole lacrimali, sottomandibolari e sottolinguali.
- VIII NC, nervo vestibolococleare: serve al senso dell'udito e dell'equilibrio.
- IX NC, nervo glossofaringeo: ha funzioni che comprendono il gusto per il terzo posteriore della lingua, la sensibilità per il terzo posteriore della lingua, la parte interna della membrana timpanica e l'innervazione parasimpatica della ghiandola parotide. Serve anche i muscoli stilofaringei.
- X NC, nervo vago: fornisce l'innervazione motoria e trasmette le informazioni sensoriali e parasimpatiche della faringe e della laringe e dei visceri toracici e addominali.
- XI NC, nervo accessorio: fornisce l'innervazione motoria ai muscoli sternocleidomastoideo e trapezio.
- XII NC, nervo ipoglosso: fornisce l'innervazione motoria ai muscoli intrinseci ed estrinseci della lingua.
- La RM, in particolare con immagini in sezioni sottili, viene tipicamente eseguita quando si sospetta una patologia dei NC. È importante esaminare l'intero decorso del nervo, compresa la porzione extracranica. Per esempio, se si sospetta una patologia del VII NC, il campo visivo deve includere l'angolo pontocerebellare, l'osso temporale e la regione parotidea. Per valutare l'intero sistema nervoso del nervo trigemino, le immagini dovrebbero includere il tronco cerebrale e l'intera faccia. II, III, IV e VI NC sono ben valutati con immagini dedicate del tronco cerebrale, dei seni cavernosi e delle orbite.

CONCETTI CHIAVE DEL I NC

I nervo cranico (NC)	Nervo olfattivo
Funzione	Fornisce informazioni sensoriali afferenti all'olfatto al sistema nervoso centrale
Origine	Cellule neurosensoriali afferenti primarie nel tetto di entrambe le cavità nasali
Forami	Gli assoni efferenti attraversano numerose perforazioni all'interno della placca cribrosa dell'osso etmoide
Destinazione	I neuroni sensoriali secondari all'interno dei bulbi olfattivi, che si trovano nel solco olfattivo
Percorsi nel cervello	Il bulbo olfattivo diventa il tratto olfattivo, che si divide in strie laterali, intermedie e mediali. Il maggior numero di fibre viaggia all'interno delle strie laterali verso l'amigdala del lobo temporale mediale inferiore
Patologie importanti	1. La disfunzione provoca l'anosmia, con le lesioni traumatiche come principale eziologia 2. Estesioneuroblastoma: tumore che si origina dall'epitelio olfattivo

CONCETTI CHIAVE DEL II NC

II nervo cranico (NC)	Nervo ottico
Funzione	Visione
Origine	Fotorecettori della retina
Forami	Canale ottico
Destinazione	Chiasma ottico
Percorsi nel cervello	Posteriormente al chiasma ottico si estende il tratto ottico, che si divide in un ramo laterale con fibre che raggiungono il corpo genicolato laterale del talamo e in un ramo mediale con fibre che raggiungono il corpo genicolato mediale del talamo. Dal corpo genicolato laterale partono assoni efferenti che formano la radiazione ottica e terminano nella corteccia calcarina
Patologie importanti	I deficit visivi dipendono dalla porzione di nervo ottico interessata, compresi i processi demielinizzanti, ischemici, infettivi/infiammatori, tossici/metabolici, neoplastici e congeniti, nonché il glaucoma

CONCETTI CHIAVE DEL III NC

III nervo cranico (NC)	Oculomotore
Funzione	Movimenti oculari
Origine	1. Nuclei oculomotori nel mesencefalo ventrale, subito dopo il nucleo rosso e anteriormente alla faccia superiore dell'acquedotto cerebrale 2. Nuclei parasimpatici di Edinger-Westphal: dorsali ai nuclei oculomotori
Percorso intracranico	Esce dal mesencefalo nella cisterna interpeduncolare, viaggia tra l'arteria cerebrale posteriore e l'arteria cerebellare superiore e inferiormente all'arteria comunicante posteriore. Viaggia lungo la parete supero-laterale del seno cavernoso
Forami	Fessura orbitaria superiore
Destinazione/ Branche extracraniche	1. Ramo superiore dei muscoli elevatore palpebrale superiore e retto superiore 2. Ramo inferiore del retto inferiore e del retto mediale 3. Fibre parasimpatiche al corpo ciliare che controllano la dilatazione pupillare
Patologie importanti	1. La compressione da parte di un aneurisma dell'arteria comunicante posteriore (più comune), dell'arteria cerebrale posteriore e dell'arteria cerebellare superiore può causare una paralisi del terzo nervo 2. Le malattie leptomeningee, compresi i processi infettivi, infiammatori e neoplastici, possono influenzare la funzione del III NC 3. Sindrome di Horner: ptosi (a causa dell'apporto simpatico alla porzione superiore del tarso del muscolo elevatore palpebrale), anidrosi, miosi ed enoftalmo

CONCETTI CHIAVE DEL IV NC

IV nervo cranico (NC)	Trocleare
Funzione	Movimenti oculari
Origine	Nucleo nel mesencefalo appena sotto il nucleo del III NC, anteriormente all'acquedotto
Percorso intracranico	È l'unico nervo che esce dalla superficie dorsale del tronco encefalico e l'unico nervo che attraversa interamente l'altro lato. Le fibre del nervo trocleare si decussano appena sotto i collicoli inferiori, posteriormente all'acquedotto cerebrale. Il nervo viaggia antero-inferiormente all'interno della cisterna ambiens e intorno alla cisterna ambiens sotto il tentorio per entrare nel seno cavernoso
Forami	Fessura orbitaria superiore
Destinazione/ Branche extracraniche	Muscolo obliquo superiore: ogni muscolo è fornito dal nucleo trocleare controlaterale
Patologie importanti	La paralisi isolata comporta una rotazione dell'occhio verso l'esterno, di solito a causa di un trauma del segmento cisternale o di un aneurisma delle arterie cerebellari superiori o delle arterie cerebrali posteriori

CONCETTI CHIAVE DEL V NC

V nervo cranico (NC)	Nervo trigemino
Funzione	Informazioni sensoriali dal viso Innervazione motoria dei muscoli della masticazione
Origine	Nuclei motori e sensoriali nella superficie posteriore del mesoponte appena ventrale al peduncolo cerebellare superiore
Via pregangliare	Le radici motorie e sensoriali escono dal ponte laterale, attraversano la cisterna prepontina (porzione cisternale del nervo) e arrivano al ganglio trigeminale (ganglio di Gasser) all'interno del cavo di Meckel

(*Segue*)

V nervo cranico (NC)	Nervo trigemino
Divisioni postgangliari	V1: il nervo oftalmico viaggia nella porzione inferiore del seno cavernoso. Fornisce afferenze sensoriali alla parte superiore del viso, all'occhio, alla ghiandola lacrimale e al naso V2: il nervo mascellare viaggia nel seno cavernoso, entra nel forame rotondo e si dirige anteriormente verso la fossa pterigopalatina, fornendo i nervi palatino maggiore e minore per la sensazione al palato duro e molle. Prosegue lungo la faccia inferiore delle orbite come nervo infraorbitale ed esce attraverso il forame infraorbitale, dove fornisce innervazione sensoriale a tutta la regione maxillo-facciale al di sotto delle orbite V3: il nervo mandibolare non entra nel seno cavernoso; dal cavo di Meckel, passa direttamente attraverso il forame ovale a. Branche sensoriali i. Alveolare inferiore: entra nella mandibola attraverso il canale mandibolare (alveolare inferiore) con fibre che alimentano la gengiva e i denti della mandibola ii. Linguale: contiene fibre sensoriali generali e fibre gustative con la corda timpanica (nervo facciale) dai due terzi anteriori della lingua iii. Il nervo auricolotemporale fornisce informazioni sensoriali alla pelle della faccia inferiore e alle regioni temporali, al condotto uditivo esterno e alla membrana timpanica, al padiglione auricolare e all'articolazione temporo-mandibolare. Diversi rami si uniscono al nervo facciale iv. Un ramo meningeo ritorna attraverso il forame spinoso con l'arteria meningea media b. Innervazione motoria dei muscoli della masticazione attraverso la divisione del nervo masticatore e dei muscoli miloioideo e del ventre anteriore del muscolo digastrico attraverso il nervo miloioideo, che sono divisioni del nervo alveolare inferiore
Forami	V1: fessura orbitaria superiore V2: forame rotondo V3: forame ovale
Patologie importanti	L'intima relazione dei rami V e VII diventa molto importante quando si valuta la diffusione tumorale perineurale dai tumori della testa e del collo Nevralgia del trigemino: dolore "tic douloureux" nelle distribuzioni V2-V3, che può derivare dalla compressione vascolare della porzione cisternale del nervo trigemino

