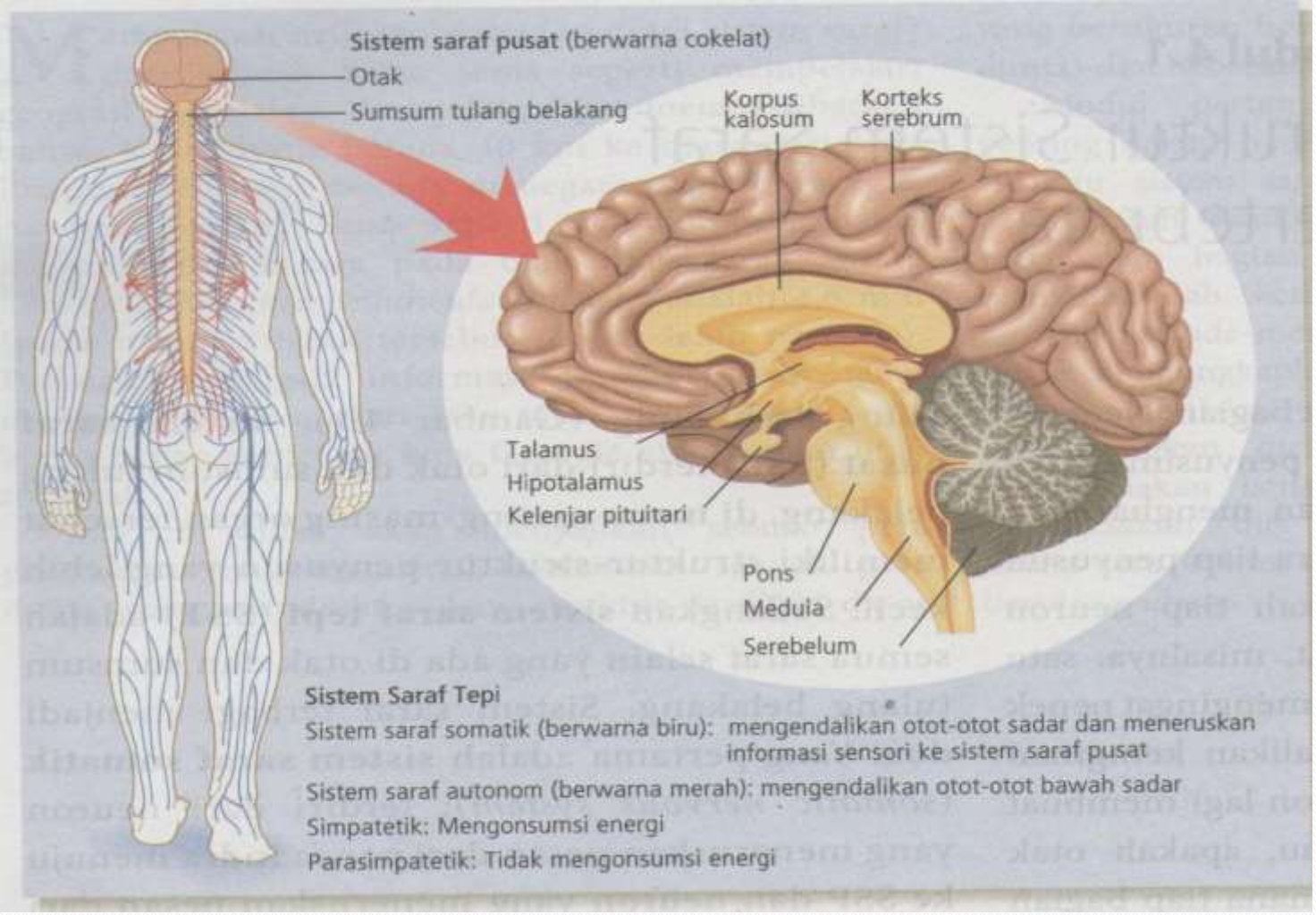
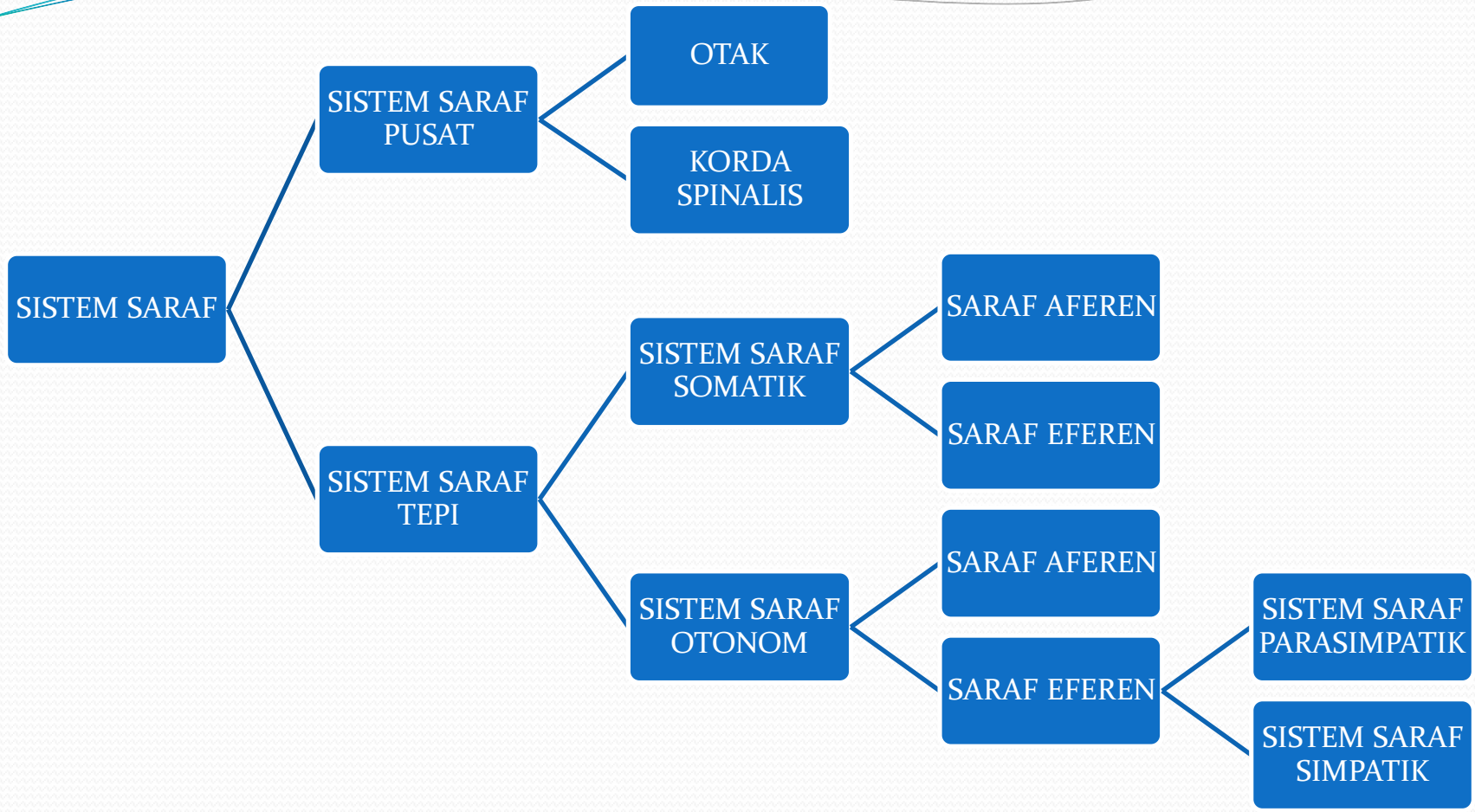
SISTEM SARAF OTAK MANUSIA

Struktur sistem saraf vertebrata

Sistem saraf manusia (ilustrasi belahan kanan)




SISTEM SARAF
SISTEM SARAF PUSAT
OTAK
KORDA SPINALIS
SISTEM SARAF TEPI
SISTEM SARAF SOMATIK
SARAF AFEREN
SARAF EFEREN
SISTEM SARAF OTONOM
SARAF AFEREN
SARAF EFEREN
SISTEM SARAF PARASIMPATIK
SISTEM SARAF SIMPATIK

Organisasi dan fungsi sistem saraf
Sistem Saraf Tepi (SST)

- → penghubung ssp dg reseptor sensorik dan efektor motorik

Struktur saraf tepi :

- Terdiri atas ribuan serabut saraf yang dikelompokan dalam dlm ikatan2 yg masing2 kelompok dibungkus oleh jaringan ikat.
- Setiap kelompok mempunyai fungsi yg berbeda : (sensorik & motorik), target yg berlainan.
- Setiap serabut saraf merupakan sebuah akson dr neuron sensorik, neuron motorik atau otonom perifer.
- Type serabut saraf : type A (diameter besar, bermielin, penghantar rangsang cepat, 120m/dtk), type C (diameter kecil, tdk bermielin, penghantar rangsang lambat,<1 m/dtk mengkonduksi nyeri dan bersifat otonom.

Saraf Kranial dan Spinal

- Serabut saraf perifer langsung berhubungan dg otak melalui saraf kranial dan korda spinalis melalui saraf spinal.
- Saraf kranial yg keluar dr otak terdiri dari 12 ps saraf , dinamai dengan urutan angka Romawi I-XII.

