**PERTEMUAN KE 2**

**PENGANTAR PSIKOLOGI FAAL**

Menurut Pinel (2009) Biopsikologi adalah studi ilmiah tentang biologi perilaku. Sedangkan Kallat (2010) mengatakan bahwa biopsikologi adalah ilmu yang mempelajari mekanisme perilaku dan pengalaman fisiologi, evolusi serta perkembangannya. Perilaku manusia dapat dijelaskan berdasarkan cara kerja otak/mekanisme sistem saraf. Jadi Psikologi Faal adalah Salah satu cabang ilmu psikologi yang mempelajari kaitan antara psikologi dan biologi (perilaku dengan sistem saraf).

Istilah Psikologi Faal memiliki beberapa jenis sebutan lain yaitu: Psikologi Fisiologi Biopsikologi Psikobiologi Psikologi biologis Neurosains Perilaku (Paling Umum)

**MEMAHAMI KESADARAN MANUSIA**

Kesadaran (conciousness) adalah keterjagaan, waspada, pikiran, persepsi, ingatan & perasaan. Kemampuan kita berkirim pesan kepada orang lain memungkinkan kita berkirim pesan dalam kepala kita sendiri dengan kata lain berfikir dan waspada akan keberadaan diri kita sendiri

Ada beberapa cara untuk memahami kesadaran manusia sejak zaman dahulu diantaranya adalah adanya fenomena sebagai berikut:

***Blindsight***

* Kemampuan seseorang yang tidak dapat melihat objek-objek di medan butanya untuk secara akurat meraih benda-benda tersebut meskipun tetap tidak mempersepsikannya secara sadar (disebabkan oleh kerusakan sistem visual “mamalia” di otak)

Kondisi *Blindsight* menunjukkan bahwa kesadaran manusia bukanlah sifat umum seluruh bagian otak; sejumlah bagian otak memainkan peran khusus dalam kesadaran sebagian lainnya tidak.

***Split Brain*** (Pasien Epilepsi)

* Bedah otak yang terkadang dilakukan utk mengobati epilepsi dimana dokter bedah memotong *Korpus Kolasum,* yang menghubungkan kedua belahan otak. Hemisferium kiri merupakan bagian otak yang bertanggung jawab atas komunikasi verbal. Efek pemotongan korpus kalosum : menimbulkan kegagalan informasi untuk mencapai kesadaran.

***Pengabaian Unilateral***

* Sindrom di mana orang-orang mengabaikan objek-objek yg terletak di sebelah kiri mereka dan sisi kiri objek-objek yang terletak di mana pun (sebagian besar disebabkan oleh kerusakan lobus parietal kanan)

Fenomena Blindsight, Split brain & pengabaian unilateral merupakan bukti bahwa kerusakan otak dapat mengakibatkan rusaknya fungsi otak sadar atau memutuskan otak sadar dari mekanisme bicara di hemisfer kiri dan perasaan kepemilikan tubuh merupakan fungsi dari otak.

**MEKANISME PASIEN EPILEPSI**

* Pada pasien Epilepsi, salah satu bagian otak nya, memiliki sel-sel saraf yang terlampau aktif dan tak terkendalikan,
* Kemudian, aktivitas sel-sel saraf yg berlebihan tersebut diteruskan ke otak bagian lainnya oleh *Korpus Kalosum*,
* Pada akhirnya, kedua bagian otak akhirnya terlibat dalam aktivitas sel-sel saraf yg terlampau aktif & menjadi liar & saling merangsang, & terjadilah kejang-kejang menyeluruh.

*Korpus Kalosum*: berkas keras serabut saraf yg menghubungkan bagian-bagian yg berkesesuaian pada satu sisi otak dg sisi satunya lagi.

**SIFAT NEUROSAINS PERILAKU**

Para ilmuwan menyadari bahwa perilaku merupakan fungsi utama system saraf. Terjadinya perilaku berarti terjadi control gerakan, dan gerakan yang dilakukan seseorang dipengaruhi oleh kemampuan dalam mempersepsi, berfikir dan mengingat.

Persepsi berfungsi memberi kita informasi dari lingkungan agar perilaku kita adaptif & bermanfaat. Persepsi tanpa kemampuan bertidak tidak akan bermanfaat.

