

FISIOLOGI SISTEM SARAF SENSORIK

KEN WIRASTUTI, M.KES, SPS, KIC

Bagian Afferen

- Reseptor
- Neuron sensorik
- Jalur sensorik

Bagian Afferen – pada SSP

1. info somatik

- `korteks sensorik di cerebrum
- serebelum

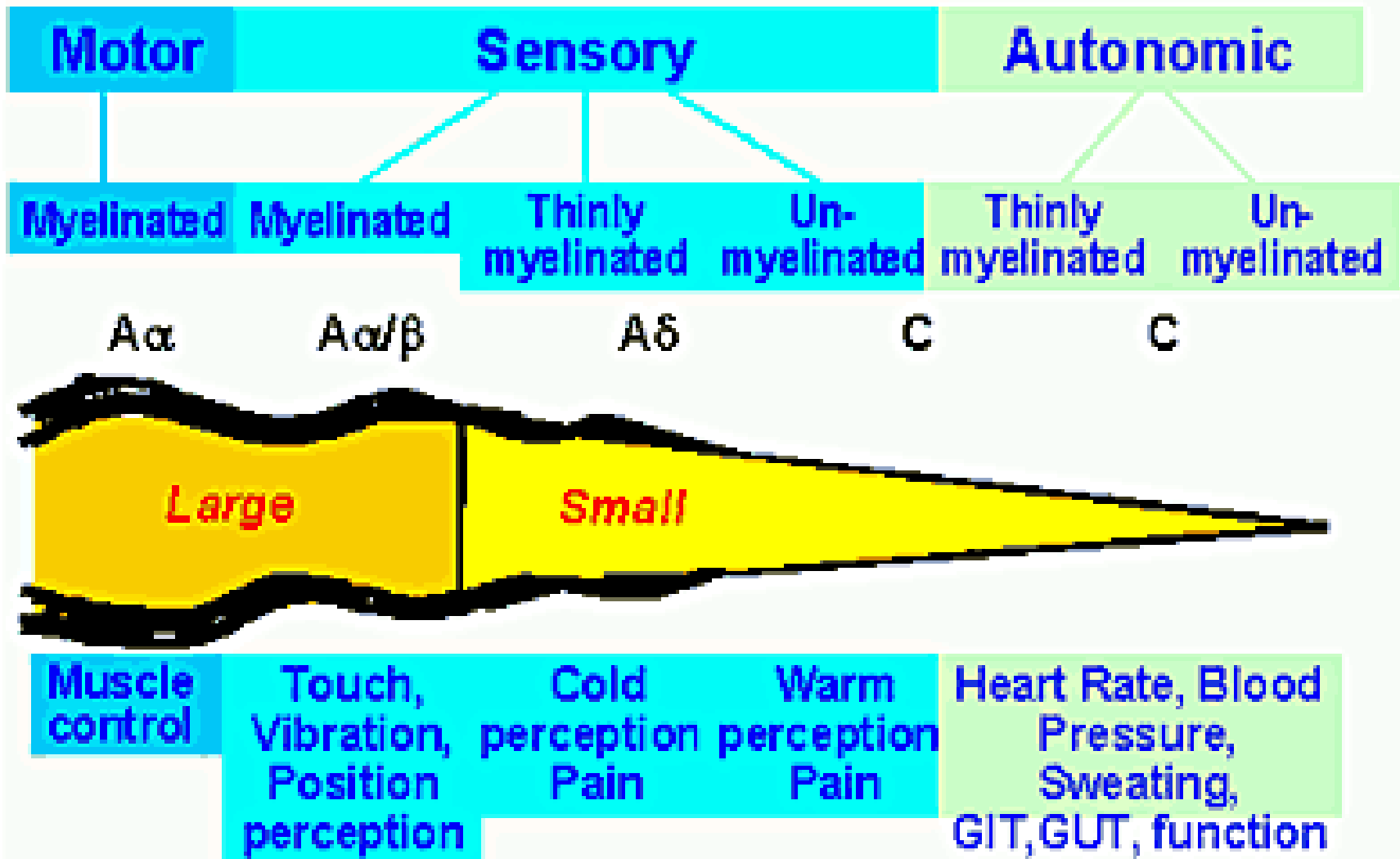
2. info visceral

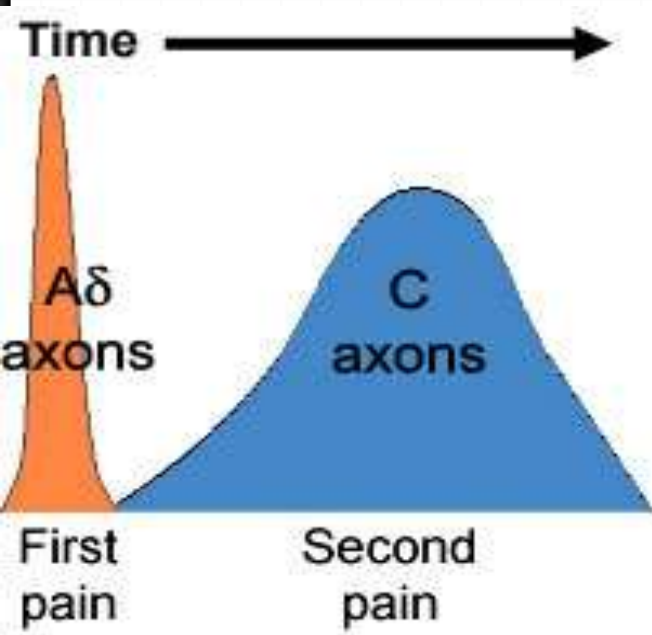
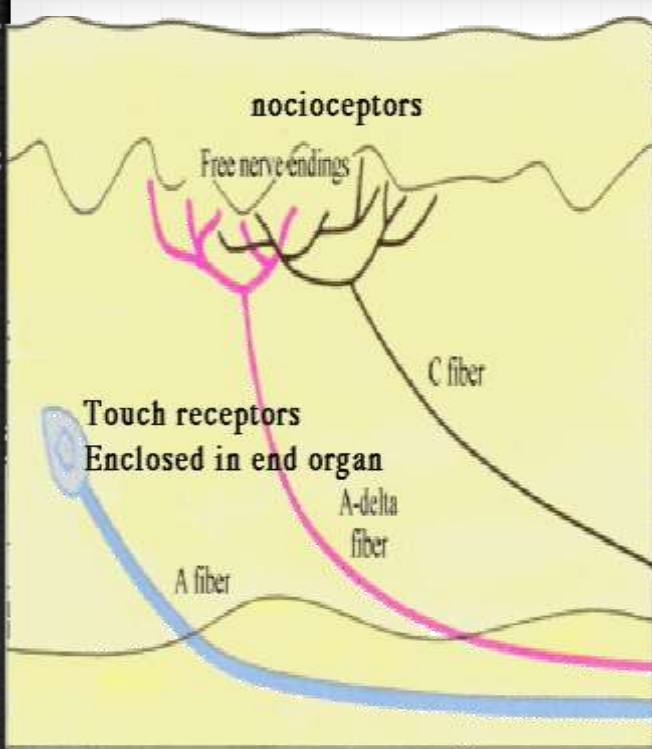
- pusat refleks di baintem
- Pusat refleks di diencephalon

Jenis Serabut Sensorik

Type	Erlanger-Gasser Classification	Diameter (μm)	Myelin	Conduction velocity	Associated <u>sensory receptors</u>
Ia	A α	13 - 20	Ya	80-120 m/s	Primary receptors of <u>muscle spindle</u>
Ib	A α	13 - 20	Ya	80-120 m/s	<u>Golgi tendon organ</u>
II	A β	6 - 12	Ya	33-75 m/s	Secondary receptors of <u>muscle spindle</u> All cutaneous <u>mechanoreceptors</u>
III	<u>Aδ</u>	1 - 5	tipis	3-30 m/s	<u>Free nerve endings</u> of touch and pressure <u>Nociceptors</u> of <u>neospinothalamic tract</u> Cold <u>thermoreceptors</u>
IV	C	0,2 - 1,5	Tidak	0.5-2.0 m/s	<u>Nociceptors</u> of <u>paleospinothalamic tract</u> <u>Warmth receptors</u>

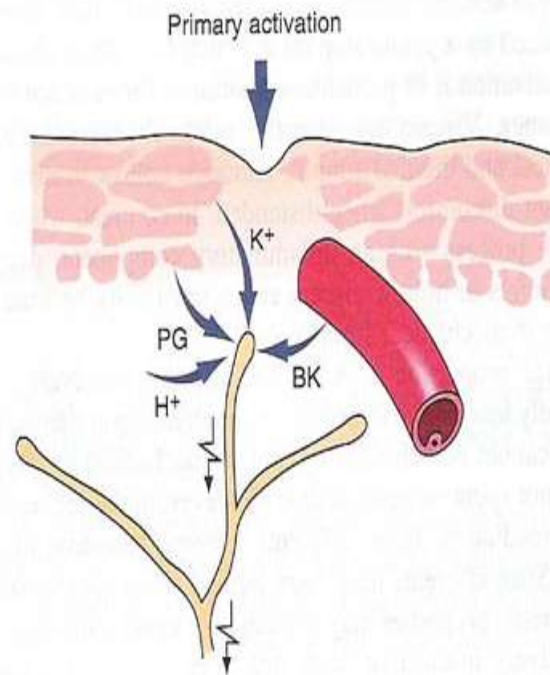
A Simplified View of The PNS





- Reseptor: alat penerima rangsang
- Rangsang yang bersifat nyeri disebut noxious
- Reseptor nyeri disebut nosiseptor → berupa ujung-ujung saraf bebas
- Terutama serabut C and $A\delta$
- Serabut C tidak bermyelin dan diaktivasi oleh stimuli kimia, termal, dan mekanik
- Serabut $A\delta$ → bermyelin dan kecepatan hantarnya 25 X lebih cepat dari pada serabut C; diaktivasi oleh stimuli mekanik dan termal.
- Struktur Somatic banyak mengandung serabut $A\delta$ dan serabut C vs struktur visceral terutama mengandung serabut C
- Aktivasi serabut $A\delta$ → first pain: menimbulkan sensasi nyeri yg cepat, tajam, terlokalisasi
- Aktivasi serabut C → second pain: sensasi nyeri yg lama, nyeri tumpul, terbakar, intense, menyebar