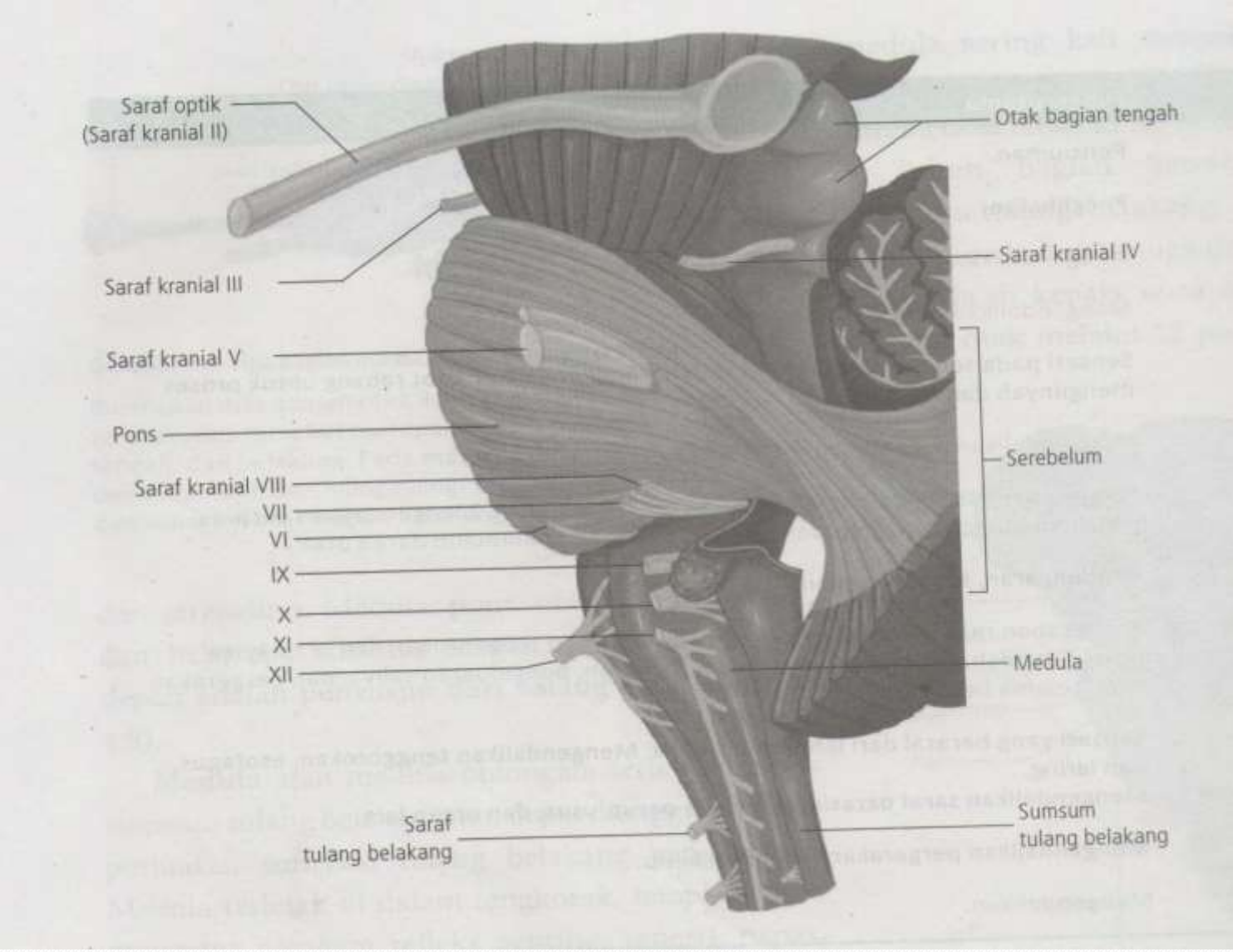
  N.I : olfaktorius N. II : optikus N.III : okulomotorius

  N.IV : trochlearis N.V : trigeminus N.VI : abdusen

  N.VII: fasialis N.VIII: vestibularis N.IX : glossofaringeus

  N. X : vagus N.XI : asesorius N.XII : hipoglossus
- Saraf spinal terdiri dari 31 pasang saraf yang keluar dari korda spinalis yg merupakan persatuan dua akar spinal . Sesuai dr tempat keluarnya saraf spinal terdiri atas : 8 ps saraf servikal, 12 ps torakal, 5 ps lumbal, 5 ps sakral, 1 ps koksigeal.

Pasangan saraf kranial



Sistem motor tepi terdiri dari

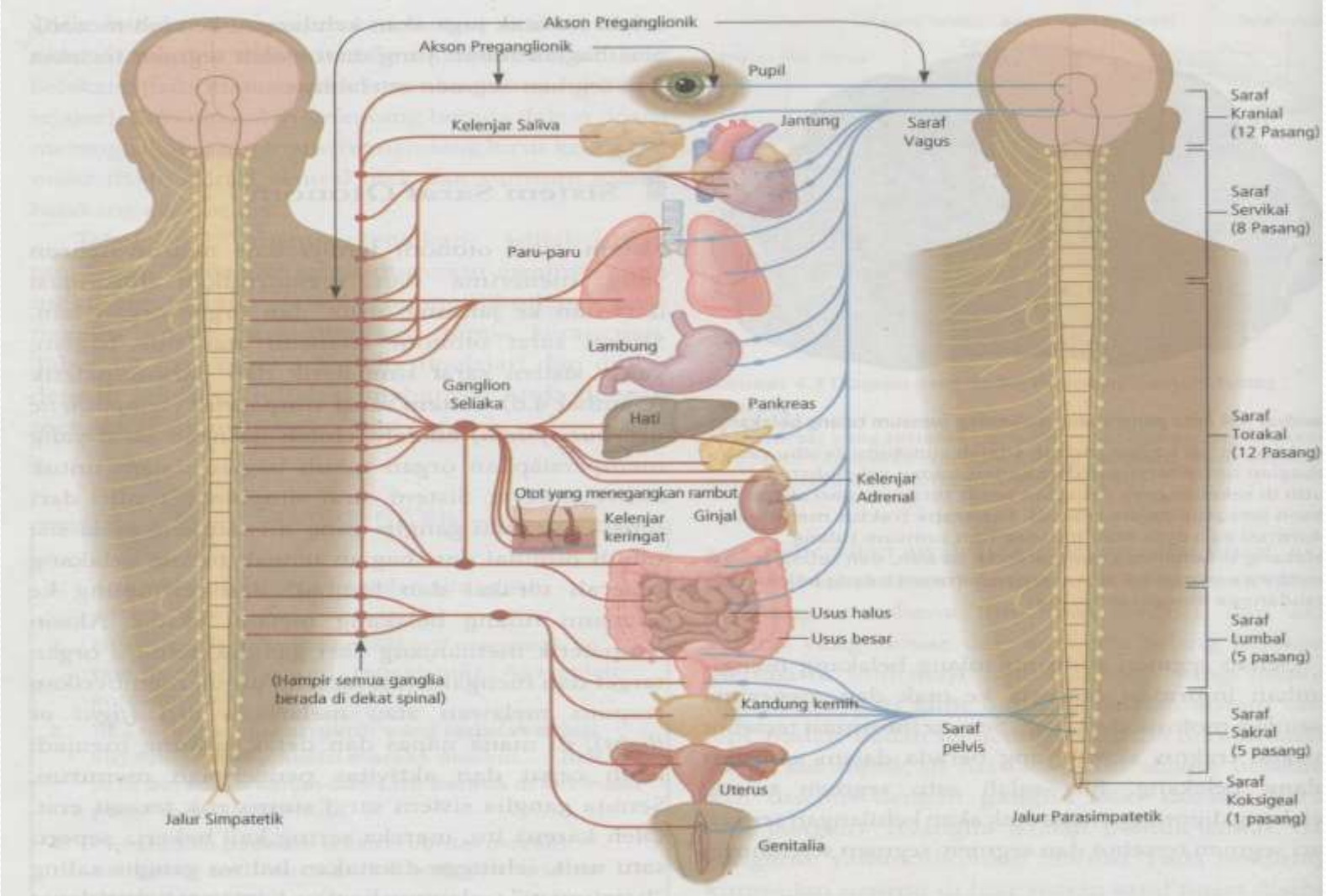
- → sistem saraf somatik, fungsinya mengendalikan otot-otot sadar / volunter (otot skelet) dan meneruskan informasi ke ssp

→ sistem saraf otonom, fungsinya mengendalikan otot-otot bawah sadar / involunter(otot polos (viscera)& kelenjar.

Terdiri dari :

- -> sistem saraf simpatik (sympathetic nervous system), jaringan saraf yg mempersiapkan organ tubuh bagian dalam utk aktifitas berat.
- -> sistem saraf parasimpatik (para sympathetic nervous system, mempersiapkan organ utk memberi respon vegetatif yg tidak mendesak.

