

BELAJAR PRAKTIS
NEUROANATOMI

VP. Kalanjati

***Eds.* WM. Hendrata, VP. Kalanjati**

ISBN.

Penerbit: Sintesa Book-Indonesia

Pengantar

Buku ini ditujukan untuk mahasiswa bidang ilmu kesehatan dan kedokteran yang ingin memahami secara mudah mengenai struktur sistim saraf manusia beserta korelasi fungsionalnya. Buku ini disusun secara sistimatis dan dilengkapi dengan contoh-contoh klinis, tujuan pada setiap bab serta tugas dan lembar jawaban untuk memudahkan untuk berlatih dan mengevaluasi diri tentang pemahaman terkait isi buku ini. Semua masukan positif untuk perbaikan buku ini akan sangat dinantikan, semoga bermanfaat.

Salam,

VP. Kalanjati

Terima kasih keluarga Kalanjati, A. Raihan, KA. Raihan dan DE. Raihan untuk semuanya, alhamdulillahirobbil'aalamiin.

2020/2021

Daftar isi

	Halaman
Bab 1. Sistim Saraf Pusat	5
A. Encephalon	8
(Antomi Fungsional serta Jaras Ascendens dan Descendens)	
B. Medulla Spinalis	47
(serta Jenis Lesi Medulla Spinalis)	
Bab 2. Sistim Saraf Perifer	51
(serta Uraian Anatomi Klinis)	
A. Nervus Cranialis	62
B. Nervus Spinalis	71
(serta Plexus Brachialis dan Plexus Lumbosacralis)	
Bab 3. Sistim Saraf Autonomicum (dan Entericum)	74
Daftar Pustaka	82
(dan Daftar Singkatan)	
Indeks	83
Lembar Jawaban Tugas	84

Bab 1.

Tujuan:

Setelah menyelesaikan bab 1, mahasiswa diharapkan dapat memahami struktur sistim saraf pusat manusia beserta fungsi terkait.

Tugas:

Buatlah diagram singkat mengenai struktur sistim saraf pusat manusia beserta fungsinya!

Bab 1. Sistem Saraf Pusat

Sistem saraf terdiri dari sel saraf/ neuron, sel penyangga/ neuroglia (astrofit, oligodendrosit, mikroglia dan endolim) dan sinaps. Neuron terdiri dari badan/ soma, *axon hillock* serta serabut saraf axon dan dendrit. Di dalam soma neuron terdapat organel-organel sel termasuk sitoskeleton, ribosom, mitokondria, retikulum endoplasmik dan nucleus. Pada akhiran axon/ axon terminal terdapat gelembung vesikel yang berisi neurotransmitter tertentu (misal: glutamatergik, gabaergik, glisin, monoaminergik dopamin-serotonin-norepinefrin, asetilkolinergik) yang dengan bantuan neuropeptida/ kotransmitter (misal: susbtansi p, kolesistokinin, somatostatatin, endorfin, dinorfin) dapat membangkitkan reaksi listrik dan kimiawi sesuai modalitas saraf tersebut sehingga biasa disebut juga sebagai neuromodulator. Serabut saraf memiliki modalitas berupa daya eksitabilitas dan konduksi. Eksitabilitas berarti kemampuan untuk mengubah muatan elektrik akibat perbedaan elektronik di dalam dan di luar membran sel saraf, melalui suatu proses listrik dan kimiawi karena adanya perbedaan muatan ion-ion intra- dan ekstra-seluler. Daya konduksi berarti kemampuan untuk meneruskan aliran gelombang potensi akibat perubahan polaritas membran sel. Serabut saraf merupakan suatu tonjolan axon yang keluar dari *axon hillock* pada neuron, yang dapat diliputi atau tidak oleh

myelin. Sifat myelin adalah isolator, di mana zat ini diproduksi oleh neuroglia oligodendrosit (homogen dengan sel Schwann, pada sistim saraf perifer) yang meliputi axon dalam suatu pola neurilema. Pola tersebut menyebabkan konduksi potensi listrik sepanjang serabut axon bermyelin terjadi melalui titik-titik nodus Ranvier yang terdapat di sela-sela neurilema axon bermyelin dengan aliran konduksi melompat dari satu nodus ke nodus yang lain, sampai menuju axon terminal. Lompatan konduksi tersebut dikenal sebagai konduksi saltatori/melompat. Jika dibandingkan dengan aliran konduksi pada axon tak bermyelin yang jalannya merambat di seluruh panjang serabut axon, maka konduksi saltatori pada serabut bermyelin adalah lebih cepat. Kecepatan konduksi juga lebih tinggi pada serabut-serabut saraf yang berdiameter besar, dibandingkan dengan yang berdiameter lebih kecil.

Serabut saraf berasal dari jaringan ectodermis, serta jaringan ikat mesodermis. Jaringan ikat pembungkus satu serabut saraf disebut endoneurium. Sedangkan jaringan ikat pembungkus beberapa serabut saraf dalam satu bendel disebut perineurium. Beberapa bendel serabut saraf dibungkus oleh epineurium. Jaringan ikat pembungkus tersebut utamanya terdiri dari jaringan kolagen beserta lipid yang terutama terletak di antara epineurium dan perineurium; dan pada umumnya ditemukan di serabut-serabut saraf yang sering terpapar

dengan regangan dan/ atau tekanan (contohnya: N. Medianus pada terowongan carpalia). Axon suatu sel saraf akan bersinaps dengan sel saraf lain, baik pada badan sel saraf, axon ataupun tonjolan serabut dendritnya. Satu sel saraf dapat memiliki lebih dari satu sinaps. Sel saraf/ neuron yang bersinaps dipisahkan oleh suatu celah yang disebut ruang sinaps. Pada ruang sinaps inilah neurotransmitter yang dilepaskan dari akhiran axon akibat adanya gelombang konduksi transmisi akan menimbulkan suatu rangkaian proses kimiawi dan listrik pada membran sel post-sinaptik. Pada umumnya, sinaps pada badan neuron bersifat inhibisi, sedangkan pada dendrit akan bersifat eksitasi.

Sistem saraf manusia terdiri dari sistem saraf pusat dan sistem saraf perifer. Sistem saraf pusat terdiri dari 2 organ, yaitu encephalon dan medulla spinalis. Sistem saraf perifer terdiri dari suatu jaringan saraf yang berasal dari kedua organ sistem saraf pusat berupa 12 pasang nervus cranialis dan 31 pasang nervus spinalis beserta cabang-cabangnya.

Sistem saraf pada manusia mulai terbentuk pada fetus sekitar usia 3 minggu, dan terus mengalami pertumbuhan dan perkembangan hingga masa kelahiran dan perinatal hingga mencapai maturitas menjelang usia dewasa. Nutrisi ibu hamil yang cukup serta asupan beberapa komponen diantaranya asam folat sangat berperan dalam proses tumbuh-kembang

sistim saraf manusia. Apabila terjadi kegagalan dalam proses tersebut, maka morfologi maupun fungsi yang terkait akan mengalami kelainan makroskopis dan/ atau mikroskopis yang dapat berupa tanda dan/ atau gejala sublinik sampai dengan manifestasi penyakit-penyakit saraf.

Dari lapisan sel-sel ectodermis, dan mesodermis sebagai sitim penyangga, sistim saraf manusia tumbuh dan berkembang. Setelah sel-sel saraf bertumbuh-kembang, suatu lempeng neuralis akan membentuk cekungan yang kemudian akan menutup menjadi tuba neuralis. Kegagalan penutupan tuba neuralis pada neuroporus anterior dan/ atau posterior akan bermanifestasi sebagai defek tuba neuralis diantaranya berupa myelocoele, anencephali dan spina bifida. Apabila terbentuk dengan sempurna, maka dari neuroporus anterior tuba neuralis akan berkembang menjadi vesikel otak/ encephalon, sedangkan dari neuroporus posterior akan berkembang menjadi medulla spinalis/ sumsum tulang belakang.

A. Encephalon

Vesikel otak mula-mula terdiri dari 3 gelembung vesikel yang kontinyu dari rostral ke caudal dan terdiri dari procencephalon (telencephalon dan diencephalon), mesencephalon, rhombencephalon (metencephalon dan myelencephalon) yang akan kontinyu dengan medulla spinalis. Secara skematis, sistim saraf pusat manusia terdiri dari:

1. Procencephalon:

A. Telencephalon, termasuk didalamnya yaitu:

Cortex cerebri, Ganglia basalis, Centrum semiovalis, Ventrikel lateralis dan Foramen interventrikularis

B. Diencephalon, termasuk didalamnya yaitu: Thalamus, Hypothalamus, Subthalamus, Epithalamus dan Ventrikel III.

2. Mesencephalon, termasuk didalamnya yaitu: Pedunculus dan Crus cerebri, Tegmentum dan Tectum mesencephali, Periaqueductus griseus, Aqueductus cerebri.

3. Rhombencephalon, termasuk didalamnya yaitu: Ventrikel IV

A. Metencephalon (Pons & Cerebellum)

B. Myelencephalon (Medulla oblongata)

4. Medulla spinalis, terdiri dari:

Segmen cervicalis, thoracica, lumbalis, sacralis, coccygeus, dengan struktur:

A. Funiculus/ columna di bagian superficial (dominan substansia alba)

B. Cornu di bagian profundus (dominan substansia griseus)

C. Canalis centralis yang berisis liquor cerebrospinalis.

Apabila dilihat di bawah mikroskop, maka encephalon terdiri dari sel-sel neuron dan glia, di mana area dengan kumpulan nuclei neuron akan berwarna lebih gelap dan disebut

substantia nigra seperti yang dapat diamati pada nucleus-nucleus batang otak dan lain-lain. Sedangkan pada area lain yang lebih dominan terdiri dari serabut-serabut axon dan dendrit terutama axon bermielin, maka akan nampak lebih terang dan disebut sebagai substantia alba. Pada otak manusia substantia alba memiliki fungsi yang berbeda-beda sesuai jaras yang dihubungkannya, yang pada umumnya kesemuanya dapat disebut sebagai centrum semiovale, diantaranya:

1. Jaras asosiasi, yang menghubungkan area-area pada satu hemisphere cerebri yang terletak dalam posisi rostro-caudal. Misalnya adalah serabut u yang menghubungkan antar gyrus yang berdekatan, fasciculus arcuatus yang menghubungkan area bahasa motorik dan sensorik pada pars triangularis dan pars opercularis gyrus frontalis inferior (Brocca) dengan gyrus supramarginalis dan gyrus angularis lobus parietalis (Wernicke), dan lain-lain.

2. Jaras proyeksi, yang menghubungkan antara area-area sistem saraf pusat yang lebih superficial dan profundus serta sebaliknya. Misalnya adalah jaras ascendens dan descendens batang otak, capsula interna, jaras proyeksi thalamo-cortical dan lain-lain. Pada manusia, capsula interna terdapat sebagai pars/ extremitas anterior, genu, extremitas posterior, pars sublentiformis dan pars retrolentiformis. Pada potongan frontal,

capsula interna terletak di antara nucleus caudatus, thalamus di sisi medial dengan nucleus lenticularis (putamen dan globus pallidus) di sisi lateral). Sedangkan substantia alba yang berada di antara nucleus lenticularis dengan claustrum adalah capsula eksterna, dan yang terletak antara claustrum dan insula adalah capsula ekstrema.

Jaras proyeksi lain yaitu radiatio optica dan radiatio auditiva, berturut-turut menghubungkan area visual dan area pendengaran pada hemisphere cerebri. Sedangkan serabut-serabut substantia alba lain yang nampak pada potongan melintang diantaranya adalah corona radiata.

3. Jaras komisura, yang menghubungkan antara area-area yang sama antara 2 hemisphere otak, misalnya corpus callosum, commisura hippocampalis, fornix, commisura anterior dan posterior serta lainnya. Corpus callosum terdiri dari bagian rostrum, genu, truncus dan splenium dari rostral ke caudal. Lokasinya berada di superior thalamus dan ventrikel lateralis di setiap hemisphere cerebri.