A



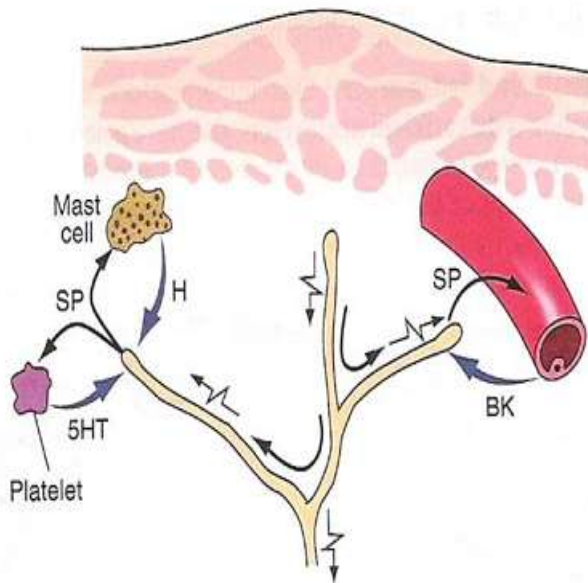
Substansi2 yang menstimulasi nosiseptor:

Bradykinin: vasodilator kuat yang meningkatkan permeabilitas kapiler dan mengkonstriksi otot2 polos. Berperan sbg mediator nyeri pada lokasi injuri

Histamin

B

Secondary activation



Postaglandins: suatu substansi menyerupai hormaon yang mengirim stimulus nyeri tambahan ke SSP

Serotonin

Substance P: diyakini bekerja sebagai suatu stimulan pada reseptor nyeri dan bisa mempengaruhi respon inflamasi

Jalur sensorik – dari sensasi sampai persepsi

- Stimulus sbg energi fisik → reseptor sensorik – reseptor bekerja sebagai suatu transducer
- Transduction – mengubah stimulus lingkungan menjadi potensial aksi oleh reseptor sensorik
- Sinyal intraseluler → biasanya mengubah potensial membran
- Stimulus → ambang → potensial aksi ke SSP
- Integrasi di dalam SSP → korteks serebri atau bekerja tanpa sadar

Reseptor2 sensorik perifer

- Struktur yang menerima stimulus sensorik
 - Memulai sinyal pada akson sensorik
- 2 kategori reseptor sensorik
 - Ujung2 saraf khusus dari neuron sensorik
 - Memantau informasi sensori general
 - Sel2 reseptor independen- sel2 epitel khusus atau neuron2 kecil
- Reseptor2 sensorik dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis:
 - Tipe stimulus yang terdeteksi
 - Lokasi
 - Kompleksitas struktural
 - Memantau sebagian besat tipe informasi sensorik spesial

Klasifikasi reseptor berdasarkan jenis stimuli

4 jenis reseptor sensorik general

- **Pain**: nociceptor
- **Temperature**: thermoreceptor
- **Physical**: mechanoreceptor
- **Chemicals**: chemoreceptors

Semua bisa ditemukan baik di somatik (eksteroseptor) maupun di visceral (interoseptor) kecuali:

- Proprioseptor (suatu mekanoreseptor) hanya somatik → melaporkan posisi otot2 skelet dan persendian

Reseptor nyeri: nosiseptor

- Sensitif terhadap stimulus penghasil nyeri (panas atau dingin ekstrim, tekanan berlebihan, bahan kimia keras
- Ujung2 saraf bebas
- Cara kerja:
- Sel2 yang mengalami injuri akan melepaskan asam arachidonat
- Asam arachidonat dikonversi menjadi prostaglandin oleh enzim siklo-oksigenase
- Prostaglandin akan mengaktivasi nosiseptor
- (banyak obat2an anti nyeri seperti aspirin bekerja dengan menghambat enzim siklo-oksigenase

Termoreseptor

- Mendeteksi temperatur
- Ditemukan di kulit, otot skelet, hati dan hipotalamus
- Mengandung ujung-ujung saraf bebas
- Reseptor fasik yang beradaptasi mudah
 - ✓ respon dingin lebih superfisial dan reseptor² terhadap panas berada lebih dalam.
 - ✓ Suhu yang di luar kisaran termoreseptor akan mengaktivasi nosiseptor

Mekanoreseptor

- Mendeteksi distorsi membran
 - ✓ 3 jenis reseptor:
 - Reseptor taktil
 - Proprioseptor
 - Baroreseptor

Mekanoreseptor – reseptor taktil

- Mendeteksi raba, tekanan dan getar pada kulit
- Mendeteksi gerakan rambut
- Mendeteksi raba halus
- Mendeteksi tekanan dalam
- Respon terhadap gatal dan raba halus

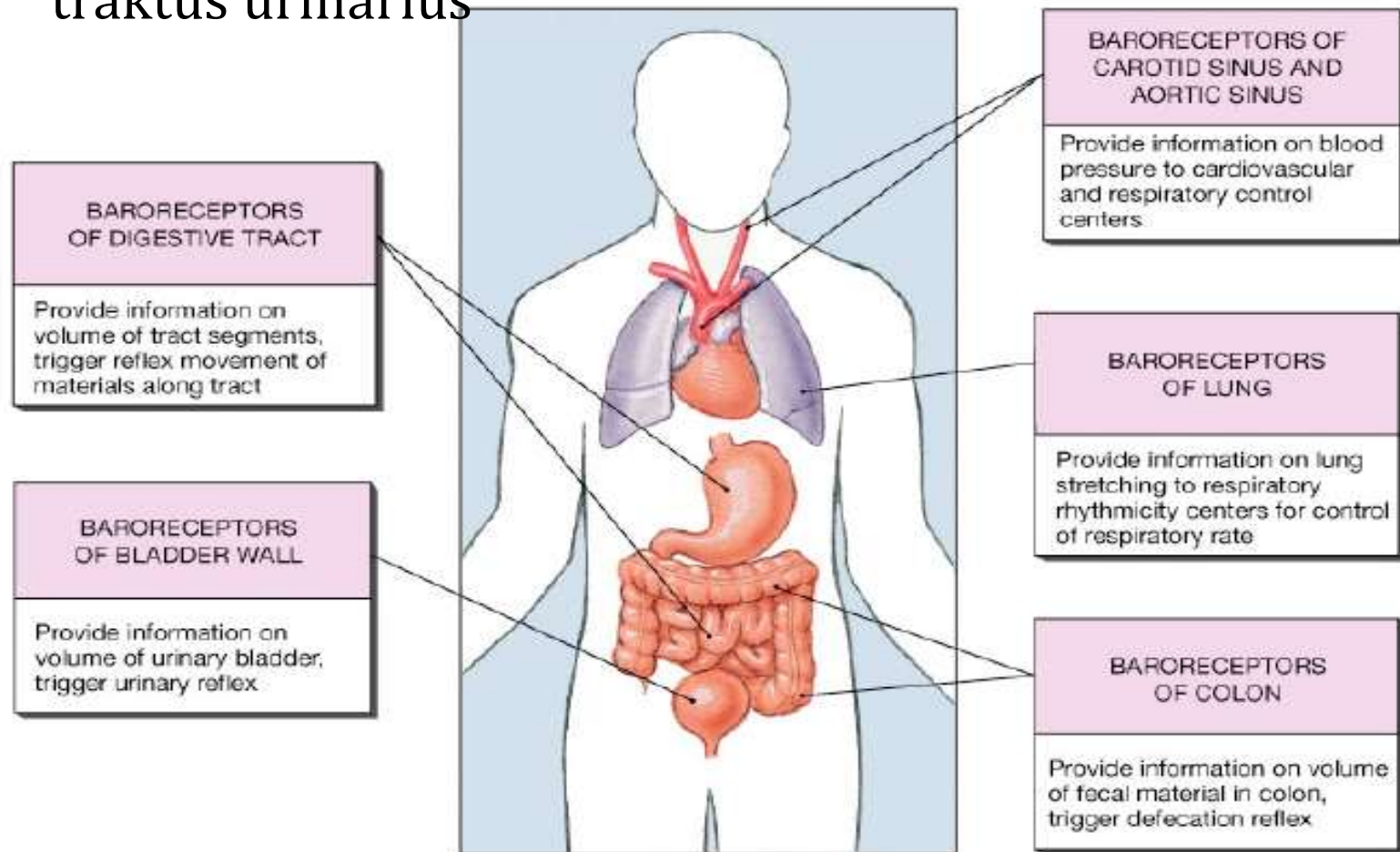
Mekanoreseptor: propioseptor

3 jenis propioseptor:

- muscle spindle
 - modifikasi sel otot skelet
 - Monitor panjang otot skelet
- organ tendon golgi – lokasi dekat dengan muscle-tendon junction
 - monitor tegangan dalam tendon
- reseptor joint kinesthetic
 - ujung-ujung saraf sensorik dalam kapsul sendi
 - Monitor tekanan, tegangan dan pergerakan pada persendian

Mekanoreseptor: baroreseptor

- Mendeteksi perubahan tekanan
- Didapatkan pada jaringan elastis dari pembuluh darah dan organ-organ digestive, reproduksi dan traktus urinarius



Kemoreseptor

- Mendeteksi perubahan konsentrasi bahan2 kimiawi spesifik atau campuran
 - ✓ pH, CO₂, sodium, dsb
 - ✓ didapatkan pada pusat respirasi di otak dan pada arteri2 besar.