Berfikir dapat berlangsung tanpa menyebabkan suatu perilaku yang tampak. Namun kemampuan berfikir mengalami evolusi yang membuat kita melakukan perilaku kompleks untuk mencapai tujuan yang bermanfaat

Sejarah modern penelitian terhadap fisiologi perilaku ditulis oleh para saintis yang mengkombinasikan metode eksperimen psikologi dengan metode eksperimen fisiologi dan menerapkannya ke berbagai penelitian dibidang yang berbeda

**TUJUAN PENELITIAN NEUROSAINS PERILAKU**

Tujuan para saintis adalah menjelaskan fenomena yang dipelajari. Ada dua bentuk penjelasan ilmiah yaitu generalisasi & reduksi. Generalisasi adalah kesimpulan umum dari beberapa fenomena yang serupa. Reduksi adalah mempelajari proses fisiologis yang mengontrol perilaku. Mekanisme-mekanisme fisiologis yang dapat memberikan informasi mengenai proses-proses psikologis (Bersifat reduksi). Misalnya: menjelaskan mekanisme fisiologis otak yang turut menyebabkan terjadinya Skizofrenia, Gangguan Tidur, dsb.

**AKAR BIOLOGIS NEUROSAINS PERILAKU**

Tokoh-tokoh filsuf yang menjadi pendahulu Faal adalah sebagai berikut:

Hipokrates

* Pikiran & emosi bukan berada di jantung tapi merupakan aktifitas otak.

Aristoteles

* Otak berperan mendinginkan gairah jantung.

Galen

* Besar perhatian kepada otak, sehingga membedah & mempelajari otak sapi, domba, babi, kucing, anjing, linsang,monyet,& kera.

Rene Descartes

* Mempelajari tentang refleks (otomatis, tanpa sadar). Teori refleksnya benar ttp saat ini penjelasan fisiologis otak dapat menjelaskannya.

Johannes Muller (Tokoh Penting dalam perkembangan fisiologi eksperimental)

* Semua serabut saraf membawa jenis pesan yg sama. Informasi sensoris (indrawi) pastilah dispesifikasi oleh serabut saraf tertentu yg aktif. (**doktrin Energi Saraf Spesifik**)

**SELEKSI ALAM, EVOLUSI**

* **Seleksi Alam**: Proses di mana perilaku yg memberikan keunggulan selektif (meningkatkan kecenderungan hewan itu untuk hidup dan bereproduksi) menjadi lebih dominan dalam populasi.
* **Evolusi**: perubahan bertahap dlm hal struktur dan fisiologi spesies hewan & tumbuhan-pada umumnya menghasilkan organisme yg lebih kompleks-sebagai akibat dari seleksi alam.

**BEBERAPA KARIR DALAM BIDANG PSIKOLOGI FAAL.**

* **Neurosaintis Perilaku**
	+ Saintis yg mempelajari fisiologi perilaku, terutama dgn melakukan percobaan fisiologis & perilaku dgn hewan-hewan laboratorium.
	+ Menyelidiki semua aspek sistem saraf (anatomi, kimia, fisiologi, perkembangan, & kerjanya).
* **Neurologi**
	+ Dokter yg terlibat dlm diagnosis & pengobatan penyakit2 sistem saraf.
* **Neuropsikologi Eksperimental (Ph.D. dlm bid. Psikologi)**
	+ Ahli yg mempelajari fisiologi perilaku: perilaku orang yg mengalami kerusakan otak akibat sebab yg alami & menggunakan peralatan pemindai otak yg cangih utk mempelajari aktifitas di dlm otak pada saat org itu berperilaku.

**STRUKTUR DAN FUNGSI SEL-SEL SISTEM SARAF**

Tujuan mempelajari struktur dan fungsi sel-sel sistem saraf: “**Untuk memahami bagaimana sistem saraf mengendalikan perilaku manusia.**” Langkah pertama utk mencapai tujuan tersebut adl dgn memahami bagian-bagiannya, yaitu: *memahami sel-sel yg menyusun sistem saraf.* Dalam bab ini hanya membahas tentang Sel-Sel dalam sistem saraf. Anda tidak perlu bingung dulu dengan struktur sistem saraf, tetapi yang perlu dipahami adalah bahwa sistem saraf terbagi menjadi 2, yaitu:

1. Sistem Saraf Pusat: terdiri atas bagian-bagian yang terbungkus tulang tengkorak & tulang belakang (otak & urat saraf tulang belakang)
2. Sistem Saraf Tepi: ditemukan di luar tulang-tulang tersebut dan terdiri atas saraf-saraf & sebagian besar organ indra.

**SEL-SEL SISTEM SARAF**

**NEURON**

****

**Struktur dasar**

Neuron= Satu bagian sel saraf.