Area Brodmann

Cerebrum memiliki area fungsional yang dikenal dengan area Brodmann, termasuk:

1. Area motorik primer 4
2. Area sensorik primer 3,2,1
3. Area auditorius 41,42

4. Area visual 17,18,19

5. Area bahasa motorik broca 44,45

6. Area bahasa sensorik wernicke 22,39,40.

Pada neocortex, didapatkan 6 lapis sel dibagian superficial potongan melintang dengan ketebalan sekitar 2-4 mm, yang dapat diamati di bawah mikroskop, dari superficial basal lamina berturut-turut ke bagian yang lebih profundus yang berbatasan dengan area subcortical, yaitu:

I. Lamina moleculare

II. Lamina granulare eksterna

III. Lamina pyramida eksterna

IV. Lamina granulare interna

V. Lamina pyramida interna

VI. Lamina multiforme.

Pada precencephalon, didapatkan struktur-struktur telencephalon dan diencephalon. Pada telencephalon terdapat 2 bagian hemisphere cerebri, dextra et sinistra. Hemisphere cerebri terdiri dari :

1. Area yang dominan terdiri dari substantia griseus. Di superficial terdapat area yang disebut cortex cerebri, sedangkan yang tertanam di bagian profundus hemisphere cerebri dan terdapat diantara substantia alba di sekitarnya disebut dengan ganglia basalis.

2. Area yang dominan terdiri dari substantia alba yang secara umum disebut dengan centrum semiovale.
3. Rhinencephalon.

Ganglia basalis merupakan area yang banyak mengandung substantia griseus pada proencephalon bagian profundus. Fungsinya berkaitan dengan gerakan volunteer, prosedural, kebiasaan, gerakan bola mata, kognitif dan emosi; nucleus sel-sel neuron-nya banyak mengandung neurotransmitter dopaminergik yang pada pasien dengan kelainan ganglia basalis seperti pada penyakit Parkinson dan Huntington, didapatkan adanya deplesi. Secara anatomis, ganglia basalis meliputi interkoneksi antara area otak yang terdiri dari:

1. Nucleus caudatus, terletak di bagian medial striatum dan membentuk dinding cornu anterior ventrikel lateral.
2. Nucleus lenticularis/ lentiformis, yang terdiri dari putamen di bagian lateral dan globus pallidus di medial.
3. Substantia nigra pada mesencephalon
4. Nucleus subthalamicus pada diencephalon.

Jaras dari dan menuju ganglia basalis terkoneksi dengan area sistim limbic seperti nucleus amygdala yang terletak di profundus uncus yang berlokasi di ujung rostral gyrus parahippocampalis, hippocampus serta hypothalamus, dan area lain pada cortex cerebri, thalamus dan batang otak.

Selain itu didapatkan pula suatu sirkuit khusus yang menghubungkan beberap area otak yang disebut dengan sistim limbic. Sistim limbic dibentuk oleh area-area yang berada di sekitar garis tengah hemisphere cerebri dan pada umumnya dapat dicermati pada potongan sagittal. Lobus limbic berada di area sekitar corpus callosum, termasuk gyrus cingulatum, dan gyrus parahippocampalis, isthmus yang menghubungkan keduanya, fornix, nuclei thalamicus anterior. Secara garis besar terdiri dari 2 sirkuit yang melibatkan koneksi nucleus amygdala dan formatio hippocampalis terhadap hypothalamus dan ganglia basalis. Fungsi utama sistim limbic terkait fungsi dasar mempertahankan spesies diantaranya kontrol emosi, memori, sensori, rasa takut dan motivasi.

Pada permukaan luar encephalon/ otak manusia dewasa, didapatkan lekukan-lekukan berupa sulcus dan/ atau fissura, sedangkan bagian-bagian yang cembung diantaranya adalah gyrus. Kumpulan gyrus dan sulcus pada lokasi tertentu membentuk suatu lobus. Pada permukaan luar dari encephalon, dapat dijumpai 4 lobus neocortex yang terletak di bagian superficial sehingga dapat langsung diamati yaitu, lobus frontalis, lobus parietalis, lobus occipitalis dan lobus temporalis. Keempat lobus tersebut berada pada 2 bagian hemisphere otak kiri dan kanan yang dipisahkan oleh suatu

fissura longitudinalis di bagian sentral. Diantara lobus frontalis (paling rostral) dan lobus parietalis, terdapat sulcus centralis yang memanjang dari aspektus superior hemisphere sampai dengan lokasinya di inferior bertemu dengan fissura lateralis yang memisahkan lobus frontalis dan lobus parietalis di superior dengan lobus temporalis di sisi inferior. Di bagian paling posterior terdapat lobus occipitalis yang dipisahkan dari lobus parietalis oleh sulcus parieto-occipitalis. Dari aspektus medialis hemisphere cerebri, area lobus yang terletak di sekitar sulcus centralis disebut dengan lobulus paracentralis, kemudian lobus di posteriornya disebut dengan pre-cuneus, sedangkan lobus di posterior pre-cuneus dan sulcus parieto-occipitalis disebut dengan cuneus (bagian dari lobus occipitalis). Pada lobus occipitalis cuneus dipisahkan dari lobus lingualis oleh sulcus calcarinus. Di inferior lobulus paracentralis, pre-cuneus dan cuneus didapatkan gyrus cingulatum. Di bagian inferior gyrus cingulatum didapatkan suatu jaras komisura terbesar yaitu corpus callosum. Pada aspektus lateralis hemisphere cerebri, lobus frontalis terdiri dari gyrus frontalis superior, medial dan inferior, yang berturut-turut dipisahkan oleh sulcus frontalis superior dan inferior. Pada gyrus frontalis inferior, didapatkan pars orbitalis, pars triangularis dan pars opercularis. Pada lobus parietalis, didapatkan sulcus intraparietalis yang memisahkan gyrus

parietalis superior dan inferior. Sedangkan di ujung akhiran fissura lateralis didapatkan gyrus supramarginalis yang di posteriornya didapatkan gyrus angularis. Pada aspektus lateralis lobus temporalis, didapatkan gyrus temporalis superior, medial dan inferior yang masing-masing dipisahkan oleh sulcus temporalis superior dan inferior. Sedangkan pada aspektus inferior lobus temporalis dapat ditemukan gyrus occipitotemporalis/ fusiformis yang berbatasan dengan gyrus parahippocampalis dan uncus di bagian medialnya. Di bagian profundus lobus temporalis didapatkan suatu gyrus yaitu insula. Pada insula didapatkan gyrus longus dan gyrus brevis yang dipisahkan oleh sulcus centralis insulae. Insula dipisahkan dari lobus di sekitarnya oleh sulcus circularis insulae yang pada ujung inferiorinya berupa suatu limen insulae. Di bagian profundus gyrus parahippocampalis, terdapat struktur formatio hippocampalis, yang terdiri dari pes dan fimbriae hippocampi, di mana struktur fungsional formatio hippocampalis terdiri dari gyrus dentatus, hippocampus cornu ammonis CA1, CA2, CA3 dan subiculum. Sedangkan di bagian profundus uncus, didapatkan nucleus amygdala. Di lateral uncus, didapatkan sulcus rhinalis, yang terkadang kontinyu dengan sulcus collateralis di bagian posteriornya. Sedangkan area diencephalon yang berada di profundus telencephalon, terdiri dari:

A. Thalamus:

Merupakan area yang terletak pada dinding ventrikel III. Terdapat area yang dominan terdiri dari substantia nigra yang terdiri dari kelompok-kelompok nuclei. Kelompok nuclei spesifik termasuk:

- Anterior, dari corpus mammillare dan hippocampus menuju gyrus cingulatum
- VA dan VL, (ventro-anterior et -lateral) dari globus pallidus dan cerebellum menuju lobus frontalis (motorik)
- VPL dan VPM, (ventro-posterolateral et -posteromedial) dari afferentes somaticae truncus dan extremitas serta kepala-leher menuju lobus parietalis (somatosensorik)
- Corpus geniculatum mediale et laterale, masing-masing terkait dengan colliculi inferior et superior (fungsi auditorius dan visual).

Kelompok nuclei non-spesifik:

- Intralaminar, termasuk centromedian, parafascicular yang menghubungkan formatio reticularis, ganglia basalis dan sistem limbik dengan cortex cerebri dan corpus striatum
- Reticular, menghubungkan impuls dari thalamus dan cortex cerebri dengan thalamus.

Kelompok nuclei asosiasi:

- LD, (latero-dorsal) menghubungkan hippocampus dengan cortex cingulatum
- MD, (medio-dorsal/ dorsomedial) menghubungkan cortex prefrontal, olfactorius dan sistem limbik dengan cortex prefrontal
- LP, (lateroposterior) dan pulvinar thalami, menghubungkan colliculi superior dan cortex somatosensorik et visual-auditorius dengan cortex asosiasi sensorik lobus parietalis.

Area lain pada thalamus termasuk:

- Massa intermedia, adhesio interthalamica
- Sulcus hypothalamus
- Pulvinar thalami (bagian posterior).

B. Hypothalamus:

Terdapat beberapa regio, diantaranya:

- Regio anterior termasuk nuclei suprachiasmatic, supraoptic dan paraventricular yang berproyeksi ke neurohypophysis dan regio caudal termasuk medulla spinalis.
- Regio tuberal termasuk nuclei dorsomedial, ventromedial dan arcuata. Nuclei arcuata mensekresi *releasing factor* dan *releasing-inhibitory factor* bagi

kontrol sekresi sistem portal pituitary/ hypothalamus-hypophysis axis (HAA).

- Regio posterior termasuk nuclei mammilaris dan posteriores yang berhubungan dengan thalamus dan tegmentum mesencephali.

Terdapat area lain diantaranya: infundibulum, hypophysis/ glandula pituitaria anterior et posterior (adenohypophysis et neurohypophysis), tuber cinereum dan corpus mammillare. Adenohypophysis mensekresi 5 hormon termasuk FSH, LH, TSH, ACTH, prolaktin dan *growth hormone* yang masing-masing menuju organ targetnya yaitu gonad, glandula thyroidea, cortex adrenal, glandula mammaria dan hepar serta seluruh tubuh. Sedangkan pada neurohypophysis akan mensekresi hormon oksitosin dan ADH menuju organ uterus dan ginjal. Keduanya dikontrol oleh mekanisme *feed-back-forward releasing hormones* dari hypothalamus (HAA).

C. Epithalamus:

Termasuk di dalamnya adalah glandula pineale dan habenula (trigonum habenulare).

D. Nucleus subthalamicus,

E. Metathalamus: corpus geniculatum mediale dan corpus geniculatum laterale.

Selanjutnya, area caudal dari diencephalon adalah mesencephalon. Struktur mesencephalon terletak di bagian

paling superior batang otak/ brain stem, tetapi pada buku-buku lain disebutkan bahwa batang otak juga meliputi area diencephalon dan ganglia basalis. Di bagian ventral mesencephalon disebut dengan tegmentum mesencephali, sedangkan di bagian dorsal disebut tectum yang terdiri dari corpora quadrigemina. Corpora quadrigemina terdiri dari 2 colliculus superior dan 2 colliculus inferior. Colliculus superior merupakan area dominan substantia nigra pada atap rostral mesencephalon yang menerima serabut afferentes dari retina dan cortex visual di lobus occipitalis, dan mengirim serabut efferentes menuju pulvinar thalami (metathalamus, corpus geniculatum laterale) melalui brachium conjunctivum lateralis dan struktur lain dalam fungsi kontrol gerakan bola mata dan fokus visus. Colliculus inferior yang terletak di inferior colliculus superior, menerima serabut dari lemniscus lateralis dan serabut efferentes-nya menuju corpus geniculatum mediale melalui brachium conjunctivum inferior sebagai bagian dari sistem auditorius. Area pada mesencephalon lain termasuk:

- A. Pedunculus cerebri (dan crus cerebri)
- B. Nucleus ruber
- C. Substantia nigra
- D. Brachium colliculus superior et inferior
- E. Substantia grisea periventricularis dan aqueductus cerebri.