Klasifikasi berdasarkan lokasi

- Eksteroreseptor :
 - respon terhadap stimuli yang berasal dari luar tubuh
 - Lokasinya pada atau dekat permukaan tubuh
 - Termasuk reseptor untuk raba, tekan, nyeri dan suhu
- Interoseptor : (visceroseptor)
 - Respon terhadap stimuli yang berasal dari visceral dan pembuluh darah
 - Monitor berbagai macam stimuli seperti perubahan kimiawi, regangan jaringan, dan perubahan temperatur
- Proprioseptor:
 - Respon thd regangan otot skelet, tendon, joints, ligaments dan jar konektif yang menyelimuti tulang dan otot

Klasifikasi berdasarkan struktur

◆ Simple:

- Mayoritas
- Modifikasi perpanjangan dendrit dari saraf sensorik
- Ditemukan di kulit, membran mukosa, otot dan jaringan konektif

◆ Complex:

- Dihubungkan dengan sensorik khusus (penglihatan, pendengaran, penghiduan dan pengecapan)

Reseptor sensorik general (reseptor simple)

- Terdistribusi luas
- Ujung2 saraf dari neuron sensorik:
 - Protopatik
 - Proprioseptik
- Diklasifikasikan menjadi 2 kelompok:
 - Ujung2 denrit bebas
 - Ujung2 dendritic encapsulated

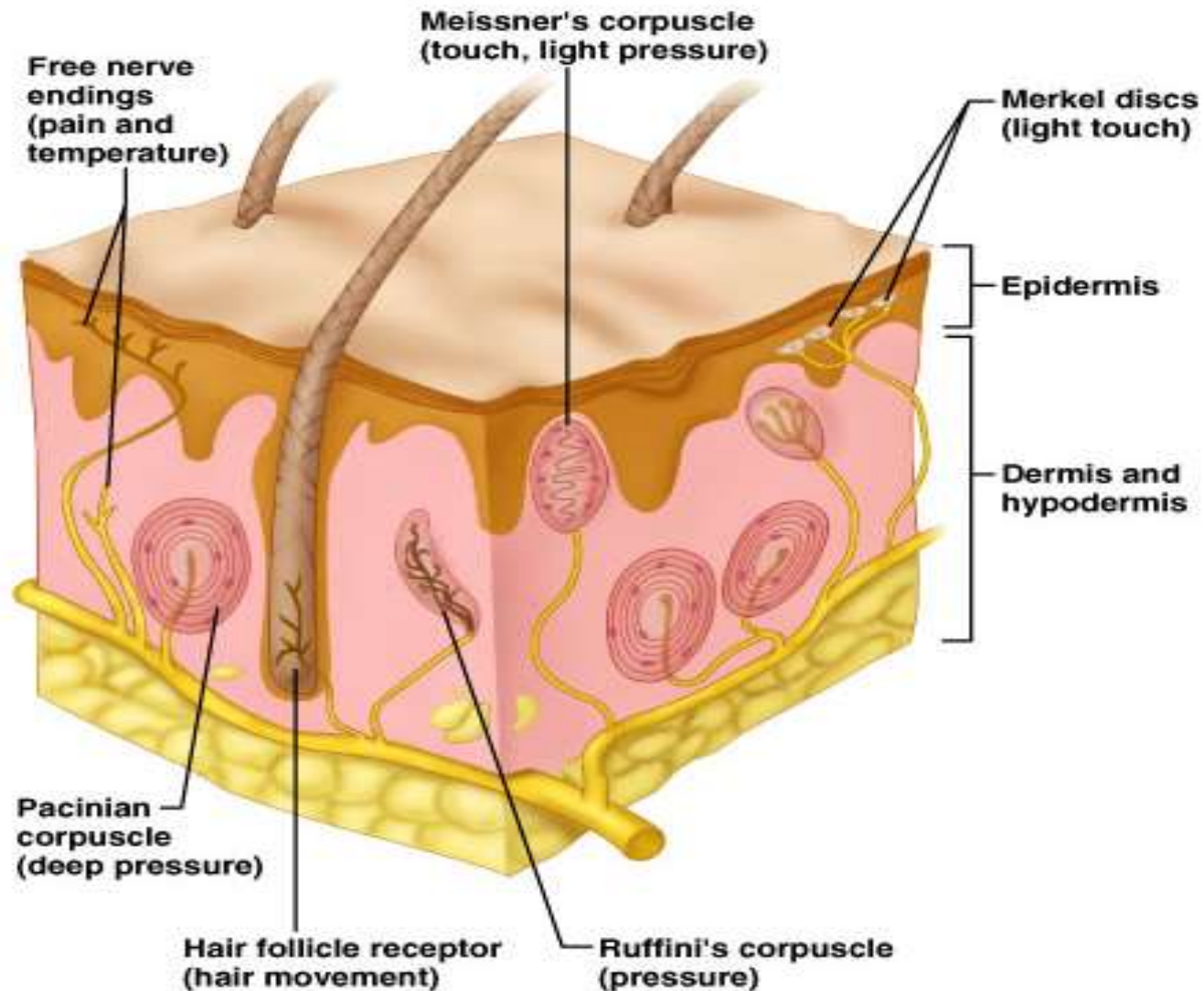
Ujung2 saraf bebas

- Sebagian besar tidak bermyelin dengan diameter kecil
- Respon terhadap nyeri dan temperatur
- Dua jenis khusus:
 - Discus Merkel → terletak pada epidermis
 - Reseptor beradaptasi lambat utk raba halus
 - Receptor folikel rambut → membungkus folikel rambut
 - Receptor yang beradaptasi cepat

Ujung2 saraf yang terbungkus

- Terdiri dari satu atau lebih serabut akhir dari neuron sensorik
- Tertutup dalam jaringan konektif
- Mekanoreseptor
- Meliputi 4 jenis utama:
 - Corpuskel meissner
 - Corpuskel Pacinian
 - Corpuskel Ruffini
 - Proprioseptor : muscle spindle, organ tendon golgi, reseptor kinestetik joint

Structure of Receptors in Skin



Proses Informasi Sensorik

- Tingkatan integrasi neural sistem sensorik:
 1. Level reseptor → sensor reseptor
 2. Level sirkuit → jalur ascending pada SSP
 3. Level perseptual → sirkuit neuronal pada korteks serebri

