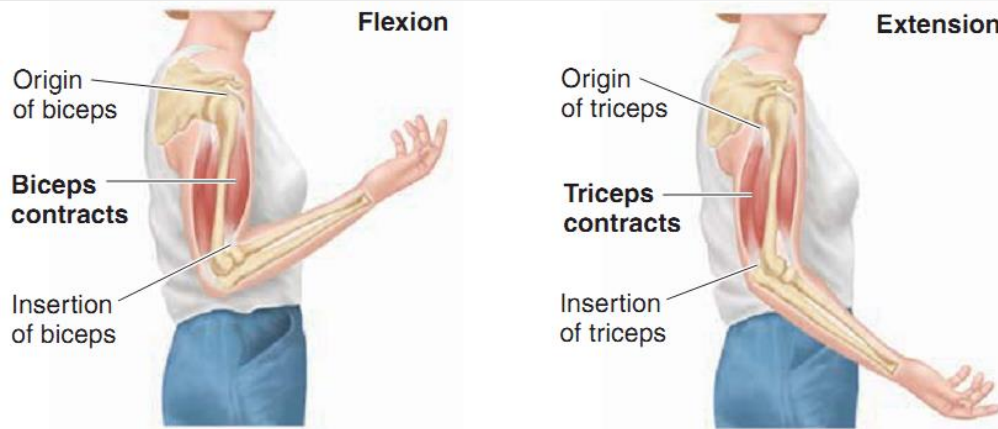


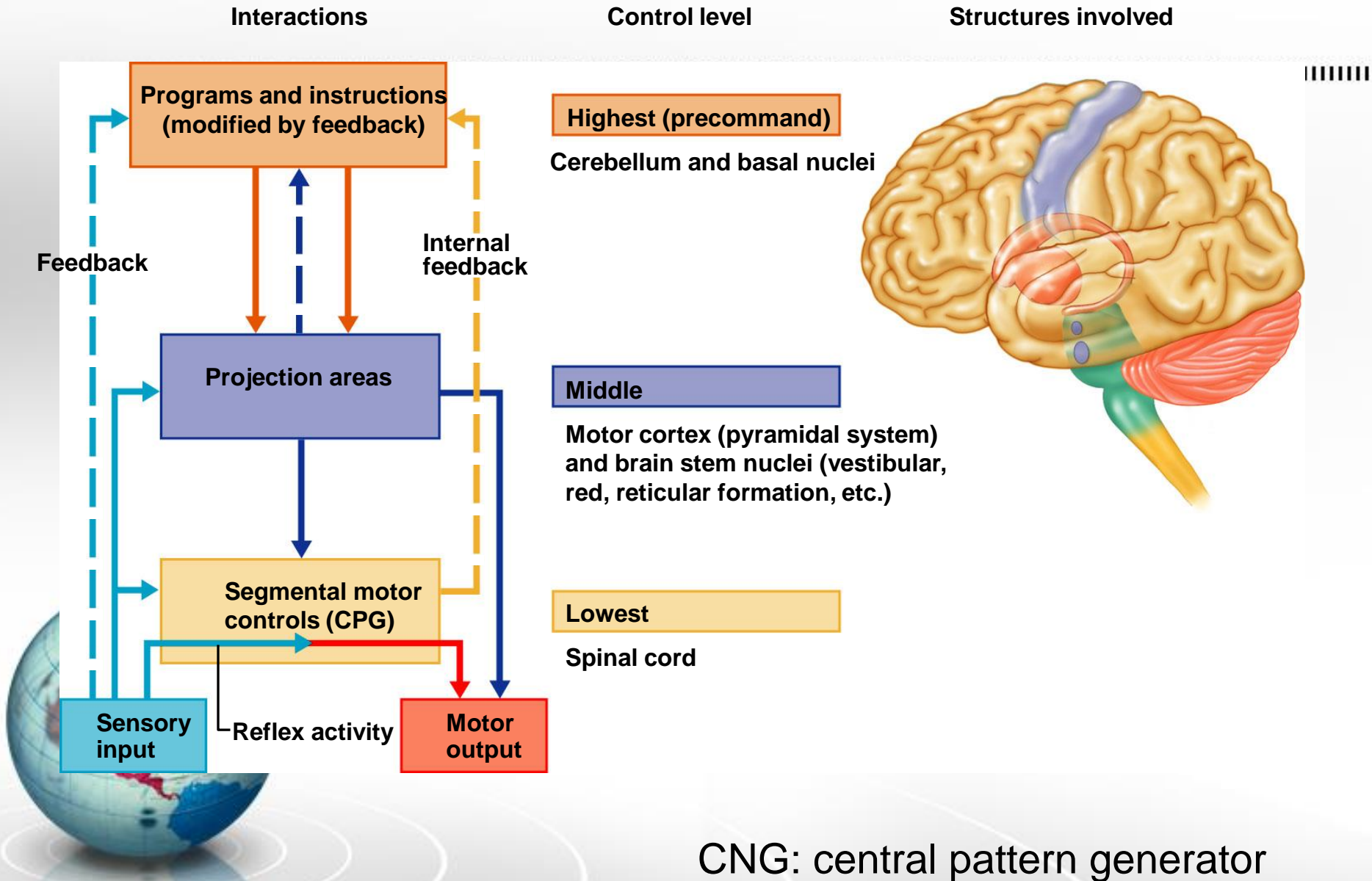
KONTROL PERGERAKAN MOTORIK

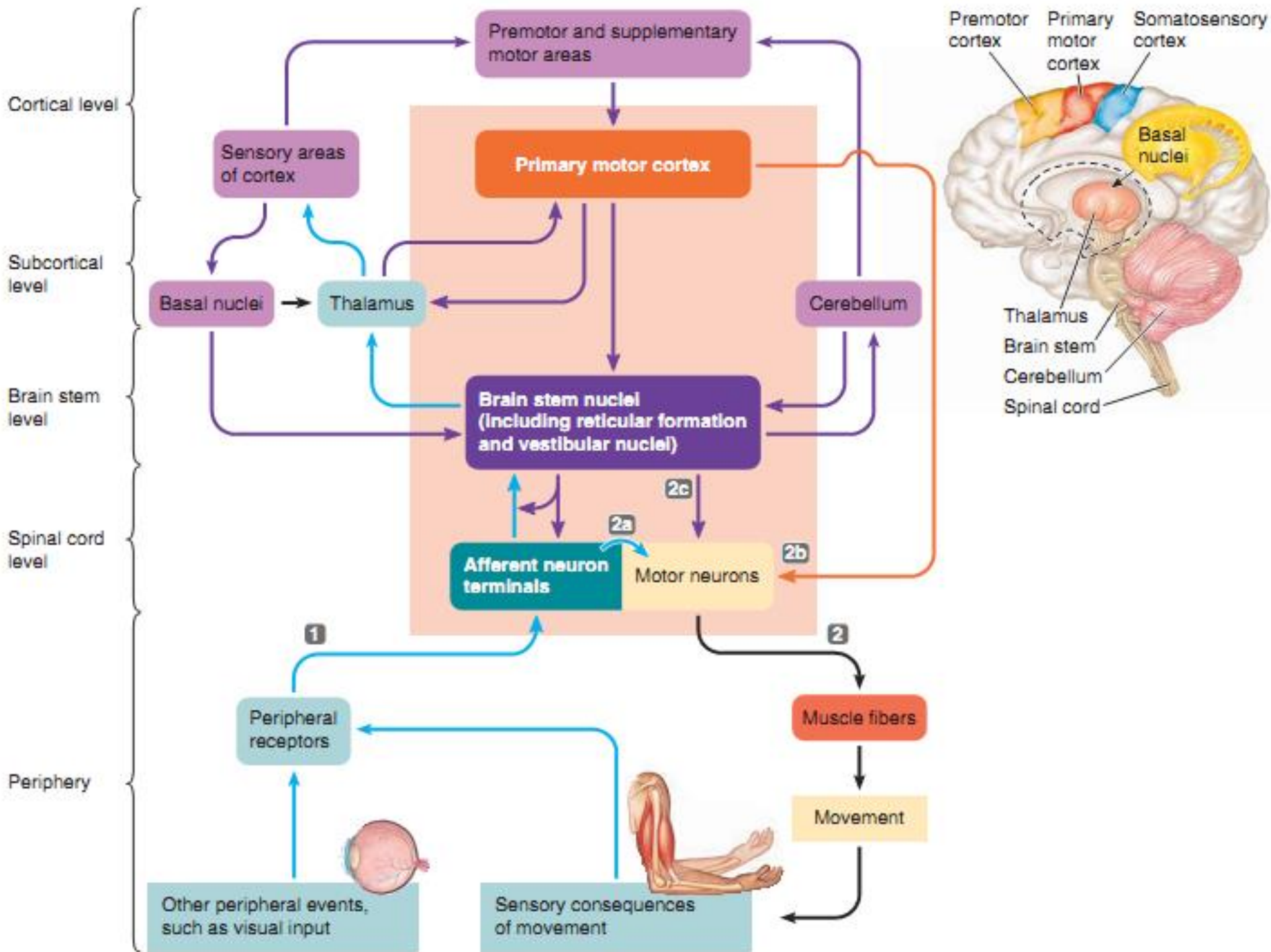


**AGUSTINA RAHAYU
MAGDALENI**



Hierarchy of motor control

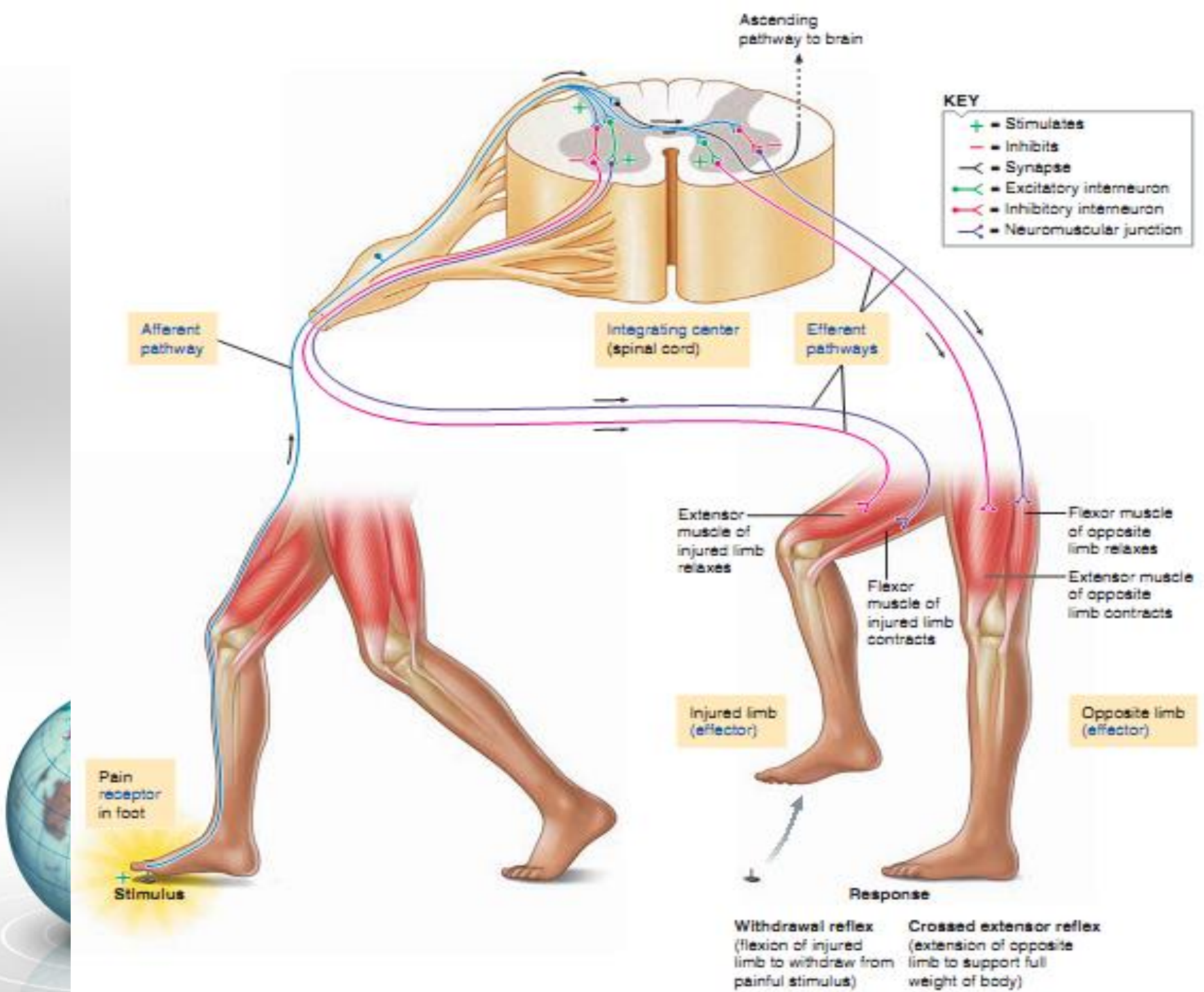


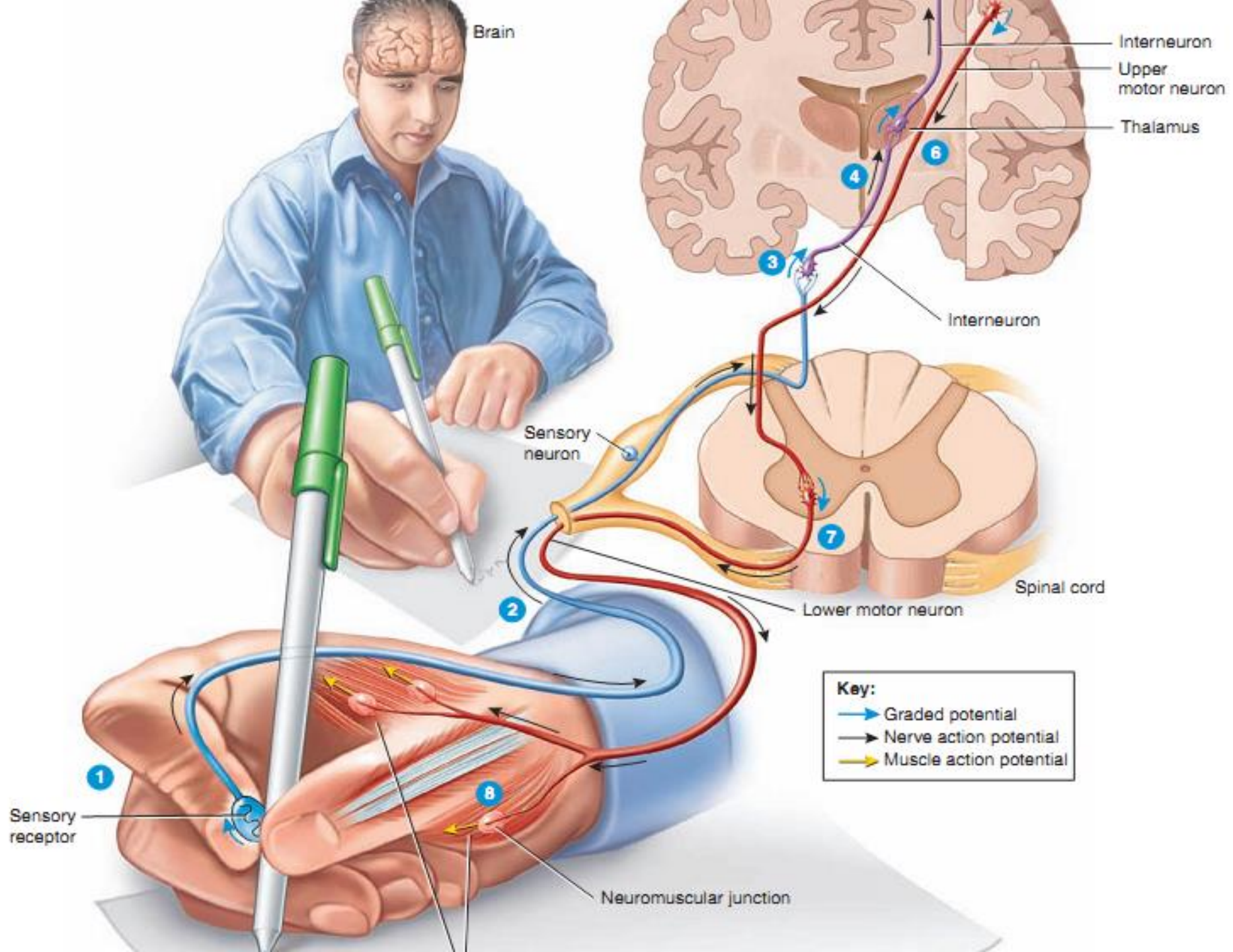


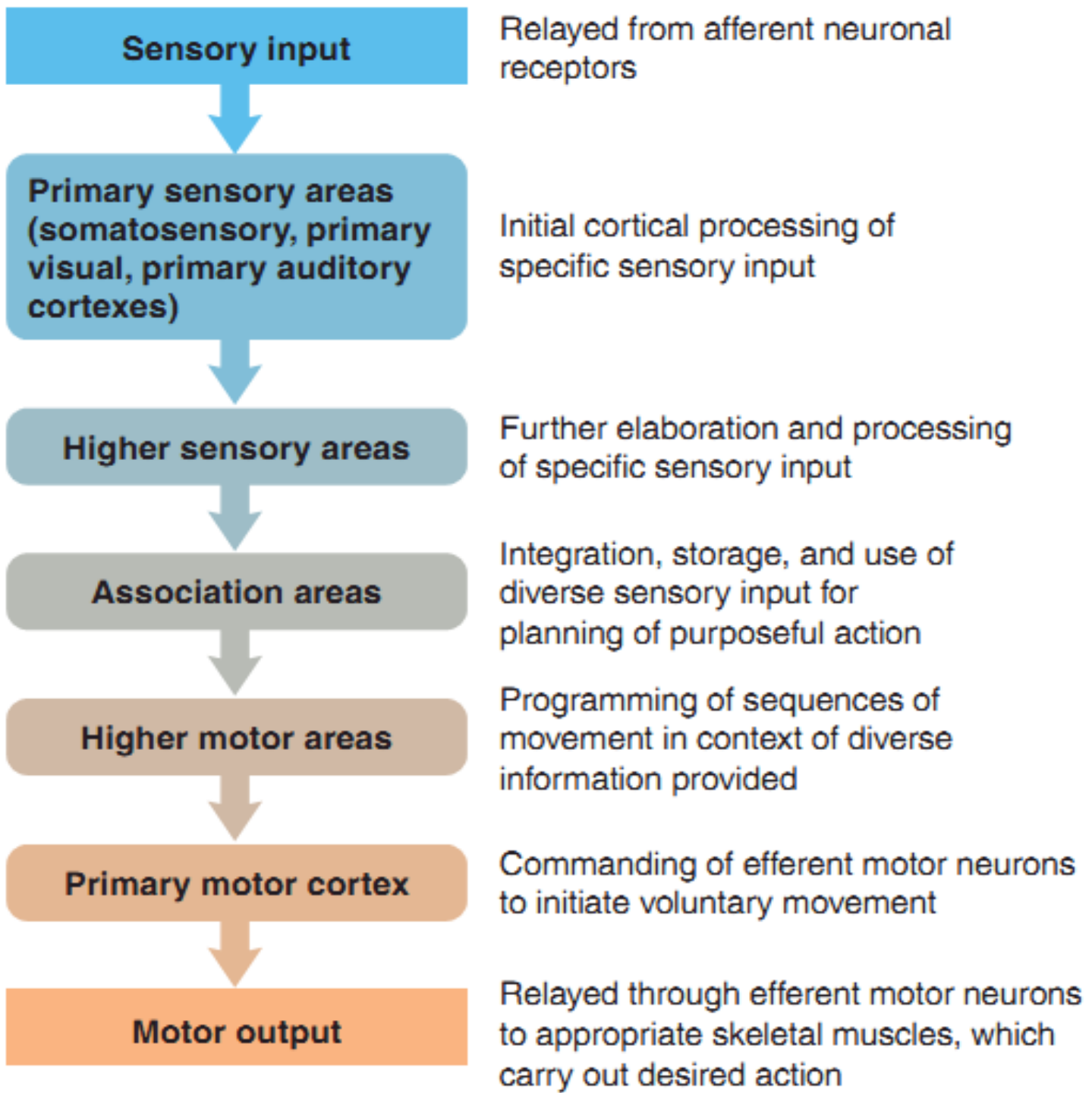
Bergantung pd masukan konvergensi ke neuron motorik pd unit motorik spesifik → kontraksi serat-2 otot dlm unit motorik masing-2 mell. kejadian-2 yg berlangsung di NMJ

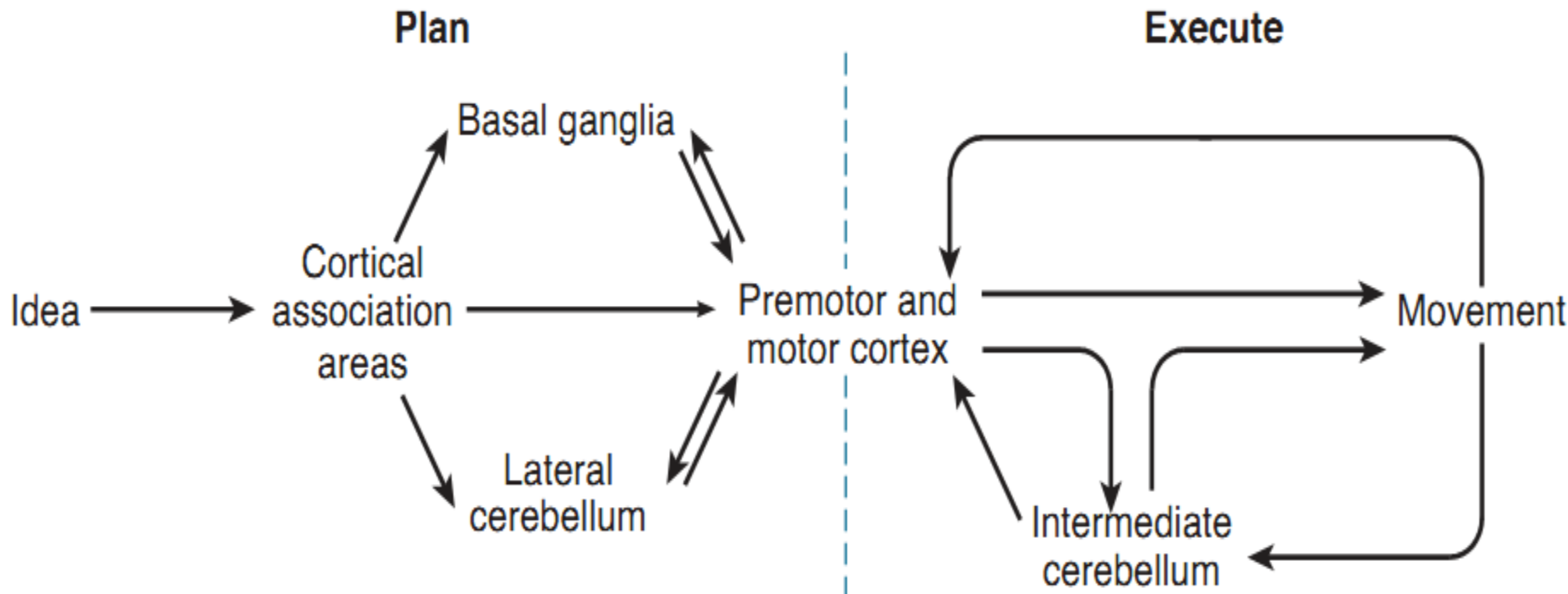
1. Masukan dr neuron aferen, mell. antar neuron setinggi korda spinalis : reflex korda spinalis
 2. Masukan dr korteks motoriks primer : berasal dr badan sel-2 piramidalis membentuk sistem motorik kortikospinalis/piramidalis
 3. Masukan dr sistem motorik multineuron/extra piramidalis : mencakup sejumlah sinaps yg melibatkan banyak daerah diotak
- Penghubung terakhir traktus extrapiramidal adl batang otak t.u. formasio retikularis & dipengaruhi oleh daerah korteks motorik, serebelum & nukleus basal.
 - Kortek motorik berkaitan dgn talamus, premotor & motorik suplementer
 - Hanya korteks motorik primer & batang otak yg langsung mempengaruhi sedang neuron motorik lainnya menyesuaikan



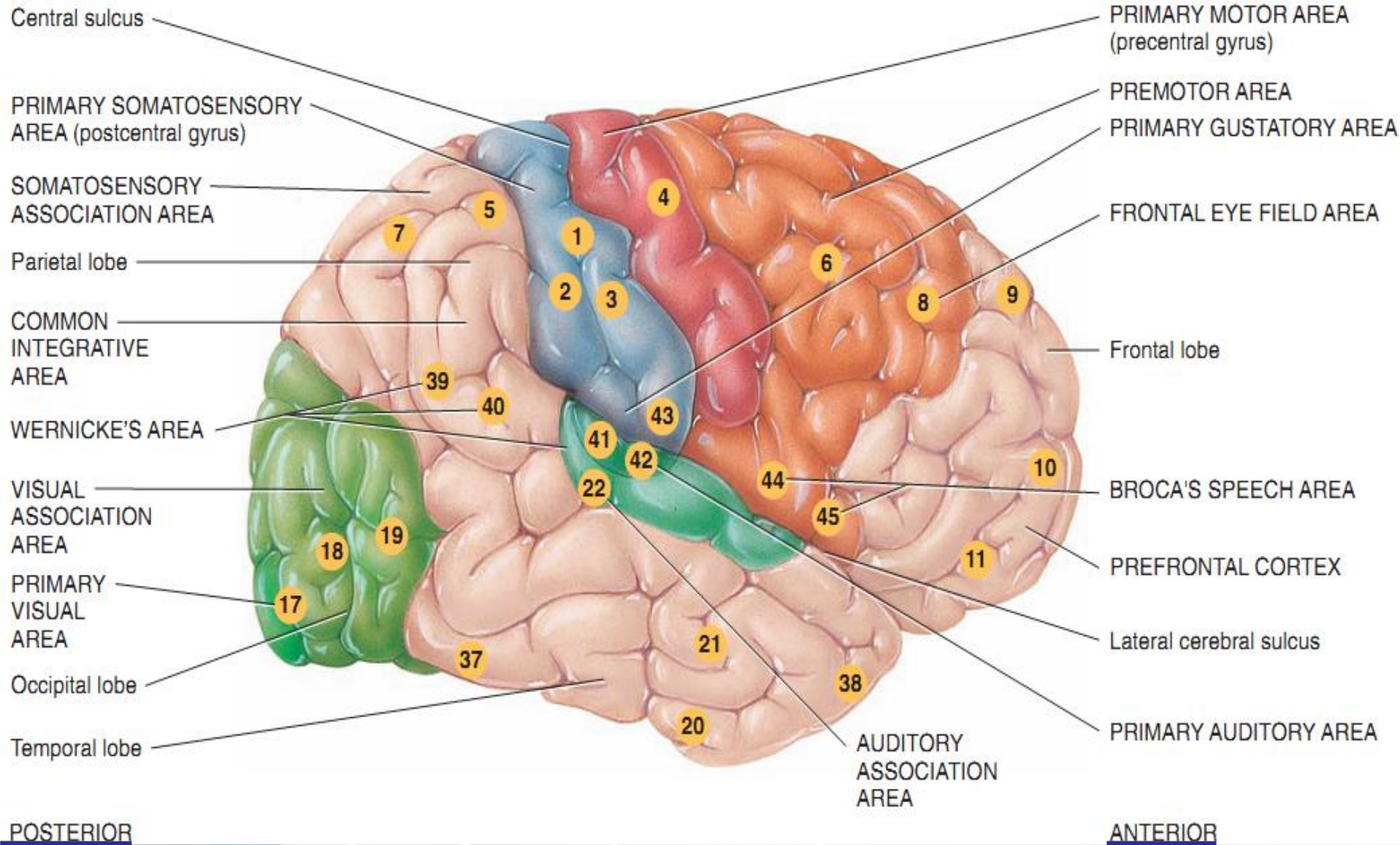








Area fungsional dan struktural cortex cerebri



• Korteks Motorik (KM)

- anterior sulkus sentralis / \pm 1/3 bag.posterior lobus frontalis
- dibagi 3 sub area, wakil topografis unt.kelompok-2 otot & fs motorik spesifik tubuh :
 1. korteks motorik primer (KMP)
 2. area premotorik (APM)
 3. area motorik pelengkap / suplementer (AMS)
- Fungsinya dikendalikan oleh sistem somato sensorik & sistem sensorik lain spt untuk pendengaran dan penglihatan. Informasi sensorik → KM bekerja dalam kaitanya dengan **ganglia basalis & serebelum** → kerja motorik

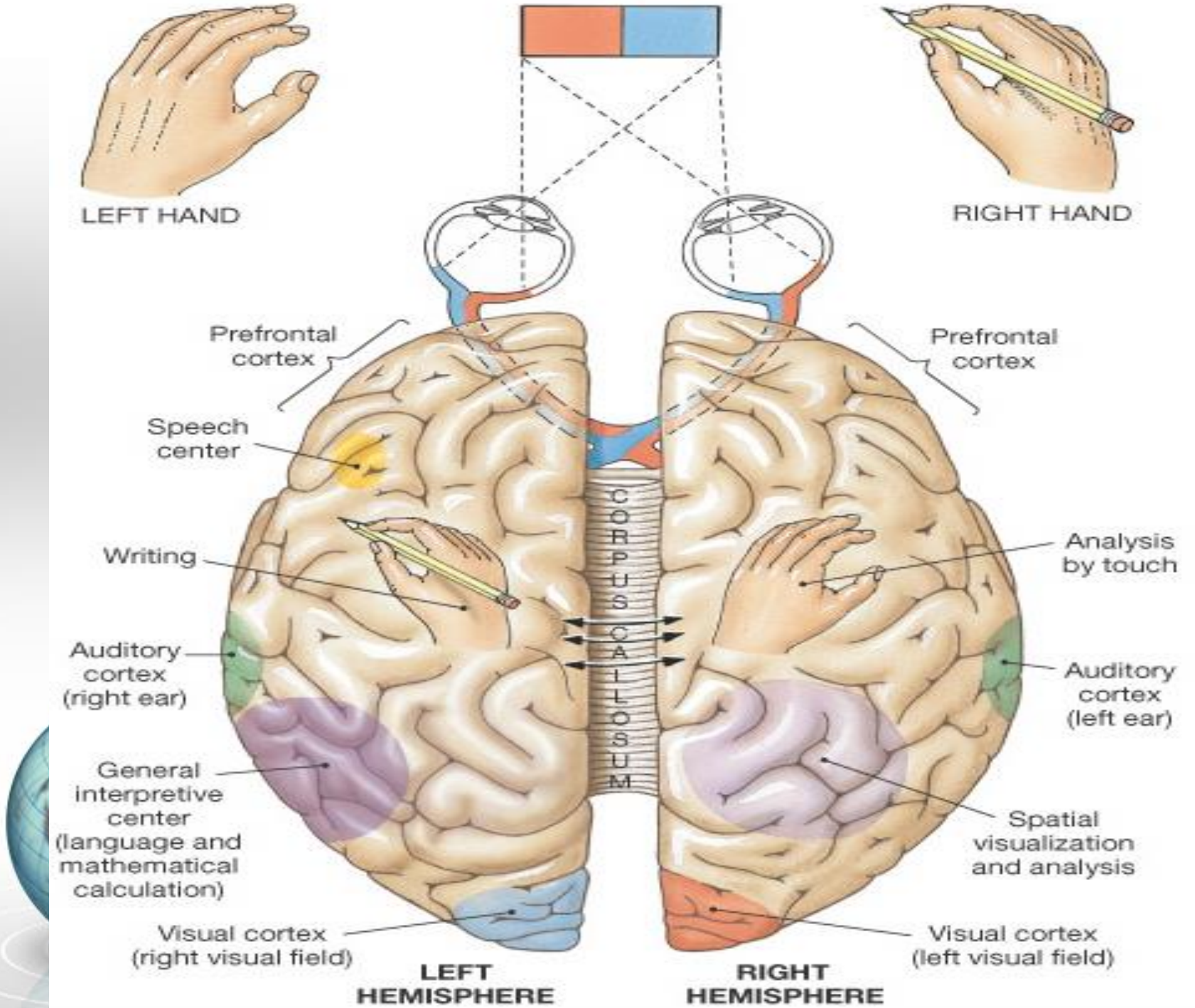
* Korteks / area Somato sensorik (ASS)

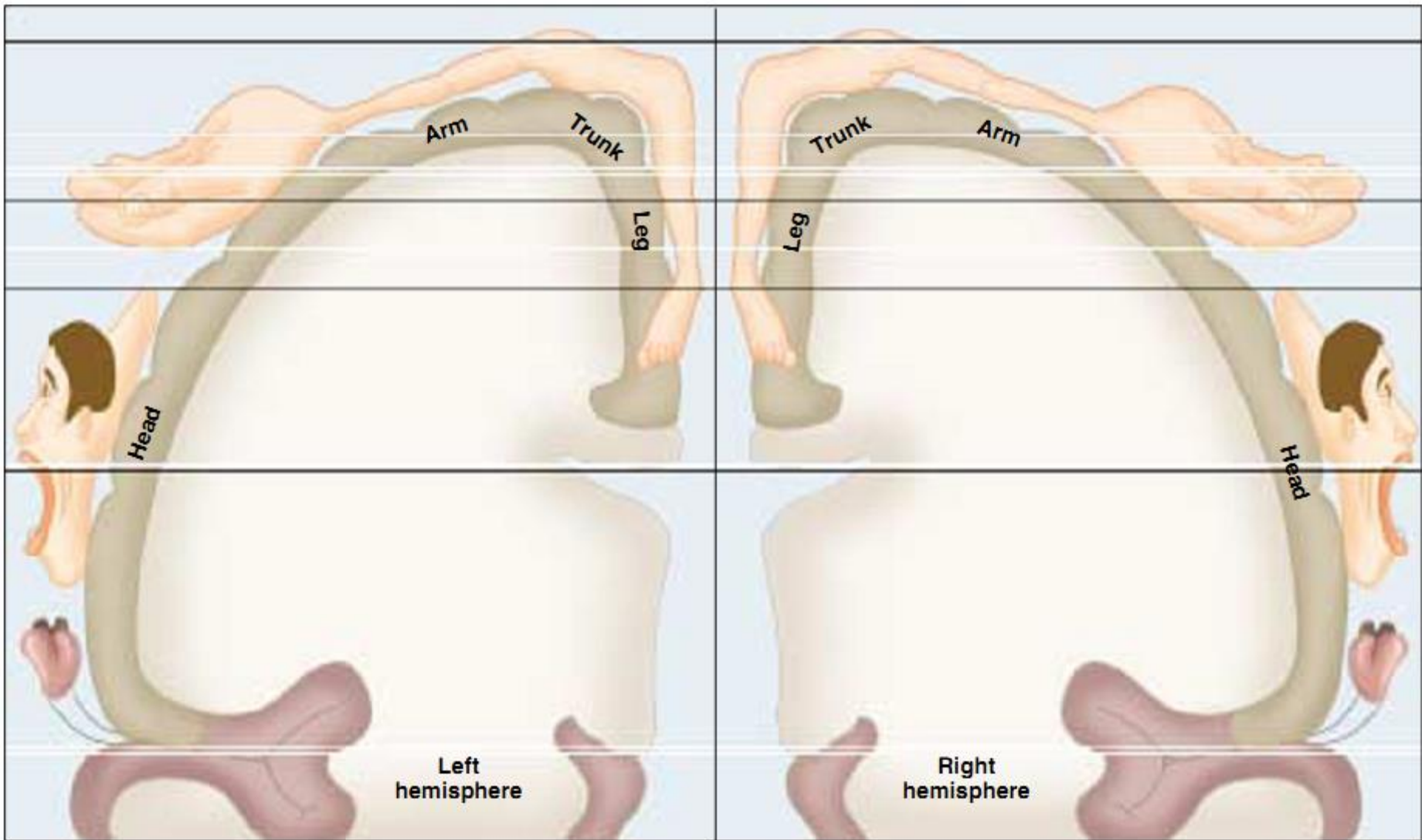
- Posterior sulkus sentralis
- Mengirim banyak sinyal ke korteks motorik untuk mengatur aktivitas motorik.

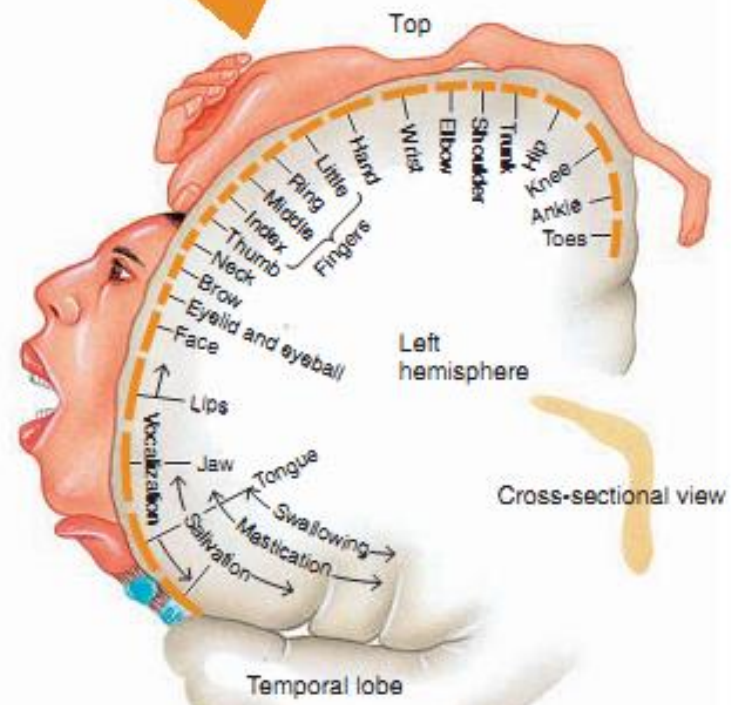
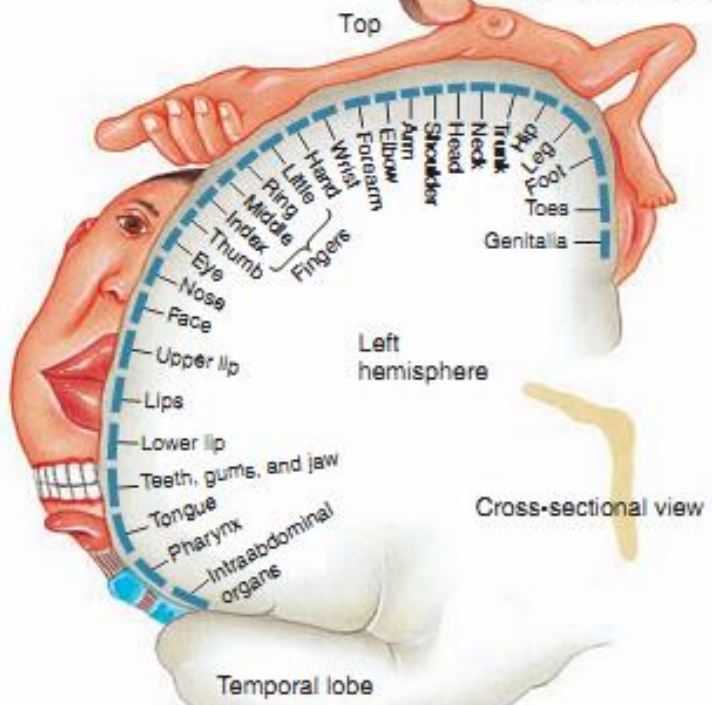
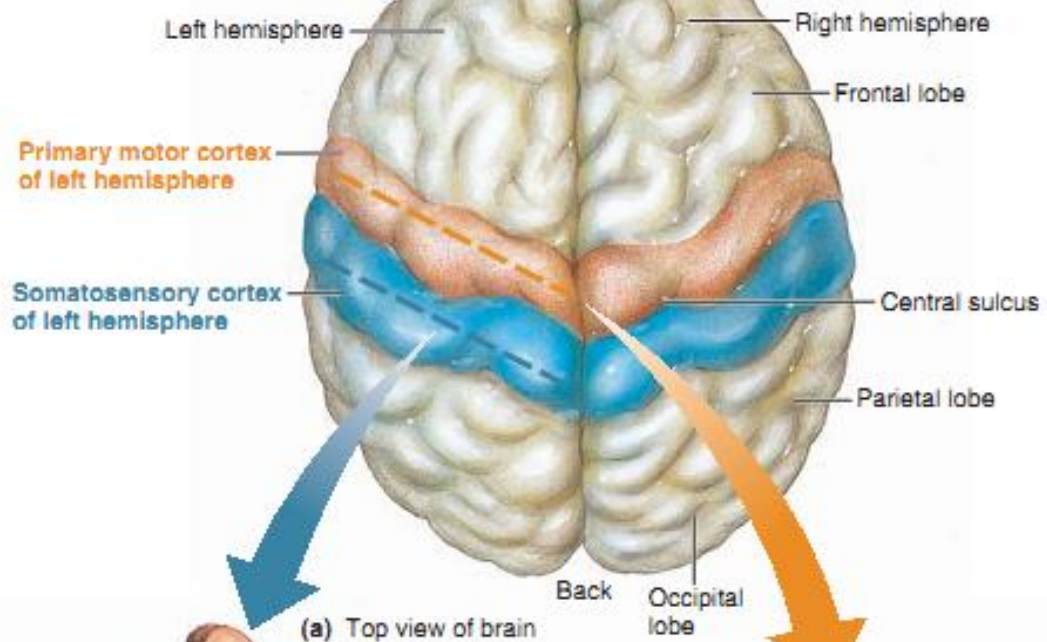
Area Motorik – Cortex motorik primer/area motorik somatik

- Kontrol fungsi motorik lis (Brodmann area 4)
- Tersusun oleh sel Pyramidal – sel neuron besar, yang mengontrol tiap area motorik secara spesifik
- Jaras syaraf yang menghantarkan : tractus corticospinalis , berjalan menuju ke bagian tubuh kontralateral
- Lokasi di gyrus precentra

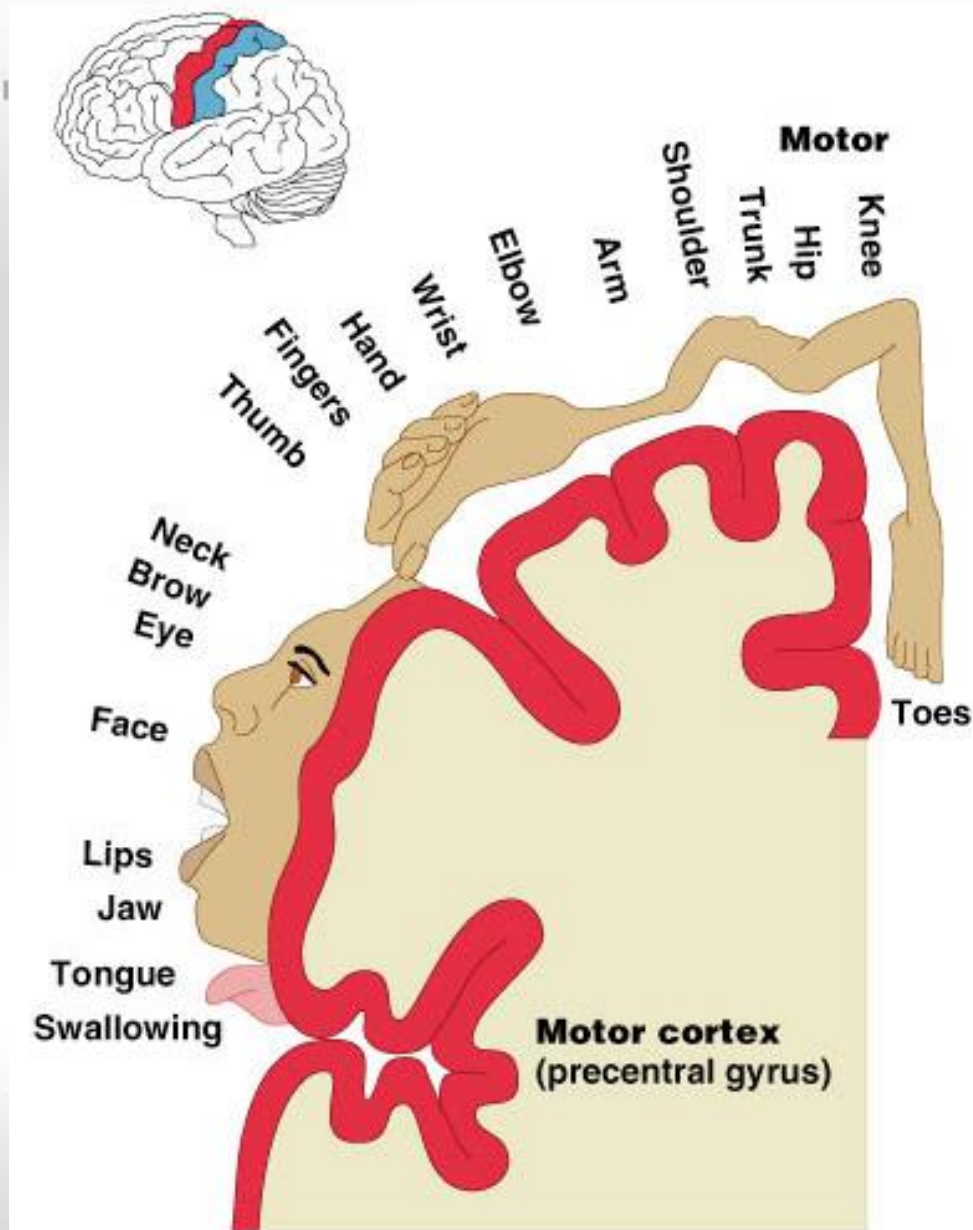








Primary Motor Cortex



Area Motorik – Cortex Premotorik

- Lokasi : anterior gyrus precentralis
- Kontrol gerakan motorik yang dipelajari, berulang, dan berpola
- Mengontrol gerakan volunter yang bergantung feedback sensoris
- Berperan dalam gerakan yang terencana



• Area Motorik Pelengkap / Suplementer (AMS)

- Letak : superior APM (area premotorik)
- Perlu rangsang > kuat untuk menimbulkan kontraksi otot
- Fungsi

- # Kontraksi > bersifat bilateral → mencengkeram

- # Gerakan memutar tubuh

- Fungsi Area motorik suplementer biasanya berkaitan dengan area premotorik

- # gerakan sikap tubuh,

- # fiksasi gerakan dari berbagai segmen tubuh,

- # gerakan posisi tangan & mata → sebagai pendukung untuk mengatur gerakan motorik halus pada lengan & tangan oleh area premotorik & korteks

motorik primer

Regio motorik spesial terutama di area premotorik → untuk mengatur fungsi motorik spesifik yaitu :

1. Area Broca (Bicara)

- Daerah untuk pembentuk kata
- Bila rusak → mampu mengeluarkan suara tapi tidak mampu mengucapkan kalimat
Ucapan tidak terkoordinasi / hanya berupa kata sederhana (ya , tidak)
- Erat dengan daerah yang berfs untuk pernafasan

2. Lapang Gerakan Mata “Volunter”

- Tepat diatas area Broca → mengatur gerakan mata
- Bila rusak → secara volunter tidak bisa menggerakkan mata keberbagai obyek.
- Mata mungkin terfixasi pada satu obyek spesifik akibat sinyal yang berasal dari korteks oksipitalis