Neuron berfungsi sebagi unsur pengolah informasi dan pemancar informasi dalam sistem saraf.

Sebagian besar neuron memiliki keempat struktur berikut:

1. **Soma (Badan Sel)** Badan sel saraf yang berisikan:
	* nukleus (inti sel)
	* mitokondria, ribosom, lisosom yang sebagian besar berperan dalam mekanisme proses-proses kehidupan sel.
2. **Dendrit**

Struktur Neuron yang terlihat mirip sekali dengan pohon (Bhs Yunani *Dendron: Pohon)*. Neuron-neuron “berkomunikasi” satu sama lain, dan dendrit berperan sebagai penerima penting pesan-pesan ini (informasi yg diterima dari kenop ujung neuron-neuron lain). Pesan-pesan yang dipancarkan tersebut diteruskan ke neuron lain melintasi **Sinapsis** (*sambungan antara kenop ujung dan membran neuron lain*)

1. **Akson**

Akson: tabung panjang dan ramping yang dibungkus oleh selaput pembungkusnya (*selubung myelin*). Fungsi: membawa informasi dari badan sel ke kenop-kenop ujung.

1. **Kenop Ujung (Sinapsis)**

Pucuk di ujung cabang suatu akson, membentuk sinapsis dengan neuron lain dan mengirimkan informasi ke neuron tersebut. Kenop ujung melepaskan/menghasilkan zat kimia yang disebut **neurotransmiter** (memiliki efek menghambat/merangsang neuron lain).

* Tiga jenis utama neuron berdasarkan cara akson dan dendrite meninggalkan soma :
	+ **Neuron Multipolar**: membran hanya ada satu aksonttp ada banyak pehon dendrit yg tumbuh darinya.
	+ **Neuron Bipolar**: memiliki satu akson & satu pohon dendrit pd ujung yg berseberangan dg soma (lihat gbr. Di buku)
	+ **Neuron Unipolar**: cabangnya hanya ada satu dan menjulur menjauhi soma dan membelah menjadi dua cabang dari situ.



Gb. Jenis-jenis neuron

**Struktur dalam neuron**

Struktur dalam Neuron terdiri dari:

* **Membran**: Struktur yang terutama terdiri atas molekul-molekul lipid yg menjadi batas luar sel dan juga menyusun banyak organel sel, misalnya badan golgi.
* **Nukleus**: struktur di wilayah tengah suatu sel, berisikan nukleolus dan kromosom.
* **Nukleolus**: struktur dalam nukelus suatu sel yg berfungsi membuat ribosom.
* **Ribosom**: Struktur di sitoplasma , terbuat dari protein, yg berperans ebagai tempat pembuatan protein yg ditranslasi dari mRNA.
* **Kromosom**: untaian DNA dengan protein-protein terkait, ditemukan dlm Nukleus dan mengandung informasi genetik organisme.
* **DNA (Asam deoksiribonukleat/deoxyribonucleic acid)**: sejenis makromolekul kompleks dan panjang yg terdiri atas dua untai heliks yg saling tersambung, bersama protein-protein terkait, untaian DNA ini akan membentuk kromosom.
* **Gen**: satuan fungsional kromosom, yang mengarahkan sintesis satu atau lebih protein.
* Asam ribonukleat duta (*messenger ribonucleic acid*, **mRNA**): Sejenis makromolekul yang menghantarkan informasi genetik mengenai sintesis protein dari suatu bagian kromosom ke ribosom (bagian kromosom/gen yang aktif akan membentuk mRNA).
* **Enzim**: Molekul yg mengendalikan reaksi kimia, menggabungkan dua zat atau memecah suatu zat menjadi dua bagian.
* **ncRNA/RNA bukan-pengkode (non-coding RNA)**: sebentuk RNA yg tidak mengkodekan protein, tetapi memiliki fungsi-fungsi tersendiri.
* **Sitoplasma**: Zat kental, semi-cair yang mengisi bagian dalam sel.
* **Mitokondria**: Organel yang bertugas mengekstraksi energi dari nutrien (*nutriennya diberikan oleh sel-sel*).
* **Adenosin trifosfat (ATP)**: Molekul yg sangat penting dlm metabolisme energi sel; penguraiannya membebaskan energi. *ATP dihasilkan oleh mitokondria.*
* **Retikulum endoplasma**: lapisan-lapisan paralel membran yang ditemukan dlm sitoplasma sel.
	+ Berperan sebagai wadah penyimpanan dan saluran utk menyalurkan zat-zat kimia melalui sitoplasma.
		- Retikulum endoplasma kasar: mengandung ribosom dan terlibat dlm pembuatan protein yg disekresikan oleh sel.
		- Retikulum endoplasma halus: tempat sintesis lipid dan meneydiakan saluran-saluran bagi pemisahan molekul-molekul yg terlibat dlm berbagai proses selular.
* **Badan Golgi**: Bentuk khusus retikulum endoplasma halus, yang berperan sebagai agen pembungkus/pengemas produk-produk sel pensekresi.