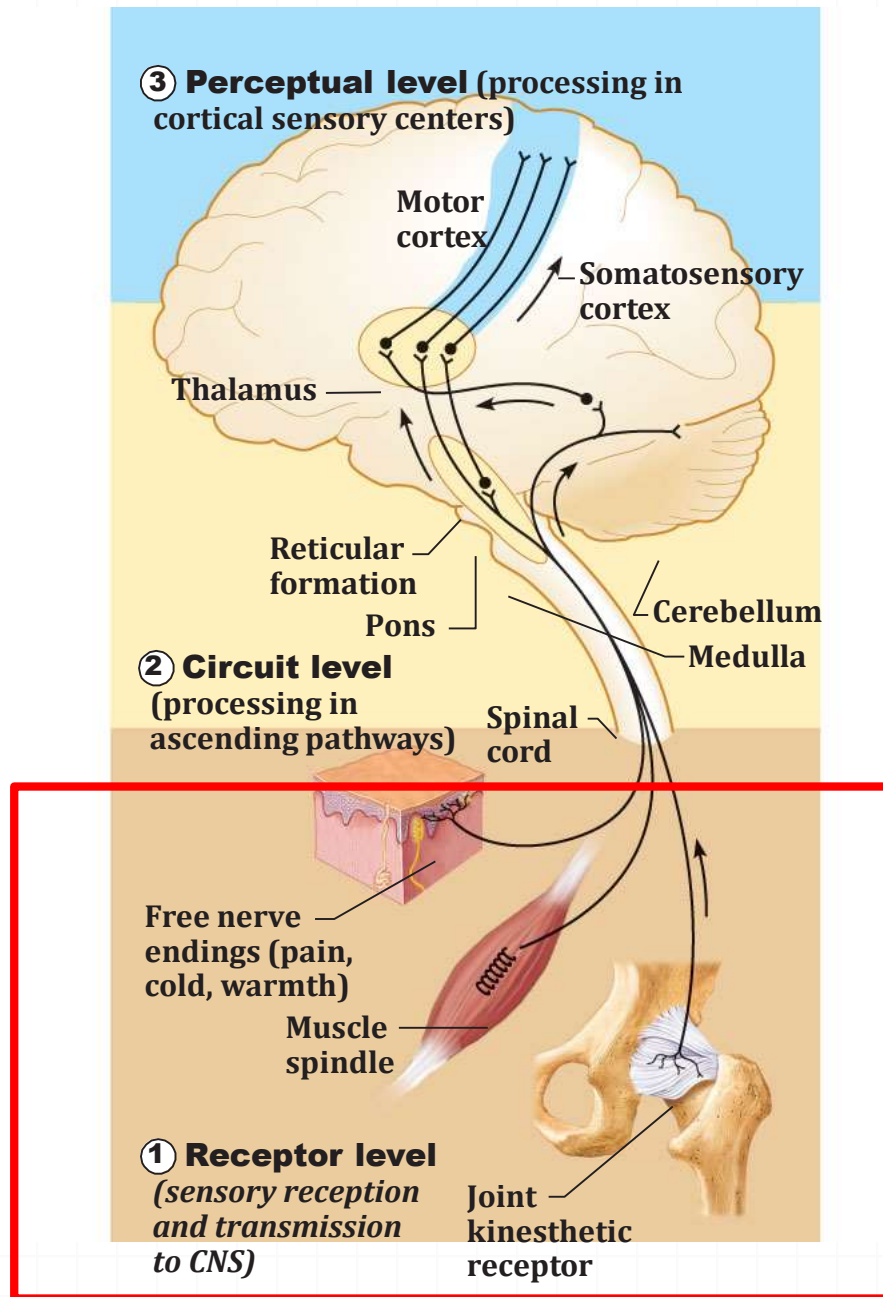
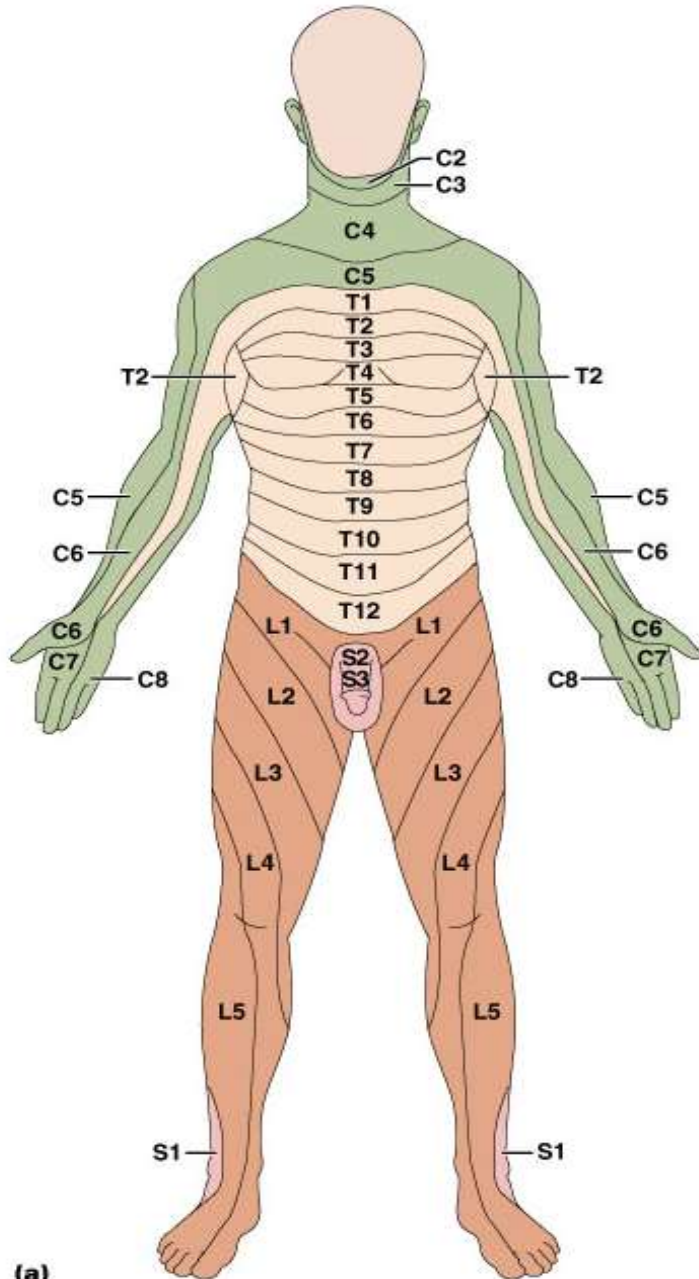


Figure 13.2

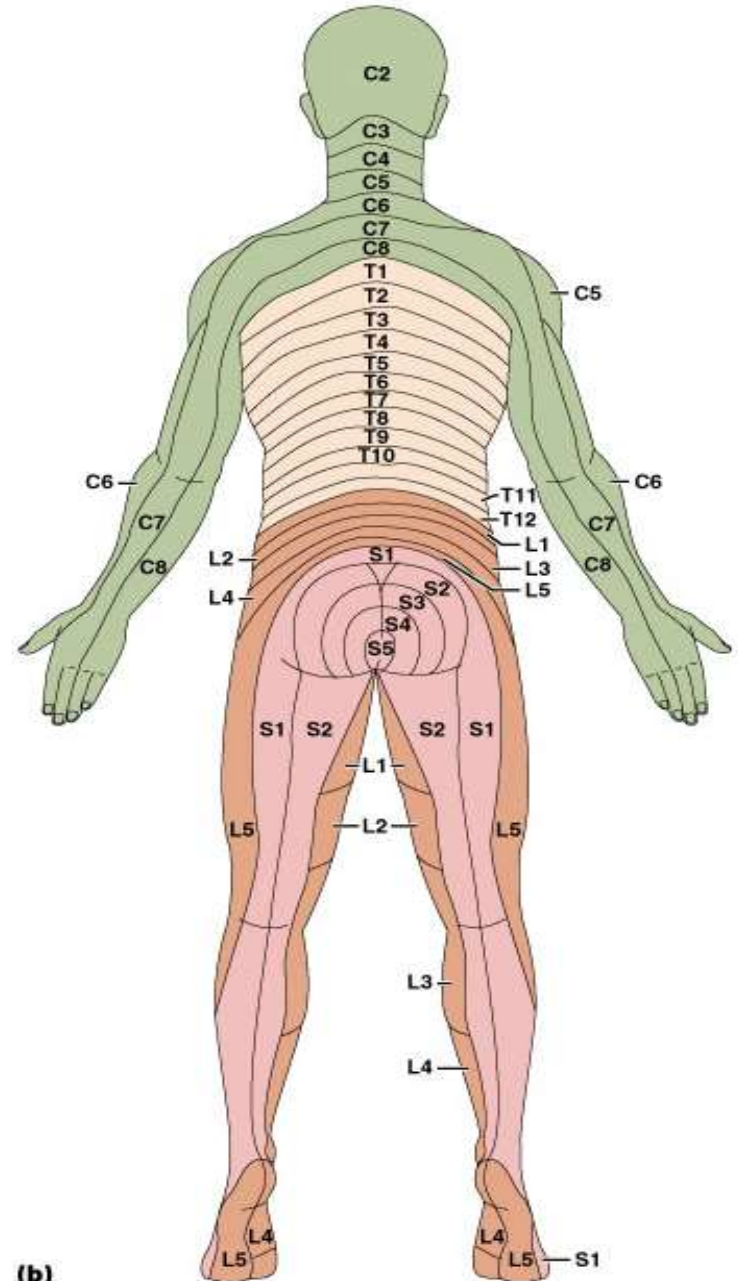
Inervasi kulit: dermatom

- Dermatome → area di kulit
 - Dipersarafi oleh cabang kutaneus dari saraf spinal tunggal
 - Ekstremitas atas → skin dipersarafi oleh saraf2 pleksus brachialis
 - Ekstremitas bawah
 - Nervus lumbal – permukaan anterior
 - Nervus sacralis – permukaan posterior

Map of Dermatomes – Anterior & Posterior View



(a)



(b)