CONCETTI CHIAVE DEL VI NC

VI nervo cranico (NC)	Nervo abducente
Funzione	Movimento oculare
Origine	Nucleo del ponte dorsale a livello del quarto ventricolo
Percorso intracranico	Esce dal tronco cerebrale anteriore alla giunzione tra il ponte e le piramidi del midollo allungato. Il nervo attraversa il canale di Dorello prima di entrare nel seno cavernoso, dove si trova lateralmente all'arteria carotide
Forami	Fessura orbitaria superiore
Destinazione	Muscolo retto laterale
Patologie importanti	Il VI nervo cranico è il nervo più vicino all'arteria carotide interna nel seno cavernoso e per questo è il più sensibile alle patologie della carotide interna e del seno cavernoso

CONCETTI CHIAVE DEL VII NC

VII nervo cranico (NC)	Nervo facciale
Funzione	Innervazioni motorie ai muscoli facciali e allo stapedio. Gusto dai due terzi anteriori della lingua. Innervazione delle ghiandole lacrimali e salivari (tranne la parotide)
Origine	Tre nuclei: 1. Nucleo motorio: regione mediopontina antero-laterale al nucleo abducente. Il nervo facciale circonda il nucleo del VI NC formando il collicolo facciale, un nodo sul margine anteriore del quarto ventricolo 2. Nucleo salivare superiore: fibre parasimpatiche efferenti alle ghiandole sottomandibolari, sottolinguali e lacrimali 3. Nucleo del tratto solitario: riceve le afferenze da VII (lingua anteriore), IX (lingua posteriore) e X (epiglottide)
Percorso intracranico	Esce dal ponte lateralmente al nervo abducente e attraversa la cisterna dell'angolo pontocerebellare per entrare nel margine antero-superiore del condotto uditivo interno
Forami	Condotto uditivo interno Foro stilomastoideo
Destinazione/ Segmenti extracranici	1. Il nervo petroso superficiale maggiore nasce dal ganglio genicolato e fornisce fibre parasimpatiche alla ghiandola lacrimale 2. Il nervo stapedio nasce dal segmento mastoideo del nervo facciale e fornisce innervazione motoria al muscolo stapedio 3. La corda timpanica nasce dal segmento mastoideo del nervo facciale e fornisce fibre gustative dai due terzi anteriori della lingua insieme al ramo linguale della divisione V3 del V NC 4. La porzione mastoidea distale del VII NC esce attraverso il forame stilomastoideo per fornire rami motori ai muscoli dell'espressione facciale
Patologie importanti	Paralisi del nervo facciale Centrale: la lesione sopranucleare (come l'ictus corticale) provoca la paralisi dei muscoli controlaterali del viso con risparmio della fronte Periferica: lesione postnucleare (come un processo infiammatorio del VII NC all'interno del condotto uditivo interno) provoca la paralisi di tutti i muscoli facciali omolaterali

CONCETTI CHIAVE DELL'VIII NC

VIII nervo cranico (NC)	Nervo vestibolococleare
Funzione	Udito ed equilibrio
Origine	I nuclei cocleari e vestibolari sono adiacenti tra loro, con i nuclei vestibolari più medialmente. Sono situati nella superficie superiore del midollo allungato lungo la base del peduncolo cerebellare inferiore
Percorso intracranico	I nervi escono dalla giunzione pontomidollare posteriormente al nucleo olivare inferiore
Forami	Divisione cocleare: viaggia nella porzione anteriore e inferiore del condotto uditivo interno Divisioni vestibolari superiore e inferiore: viaggiano rispettivamente nella porzione postero-superiore e postero-inferiore del condotto uditivo interno
Destinazione	Divisione cocleare: entra nella coclea attraverso l'apertura cocleare, cellule ciliate dell'organo del Corti Divisione vestibolare: entra nei canali semicircolari, cellule ciliate del labirinto vestibolare
Patologie importanti	Lo schwannoma vestibolare è la lesione più comune che colpisce questo nervo e, curiosamente, si presenta più spesso con perdita dell'udito a causa dell'effetto massa sulla divisione cocleare più che con sintomi vestibolari

CONCETTI CHIAVE DEL IX NC

IX nervo cranico (NC)	Nervo glossofaringeo
Funzione	Innervazione motoria del muscolo stilofaringeo Funzione gustativa al terzo posteriore della lingua Funzione parasimpatica alla ghiandola parotide Funzione viscerosensoriale al corpo e al seno carotideo
Origine	I nuclei glossofaringei si trovano nel midollo allungato rispetto al nucleo olivare inferiore: 1. Il nucleo ambiguo dà origine a fibre motorie per il muscolo faringe-stilofaringeo 2. Il nucleo salivare inferiore dà fibre parasimpatiche alla ghiandola parotide per la salivazione 3. Nucleo dei tratti solitari: riceve le fibre gustative dalle papille gustative del terzo posteriore della lingua
Percorso intracranico	Le fibre nervose passano attraverso il solco postolivare
Forami	Pars nervosa del forame giugulare
Branche extracraniche/ Destinazione	1. Nervo di Jacobson (ramo timpanico): fibre sensoriali e parasimpatiche dell'orecchio medio verso la ghiandola parotide 2. Ramo stilofaringeo: innervazione motoria dei muscoli stilofaringei 3. Ramo linguale: terzo posteriore della lingua, sensoriale e gustativo 4. Nervo sinusale: seno carotideo e corpo carotideo
Patologie importanti	1. Nervo di Jacobson: i paragangliomi del glomo timpanico derivano da corpi glomici associati a questo nervo 2. La paralisi isolata del IX NC è rara, di solito è associata alle paralisi del X e dell'XI NC

CONCETTI CHIAVE DEL X NC

X nervo cranico (NC)	Nervo vago
Funzione	Motoria dai muscoli della faringe e della laringe Sensoriale da laringe, trachea, esofago e visceri addominali Gustativa da epiglottide e vallecola Sensoriale dalla membrana timpanica esterna e dal condotto uditivo esterno
Sistema nervoso centrale/Terminazioni	Tre nuclei genicolati all'interno del midollo allungato 1. Il nucleo ambiguo dà origine alle fibre motorie della laringe e della faringe 2. Il nucleo dorsale riceve informazioni sensoriali e trasmette informazioni motorie da e verso i tratti cardiovascolare, polmonare e gastrointestinale 3. Il nucleo del tratto solitario riceve le afferenze gustative dall'epiglottide e dalla vallecola
Percorso intracranico	Il nervo vago esce dal midollo allungato attraverso il solco postolivare
Forami	*Pars vascularis* del forame giugulare
Branche extracraniche/ Destinazione	1. Il nervo laringeo ricorrente passa sotto l'aorta a sinistra e l'arteria succlavia a destra, viaggia nei solchi tracheo-esofagei e fornisce il motore a tutti i muscoli laringei, a eccezione del muscolo cricotiroideo 2. Nervo laringeo superiore: motore del muscolo cricotiroideo 3. Nervo di Arnold: sensazione della membrana timpanica e del condotto uditivo esterno
Patologie importanti	Paralisi delle corde vocali da disfunzione del nervo laringeo ricorrente: Se la lesione causale è tra il midollo allungato e l'osso ioide: IX-XII NC coinvolti con disfunzione orofaringea e laringea Se la lesione causale è al di sotto dell'osso ioide: X NC isolato con disfunzione solo laringea