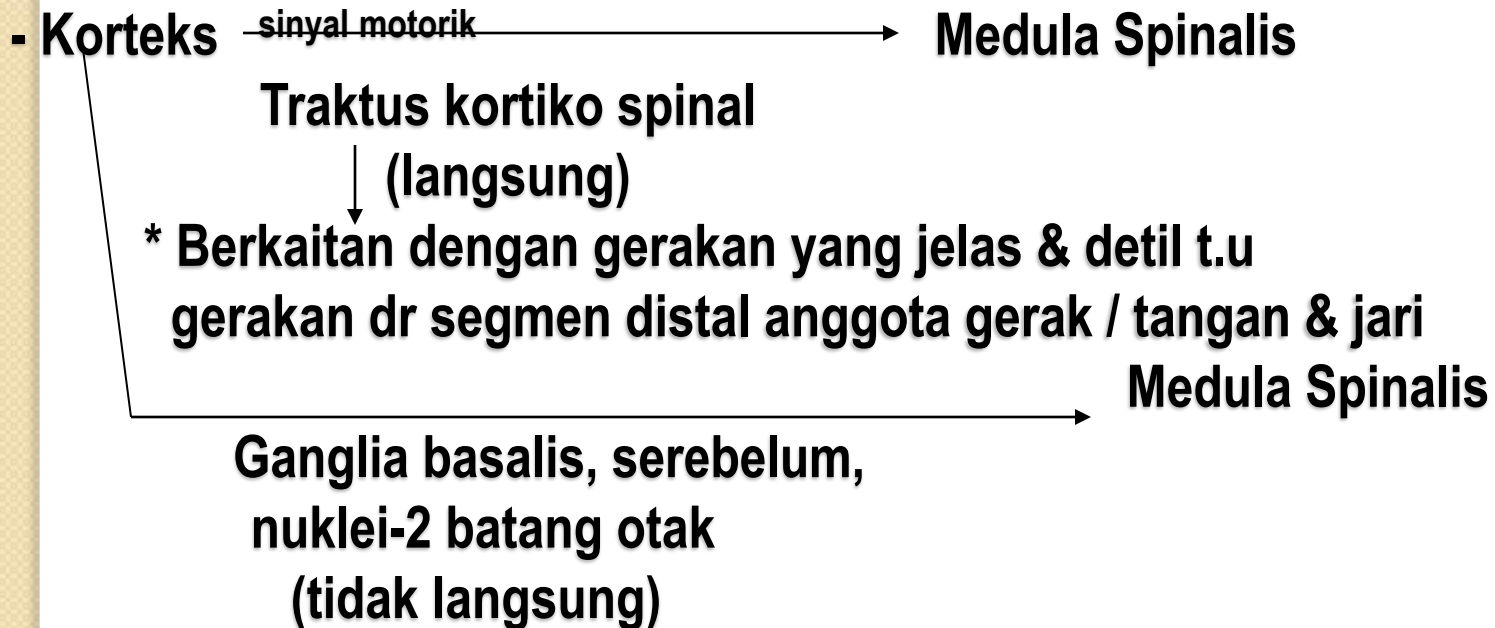
3. Area Rotasi Kepala

- Letak diatas area asosiasi motorik
- Erat hubungannya dengan lapang gerakan mata

4. Area Ketrampilan Tangan

- Pada APM di anterior KMP yg utk gerakan tangan & jari
- Jika daerah ini rusak → gerakan otot tak terkoordinasi & tidak bertujuan → dsbt “apraksia motorik”

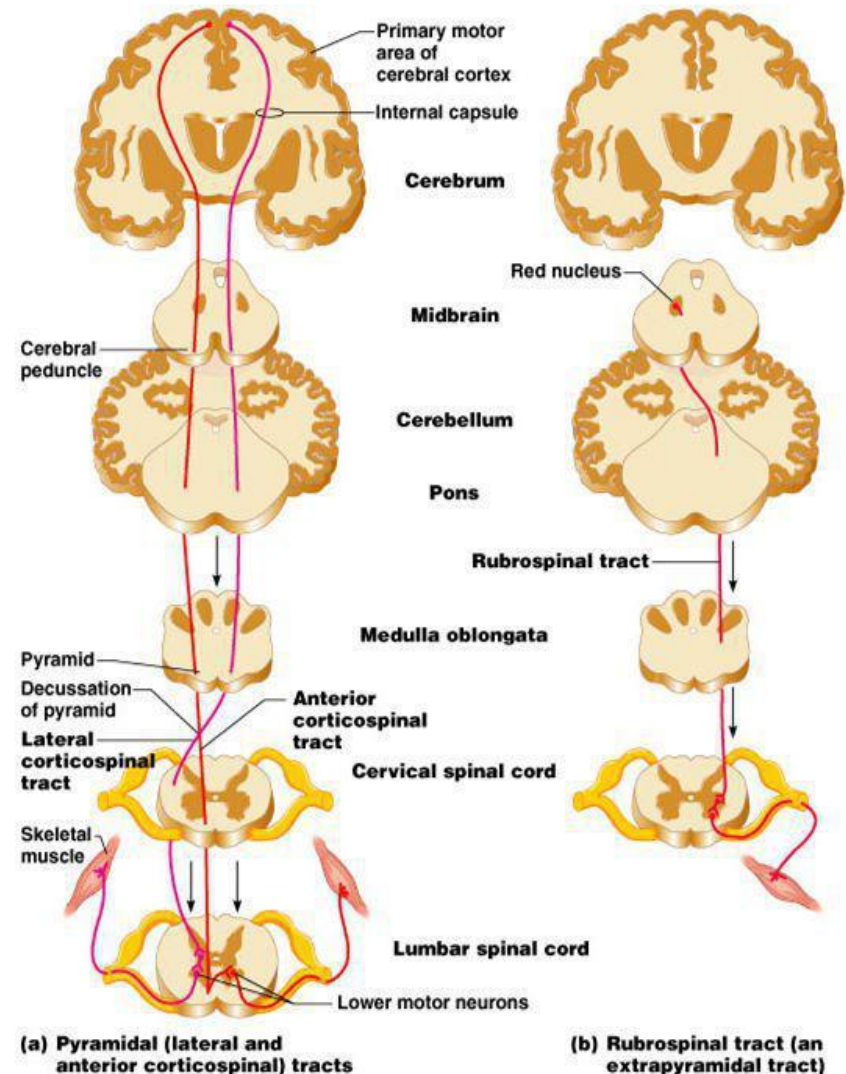
* Penjalaran Sinyal

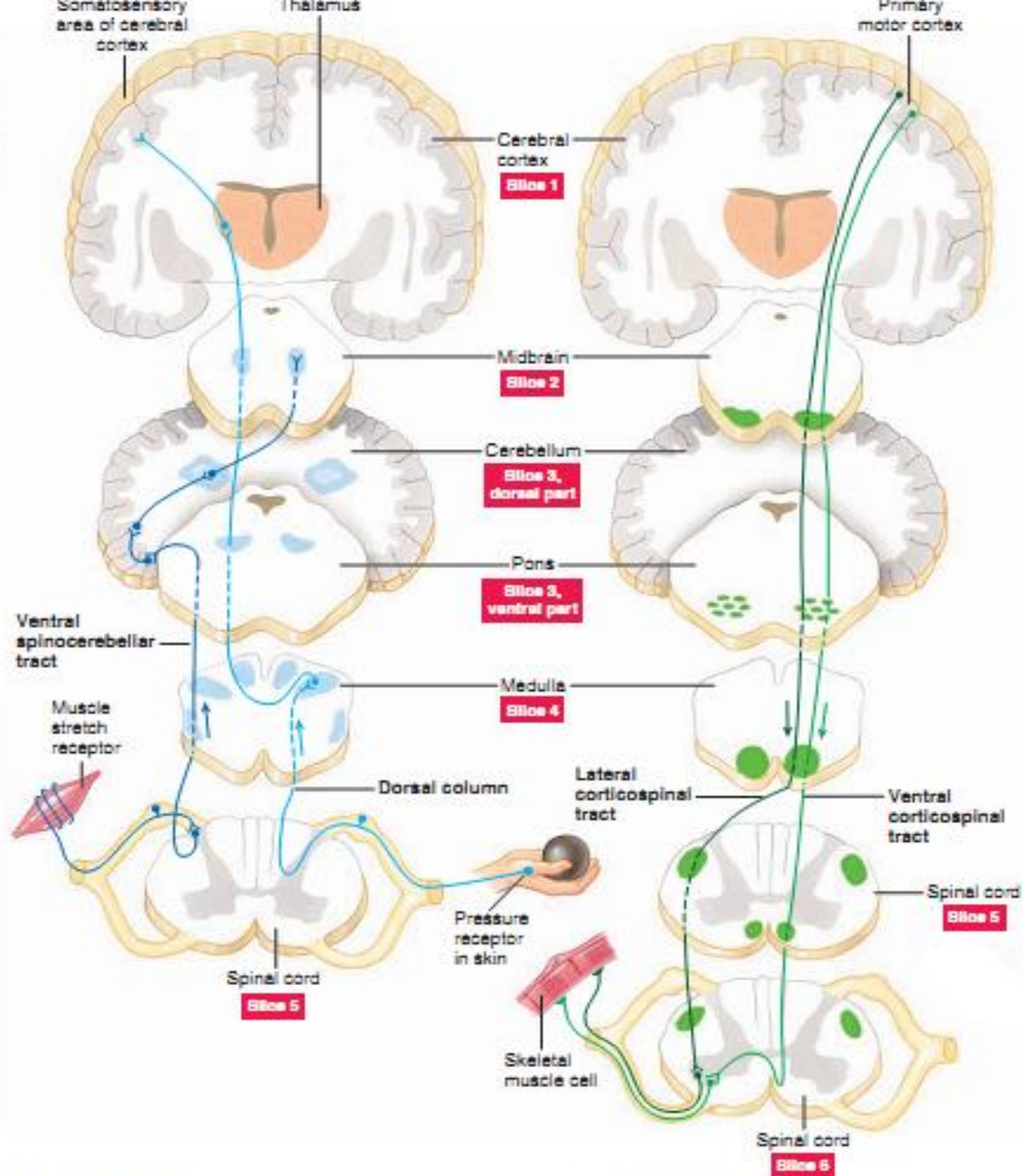
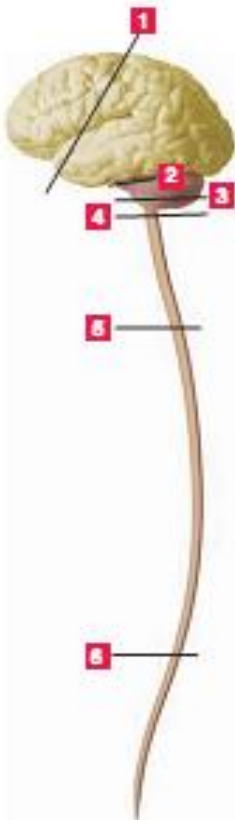


Descending pathway

Upper Motor Neuron

- Pyramidal: direct corticospinal tract → fine coordination motion
- Lateral corticospinal: cross in medulla. Voluntary motor to limb muscle
- Ventral (anterior) corticospinal: cross at spinal cord. Voluntary to axial muscle
- Extrapyraxidal: Indirect cortico-bulbo-spinal tracts (vestibular/reticular) tracts → Balance, posture, coordination





(a) Ascending tracts

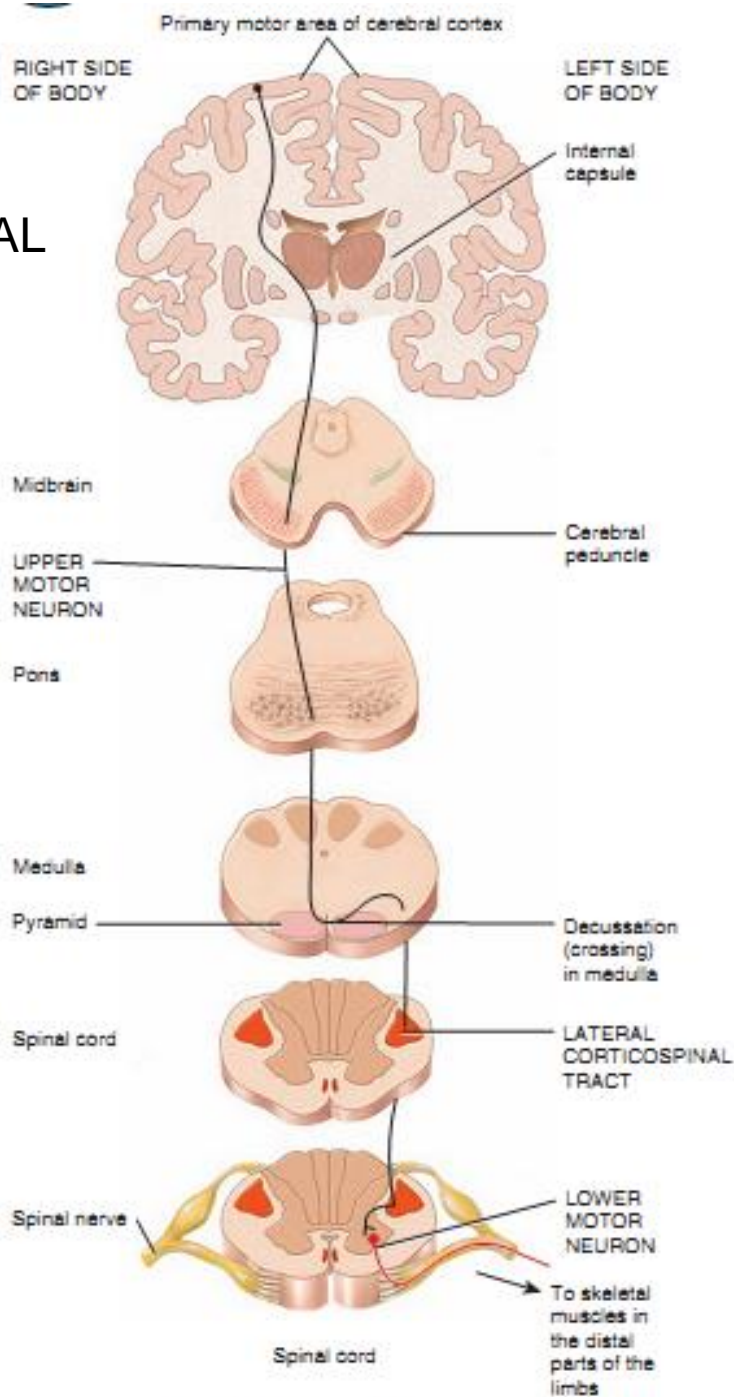
(b) Descending tracts



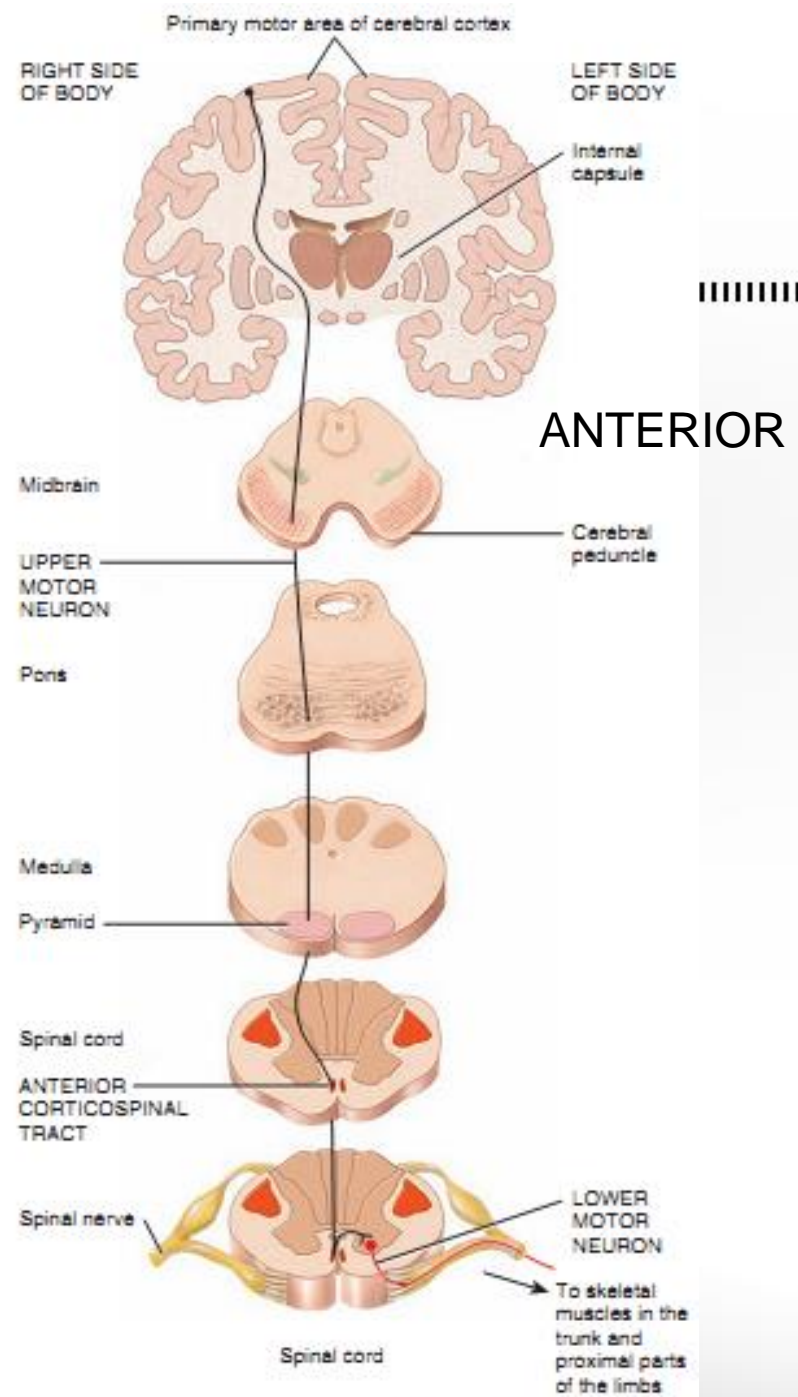
Corticospinal Pathway

Tractus	UMN	Persilangan	Tujuan	Aksi
Corticobulbar	Primary Motor Cortex	Batang Otak	LMN pada saraf Cranial pada batang otak	Kontrol motorik terhadap otot skeletal secara sadar
Corticospinal Lateral	Primary Motor Cortex	Pyramid Medulla Oblongata	LMN pada tanduk Anterior medulla spinalis	Kontrol motorik terhadap otot skeletal secara sadar
Corticospinal Anterior	Primary Motor Cortex	-	LMN pada tanduk Anterior medulla spinalis	Kontrol motorik terhadap otot skeletal secara sadar

LATERAL



(a) The lateral corticospinal pathway

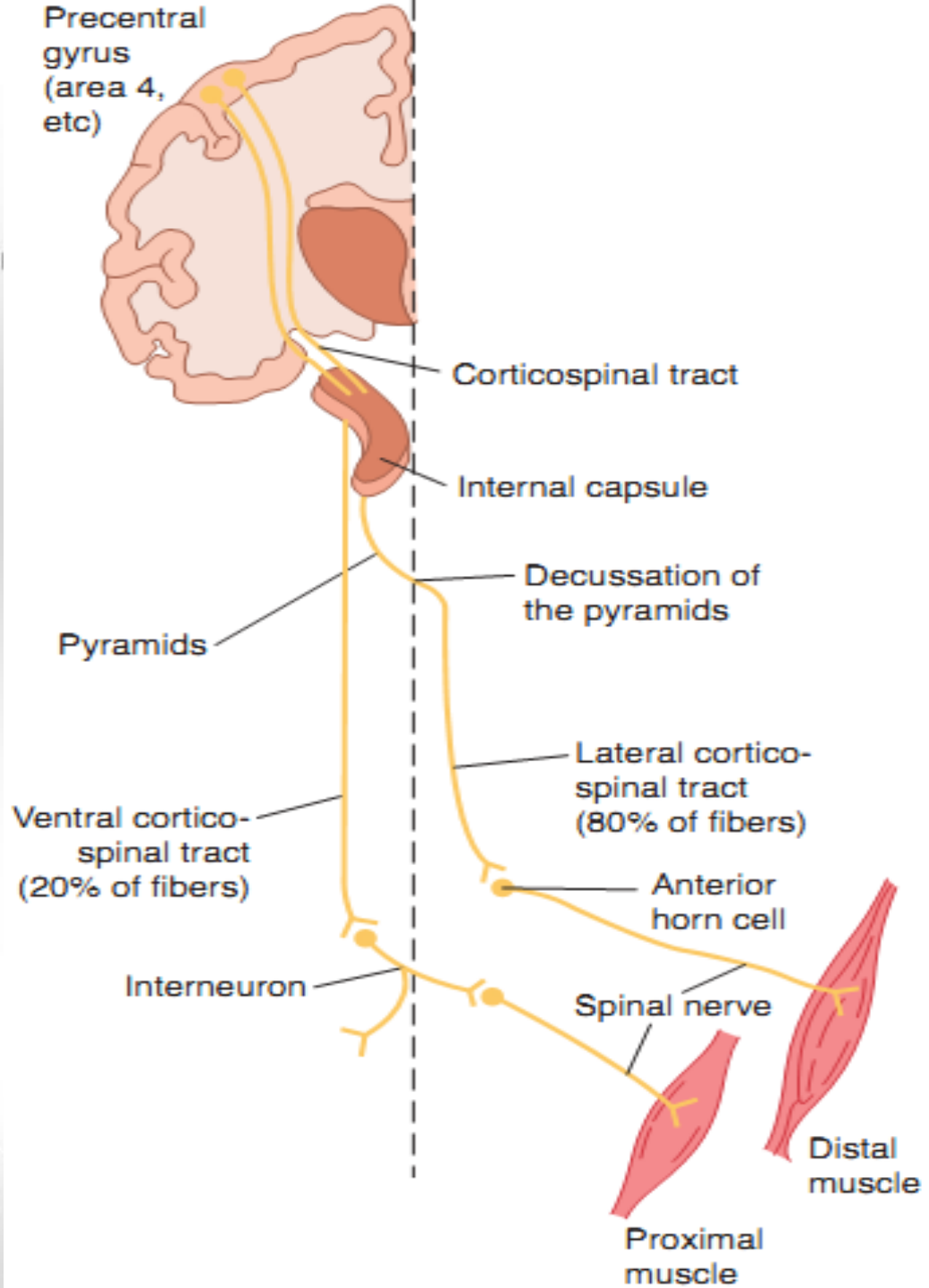


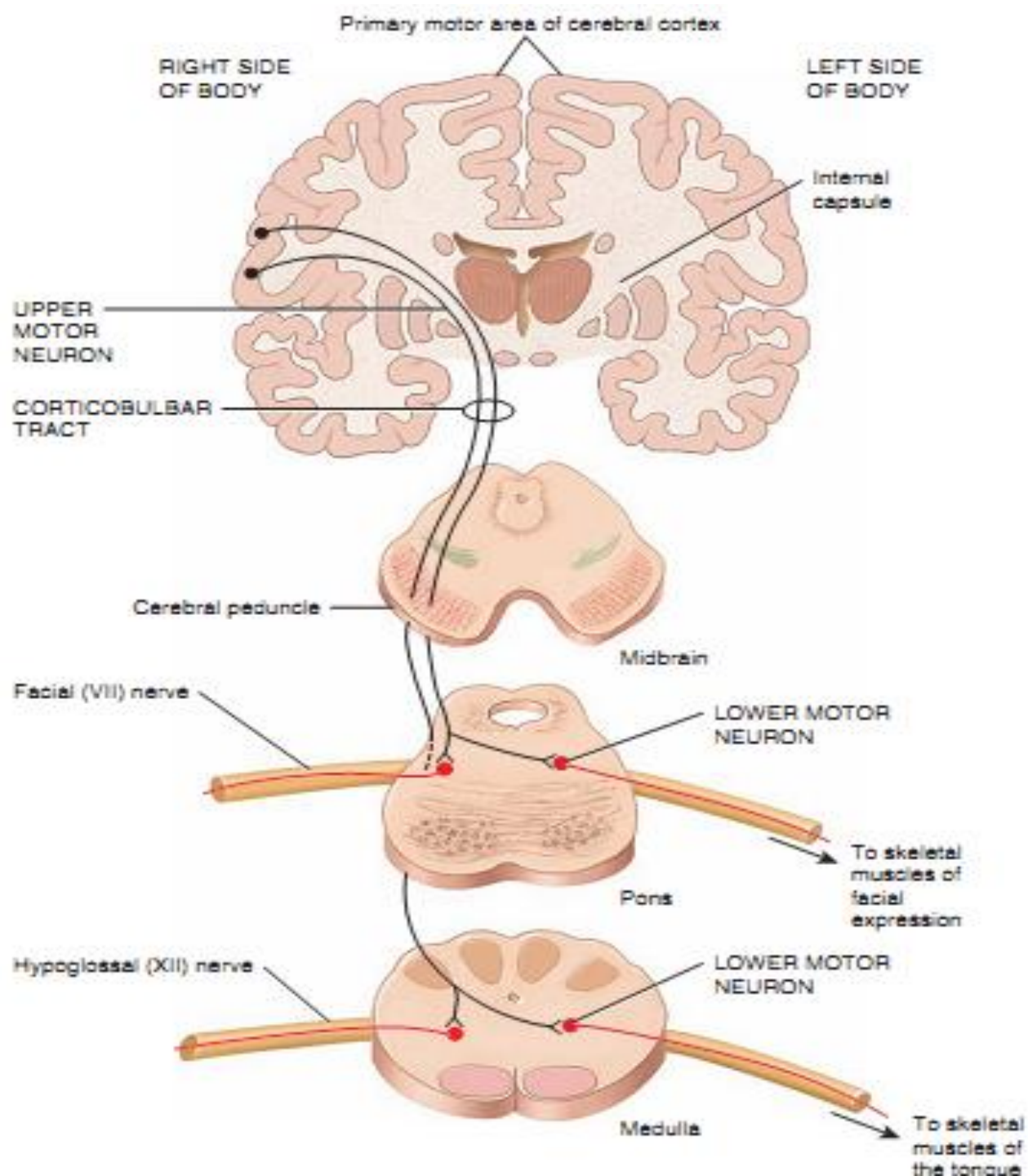
(b) The anterior corticospinal pathway



ANTERIOR







Regulation
center of



Extra Pyramidal system

Basal ganglia

Area premotor cortex cer.

Brain stem

Nuclei vestibularis

Substansia nigra

Nucleus subthalamicus Luys

Fungsi sistem extrapyramidal

pengendalian :

Posisi tegak tubuh

Kontraksi otot axial

Kontraksi otot proximal extremitas

Gerakan assosiasi

Planning suatu gerakan

Gerakan asosiasi

Adalah gerakan / kontraksi otot yang mengiringi kontraksi utama

Co. :

Kontraksi otot wajah (mimik) yang menyertai emosi seseorang

Ayunan lengan /gerakan tangan pada saat seseorang berbicara



**Mimik
anak &
ayahnya
adalah
gerakan
assosiasi**

Sistem Ekstrapiramidal :

- ✦ Dalam pengaturan motorik namun bukan bagian langsung dr sistem piramidal Semua bagian otak & batang otak yang ikut berperan.
- ✦ Meliputi jaras-jaras yang melalui ganglia basalis, formatio retikularis batang otak, nuklei vestibularis & juga nukelus merah
- ✦ Digunakan secara klinik dari pada fisiologis.

* Sinyal Statik & Dinamik oleh neuron-neuron Piramidal :

- ✦ Merupakan suatu pola → dibutuhkan suatu eksitasi utk kontraksi otot
- ✦ Awal : sinyal kuat → otot → kontraksi awal cepat, waktu singkat (neuron dinamik)
Kmd → sinyal yang > lemah → mempertahankan kontraksi jangka waktu lama (neuron statik).
- ✦ Beda antara KMP & Nukleus merah :
KMP : lebih banyak didapatkan neuron statik
NM : lebih banyak didapatkan neuron dinamik
NM erat hub-nya dengan serebelum → peran penting mempercepat timbulnya kontraksi otot.

Corticospinal pathway

Sensorimotor cortex

Basal ganglia

Thalamus

Brainstem

Cerebellum

Brainstem pathway

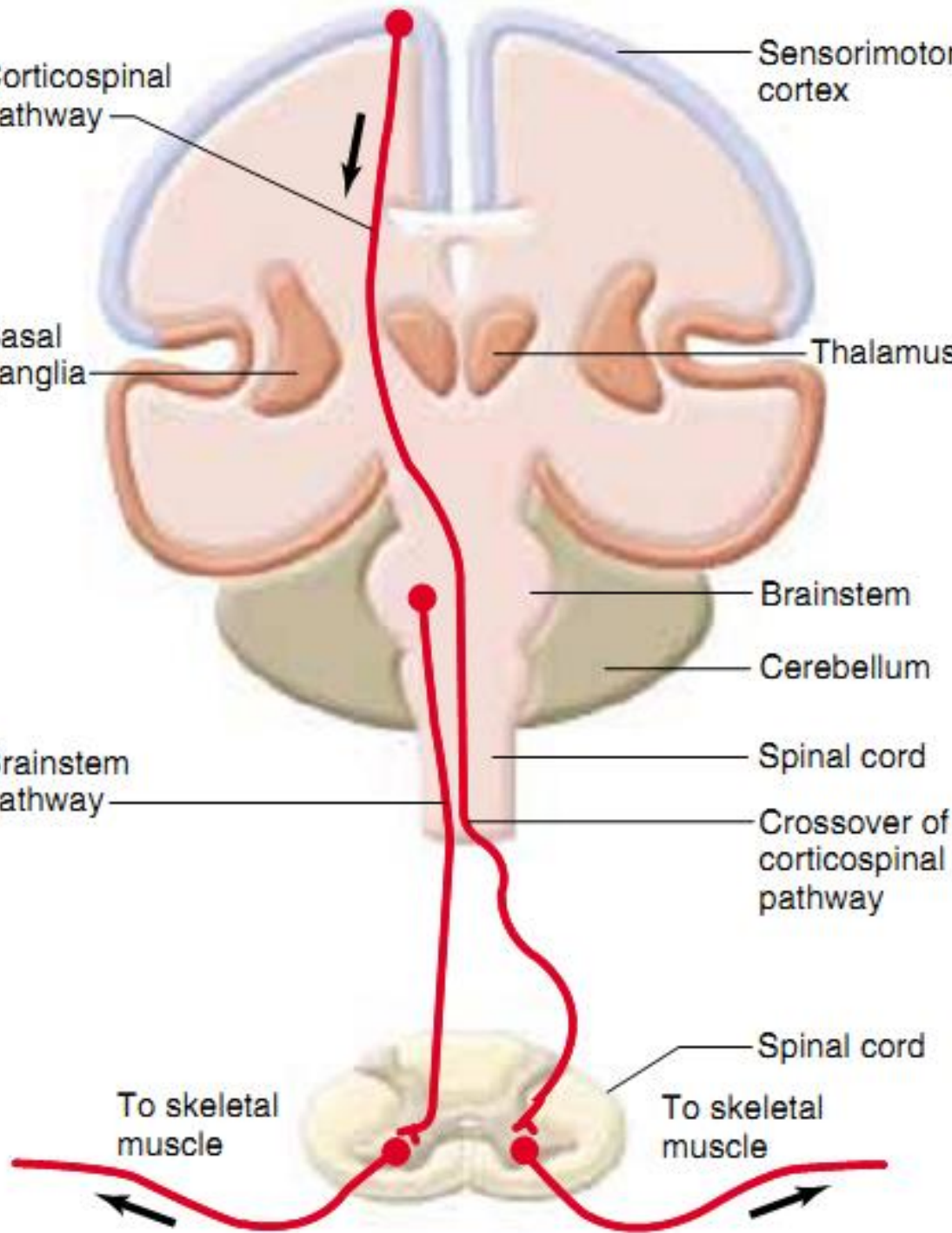
Spinal cord

Crossover of corticospinal pathway

Spinal cord

To skeletal muscle

To skeletal muscle



Pengaturan Fungsi Motorik oleh Korteks & Batang otak

Ger. Volunter ↔ aktivitas kesadaran dalam korteks serebri

Kontraksi

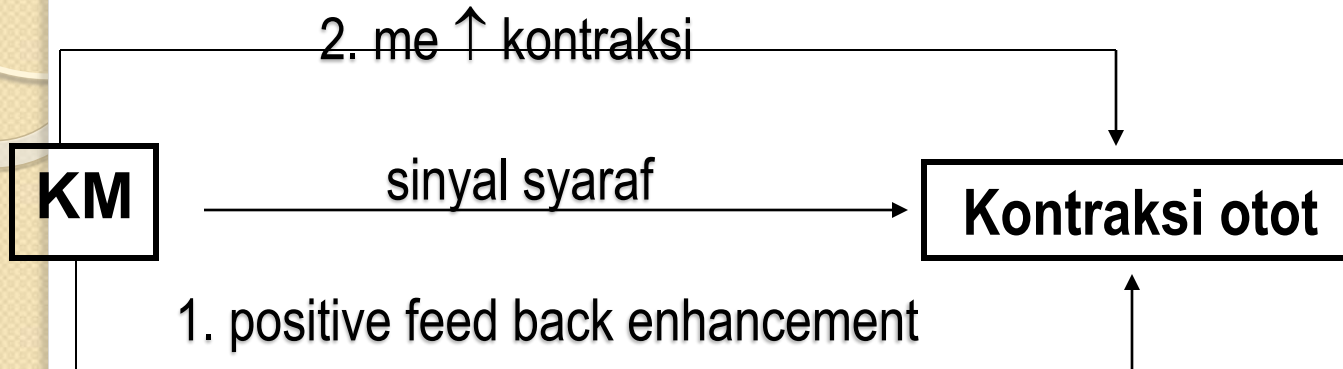
sinyal aktivasi spesifik unt.otot

Aktivasi berbagai pola fungsi di area otak bag. bawah di medula, batang otak, ganglia basalis & serebelum & pusat-2 yg > rendah

Unt. Gerakan ttt :

Korteks memiliki jaras langsung ke neuron motorik ant^{or} pada medula tanpa mell pusat-pusat motorik lain t.u untuk ger.tangkas halus jari & tangan

* Penjalaran umpan balik Somato sensorik → KM



sinyal somato sensorik

(organ tendo, reseptor taktil kulit, kumparan otot)

- Fs. membantu mengatur ketepatan kontraksi otot.

Pola gerakan akibat rangsangan pada pusat-pusat medula

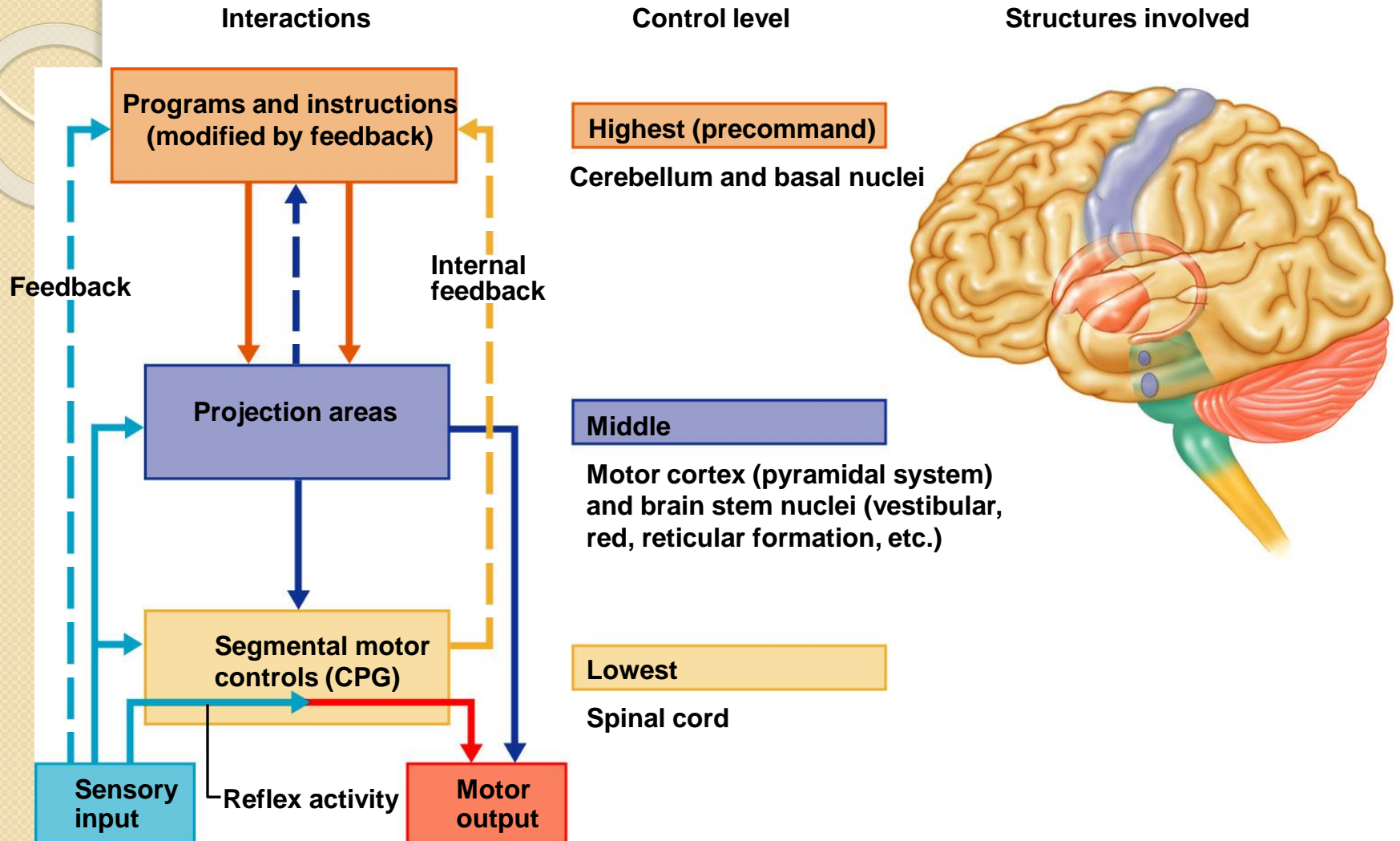
* M.Sp. →

Aktivitas motorik beberapa pola reflex khas sbg respons terhadap perangsangan saraf sensorik

↓
melangkah, berjalan, menggaruk dll.

Otak → Sinyal-2 → neuron motorik anterior →

Hierarchy of motor control



CNG: central pattern generator

“BATANG OTAK”

- ◇ Batang otak t.a :
 - medula; pons; mesensefalon
- ◇ Dianggap sebagai perluasan M.Sp ke rongga kranial o.k mengandung nuklei sensorik & motorik → membentuk fs motorik & sensorik untuk regio wajah & kepala
- ◇ Fungsi kendali khusus, yaitu mengatur :
 - Pernafasan
 - Sistem kardiovaskuler
 - Fungsi gastrointestinal
 - Banyak gerakan tubuh yang stereotipi
 - Keseimbangan
 - Gerakan mata
- ◇ Sebagai tempat simpangan untuk “sinyal perintah” dr pusat saraf yang lebih tinggi
- ◇ Mengatur gerakan seluruh tubuh & keseimbangan t.u oleh nuklei retikular & nuklei vestibular

Pointin

- Derajat exitabilitas alami yg tinggi
- Merangsang otot-2 anti gravitasi

yaitu otot axial tubuh →
mendukung tubuh melawan
gravitasi (otot kolumna vertebralis
& otot-otot ex tensor extremitas)

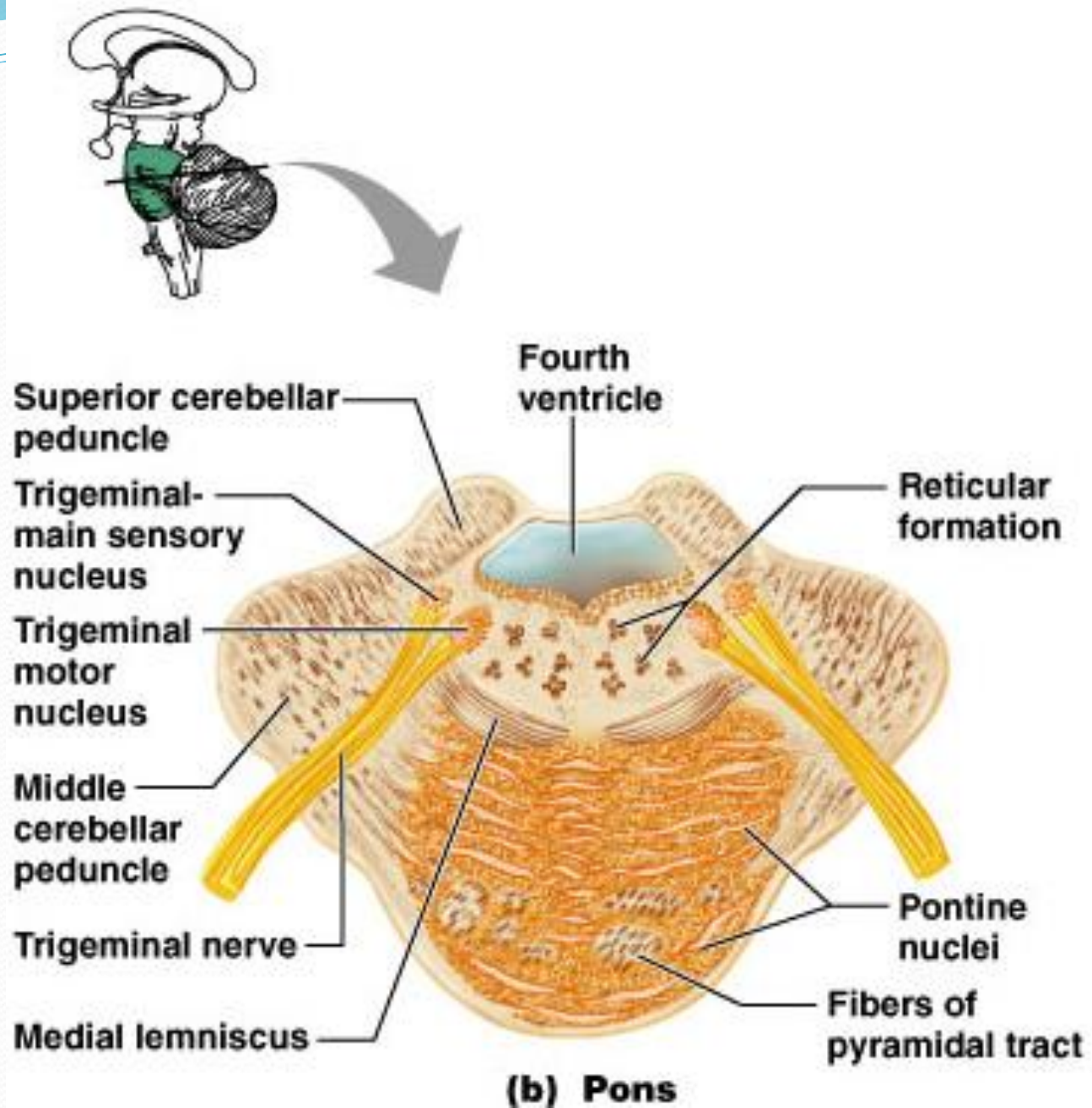
- Nuklei retikuar

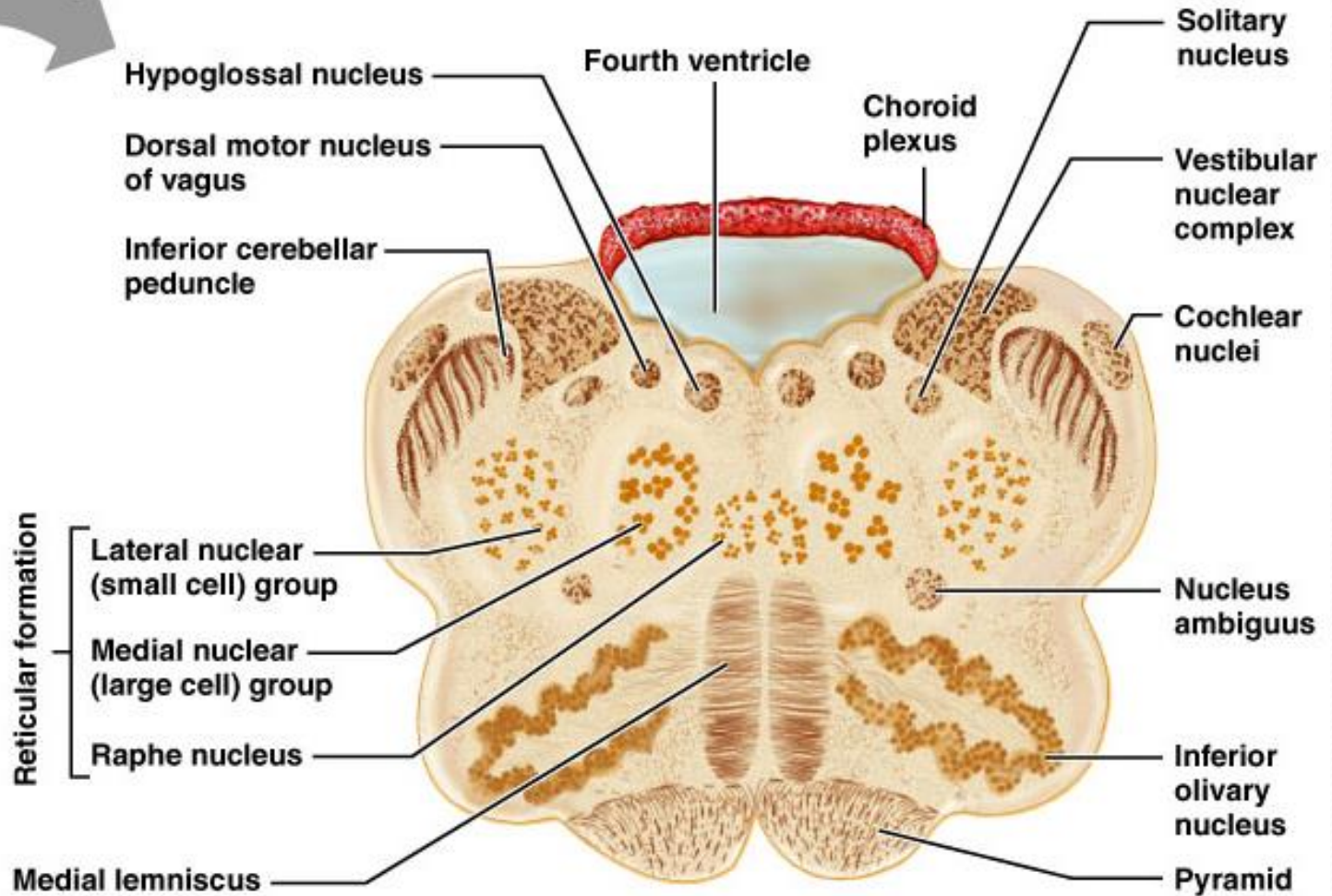
medular →

- ◇ menghambat otot-otot anti gravitasi
- ◇ menyalurkan sinyal inhibitorik ke neuron-2 motorik anterior antigravitasi
- ◇ menerima input kolateral dari :
 1. tr.kortiko spinal
 2. tr.rubro spinal
 3. jaras motorik lain } dlm keadaan normal otot-2 tubuh relaxasi

-

Pons





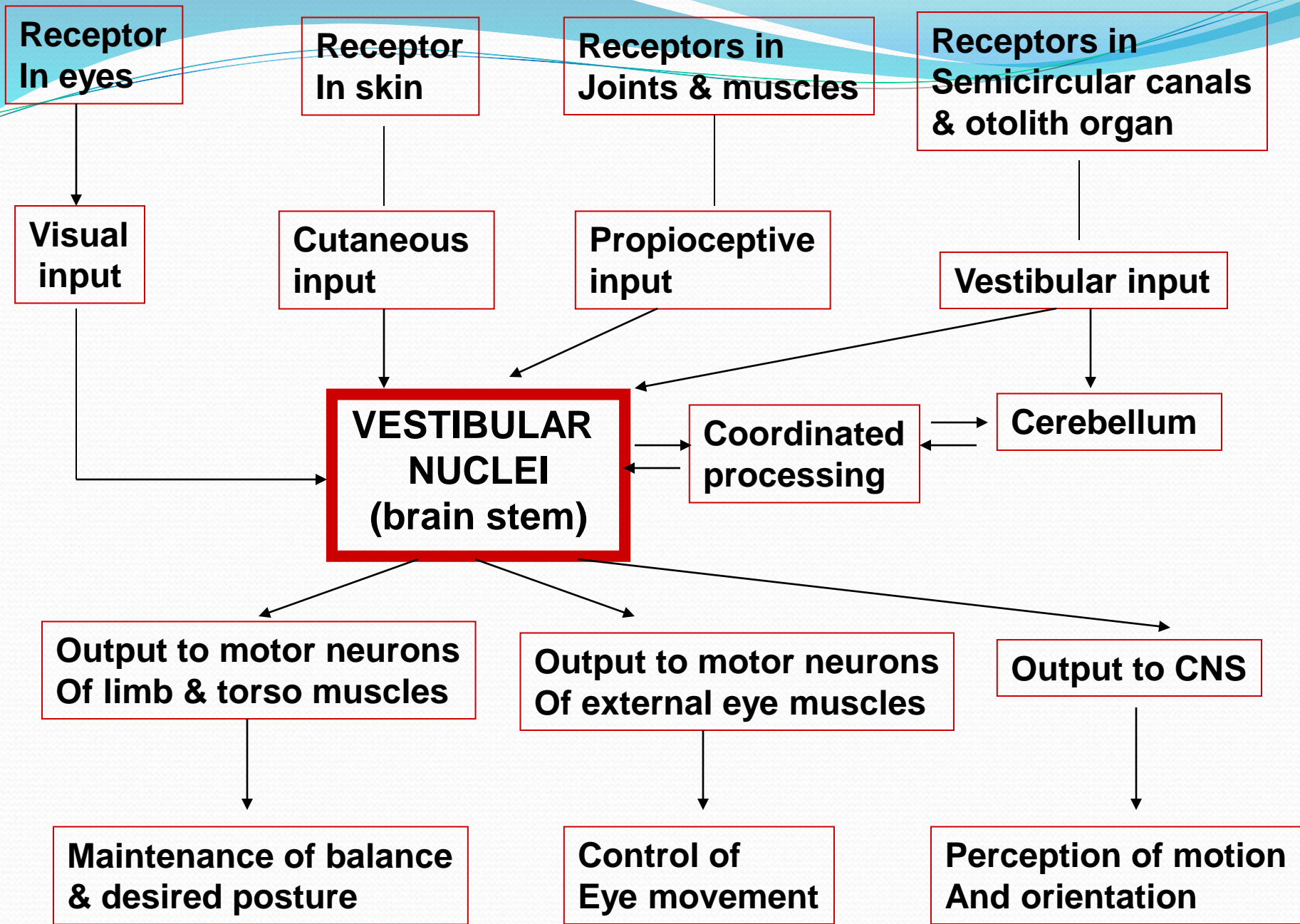
(c) Medulla oblongata

Axial skeleton



• **Nuklei vestibular**

- 1. Fs berkaitan dgn n.retikular pontin r
otot-2 antigravitasi axial**
- 2. Mengatur selektivitas sinyal-2
eksitatorik berbagai otot**
- 3. antigravitasi untuk menjaga
keseimbangan (respons ter-hadap
sinyal dari aparatus vestibular).**



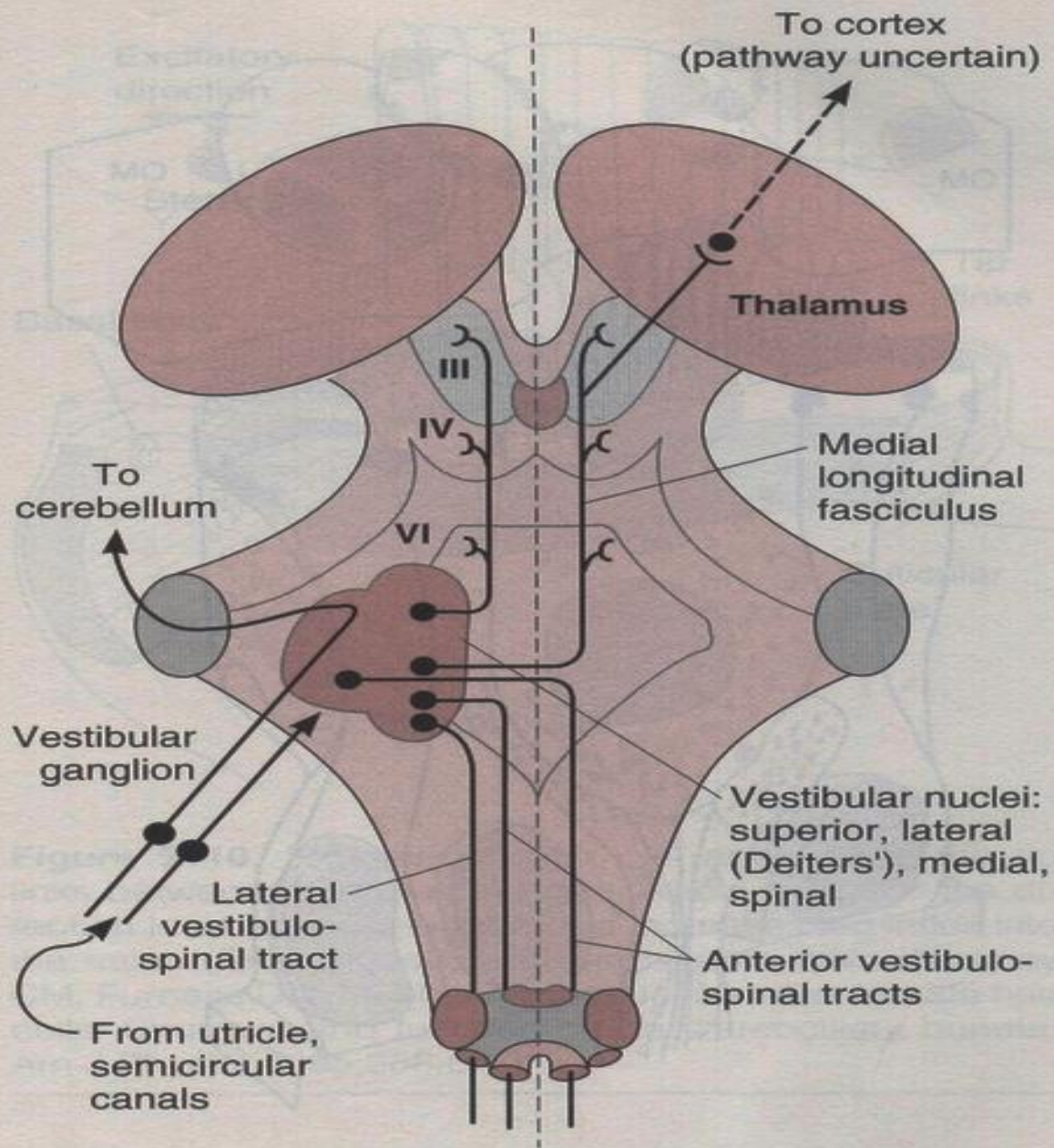


Figure 9-7. Principal vestibular pathways superimposed on a dorsal view of the brain stem. Cerebellum and cerebral cortex removed.

