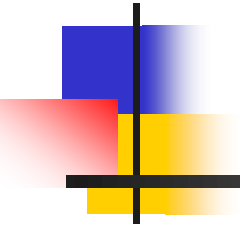


Histologi Jaringan Syaraf





PENGANTAR

- Semua Aktivitas kehidupan sehari-hari tidak terlepas dari kontrol, kerja dan berfungsinya jaringan saraf
- Terganggunya aktivitas jaringan saraf akan berdampak luas terhadap kerja jaringan atau organ tubuh lainnya.

PENGANTAR

Tujuan khusus modul

- **Struktur mikroskopik, histofisiologis dan histodinamika jaringan saraf**
 - Definisi dan klasifikasi jaringan saraf
 - Embriologi sistem saraf
 - Sel saraf
 - Inti dan sitoplasma
 - Akson dan dendrit
 - Transportasi aksonal
 - Sinaps
 - Sel penyokong (neuroglia)

PENGANTAR

Tujuan khusus modul

- **Struktur mikroskopik susunan saraf pusat**
 - Serebrum (*Cerebrum*)
 - Serebellum (*Cerebellum*)
 - Medula spinalis (*spinal cord*)
- **Struktur mikroskopik susunan saraf tepi**
 - Ganglia
 - Serat saraf
 - Selubung serat saraf
 - Badan akhir saraf
- **Regenerasi serat saraf**



DEFINISI

Jaringan saraf (Nervous) adalah salah satu dari 4 jaringan dasar dalam tubuh kita yang disusun oleh **sel saraf (neuron)** dan **sel penyokong saraf (sel neuroglia)** yang berfungsi untuk **komunikasi**

Penyusun Sistem Syaraf

Sistem syaraf manusia disusun oleh 2 jenis sel.

- a. Sel Syaraf / Neuron
- b. Sel pendukung / Glia



Gambar 3 : Otak
Manusia



Struktur mikroskopik, histofisiologis dan histodinamika jaringan saraf

■ Jaringan Saraf

- Nervous = *dapat dirangsang*
- Salah satu dari 4 jaringan dasar penyusun tubuh
- Disusun oleh **sel-sel saraf (neuron)** dan **sel-sel penyokong (neuroglia/sel glia)**
- Fungsi: komunikasi



The Nervous system has three major functions

Sensory - monitors internal & external environment through presence of *receptors*

Integration - interpretation of sensory information (information processing)

Motor - response to information processed through stimulation of *effectors*

- muscle contraction
- glandular secretion



Susunan saraf

- Anatomis susunan saraf :
 - Susunan saraf pusat
 - Otak
 - Medula spinalis
 - Susunan saraf tepi
 - Serabut saraf
 - Ganglia saraf

Struktur mikroskopik, histofisiologis dan histodinamika jaringan saraf

Klasifikasi

■ Anatomis

- **Susunan saraf pusat**
 - Otak
 - Medula spinalis
- **Susunan saraf tepi**
 - Saraf kranialis 12
 - Saraf spinalis 31
 - Sistem saraf otonom
 - Simpatis
 - parasimpatis

■ Fungsional

- **Sensoris**
 - Somato-sensoris
 - Visero-sensoris
- **Motoris**
 - Somato-motoris
 - Visero-motoris (**Sistem saraf otonom**)



Cellular Organization in Neural Tissue

- Neural tissue contains 2 distinct cell types: **nerve cells**, or neurons, and **supporting cells**, or neuroglia
- Neurons are responsible for the transfer and processing of information in the nervous system
- Supporting cells, or neuroglia, isolate the neurons



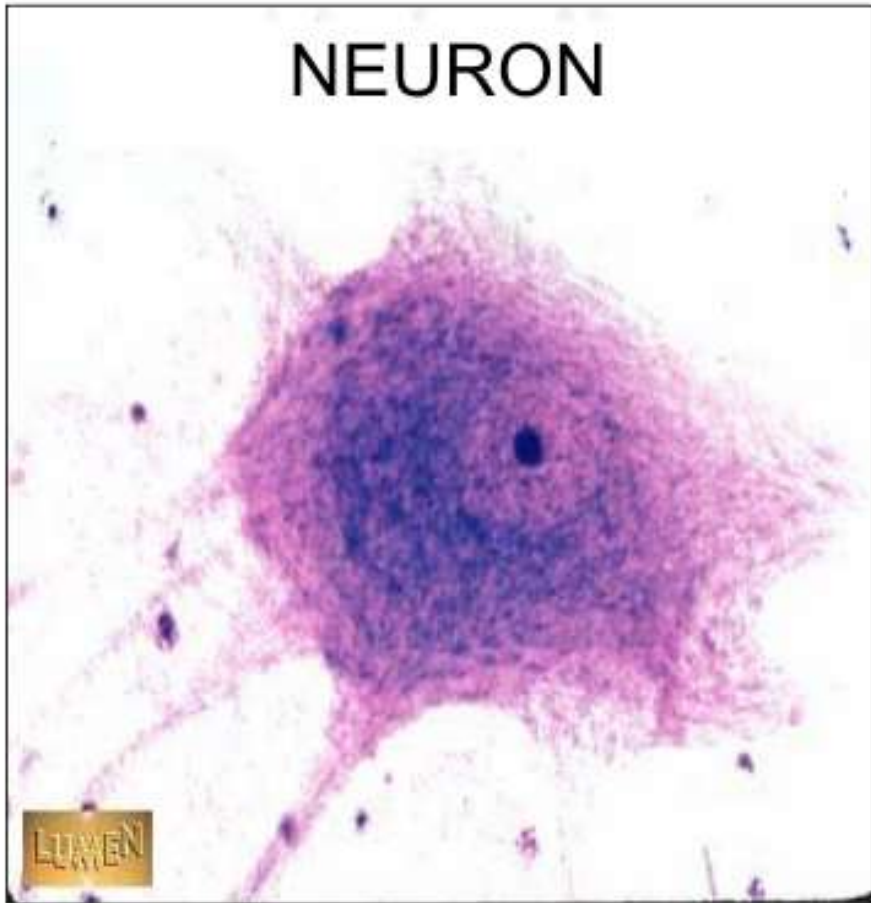
SEL-SEL PADA SISTEM SARAF

1. Sel neuron
 - menerima, memproses dan meneruskan stimuli eksternal
 - mengubah potensial listrik di permukaan dalam dan luar membran sel (eksitasi)
 - stimuli terlokalisir pada sel neuron yang dirangsang atau disebarkan ke sel neuron lain (termasuk sel otot dan sel kelenjar)
 - melepaskan neurotransmitter
2. Sel glia
 - mendukung dan memproteksi sel-sel neuron
 - ikut terlibat dalam aktivitas, nutrisi dan pertahanan persarafan

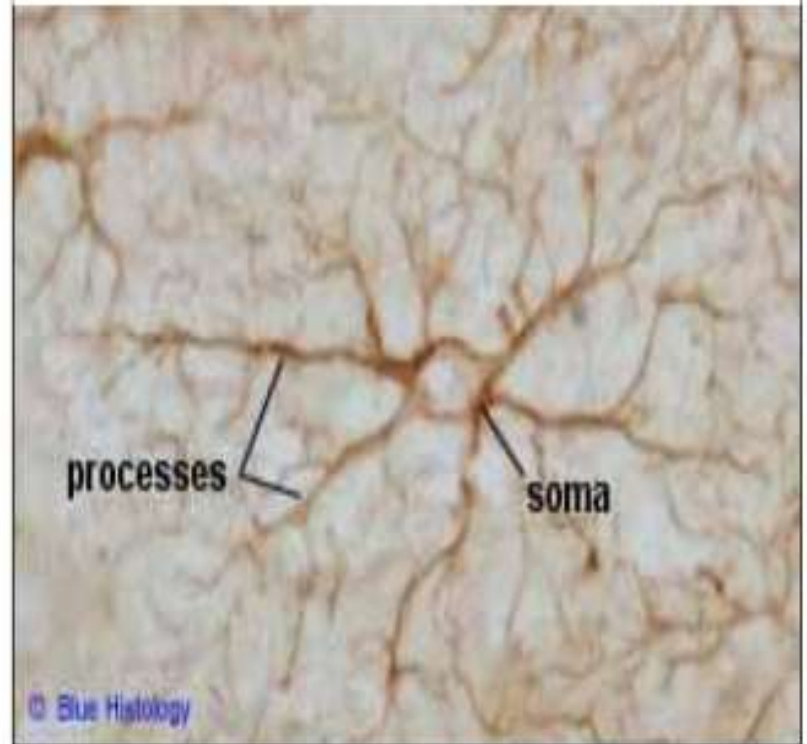
CELLS OF NERVOUS SYSTEM

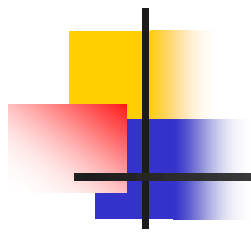


NEURON



NEUROGLIA



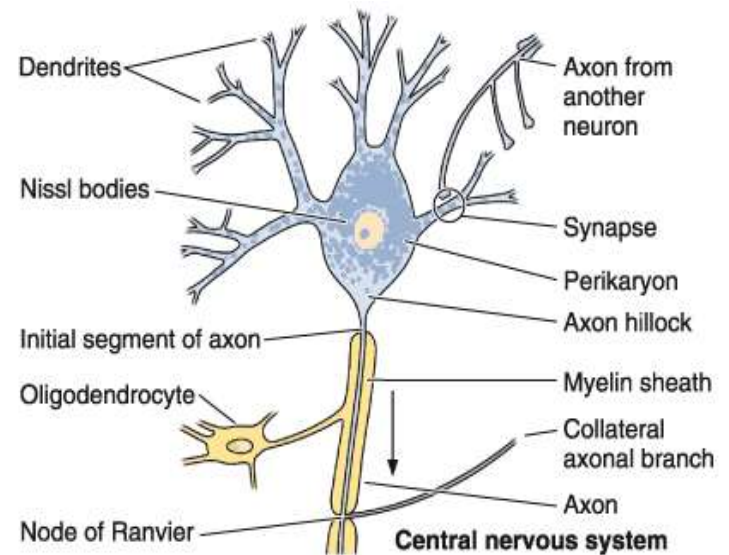


NEURON

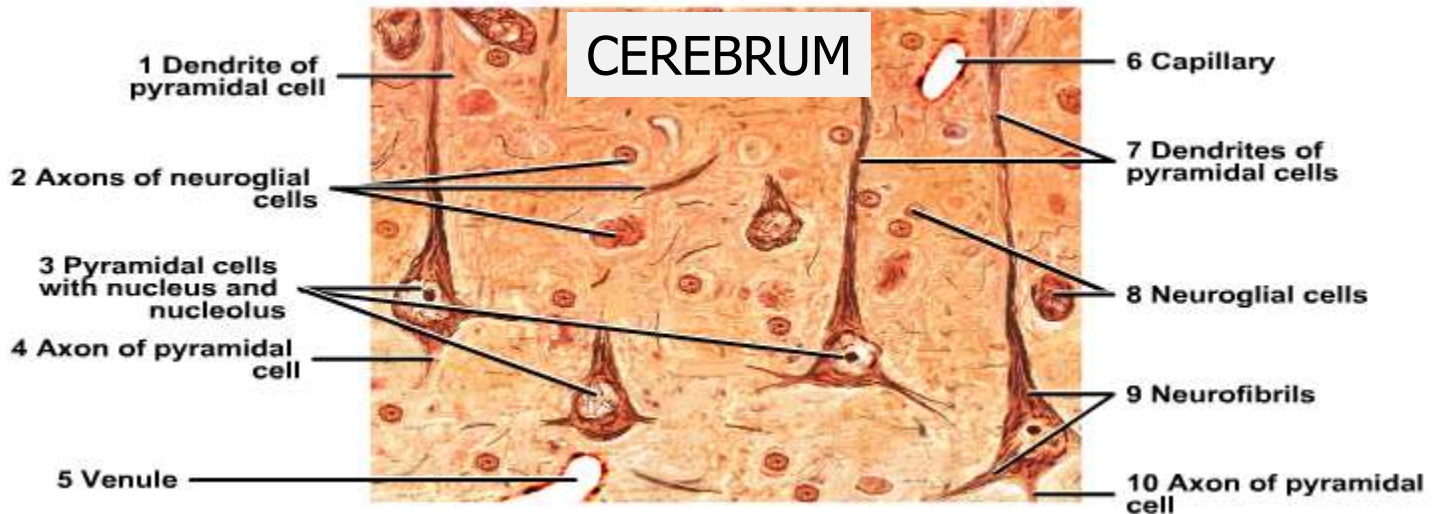
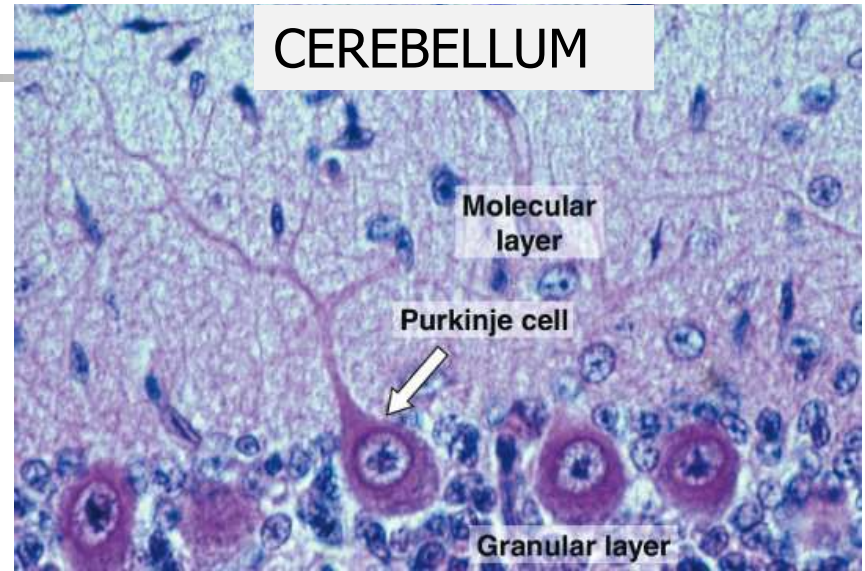
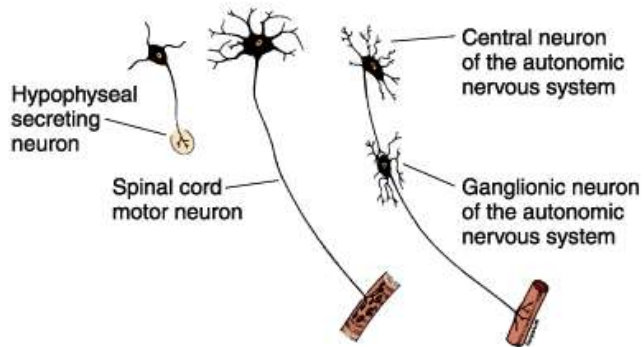
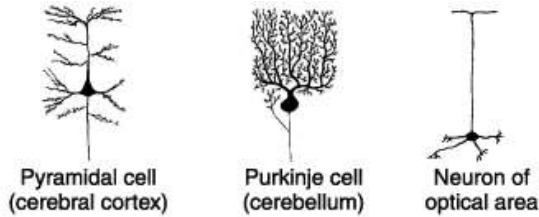
SEL NEURON

Terdiri dari :

- Badan sel (perikaryon)
 - sentral sel neuron
 - menerima stimuli
 - binuclear ganglia simpatis dan sensoris
 - Badan Nissl: retikulum endoplasmik kasar dan ribosom
- Dendrit
 - bercabang-cabang
 - menerima stimulus dari lingkungan, sel epitel sensoris, dan sel neuron lain
- Axon
 - tidak bercabang
 - membangkitkan dan meneruskan impuls saraf ke sel-sel lain (sel saraf, sel otot dan sel-sel kelenjar)
 - synaps : ujung axon yang berhubungan dengan sel lain

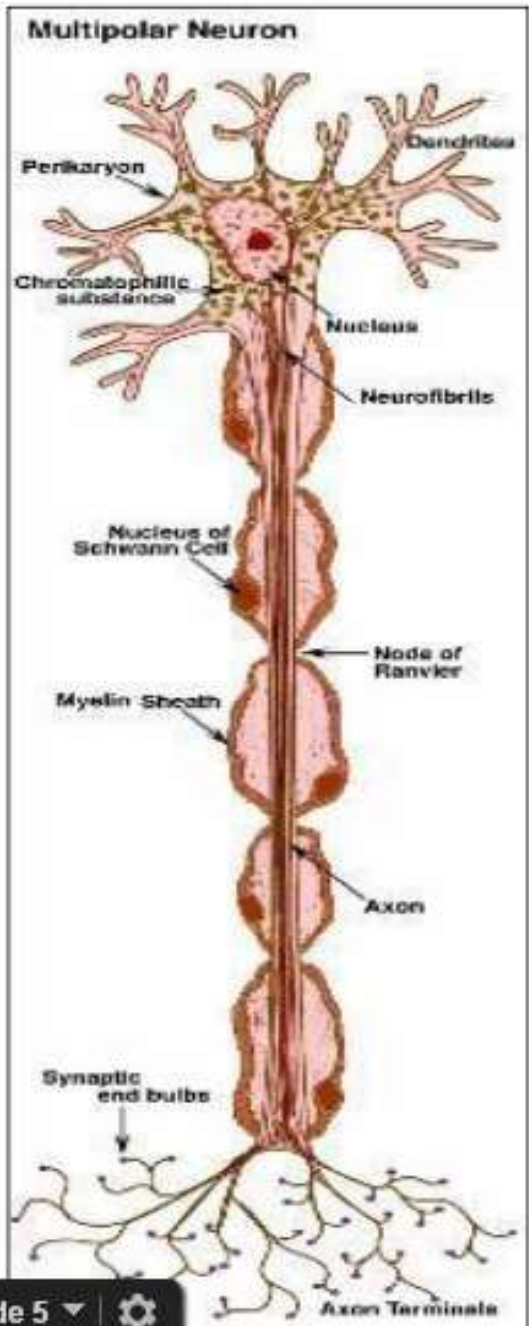


SEL NEURON





NEURON



- Principle cells of Nervous Tissue
- **Consist of 3 parts :**
 - **CELL BODY** (perikaryon/soma)
 - **A single AXON**
 - **Multiple DENDRITES**
- \varnothing 5-150 μm

Struktur mikroskopik, histofisiologis dan histodinamika jaringan saraf

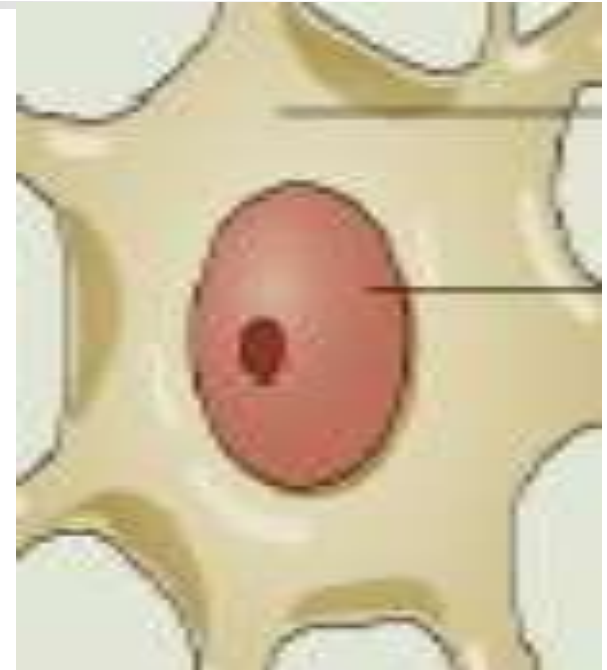
SEL SARAF (NEURON)

- Saraf (*Gr. Neuron=nerve*)
 - Differensiasi paling tinggi
 - Tidak dapat membelah lagi
 - Jumlahnya diduga 14 milyar
 - Histologis
 - Badan sel (Perikarion)
 - Juluran / taju saraf (prosesus saraf)
 - Akson
 - Dendrit

SEL SARAF (NEURON)

Badan sel saraf (Perikarion)

- Ukuran 4-135 mm
- Bentuk: piramid, lonjong, bulat
- Struktur
 - Inti (mata burung hantu / owl eye)
 - Bulat, lonjong
 - Pucat
 - Di tengah perikarion
 - Sitoplasma
 - Organel
 - Badan inklusi



SEL SARAF

Sitoplasma

■ Organel

■ Sitoskeleton

- Neurofilamen (penyokong)
- Mikrotubulus (transportasi zat-zat)

■ Apparatus Golgi

■ Mitokondria

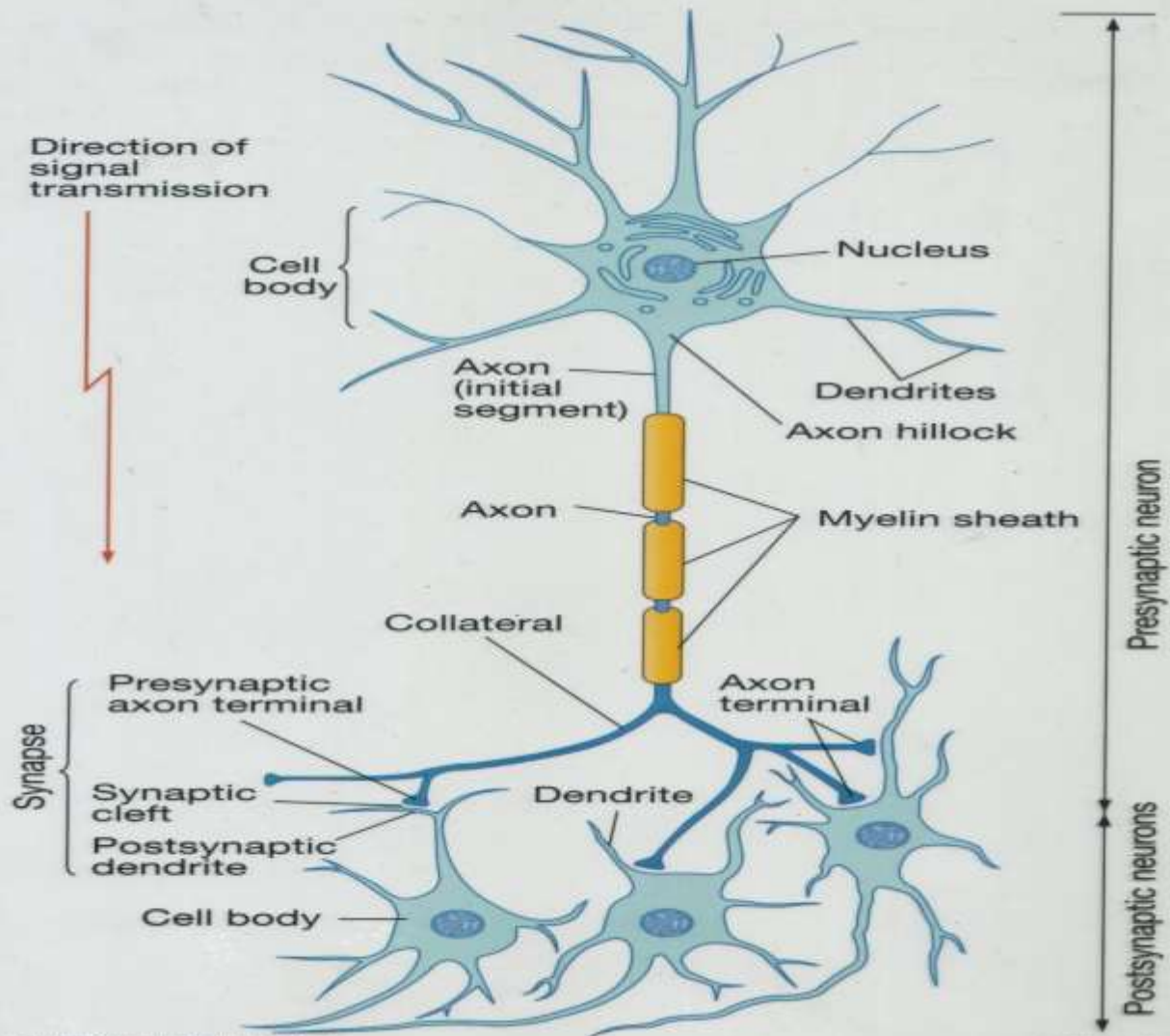
■ Retikulum endoplasmik kasar (Badan Nissl)

- HE: basofilik
- Substansia Tigroid

■ Sentriol

- Pasca lahir (-)

BAGIAN-BAGIAN NEURON



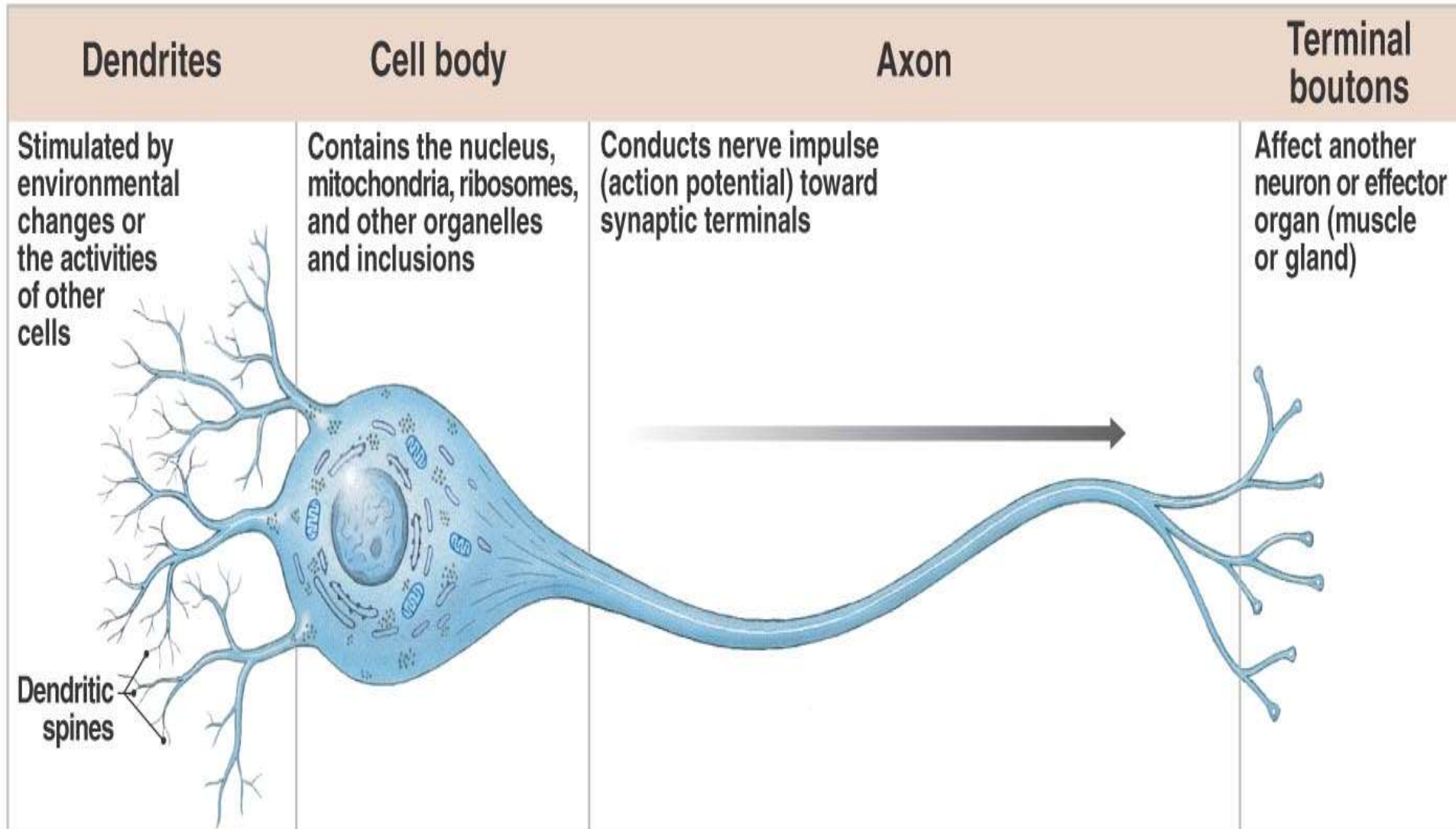


Organ Penyusun Sistem Saraf

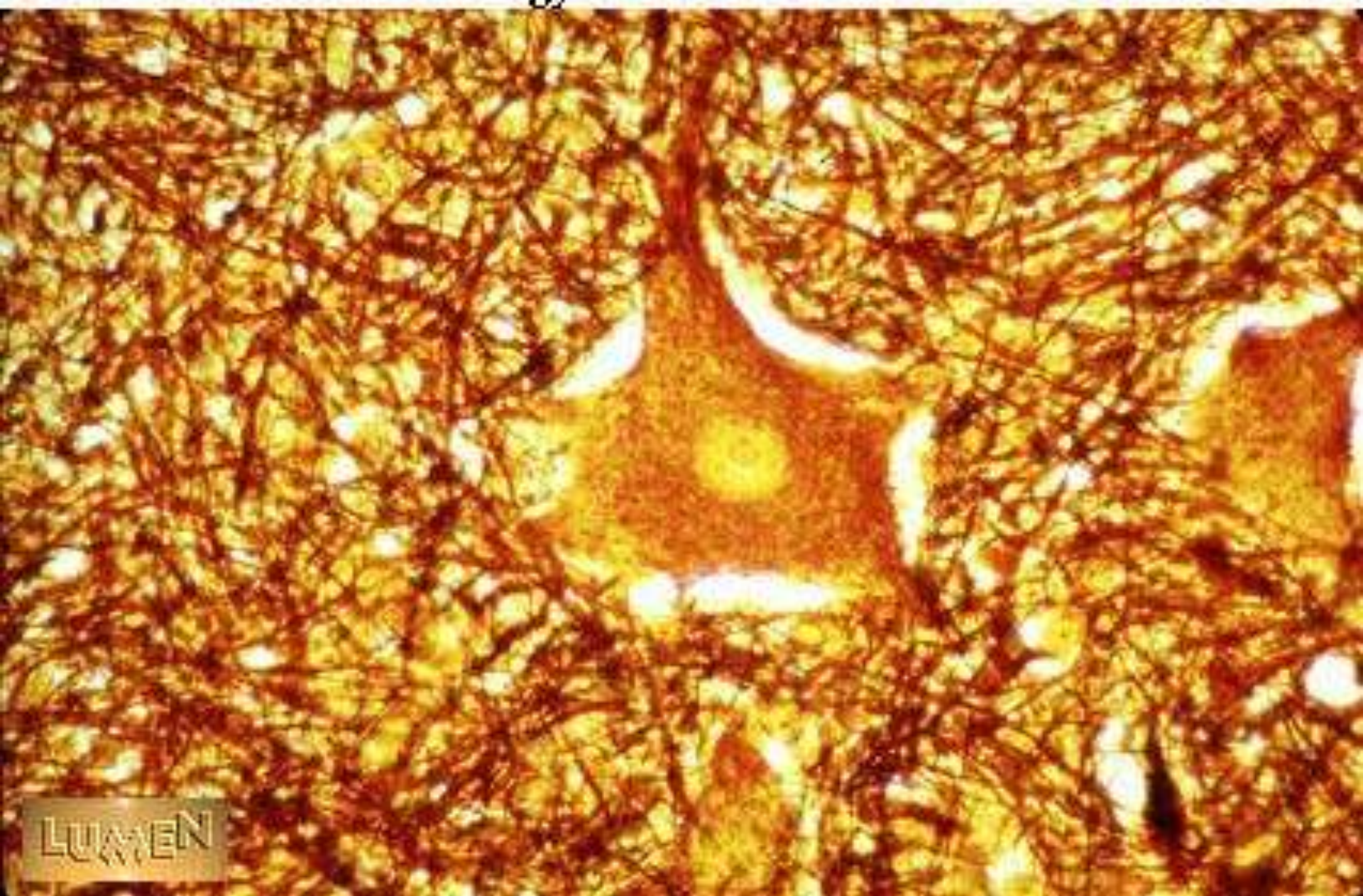
Neurons

- F : Menerima , meneruskan, memproses stimulus, memicu aktivitas sel tertentu, pelepasan neurotransmitter
- Secara histologis :
 - Badan sel saraf (perikarion)
 - Juluran saraf (prosessus saraf) yg terdiri :
 - Akson
 - Dendrit

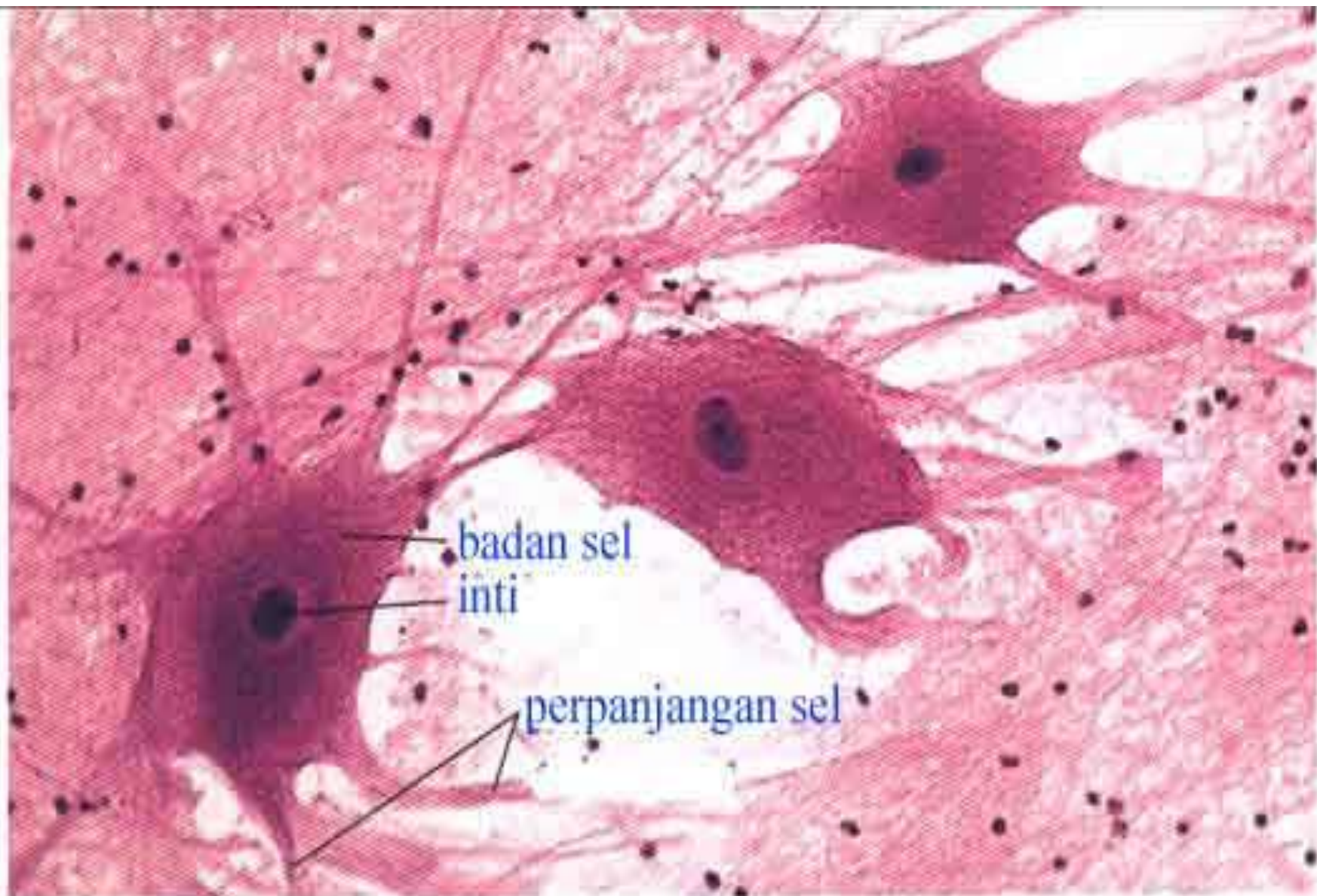
A Review of Neuron Structure



Histology Lab Part 6: Slide 3

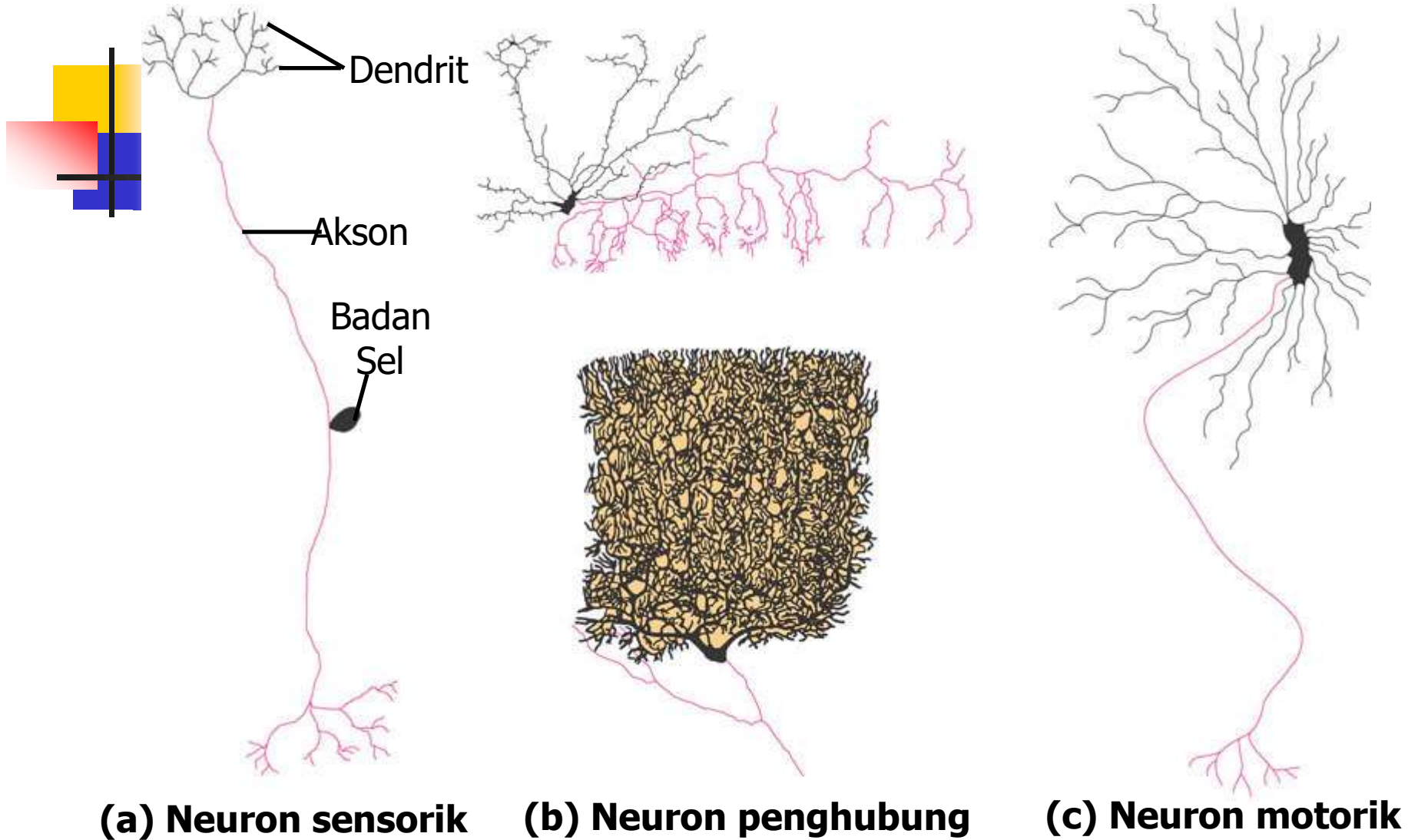


LUNVEN



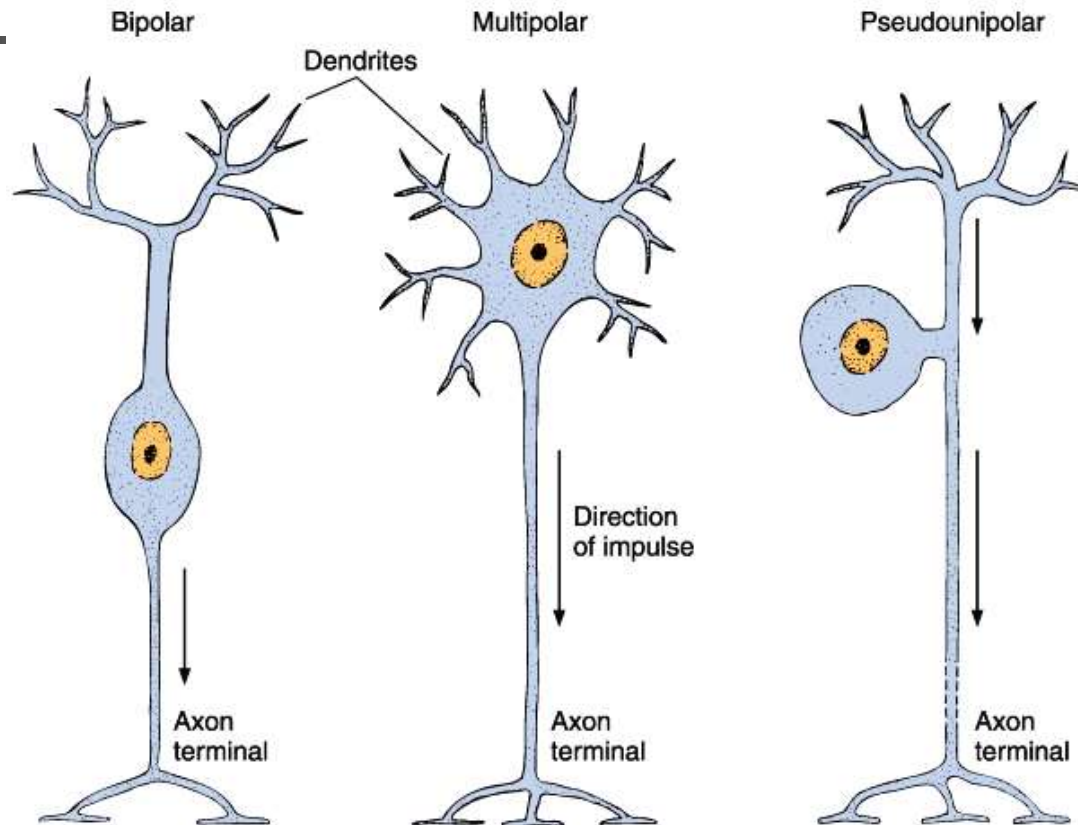
Gambar : Neuron pada spinal cord. (Sumber : Campbell et al. 1999).

Jenis-jenis Neuron



Gambar 6 : Macam-macam Neuron

JENIS SEL NEURON BERDASARKAN MORFOLOGI

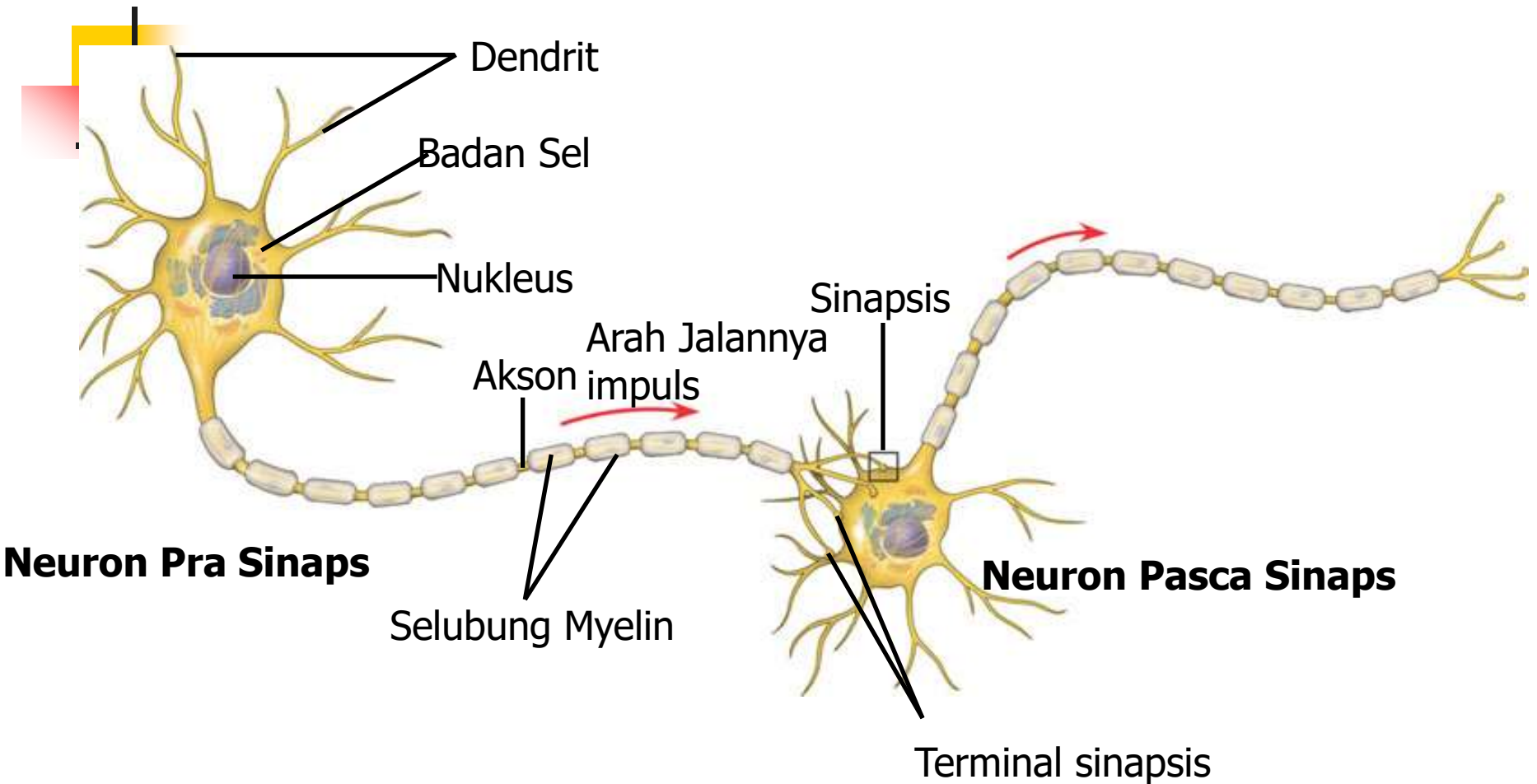


- Ganglion cochlear
- Ganglion vestibular
- retina
- mukosa olfaktor

mayoritas neuron

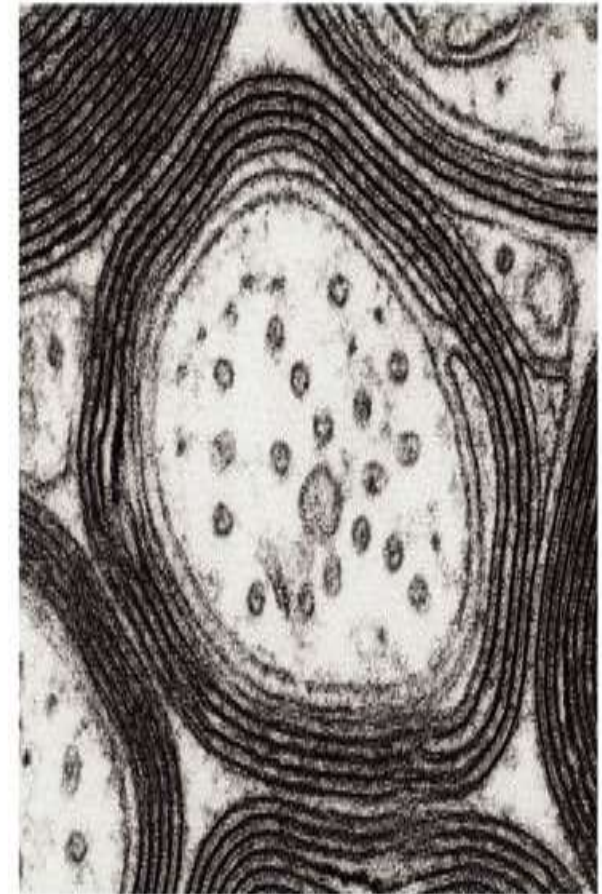
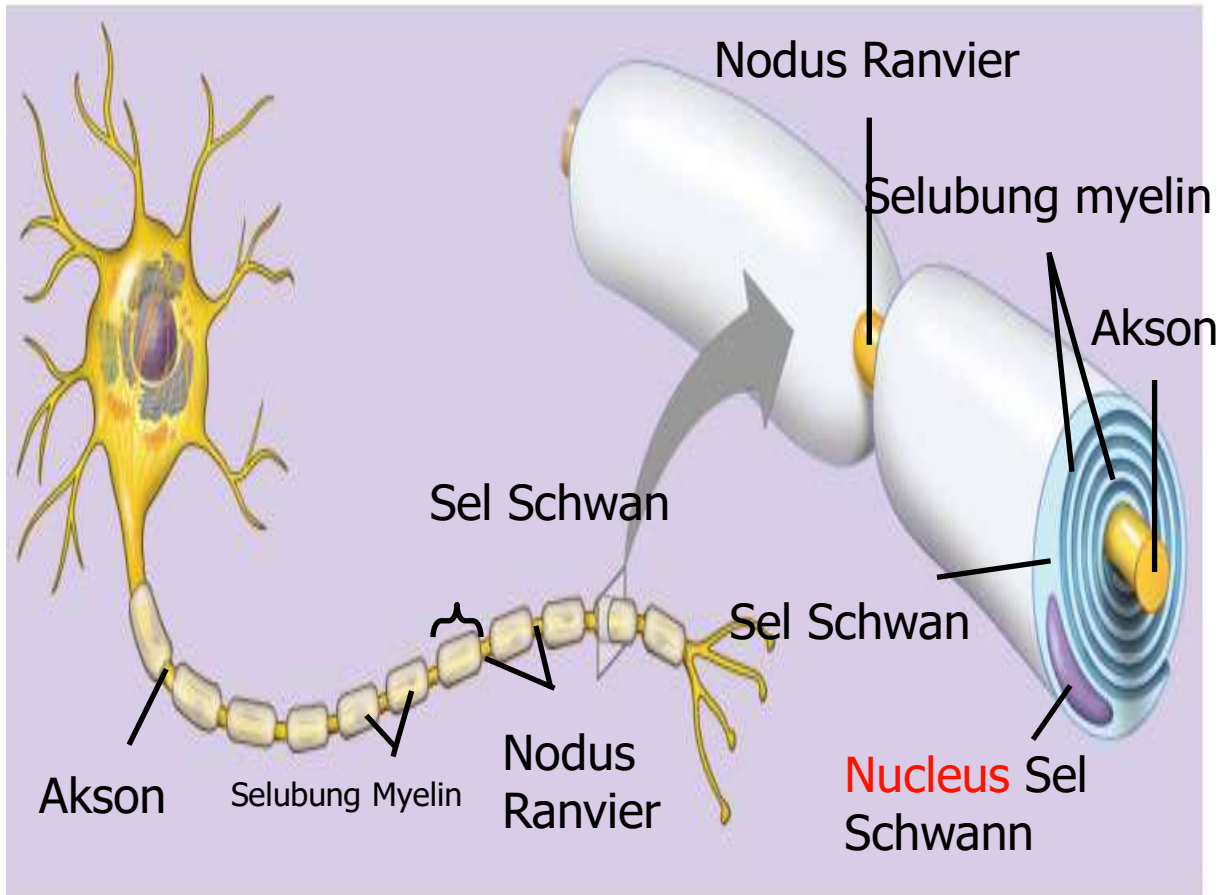
- Ganglion spinalis (sensoris)
- Ganglion cranial

A. Struktur neuron pada manusia (vertebrata)



Gambar 4 : Neuron Manusia

Lanjutan...



