



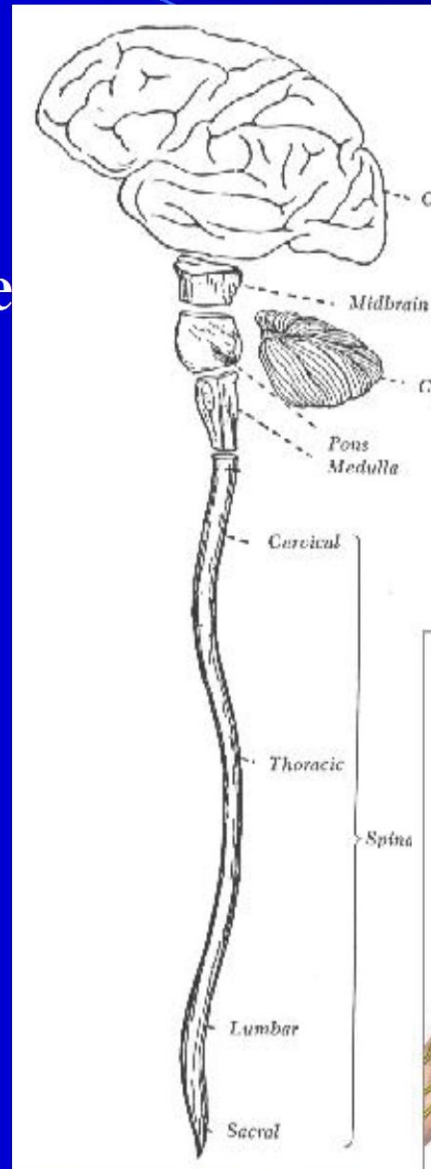
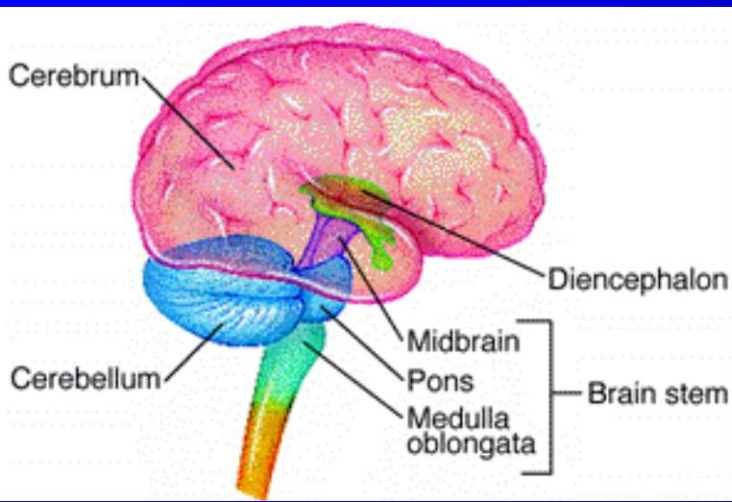
# **SISTEM MOTORIK**

**dr. Hadi Sarosa, M.Kes**  
**physiologist**

# SUSUNAN SARAF PUSAT

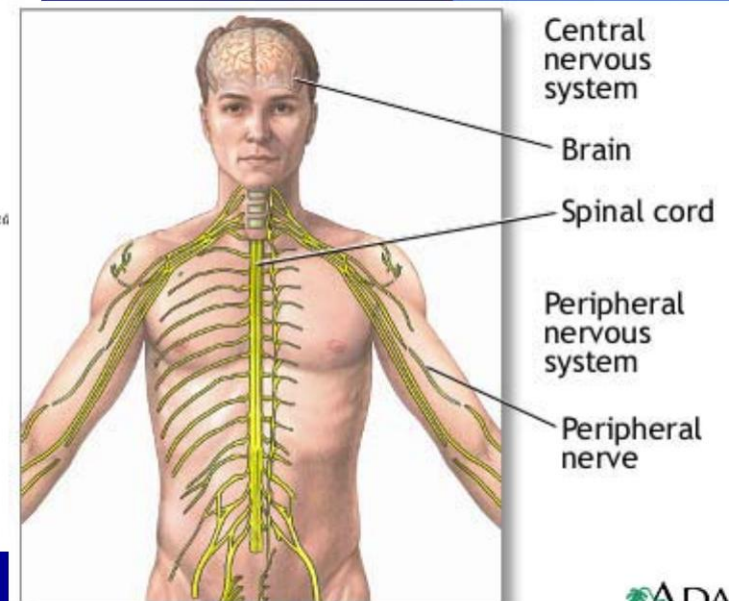
## ● OTAK

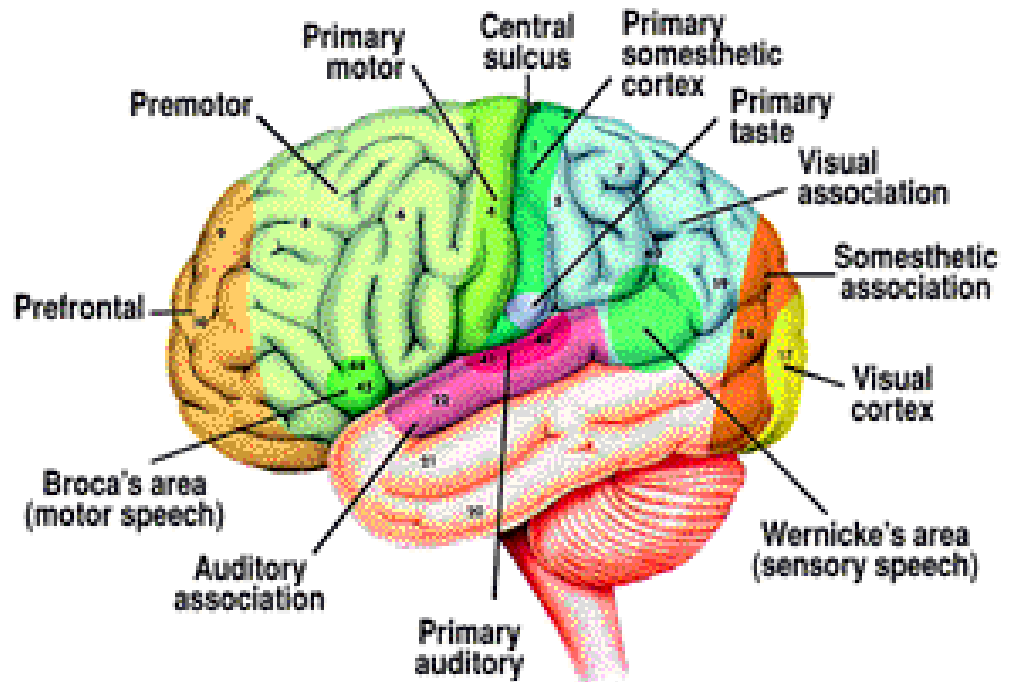
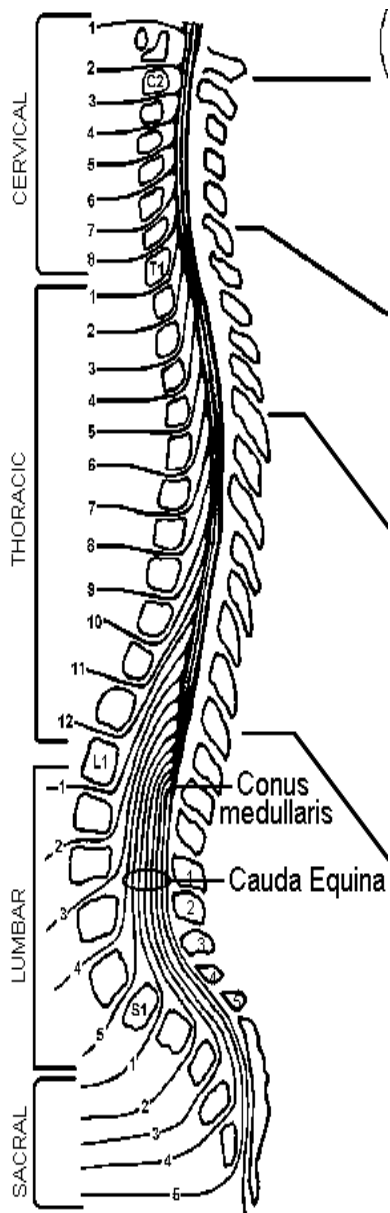
- Cerebral hemisphere (cortex)
- Diencephalon
- Cerebellum
- Batang otak



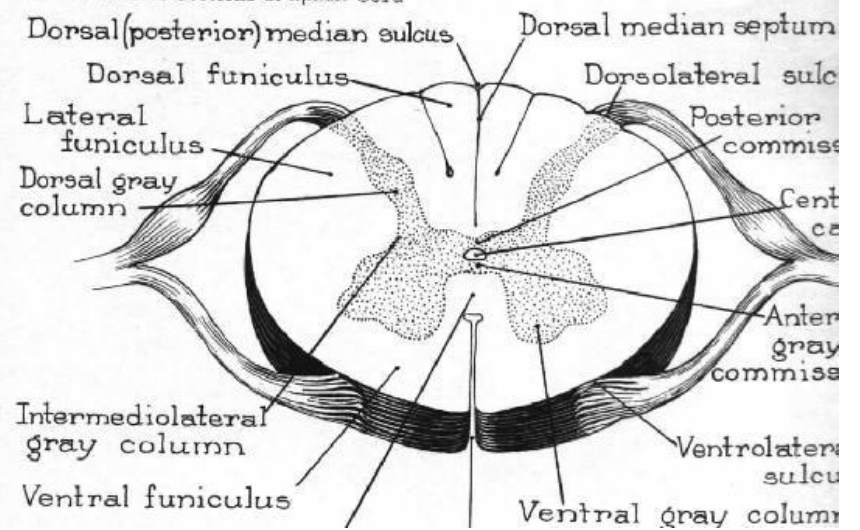
## ● Medula Spinalis

- Cervical
- Thoracal
- Lumbal
- Sacral





60 Transverse Sections of Spinal Cord



# Sistem neuro muskuler

- Pembagian I

- Sentral
  - otak
  - medulla spinalis
- Perifer (saraf & otot)

- Pembagian II

- Unsur saraf
  - Upper moto-neuron
    - Pyramidalis
    - Extra pyramidalis
  - Lower moto-neuron
- Unsur muskuli
  - Motor end plate
  - Otot skeletal

Pengetahuan dasar tentang anatomi dan fisiologi dari sistem neuro muskuler, sangat penting dalam menganalisa keluhan dan tanda-tanda dari gangguan motorik (lumpuh,lemah, kejang)