Pada mesencephalon terdapat nucleus (kumpulan substantia griseus pada sistim saraf pusat), diantaranya:

1. Nucleus mesencephalicus N. V, tersebar pada substantia griseus yang mengelilingi aqueductus cerebri.
2. Nucleus N. IV, setinggi colliculus inferior dekat FLM.
3. Nucleus N. III, letaknya rostral dari nucleus N. IV sampai batas rostral colliculus.
4. *Central grey substance* (substantia griseus centralis).
5. *Formatio reticularis*, yang terkait dengan inti kesadaran dan berkoneksi luas dengan area telencephalon dan diencephalon.
6. Nucleus ruber (*red nucleus*), letaknya pada tegmentum mesencephali yang terdiri dari sel berukuran kecil dan sedang, serta berwarna kemerahan.

Pada mesencephalon terdapat serabut-serabut ascendens dan descendens diantaranya:

1. Fasciculus longitudinalis medialis (FLM)
FLM adalah suatu tractus ascendens dan descendens yang berperan dalam koordinasi gerakan konjugasi horisontal bola mata; gerakan kepala dan leher;

khususnya gerakan yang ditimbulkan oleh rangsangan canalis semicircularis pada telinga bagian dalam. FLM menerima serat-serat dari nucleus vestibularis N. VIII (tractus vestibulospinalis medial). Serat-serat dari nucleus N. III, N. IV, N. VI, N. XI serta cornu motorik (anterior) medulla spinalis juga memiliki hubungan dengan FLM. Namun yang terpenting adalah FLM berisi serat-serat interneuron N. VI sisi kontralateral menuju neuron motorik otot rectus medial bola mata pada nuclei N. III.

2. Lemniscus medialis

Merupakan serat afferentes somatosensorik dari nuclei columnae posterior medulla spinalis dan nucleus sensorik N. V sisi kontralateral, melewati *brain stem* batang otak menuju VPL/ VPM thalamus. Merupakan serat sensorik taktil dan proprioseptif.

3. Lemniscus lateralis

Letaknya dorsal dari lemniscus medialis. Serat-seratnya berasal dari nuclei cochlearis dan nucleus olivarius superior, sebagian kecil seratnya berjalan menuju ke brachium colliculus inferior dan berakhir pada corpus geniculatum medialis terkait fungsi auditorius.

4. Tractus rubrospinalis.

6. Tractus tectospinalis et tectobulbaris.
7. Decussatio pedunculus cerebelli superior/ decussatio brachium conjunctivum. Decussatio ini letaknya setinggi colliculus inferior. Setelah menyilang, sebagian besar serat-seratnya menuju nucleus ruber dan berakhir pada nucleus ventrolateral thalamus.

Di caudal mesencephalon, area batang otak akan berlanjut sebagai rhombencephalon, yang akan berkembang menjadi metencephalon di superior dan myelencephalon di inferior.

Struktur metencephalon terdiri dari:

- A. Pons
- B. Fibrae transversae pontis
- C. Sulcus basilaris pontis
- D. Fasciculus longitudinalis medialis (FLM)
- E. Cerebellum.

Pada pons, terdapat area fibrae transversa pontis di tegmentum pons superficial, sedangkan pada bagian profundusnya terletak berbagai jaras ascendens dan/ atau descendens termasuk FLM, lemniscus medialis et lateralis dan lainnya. Suatu kumpulan nucleus raphe yang tersebar pada batang otak juga dapat ditemukan pada tegmentum pontis, yang utamanya berisi nuclei dengan reseptor 5-HT₁ yang dapat menghambat sekresi serotonin. Area lain pada tegmentum pons yang berisi nucleus locus coeruleus yang

merupakan bagian dari RAS/ *reticular activating system* yang terlibat dalam respons stres dan panik. Neuron pada nucleus ini dominan bersifat noradrenergik yang berinterkoneksi dengan sistem limbic, cerebellum dan medulla spinalis. Area pons terhubung dengan cortex cerebri melalui suatu tractus corticopontocerebellaris yang melewati batang otak. Area metencephalon lain yaitu cerebellum. Cerebellum / otak kecil, dipisahkan oleh cerebrum yang terletak di superiornya oleh suatu lapisan duramater encephali yang disebut tonsilla cerebelli. Hemisphere cerebellum dextra dan sinistra dipisahkan pula oleh falx cerebelli yang kontinyu dengan falx cerebri. Area centralis cerebellum disebut vermis, yang masing-masing terdiri dari pars superior et inferior dan kontinyu dengan area hemisphere lobus cerebelli di bagian lateralnya. Struktur cerebellum terkait fungsi koordinasi gerakan motorik, keseimbangan dan tonus otot. Struktur tersebut meliputi:

1. Vermis:

- a. Lingula
- b. Lobus centralis
- c. Culmen
- d. Declive
- e. Flocculus
- f. Tuber
- g. Pyramid

- h. Uvula
- i. Nodulus
- j. Tonsilla cerebelli

B. Hemisphere:

- a. Ala lobulus centralis
- b. Lobus quadrangularis
- c. Lobus simplex
- d. Lobus semilunaris superior et inferior
- e. Lobus biventer
- f. Fissura prima
- g. Fissura secunda
- h. Fissura postlunata
- i. Fissura horizontalis

2. Arbor vitae (gambaran seperti percabangan pohon dari medulla cerebellum, nampak jelas pada potongan sagittal).

3. Nucleus cerebelli:

- a. Nucleus dentatus (nucleus terbesar)
- b. Nucleus emboliforme
- c. Nucleus fastigijs
- d. Nucleus globosus

4. Vellum medullary superior et inferior dengan frenulum velli di sisi dorsal.

5. Terdapat struktur pedunculus cerebelli:

- a. Superior (brachium conjunctivum) yang menghubungkan cerebellum dengan mesencephalon.
- b. Medial (brachium pontis) yang menghubungkan cerebellum dengan pons.
- c. Inferior (corpus restiforme) yang menghubungkan cerebellum dengan medulla oblongata.

Bila diamati di bawah mikroskop, maka sel-sel cerebellum terdiri dari beberapa lapisan termasuk lamina moleculare, lamina sel Purkinje dan lamina granulare serta medulla cerebellum.

Selanjutnya, area di caudal metencephalon adalah myelencephalon terdiri dari medulla oblongata yang berada di superior dari medulla spinalis. Medulla oblongata merupakan akhiran dari batang otak, sebelum berlanjut ke inferior sebagai medulla spinalis. Pada batang otak tersebar nuclei formatio reticularis yang berperan penting dalam mengatur 3 fungsi vital termasuk kesadaran, respirasi dan kardiovaskuler. Selain itu pada batang otak terdapat nuclei nervi craniales III-xii. Struktur pada medulla oblongata ventral termasuk:

- A. Pyramis
- B. Oliva
- C. Decussatio pyramidalis
- D. Sulcus medianus anterior.

Sedangkan struktur pada medulla oblongata dorsal diantaranya:

E. Sulcus medianus posterior

F. Sulcus anterolateral

G. Fossa rhomboidea (yang merupakan lantai ventrikel iv, didalamnya terdapat beberapa struktur seperti colliculus facialis, area vestibularis, eminentia mediana, trigonum nervi vagi dan trigonum hypoglossi)

H. Obex

I. Fasciculus cuneatus

J. Fasciculus gracilis

K. Tuberculum cuneatum

L. Tuberculum gracilis

Perjalanan tractus ascendens dan descendens pada batang otak/ *brain stem*

Level	Cortex cerebri	Thalamus	Mesencephalon	Pons	Medulla oblongata	Cerebellum	Medulla Spinalis
Tractus							
Cortico Spinalis (pyramidalis)	Lobus frontalis (cortex motoris untuk extremitas)	- (lewat di dalam capsula interna)	Pedunculus cerebri	Fibra tractus cortico-Spinalis, di ventral lemniscus medialis	Pyramid	-	Segmen: Lumbalis Cervicalis, Tractus corticospinalis: Ventralis (1/3 bagian) tidak menyilang. Lateralis (2/3 bagian), pada cornu ventrolateralis, menyilang di decussatio pyramidalis.

Cortico Bulbaris	Lobus frontalis (cortex motoris untuk kepala & leher)	- (lewat di dalam capsula interna)	Pedunculus cerebri	Nucleus nervi craniales III-vIII	Pyramid ↓ Nucleus nervi craniales ix-xii	Serat afferentes dari neocerebellum→ Nucleus dentatus→ Tractus ponto Cerebellaris→ nuclei pontine→cortex motoris untuk kepala & leher)	-
Rubro Spinalis (tractus non-pyramidalis)	-	-	Nucleus ruber, kemudian menyilang lewat tegmental Ventralis	Tegmen-tum pons, di lateral lemniscus medialis	Bagian lateral substantia alba, sebagai tractus rubro-spinalis	Serat afferentes + menuju nucleus ruber	Segmen: Lumbalis Cervicalis, Pada cornu ventro Lateralis
Tecto Spinalis (refleks terhadap rangsang	-	-	Colliculus superior, Menyilang di tegmental dorsalis	Tegmen-tum pons, di dorsal lemniskus medialis	Tractus tectospinalis dekat dengan fissura mediana	-	Terutama di segmen cervicalis, Pada cornu ventro

visual)					ventralis		Lateralis
Reticulo Spinalis (gerakan volunteer refleks dan tonus otot yang berhubungan dengan neuron motorik alfa dan gamma, kontrol respirasi & kardio-vaskuler)	-	-	-	Nuclei formatio reticularis (tractus reticulo-spinalis medialis)	Nuclei formatio reticularis (tractus reticulospinalis lateralis)	Serat efferentes dari lamina ganglionare sel purkinje →fibra vestibulo-Cerebellaris→ nucleus fastigeus→ Nuclei formatio reticularis→ Tractus reticulo Spinalis	Funiculus ventralis
Vestibulo-spinalis	-	-	-	Nucleus vestibularis lateralis pontis→ Nucleus	Nucleus vestibularis medialis medullaris→ FLM	Serat efferentes dari lamina ganglionare sel purkinje →fibra vestibulo-	Segmen: Lumbalis (ke nucleus vestibularis lateralis)

				olivarius inferior medulla oblongata		cerebellaris → nucleus fastigeus → Nuclei formatio reticularis → Tractus vestibulospinalis	Cervicalis (ke nucleus vestibularis medialis)
Vestibulo-Cochlearis	Gyrus temporalis superior	-	Nucleus geniculatum mediale → Colliculus inferior	Nucleus olivarius superior → Corpus trapezoideus (menyi Lang) & ada yg tidak Menyilang	Sebagian yang tidak menyilang → Nucleus cochlearis dorsalis, Menyilang & tidak menyilang → nucleus cochlearis ventralis ↓ Ganglion spirale cochlea	-	-
Spino-cerebella-	-	-	Nucleus ruber	Pada tegmentu	Tractus spino-cerebellaris	Pada paleocerebellum	

ris				m pontis: Tractus spino- cerebella- ris dorsalis & ventralis	dorsalis ventralis	& superior & inferior	
Spino thalamikus	Lobus parietalis (cortex sensoris untuk raba kasar, nyeri, suhu truncus dan extremitas)	Nuclei ventro Posterior	Lemniscus Spinalis	Lemniscus Spinalis	Lemniscus Spinalis	-	Segmen: Lumbalis Cervicalis Tractus spino Thalamikus menyilang pada level masuknya di funiculus ventralis
Columna dorsalis	Lobus parietalis (cortex sensoris untuk	Nuclei ventro posterior	Lemniscus Medialis	Lemniscus Medialis	Nucleus: Gracilis (extremitas inferior), Cuneatus	-	Segmen: Lumbalis Cervicalis, Pada columna/

	proprio- sepsi & diskriminasi raba)				(extremitas superior) ↓ Fibra arcuata interna menyilang		funiculus dorsalis
--	--	--	--	--	--	--	-----------------------

Vasa nervorum

Pembuluh darah yang menyuplai serabut-serabut saraf tepi berasal dari jaringan mesodermis dan biasa disebut sebagai vasa nervorum yang terdiri dari arteria nervorum dan vena nervorum. Arteria nervorum dapat berasal langsung dari percabangan arteria besar atau dari cabang-cabang cutaneus ataupun muskularis. Arteria tersebut berjalan longitudinal di sepanjang epineurium, dan dapat juga berpenetrasi untuk membentuk suatu plexus di sekitar bonggol serabut-serabut saraf.