- Sistem saraf simpatik dan parasimpatik



Gambar 4.6 Sistem saraf simpatetik (garis warna merah) dan sistem saraf parasimpatetik (garis warna biru)

Sistem Saraf Pusat (SSP)

- →Otak (pusat atas/ higher center)
  →Sum-sum tl belakang (korda spinalis/pusat bawah/ lower center)
- Fungsinya : memproses informasi sensorik, mengintegrasikan dg pengalaman utk memberi komando motorik agar bereaksi secara tepat.

Organisasi korda spinalis / sum-sum tl belakang

- Letak nya memanjang dalam kolom invertebralis dari leher sampai lumbal
- → Fungsi korda spinalis ada 2 yaitu :

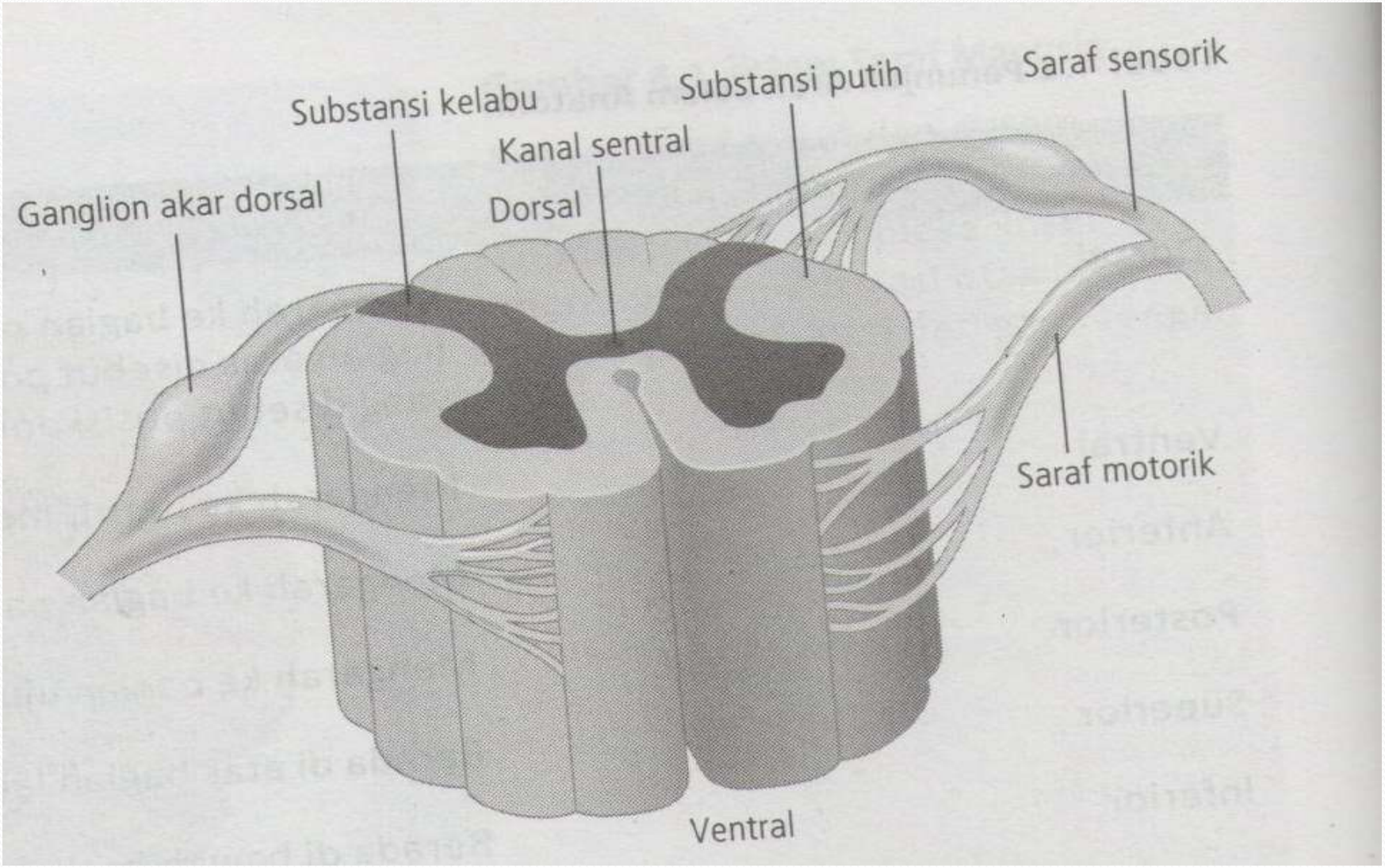
  1. Pusat saraf, mengintegrasi sinyal scr langsung.
  2. Pusat perantara saraf (stasiun/pemancar), antara saraf tepi dan otak. Semua komando motorik volunter maupun involunter dikomunikasi kan pd pusat motorik spinal utk diproses sebelum dikirim ke otot. Begitu juga sinyal sensorik dr reseptor perifer ke pusat otak hrs dikomunikasikan ke pusat sensorik spinal
- Akar dorsal membawa informasi sensorik
- Akar ventral membawa informasi motorik
- Badan sel neuron sensorik berada dalam kelompok di luar sumsum tl belakang dan disebut ganglia akar dorsal
- Penampang melintang korda spinalis :

  Substansia abu (menyerupai huruf H ditengah), ada 3 zona fungsional:

  1. Tanduk dorsal (posterior)
  2. Tanduk ventral (anterior)
  3. Zona tengah (interneuron)

  Substansia putih (akson bermielin)

Penampang melintang korda spinalis



Struktur dan fungsi otak

Bagian utama otak :

Otak bagian belakang (Hindbrain/Rhombencephalon)

→ Medulla , pons dan serebelum.

- Fungsi : medulla dan pons dengan bantuan saraf kranial mengendalikan pernafasan, denyut jantung, pencernaan dan fungsi vital lain.
- Medulla dan pons mengandung formasioretikular dan sistem raphe.
- Fungsi serebelum : mengendalikan pergerakan (keseimbangan & koordinasi)
- Medulla, pons, otak tengah dan beberapa struktur tengah otak bagian depan,, adalah penyusun batang otak

Otak bagian tengah (midbrain/mesencephalon)

→ tektum ('atap')dg 2 tonjolan : kolikulus superior dan kolikulus inferior.

→ tegmentum ('penutup') : nukleus saraf cranial III dan IV, sebagian formasio retikular, perpanjangan jalur otak depan dan korda spinalis atau otak bag. belakang, substansia nigra.

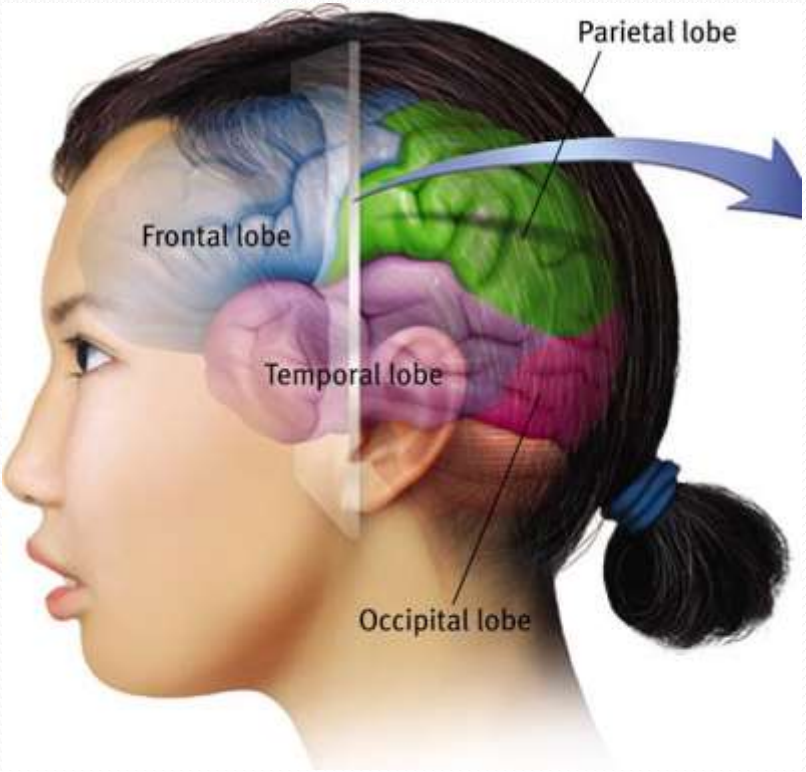
Otak bagian depan (forebrain /prosencephalon)