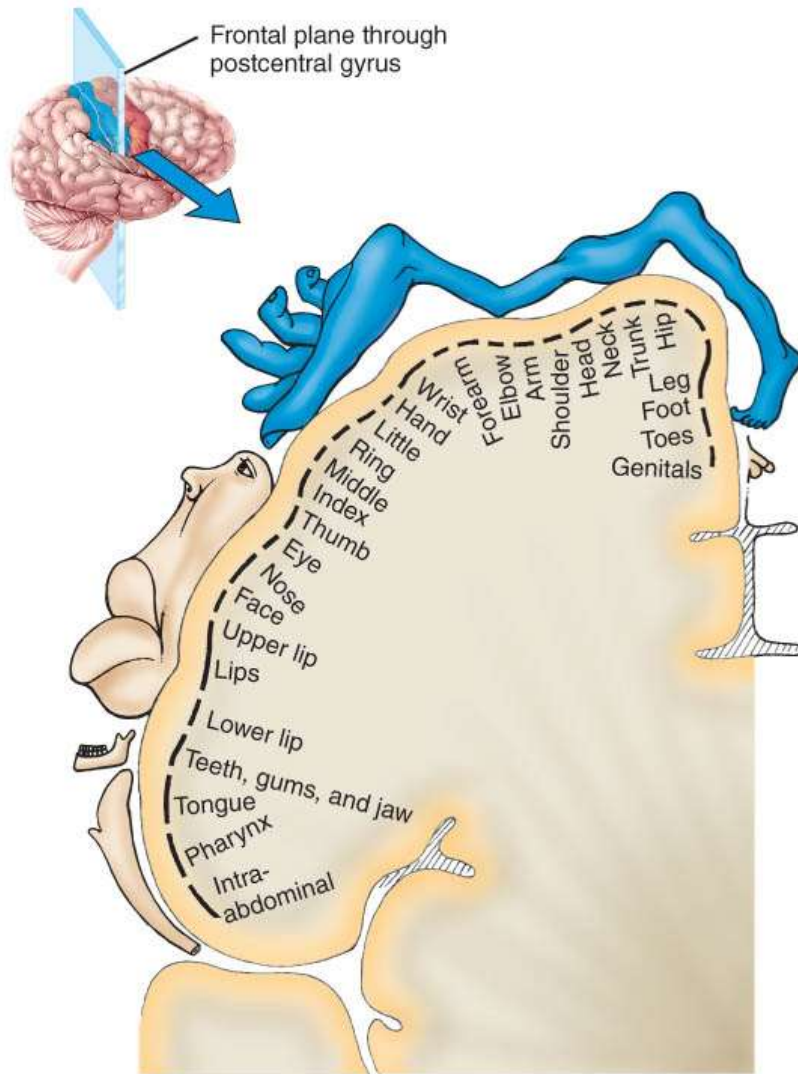
Jalur Sensorik Somatik

- Jalur sensorik somatik menyebarkan informasi dari reseptor sensorik ke area somatosensorik primer di korteks cerebri
- Jalur tsb terdiri dari 3 neuron:
 - First order
 - Second order
 - Third order
- Axon colateral dari neuron sensorik somatik secara simultan membawa sinyal ke serebelum dan formasio reticularis di batang otak

Jalur sensorik somatik

- First order neuron → menghantarkan impuls ke SSP (brainstem atau medula spinalis)
- Second order neuron → menghantarkan impuls dari brainstem atau medula spinalis ke thalamus
 - Menyilang ke sisi kontralateral tubuh
- Third order neuron → menghantarkan impuls dari thalamus ke korteks sensorik primer (girus post sentral lobus parietalis).

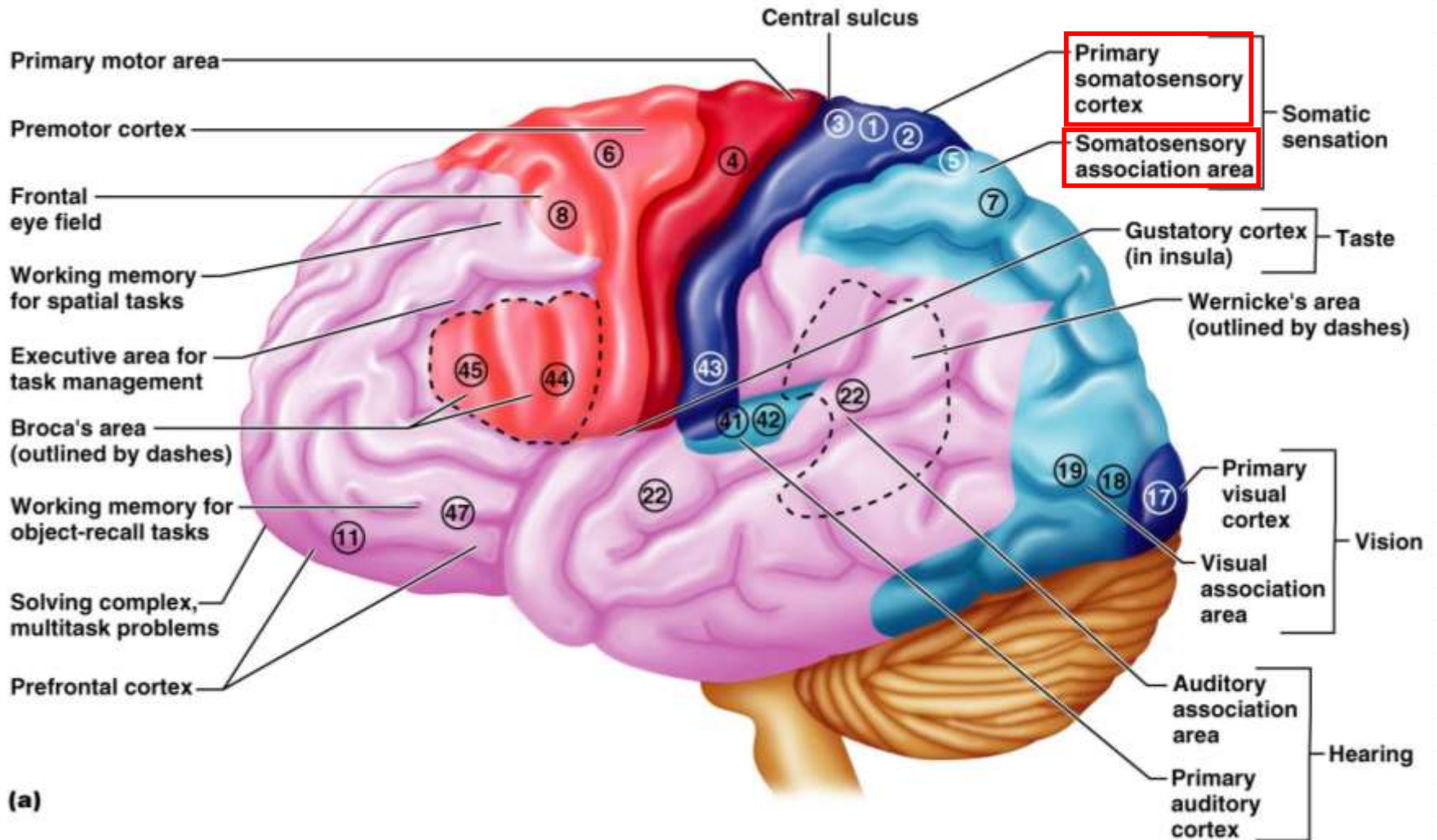
Somatosensory Map of Postcentral Gyrus



(a) Frontal section of primary somatosensory area in right cerebral hemisphere

- Relative sizes of cortical areas
 - ✓ proportional to number of sensory receptors
 - ✓ proportional to the sensitivity of each part of the body
- Can be modified with learning
 - ✓ learn to read Braille & will have larger area representing fingertips

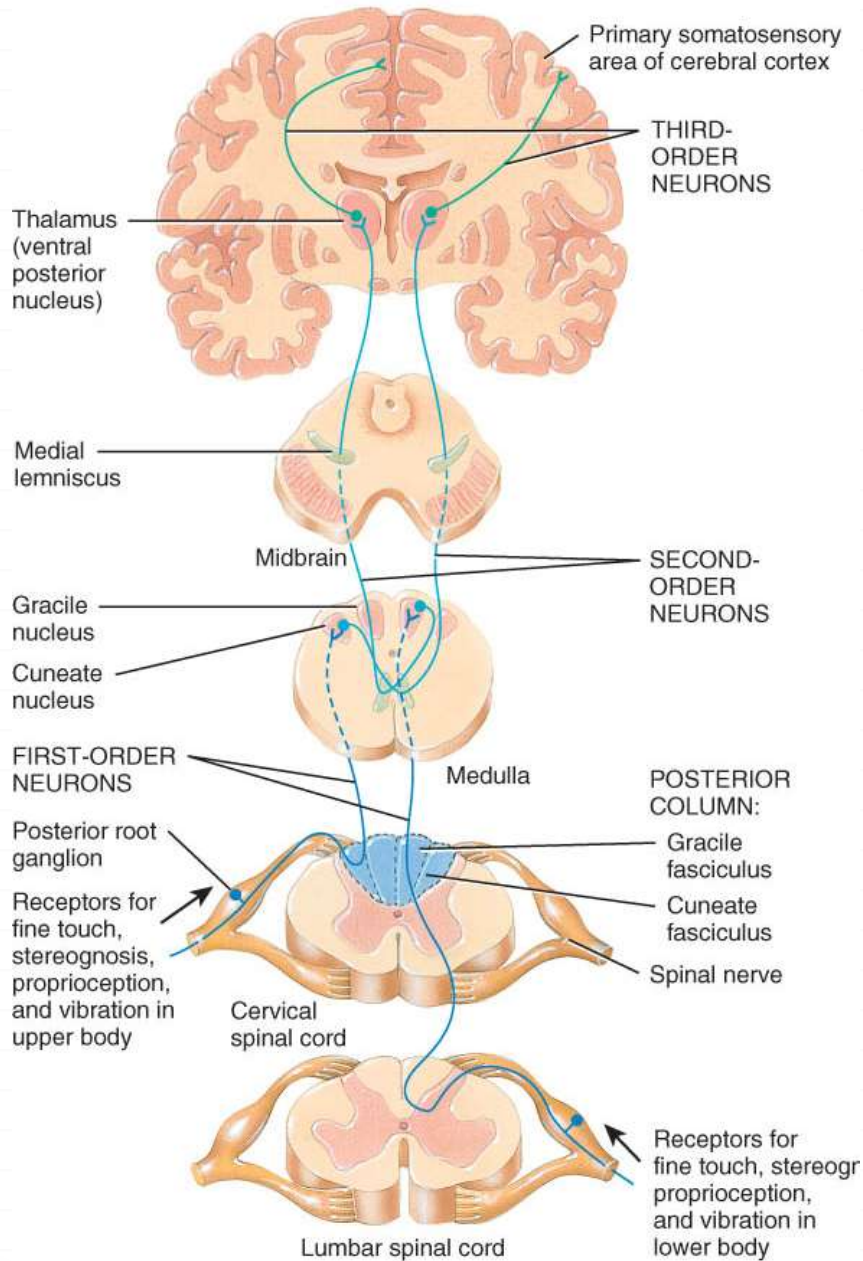
The main Sensory Areas in the cerebral cortex



Columna posterior – Jalur lemniskus ke korteks

- Impuls saraf untuk propioseptik dan sebagian besar sensasi taktil ke atas menuju korteks yang dibentuk oleh 3 set jalur neuron
- Neuron 2 tsb merupakan bagian dari columna dorsalis/posterior
 - Terdiri dari fasikulus gracilis dan fasikulus cuneatus.