“Nukleus Merah”

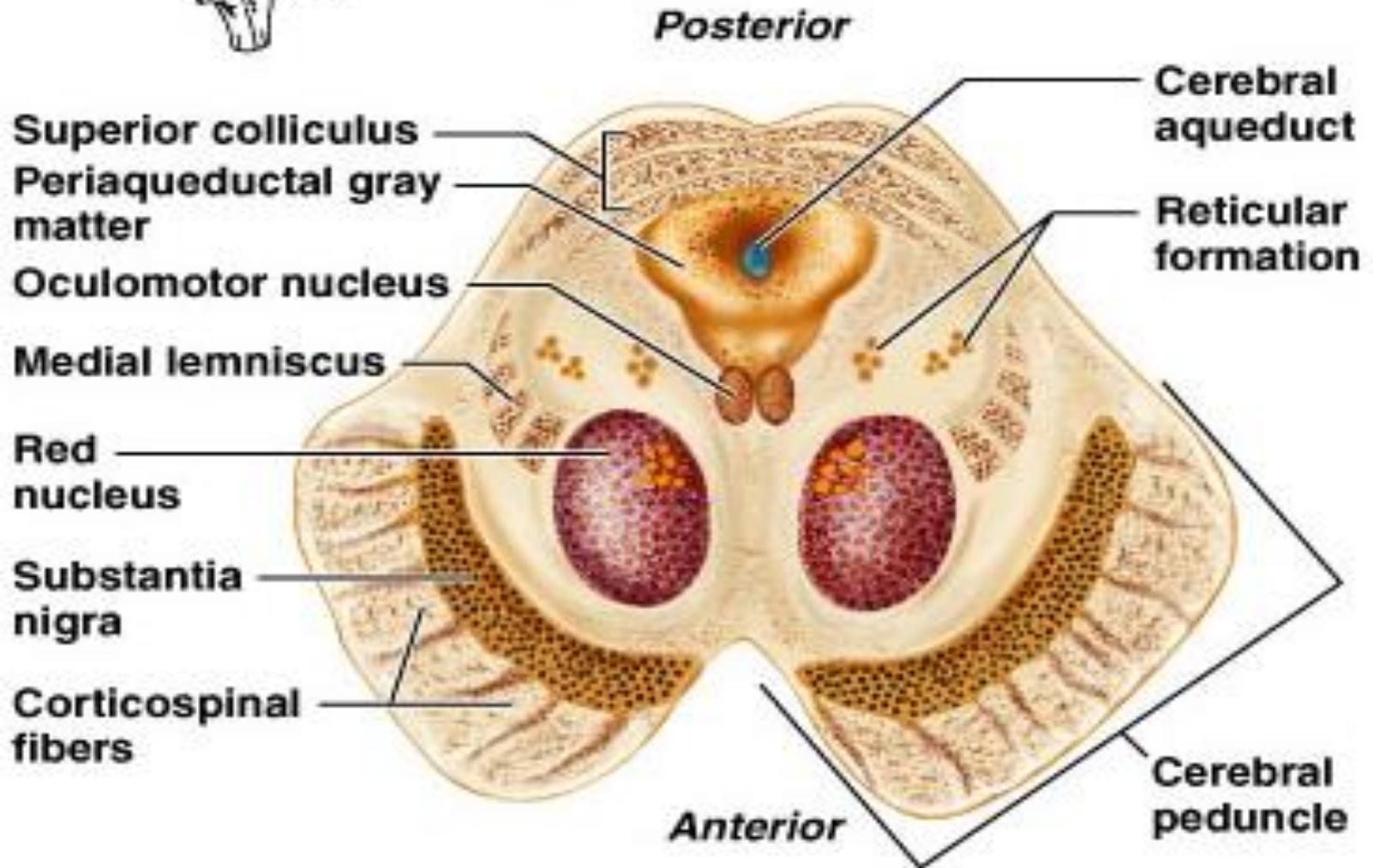
- **Letak** : dalam mesensefalon
- **Fs** : berhubungan dengan tr.kortikospinalis
- **Menerima serat-serat langsung yang berasal dari KMP melalui tr.kortiko rubral → bersinaps pada nukleus merah bag.bawah disebut bag.magnoseluler → tr.rubrospinal →**
 1. **Kolumna lateral M.Sp → interneuron subst.grisea medula**
 2. **Neuron motorik anterior (langsung)**
- **Fs. Sist Kortiko rubrospinal : (mirip KM)**

Perangsangan satu titik dibag.nukleus merah → kontraksi satu otot tunggal / kelompok kecil otot hanya ketajaman gambaran otot kurang berkembang → sebagai jaras alternatif motorik selain tr.piramidaks

 - ≈ **Serat piramidal rusak, tanpa kortiko rubrospinal → pergerakan khas KM ke M.Sp tetap, tapi ger.jari & tangan terganggu; pergelangan tangan msh baik (jika kortikorubrospinal diblok → ger.pergelangan θ)**
 - ≈ **Tr.kortikospinal + Tr rubrospinal → sist.motorik medula bag lateral**

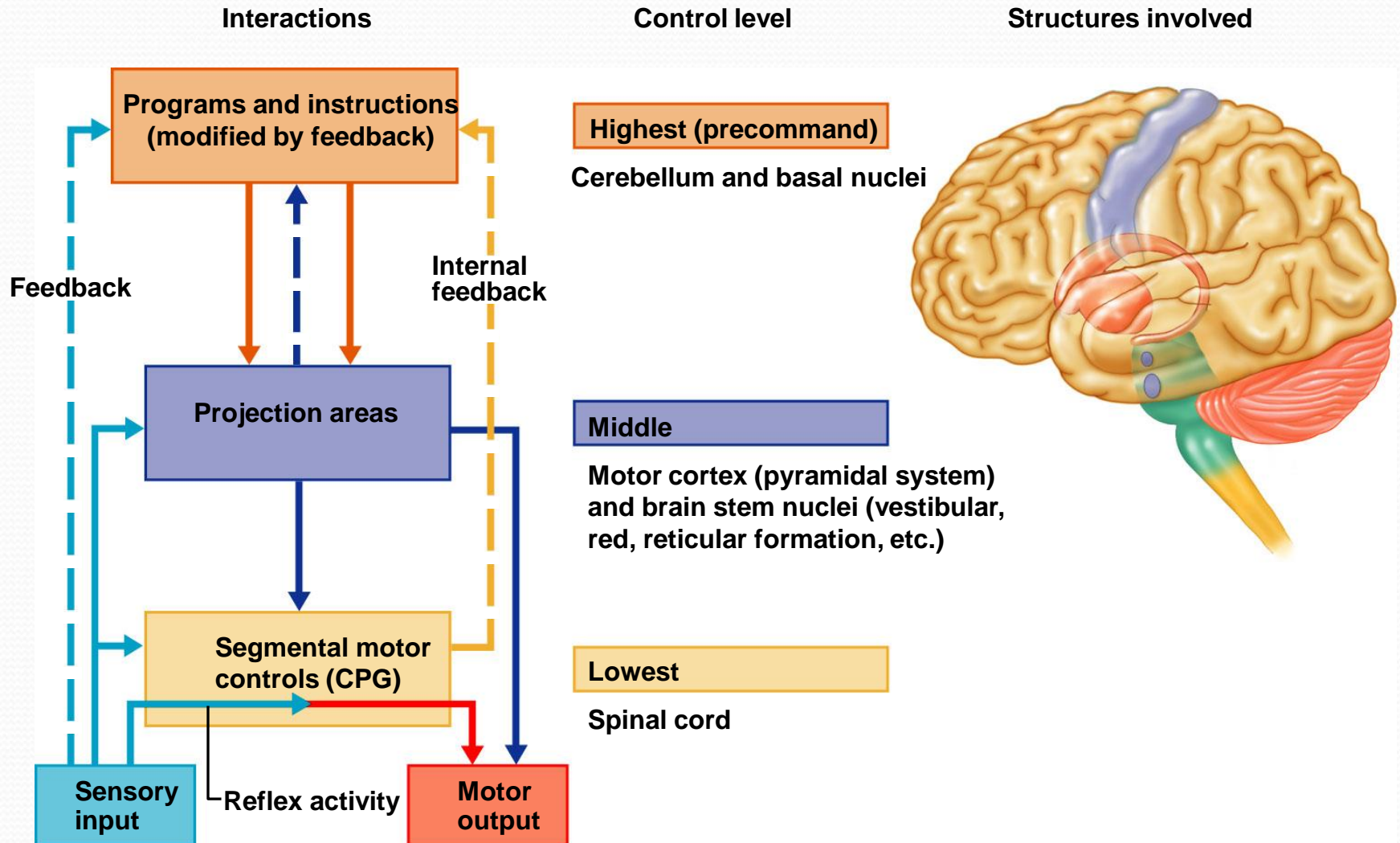
Midbrain Nuclei

- Nuclei that control cranial nerves III (oculomotor) and IV (trochlear)
- Corpora quadrigemina – four dome-like protrusions of the dorsal midbrain
- Superior colliculi – visual reflex centers
- Inferior colliculi – auditory relay centers
- Substantia nigra – functionally linked to basal nuclei
- Red nucleus – largest nucleus of the reticular formation; red nuclei are relay nuclei for some descending motor pathways



(a) Midbrain

Hierarchy of motor control



CNG: central pattern generator

“ CEREBELUM “

✦ PENGATURAN AKTIVITAS OTOT :

- AREA KORTIKAL SEREBRAL
- SEREBELUM
- GANGLIA BASALIS

BUKAN PEMICU FUNGSI OTOT

✦ MENENTUKAN SAAT AKTIVITAS MOTORIK & PENGALIHAN CEPAT DARI SATU GERAKAN KE GERAKAN BERIKUTNYA

✦ DSBT AREA TENANG PADA OTAK, O.K RANGSANGAN LISTRIK → SENSASI θ / JARANG GER.MOTORIK

✦ PEMBUANGAN SEREBELUM → PERGERAKAN JADI TDK NORMAL (INKOORDINASI)

✦ PENTING UNTUK PENGATURAN AKTIVITAS OTOT CEPAT (BERLARI, MENGETIK, BICARA DLL).

✦ SEREBELUM MEMBANTU MENGURUTKAN AKTIVITAS MOTORIK MEMONITOR & MEMPER-BAIKI PENYESUAIAN AKTIVITAS MOTORIK

✦ MENYESUIAKAN DIRI TERHADAP SINYAL-SINYAL MOTORIK YANG DICETUSKAN OLEH KORTEKS MOTORIK & BAG-2 OTAK LAINNYA

✦ MENERIMA INFORMASI YANG BARU → KONTRAKSI OTOT

✦ MENERIMA INFORMASI BAG.PERIFER TUBUH → BERBAGAI PERUBAHAN BAG-2 TUBUH, POSISI, KECEPATAN & KEKUATAN GERAK



^ SEREBELUM

- ▲ MEMBANDINGKAN KEADAAN SIKAP BAG.TUBUH → TIDAK SERASI → SINYAL PERBAIKAN → SIST.MOTORIK → ME ↑ / ME ↓ AKTIVITAS OTOT.**
- ▲ MEMBANTU KORTEKS SEREBRI MERENCANAKAN URUTAN GERAKAN BERIKUTNYA → BERGERAK MAJU DENGAN LANCAR**
- ▲ MAMPU BELAJAR DARI KESALAHAN YANG DIBUAT → BERGERAK > KUAT / > LEMAH → TEPAT.**
- ▲ JARAS YANG MASUK : AFEREN DR BAG.OTAK YG LAIN & AFEREN DR PERIFER.**
- * FS. SEREBELUM UTK MENCEGAH GERAKAN YG BERLEBIHAN (OVERSHOOT) & MEREDAM GERAKAN O.K HAMPIR SEMUA GERAKAN TUBUH ADL PENDULAR SEREBELUM RUSAK → TREMOR (AKSI / INTENSI)**



Cerebellum:

mempunyai 2 fungsi utama yaitu:

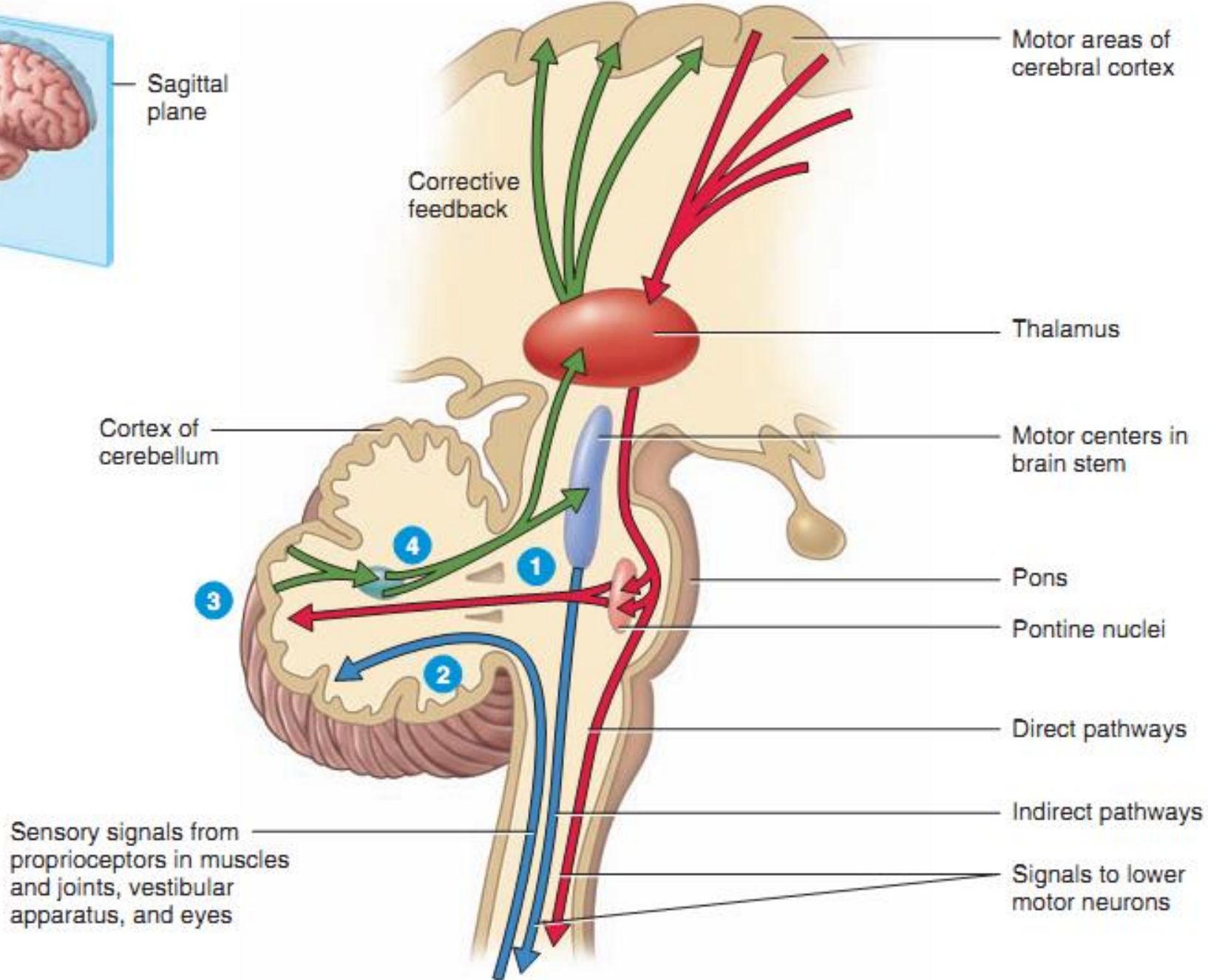
1. Sebagai kordinator aktifitas motorik somatik (voluntary motor activity), antara lain gerakan trampil, ritmis, gerakan kasar – kuat, pada saat diam maupun sedang bergerak / dinamis (berjalan, loncat, lari, mengendarai sepeda)

**2. Pengendalian keseimbangan tubuh,
tonus otot melalui sistem vestibular,
medulla spinalis dan gamma efferent.**





Sagittal plane



Motor areas of cerebral cortex

Thalamus

Motor centers in brain stem

Pons

Pontine nuclei

Direct pathways

Indirect pathways

Signals to lower motor neurons

Corrective feedback

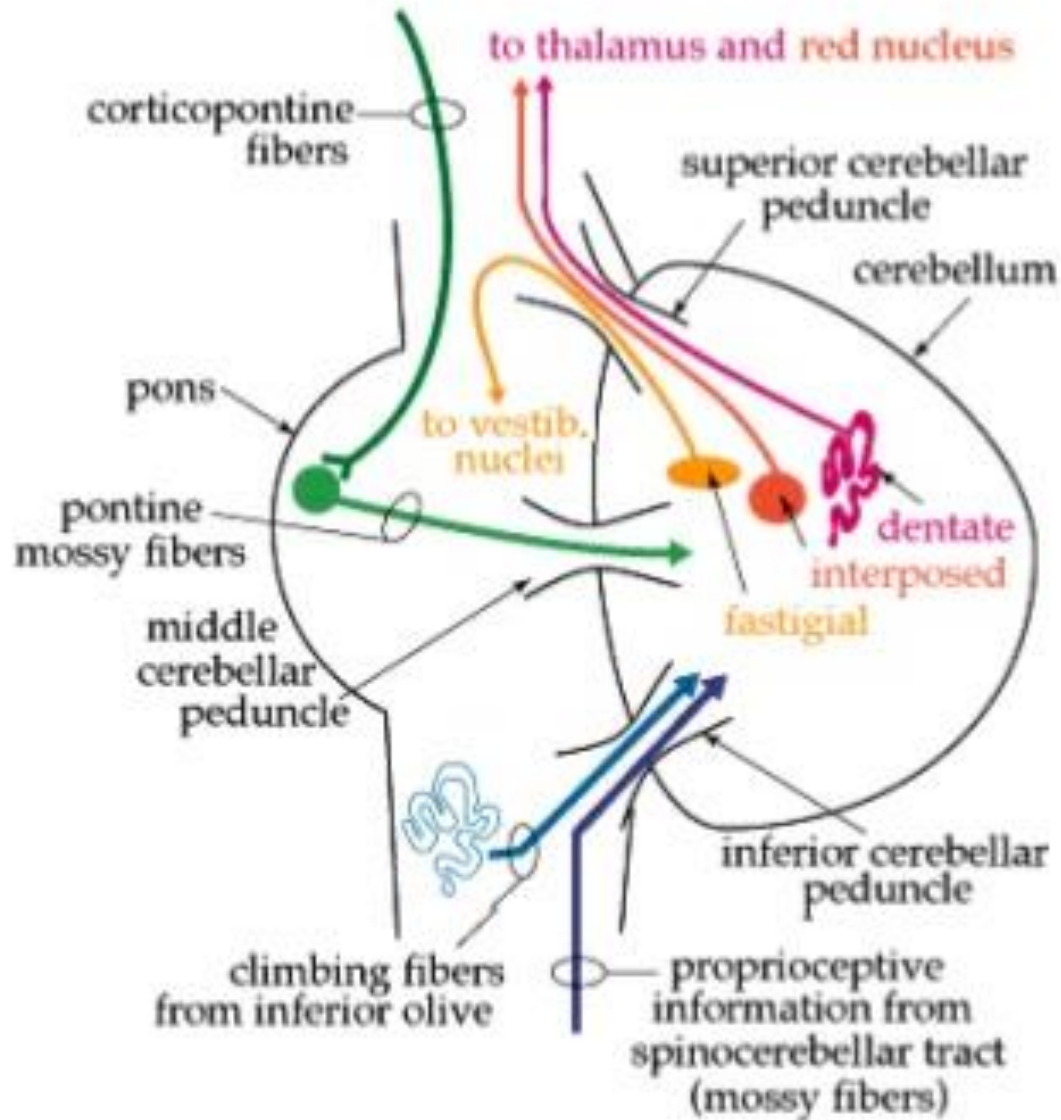
Cortex of cerebellum

Sensory signals from proprioceptors in muscles and joints, vestibular apparatus, and eyes

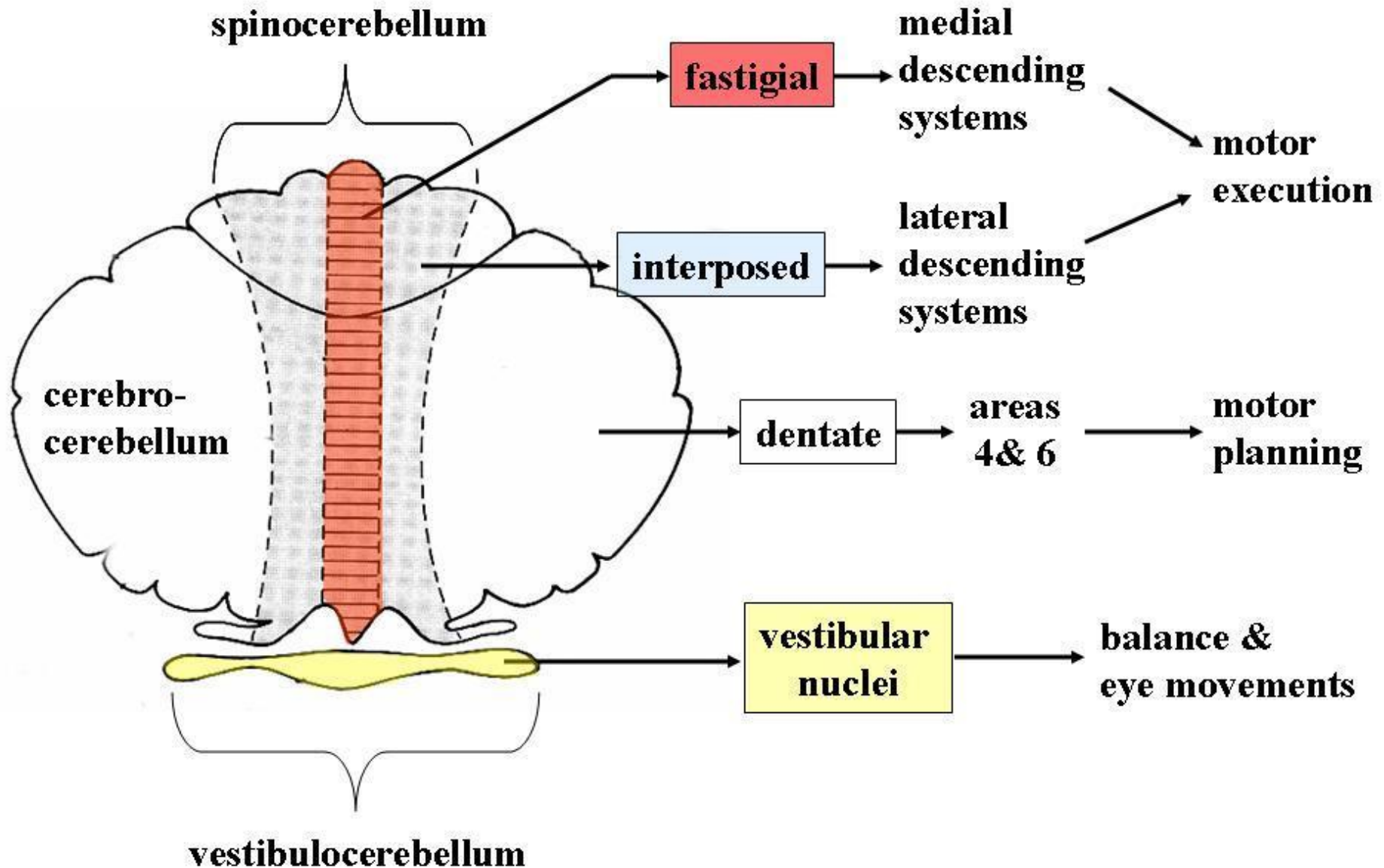
Sagittal section through brain and spinal cord

III

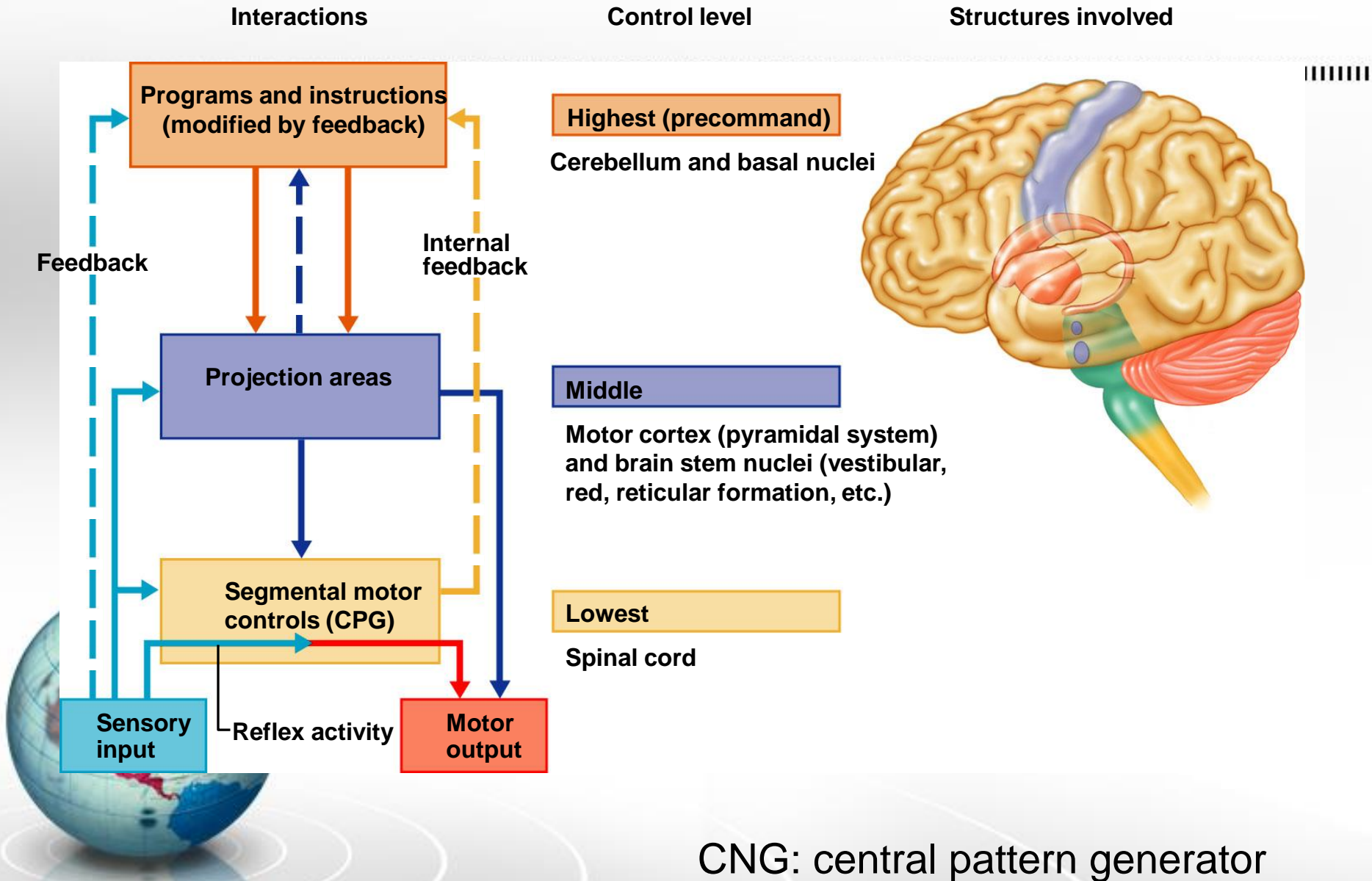
Functional organization of cerebellum

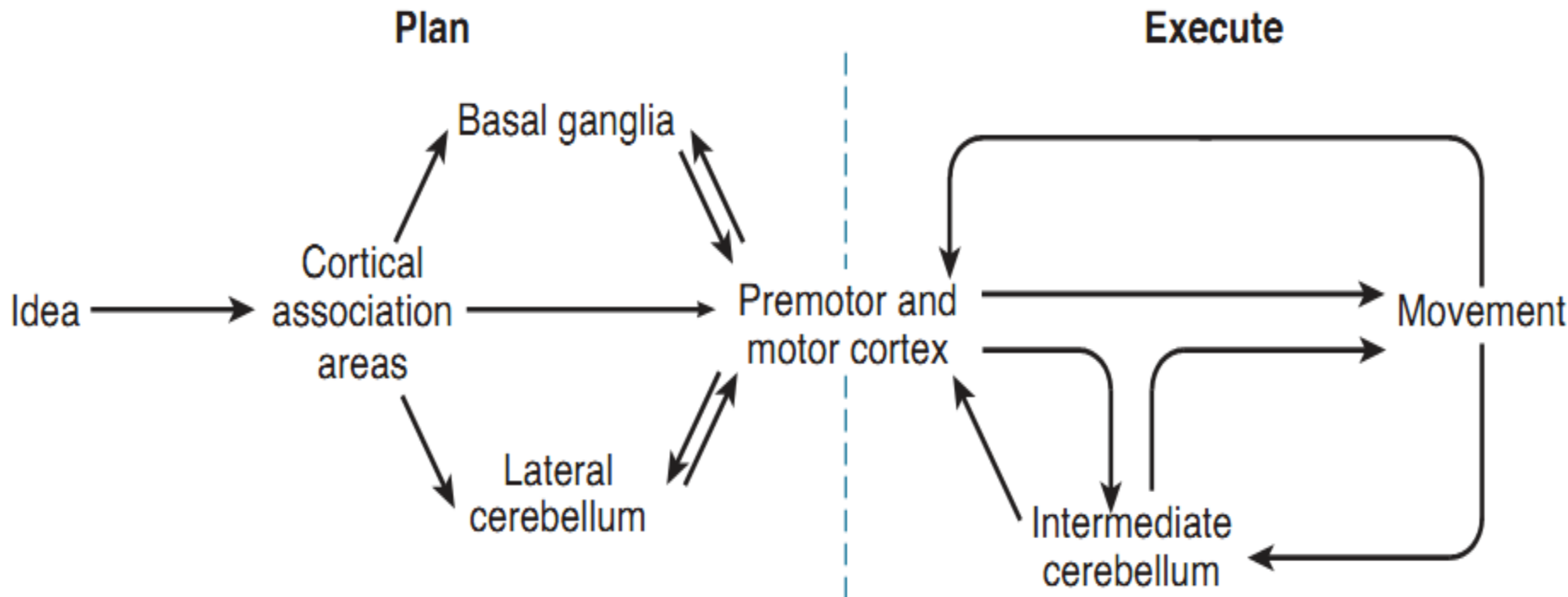


Cerebellar output



Hierarchy of motor control





Basal Nuclei

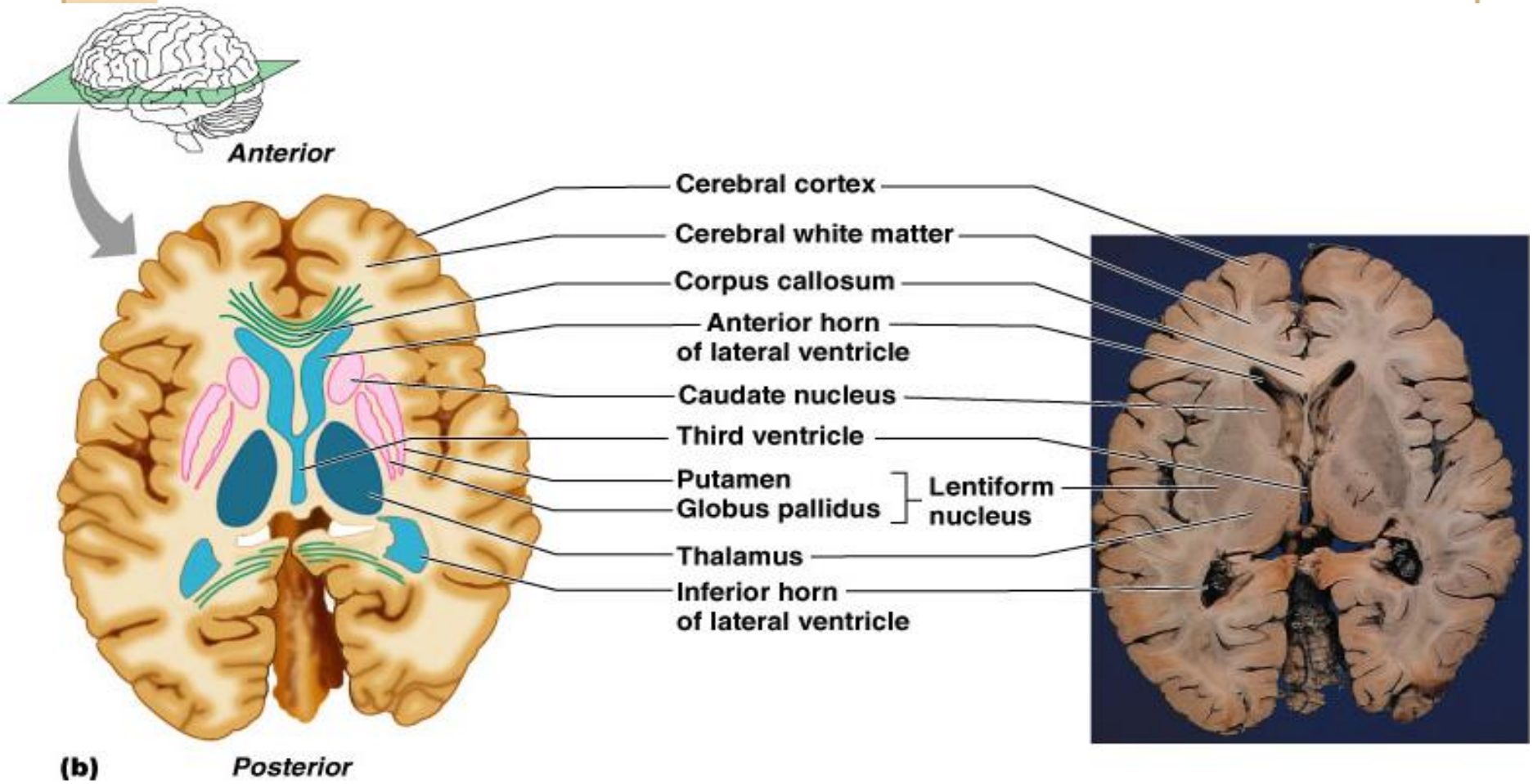
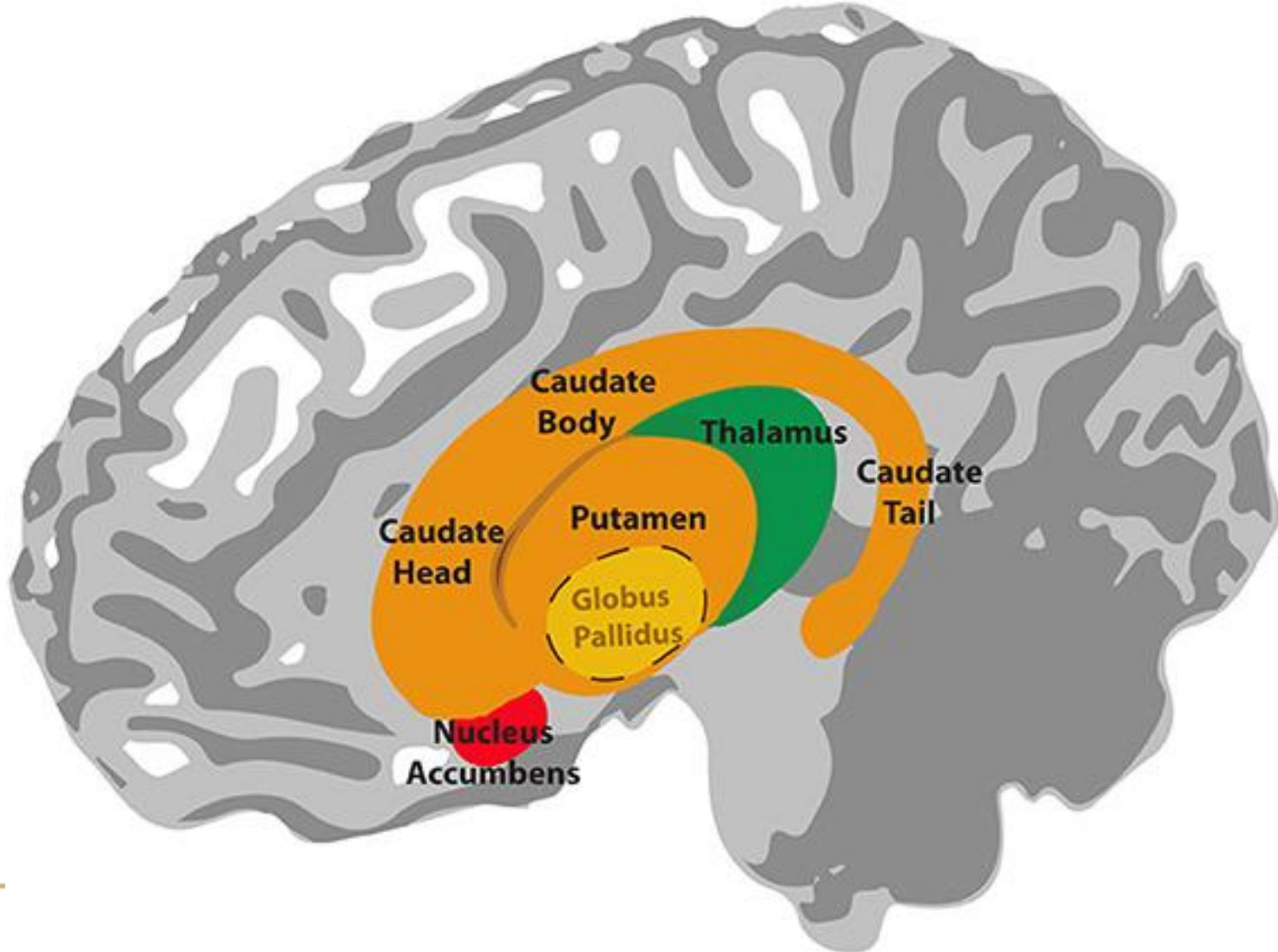


Figure 12.11b

Basal ganglia (Basal nuclei):

Comprises of Striatum (nucleus caudatus, putamen, nucleus accumbens), Putamen, and Globus pallidus



Basal ganglia

Nucleus caudatus

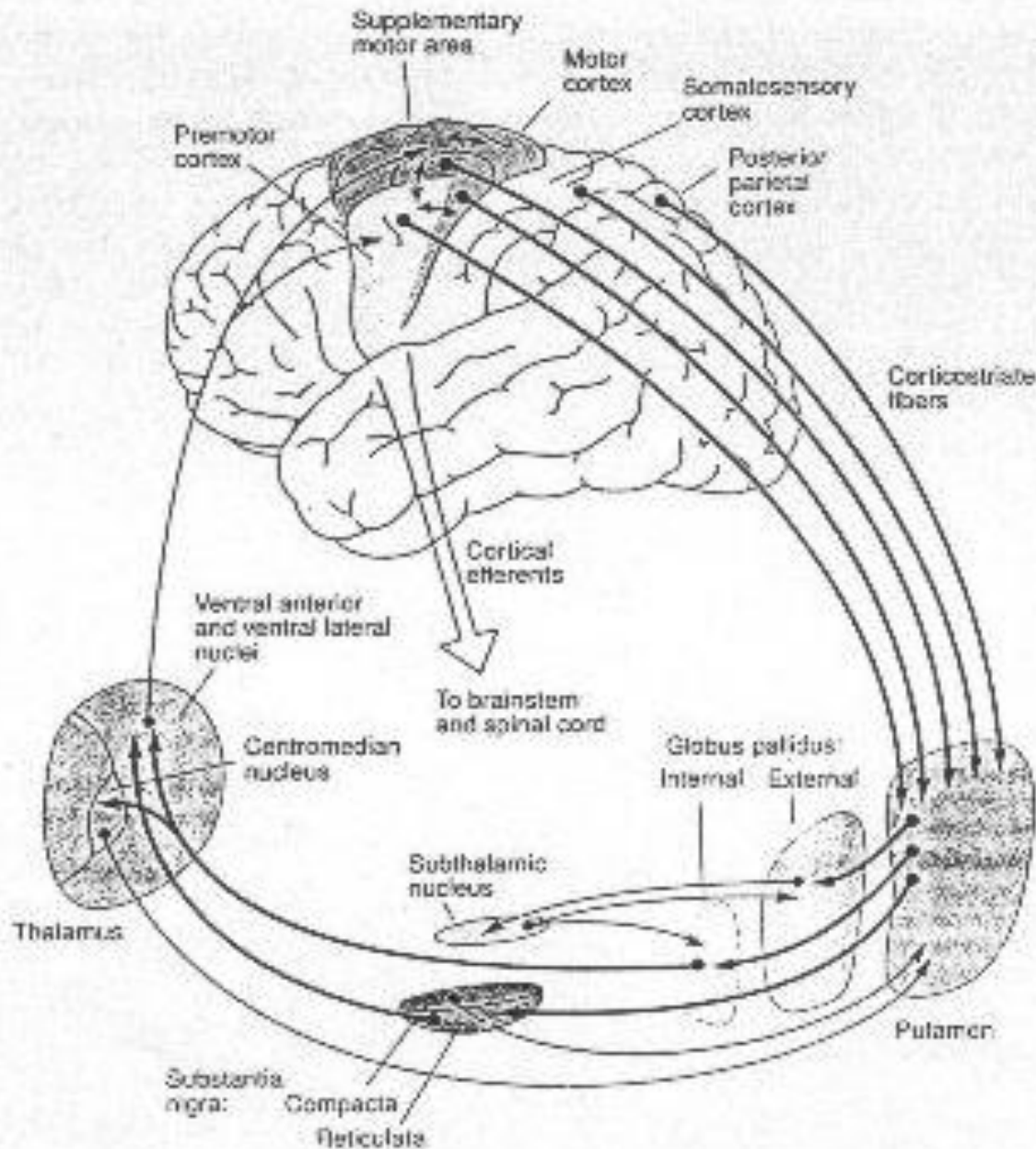
Putamen

Globus pallidus

Corpus striatum

Nucleus lenticularis





Beberapa area tsb membentuk suatu sistem / sirkuit dalam rangka fungsi extrapyramidal, proses planning suatu gerakan



Ganglia Basalis (GB) – Fungsi Motoriknya

- ☞ Sistem asesori motorik, berkaitan dengan korteks. Serebri & sist.motorik kortikospinal
- ☞ Membantu merencanakan & mengendalikan pola gerakan otot (aktivitas motorik) yang kompleks
- ☞ Mengendalikan intensitas relatif dari ger.yang berurutan
- ☞ Mengendalikan arah gerakan
- ☞ Pengurutan gerakan paralel
- ☞ Menerima sinyal input dari korteks & mengembalikan sinyal output dari korteks
- ☞ Contoh pola-2 aktivitas motorik → pada gerakan-2 terlatih :
Menulis, menggunting, melompat, menendang, vokalesasi, gerakan-2 mata terkendali dll.