**SEL-SEL PENYOKONG DALAM NEURON**

1. **Glia (Neuroglia)**
* Glia adalah lem saraf yg melekatkan Sistem Saraf Pusat (SSP)
* Lebih jauh, peranan Glia:
	+ Melindungi/menjaga kehidupan neuron-neuron secara fisik maupun kimiawi dari bagian-bagian tubuh lainnya.
	+ Sel-sel glial mengelilingi neuron dan menahannya di tempat,
	+ mengendalikan pasokan nutrien dan sejumlah zat kimia yg dibutuhkan neuron untuk bertukar pesan dgn neuron lain.
	+ Glia mengisolasi neuron dr neuron-neuron lain, shg pesan-pesan saraf tdk tercampur aduk.
	+ Sebagai tukang bersih-bersih, yaitu menghancurkan & menyingkirkan jasad neuron-neuron mati yg terbunuh akibat penyakit/cedera.



GB. NEURON DAN NEUROGLIA (Glia)

Ada tiga jenis glia yang berperan paling penting pada system saraf pusat yaitu : Astrosit, oligodendrosit dan microglia.

1. **Astrosit**

 Glia yang **menyediakan sokongan bagi neuron-neuron** di sistem saraf pusat, menyediakan nutrien dan zat-zat lain, serta meregulasi/mengatur komposisi kimia cairan ekstraselular. Fungsi sel-sel glia :

* + - Membersihkan kepingan sampah di dalam otak
		- Menghasilkan sejumlah zat kimia yg dibutuhkan neuron u/ melaksanakan fungsinya.
		- Membantu mengendalikan komposisi kimia cairan yg mengelilingi neuron secara aktif mengambil/melepaskan zat-zat yg konsentrasinya harus dijaga pada tingkat kritis.
		- Menyediakan nutrien bagi neuron.

Proses suatu sel astrosit dalam menyelubungi dan menelan sel lain/kepingan sampah akibat kerusakan sel disebut sbg ***fagositosis***.

1. **Oligodendrosit**
	1. Sejenis Glia dalam SSP (Sistem Saraf Pusat) yg menyediakan sokongan bagi akson dan menghasilkan selubung myelin.
	2. ***Selubung Myelin***: selubung yg mengelilingi & mengisolasi akson, fungsinya: mencegah pesan-pesan menyebar di antara kson-akson yg bersebelahan.
	3. Bagian telanjang dari akson yg termyelinasi dan terletak di antara oligodendroglia atau sel schwann yg bersebelahan disebut ***Nodus Ranvier***
2. **Mikroglia**
	1. Sel glial yang paling kecil.
	2. Berperan sebagai fagosit, menyelubungi dan mengahancurkan neuron yang mati dan sekarat
3. **Sel Schwann**

Sama halnya seperti oligodendrosit, hanya bedanya adalah kalau oligodendrosit itu pada SSP, sel Schwann itu pada SST (Sistem Saraf Tepi). Jika demikian, sel scwann juga meyokong akson dan menghasilkan myelin pada sistem saraf tepi.

1. **Perintang darah otak – blood brain barrier**

Sebuah mekanisme kerja yang menghalangi zat kimia yang masuk ke otak oleh perintang semipermeabel yang dihasilkan olehsel-sel di dinding kapiler otak. Mencegah masuknya toksin (zat kimia berbahaya), virus,bakteri, zat kimia yang bermolekul besar (nutrisi). Nutrisi yang diperlukan otak akan masuk ke otak menggunakan mekanisme transport aktif, melibatkan protein & memanfaatkan energi, yaitu glukosa, asam amino, vitamin & beberapa hormon. Selain glukosa, otak memerlukan sedikit keton dan thiamin (B1) untuk kebutuhan nutrisinya

Otak juga memiliki transport aktif yang memompa zat kimia tertentu ke dalam darah. Molekul yang dapat melintasi sawar darah otak

