

Úvod do neurovied

Týždeň 3: Metódy štúdia v neurovedách.
Senzorické, motorické a asociačné oblasti mozgu.

Organizačné záležitosti

Organizácia predmetu

Zadanie 1 zverejnené. Máte ešte týždeň (dnes dokončíme).

Projekty – podrobnosti o týždeň
projekt odovzdať do 11. týždňa

Webstránka a hypernewsy

Minule

Prehľad anatómie a funkcií centrálnej nervovej sústavy

Dnes

Metódy štúdia v neurovedách

Senzorické, motorické a asociačné oblasti mozgu

Prehľad metód v neurovedách

Neuroanatomické techniky

**Neurofyziologické metódy
(invazívne a neinvazívne)**

Behaviorálne

Kvantitatívne

Prehľad metód v neurovedách

Neuroanatomické techniky

Techniky pre určenie mozgovej anatómie:

Farbivové techniky (staining, napr. Golgi, Ramon y Cajal):

rôzne farbivá sa viažu na rôzne časti nervového tkaniva

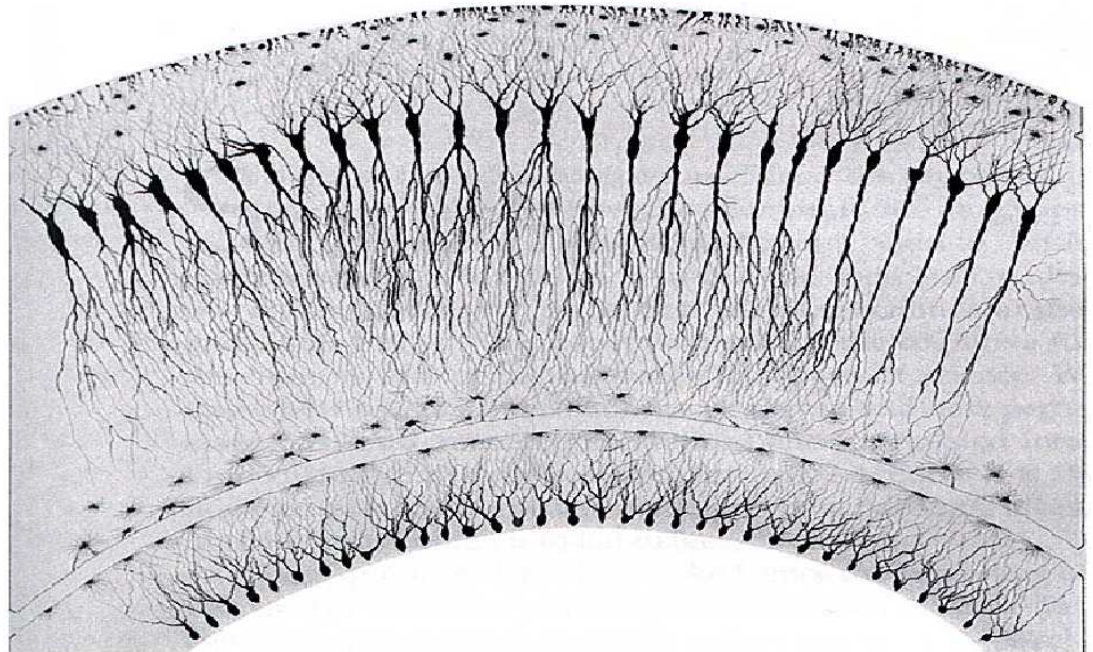
- Weigertova metóda – farbivo sa viaže na myelínovú vrstvu axónu
- Nisslova metóda – farbivo sa viaže na acidické štruktúry bunkového tela
- Golgiho metóda – farbivo, ktoré sa viaže na telo bunky, dendrity aj axóny

Metódy v neurovedách - neuroanatómia

Príklad použitia farbivovej metódy

Histologický rez hippocampom, ktorý je dôležitý pre prenos informácií z krátkodobej do dlhodobej pamäti. Horná časť zobrazuje hippocampus králika, dolná časť hippocampus neonatálneho mačťa.

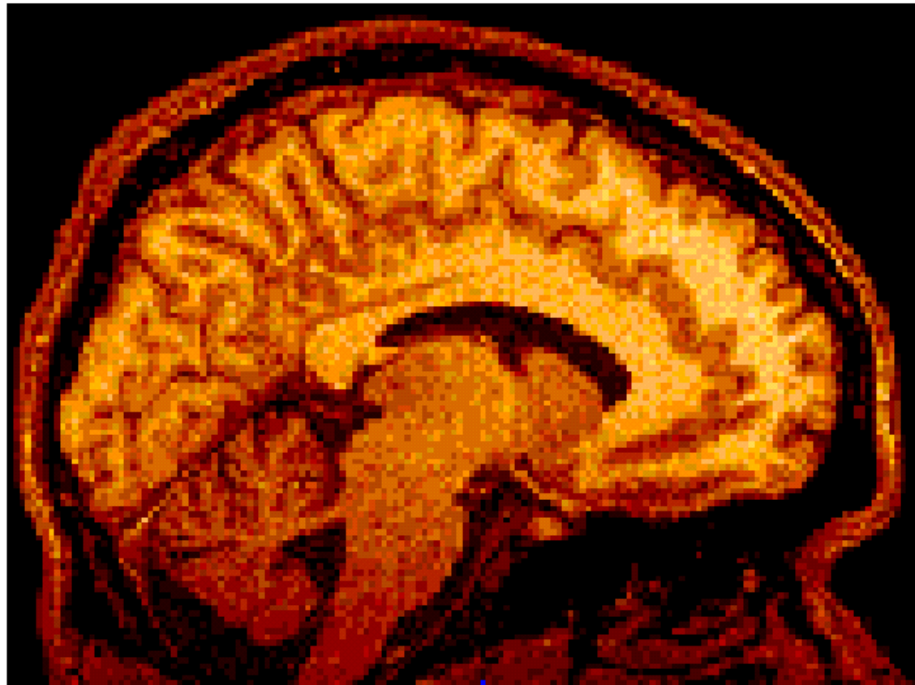
Autor, Camillio Golgi, ktorý vyvinul metódu farbenia chromátom strieborným, za svoj príspevok k neurovedám získal r. 1926 Nobelovú cenu (spolu s Ramónom y Cajal)



Metódy v neurovedách - neuroanatómia

Techniky pre určenie mozgovej anatómie (pokrač.):

- anatomická magnetická rezonancia (magnetic resonance imaging, MRI):
 - nazývaná aj štrukturálna MRI, pre odlíšenie od funkčnej magnetickej rezonancie
 - rozlíšenie približne 1 mm
 - príklad:



Metódy v neurovedách - neuroanatómia

Techniky pre určenie axonálnych dráh (prepojení medzi jednotlivými oblasťami mozgu):

- Značkovače (tracers) sa šíria v rámci neurónu
 - anterogradné: postupujú od tela bunky k axónu
 - retrogradné: postupujú od axónu k telu bunky (najznámejšia je horseradish peroxidase)
- Difúzna MRI
 - určuje axonálne dráhy na základe smeru difúzie vody v tkanive
 - menej presná než značkovače

Metódy v neurovedách - neuroanatómia

Techniky pre určenie axonálnych dráh (pokrač.):

- Degeneratívne metódy
 - Keď sa preruší nervové vlákno, myelín z časti axónu oddelenej od tela sa rozkladá, čo sa dá pozorovať farbivom
 - Neuróny, ktoré prerušením vlákna stratili vstupnú aktivitu degenerujú (anterogradná degenerácia)
 - Neuróny, ktorých axóny končili v umrtnenej oblasti degenerujú (retrogradná degenerácia)

Prehľad metód v neurovedách

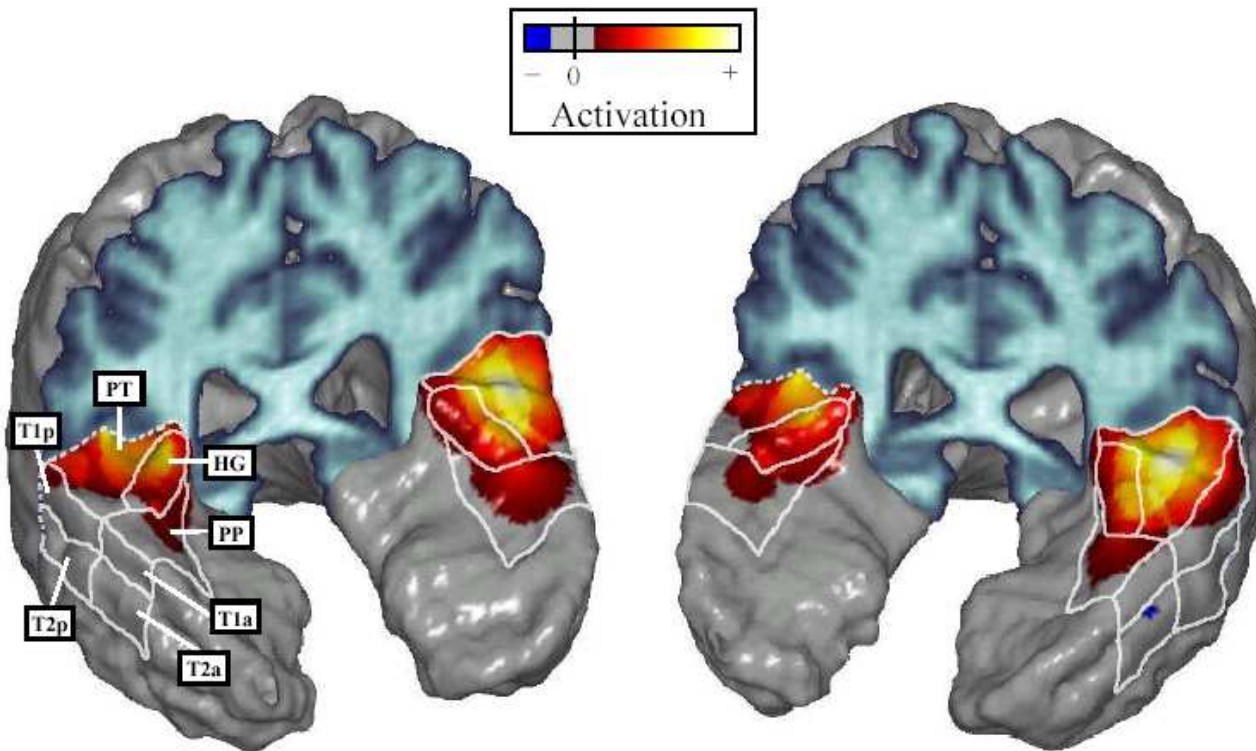
Neurofyziologické techniky

Techniky pre meranie mozgovej aktivity v ľudskom mozgu:

- Priame meranie elektrickej aktivity v kortexe pred operáciou u ťažkých epileptikov (napr., Penfield v 50-tych rokoch)
- Techniky založené na neinvázivnom meraní prietoku krvi v mozgu
 - funkcionálna magnetická rezonancia (fMRI)
 - pozitron emission tomography (PET)
 - Vysoké priestorové rozlíšenie (fMRI: kocky o hrane ~5mm, nazývané „voxel“ – volume pixel)
 - Nízke časové rozlíšenie

Metódy v neurovedách - neurofyziológia

Príklad: fMRI obrázkov aktivácie sluchových oblastí mozgu, keď človek počúva rôzne samohlásky (Guenther et al., 2000)



Metódy v neurovedách - neurofyziológia

Techniky pre meranie mozgovej aktivity v ľudskom mozgu (pokr.):

- Meranie evokovaných potenciálov (evoked potential) alebo event-related potential (ERP)
 - elektroencefalografia (EEG)
 - magnetoencefalografia (MEG)
 - vysoké časové rozlíšenie
 - nízke priestorové rozlíšenie
- Transkraniálna magnetická stimulácia (TMS)
 - jednopulzná TMS: krátke lokálne pôsobenie magnetického poľa dočasne utlmí fungovanie malej oblasti mozgu (1-10 cm³)
 - veľmi vysoké časové rozlíšenie
 - repetitívna TMS: občas spôsobuje záchvaty; používa sa len experimentálne, napr. na liečbu ťažkých depresí
- Optické zobrazovanie (ďalší slide)

Metódy v neurovedách - neurofyziológia

Techniky pre meranie mozgovej aktivity zvierat:

- Elektrofyziológia: priame meranie elektrickej aktivity (membránového napätia) jednotlivých neurónov alebo skupín neurónov
- Optické zobrazovanie
 - meria zmeny reflektancie povrchu kôry pri vyššej aktivite neurónov
 - pri exponovaní mozgu možné veľmi vysoké časové aj priestorové rozlíšenie

Prehľad metód v neurovedách

Psychofyzika

- základná psychologická metóda pre štúdium kognitívnych funkcií a schopností
- nemeria priamo mozgovú aktivitu
- meria perceptuálne a motorické schopnosti človeka, a na základe týchto meraní sa snaží charakterizovať určité vlastnosti príslušnej mozgovej štruktúry
- na merania sa často používajú špeciálne zariadenia (na báze počítačov), ktoré merajú konkrétne vnemové schopnosti:
 - sledovače (tracker) polohy hlavy, očí, pohybu;
 - systémy pre počítačovú prezentáciu audio-vizuálnych stimulov

Metódy v neurovedách - psychofyzika

- Príklad:
 - McGurkov efekt (McGurk & MacDonald, 1976): vizuálne prezentujeme „gi“, sluchovo „bi“
 - subjekt má odpovedať, akú slabiku vníma
 - zvyčajná odpoveď je „di“

Kontrolná otázka: Čo nám tento príklad hovorí o mozgu (resp. o vnímaní reči/jazyka)?