0.1 μm



BADAN SEL/PERIKARION

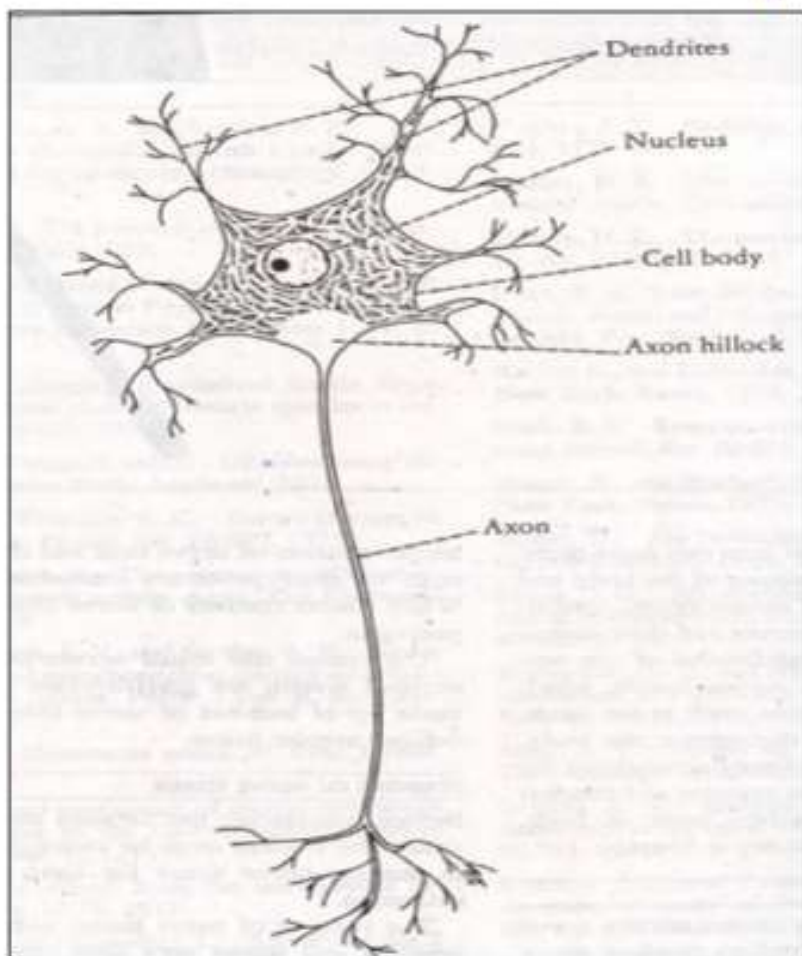


Perikarion

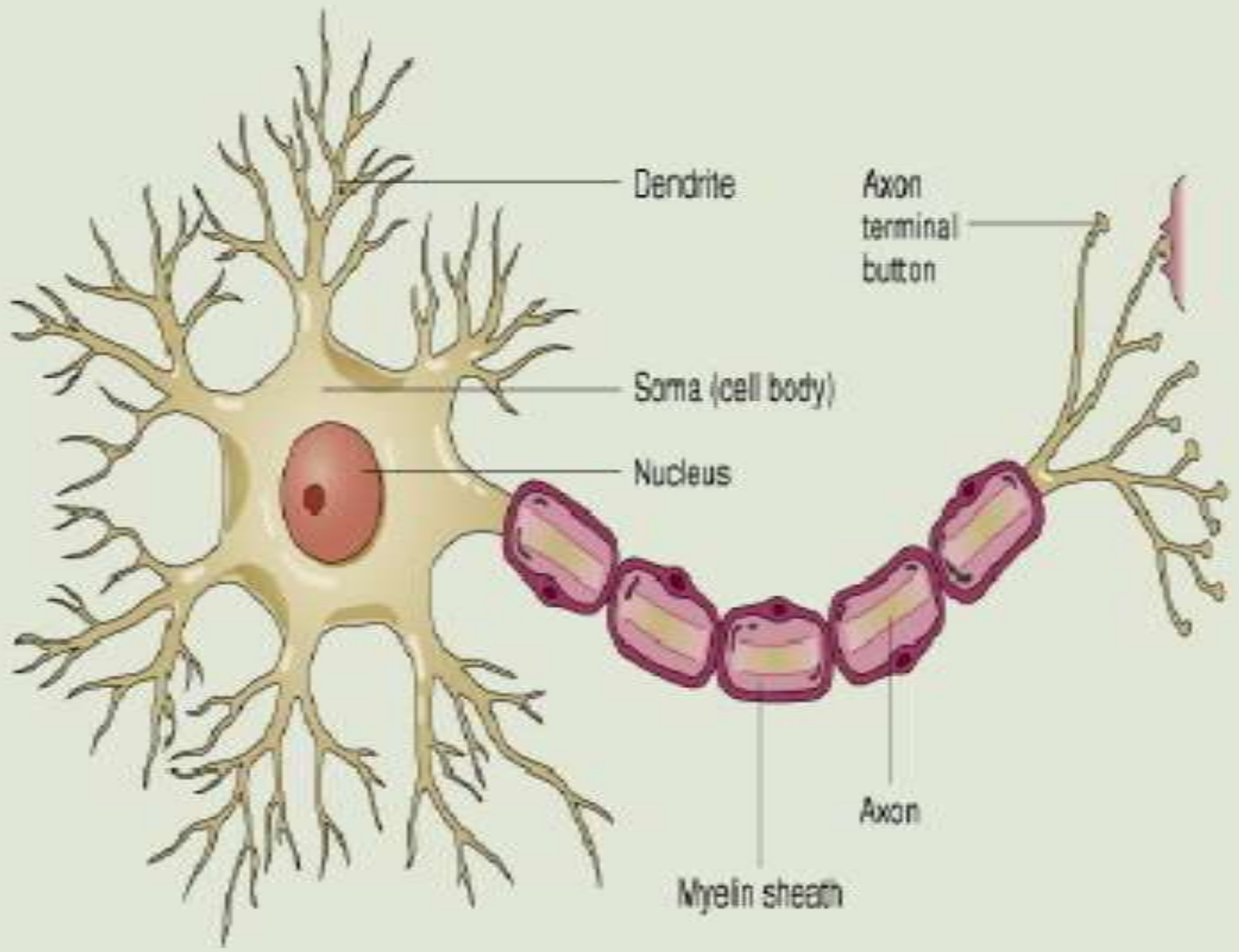
- Perikarion dibentuk oleh inti dan sitoplasma
- Di dalam inti terdapat DNA yang merupakan pembawa sifat turunan
- Di dalam sitoplasma terdapat berbagai organel dan badan inklusi.
- Ukuran perikarion sangat beragam 4-135 mikrometer.
- Bentuk bervariasi Ada yg brbntk piramid, lonjong, bulat & sebagainya.



CELL BODY (PERIKARYON)



- Central portion of the cell
- Generally are polygonal
- Different shape and size → characteristic regions of nervous system
- Contain :
 - Nucleus
 - Perinuclear cytoplasm





Lanjutan...

2. Sitoplasma

- Sitoplasma diisi dengan beragam organel dan granula (badan inklusi) yang tersusun kurang lebih mengitari inti.
- *Organel* a/ struktur2 yg tdpt di dlm sitoplasma yg diperlukan u/ mpertahanka kehidupan & mnjlnkn fungsi-fungsi sel secara keseluruhan.
- *Badan inklusi* a/ struktur2 yg trdpt di dlm sitoplasma yg diprgunakn sbgi tempat penyimpanan zat-zat atau substansi tertentu.



Lanjutan....

Organel2 yg terdapat di sitoplasma
adalah:

- Sitoskeleton
 - Apparatus (kompleks) Golgi
 - Mitokondria
 - Badan Nissl (endoplasmik retikulum kasar/ rough endoplasmic reticulum dan ribosom)
- } **ME**

badan sel saraf

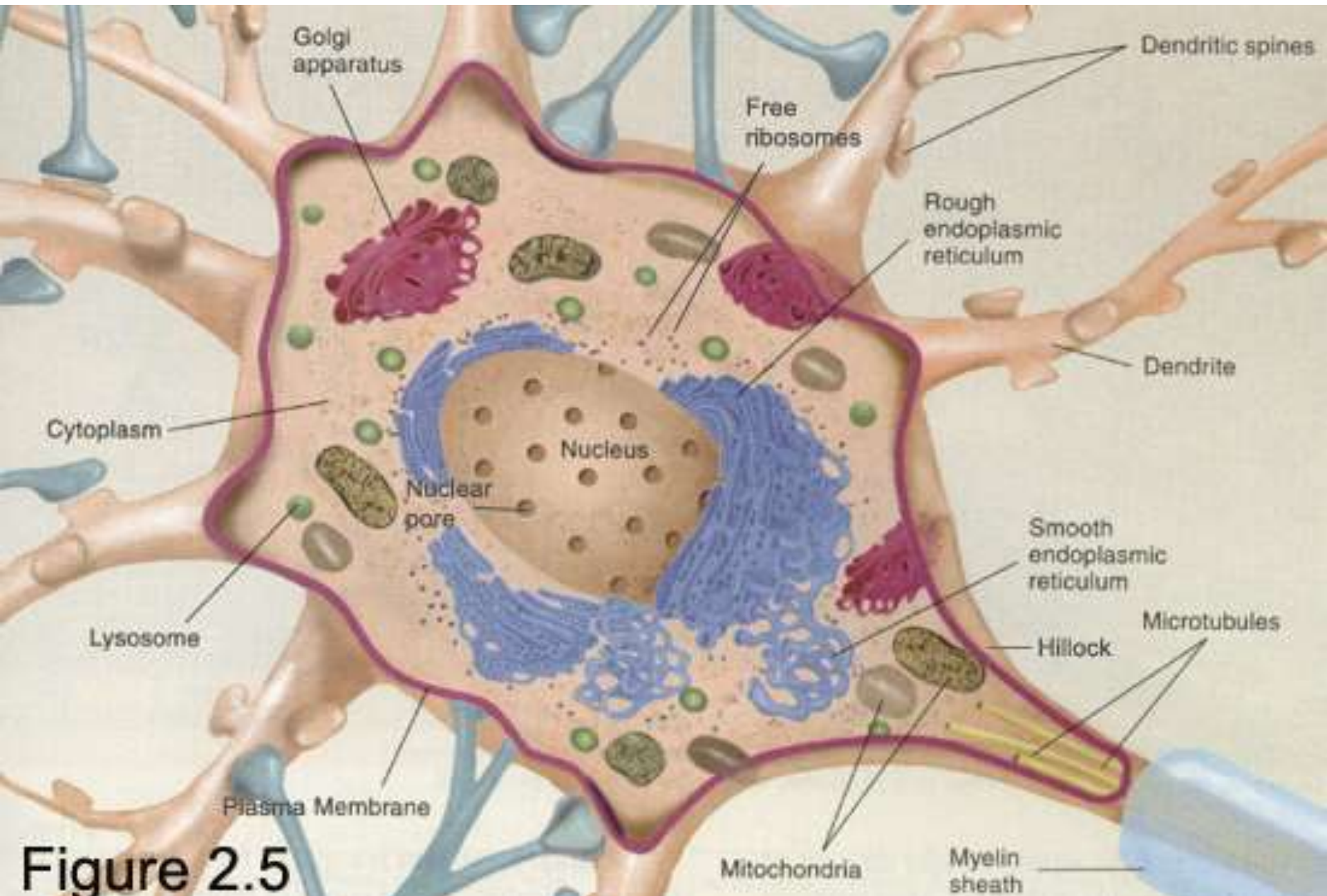
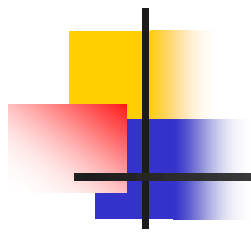


Figure 2.5



Lanjutan....

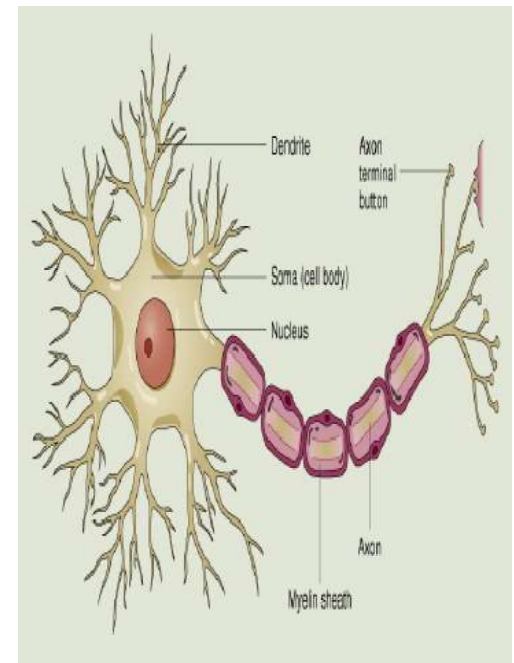
- Badan inklusi yang ditemukan pada perikarion sel saraf adalah
 - Vesikel Neuron yang mengandung neurotransmitter dan ensim-ensim.
 - Granular
 - Hormon
 - Pigmen
 - Lipofuksin
 - Besi
 - Glikogen



DENDRIT

DENDRIT

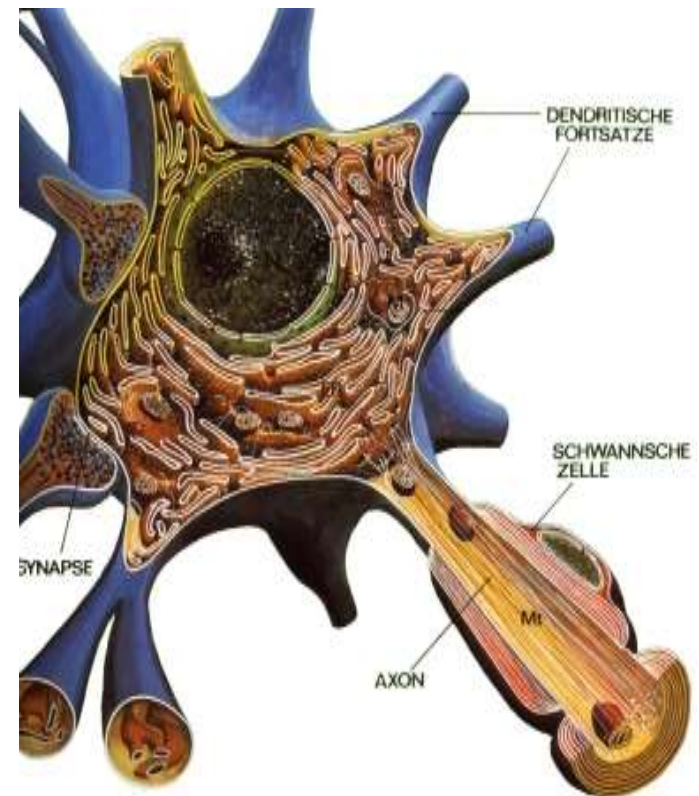
- Jumlahnya bisa **lebih dari satu**
- Pangkalnya tebal dan makin ke distal makin tipis
- Duri atau tonjolan (**spike / gemullae**)
- **Badan Nissl, ribosom, mitokondria, neurofilamen, mikrotubulus (+)**
- Fungsi: menerima rangsang saraf dari akson dan meneruskannya ke perikarion.



Dendrit

F: mengirimkan impuls ke badan sel saraf, .

Rangsangan saraf yg diterima olh dendrit umumnya merambat ke arah badan sel saraf

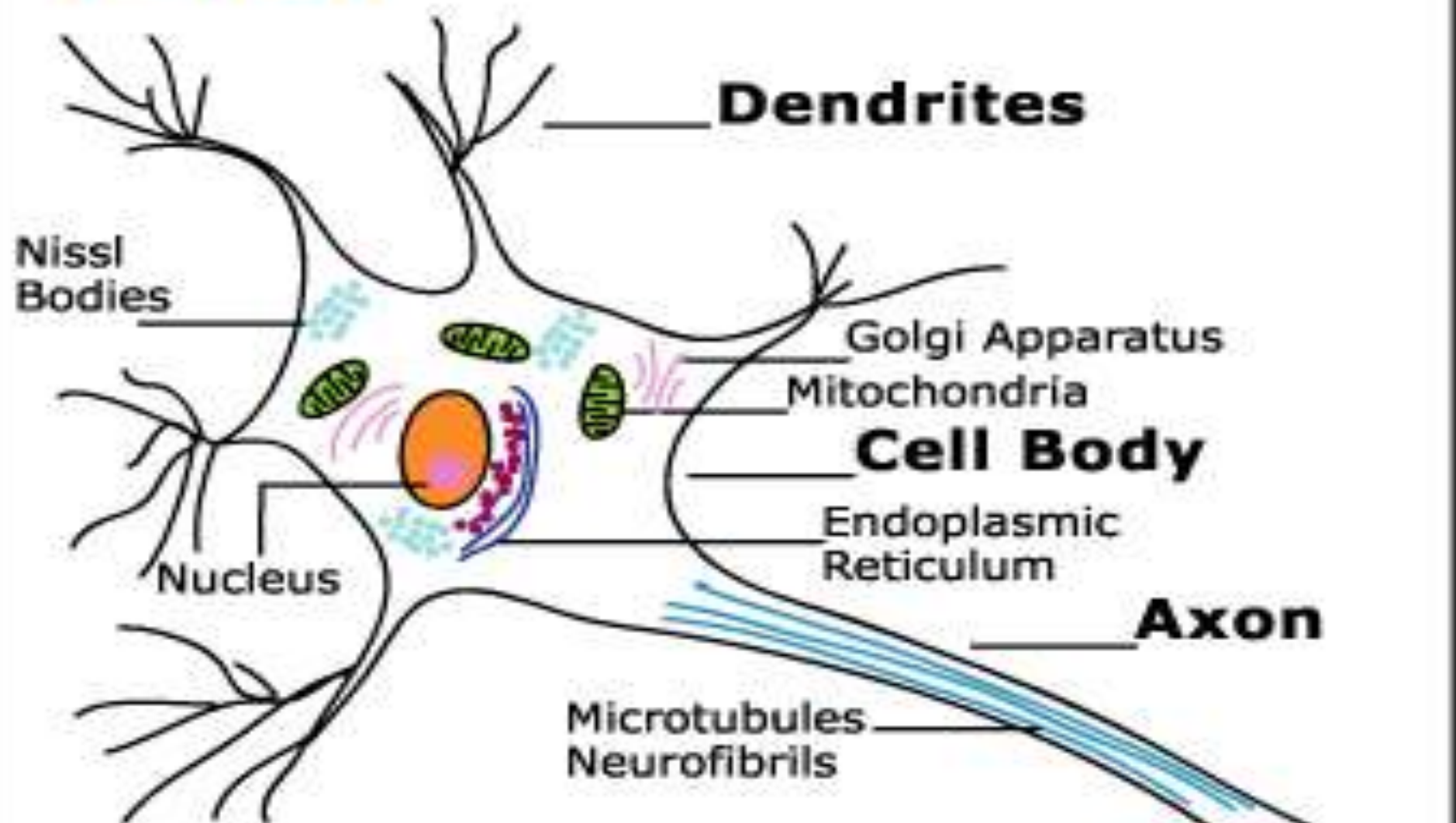


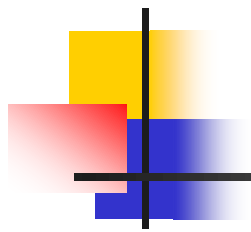


Histologis Dendrit

- Pngkly lbh tebal & smakin kdistal smakin tipis.
- Tiap dendrit dpt brcbng mjdi cab primer, sekunder tertier & seterusnya.
- Pmukanya diliputi olh tonjoln kcl/ duri (spine/gemullae) yg bfungsi sbgi tmpt kontak sinaps.
- Batang utama dendrit mgndung badan Nissl, ribosom bebas, mitokondria, mikrotubulus & mikrofilamen, tetapi kandungan badan Nissl dan ribosom bebas makin berkurang olh percabangannya
- Dendrit tidak mempunyai kompleks Golgi.

NEURON





AKSON

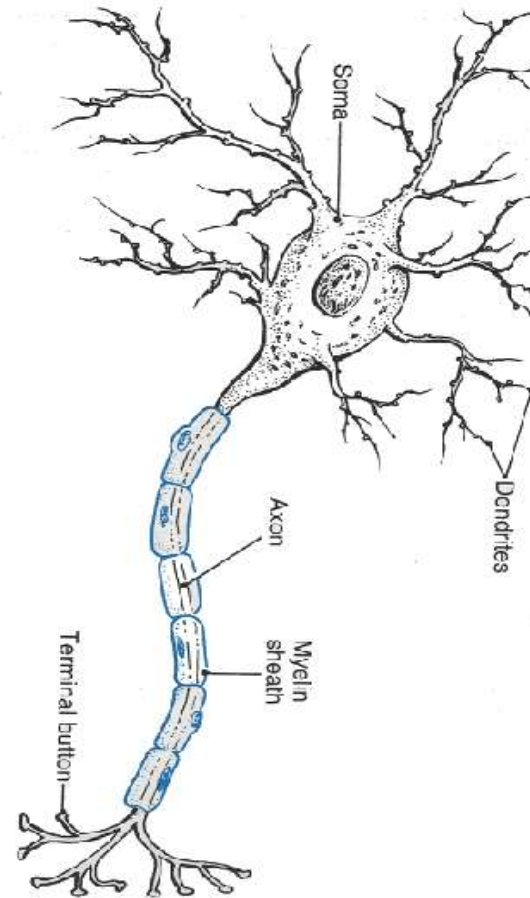
AKSON

- Pangkal akson (**Akson Hillock**)
- Jumlahnya satu
- mitokondria, neurofilamen dan mikrotubulus (+)
- **Badan Nissl, ribosom, kompleks Golgi (-)**
- Sebagian besar bermielin
- Telodendria
- Terminal boton (**Boutons terminaux**)
- Fungsi: membawa impuls saraf dari badan saraf

Akson/Neurit

Merupakan serabut saraf berupa tonjolan sitoplasma yang panjang & diameter bervariasi

Akson berasal dr daerah berbentuk piramid pendek y; **muara akson** mcl dr perikarion

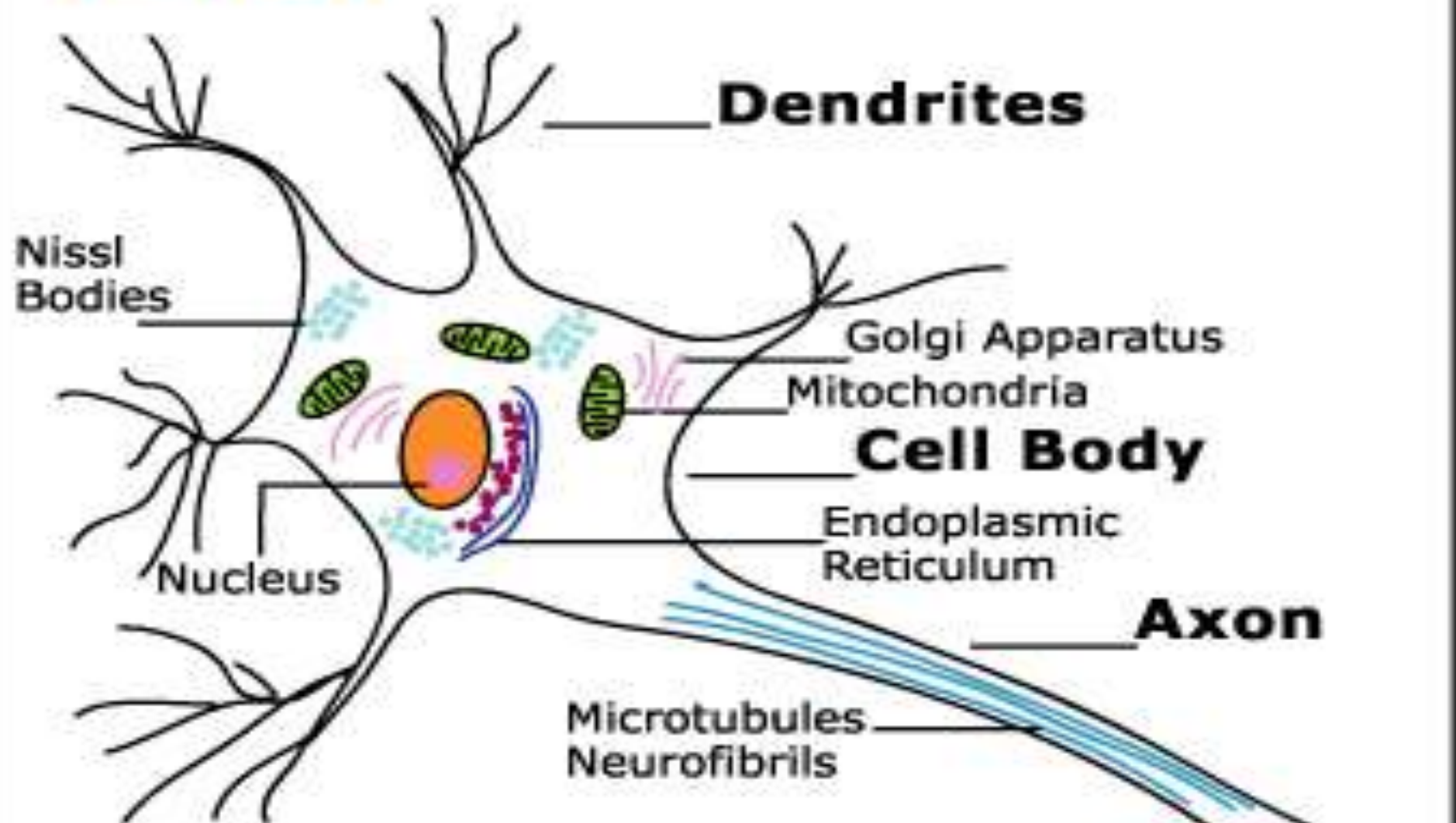




Histologis akson

- Mempunyai pangkal akson pd perikarion yg disbt **akson Hillock**.
- Umumnya lebih tipis (halus) & jauh lbh panjang drpd dendrit.
- Mmiliki sitoplasma → **aksoplasma** yg diselimuti olh membran sel → **axolemma**
- Aksoplasma mengandung **neurofilament**, **mikrotubulus** & **mitokondria**.
- Akson tdk trdapt badan nissl, ribosom, RE & KG

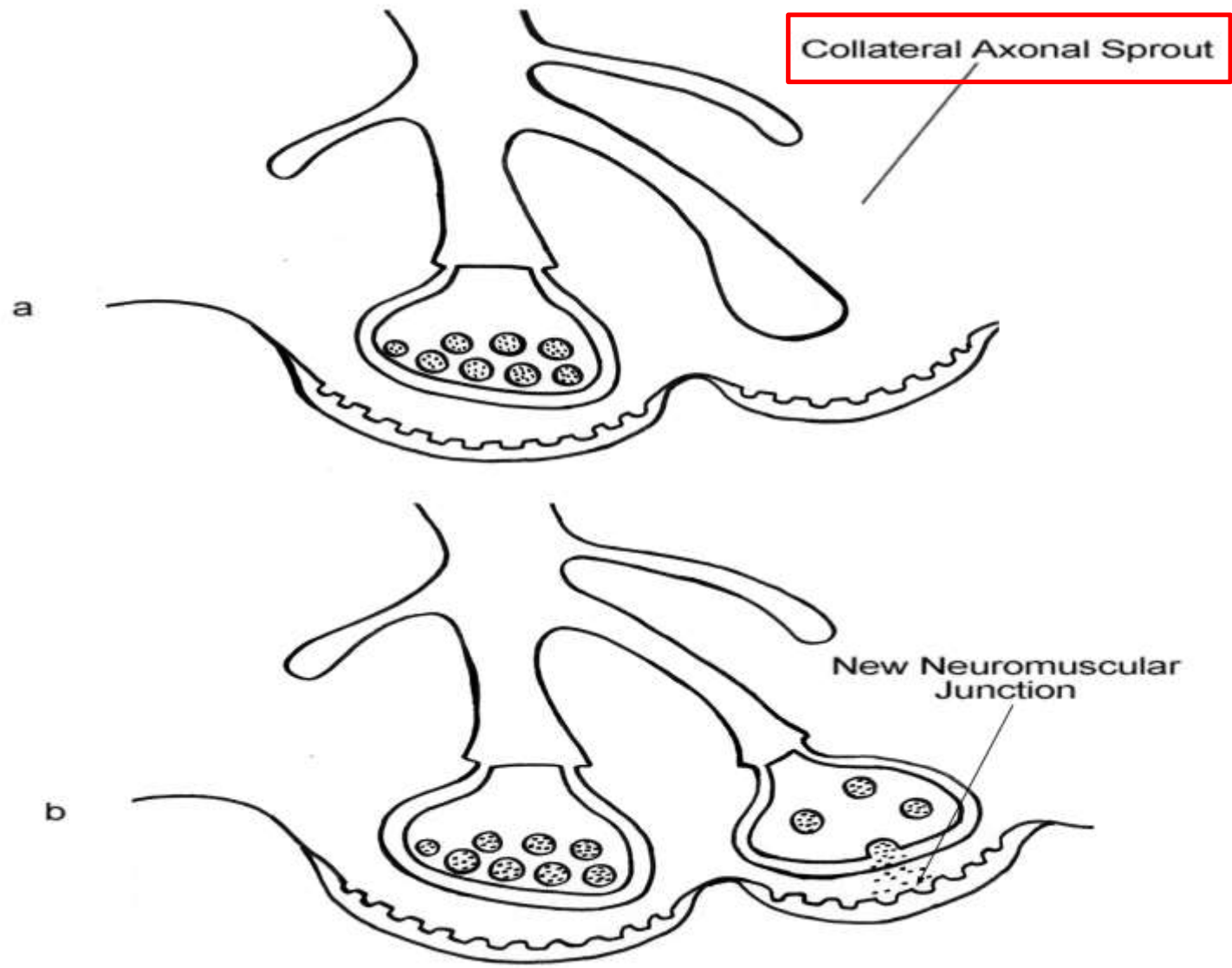
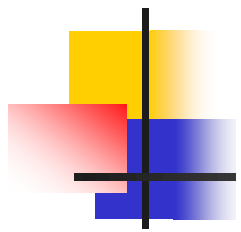
NEURON





Lanjutan....

- Panjang axon terdapat percabangan yg disbt **axon kolateral**
- Dendrit & axon disbt **serat saraf/prosesus**
- Saraf (nerve) a/ sklmpk serat saraf, biasanya berisi serat sensorik & motorik yg dikelilingi olh **jar. penunjang**.
- Kelompok serat saraf yg tdk dikelilingi jar.penunjang disbt **traktus**

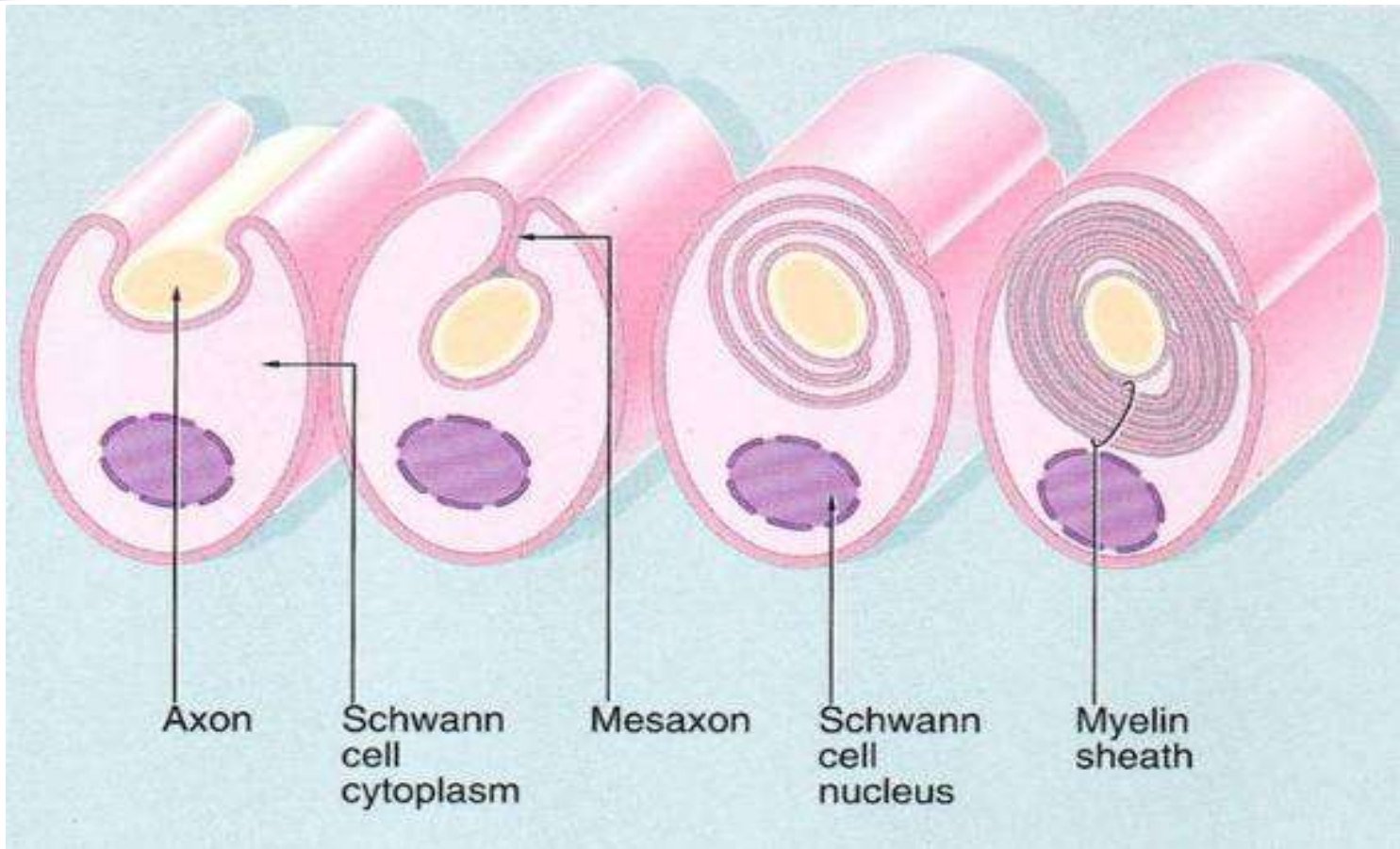




Akson

- Sbgin bsr akson brmielin, ttp ada pula akson yg tdk brmielin
- Selubung mielin bkn mrpakn bgian dr neuron, ttp mrpkn bag dr slubung neuron.
- Slubung mielin hanya ada pd akson & tdk pernah pd dendrit.

Slabung Mielin



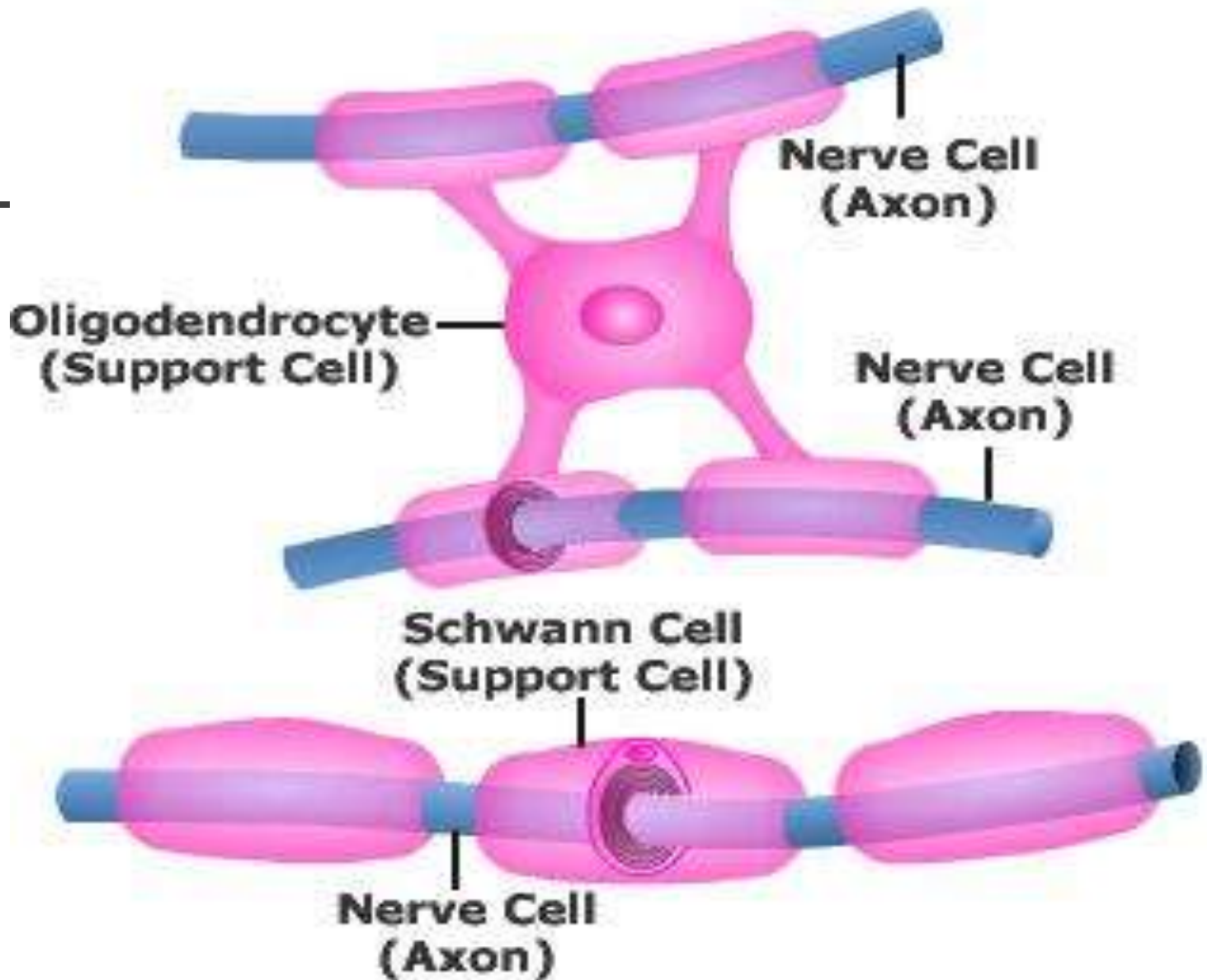
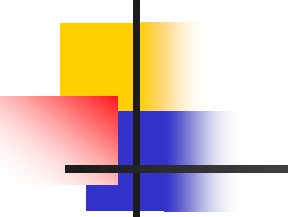


SERAT SARAF : AKSON BERMIELIN & TIDAK BERMIELIN

- SSP → pembentukan dan mielinisasi selubung dilakukan oleh **Oligodendrosit**
- SST → sel schwan(neurilema)



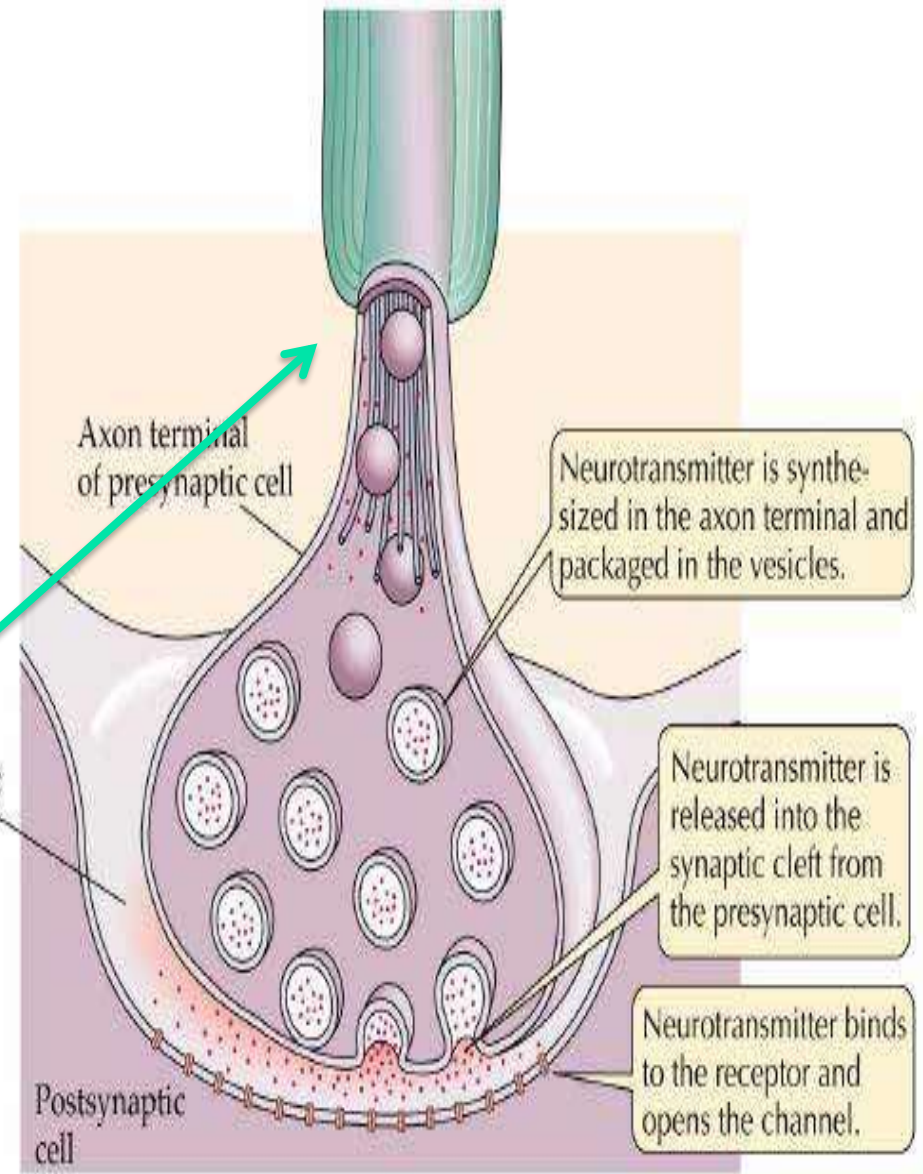
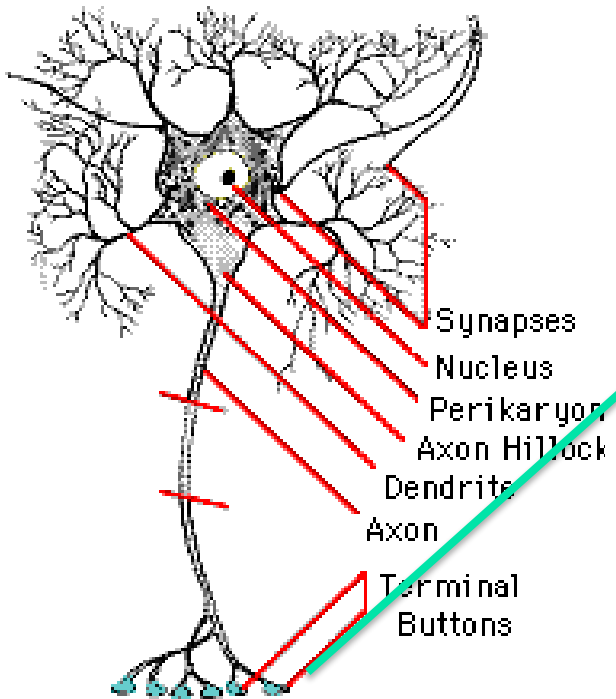
Membentuk selubung mielin





Lanjutan....

- Dgn MC trlihat serat saraf bermielin mk sdh tentu itu akson.
- Bila serat sarafnya tdk brmielin mk serat trsbt mngkin akson & mngkn pula dendrit.
- Pd ujung ranting aksonal mperlihatkn pembengkakan kecil dsbt "boutons terminaux". (bnyk mgandung vesikel brisi neurotransmitter)

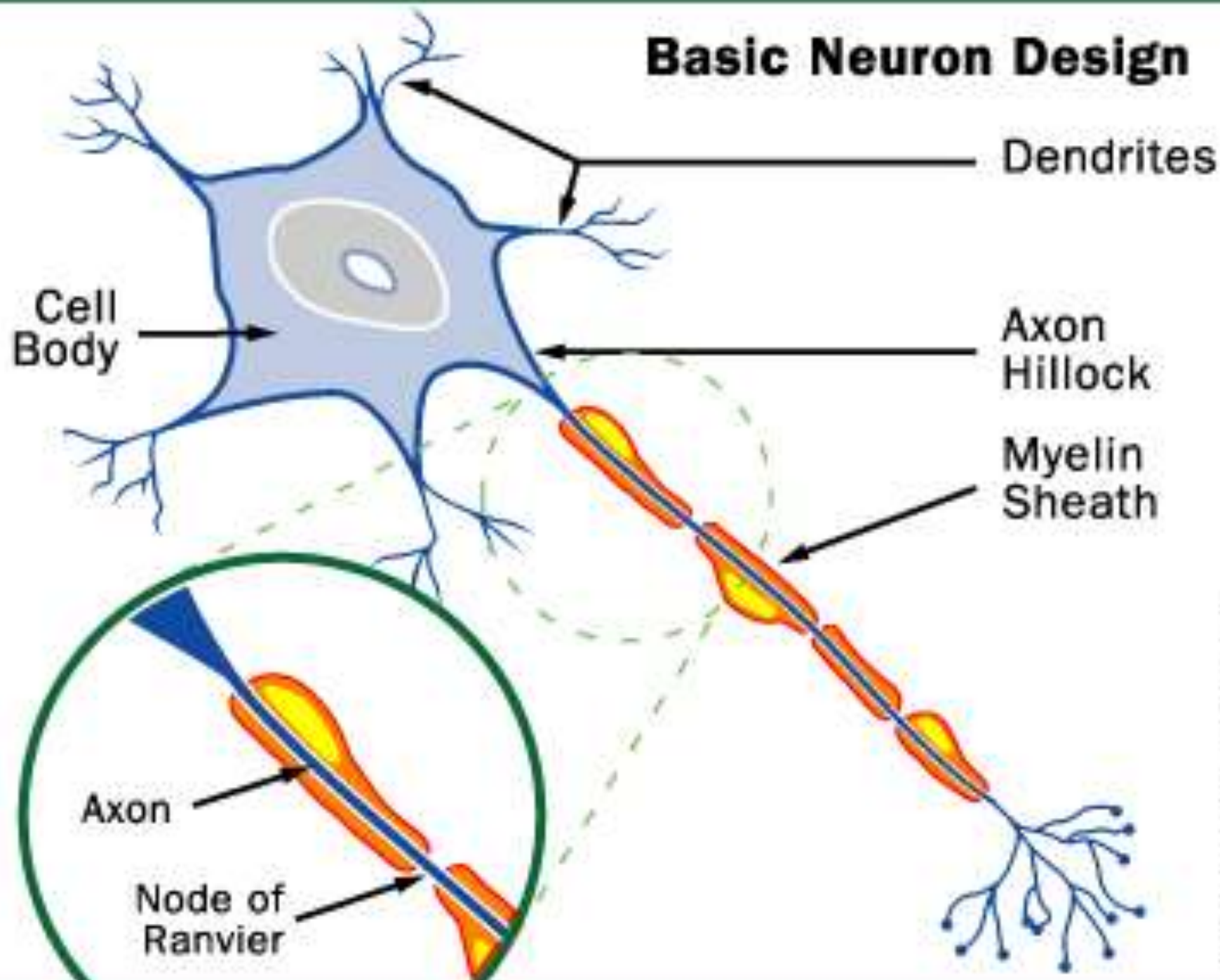




AKSON

- Selubung myelin ini berperan dlm mengisolasi suatu sel saraf sehingga impuls suatu neuron tdk mempengaruhi neuron didekatnya (isolator).
- Sepanjang akson, selubung myelin terputus-putus. Celah di antara 2 bagian selubung yg terputus disbt **nodus of Ranvier** (mpercepat pghantaran impuls).
- Fungsi akson : meneruskan atau menyalurkan rangsang saraf ke neuron lainnya, serat otot atau sel kelenjar

Basic Neuron Design





Aliran pd Akson

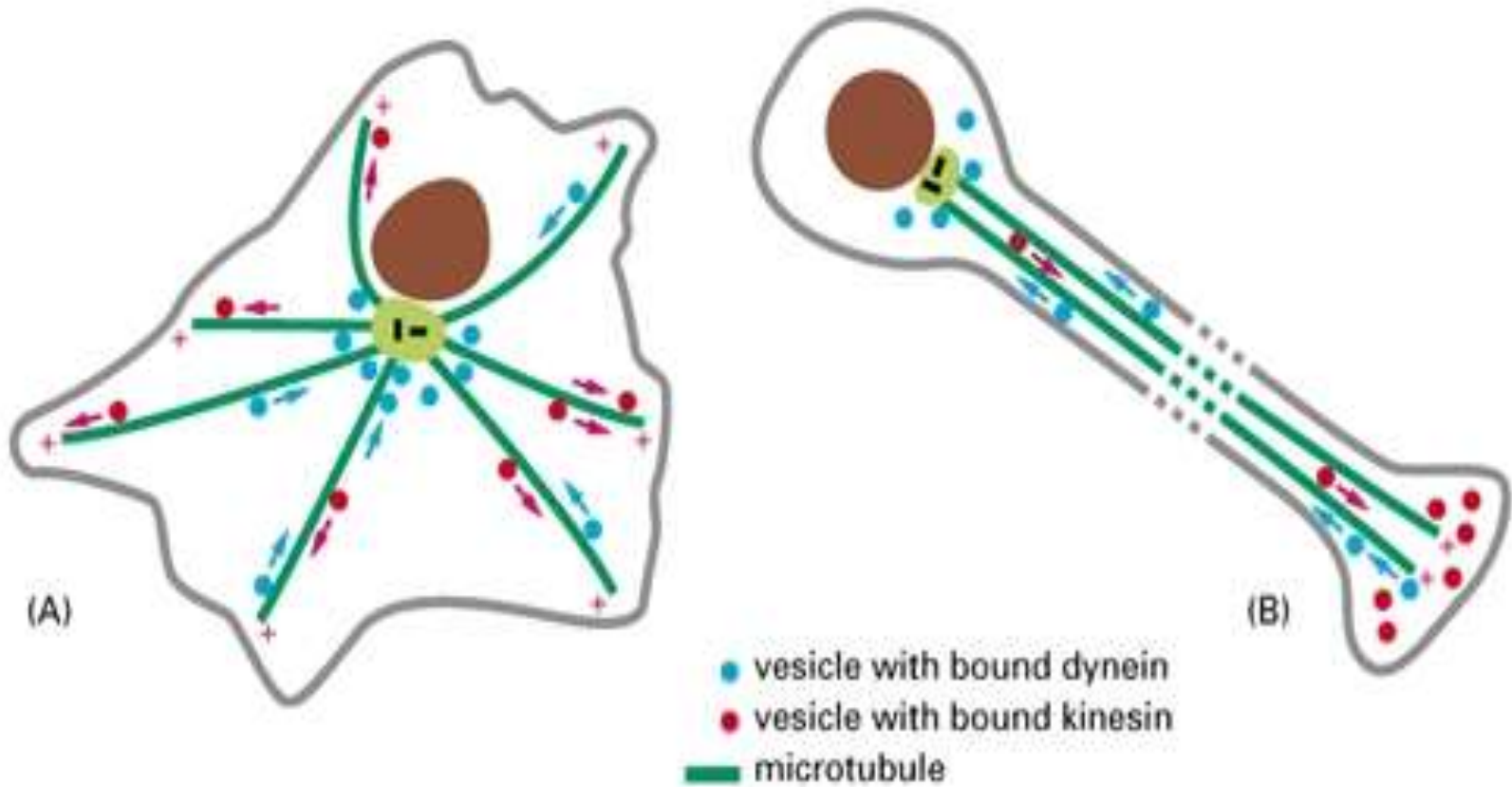
- Proses pengangkutan dlm akson dsbt **transportasi aksonal**
- Komponen yg trlibat dlm transportasi
 - Mikrotubulus
 - Protein penggerak (Kinesin, dynein dll)
 - Vesikel transport : f sbg konteiner mgangkut prot, glikoprot, faktr prtmbhan sel saraf, neurotransmitter, dll



Lanjutan....