CONCETTI CHIAVE DELL'XI NC

XI nervo cranico (NC)	Nervo spinale accessorio
Funzione	Apporto motorio ai muscoli sternocleidomastoideo e trapezio
Origine	Nucleo ambiguo: dà fibre motorie bulbari Nucleo spinale: le cellule del corno ventrale di C1-C5 del midollo spinale danno fibre che nascono dalla faccia laterale del midollo spinale e si estendono come un fascio chiamato *ansa cervicale* lungo la guaina carotidea fino al forame magno
Percorso intracranico	Le fibre bulbari e spinali si uniscono e attraversano la cisterna basale
Forami	Le porzioni bulbari e spinali rimangono unite nella *pars vascularis* posteriore del forame giugulare
Branche extracraniche/ Destinazione	1. La porzione bulbare viaggia con il X NC per innervare i muscoli della faringe e della laringe 2. La porzione spinale innerva i muscoli sternocleidomastoideo e trapezio
Patologie importanti	Lesione dell'XI NC più comunemente causata da una dissezione radicale del collo con conseguente "spalla congelata" con rotazione laterale e verso il basso della scapola e caduta della spalla

CONCETTI CHIAVE DEL XII NC

XII nervo cranico (NC)	Nervo ipoglosso
Funzione	Motoria dei muscoli intrinseci ed estrinseci della lingua
Origine	Nucleo lungo l'area paramediana della parete anteriore del quarto ventricolo nel midollo allungato
Percorso intracranico	Esce dal midollo allungato nel solco preolivare
Forami	Canale ipoglosso
Destinazione	1. Fornisce i muscoli intrinseci della lingua e i muscoli genioglosso, stiloglosso e ipoglosso 2. I rami dell'ansa cervicale corrono con il nervo ipoglosso per rifornire i muscoli della cinghia anteriore
Patologie importanti	La lingua devia verso il lato della lesione del nervo ipoglosso

Anatomia funzionale

La comprensione dell'anatomia funzionale richiede un po' del cartografo che c'è in ognuno di noi (o uno smartphone con GPS). Dopo aver assimilato le destinazioni e i punti di partenza, si dovrebbe parlare dell'intero percorso del viaggio neuronale. Per l'anatomia funzionale, oggi possiamo utilizzare la fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) per identificare i siti di attivazione corticale (i punti di partenza e di destinazione; Fig. 1.20).

AREE DI BRODMANN

- Le unità funzionali degli emisferi cerebrali sono state individuate in quelle che sono chiamate *aree di Brodmann*, che comprendono le aree da 1 a 47 (Fig. 1.21). Queste aree numerate corrispondono a diversi giri che svolgono varie funzioni. Le aree di Brodmann sono la "moneta" con la quale gli scienziati della fMRI "fanno affari" e sono quindi importanti da conoscere. Inoltre, sapere quali giri sono responsabili di quali proprietà può essere fondamentale per localizzare le lesioni in base alla sintomatologia e per predefinire i deficit nei pazienti con ictus.
- Per esempio, l'area 1 di Brodmann (cioè S1) è responsabile del senso somatosensoriale primario e del senso di posizione e si trova nel giro postcentrale, nel lobulo paracentrale del lobo parietale.
- Le aree di Brodmann 2 e 3 svolgono funzioni analoghe e sono leggermente posteriore (2) e leggermente anteriore (3) all'area di Brodmann 1. L'area di Brodmann 4 (M1) svolge funzioni motorie primarie e risiede nel giro precentrale del lobo frontale. L'area di Brodmann 6 contribuisce alla pianificazione e all'avvio dei movimenti.
- Le aree di Wernicke sono costituite dalle aree di Brodmann 21 e 22 (rispettivamente giri temporali medio e superiore) e svolgono rispettivamente funzioni di audizione e di percezione del parlato di ordine superiore. Inoltre, all'interno del giro temporale superiore si trovano le aree 41 e 42 (cioè A1-Wernicke e A2-Wernicke), che svolgono rispettivamente funzioni di audizione primaria e di associazione uditiva/riconoscimento del parlato.
- Le aree di Broca (Brodmann 44 e 45), situate nel giro frontale inferiore, svolgono rispettivamente le funzioni di espressione vocale e di movimento motorio della lingua.

Sistemi neurali

Conoscere le sedi anatomiche del flusso di informazioni delle principali vie neurali è essenziale per determinare la sede della patologia. A tal fine, passeremo in rassegna le vie principali da conoscere.