Posterior Column-Medial Lemniscus Pathway of CNS

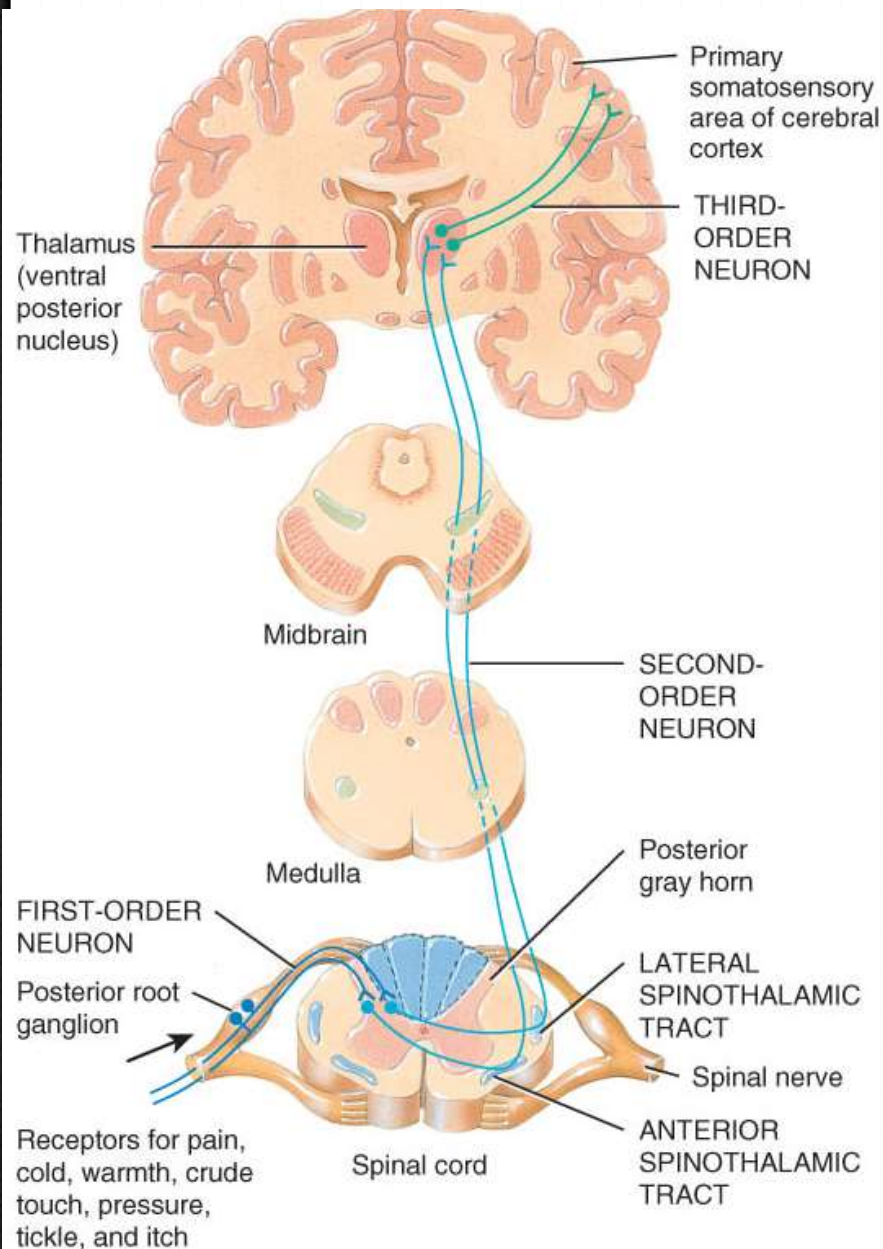


- Proprioception, vibration, discriminative touch, weight discrimination & stereognosis
- Signals travel up spinal cord in posterior column
- Fibers cross-over in medulla to become the medial lemniscus pathway ending in thalamus
- Thalamic fibers reach cortex

Jalur anterolateral menuju korteks

- 3 jalur neuron
- Jalur anterolateral atau traktus spinothalamikus → membawa impuls nyeri dan suhu
- Mereka juga menyampaikan sensasi geli dan gatal serta beberapa impuls taktil

Spinothalamic Pathway of CNS

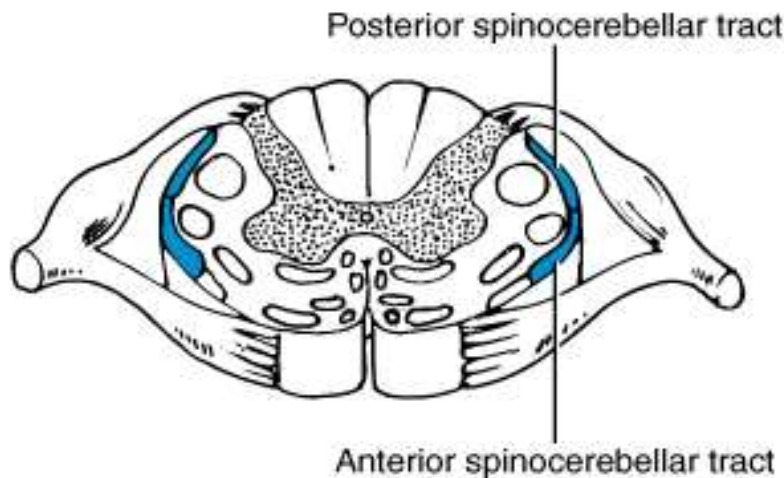


- Lateral spinothalamic tract carries pain & temperature
- Anterior tract carries tickle, itch, crude touch & pressure
- First cell body in DRG with synapses in cord
- 2nd cell body in gray matter of cord, sends fibers to other side of cord & up through white matter to synapse in thalamus
- 3rd cell body in thalamus projects to cerebral cortex

Jalur somatosensorik menuju serebelum

- Traktus spinocerebellar posterior dan traktus spinocerebellar anterior merupakan rute utama dimana impuls proprioseptif mencapai ke serebelum
 - Impuls dihantarkan ke serebelum → mengenali posisi, keseimbangan, dan koordinasi dari gerakan2.

Sensory Pathways to the Cerebellum



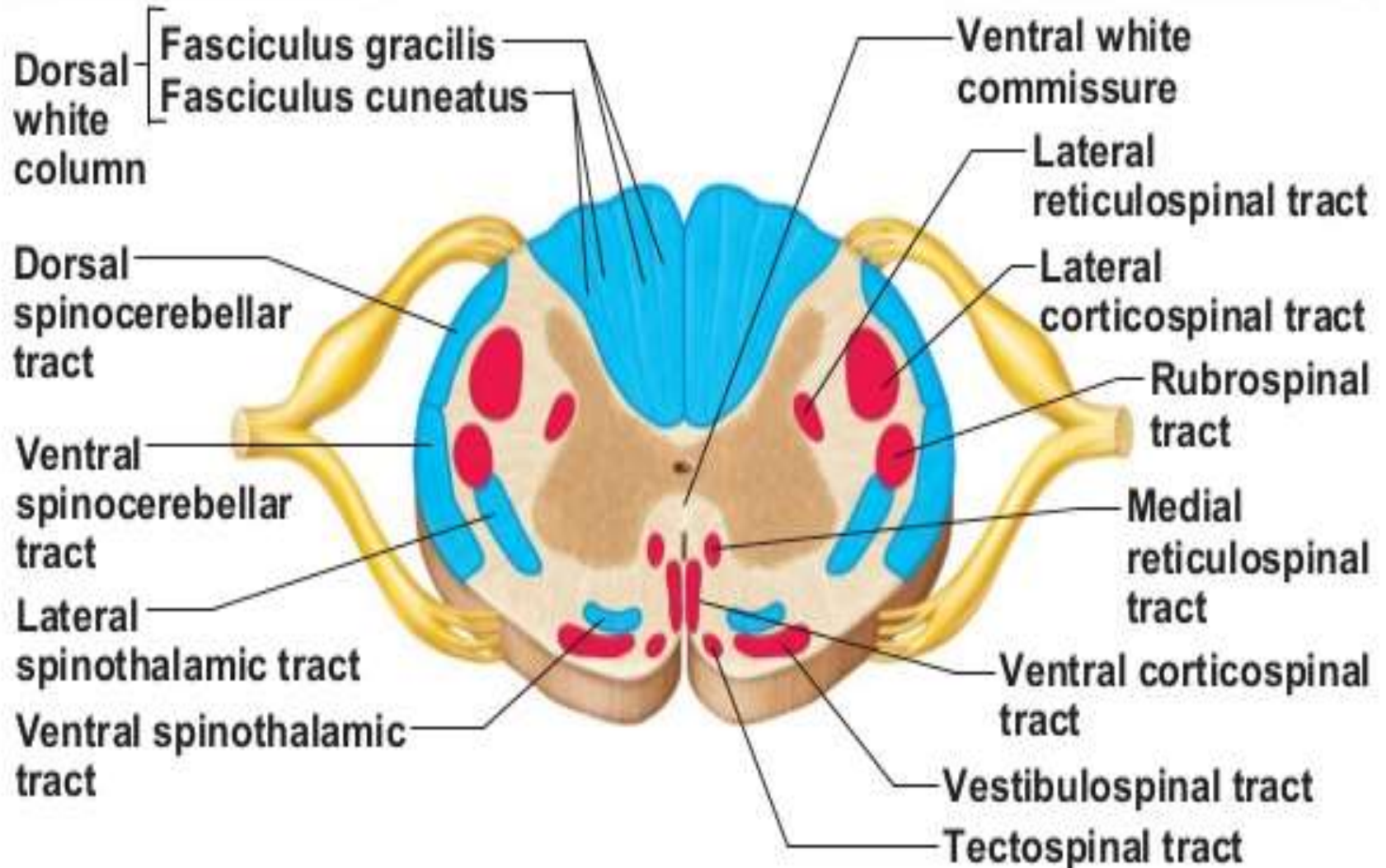
(b) Posterior and anterior spinocerebellum tracts