2. část

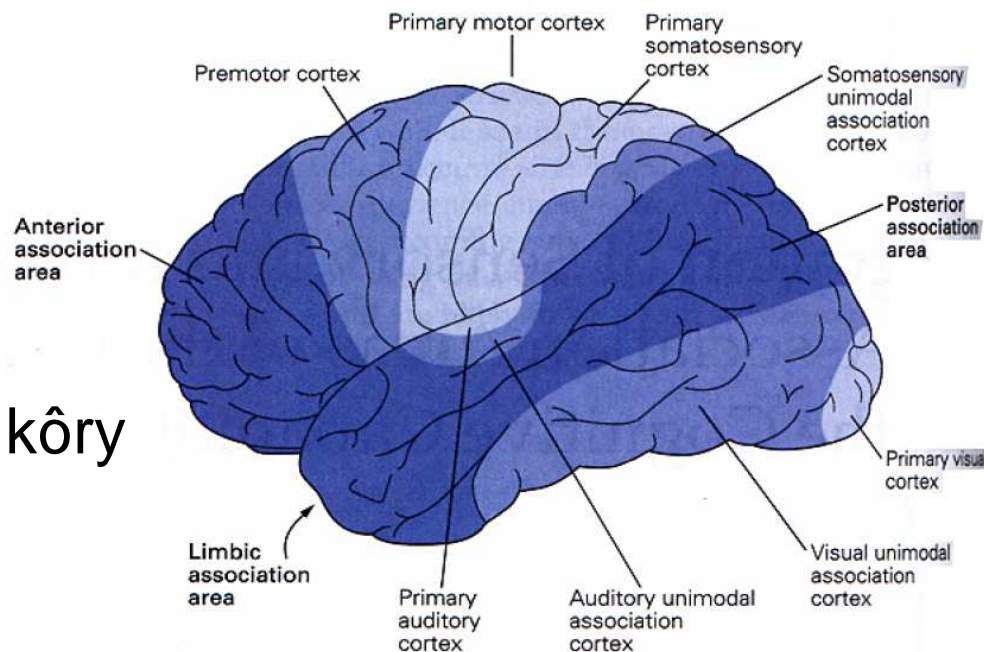
Senzorické, motorické a asociačné oblasti mozgu

Prehľad

Štruktúry, ktorými prichádzajú informácie do mozgu.

Štruktúry, ktorými sa v mozgu generujú motorické povely.

Primárne, vyššie a asociačné kôry



Definície

Aferentný – informácia smerujúca do neurónu alebo mozgovej štruktúry. Ak sa nezmieňuje žiadna mozgová štruktúra, aferentný znamená „smerujúci do mozgu“

Eferentný – informácia smerujúca z neurónu alebo mozgovej štruktúry. Ak bez zmienky o štruktúre, potom eferentný znamená z mozgu

Dekusácia – miesto, kde dráha križuje os symetrie mozgu

Aferentná somatosenzorická informácia

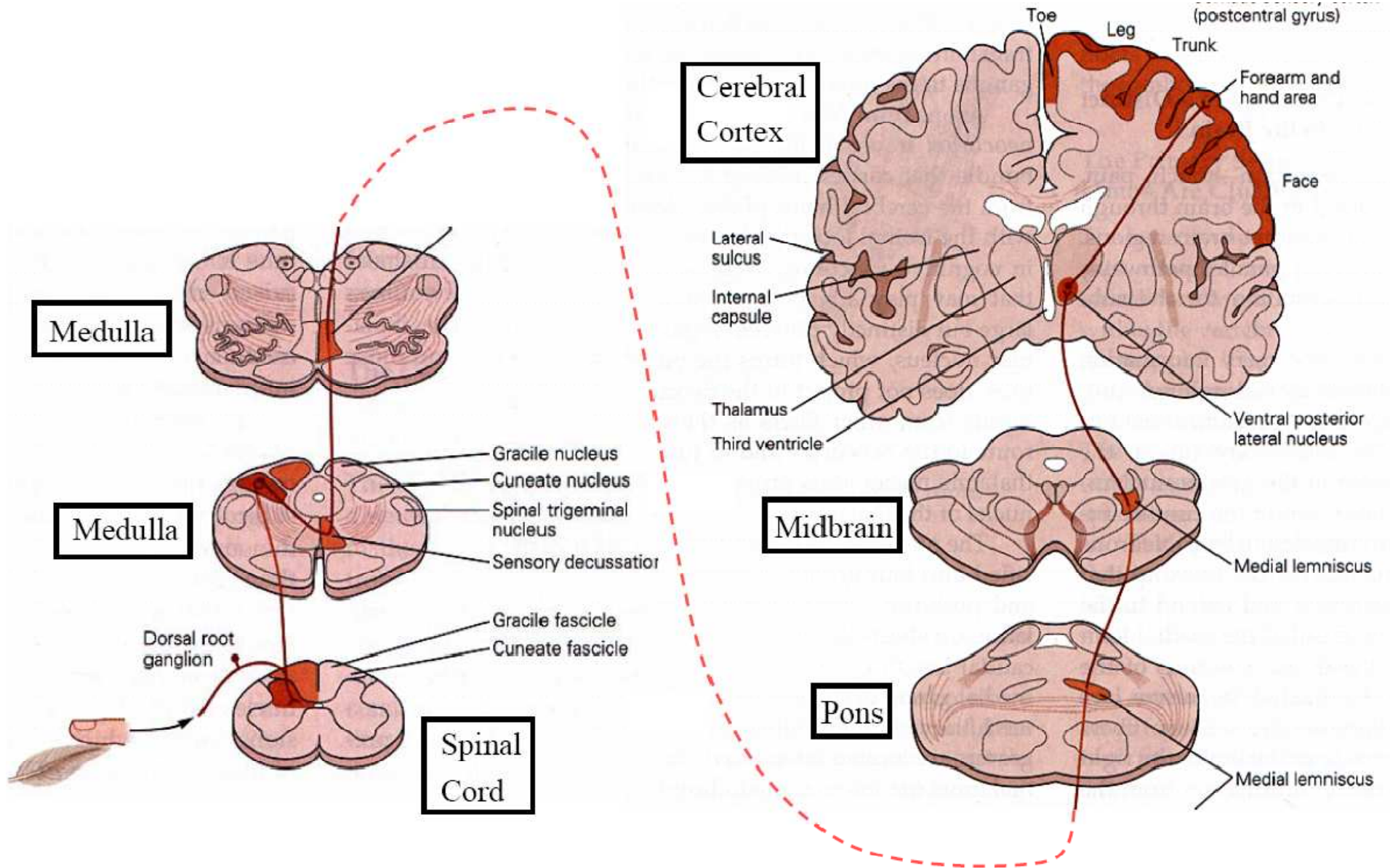
Somatosenzorické informácie postupujú z trupu a končatín cez dráhu tvorenú dorzálnym stĺpcom a mediálnym lemniskom do thalamu a ďalej do primárneho somatosenzorického kortexu

Na tejto dráhe do mozgu sa nachádzajú tri nukleusy (jadrá):

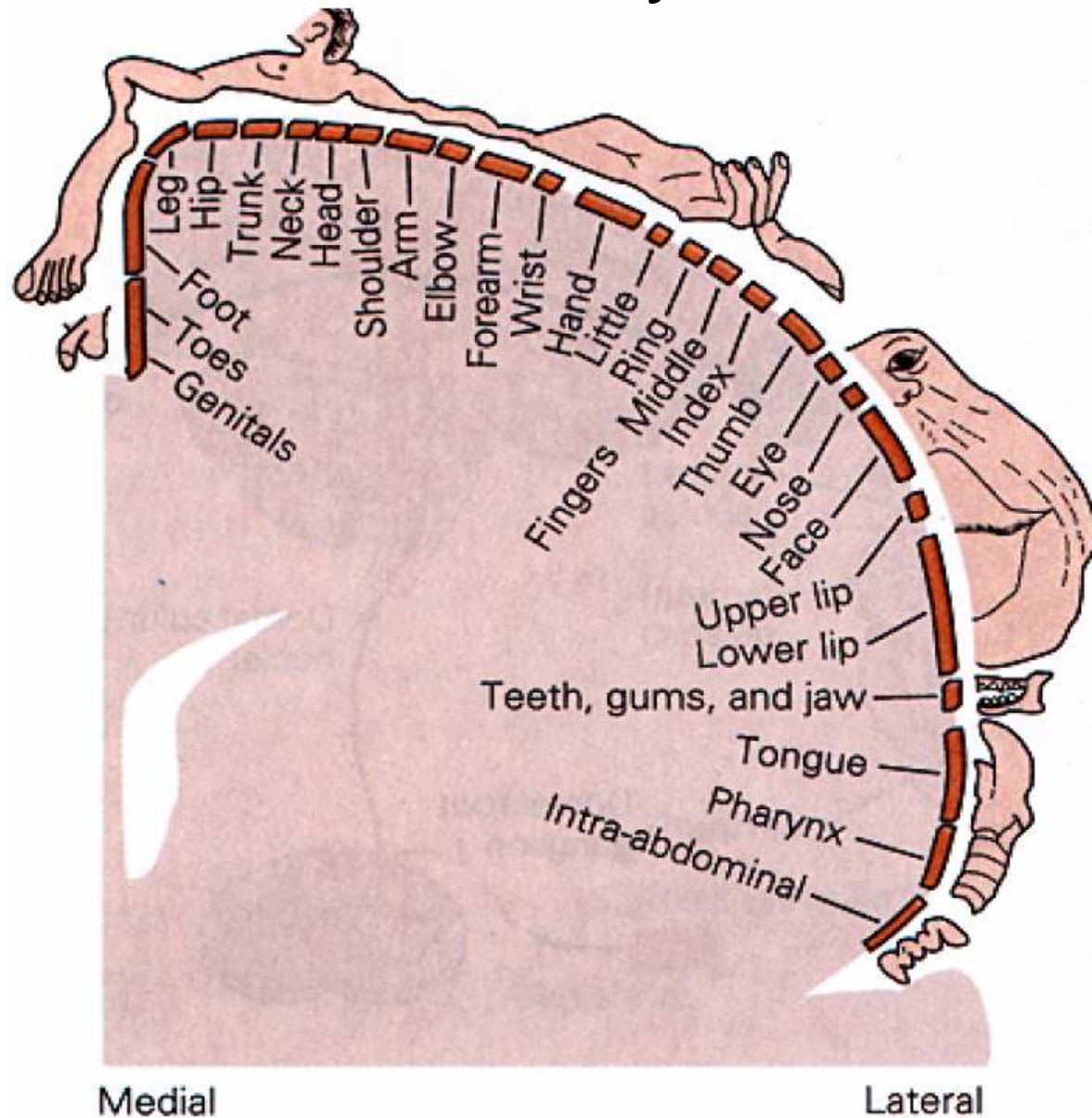
- z miechy cez dorzálne gangliá
- nukleusy medully
- Ventrálny posteriórny laterálny nukleus (VPLN) v thalame

Na každej úrovni sa udržiavajú usporiadané mapy tela

Aferentná somatosenzorická informácia



Somatosenzorický homunkulus



Somatosenzorickí homunkulovia rôznych stavovcov

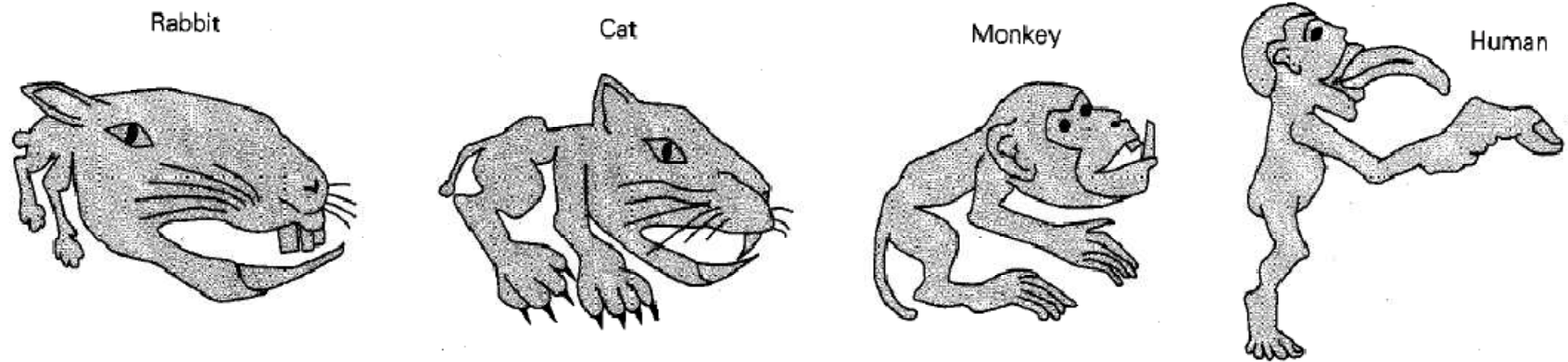
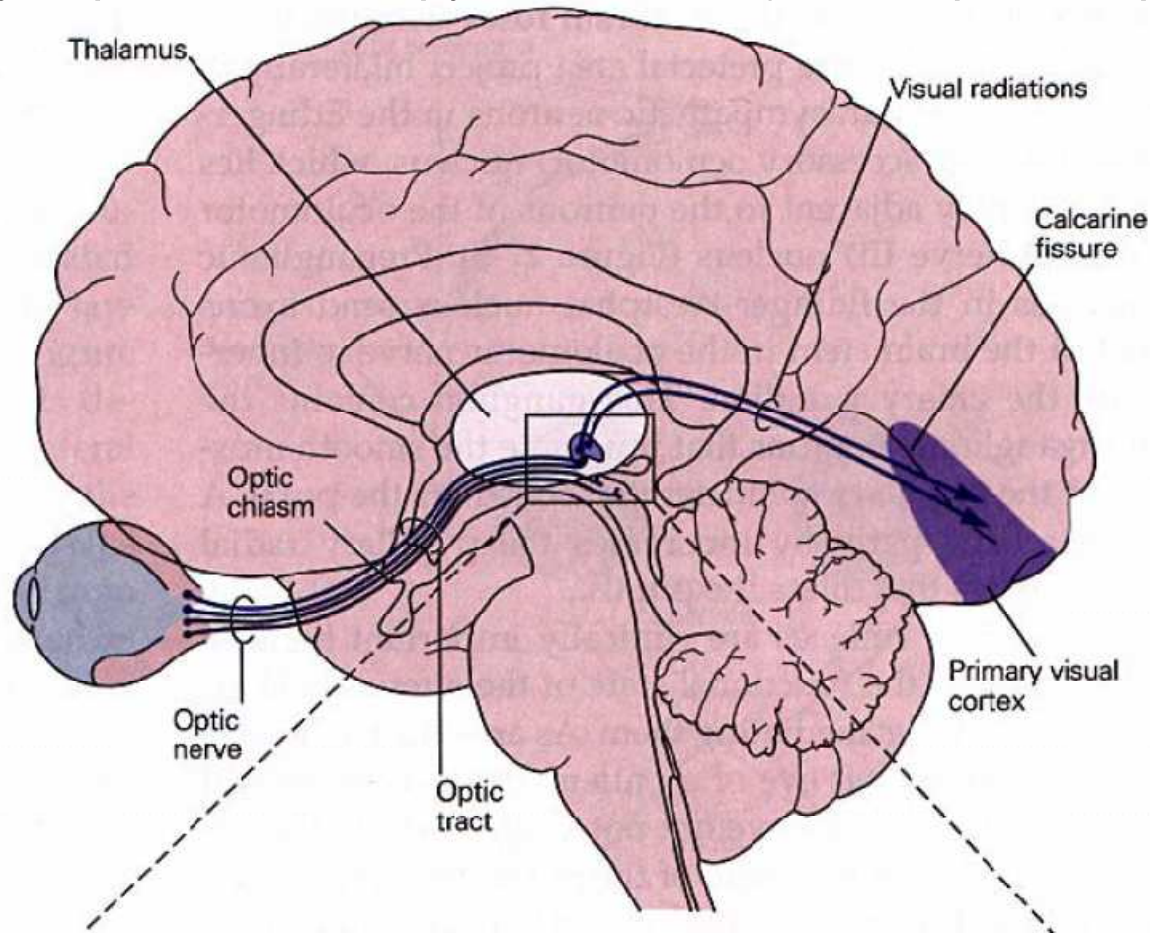