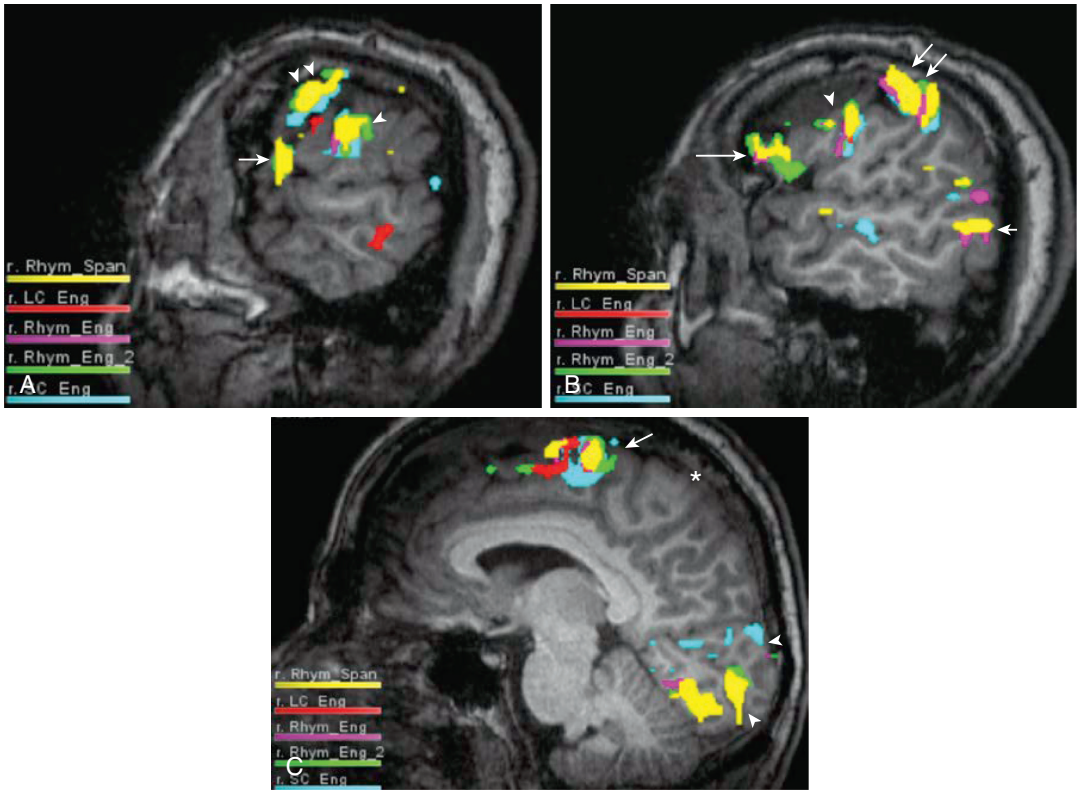


Fig. 1.20 Risonanza magnetica funzionale (fMRI) con compito linguistico. (A) Attivazioni fMRI dipendenti dal livello di ossigeno nel sangue sovrapposte a immagini anatomiche pesate in T1 sul piano sagittale. È mostrato il lato sinistro del cervello. L'attivazione convergente è visibile nella regione di Broca (*freccia*). La regione di Broca corrisponde tipicamente alla *pars opercularis/pars triangularis* del giro frontale inferiore (aree di Brodmann 44-45) e nei pazienti destrimani è tipicamente lateralizzata all'emisfero cerebrale sinistro. Anche in assenza di un movimento manifesto, le aree motorie legate al linguaggio possono mostrare un'attivazione concomitante, come si vede nell'area di attivazione convergente nel giro subcentrale (*punta di freccia singola*), che rappresenta le regioni motorie della lingua e del viso. La terza area di attivazione convergente si trova nella corteccia premotoria ventrale, anch'essa comunemente attivata durante i compiti linguistici (*punte di freccia doppie*). (B) Si osserva un'attivazione convergente nel giro frontale inferiore sinistro lungo la *pars triangularis* e la *pars opercularis*, corrispondente alle aree di Brodmann 44 e 45, compatibile con l'attivazione di Broca (*freccia singola grande*). L'attivazione si riscontra anche nella corteccia premotoria ventrale sinistra (*punta di freccia*) e nelle aree motorie e sensoriali correlate al linguaggio ai margini dei giri precentrali e postcentrali (*frecce doppie*). L'attivazione convergente del lobo temporale posteriore rappresenta l'attivazione di Wernicke (*freccia singola piccola*). Ci sono anche piccoli focolai di attivazione convergente legati al linguaggio, visibili a livello craniale nel giro sopramarginale. (C) L'attivazione convergente è visibile nell'area motoria presupplementare (*freccia*), che si attiva durante i compiti linguistici. Questa è anteriore all'area motoria supplementare, che a sua volta è anteriore al giro precentrale. Il solco centrale (*asterisco*) è visto come il solco immediatamente anteriore al segmento marginale del solco cingolato. Anche le aree visive mostrano un'attivazione (*punte di freccia*), poiché la maggior parte dei compiti linguistici utilizzati per questo paziente impiegava paradigmi di linguaggio visivo. (Per gentile concessione del Dott. Haris Sair.)

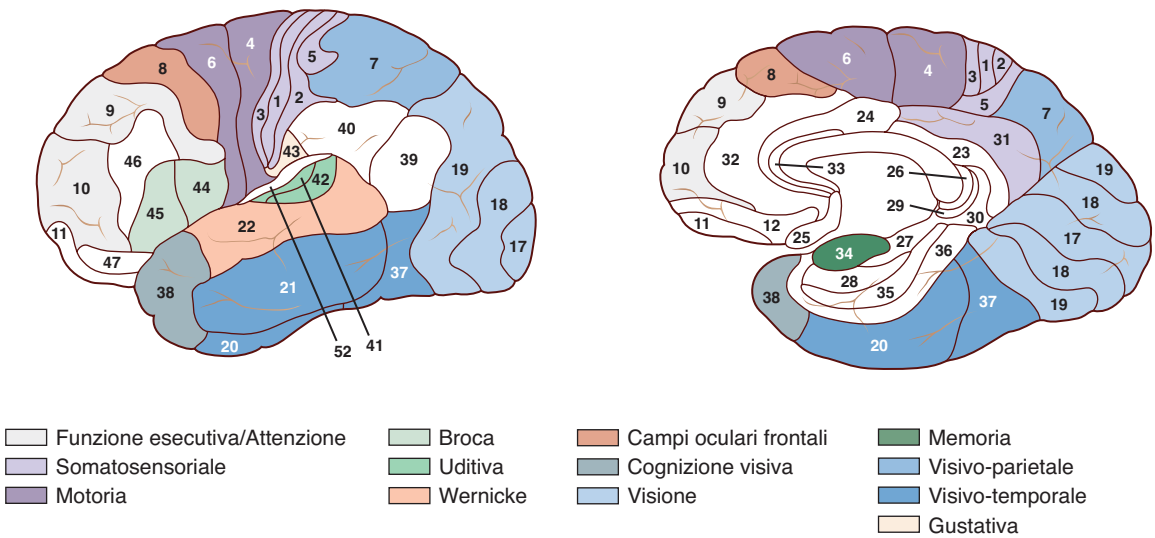


Fig. 1.21 Aree di Brodmann. Le aree di Wernicke nelle aree di Brodmann 21 e 22 (giro temporale medio e superiore) per l'udito e la comprensione del linguaggio di ordine superiore e la ricezione del parlato, e le aree 41 e 42 (A1-Wernicke e A2-Wernicke) nel giro temporale superiore per l'audizione primaria e l'associazione uditiva/riconoscimento del parlato, rispettivamente. Le aree di Broca, Brodmann 44 e 45, sono situate nel giro frontale inferiore, lateralmente, per l'espressione del linguaggio e il movimento motorio della lingua. (Fonte: adattata da Gage NM, Baars BJ. *Fundamentals of Congitive Neuroscience: A Beginner's Guide*, 2nd Ed. 2019, Elsevier, Inc.)

SISTEMA MOTORIO

CONCETTI CHIAVE

Tratti motori

Percorso	Decorso	Funzione
Tratto corticospinale laterale	Dalla corteccia motoria primaria alla corona radiata, al braccio posteriore della capsula interna, al peduncolo cerebrale, alla regione pontina centrale, al midollo allungato e attraverso la decussazione piramidale alla sostanza bianca postero-laterale del midollo	Motoria alle estremità controlaterali
Tratto corticospinale anteriore	Dalla corteccia motoria primaria alla corona radiata, al braccio posteriore della capsula interna, al peduncolo cerebrale, alla regione pontina centrale, al midollo allungato, al funicolo anteriore fino alla colonna anteriore del midollo spinale	Motoria ai muscoli omolaterali
Tratto rubrospinale	Dal nucleo rosso alla decussazione nel tegmento ventrale del mesencefalo attraverso il funicolo laterale del midollo spinale fino alla sostanza bianca postero-laterale del midollo (con tratto corticospinale laterale)	Controllo motorio degli arti controlaterali
Tratto reticolospinale	Ponte e midollo allungato fino alla colonna anteriore omolaterale del midollo	Movimento automatico dei muscoli assiali e degli arti (camminata, stiramento, comportamenti di orientamento)
Tratto vestibolospinale	Nuclei vestibolari verso le colonne anteriori omolaterali del midollo	Equilibrio, aggiustamenti posturali e coordinamento di testa e collo

- I motoneuroni del giro precentrale, la corteccia motoria, sono disposti in un ordine che forma una mappa del corpo umano (l'*homunculus*). Tuttavia, la mappa è disordinata: il viso (in particolare la lingua e la bocca) ha un'area di rappresentazione motoria straordinariamente ampia lungo l'aspetto inferiore della fascia motoria precentrale sulla superficie del cervello, appena sopra la fessura silviana.
- I motoneuroni dell'arto inferiore sono localizzati superiormente lungo il lobulo paracentrale nella linea mediana, mentre quelli dell'arto superiore sono localizzati infero-lateralmente. Le cellule che innervano l'anca si trovano nella parte superiore del solco precentrale; la gamba si estende medialmente lungo la fessura interemisferica. La stimolazione dell'area motoria di un giro precentrale provoca la contrazione dei muscoli del lato opposto del corpo.
- Dopo aver ricevuto input da più aree sensoriali, i motoneuroni del giro precentrale inviano segnali attraverso i loro assoni, che formano il tratto corticospinale della sostanza bianca. Il segnale si estende attraverso la sostanza bianca del centro semiovale e dalla corona radiata fino al braccio posteriore della capsula interna (Fig. 1.22).
- Dalla porzione posteriore del braccio posteriore della capsula interna, il tratto corticospinale prosegue attraverso la porzione centrale del peduncolo cerebrale nella porzione anteriore del mesencefalo. Queste fibre proseguono nella porzione anteriore del ponte fino alle piramidi del midollo. A livello del midollo allungato, i tratti possono seguire due vie:
  - tratto corticale laterale del midollo spinale: la maggior parte delle fibre passa dall'altra parte del midollo (decussazione piramidale) e prosegue verso l'alto nel tratto corticospinale laterale del midollo spinale;
  - tratto corticospinale anteriore: il 15% delle fibre non decussa nel midollo allungato e passa nel funicolo anteriore lungo la fessura mediana anteriore del midollo spinale come tratto corticospinale anteriore. A livello del midollo spinale, queste fibre attraversano la linea mediana.
- Gli assoni di entrambi i tratti contraggono sinapsi con i nuclei midollari delle cellule del corno anteriore, i cui assoni innervano i muscoli scheletrici. Il tratto spinale corticale laterale controlla il movimento degli arti. Il tratto spinale corticale anteriore controlla la muscolatura centrale del corpo.
- L'attività motoria del viso passa attraverso una via separata, chiamata tratto corticobulbare. Questo tratto si estende dalla corteccia attraverso la corona radiata e nel ginocchio della capsula interna. Le fibre corticobulbari sono situate più antero-medialmente nei peduncoli cerebrali e hanno connessioni con i nuclei del tronco encefalico mentre scendono. La maggior parte delle connessioni ai vari nuclei dei NC è controlaterale al tratto corticale bulbare; tuttavia, sono presenti anche alcune fibre omolaterali.
- Il sistema piramidale (riferito alle piramidi del midollo allungato) è responsabile dei movimenti volontari ed è costituito da fibre corticospinali e corticobulbari. Le anomalie del sistema piramidale producono principalmente debolezza, paralisi o spasticità della funzione motoria volontaria.
- Il sistema extrapiramidale comprende i tratti rubrospinale, reticolospinale e vestibolospinale, che partono dal tronco encefalico, dal ponte e dal midollo allungato fino alle colonne anteriori del midollo spinale. Le anomalie del sistema extrapiramidale spesso producono disturbi del movimento involontario, tra cui tremori, movimenti coreiformi (a scatti), movimenti atetoidi (lenti e sinuosi), movimenti emiballistici (violenti e ampi) e rigidità muscolare (memorizzate: piramidale, paralisi; extrapiramidale, estremità in eccesso di movimento).