- Berdasar arah transportasi aksonal :
 - *Aliran Anterograd* dspanjng akson kbag terminalnya, yg mgakut makromolekul & organel yg dsintesis dlm badan sel
 - *Aliran Retrograd* arah brlwan mbw sjmlh molekul ke perikarion

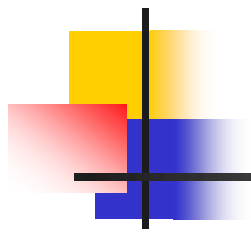
Vesicle





Lanjutan...

- Aliran anterograd berlangsung dgn 3 kecepatan :
 - **Aliran lambat** mentranspor protein dan mikrofilamen
 - **Aliran sedang** mentransport mitokondria
 - **Aliran cepat** mentransport bahan2 yg terkandung dlm vesikel yg diperlukan pd terminal akson slama transmisi neuron



SEL Glia NEUROGLIA



Sel Glia (neuroglia cells)

- Istilah neuroglia berasal dr nerve glue (*nerve*=saraf dan *glue*= lem)
- Neuroglia mrpkan 70-80% dr sluruh sel yg ada di SSP.
- Disebut juga sel glia yg mberikan dukungan, nutrisi, perbaikan jar. rusak , pertahanan & fungsi fagositosis
- Neuroglia paling baik dipelajari dng teknik impregnasi perak & emas khusus yg mperlihatkn seluruh sel.

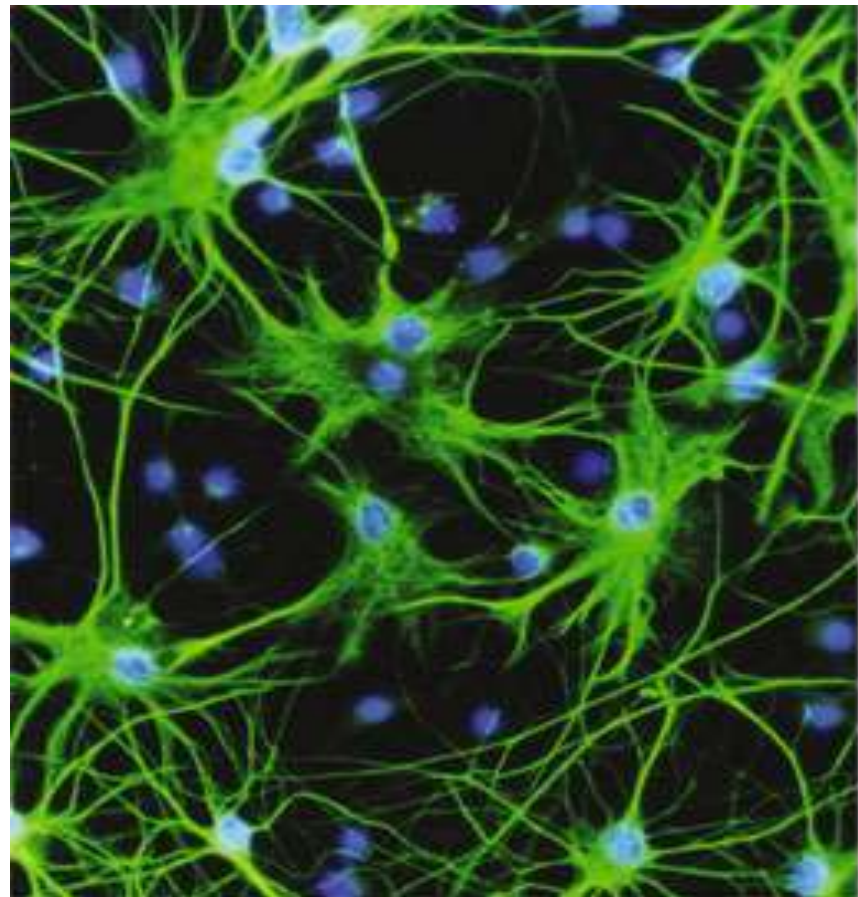
B. Sel Pendukung / Sel Glia

Sel Glia

adalah sel pendukung sistem syaraf.

Berfungsi :

- Mendukung neuron
- Regulasi konsentrasi ekstraseluler ion dan neurotransmitter
- Memberi nutrisi



50 μm

NEUROGLIA/ SEL GLIA

- Rudolf Virchow (1846) : **nerve glue (perekat neuron)**
- 70-80% dari seluruh sel yang ada di SSP
- Selnya kecil dengan inti 3-10 μm
- Jenisnya
 - **Astrosit** (ektoderm)
 - **Oligodendroglia** (ektoderm)
 - **Ependim** (ektoderm)
 - **Sel Schwann** (krista neuralis/ektoderm)
 - **Sel Satelit** (krista neuralis/ektoderm)
 - **Mikroglia** (?)
- **Impregnasi perak dan pulasan Gold**



Macam-macam sel Glia

- Mikroglia berasal dari mesoderm
- Oligodendroglia berasal dari ektoderm
- Astrosit fibrosa berasal dari ektoderm
- Astrosit protoplasmatis berasal dari ektoderm
- Sel ependim berasal dari ektoderm.
- Sel Schwann di SST
- Sel Satelit di SST



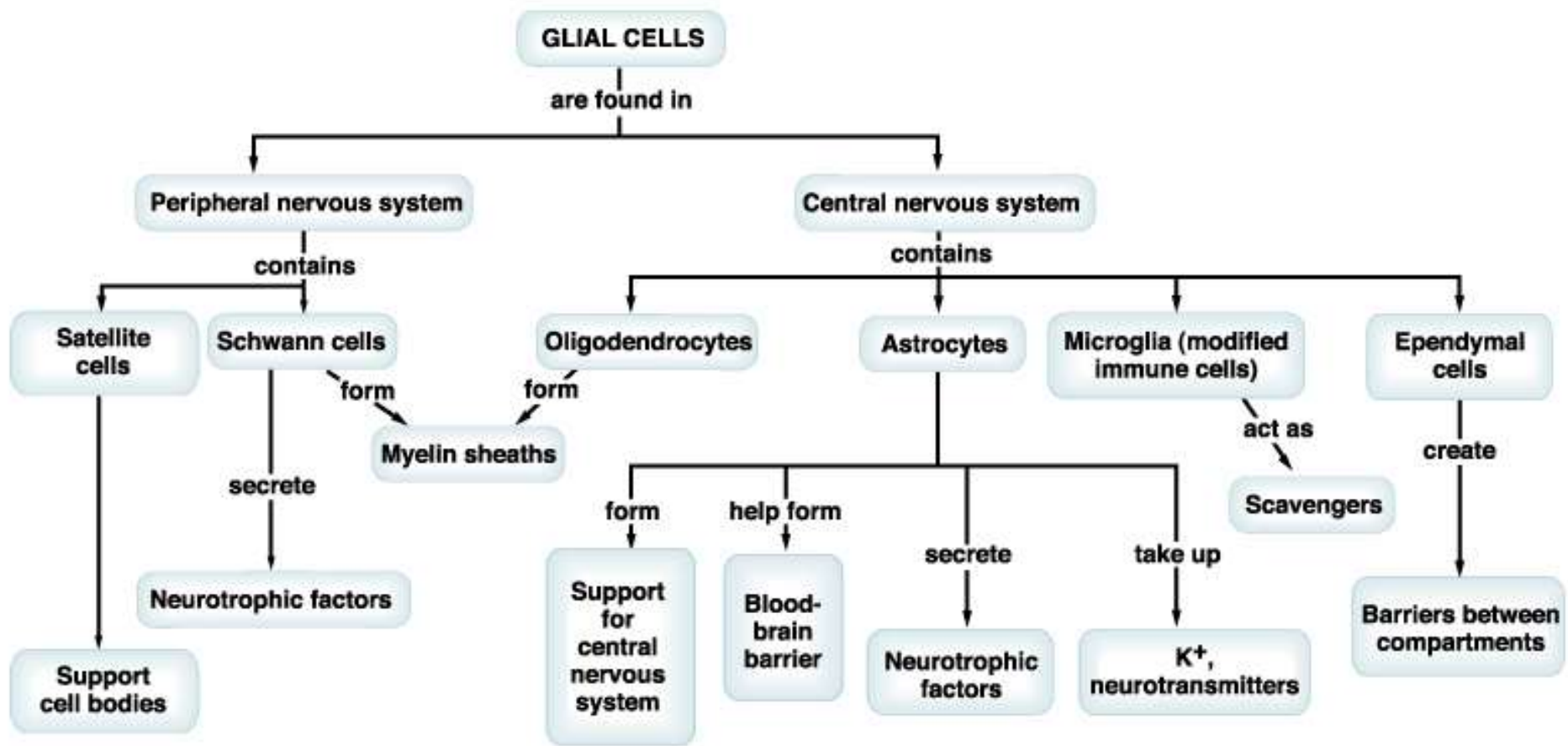
NEUROGLIA PADA SSP

- Sel penyokong pada SSP, dengan banyak cabang yang terdapat diantara neuron
- Sel-sel ini tidak mengantarkan impuls dan secara morfologik dan fungsional, berbeda dengan neuron
- Ukuran lebih kecil dari neuron dan inti terpulas gelap



Lanjutan....

- Jumlah 10 x dari jumlah neuron di dalam susunan syaraf
- Ada empat jenis:
 - Astrosit
 - Oligodendrosit
 - Mikroglia
 - Sel ependim

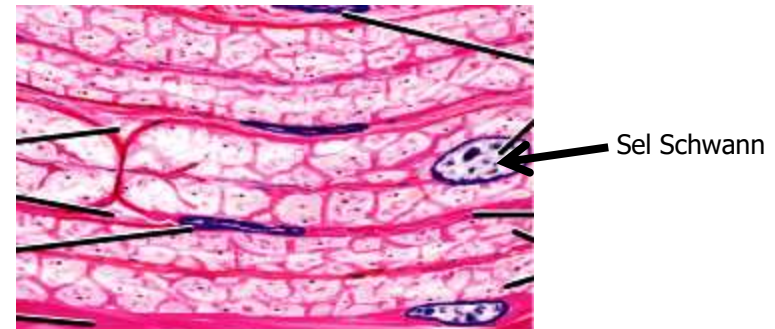
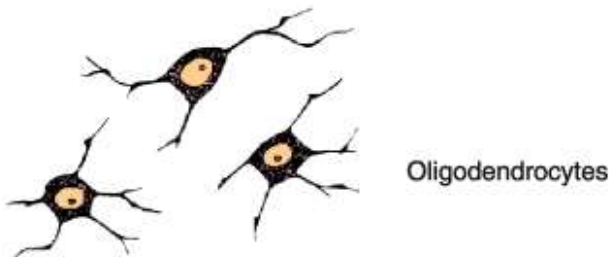
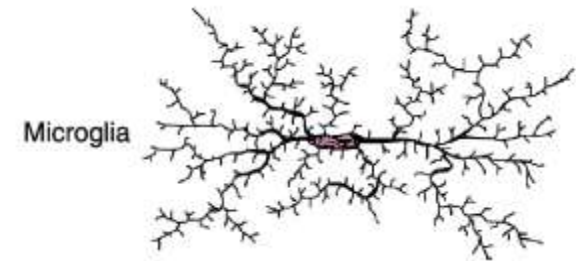
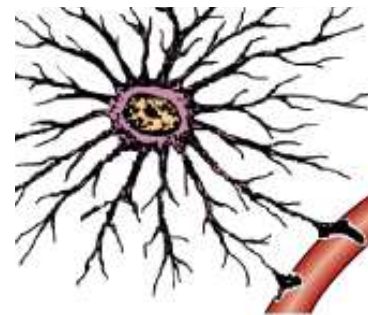
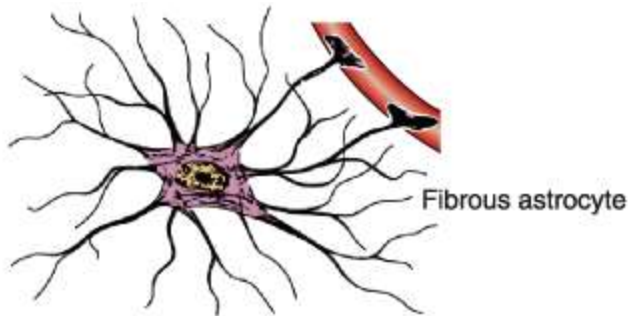


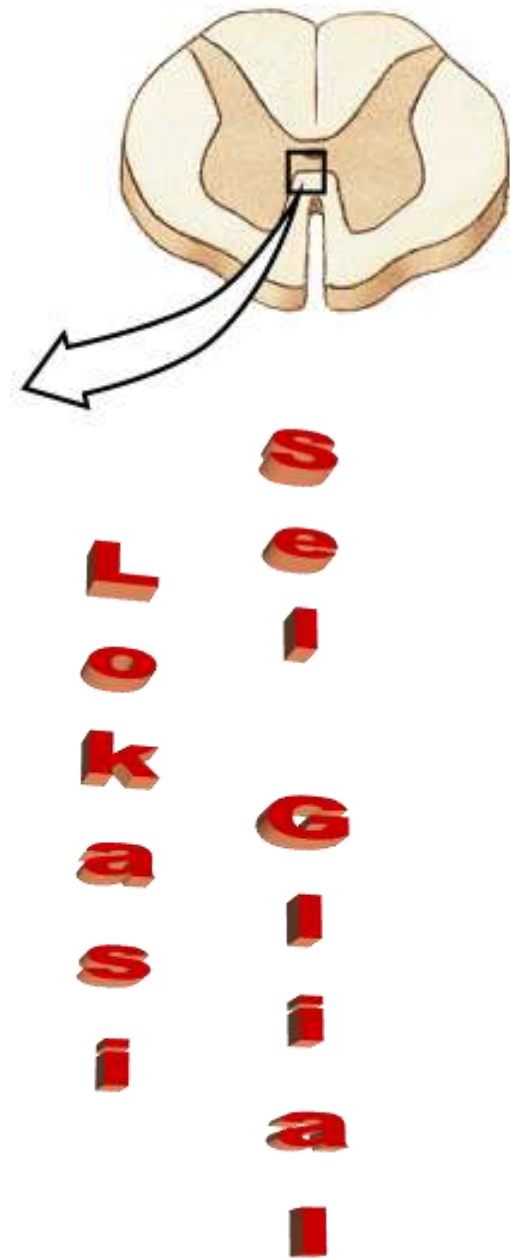
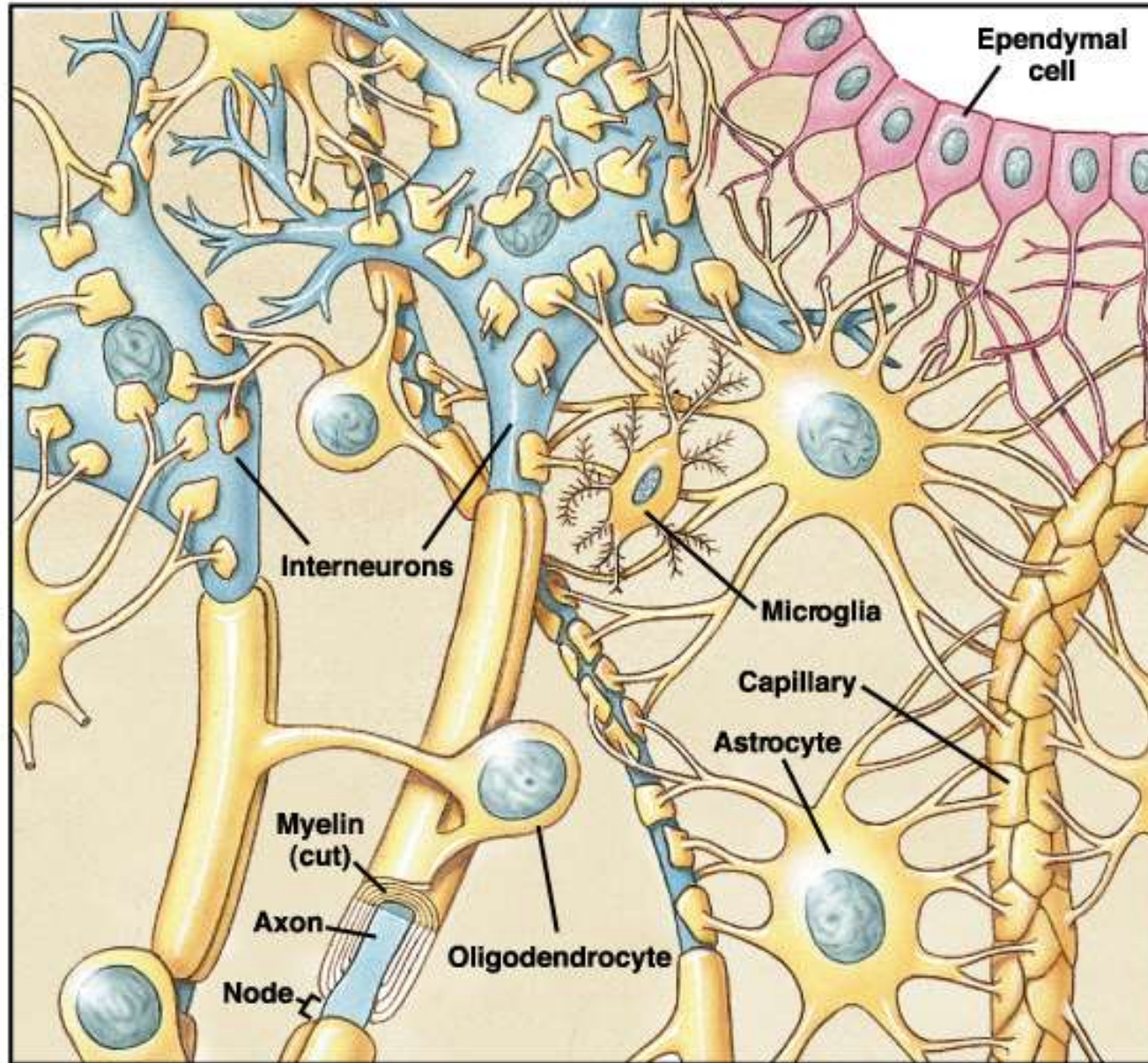
Asal & fungsi utama sel neuroglia

Jenis Sel Gila	Asal	Lokasi	Fungsi Utama
Oligodendrosit	Tuba Neural	Susunan saraf pusat	Produksi mielin, insulator listrik
Sel schwann	Tuba Neural	Saraf perifer	Produksi mielin, insulator listrik
Astrosit	Tuba Neural	Susunan saraf pusat	Penyangga struktur, proses pemulihan, sawar darah-otak, pertukaran metabolik
Sel ependim	Tuba Neural	Susunan saraf pusat	Melapisi rongga-rongga di susunan saraf pusat
Mikroglia	Sumsum tulang	Susunan saraf pusat	Aktifitas makrofag

SEL GLIA

Glial Cell Type	Origin	Location	Main Functions
Oligodendrocyte	Neural tube	Central nervous system	Myelin production, electric insulation
Schwann cell	Neural tube	Peripheral nerves	Myelin production, electric insulation
Astrocyte	Neural tube	Central nervous system	Structural support, repair processes Blood-brain barrier, metabolic exchanges
Ependymal cell	Neural tube	Central nervous system	Lining cavities of central nervous system
Microglia	Bone marrow	Central nervous system	Macrophagic activity





ASTROSIT

- **Astro = bintang**
- **Berasal dari ektoderm**
- **Gambaran histologis**
 - **Berbentuk seperti bintang (astro)**
 - **Inti bulat, lonjong, besar**
 - **Banyak cabang sitoplasma**
 - **Ribosom, kompleks Golgi, lisosom, neurofilamen**
- **2 tipe**
 - **Astrosit Protoplasmatik**
 - **Cabang sitoplasmanya pendek dan gemuk mirip lumut**
 - **Substansia grisea**
 - **Astrosit Fibrosa**
 - **Cabang sitoplasmnya lurus, langsing mirip lidi atau landak**
 - **Substansia alba**



Astrosit

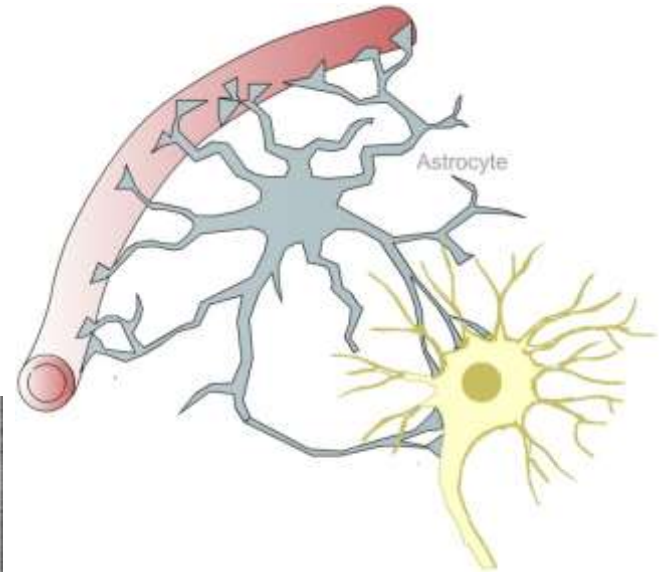
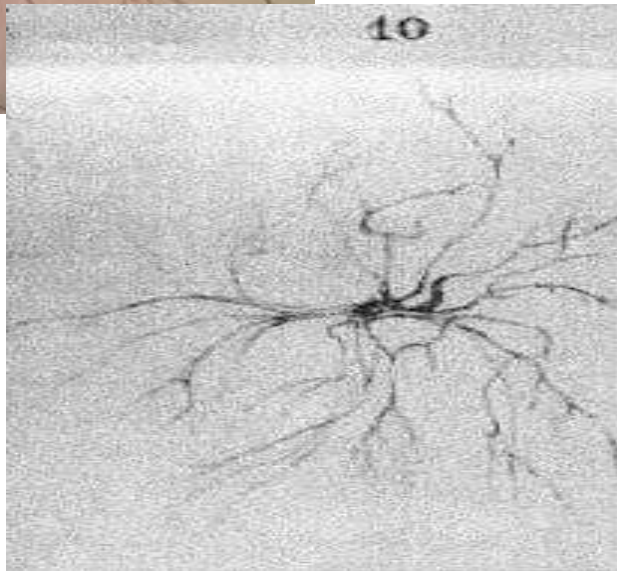
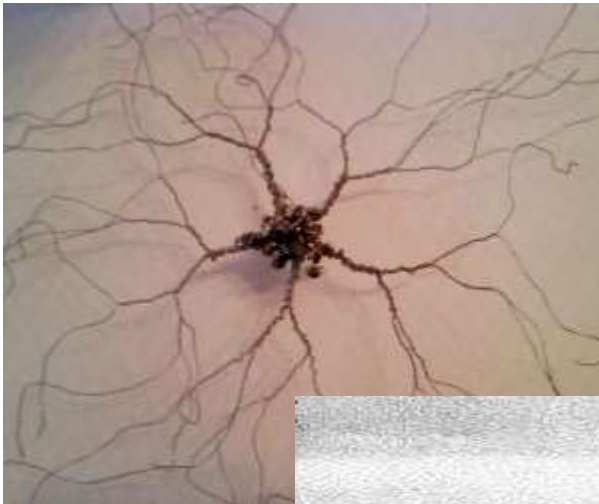
- Bbntk bintang dgn bnyk cab, mmliki berkas filamen intermedia
- Inti yg paling besar & brbntk avoid atau bulat
- Warna yg pucat olh krn butir2 khromatin yg halus & tersebar.
- Sbagian besar khromatin menempel pd selubung inti shingga batas inti menjadi lbh jelas.
- Di dlm intinya kadang-kadang dpt terlihat nukleolus.



Astrosit

- Astrosit mngikat neuron pd kapiler & pia mater,
- 2 macam astrosit :
 - Astrosit dgn sdkit cab panjang dsbt **astrosit fibrosa** (tdpt dsubstansi alba)
 - Astrosit dgn cab pendek **astrosit protoplasma** (tdpt di substansi grisea)

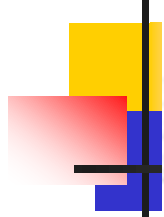
Astrosit





Fungsi astrosit

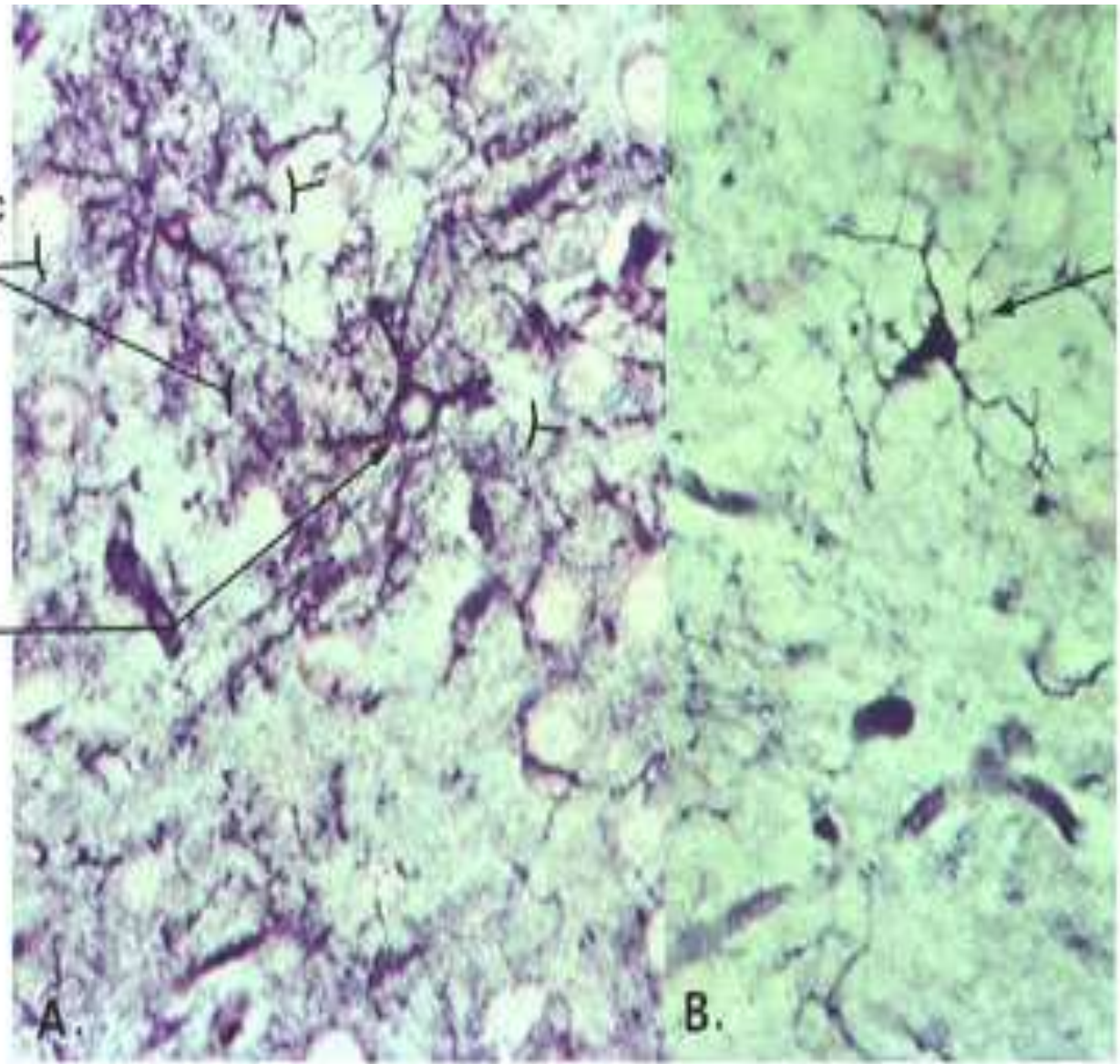
- Sbg sel penyokong & jg berfungsi untk :
 - Menyerap kelebihan ion kalsium yg lolos dari sel saraf slama proses konduksi impuls saraf.
 - Brperan dlm transportasi zat metabolisme antar neuron.
 - Berperan dlm pmbentukan jar. parut di SSP bila mengalami cedera.
- Bila terjadi cedera pd SSP & neuronnya rusak, mk astrosit mjadi sangat reaktif & disbt **astrosit hipertrofi** & astrosit reaktif menggantikan tempat neuron rusak.



Protoplasmic astrocytes

Nuclear region

Microglia cell



A.

B.

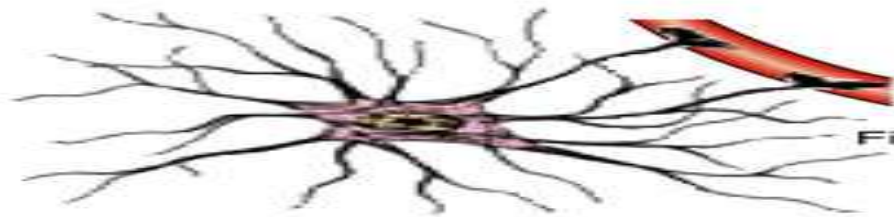
20 μ m

Neuroglial cell

Protoplasmic astrocyte



Fibrous astrocyte



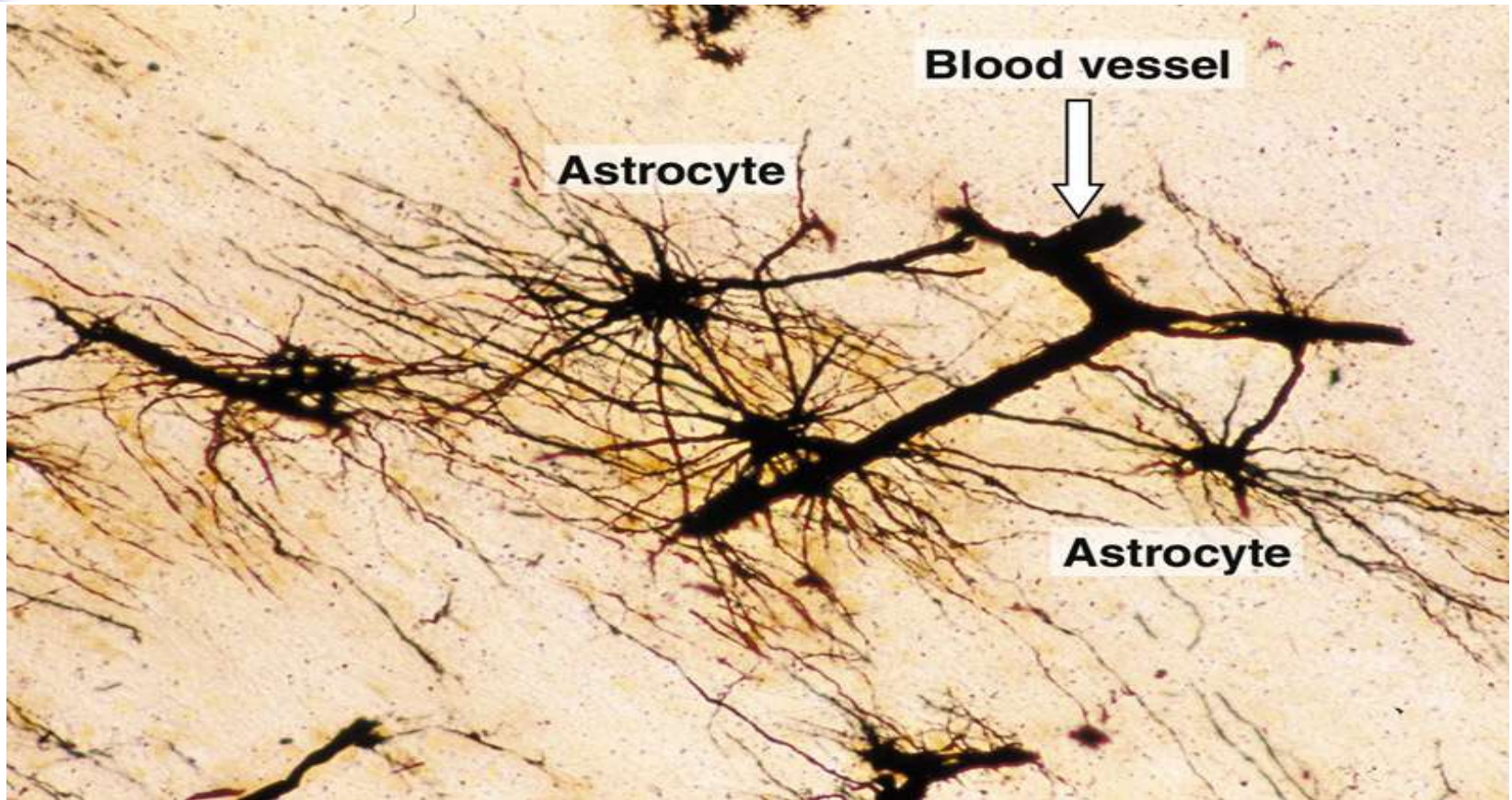
Microglia



Oligodendrocytes



Astrocyte & processus



OLIGODENDROGLIA

- **Oligo = sedikit**
- **Gambaran histologis**
 - **Lebih kecil dari astrosit**
 - **Cabang sitoplasma lebih sedikit (oligo= sedikit) dan pendek**
 - **Mengandung ribosom, kompleks Golgi, mikrotubulus dan neurofilamen.**
- **Terdapat di substansia grisea dan alba**
- **Fungsi:**
 - **Penyokong**
 - **Pembentuk selubung mielin di SSP.**



Oligodendroglia / Oligodendrosit

- ❖ Populasi yg paling bnyk ditemukn sebagai kumpulan inti
- ❖ Ukuran lebih kecil drpd inti astrosit.
- ❖ Inti yg bbentuk bulat & ovoid ini bwarna lebih gelap krn khromatinnya lebih padat.
- ❖ Kadang2 dlm intinya dpt ditemukan nukleolus pula.
- ❖ Miliki cab2 yg mbungks akson & mghslkn slubung mielin



Fungsi oligodendroglia

- Membentuk selubung mielin di SSP & sebagai sel penyokong.
- Cabang sitoplasma yg serupa daun dr badan2 sel meluas mengitari serat2 saraf secara spiral.
- Tiap oligodendroglia mempunyai beberapa cab shg dpt mbntk sarung2 myelin disekitar bbrapa serat2 saraf yg berdekatan.

MIKROGLIA

- Berasal dari mesoderm

Gambaran histologis

- Selnya kecil, badan sel gepeng dengan inti yang sukar dilihat
- Sitoplasma bercabang besar (cabang primer), yang kemudian dari cabang primer bercabang-cabang lagi. Cabang-cabang ini saling tegak lurus
- Terdapat di substansia alba dan grisea
- Fungsi
 - fagositosis



Mikroglia

- ✓ Berasal dari jaringan mesenkhim.
- ✓ Sel ini dpt dibdkn dng yg lain krn bntk intinya yg manjang/gep & pdt, dng butir-butir khromatin yang tersebar rata.
- ✓ Sel kecl dgn cab2 pendek
- ✓ Kadang-kadang masih dapat terlihat sitoplasma di sekitar intinya.



Lanjutan....

- Terlibat dlm reaksi peradangan & perbaikan dlm SSP
- Mehslkn & mlpskan protease netral & radikal oksidatif
- Jk traktivasi mikroglia akn bkrja sbgi sel penyaji-antigen
- Sel ini myekresi sitokin pgatur imun & mgeluarkn debris sel yg dssbkn olh krusakn SSP
- Fungsinya sel mikroglia sebagai **fagositosis**. Mikroglia akan memfagosit jaringan yg nekrotik shgga daerah tersebut mjadi bersih.

Sel Mikroglia

Golgi staining

25 μm

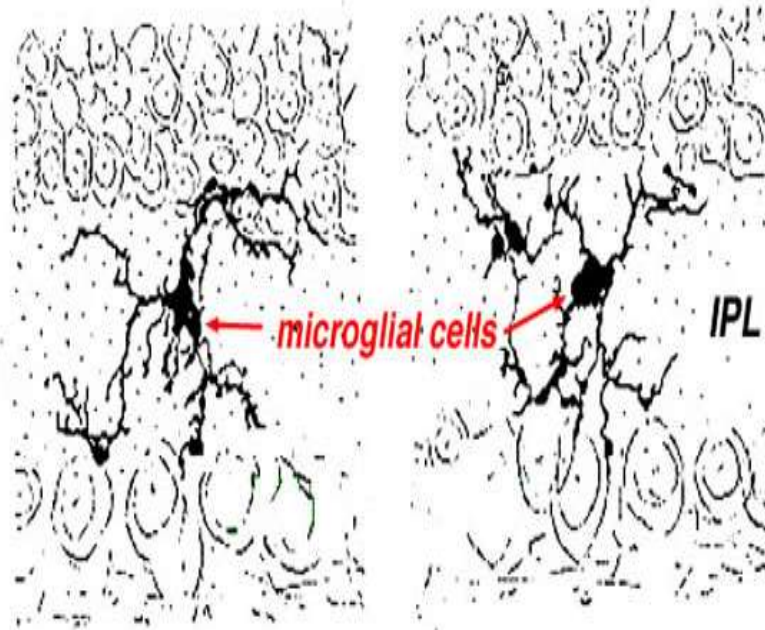


Fig. 9. Golgi staining of microglial cells found in the inner plexiform layer.

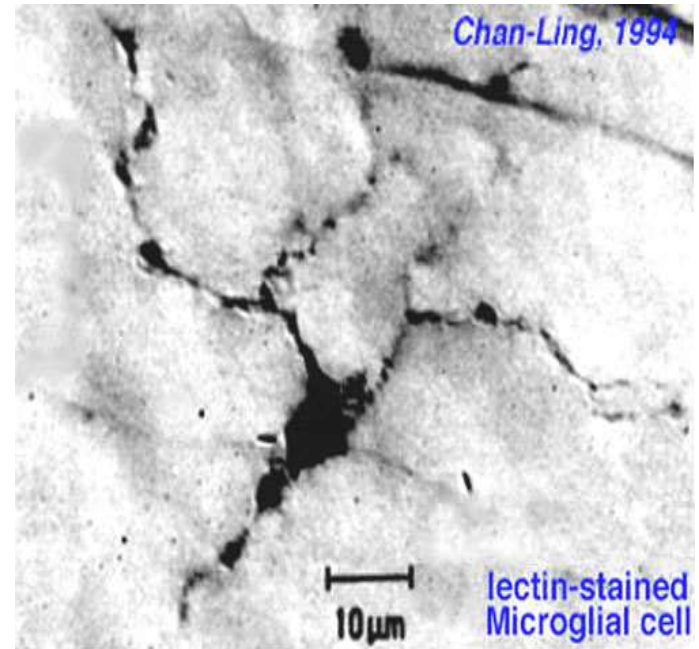


Fig. 10. Lectin-stained microglial cell (From Chan-Ling, 1994).



SEL EPENDIMA

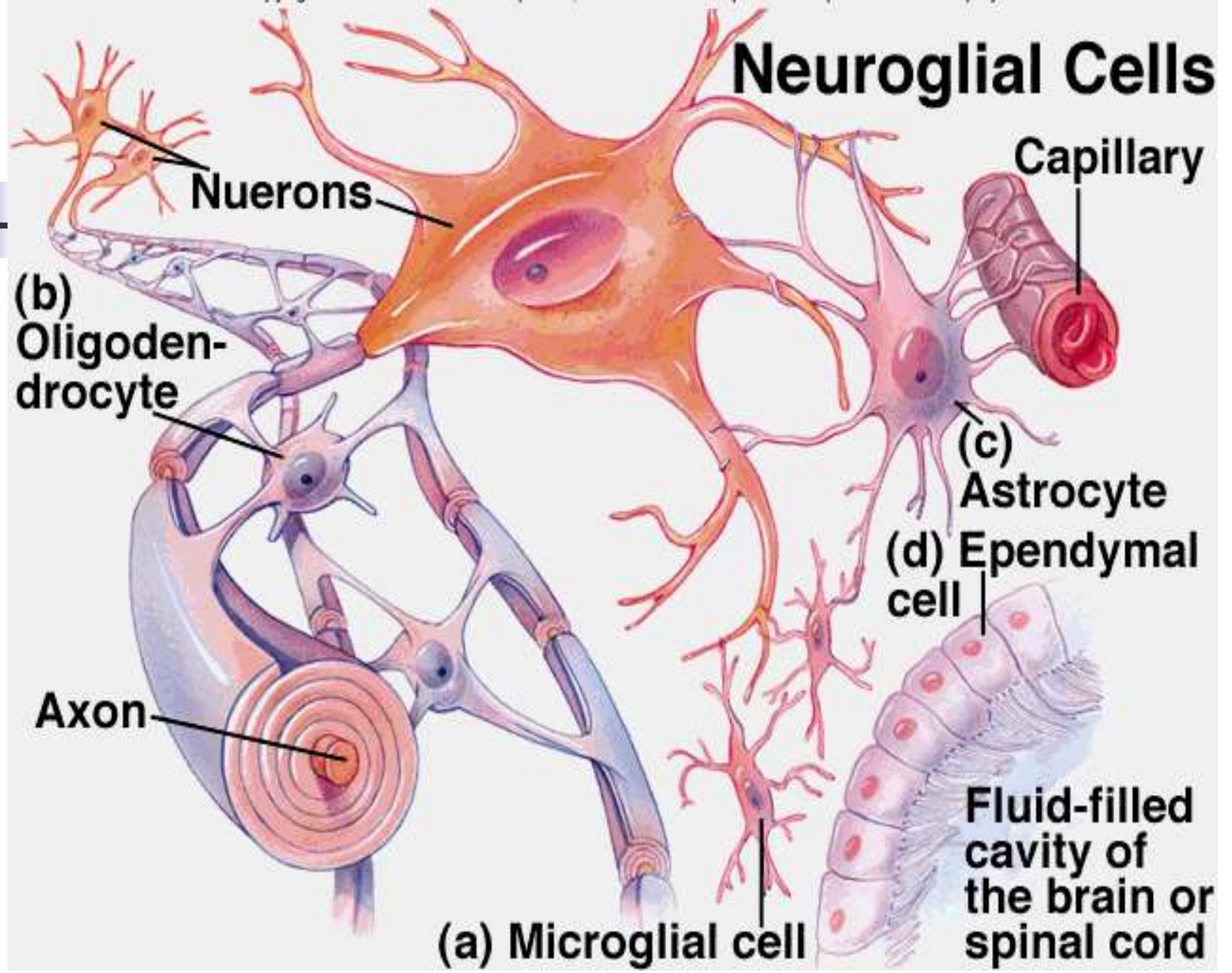
- **Melapisi ventrikel otak dan kanalis sentralis medula spinalis**
- **Gambaran histologis**
 - **Sel silindris rendah atau kuboid, permukaannya terdapat silia dan mikrovili**
- **Membentuk epitel pleksus khoroideus**



Sel ependim

- Berbentuk silindris pendek yg melapisi ventrikel otak & kanalis sentralis di MS
- Sel mirip spongioblas ditemukan di antara sel-sel neroglia yang lain
- Inti yg paling kecil, berbentuk bulat & lbh padat susunan khromatinnya
- F :
 - Sebagai sel penyokong.
 - Sebagai pembatas rongga Sistem Saraf Pusat.
 - Sebagai epitel Plexus choroideus (melapsi pleksus koroideus)

Neuroglial Cells



(b) Oligodendrocyte

(c) Astrocyte

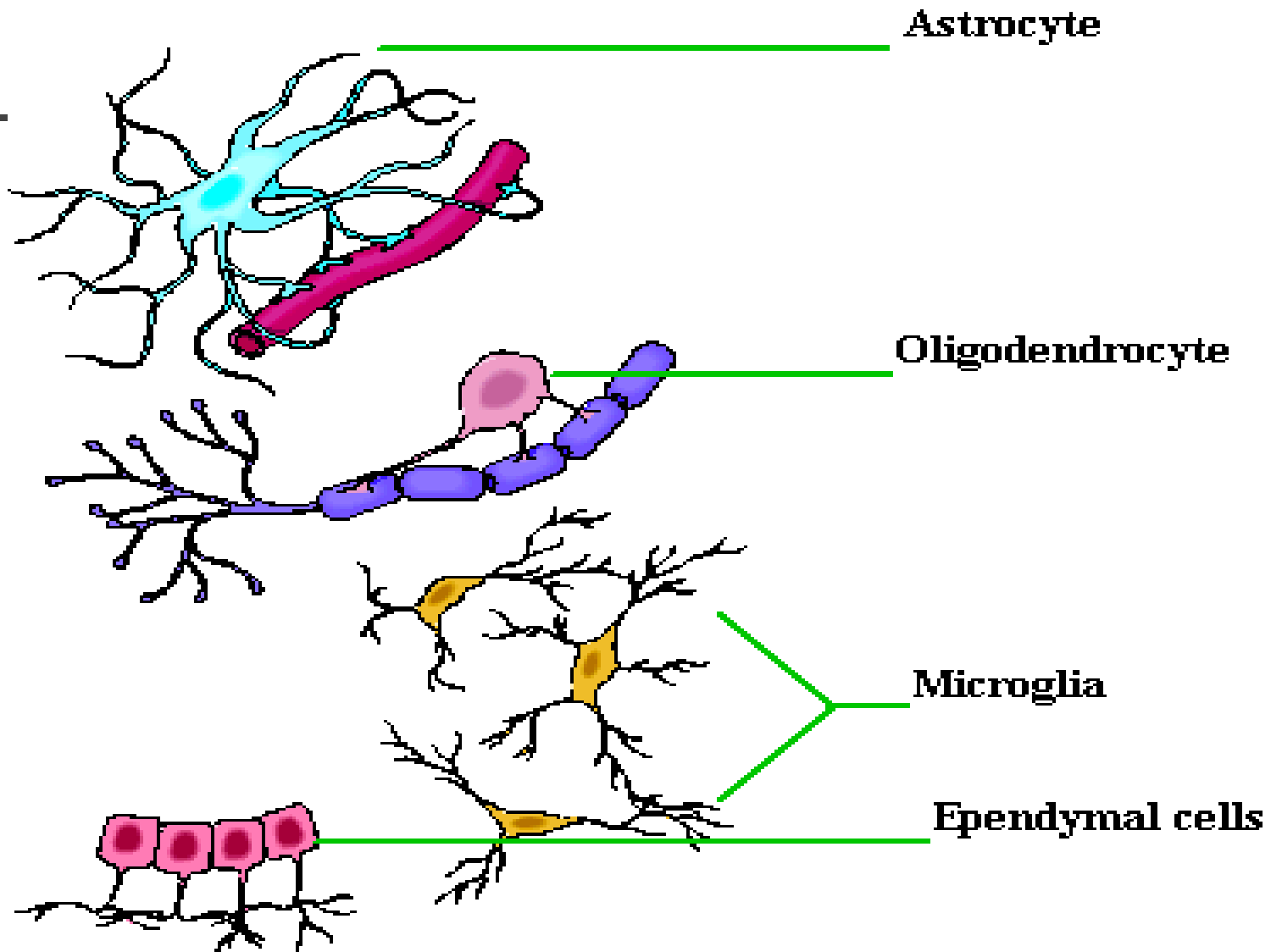
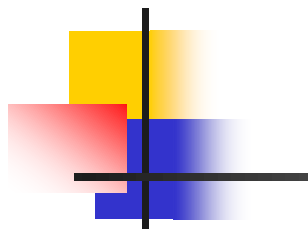
(d) Ependymal cell

Axon

(a) Microglial cell

Fluid-filled cavity of the brain or spinal cord

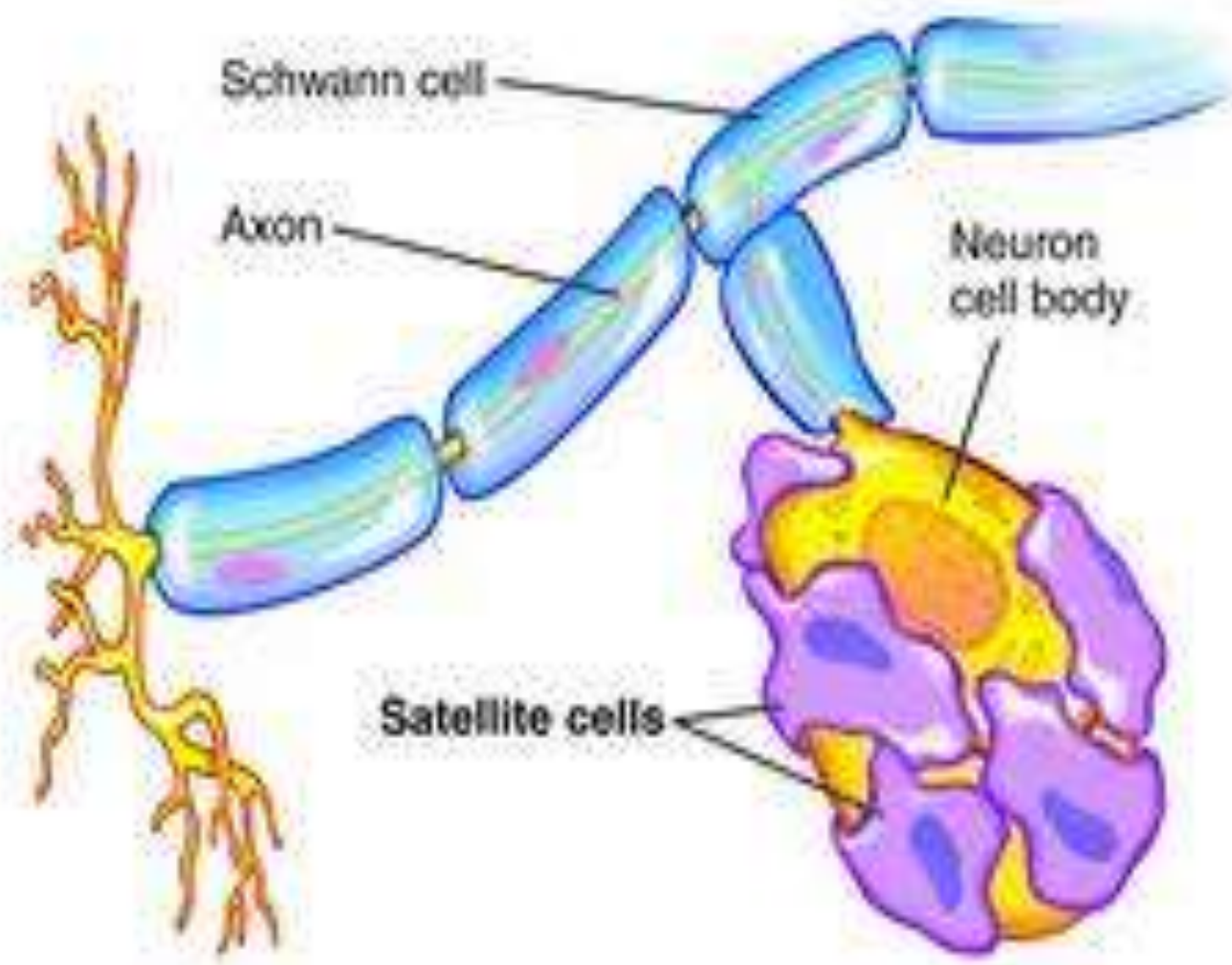
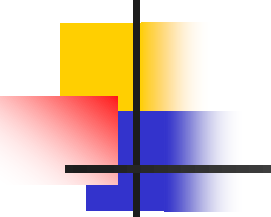
Neuroglial Cells of the CNS





NEUROGLIA PADA SST

- Dalam SST jg tdpt sel penyokong
- Sel-sel ini tdk mengantar implus & secara morfologik & fungsional, bbeda dng neuron
- Ada dua jenis:
 - Sel satelit → sel-sel kuboid kecil yang mengelilingi sel syaraf pada ganglia
 - Sel schwan → membungkus dan berada disepanjang akson