→Lap. Luar : korteks serebrum

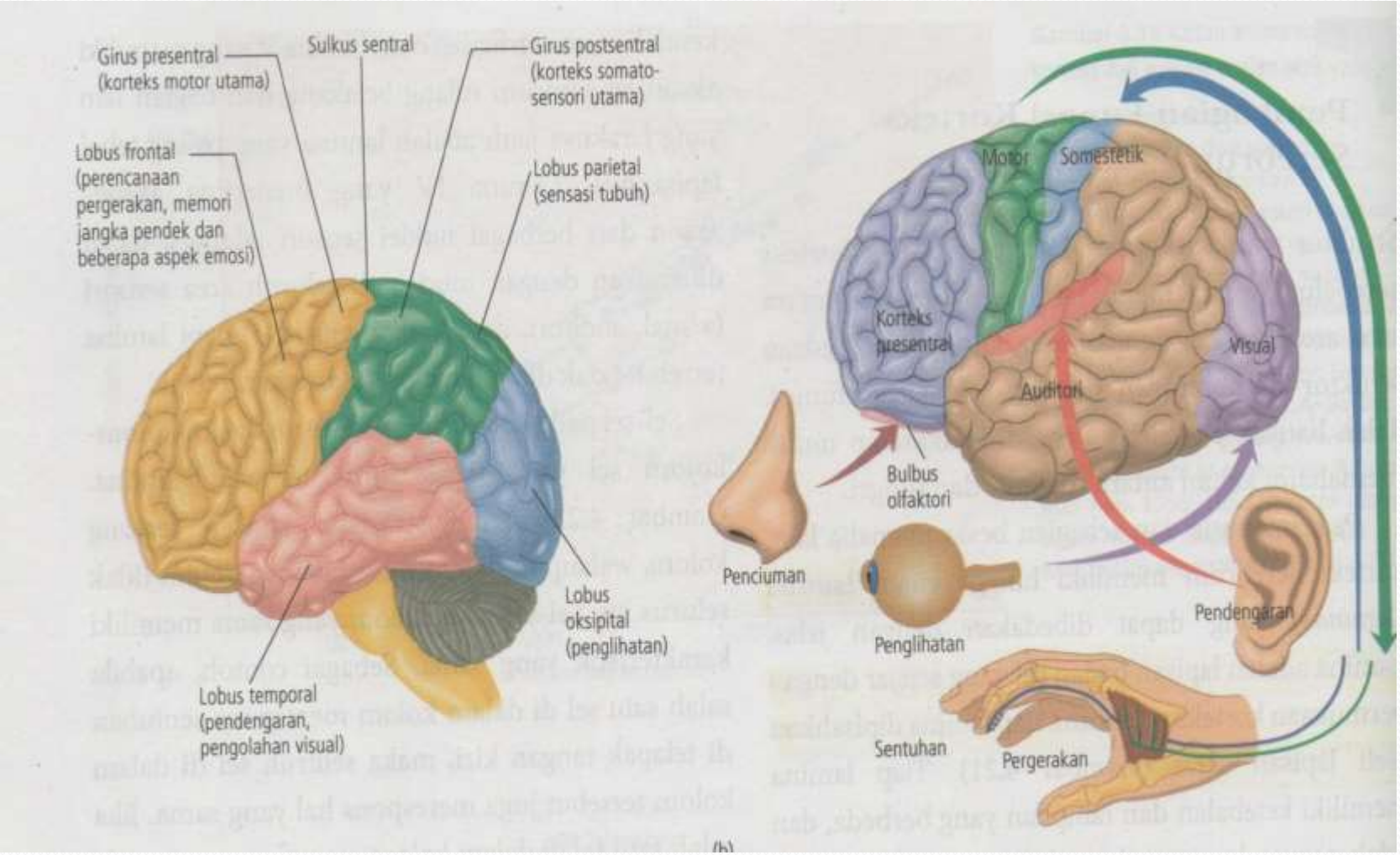
→lap bwh korteks : talamus, ganglia basalis (nukleus caudatus, putamen dan globus palidus), sistem limbik (bulbus olfaktori, hipotalamus,hipokampus, amigdala, dan gyrus singulatus korteks serebrum)

Struktur Korteks

Setiap hemisfer otak dibagi dalam 4 lobi oleh fisura yang jelas terlihat. Lobus ini adalah lobus frontal (dahi), parietal (puncak kepala belakang), oksipital (belakang kepala) dan temporal (sisi samping kepala).

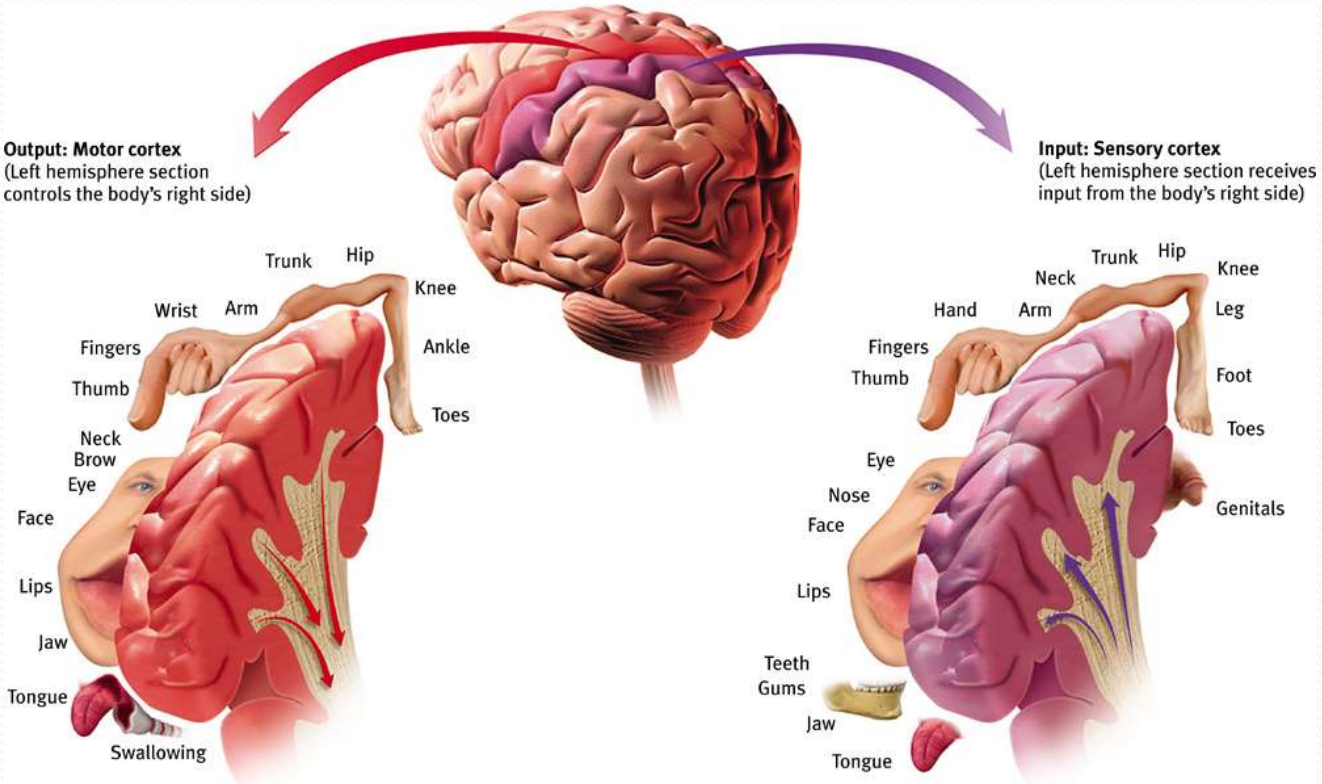


Berbagai area korteks serebrum



Korteks sensorik dan motorik

Korteks motorik merupakan area dibelakang lobus frontal yang mengendalikan gerak otot volunter . Korteks Sensorik (korteks parietal) menerima informasi dari permukaan kulit dan organ sensorik



Korteks serebrum

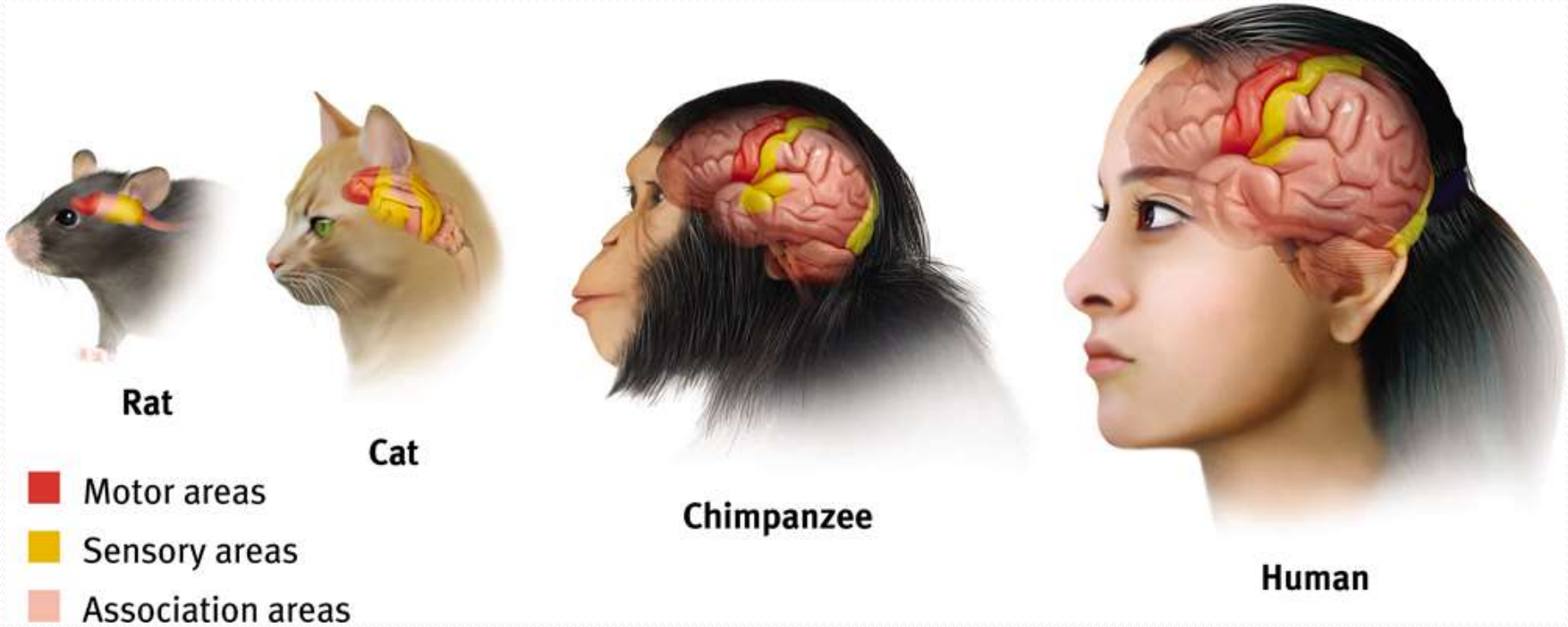
- → bagian yang paling terlihat dari otak mamalia dan terdiri dari lapisan sel-sel yang menutupi belahan (hemisfer) otak.
- Sel-sel korteks serebrum adalah substansia abu-abu/ nigra
- Akson-akson yang memanjang ke arah dalam adalah substansia putih/alba.
- Kedua hemisfer saling berkomunikasi melalui : korpus kalosum dan komisura anterior
- Korteks serebrum memiliki 6 lamina (lapisan badan sel yang sejajar dg permukaan korteks serebrum, tiap lamina dipisahkan oleh lapisan serat.
- Sel-sel korteks jg tersusun dalam kolom-kolom sel yg tegak lurus thd lamina.
- Ada 4 lobus yang diberi nama sesuai dg nama tl tengkoraknya, yaitu : Lobus oksipital, parietal, temporal dan frontal