^ GB

**Jaras-jaras yang terkait : AMS & APM pada KM
ASS primer pada KS**

↓
Putamen (melintasi nukleus Kaudatus)

↓
Internal Globus Polidus

↓
Nucl. Ventro anterior & lateral thalamus

↓
KMP , APM & AMS



Functions of Basal Nuclei

Though somewhat elusive, the following are thought to be functions of basal nuclei

- Influence muscular activity
- Regulate attention and cognition
- Regulate intensity of slow or stereotyped movements
- Inhibit antagonistic and unnecessary movement



Basal nuclei (Basal ganglia):

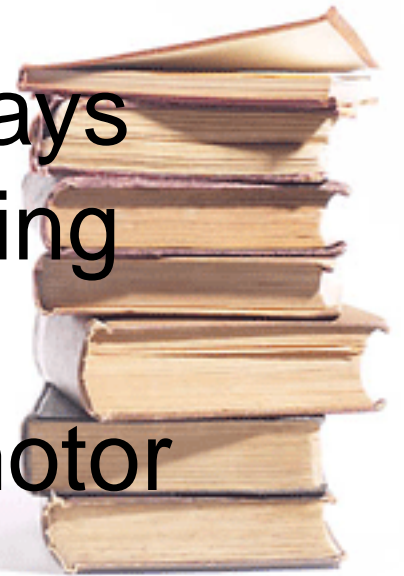
participates in four loops:

- Motor loop
- Limbic loop
- Cognitive loop
- Oculomotor loop

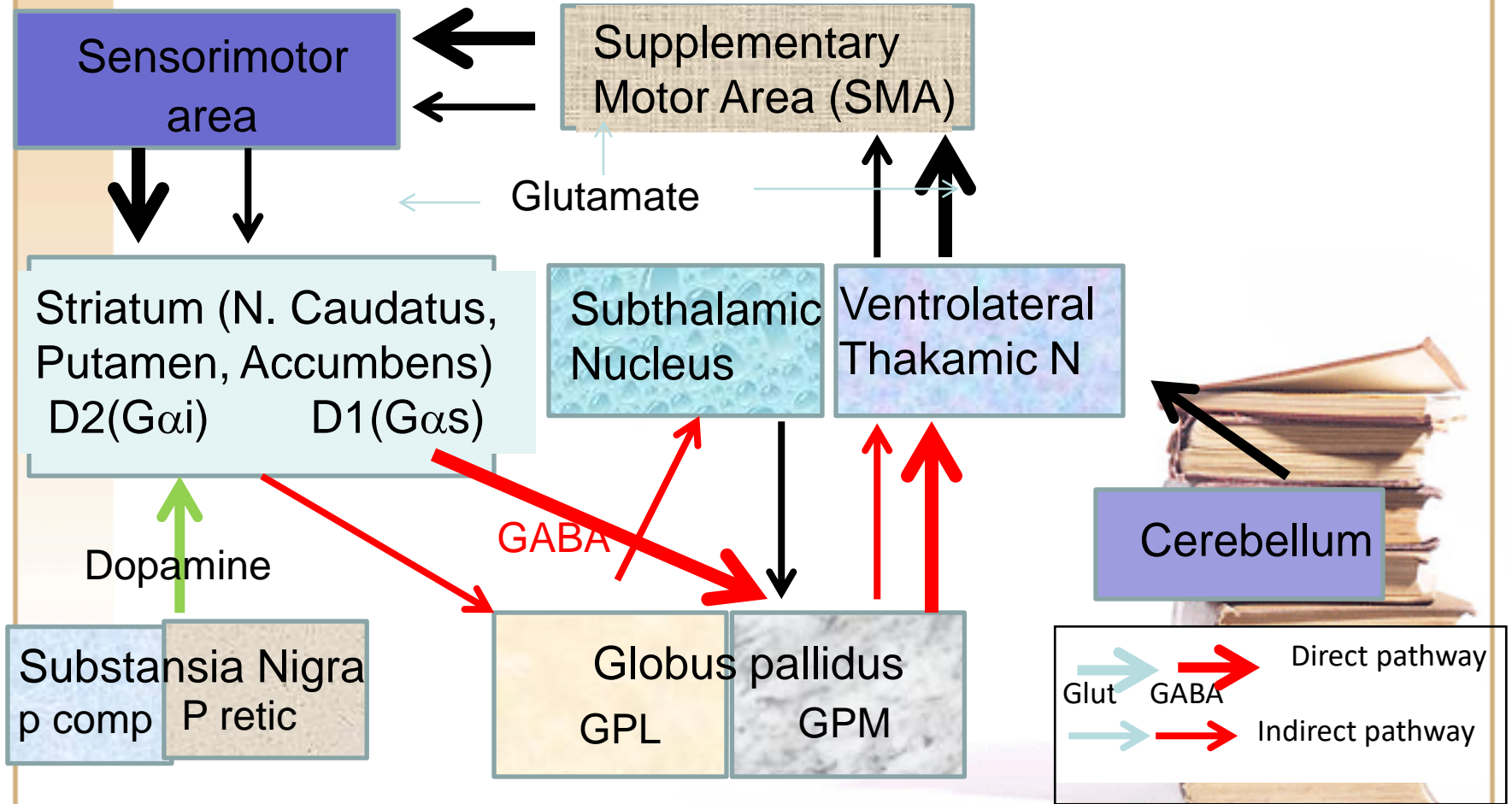
Motor loop:

- Has direct and indirect pathways
- Function in programming learning movement.
- Start from and end to sensorimotor cortex,

delivered by GABA and glutamate

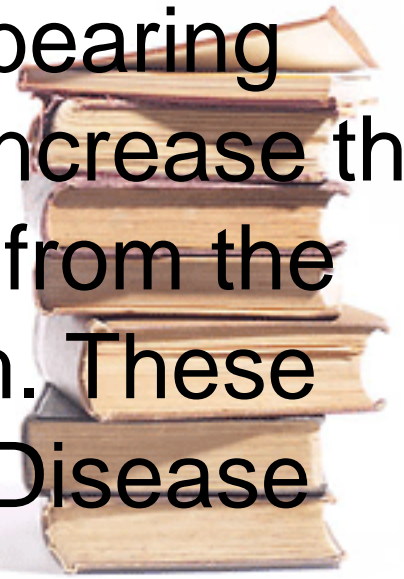


Motor loop:

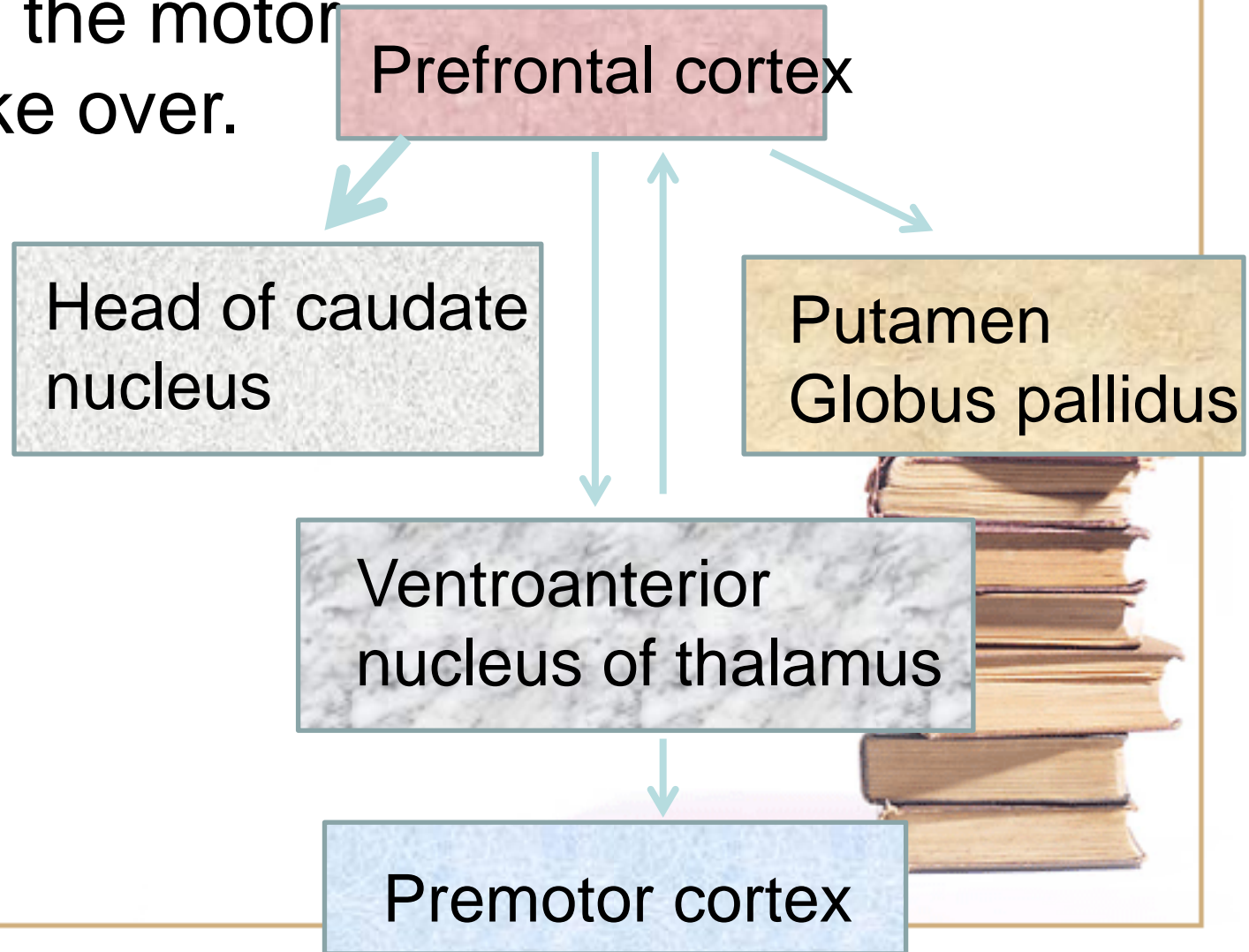


Substantia nigra project dopaminergic neurons to the striatal complex. Degeneration of this pathway affects both direct and indirect motor loop from and to sensorimotor cortex.

The effect arise from loss of tonic facilitation of neurons bearing D1 (G_{α_s}) receptors and loss of tonic inhibition by neurons bearing D2 (G_{α_i}) receptors. These effects increase the tonic glutamatergic neurons effect from the sensorimotor cortex to the striatum. These conditions will produce Parkinson Disease (PD).

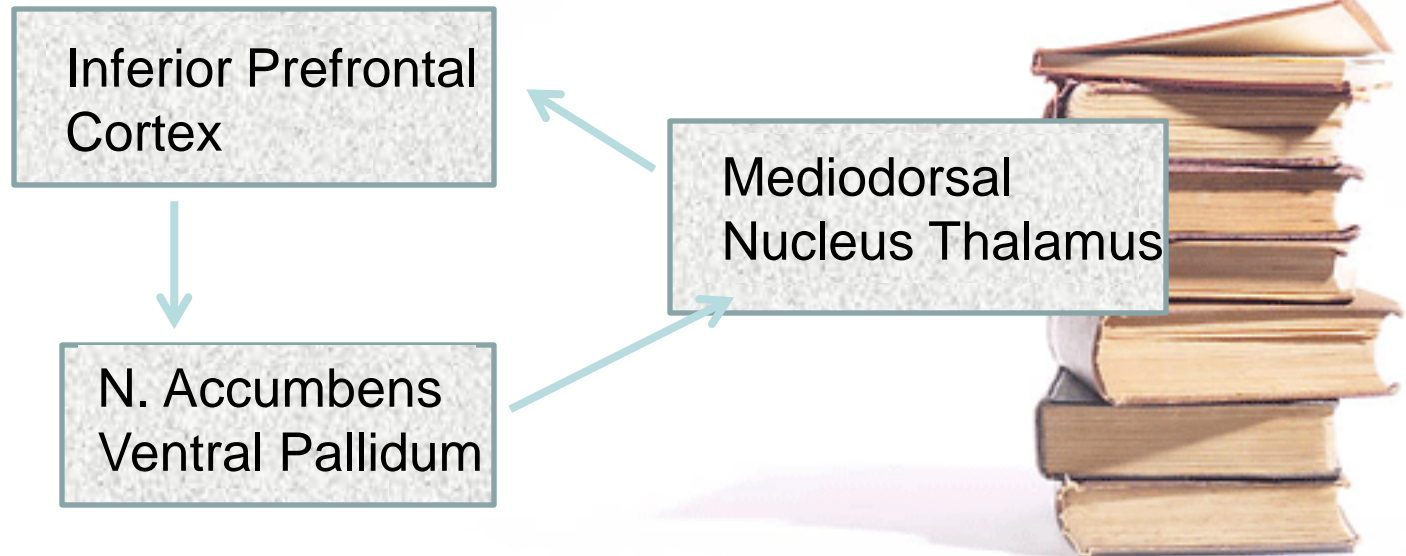


Cognitive loop: concerns to motor learning for planning ahead respect to complex motor intensio
After finish, the motor loop will take over.

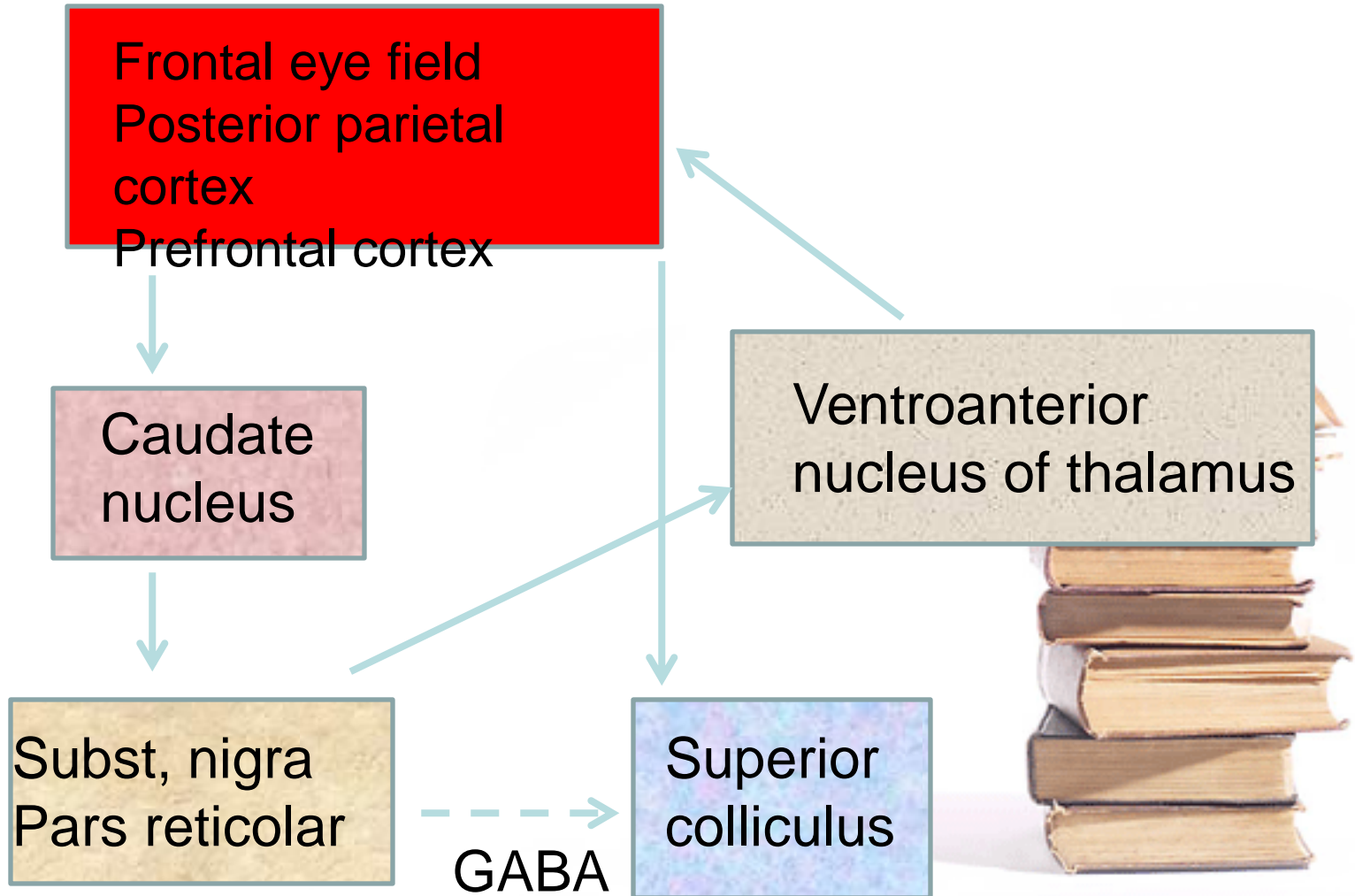


Limbic loop:

- Passes from inferior prefrontal cortex through nucleus accumbens and ventral pallidum, return via nucleus mediodorsal thalamus to the inferior prefrontal cortex.
- Giving motor expression to emotions.
- Rich in dopaminergic nerve endings.



Oculomotor loop: Concerning the eye movements.



✧ **Peran penting *nukleus kaudatus* :**

Pengaturan “kognitif” thdp aktivitas motorik yaitu proses berpikir pd otak dgn input sensorik ke otak & informasi yg telah disimpan dalam ingatan.

Sebag. besar kerja dlm benak otak → menentukan pola gerakan yg dilakukan bersama-sama dlm urutan tertentu utk mencapai tujuan yg kompleks



*** Neurotransmitter Spesifik pada Sistem G.B**

- 1. Jaras dopamin, dr subst.nigra → nukleus kaudatus & putamen**
- 2. Jaras asam gamma amino butirat (GABA), dari nukl.kaudatus & putamen → glob.palidus & subst.nigra**
- 3. Jaras asetilkolin, dari korteks → nukl. Kaudatus & putamen**
- 4. Jaras umum multipel dr batang otak → norepinefrin, serotonin, enkefalin & neurotransm lain dlm GB & Serebrum**
- 5. Jaras glutamat multipel → sinyal exitasi → mengimbangi sinyal inhibisinya**
Dopamin , GABA & serotonin

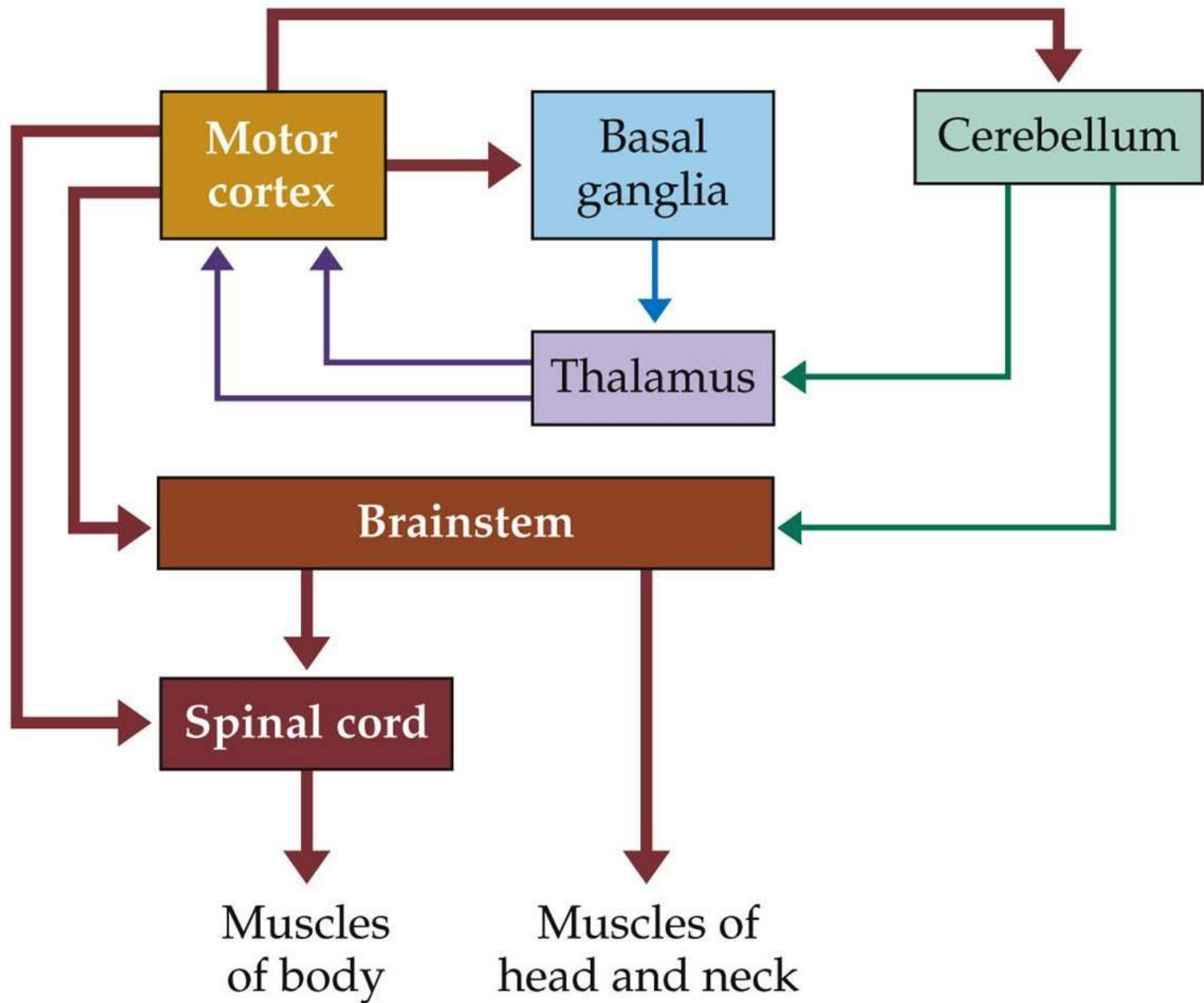


Neurotransmitter utama di Basal Ganglia

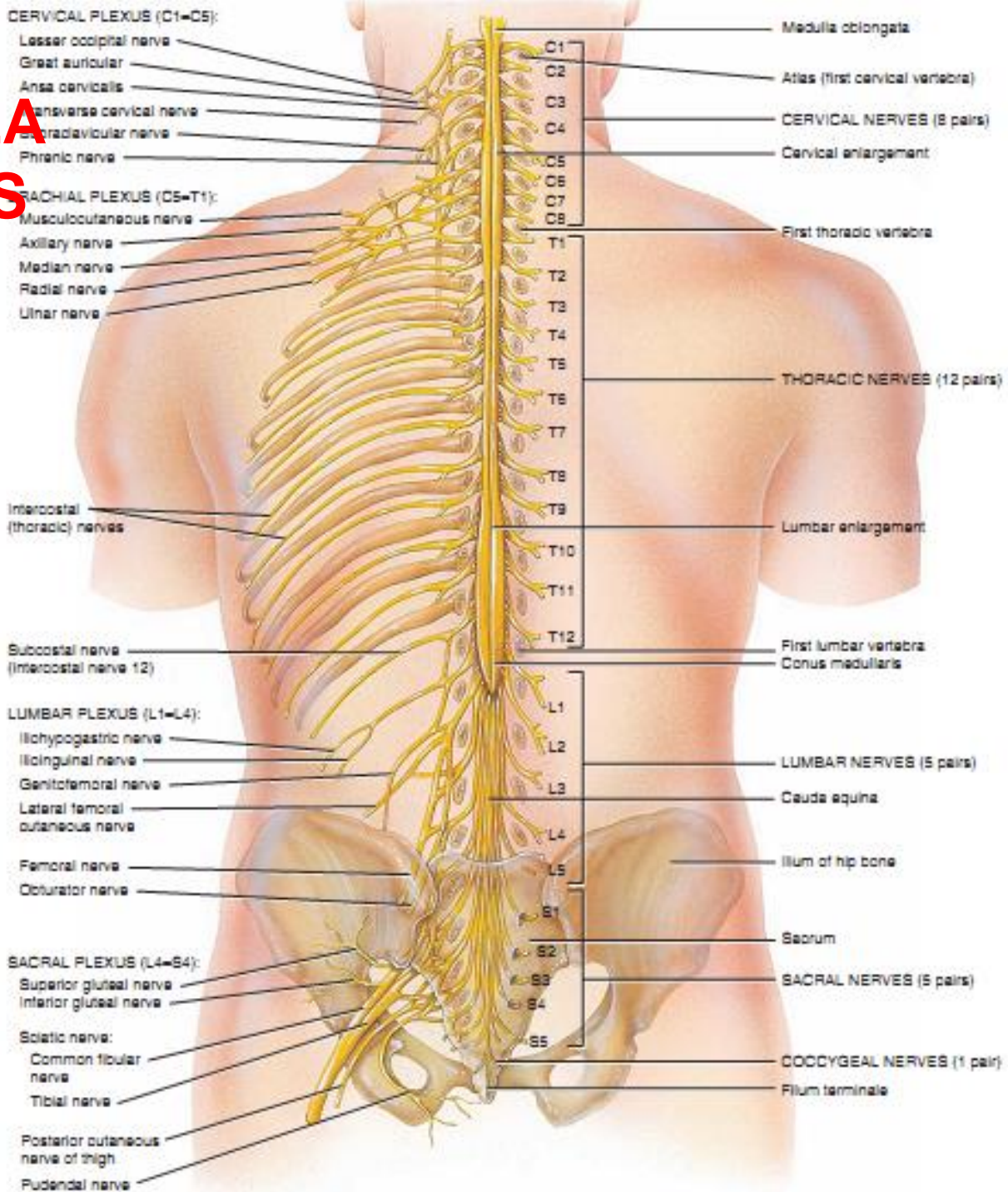
1. Dopamin
2. Acetylcholine
3. GABA
4. Norepinephrine

1. Inhibisi
2. Eksitasi
3. Inhibisi
4. Eksitasi





MEDULLA SPINALIS



Spinal Cord

- Cervical and lumbar enlargements – sites where nerves serving the upper and lower limbs emerge
- Cauda equina – collection of nerve roots at the inferior end of the vertebral canal
- Conus medullaris – terminal portion of the spinal cord
- Filum terminale – fibrous extension of the pia mater; anchors the spinal cord to the coccyx
- Denticulate ligaments – delicate shelves of pia mater; attach the spinal cord to the vertebrae



Cross-Sectional Anatomy of the Spinal Cord

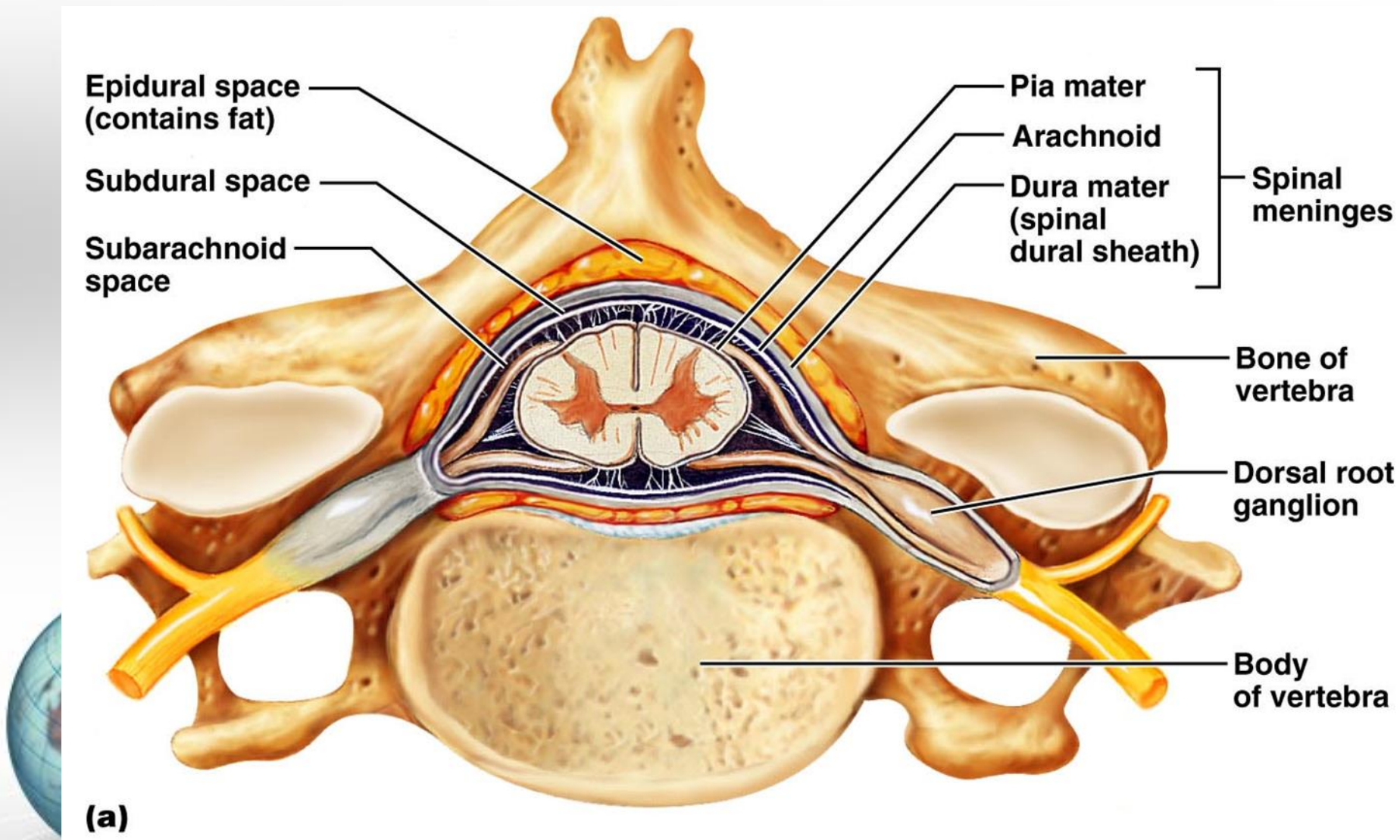
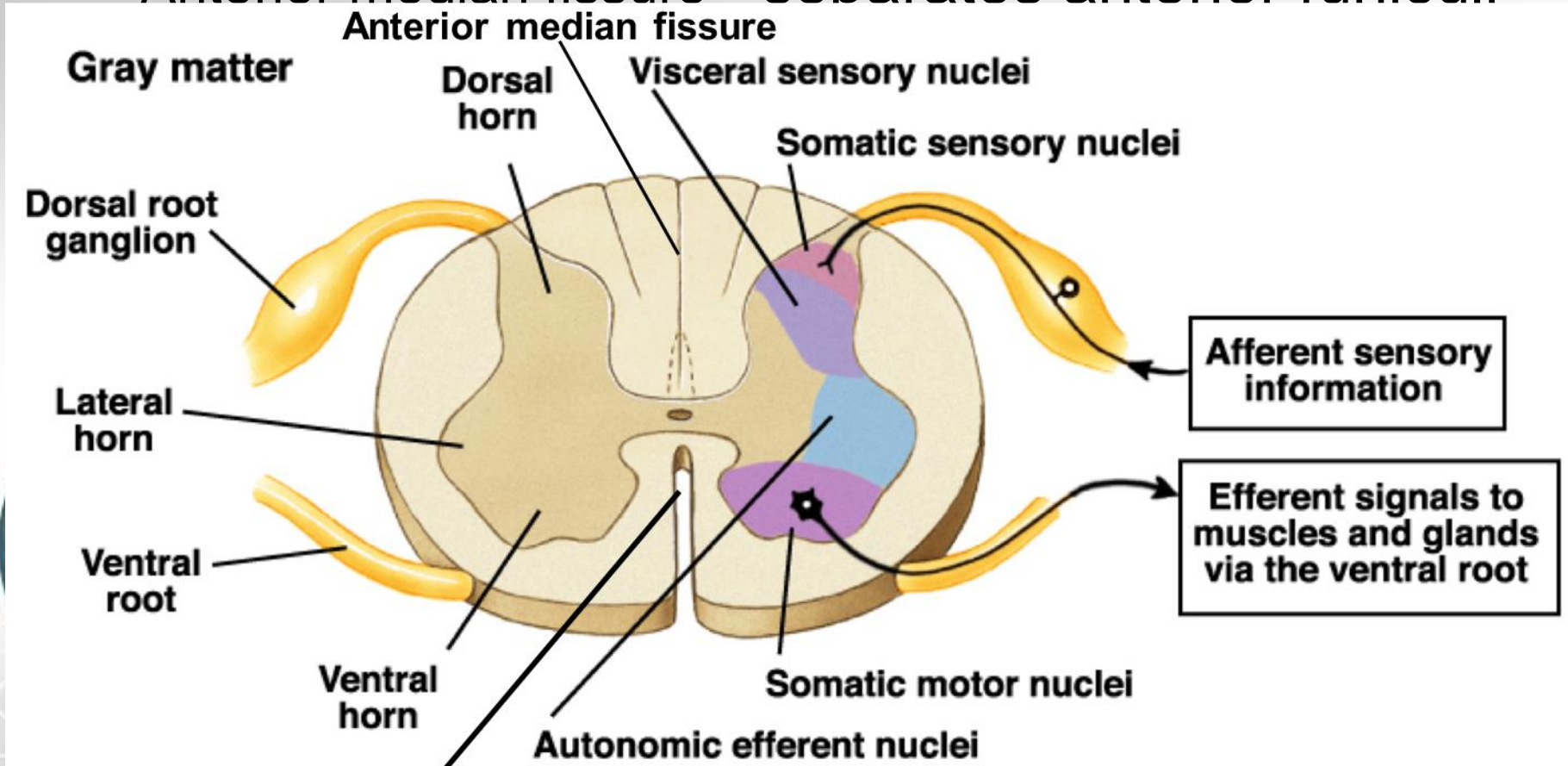


Figure 12.30a

The Spinal Cord

- Two deep grooves run the length of the cord
 - Posterior median sulcus— divides posterior funiculi
 - Anterior median fissure— separates anterior funiculi



White Matter of the Spinal Cord

- White matter
 - Outer region of the spinal cord
 - Composed of myelinated and unmyelinated axons
 - Allow communication between spinal cord and brain
 - Fibers classified by type
 - Ascending fibers
 - Descending fibers
 - Commissural fibers



Gray Matter of the Spinal Cord and Spinal Roots

- Shaped like the letter “H”
 - Gray commissure – contains the central canal
- Dorsal horns
 - Consist of interneurons
- Ventral and lateral horns
 - Contain cell bodies of motor neurons



Spinal cord

- Gray matter consists of soma, unmyelinated processes, and neuroglia
- Gray commissure – connects masses of gray matter; encloses central canal
- Posterior (dorsal) horns – interneurons
- Anterior (ventral) horns – interneurons and somatic motor neurons
- Lateral horns – contain sympathetic nerve fibers



Spinal cord and spinal roots

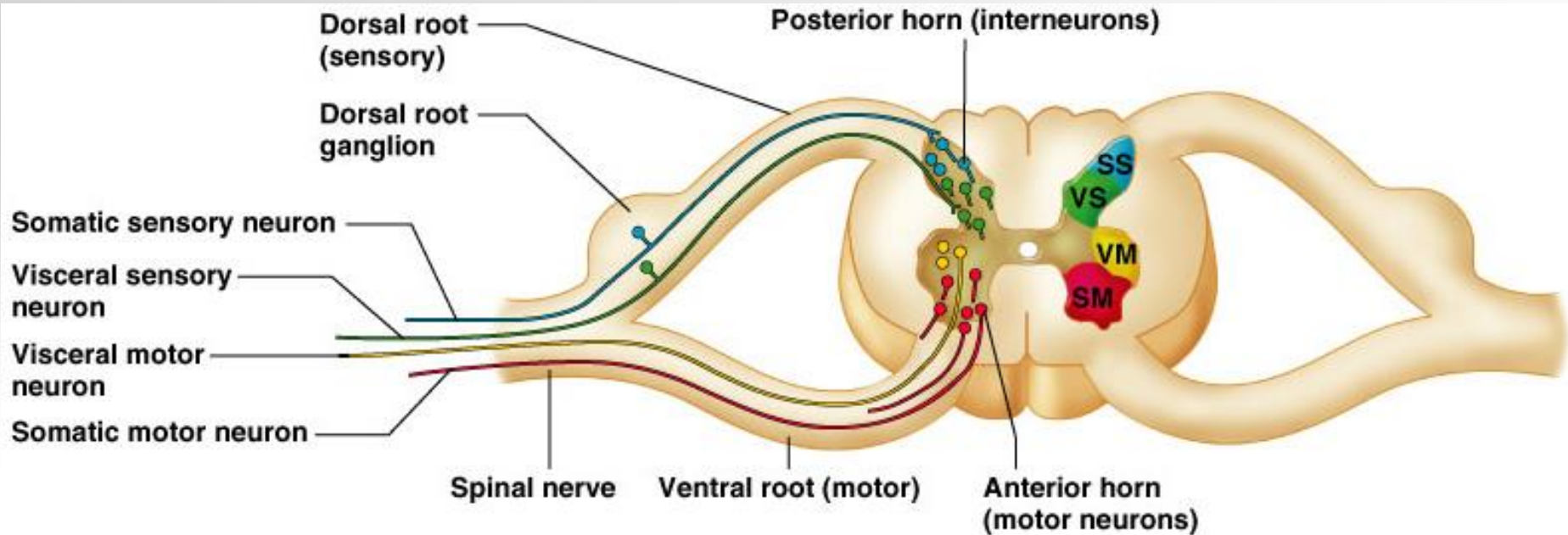


Figure 12.31

Spinal cord and spinal roots

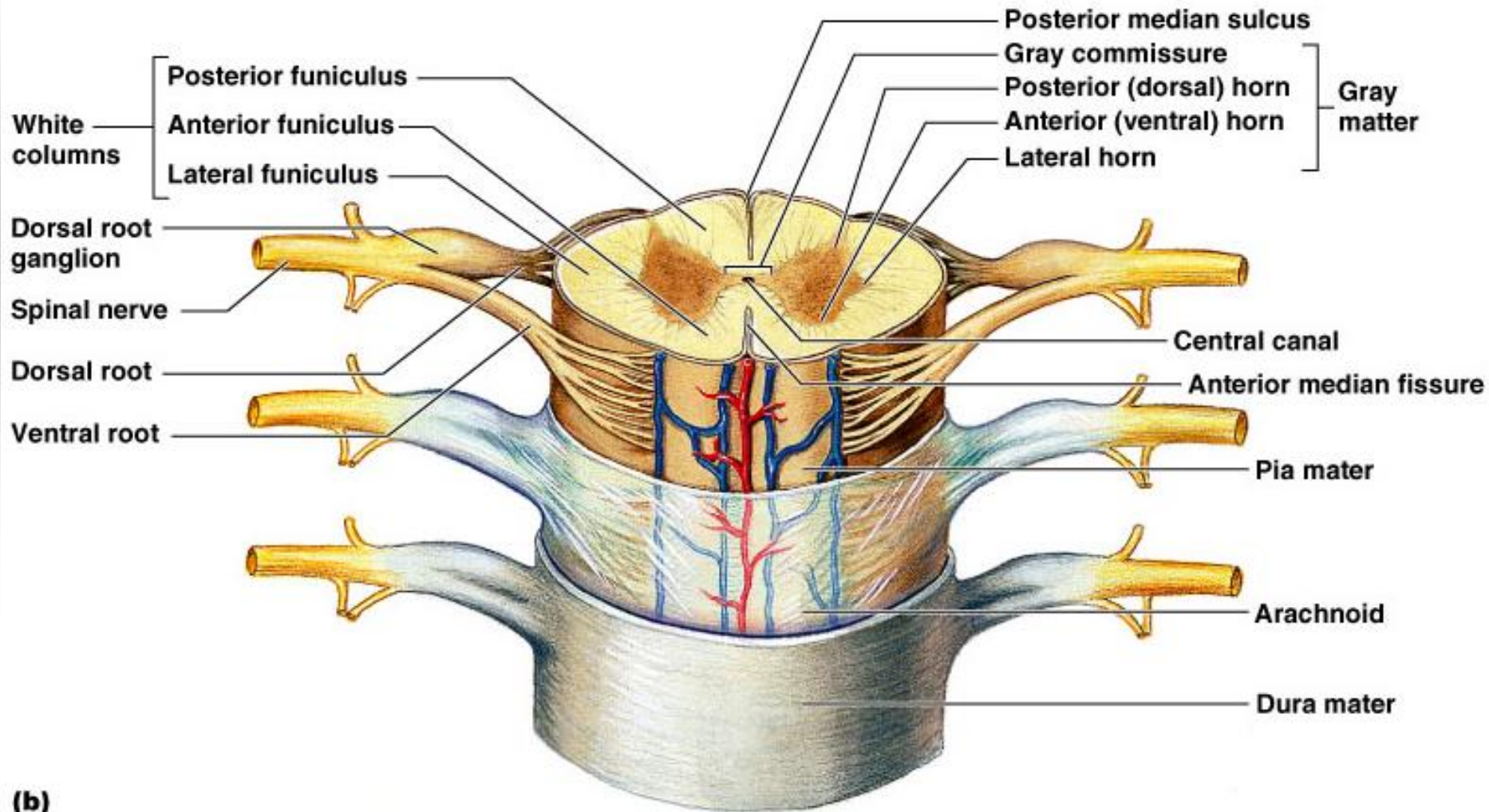
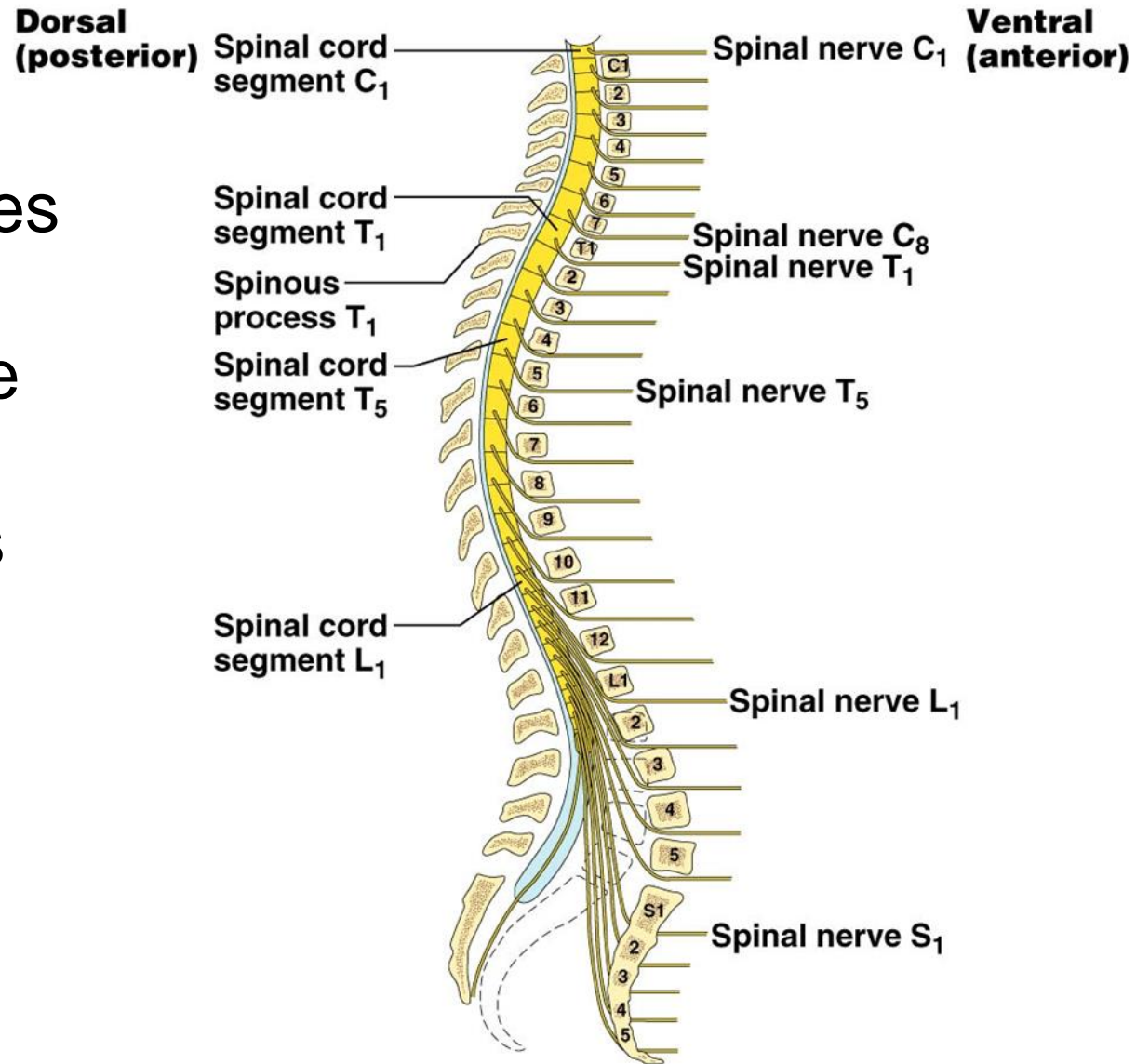


Figure 12.30b

Spinal cord segments

- Spinal nerves – 31 pairs attach to the cord by paired roots



Spinal cord organization

- Dorsal half – sensory roots and ganglia
- Ventral half – motor roots
- Dorsal and ventral roots fuse laterally to form spinal nerves
- Four zones are evident within the gray matter – somatic sensory (SS), visceral sensory (VS), visceral motor (VM), and somatic motor (SM)



White Matter in the Spinal Cord

- Fibers run in three directions – ascending, descending, and transversely
- Divided into three funiculi (columns) – posterior, lateral, and anterior
- Each funiculus contains several fiber tracks
 - Fiber tract names reveal their origin and destination
 - Fiber tracts are composed of axons with similar functions



White Matter: Pathway Generalizations

- Pathways decussate
- Most consist of two or three neurons
- Most exhibit somatotopy (precise spatial relationships)
- Pathways are paired (one on each side of the spinal cord or brain)