Suatu serabut saraf perifer yang besar biasanya merupakan bagian dari beberapa jaringan angiosom, dan disuplai oleh pembuluh-pembuluh darah yang terletak di perbatasan antara jaringan pembungkus saraf dan serabut saraf tersebut.

Sawar darah otak

Sistim saraf pusat yang berasal dari jaringan ectodermis disuplai oleh pembuluh-pembuluh darah yang berasal dari jaringan mesodermis. Pembuluh-pembuluh darah tersebut terletak ekstrinsik dan memberikan suplai secara tidak langsung, dan berjalan pada piamater untuk kemudian berpenetrasi ke dalam substansia alba maupun griseus dengan diameter yang lebih kecil. Hal tersebut menyebabkan daerah-daerah sistim saraf pusat yang terletak profundus akan

mendapatkan suplai darah lebih sedikit, terutama tidak terdapatnya hubungan kolateral antara pembuluh-pembuluh darah di bagian ujung profundus tersebut. Pada sistem saraf pusat, kapiler-kapilernya memiliki susunan endotelium yang unik, dan selektif terhadap transport berbagai macam bahan untuk lebih melindunginya dari efek yang berbahaya. Selain itu, terdapat lapisan kaki-kaki sel astrosit yang melapisi panjang kapiler tersebut sebagai suatu bagian dari jaringan sistem perlindungan sistem saraf pusat. Beberapa area sistem saraf pusat tidak memiliki sawar darah. Biasanya area-area tersebut memiliki kemoreseptor ataupun mensekresi suatu hormon. Sawar darah otak terbentuk sempurna pada akhir masa tumbuh-kembang anak, dan beberapa hal patologis seperti infeksi dan tumor dapat mempengaruhinya. Metastasis suatu neoplasma dapat dengan mudah terjadi pada otak melalui penyebaran ke dalam aliran pembuluh darah, dan sel-sel neoplasma tersebut terkumpul pada ujung akhiran pembuluh darah di bagian paling profundus. Sebaliknya, neoplasma primer otak jarang bermetastasis, mungkin disebabkan adanya penghalang berupa sawar darah otak maupun kenyataan bahwa tidak adanya sistem limfatik di dalamnya. Area yang tidak memiliki sawar darah otak disebut sebagai area circumventriculare seperti area postrema, organ subcommisural, corpus pineale, habenula, organ subfornical,

organum vaskulosum lamina terminalis, eminentia mediana dan neurohipophysis.

Suplai vaskuler

Arterialisasi encephalon berasal dari systema vertebrobasilaris dan systema caroticum. Pada penyakit stroke/ *cardiovascular accident* (cva), sistem arterialisasi otak dapat mengalami sumbatan dan/ atau ruptur akibat proses thrombo-emboli dan atau tekanan darah tinggi, serta karena penyebab lain.

Struktur arteri dan vena otak

1. A. Basilaris

2. A. Vertebralis dextra et sinistra

3. A. Carotis interna

4. Circulus arteriosus willisi dan komponen arteria

penyusunnya:

a. A. Cerebri anterior d & s

b. A. Cerebri medial d & s

c. A. Cerebri posterior d & s

d. A. Communicans anterior

e. Aa. Communicans posteriores

A. Basilaris berjalan pada sulcus basilaris pontis.

A. Vertebralis berjalan melalui foramen transversarium vertebrae cervicales.

A. Carotis interna merupakan cabang dari a. Carotis communis

yang masuk ke dalam intracranial.

Circulus arteriosus willis membentuk anastomosis suplai darah encephalon; terletak pada basis cranii.

5. Sinus venosus duraematis, diantaranya:

- a. Sinus sagittalis superior
- b. Sinus sagittalis inferior
- c. Confluens sinuum
- d. Sinus sigmoid
- e. Sinus transversus
- f. Sinus rectus.
- g. Sinus venosus duraematis merupakan sistim vena encephalon yang tidak memiliki katup dan berjalan di antara lapisan periosteale dan meningeale duramater.

Perjalanan beberapa sinus:

1. Sinus sagittalis superior, antara falx dan bagian dalam calvaria
2. Sinus sagittalis inferior, di tepi bebas falx
3. Sinus rectus, di pinggiran antara falx dan tentorium
4. Sinus transversus, antara tentorium dan perlekatannya di calvaria
5. Sinus sigmoideus, berbentuk huruf s, lanjutan sinus transversus membentuk sinus lateralis untuk menuju ke Vv.jugulares

6. Sinus sphenoparietalis, bermuara ke vena media profunda cerebri ke dalam sinus cavernosus
7. Sinus cavernosus, di tiap sisi sella tursica. Menerima aliran dari Vv. Ophthalmicae et faciales. Aliran menuju sinus petrosus. Sinus cavernosus berkelok-kelok terpisah oleh suatu trabeculae fibrosa sehingga berbentuk seperti cavernosus. A. Carotis interna berjalan di dalam sinus cavernosus, begitu pula NN. Craniales III, iv, vi, v1 dan ganglion trigeminus.
8. Sinus petrosus inferior, dari sinus cavernosus ke foramen jugularis
9. Sinus petrosus superior, dari sinus cavernosus ke permulaan sinus sigmoideus.

Sistim Ventrikel dan Liquor Cerebrospinalis (LCS)

Ventrikel merupakan ruangan di bagian sentral encephalon, berisi liquor cerebrospinalis yang memiliki susunan dan fungsi tertentu. Ruangan ventrikel berlanjut pada medulla spinalis sebagai canalis centralis medulla spinalis.

Meninges merupakan lapisan pembungkus sistim saraf pusat (encephalon dan medulla spinalis) yang disuplai oleh dan diinervasi oleh cabang-cabang nervi craniales V, X dan nervi spinales craniales serta cabang dari truncus sympathicus.

Struktur	Deskripsi
<p>1. Plexus choroideus</p> <p>2. Ventrikel lateral (dengan cornu ventriculi lateralis):</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Pars anterior b. Pars inferior c. Pars posterior d. Truncus/ pars centralis <p>3. Septum pellucidum</p> <p>4. Ventrikel III</p> <p>5. Aqueductus cerebri</p>	<p>Plexus choroideus membentuk liquor cerebrospinalis, terletak pada dinding ventriculi. Plexus choroideus merupakan kumpulan massa konvolusi vaskuler yang berada pada ventrikel lateral, ventrikel III dan IV di mana liquor cerebrospinalis paling banyak diproduksi. Pada atrium ventrikel lateral, plexus choroideus dapat membentuk glomus yang merupakan lokasi akumulasi kalsium, yang mana dapat terlihat pada gambaran ct scan seiring bertambahnya usia.</p> <p>Ventrikel lateral dextra et sinistra dihubungkan oleh foramen interventriculare monroe.</p> <p>Septum pellucidum merupakan salah satu struktur median encephalon yang membentuk dinding medial ventrikel lateral dextra et sinistra.</p> <p>Ventriculi tertii terletak di sisi medial</p>

6. Ventrikel IV	<p>diencephalon. Aqueductus cerebri terletak di mesencephalon.</p> <p>Ventriculi quartii berada di sisi dorsal batang otak, dengan lantainya yang disebut fossa rhomboidea.</p> <p>Terletak di rhombencephalon pada bagian dorsal batang otak.</p>
-----------------	--

Meninges

No	Lamina	Struktur	Persarafan	Vaskularisasi
1	Duramater -ter (pachia Mening)	Duramater ensefali: Falks cerebri Falks serebri Tentorium serebri Diaphragma sellae. Terdiri dari stratum meningeale interna dan stratum	Oleh cabang- cabang NN. Trigemini (N. V) dan vagus (N. X), serta NN. Cervicales 1-3. Selain itu juga oleh cabang- cabang truncus sympathi Cus.	Aa. Karotis interna, maxilaris, faringea ascendens, occipitalis et vertebralis memberikan suplai untuk dura mater ensefali. A. Meningea media, yang

	<p>periosteale eksterna Duramater spinalis: Di superficialnya terdapat kavitas ekstraduralis (epiduralis). Filum terminale duralis/eksternum melekat pada fasies posterior corpus vertebra dari coccyx. Menjadi bagian dari pembungkus luar (epineurium) dari nervus.</p>	<p>Pada dura mater ensefali terdapat akhiran saraf sensorik yang sensitif terhadap peregangan yang akan menimbulkan rasa sakit kepala. Rangsangan pada akhiran sensorik N. Trigemini di tempat yang lebih tinggi dari tentorium serebri, akan menimbulkan nyeri alih pada kulit kepala di sisi yang sama. Rangsang</p>	<p>merupakan cabang a. Maxilaris, adalah cabang yang perlu diperhatikan. Arteria ini memasuki kavum cranium melalui foramen spinosum, kemudian berada di antara stratum/lapisan meningeal dan endosteal dura mater ensefali. Selanjutnya berjalan ke laterosuperior pada</p>
--	---	--	--

			<p>Ngan pada akhiran dura mater di tempat yang lebih rendah dari tentorium serebeli akan menimbulkan nyeri alih di bagian posterior regio koli & bagian posterior scalp sesuai dengan penyebaran N. Occipitalis mayor.</p>	<p>sulkus arteria meningeae media di permukaan superior pars squamosa os temporal.</p> <p>Ramus anteriornya menembus sudut anteroinferior os parietal.</p> <p>Ramus posteriornya melengkung ke posterior untuk memberikan arterialisasi bagian posterior dura mater.</p> <p>Vv. Meningeae berjalan pada</p>
--	--	--	--	---

				<p>stratum endosteal dura mater ensefali. V. Meningea media berjalan bersama cabang-cabang aa. Meningea media untuk bermuara pada plexus venosus pterigoideus atau sinus sfenoparietalis . Vena berada di sebelah lateral arterianya.</p>
2	Arachnoid Mater (lepto Mening)	Trabekule arachnoidales, spatium subarachnoid.	Suatu selubung tipis avaskuler yang menutupi spatium subarachnoidea yang berisi liquor cerebrospinalis (LCS). Granulaciones arachnoidales	

			<p>berisi vili mikroskopik seperti buah berry yang menonjol ke sinus sagittalis superior atau lacunae venosus terkait dan di sinus-sinus lain serta vena besar. Ini adalah lokasi absorpsi liquor cerebrospinalis (LCS). Spatium subarachnoidea relatif sempit, namun di beberapa tempat melebar, membentuk cisterna subarachnoidalis. Cisterna magna merupakan suatu celah antara medulla oblongata dan hemisphere serebeli dan kontinyu dengan spatium subarachnoidea spinalis. Cisterna pontin di aspectus ventralis pons berisi a. Basilaris dan beberapa vena. Di bawah cerebrum terdapat suatu ruangan luas di antara kedua lobus temporalis yang terbagi menjadi cisterna kiasmaticum di atas kiasma optikus, cisterna supraselaris di atas diafragma sela dan cisterna</p>
--	--	--	--

			interpedunkularis di antara pedunkuli cerebri. Ruangan di antara lobus frontalis, parietalis dan temporalis disebut cisterna fissura lateralis.
3	Pia mater (lepto Mening)	Spatium perivaskuler/ virchow-robin (bersama arachnoidmater)	Suatu jaringan ikat tipis yang menutupi permukaan encephalon dan mempunyai perpanjangan ke dalam sulki dan fissura serta mengelilingi vasa cerebri. Juga memiliki perpanjangan ke dalam fissura cerebri transversus di bawah Corpus callosum, di mana ia membentuk tela koroidea ventrikuli III dan lateral dan bersama dengan endidima dan vasa koroidea membentuk plexus koroideus ventrikuli ini. Pia mater dan endidima melewati atap ventrikel iv dan membentuk tela koroidea untuk plexus koroideus di ventrikel IV.