Figure 20-5 Different species rely on different parts of the body for adaptive somatosensory information. These drawings show the relative importance of body regions in the so-

matic sensibilities of four species, based on studies of evoked potentials in the thalamus and cortex.

Aferentná vizuálna informácia

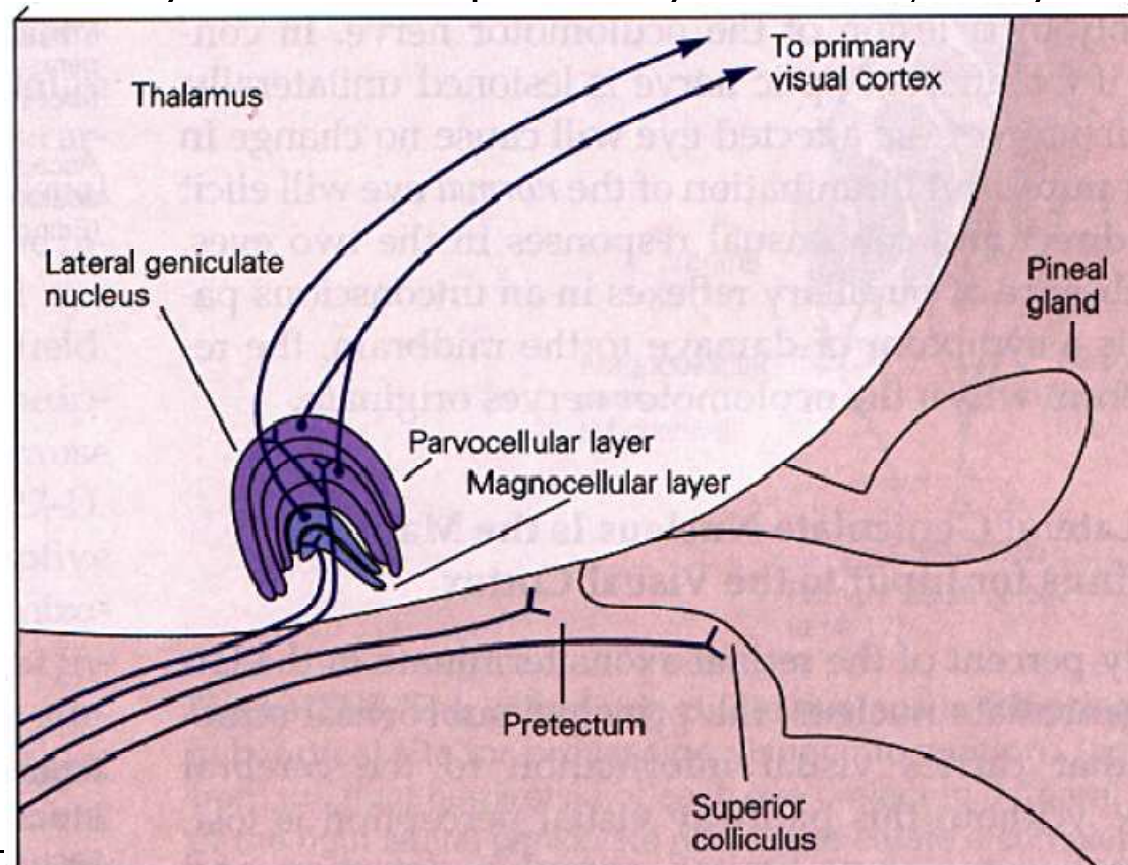
90% axónov zo sietnice prechádza cestou do kôry cez laterálny genikulatný nukleus (LGN) v thalame. LGN aj primárny vizuálny kortex si uchovávajú topograficky usporiadané mapy zo sietnice (retinotopická reprezentácia)



Aferentná vizuálna informácia

Magnocelulárna časť: prichádzajú do nej vstupy z veľkých sietnicových gangliových buniek s veľkými receptívnymi poľami. Tieto neuróny sú citlivé na rýchle zmeny a sú dôležité pre vnímanie pohybu

Parvocelulárna časť: prichádzajú do nej vstupy z menších gangliových buniek sietnice s menšími receptívnymi poľami (a tým s vyšším priestorovým rozlíšením). Tieto neuróny sú dôležité pre analýzu tvarov, farby a detailov videného obrazu.



Slepé videnie (blindsight)

Pri rozsiahlom poškodení primárneho vizuálneho kortexu človek stratí schopnosť vizuálneho vnemu. Napriek tomu ale pretrvávajú určité vizuálne schopnosti:

- ukazovanie na podnety (aj keď pacient tvrdí, že ich nevidí)
- detektovanie vizuálneho pohybu

Toto zbytkové videnie sa nazýva blindsight a je pravdepodobne sprostredkované spojmi vedúcimi do *colliculu superior*, čo je oblasť stredného mozgu dôležitá pre reflex sakadického pohybu očí.

Aferentná sluchová dráha

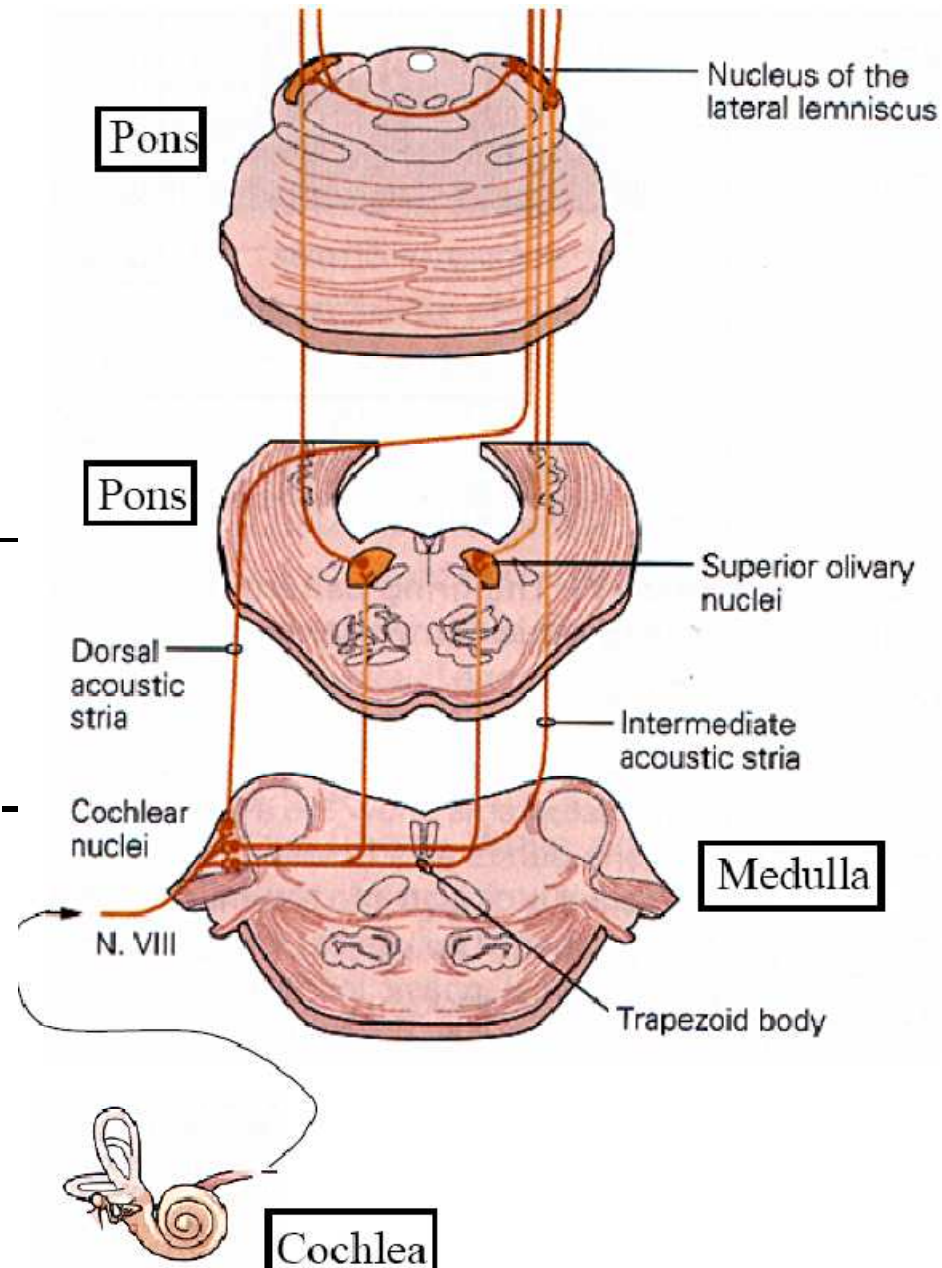
Počnúc ôsmym hlavovým nervom sa na spracovaní sluchovej informácie podieľajú tieto štruktúry:

Kochleárne nuklei – v medulle

Laterálna superiorna oliva LSO –
oblasť ponsu dôležitá pre
určovanie interaurálnych
rozdielov v hlasitosti

Mediálna superiorna oliva MSO –
oblasť ponsu dôležitá pre
určovanie interaurálnych
rozdielov v čase

Nukleus lemniscus lateralis



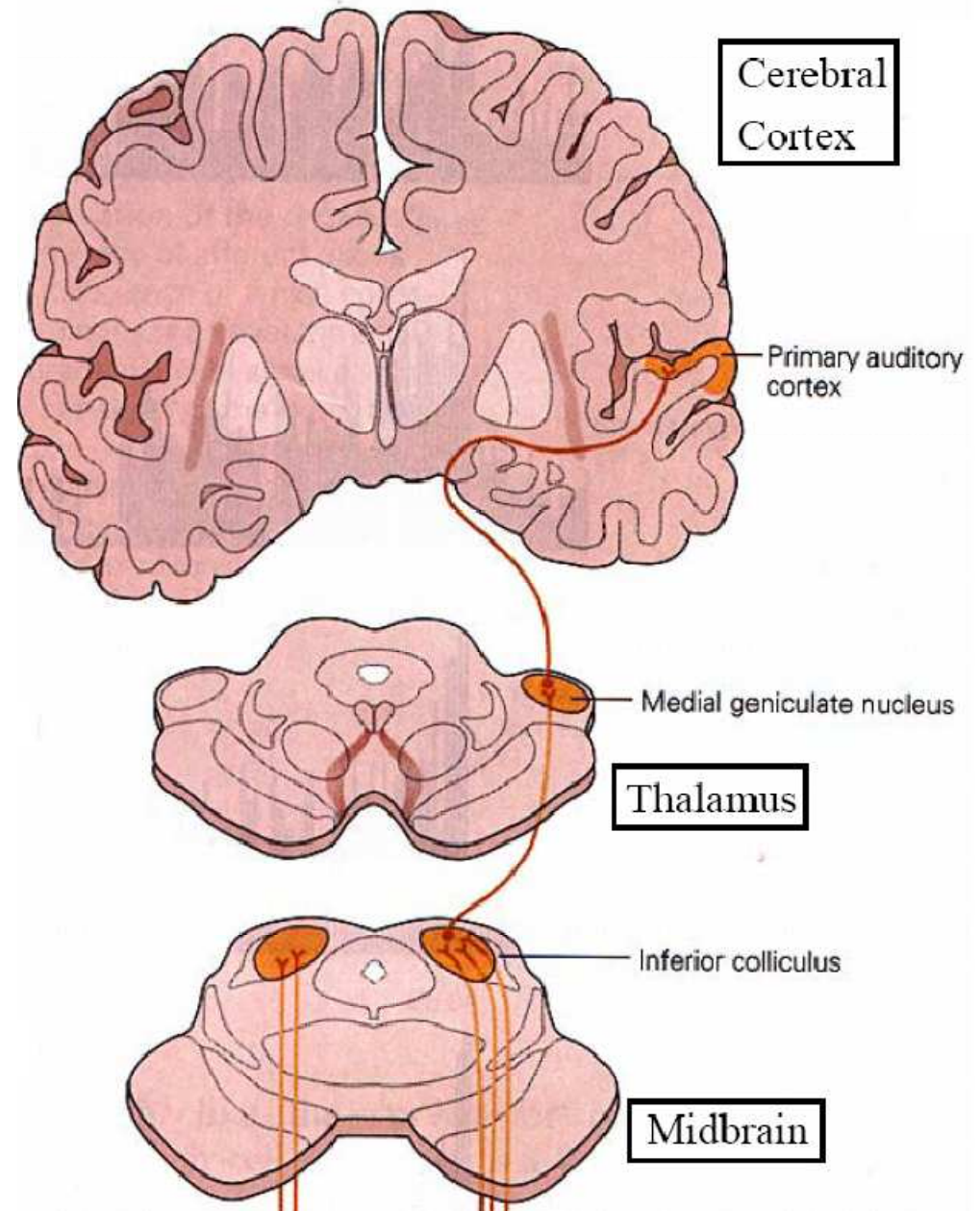
Aferentná sluchová dráha

Colliculus inferior – v strednom mozgu, dôležitý pre lokalizáciu zvukov

Corpus geniculatum mediale – časť thalamu, ktorá predáva sluchovú informáciu do kôry