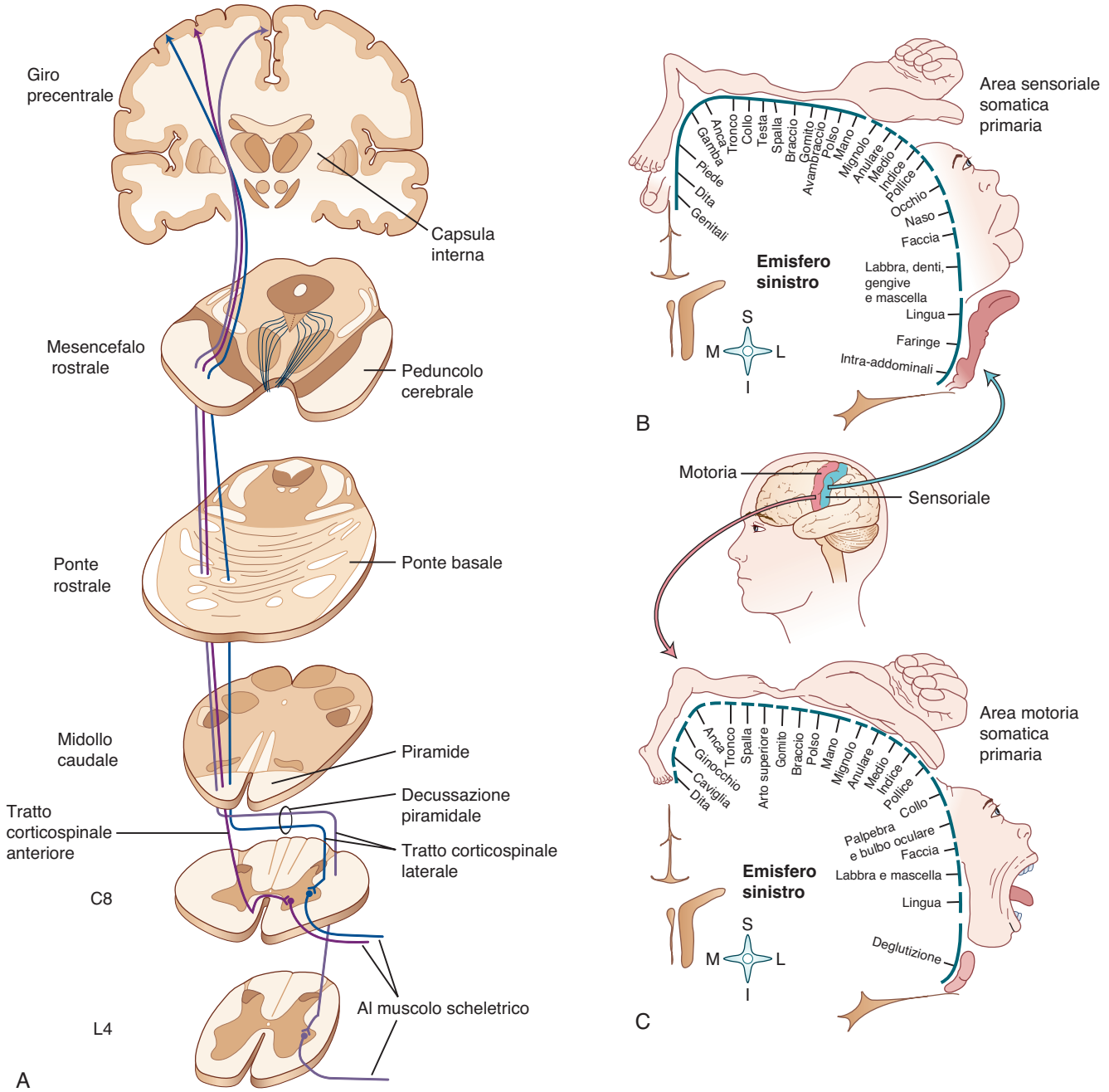


Fig. 1.22 Tratti corticospinali. (A) Le fibre provenienti dal giro precentrale e da altre aree corticali vicine scendono attraverso i peduncoli cerebrali, il ponte e le piramidi midollari; la maggior parte si incrocia nella decussazione piramidale per formare il tratto corticospinale laterale. Quelle che non si incrociano nella decussazione piramidale formano il tratto corticospinale anteriore; la maggior parte di queste fibre si incrocia nella commissura anteriore prima di terminare nella sostanza grigia spinale. La maggior parte delle fibre corticospinali non contrae sinapsi direttamente sui motoneuroni. Qui sono disegnate in questo modo per semplicità. Aree somatiche primarie sensoriale (B) e motoria (C) della corteccia, vista coronale. Le parti del corpo illustrate sono "mappate" ai correlati in ciascuna area corticale. Il volto esagerato, per esempio, indica che una maggiore quantità di area corticale è dedicata all'elaborazione delle informazioni da/per i numerosi recettori e le unità motorie rispetto alla gamba o al braccio. (A, da Nolte J. *The Human Brain: An Introduction to Its Functional Anatomy*. 4th ed. St. Louis: Mosby; 1999:249. B e C, da Thibodeau GA, Patton KT. *Anatomy and Physiology*. 4th ed. St. Louis: Mosby; 1999:394.)

SISTEMA SENSORIALE

- Il sistema sensoriale del SNC è suddiviso in fibre che trasmettono le sensazioni di dolore e temperatura, posizione, vibrazione e tatto fine in generale. I tre tratti principali che trasportano le sensazioni dal corpo comprendono il tratto spinotalamico, la colonna posteriore-lemnisco mediale e il tratto spinocerebellare.
  - I tratti spinotalamici (Fig. 1.23A) possono essere suddivisi in laterali, che trasportano il dolore e la temperatura, e anteriori, che trasportano il tatto e la sensazione di pressione.
    - I neuroni di primo ordine si trovano nei gangli delle radici dorsali e le loro fibre possono salire o scendere per uno o due segmenti spinali prima