# Kortex Motoris

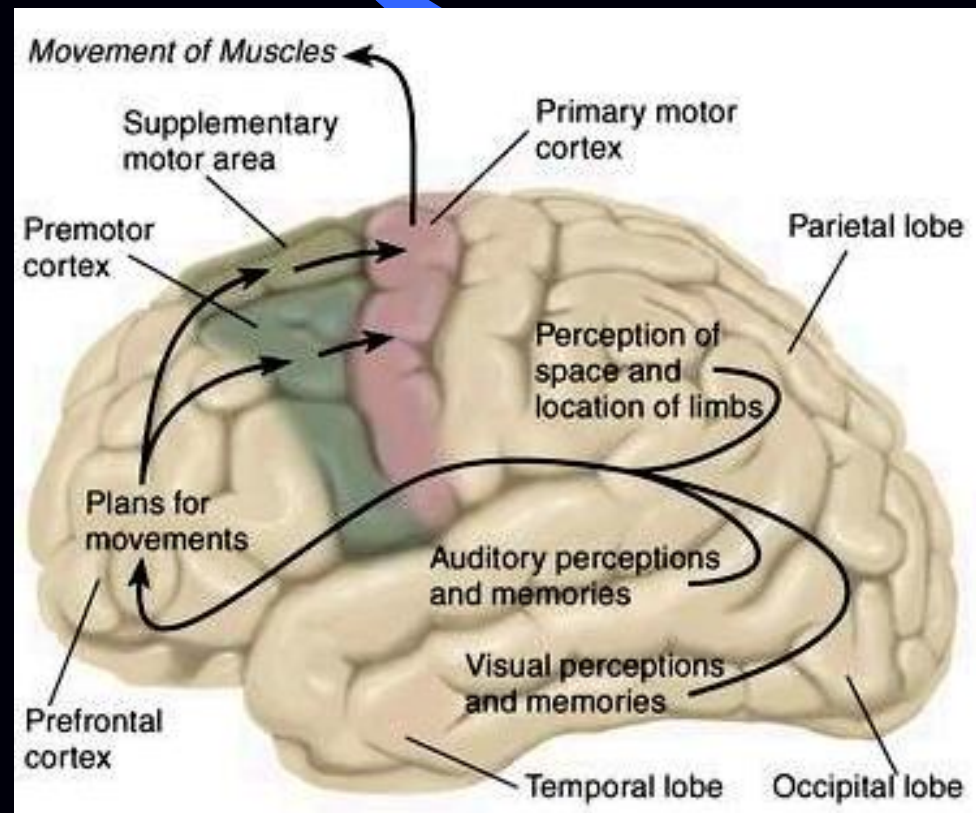
## Primer

Hasilkan impuls gerakan otot tangkas

- Sumber sinyal dari
  - Sensoris somatik didekatnya
  - Serabut subkortekek dari kontra lateral
  - Nukleus lateralis thalamus
  - Jaringan ekstra pyramidal

## Asosiasi

- Interpretasi jenis gerakan



# Proyeksi Motoris di hemisfer cerebri (somatotopik)

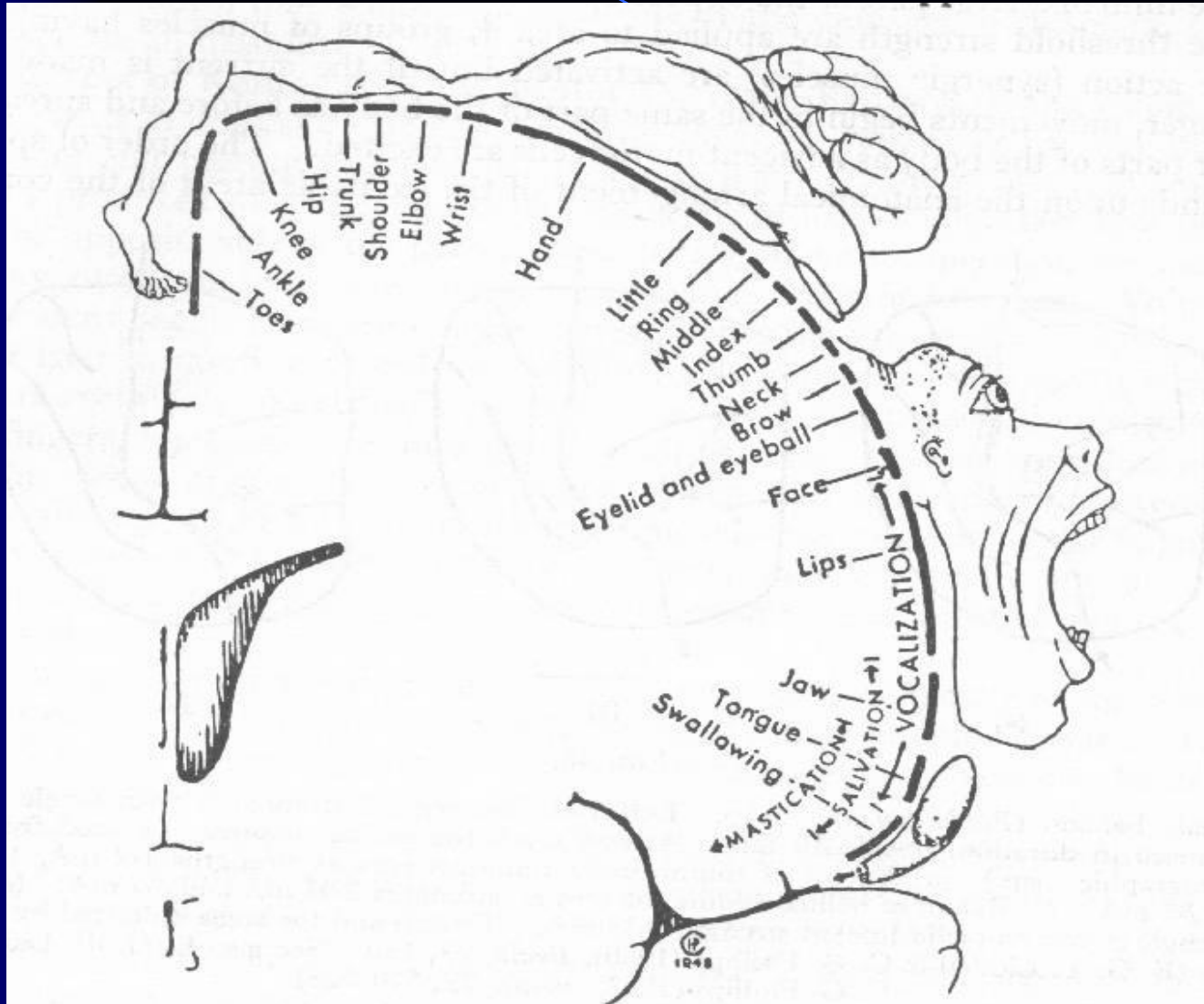


FIG. 48, 8

Motor homunculus. The motor homunculus is a representation of the human body on the cerebral cortex.

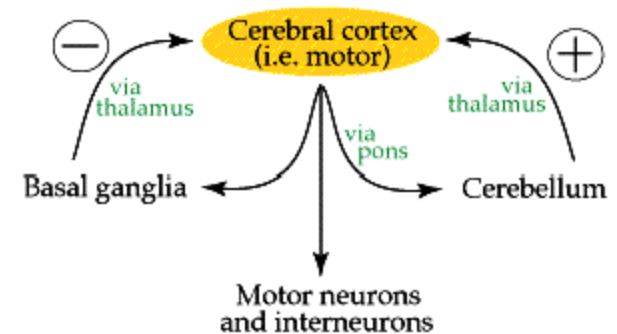
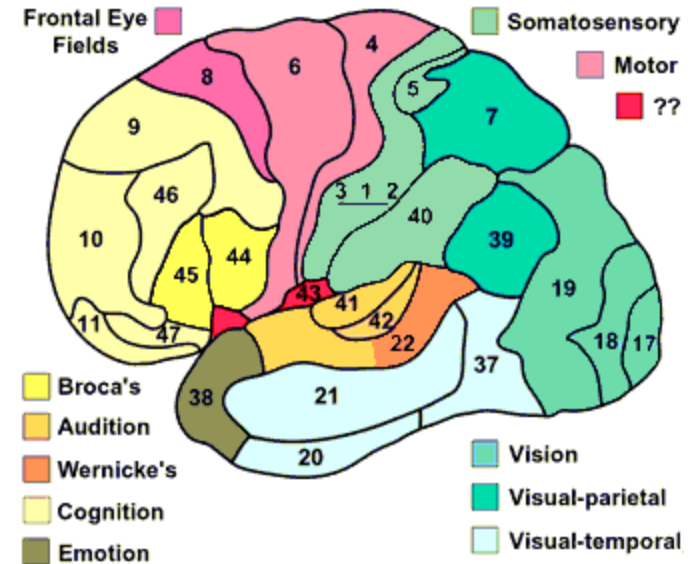
# Sistem Ekstrapiramidal

- Sebelum impuls sampai di motoneuron, akan mengalami berbagai pengolahan dan penggabungan di inti-inti yang tidak terkumpul pada satu daerah.
- Inti-inti yang menyusun
  - Area 4, area 6 dan area 8
  - Ganglia basalis mencakup nukleus kaudatus, putamen, globus pallidus, substansia nigra, korpus subthalamikus (Luysi), dan nukleus ventrolateralis thalami
  - Nukleus ruber serta substansia retikularis batang otak
  - Serebelum

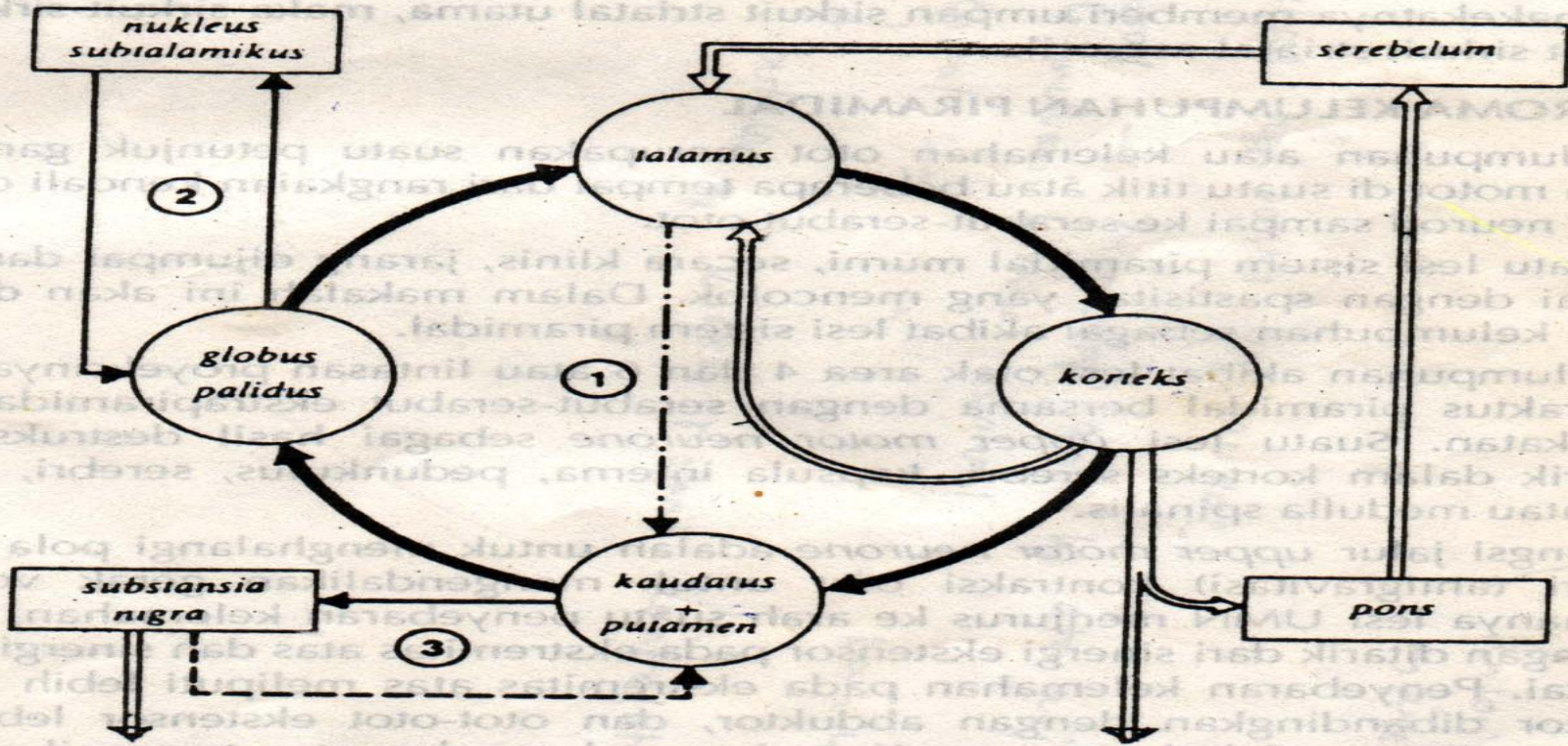
# Sistem Ekstrapiramidal

Impuls ekstrapiramidal yang ditimbulkan dari korteks motorik tambahan melalui pengolahan berbagai komponen ganglia basalis dan serebelum akan kembali korteks piramidal dan ekstrapiramidal