White Matter: Pathway Generalizations

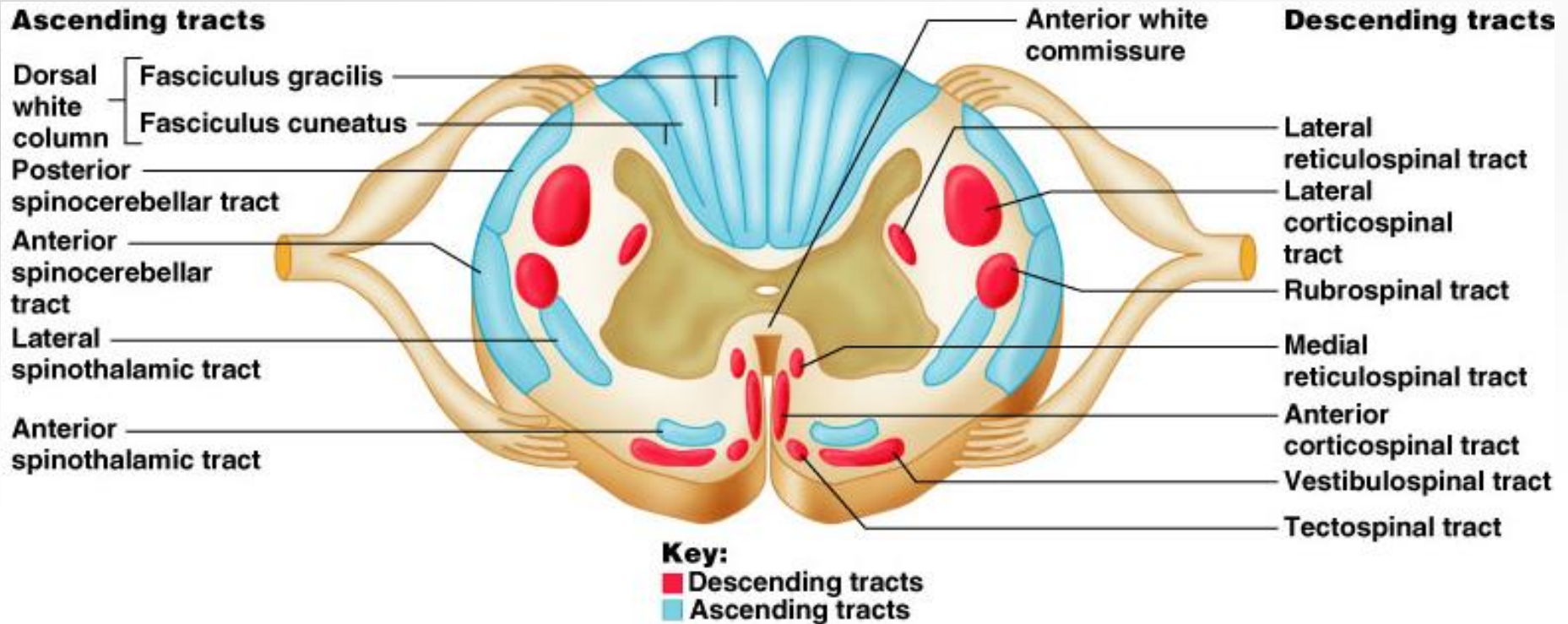
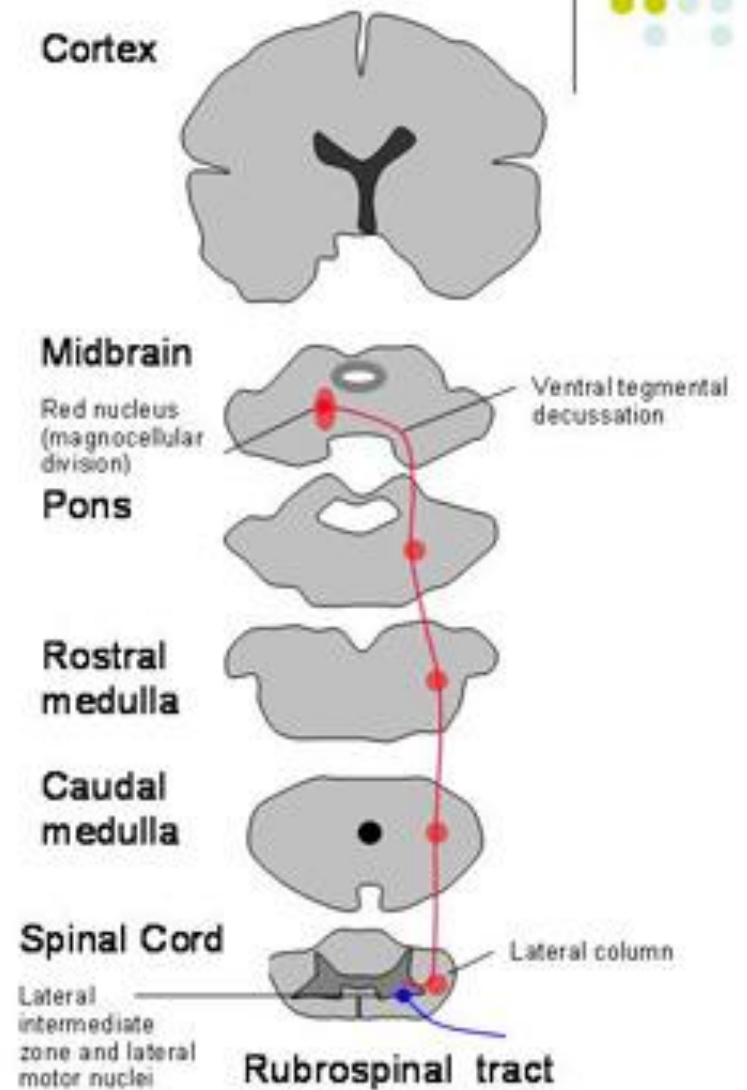
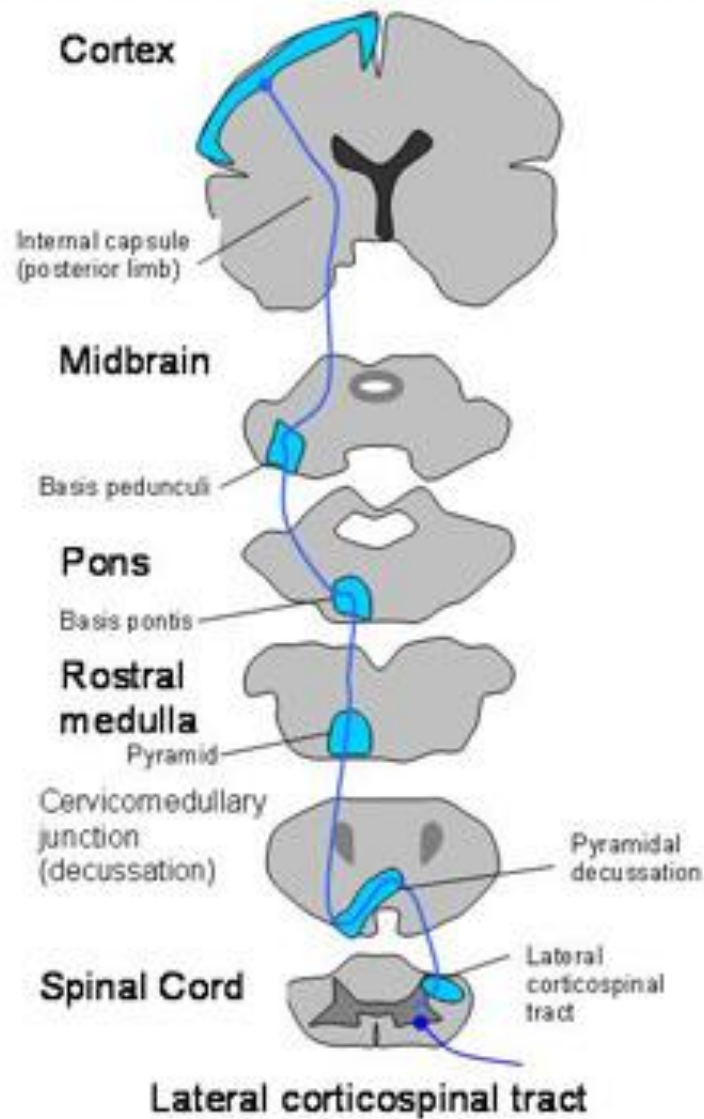


Figure 12.32

Descending Motor Pathways



Descending (Motor) Pathways

- Descending tracts deliver efferent impulses from the brain to the spinal cord, and are divided into two groups
 - Direct pathways equivalent to the pyramidal tracts
 - Indirect pathways, essentially all others
- Motor pathways involve two neurons (upper and lower)

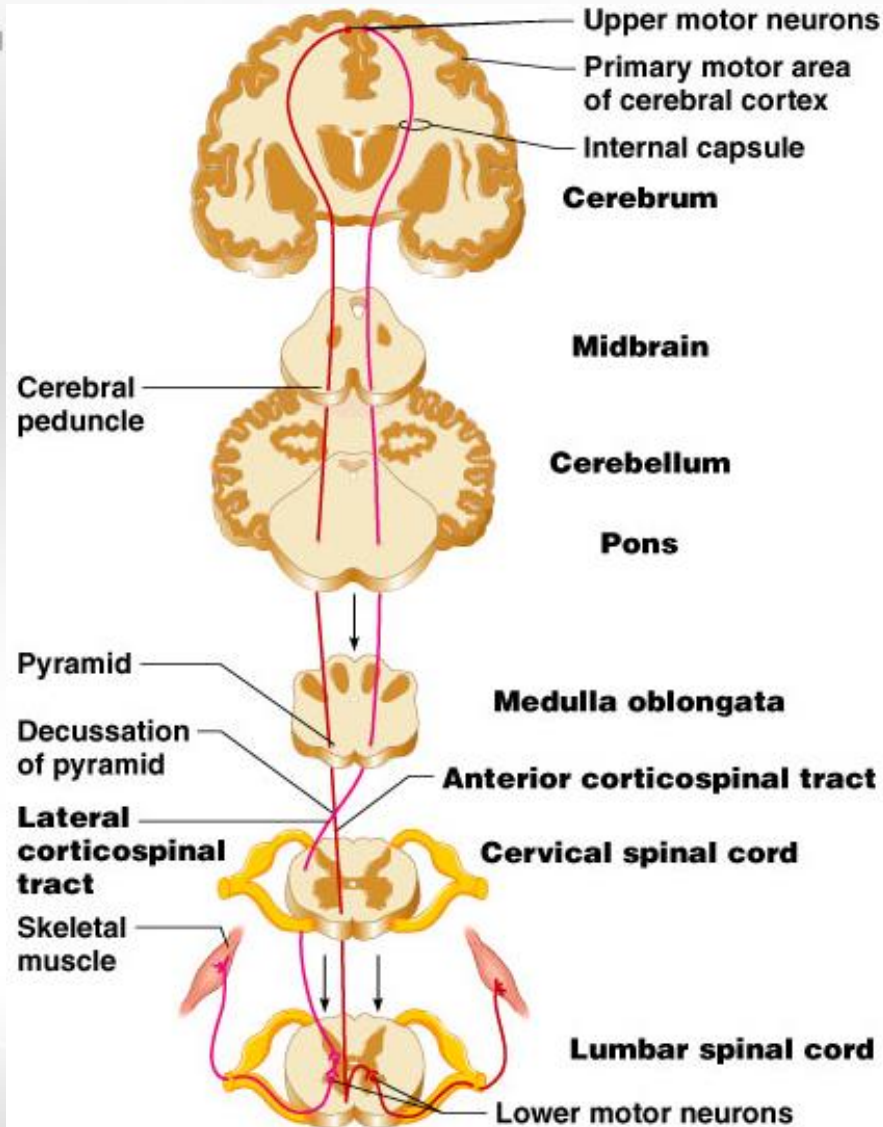


The Direct (Pyramidal) System

- Direct pathways originate with the pyramidal neurons in the precentral gyri
- Impulses are sent through the corticospinal tracts and synapse in the anterior horn
- Stimulation of anterior horn neurons activates skeletal muscles
- Parts of the direct pathway, called corticobulbar tracts, innervate cranial nerve nuclei
- The direct pathway regulates fast and fine (skilled) movements



The Direct (Pyramidal) System



(a) Pyramidal (lateral and anterior corticospinal) tracts

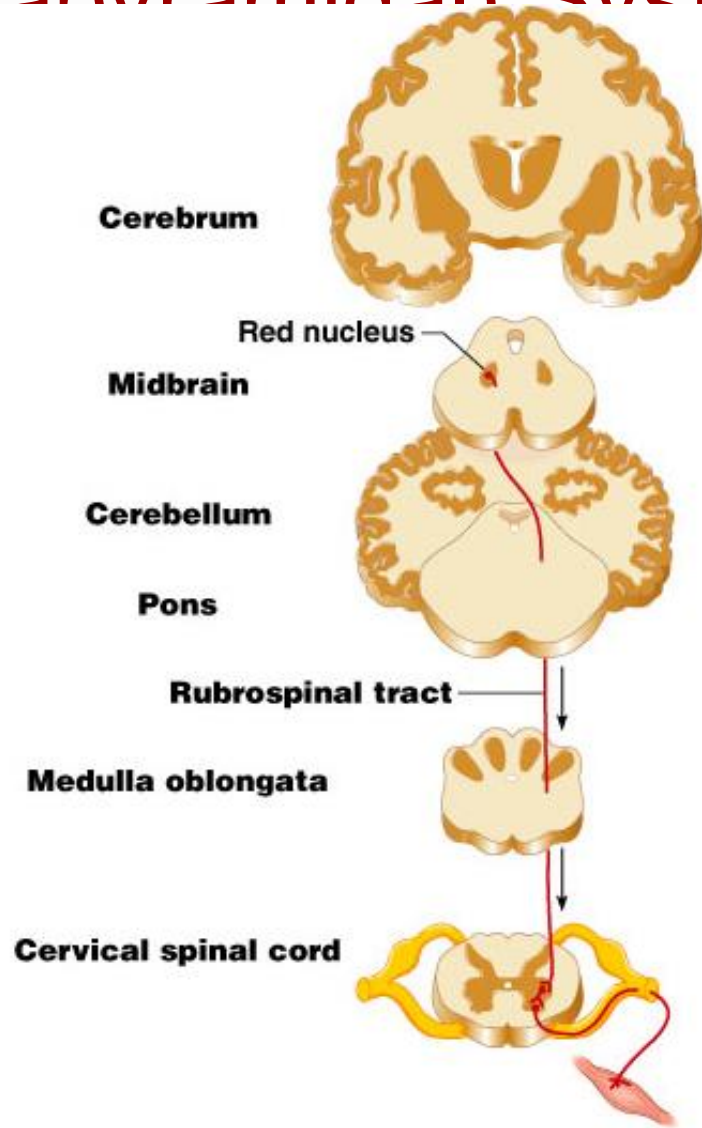


Indirect (Extrapyramidal) System

- Includes the brain stem, motor nuclei, and all motor pathways not part of the pyramidal system
- This system includes the rubrospinal, vestibulospinal, reticulospinal, and tectospinal tracts
- These motor pathways are complex and multisynaptic, and regulate:
 - Axial muscles that maintain balance and posture
 - Muscles controlling coarse movements of the proximal portions of limbs
 - Head, neck, and eye movement



Indirect (Extrapyramidal) System



(b) Rubrospinal tract (an extrapyramidal tract)

Extrapyramidal (Multineuronal) Pathways

- Reticulospinal tracts – maintain balance
- Rubrospinal tracts – control flexor muscles
- Superior colliculi and tectospinal tracts mediate head movements



Descending (Motor) Pathways

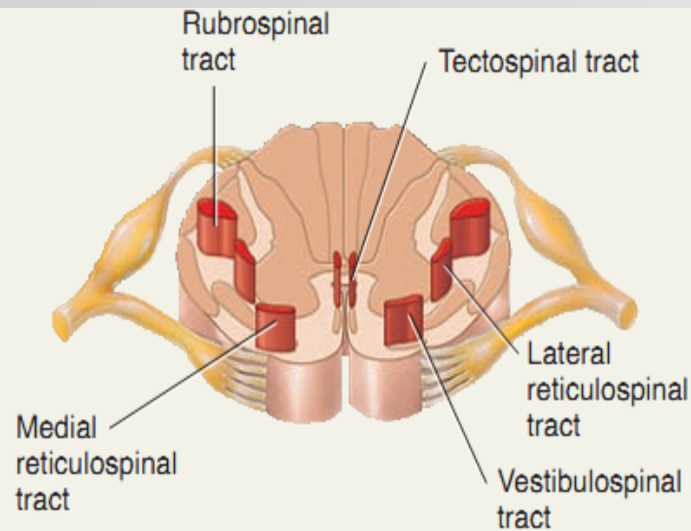
Tracts

- Lateral & anterior corticospinal
- Rubrospinal
- Tectospinal
- Vestibulospinal
- Lateral reticulospinal
anterior
extensor reflexes
- Medial reticulospinal
anterior horn;
reflexes



Functions

- Motor output from cortex motor to cells of anterior horn
- Motor from midbrain to anterior horn for precise movement
- Motor from midbrain to anterior horn; movements in response to audiovisual/cutaneous stimuli
- Motor from medulla to anterior horn; coordination/balance
- Motor from medulla to horn; inhibit
- Motor from pons to facilitate extensor



Rubrospinal: Conveys nerve impulses from red nucleus (which receives input from cerebral cortex and cerebellum) to contralateral skeletal muscles that govern precise, voluntary movements of distal parts of upper limbs.

Tectospinal: Conveys nerve impulses from superior colliculus to contralateral skeletal muscles that reflexively move head, eyes, and trunk in response to visual or auditory stimuli.

Vestibulospinal: Conveys nerve impulses from vestibular nucleus (which receives input about head movements from inner ear) to ipsilateral skeletal muscles of trunk and proximal parts of limbs for maintaining posture and balance in response to head movements.

Medial and lateral reticulospinal: Conveys nerve impulses from reticular formation to ipsilateral skeletal muscles of trunk and proximal parts of limbs for maintaining posture and regulating muscle tone in response to ongoing body movements.



Funikulus dorsalis

Kornu dorsalis

Traktus

Traktus rubro-spinalis

Spino-serebularis

Traktus kortiko-spinalis

Kornu lateralis

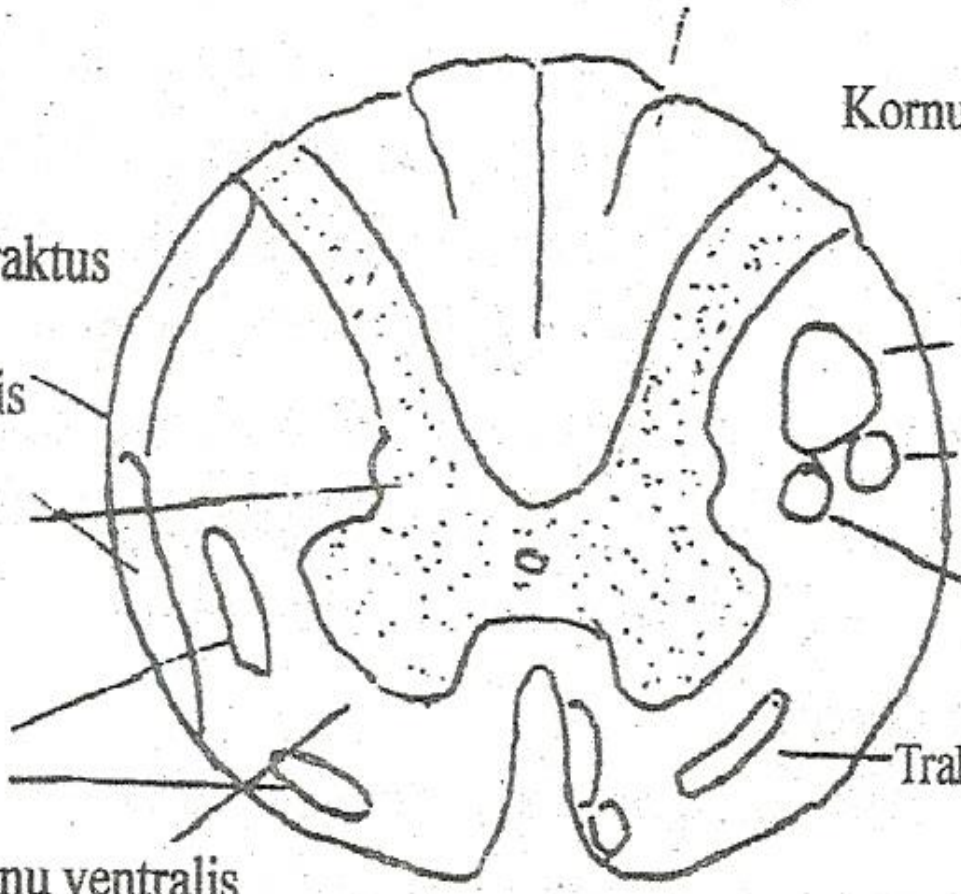
Traktus retikulo-spinalis

Traktus

Spino-talamikus

Traktus vestibulo-spinalis

Kornu ventralis

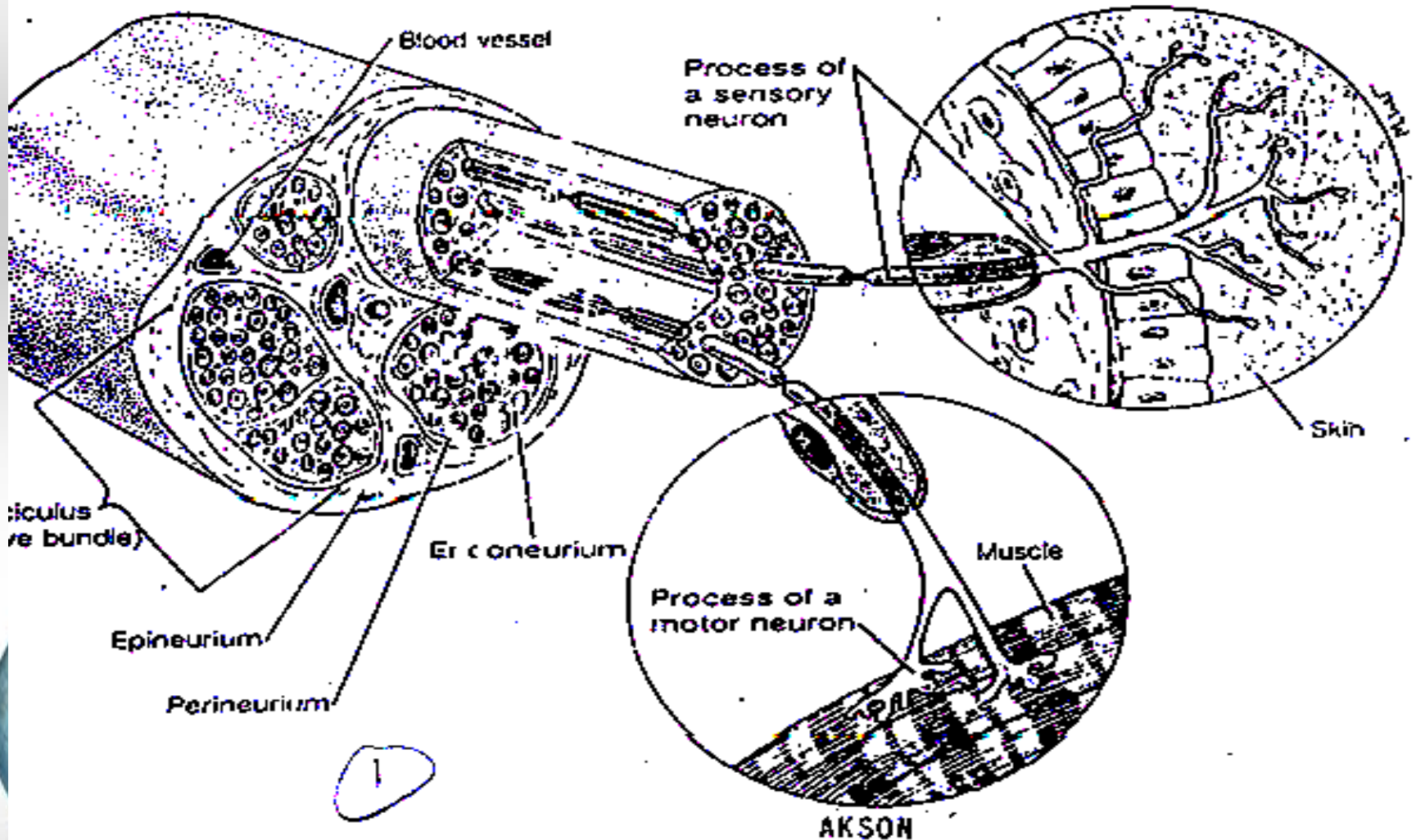


||||



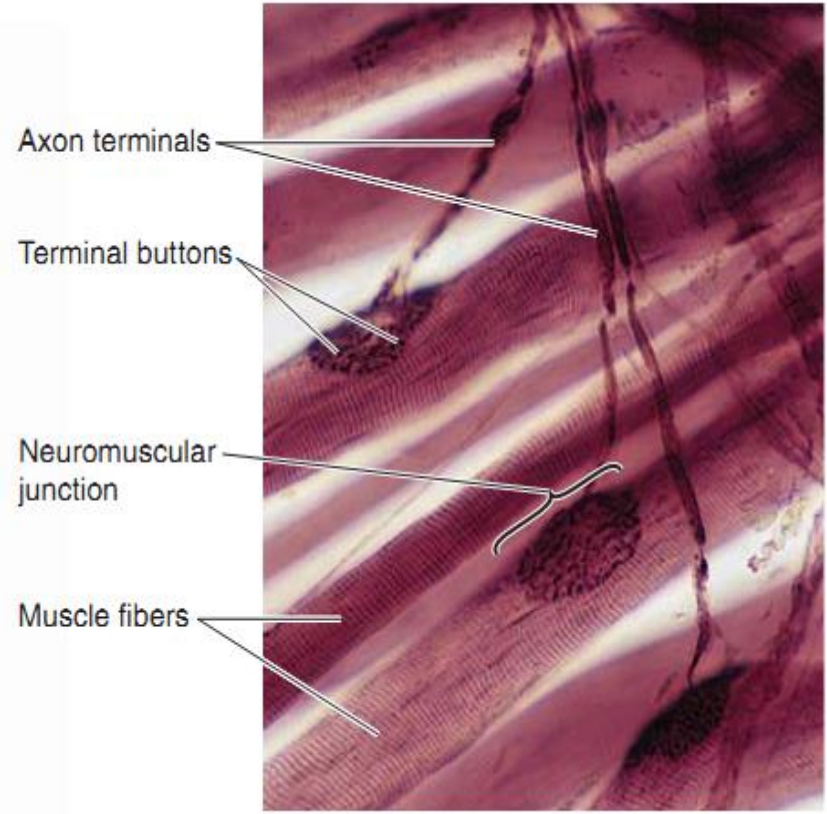
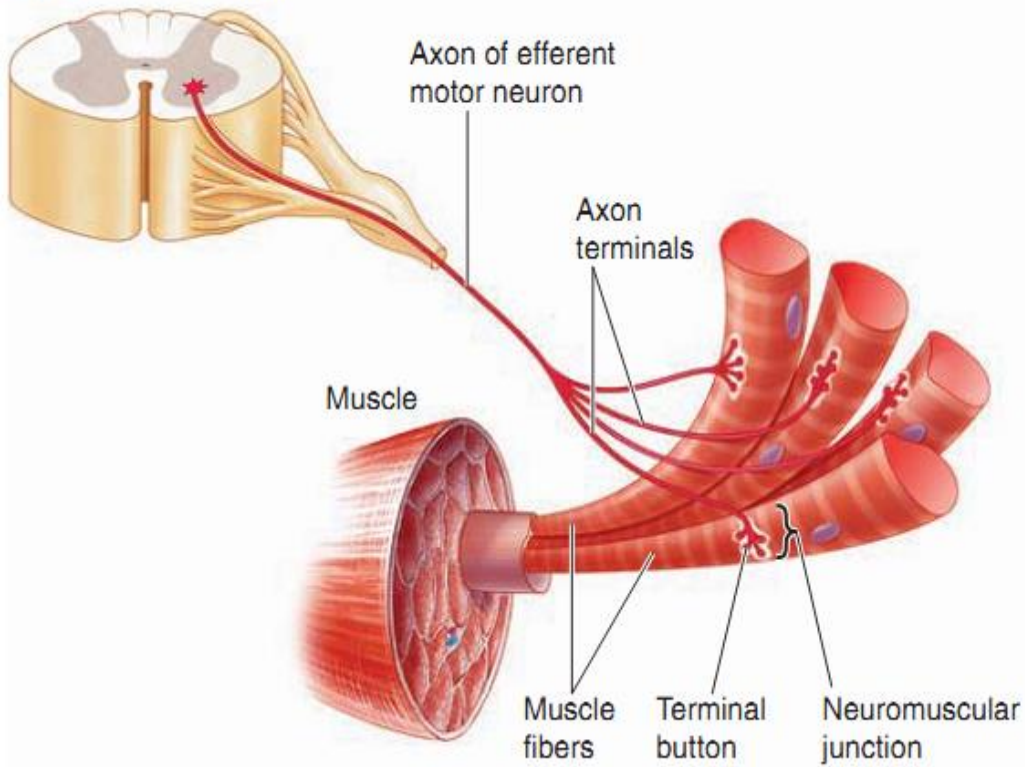
SYARAF MOTORIK

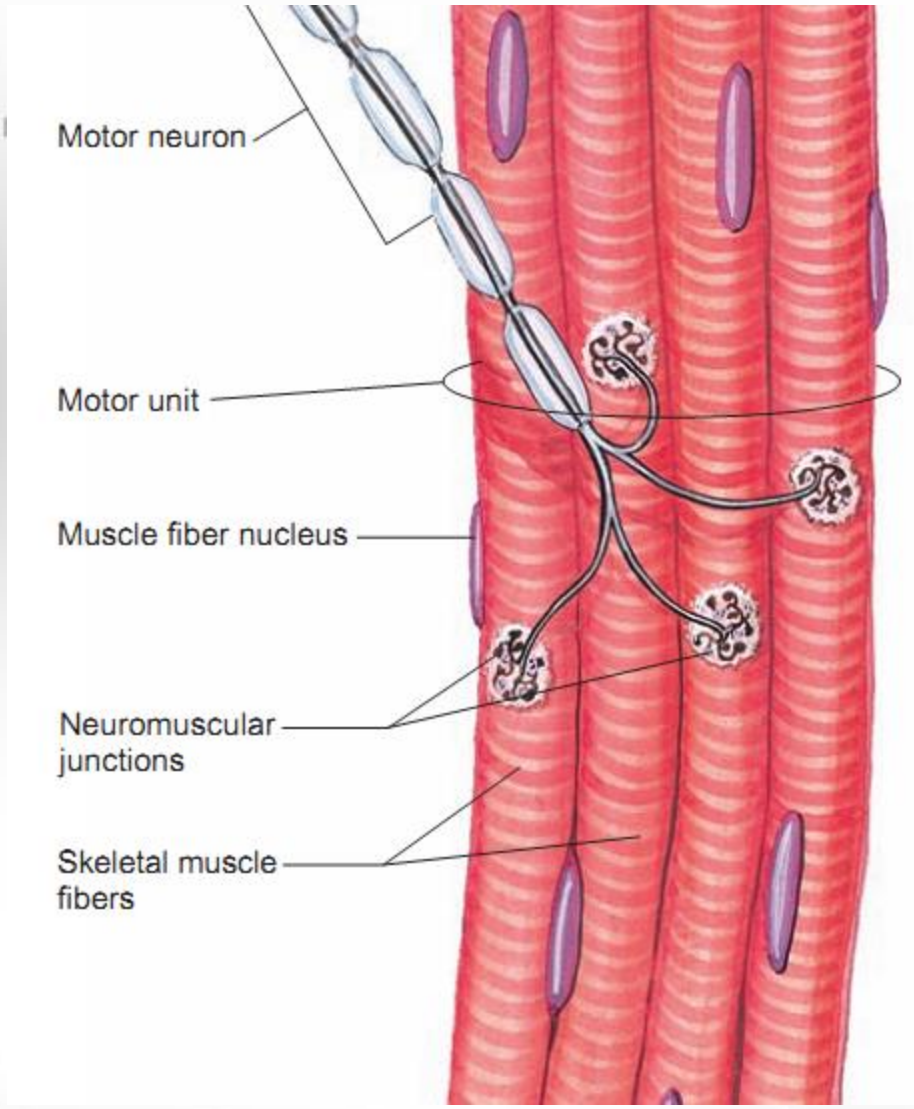
- Pada vertebrata sebagian besar syaraf bersarung myelin dan sebagian kecil tidak, Struktur syaraf tepi :

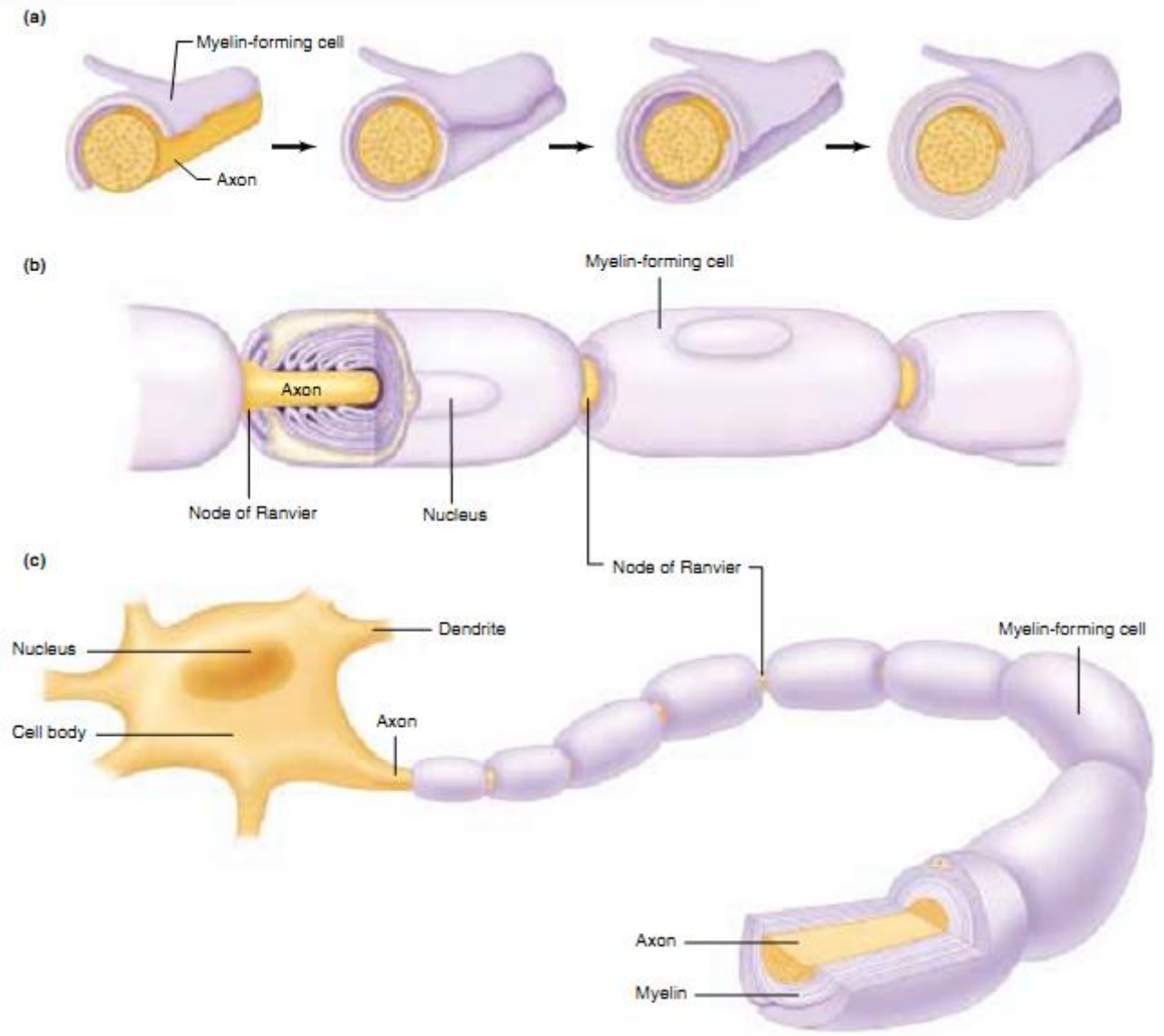


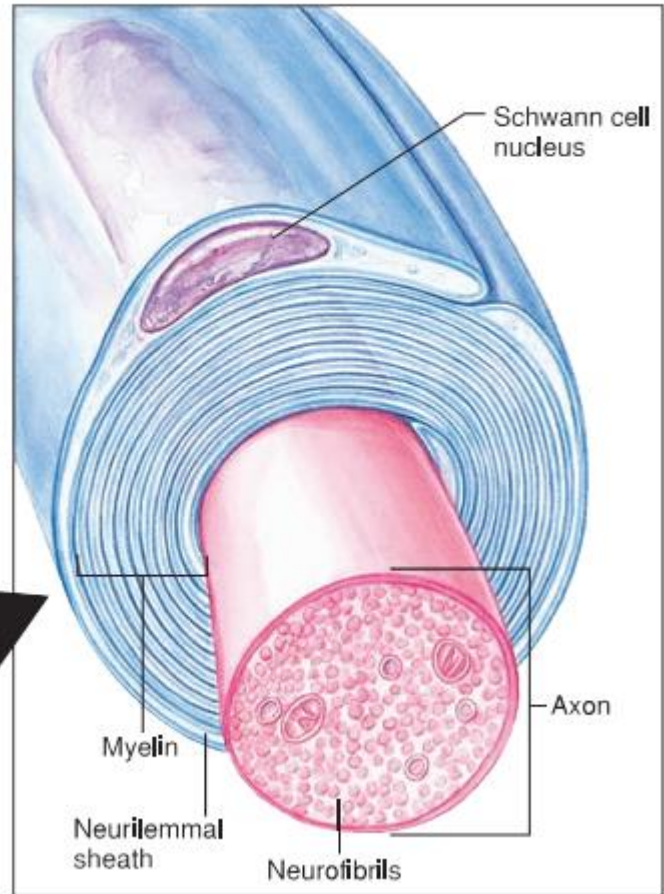
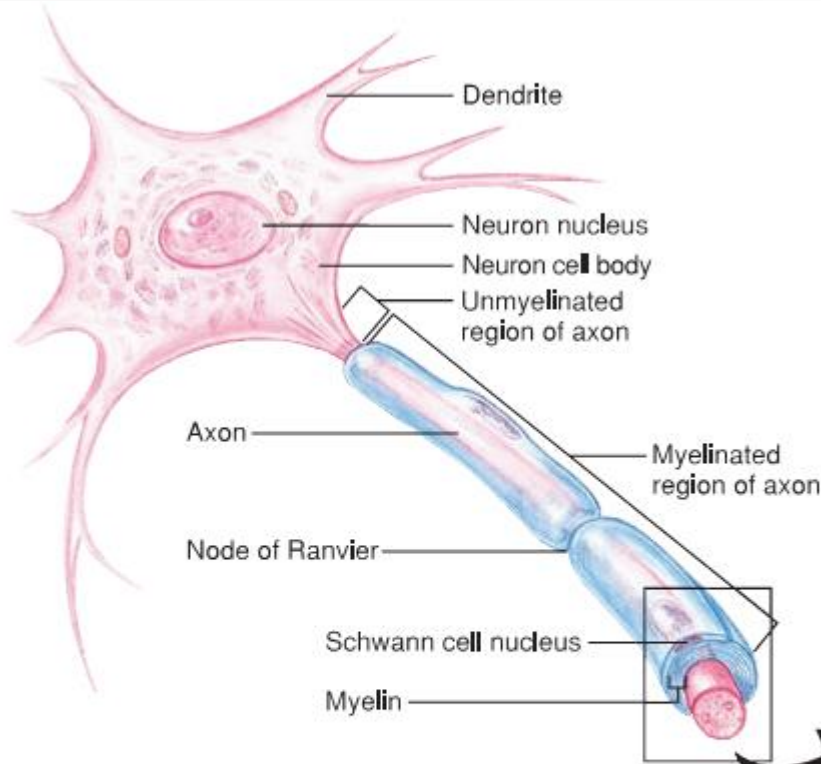
Potongan saraf tepi (saraf perifer)

Spinal cord (section)









Myelin sheath

Na^+

Na^+

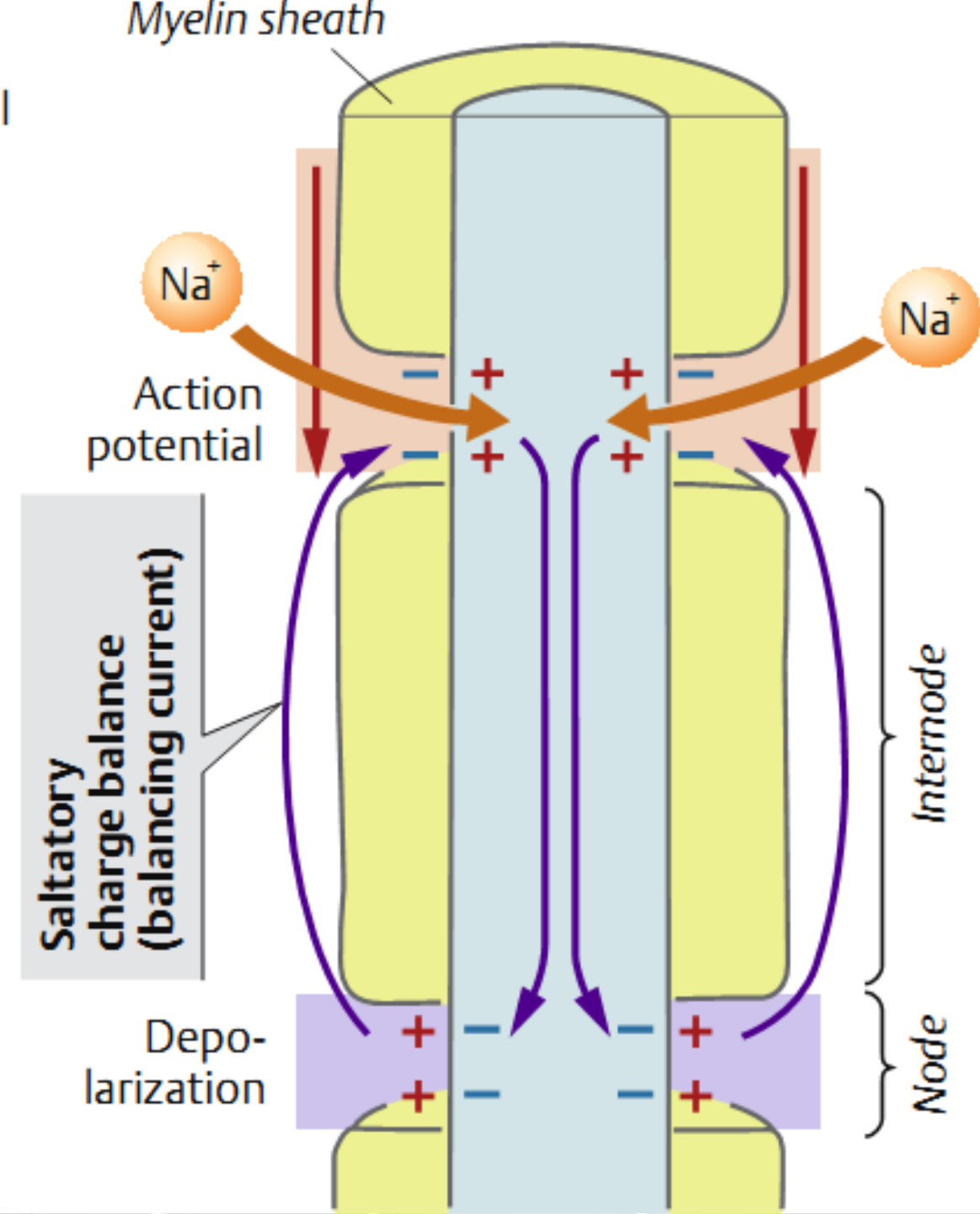
Action potential

Saltatory charge balance (balancing current)

Depolarization

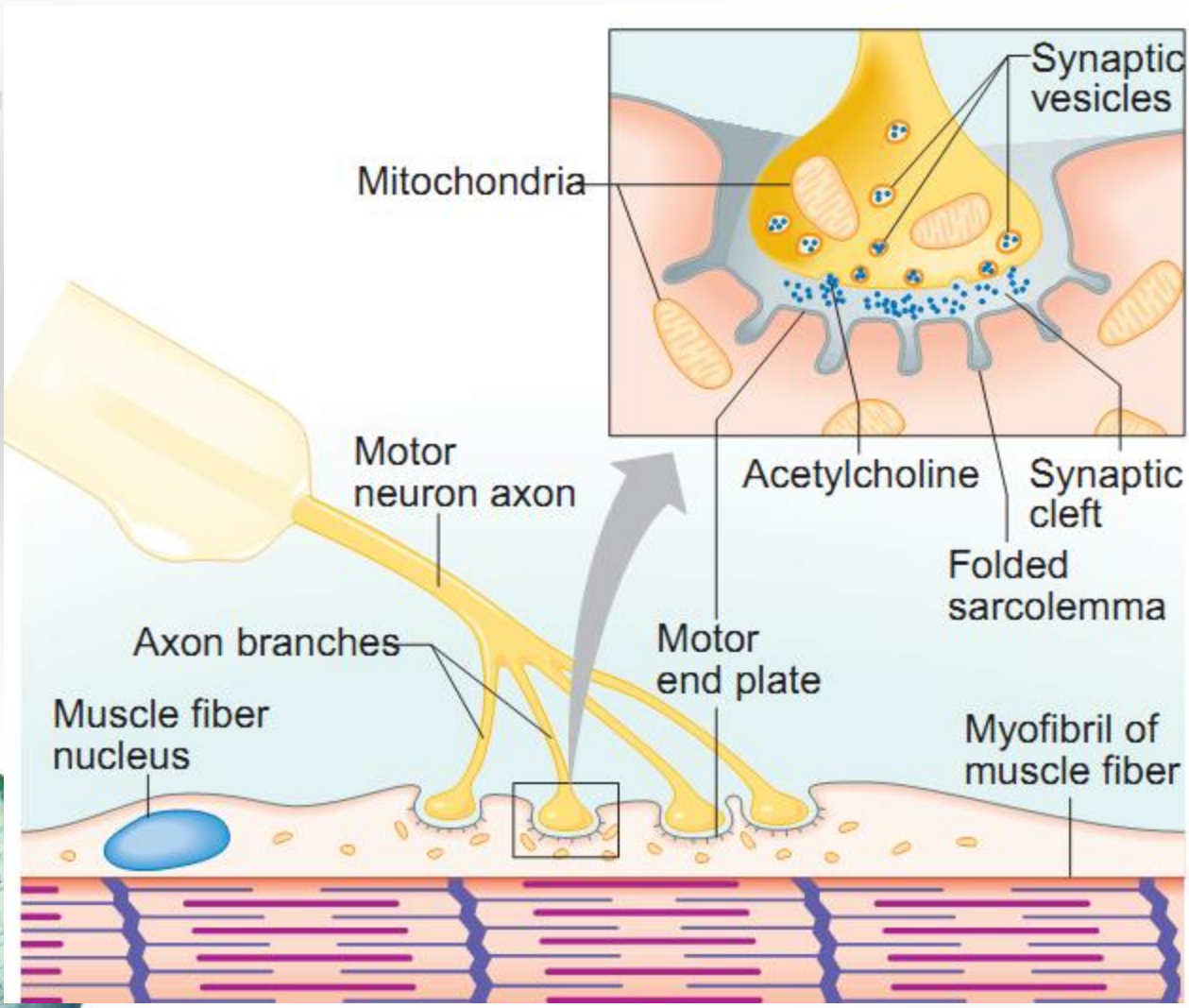
Internode

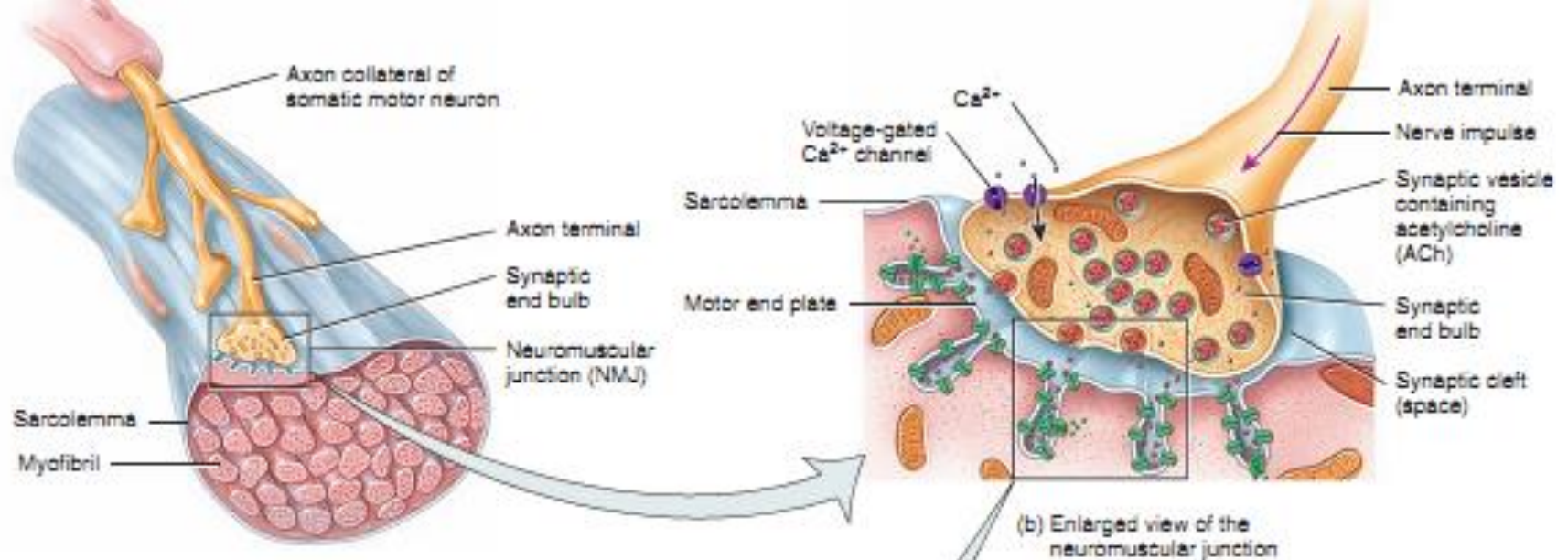
Node



Neuromuscular Junction

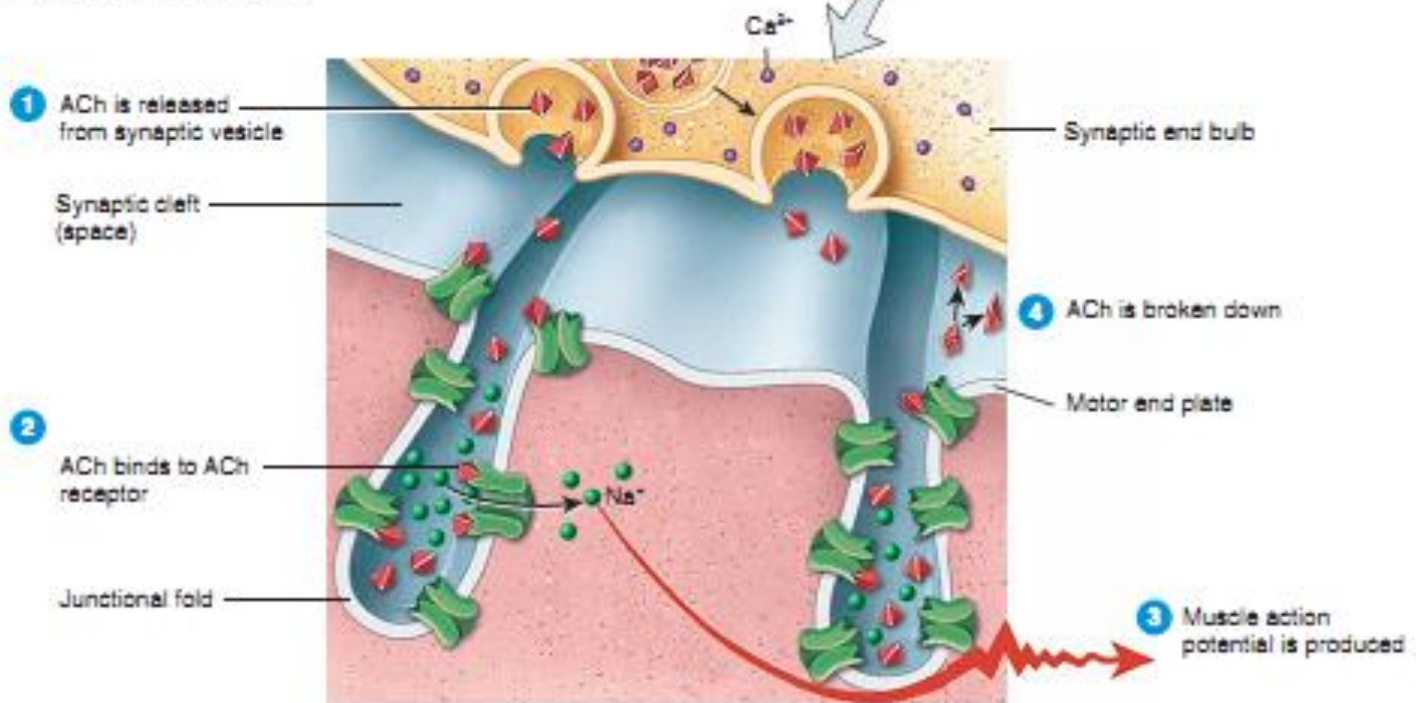
- **Ujung serabut syaraf motorik (alpha-motor neuron) bercabang-cabang. Tiap cabang ujung akhirnya menggelembung dan disebut terminal button dan berinvaginasi pada permukaan serabut otot skelet yang disebut motor end plate.**
- **Terdapat celah antara terminal button dengan dengan motor end plate mirip dengan sinaps.**
- **Pada terminal button banyak mengandung vesikel-vesikel berisi asetil kolin, sedang pada permukaan motor end plate terdapat reseptor asetil kolin.**
- **Mekanisme penjalaran rangsang dari ujung syaraf motorik menuju motor end plate mirip sinaps juga. Aksi potensial pada ujung akhir syaraf motorik mencapai terminal button menyebabkan peningkatan permeabilitas Ca^{++} , Ca^{++} dari ekstra sel masuk ke terminal button menuju vesikel, dan berakibat vesikel-vesikel mengeluarkan isinya asetil kolin menuju ke celah-celah sinaps & ditangkap oleh reseptor-reseptor asetil kolin pd motor end plate. Hal ini menimbulkan efek peningkatan permeabilitas Na^{+} & K^{+} pada membran motor end plate. Namun peningkatan permeabilitas terhadap Na^{+} jauh lebih besar dibandingkan K^{+} . Peningkatan permeabilitas thd Na^{+} menyebabkan depolarisasi motor end plate/end plate potensial (EPP).**