Primárny sluchový kortex – umiestnený v Heschlovom gyruse

V mnohých oblastiach dráhy sú tonotopické mapy

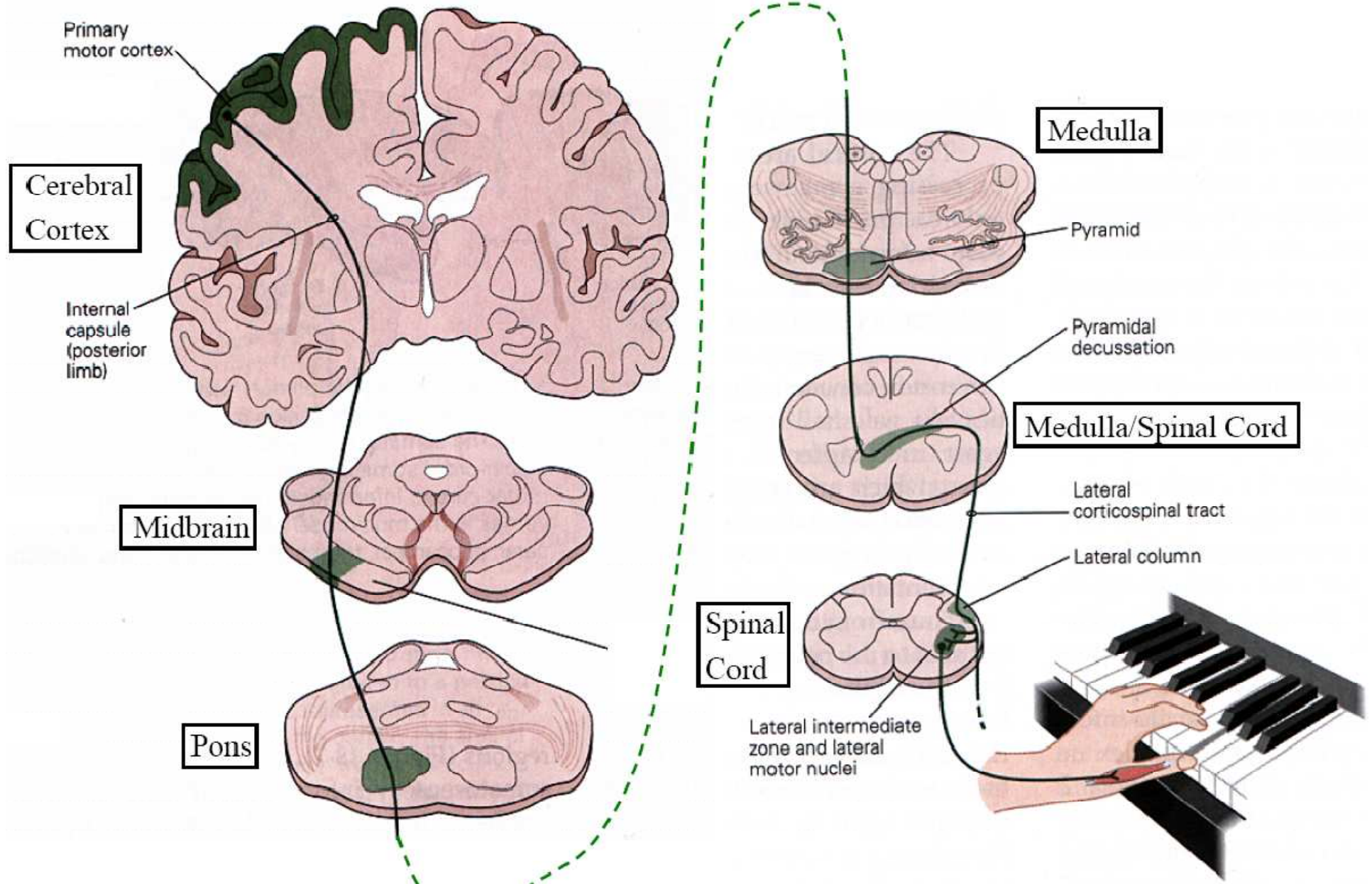


Eferentné motorické povelý

Niektoré povelý prstom a rukám sú sprostredkované priamymi spojeniami z motorického kortexu do miechy.

Väčšina motorických povelov ale zahŕňa podkôrové štruktúry ako napr. *mozoček (cerebellum)*

Eferentné motorické povelý

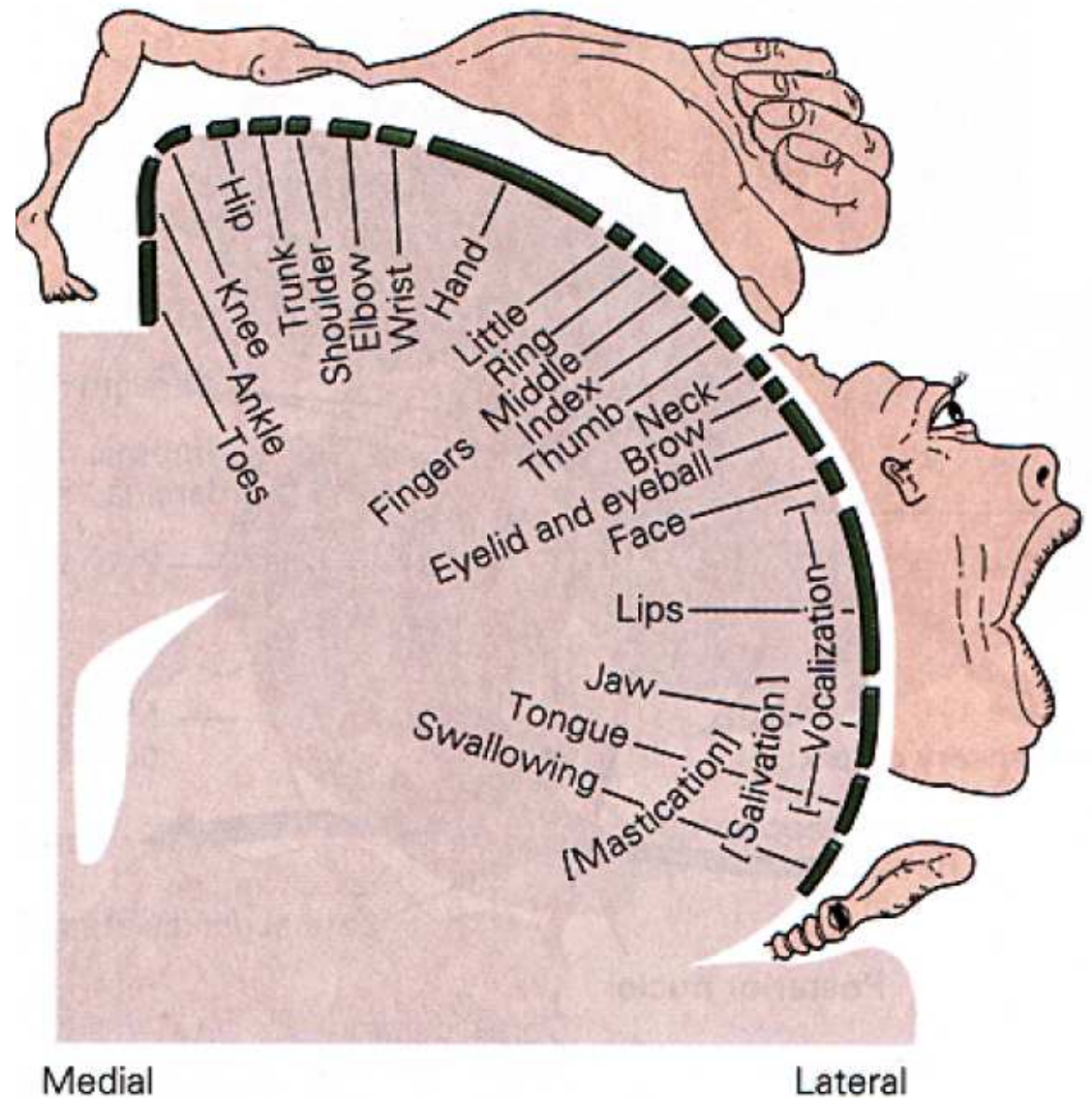


Motorický homunkulus

U člověka mají řečové řízení a řízení prstů velmi velké reprezentácie v primárním motorickom kortexe

Somatosenzorický a motorický homunkulus sú približne zarovnaní

Zodpovedajúce časti primárnej somatosenzorickej a primárnej motorickej kôry sú prepojené



Vôľou riadený pohyb

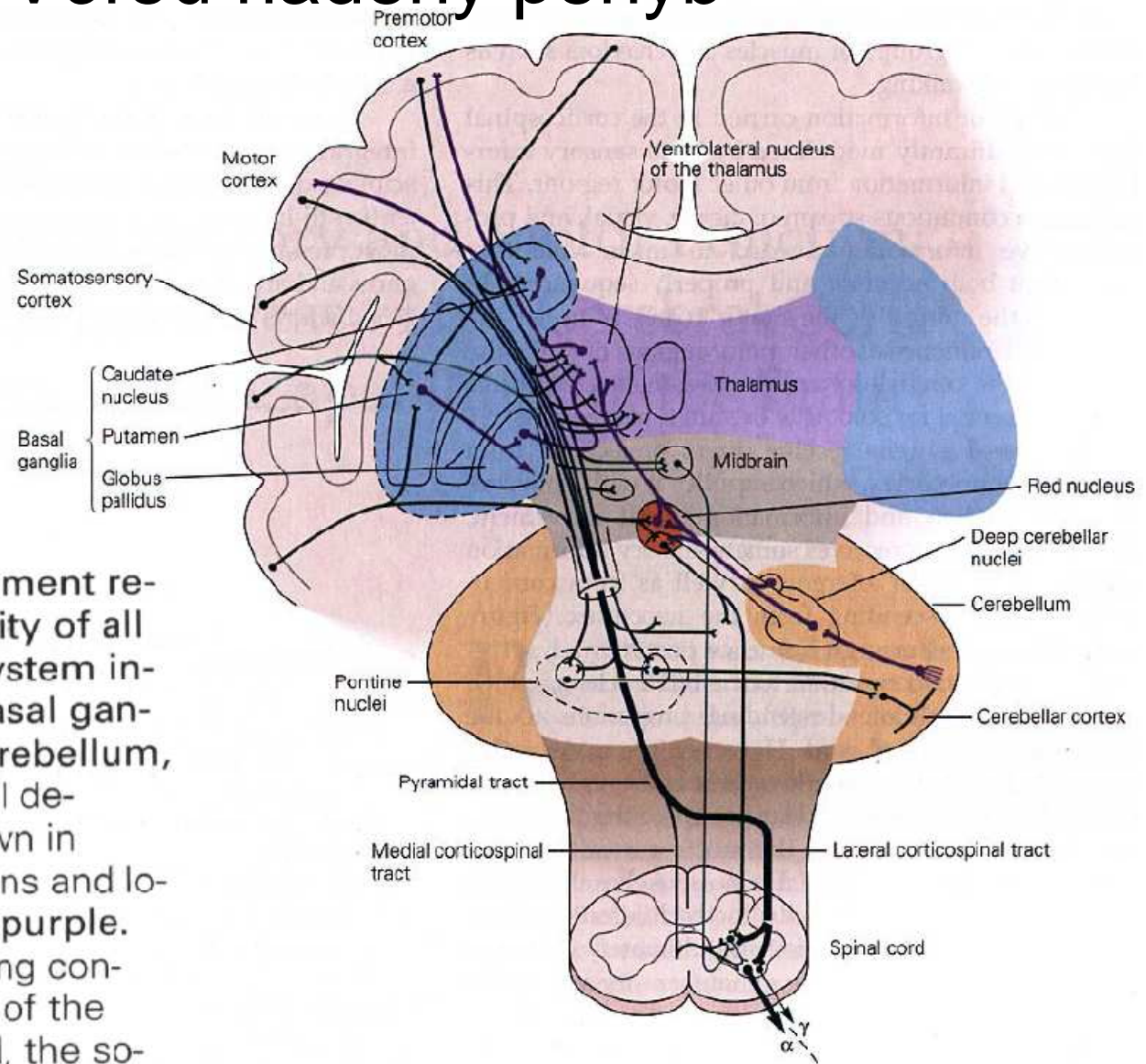


Figure 18-9 Voluntary movement requires the coordinated activity of all components of the motor system including the motor cortex, basal ganglia, thalamus, midbrain, cerebellum, and spinal cord. The principal descending projections are shown in green; the feedback projections and local connections are shown in purple. Ultimately, all of this processing converges on the motor neurons of the ventral horn of the spinal cord, the so-called "final common pathway" that innervates muscle and elicits movements.