Otak dan medulla spinalis sendiri tidak memiliki serabut saraf nyeri, namun meninges yang menyelubunginya sangat peka terhadap rangsang nyeri. Pada selubung otak dan percabangan saraf cranialis, terdapat akhiran saraf nyeri dari rami meningealis nervus cranialis dan servikalis atas. Pada medulla spinalis dan radix nervusnya, selubung duramaternya memiliki serabut saraf nyeri dari rami meningealis rekurens nervus spinalis. Meningitis menyebabkan nyeri akut dan alihan pada area sekitar yang juga dipersarafi oleh rami meningealis nervus tersebut, biasanya juga disertai dengan kaku kuduk akibat refleksi spasme otot akibat menahan nyeri. Iritasi selubung duramater di sekitar radix saraf, misalnya pada hernia discus intervertebralis, dapat menyebabkan nyeri yang amat sangat. Nyeri tersebut dapat dialihkan ke area-area yang disuplai oleh rami meningealis yang sama dengan yang mempersarafi selubung duramater yang teriritasi, dan dapat disertai dengan refleksi spasme otot-otot punggung.

B. Medulla Spinalis

Struktur	Deskripsi
A. Funiculus/ columna:	Medulla spinalis terbungkus meninges dan memiliki ruangan canalis centralis yang berisi liquor cerebrospinalis.
1. Columna dorsalis (afferentes)	
2. Tractus corticospinalis (efferentes)	Pada irisan melintang, medulla spinalis nampak memiliki funiculus/ columna di superficial dan cornu di sisi profundus. Funiculus/ columna dilewati oleh berbagai macam tractus, baik ascendens maupun descendens.
3. Tractus spinocerebellaris ventralis et dorsalis (afferentes)	
4. Tractus spinothalamicus (afferentes)	
5. FLM (afferentes et efferentes).	
B. Cornu:	Cornu terdiri dari banyak nucleus sel-sel neuron, di mana terdapat cornu anterior, lateral dan posterior.
1. Anterior	
2. Lateral	
3. Posterior	
C. Canalis centralis.	Terdapat 31 pasang nervi spinales sesuai dengan segmen-nya pada medulla spinalis.
D. Nervi spinales:	
1. Cervicalis (C1-C8)	
2. Thoracica (T1-T12)	
3. Lumbaris (L1-L5)	

<p>4. Sacralis (S1-S5)</p> <p>5. Coccygeus (Co).</p> <p>E. Suplai darah:</p> <p>1. Spinalis anterior et posterior</p> <p>2. Aa. Radiculares, A. Radicularis magna Adamkiewicz</p> <p>3. Aa. Segmentales.</p>	
--	--

Lesi upper motor neuron (cortical motor neuron) dan lower motor neuron (spinal motor neuron)

No.	Gejala dan tanda	UMN	LMN
1	Kelumpuhan	Spastik	Flasid
2	Refleks fisiologis	Meningkat	Menurun
3	Refleks patologis	Positif	Negatif
4	Fasikulasi muskulus	Negatif	Positif

Lesi Medulla Spinalis

No.	Lesi	Tractus yang terkena	Tanda dan gejala
1	Sindroma brown-séquard (hemiseksi medulla spinalis)	Spinothalamikus, columna dorsalis, corticospinalis ipsilateral	Nyeri & suhu di bawah lesi terganggu di sisi kontralateral, raba halus & posisi di level bawah lesi terganggu pada sisi ipsilateral, kelemahan tubuh di bawah lesi sisi ipsilateral dengan distribusi gejala adalah lesi UMN.
2	Tabes dorsalis (sifilis stadium 3)	Columna dorsalis bilateral	Raba halus & proprioseptif di level bawah lesi terganggu pada sisi bilateral, "stamping" gait karena

			hilangnya sensor sendi
3	Siringomyelia (kavitasi canalis centralis yang meluas sampai ke substansia griseus et alba)	Mula-mula spinothalamikus bilateral, dapat sampai ke motor neuron di cornu anterior (LMN) & corticospinalis (UMN)	Nyeri & suhu di level bawah lesi terganggu pada sisi bilateral, variasi gejala LMN dan UMN.
4	Seksi medulla spinalis total (karena trauma, myelitis transversus)	Semua tractus di bawah lesi	Paralisis dan gejala UMN di bawah lesi, semua modalitas sensorik terganggu di level bawah lesi.

Bab 2.

Tujuan:

Setelah menyelesaikan bab 2, mahasiswa diharapkan dapat memahami struktur sistim saraf perifer manusia beserta fungsi terkait.

Tugas:

Buatlah diagram singkat mengenai struktur sistim saraf perifer manusia beserta fungsinya!

Bab 2. Sistem Saraf Perifer

Serabut-serabut saraf perifer memiliki modalitas motorik dan/ atau sensorik. Serabut saraf sensorik (afferentes) terdapat pada organ yang sensitif terhadap rangsangan dan memiliki jaras menuju ke sistem saraf pusat yang lebih tinggi, sedangkan serabut saraf motorik (efferentes) terdapat pada organ yang menghasilkan suatu respon terhadap rangsangan dan memiliki jaras yang berasal dari sistem saraf pusat. Biasanya, serabut saraf sensorik tidak memiliki dendrit, tetapi memiliki satu axon pendek dengan 2 ekstensi axon pada sudut yang lain. Axon yang pendek bersinaps di sistem saraf pusat sedangkan axon yang lebih panjang akan berjalan sebagai serabut saraf perifer. Badan neuron sensorik berada dalam suatu ganglion di dekat sistem saraf pusat. Serabut saraf motorik biasanya memiliki satu axon panjang yang berasal dari badan selnya. Axon tersebut berjalan disepanjang serabut saraf perifer, sedangkan badan sel dan dendritnya berada di dalam sistem saraf pusat. Suatu serabut saraf perifer dapat memiliki modalitas sensorik murni, motorik murni maupun campuran keduanya. Impuls konduksi berjalan dari distal ke proksimal sepanjang serabut saraf sensorik/ afferentes, dan dari proksimal ke distal di sepanjang serabut saraf motorik/ efferentes.

Yang dimaksud dengan reseptor adalah suatu struktur resepsi rangsangan pada ujung akhiran serabut saraf sensorik. Terdapat 3 jenis reseptor, eksteroreseptor, proprioseptor dan interoreseptor. Eksteroreseptor terdapat pada kulit dan organ-organ sensorik khusus. Eksteroreseptor terdiri dari mekanoreseptor (raba dan tekanan), nosiseptor (nyeri) dan termoreseptor (suhu). Terdapat pula jenis proprioseptor yang ditemukan di otot, tulang maupun sendi, yang terdiri dari mekanoreseptor (regangan, posisi dan vibrasi) serta nosiseptor (nyeri dalam). Interoreseptor terdapat pada organ viscera, termasuk baroreseptor (untuk tekanan darah arteri) dan kemoreseptor (tekanan oksigen arteri) serta nosiseptor (nyeri viscera). Terdapat pula struktur efektor, yang berbeda dengan reseptor, terdapat pada distal axon terminal dari suatu nervus motorik. Suatu efektor bisa berupa otot (volunteer dan involunteer) maupun kelenjar. Suatu efektor tidak berkontak langsung dengan suatu neuron, tetapi melalui suatu struktur yang disebut dengan sambungan neuroefektor. Terdapat suatu celah sambungan antara membran sel neuron tersebut dengan efektor, di mana pada lokasi ini membran sel tidak diselubungi oleh myelin, neurilema maupun endoneurium. Pada otot skeletal sambungan ini disebut sebagai sambungan neuromuskuler. Pada tempat di mana terdapat sambungan neuromuskuler, neurotransmitter yang dilepaskan saat terjadi

konduksi impuls pada akhiran axon akan berada pada celah sambungan, dan akan menyebabkan eksitasi membran sel otot yang terkena, yang disebut dengan area lempeng akhiran motorik. Terdapat 4 kelompok fungsional serabut saraf perifer, berupa: somatik afferentes, visceral afferentes, somatik efferentes dan visceral efferentes. Pada serabut saraf sensorik, tipe fungsional serabutnya sesuai dengan tipe organ yang berhubungan dengan reseptornya, bisa bersifat somatik (misal: kulit) atau visceral (misal: membran mukosa). Serabut saraf somatik afferentes superficial (misal pada kulit) dapat memiliki modalitas raba, tekanan, suhu dan nyeri superficial yang tajam. Sedangkan serabut saraf somatik afferentes profundus/ proprioseptif memiliki modalitas regangan, posisi sendi dan vibrasi serta nyeri dalam yang bersifat tumpul. Serabut visceral afferentes merupakan serabut yang tidak bermyelin, sehingga konduksinya lambat serta memiliki modalitas regangan pada otot polos, dan nyeri visceral. Pada serabut saraf motorik, serabut fungsionalnya sesuai dengan tipe efekturnya. Dapat berupa somatik (pada otot skeletal), maupun visceral (pada otot polos dan kelenjar). Serabut saraf somatik efferentes berdiameter besar dan memiliki konduksi yang cepat, sedangkan serabut saraf visceral efferentes lebih kecil diameternya, serta lebih lambat konduksinya.

Refleks merupakan suatu respons aktif yang bersifat involunter dan stereotipik terhadap suatu rangsangan tertentu, meskipun dapat dipengaruhi oleh suatu gerakan volunter. Refleks merupakan suatu balikan negatif terhadap suatu rangsangan tertentu, yang akan berangsur-angsur berhenti jika telah mencapai ambang batas tertentu. Pada umumnya terdapat 5 komponen dalam jaras refleks: reseptor, afferentes, sistim saraf pusat, efferentes dan efektor. Refleks yang paling sederhana hanya memiliki satu sinaps antara neuron afferentes dan efferentes di dalam sistim saraf pusat. Refleks yang lebih kompleks dapat melibatkan lebih dari sebuah sinaps, biasanya termasuk sel interneuron. Refleks regangan pada tendon otot skeletal biasanya monosinaptik, misalkan refleks biceps brachii. Pada awalnya terdapat suatu rangsangan tarikan mendadak pada tendon otot tersebut, yang menyebabkan rangsangan pada reseptor regangan. Impuls somatik afferentes pada tendon dalam akan berjalan di sepanjang serabut saraf perifer—N. musculocutaneus—menuju ke medulla spinalis. Pada segmen C5 medulla spinalis, terdapat suatu sinaps antara neuron afferentes dan efferentes, yang akan menimbulkan impuls somatik efferentes melewati N. musculocutaneus juga. Impuls akan sampai kepada efektor, yang berakibat kontraksi otot biceps brachii sekaligus menurunkan regangannya, sehingga terjadi balikan negatif

yang akan menghentikan refleksi tersebut. Selain otot skeletal sebagai efektor pada jenis refleksi somatik, terdapat pula jenis refleksi visceral, dengan efektor berupa otot polos, kelenjar dan otot jantung. Refleksi somatik dapat dibagi menjadi refleksi somatik superficial (contoh pada refleksi mundur yang muncul dari kulit) dan refleksi somatik profundus/ proprioseptif (contoh refleksi regangan otot skeletal biceps brachii, kedutan tendon yang muncul baik dari otot skeletal maupun persendian). Terdapat pula refleksi somatik superficial khusus seperti refleksi menelan dan refleksi batuk, yang timbul dari rangsangan terhadap membran mukosa, dengan organ efektor berupa otot skeletal. Sedangkan refleksi visceral meliputi refleksi pupil, lakrimasi, salivasi, baroreseptor dan kemoreseptor.