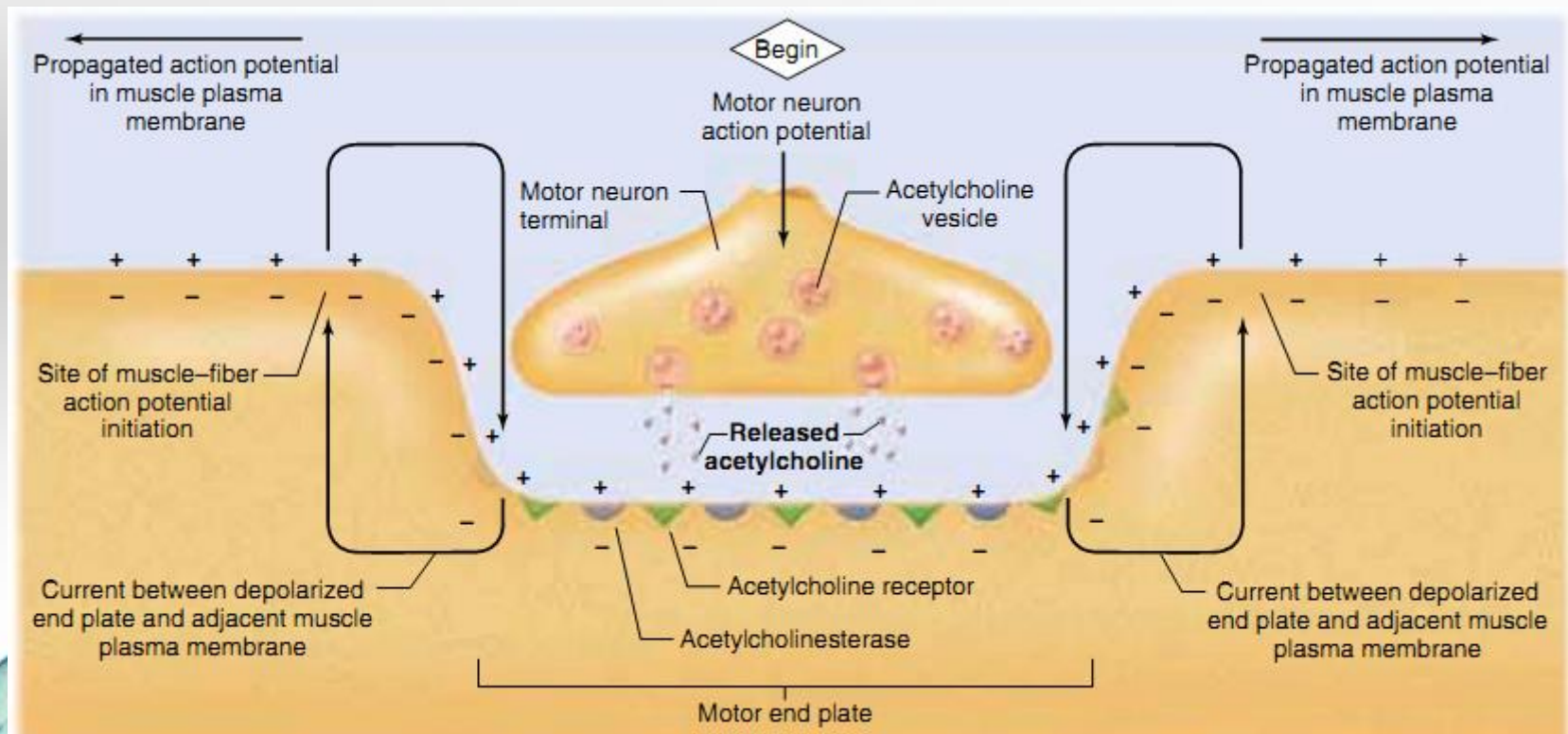


(a) Neuromuscular junction

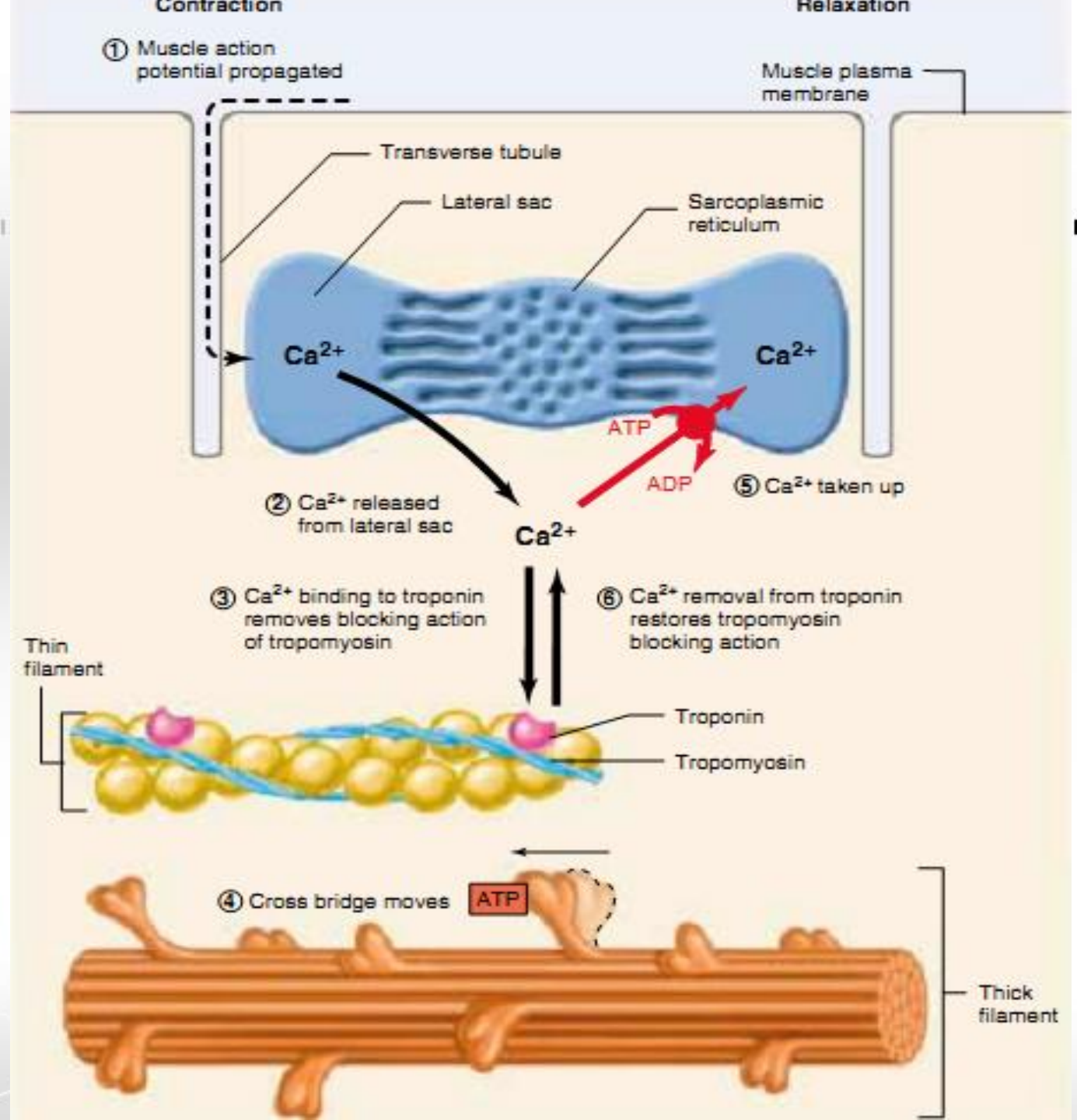
(b) Enlarged view of the neuromuscular junction

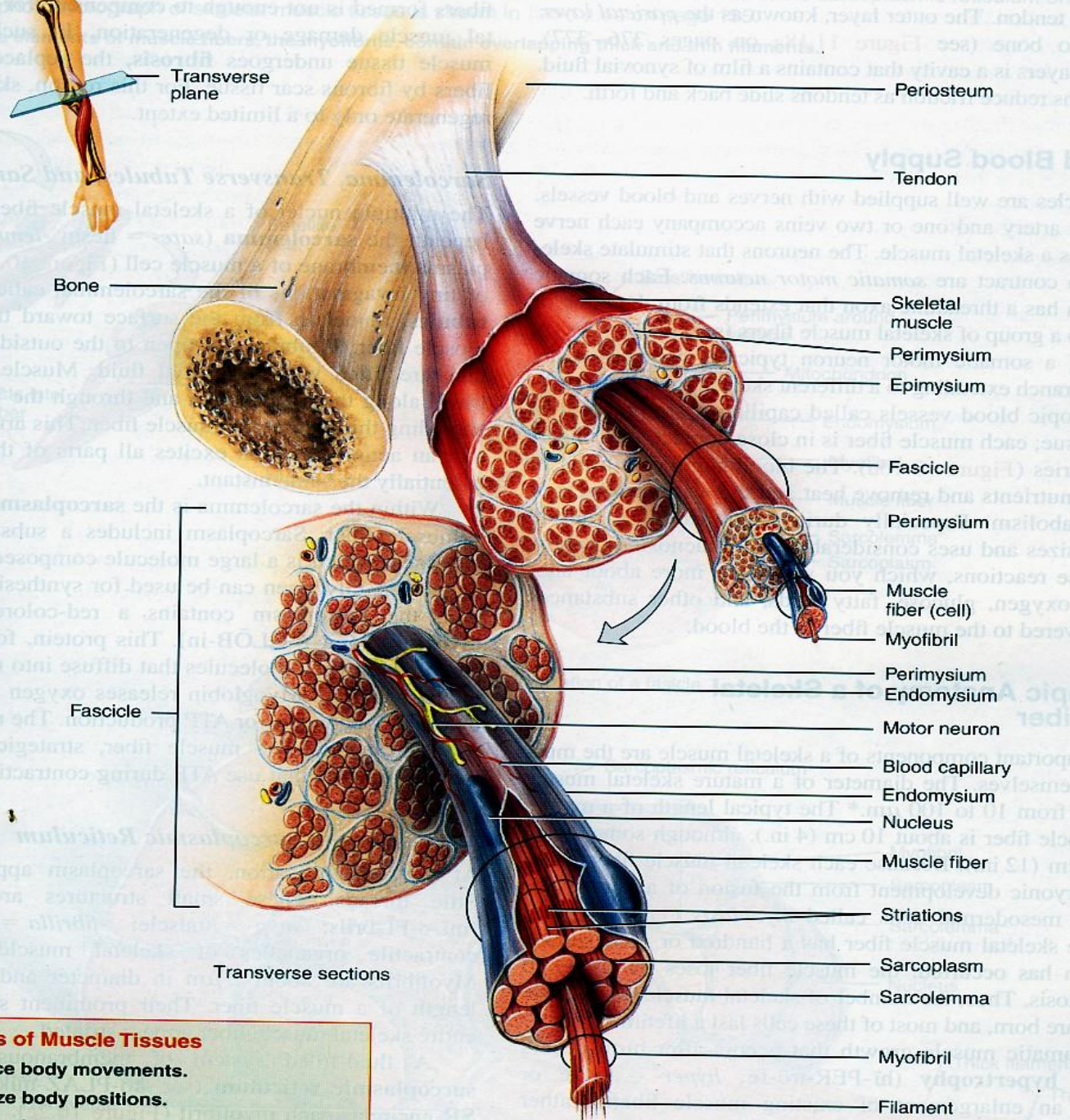


(c) Binding of acetylcholine to ACh receptors in the motor end plate



OTOT

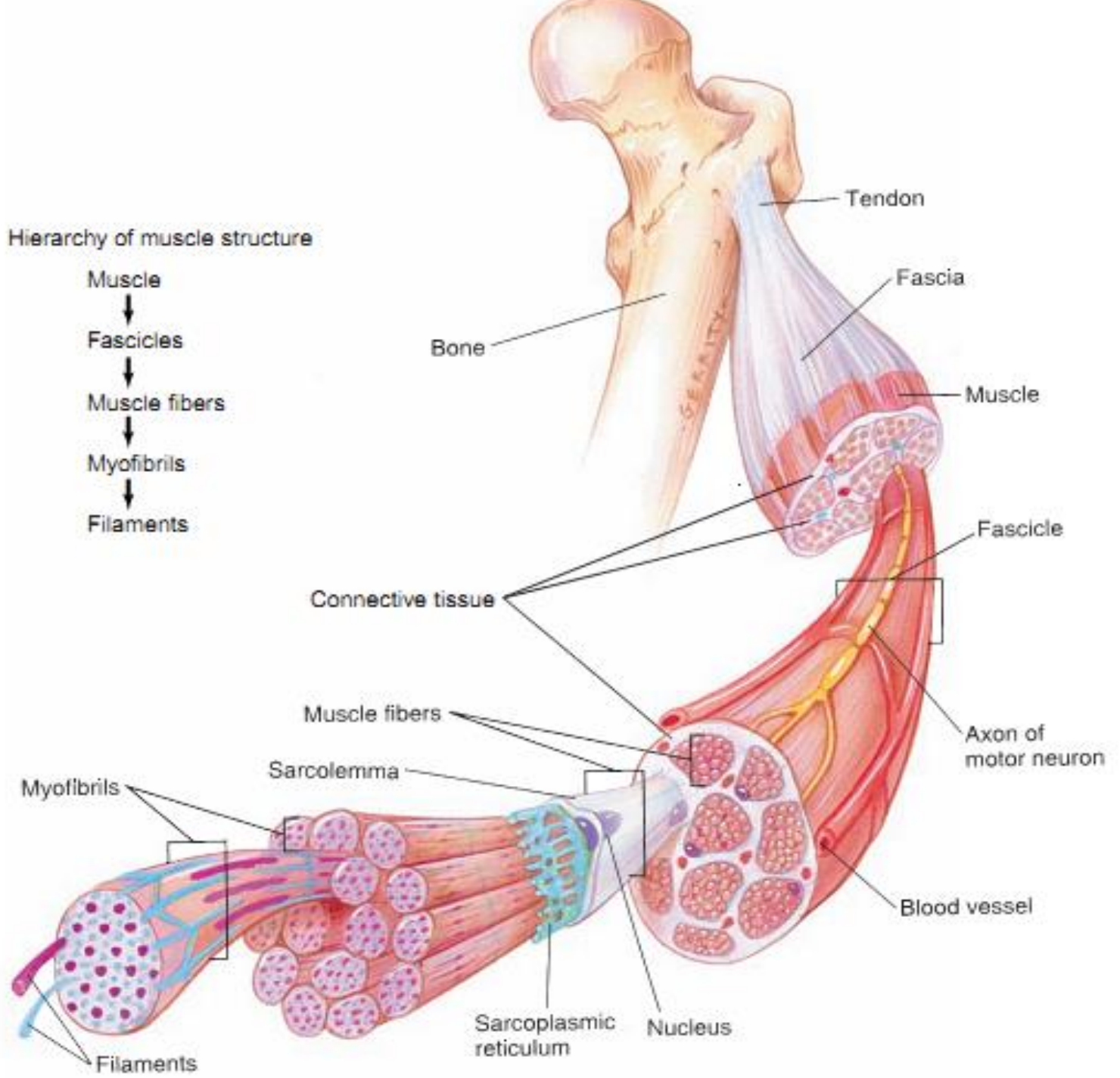




Functions of Muscle Tissues

1. Produce body movements.
2. Stabilize body positions.
3. Store and move substances within the body.
4. Generate heat (thermogenesis).

Hierarchy of muscle structure



*** Aktivitas otot rangka dikontrol oleh “ Muscle Spindle “ & organ tendon Golgi**

- Sederhana :

Rangsang “nyeri”
jari tangan



Aktivitas kontraktil reflex
di otot-2 lengan yg sesuai

↓
Menarik tangan



- ◇ > **Kompleks : misal menangkap bola**
- **Perlu masukan proprioepsi dr reseptor mata, sendi, aparatus**
 - **Sistem motorik di otak hrs memprogram serangkaian perintah motorik dg perkiraan arah, kecepatan gerakan (+ masukan penglihatan), memindahkan lokasi & posisi tubuh scr cepat & mempertahankan keseimbangan**

↓

Membentuk suatu pola aktivitas saraf utk melakukan gerakan yg diinginkan SSP

↓

Cepat & tepat menangkap bola



- ◇ **Reseptor otot : “Muscle Spindle” & organ tendon golgi memantau perubahan panjang & ketegangan otot**
 1. **Memberitahu daerah motorik otak ttg panjang & ketegangan otot**
 2. **Mengontrol panjang & ketegangan otot scr umpan balik negatif mell. reflex-2 spinal lokal**

- ◇ **Muscle Spindle :**

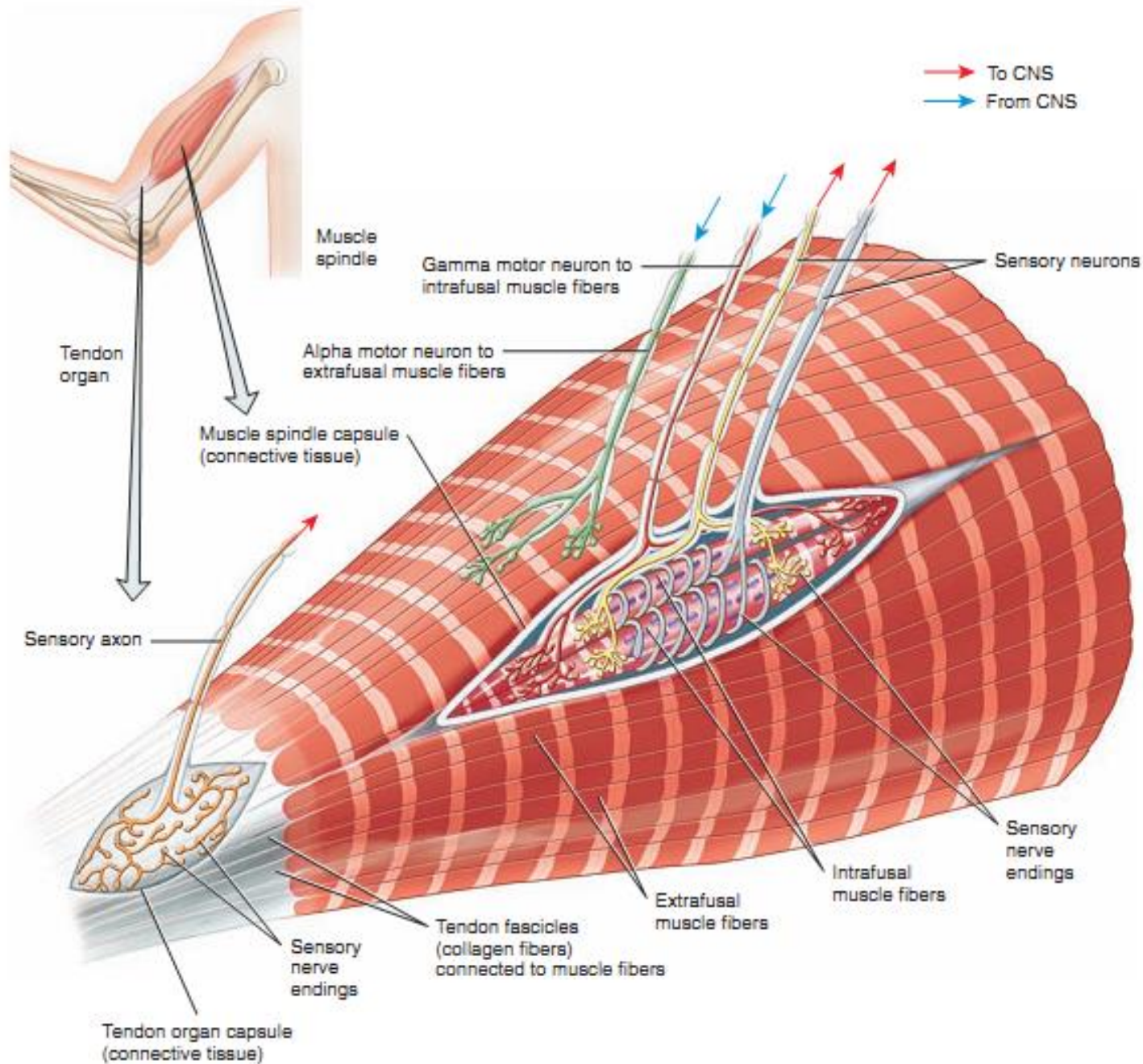
- ✦ **Tersebar diseluruh daging dr otot rangka t.a. kumpulan serat otot intrafusal dlm kapsul jar. ikat berbentuk gelendong dg bag. tengah non kontraktile sejajar dg serat ektrafusal “biasa” yg bermiofibril diseluruh panjang otaknya.**

- ✦ **Setiap gelendong otot memiliki :**
 - Neuron eferen yg mensarafi serat intrafusal (n. motorik δ)**
 - Neuron eferen yg mensarafi serat ektrafusal (n. motorik α)**





Proprioceptors provide information about body position and movement.



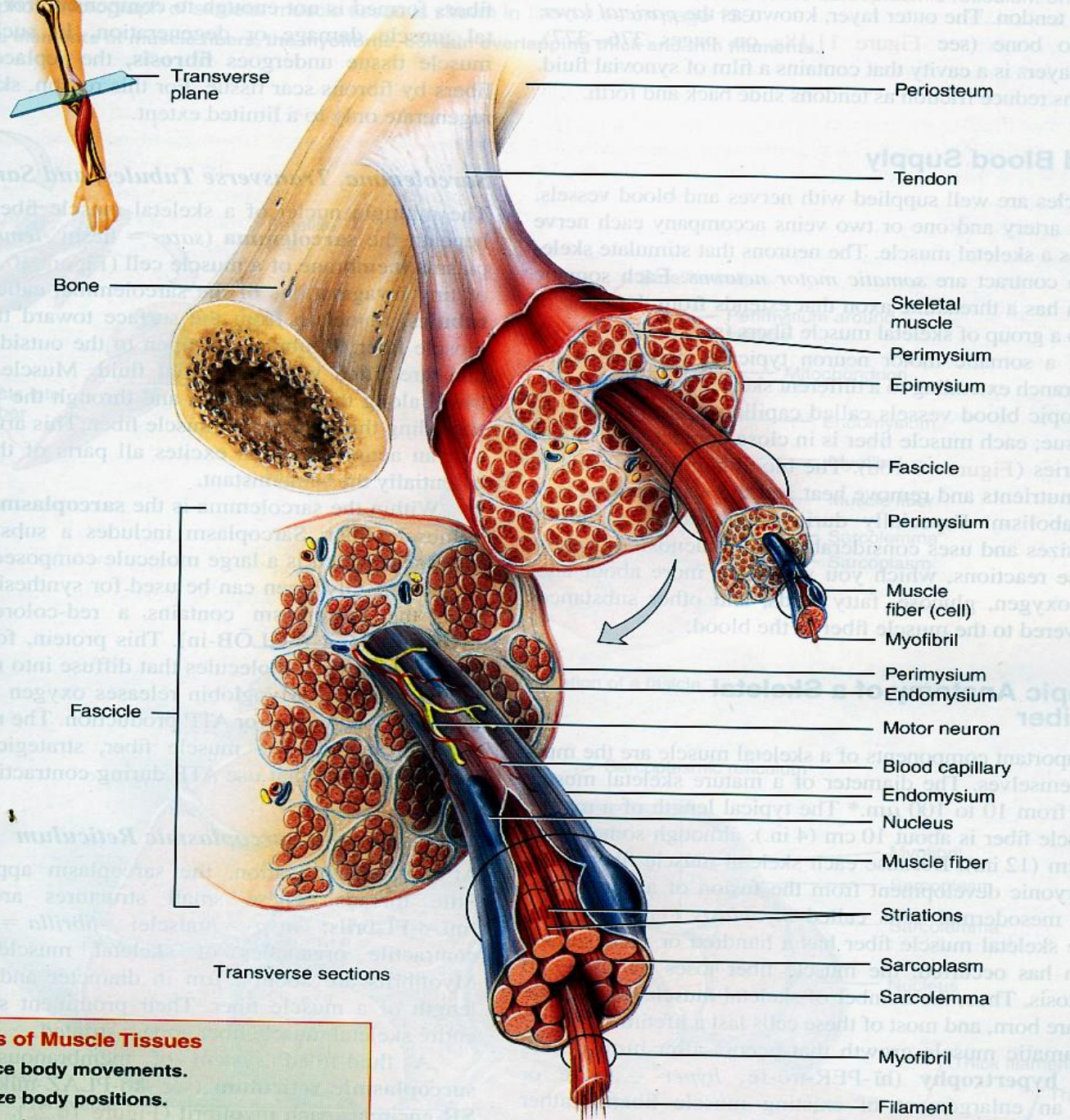
How is a muscle spindle activated?

Otot Skelet

Morfologi/anatomi :

1. Ujung yang mobil/banyak bergerak disebut "INSERTIO, Ujung yang tidak bergerak disebut "ORIGO".
2. a. Satu sel otot disebut satu "muscle fiber" atau sabut otot.
b. Muscle fiber dibungkus oleh membran sel disebut "SARCOLEMMA".
c. Sitoplasmanya disebut "SARCOPLASMA".
d. Sel otot berinti banyak (MULTINUKLEUS).
3. Beberapa serabut otot mengumpul menjadi "FASCICULUS" dan dibungkus oleh jaringan ikat (fascia) "PERIMYCEUM". Beberapa fasciculus menjadi satu otot dan dibungkus fascia "EPIMYCEUM".





Transverse plane

Bone

Periosteum

Tendon

Skeletal muscle

Perimysium

Epimysium

Fascicle

Perimysium

Muscle fiber (cell)

Myofibril

Perimysium

Endomysium

Motor neuron

Blood capillary

Endomysium

Nucleus

Muscle fiber

Striations

Sarcoplasm

Sarcolemma

Myofibril

Filament

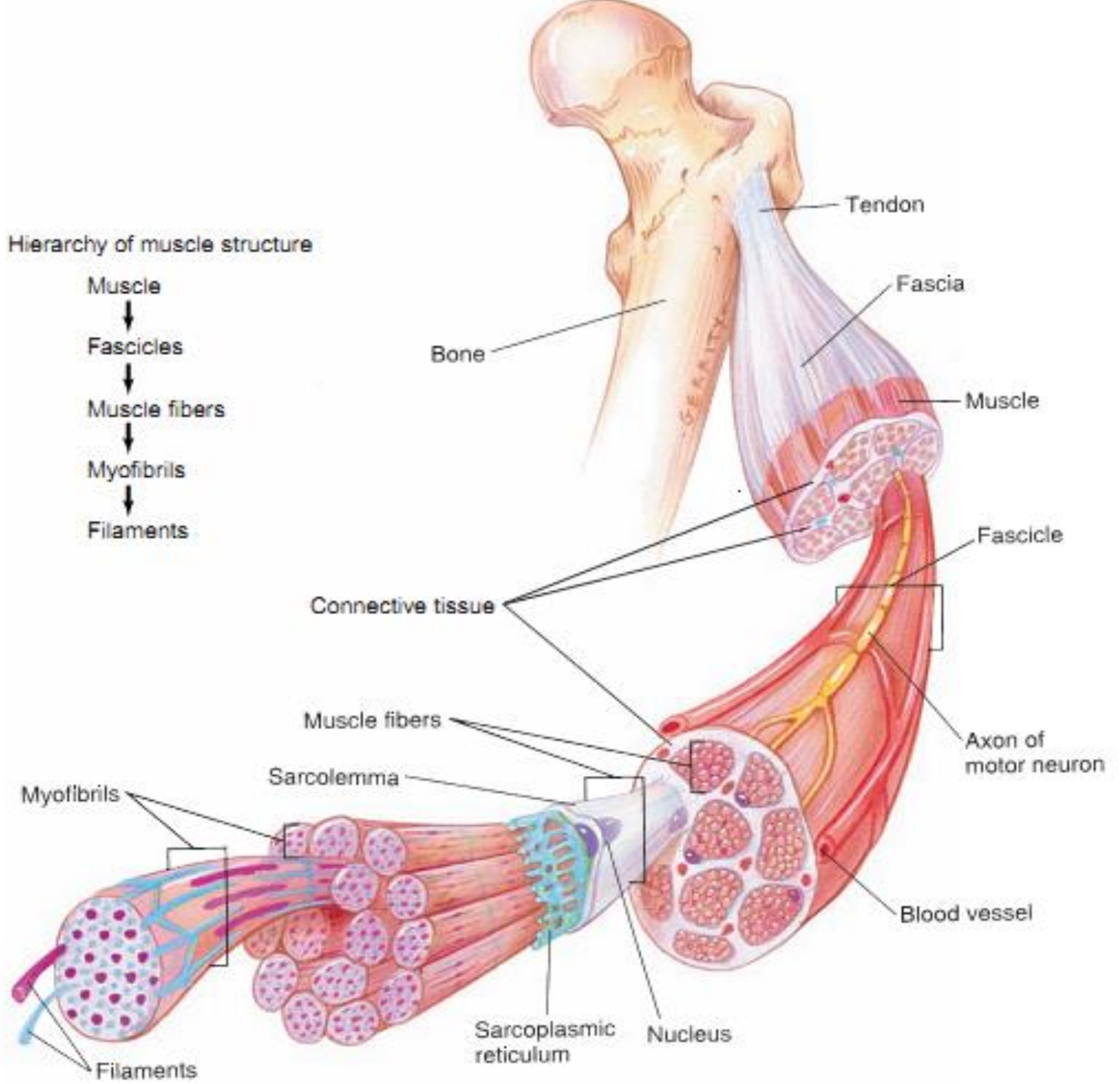
Fascicle

Transverse sections

- Functions of Muscle Tissues**
1. Produce body movements.
 2. Stabilize body positions.
 3. Store and move substances within the body.
 4. Generate heat (thermogenesis).

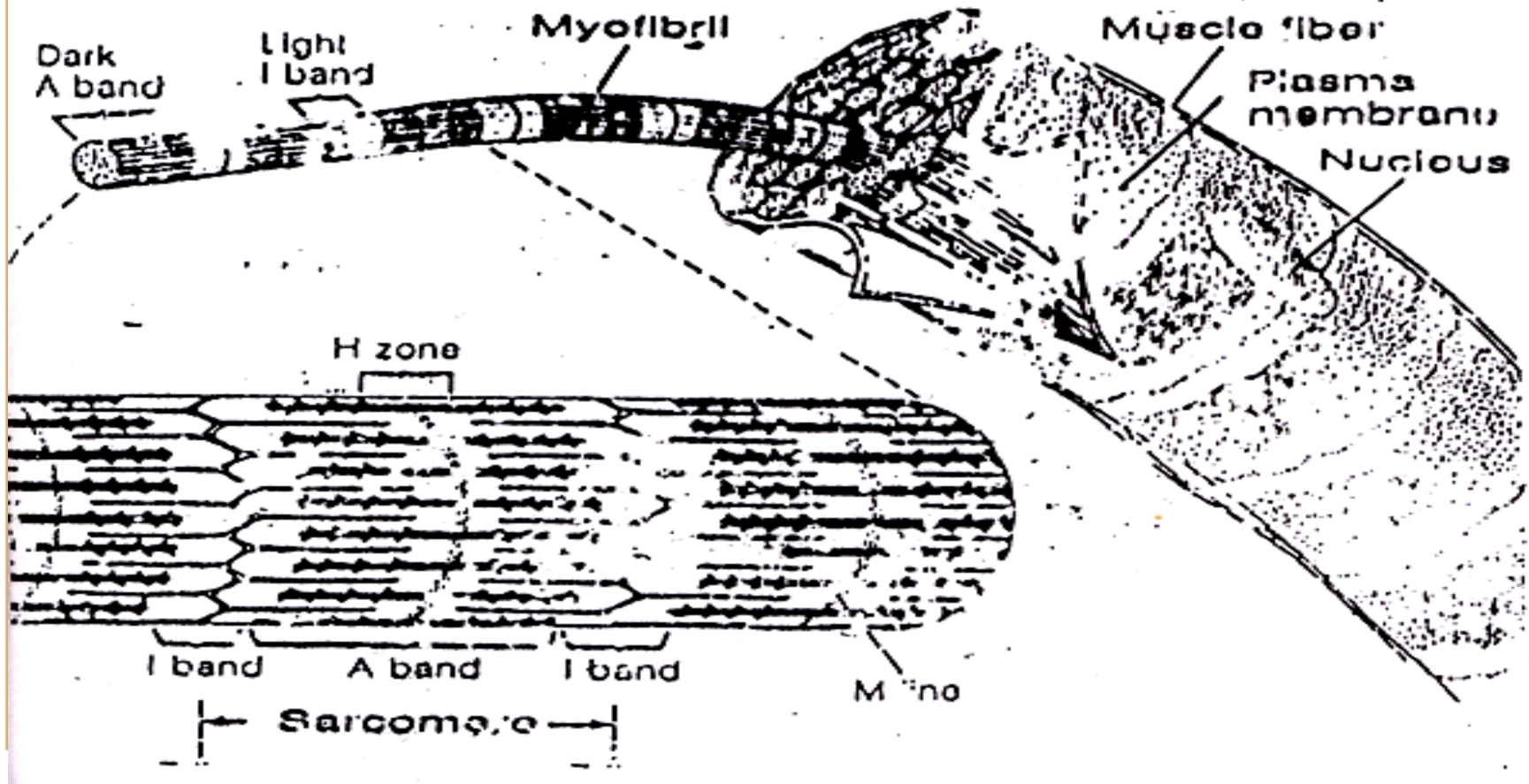
Hierarchy of muscle structure

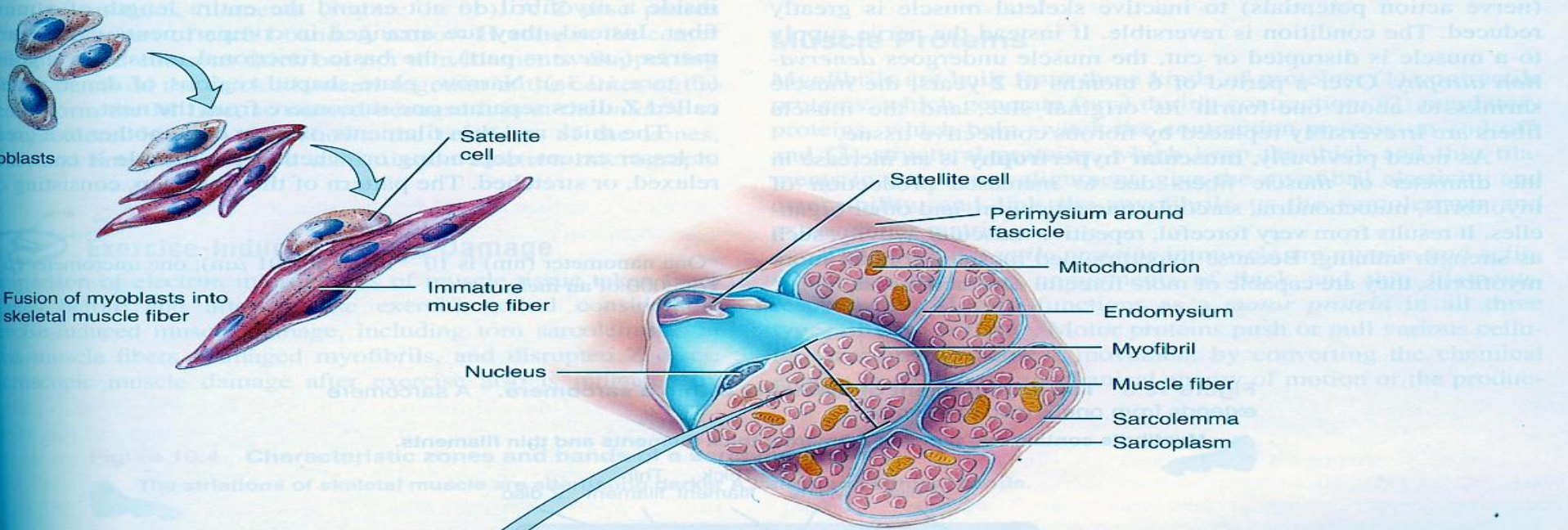
- Muscle
- ↓
- Fascicles
- ↓
- Muscle fibers
- ↓
- Myofibrils
- ↓
- Filaments



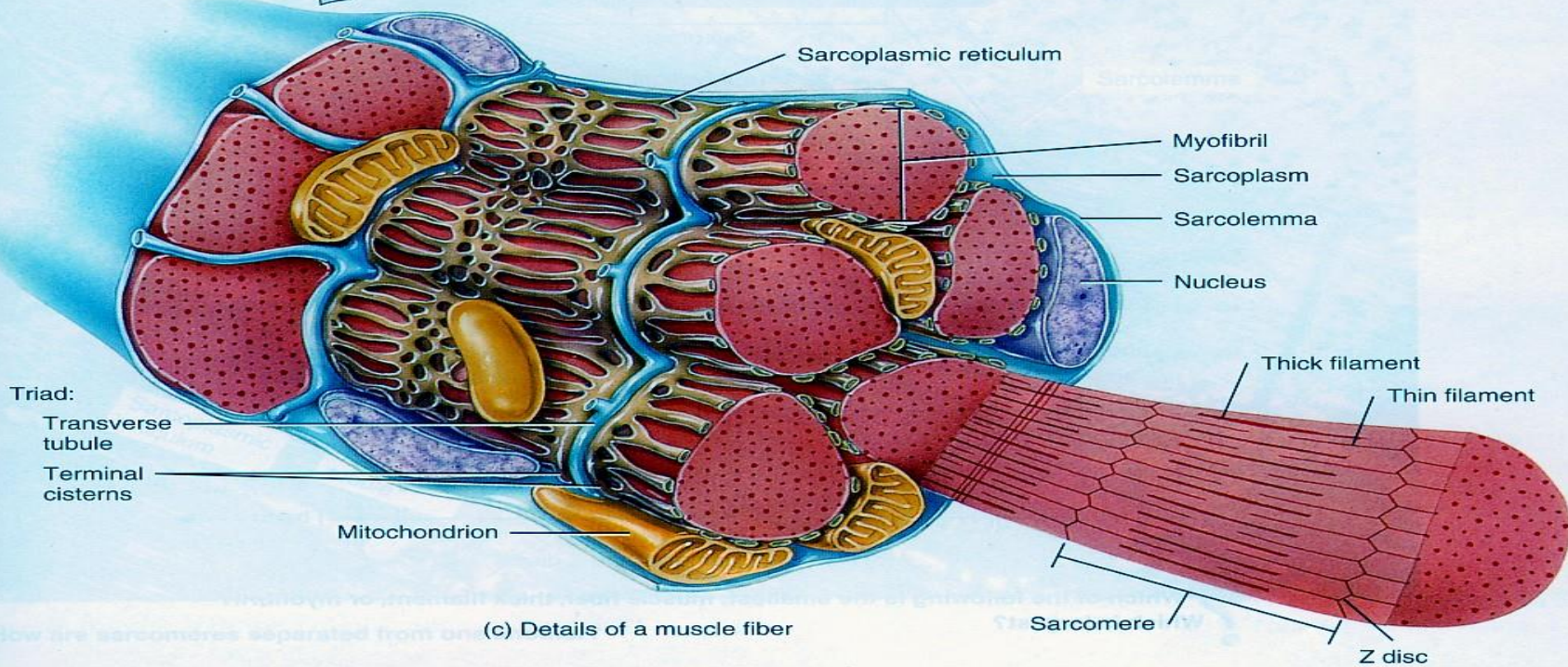
4. a. Muscle fiber terdiri dari banyak “MYOFIBRIL”.
- b. Myofibril tersusun atas “myofilament”.
- c. Myofilament tersusun atas molekul protein yang kontraktif yaitu : Actin (BM. 60.000), Myosin (500.000), Tropomyosin (BM. 70.000) dan Troponin

n

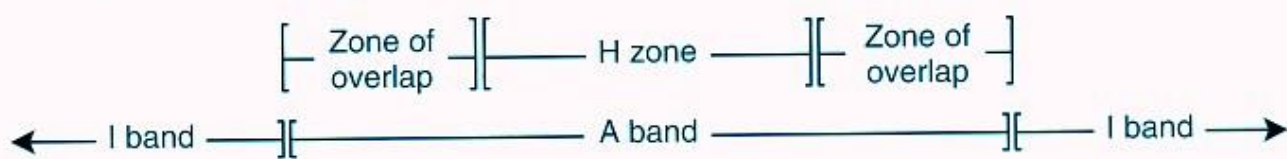
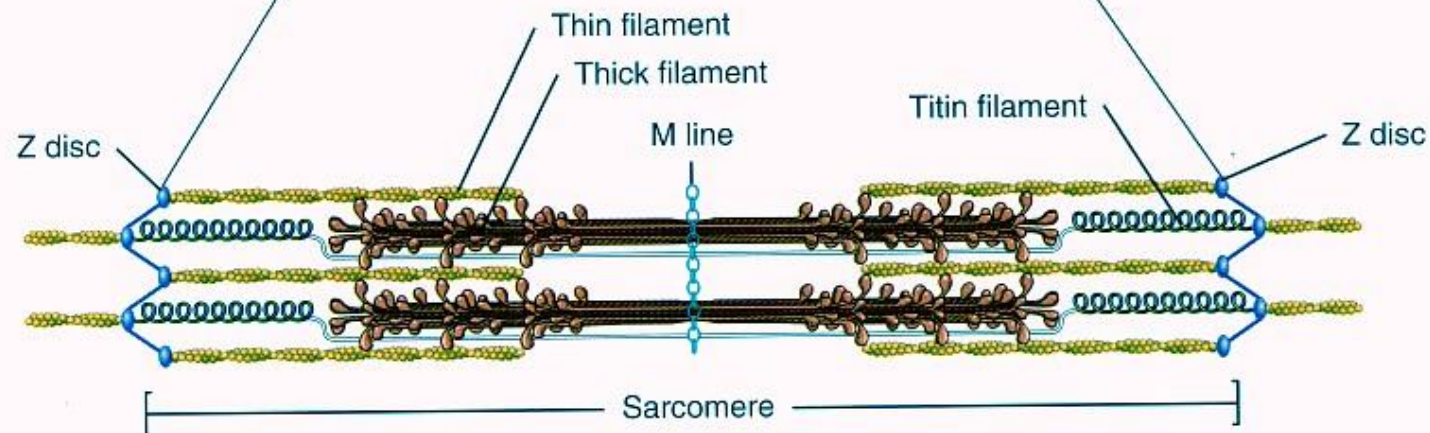
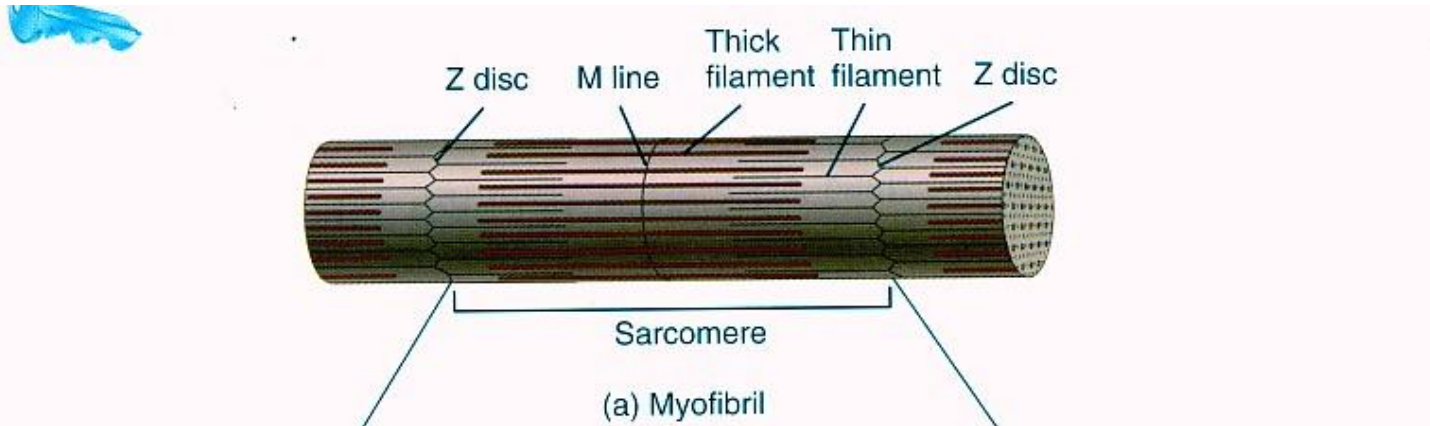




(b) Organization of a fascicle



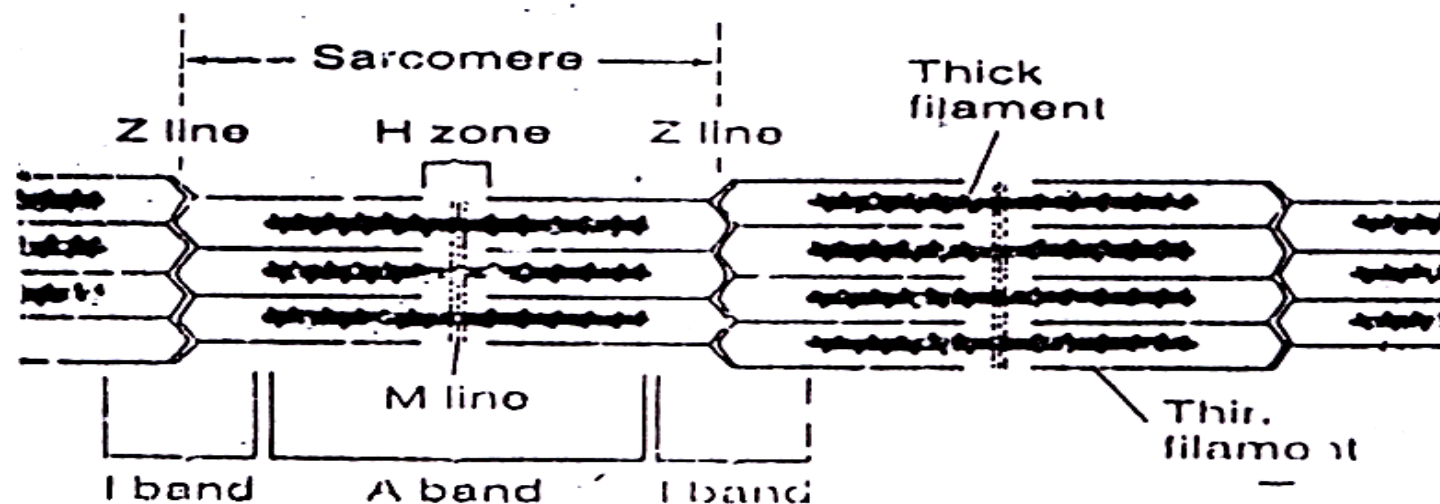
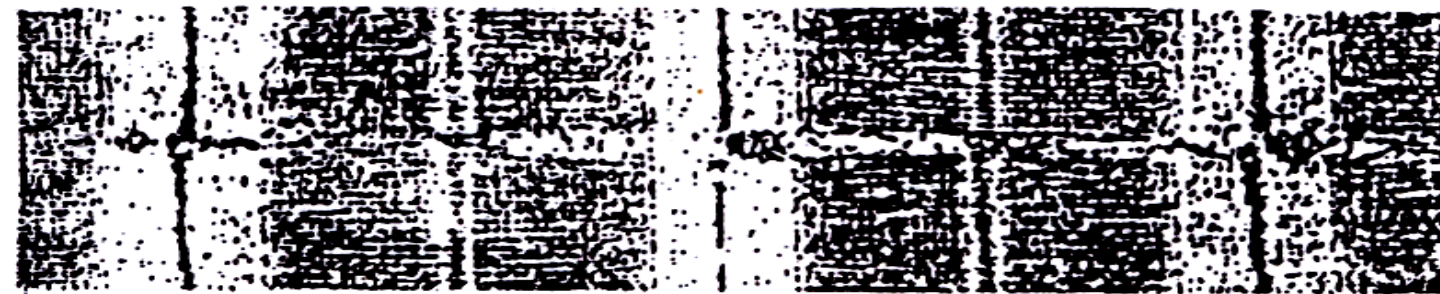
(c) Details of a muscle fiber



(b) Details of filaments and Z discs

II. Garis Lintang/Striasi :

- Dibawah mikroskop otot skelet akan tampak bergaris melintang.
- Hal ini disebabkan oleh karena tidak meratanya daya refraksi dari masing-masing bagian otot.
- Perbedaan indeks refraksi ini disebabkan oleh susunan



- Daerah terang disebut sabuk I (isotrop), daerah ini dipotong oleh garis Z yang gelap. Garis Z adalah kelanjutan dari membran sel.
- Daerah gelap disebut sabuk A (anisotrop). Ditengahnya ada daerah agak terang sabuk H. ditengah sabuk H terdapat garis gelap N karena di daerah tengah molekul myosin mencembung.
- Daerah antara 2 garis Z disebut satu sarcomere yang pada otot yang istirahat panjangnya kurang lebih 2,2 U.