Bazálne gangliá a mozoček pri motorickom riadení

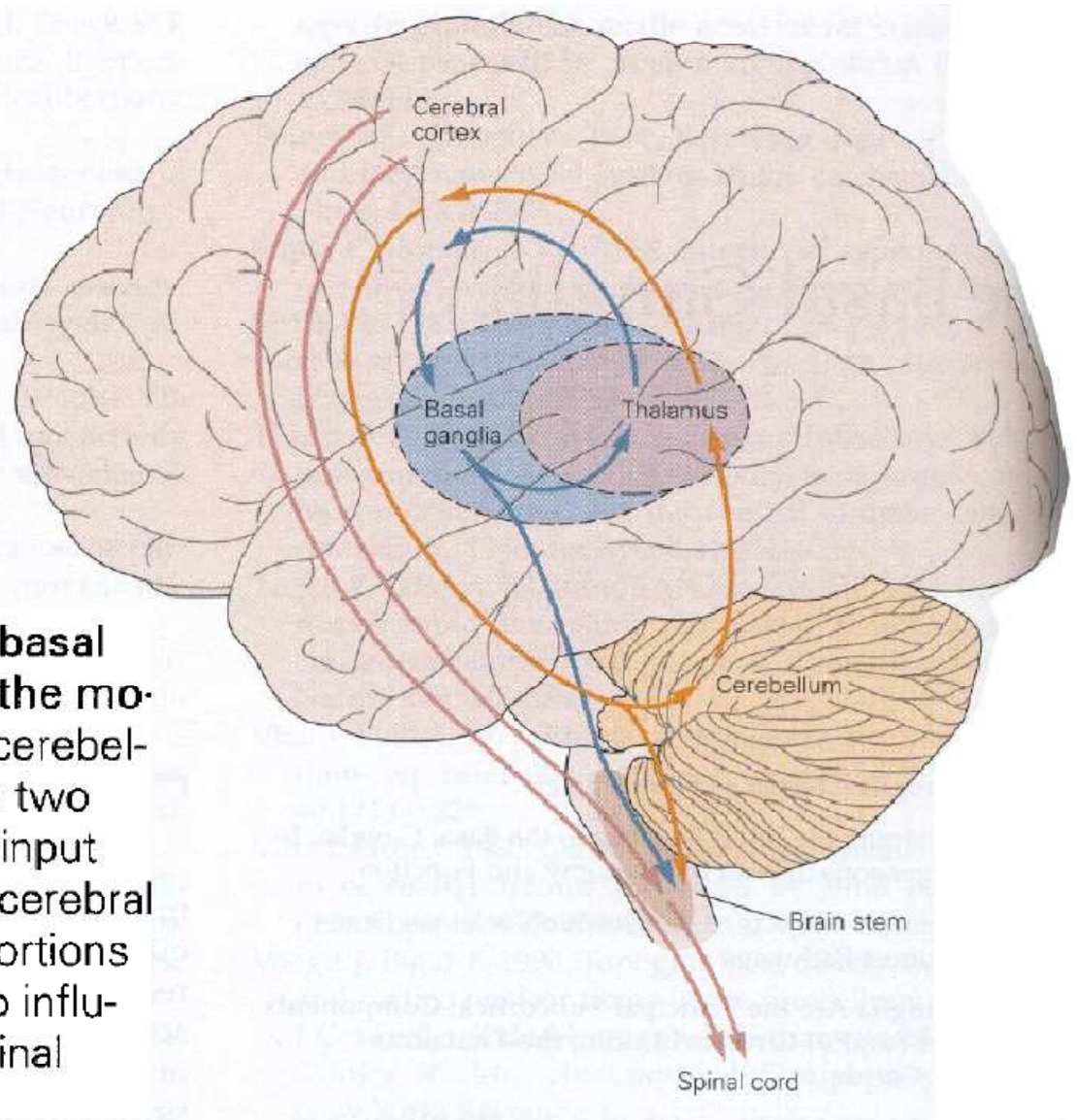
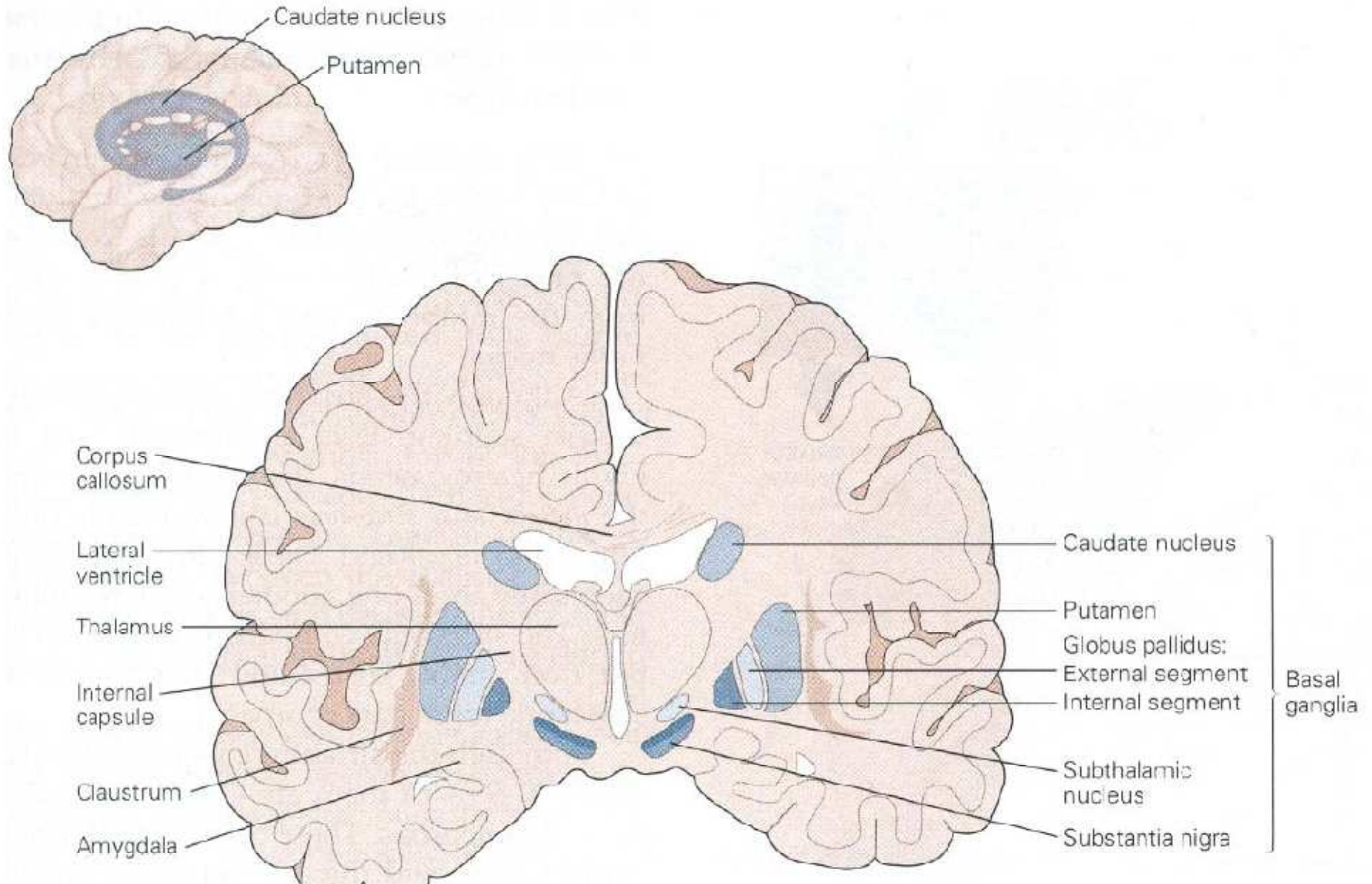


Figure 43-1 The relationships of the basal ganglia to the major components of the motor system. The basal ganglia and the cerebellum may be viewed as key elements in two parallel reentrant systems that receive input from and return their influences to the cerebral cortex through discrete and separate portions of the ventrolateral thalamus. They also influence the brain stem and, ultimately, spinal mechanisms.

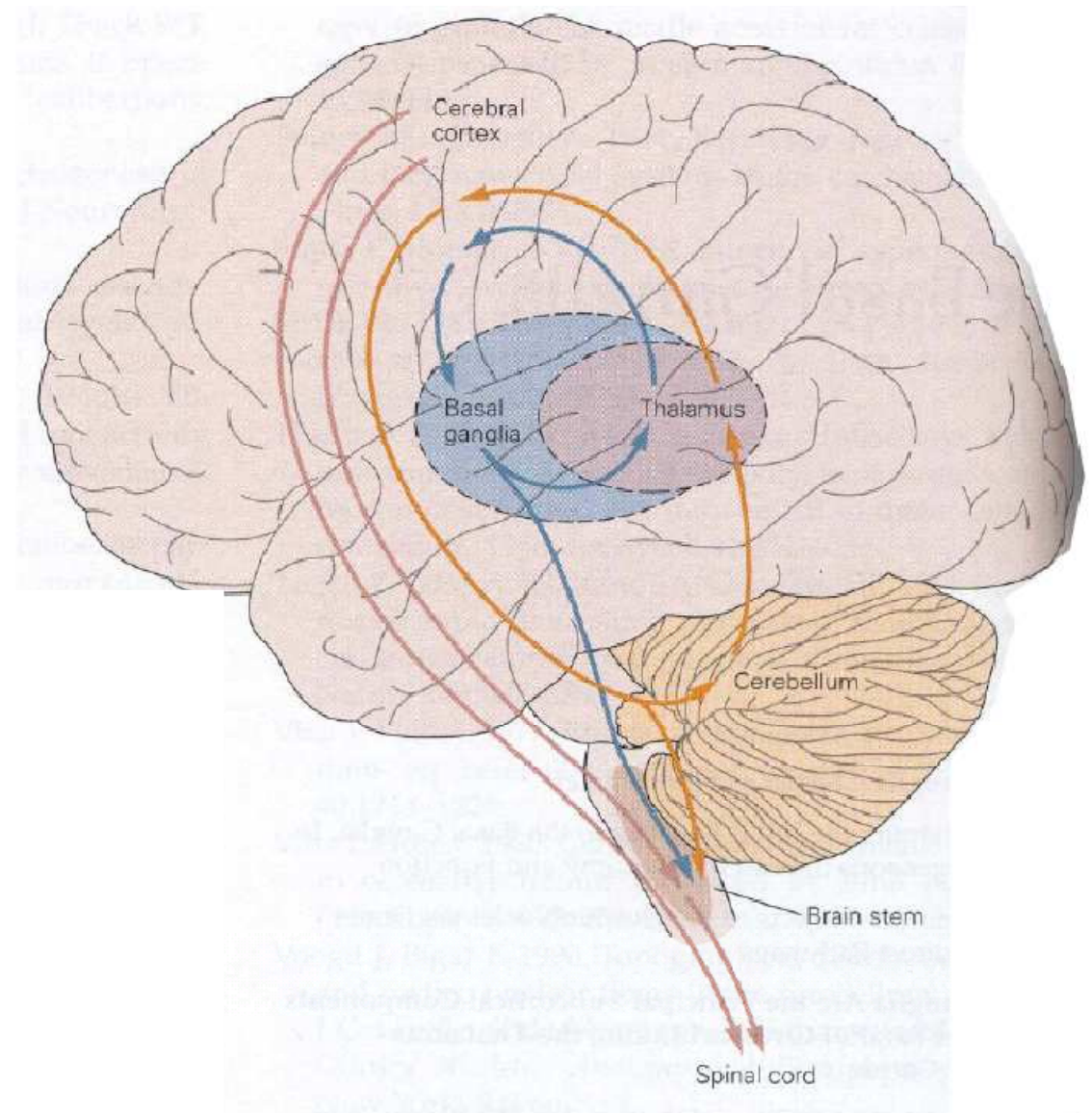
Bazálne gangliá



Dve slučky pri motorickom riadení

Slučka bazálne gangliá – thalamus – kortex: je dôležitá pre výber pohybu, pravdepodobne tým, že poskytuje bránovací/riadiaci signál späť do kôry, čím sa vyvolá vykonanie naplánovaného pohybu a zároveň tým, že inhibuje bránovacie signály pre nechcené pohyby

Slučka cez mozoček: učenie v tejto slučke spôsobuje doladovanie motorických povelov. Mozoček je preto dôležitý pre hladké, dobre koordinované pohyby



Poruchy motorického riadenia

Parkinsonova choroba – poškodenie časti bazálnych ganglií nazývanej *substantia nigra pars compacta*, ktorá dodáva neuroprenášač dopamín do vstupnej časti bazálnych ganglií. Symptómy: napr. strnulosť, chvenie, zoslabenie svalov, abnormálne malé pohyby, pomalosť

Huntingtonova choroba – symptómy rozdielne (a často opačné) v porovnaní s Parkinsonom:

- prehnané nekontrolované pohyby nazývané chorea
- po čase nastupuje demencia a iné psychiatrické nemoci

Rozklad štruktúry striatum pravdepodobne spôsobené poškodením prefrontálneho kortexu, s ktorým je striatum prepojené.