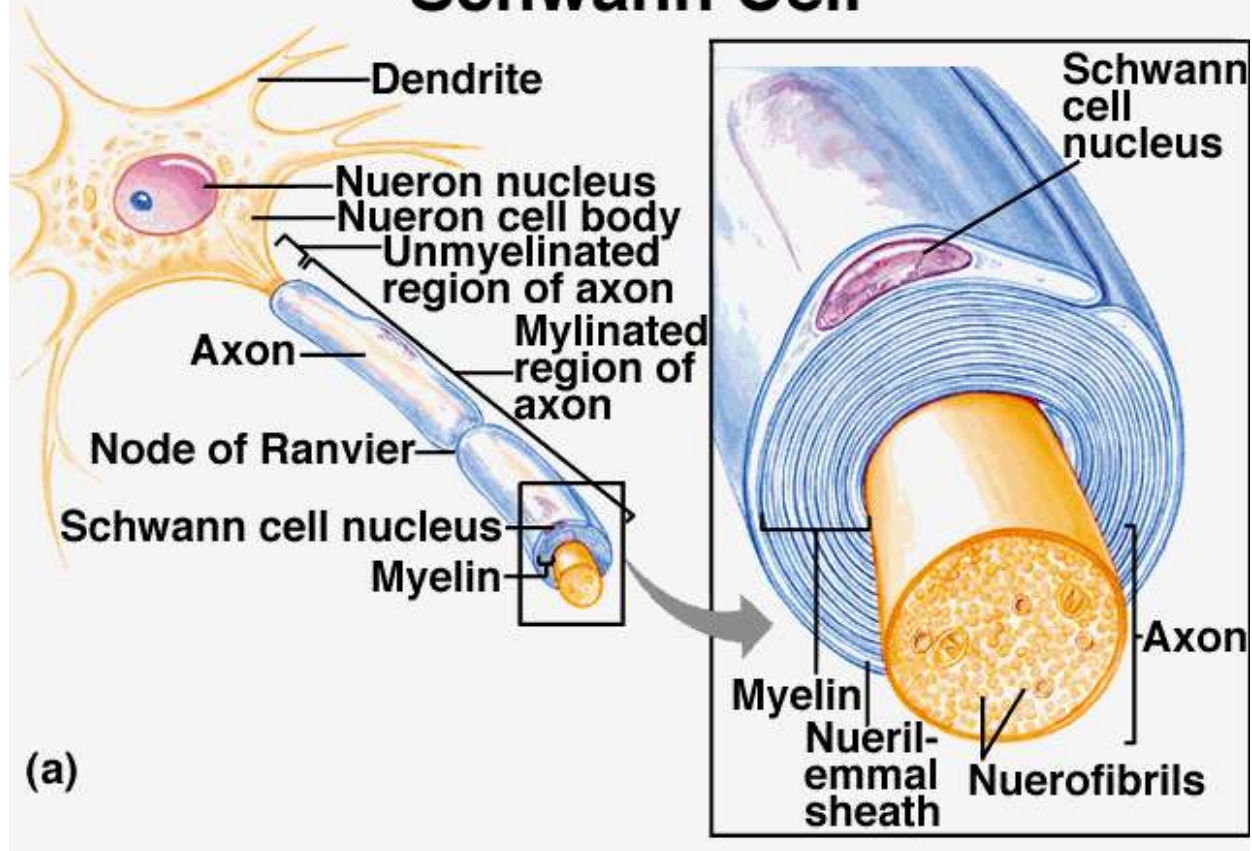
Sel Schwann

- Mmiliki fungsi yg sama dgn oligodendrosit, namun trltk dsekitar akson dSST
- Mbntk mielin diskliling satu segmen dr satu akson

Sel Schwann

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Schwann Cell





Sel Satelit

- Sel Satelit, mensupport ganglia;berada di dekat badan sel (ganglion)



AKTIVITAS NEURON



Jenis Neuron

- Berdasarkan jumlah julurannya, dikenal 3 jenis neuron:
 - Neuron unipolar/pseudo-unipolar
 - Neuron bipolar
 - Neuron Multipolar

Jenis Neuron

- Berdasarkan jumlah juluran saraf

- **Neuron unipolar**

- Neuron unipolar masa embrio

- **Neuron bipolar**

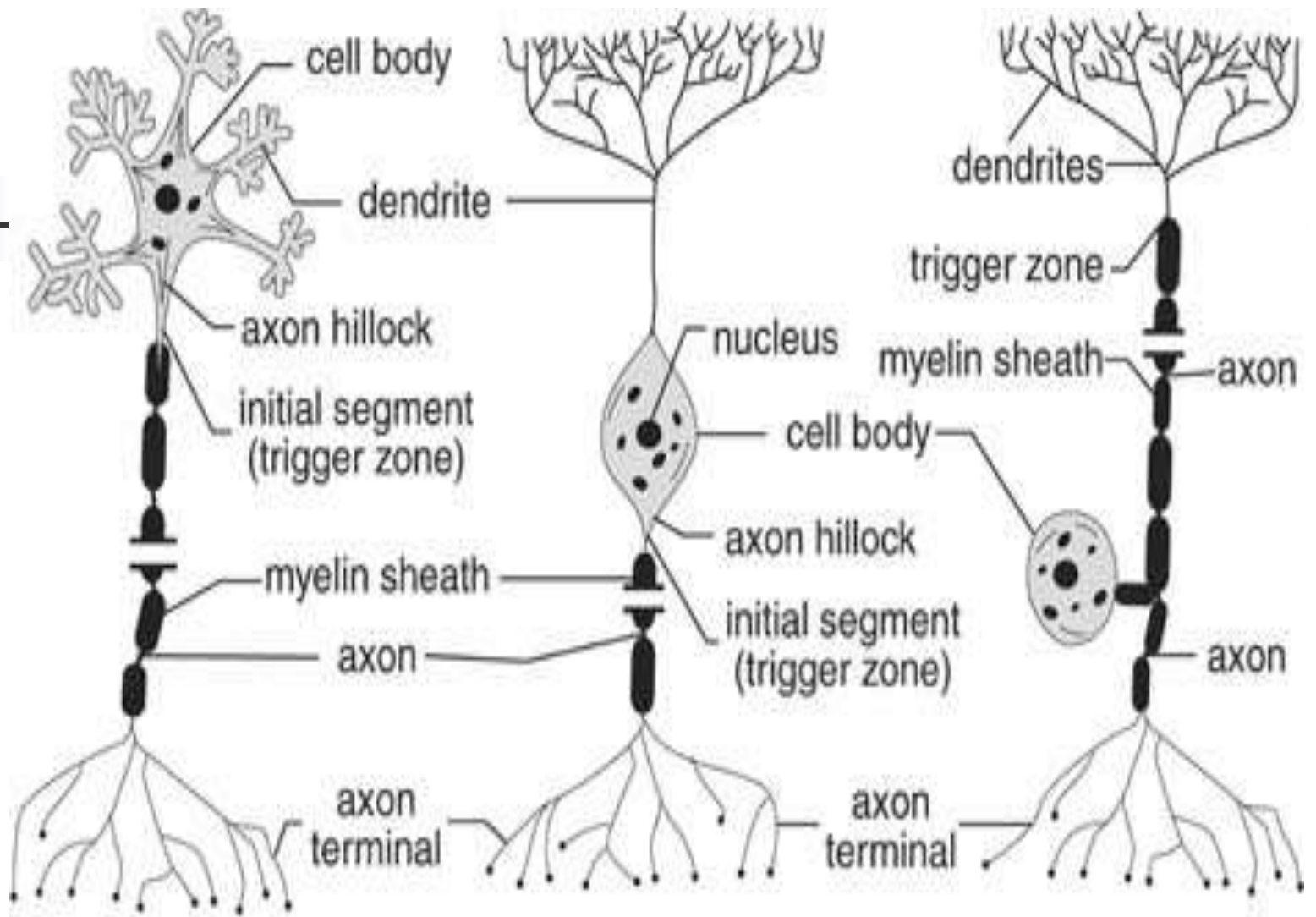
- Ganglion vestibular
- Ganglion koklear
- Neuron olfaktoris

- **Neuron pseudo-unipolar**

- Ganglion kraniospinal

- **Neuron multipolar**

- Neuron motoris kornu anterior medula spinalis
- Sel Purkinje di otak kecil
- Sel piramid pada korteks serebri



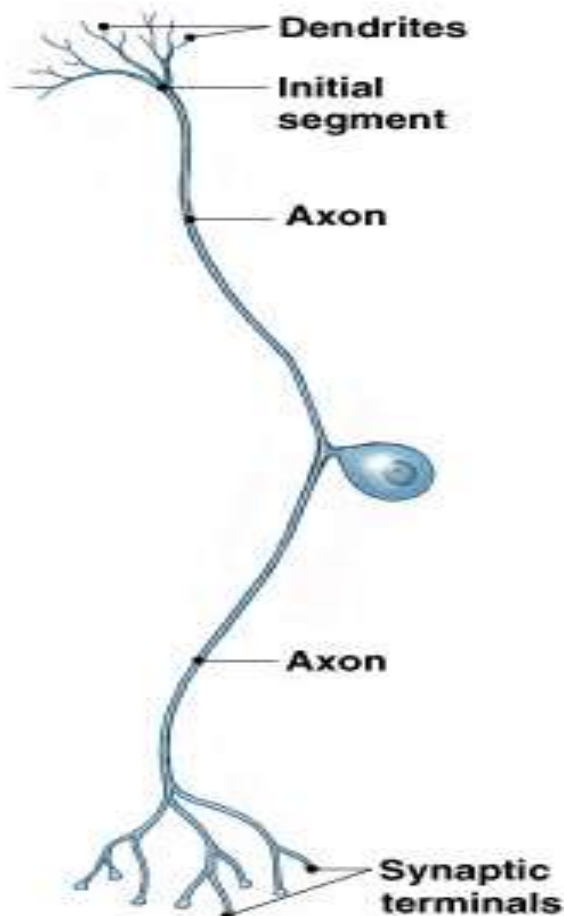
Multipolar Neuron

Bipolar Neuron

Unipolar Neuron

Neuron Pseudounipolar

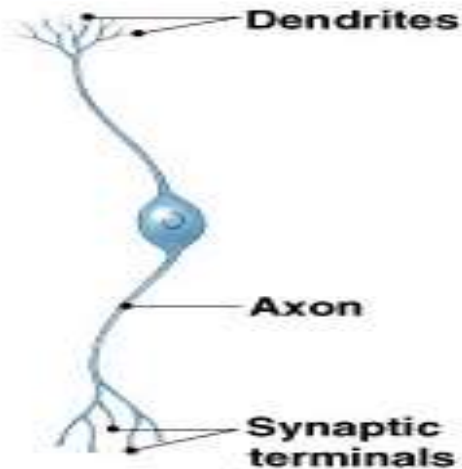
(c) Pseudounipolar neuron



- Memiliki satu cab dkt perikarion & trbagi menjadi 2 cab. Cab tsbt mbntk huruf T, 1 cab mjulur keujung perifer & lainnya trjular kSSP
- C : **Neuron unipolar/ pseudo-unipolar**
 - Neuron unipolar masa embrio
 - Ganglion kraniospinal

Neuron Bipolar

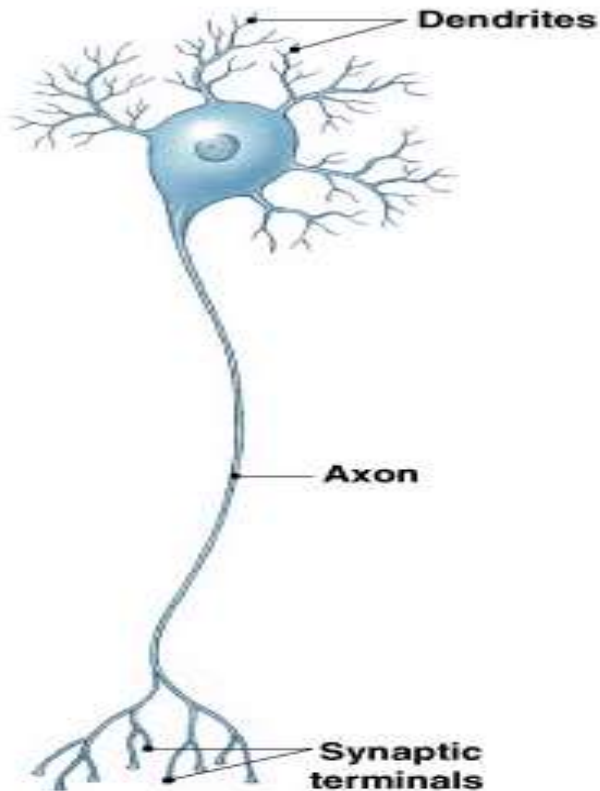
(b) Bipolar neuron



- Sel saraf brbntk kumparan dng 2 juluran yg masing2 keluar dr ujung perikarion (badan sel saraf)
- **Neuron bipolar**
 - Ganglion vestibular
 - Ganglion koklear
 - Neuron olfaktoris

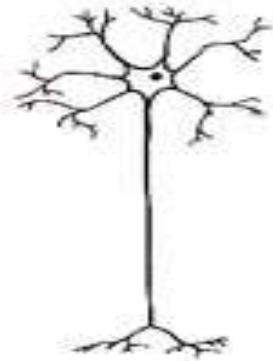
Neuron Multipolar

(d) Multipolar neuron



- Neuron berbentuk poligonal yg mempunyai banyak prosesus.
- Bentuk neuron ini merupakan bentuk yang paling banyak dijumpai ditubuh kita.
- **Neuron multipolar**
 - Neuron motoris kornu anterior medula spinalis
 - Sel Purkinje di otak kecil
 - Sel piramid pada korteks serebri

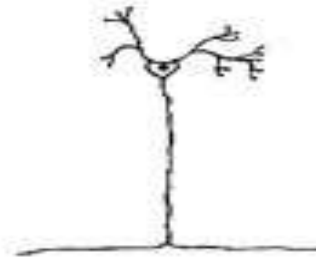
Macam Sel Saraf pada Manusia



Neuron simpatik



Sel purkinje



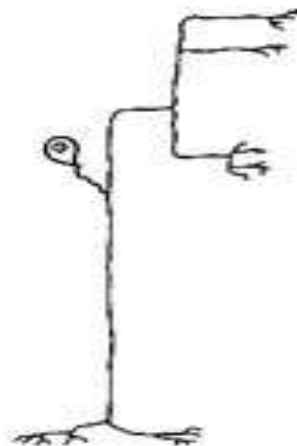
Sel granula



Neuron olfaktorius
(pembau)



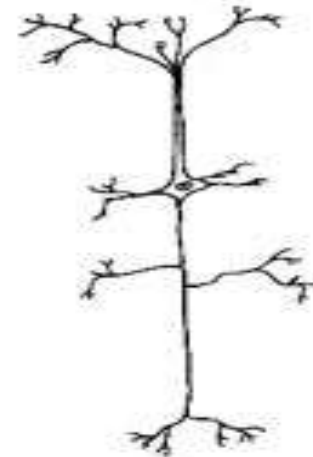
Neuron golgi



Neuron afferent



Neuron motorik

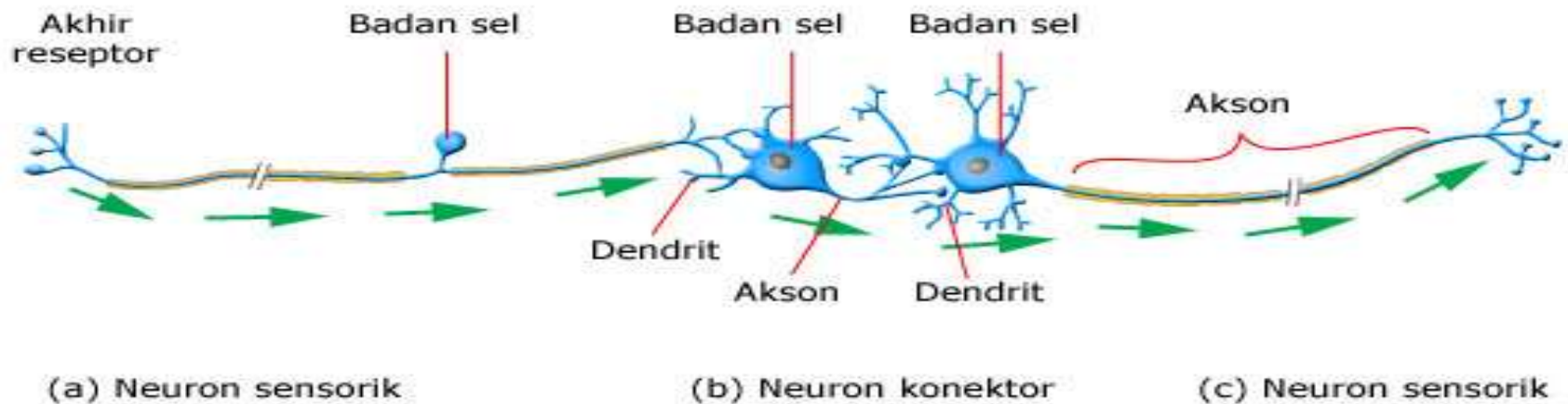


Sel piramid

Jenis Neuron

Berdasarkan peran Fungsionalnya :

- ❖ Neuron sensorik (sel saraf indra)
- ❖ Neuron motorik
- ❖ Neuron konektor (sel saraf penghubung)

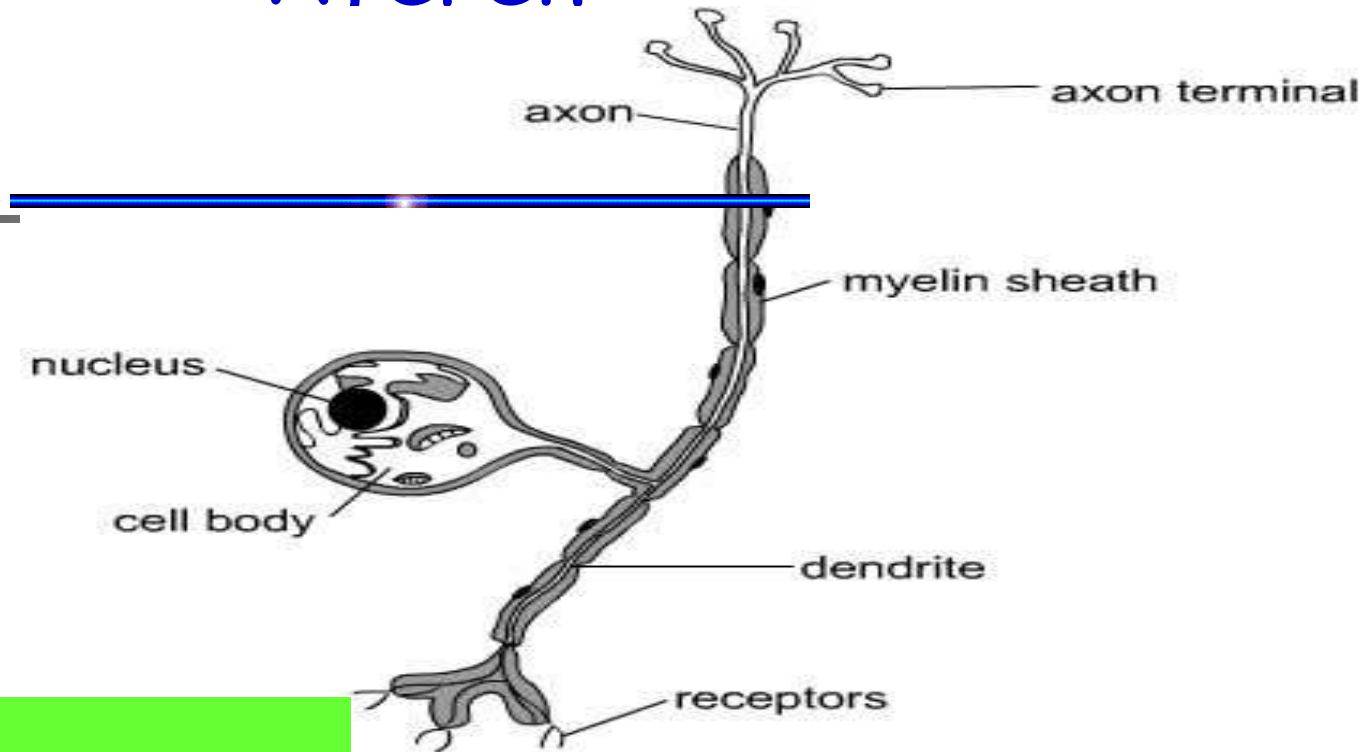




Sel Saraf Sensorik (aferen)

- Merupakan sel saraf yg berfungsi untk menghantarkan impuls dr reseptor (alat indera) menuju ke otak atu sumsum tulang belakang.
- Disbt jg neuron indera krn dendrit neuron ini bhubgn dng alat indera untk menerima impuls sdngkn aksonya brhubgn dng neuron lain.

Jenis Neuron Aferen



Fungsi:

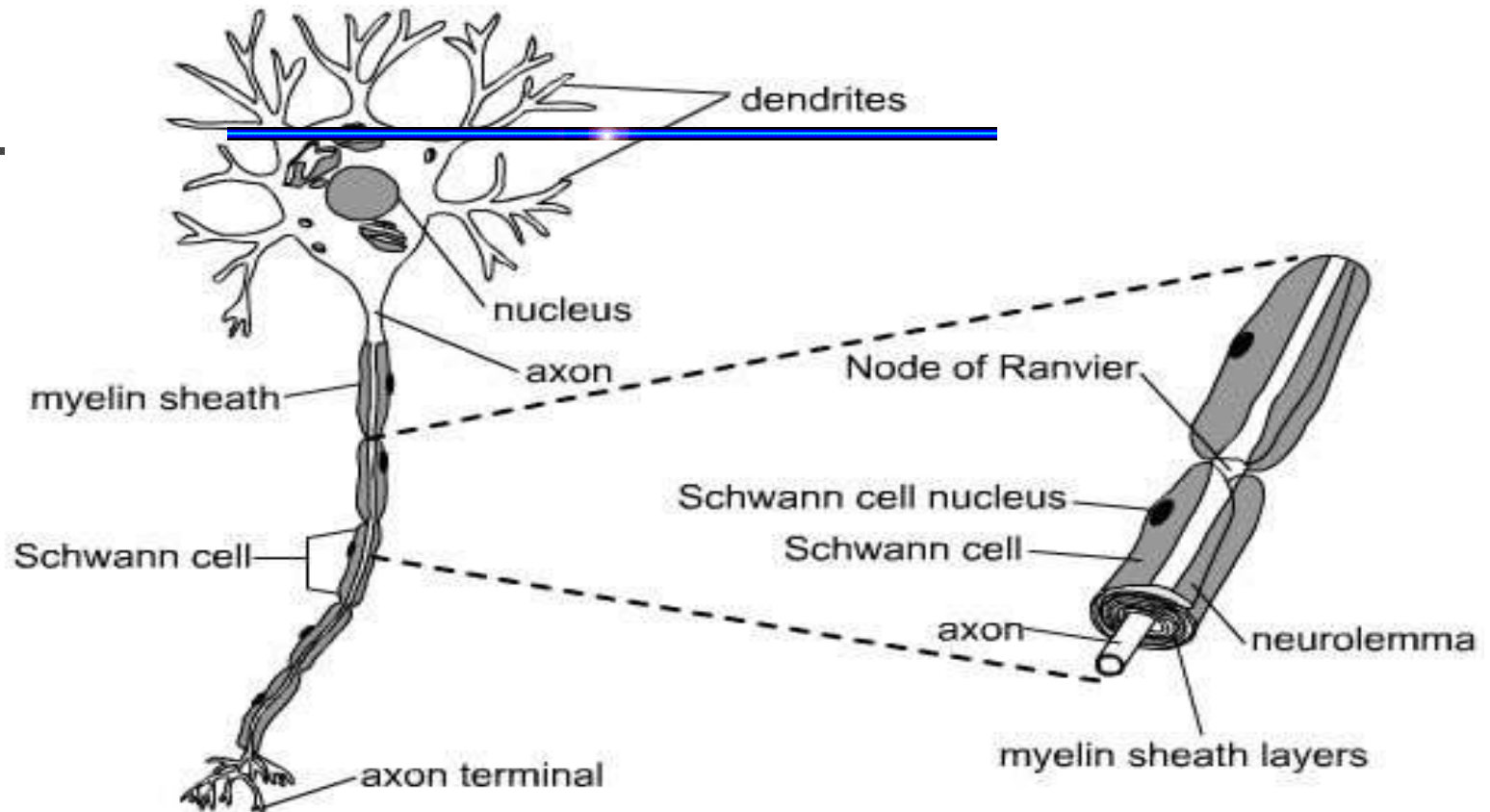
1. Hubungkan reseptor dengan sistem saraf pusat.
2. Membawa impuls dari reseptor ke sistem saraf pusat.



Sel Saraf Motorik (eferen)

- Mrpkan sel saraf yg berfungsi untk mbawa impuls dr **otak atau sumsum tulang belakang** menuju ke efektor (otot atau kelenjar dlm tubuh).
- Neuron ini disbt **neuron penggerak** krn neuron motorik dendritnya bhubgan dng akson lain sdngkan aksonnya bhubngan dng efektor yg berupa otot atau kelenjar.

Jenis Neuron Eferen



Fungsi:

1. Hubungkan sistem saraf pusat ke efektor.
2. Membawa impuls dari sistem saraf pusat ke efektor.



Sel Saraf konektor / Asosiasi

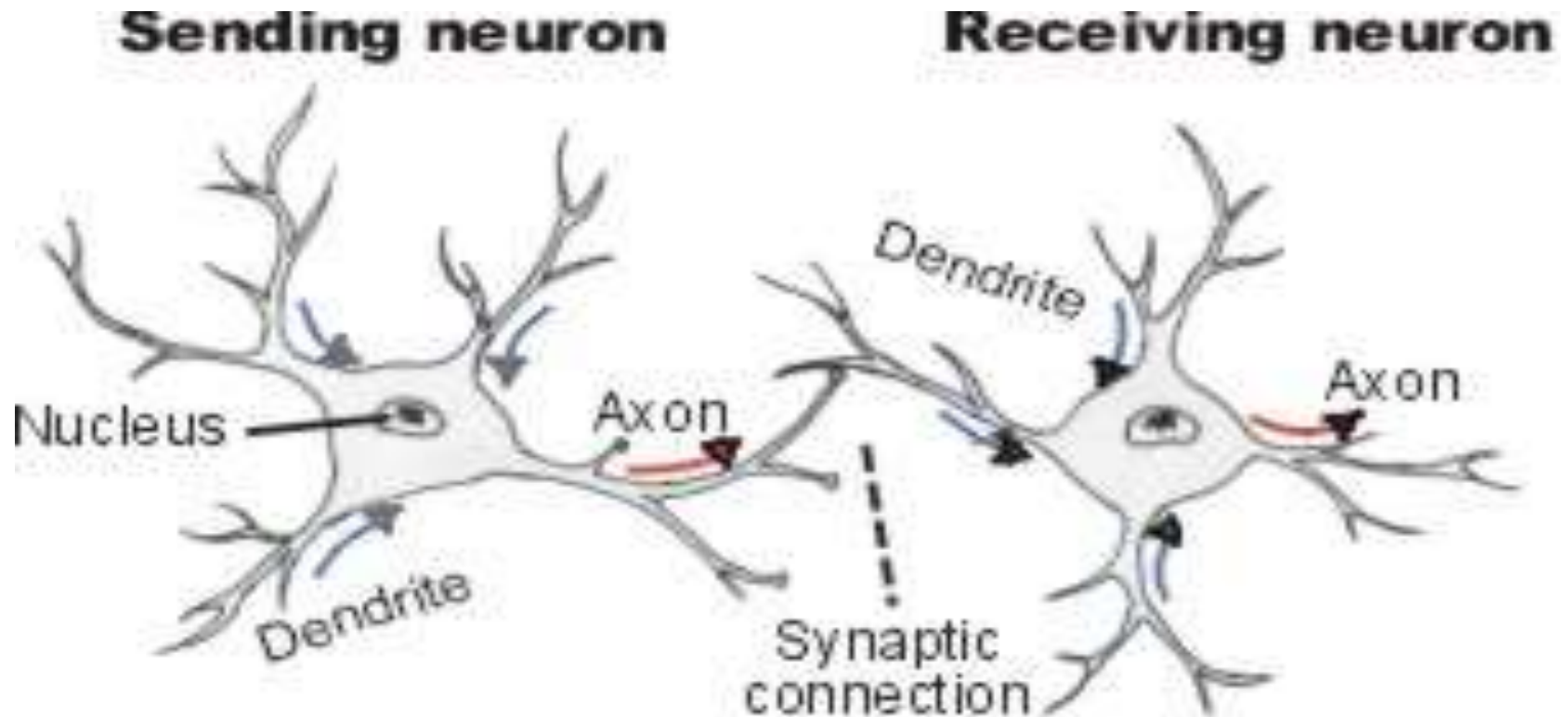
- Merupakan neuron berkutub banyak (*multipolar*) yang memiliki banyak dendrit & akson.
- Neuron konektor berfungsi untuk meneruskan rangsangan dari neuron sensorik ke neuron motorik.
- Neuron ini disebut **neuron penghubung** atau perantara karena ujung dendrit neuron yang satu berhubungan dengan ujung akson neuron yang lain.

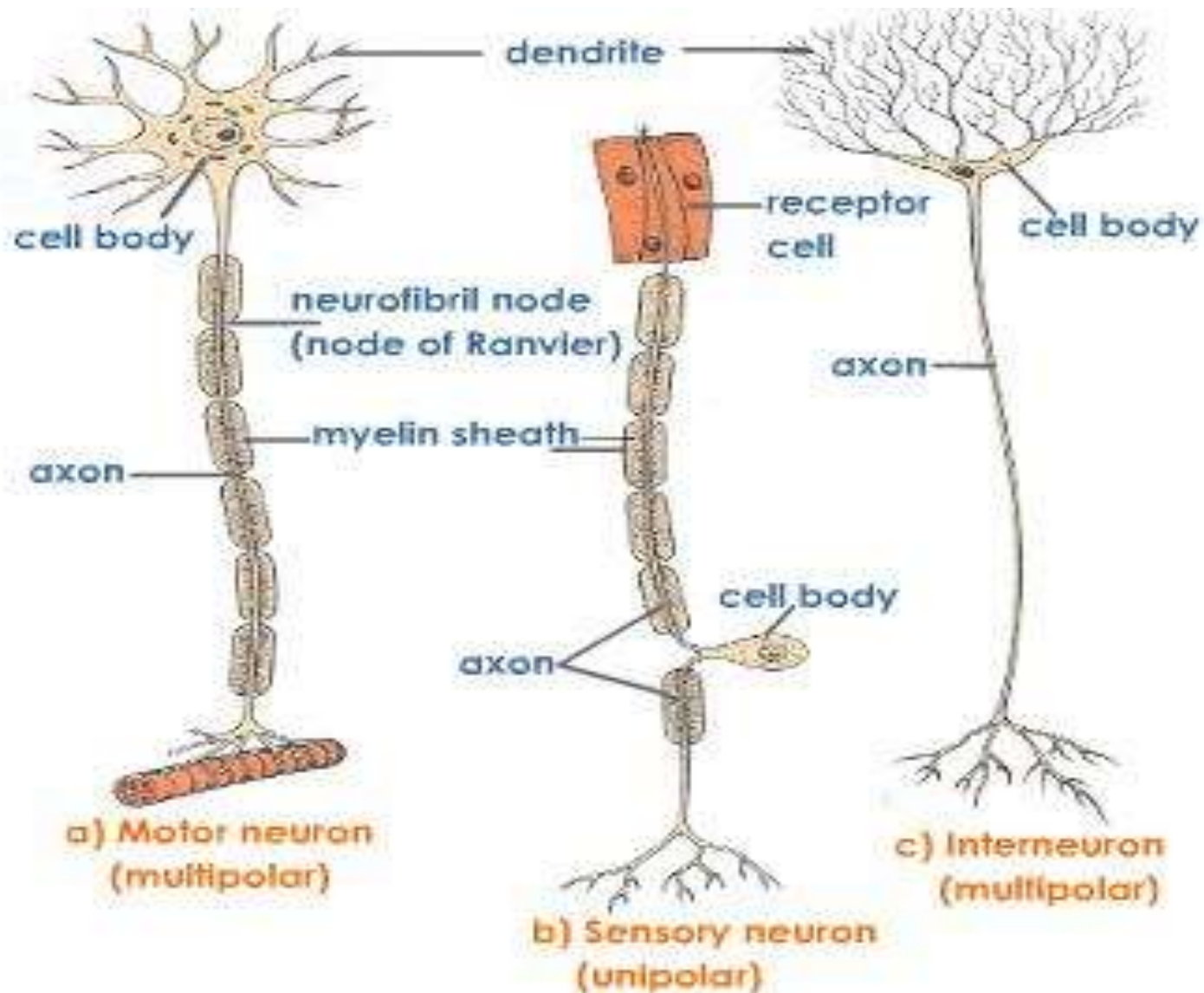
Fungsi:

1. sebagai pengantara neuron.
2. menghantar impuls dari neuron aferen ke neuron eferen.

Jenis Neuron

Interneuron





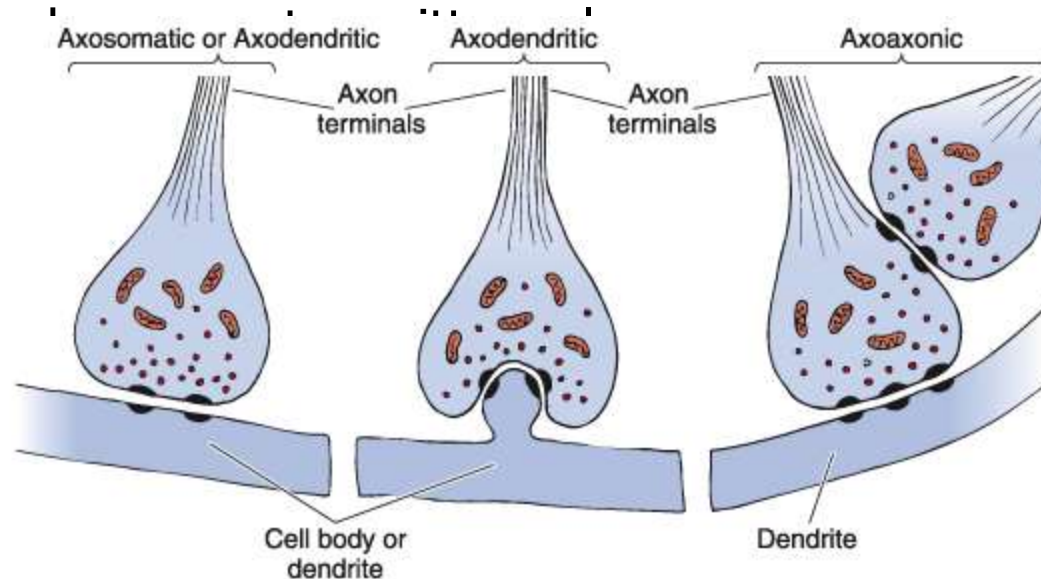


Sinaps

- Tempat brtemuya satu neuron dng neuron lain disbt sinaps
- Sinaps tdd:
 - **Sel presinaps** yg mengirim pesan
 - **Sel pascasinaps** yg menerima pesan
- Pengantar pesan di sinaps biasanya brupa neurotransmitter

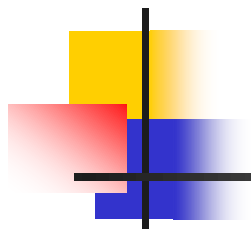
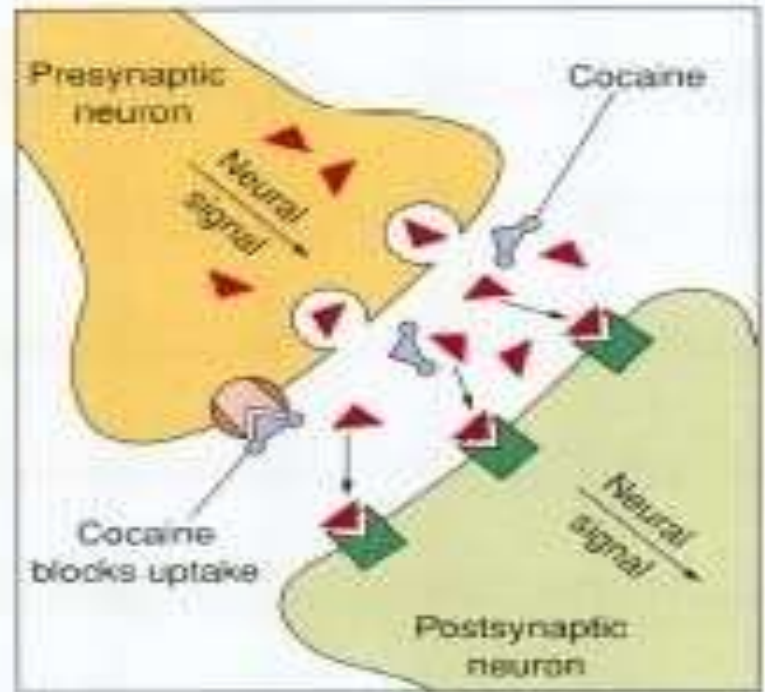
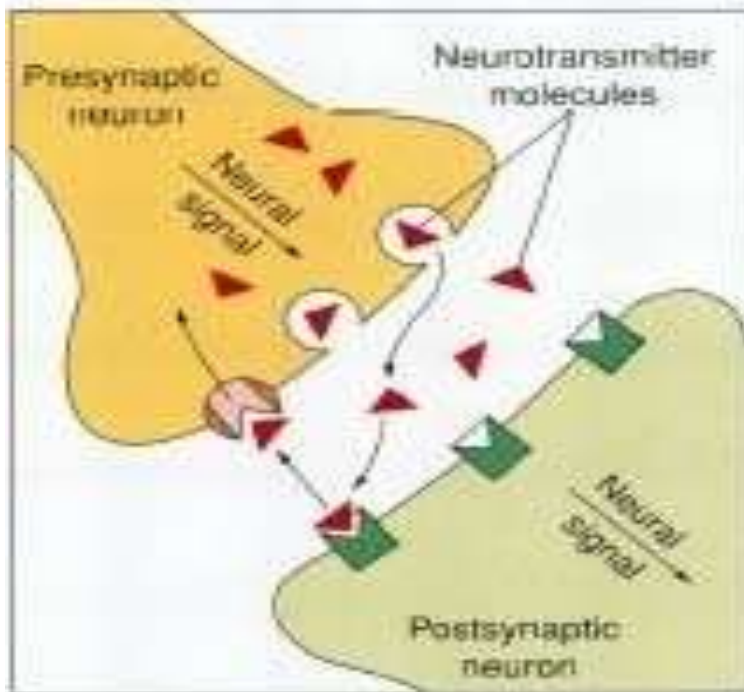
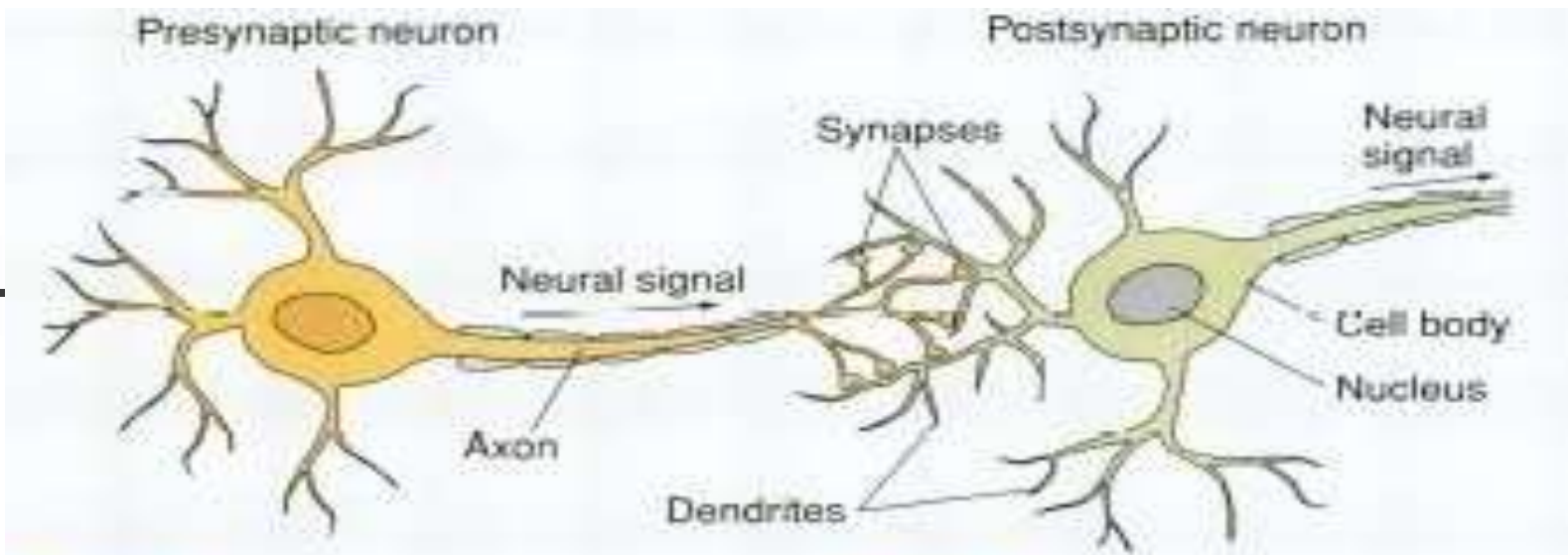
SYNAPS

- Penghubung sel saraf dengan sel saraf, atau dengan sel efektor lainnya (sel otot dan sel kelenjar)
- Mengubah electric signal (presynaptic) menjadi chemical signal (post synaptic)
- Melk



SINAPS

- Tempat transmisi impuls saraf dari satu neuron ke neuron lain atau dari neuron ke reseptor perifer
- Transmisi impuls saraf
 - Kimiawi
 - penerusan impuls saraf lewat senyawa kimia (neurotransmitter)
 - Paling umum
 - Neuron ke otot
 - Listrik
 - penerusan impuls saraf melalui ion-ion yang melintas bebas melalui saluran-saluran pada gap junction atau nexus
 - Jarang terdapat pada SSP mammalia
 - Ditemukan di beberapa tempat di batang otak, retina dan korteks serebrum





SINAPS

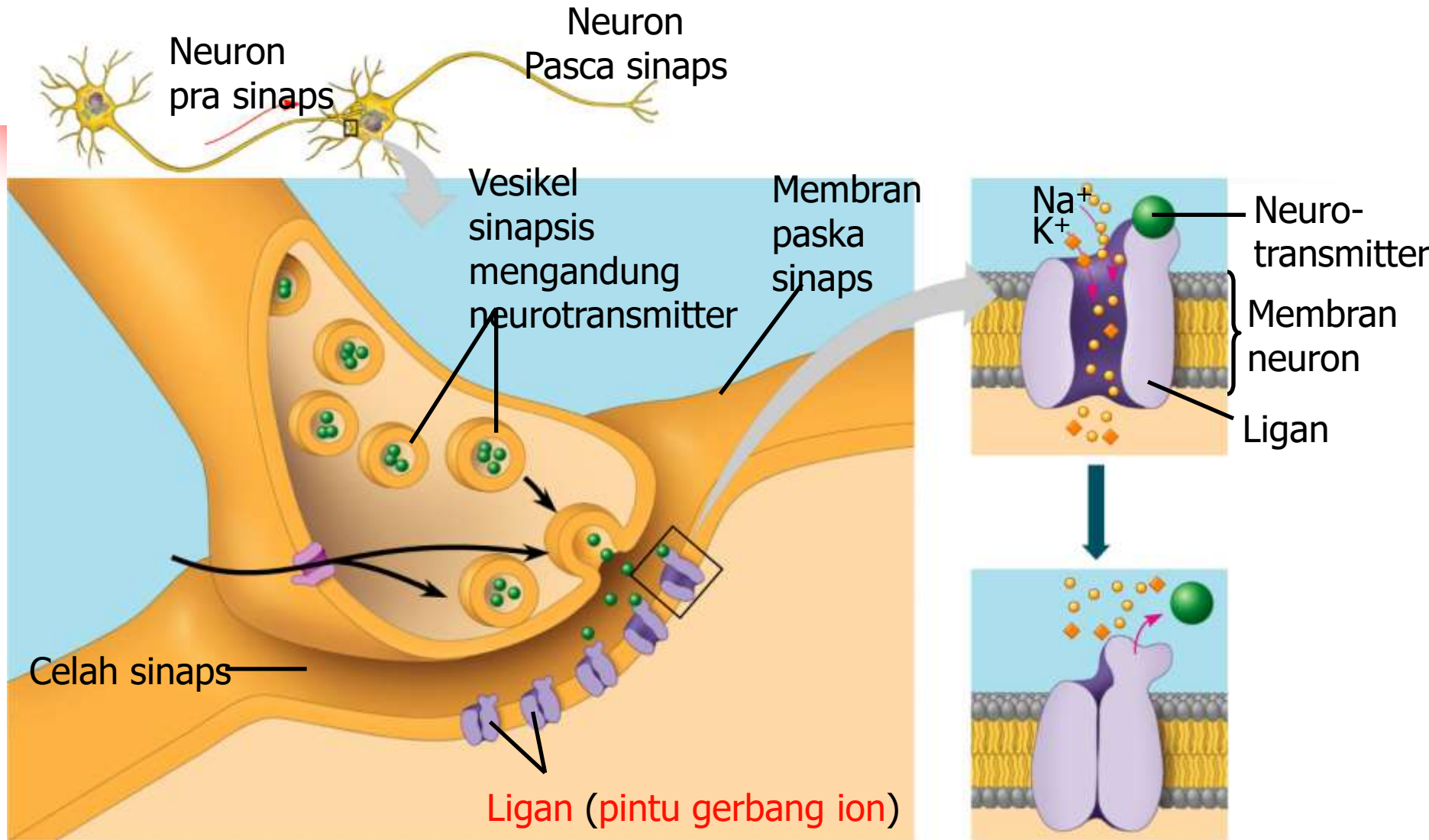
- **Komponen pembentuk**
 - **Pra-sinaps (bouton sinaps)**
 - Gelembung (vesikel sinaps) 40-60 nanometer
 - neurotransmitter
 - **Celah sinaps**
 - Lebar 20-30 nanometer
 - Filamen-filamen halus
 - **Post-sinaps**
 - Reseptor neurotransmitter



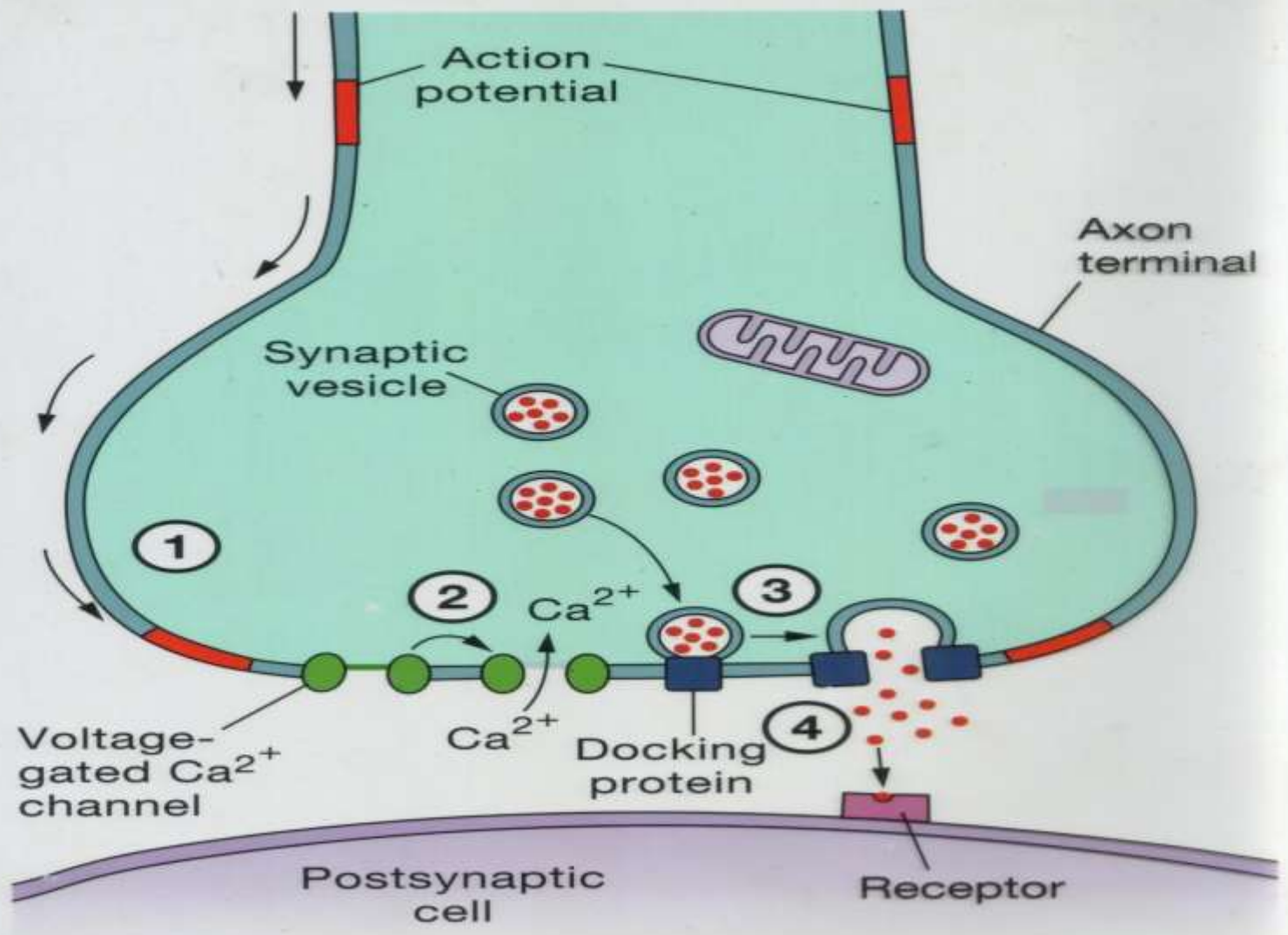
Lanjutan...