1. Molekul kecil yang tidak bermuatan, melintas secara pasif (tanpa menggunakan energi, ex : O2, CO2 dan air

2. Molekul yang terlarut dalam lemak membran, ex. Vitamin A,D, obat-obatan yang mempengaruhi otak (ex. Heroin, mariyuana,antidepresi)

**KOMUNIKASI DI DALAM NEURON**

GAMBARAN UMUM KOMUNIKASI SARAF

Secara umum komunikasi di dalam saraf memiliki efek merangsang dan menghambat. Gambar dibawah ini menunjukan adanya kerja yang memiliki efek merangsang sinyal pada neuron motorik urat saraf tulang belakang yang menarik otot saat terkena panas (Refleks).

 

Refleks penarikan diri dapat dihambat oleh sirkuit-sirkuit saraf di otak, contohnya ketika kita sedang mengangkat panci yang berisi sup panas, maka kita akan menggunakan kain untuk menahan tangan kita terhadap rasa panas agar tetap memegang panci itu agar tidak jatuh walaupun ada sedikit rasa panas yang terasa di tangan. Hal ini terjadi karena ketika neuron otak menjadi aktif, kenop-kenop ujung membentuk sinapsis dengan interneuron penghambat di urat saraf tulang belakang dengan mengeluarkan neurotransmitter penghambatan yang menurunkan aktifitas neuron motorik untuk menghentikan reflex penarikan tubuh

**MENGUKUR POTENSIAL LISTRIK AKSON**

Bagian dalam membran bermuatan -70 mVolt. Muatan listrik ini disebut potensial membran (energi yang tersimpan di dalam membran). Muatan listrik saat akson tidak diganggu (istirahat) disebut Potensial istirahat. Saat diberi muatan listrik positif terjadi peningkatan ion positif didalam membran , menimbulkan depolarisasi (pengurangan ke arah nol potensial membran sel dari potensial istirahat normal). Lalu diberikan serangkaian stimulus dimulai yang paling lemah sampai meningkat (1-4).

Setelah memberi depolarisasi ke 4 terjadi , potensial membran tiba-tiba membalik sendiri sehingga bagian dalam menjadi positif dan bagian luar menjadi negatif. Potensial membran secara cepat kembali ke normal, tetapi pertama-tama melejit melebihi potensial istirahat menjadi terhiperpolarisasi dalam waktu singkat.

Fenomena pembalikan membran yang sangat cepat disebut potensial aksi, yang menyusun pesan yang dibawa akson ke ujung kenop. Tingkat voltase yang memicu potensial aksi (yang dicapai oleh kejut no4) disebut ambang eksitasi (***threshold of ekscitation***)

**POTENSIAL MEMBRAN : KESEIMBANGAN DUA GAYA**

1. **Gaya difusi** : proses penyebaran molekul secara merata keseluruh medium tempat mereka terlarut. Contoh : gula yang dimasukan dalam segelas air walaupun tidak diaduk lama-lama alan larut.
2. **Gaya tekanan elektrostatik** : gaya yang dihasilkan dari tarik menarik (+&-) atau tolak menolak (+&+ / -&-).

Contoh : NaCl yang terlarut dalam air , memiliki zat-zat yang bermuatan listrik (elektrolit) bila terurai menjadi ion : positif (kation/ Na+) dan ion negatif (anion /CL-).

**Ion-ion dalam cairan ektraselular dan intraselular**

Cairan intraseluler adalah cairan yang ada di dalam sel, cairan ekstraseluler adalah cairan yang terletak diluar sel

* Na+ dan CL- (lebih banyak berada di ekstraselular)
* K+ (lebih banyak berada di intraselular)
* Gaya difusi cenderung mendorong K+ keluar tetapi gaya berlawanan (diluar sel + dari Na) mendorong K+ kedalam 🡪 menyeimbangkan.
* Gaya difusi mendorong Cl- kedalam, tekanan elektrostatik mendorong keluar 🡪 menyeimbangkan
* Gaya difusi mendorong Na+ kedalam dan tekanan elektrostatik menarik Na+ ke dalam, dan terjadi pompa natrium kalium yang terus menerus mendorong Na keluar. Gaya yang diberikan oleh pompa natrium dan Kalium yang terus menerus mendorong Na keluar sel akson terjadi karena melibatkan protein di dalam membrane yang dijalankan oleh energy dari molekul-molekul ATP yang dihasilkan mitokondria, molekul ini dikenal sebagai molekul- molekul transporter natrium kalium, yang selalu mendorong tiga natrium keluar dan dua kalium ke dalam.