Obe choroby spôsobené nevyváženosťou v bazálnej slučke:

- Parkinson spôsobený prevahou bazálnej vetvy (priveľa inhibície)
- Huntington prevahou priamej vetvy (žiadna inhibícia)

Poškodenie mozočku spôsobuje **ataxiu** (abnormálne pohyby: chyby odhadu vzdialenosti, smeru, časovania a sily motorickej aktivity) alebo **ataxickú dysarthriu** (pomalá nekoordinovaná reč) (video)

Primárne, vyššie a asociačné kôry

Unimodálna asociačná kôra sa nazýva aj vyššia senzorická kôra (ako kontrast k primárnej senzorickej kôre)

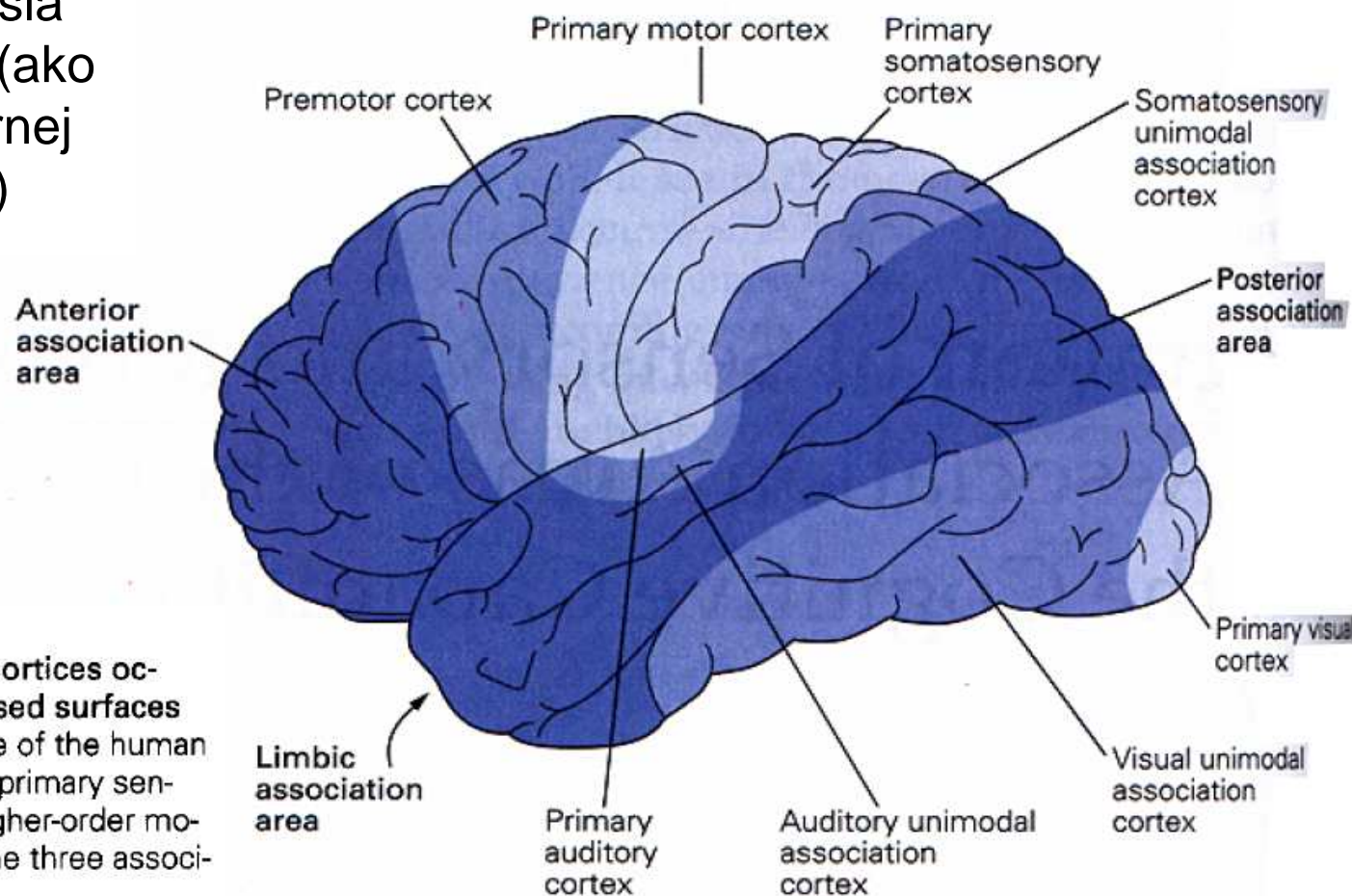


Figure 19-1 The association cortices occupy large areas on the exposed surfaces of the brain. The lateral surface of the human brain shows the regions of the primary sensory and motor cortices, the higher-order motor and sensory cortices, and the three association cortices.

Vyššie vizuálne oblasti kôry

Vizuálna informácia sa vetví do prúdov „čo“ a „kde“

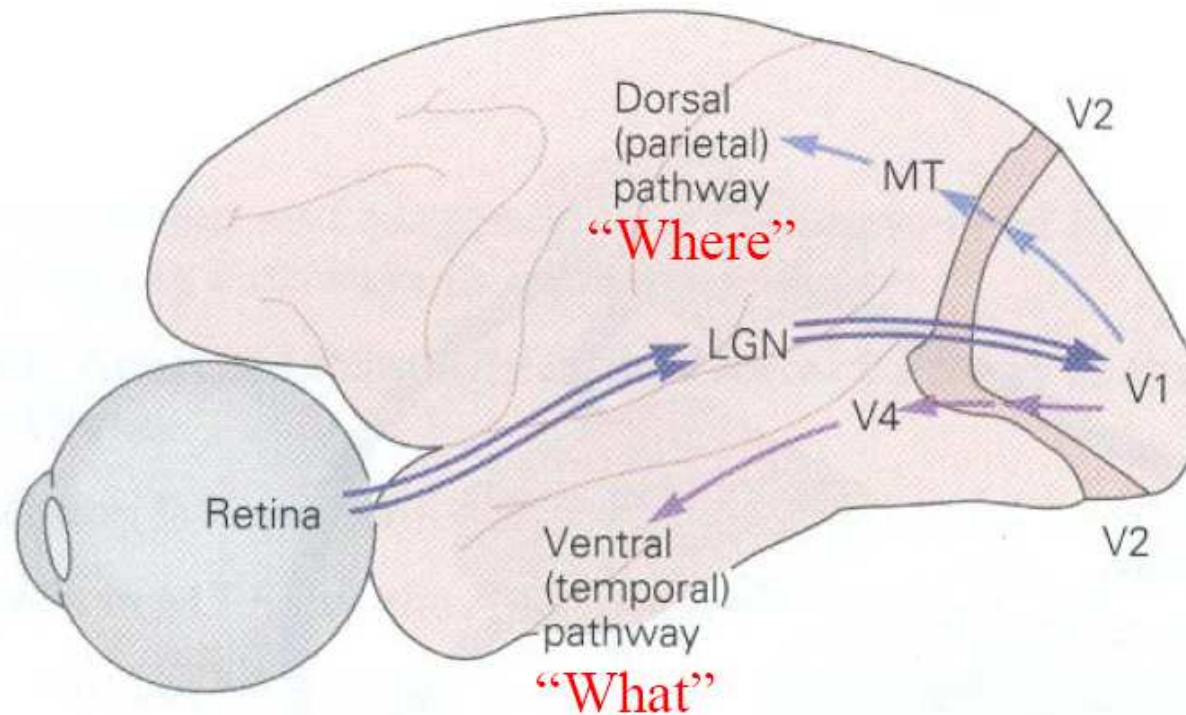
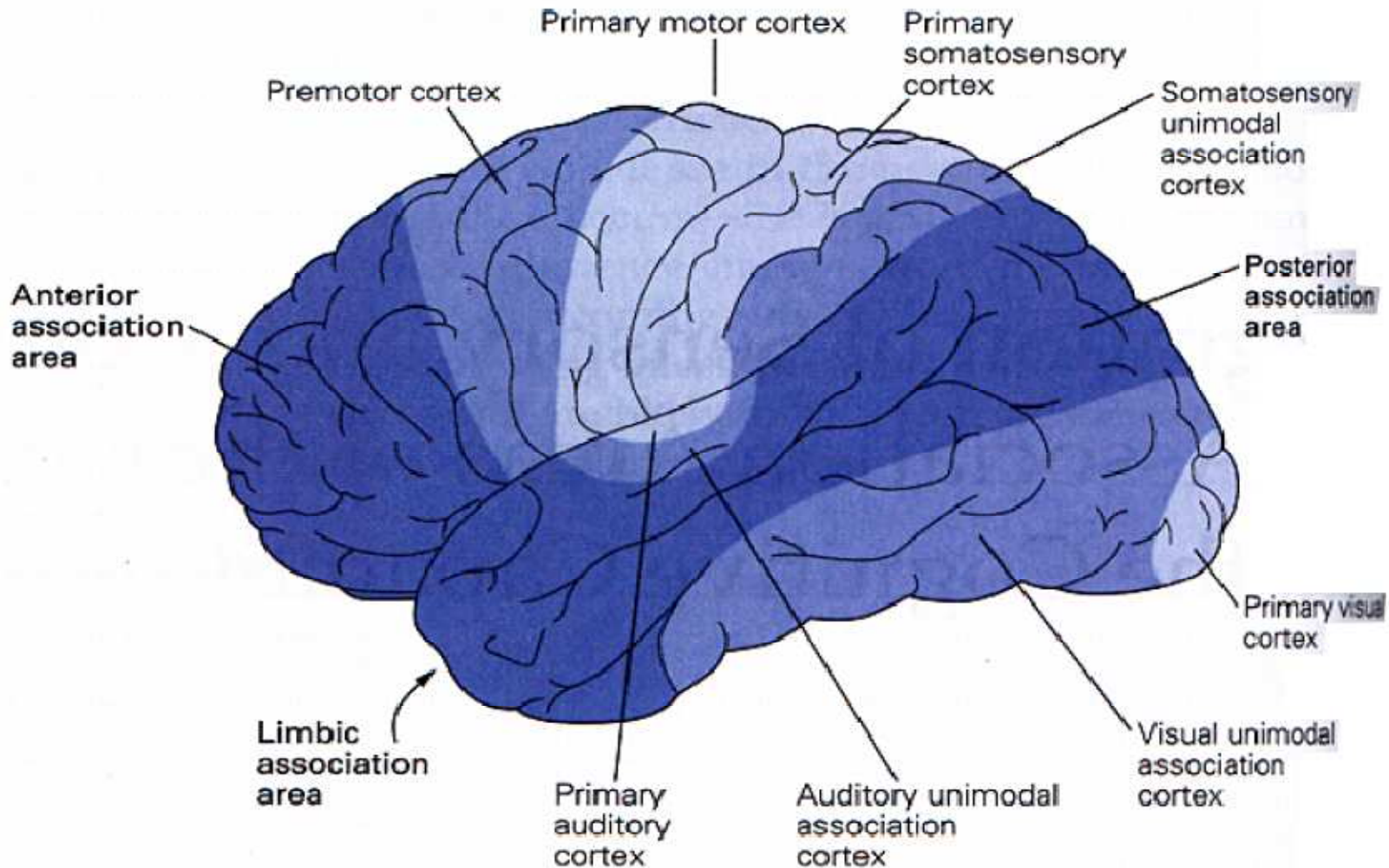


Figure 28-2 The magnocellular (M) and parvocellular (P) pathways from the retina project through the lateral geniculate nucleus (LGN) to V1. Separate pathways to the temporal and parietal cortices course through the extrastriate cortex beginning in V2. The connections shown in the figure are based on established anatomical connections, but only selected connections are shown and many cortical areas are omitted (compare Figure 25-9). Note the cross connections between the two pathways in several cortical areas. The parietal pathway re-

ceives input from the M pathway but only the temporal pathway receives input from both the M and P pathways. (Abbreviations: **AIT** = anterior inferior temporal area; **CIT** = central inferior temporal area; **LIP** = lateral intraparietal area; **Magno** = magnocellular layers of the lateral geniculate nucleus; **MST** = medial superior temporal area; **MT** = middle temporal area; **Parvo** = parvocellular layers of the lateral geniculate nucleus; **PIT** = posterior inferior temporal area; **VIP** = ventral intraparietal area.) (Based on Merigan and Maunsell 1993.)

Vyššie somatosenzorické oblasti kôry

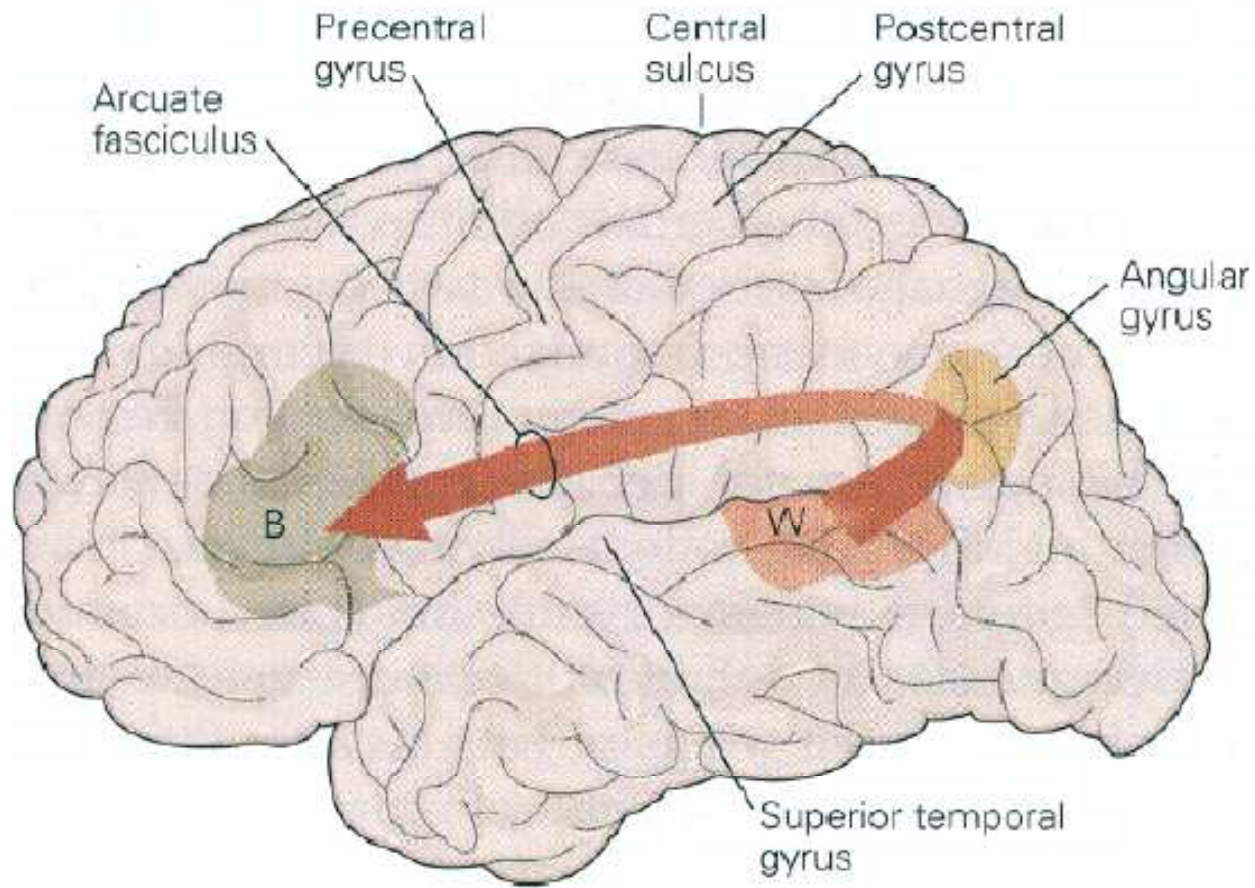
Nachádzajú sa v posteriornom parietálnom kortexe (BA 5,40) a podieľajú sa na komplexnejších reprezentáciách častí tela