- Lobus oksipital / korteks lurik (strate cortex)
  → ujung /kaudal posterior korteks.
  → penerima input visual dr nuklei talamus.
- Lobus parietal
  → diantara lobus oksipital dan sukus sentral, di posterior sulkus sentral trdpt gyrus postsentral / korteks somatosensori yang merupakan target utama sensasi sentuhan, dan informasi dr reseptor otot dan persendian.
  → memantau dan menerjemahkan informasi spasial : visual, auditori,kepala, posisi tubuh, dan meneruskan kebagian otak lain yg mengatur gerakan dan informasi numerik

- Lobus temporal
  → bagian lateral kedua belahan otak
  → target utama informasi auditori, berperan dlm pemahaman bahasa lisan (kiri), aspek penglihatan yg lebih kompleks termasuk persepsi gerakan dan pengenalan wajah, berperan dlm perilaku yg berkaitan dg emosi dan motivasi.
- Lobus frontal
  → memanjang dari sulkus sentral hingga batas anterior otak. Terdiri dari korteks prefrontal (depan) dan gyrus prasentral (belakang /korteks motorik primer/ KMP).
  → Lobus frontal menerima informasi dari semua sistem sensori pada bagian-bagian korteks prefrontal yang berbeda. Korteks prefrontal memiliki dendrit 16x lebih banyak dr korteks lain, shg dpt mengolah informasi sangat banyak. Korteks prefrontal berfungsi psikologis, proses belajar, merancang. Peran prefrontal penting dalam memori jangka pendek, kerja respons-tunda, mengikuti dua peraturan pd saat yg sama, perilaku sesuai konteks.

Area Asosiasi

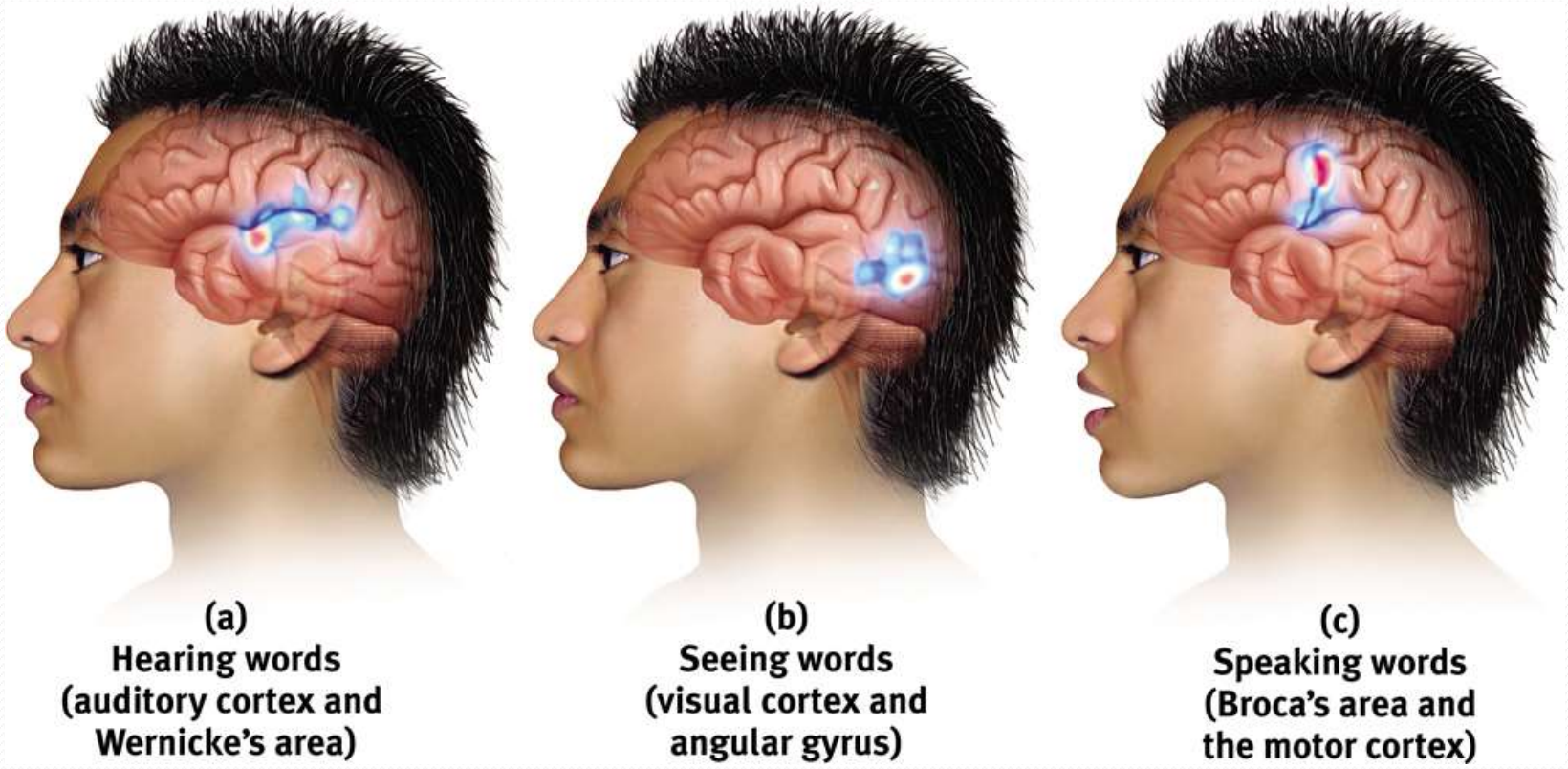
Makin pandai binatang makin tinggi kerja pusat asosiasi