III. Filament :

1. Ada 2 macam filament yaitu filament besar dan kecil.
2. Filament besar :
 - a. Terdiri dari atas beberapa ratus molekul myosin dengan panjang $\pm 1,5$ U.



b. Terdiri atas dua bagian :

- Bagian longitudinal disebut “light meromyosin” yang tersusun atas 2 rantai peptida yang membentuk helix (pintiran).
- Bagian “crossbridge” atau “heavy meromyosin” yang terdiri atas bagian tangkai yang merupakan helix seperti “helix meromyosin” dan bagian kepala yang tersusun atas dua massa protein yang globuler.
- Filament besar ini mempunyai dua bagian yang fleksibel yaitu pada persambungan bagian longitudinal dengan bagian tangkai dari “cross bridge” dan antara bagian tangkai dan bagian kepala dari “cross bridge”.
- Jumlah “cross bridge” kurang lebih 100 pasang, masing-masing 50 pasang pada kedua sisi tepi.

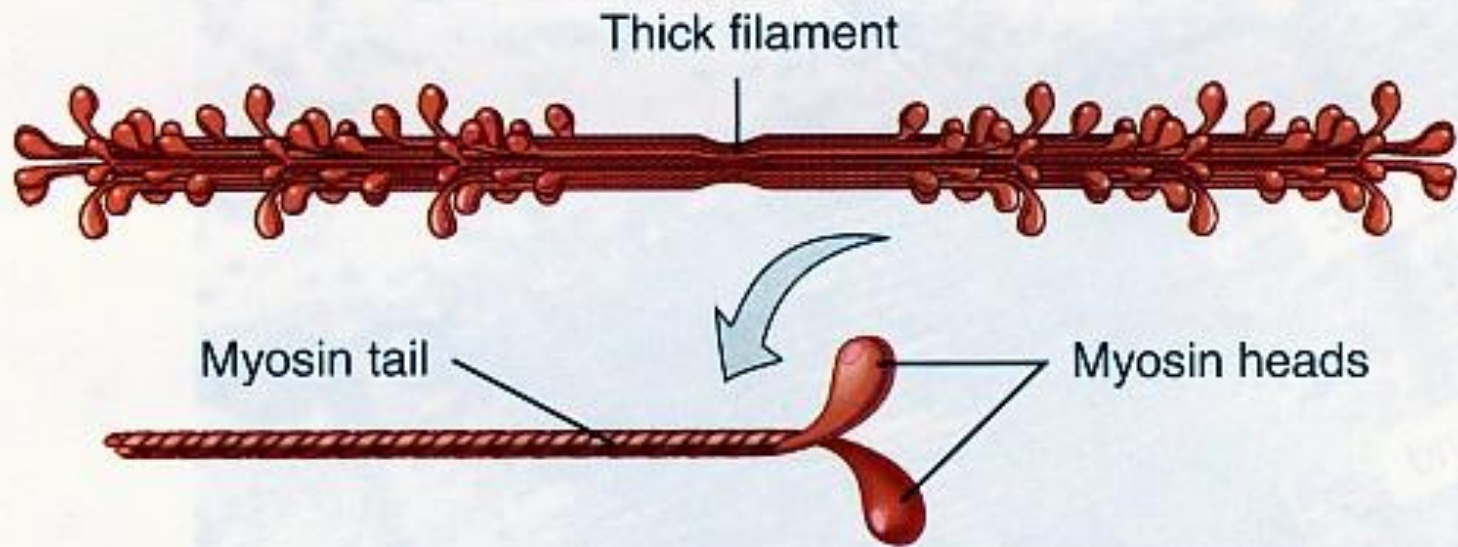
3. Filament kecil :

- Terdiri atas : actin, tropomyosin dan toponim.
- Actin : berbentuk bola yang tidak simetris, membentuk dua rantai berpasangan yang membentuk helix.

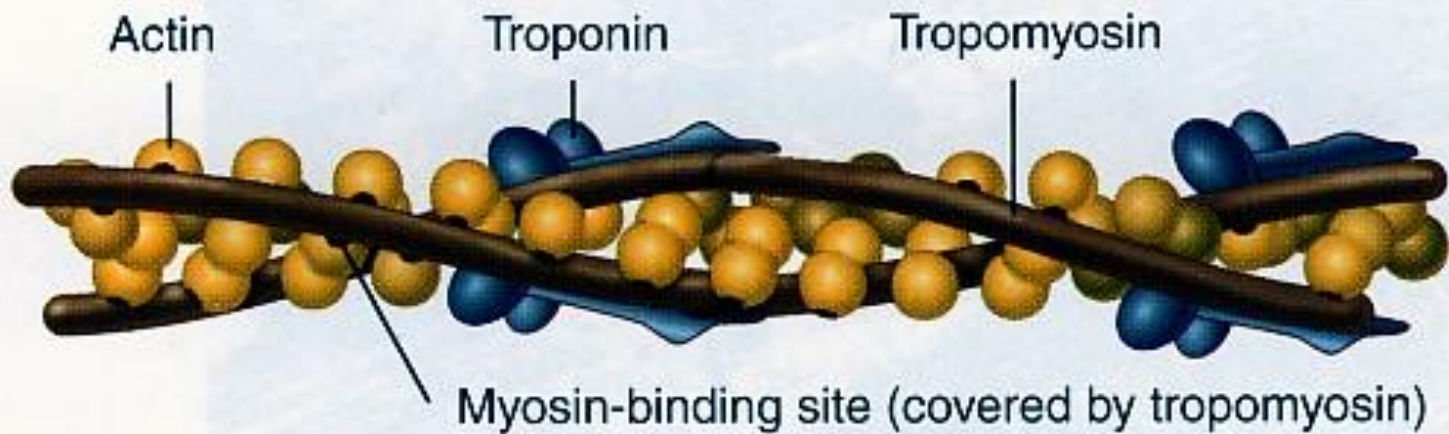


- **Tropomyosin adalah : panjang halus dan terletak pada celah-celah plintiran actin.**
- **Troponim : berbentuk globuli dan melekat pada ujung tiap molekul tropomyosin.**
- **Troponim ini mempunyai afinitas yang sangat kuat terhadap ion calcium. Ikatan ini merupakan trigger terjadinya kontraksi.**
- **Gambar :**





(a) One thick filament (above) and a myosin molecule (below)



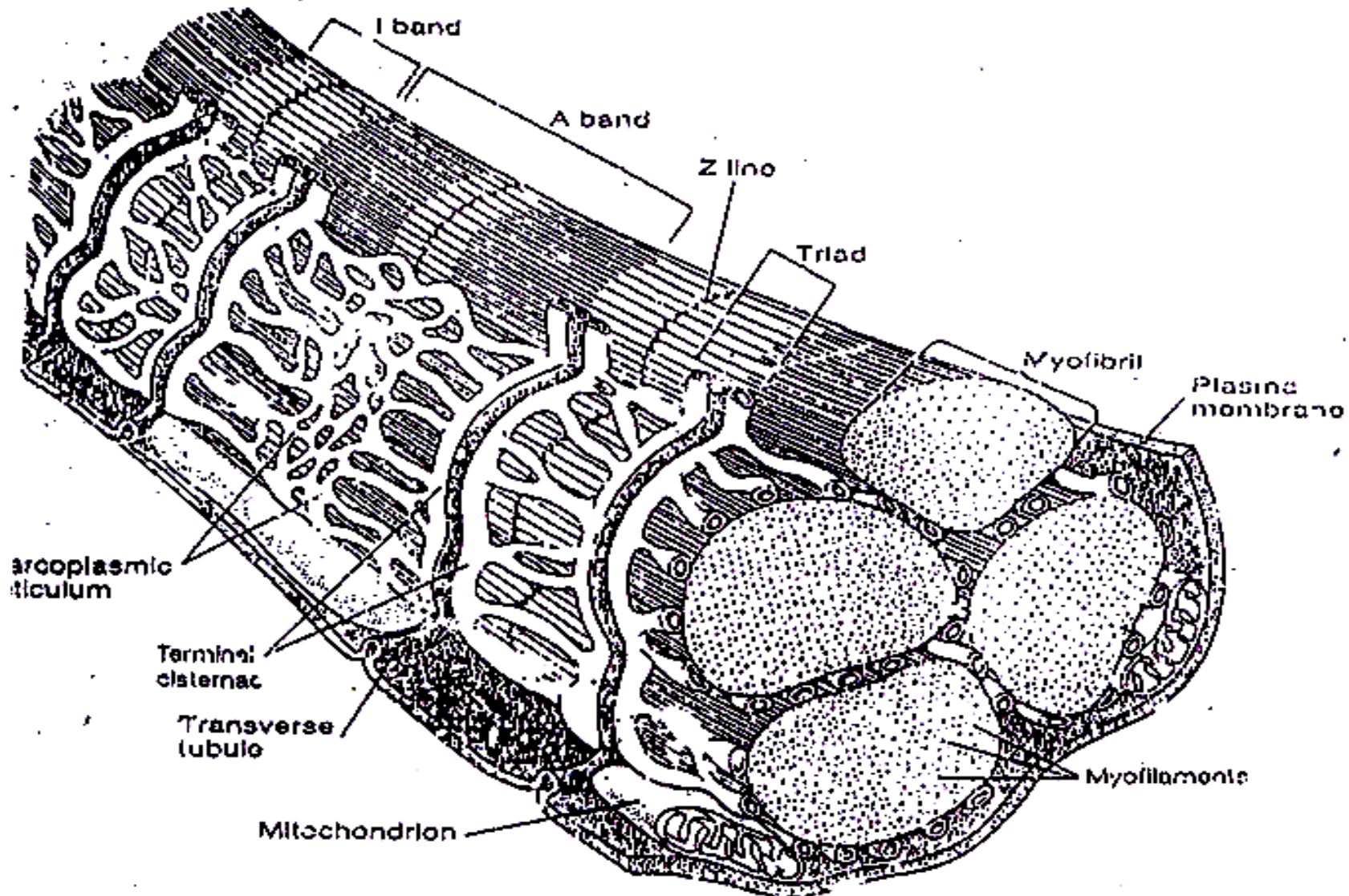
(b) Portion of a thin filament

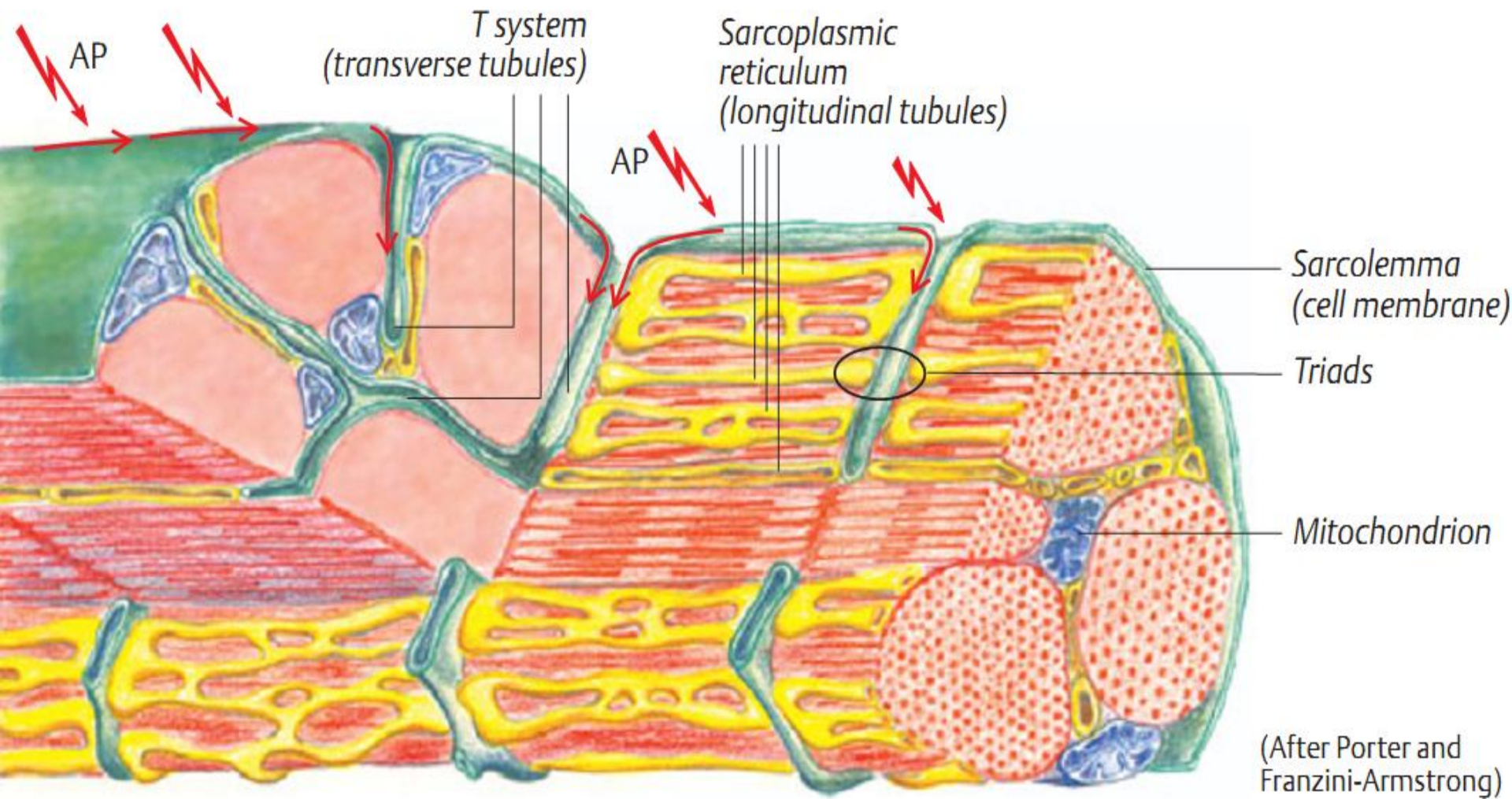
IV. Sistem Sarkotubuler :

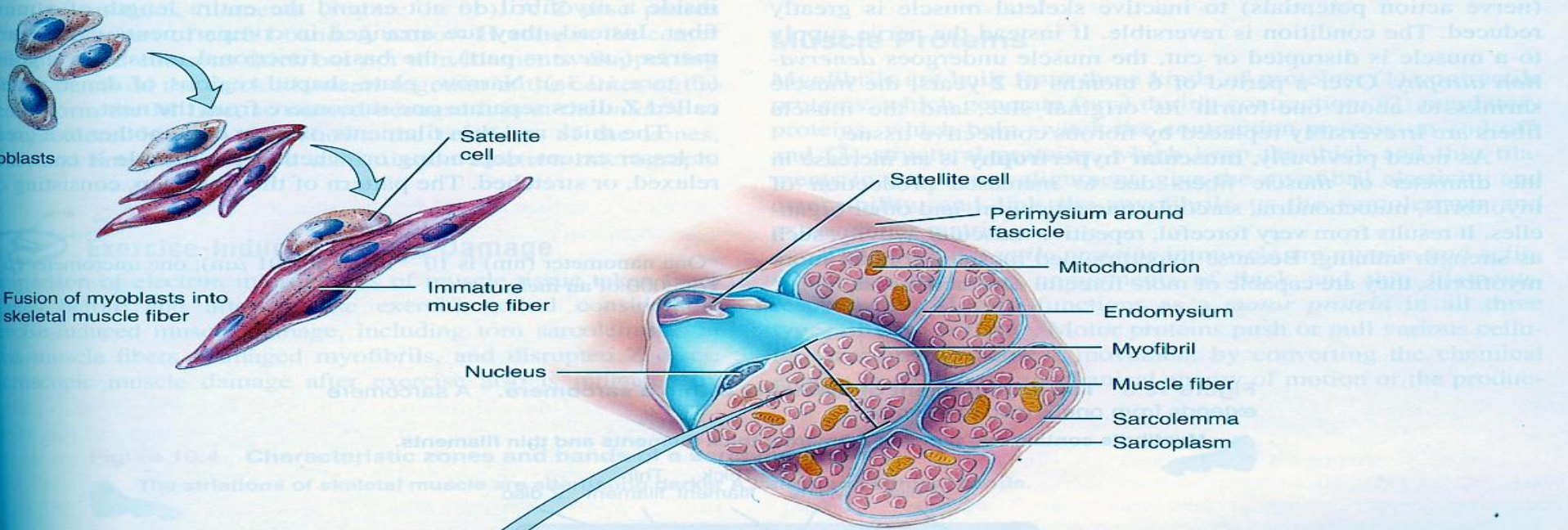
1. **Myofibril dilingkari oleh struktur yang terdiri dari tubulus-tubulus dan vesikel yang disebut sistem “sarkotubuler”.**
2. **Sistem sarkotubuler terdiri dari “sarcoplasmic reticulum” dan “T system”.**
3. **T system terdiri dari lekukan membran sel, jadi berisi cairan interstetuil.**
4.
 - a. **Sarcoplasmic reticulum merupakan sistem tubulus yang tidak teratur. Pada daerah yang berhadapan dengan T system membentuk tonjolan yang disebut “junctional feet”.**
 - b. **Pada “junctional feet” yang melingkari T system terjadi “kontak” yang memudahkan penjalaran implus listrik, dan disebut “TRIAD”.**
 - c. **Triad ini terletak kira-kira pada perhubungan antara sabuk A dan I.**
 - d. **Diantara dua triad, sarcoplasmic reticulum membentuk bentukan yang tidak teratur, melingkari myofibril dan melebar pada ujung dekat triad dan disebut “SISTERNA”.**



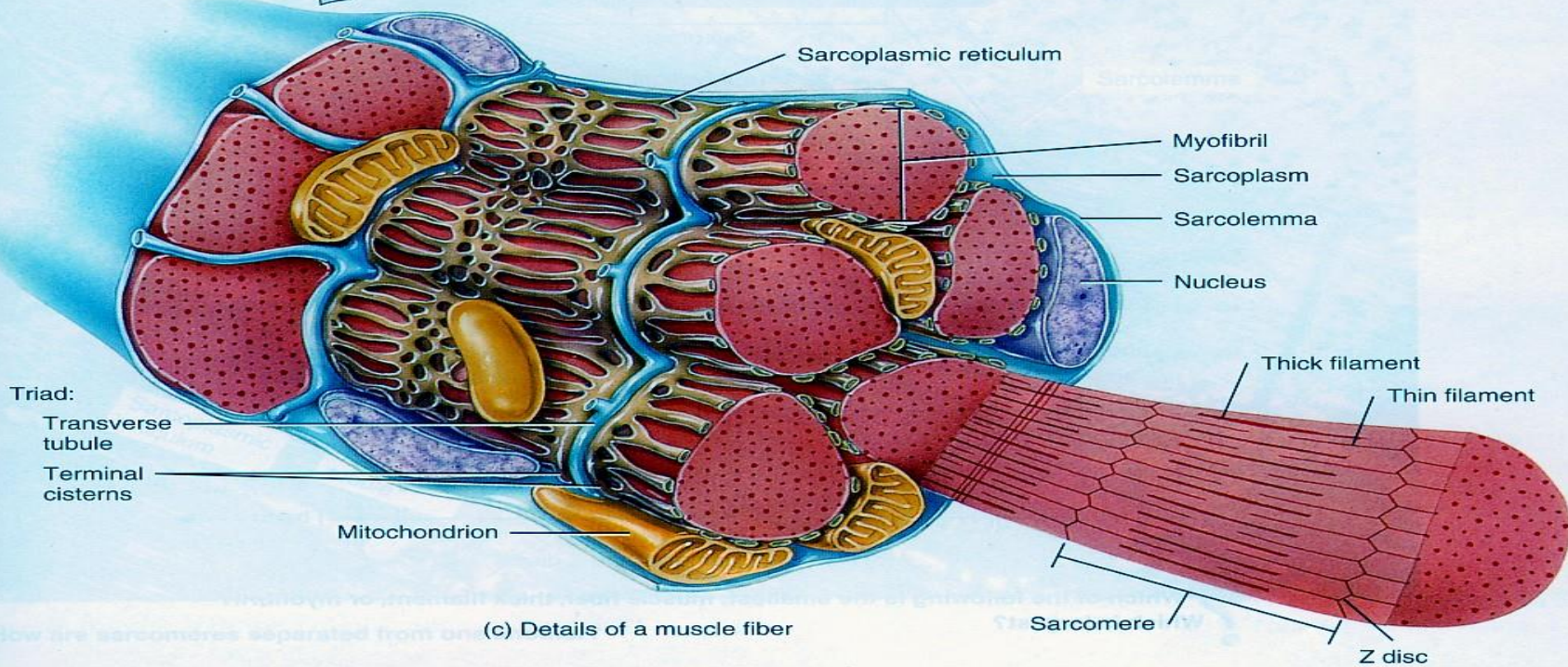
e. Fungsi sistem sarkotubuler adalah mempercepat penjalaran impuls ke seluruh bagian sel otot dan untuk menginduksi kontraksi.







(b) Organization of a fascicle



(c) Details of a muscle fiber

V. Sifat-sifat listrik :

- Sifat-sifat listrik otot serupa dengan sel syaraf. Hanya berbeda yang menyangkut besaran dan waktu saja.
- Sebagai contoh :
 - a. PMI = - 90 Mv
 - b. Lamanya potensial aksi = 2 - 4 m detik
 - c. Konduktifitas = 5 m/detik
- Sel otot bermacam-macam jenis juga, sehingga sifat-sifat listrik masing-masing pun juga bervariasi.

VI. Kontraksi :

- Pada otot potensial aksi akan diikuti dengan satu kontraksi. (exytation contraction coupling).



2. Mekanisme kontraksi :

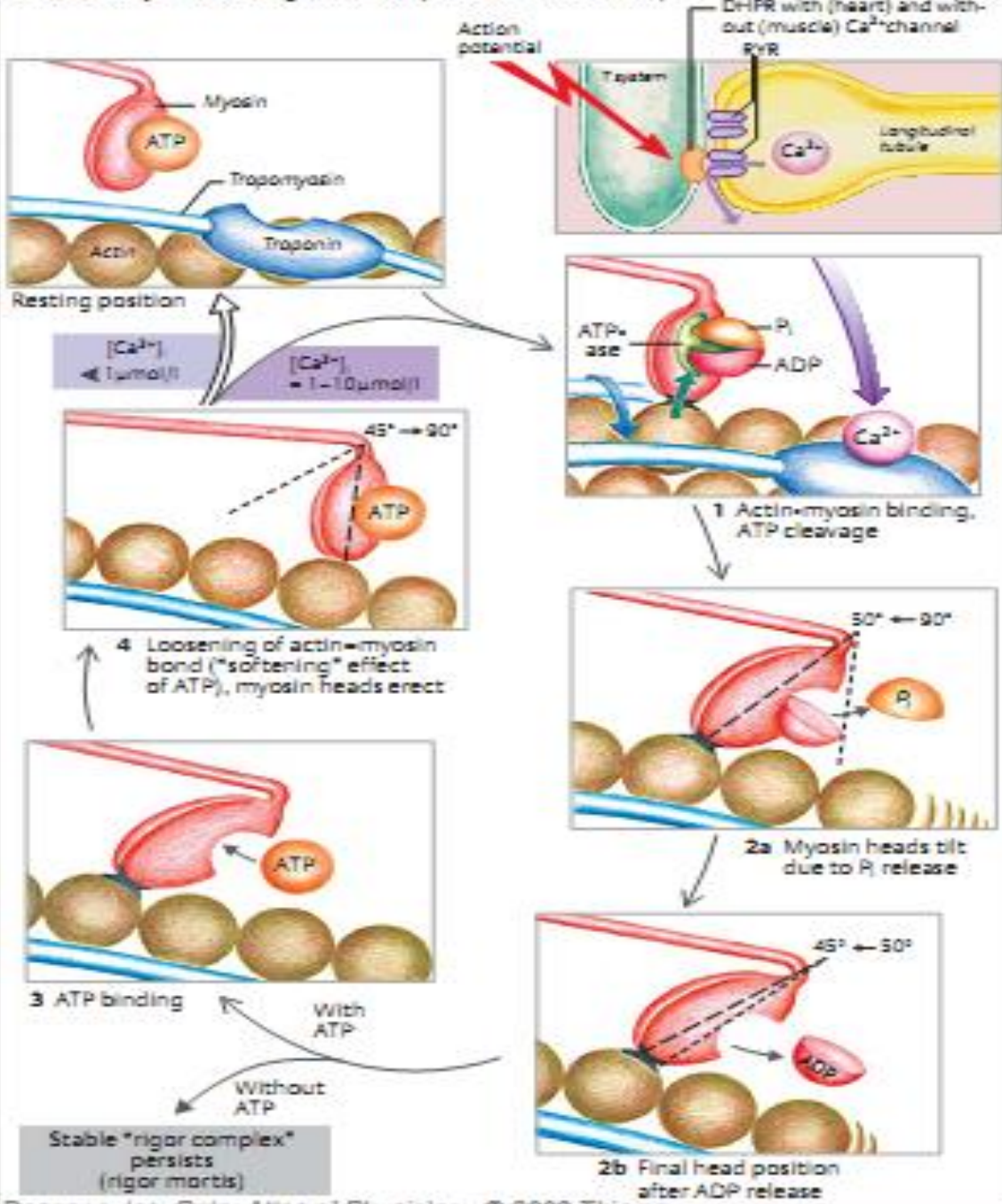
- a. Mekanisme kontraksi adalah proses yang belum dapat diterangkan dengan nyata. Karena itu banyak hipotesa yang diajukan dari waktu ke waktu.
- b. Salah satu hipotesa yang sekarang diajukan ialah :
 1. Bila timbul potensial aksi, maka potensial aksi akan diteruskan pula ke tubulus T. Dengan sistem triad, impuls ini akan diteruskan pula ke “junctional feet” dan mencapai sisterna. Impuls listrik ini akan menyebabkan ion calcium dilepaskan dari sisterna.
 2. Ion calcium yang lepas segera akan berikatan dengan troponin yang mempunyai afinitas sangat besar terhadap calcium.
 3. Ikatan troponin-calcium akan menarik tropomyosin lebih dalam pada celah-celah “plintiran” aktin. Dengan demikian titik-titik aktif pada aktin yang sebelumnya tertutup tropomyosin menjadi terbuka.



4. Begitu “active site” pada aktin terbuka, maka kepala dari cross bridge akan segera melekat pada titik ini. Kontak ini akan menginduksi proses lebih lanjut yang menyebabkan “crossbridge” melejit ke arah sentral, dengan demikian mendorong/menarik aktin. Peristiwa ini disebut “power stroke”. Segera setelah lejit ini maka “crossbridge” akan kembali ke posisi semula dan mengadakan kontak dengan “titik aktif” berikutnya. Demikian proses ini berlangsung berulang-ulang dan akhirnya aktin terdorong ke arah sentral. Teori ini disebut “Ratchet Theory”.



6. Work cycle of sliding filaments (sarcomere contractility)



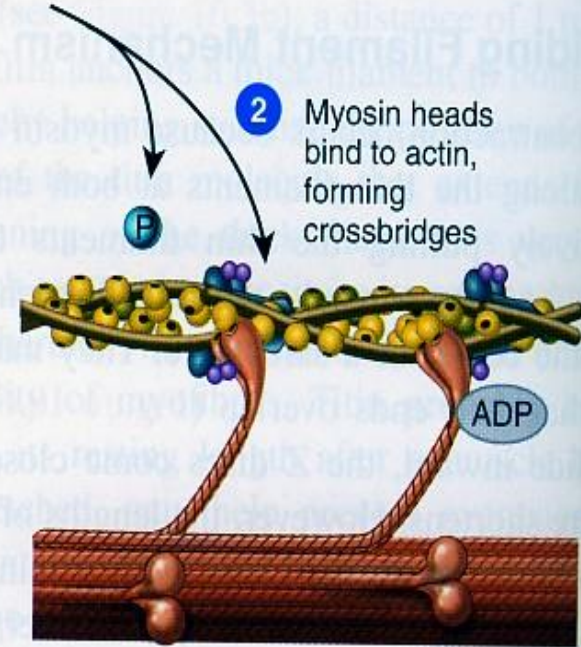
Key:

● = Ca^{2+}

1 Myosin heads hydrolyze ATP and become reoriented and energized



2 Myosin heads bind to actin, forming crossbridges



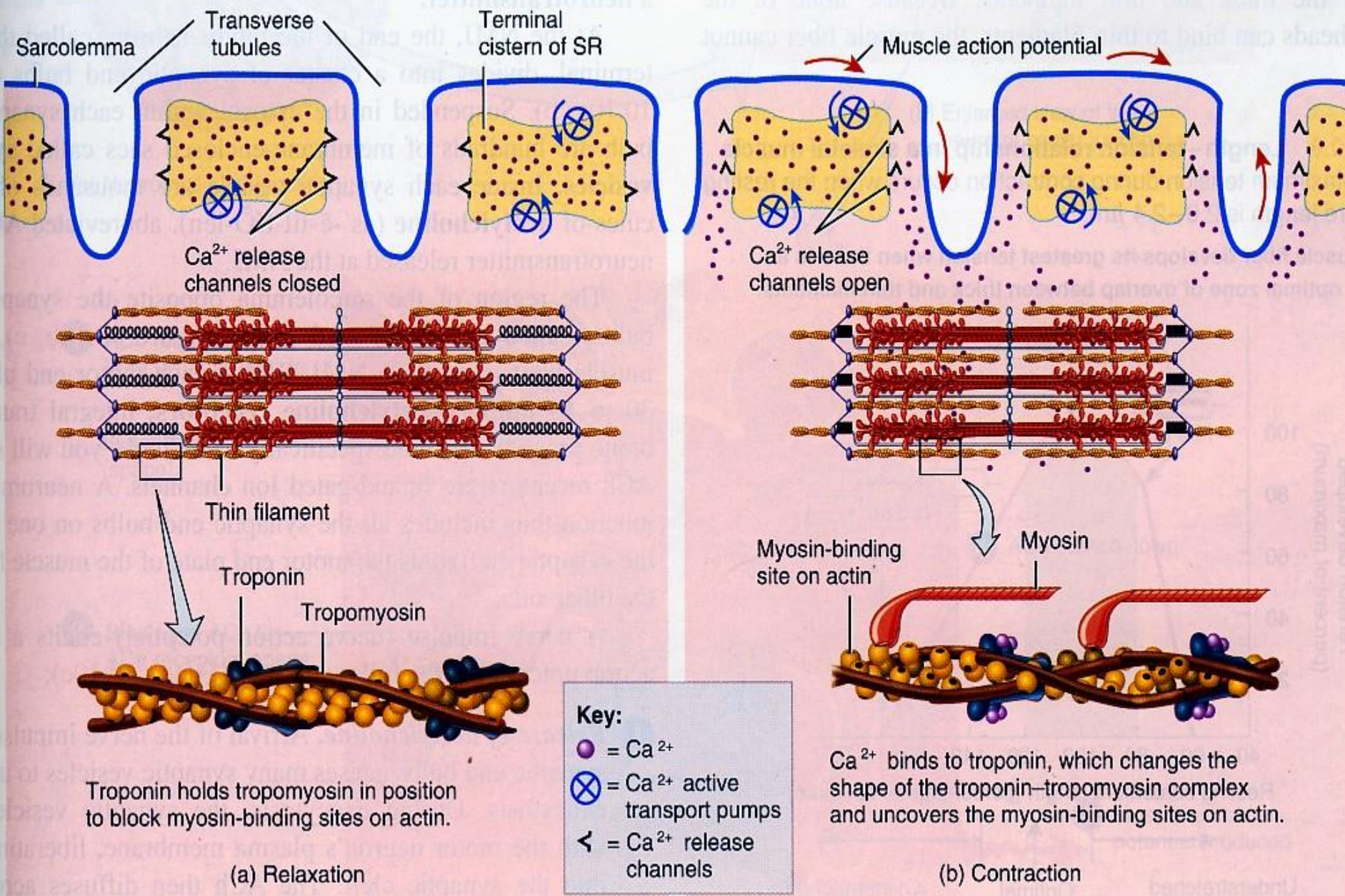
Contraction cycle continues if ATP is available and Ca^{2+} level in the sarcoplasm is high

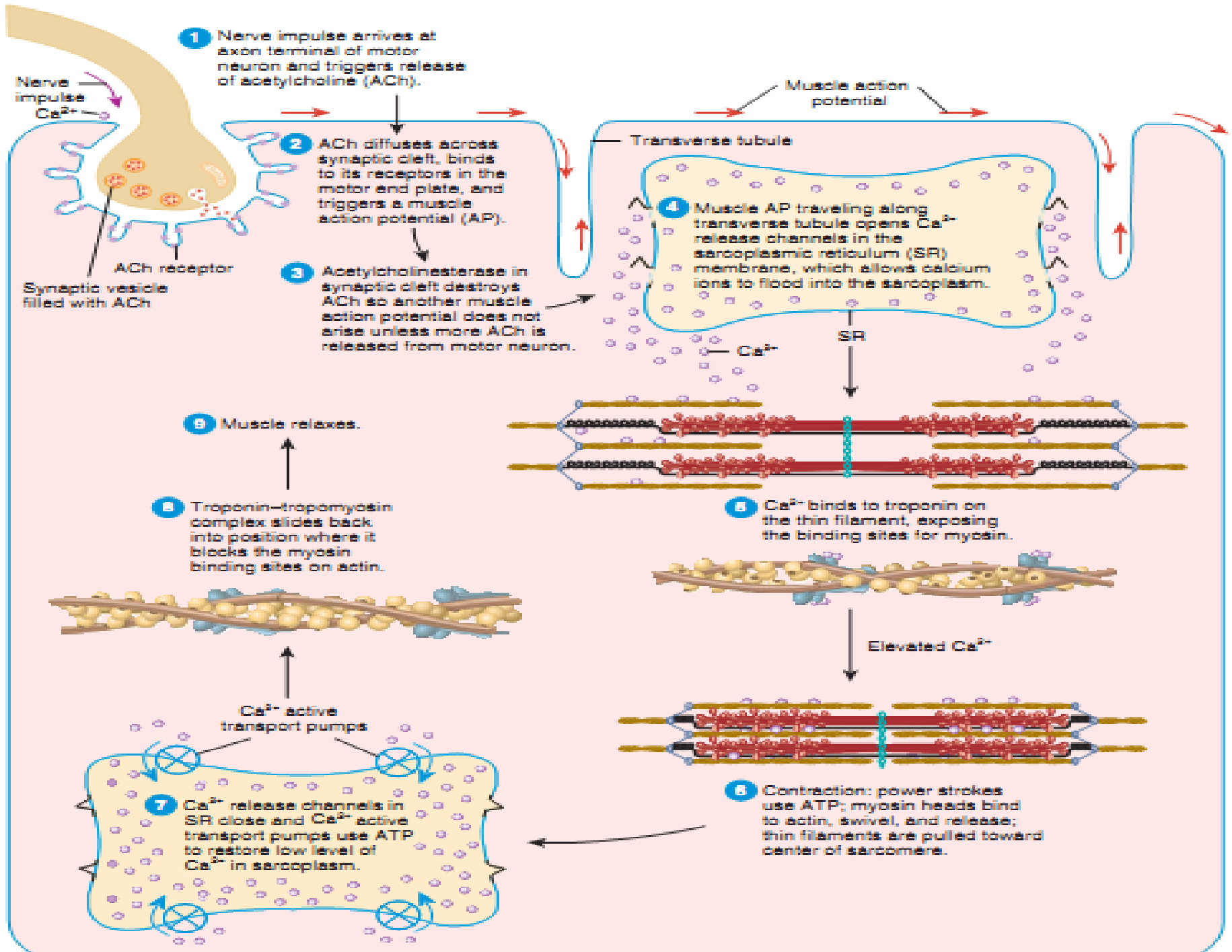
4 As myosin heads bind ATP, the crossbridges detach from actin

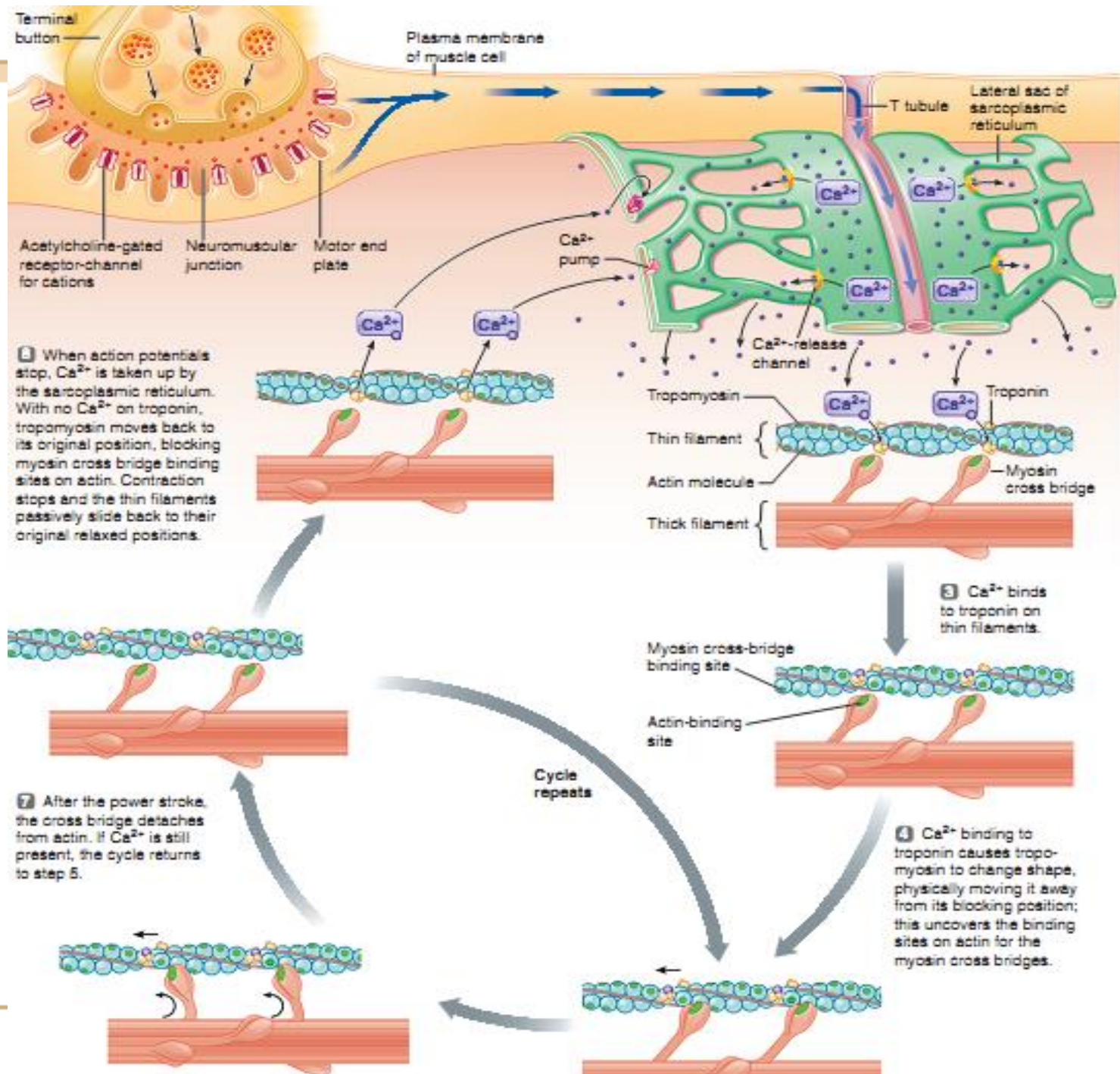


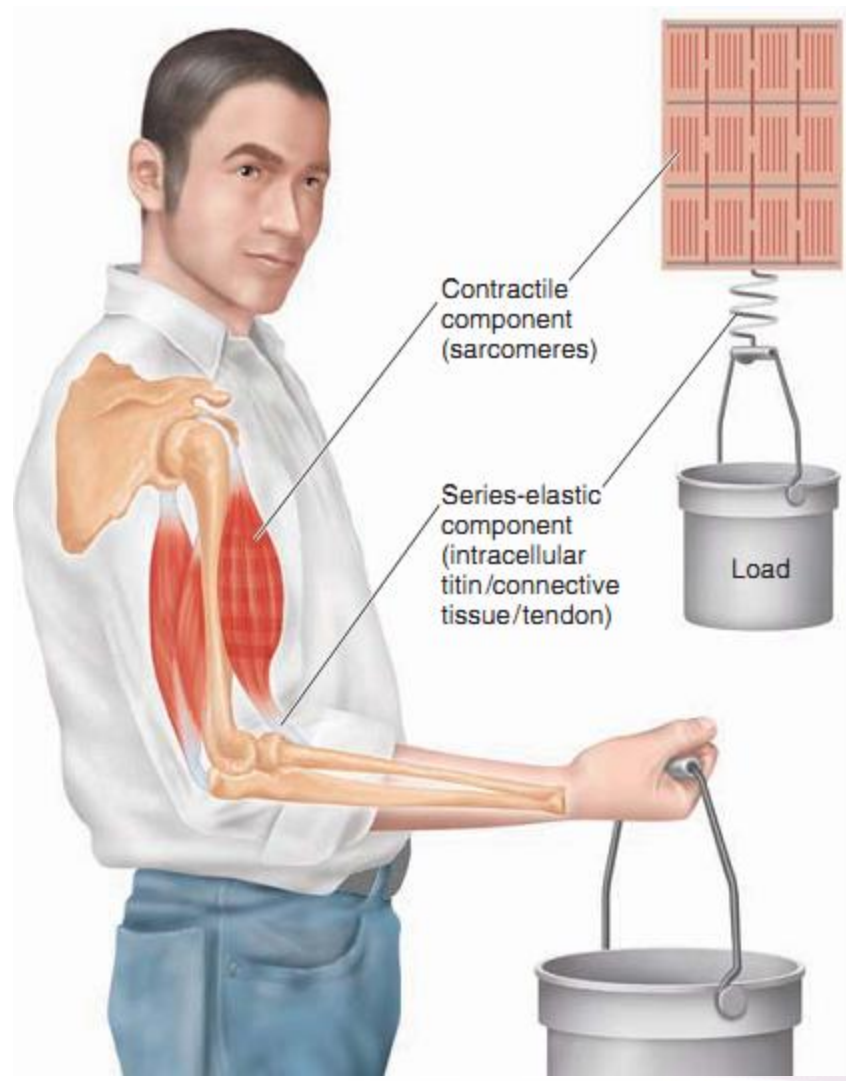
3 Myosin crossbridges rotate toward center of the sarcomere (power stroke)











Flexion

Origin of biceps

Biceps contracts

Insertion of biceps

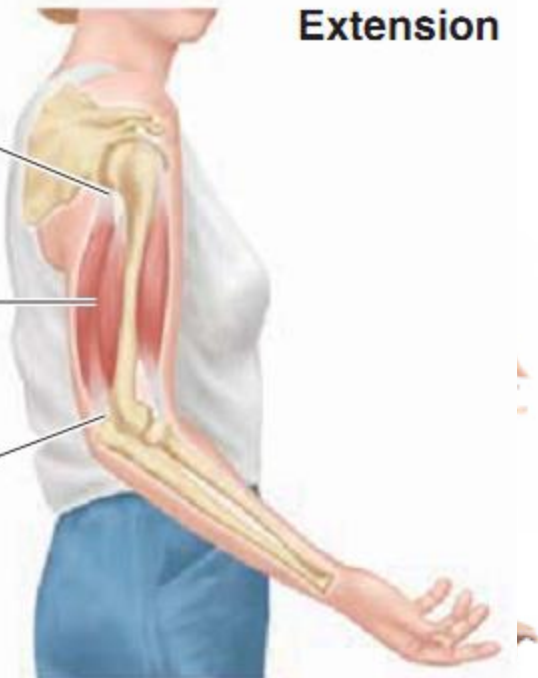


Extension

Origin of triceps

Triceps contracts

Insertion of triceps



3. Tenaga untuk kontraksi.

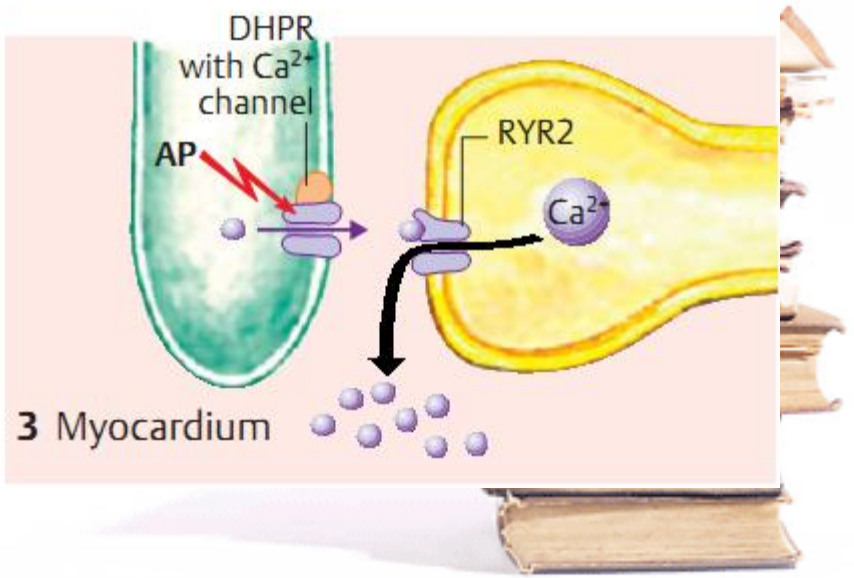
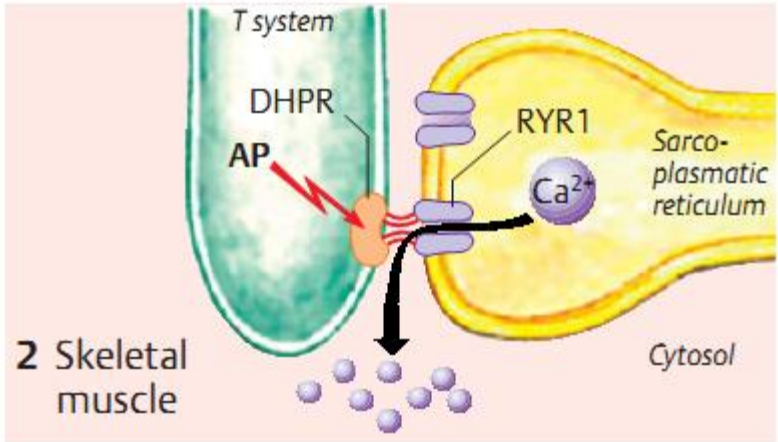
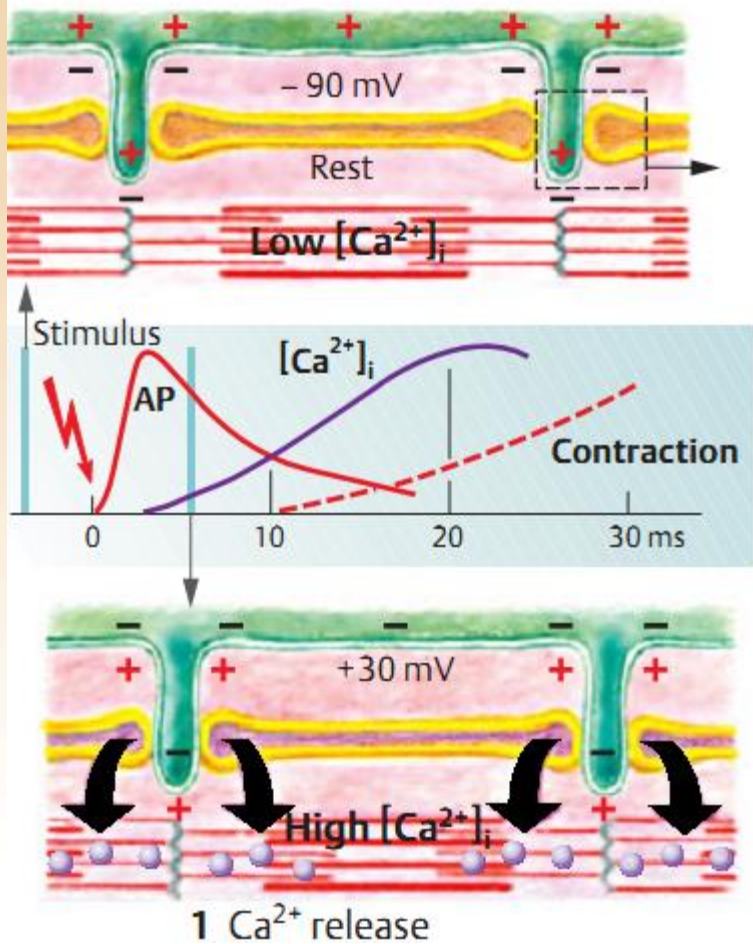
- Bila bagian kepala dari “cross bridge” mengadakan kontak dengan titik aktif dari aktin maka di dalam kepala cross bridge tersebut terjadi proses yang menghasilkan energi. Energi ini bukan dari pemecahan ATP seketika, tetapi berasal dari energi yang sudah ada sebelumnya.
- b. Kemudian sesudah ini baru bagian kepala dari “cross bridge” mengikat ATP yang segera akan dipecah untuk menghasilkan energi. Sebagian energi dipakai untuk mengembalikan “cross bridge” ke posisi semula, sedang sebagian lain disimpan yang akan dipergunakan dalam proses “power stroke”.