Vyššie sluchové oblasti kôry

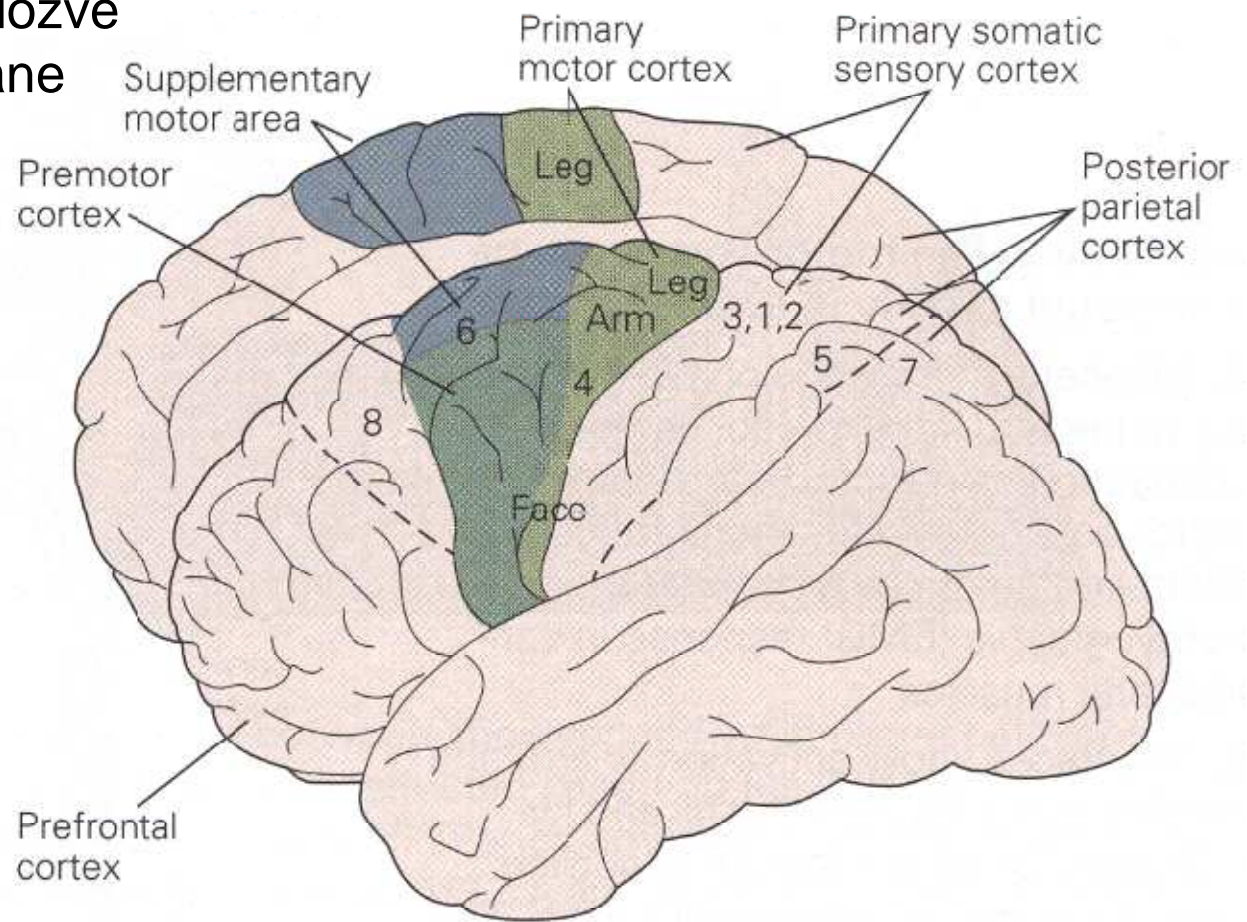
Wernikeho oblasť (Brodmannova oblasť č.22) je na superiornom temporálnom gyruse a je dôležitá pre vnímanie reči

Je prepojená s Brocovou oblasťou cez dráhu nazývanú *arcuate fasciculus*



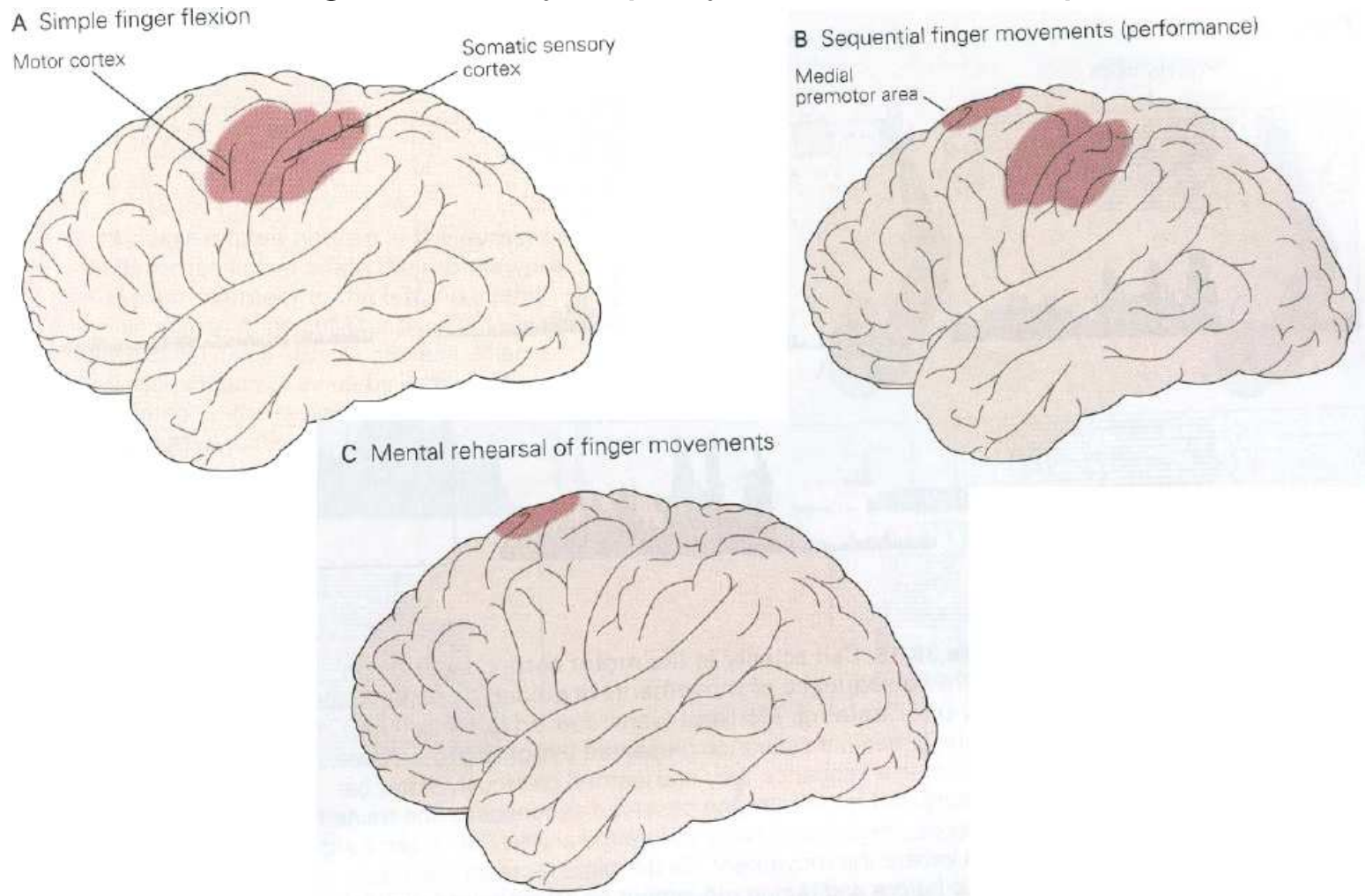
Vyššie motorické oblasti kôry

Laterálny premotorický kortex
(laterálna časť Broadmannovej oblasti 6) je dôležitý pre plánovanie pohybov v odozve na externé podnety vrátane senzorio-motorických transformácií



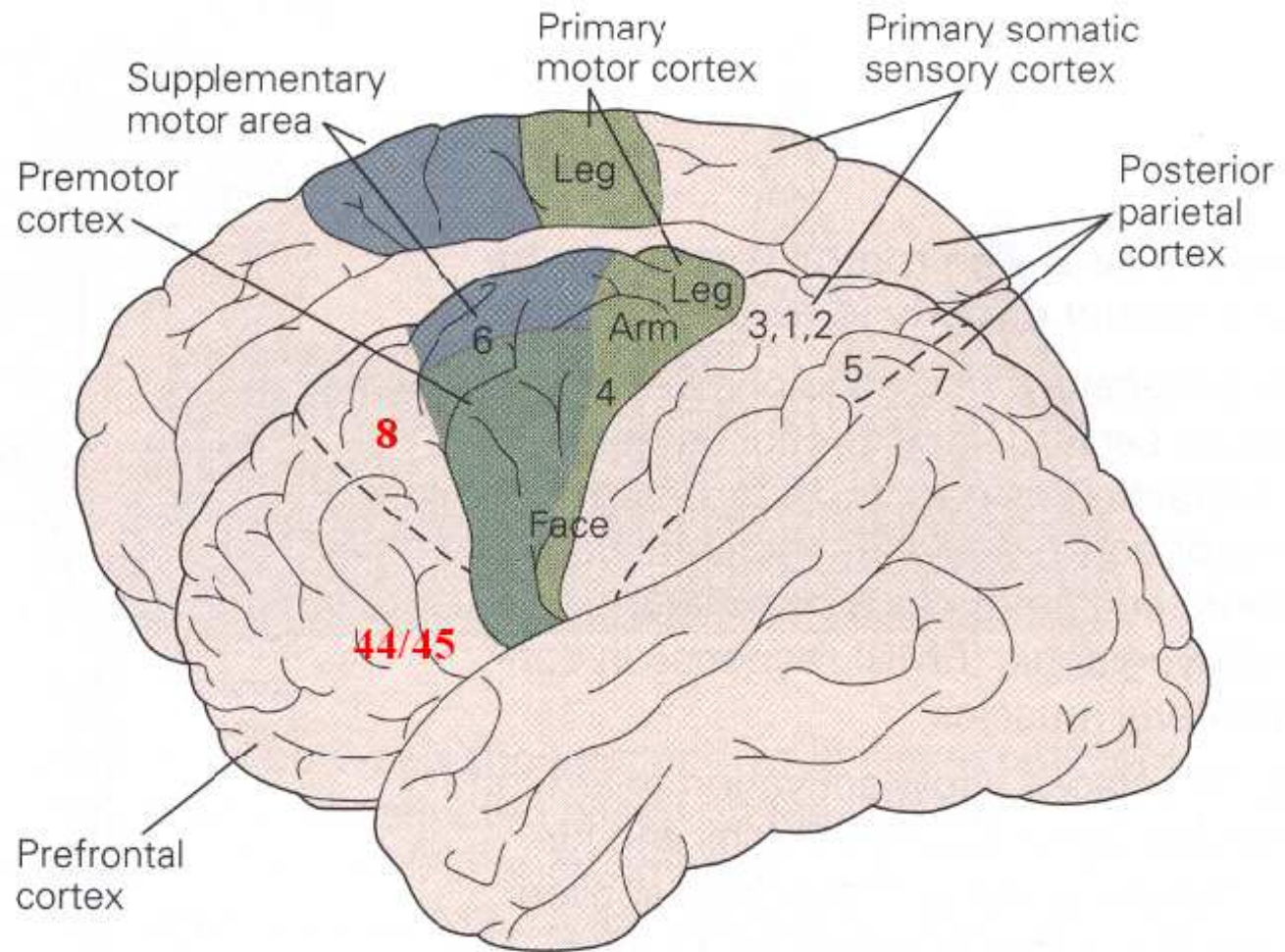
Vyššie motorické oblasti kôry

Mediálna premotorická oblasť (mediálna BA 6) sa nazýva **doplnková motorická oblasť (supplementary motor area – SMA)** a je dôležitá pre plánovanie vnútorne vôľou generovaných pohybov a mentálne prehrávanie pohybov