Ganglion merupakan kumpulan badan neuron yang terdapat di luar sistim saraf pusat. Modalitasnya dapat motorik dan/ atau sensorik. Contoh ganglion sensorik misalnya ganglion radix posterior, yang terletak di proximal penyatuannya dengan radix anterior untuk membentuk suatu nervu spinalis. Setiap ganglion radix posterior terletak di dalam suatu foramen intervertebralis. Terdapat pula ganglia nervi craniales, yang memiliki modalitas sensasi umum (V, VII, IX, X) dan/ atau sensasi visceral (VII, IX, X). Ganglia sensorik nervus cranialis terletak di atau dekat dengan foramina tempat lewatnya nervus tersebut pada cranium.

Ganglion autonom juga dapat bersifat motorik dan/ atau sensorik. Ganglion visceral motorik biasanya memiliki sinaps. Setiap sinaps menerima akhiran axon dari serabut neuron pre-ganglionik, sedangkan setiap badan neuron di dalam ganglion autonom adalah termasuk neuron post-ganglionik. Ganglia autonom memiliki modalitas sympathicum dan parasympathicum. Serabut-serabut pre-ganglionik biasanya bermyelin, sedangkan yang post-ganglionik tidak. Tambahan, terdapat serabut-serabut yang hanya melewati ganglia autonom tanpa bersinaps di dalamnya (semua visceral afferentes dan beberapa visceral efferentes yang dapat merupakan serabut post-ganglionik karena sudah bersinaps pada ganglion di proximalnya, ataupun pre-ganglionik karena baru akan bersinaps di ganglion distalnya). Terdapat kurang lebih 20 pasang ganglia yang bersinaps di ganglia autonom truncus sympathicus (ganglia paravertebralis). Serabut sympathicum post-ganglionik biasanya lebih banyak dan lebih panjang dibandingkan dengan serabut pre-ganglioniknya guna memenuhi kebutuhan pada saat-saat tertentu, dan sebagian membentuk plexus di sekitar arteri serta menemani perjalanan arteri tersebut. Beberapa ganglia ditemukan di ventral kolumna vertebralis, di bagian anterior aorta abdomen. Ganglia tersebut dinamakan ganglia prevertebralis yang bersifat pre-ganglionik sympathicum. Sedangkan setelah bersinaps, maka serabut

post-ganglioniknya akan berjalan disepanjang alur cabang-cabang arteri daerah abdomen dan pelvis. Serabut pre-ganglionik parasympathicum dari cabang N. X akan melewati ganglia tersebut tanpa bersinaps, kemudian melanjutkan diri untuk bersinaps di dalam ganglia yang terletak dekat dengan organ viscera targetnya. Medulla kelenjar adrenal berasal dari krista neuralis yang berkembang berisi neuron-neuron sympathicum yang membentuk suatu ganglion. Serabut pre-ganglioniknya mensekresi adrenalin dan noradrenalin langsung ke dalam aliran darah. Sekelompok jaringan kromafin serupa dengan medulla kelenjar adrenal dapat juga ditemukan di sepanjang jalannya aorta abdominalis. Paraganglia tersebut juga dapat mensekresi adrenalin, yang terbesar dikenal sebagai corpus paraaorta. Ganglia parasympathicum cenderung berukuran lebih kecil dan terletak dekat dengan organ visceral targetnya. Sehingga, serabut post-ganglionik parasympathicum umumnya lebih pendek dibandingkan serabut post-ganglionik sympathicum. Terdapat 4 ganglia parasympathicum di daerah kepala: ganglion ciliaris (menyuplai M. Sphincter pupillae dan M. Ciliaris), ganglion pterigopalatina (menyuplai kelenjar lacrimalis dan nasalis, nasopharynx dan palatum), ganglion submandibularis (menyuplai glandula submandibularis dan sublingualis), serta ganglion oticum (menyuplai glandula parotis). Plexus

merupakan suatu kelompok saraf atau vaskuler. Secara unik, struktur ini tetap terpisah satu dengan yang lain oleh suatu jaringan ikat, meskipun axonnya berjalan berhimpitan, sehingga tidak terjadi pencampuran impuls konduksi antar axon dalam satu plexus. Tidak demikian dengan plexus vaskuler, yang darahnya dapat bercampur dalam suatu tabung plexus. Plexus saraf yang besar merupakan suatu kelompok bundel rami anterior nervus spinalis dari beberapa segmen medulla spinalis tertentu, sedangkan dalam skala yang lebih kecil, kumpulan beberapa ramus communicans juga dapat terbentuk dari beberapa serabut axon yang saling berdekatan, terutama pada ramus cutaneus.

Cedera saraf perifer dapat dikarenakan tekanan, laserasi ataupun tarikan. Serabut-serabut saraf perifer dengan diameter lebih besar lebih rentan terhadap cedera akibat tekanaN. Tekanan dapat langsung mencederai serabut saraf, ataupun juga menyebabkan lesi pada suplai vaskulernya. Cedera saraf perifer ringan dapat menyebabkan hilangnya fungsi saraf tersebut sementara waktu, namun bila cederanya berat, maka fungsi saraf tersebut dapat hilang secara permanen. Terdapat 3 derajat cedera saraf, ringan bila kerusakan serabut saraf berupa diskontinuitas hantaran konduksi. Cedera sedang bila terjadi gangguan hantaran konduksi dan terputusnya serabut axoN. Cedera berat terjadi bila cedera sedang disertai

rusaknya endoneurium pada serabut saraf. Cedera berat yang lain dapat merusak perineurium yang mengakibatkan diskontinuitas bundel saraf, maupun merusak epineurium yang mengakibatkan putusnya saraf tersebut secara keseluruhan.

Putusnya axon menyebabkan terjadinya degenerasi serabut axon pada ujung distalnya, termasuk degenerasi myelinnya, dan bila terjadi pada serabut saraf motorik dapat menyebabkan atrofi otot yang dipersarafi. Hal tersebut dinamakan degenerasi anterograd. Sedangkan degenerasi ujung axon proximal disebut dengan degenerasi retrograd. Kesehatan neuron mempengaruhi kualitas koneksinya.

Regenerasi axon biasanya terjadi pada serabut saraf perifer, disepanjang permukaan dalam endoneurium yang masih utuh, dengan kecepatan rata-rata sekitar 2 mm/ hari. Sedangkan pada serabut saraf pusat yang tidak memiliki tabung pembungkus seperti endoneurium, hal tersebut sangat sulit untuk terjadi. Neuron merupakan sel yang sangat khusus, dan pada umumnya telah kehilangan kemampuan untuk beregenerasi. Bila endoneurium suatu serabut saraf perifer rusak, maka regenerasi akan menjadi sulit, dan bahkan dapat terjadi pertumbuhan axon ke arah serabut saraf di sebelahnya, sehingga perlu dilakukan penyambungan setepat mungkin

pada selubung pembungkus bundel saraf pada saat operasi untuk menghindari kesalahan arah regenerasi axon tersebut.

Iritasi langsung pada serabut saraf perifer, atau pada radix dorsalis suatu nervus, dapat menyebabkan suatu nyeri neurogenik atau neuralgia, yang dapat disertai oleh sensasi tidak nyaman di area sepanjang perjalanan serabut saraf tersebut. Pada penyakit herpes zoster akibat virus varicella zoster (cacar air, *shingles*), nyeri diakibatkan serangan virus dari ganglion sensorik nervus cranialis atau spinalis. Nyeri tersebut diikuti dengan pembentukan vesikel/ bula pada kulit sepanjang perjalanan serabut saraf itu. Pada kasus amputasi ekstremitas, stimulasi pada serabut saraf daerah sekitar amputasi dapat menyebabkan rasa nyeri yang dikenal dengan nama nyeri fantom, bahkan sensasi masih memiliki ekstremitas yang dikenal dengan sebutan ekstremitas fantom. Sumber sensasi tersebut dapat bersifat somatik, visceral maupun neurogenik. Nyeri somatik dan visceral berasal langsung dari stimuli pada reseptor terkait, sedangkan nyeri neurogenik bersifat tidak langsung, yang artinya berasal dari aktivitas abnormal serabut-serabut saraf yang menghantarkan konduksi nyeri. Salah satu contoh neuralgia adalah nyeri yang dirasakan pada daerah manus lateralis saat daerah siku diketuk (di mana pada siku berjalan serabut saraf ulnaris).

A. Nervus Cranialis

Struktur Nn. Craniales	Deskripsi
1. N.I (olfactorius) a. Bulbus olfactorius b. Tractus olfactorius c. Stria olfactoria medial et lateral	Soma neuron-nya terletak di mucosa nasalis, axon-nya bersinaps di bulbus olfactorius yang membawa modalitas utama penghiduan.
2. N. II (opticus) a. Chiasma opticum b. Tractus opticus	Soma neuron-nya terletak pada retina mata, serabut N. II bersilang pada chiasma opticum dan melanjutkan diri sebagai tractus opticus yang membawa modalitas utama visual.
3. N. III (oculomotorius)	Muncul di cranial pons, memasuki cavum orbita melalui fissura orbitalis superior. Membawa modalitas motorik untuk musculus levator palpebrae superior, rectus medialis, rectus

	<p>superior, rectus inferior, obliquus inferior. Juga membawa serabut parasimpatis pre-ganglioner menuju ganglion ciliaris, dan keluar sebagai N. Ciliaris brevis untuk Mm. Sphincter pupillae dan cilliares.</p>
<p>4. N. IV (trochlearis)</p>	<p>Dari bagian dorsal batang otak di caudal colliculus inferior kemudian memutar ke ventral. Memasuki cavum orbita melalui fissura orbitalis superior. Membawa modalitas motorik untuk musculus obliquus superior.</p>
<p>5. N. V (trigeminus): 5.1. N. V1 (ophthalmicus): A. N. Frontalis (N. Supratrochlearis et supraorbitalis) B. N. Lacrimalis (membawa</p>	<p>Muncul di sisi lateral pertengahan pons, modalitas motoriknya dibawa oleh divisi mandibularis, serabut sensorik-nya menuju ganglion trigeminalis untuk kemudian</p>

<p>pula serabut parasimpatis untuk ganglion sphenopalatina yang mempersarafi glandula lacrimalis)</p> <p>C. N. Nasocilliaris (memberikan percabangan N. Ethmoidalis dan N. Cilliaris longus. N. Cilliaris longus membawa modalitas sensorik untuk cornea mata dan serabut simpatis untuk M. Dilator pupillae. Cabang akhirnya keluar sebagai N. Infratrochlearis).</p> <p>5.2. N. V2 (maxillaris):</p> <p>A. N. Palatinus majus et minus</p> <p>B. N. Sphenopalatina</p> <p>C. N. Dentalis superior posterior</p> <p>D. N. Dentalis superior anterior et medial</p> <p>E. N. Infraorbitalis.</p>	<p>memberikan 3 buah percabangan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. N. Ophthalmicus: keluar menuju cavum orbita melalui fissura orbitalis superior. Membawa modalitas sensorik dari cornea, kulit dahi, scalp, kelopak mata, hidung dan sinus paranasalis. 2. N. Maxillaris: keluar dari fossa cranii melalui foramen rotundum. Membawa modalitas sensorik dari kulit wajah daerah maxilla, bibir atas, gigi maxilla, mucosa hidung, sinus maxillaris, dan palatum. 3. N. Mandibularis: keluar dari fossa cranii melalui foramen ovale. Membawa modalitas sensorik dari kulit wajah daerah mandibula, bibir bawah, gigi, mandibulae,
--	---