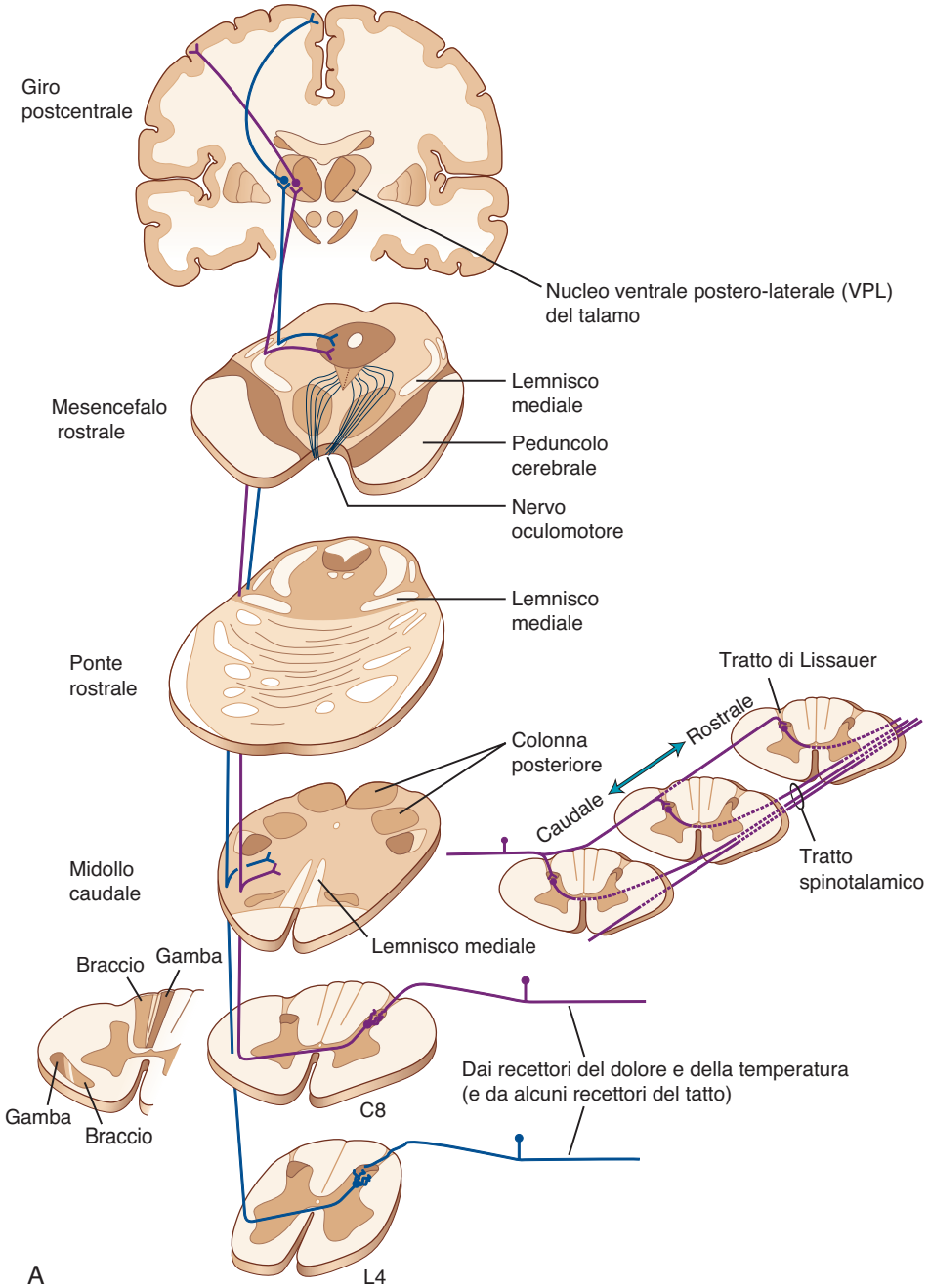
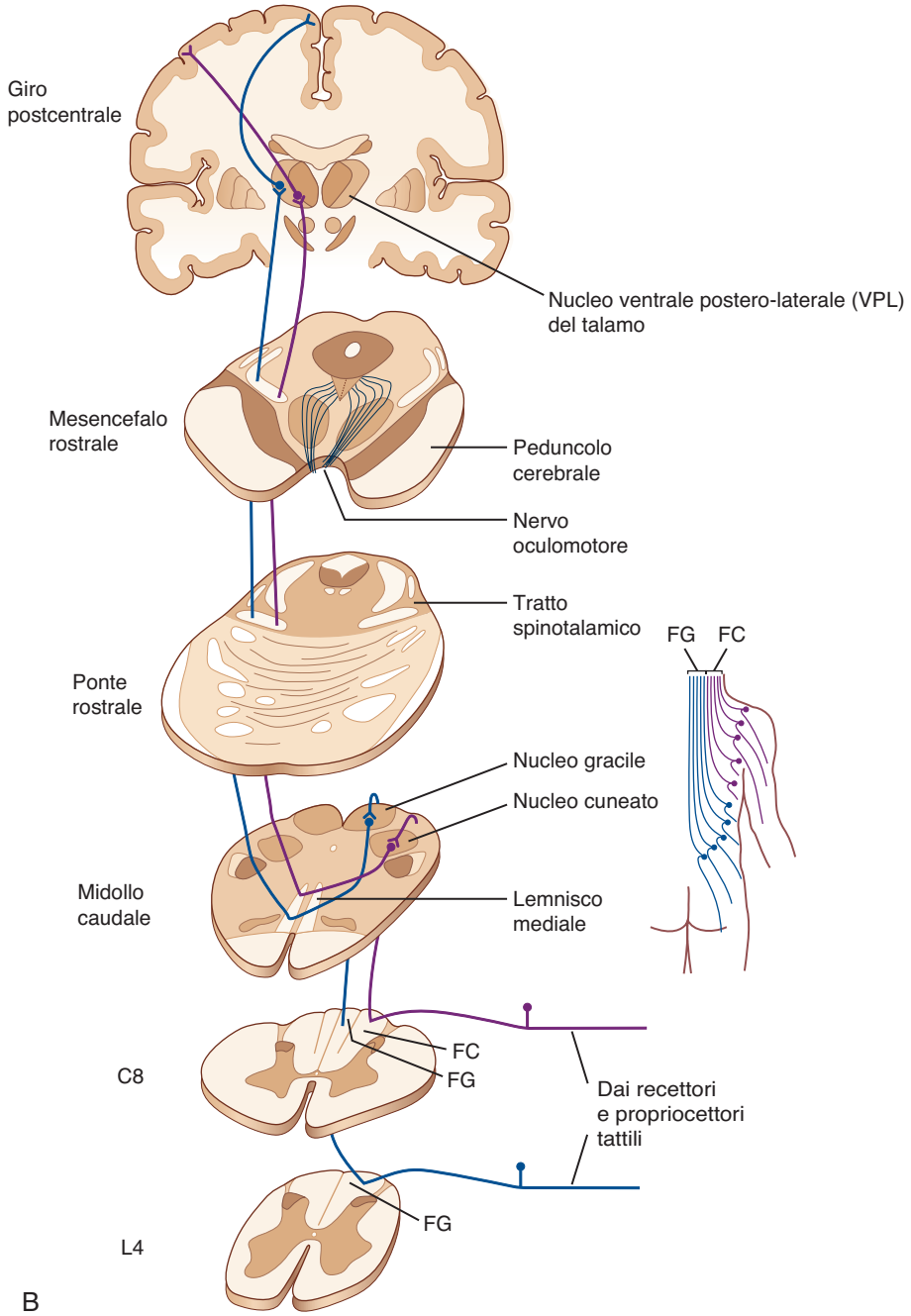


Fig. 1.23 Vie sensoriali del corpo. (A) Tratto spinotalamico. Il dolore, la temperatura e alcune afferenze del tatto e della pressione terminano nel corno posteriore. Le fibre di secondo ordine o di ordine superiore attraversano la linea mediana, formano il tratto spinotalamico e salgono al nucleo ventrale postero-laterale (VPL) del talamo (e anche ad altri nuclei talamici non indicati in questa figura). Le cellule talamiche proiettano poi alla corteccia somatosensoriale del giro postcentrale e ad altre aree corticali. Lungo il loro percorso attraverso il tronco encefalico, le fibre spinotalamiche emettono molti collettori alla formazione reticolare. L'inserto *a sinistra* mostra la laminazione delle fibre nelle colonne posteriori e nel tratto spinotalamico, in una sequenza gamba-tronco inferiore-tronco superiore-braccio. L'inserto *a destra* mostra la formazione longitudinale del tratto spinotalamico. Le afferenze primarie risalgono diversi segmenti del tratto di Lissauer prima che tutti i loro rami terminino; le fibre che si incrociano per unirsi al tratto spinotalamico lo fanno con un'inclinazione rostrale. Di conseguenza, un'incisione cordotomica a un determinato livello risparmierà la maggior parte delle informazioni che entrano nel lato controlaterale del midollo spinale a quel livello e, per essere efficace, deve essere effettuata in diversi segmenti rostrali al livello dermatomerico più alto del dolore. (*Segue*)

di terminare nella regione della sostanza gelatinosa del corno dorsale. Dai neuroni secondari del nucleo proprio del corno dorsale, le fibre attraversano la linea mediana nelle commissure bianche anteriori del midollo spinale e risalgono nel tratto spinotalamico laterale. Il tratto spinotalamico laterale è identificato nella porzione media laterale del midollo allungato e centralmente nel ponte, dove viene rinominato *lemnisco spinale*.