Vyššie motorické oblasti kôry

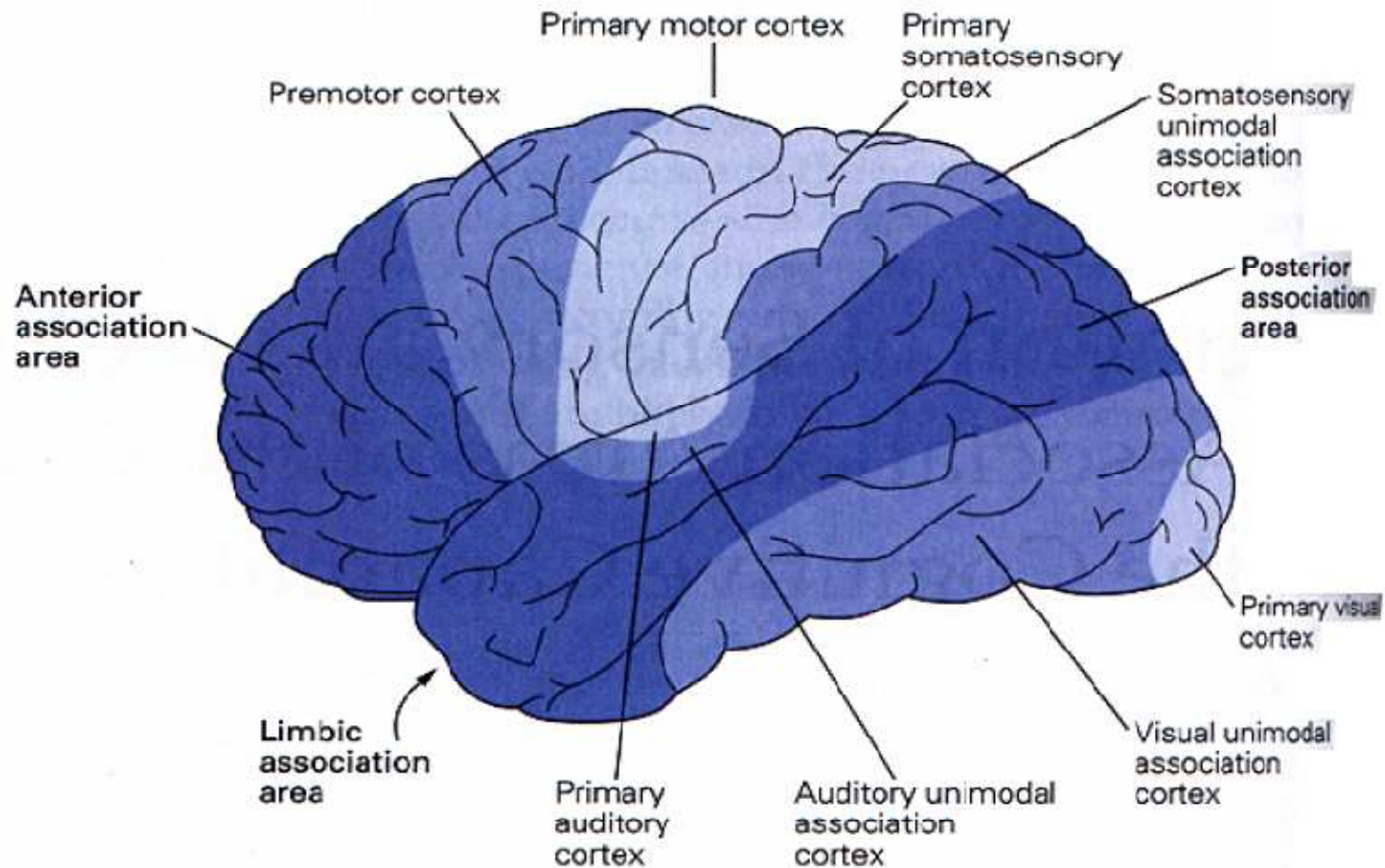
Brodmannova oblasť 8 (frontálne očné polia) a BA 44/45 je možné považovať za premotorické oblasti špecializované na riadenie pohybu očí (8) a reč (44/45)



Parietálna a temporálna asociačná oblasť

Parietálna asociačná oblasť slúži na priestorovú reprezentáciu („kde“) a to pre vonkajšie ciele tak aj pre časti tela

Temporálna asociačná oblasť sa o. i. podieľa na jazykových schopnostiach a na rozpoznávaní objektov („čo“).



Posteriórny parietálny kortex a priestorová reprezentácia

Poškodenie posteriórneho parietálneho kortexu môže viesť k **agnózii**, t.j., k neschopnosti vnímať/rozpoznať objekty napriek tomu, že senzorické kanály sú inak neporušené. Pri **astereognózii** človek nie je schopný pomenovať tvar objektu na základe hmatu. Navyše, pacienti často ignorujú ľavú stranu svojho tela (napr. pri umývaní, obliekaní, alebo sú prekvapení, keď “pri sebe v posteli nájdu svoju ruku“ – **syndróm osobného zanedbania**).

Hemifield neglect (zanedbanie polpriestoru) – pri poškodení pravého posteriórneho parietálneho kortexu; pacienti si nie sú vedomí ľavej strany vonkajšieho (extrapersonálneho) priestoru (vrátane zapamätaných alebo predstavovaných situácií)

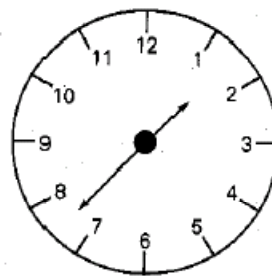
HN objavil taliansky neurológ, ktorý si všimol, že pacienti s poškodením pravej parietálnej časti mozgu si vedia spomenúť len na jednu polovicu milánskeho námestia, ktoré si mali predstaviť.

Posteriórny parietálny kortex a priestorová reprezentácia

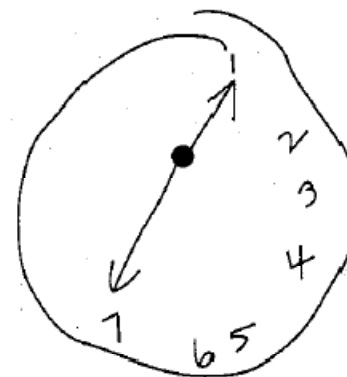
Pravý stĺpec: kresby pacienta s poškodeným pravým PP kortexom. Úlohou pacienta bolo prekresliť vzory na ľavej strane.

Aj keď pacienti objekty naľavo „nevidia“ (aj keď ich vizuálna dráha je nedotknutá), napriek tomu ich vedia rozpoznať.

Model



Patient's copy



Posteriórny parietálny kortex a priestorová reprezentácia

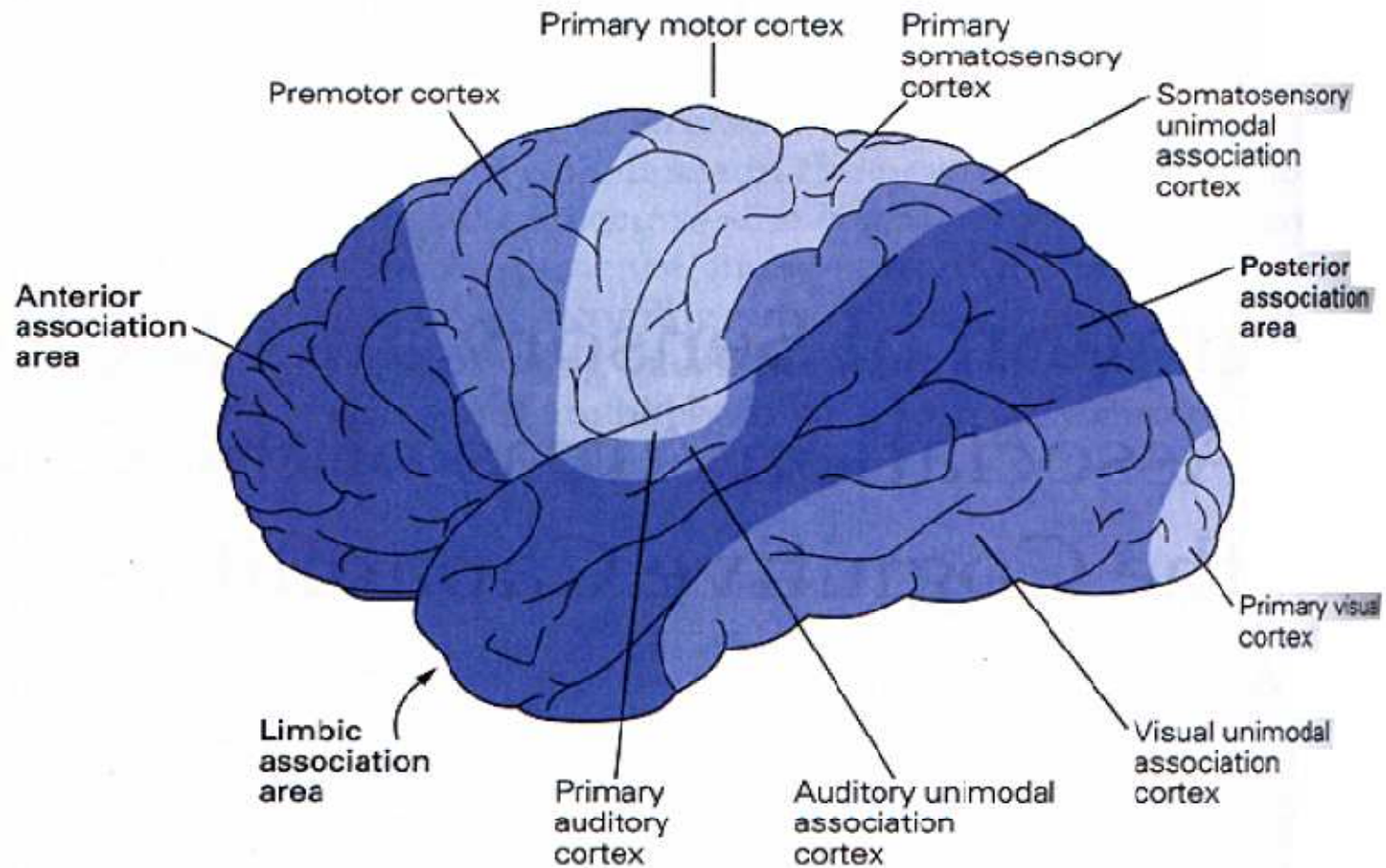
Autoportréty pacienta s hemifield neglectom 2 mesiace po infarkte (vľavo hore), 3.5 mesiaca (vpravo hore), 6 mesiacov (vľavo dole) a 9 mesiacov po infarkte (vpravo dole)



Video neglect a extinction

Frontálna asociačná oblasť

je dôležitá pre vedomé plánovanie zložitých činností, potlačenie nesprávnych činností a vyššie lingvistické funkcie



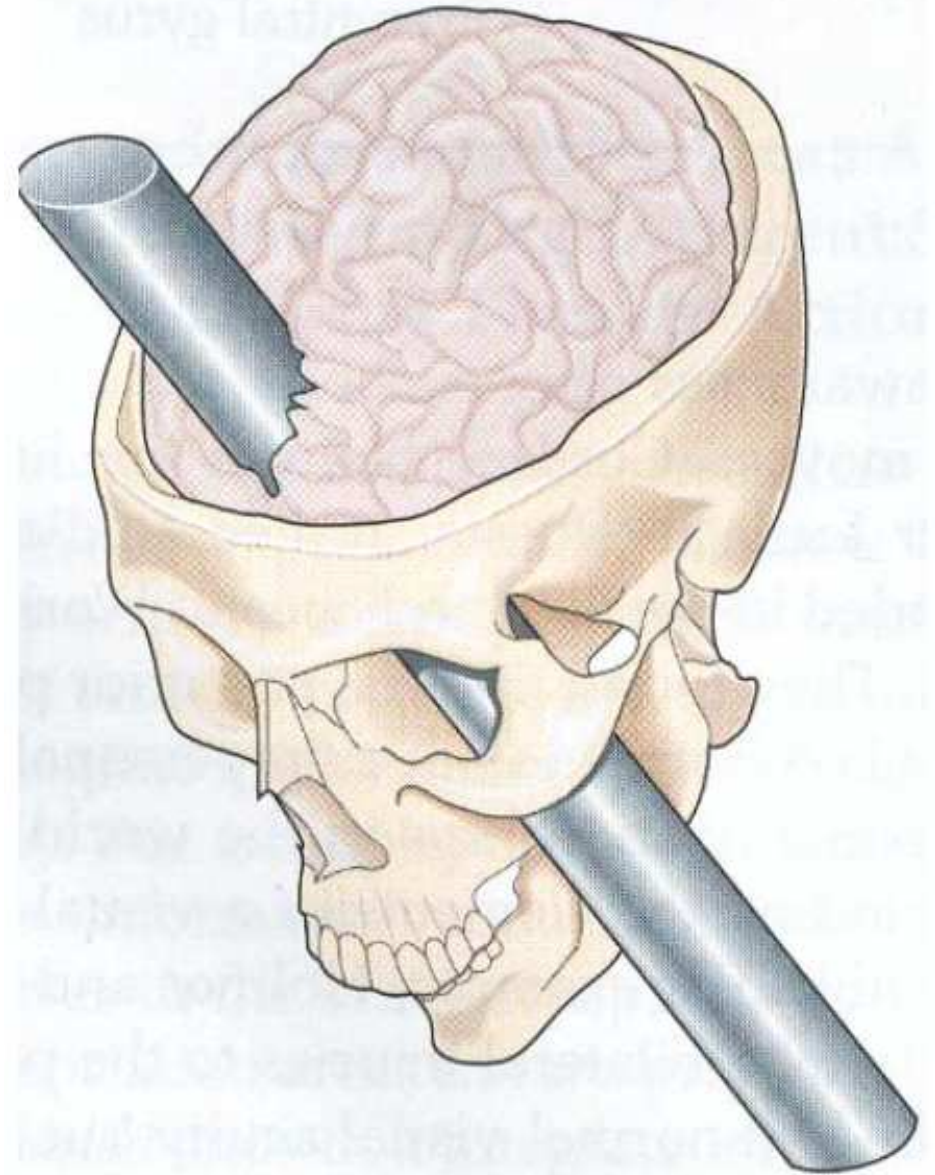
Frontálna asociačná oblasť

Phineas Gage, železničný stavbár, ktorý v.r. 1848 nechal spadnúť železnú tyč na skalú, na ktorej bol pušný prach.

Pušný prach sa vznietil a spôsobil, že tyč prerazila Gagovu sánku a prerazila aj frontálnu asociačnú oblasť mozgu (lebka vystavená na Harvarde)

Gage prežil.

Jeho osobnosť sa zmenila z príjemného a zodpovedného človeka na impulzívneho, otravného, neschopného zhodnotiť situáciu.



Zhrnutie

Metódy a prehľad
mozgových oblastí

Na budúce

Neurón