1. Impuls piramidal akan **membangkitkan suatu gerakan volunter**
  2. Impuls ekstrapiramidal akan **membangkitkan gerakan sekutu** yang memperlengkapi gerakan volunter
- Ada 3 macam lintasan melingkar







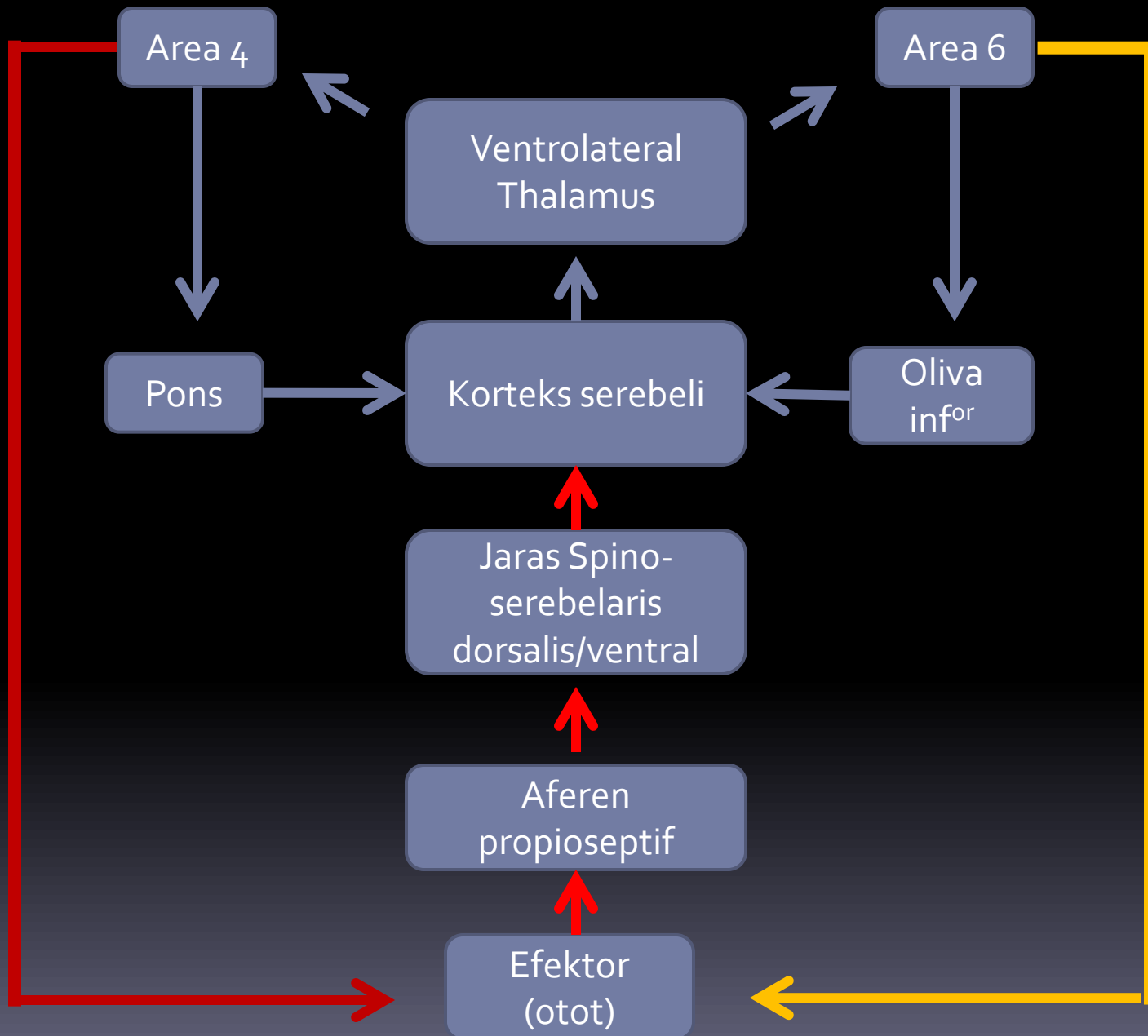
**Gambar 4. Gambar lintasan sirkuit ekstrapiramidal**  
 Angka 1, 2 dan 3 menandai sirkuit striatal asesorik  
 (dikutip dari Mahar M dan Priguna S)

# Sistem Ekstrapiramidal

## Lintasan 1

- Area 4, area 6 melalui oliva inf<sup>or</sup>, inti pontis dikirim ke serebelum untuk diintegrasikan dengan impuls propioseptif yang berasal dari traktus spinocerebularis, kemudian melalui ventrolateral thalamus → korteks piramidal dan ekstrapiramidal untuk mengendalikan gerakan-gerakan selama suatu gerakan volunter masih berlangsung. Sistem ini sering disebut sistem "feedback"
- Kerusakan : ataksia, dismetria dan tremor sewaktu gerakan volunter berlangsung