**POTENSIAL AKSI**

Impuls neural terjadi karena pemuatan listrik cepat yang berjalan dari akson dan di bangkitkan oleh gerakan positif pengisian atom masuk dan keluar kanal dalam membran akson. Apabila ambang eksitasi tercapai dan permeabilitas membran meningkat terhadap Na, maka :

1. Saluran Natrium terbuka ion-ion positif dari natrium akan masuk ke dalam sel
2. Saluran- saluran Kalium terbuka ion-ion K akan terdorong keluar sel.
3. Saluran-saluran Natrium menjadi refraktoris (berada pada puncak potensial aksi), tidak ada lagi ion-ion positif natrium yang memasuki sel
4. Kalium terus meningggalkan sel, menyebabkan membrane potensial kembali ke level istirahat
5. Saluran ion-ion kalium tertutup, saluran-saluran ion-ion Natrium reset saat potensial membrane normal kembali.
6. Kalium yang berlebih di sebelah luar sel akan berdifusi menjauh

 

**KONDUKSI POTENSIAL AKSI**

Hukum dasar konduksi akson adalah All-or-None Response (ya atau tidak sama sekali). Hukum ini menyatakan potensial aksi memiliki dua kemungkinan yaitu terjadi atau tidak terjadi. Bila terjadi maka potensial aksi merambat terus menyusuri akson tak bermyelin dengan ukuran yang sama.

Hukum laju (rate law) penembakan (firing rate) akan membedakan kekuatan kontraksi otot dan merepresentasi intensitas stimulus

Pada akson termyelinisasi ion mengalir melalui nodus-nodus Ranvier, melompat dari satu nodus ke nodus lainnya (konduksi salsatoris) mekanisme ini menghemat energi cukup besar.

**KOMUNIKASI DIANTARA NEURON – SINAPSIS**

Cara utama komunikasi antara neuron adalah dengan transmisi sinapsis. Sinapsis adalah sambungan antara kenop-kenop ujung di ujung cabang-cabang akson salah satu neuron dengan membrane neuron yang lain.

Komunikasi antar neuron ini dilakukan oleh zat biokimia neuron yang disebut neurotransmitter dari ujung kenop ke neuron lain atau ke sel efektor . Neurotransmitter berdifusi melintasi celah-celah sinap, hingga terjadi potensial pasca sinap, depolarisasi atau hiperpolarisasi secara singkat yang meningkatkan atau menurunkan laju penembakan akson pada neuron pascasinap. Neurotransmitter akan melekat pada reseptor penerima yang disebut situs pengikat (binding sites), yang berperan seperti kunci dan gembok. Zat kimia yang melekat pada situs pengikat disebut ligan. Neurotransmitter merupakan ligan alami yang dihasilkan dan dilepaskan oleh neuron.

Ada tiga jenis pertemuan sinap yaitu : sinap aksodendritik, sinap aksosomatik dan sinap aksoaksonik

Gb. Pertemuan sinaps

**STRUKTUR SINAP**

Sinapsis memiliki struktur sebagai berikut :

1. Membran prasinapsis (presinaptic membrane) yang terletak di ujung kenop ujung, menghadap ke membrane pasca sinapsis (postsinaptic membrane) yang terletak di neuron penerima pesan.
2. Kedua membrane ini saling berhadapan di dua sisis berseberangan celah sinap (*synaptic cleft*). Pada celah sinap terdapat cairan ekstraseluler yang akan dilalui neurotransmitter saat berdifusi.
3. Mikrotubulus, yang berperan mengangkut material antara soma dan kenop ujung.
4. Mitokondria sebagai sumber energy
5. Vesikel sinap, satu kenop ujung mengandung ratusan sampai jutaan vesikel sinap, banyak kenop ujung mengandung dua vesikel : besar dan kecil, vesikel sinap kecil mengandung neurotransmitter. Vesikel sinap banyak ditemukan pada sekeliling membrane prasinap yang menghadap celah sinap dekat zona pelepasan.

**PELEPASAN NEUROTRANSMITTER**

Dari Neuron presinaptik yang mengkonduksi impuls menuju sinap ke neuron pascasinaptik yang mentransmisi impuls menjauh dari sinap.