- Sel presinaps : neuron
- Sel pascasinaps : neuron (di bg dendrit, soma, atau sepanjang akson) atau jenis sel lain
- Sinaps antara neuron-otot: neuromuscular junction
- Sinaps antara neuron-kelenjar neuroglandular junction

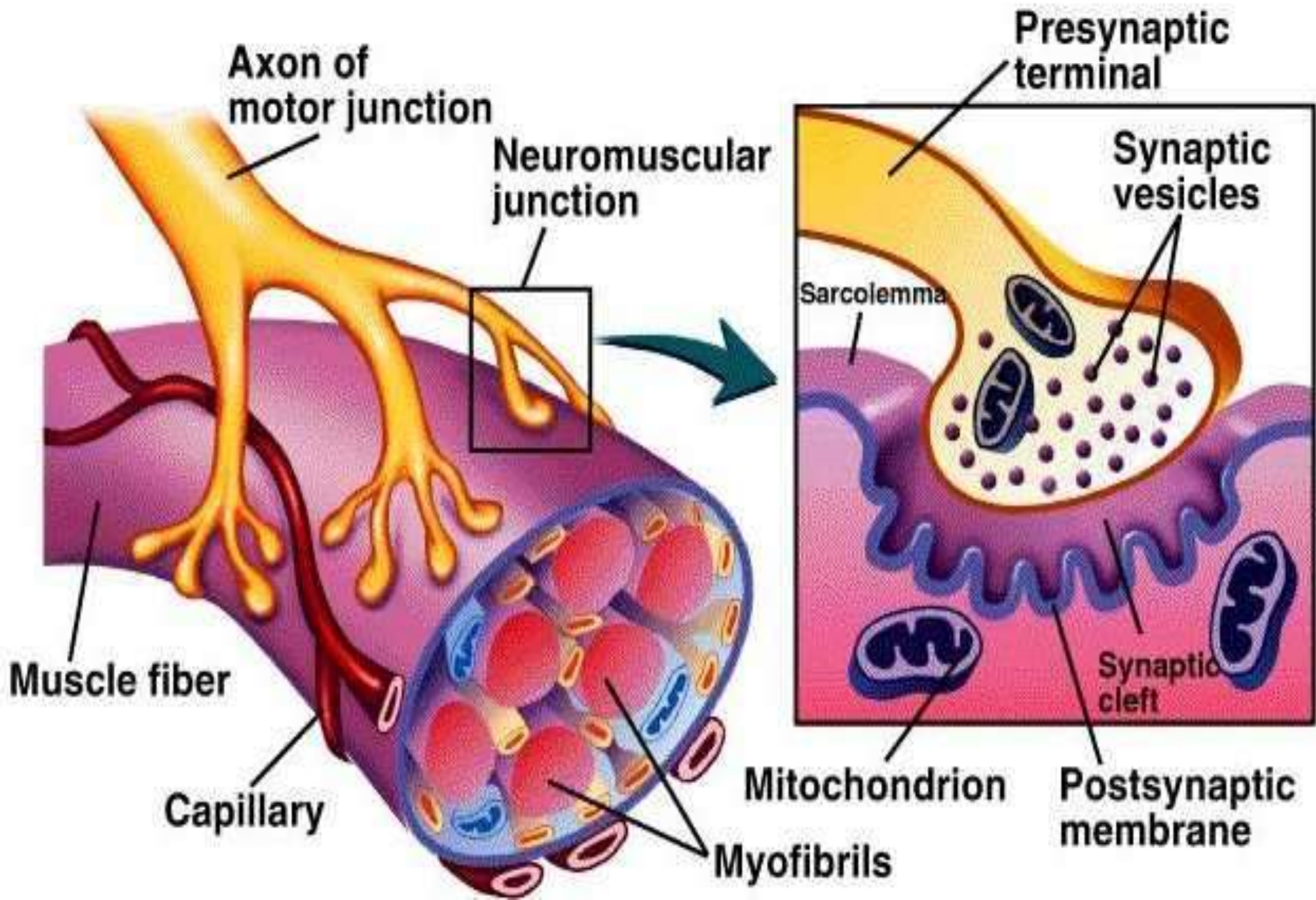
Sinapsis



Gambar 5 :
Sinapsis



Neuromuscular Junction





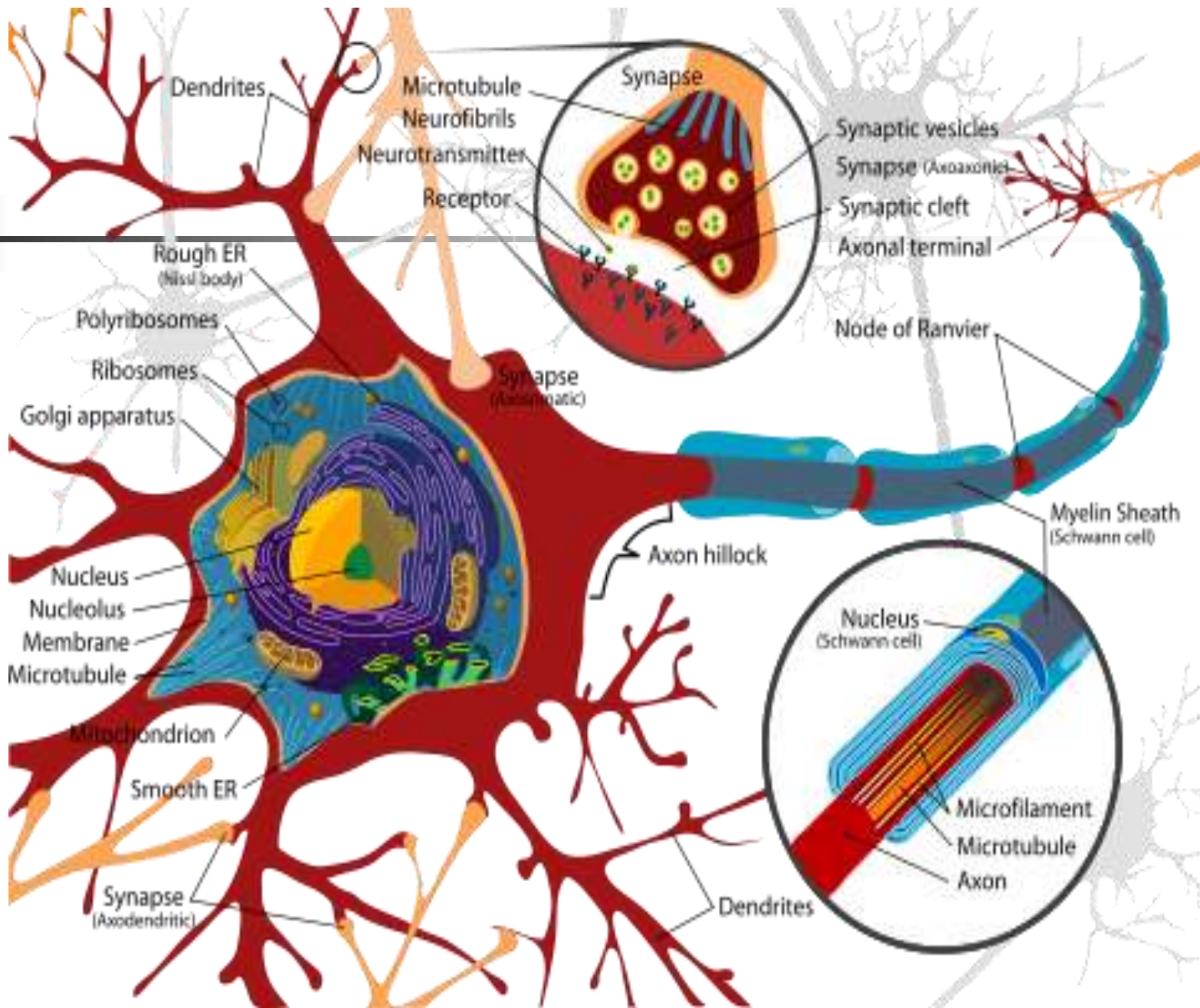
SINAPS

- **Jenis Sinaps**
 - **Akso-dendritik**
 - **Akso-somatik**
 - **Akso-aksonik**
 - **Dendro-dendritik**
 - **Akson-serat otot**



Lanjutan....

- Jika sbuah akson mbentuk sinaps dgn badan sel → *Sinaps aksosomatik*
- Jika sbuah akson mbentuk sinaps dgn dendrit → *Sinaps aksodendrit*
- Jika sbuah akson mbentuk sinaps dgn akson → *Sinaps aksoaksonik*



SINAPS



■ Neurotransmitter

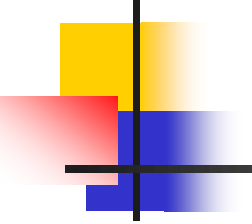
- Disintesa di pe rikarion atau dekat dengan ujung akson
- Macam-macam neurotransmiter
 - Asetil kolin
 - Norepinefrin
 - Gamma amino butyric acid
 - Enkefalin

SINAPS

■ Transmisi impuls saraf pada sinaps

- aksi potensial yang tiba di ujung akson akan membuka kanal ion kalsium.
- Ion kalsium kemudian akan masuk ke dalam ujung akson.
- Disamping itu ion natrium dan senyawaan kolin serta senyawaan asetat juga akan masuk ke dalam akson lewat pompa natrium.
- Senyawa asetat akan di aktivasi menjadi ko-enzim A di dalam mitokondria.
- Kolin bersama asetil ko-enzim A (dihasilkan oleh mitokondria) dan enzim kolin asetil transferase akan membentuk asetil kolin.

SINAPS

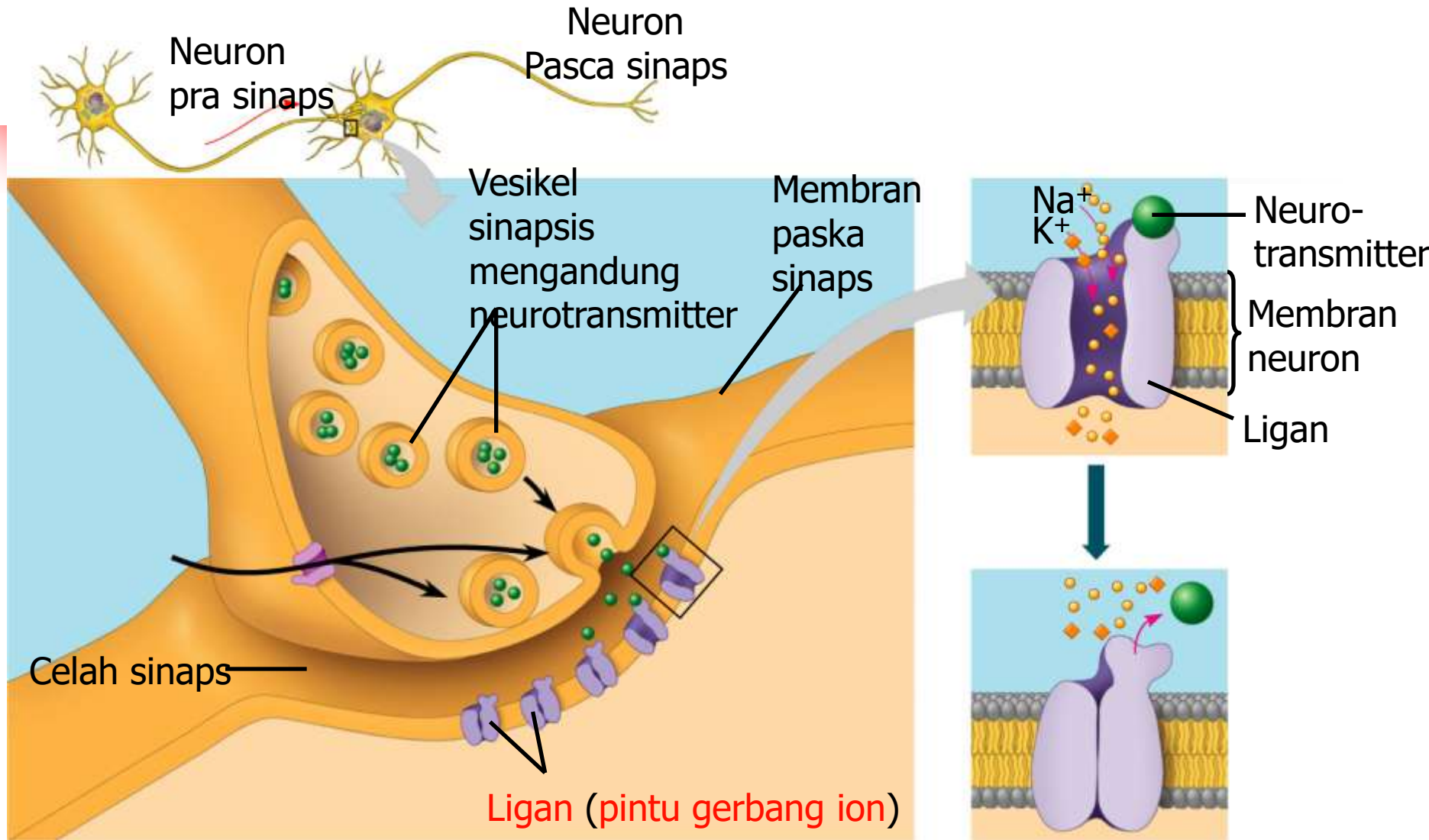
- 
- Asetil kolin kemudian akan dibungkus oleh membran vesikel sinaps yang diinternalisasi kembali lewat proses endositosis membentuk vesikel sinaps. Kedalam vesikel ini juga dimasukkan ATP sebagai sumber energi.
 - Vesikel sinaps lalu bergerak ke membran akson terminal (bouton terminaux), menyatu dengan membran akson. Proses ini distimulus oleh ion kalsium
 - Neurotransmitter akhirnya akan dikeluarkan ke dalam celah sinaps lewat proses eksositosis

SINAPS

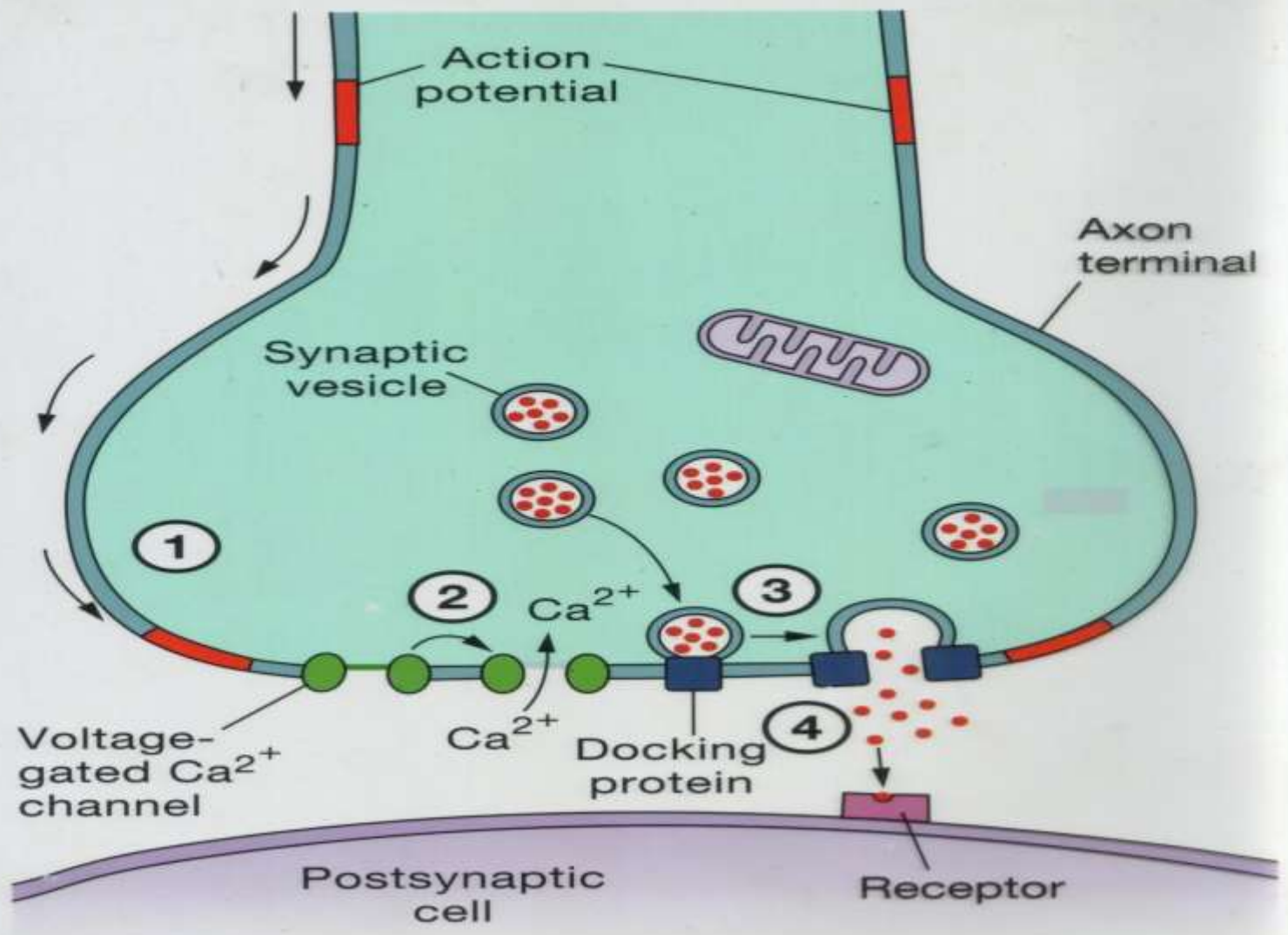


- **Asetilkolin kemudian akan berikatan dengan reseptornya di post-sinaps.**
- **Penyatuan asetil kolin dengan reseptornya akan menimbulkan respons listrik di neuron post- sinaps**
- **Ensim asetil kolin-esterase akan melepaskan ikatan asetil kolin dengan reseptornya dan menghidrolisis asetil kolin menjadi senyawaan kolin dan asetat.**
- **Asetat dan kolin dapat masuk kembali ke ujung akson dan dipergunakan untuk membentuk vesikel sinaps yang baru**
- **Membran vesikel sinaps juga akan dipergunakan kembali untuk membuat vesikel yang baru dengan proses endositosis.**

Sinapsis



Gambar 5 :
Sinapsis





DEGENERASI
&
REGENERASI
SEL SARAF

Degenerasi dan Regenerasi Sistem Saraf

- Sel2 saraf baik pd SSP ataupun SST sejak dahulu dianggap tdk dpt mbelah diri pd individu yg tlh slsai pkembangn sistem sarafnya.
- Hasil2 penelitian pd akhir ini mnjukn bhw kemungkinan besar sel saraf trsbt masih dpt mbelah diri walaupun sngt lamban.
- Sel saraf pd sistem saraf pusat, jk mgalami trauma yg mhancurkn, mk tdk dpt diganti baru krn sel trsbt tdk dpt bproliferasi kembali.
- Serat saraf tepi jk mgalami trauma (luka atu terpotong), sel trsbt akn brusaha mperbaiki, mlakukan regenerasi juluran saraf yg rusak & mperbaharui fungsinya slama bgn perikarion tdk mgalami kerusakan.



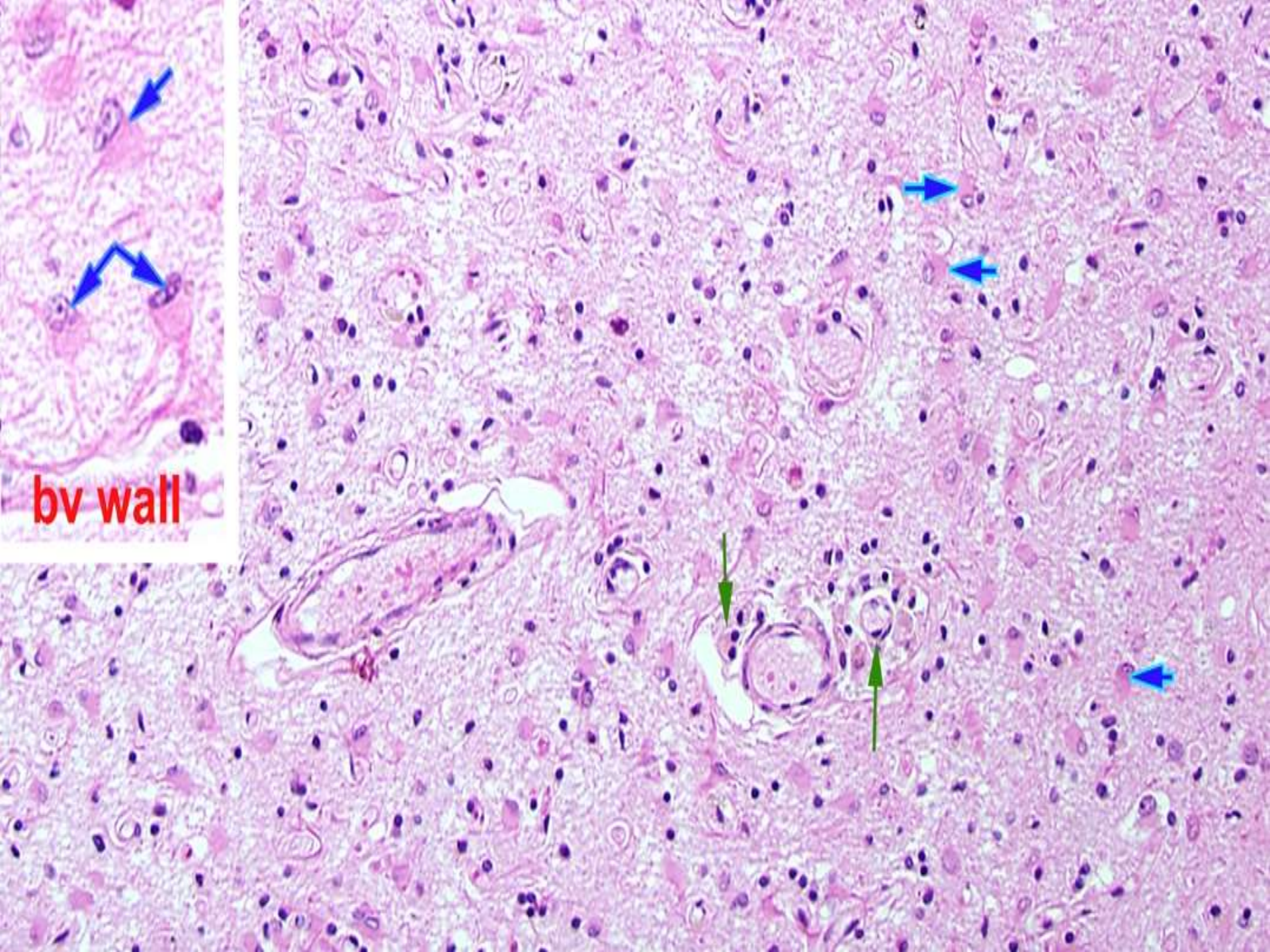
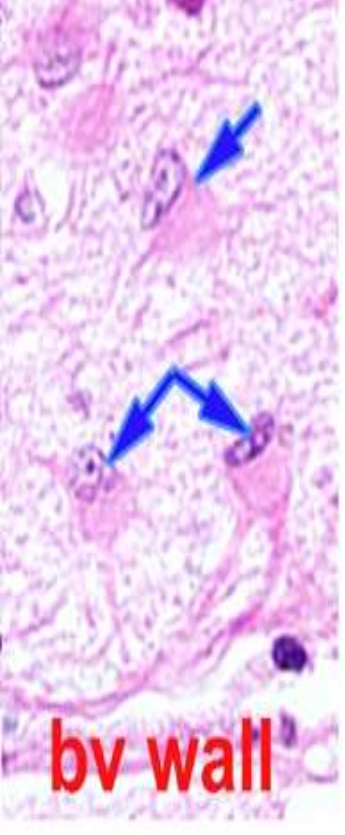
Lanjutan....

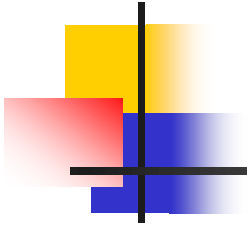
- Neuron memiliki keterbatasan kemampuan dlm beregenerasi jika terjadi kerusakan.
- Jika terjadi kerusakan berat pd saraf perifer hanya sedikit akson yang mampu memperbaiki diri fungsi saraf terganggu
- Sel schwann berperan dlm perbaikan saraf perifer yg rusak.
- Regenerasi di SSP lebih terbatas karena:
 - Akson yg terlibat lebih banyak,
 - Astrosit membentuk jaringan parut yang dpt mencegah akson tumbuh melewati area yg rusak
 - Astrosit melepaskan zat kimia yg menghambat pertumbuhan akson kembali



Lanjutan...

- Sel saraf yg rusak didlm SSP akn difagositosis olh makrofag yg khas yaitu *mikroglia*.
- Ruang2 yg tlh dbersihkan lwt proses fagositosis kmd akan diduduki olh sel2 glia yg brproliferasi scr besar2an mbntk *parut glia (Glial scar)*.
- Adanya glial scar ini mghalangi proses prbaikan, shgga merusakkan sel saraf didlm SSP a/ permanen & tdk dpt diperbaiki





SYSTEMA NERVOSUM

SYSTEMA NERVOSUM CENTRALE

ENCEPHALON
MEDULLA SPINALIS

SYSTEMA NERVOSUM PERIPHERICUM

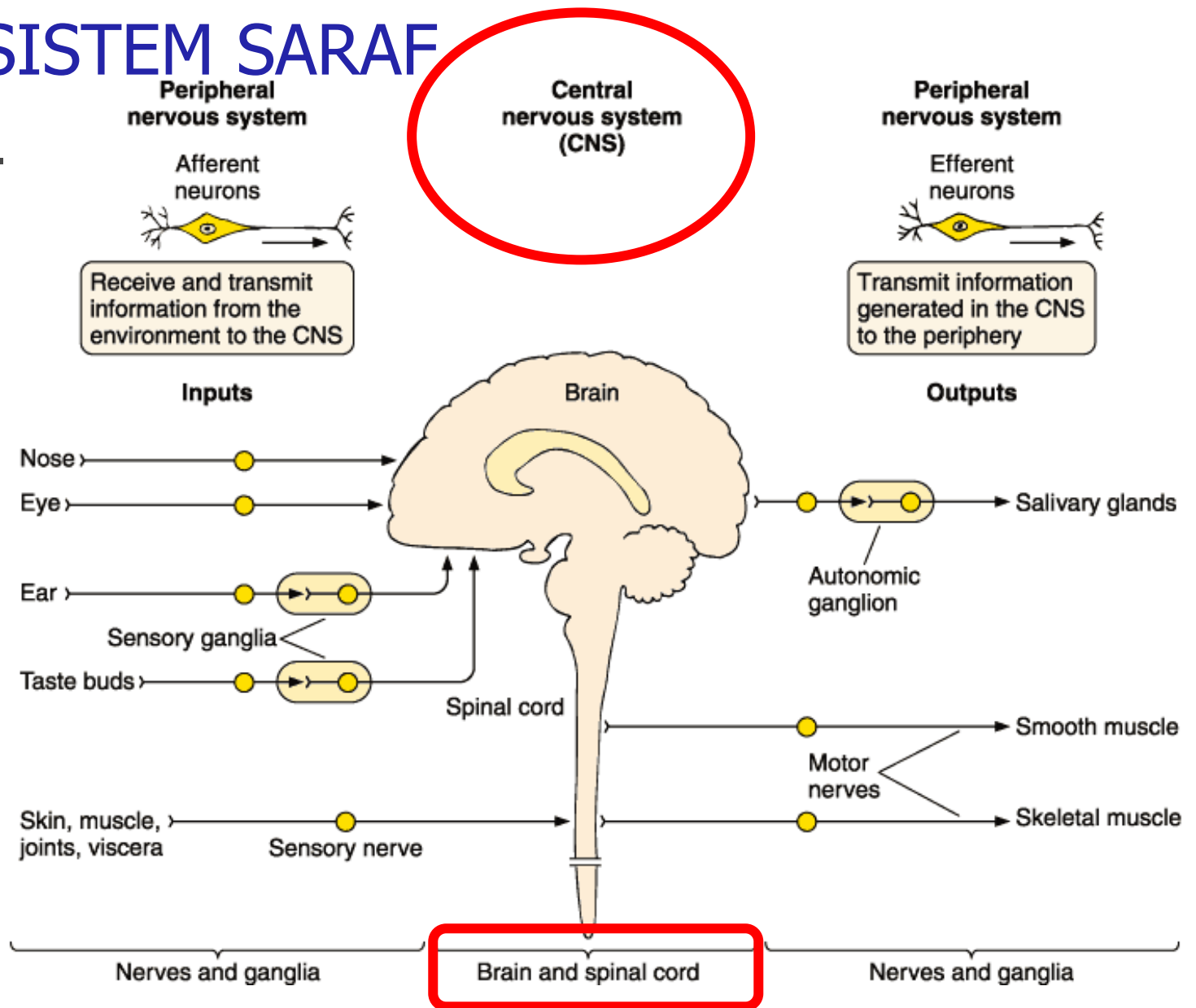
NN.CRANIALES
NN.SPINALES

SYSTEMA NERVOSUM AUTONOMICUM

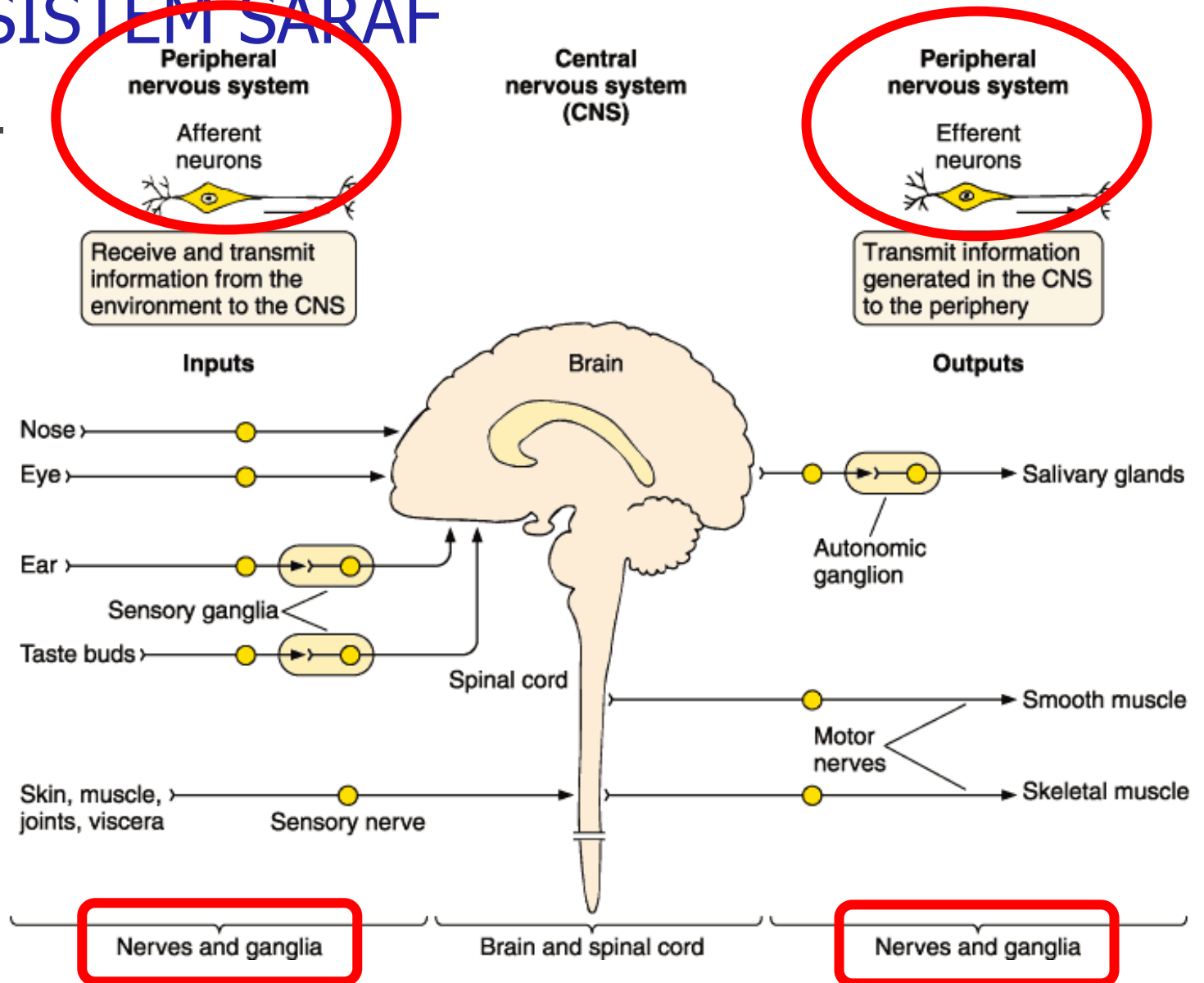
* SYST.SYMPATHICUM
**SYST.PARASYMPATHICUM

Pusat di : * Segmen thoracolumbalis
** Segmen craniosacralis

SISTEM SARAF



SISTEM SARAF





SUSUNAN SARAF

- Susunan saraf pusat
- Susunan saraf perifer

Susunan Saraf Pusat



- Otak dan medula spinalis

- Fungsi

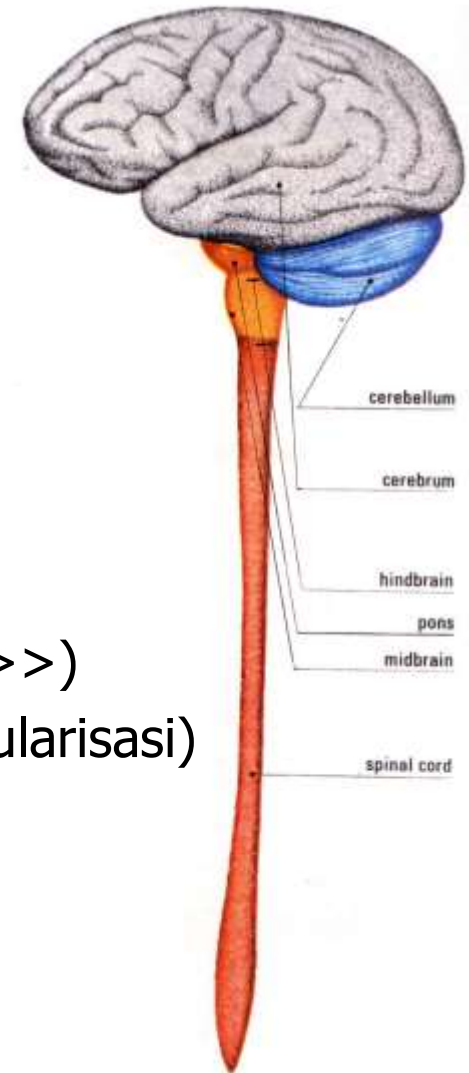
- menerima, mengintegrasikan, mengolah dan memberi jawaban terhadap semua rangsang yang diterima baik yang berasal dari dalam maupun luar tubuh.
- Menyimpan impuls yang diterima sebagai memori

SISTEM SARAF PUSAT

- Cerebrum
- Cerebellum
- Medula spinalis

Dibungkus oleh meninges:

- Duramater
- Pia-arachnoid :
 - piamater (vaskularisasi >>)
 - arachnoid (tidak ada vaskularisasi)





SISTEM SARAF PUSAT (2)

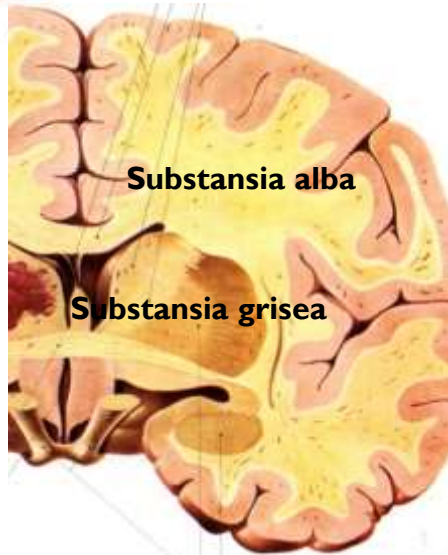
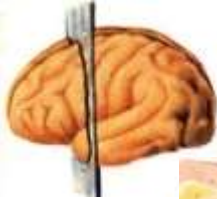
Makroskopis :

- White matter (substansia alba)
- Gray Matter (substansia grisea)

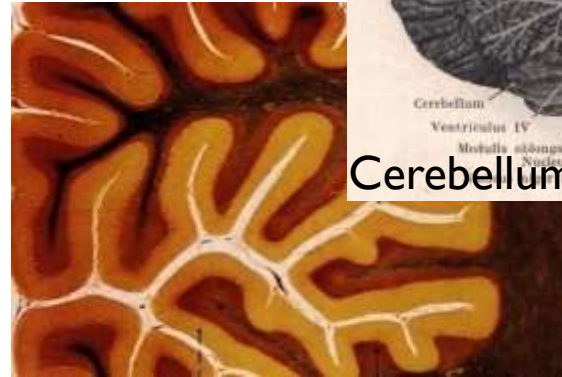
Mik

- | | |
|---------------------------|---|
| • serabut saraf bermielin | • serabut saraf bermielin dan tidak bermielin |
| • astrosit fibrosa | • astrosit protoplasmik |
| • oligodendrosit | • oligodendrosit |
| • mikroglia | • mikroglia |
| | • badan sel neuron |

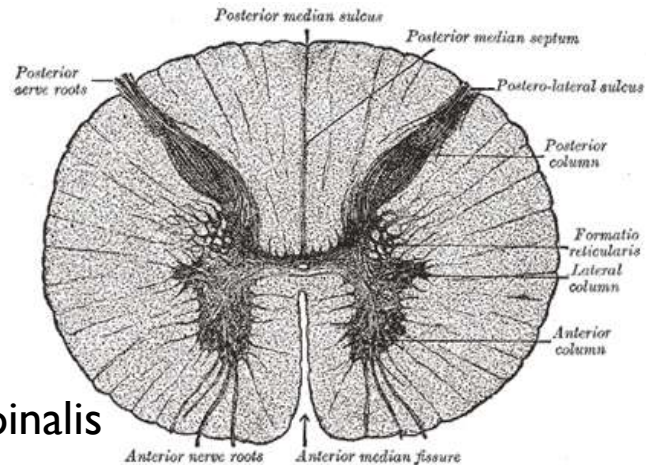
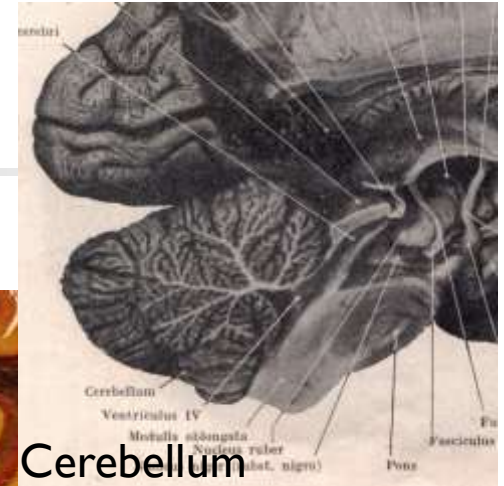
SISTEM SARAF PUSAT (3)



Cerebrum



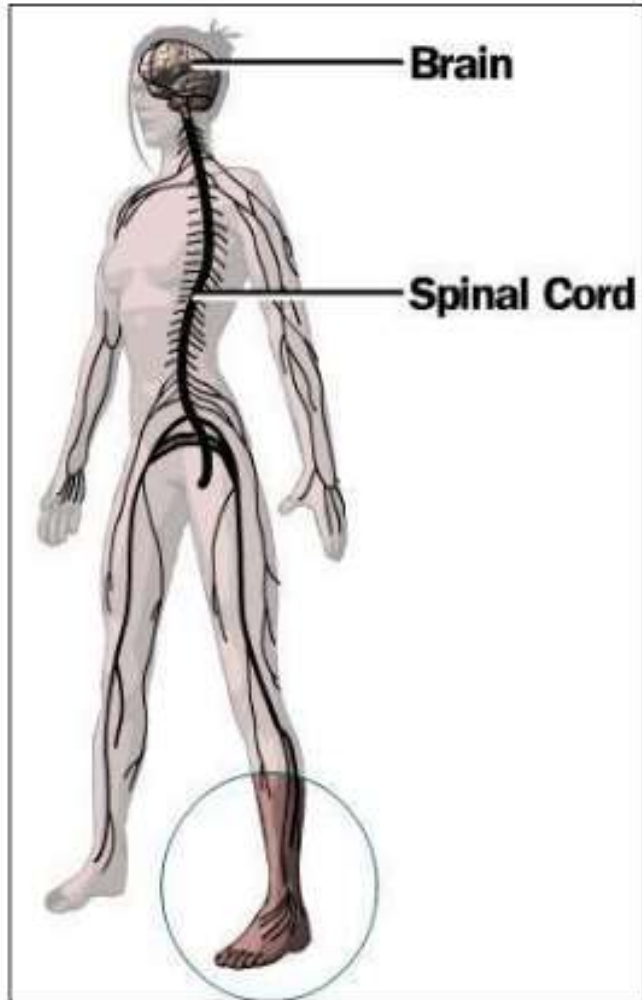
Cerebellum



Medula spinalis



THE CNS



- **Consist of :**
 - Cerebrum
 - Cerebellum
 - Spinal cord
- **No connective tissue → soft, gel like**
- **When sectioned :**
 - White matter
 - Gray matter
- **Covered by meninges**

Susunan Saraf Pusat



- Struktur histologis

- Neuron

- Medula Spinalis ----- Kolumna berbentuk huruf H (Substansia grisea)
- Otak ---- Korteks Serebri dan Serebellum (substansia grisea) dan nukleus

- Neuroglia

- Serat saraf - - - - Traktus

- Struktur tambahan

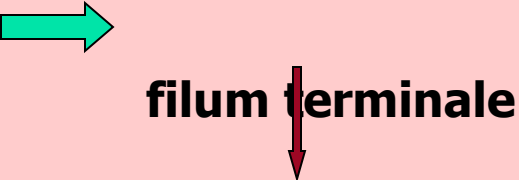
- Pembuluh darah
- Likwor serebrospinal (LCS)
- Selaput otak



Susunan Saraf Pusat

- Terdiri atas 2 lapisan
 - Substansia grisea (abu-abu)
 - Perikarion
 - Serat saraf tak bermielin
 - Substansia alba (putih)
 - Serat saraf bermielin
 - Dendrit

MEDULLA SPINALIS

- Dif: Merupakan bagian SNC yang terdapat di **canalis vertebralis**
 - Mulai setinggi for.magnum s/d. setinggi VL1-2 **conus medullaris**
 - Terdiri atas: 8 segmen cervicales
12 segmen thoracales
5 segmen lumbales
5 segmen sacrales
1 segmen coccygeus
 - Terbagi: a). **Subst. alba**: fun.anterior,
fun.lateralis dan
fun.posterior
b). **Subst.grisea**: columna grisea anterior ... cornu anterius
columna grisea lateralis ... cornu laterale
columna grisea posterior ... cornu posterius
canalis centralis
- 

PENAMPANG MELINTANG MEDULLA SPINALIS

■ BAGIAN LUAR SBG **SUBSTANTIA ALBA**

FUNICULUS ANTERIOR
mengandung

FUNICULUS LATERALIS

FUNICULUS POSTERIOR

o.k. banyak

tractus/fasciculus dng
ser. bermyeline

■ BAGIAN TENGAH SBG **SUBSTANTIA GRISEA**, BERBENTUK KUPU-KUPU DNG DI TENGAHNYA ADA **CANALIS** **CENTRALIS**

COLUMNA GRISEA ANTERIOR

COLUMNA GRISEA LATERALIS

COLUMNA GRISEA POSTERIOR

cornu anterius

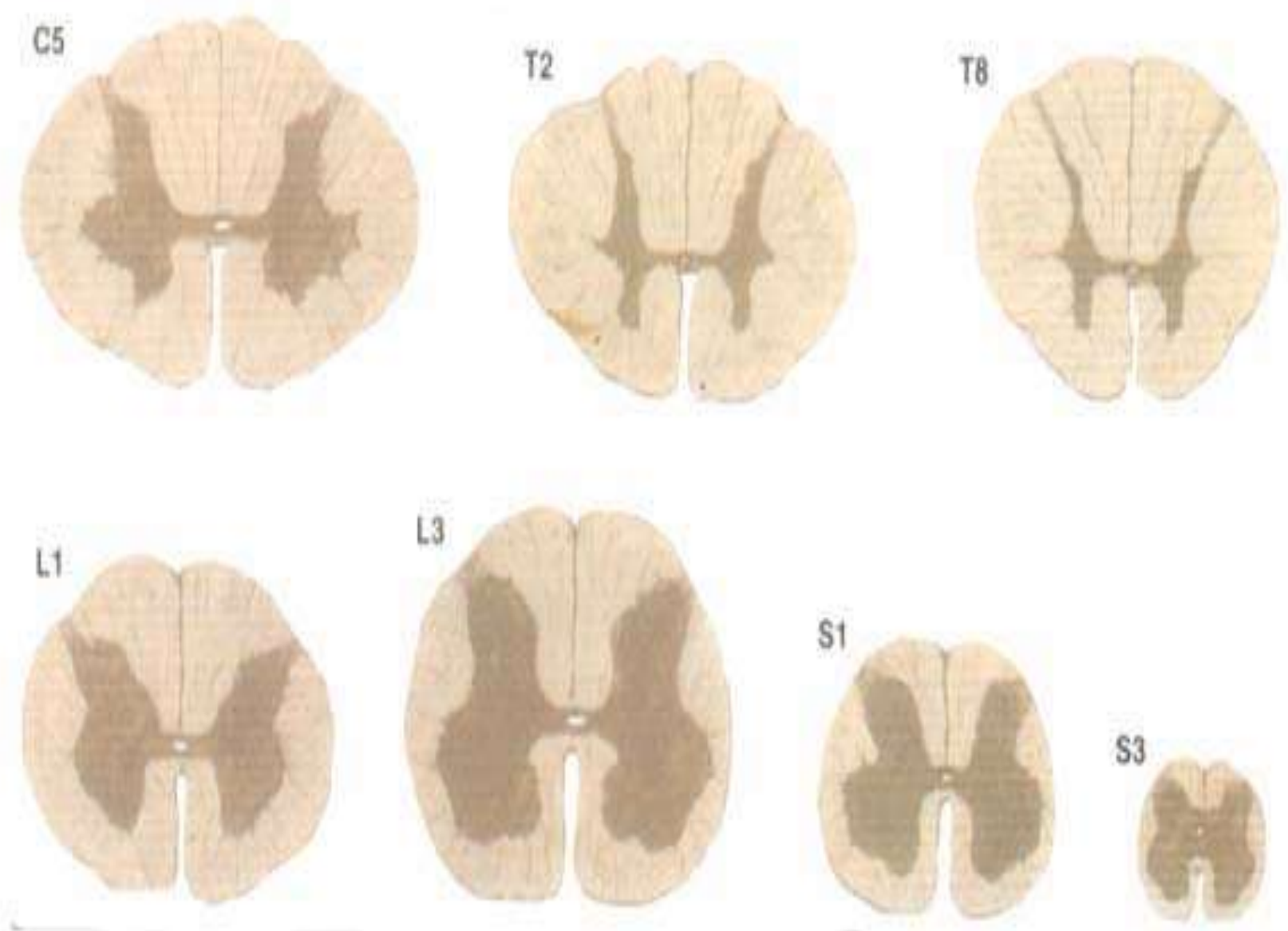
cornu laterale

cornu posterius

banyak sel saraf

banyak vasa darah

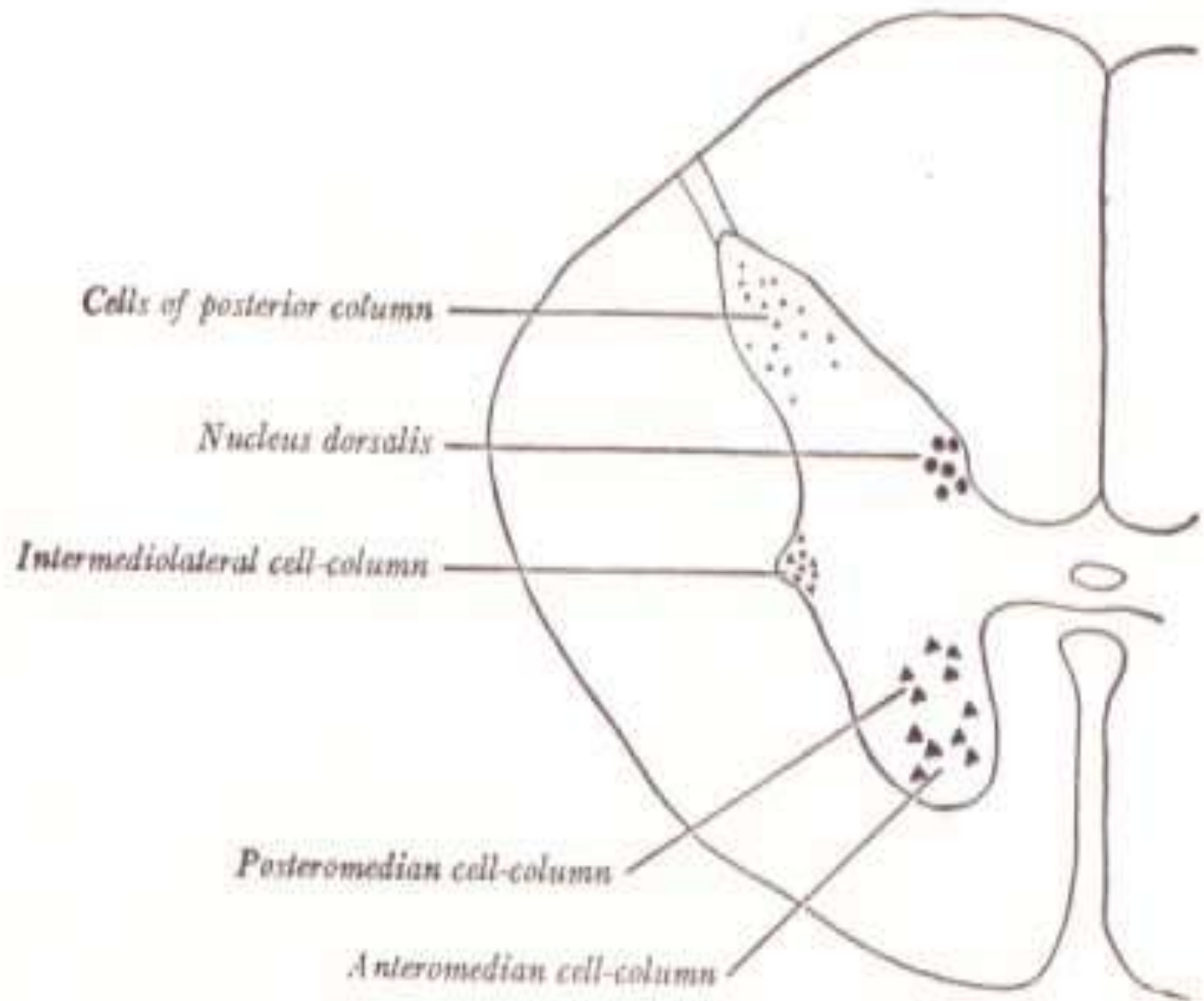
ser.tidak bermyeline



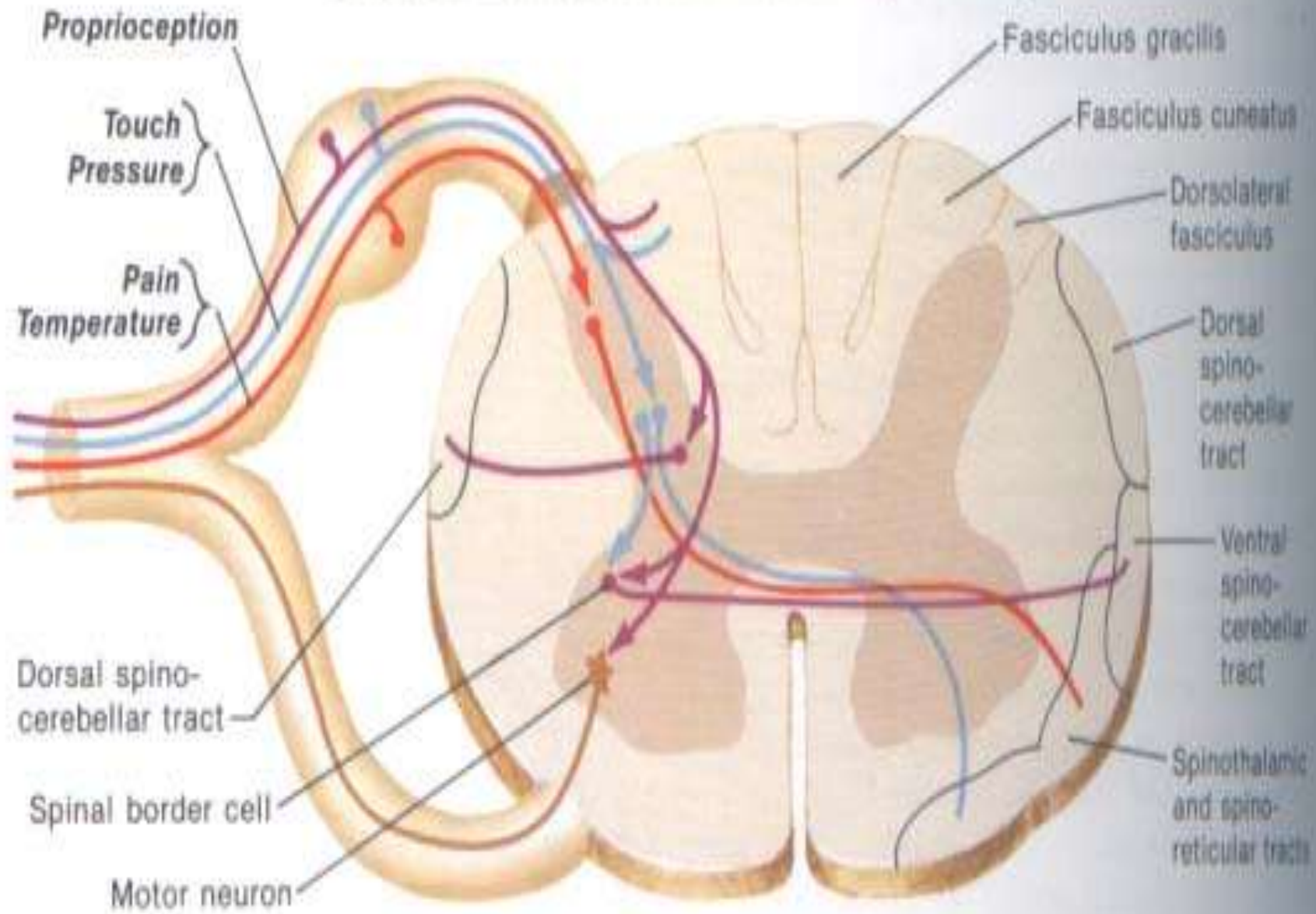
Penampang melintang serbagai segmen medulla spinalis