Spesialisasi & Integrasi

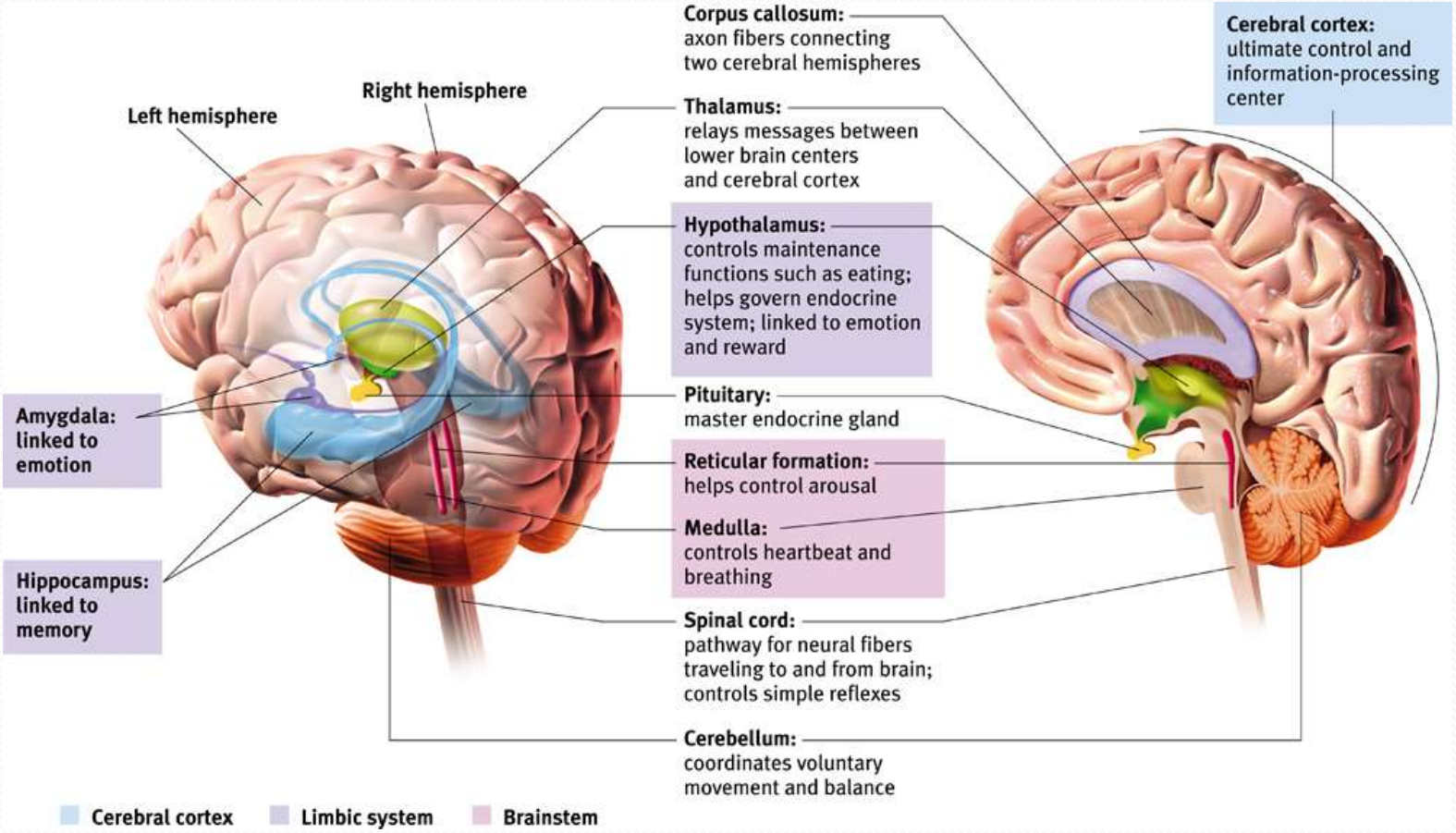
Aktivitas otak ketika mendengar, melihat kata-kata dan berbicara

Aktifitas otak tidak diolah oleh satu bagian pengolah



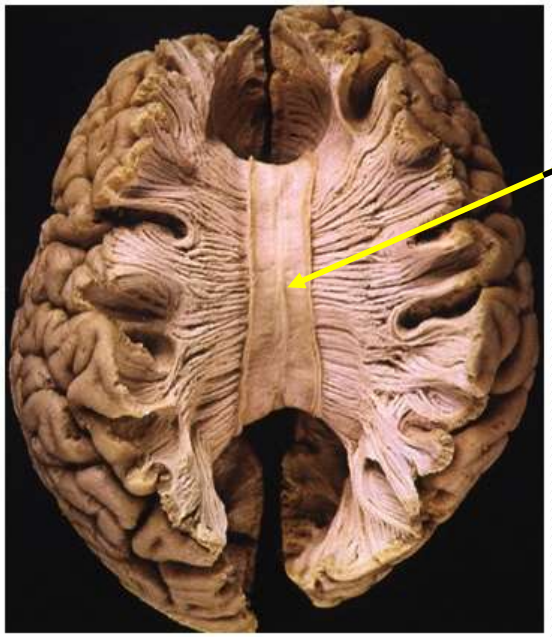
Hemisfer serebri

Korteks serebri : lapisan berisi serabut dan sel syaraf yang berinterkoneksi membentuk hemisfer serebri. Pengendali aktivitas seluruh tubuh dan pusat pemroses informasi .

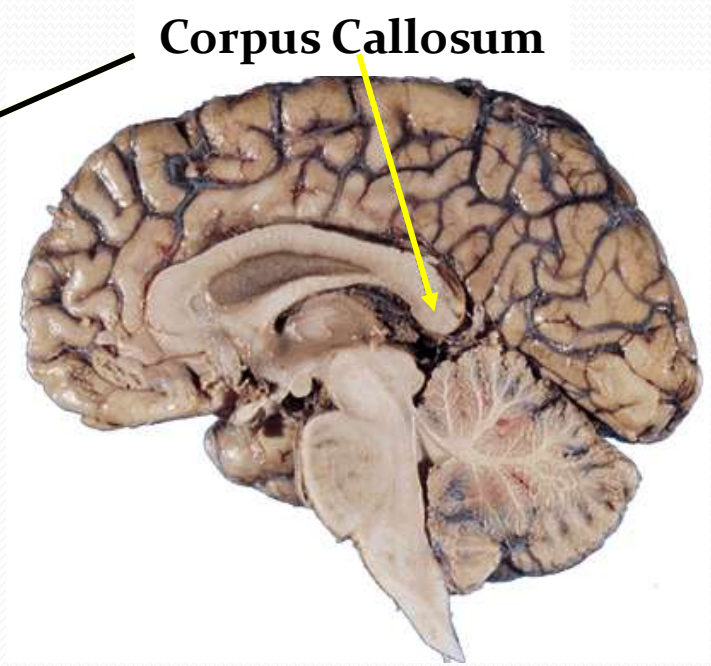


Korpus kalosum

Penghubung kedua hemisfer



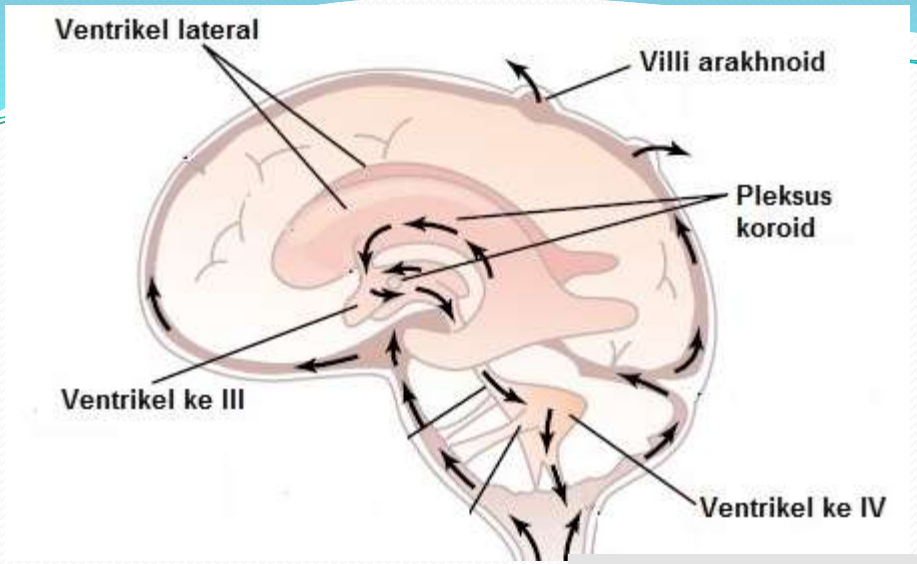
Courtesy of Terence Williams, University of Iowa