- Il lemnisco spinale procede attraverso la porzione antero-laterale del ponte dorsale e lungo la faccia laterale del mesencefalo. Da qui, le fibre fanno sinapsi con i neuroni terziari del nucleo talamico ventrale postero-laterale e terminano nell'area somestesica del lobo parietale, nella regione del solco postcentrale.



(B) Via colonna posteriore-lemnisco mediale. Le afferenze primarie che trasportano informazioni tattili e propriocettive si sincronizzano nei nuclei della colonna posteriore del midollo omolaterale. Gli assoni delle cellule di secondo ordine attraversano la linea mediana, formano il lemnisco mediale e salgono al nucleo ventrale postero-laterale del talamo. Le fibre di terzo ordine proiettano poi alla corteccia somatosensoriale del giro postcentrale. Una disposizione somatotopica delle fibre è presente a tutti i livelli. L'inizio di questa disposizione somatotopica, come laminazione di fibre nelle colonne posteriori, è indicato nell'inserto *a destra*. *FC*, fascicolo cuneato; *FG*, fascicolo gracile. (Da Nolte J. *The Human Brain: An Introduction to Its Functional Anatomy*. 4th ed. St. Louis: Mosby; 1999:244, 245.)

CONCETTI CHIAVE

Tratti sensoriali

Tratti	Decorso
Lemnisco mediale	Dalla sostanza bianca posteriore del midollo ai nuclei dorsali del midollo, attraverso la decussazione, al lemnisco mediale, al talamo, al braccio anteriore della capsula interna, alla corteccia sensoriale primaria
Tratto spinotalamico	Corno dorsale del midollo alla decussazione spinale, al tratto spinale antero-laterale fino alla forma reticolare di ponte, midollo allungato e talamo
Lemnisco laterale	Dalle fibre uditive nel ponte caudale, incrociate e non incrociate, al collicolo inferiore, al genicolato mediale del talamo alla corteccia uditiva primaria

- Il tratto colonna posteriore-lemnisco mediale (vedi Fig. 1.23B) trasmette la propriocezione, il tatto fine e la pressione. I neuroni sensoriali di primo ordine sono situati all'interno dei gangli delle radici dorsali del midollo spinale. Inviano fibre afferenti alle colonne dorsali (il fascicolo gracile per i livelli spinali inferiori a T6 o il fascicolo cuneato per i livelli spinali superiori a T6). I primi assoni fanno sinapsi con i nuclei di secondo ordine del nucleo gracile e del nucleo cuneato all'interno del midollo allungato. Dal nucleo gracile e dal nucleo cuneato, gli assoni attraversano la linea mediana del midollo allungandosi verso l'alto come lemnisco mediale, che si trova nella porzione posteriore del midollo e del ponte prima di fare sinapsi con i neuroni di terzo ordine nel nucleo ventrale postero-laterale (VPL) del talamo. Dal VPL si passa attraverso la capsula interna per arrivare alla corteccia somatosensoriale primaria.
- Due tratti spinocerebellari trasportano al cervelletto le informazioni relative al tronco e agli arti inferiori.
  - Il tratto spinocerebellare dorsale trasporta le informazioni di propriocezione dal tronco al cervelletto e rimane omolaterale lungo tutto il suo percorso.
  - Il tratto spinocerebellare ventrale trasporta le informazioni di propriocezione dalle estremità inferiori e si unisce al cervelletto
- Le sensazioni del viso sono trasportate dal nervo trigemino con i nuclei identificati all'interno del ganglio trigeminale. Di solito si distinguono le sensazioni: V1, che va dal ciglio laterale dell'occhio verso l'alto; V2, dal ciglio laterale all'attaccatura delle labbra; V3, dal labbro inferiore verso il basso, fino alla superficie inferiore del mento. Le informazioni sul dolore e sulla temperatura viaggiano lungo gli assoni che dal ganglio trigeminale scendono nel tratto spinale del trigemino. Le fibre terminano nel nucleo del neurone secondario del tratto spinale del trigemino, che si estende dal midollo inferiore al livello C3 del midollo spinale. A questo punto, le fibre del dolore e della temperatura attraversano la linea mediana verso il lato controlaterale e risalgono come tratto trigeminotalamico, che passa medialmente al tratto spinotalamico laterale ma termina anche nel nucleo talamico ventrale posteriore (laterale). Le fibre dei neuroni terziari passano poi all'area somestesica della corteccia cerebrale.
- La via per il tocco leggero del viso è identica a quella del dolore e della temperatura. Tuttavia, la terminazione di queste fibre del V NC avviene in una porzione più superiore del nucleo del tratto spinale trigeminale. Inoltre, queste fibre possono biforcarsi all'ingresso nel ponte e fare sinapsi con il nucleo sensoriale principale del V all'interno del ponte.

PERCORSO VISIVO

- L'immagine ricevuta dai bastoncelli e dai coni della retina passa alle cellule gangliari sensoriali secondarie della retina e viene poi trasmessa lungo il II NC, il nervo ottico. Il nervo ottico sale obliquamente attraverso il canale ottico per unirsi alle fibre del nervo ottico controlaterale in corrispondenza del chiasma ottico (Fig. 1.24A).
- Le fibre della retina temporale (campo nasale) rimangono non incrociate e passano al tratto ottico omolaterale.
- Le fibre della retina nasale (campo temporale) si decussano e si uniscono alle fibre del campo nasale non decussate del nervo ottico omolaterale, che proseguono nel tratto ottico postchiasmatico.
  - Tuttavia, prima di incrociarsi, alcune delle fibre retiniche inferonasali si avvolgono per un breve tratto fino al nervo ottico controlaterale in quello che viene definito *ginocchio di Wilbrand*. Questo spiega i segni della "sindrome giunzionale" riscontrati in una lesione che comprime un nervo ottico e le fibre di Wilbrand controlaterali ad anello. Ne consegue uno scotoma centrale nell'occhio omolaterale e un difetto visivo supero-temporale nell'occhio controlaterale.
- Il 90% delle fibre del chiasma proviene dalla macula della retina; le fibre di attraversamento si trovano superiormente e posteriormente nel chiasma. Il tratto ottico circonda la porzione anteriore del mesencefalo prima di terminare nel corpo genicolato laterale del talamo.
- Il corpo genicolato laterale si trova nella porzione postero-laterale del talamo, all'interno del nucleo pulvinare. Alcune fibre salgono al nucleo di Edinger-Westphal (III NC) nella porzione pretettale del mesencefalo, come parte del riflesso pupillare, e alcune si collegano al collicolo superiore per la capacità di localizzazione.
- Dal nucleo genicolato laterale, le fibre neuronali terziarie passano nel tratto genicolocalcarino (radiazioni ottiche), attraversano porzioni del braccio posteriore della capsula interna intorno al ventricolo laterale e terminano nella corteccia visiva calcarina nel lobo occipitale mediale.
- Le radiazioni ottiche superiori (campi visivi inferiori) attraversano il lobo parietale per raggiungere la corteccia visiva superiore del lobo occipitale. Le radiazioni ottiche inferiori (campi visivi superiori) sono chiamate fibre dell'ansa di Meyer. Esse attraversano la superficie antero-inferiore del ventricolo laterale (intorno al corno temporale) nel lobo temporale e terminano nella corteccia visiva inferiore, appena sotto il solco calcarino. Una lesione della radiazione ottica viene localizzata a seconda che siano presenti segni di neglet o perdita sensoriale (radiazione superiore: lesione del lobo parietale) o disfasia e perdita di memoria (ansa di Meyer: lesioni del lobo temporale).
- Pertanto, le lesioni del nervo ottico causano la cecità dell'occhio omolaterale. Le lesioni nella linea mediana, a livello del chiasma ottico, causano difetti bitemporali. Le lesioni che comprimono il bordo laterale del chiasma ottico causano un'emianopsia nasale dell'occhio omolaterale. Le lesioni del tratto ottico che si estende al genicolato laterale e le lesioni primarie del nucleo genicolato laterale causano un'emianopsia omonima controlaterale. Le lesioni del tratto genicolocalcarino o della corteccia visiva causano un'emianopsia omonima controlaterale (vedi Fig. 1.24B).