Nuclei di Medulla Spinalis

- Terletak di **substantia grisea**, bergerombol di tempat-tempat tertentu
- Di **columna grisea posterior: nuclei sensoris**, yaitu:
 - di cornu posterius: sel Golgi tipe II dan sel Golgi tipe I (nucleus proprius)
 - di basis columna grisea anterior: nucleus dorsalis (Clarke)
- Di **cornu laterale: nucleus intermedius (sbg nuclei autonom)**
 - sel-sel autonom sympathis (segmen thoracolumbalis)
 - sel-sel autonom parasymphathis (segmen sacralis 2-4)
- Di **cornu anterius: nuclei motoris**



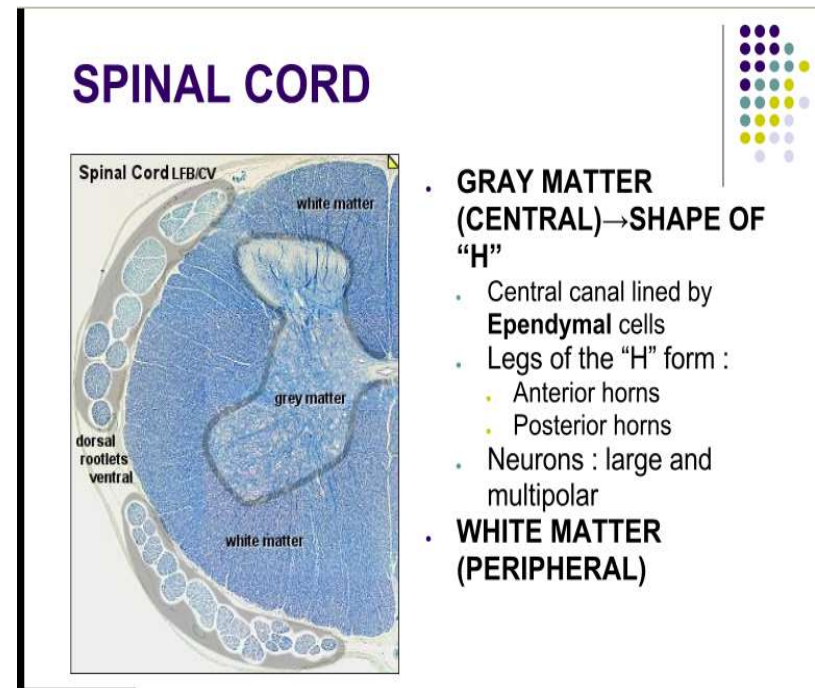
Afferent Connections to Ascending Pathways



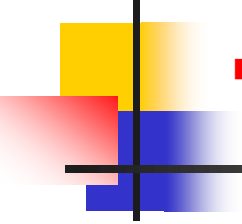
MEDULA SPINALIS

Substansia Alba (White matter)

- Kumpulan serat-serat saraf (Funikulus)
 - Anterior (ventral)
 - Lateral
 - Posterior (dorsal)
- Funikulus terbagi atas kelompokan kecil lagi (Fasikulus) / traktus



MEDULA SPINALIS

- 
- Funikulus Posterior
 - Fasikulus Gracilis
 - Fasikulus cuneatus
 - Traktus Intersegmental Posterior
 - Funikulus Lateral
 - Traktus Spinocerebellar posterior
 - Traktus Spinocerebellar anterior
 - Traktus Spinothalamikus lateral
 - Traktus Spinotektal

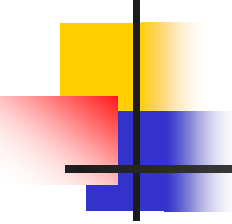
MEDULA SPINALIS



- Funikulus Lateral

- Traktus Posterolateral (Lissauer tract)
- Traktus Spinoretikular
- Traktus Spinoolivary
- Traktus kortikospinal lateral
- Traktus rubrospinal
- Traktus retikulospinal lateral
- Descending autonomic fibers
- Traktus olivospinal
- Traktus Intersegmental lateral

MEDULA SPINALIS

- 
- Funikulus Anterior
 - Traktus Spinothalamikus anterior
 - Traktus Kortikospinal anterior
 - Traktus Vestibulospinal
 - Traktus Tectospinal
 - Reticulospinal fibers
 - Traktus Intersegmental Anterior
-

MEDULA SPINALIS

■ Substansia Grisea

- Perikaryon, neuroglia, pembuluh darah
- Daerah berbentuk huruf H atau kupu-kupu
- Terdiri atas
 - Kornu Anterior
 - Kornu Posterior
 - Kornu Lateralis

Medula Spinalis

Kornu Anterior

- Bagian yang paling banyak mengandung neuron
- Sel saraf multipolar Besar
 - Inti bulat besar
 - Perikarion dan dendrit mengandung badan Nissl
 - Akson hillock dan akson tidak mengandung badan Nissl
 - Akson keluar sebagai serat alfa efferen yang mempersarafi otot skelet

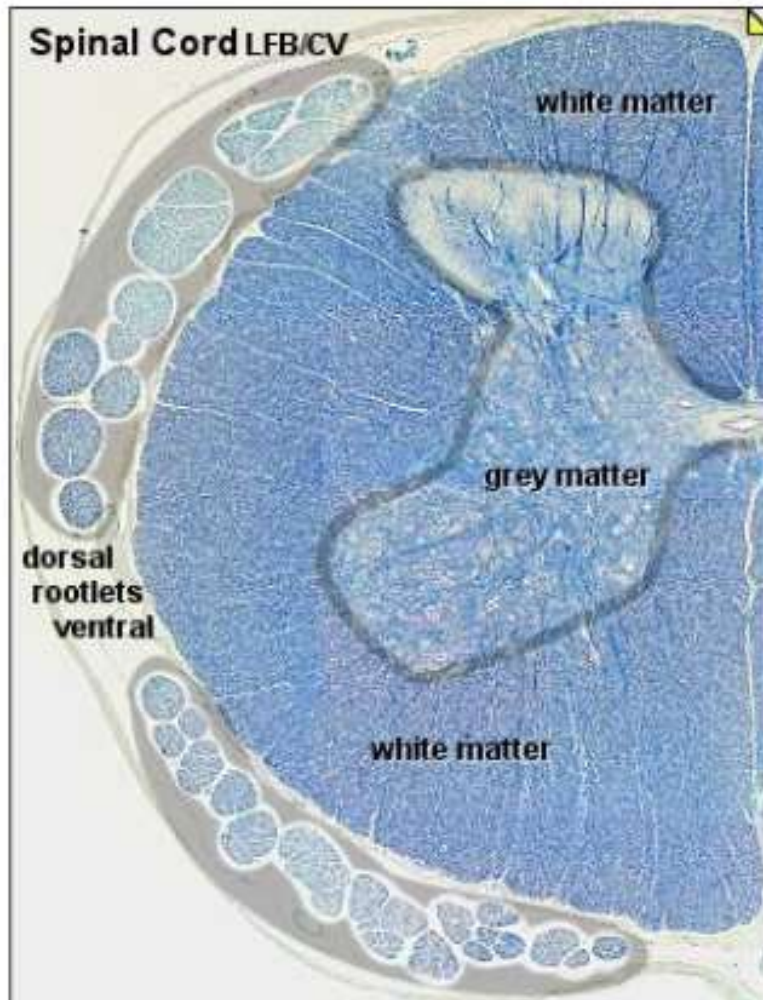
Medula Spinalis



Kornu Anterior

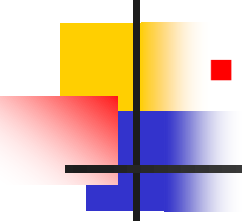
- Sel saraf multipolar yang lebih kecil
 - Akson keluar sebagai gamma efferen yang mempersarafi serat otot intrafusul Gelendong otot (Muscle Spindle)

SPINAL CORD



- **GRAY MATTER (CENTRAL) → SHAPE OF “H”**
 - Central canal lined by **Ependymal cells**
 - Legs of the “H” form :
 - Anterior horns
 - Posterior horns
 - Neurons : large and multipolar
- **WHITE MATTER (PERIPHERAL)**

MEDULA SPINALIS

- 
- Kornu Posterior
 - 4 group sel saraf
 - Grup Substansia gelatinosa
 - Grup Nucleus Proprius
 - Grup nucleus dorsalis (Clark's column)
 - Grup visceral eferent
 - Kornu Lateralis
 - Kelompokan sel saraf terletak dari Th1-L3
 - Sel saraf kecil
-

SERABUT DI MEDULLA SPINALIS




- ❖ Serabut-serabut yg akhiran, asal dan fungsi sama disebut: **Tractus**
- ❖ Serabut-serabut di daerah tertentu disebut: **Funiculus**
- Nama: 1). Disebut berdasarkan asal dan akhirannya
Misalnya **tractus corticospinalis**
2). Disebut berdasarkan lokasinya
Misalnya **fasciculus dorsolateralis**
3). Disebut berdasarkan orang yg pertama kali memperkenalkannya
Misalnya fasciculus dorsolateralis tersebut no.2 disebut dng **tractus Lissauer**

SERABUT DI RADIX POSTERIOR


- **Belahan medial:** - kalibernya besar
 - bermyeline
 - menempatkan diri terutama di funiculus posterior, bercabang ascendens dan descendens atau berakhir di segmen tempat serabut tersebut masuk ke medulla spinalis
 - untuk lintasan **raba-tekan/tactile** dan **proprioceptive**
- **Belahan lateral:** - kalibernya kecil
 - bermyeline tipis/tak bermyeline
 - menyalang linea mediana
 - untuk lintasan **sakit dan temperatur**

SERABUT RADIX POSTERIOR

■ A. BELAHAN MEDIAL

- Cabang perifer  reseptor
- cabang sentral:
 - * cab.ascendens, dlm fun.posterior:
 -  nucl.gracilis/cuneatus
 -  columna grisea post^{or} di atasnya
 - * columna grisea posterior yg sama
 - * cab.descendens : - fasc.interfascicularis (tract.comma Schultz)
- fasc.septomarginalis

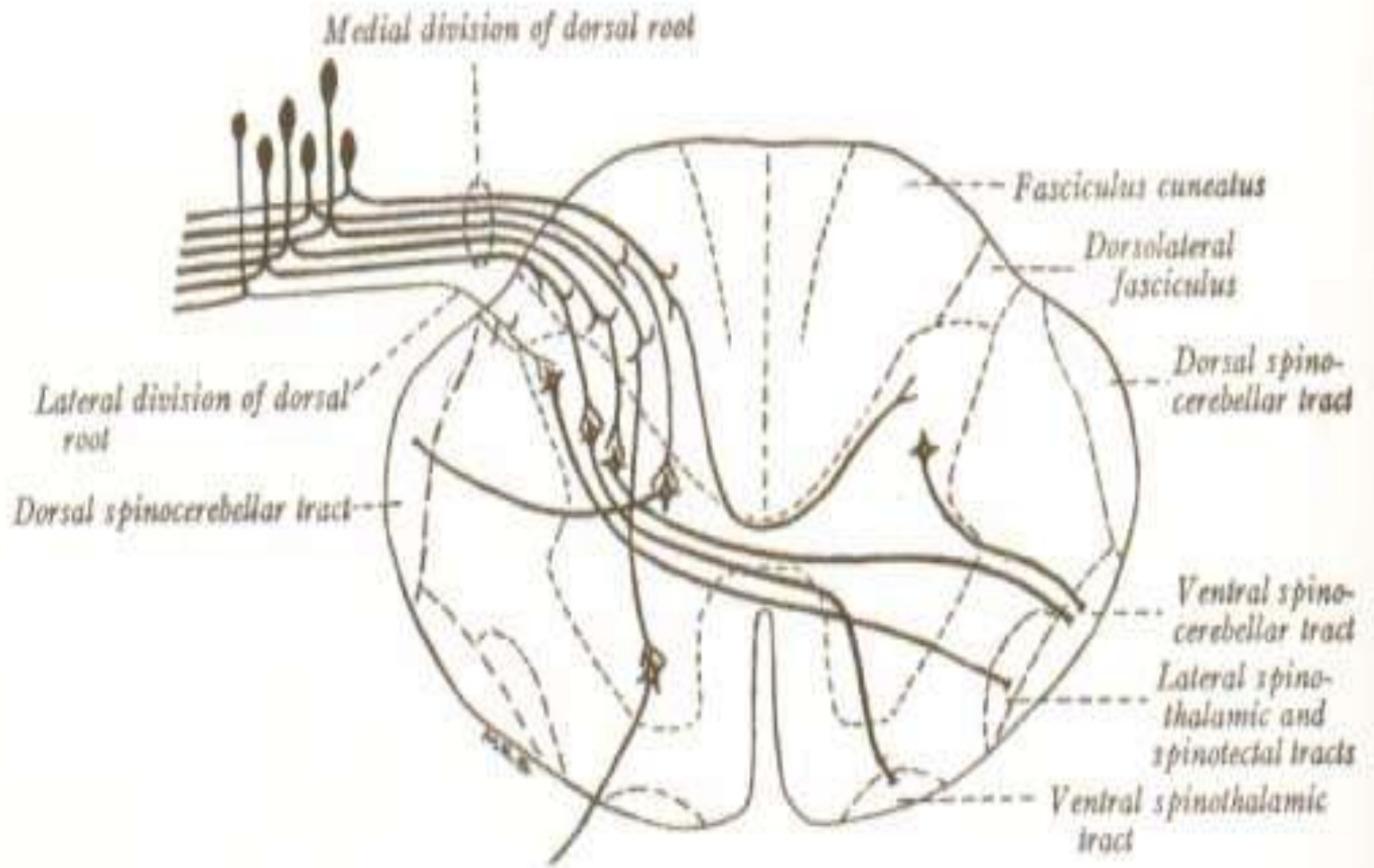
Homolateral

- **fasc.gracilis/cuneatus**
- ventralis
- tract.spinocerebellaris dorsalis
- anterior** 
- fasc. columna grisea post^{or} atasnya

Kontralateral

- tract.spinocerebellaris
- **tract.spinothalamicus**

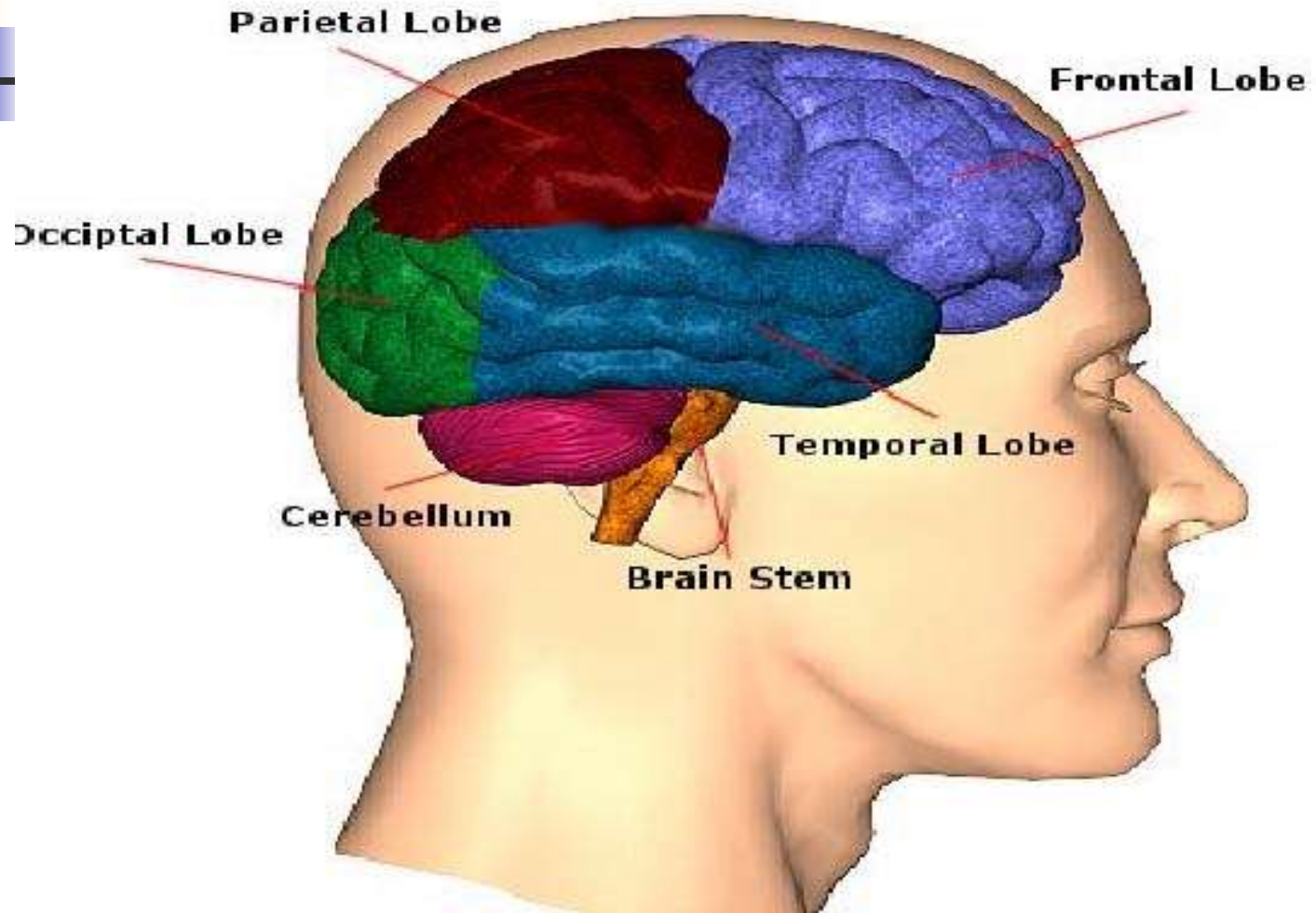
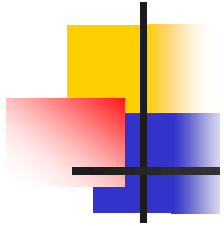
- Sensasi:**
- Raba-tekan
 - Proprioceptive



OTAK

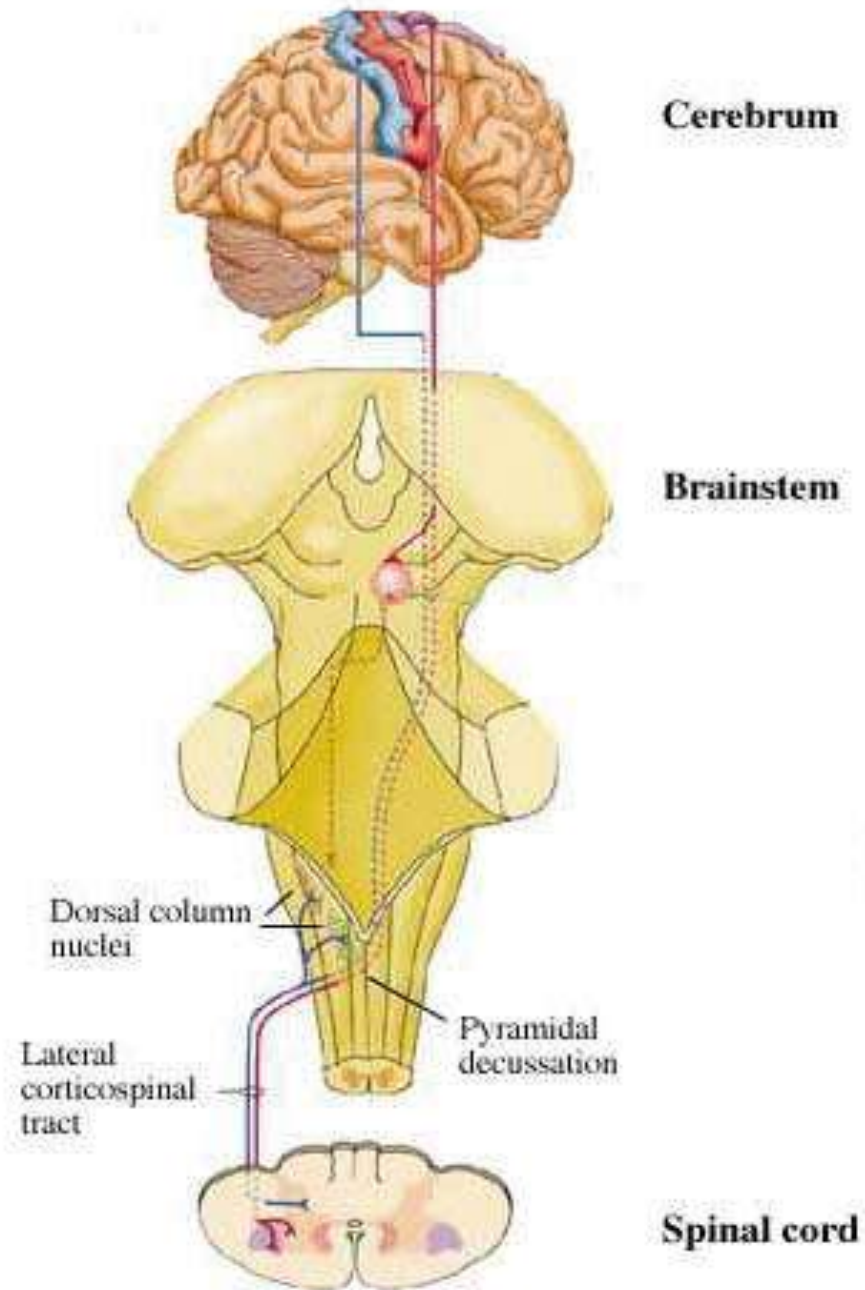
■ Serebrum

- Terdiri atas hemisfer kiri dan kanan
- Struktur histologis
 - Substansia grisea (Korteks)----- perikarion
 - Substansia alba (Medula)----- akson bermielin
 - Bagian terdalam serebrum (nukleus)----- perikarion

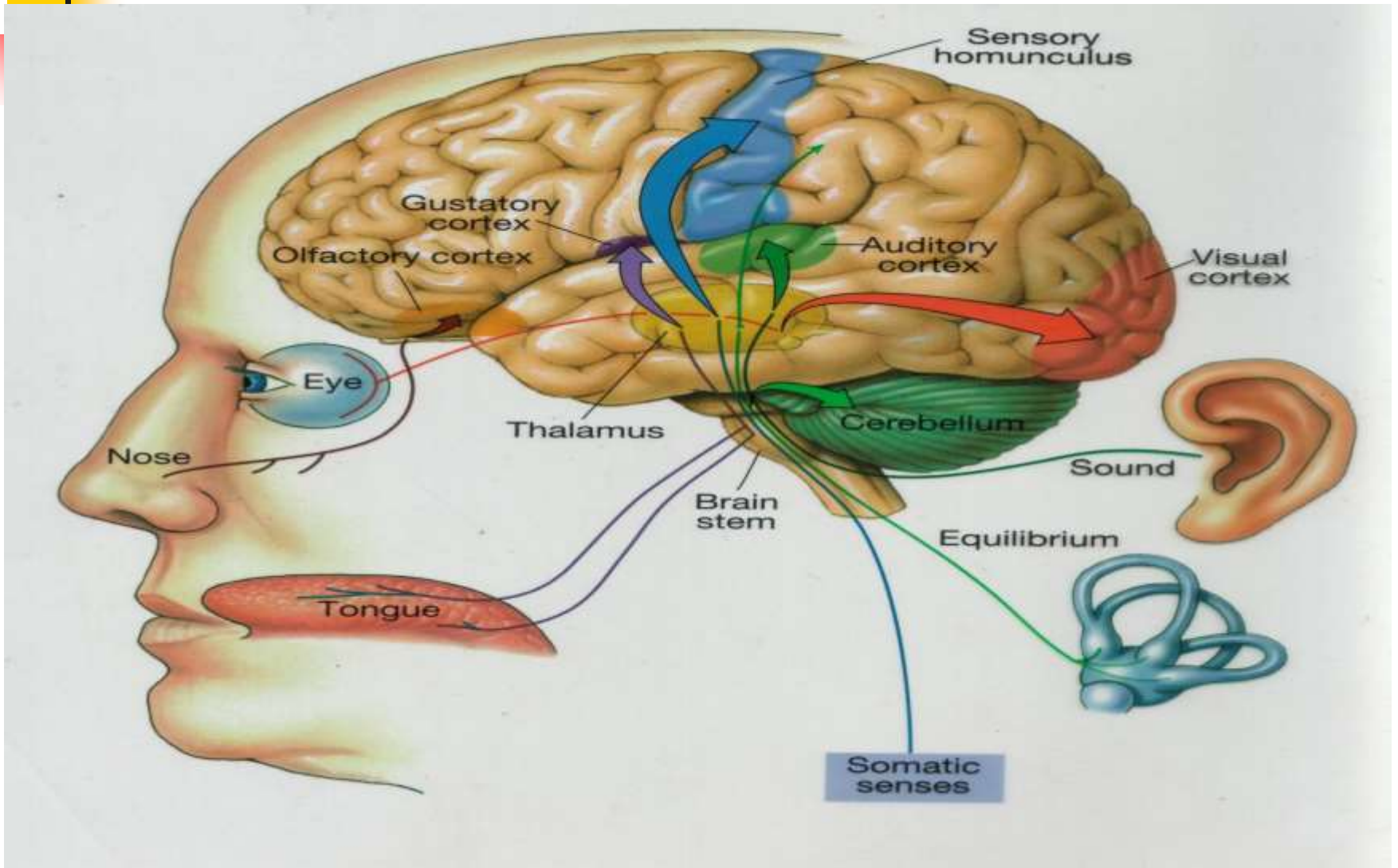


The brain is composed of four parts

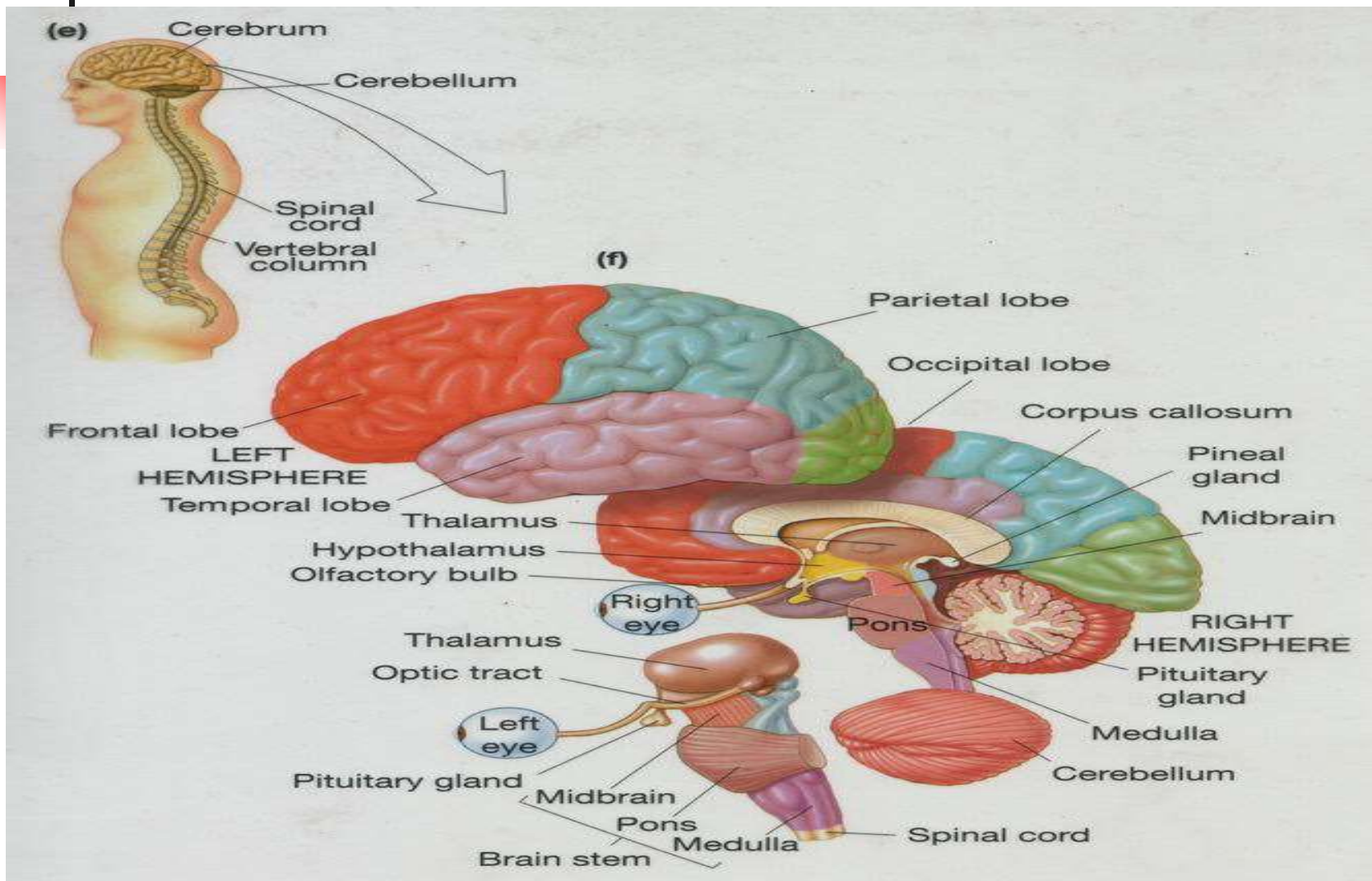
- the brainstem
- the cerebellum
- the diencephalon
- the cerebrum



CEREBRUM

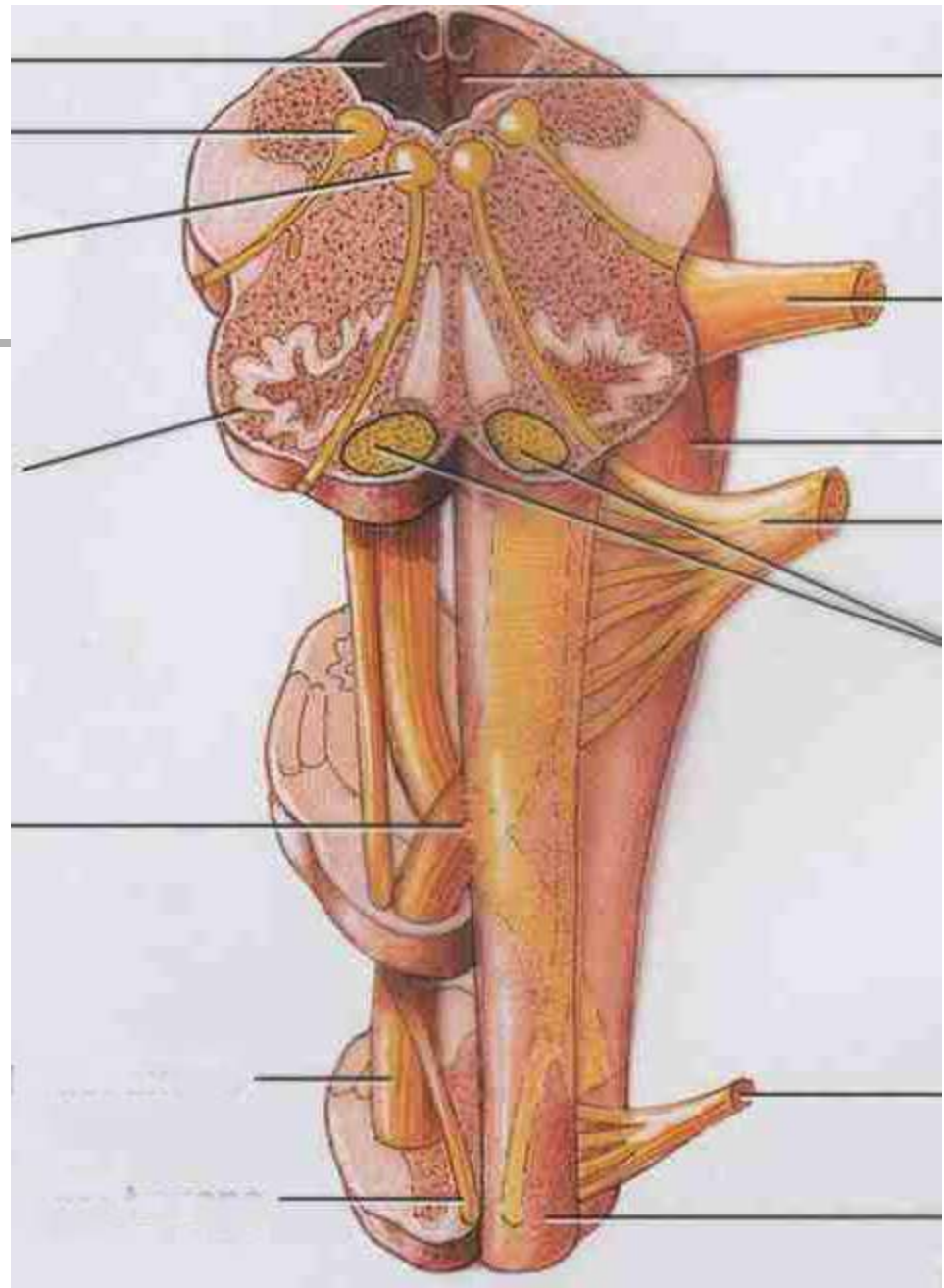


Sistem Saraf Pusat



Cranial nerves

- spinal nerves carry sensory and motor information from the level of the sacrum and coccyx (sacral and coccygeal nerves) to the level of the neck (upper cervical nerves)
- above this level, in the region of the head and face, nerves enter the cranium rather than the spinal cord and are termed cranial nerves
- there are 12 pairs of cranial nerves and you need only learn them in the context of specific sensory and motor lectures to follow



Cerebrospinal Fluid

(b) Cerebrospinal fluid is secreted into the ventricles and flows throughout the subarachnoid space where it cushions the central nervous system.

Choroid plexus of third ventricle

Arachnoid villi

(d) Cerebrospinal fluid is reabsorbed back into the blood at fingerlike projections of the arachnoid membrane called villi.

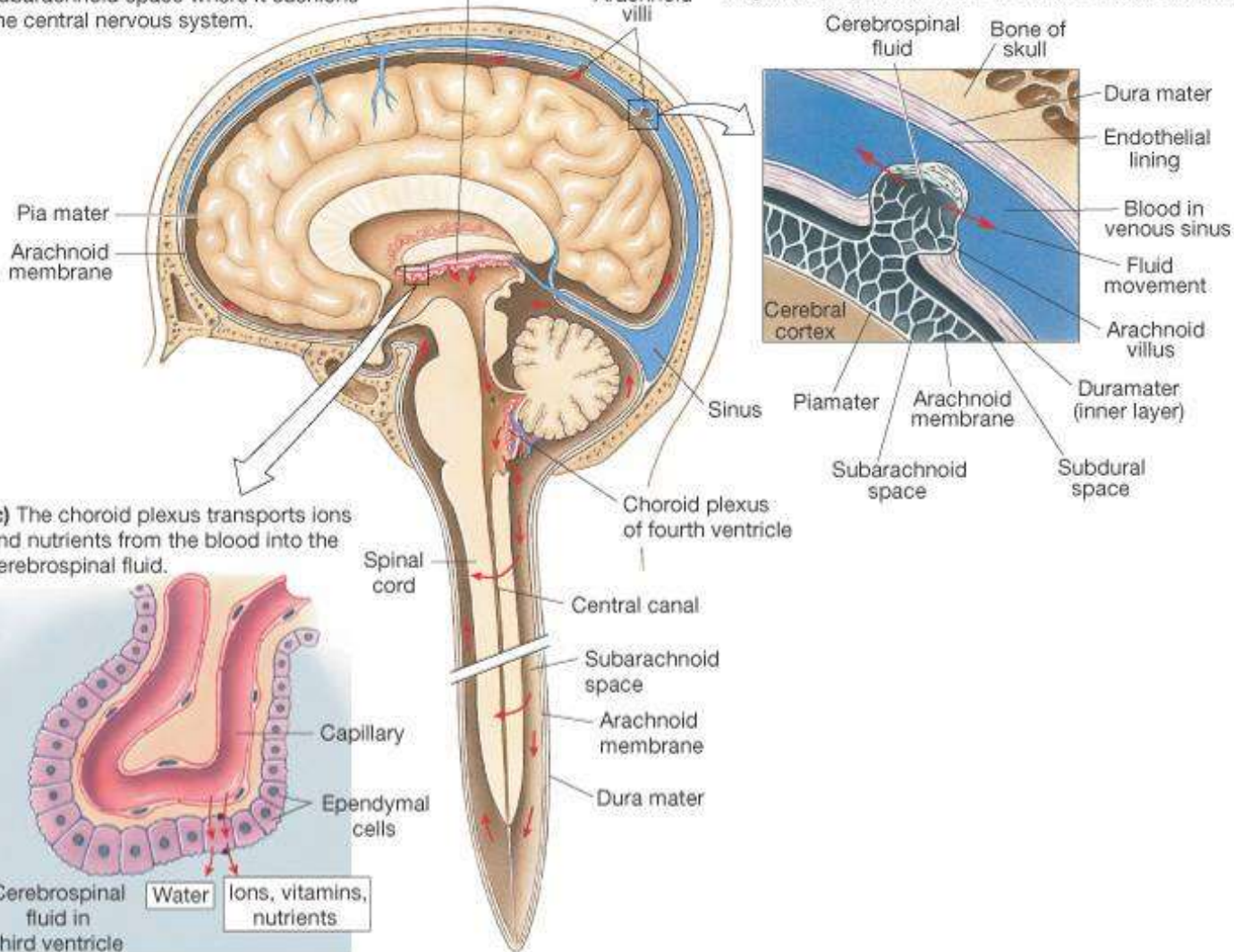
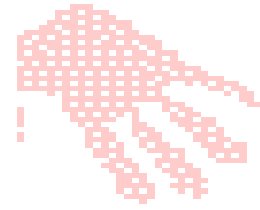
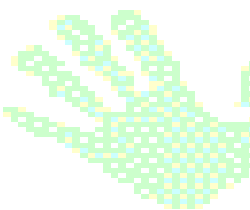
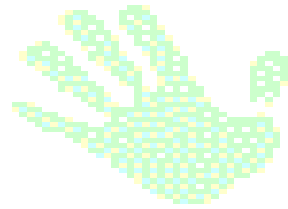
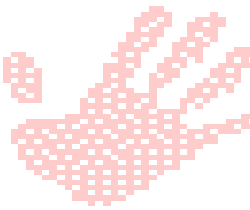
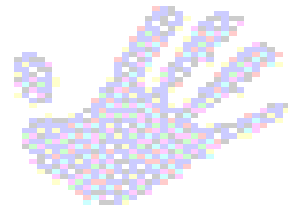
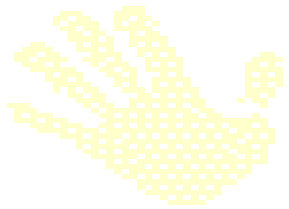
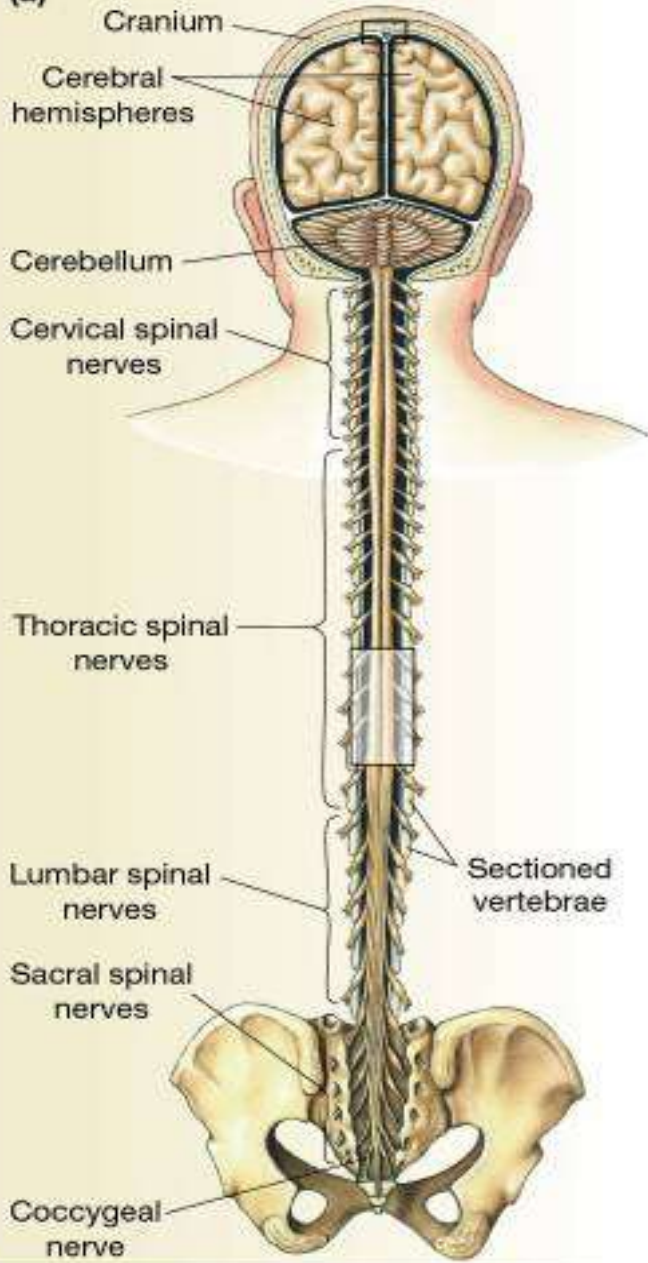
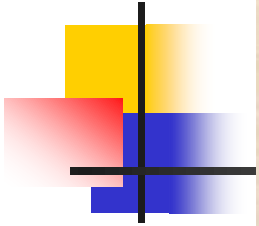
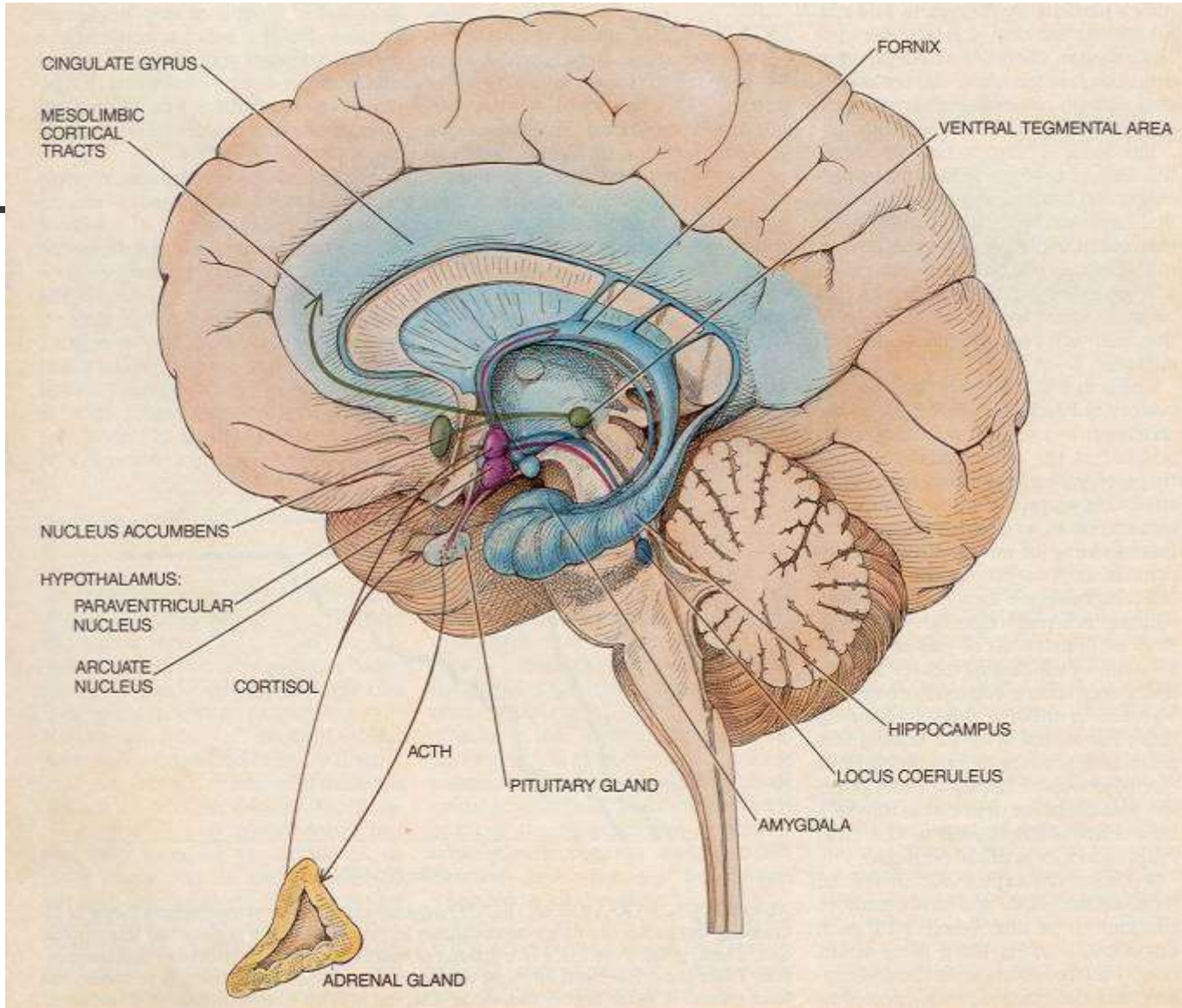


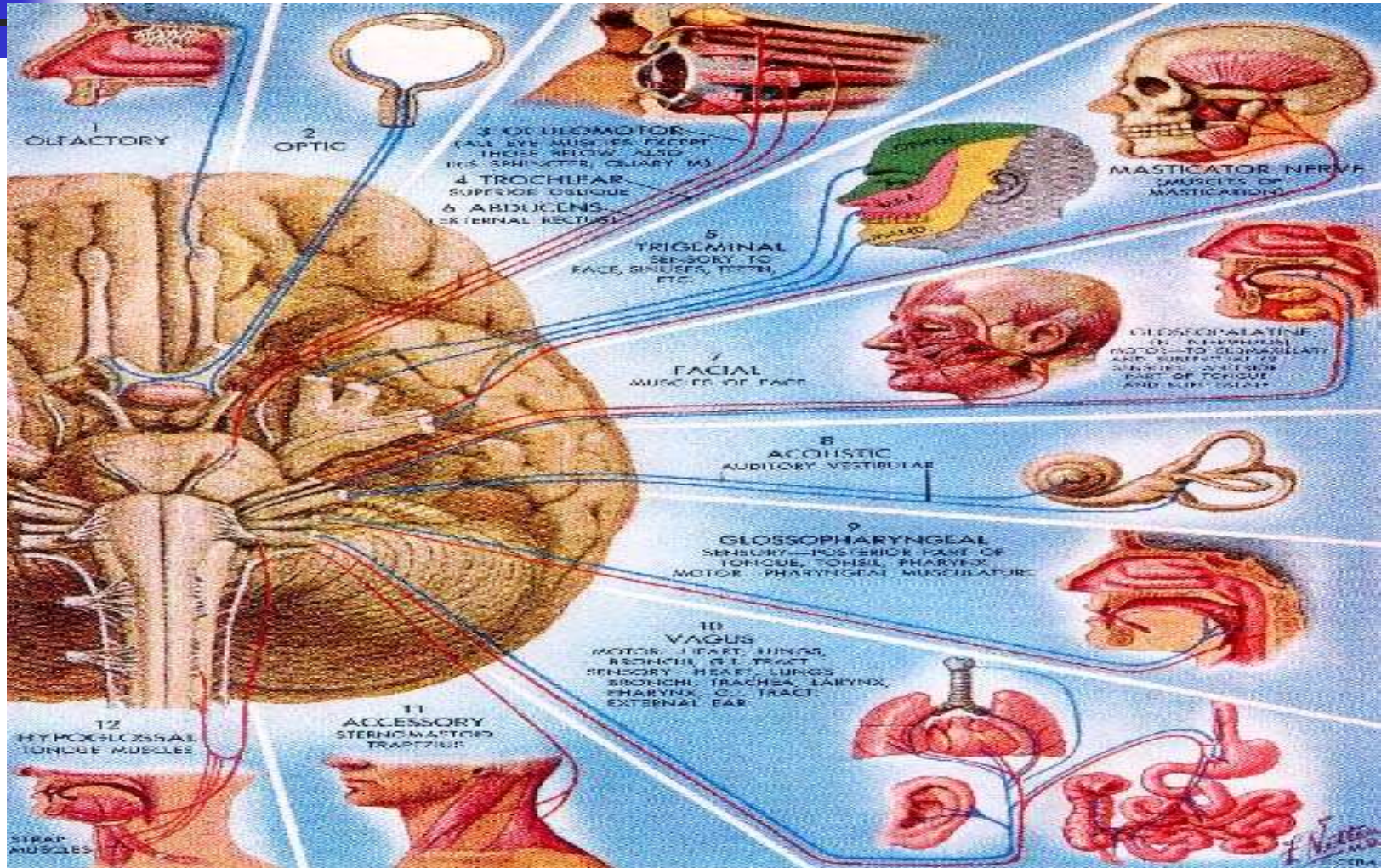
Figure 9-5: ANATOMY SUMMARY: Cerebrospinal Fluid