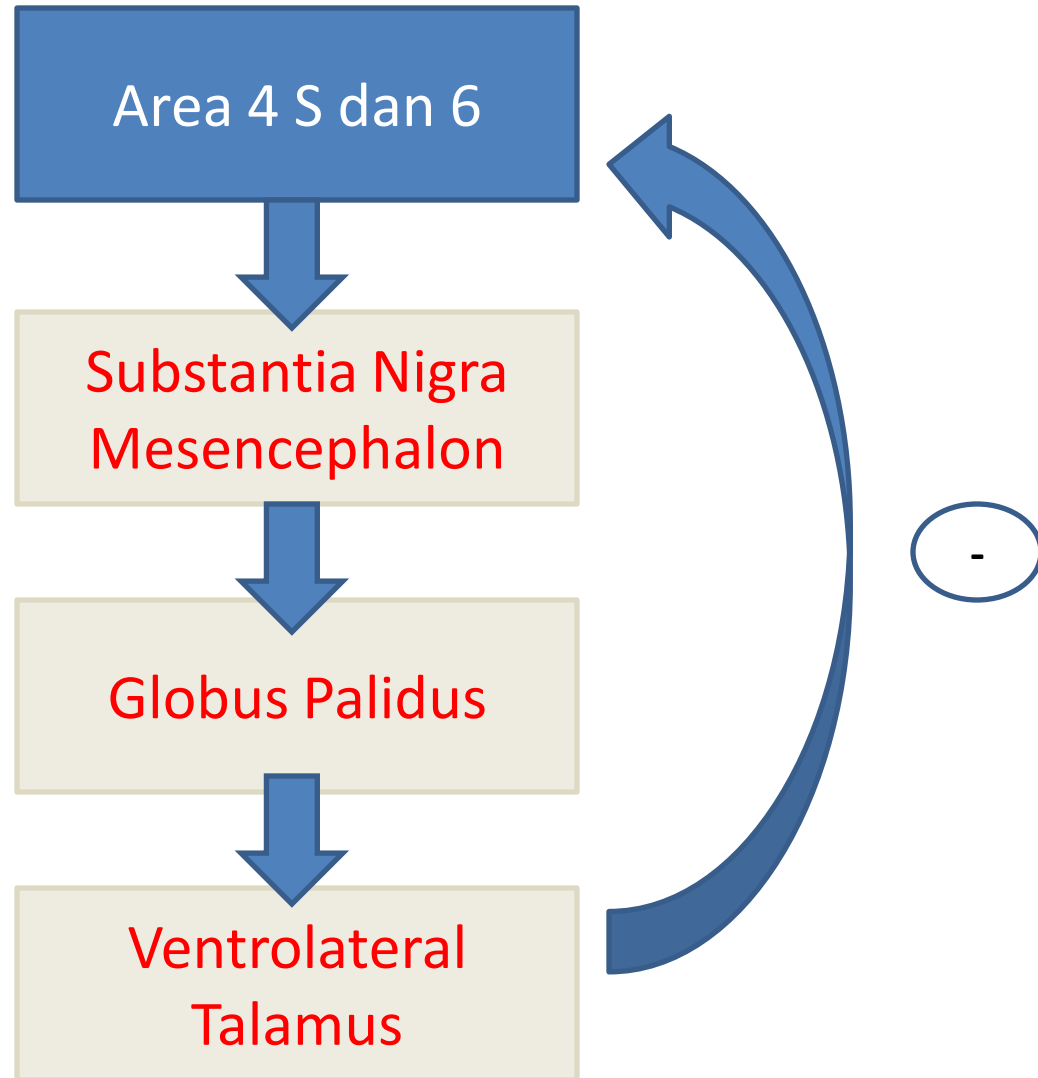
# Lintasan 1

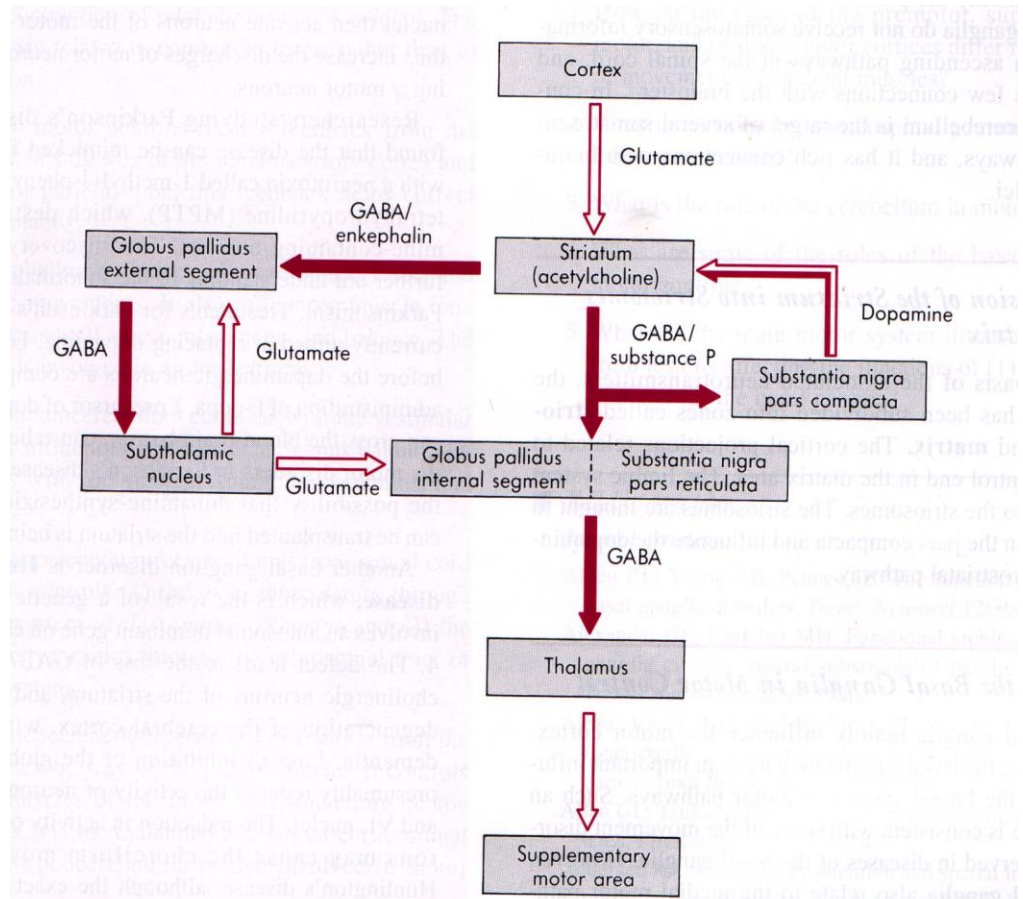


# Sistem Ekstrapiramidal

## Lintasan 2

- ▣ Area 4 s dan area 6 → substansia nigra mesencephalon → globus palidus → ventrolat<sup>al</sup> thalamus → inhibisi korteks piramidalis dan korteks ekstrapiramidalis. Gerakan volunter yang dibangkitkan memiliki ketangkasan yang sesuai
- ▣ Jika terjadi kerusakan substansia nigra, globus palidus akan kehilangan kelola dan akan mengeluarkan impuls abnormal → sindroma parkinson

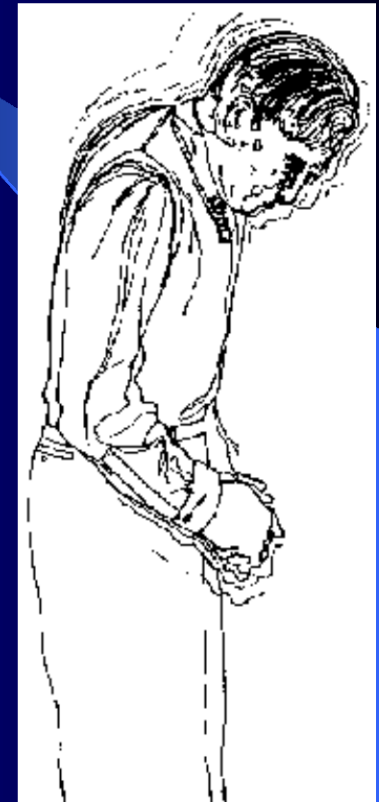




■ **Fig. 14-18** Direct and indirect pathways through the basal ganglia. The direct pathway is from the cortex to the striatum to the internal segment of the globus pallidus to the thalamus and back to the cortex. The indirect pathway is from the cortex to the striatum to the external segment of the globus pallidus to the subthalamic nucleus to the internal segment of the globus pallidus to the thalamus and back to the cortex. Solid color arrows show inhibitory connections; open arrows show excitatory connections. (Redrawn from Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM: *Principles of neural science*, ed 3, New York, 1991, Elsevier.)

# Ganglia Basalis Clinical Syndroms

- **Parkinsonisme** is loss of dopaminergic neurons in the substantia nigra (pars compacta) that normally project to the striatum is associated with rigidity, bradykinesia, tremor, and loss of postural reflexes. that characterize Parkinson's disease. The three symptoms usually associated with Parkinson's are **tremor**, **rigidity**, and **bradykinesia**. The tremor is most apparent at rest. Rigidity is a result of simultaneous contraction of flexors and extensors, which tends to lock up the limbs. Bradykinesia, or "slow movement", is a difficulty initiating voluntary movement, as though the brake cannot be released.



# Sistem Extra pyramidalis

- **Ganglia Basalis**

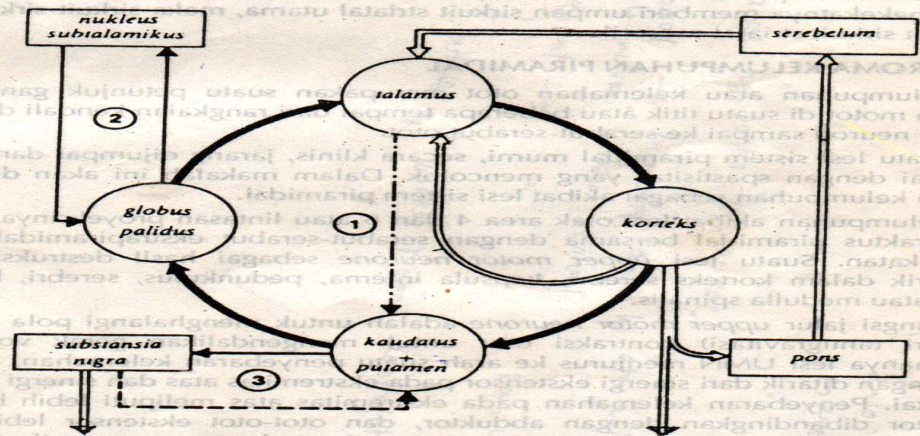
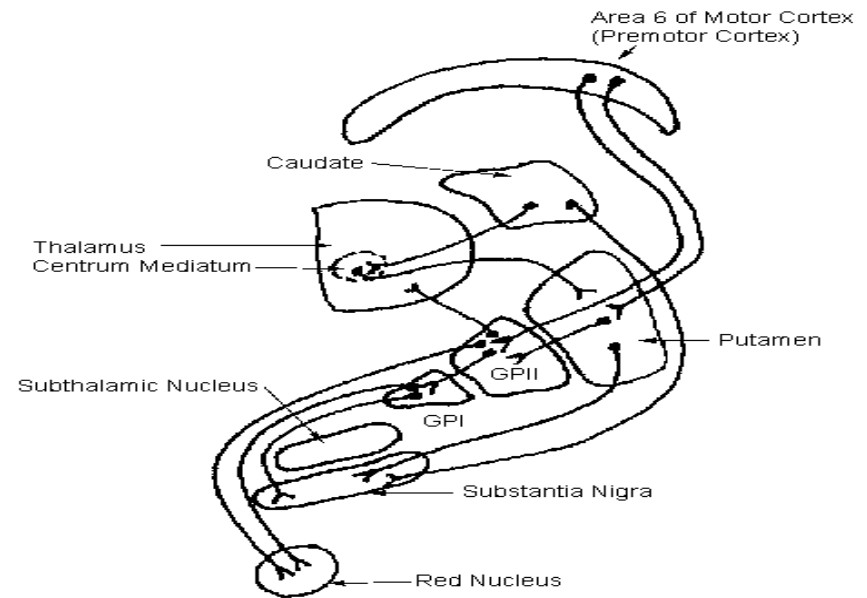
- Nukleus caudatus
- Putamen
- Globus palidus
- Substantia nigra
- Corpus subthalamus

Fungsi :

Proses penyusunan gerakan yaitu mengubah pikiran/kehendak menjadi gerakan volunter. Cara :

- Atur gerakan awal kasar disengaja
- Inhibisi tonus motorik
- Atur tonus dasar untuk gerakan disengaja (t.u gerakan halus)

- **Nucleus Rubra**
- **Cerebellum**
- **Cortex cerebri**



**Gambar 4. Gambar lintasan sirkuit ekstrapiramidal**  
Angka 1, 2 dan 3 menandai sirkuit striatal asesorik  
(dikutip dari Mahar M dan Priguna S)



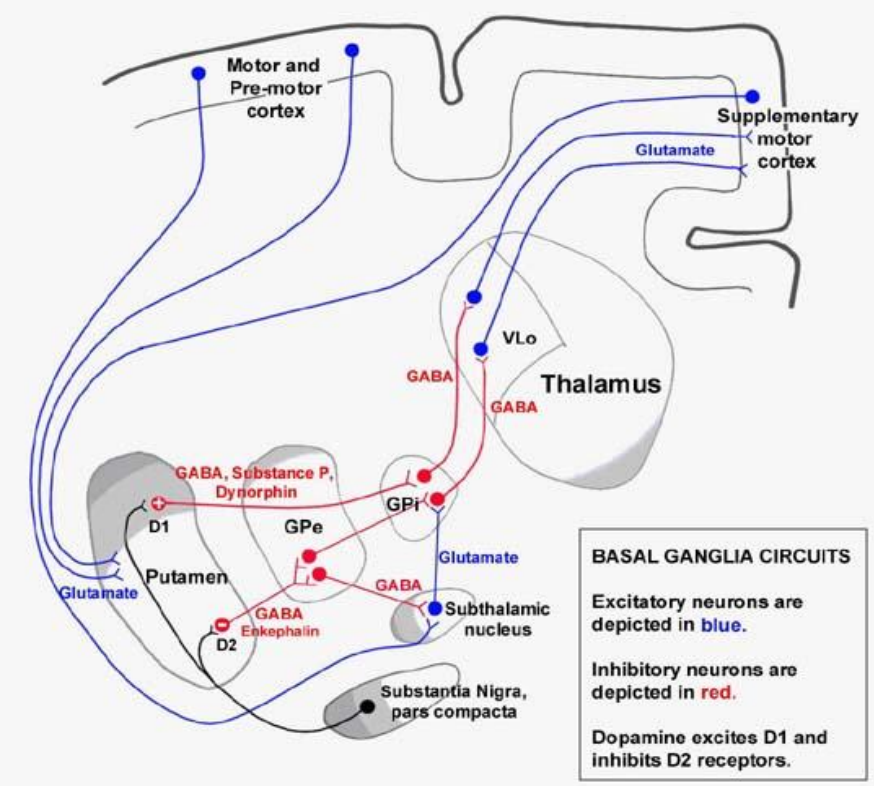
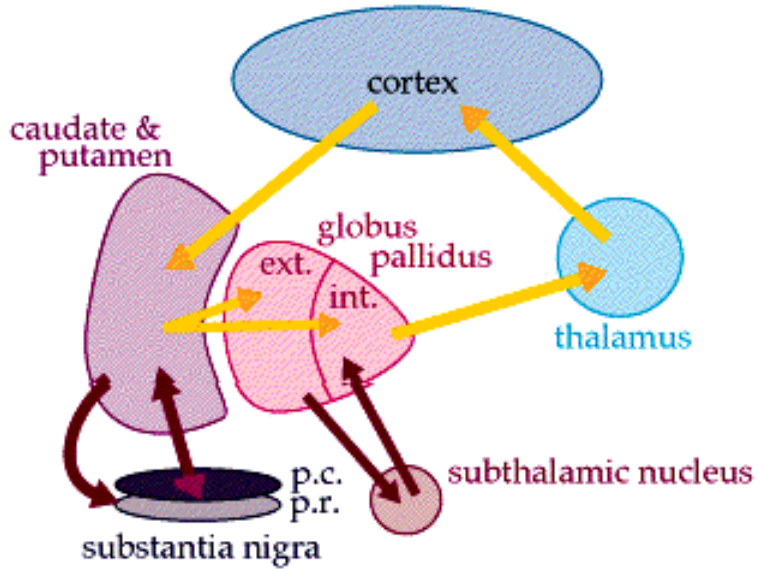
# Sistem Ekstrapiramidal