* Neurotransmitter dilepaskan oleh potensial aksi dalam terminal presinaptik
	+ **Vesikula sinaptik** : potensial aksi menyebabkan Ca 2+ memasuki sel sehingga vesikel terbuka dan neurotransmitter dilepas dari vesikula
	+ Difusi neurotransmitter melintasi sinap
	+ Membran presinap mengandung kalsium bergantung voltase. Saat ujung kenop mengalami depolarisasi oleh potensial aksi yang datang maka saluran Ca2+ terbuka dan masuklah Ca2+ terdorong oleh tekanan elektrostatik dan gaya difusi. Peristiwa ini menyebabkan pembentukan pori fusi (lubang melalui kedua membran), pori fusi membuka dan neurotransmitter di lepaskan ke dalam celah sinapsis
	+ Ada tiga kumpulan berbeda vesikel sinap :
1. Vesikel siap lepas, yang ada di dalam membrane presinaps, siap lepas saat potensial aksi tiba. Vesikel siap lepas melalui proses *kiss and run* (sentuh dan lepaskan), vesikel menyatu dengan membrane prasinap, melepas neurotransmitter, menutup lagi, meninggalkan situs galangan, terisi ulang oleh neurotransmitter dan menyatu dengan vesikel lain dalam kenop ujung
2. Kumpulan daur ulang, membrane vesikel ini bergabung dengan membrane prasinaps, vesikel sepenuhnya menyatu dengan membrane pascasinaps, kehilangan identitasnya. Membran ekstra dari vesikel-vesikel yang menyatu bertunas lepas ke dalam sitoplasma dan membentuk vesikel dan lalu terisis neurotransmitter.
3. Kumpulan cadangan, . Membran di kumpulan cadangan ini didaur ulang melalui proses *bulk endocytosis.* Potongan besar membrane kenop ujung melipat ke dalam, terlepas masuk sitoplasma. Vesikel-vesikel baru terbentuk dari tunas-tunas kecil yang lepas dari potongan-potongan membrane.

**AKTIVASI RESEPTOR**

Bagaimanakah molekul-molekul neurotransmitter menghasilkan depolarisasi (EPSP) atau hiperpolarisasi (IPSP) pada membran pascasinaps?

Reseptor pascasinaps membuka saluran ion bergantung-neurotransmitter, sehingga adanya neurotransmitter di celah sinap memungkinkan ion-ion tertentu melewati membran dan mengubah potensial membran lokal.

Neurotransmitter akan membuka saluran ion melalui dua metode : langsung (ionotropik) dan tidak langsung (metabotropik)

**POTENSIAL PASCASINAPSIS**

Sewaktu **saluran natrium** terbuka terjadilah depolarisasi (rangsangan)🡪 EPSP (exitatory psostsinaptic potential).

Bila **saluran kalium** terbuka, sejumlah kation (ion positif) akan mengikuti gradien ini dan meninggalkan sel, sehingga K+ yang bermuatan positif akan keluar dan menghiperpolarisasi membran 🡪 IPSP (Inhibitory postsinaptic potential). Pada banyak sinapsis, neurotransmitter penghambat membuka saluran klorida, efek pembukaan saluran klorida tergantung pada potensial membran neuron. Terbukanya **saluran klorida** menetralisir EPSP.

Terbukanya saluran kalsium (Ca+) akan mendepolarisasi membran (EPSP) dan memicu migrasi ventrikel sinapsis, pelepasan neurotransmitter, pada dendrit sel pascasinap Ca + berikatan dengan enzim dan mengaktifkannya sehingga mengubah biokimia dan struktur neuron pascasinaps.

**TERMINASI POTENSIAL PASCASINAPS**

Depolarisasi dan hiperpolarisasi terjadi sangat singkat karena dijaga oleh mekanisme : Reuptake dan deaktivasi enzimatik

***Reuptake*** . Neurotransmitters dalam sinaps direabsorbsi ke dalam neuron pengirim melalui proses ambilan kembali ( reuptake ). Proses ini merupakan penghentian aksi neurotransmitter

***Deaktivasi enzimatik*** dilakukan oleh enzim penghancur molekul neurotransmitter Contoh penghancur asetilkolin oleh asetilkolinesterase

**EFEK POTENSIAL PASCA SINAPSIS**

Interaksi efek-efek sinapis perangsang dan penghambat pada neuron tertentu disebut integrasi neuron.

Pelepasan neurotransmitter akan menimbulkan EPSP yang berjalan menuruni dendrit, melintasi soma menuju bukit akson, bila depolarisasi kuat akan menembak, laju tembakan dikendalikan oleh aktifitas relatif sinapsis perangsang dan penghambat.