- Major routes for proprioceptive signals to reach the cerebellum
 - anterior spinocerebellar tract
 - posterior spinocerebellar tract
- Subconscious information used by cerebellum for adjusting posture, balance & skilled movements
- Signal travels up to same side inferior cerebellar peduncle

JARAS SENSORY

Ascending tracts

Descending tracts



Jalur ascending

- Terdiri dari 3 neuron
- First order neuron
 - Menghantarkan impuls dari reseptor kutaneus dan proprioseptor
 - Cabang2 secara difus saat masuk ke medula spinalis atau medula oblongata
 - Sinaps2 dengan second order neuron

Jalur ascending

- **Second order neuron**
 - ✓ Interneuron
 - ✓ Badan sel pada cornu dorsalis medula spinalis atau nucleus medula
- **Third order neuron**
 - ✓ Interneuron
 - ✓ Badan sel di thalamus
 - ✓ Akson memanjang ke korteks somatosensorik

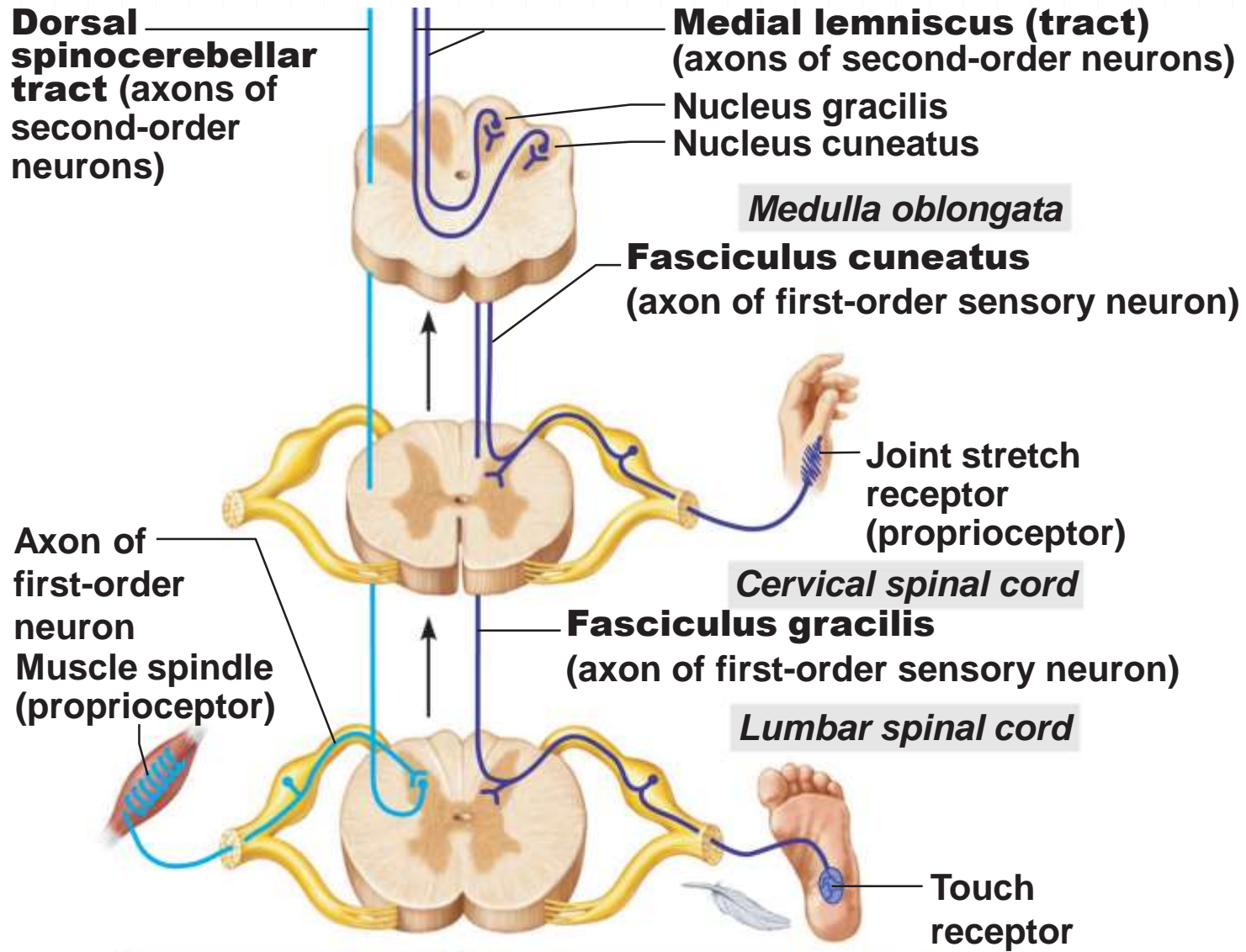
Jalur asending

- 2 jalur membawa informasi somatosensorik ke korteks sensorik melalui thalamus:
 - Jalur columna dorsalis
 - Jalur spinothalamicus
- spinocerebellar

Jalur columna dorsalis (somatosensorik)

- Perjalanan input ke korteks somatosensorik untuk membedakan raba dan getar
- Susunan pasangan fascikulus cuneatus dan gracilis di dalam medula spinalis dan lemniscus medialis di otak (medula oblongata menuju thalamus)

Dorsal column pathway (somatosensory)



(a) Spinocerebellar pathway

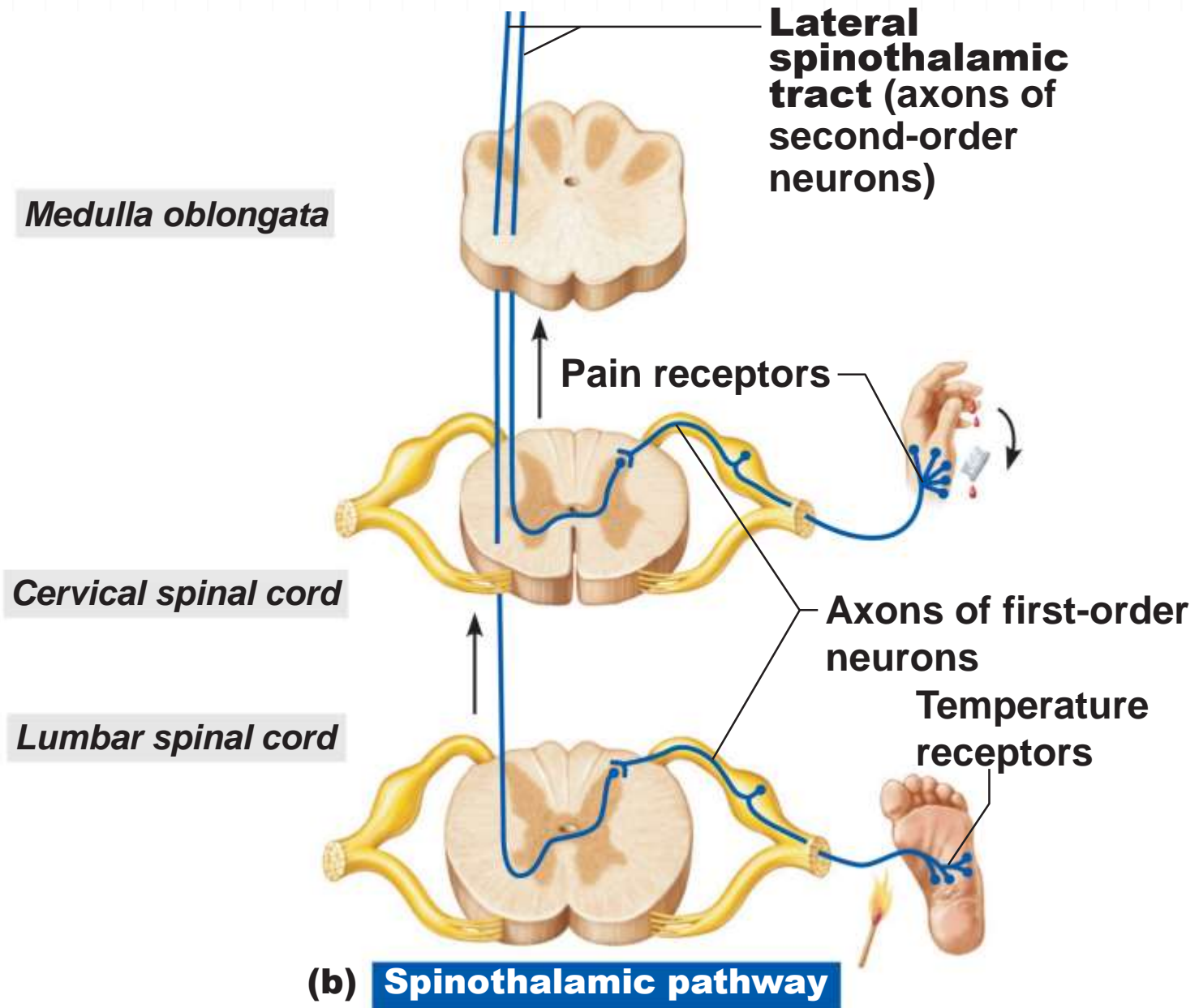
Dorsal column pathway

(skip spinocerebellar)