## Lintasan 3

- Area 4 s dan area 8 → nukleus kaudatus → globus palidus dan nukleus ventrolateral thalamus → korteks piramidal dan korteks ekstrapiramidal, berfungsi untuk inhibisi
- Kerusakan di nukleus kaudatus dan globus palidus → area 4 s dan area 8 tidak terkendali → gerakan involunter (khorea dan atetosis)
- Globus palidus → nukl Luysi → korteks piramidal dan ekstrapiramidal, kerusakan lintasan ini → balismus

# Sistem Ekstrapiramidal

## Lintasan 3



Kerusakan nukl caudatus dan globus palidus : khorea dan atetosis  
Kerusakan di Nukl Luysi : Balismus

# Ganglia Basalis Clinical Syndroms

- **Hemiballismus** associated with damage to the contralateral subthalamic nucleus of Luys is flailing movements of one arm and leg, which is caused by damage (i.e., stroke) of the subthalamic nucleus. Hemiballism can be abolished by lesions destroying the globus pallidus, the lenticular fasciculus or VL nucleus of thalamus

# Ganglia Basalis Clinical Syndroms

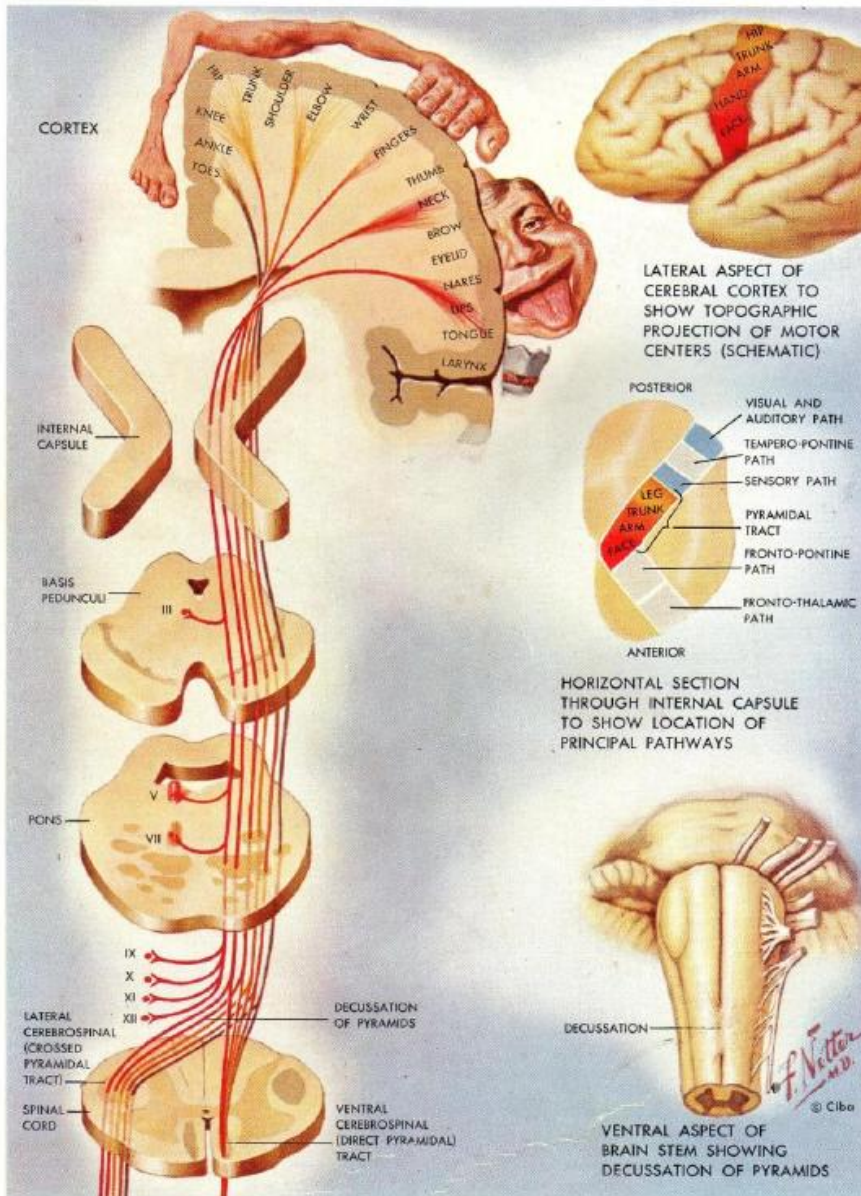
- **Huntington's disease, or chorea,** is an hereditary disease of unwanted movements characterized by progressive dementia, is associated with atrophy/degeneration of the caudate nucleus and putamen. It produces continuous dance-like movements of the face and limbs. Strokes of the caudate, however, rarely cause chorea.

# Peranan Ekstrapiramidal

- Mengurus regulasi dan integrasi gerakan sekutu atau mengurus komponen tonik dari gerakan volunter
  - Gerakan/sikap tubuh waktu gerakan volunter yang bersifat reflektoris yaitu refleks-refleks sikap, yang didasari oleh pembagian tonus otot.
- Mengintegrasikan aktivitas serebelum dalam perencanaan untuk mencetuskan impuls motorik involunter dan volunter

# Sistem Piramidalis

- Berasal dari lapisan ke 5 korteks precentralis (area 4 Brodmann) → somatotopik
- terdiri dari (monosinaptik dan kontralateral)
  - Kortikobulbaris : menuju inti motorik saraf otak
  - Kortikospinal : menuju cornu ant<sup>or</sup> medula spinalis
    - Menyilang : kortikospinalis lateralis → sepanjang Medula spinalis
    - Ipsi lateral : kortikospinalis ventralis → servikal bawah-thorakal atas
    - berakhir
      - >> di interneuron sekitar cornu ant<sup>or</sup> (eksitasi atau inhibisi)
      - di motoneuron (eksitasi) : mengurus gerakan jari-jari



## Impuls piramidalis menimbulkan gerakan sifatnya:

1. halus, luwes, tepat, khusus
2. Lebih melibatkan otot distal daripada proksimal
3. Lebih banyak mempengaruhi anggota gerak atas daripada anggota gerak bawah
4. Terutama mengelola kesatuan motorik yang kecil dan kontra lateral

# System pyramidalis

- Daerah pyramidalis

- Pada daerah motorik primer + daerah asosiasi
- Ciri :
  - Mudah dirangsang
  - Kerusakan → epilepsi
- Terdiri atas sel raksasa Betz

- Traktus pyramidalis

(Traktus kortikospinal)

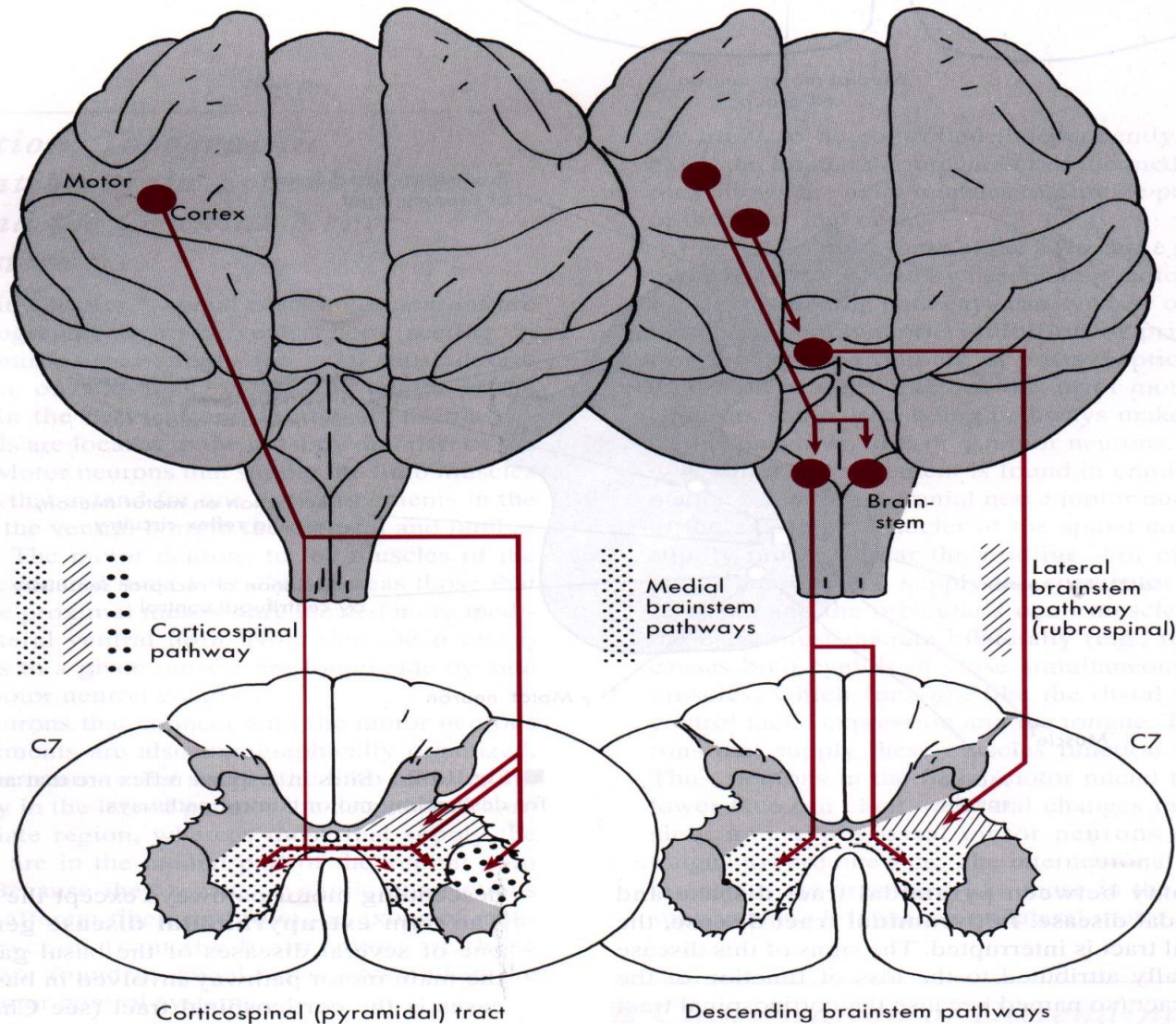
- T.a serabut saraf

- Diameter besar & sedang  $16\mu$
- Bermyelin & tak bermyelin  $4\mu$
- Berjalan kebawah melalui capsula interna, btg otak, medulla oblongata, menyilang
- Grs Tengah → Traktus kortikospinalis lat.
- Ipsilateral → Traktus kortikospinal ventr