<p>5.3 N. V3 (mandibularis):</p> <p>A. N. Alveolaris inferior</p> <p>B. N. Mentale yang melanjutkan sebagai N. Mylohyoid untuk M. Mylohyoid dan digastricus venter anterior.</p> <p>C. N. Lingualis, yang bersama cabang N. VII yaitu chorda tympani membawa persarafan serabut parasimpatis untuk ganglion submandibularis bagi glandula submandibularis et sublingualis serta sensorik special untuk organ pengecapan lidah 2/3 anterior.</p> <p>D. N. Auriculotemporalis</p> <p>E. N. Buccalis</p> <p>F. Rr. Motorius bagi muscoli masticatorius.</p>	<p>65articulatio</p> <p>temporomandibulare, mucosa mulut dan 2/3 anterior lidah.</p> <p>Membawa modalitas motorik untuk otot-otot masticatorius, termasuk cabangnya yaitu N. Temporalis profundus yang mempersarafi M. Temporalis.</p>
<p>6. N. VI (abducens)</p>	<p>Muncul dari bagian caudal</p>

	<p>pons dan keluar menuju cavum orbita melalui fissura orbitalis superior. Membawa modalitas motorik untuk musculus rectus lateralis.</p>
<p>7. N. VII (facialis):</p> <p>A. Rr. Temporalis, buccalis, zygomaticum, mandibularis marginalis et cervicalis.</p> <p>B. N. Petrosus majus yang terletak di dalam telinga bagian tengah dan membawa serabut parasimpatis untuk glandula lacrimalis.</p> <p>C. N. Chorda tympani, yang bergabung dengan N. Lingualis cabang dari N. Mandibularis dan bersinaps pada ganglion geniculatuM.</p>	<p>Muncul di angulus pontocerebellaris bersama N. VIII kemudian melewati meatus acusticus internus dan meninggalkan fossa cranii melalui foramen stylomastoideus untuk kemudian berada di profundus glandula parotidea dan memberikan 5 percabangan untuk otot-otot mimik wajah, M. Platysma dan M. Digastricus venter posterior. Membawa modalitas motorik untuk musculi ekspresi wajah, juga untuk sensorik special organ</p>

	<p>pengecap pada 2/3 anterior lidah.</p>
<p>8. N. VIII (vestibulo-cochlearis): A. N. Vestibularis B. N. Cochlearis</p>	<p>Meninggalkan fossa cranii bersama N. VII melalui meatus acusticus internus. Membawa sensoris special keseimbangan dari canalis semicircularis dan pendengaran dari cochlea pada telinga dalam.</p>
<p>9. N. IX (glossopharyngeus)</p>	<p>Muncul dari medulla oblongata dan meninggalkan fossa cranii melalui foramen jugulare menuju regio colli di antara a. Carotis externa dan interna dan kemudian muncul di antara Mm. Constrictor pharyngeus superior et medial untuk mempersarafi sensorik pharyng. Membawa modalitas sensorik special untuk organ pengecapan</p>

	<p>pada 1/3 posterior lidah dan juga sensorik pada palatum durum, proximal pharynx, larynx, dan glandula parotis, serta telinga tengah. Juga mempersarafi sinus dan corpus caroticum.</p>
<p>10. N. X (vagus): A. R. Pharyngealis B. Rr. Cardiaca superior et inferior C. N. Laryngeus superior, yang bercabang menjadi N. Laryngeus interna yang menembus membrana thyrohyoid untuk sensorik di atas plica vocalis; dan N. Laryngeus externus yang mempersarafi motorik M. Cricothyroid. D. N. Laryngeus recurrens sinistra (berada di inferior</p>	<p>Muncul dari medulla oblongata, kemudian serabutnya bergabung dengan N. XI pars cranialis menuju regio colli di mana N. X berjalan dalam vagina caroticum di antara a. Carotis interna dan V. Jugularis; kemudian menuju regio thorax dan memberikan percabangannya. Membawa modalitas brachiomotorik untuk otot-otot palatum molle, pharynx, larynx dan oesophagus.</p>

<p>arcus aorta dan naik menuju laryng di antara trachea dan oesophagus)</p> <p>E. N. Laryngeus reccurens dextra (ke inferior melingkari a. Subclavia dextra kemudian naik menuju laryng.</p> <p>Saraf ini membawa serabut motorik bagi semua otot laryng kecuali M. Cricopharyngeus dan sensorik laryng di bawah plica vocalis.</p>	<p>Membawa innervasi parasympathis untuk otot polos trachea, bronchi, tractus digestivus, dan otot jantung.</p> <p>Membawa modalitas viscerosensorik dari lidah, pharyng, laryng, trachea bronchi, jantung, oesophagus, lambung, dan usus halus sampai flexura colica sinistra.</p> <p>Membawa modalitas sensorik untuk auricula, meatus acusticus externa, dan dura mater.</p>
<p>11. N. XI (accessorius)</p>	<p>Pars cranialis-nya berdistribusi bersama serabut N. X. Pars spinalisnya berjalan keluar dari fossa cranii menuju colli untuk memberikan persarafan motorik bagi musculus sternocleidomastoideus dan</p>

	musculus trapezius.
12. N. XII (hypoglossus)	<p>Keluar dari canalis hypoglossi dan bergabung dengan serabut ramus anterior dari C1. Setelah menembus vagina caroticum akan menyilang a. Lingualis menuju lidah untuk mempersarafi motorik otot-otot intrinsik dan ekstrinsik lidah. Serabutnya ada yang berjalan ke inferior, namun sebenarnya ini berasal dari C1 (descendens hypoglossi) yang akan bergabung dengan descendens cervicalis dari C2 dan C3 untuk membentuk ansa cervicalis bagi persarafan Mm. Sternohyoid, sternothyroid, omohyoid dan thyrohyoid.</p>

B. Nervus Spinalis

Merupakan serabut saraf yang berisi modalitas campuran dari motorik, sensorik dan autonomicum, yang menghubungkan sinyal antara medulla spinalis dan tubuh. Terdapat 31 pasang nervi spinales yang terdiri dari 8 nervi craniales, 12 pasang nervi thoracicae, 5 pasang nervi lumbales, 5 pasang nervi sacrales dan 1 pasang nervus coccygealis. Di luar columna vertebralis, setiap serabut akan bercabang menjadi ramus dorsalis dan ramus ventralis yang masing-masing mempersarafi muscoli epaxial beserta sensorik kulit daerah tersebut dan muscoli hypaxial beserta kulit daerah tersebut. Ramus meningeale akan berjalan masuk kembali ke dalam foramen intervertebrale dan mempersarafi meninges dan daerah vertebrae. Rami communicantes berisi serabut saraf autonomicum untuk organ-organ visceral. Beberapa rami anterior/ventral akan menyatu membentuk plexus, diantaranya plexus cervicalis, plexus brachialis, plexus lumbalis dan plexus sacralis. Nervus cervicalis pars posterior diantaranya memberikan cabang berupa N. Suboccipitalis C1, N. Occipitalis mayor C2, N. Occipitalis III dari C3, sedangkan dari pars anterior dari C5-T1 akan membentuk plexus brachialis. Nervus cervicales mempersarafi musculus sternohyoid, sternothyroid dan omohyoid dengan ansa cervicalis yang merupakan loop di daerah colli. Nervus thoracicae pars

anterior memberikan cabang nervi intercostales, intercostobrachialis dan subcostalis. Sedangkan pars posteriornya akan mempersarafi beberapa muscoli regio dorsalis.

Pada plexus brachialis, terdiri dari 5 radix, 3 truncus (superior C5-C6; medial C7 dan inferior C8-T1), 6 divisi (3 divisi anterior dari truncus superior, medial dan inferior; serta 3 divisi posterior dari truncus superior, medial dan inferior), 3 fasciculus (posterior yang dibentuk dari C5-C8, T1 divisi posterior; fasciculus lateral dari divisi anterior truncus superior dan medial C5-C7; fasciculus medial yang merupakan kelanjutan dari divisi anterior truncus inferior C8-T1), dan 5 cabang terminal serta beberapa cabang preterminal dan kolateral. Dari radix C4-C5 keluar N. Scapularis dorsalis (M. Levator scapulae, Mm. Rhomboidea), C5-C6 keluar N. Thoracica longus (M. Serratus anterior), dari C3-C5 keluar N. Phrenicus (motorik diaphragma SS). Dari truncus superior keluar N. Subclavius C5-C6 (M. Subclavius), dan N. Suprascapularis (M. Supraspinatus et Infraspinatus); dari fasciculus lateralis C5-C7 keluar N. Musculocutaneus (M. Coracobrachialis, M. Brachialis, Mm. Biceps brachii, N. Cutaneus antebrachii lateralis), N. Pectoralis lateralis (M. Pectoralis major et minor), dan radix lateralis N. Medianus (Fossa Cubiti, Sebagian besar otot regio antebrachii anterior,

thenar palmar manus dan intrinsik manus); dari fasciculus posterior akan keluar N. Subscapularis superior C5-C6 (M. Subscapularis, M. Teres mayor), N. Thoracodorsalis C6-C8 (M. Latissimus dorsi), N. Subscapularis inferior C5-C6 (M. Subscapularis, M. Teres mayor), N. Axillaris C5-C6 (M. Deltoideus, M. Teres minor, N. Cutaneus brachii superior), N. Radialis C5-T1 (regio brachii posterior, sebagian besar otot regio antebrachii posterior). Sedangkan dari fasciculus medial keluar N. Pectoralis medial C8-T1 (M. Pectoralis mayor et minor), radix medial N. Medianus C8-T1 (fossa cubiti, sebagian besar otot regio antebrachii anterior, thenar palmar manus dan intrinsik manus), N. Cutaneus brachii et antebrachii medial C8-T1, dan N. Ulnaris C7-T1 (1,5 bagian medial dari antebrachii anterior, instrinsik palmar manus dan 1,5 medial bagian manus serta otot-otot hypothenar). Kesemuanya mempersarafi extremitas superior. Sedangkan plexus lumbosacralis T12-S4 terdiri dari plexus lumbalis, plexus sacralis dan plexus pudendus. Plexus lumbalis terdiri dari N. Iliohypogastricus T12-L1, N. Ilioinguinalis L1, N. Genitofemoralis L1-L2, N. Cutaneus femoris lateralis L2-L3, N. Obturator L2-L4 (mempersarafi regio femoris medialis), N. Femoralis L2-L4 (mempersarafi regio femoris anterior). Cabang-cabang langsungnya termasuk untuk M. Psoas major, M. Quadratus lumborum, M. Intertransverso lumbaris.

Plexus sacralis terdiri dari truncus lumbosacralis, divisi anterior nervus sacralis S1-S3. Cabang-cabangnya termasuk N. Gluteus superior L4-S1, N. Gluteus inferior L5-S2, N. Cutaneous femoris posterior S1-S3, cabang langsung untuk musculus piriformis, obturator interbus, quadratus femoris, serta N. Ischiadicus L4-S3 (mempersarafi regio femoris posterior) yang memberikan cabang N. Fibularis communis L4-S2, N. Tibialis L4-S3. N. Fibularis communis akan bercabang menjadi N. Fibularis superficialis (mempersarafi kompartemen lateral regio cruris) dan N. Fibularis/ peroneus profundus (mempersarafi regio cruris anterior). Sedangkan N. Tibialis (mempersarafi kompartemen superficial et profundus regio cruris posterior) akan membentuk N. Plantaris medialis et lateralis (regio plantaris pedis). Plexus pudendus S2-S4 akan mempersarafi otot-otot diafragma pelvis termasuk levator ani, transversus perinei superficialis et profundus, bulbospongiosus, ischiocavernosus, sphinctern anus externus dan sphincter urethrae. Bersama dengan nervus coccygealis S4-Co1 akan membentuk plexus coccygeus yang mempersarafi daerah coccyx.

Bab 3.

Tujuan:

Setelah menyelesaikan bab 3, mahasiswa diharapkan dapat memahami struktur sistim saraf autonomicum manusia beserta fungsi terkait.