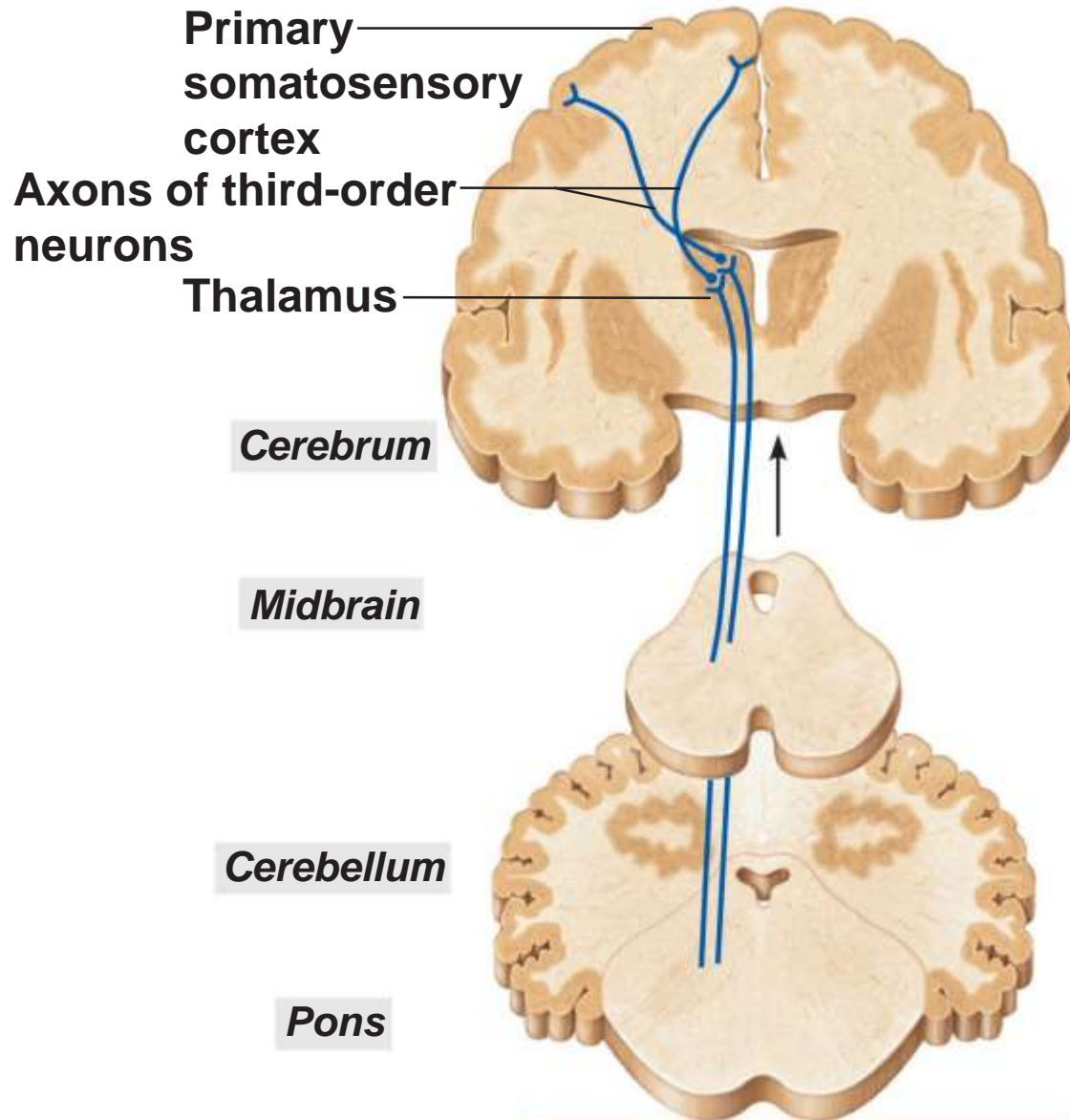
Jalur spinothalamicus (somatosensorik)

- Traktus spinothalamicus
- Menghantarkan nyeri , suhu dan impuls raba kasar dalam traktus spinothalamicus.

Spinothalamic pathway (somatosensory)



Spinothalamic pathway (somatosensory)



(b) Spinothalamic pathway

Sensory Pathways

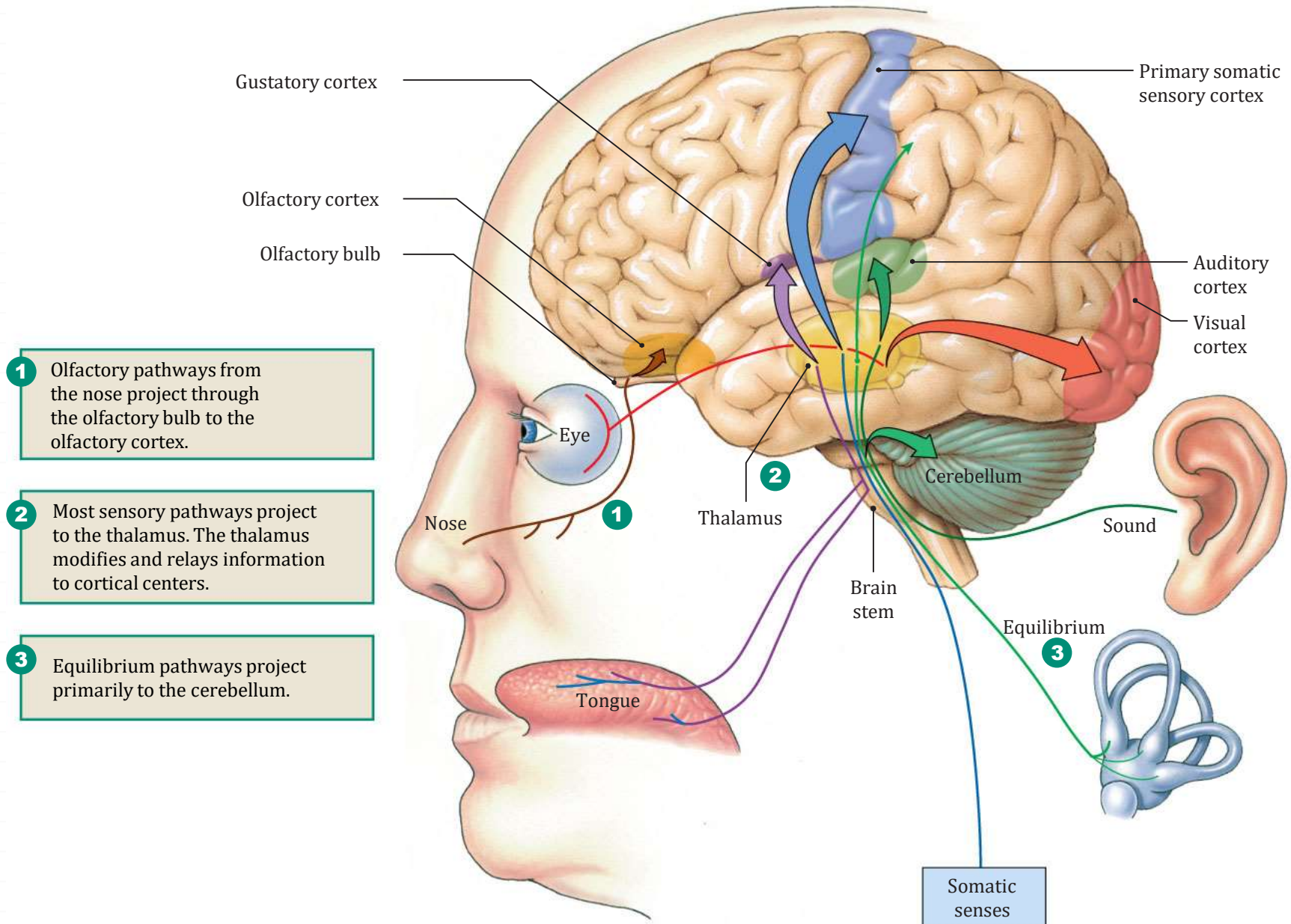


Figure 10-4

Terima Kasih