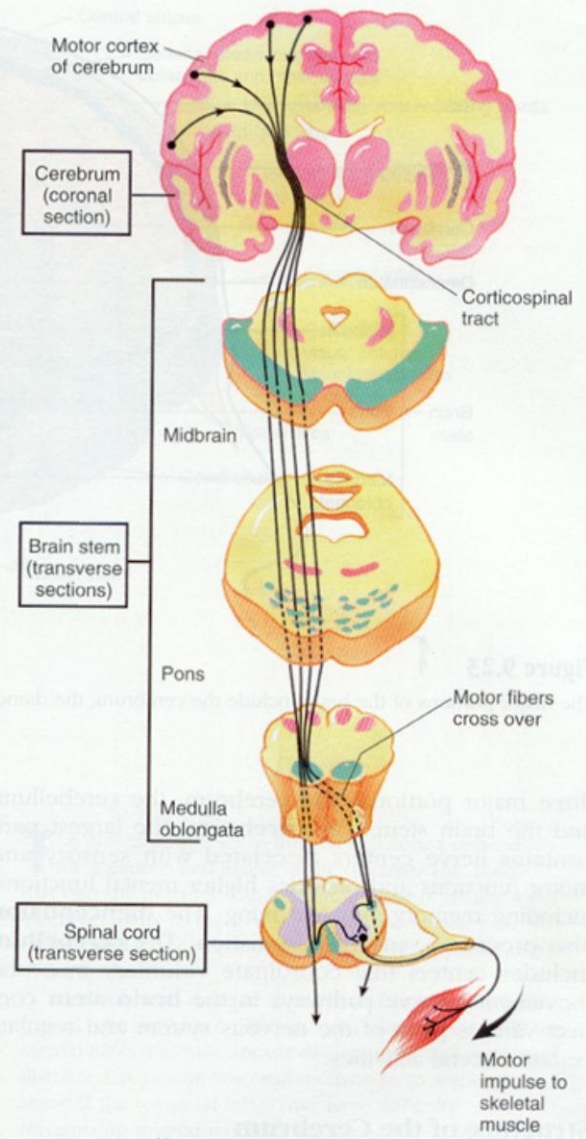
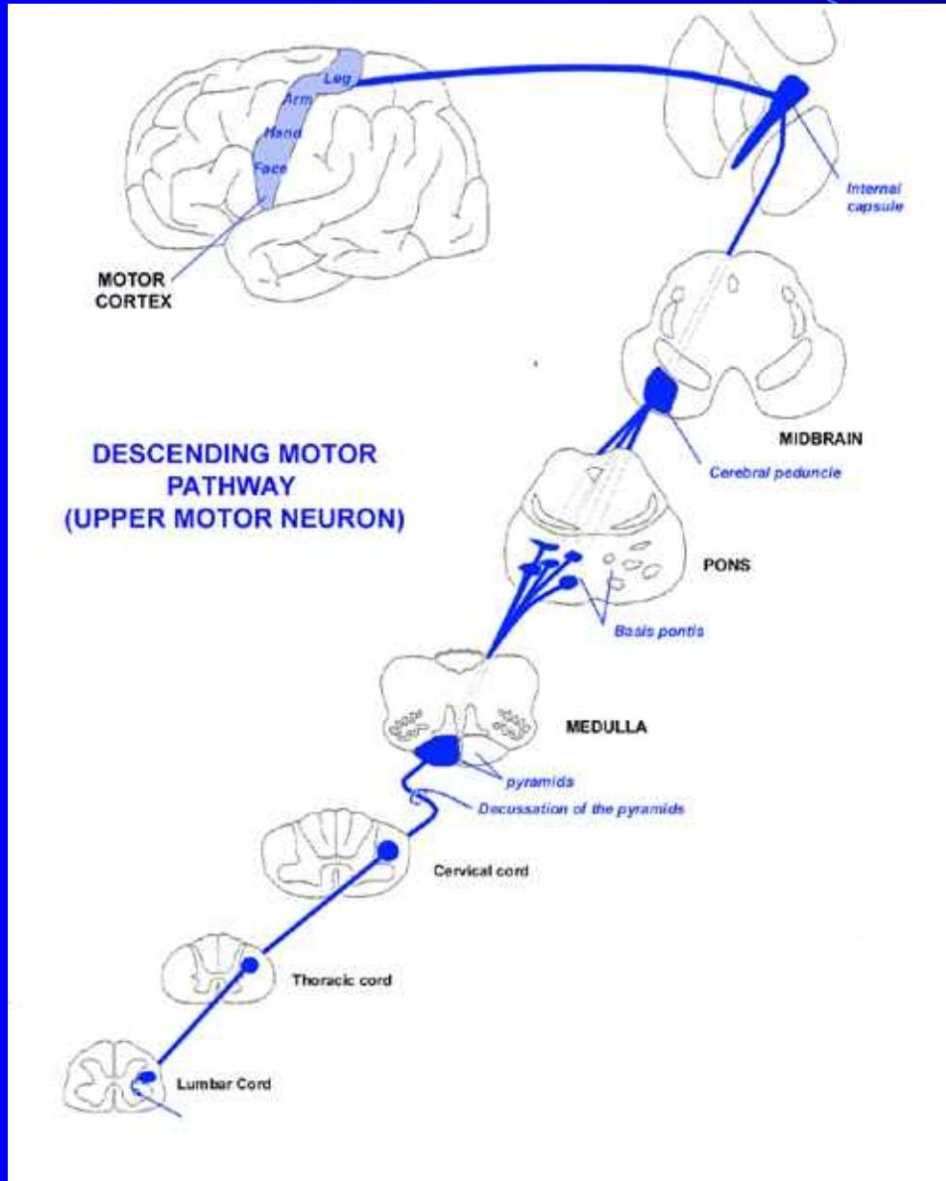
DIRECT CONNECTIONS TO THE SPINAL CORD

INDIRECT CONNECTIONS VIA BRAINSTEM NUCLEI



■ **Fig. 13-3** Subdivision of the pathways descending from the cerebral cortex and brainstem to the spinal cord into a lateral and a medial system, based on the terminations of these pathways in the spinal cord gray matter. The lateral pathways end on motor neurons to distal muscles (*dots*) and interneurons projecting to these motor neurons (*hatched area*). The medial pathways end on interneurons supplying motor neurons to the axial muscles (*stippled area*). (Redrawn from Brinkman C: *Split-brain monkeys: cerebral control of contralateral and ipsilateral arm, hand, and finger movements*, doctoral dissertation, Rotterdam, The Netherlands, 1974, Erasmus University.)

# Tractus pyramidalis



**Figure 9.22**  
Motor fibers of the corticospinal tract begin in the cerebral cortex, cross over in the medulla oblongata, and descend in the spinal cord. There, they synapse with neurons whose fibers lead to the spinal nerves that supply skeletal muscles.

# Syndroma Piramidalis

- Kerusakan di susunan piramidalis akan menimbulkan gejala
  - Hilangnya gerakan volunter yang halus dan tangkas
    - Kelumpuhan otot wajah bagian bawah lebih jelas dibandingkan otot wajah bagian atas. Kelumpuhan kelihatan nyata pada gerakan volunter dan tidak kentara pada ekspresi emosional
    - Otot yang mendapatkan inervasi bilateral tidak mengalami banyak gangguan (mengunyah, menelan, menggelengkan kepala)
    - Gerakan volunter halus yang didapatkan dari pendidikan atau latihan → hilang
    - Gerakan otot skeletal yang bersifat kasar dan tidak memerlukan pengelolaan volunter tetap baik
  - Tanda tanda kelumpuhan UMN
    - Tonus otot yang lumpuh meninggi
    - Refleks tendo meninggi dan klonus
    - Refleks kutaneus superfisial menghilang
    - Adanya refleks patologis
    - Gerakan sekutu berlebihan dan gerakan sekutu abnormal

# Cerebelum

- Terdiri dari Vermis dan hemisferium serebeli
- Vermis bagian belakang
  - Berhubungan timbal balik dengan inti vestibularis yang mengatur pengintegrasian impuls keseimbangan kedalam aktifitas inhibisi dan eksitasi korteks piramidal dan ekstrapiramidal → pembagian tonus otot-otot kolumna vertebralis. Kerusakan : “truncal ataxia” yg sering diikuti nistagmus
- Vermis bagian depan
  - Hubungan timbal balik dengan kedua tungkai. Kerusakan : “gait ataxia”
- Hemisferium serebeli
  - Berhubungan timbal balik dengan korteks piramidal dan ekstrapiramidal, mengurus gerakan tangkas. Kerusakan “limb ataxia”

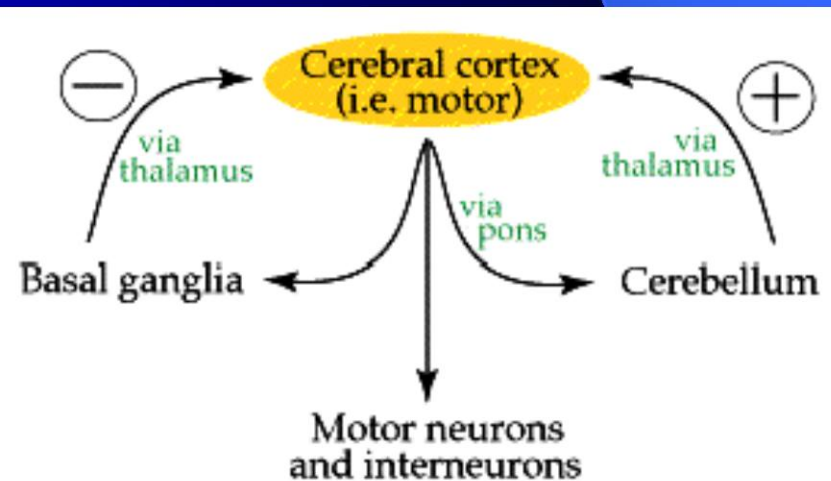
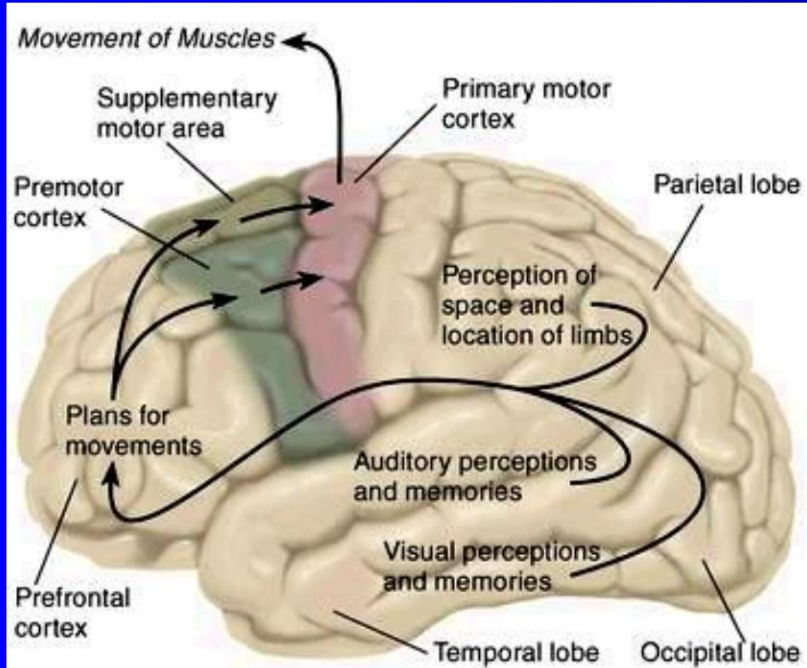
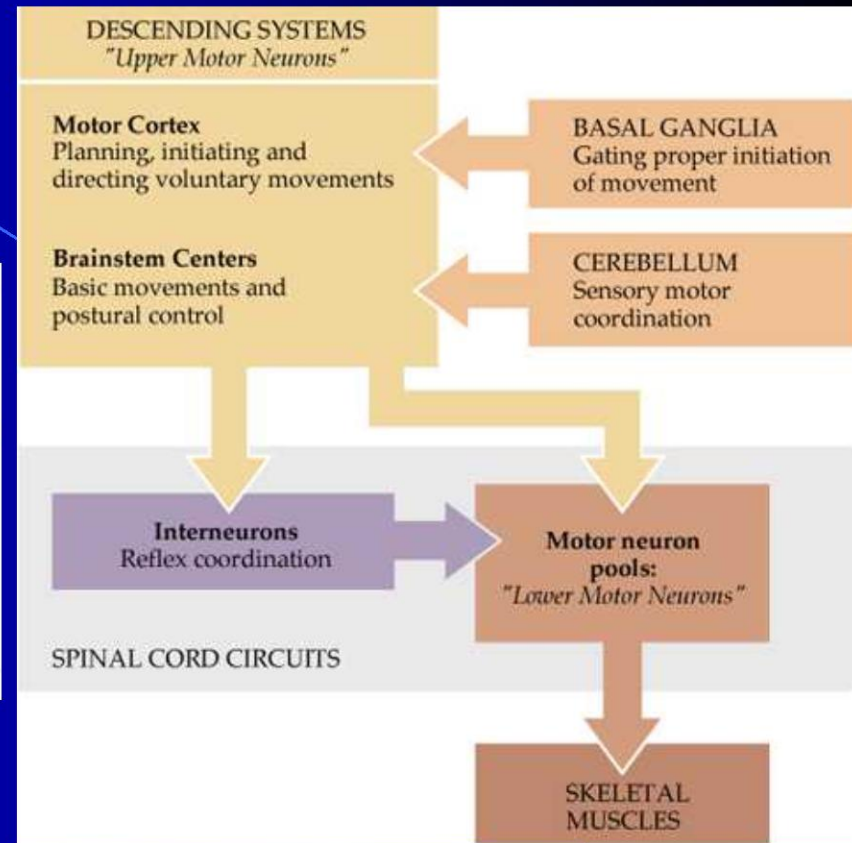
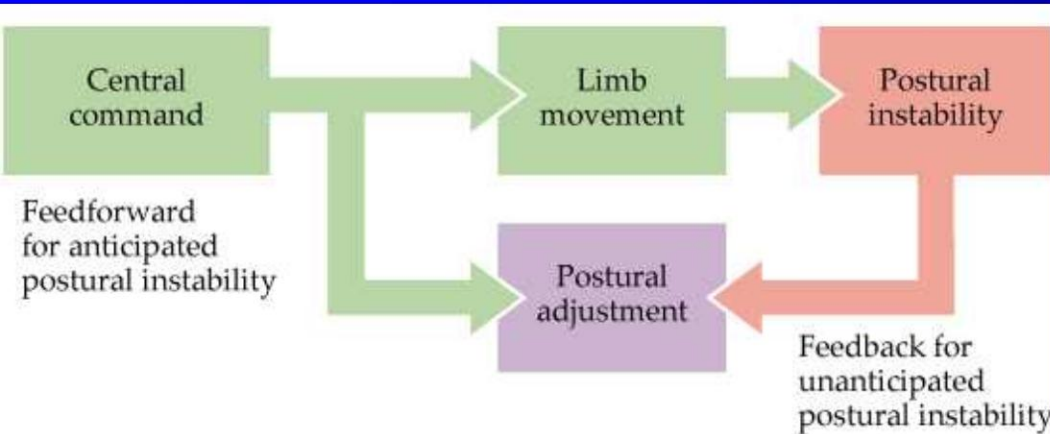
# Sindroma Ekstrapiramidalis