Tugas:

Buatlah diagram singkat mengenai struktur sistim saraf autonomicum manusia beserta fungsinya!

Bab 3. Sistim Saraf Autonomicum

Sistim saraf otonom bersifat involunter dan terdapat pada sistim saraf organ visceral, termasuk otot polos pada pembuluh darah, organ dalam dan kelenjar. Modalitasnya dapat dibedakan menjadi sistim saraf sympathicum, parasympathicum dan entericum. Biasanya sympathicum dan parasympathicum saling menyeimbangkan dan/ atau melengkapi, misalnya pada kondisi ereksi oleh parasympathicum dan ereksi oleh sympathicum. Namun, pada area dan organ tertentu, kerjanya dapat bersifat mandiri, contoh pada pembuluh darah (kecuali di ensefalon dan jaringan erektil) yang hanya dipengaruhi oleh sympathicum.

Kerja sympathicum dan parasympathicum dapat pula bersifat berlawanan, misalnya efeknya pada detak jantung dan diameter pupil. Pada organ-organ yang menerima persarafan sympathicum dan parasympathicum, efek keduanya dapat pula berlainan, misal sympathicum pada otot polos sphincter organ visceral berongga serta pembuluh darah organ visceral berongga dan kelenjar (mengakibatkan vasokonstriksi), sedangkan parasympathicum memepersarafi pula otot polos dinding organ visceral berongga serta kelenjar eksokrin yang berhubungan (mengakibatkan sekresi). Sympathicum mengakibatkan kontraksi radial otot dilator pupil, sedangkan parasympathicum mengakibatkan kontraksi sirkuler otot

sphincter pupil. Sympathicum mempersarafi otot atrium dan ventrikel jantung (dapat mengakibatkan naiknya detak jantung dan volume pompa darah), sedangkan parasympathicum mempersarafi atrium saja (untuk mempertahankan detak jantung basal). Pada umumnya, sympathicum dan parasympathicum tidak bekerja penuh secara bersamaan, melainkan bekerja sesuai dengan kebutuhan dan secara harmonis mempertahankan kondisi homeostasis sesuai dengan respons yang dibutuhkan dari hasil rangsangan internal maupun eksternal.

Sistem saraf sympathicum mempersarafi hampir seluruh arteriol terutama pada kulit dan otot skeletal. Sirkulasi darah ke daerah yang membutuhkan dapat ditingkatkan (misal pada situasi lawan atau lari saat menghadapi ancaman), bersamaan dengan pemenuhan sirkulasi darah yang adekuat ke daerah yang lain. Sympathicum menyebabkan dilatasi pupil dan bronchioli yang masing-masing menyebabkan peningkatan penglihatan perifer dan ventilasi paru. Sympathicum juga menyebabkan kontraksi sphincter otot polos tractus gastrointestinalis dan tractus urinarius. Sympathicum mempersarafi kelenjar adrenal, yang menyebabkan sekresi hormon adrenalin ke dalam sirkulasi, sehingga membantu kinerja sympathicum. Sympathicum juga menyebabkan refleksi ejakulasi melalui kontraksi ductus deferentes.

Truncus sympathicus merupakan suatu struktur berpasangan menyerupai rantai tasbih dengan ganglion sympathicum sebagai biji tasbihnya. Sebagian ganglion tersebut menyatu, dan sebagian yang lain bersifat segmental. Sistem saraf sympathicum memiliki jalur sentral dari hipotalamus dan medulla oblongata yang kemudian bersinaps terutama pada substansia grisea cornu intermediolateral dari medulla spinalis (T1-L2). Sistem saraf sympathicum yang berasal dari neuron pada cornu intermediolateral segmen medulla spinalis T1-L2 kemudian mengeluarkan serabut pre-ganglionik (ramus communicans alba yang berasal dari ramus anterior nervus spinalis yang bermyelin) menuju truncus sympathicus dextra dan sinistra di sepanjang paravertebralis dari basis cranium sampai ujung koksigeus, untuk bersinaps. Hal ini menyebabkan serabut saraf sympathicum pre-ganglionik lebih pendek dibandingkan dengan post-ganglioniknya. Beberapa serabut sympathicum pre-ganglionik tersebut akan bersinaps langsung pada ganglion sesuai segmen keluarnya dari nervus spinalis, namun yang lain akan berjalan ke cranial maupun kaudal dan bersinaps di segmen yang berlainan. Sedangkan serabut post-ganglionik keluar dari seluruh segmen ramus anterior dan posterior nervus spinalis untuk terhubung dengan truncus sympathicus melalui ramus communicans grisea, dan akan berjalan menuju organ target termasuk truncus dan

ekstremitatis beserta serabut-serabut saraf sudomotorik dan pilomotorik. Letak ramus communicans griseus adalah di sisi proximal dari ramus communicans alba. Suplai sympathicum daerah kepala dan leher berasal dari ganglion servikalis superior yang terletak di basis cranium, untuk kemudian membentuk plexus-plexus sympathicum perivaskuler yang jalannya mengikuti arteri besar beserta percabangannya. Visceral thoracica mendapatkan suplai sympathicum dari ramus esofagus, kardiaka, pulmonarius yang berasal dari ganglia truncus segmen servikalis dan thoracica atas. Suplai sympathicum untuk regio abdomen dan pelvis berasal dari nervus splanchnicus—majus, minus, minimi, yang berasal dari ganglia paravertebralis truncus sympathicus segmen thoracica. Serabut-serabutnya akan berjalan menembus diafragma untuk kemudian bergabung dengan ganglia prevertebralis—seliaka, aortikorenalis, mesentericus superior dan inferior—yang terletak di depan aorta abdominalis untuk bersinaps. Serabut post-ganglioniknya kemudian keluar untuk mempersarafi visceral abdomen dan pelvis, dan berjalan di sepanjang aorta. Nervus splanchnicus lumbalis berasal dari ganglia truncus sympathicus abdomen dan bergabung dengan ganglia prevertebralis—terutama mesentericus inferior—untuk bersinaps. Serabut post-ganglioniknya keluar dan

mempersarafi area visceral pelvis dan berjalan di sepanjang arteri.

Serabut saraf parasympathicum berasal dari aliran kraniosakral, yang artinya berasal dari ensefalon (berhubungan dengan nervus cranialis III, VII, IX dan X), serta dari nervus splanchnicus pelvis (nervi erigentes) yang berasal dari cornu intermediolateral medulla spinalis segmen S2-4. Serabut-serabut parasympathicum pada daerah toraks dan abdomen akan berjalan sebagai percabangan dari nervus cranialis X (vagus) dextra dan sinistra. Serabut parasympathicum lebih fokus dan terarah dibandingkan serabut sympathicum, misalnya pada arteriol di ensefalon dan jaringan erektil. Parasympathicum bertanggungjawab terhadap detak jantung harian dan refleks terkait sekresi berbagai kelenjar, termasuk kelenjar saliva dan lacrimalis. Rangsangan parasympathicum mengakibatkan konstriksi pupil dan akomodasi lensa mata (meningkatkan ketajaman penglihatan). Parasympathicum juga menyebabkan jalur efferentes pada kondisi ereksi, via dilatasi arteriol jaringan erektil.

Sistim Saraf Entericum

Sistim saraf entericum merupakan suatu struktur yang lengkap, terdiri dari seluruh struktur saraf yang terdapat pada dinding tractus intestinalis, biliaris dan pankreas. Sistim ini mengandung lebih banyak neuron dibandingkan sistim saraf

sympathicum maupun parasympathicum. Entericum dapat bekerja secara mandiri, terlepas dari hubungan dengan sistem saraf pusat. Persarafan pada dinding akhiran tractus intestinalis proximal maupun distal yang terutama terdiri dari otot skeletal yang berasal dari arkus brachialis dan sphincter kloaka utamanya berasal dari nervus ekstrinsik. Sedangkan sisa tractus intestinalis, biliaris dan pankreas mendapatkan persarafan dari nervus intrinsik, termasuk untuk otot polos, kelenjar, mukosa intestinum. Neuron pada entericum cenderung berisnaps satu sama yang lain, dibandingkan membentuk sinaps dengan sistem saraf pusat. Jumlah sirkuit sinaps lokal yang cukup banyak tersebut bertanggungjawab terhadap motilitas tractus digestivus, sekresi dan absorpsi isinya. Entericum juga berhubungan dengan serabut saraf sympatheticum post-ganglionik dan parasympathicum pre-ganglionik, yang dapat memodulasi efek entericum, misal pada gerakan peristaltic intestinum.

Jalur Serabut Nyeri Visceral

Nyeri visceral yang berasal dari area di antara garis nyeri thoracica dan pelvis, akan dibawa oleh serabut saraf afferentes visceral yang berjalan bersama dengan serabut saraf sympatheticum motorik, menuju ganglion sympatheticum tanpa bersinaps, kemudian masuk ke dalam radix nervus posterior medulla spinalis. Untuk nyeri visceral di bawah garis nyeri

pelvis, impuls akan dibawa oleh serabut saraf afferentes visceral yang berjalan bersama dengan serabut saraf parasympathicum, menuju ke ganglion parasympathicum tanpa bersinaps, dan serabutnya akan meneruskan diri masuk ke dalam radix nervus spinalis posterior.

Daftar Pustaka

1. Nolte J, Angevine JB, Jr. 1995. The Human Brain. Mosby: USA.
2. Briar C, Lasserson D, Gabriel C, Sharrak B. 2004. Nervous Sistim. 2nd Ed. Mosby: USA
3. Crossman AR, Neary D. 2010. Neuroanatomy. 3rd Ed. Elsevier Churchill Livingstone: UK.
4. Waxman S. 2010. Clinical Neuroanatomy. 26th Ed. Lange-Mcgraw Hill: USA.
5. Fitzgerald MJT, Gruener G, Mtui E. 2012. Clinical Neuroanatomy And Neurosciense. 6th Ed. Elsevier Sanders: UK.
6. Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM. 2012. Gray's Anatomy For Students. 3rd Ed. Elsevier Churchill Livingstone: UK.

Daftar Singkatan

A. Arteria; Aa. Arteriae; V. Vena; Vv. Venae; M. Musculus; Mm. Musculi; N. Nervus; Nn. Nervi.;R. Ramus; Rr. Rami; FSH. Follicle stimulating hormone; LH. Luteinizing hormone; ACTH. Adrenocorticotropic hormone; TSH. Thyroid stimulating hormone; ADH. Anti diuretic hormone.

Indeks

- Arachnoid mater 43, 46
Cerebellum 10, 18, 25, 27
Cortex cerebri 13, 27
Diencephalon 9, 16, 22, 39
Duramater 39, 69
Encephalon 7
Ganglia basalis 9, 15, 17
Ganglion 80
Hypothalamus 16, 19
Jaras 13-14
Medula spinalis 7, 10, 27, 47, 68
Medulla oblongata 10, 25-27, 45, 75
Mesencephalon 9, 10, 23, 27
N. VII (facialis) 59, 80
N. I (olfactorius) 55
N. II (opticus) 5
N. III (oculomotorius) 22, 55
N. IV (trochlearis) 21
N. IX (glossopharyngeus) 80
N. V (trigeminus) 21, 80
N. VI (abducens) 22, 58
N. VIII (vestibulo-cochlearis) 22, 28, 59
N. X (vagus) 39, 61, 76
N. XI (accessorius) 62
N. XII (hypoglossus) 63
Nervus cranialis 55
Nervus spinalis 64, 74
Neuroglia 5-6
Pia mater 33, 45
Pons 27, 44, 55, 59
Refleks 78
Rombencephalon 10
Saraf autonomic 72
Sawar darah otak 33-34
Sistem limbik 18
Telencephalon 9, 17, 22
Thalamus 9, 14, 17
Ventrikel 9, 37, 38, 46

Lembar Jawaban Tugas