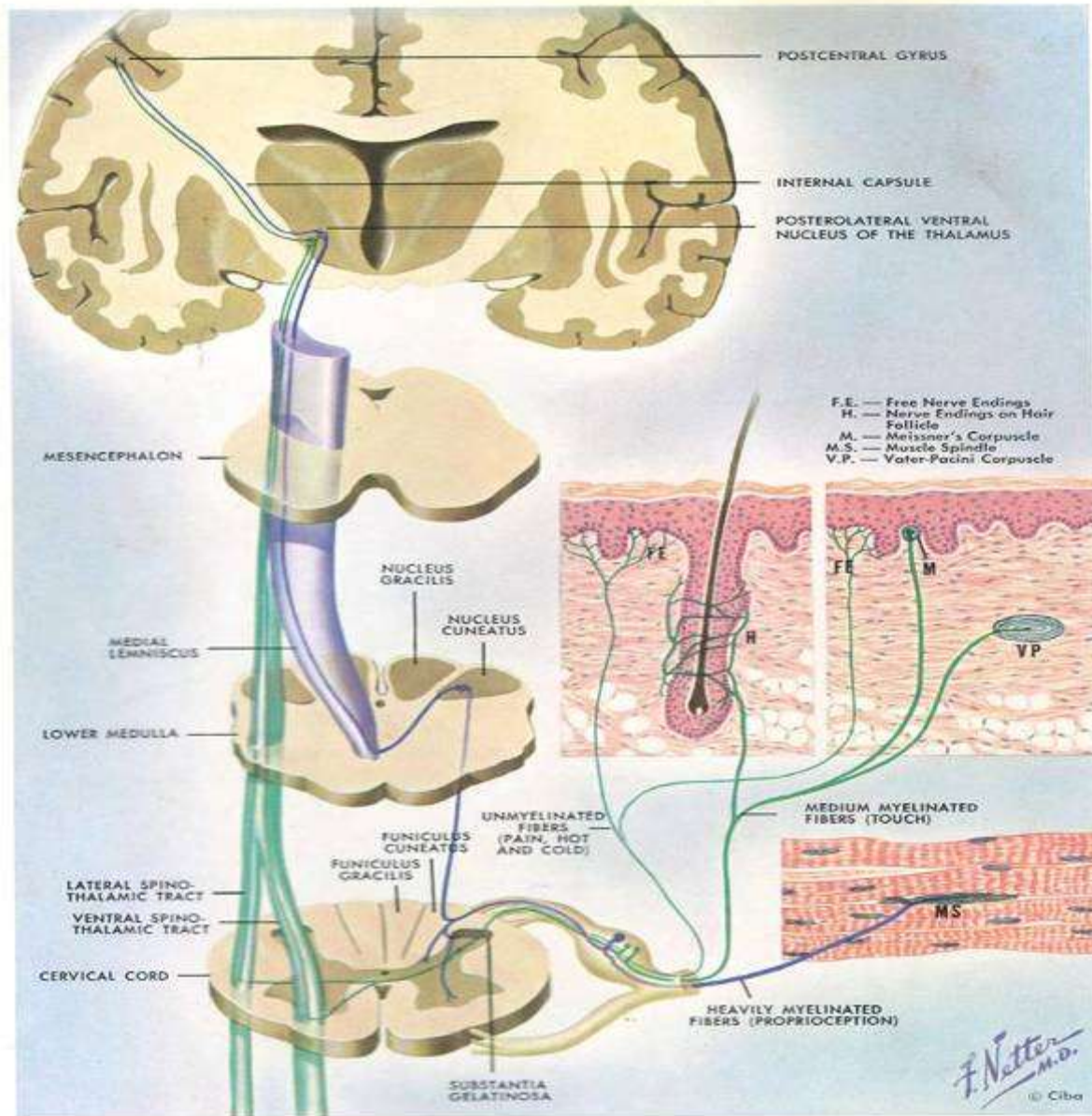
(a)





SARAF OTAK





SEREBRUM



Korteks Serebri

- Neuron, neuroglia, serat saraf dan pembuluh darah
- 5 tipe sel saraf
 - Sel Piramid
 - Sel Stelata
 - Sel Fusiform
 - Sel Horizontal (Cajal)
 - Sel Martinotti

SEREBRUM

Korteks Serebri

6 lapisan

- Lapisan Molekular (Plexiform)
 - Dendrit sel piramid dan sel fusiform
 - Akson sel stelata
 - Sel-sel Horizontal of Cajal
- Lapisan Granular Luar
 - Sel-sel Pyramid kecil dan sel Stellata
- Lapisan Pyramid Luar
 - Sel-sel Pyramid besar

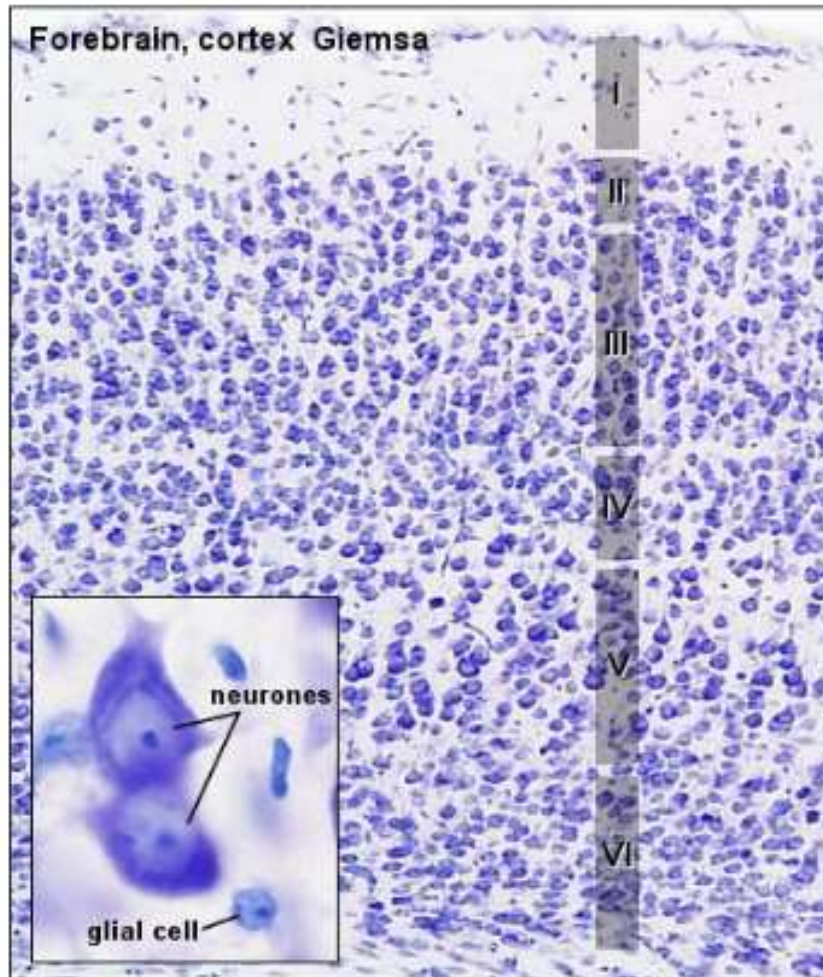
SEREBRUM

Korteks Serebri

6 lapisan

- Lapisan Granular Dalam
 - Sel-sel Stellata
 - Sel-sel Pyramid
- Lapisan Pyramidal Dalam (Ganglionik)
 - Sel-sel pyramid berukuran sedang dan sangat besar (sel Batz)
 - Sel-sel Stellata dan sel-sel Martinotti
- Lapisan Multiform (Sel-sel Polymorfik)
 - Sel-sel Fusiform, modifikasi sel-sel Pyramid, sel Martinotti

CEREBRUM



• GRAY MATTER

- Contains neuronal cell bodies, dendrites and glial cells
- Six layers composed of neuron
- Neuron (pyramidal):
 - **Afferent (sensory)**
 - **Efferent (motor)**

• WHITE MATTER

- Contains myelinated axons and myelin-producing oligodendrocytes

SEREBELLUM

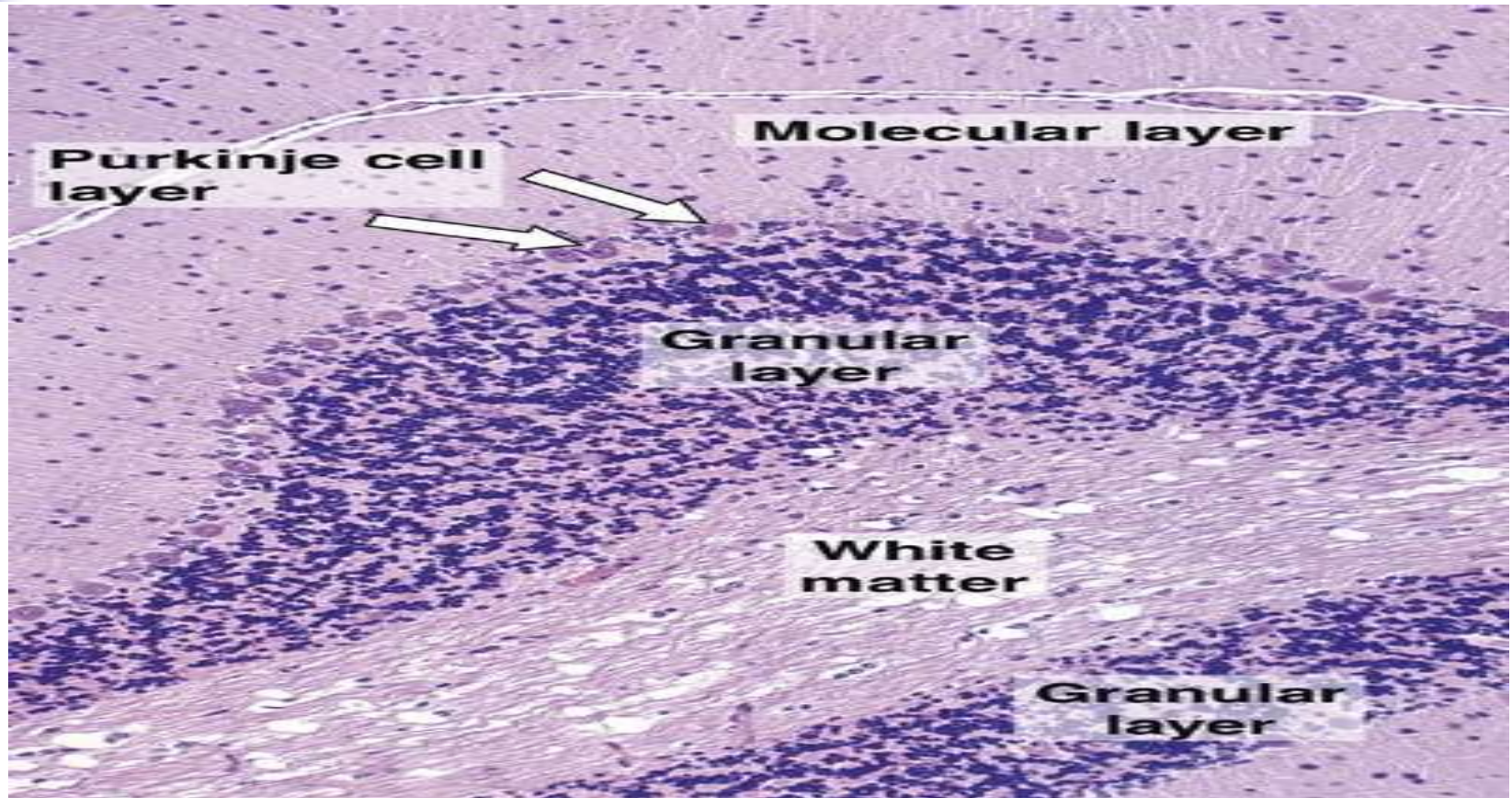
- Permukaan tampak berlipat-lipat --- Folia yang tersusun paralel terhadap fissura (alur)
- Terdiri atas bagian kiri dan kanan yang dipisahkan oleh bangunan berbentuk cacing disebut Vermis

SEREBELLUM

■ Korteks

- Lapisan Molekular
 - Sel stellata (luar) dan sel Basket (dalam)
 - Akson dan dendrit
 - Neuroglia
- Lapisan Purkinje/Ganglion
 - sel-sel Purkinje
- Lapisan granular
 - sel-sel saraf kecil-kecil

cerebellum

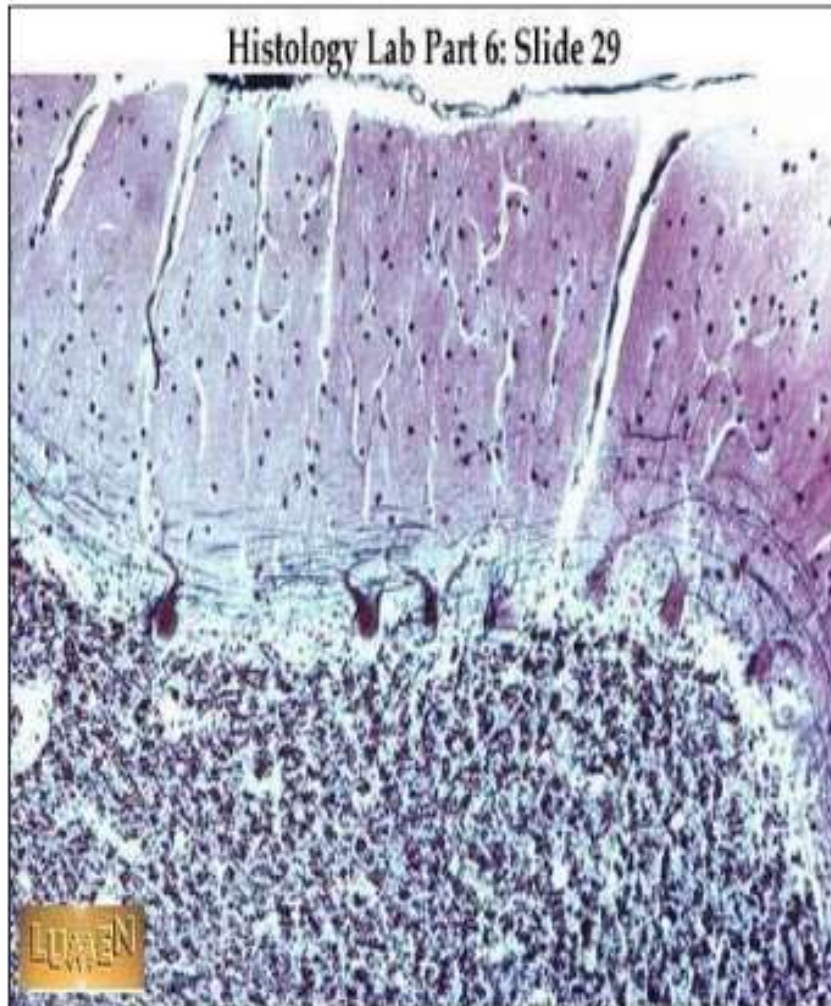




1. Stratum moleculare
(Sel-sel kecil tersebar)
2. Stratum neuronorum
piriformium (ada sel
Purkinje)
3. Stratum granulosum
(sel-sel bundar, padat)

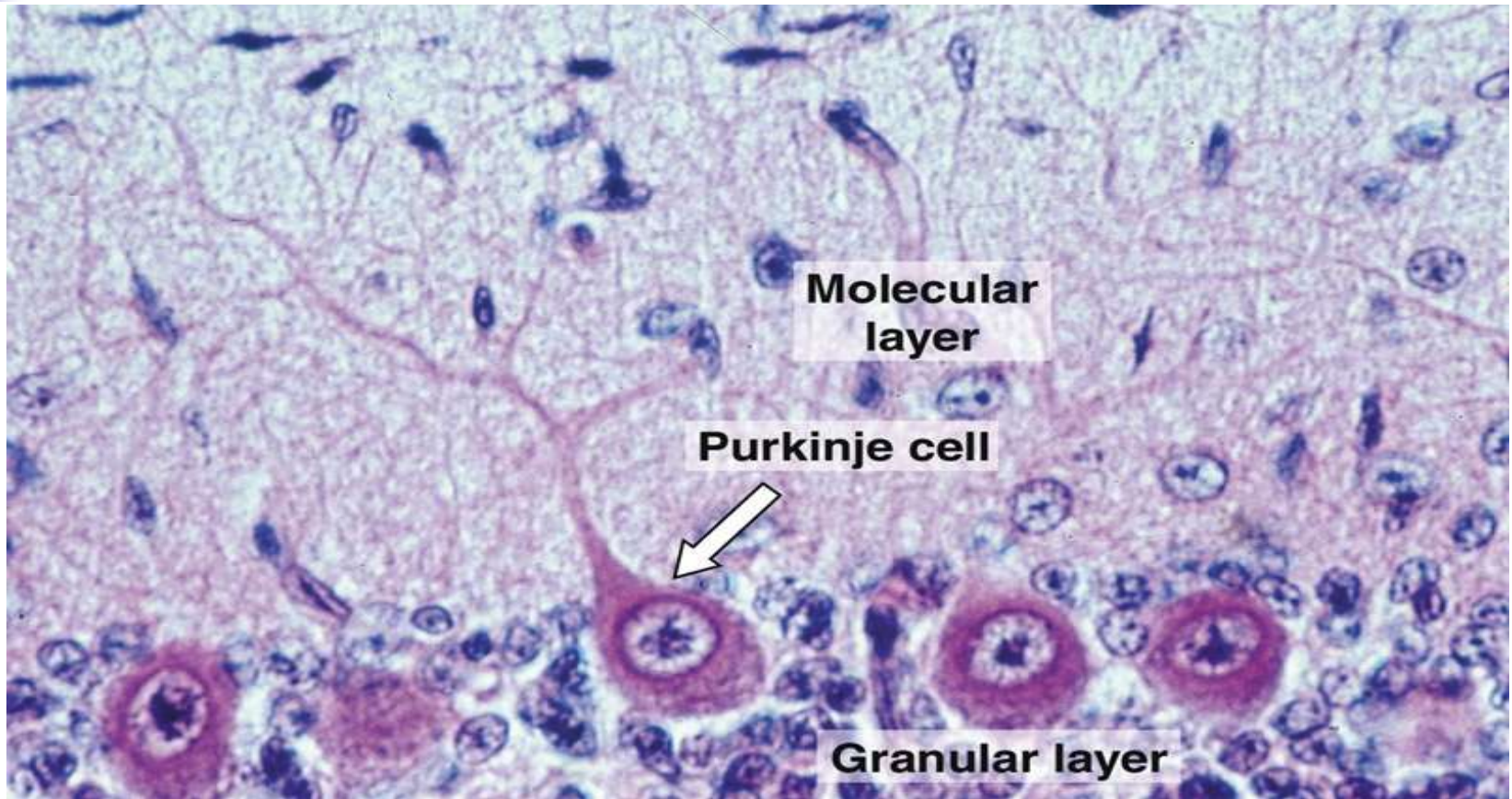


CEREBELLUM



- **GRAY MATTER**
 - Three layers :
 - Outer molecular layer
 - Central layer of large **Purkinje cells**
 - Inner granule layer
- **WHITE MATTER**
 - The same as cerebrum

cerebellum

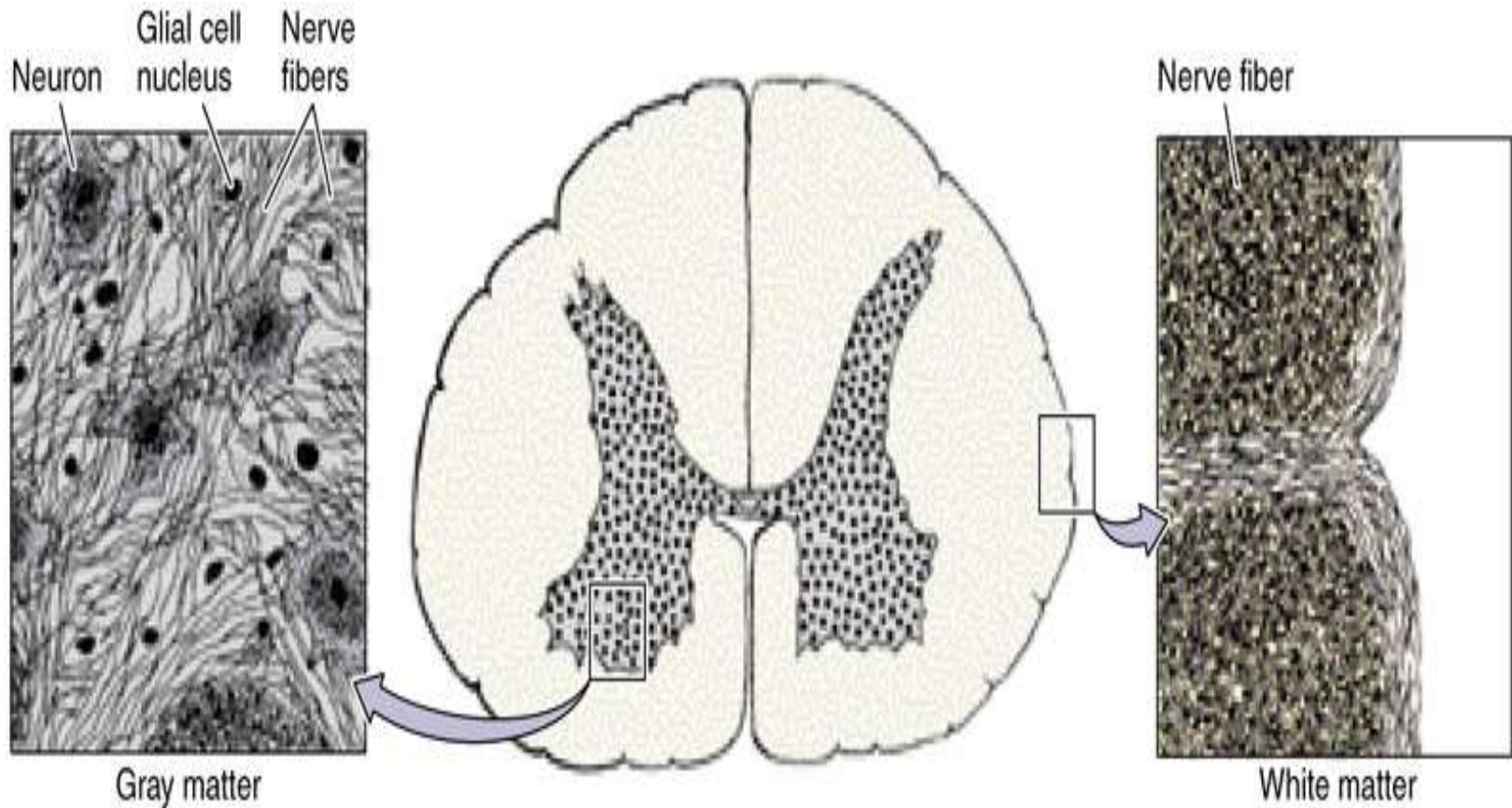


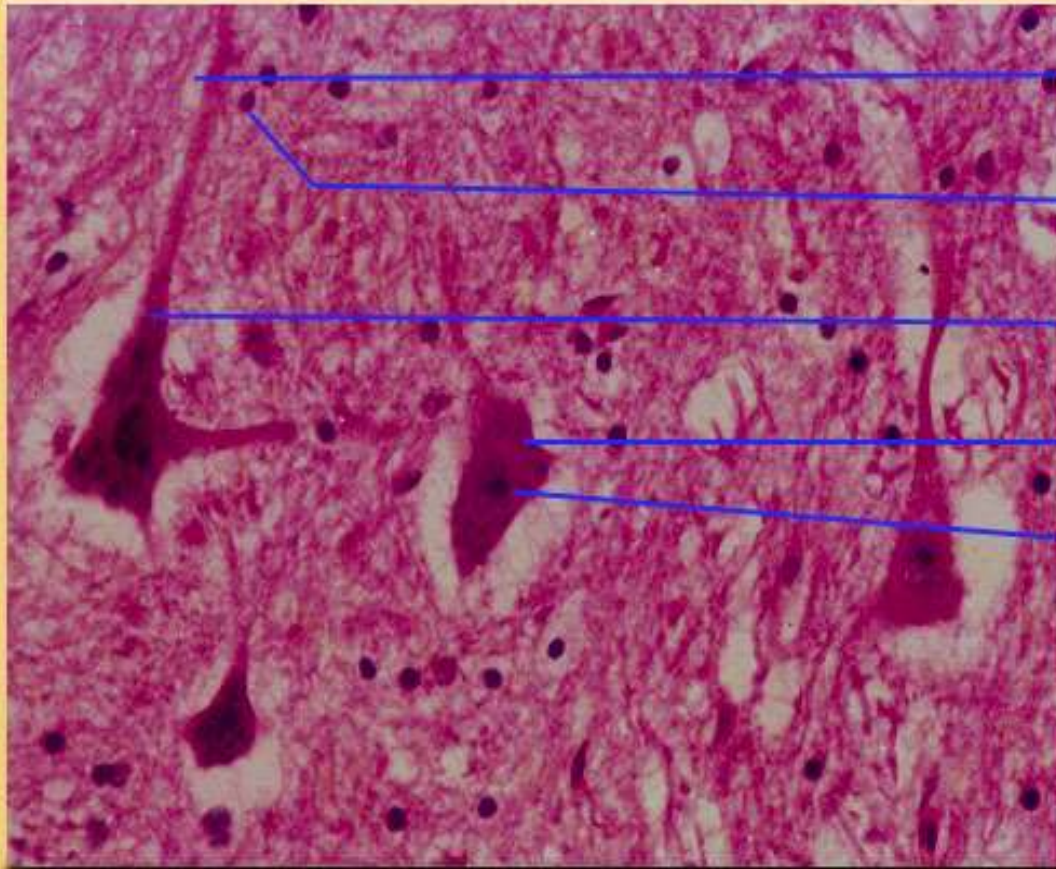


SEREBELLUM

- Medula
 - Serat saraf
 - Serat jaringan ikat
 - Neuroglia
 - fibrosit

Chorda spinalis





Substantia alba

Gliocytus ganglii

Substantia grisea

Nucleus

Nucleolus

Meninges

- 3 lapisan

- Duramater

- Lapisan luar yang keras
- Terbagi atas 2 lapisan
 - Lapisan periosteum duramater
 - Lapisan fibrosa
 - Pada medula spinalis di antara keduanya terdapat ruang epidural terisi oleh jaringan ikat longgar, pembuluh darah, sel lemak.

Meninges

- Kedua lapis duramater di dalam tengkorak orang dewasa menyatu, kecuali pada beberapa tempat tertentu terpisah membentuk sinus-sinus venosus
- Ruang potensial untuk terjadi perdarahan “epidural hematoma”

Meninges



■ Arachnoid

- Membran tipis, halus, avaskular
- Membentuk trabekula dalam ruang ruang subarachnoid
- Ruang subarachnoid berisi LCS
- Villus arachnoid
 - Menyalurkan cairan LCS ke sinus venosus

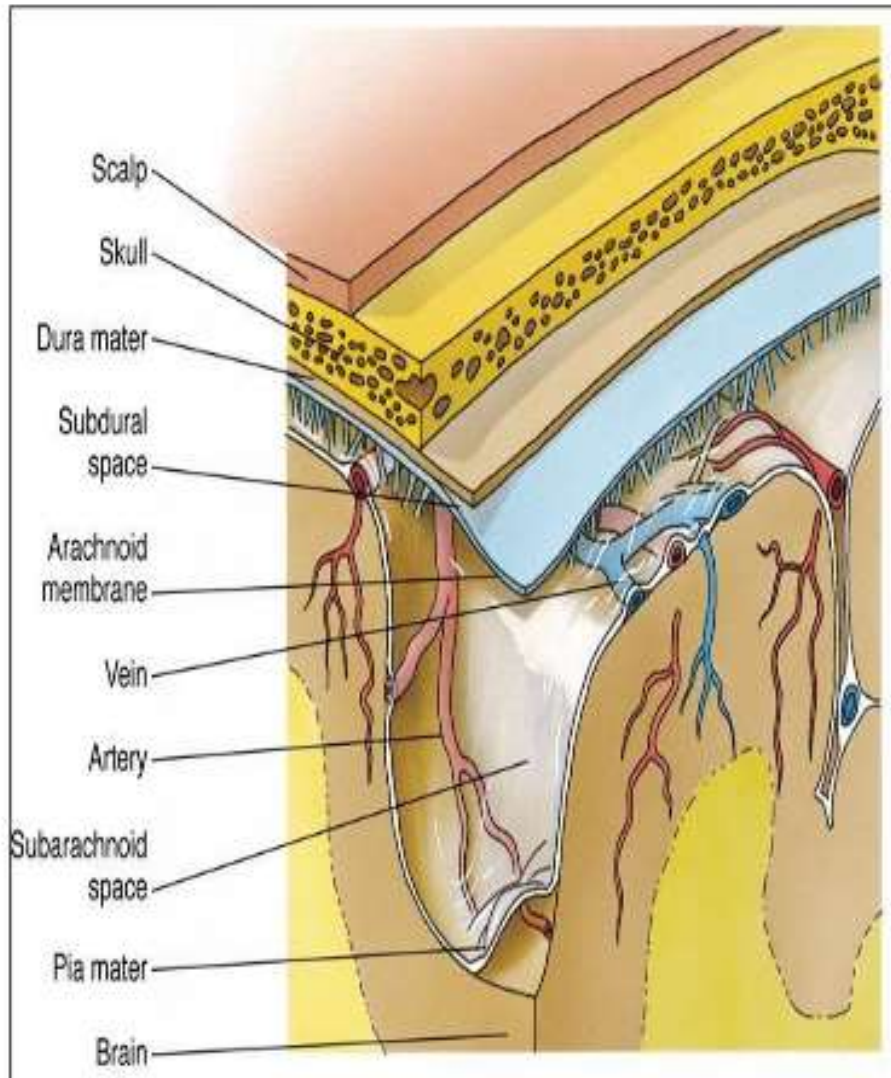
Meninges



- Piamater

- Membran halus, lembut.
- 2 lapisan
 - Luar: serat kolagen, pembuluh darah
 - Serat retikular dan elastin halus

MENINGES



- **The dura mater**
 - dense, collagenous connective tissue
- **The arachnoid layer:**
 - fibroblasts, collagen & elastic fibers
 - Layer in contact with dura mater & a system of trabeculae
 - Form arachnoid villi
- **The pia mater**
 - Loose con. Tissue with blood vessel

Cairan Serebrospinal

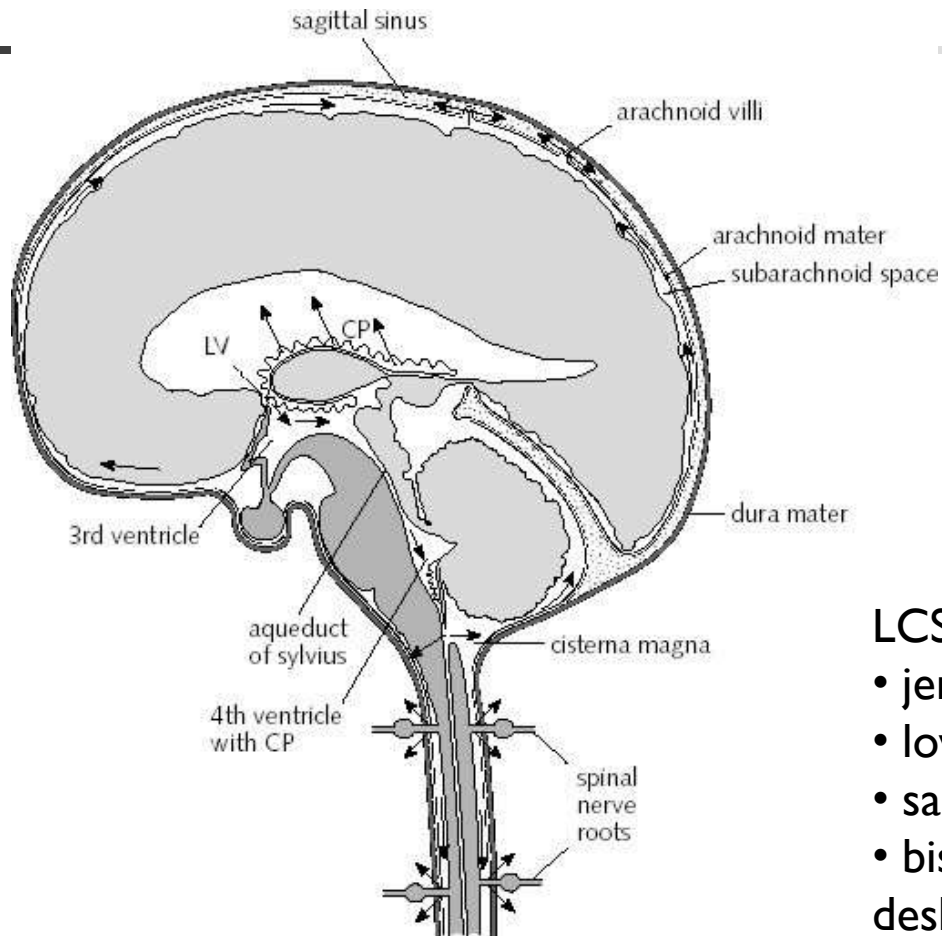


- Cerebrospinal fluid (CSF)
- Terdapat di
 - Ruang subarachnoid
 - Ventrikel otak
 - Kanal sentralis medula spinalis

Cairan Serebrospinal

- Dihasilkan oleh
 - Pleksus koroideus yang terdapat pada
 - atap ventrikel III, IV dan dinding medial ventrikel lateral
 - Paranchyma of the brain
 - Area postrema at the caudal margin of the 4th ventricle
 - Proses aktif

LIQUOR CEREBRO-SPINALIS



LCS :

- jernih
- low density (1.004-1.008 g/ml)
- sangat sedikit kandungan protein
- bisa ditemukan beberapa sel deskuamasi dan 2-5 limfosit/ml

Likuwor serebrospinal

- Aliran likuwor serebrospinal
 - Ventrikel lateral ---- ventrikel III ----- aquaeductus Sylvii---- ventrikel IV ----- foramen Magendie dan Luschka ----- ruang subarachnoid (melingkupi otak dan medula spinalis) ----- villus khoroides ----- sinus venosus (darah)
- CSF akan dikeluarkan ke dalam darah di sinus venosus via villus khoroides
- Limbah metabolisme otak akan berdifusi bebas dari ruang ekstraselular menembus ependima , masuk ke CSF di ruang ventrikel

Likuwor serebrospinal

■ Kandungan CSF

- Air, glukosa, asam-asam amino, mineral, vitamin (vit B, vit C), asam folat, albumin, globulin

■ Fungsi

- Mempertahankan lingkungan cairan sesuai untuk otak
- Memberi bantalan perlindungan terhadap otak dan medula spinalis dari benturan
- Dihasilkan dengan kecepatan 500 ml/ hari

Pleksus khoroideus

- Dibentuk oleh sel-sel ependima yang menempel langsung di permukaan dalam lapisan piamater dan membentuk lipatan-lipatan yang menonjol ke dalam lumen ventrikel

Pleksus khoroideus

■ Sel-sel ependima

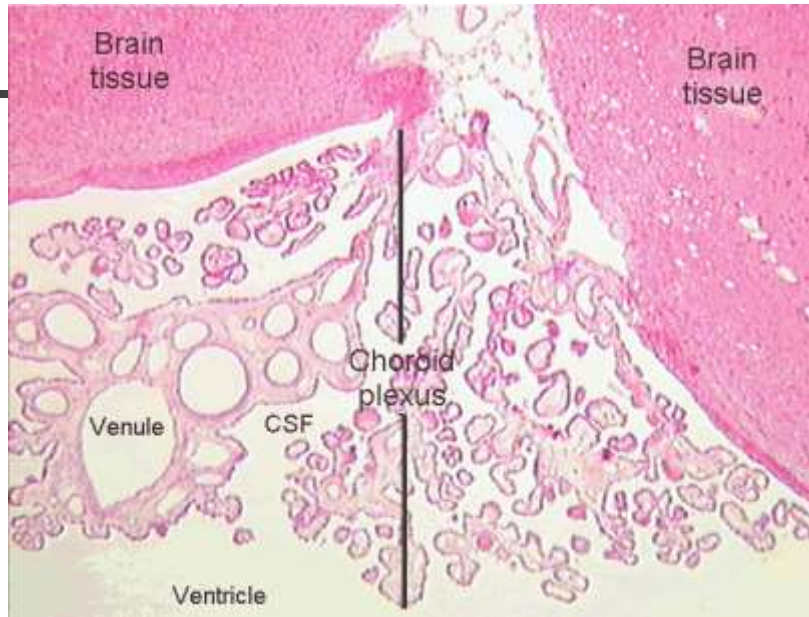
- Pada permukaan apikal sel-sel ependima terdapat taut sekap (tight junction) yang akan mencegah lolosnya CSF ke dalam darah melintasi celah antar sel.
- Di antara sel-sel ependima juga terdapat taut lekat (adherens junction) dan taut rekah (gap junction) untuk melekatkan 2 sel yang berdekatan dan menjaminkannya adanya perlintasan zat-zat antara 2 sel yang berdekatan.
- Pada sel ependima juga terdapat pompa natrium untuk masuknya air dan garam-garam ke dalam LCS.
- Tidak adanya tight junction pada sel-sel ependim yang melapisi ventrikel –ventrikel otak dan canalis centralis memungkinkan terjadinya pembuangan sampah metabolisme secara langsung dari sel saraf ke cairan likuor serebrospinal



Pleksus khoroideus

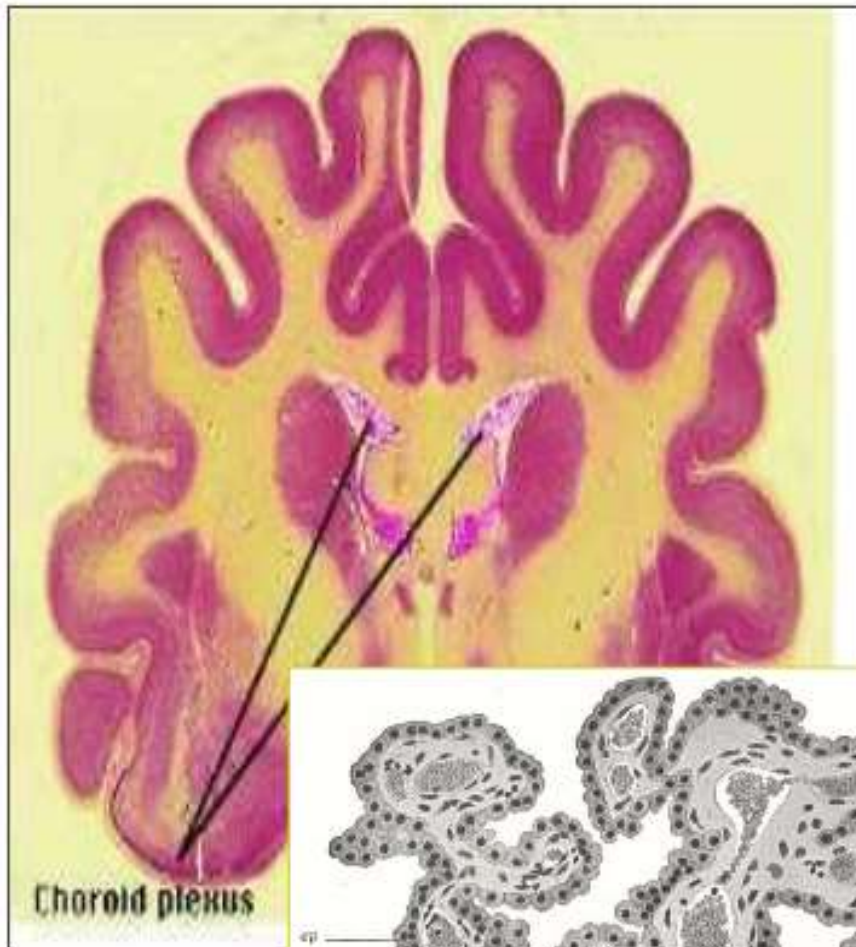
- Fungsi :
 - menghasilkan likuwor serebrospinal
- Cara sekresi:
 - Difusi yang difasilitasi : glukosa dan asam-asam amino
 - Transpor aktif: vitamin B, C dan asam folat

PLEXUS CHOROIDEUS

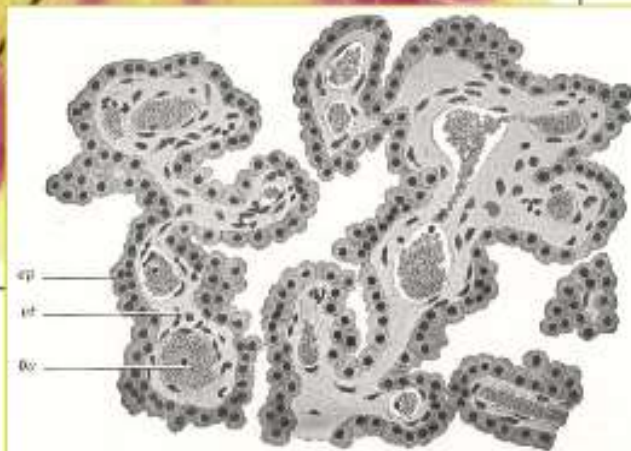


- invaginasi lapisan piamater
- penetrasi ke dalam ventrikel cerebrum (atap ventrikel III dan IV serta sebagian dinding ventrikel lateral)
- terdiri dari jaringan ikat longgar piamater yang dilapisi epitel selapis kubis atau kolumnar rendah.
- penting dalam produksi LCS

CHOROID FLEXUS



Choroid plexus



- Choroid flexus consist of loose conn. tissue of the pia matter, covered by a **low columnar epith.** → **ion transporting cells**
- Elaborate CSF → fill the ventricles → subarachnoid space (arachnoid villi) → venous
- CSF → metabolism and protective of CNS

Villus Subarachnoid

- Penonjolan lapisan arachnoid menembus lapisan fibrosa duramater
- Cairan yang terdapat diruangan subarachnoid pada villus subarachnoid dipisahkan dari darah di sinus venosus hanya oleh selapis tipis arachnoid dan endotel yang terdapat di atas yang membatasi sinus venosus

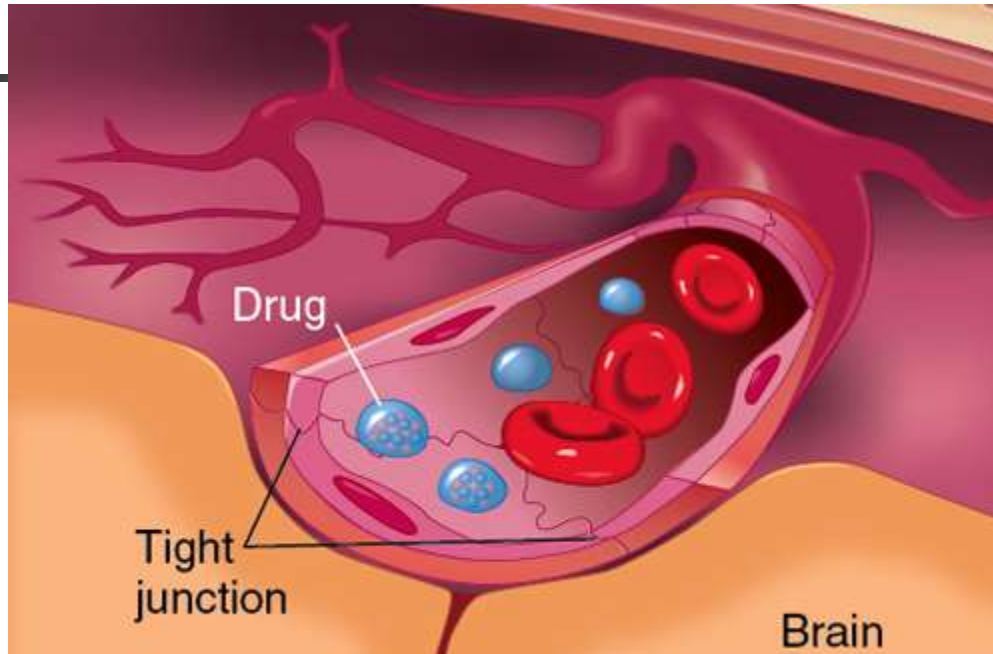
Villus Subarachnoid

- Villus subarachnoid merupakan jalan untuk keluarnya cairan serebrospinal dan berfungsi sebagai katup
 - Tergantung pada perbedaan tekanan pada setiap sisi dinding villus
 - Bila tekanan CSF lebih besar daripada vena, CSF akan masuk ke dalam darah , sebaliknya bila tekanan vena lebih besar dari CSF, villus subarachnoid akan kolap dan mencegah unsur-unsur darah masuk kedalam CSF

Sawar Darah Otak

- Sawar darah otak (blood brain barrier)
- Komponen pembentuk
 - Dinding sel endotel
 - Keberadaan taut sekap (tight atau occluding junction di antara sel-sel endotel kapiler darah akan melapisi ruang antar sel-sel endotel dan mencegah lewatnya zat-zat melalui ruang-ruang ini.
 - Zat-zat harus melewati dinding kapiler darah lewat mekanisme mikropinositosis.
 - Lamina basal sel endotel
 - Kaki perivaskular astrosit (end feet astrosit)

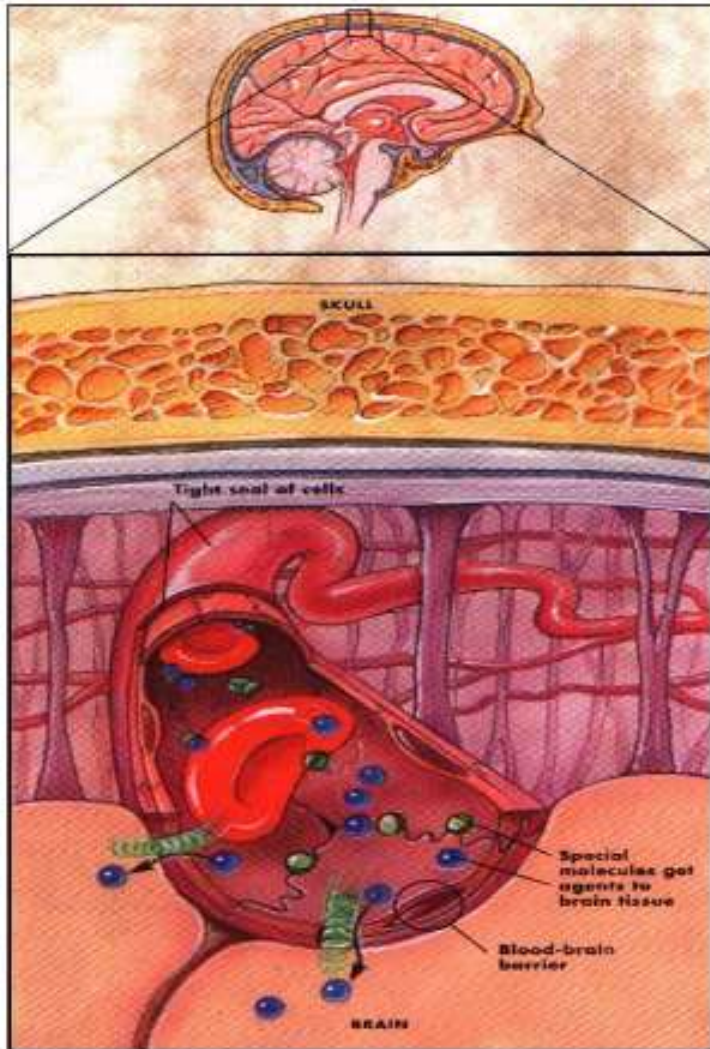
BLOOD BRAIN BARRIER



- Berfungsi mencegah masuknya substansi asing/toxic dari pembuluh darah ke sistem persarafan
- adanya “tight junction” → permeabilitas dari pembuluh darah otak berkurang
- Tidak adanya fenestrasi pada sitoplasma endotel



BLOOB-BRAIN BARRIER



- **Endothelial of capillary**
 - Occluding junction
 - No fenestration
- Expansions of **Astrocytes** cell processes that envelope the capillary

permeability

Prevents the passage of substances (bacterial, toxic, Chemical...) from blood to nerve tissue

Sistem Saraf Perifer



- Sistem saraf somatik
 - Komponen motorik
 - Volunter
 - Terdiri atas
 - Badan sel saraf: multipolar
 - Nukleus motorik pada otak
 - Tanduk depan medula spinalis



Sistem Saraf Perifer

- Sistem Saraf Somatik
 - Serat saraf
 - Saraf Kranial : III, IV, VI and XII
 - Saraf Spinal : 31 pasang
 - Efektor
 - Otot rangka melalui cakram motorik

Sistem Saraf Perifer

Sistem Saraf Otonom

- Komponen motorik
- involunter
- Mengontrol organ dalam tubuh melalui serat saraf eferen umum (visceral motor) yang mempersarafi
 - Otot polos
 - Otot jantung
 - kelenjar

Sistem Saraf Perifer



■ Sistem saraf Otonom

- Berhubungan dengan pusta-pusat persarafan yang lebih tinggi di otak
- Berada di bawah kontrol

Sistem Saraf Perifer

Sistem Saraf Otonom

- **Terdiri atas**

- **2 badan sel saraf**

- **Sel saraf Pertama**

- **Terletak pada SSP**
- **Aksonnya biasanya bermielin**

- **Sel saraf kedua**

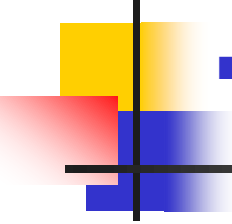
- **Terletak pada ganglia otonom**
- **Aksonnya biasanya tidak bermielin**

Sistem Saraf Perifer



- **Serat Saraf**
 - Serat saraf pra ganglionik
 - Bersinaps dengan serat srat post ganglionik
 - Serat Saraf Post ganglionik
 - Aksonnya keluar dari ganglion untuk mencapai organ efektor
- **Efektor**
 - (otot polos, otot jantung, kelenjar)

Susunan Saraf Autonom

- 
- Digolongkan dalam susunan saraf tepi (SST)
 - Simpatis
 - Parasimpatis
 - Fungsi: mempertahankan keseimbangan fungsi-fungsi tubuh (homeostasis)
 - Yang diatur
 - Sekresi kelenjar
 - Kontraksi dan kecepatan denyut otot jantung
 - Kontraksi dan kecepatan kontraksi otot polos
 - Sistem sirkulasi darah
 - Walaupun berfungsi secara otomatis (tak dipengaruhi kehendak), tetapi tetap dibawah kendali SSP
 - Pusat koordinasi antara sistem autonom dengan sistem persarafan lainnya terdapat di hipotalamus

Sistim persarafan simpatis

- Serat Preganglion: Th1-L3
- Divisi torakolumbar Susunan saraf autonom
- Keluar dari medula spinalis melalui akar depan (radiks ventral) saraf spinal
- Bersinaps dengan post-ganglionik di ganglia simpatis
- Serat post-ganglionik menuju ke organ sasaran

Sistim persarafan parasimpatis

■ Ciri khas

- Serat preganglion
 - keluar bersama saraf kranial III, VII, IX dan X
 - Saraf sakral 2,3,4
 - Divisi kraniosakral SSO
- Serat saraf preganglionik yang berjalan bersama saraf kranial III, VII, dan IX mempunyai serat postganglionik yang mempersarafi kelenjar (kelenjar lakrimal, kelenjar liur dsbnya)
- Serat saraf preganglionik yang berjalan bersama saraf kranial X mempunyai serat postganglionik yang mempersarafi organ-organ yang terdapat di rongga abdomen dan toraks
- Serat saraf preganglionik yang keluar dari segmen sakral mempunyai serat postganglionik yang mempersarafi organ-organ di rongga pelvis: kolon, rektum, vesika urinarius



Ganglia

- Ganglia : kumpulan neuron yang terdapat diluar SSP
- Nukleus: kumpulan neuron di SSP yang mempunyai fungsi tertentu
- Macamnya
 - Ganglia Kraniospinal
 - Ganglia Autonom
 - Simpatis
 - parasimpatis

Ganglia Kraniospinalis



- Ganglia kranial

- Jenis neuronnya adalah pseudounipolar
 - Satu cabang ke perifer (reseptor) disebut serat eferen
 - Satu cabang ke otak, disebut serat aferen
 - Perikarion globular, besar dengan cabang yang bermielin atau tanpa mielin
- Sel-sel satelit atau sel kapsul atau amfisit
- Ganglia trigeminal, fasialis (geniculatum), vestibularis

Ganglia Kraniospinalis



■ Ganglia spinal

- Jenis neuronnya pseudounipolar
 - Satu cabang ke medula spinalis (serat aferen)
 - Satu cabang ke perifer via saraf spinal (serat eferen)
 - Perikarion besar dengan cabang yang bermielin atau tanpa mielin.
- Sel-sel sateli atau sel kapsul atau amfisit
- Letaknya di radiks atau akar posterior saraf spinal



Ganglia Autonom

- Jenisnya
 - Simpatis (adrenergik)
 - Parasimpatis (kolinergik)
- Karakteristik
 - Bersimpai jaringan ikat
 - Lebih kecil daripada ganglia kranio-spinal.
 - Multipolar
 - Mempunyai sel-sel satelit yang jumlahnya lebih sedikit

Ganglia Simpatis



- Ganglia

- Ganglia paravertebralis
 - Anterolateral medula spinalis
 - C1-S2-3
 - Bentuk trunkus simpatis
 - Ada hubungan trunkus kanan dan kiri
 - Serat postganglion: sirkulasi darah dan kelenjar

Ganglia Simpatis

■ Ganglia prevertebra

- Letaknya di daerah anterior kolumna vertebralis
- Pleksus abdominalis
- 3 buah ganglia prevertebralis
 - Ganglia seliaka (celiac ganglion)
 - Ganglia mesenterika superior
 - Ganglia mesenterika inferior
- Serat saraf keluar dari medula spinalis melalui akar atau radiks ventral dan selanjutnya menuju ganglion prevertebralis melintasi trunkus simpatis yang dibentuk oleh ganglion paravertebralis

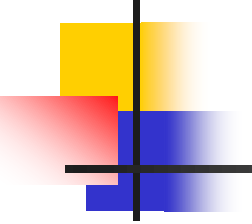
Ganglia Simpatis



- Ganglia terminalis

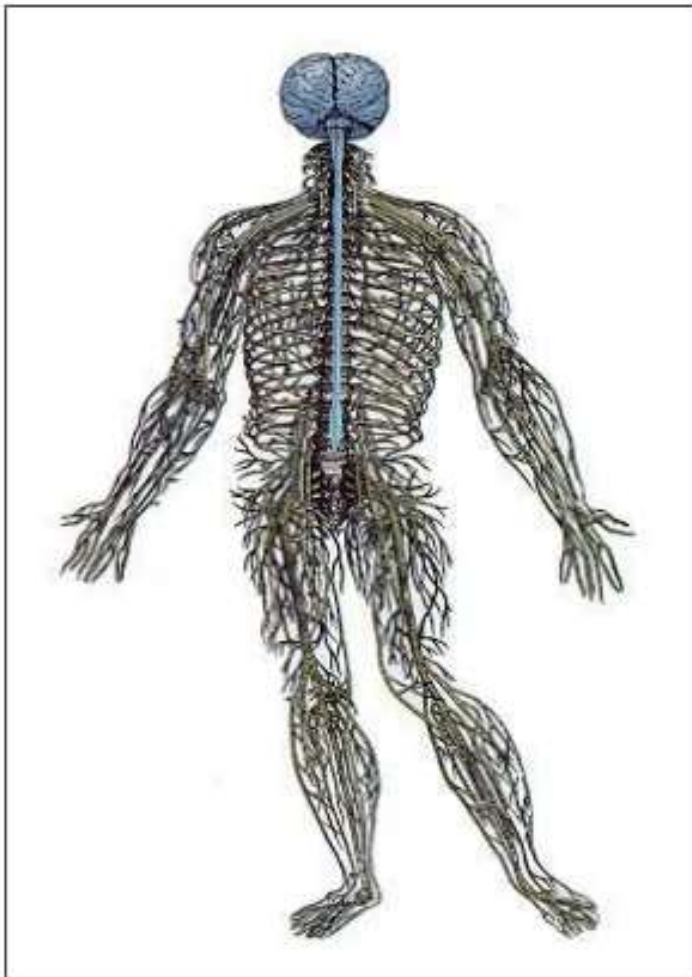
- Letaknya paling perifer, dekat dengan organ yang akan dipersarafi
- Mempersarafi otot polos

Ganglia Parasimpatis

- 
- Ganglion terletak dekat dengan organ sasaran
 - Tidak tersusun dalam suatu bentuk rantai, tetapi tersebar
 - Ciri khas
 - Badan sel saraf membentuk kelompokan yang tersebar dikelilingi oleh jaringan ikat
 - Di sekeliling sel-sel ganglion terdapat sel-sel satelit
 - Ganglia siliaris, genikulata, submandibula, otik, pterigopalatina, ganglia Meissner dan Aurbach, ganglia vesikalis.