- Sindroma striatal
- Sindroma retikularis batang otak
- Sindroma serebelum

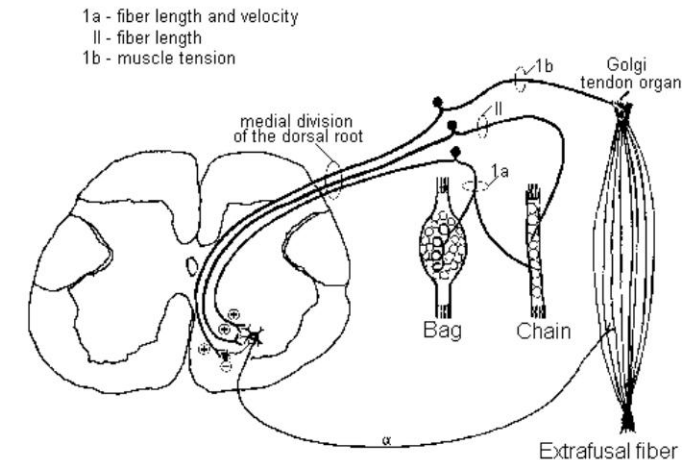
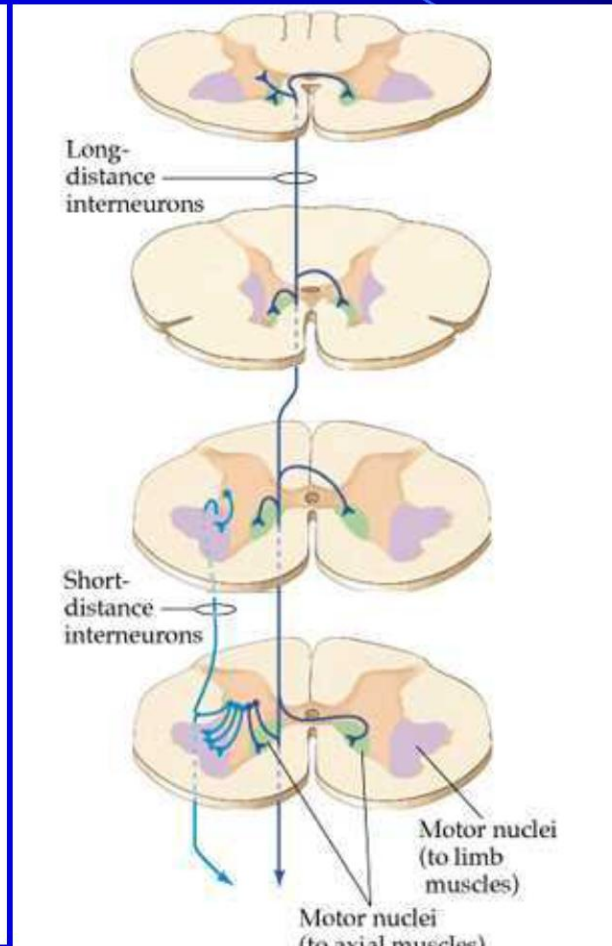
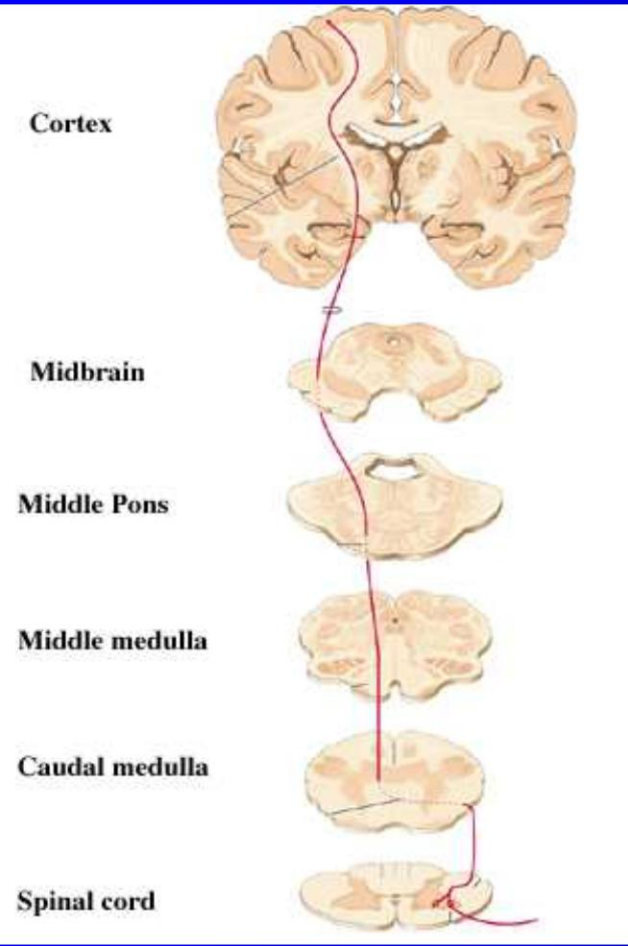
## • Sindroma Striatal

- Lesi di nukl Lentiformis atau nucl kaudatus
- Lesi bersifat “release” → merusak inti yang bertugas mengelola inti yang lainnya → gerakan involunter
- Gerakan involunter
- Gerakan volunter yang
  - Tidak menunjukkan kelemahan otot
  - Tidak disertai hiperrefleksi dan reflek patologis
  - Tidak ada atrofi otot
  - Sering disertai gangguan otonom