4. Calcium Pulse”

- Dalam keadaan istirahat konsentrasi ion calcium di dalam sarcoplasma adalah kurang dari 10^{-7} M. kadar ini terlalu kecil untuk menginduksi kontraksi.
- Arus listrik dari tubulus T ke sisterna akan menyebabkan pelepasan ion calcium sehingga konsentrasinya dapat meningkat sampai 2×10^{-4} M. Peristiwa ini disebut “calcium pulse” yang rata-rata berlangsung kurang lebih selama 1/50 detik.
- Kontraksi terjadi pada waktu “calcium pulse”, dan akan berlangsung terus selama kadar di dalam sarcoplasma cukup tinggi.





- Kemudian ion calcium ini akan dipompa oleh “pompa kalsium” ke dalam sisterna. Kontraksi di dalam sisterna dapat ditingkatkan sampai 2000 kali.

5. Sumber energi

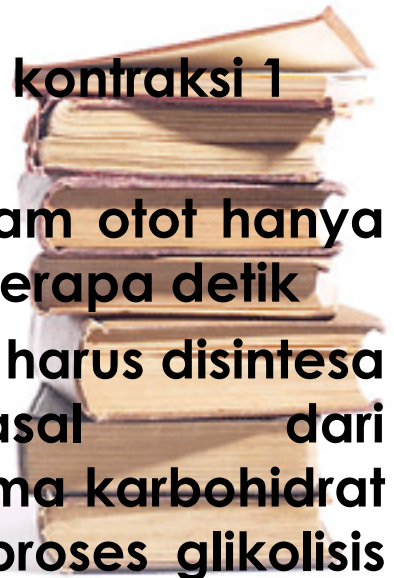
A. Pada proses kontraksi energi dipergunakan antara lain untuk :

1. power stroke
2. pompa kalsium
3. pompa natrium kalium

B. ATP yang ada didalam otot hanya cukup untuk kontraksi 1 detik.

C. Depot energi Creatine fosfat yang ada di dalam otot hanya dapat mensuplai ATP untuk jangka waktu beberapa detik

D. Jadi untuk kontraksi yang lebih lama maka ATP harus disintesa terus-menerus. Energi ini berasal dari pemecahan/oksidasi bahan makanan terutama karbohidrat (glukosa). Bila O_2 cukup maka akan terjadi proses glikolisis yang aerobik :



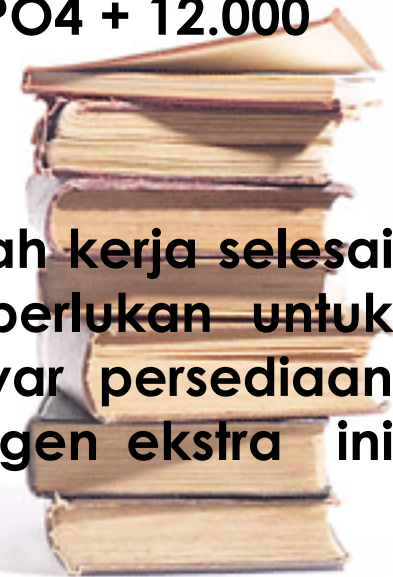
- **Glukosa + 2 ATP** $\xrightarrow{\text{aerobik / O}_2}$ **6 CO₂ + 6H₂O + 40 ATP**
- **Glikogen + 1 ATP** $\xrightarrow{\text{aerobik / O}_2}$ **6 CO₂ + 6H₂O + 40 ATP**
- ❖ **Bila oksigen tidak mencukupi maka akan terjadi proses glikolisis an-aerobik :**

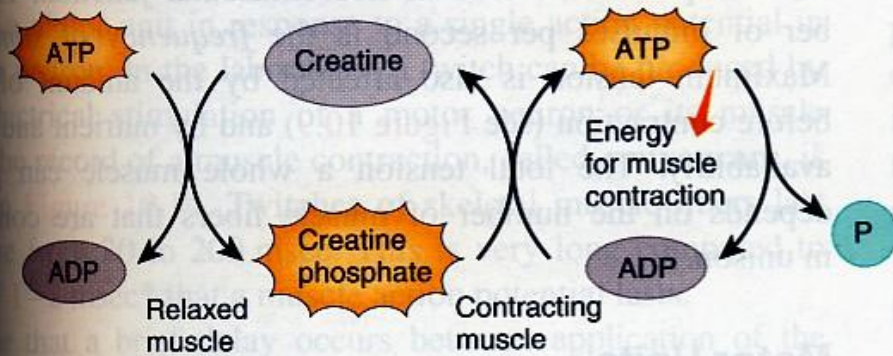
Glukosa + 2 ATP $\xrightarrow{\text{anaerob}}$ **2 asam laktat + 4 ATP**

- **anaerobik**
- **Glikogen + 1 ATP** $\xrightarrow{\text{anaerob}}$ **2 asam laktat + 4 ATP**
- **ATP + H₂O** $\xrightarrow{\hspace{2cm}}$ **ADP + H₃PO₄ + 12.000 kalori**

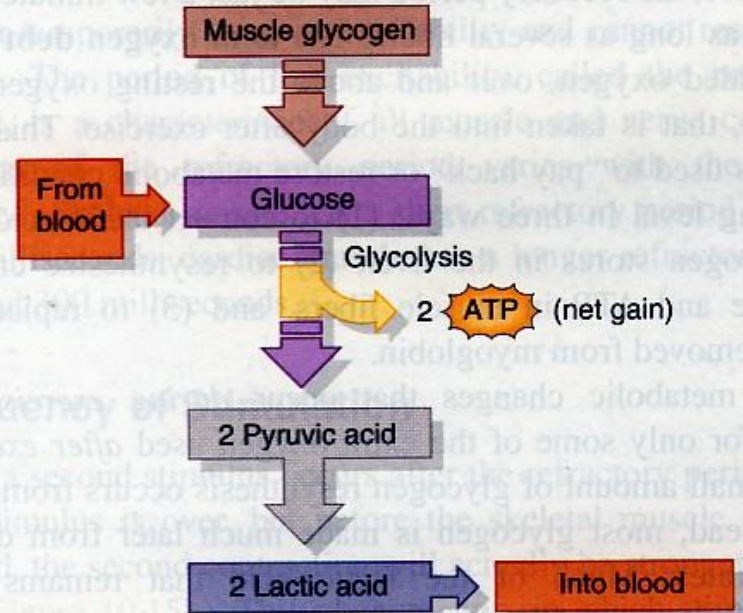
E. Oxygen Debt

- Bila proses anaerobik terjadi maka sesudah kerja selesai masih diperlukan oxygen ekstra yang diperlukan untuk mengoksidasi asam laktat, untuk membayar persediaan ATP dan creatine fosfat yang dipakai. Oksigen ekstra ini disebut "oxygen debt".

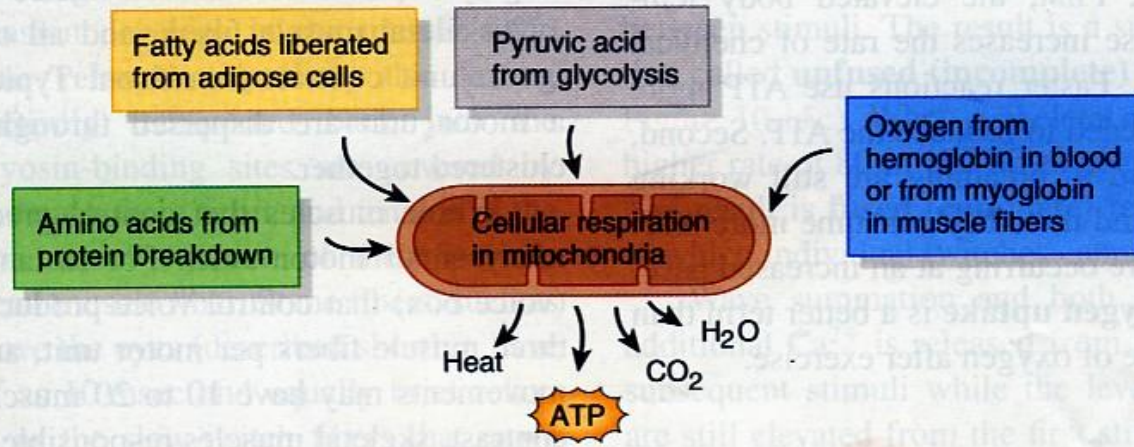




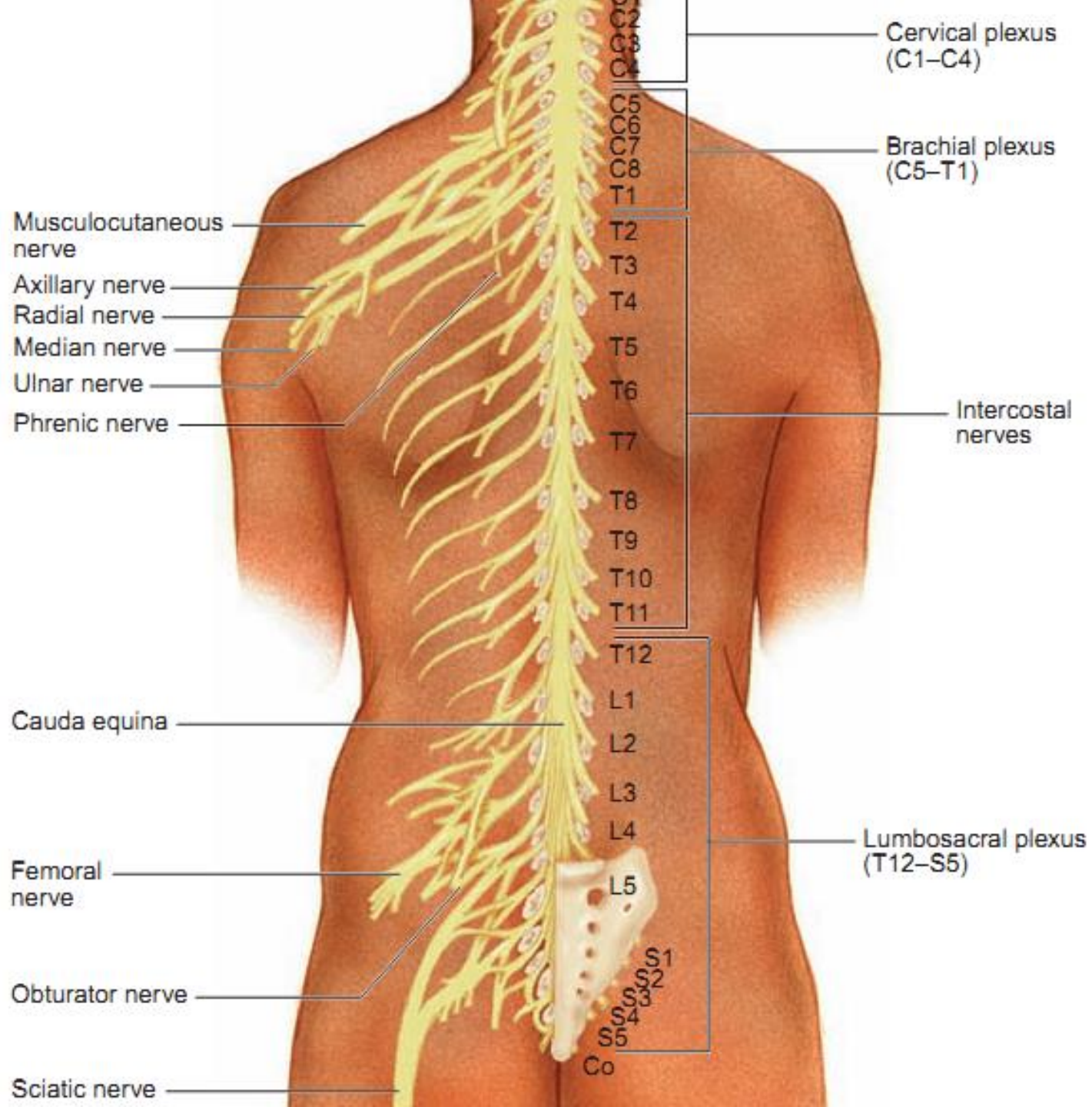
(a) ATP from creatine phosphate

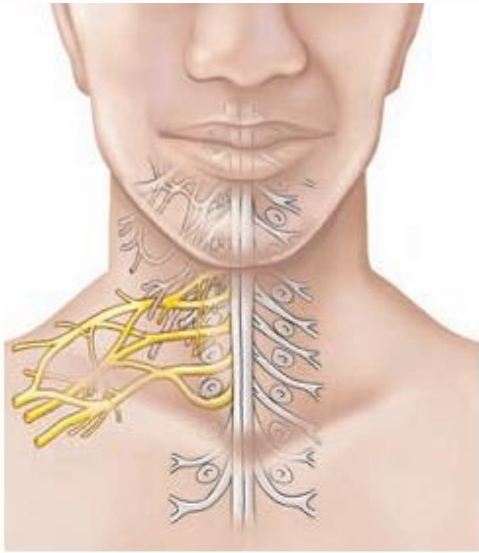


(b) ATP from anaerobic respiration

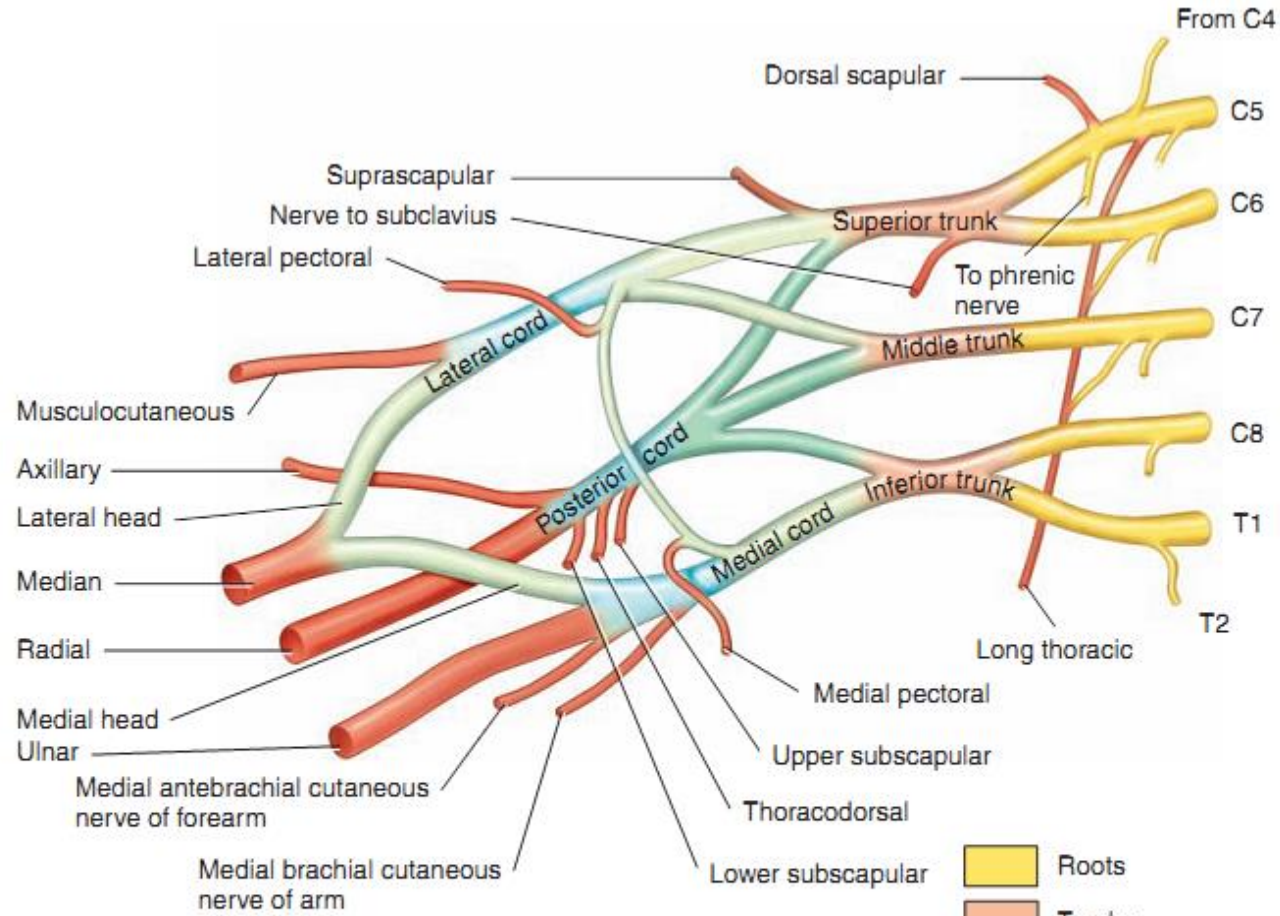


(c) ATP from aerobic cellular respiration





Brachial plexus projected to surface

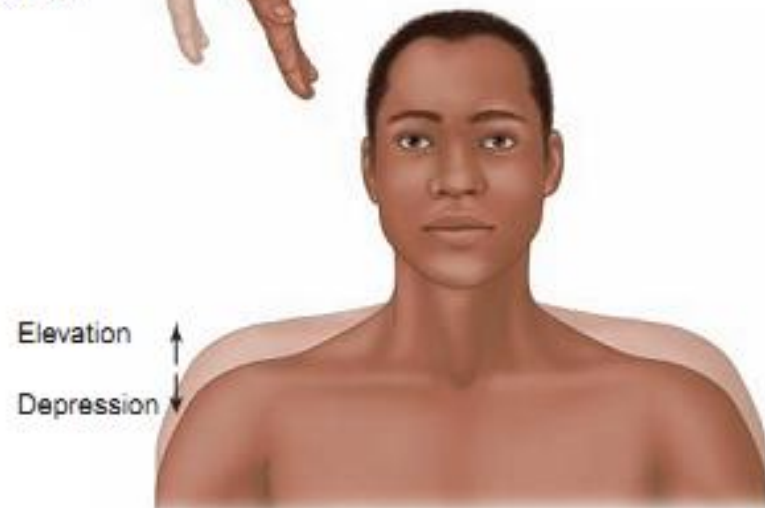
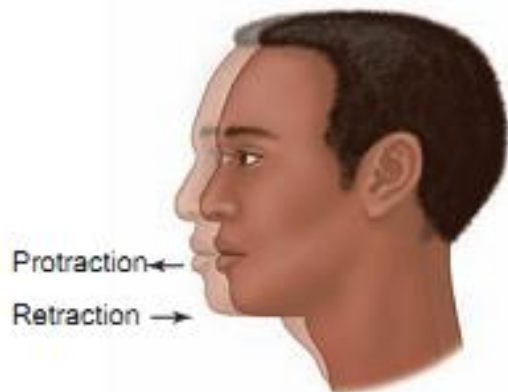
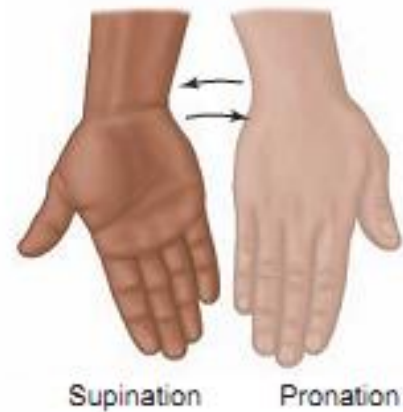
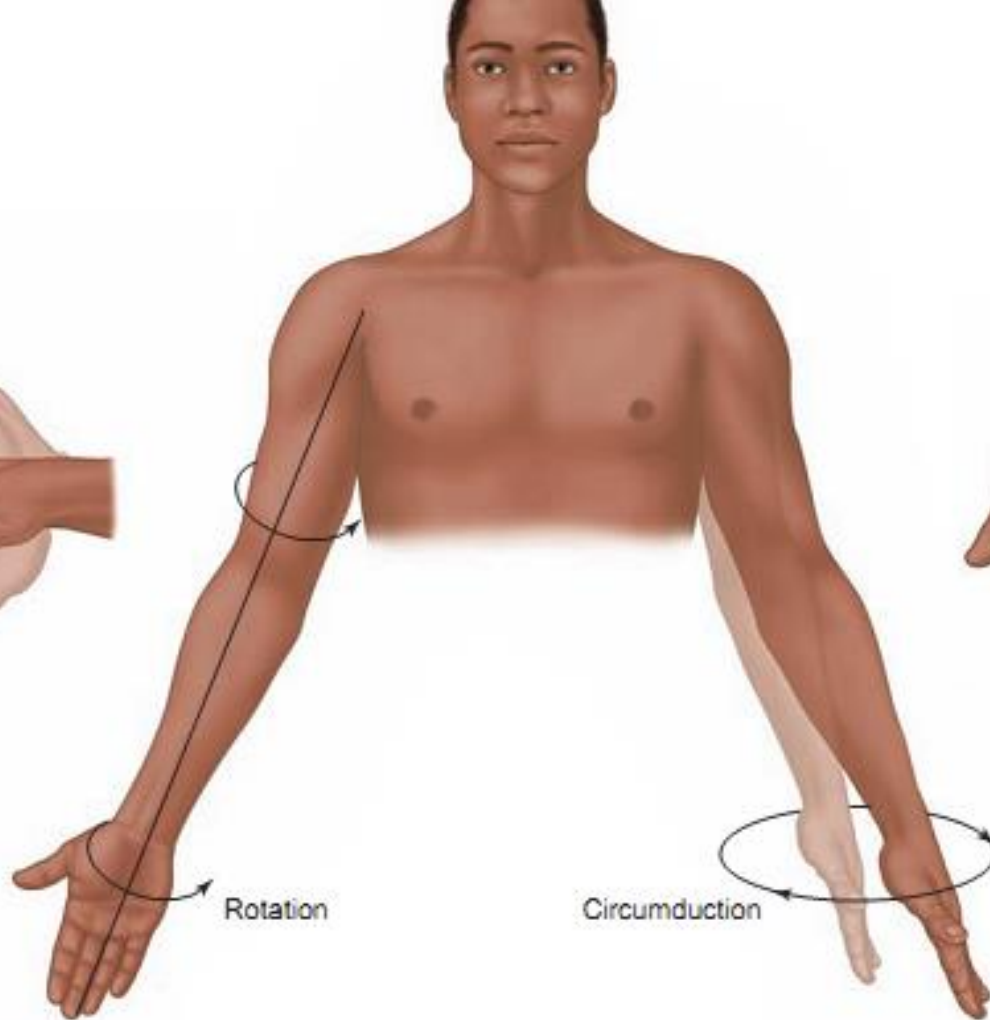
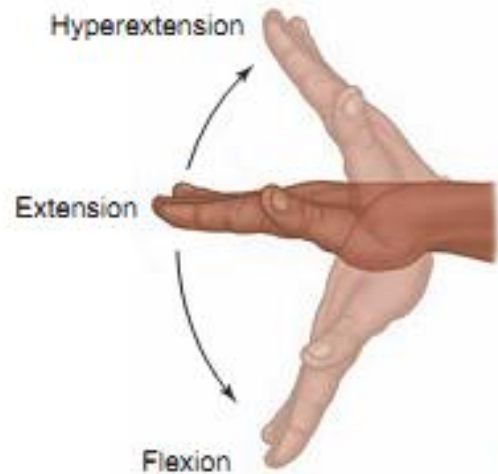


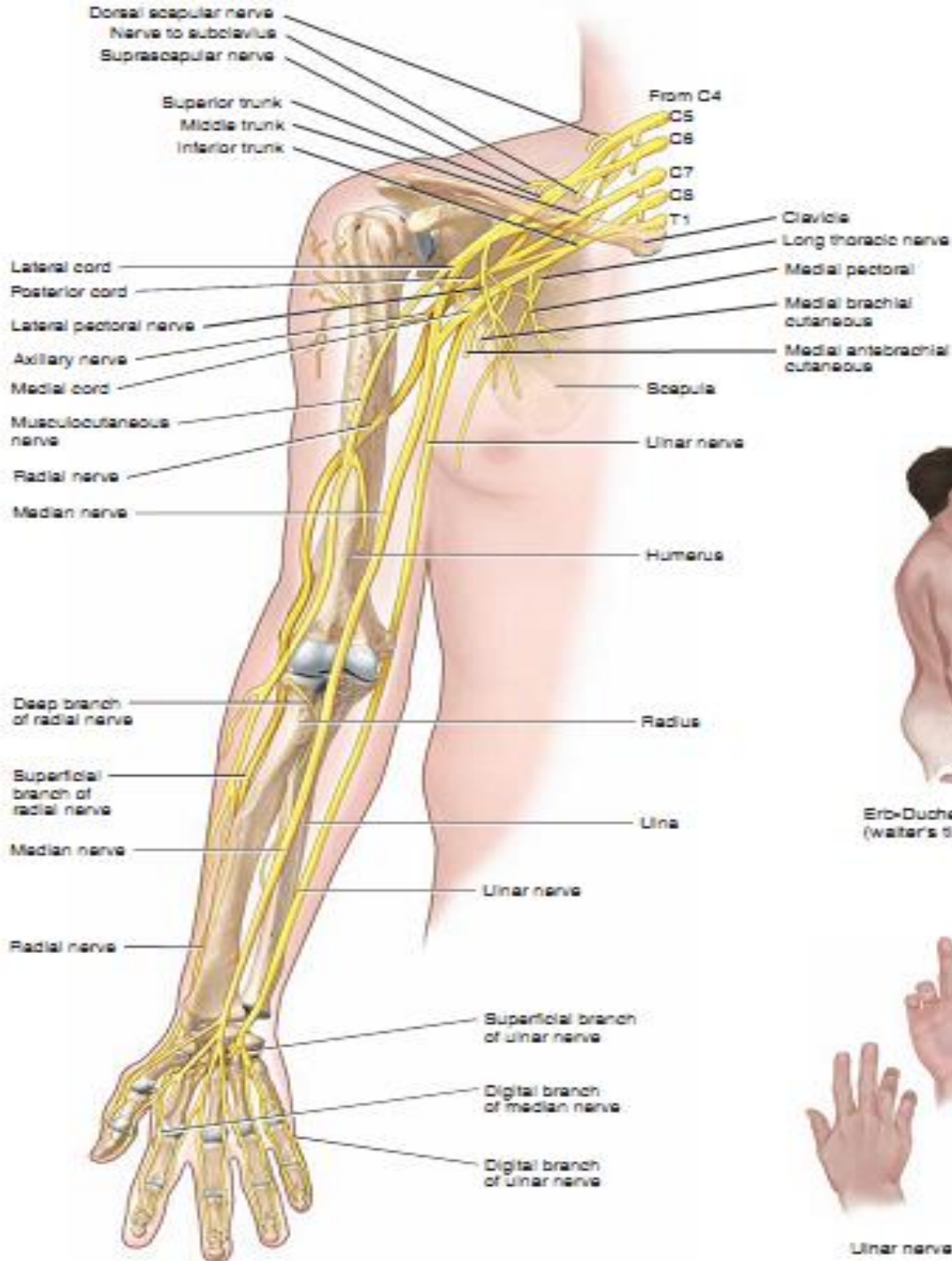
(a) Origin of brachial plexus

- Roots
- Trunks
- Anterior division
- Posterior division
- Cords
- Branches

MNEMONIC for subunits of the brachial plexus:
Risk Takers **D**on't **C**autiously **B**ehave.
Roots, **T**runks, **D**ivisions, **C**ords, **B**ranches







Erb-Duchenne palsy (waiter's tip)



Wrist drop



Median nerve palsy

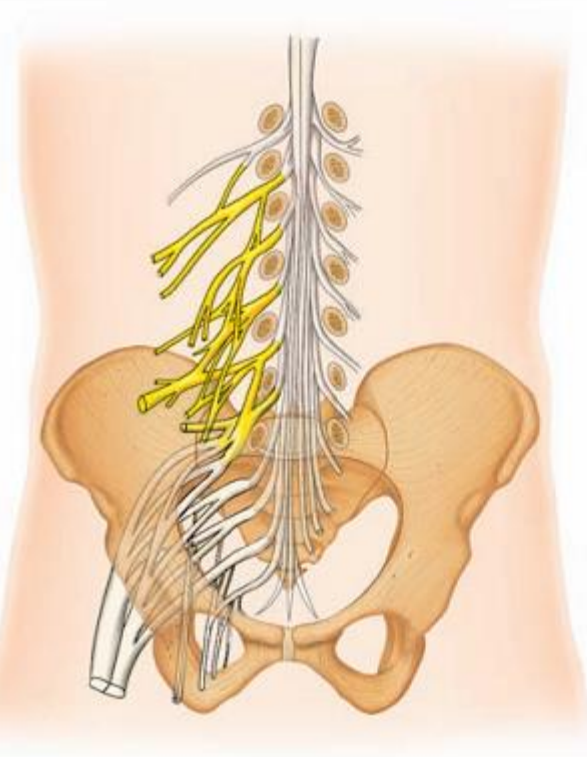


Ulnar nerve palsy

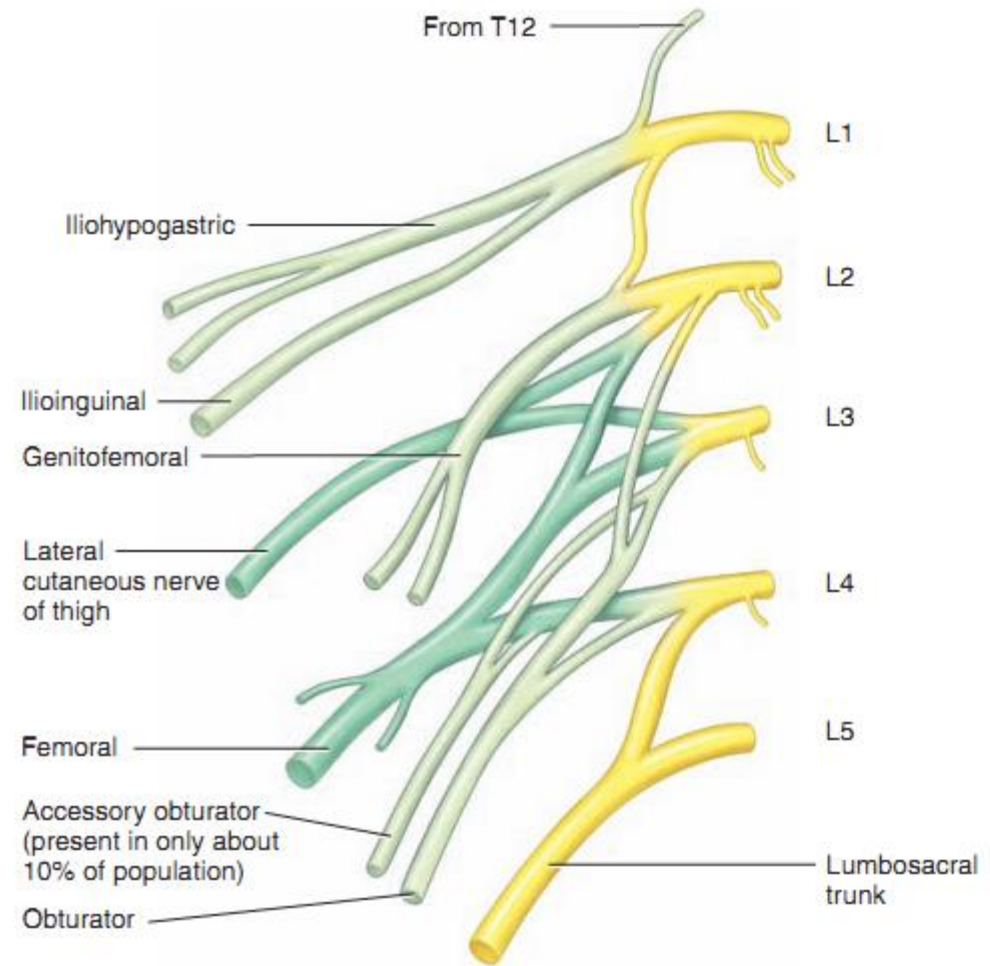


Winging of right scapula



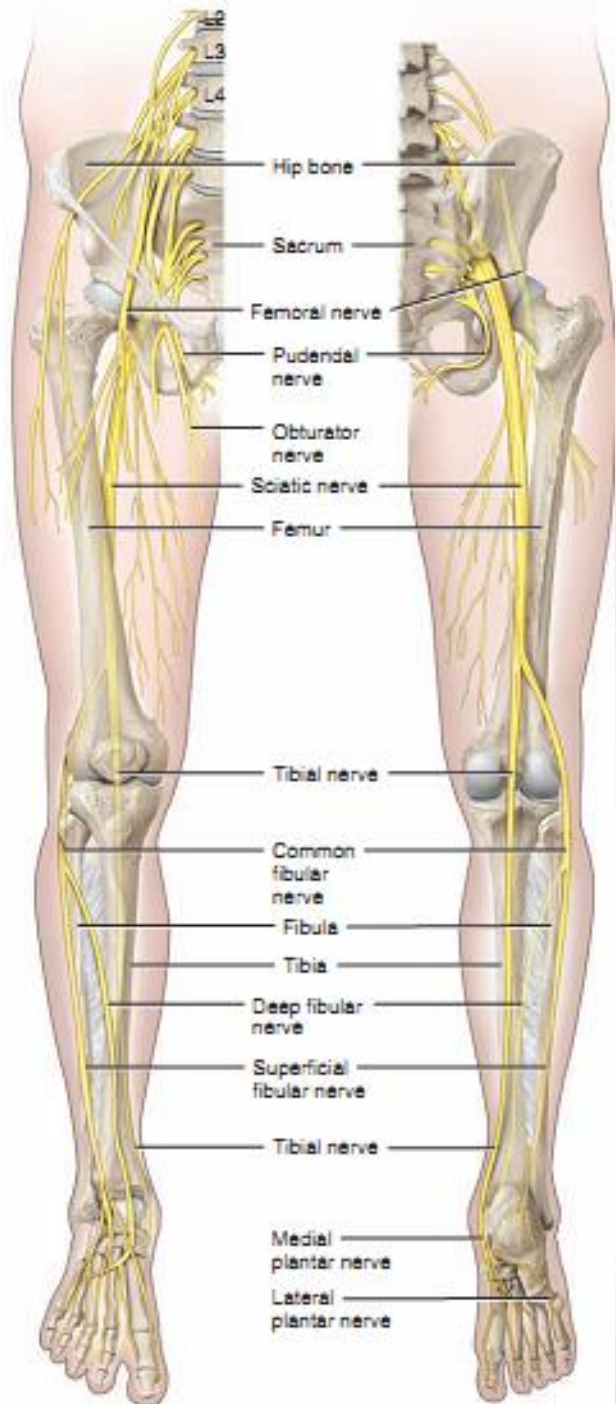


Lumbar plexus



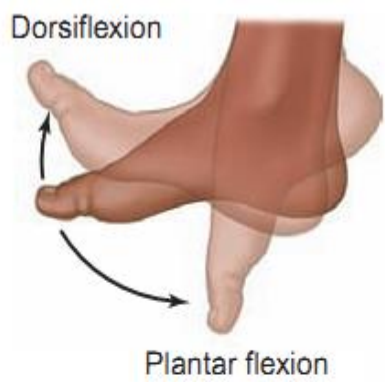
(a) Origin of lumbar plexus

- Roots
- Anterior division
- Posterior division

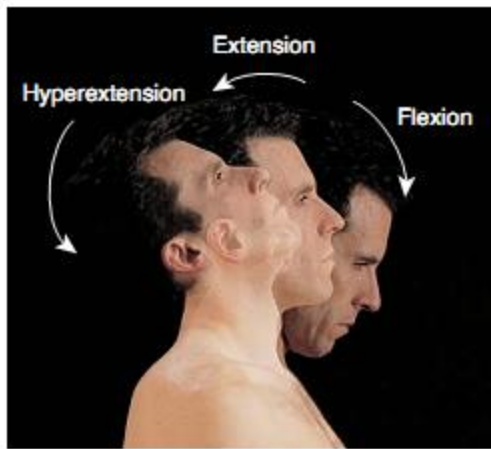


Anterior view

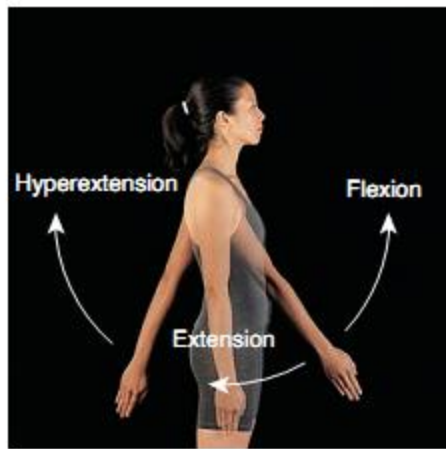
Posterior view



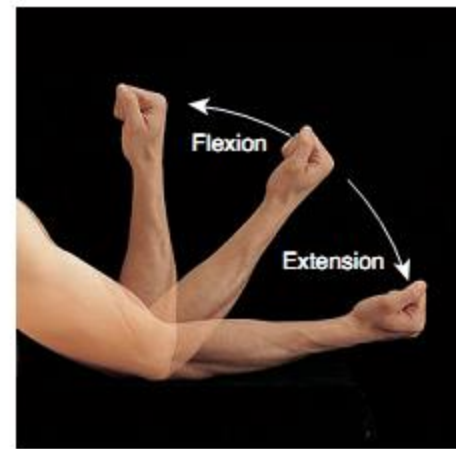
In angular movements, there is an increase or decrease in the angle between articulating bones.



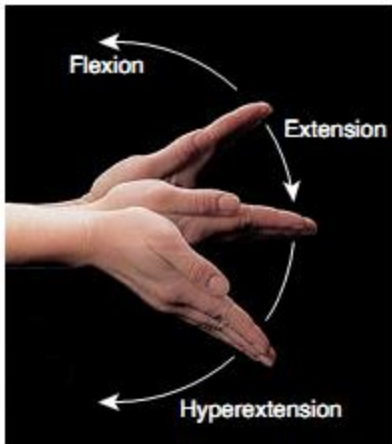
(a) Atlanto-occipital and cervical intervertebral joints



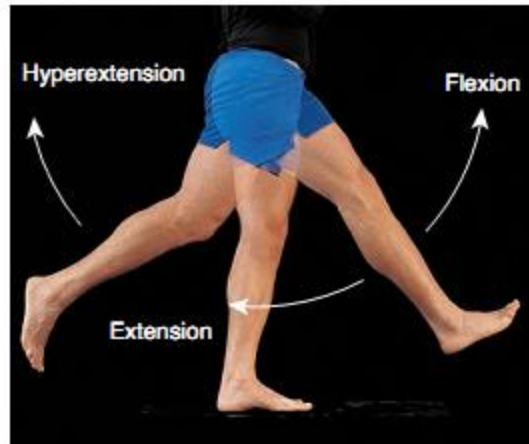
(b) Shoulder joint



(c) Elbow joint



(d) Wrist joint

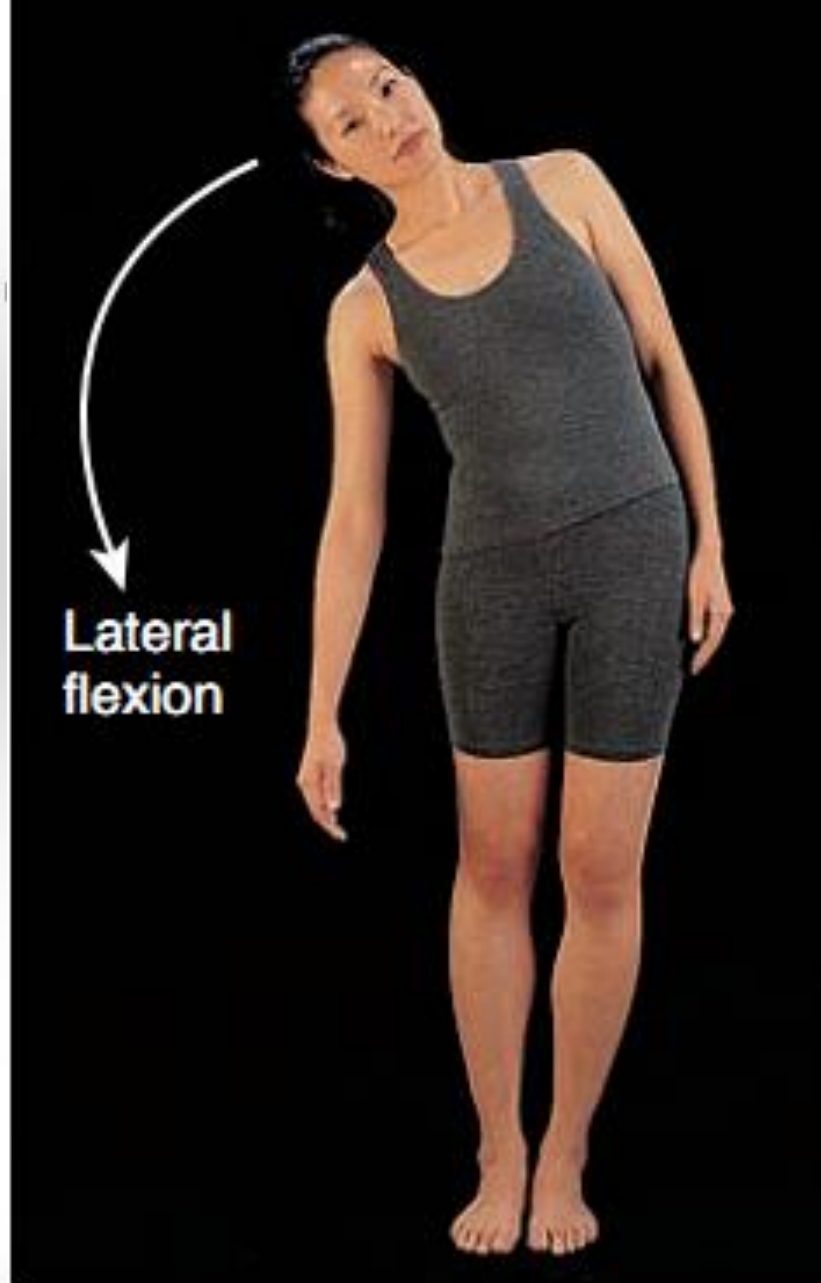


(e) Hip joint



(f) Knee joint





(g) Intervertebral joints

Terima Kasih

MATURSUMUN

Atas

Perhatiannya