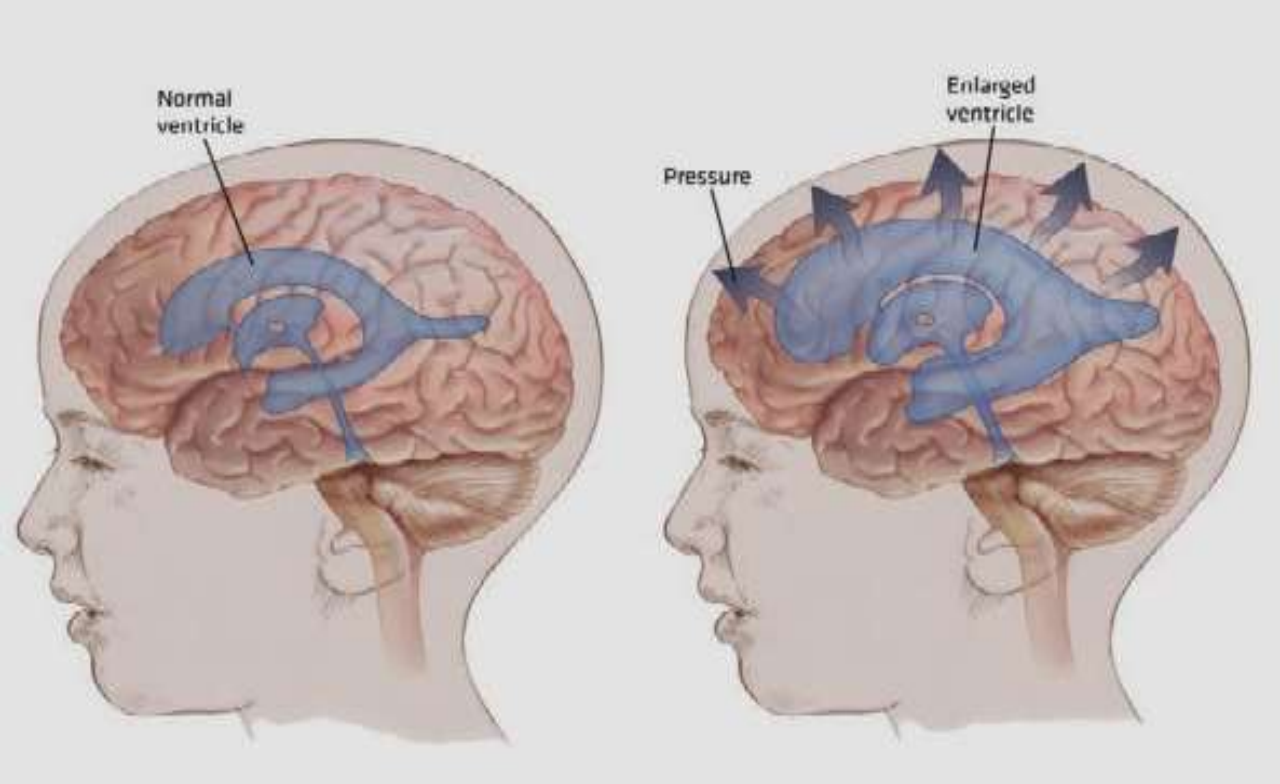


Martin M. Rother

Ventrikel serebrum

- Perkembangan sistem saraf diawali dari sebuah bentuk tabung yang mengelilingi kanal berisi cairan. Setelah dewasa terdapat : kanal sentral sumsum tl belakang (korda spinalis) dan ventrikel serebrum, dg 4 rongga berisi cairan yang ada di dalam otak. Ke4 rongga itu adalah : Ventrikel lateral (dikedua belahan otak) yang di arah posterior terhubung dg ventrikel ketiga, dan berlanjut ke ventrikel ke empat.
- Ventrikel serebrum dan kanal sentral mengandung cairan serebrospinal (css), cairan bening yang serupa plasma darah. Cairan ini dihasilkan oleh sekelompok sel pleksus koroid yang ada di tiap2 ventrikel serebrum
- CSS akan mengalir melalui ruang antar otak dan membran meninges tipis. (Meninges adl membran yang menyelimuti otak dan sumsum tl belakang.
- Ruang antar otak dan membran meninges disebut : subaraknoid
- CSS berfungsi melindungi otak dari guncangan kepala ketika bergerak dan mengurangi berat otak.
- Bila terjadi gangguan pada aliran CSS sehingga terakumulasi di ventrikel serebelum atau subaraknoid mengakibatkan hidrosefalus


Ventrikel lateral
Villi arakhnoid
Pleksus koroid
Ventrikel ke III
Ventrikel ke IV


Normal ventricle
Pressure
Enlarged ventricle

Perkembangan sistem saraf dan neuroplastisitas

Dari telur yang dibuahi menjadi anda .

Sistem saraf merupakan organ hidup yang plastis (dapat berubah), tumbuh dan berkembang terus menerus merespon program-program genetiknya dan interaksinya dengan lingkungan (pengalaman).

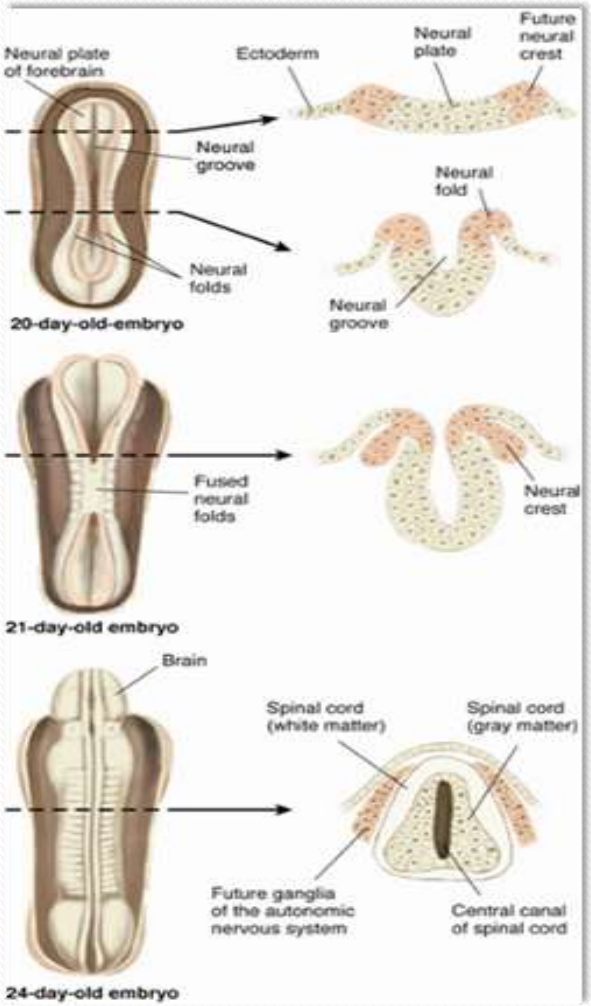
Perkembangan neural

- Berawal dari Zygot, hasil pertemuan ovum dan sperma yang berproliferasi melalui pembelahan sel
- Fase pembelahan sel (multiplikasi sel) harus diiringi dengan terjadinya :
- 1. Diferensiasi sel menjadi sel otot, sel neuron multipolar, sel glial dsb.
- 2 . Menuju tempat yang tepat dan menyelaraskan diri dengan sel-sel yang berada disekitarnya untuk membentuk struktur tertentu
- 3. Harus menjalin hubungan yang fungsional.

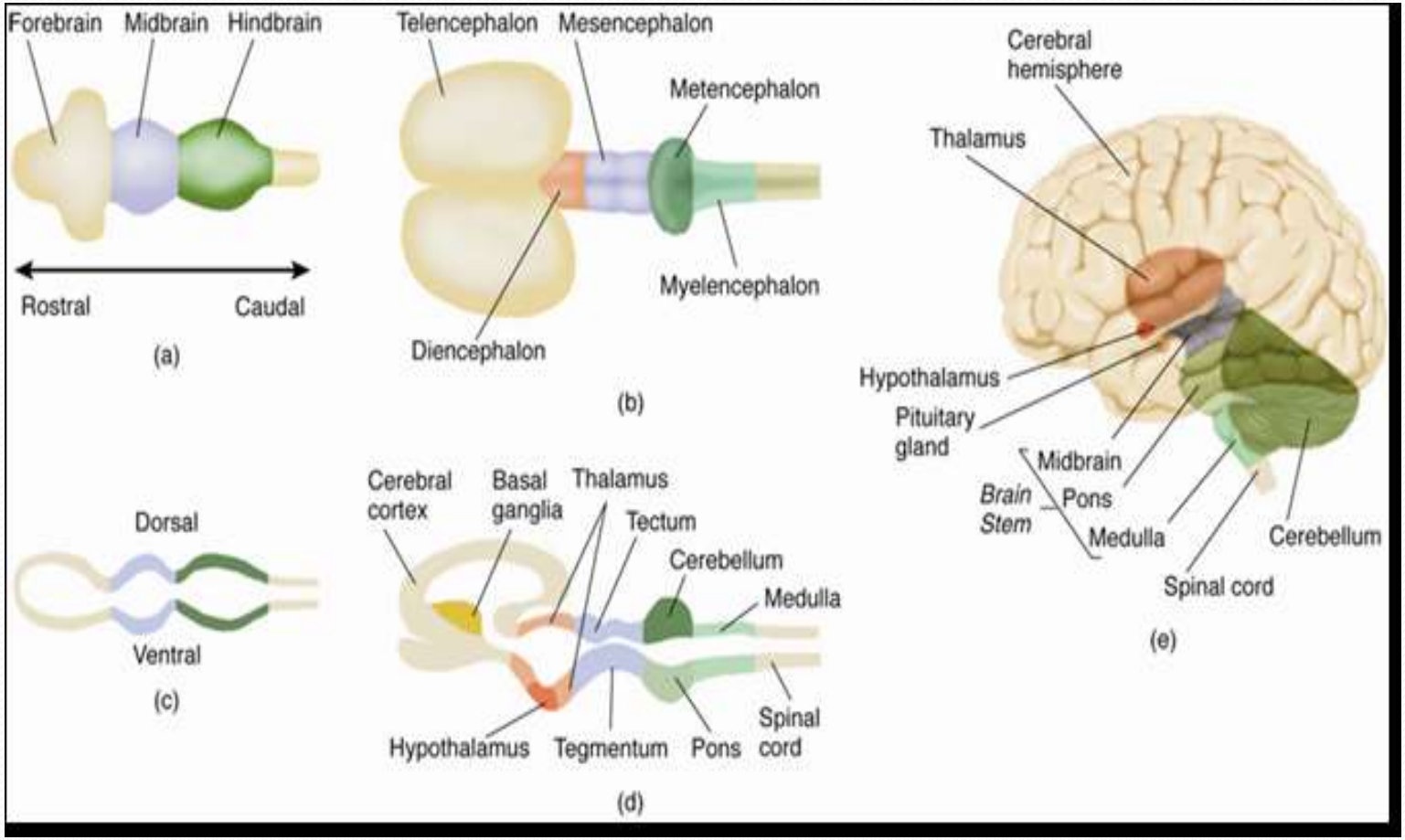
5 Fase perkembangan neuron :

1. Induksi lempeng neuron

- Diinduksi oleh sinyal kimia dari mesoderm
- Sel awal embrio bersifat totipoten, lalu multipoten. Steam sel → glial steam cells & neuron steam cells
- neural groove, neural tube (serebral ventrikel, spinal canals)
- 40 hari setelah konsepsi berkembang menjadi otak depan, otak tengah dan otak belakang



Perkembangan otak



2. Proliferasi neural

- Tidak terjadi secara simultan, sebagian besar terjadi di zona ventrikuler, daerah yang berdekatan dengan ventrikel
- Pengorganisasian dari floor plate (permukaan anterior pelat) dan roof plate (permukaan dorsal tuba)

3. Migrasi dan agregasi

→ Migrasi ke lokasi target yang tepat dan selama proses migrasi sel masih belum matang. Ada 2 jenis :migrasi radial & migrasi tangensial. Ada 2 metode : translokasi somal dan migrasi yang di mediasi glial

→Agregasi : menyelaraskan diri dengan neuron-neuron lain yang sama-sama sedang berkembang untuk membentuk struktur-struktur sistem saraf.