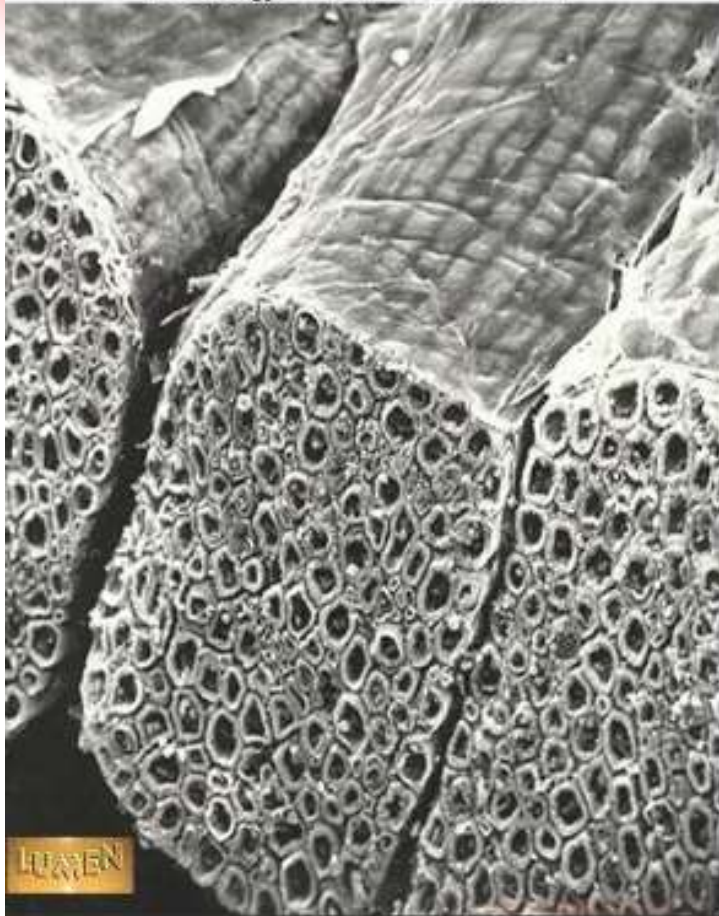
PNS



- Bundles of nerve fibers (axons) outside the CNS & surrounded by connective tissue
- **Main component :**
 - **Peripheral nerves**
 - **Ganglia**
 - **Nerve endings**

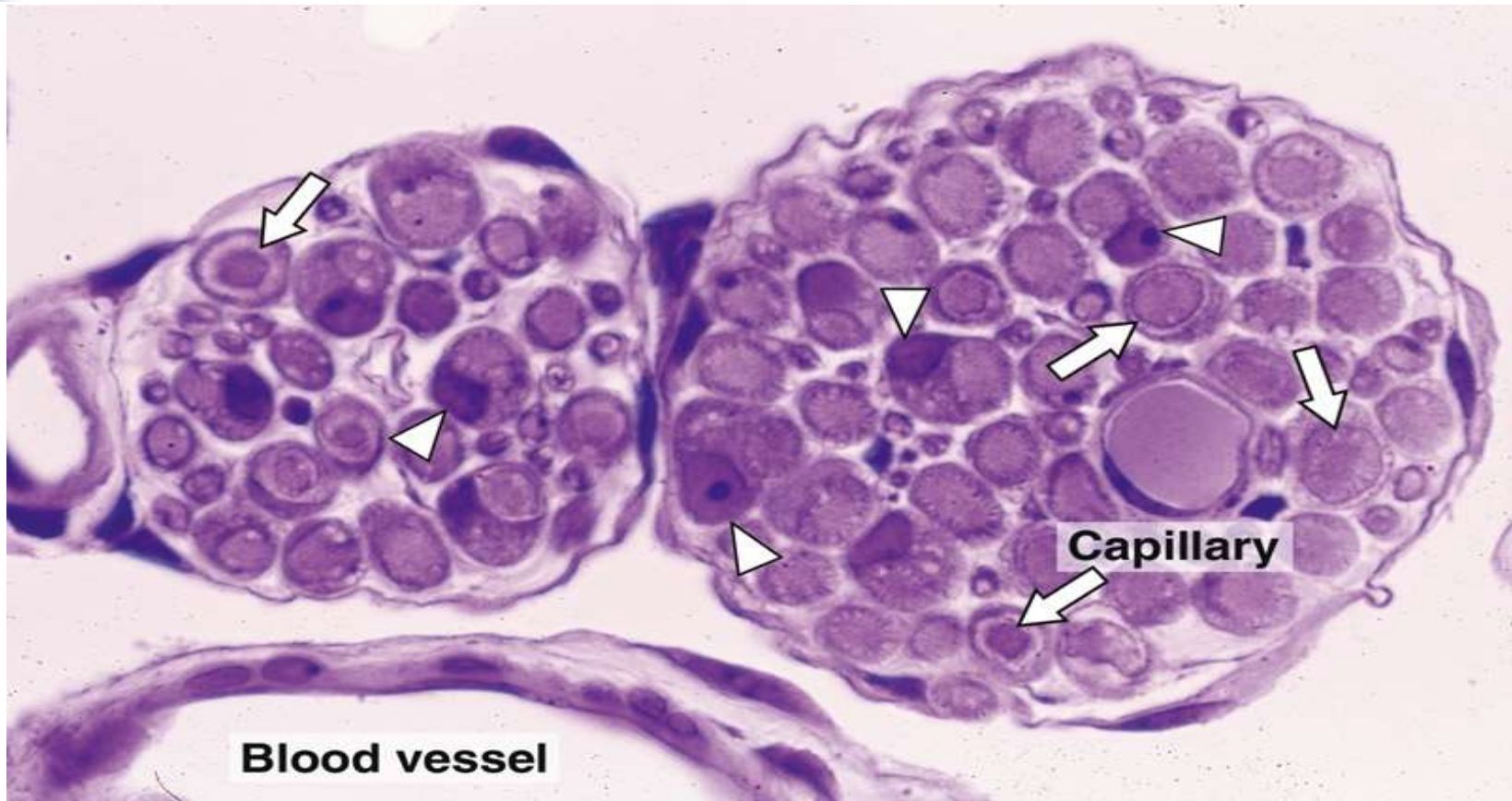
NERVE FIBERS

Histology Lab Part 6: Slide 12a



- Consist of axons enveloped by a special sheath
- Group of fibers constitute the **peripheral nerve**
- Two types :
 - Myelinated fiber
 - Unmyelinated fiber

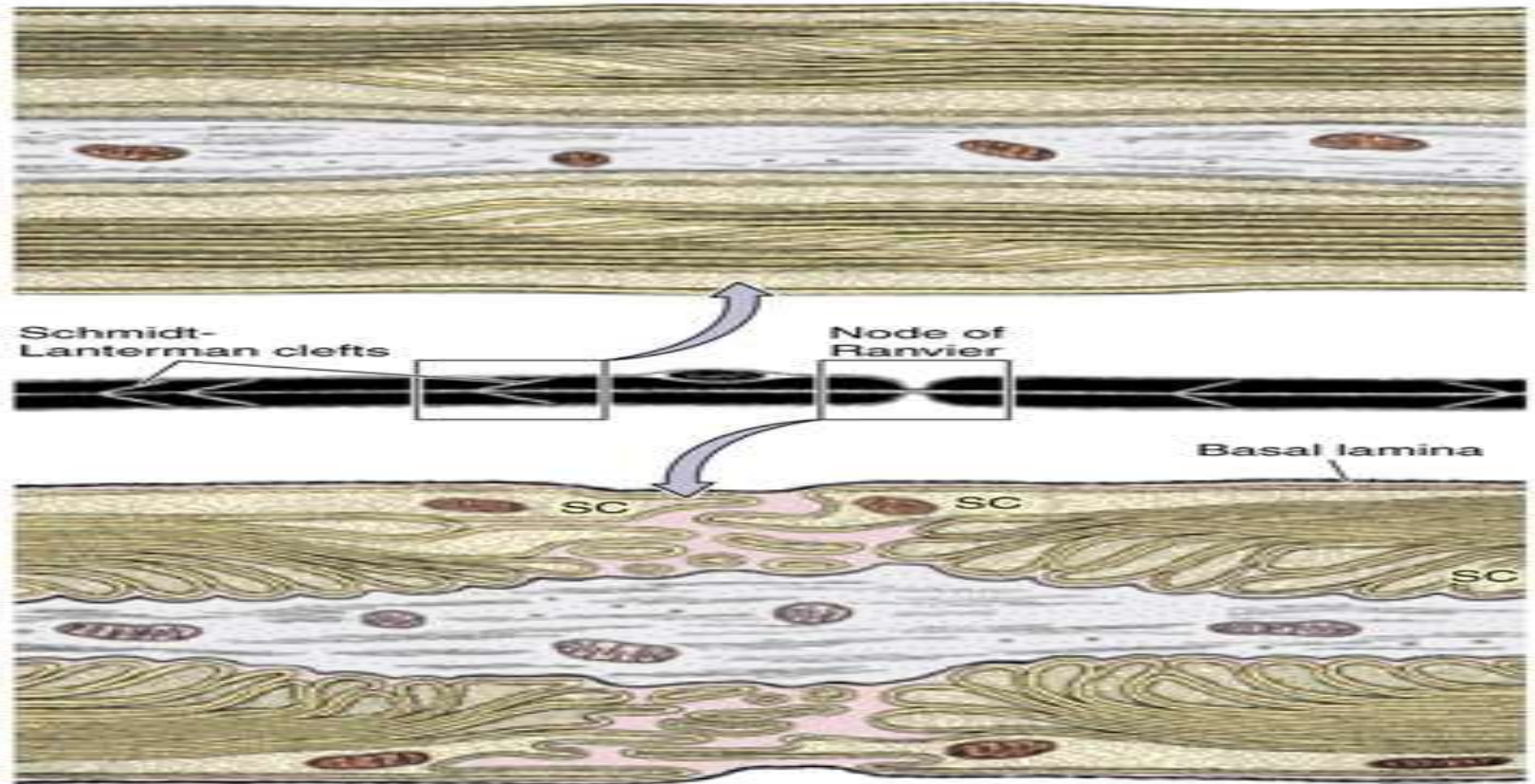
Penampang melintang nerve



SELUBUNG SERAT SARAF

- Berdasarkan ada/ tidaknya selubung mielin, serat saraf (akson) di SSP dan SST terbagi menjadi 2
 - Serat saraf bermielin (myelinated nerve)
 - SSP: dibentuk oleh sel oligodendroglia
 - 1 sel oligodendroglia membentuk selubung mielin untuk beberapa serat saraf
 - SST: dibentuk oleh sel Schwann
 - 1 sel Schwann membentuk hanya 1 selubung mielin
 - Serat saraf tak bermielin (unmyelinated nerve)

Myelinated nerve fiber





Selubung serat saraf (akson)

- **Seluruh serat saraf (akson) di SST akan diselubungi di bagian luar oleh selubung sel Schwann**
 - **Pada serat saraf bermielin**
 - 1 sel Schwann menyelubungi 1 serat saraf
 - **Pada serat saraf tak bermielin**
 - 1 sel Schwann menyelubungi beberapa serat saraf

Selubung Mielin

■ Lapisan

- Melingkari akson
- Tersusun secara konsentris
- Dibentuk oleh lipid dan neurokeratin

■ MC

- Silinder yang terputus-putus
- Celah antar selubung mielin (nodus atau pinggetan Ranvier)
- Pada pulasan perak nodus Ranvier akan terisi oleh endapan perak dikenal sebagai palang Ranvier

■ ME

- Lapisan konsentris membran plasma sel Schwan atau oligodendroglia

Selubung Mielin

- Terjadi invaginasi serat saraf ke dalam sitoplasma sel Schwann
- Kedua ujung sitoplasma sel Schwann menyatu dan membungkus serat saraf . Tempat penyatuan awal di sebut mesaxon interna
- Mesaxon kemudian meluas ke arah dalam, membentuk lapisan-lapisan / lamel-lamel
- Sitoplasma kemudian menghilang dan sisi dalam membran sitoplasma menyatu.... garis perioda
- Membran ekstrasellular kemudian mendekat tetapi tidak menyatu garis intrerperioda
- Tempat penyatuan akhir sitoplasma sel Schwann Mesaxon eksterna

Selubung mielin

- Pada saat penyatuan ke dua sisi dalam membran sitoplasma sel Schwann, terdapat kegagalan di beberapa tempat sehingga meninggalkan sejumlah kecil sitoplasma yang terjat dalam selubung mielin..... celah atau insisura Schmidt-lantermann
- Fiksasi osmium tetraoksida bisa terlihat celah Schmidt Lantermann

Selubung Mielin

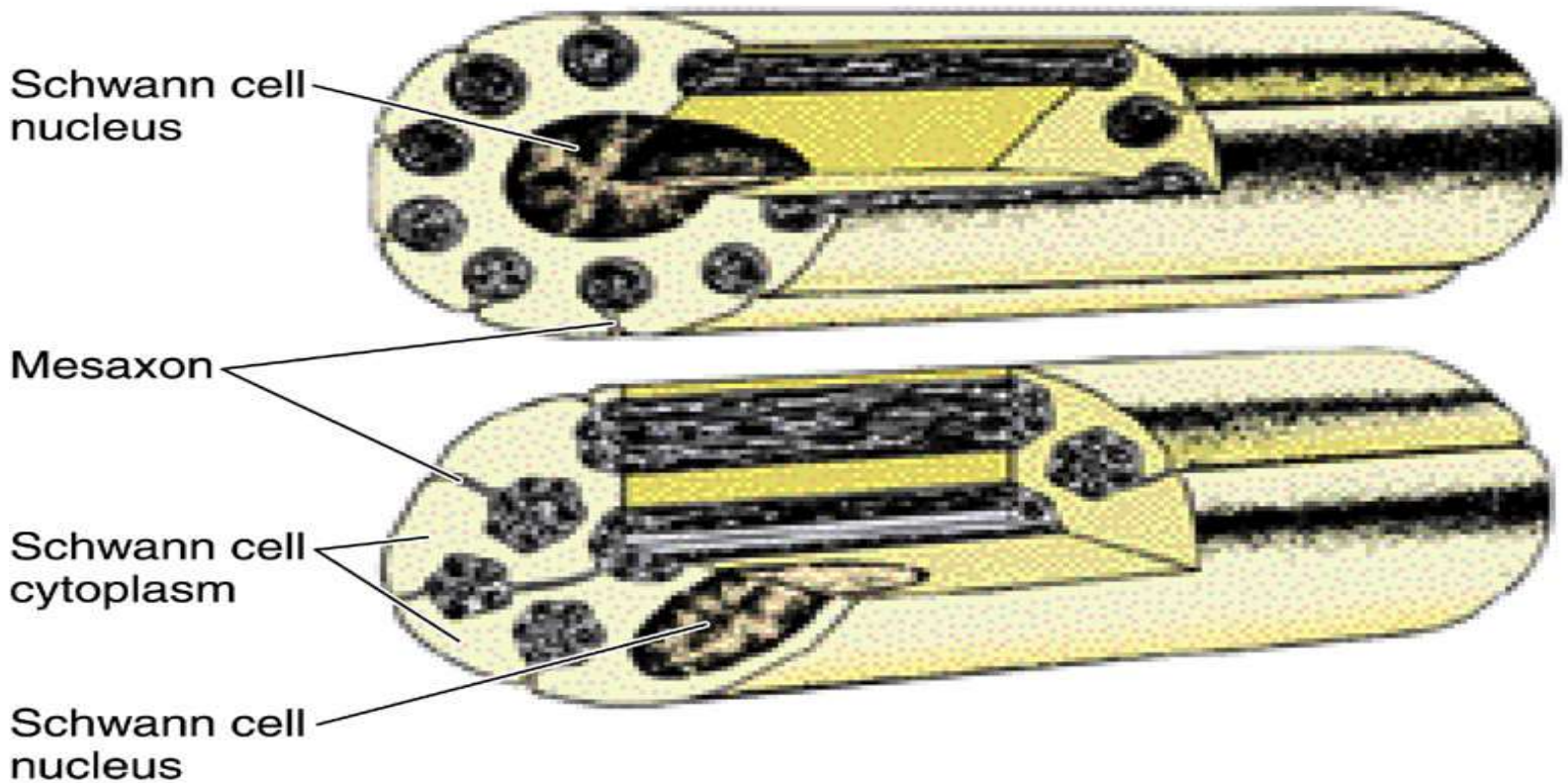
- **Di SSP**
 - Proses pembentukan serupa
 - 1 sel oligodendroglia membentuk selubung mielin untuk beberapa serat saraf
- **Fungsi selubung Mielin**
 - Sebagai insulator
 - Arus listrik meloncat dari nodus Ranvier yang satu ke yang lain secara cepat (Saltatory conduction)
 - Kecepatan rambat listrik lebih cepat dibanding serat tak bermielin



Serat saraf tak bermielin

- Di SST serat saraf tak bermielin diselubungi oleh selubung sel Schwann, sedangkan di SSP tak ada selubung
 - 1 sel Schwann membentuk selubung Schwann untuk beberapa serat saraf tak bermielin

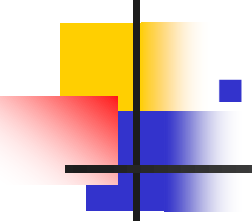
Unmyelinated nerve fiber



Selubung Schwann

- Membungkus seluruh serat saraf tepi bermielin atau tanpa mielin
- Disebut neurilema, tersusun dari sitoplasma sel schwann
- Pada pinggetan Ranvier akson hanya diselubungi oleh juluran-juluran sel Schwann yang terpisah oleh suatu celah atau gap
- Sel Schwann
 - Sel dengan init gepeng
 - Mitokondria, mikrotubulus, mikrofilamen, endoplasmik retikulum, kompleks Golgi

Pembungkus serat saraf tepi

- 
- Selain diselubungi oleh selubung mielin dan selubung Schwann, serat saraf tepi juga dibungkus oleh jaringan ikat
 - 3 lapisan
 - Endoneurium
 - Membungkus satu serat saraf
 - Serat kolagen dan retikulin halus serta sel fibroblas
 - Berhubungan dengan selubung Schwann

Pembungkus serat saraf Tepi

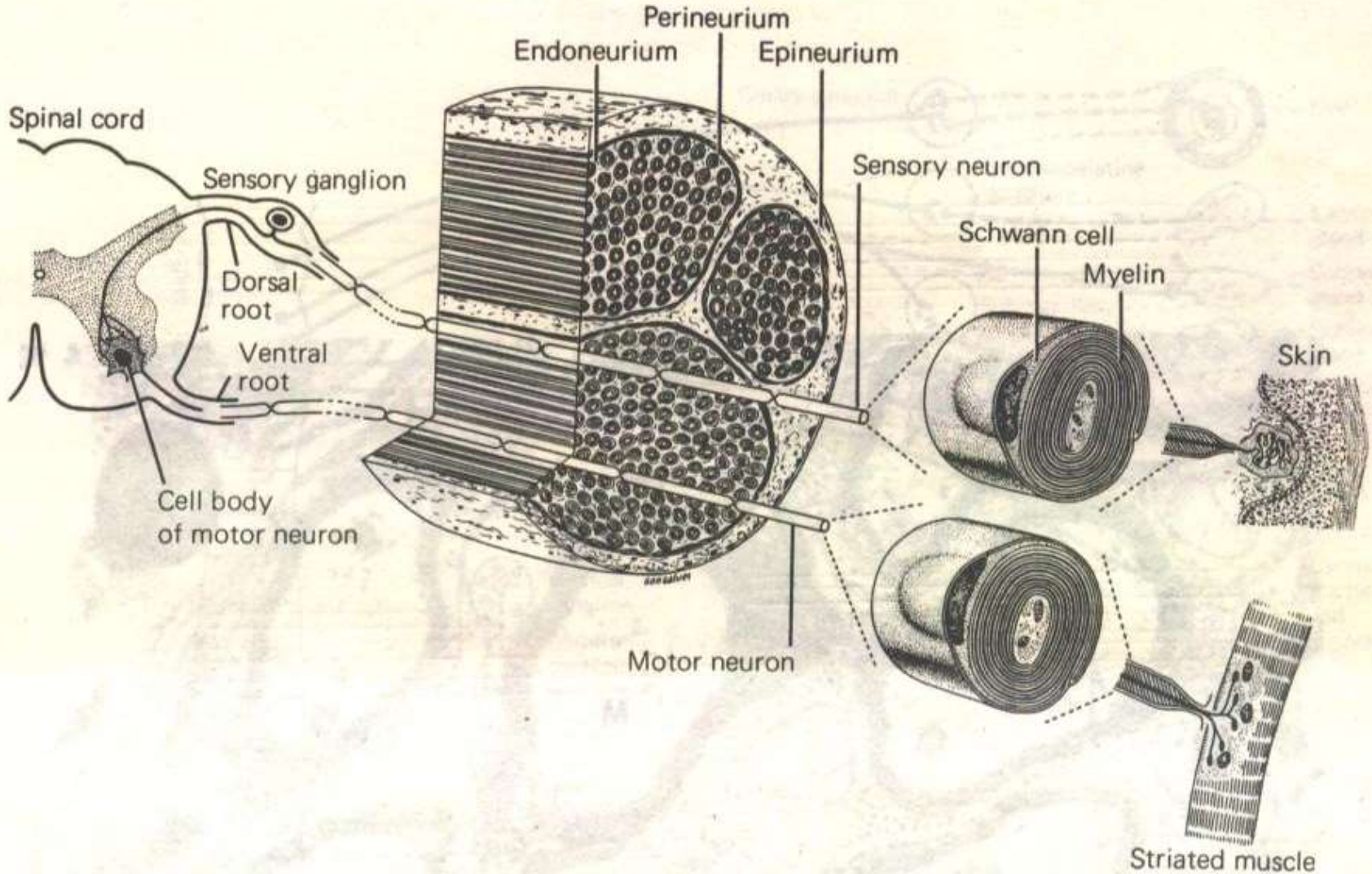
■ Perineurium

- Membungkus satu berkas serat saraf (fasikulus) yang terdiri atas beberapa serat saraf
- Serat-serat kolagen dan sel-sel fibroblas

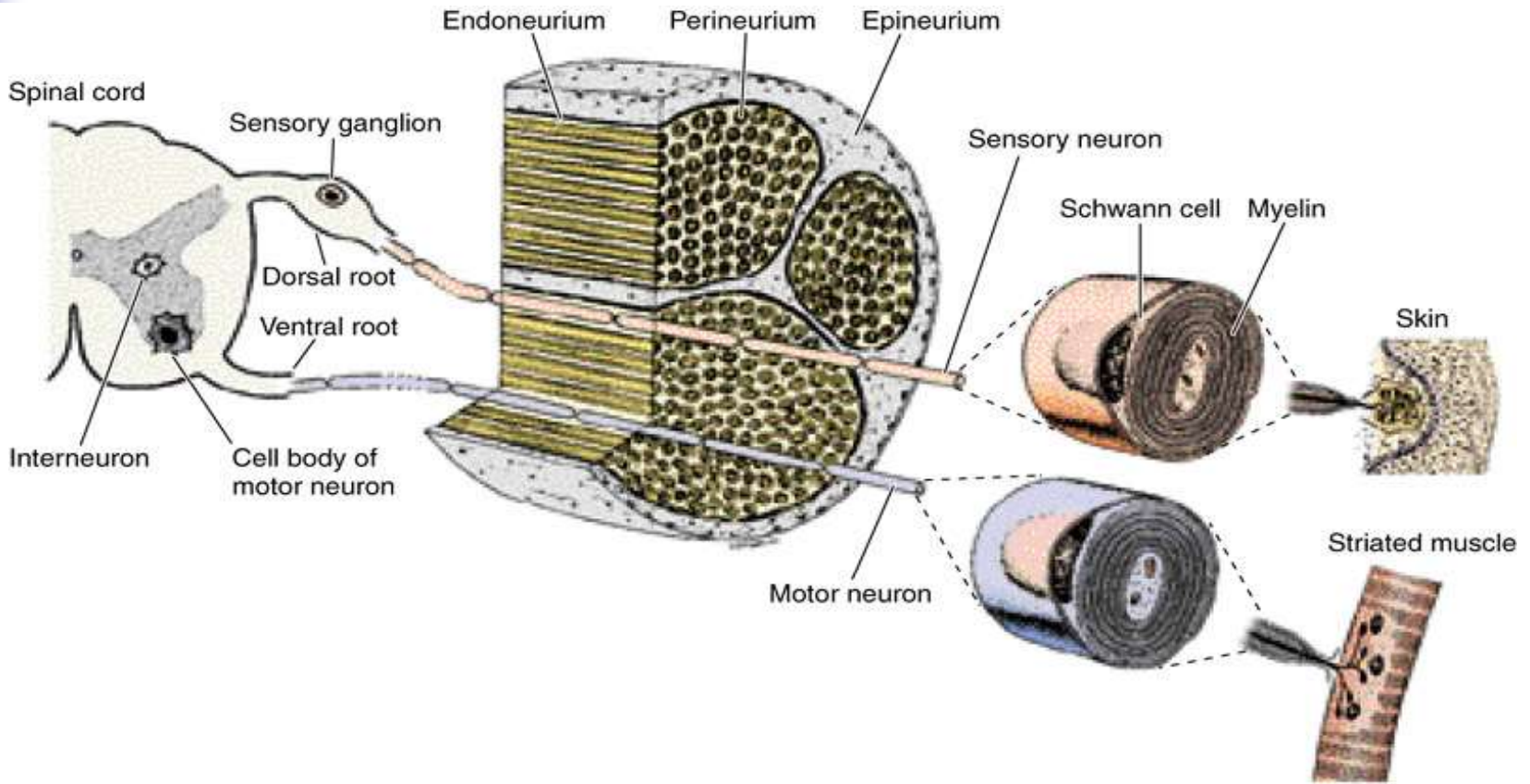
■ Epineurium

- Membungkus satu bundel serat saraf (bundles of nerve fibers) yang terdiri atas beberapa fasikulus

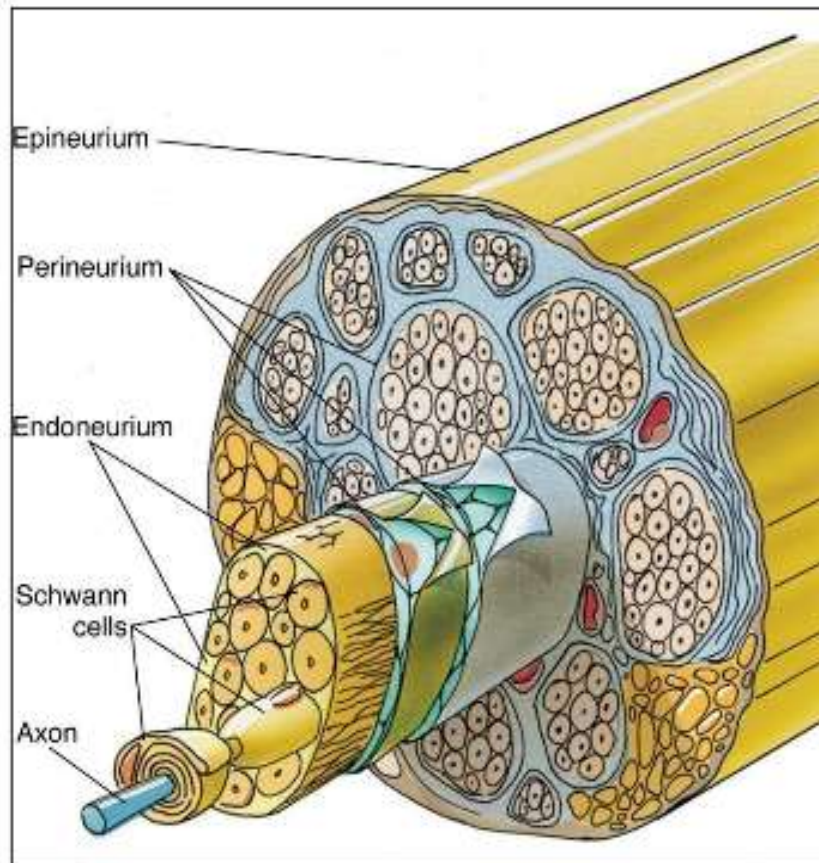
EPINEURIUM, PERINEURIUM DAN ENDONEURIUM



Nerve & reflex



CONNECTIVE TISSUE INVESTMENTS



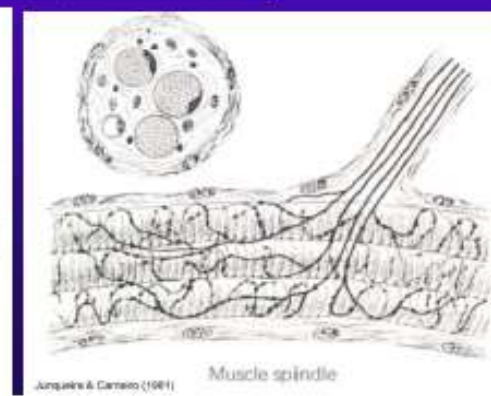
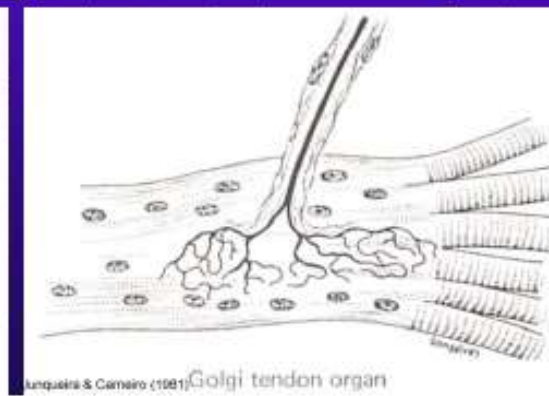
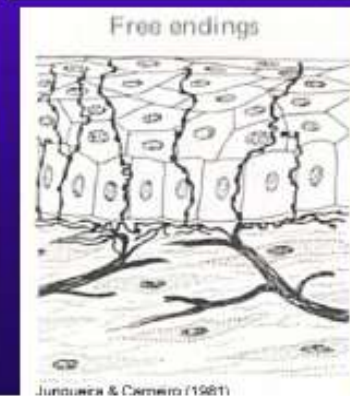
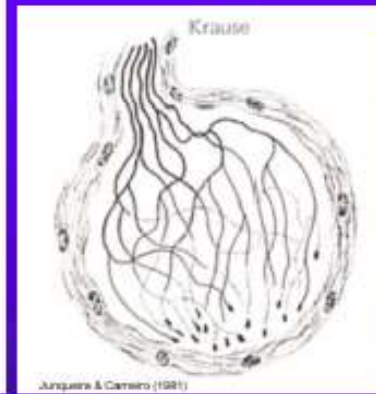
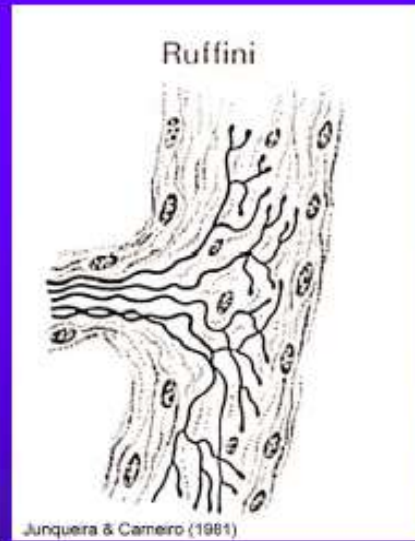
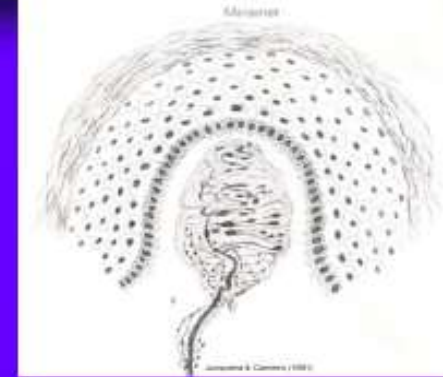
- **Epineurium**
 - Dense collagenous Con. Tissue with thick elastic fiber
 - Prevent damage by overstretching
- **Perineurium**
 - Dense con. Tissue
 - Layers of epithelioids
 - **Isolates neural environment (blood-nerve barrier)**
- **Endoneurium**
 - Loose con. Tissue
 - Regulation of microenvironment of nerve fiber

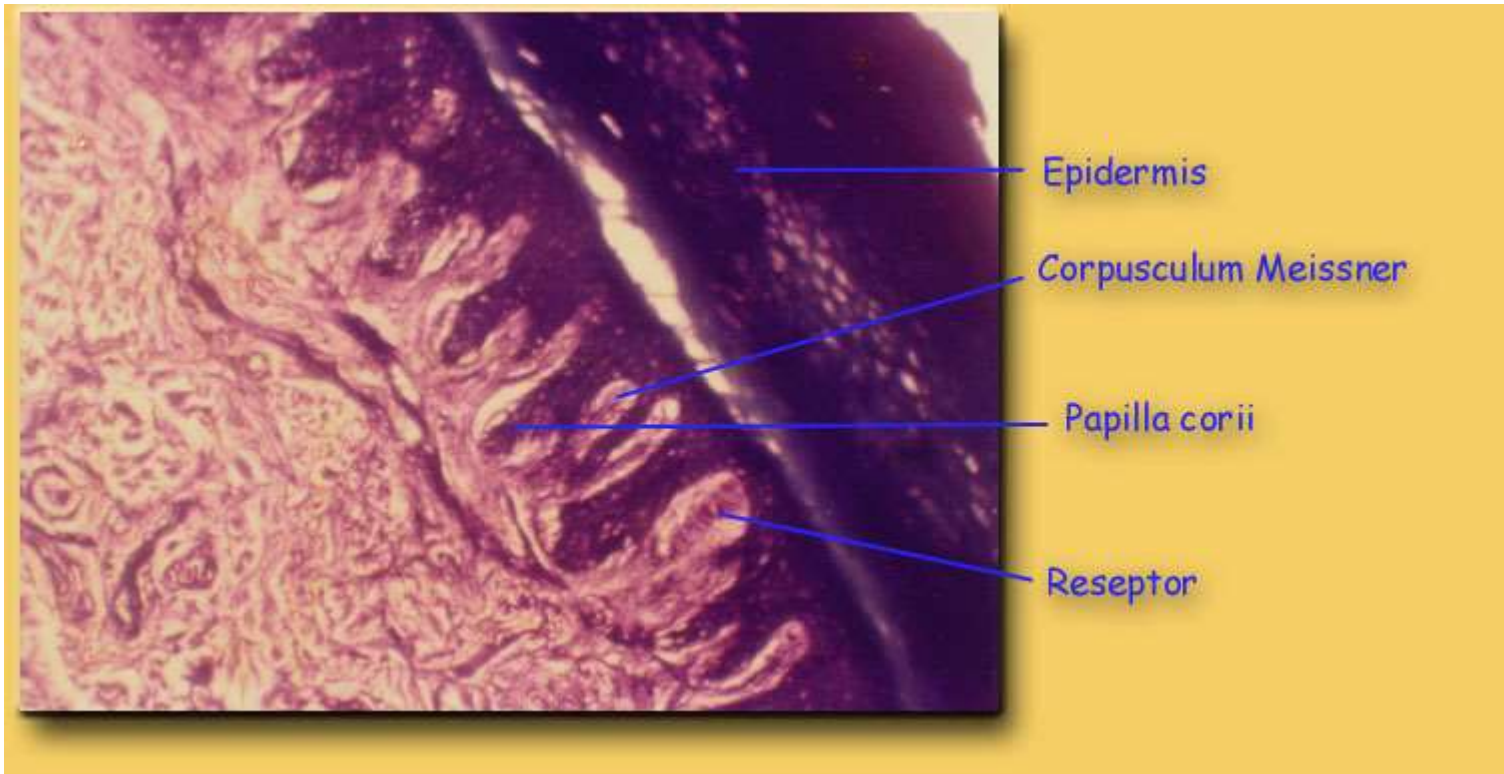
Ujung Saraf (Nerve Ending)

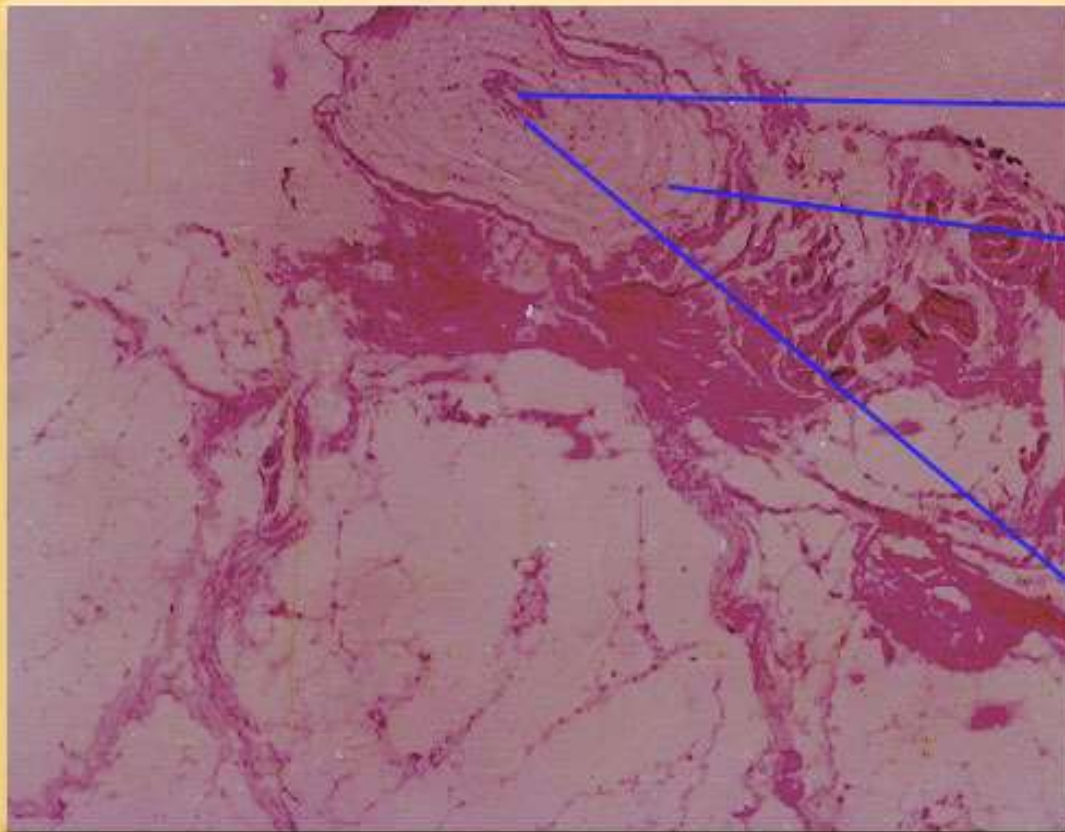
■ 3 kelompok ujung saraf

- Pada otot skeletal
 - Cakram motorik (motor end plate).... Motorik (efektor)
 - Gelendong otot (muscle spindle) Sensorik (aferen)
- Pada Epitel
 - Ujung akhir saraf bebas
- Pada jaringan
 - Badan Vater Paccini, Badan Meissner dll

Ujung saraf pada kulit







Corpus lamelar
(badan Paccini)

Nucleus fibroblastocytus

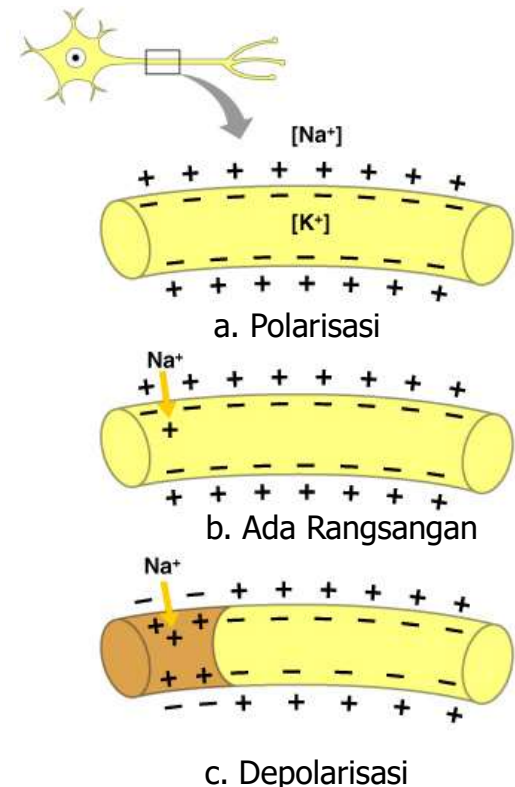
Irisan ujung syaraf

Perjalanan Rangsangan atau Impuls Syaraf

- Impuls syaraf adalah pesan syaraf yang dialirkan sepanjang akson dalam bentuk gelombang listrik.
- Impuls berjalan dari satu neuron ke neuron yang lain melalui sinapsis.

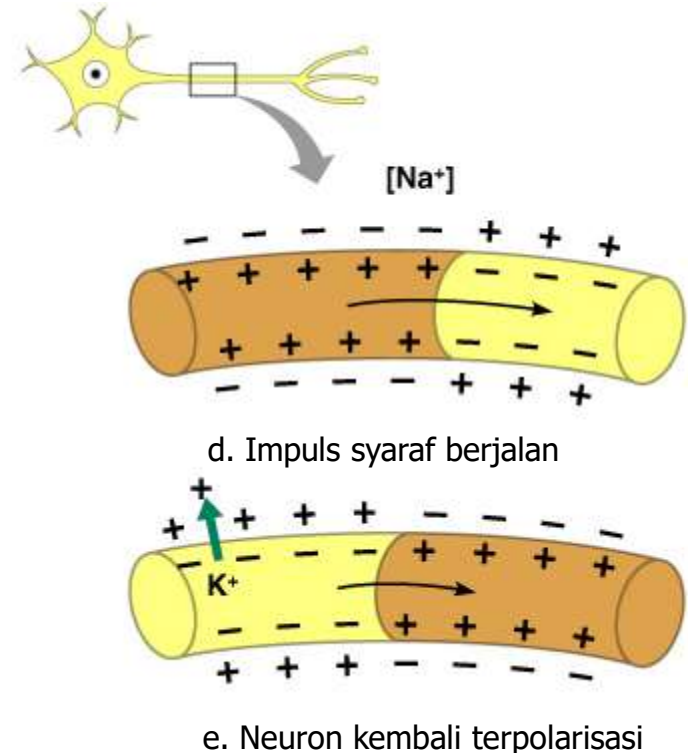
* Proses Jalannya Impuls Melalui Sel Syaraf

1. Dalam keadaan tidak ada rangsang, neuron dalam keadaan istirahat.
2. Saat neuron istirahat, muatan listrik diluar neuron bermuatan positif. Sedangkan muatan listrik di dalam neuron bermuatan negatif.
3. Apabila (ada rangsang) rangsang maka bagian tubuh akan mengenalinya (reseptor) dan kemudian menimbulkan impuls syaraf.
4. Impuls syaraf terjadi karena terjadinya perubahan dari keadaan **polarisasi** menjadi **depolarisasi** (muatan listrik di luar neuron bermuatan negatif dan muatan listrik di dalam neuron bermuatan positif).

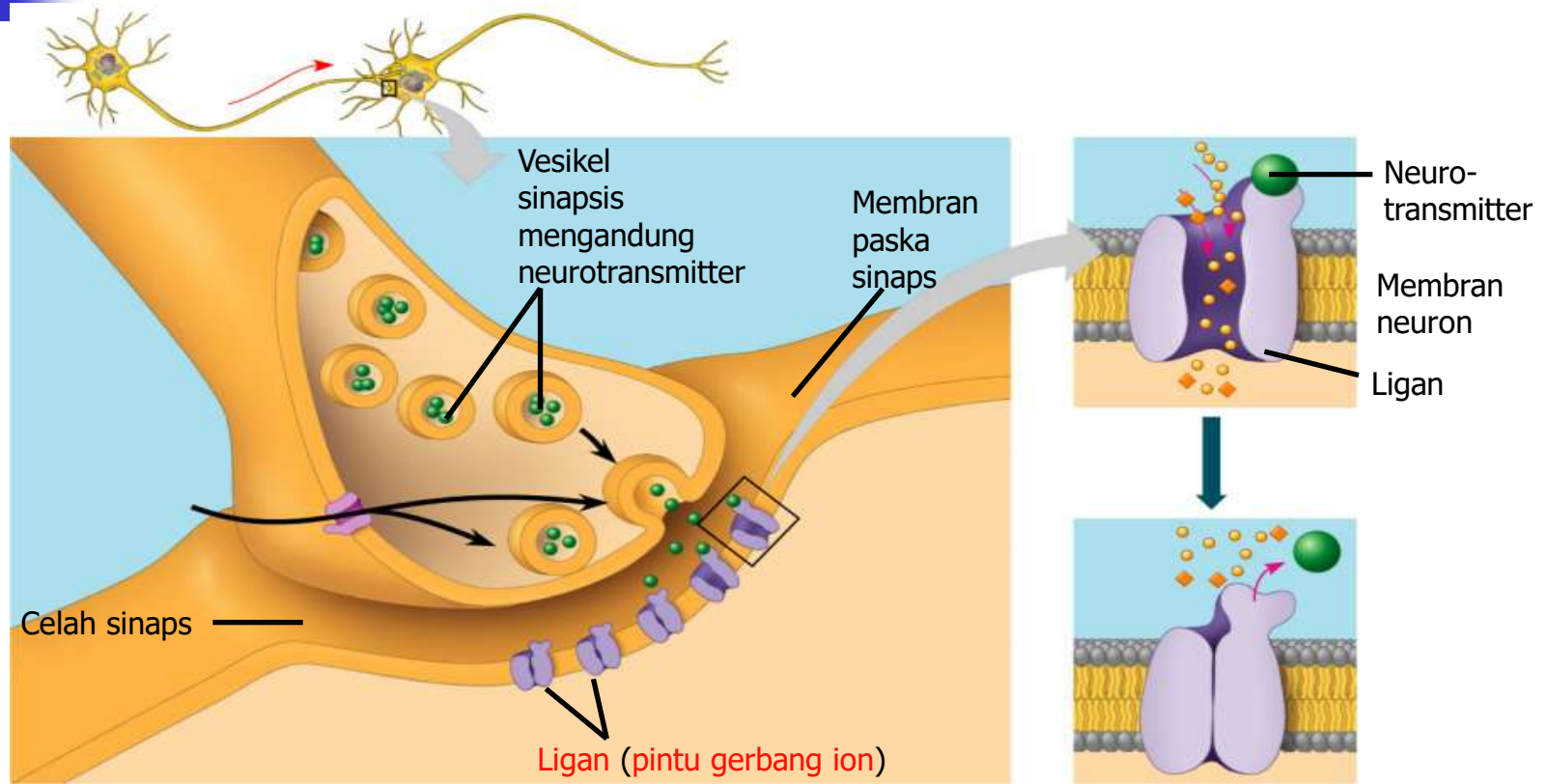


Lanjutan...

5. Proses depolarisasi ini berlangsung cepat dan berjalan sepanjang neuron. Inilah yang dimaksud dengan impuls syaraf. (Impuls bisa mencapai kecepatan 1/1000 detik).
6. Setelah impuls berlalu, neuron akan kembali ke keadaan semula (polarisasi).
7. Saat impuls berjalan sampai di terminal sinapsis, impuls akan dibawa oleh neurotransmitter menuju neuron lainnya. Begitu seterusnya sampai impuls berjalan menuju otak.
8. Di otak, impuls akan diterjemahkan dan ditanggapi dalam bentuk yang disesuaikan dengan bentuk rangsangannya



* Impuls berjalan melalui sinapsis



- Sinapsis meneruskan impuls dari satu neuron ke neuron yang lain

The image features a warm, autumnal theme. The background is a soft, light yellow. The top and bottom edges are framed by vibrant, multi-colored leaves in shades of orange, red, and yellow. At the bottom, several pumpkins of various sizes and colors (orange, yellow, and green) are arranged, some with their stems still attached. The central focus is the text 'TERIMA KASIH' written in a bold, black, hand-drawn font.

TERIMA KASIH