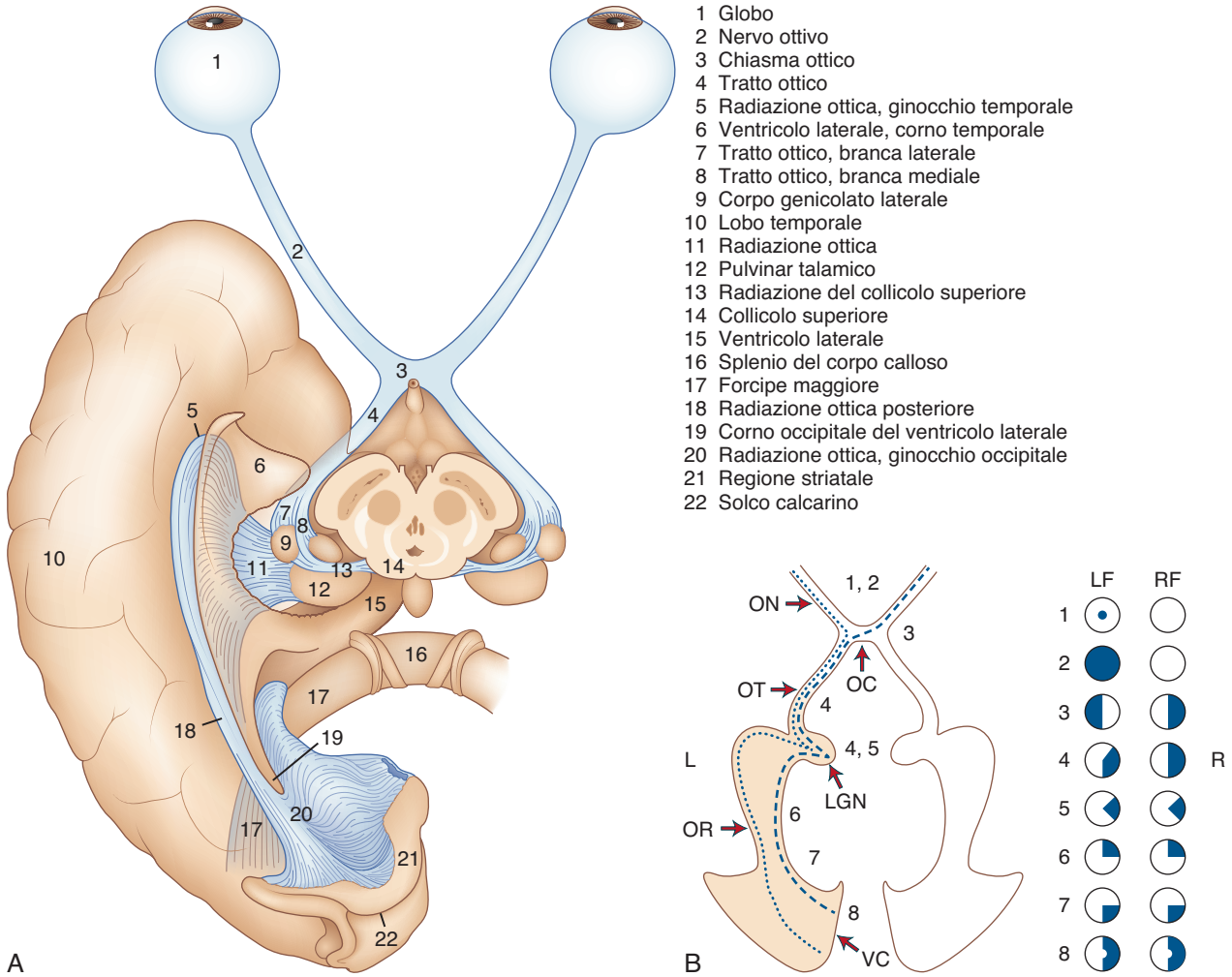


Fig. 1.24 Anatomia del sistema visivo. (A) Schematizzazione dell'anatomia dei nervi ottici, dei tratti e delle radiazioni. (B) Chiasma ottico: correlazione tra sito della lesione e difetto di campo. Si noti che le fibre nasali più ventrali (per lo più provenienti dalla retina nasale inferiore) viaggiano temporaneamente all'interno del nervo ottico nel ginocchio di Wilbrand. *LGN*, nucleo genicolato laterale; *OC*, chiasma ottico; *ON*, nervo ottico; *OR*, radiazioni ottiche; *OT*, tratto ottico; *VC*, corteccia visiva. (A, da Nieuwenhuys R, Voogd J, van Huijen C. *The Human Central Nervous System: A Synopsis and Atlas*. Rev 3rd ed. Berlin: Springer-Verlag; 1988.)

- Il risparmio della visione maculare in caso di ictus corticali è un'evenienza comune ed è possibile una delle seguenti quattro spiegazioni: (1) localizzazione delle fibre maculari nel territorio di confine fra l'arteria cerebrale media e l'arteria cerebrale posteriore (ACP), che consente la presenza di un doppio apporto vascolare; (2) un'area corticale molto ampia dedicata alla visione centrale, e ciò significa che piccoli ictus non interesseranno tutte le fibre; (3) una certa decussazione delle fibre maculari, in modo che siano rappresentate bilateralmente; (4) artefatti del test dovuti a una scarsa fissazione centrale da parte del soggetto.
- Il nervo ottico è l'unico tra i NC che consiste in un'estensione della sostanza bianca del SNC circondata da una guaina durale, quindi non è un nervo periferico come gli altri NC. Il nervo ottico è soggetto alle patologie intrinseche alla sostanza bianca del cervello (come la sclerosi multipla) e la sua guaina è soggetta a patologie di origine durale.

SISTEMA UDITIVO

- Che cosa succede nella vostra testa quando il vostro cellulare cinguetta? Il suono viene trasmesso attraverso l'orecchio esterno, tramite le vibrazioni della membrana timpanica, agli ossicini dell'orecchio medio. Viene poi trasmesso alle cellule ciliate dell'organo del Corti nella coclea. La porzione cocleare dell'VIII NC corre nelle porzioni anteriore e inferiore del condotto uditivo interno.
- Dal condotto, il nervo entra nel tronco encefalico alla giunzione tra il ponte e il midollo allungato. Le fibre terminano nei nuclei cocleari dorsali e ventrali, che si trovano nella parte superiore del midollo allungato, lungo la sua superficie dorsale (Fig. 1.25). Dopo questa sinapsi primaria, i nervi secondari per l'udito possono attraversare la linea mediana a livello del ponte e risalire nel lemnisco laterale in quello che viene definito *corpo trapezoidale*. Una sinapsi può avvenire nel corpo trapezoidale, ma altre fibre possono contrarre sinapsi nel nucleo olivare superiore. Alcune fibre possono rimanere sul lato omolaterale e fare sinapsi nel