Migrasi dan Agregasi diduga dimediasi oleh Cell Adhesion molecules (CAM)

4. Pertumbuhan akson dan pembentukan sinapsis

- Setelah bermigrasi dengan posisi yang tepat, mulai tumbuh akson dan dendrit dengan ujung-ujung growth cone yg membentuk jari-jari sitoplasmik (filopodia)
- Setelah mencapai target yang tepat akson membangun pola sinapsis yang terkoordinasi minimal oleh dua neuron. Terjadi sinaptogenesis (pembentukan sinap-sinap baru) dan bergantung pada keberadaan sel-sel glial terutama astrosit karena saat pembentukan sinapsis membutuhkan kolesterol yang tinggi

5. Kematian neuron dan penataan ulang sinapsis

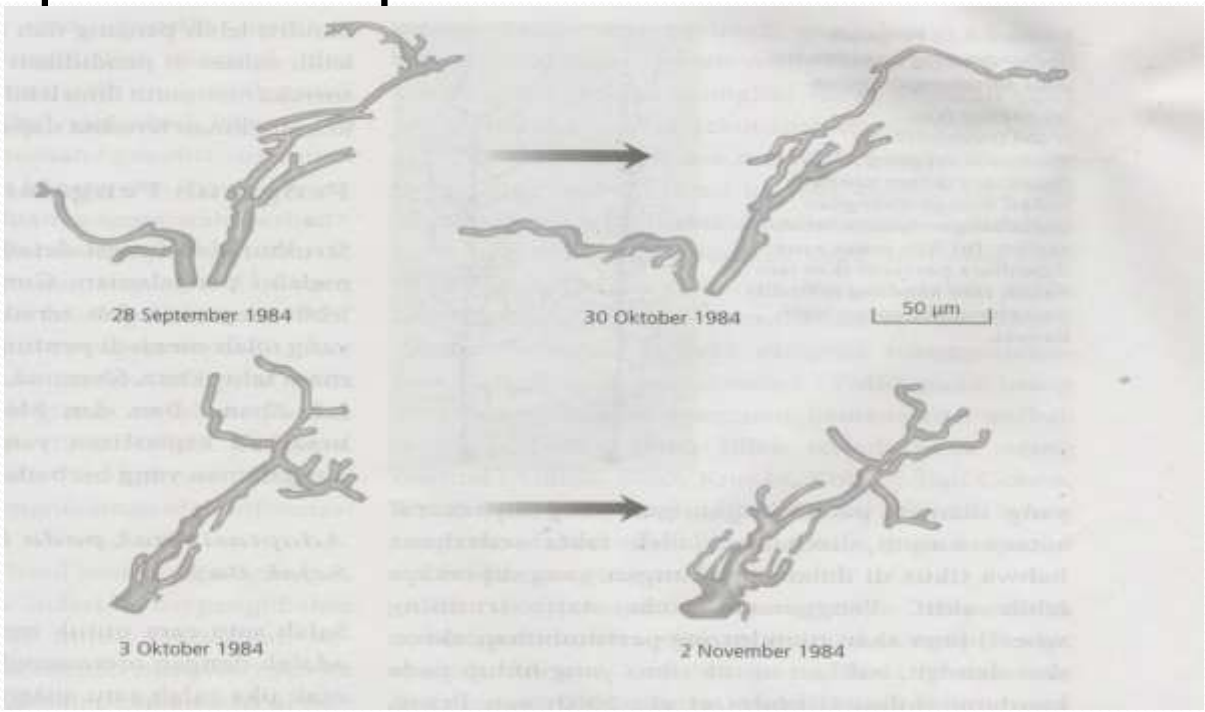
- Kematian neuron merupakan hal yang normal dan bagian penting dalam perkembangan neural, berdasarkan ***survival of the fittest*** krn neuron yang terbentuk 50% lebih banyak dari yang dibutuhkan.
- Untuk mempertahankan hidup terdapat neutrofin (Nerve Growth Factor/NGF) yang juga berperan untuk mendukung pertumbuhan, pemandu akson dan menstimulasi sinaptogenesis
- Kematian neuron terjadi secara aktif dengan bunuh diri (apoptosis), dan pasif (necrosis).
- Apoptosis lebih aman karena terprogram secara rapi dan tertib secara genetik.
- Efek kematian neuron terjadi penataan ulang sinapsis pada selektifitas transisi sinaptik

Perkembangan postnatal otak manusia

- Peningkatan ukuran otak bukan karena perkembangan neuron-neuron tambahan, kecuali di bulba olfaktori dan hipokampus
- Semua neuron yang menyusun otak manusia dewasa telah berkembang sejak 7 bulan perkembangan prenatal
- Pertumbuhan postnatal otak merupakan hasil sinaptogenesis, mielinisasi akson dan dendrit
- Perkembangan postnatal otak manusia tidak berjalan satu arah, ada perubahan regresif maupun pertumbuhan.

Pengalaman dan percabangan dendrit

- Akson dan Dendrit akan berubah-ubah bentuk sepanjang hidup. Ada yang bertambah panjang, bertambah pendek bahkan ada yg menghilang.
- Pengalaman akan mengendalikan jumlah dan tipe perubahan pada neuron



Efek pengalaman terhadap perkembangan neural

- Efek pengalaman tertentu tergantung pada kapan pengalaman itu terjadi selama perkembangan → periode kritis, periode sensitif
- Bila sirkuit neural telah terbentuk dan tidak digunakan mereka tidak akan bertahan hidup dan berfungsi dengan normal
- Terjadinya deprivasi dan pengayaan sensori akan mempengaruhi perkembangan neural
- Pengalaman dapat mempengaruhi ekspresi gen
- Pengalaman dapat mengubah fase perkembangan

Respon neuroplastisitas setelah kerusakan sistem saraf

- Kerusakan pada sistem saraf akan memicu 4 respon neuroplastis :
- 1. Degenerasi / deteriorasi
- 2. Regenerasi, neuron yang rusak tumbuh kembali
- 3. Reorganisasi
- 4. Pemulihan

Neuroplastisitas dan penanganan kerusakan sistem saraf

- 1. Memblokir neurodegenerasi
- 2. Membantu Regenerasi
- 3. Membantu pemulihan dari kerusakan CNS dengan neurotransplantasi (jaringan fetal, sel-sel tunas/stem cells)
- 4. membantu pemulihan dari kerusakan CNS dengan latihan rehabilitasi (kognitif dan fisik)

Neuroplastisitas pada orang dewasa

- Neurogenesis adalah pertumbuhan neuron-neuron baru
- Otak manusia mulai berfungsi sejak dalam kandungan dan tidak berhenti bekerja sampai seseorang berdiri untuk berbicara dimuka umum.
- Neurogenesis dapat terjadi di area bulba olfaktori dan hipokampus
- Pengalaman dapat mengakibatkan reorganisasi peta kortikal sensori dan motorik
- Penggunaan aktivator plasminogen jaringan (tPA) dalam kurun waktu 3 jam setelah serangan stroke iskemia dapat mengurangi kematian sel neuron dengan cara mencegah penggumpalan darah
- Secara teori pengurangan eksitasi berlebihan pada neuron dapat mengurangi kematian neuron. Namun pd manusia hasilnya belum memuaskan.
- Bila salah satu bagian otak rusak maka aktifitas bagian lain akan menurun. Obat stimulan dapat membantu memulihkan fungsi normal sel-sel yang tidak rusak tersebut.

- Akson yang dipotong dapat tumbuh kembali. Pada mamalia terjadi pada SST sedangkan pd ikan SSP dan SST. Pada manusia belum menunjukan kesuksesan.
- Bila suatu area pada SSP kehilangan input, akson lain mulai mengeksitasi area tersebut. Hal ini terjadi karena adanya pertunasan atau supersensitivitas denervasi. Pada kasus tertentu input yang abnormal itu menghasilkan sensasi aneh seperti phantom limb (sensasi anggota badan yang sudah tidak ada).
- Pemulihan fungsi (tubuh) setelah kerusakan otak sebagian besar tergantung pd proses belajar utk memanfaatkan fungsi yang tersisa dengan sebaik-baiknya. Banyak individu yg mengalami kerusakan otak dapat melakukan hal yg lebih banyak drpd yg diperlihatkan karena mereka menghindari penggunaan ketrampilan yg telah terganggu / sulit dilakukan