# Muscle control

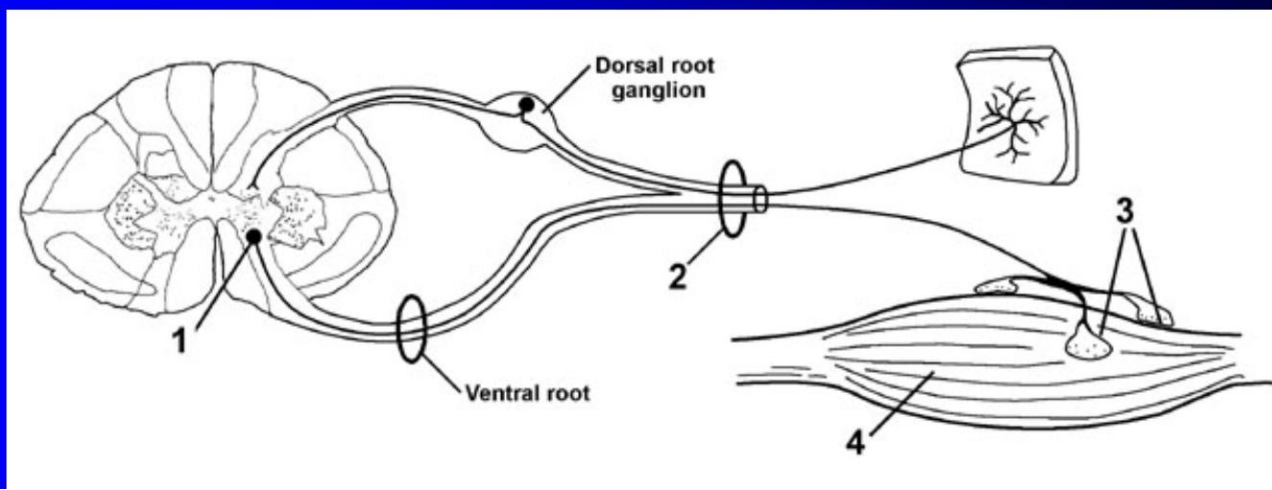
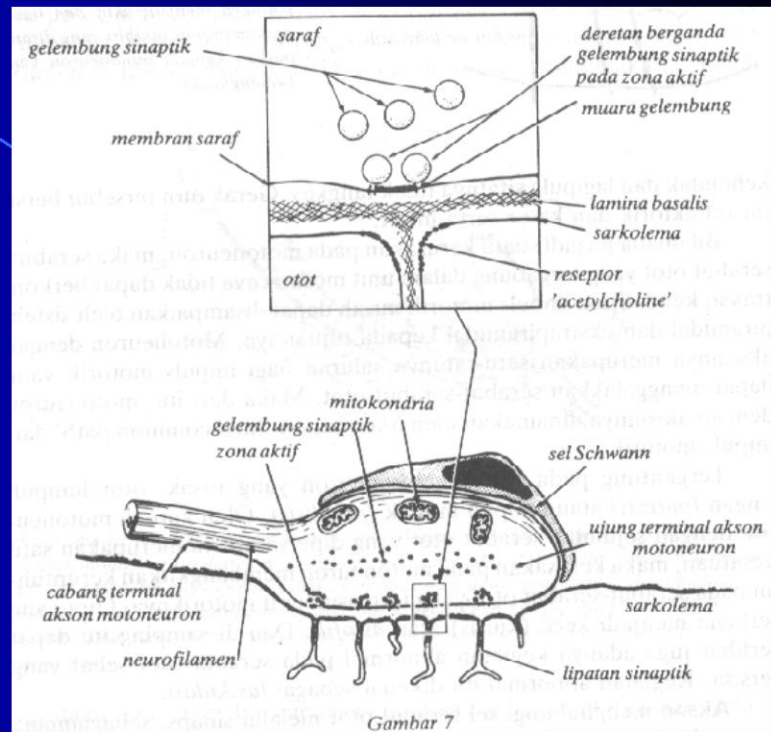
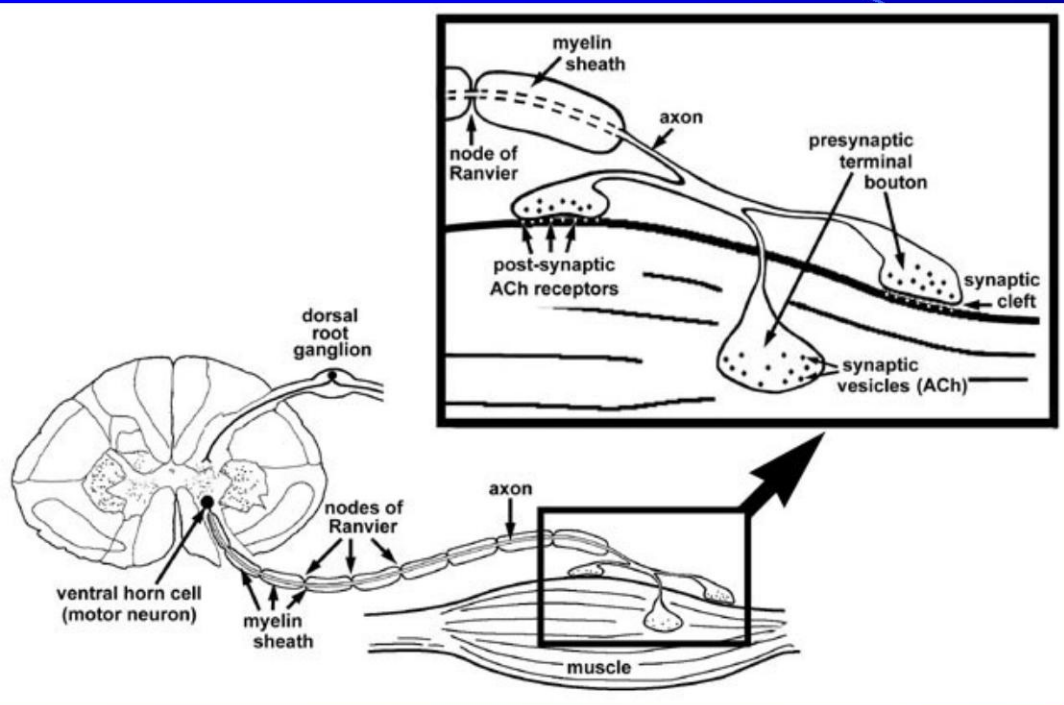


# Medulla spinalis





# Lower motoneuron



# Pengaturan sikap dan gerakan

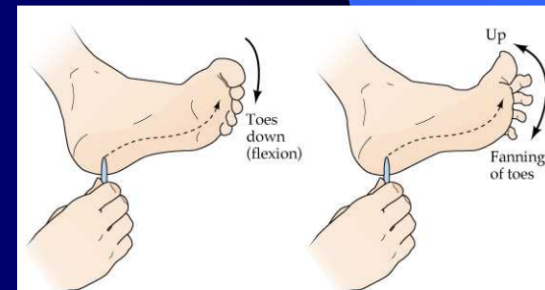
- Tiga bagian penting yang terlibat gerakan : sistem piramidal, sistem ekstra piramidal dan serebelum
- Gerakan diprakasai melalui sistem piramidal sedangkan sistem ekstra piramidal dan serebelum menjaga agar gerakan berlangsung secara lancar dan terkoordinasi
- Pengaturan gerakan dan sikap tubuh bersifat sangat kompleks. Mekanisme ini mencakup serangkaian nukleus dan banyak struktur, termasuk medulla spinalis, batang otak, cerebellum dan korteks serebri (memori & intelegensi) . Sistem ini bersama dengan sistem kortikospinalis dan kortikobulbaris, berperan dalam pencetusan gerakan dan pengendalian gerakan.

# Weakness of Muscle

Lower motor neuron weakness (LMN)	Upper motor neuron weakness (UMN)
Flaccid	Spasticity
Decreased tone	Increased tone
Decreased muscle stretch reflexes	Increased muscle stretch reflexes
Profound muscle atrophy	Minimal muscle atrophy
Fasciculations present	Fasciculations absent
May have sensory disturbances	May have associated sensory disturbances



Fig. 14 biceps (Musculocutaneous nerve; C5, C6)  
The patient is flexing the supinated forearm against resistance. Arrow: the muscle belly can be seen and felt.

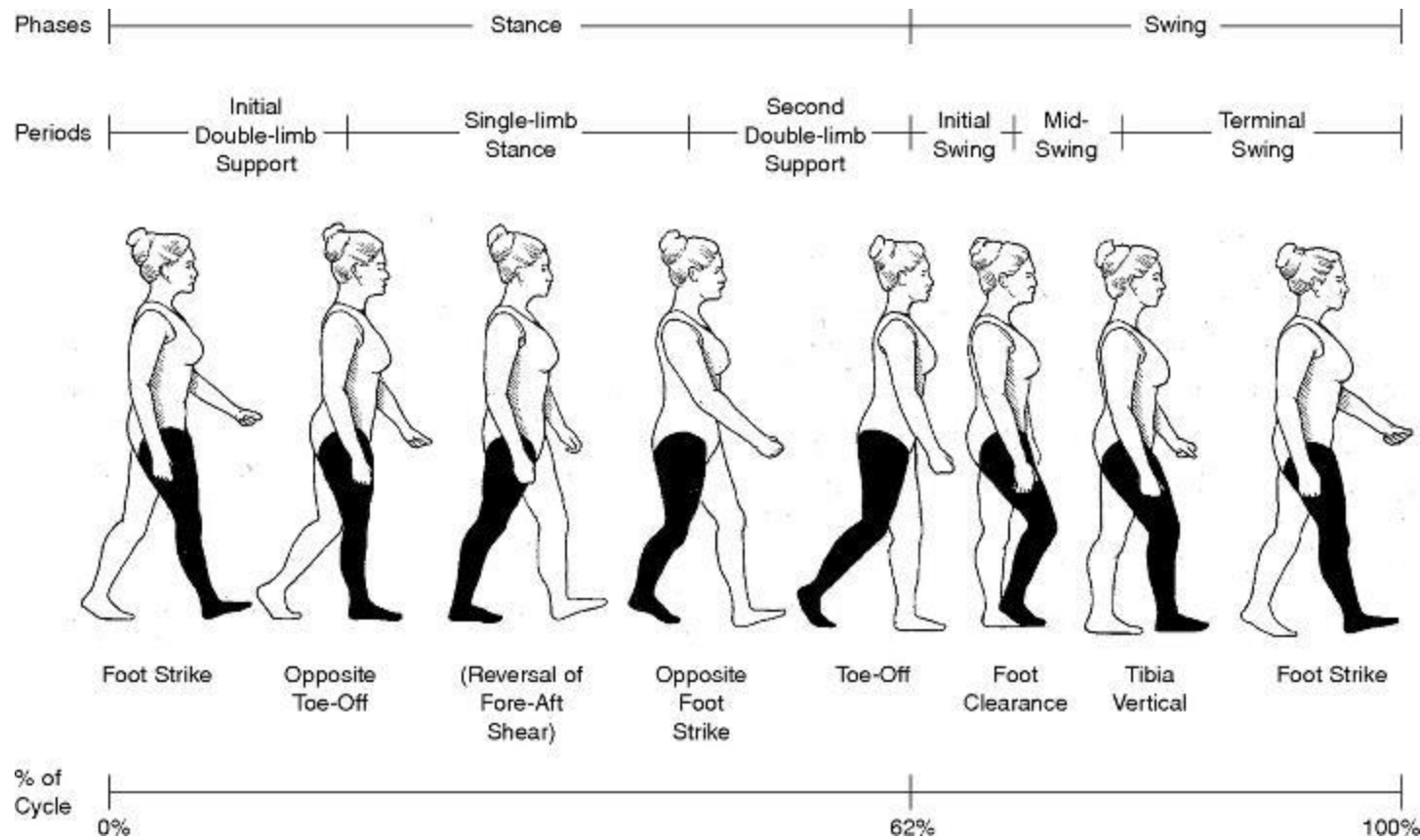


Normal plantar response

Extensor plantar response  
(Babinski sign)

# Gerakan Sekutu

- Gerakan involunter dan reflektoris yang selalu timbul pada setiap gerakan volunter
- Mengatur sikap dan mengiringi gerakan volunter agar ketangkasan dan efektifitas gerakan volunter terjamin
- Misal : lenggang lengan pada saat jalan, ekspresi waktu berbicara, gerakan otot leher dan otot tulang belakang pada waktu melirikan mata, gerakan meniti, ketika menendang bola
- Kerusakan ekstrapiramidal → gerakan sekutu hilang
- Kerusakan di susunan piramidal → gerakan sekutu abnormal (patologik)
- Kerusakan di serebelum → gerakan sekutu fisiologis tidak hilang , tetapi sinkronisasi dengan gerakan volunter hilang → gerakan diskoordinatif.



# Gerakan sekutu patologik

- Kelumpuhan UMN ringan
  - Gerakan sekutu pada jari-jari kontralateral yang bersifat identik
  - Tanda Sterling
  - Tanda tungkai Raimiste
  - Tanda ibu jari Wartenberg
  - Tanda Pronator Strumpell
  - Tanda Radialis menurut strumpell
  - Respon fleksi tangan

# Gerakan diskoordinatif

- Pada waktu berdiri
- Pada waktu berjalan
- Pada waktu melakukan gerakan volunter dengan tangan dan lengan

## Kejang

Kejang otot rangka merupakan respon terhadap iritasi atau stimuli yang dapat terjadi pada semua tingkat, mulai dari korteks serebri sampai serabut otot rangka



# Kejang otot berdasarkan atas asal terjadinya kelainan

- Tingkat kortikal
  - kejang tonik : korteks ekstrapiramidalis
  - kejang klonik : korteks piramidalis
- Tingkat medula spinalis (reseptor nosiseptif ataupun muscle spindle)
- Tingkat saraf perifer (Ion kalsium → natrium channel)
- Tingkat motor end plate
  - Enzim kolin esterase
  - Kalsium di luar membran ↓ → nilai ambang rangsang ↓
- Tingkat serabut otot : ion Na, K, Ca
  - miotonia