EPSP dan IPSP yang tiba pada sebuah neuron akan saling berkompetisi

**OTORESEPTOR**

Molekul reseptor yang ada pada sebuah neuron yang merespons neurotransmitter yang dilepaskan oleh neuron itu sendiri. Otoreseptor meregulasi proses-proses internal, termasuk sintesis dan pelepasan neurotransmitter dan bersifat metabotropik. Efek aktivasinya kebanyakan menghambat

**JENIS-JENIS LAIN SINAPSIS**

Jenis sinapsis yang telah dijelaskan diatas berkaitan dengan sinapsis aksosomatik dan aksodendritik. Sinap aksoaksonik dapat mengurangi atau meningkatkan jumalh neurotransmitter yang dilepaskan ujung kenop pasca sinap, menimbulkan penghambatan prasinapsis atau fasilitasi prasinapsis.

Banyak neuron yang sangat kecil yang memiliki penjuluran amat pendek dan membentuksinapsis dendrodendritik, namun masih belum diketahui secara jelas.

**KOMUNIKASI KIMIAWI BUKAN SINAPSIS**

* Neuromodulator adalah zat kimia yang dilepaskan oleh neuron yang berpindah dan tersebar lebih jauh dari neurotransmitter. Jenisnya kebanyakan berupa peptida
* Neuromodulator disekresi dalam jumlah besar dan berdifusi menempuh jarak lebih jauh dan memodulasi aktifitas banyak neuron di bagian tertentu di otak.
* Neuromodulator dapat mempengaruhi perilaku takut, kewaspadaan, kepekaan pada nyeri
* Hormon disekresi oleh kelenjar endokrin atau sel-sel yang terdapat pada berbagai organ, seperti lambung, usus, ginjal dan otak.
* Sel yang mensekresi hormon akan melepaskan zat kimiawinya ke dalam cairan ekstra seluler dan diedarkan ke seluruh tubuh melalui aliran darah.
* Sel yang memiliki reseptor untuk hormon tertentu disebut sel target

BAB 2 : STRUKTUR DAN FUNGSI SEL – SEL SISTEM SARAF

Bab ini menjabarkan struktur dan fungsi sel-sel sistem saraf. Informasi, dalam bentuk sinar, gelombang suara, bau, rasa, atau sentuhan dengan objek, dikumpulkan dari lingkungan oleh sel-sel khusus yang di sebut dengan neuron sensoris dan neuron motorik. Diantara neuron-neuron sensoris dan motorik ada interneuron

• Neuron Sensoris adalah neuron yang mendeteksi perubahan dalam lingkungan eksternal atau internal dan mengirimkan informasi mengenai perubahan-perubahan itu ke sistem saraf pusat.

• Neuron Motorik adalah Neuron yang terletak di dalam sistem saraf pusat dan mengendalikan kontraksi otot atau sekresi kelenjar.

• Interneuron adalah neuron yang terletak sepenuhnya di dalam sistem saraf pusat.

Sistem saraf pada dasarnya terbagi dua: Sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi.

• Sistem Saraf Pusat (SSP) terdiri atas bagian-bagian yang terbungkus tulang tengkorak dan tulang belakang: otak dan urat saraf tulang belakang.Sistem saraf tepi (SST) ditemukan di luar tulang-tulang ini dan terdiri atas saraf-saraf dan sebagian besar organ indra. Bagian sitem saraf di luar otak dan urat saraf tulang belakang, termasuk saraf-saraf yang melekat ke otak dan urat saraf tulang belakang.

A. SEL – SEL SISTEM SARAF

1. Neuron

Neuron (sel saraf) adalah unsur pengolah-informasi dana pemancar-informasi dalam sistem saraf. Sebagian besar neuron memiliki keempat struktur atau wilayah berikut ini, meskipun mungkin bentuknya berbeda-beda.

• Soma (Badan Sel) berisikan nukleus dan sebagian besar mekanisme yang menjalankan proses-proses kehidupan sel.

• Dendrit struktur bercabang-cabang serupa pohon yang melekat ke soma neuron; menerima informasi dari kenop ujung neuron-neuron lain. Dan berperan sebagai penerima penting pesan-pesan yang diteruskan dari neuron ke neuron di pancarkan melintas Sinapsi adalah sambungan antara kenop ujung dan membran neuron lain.

• Akson struktur panjang, tipis, silindris yang menyampaikan informasi dari soma suatu neuron ke kenop-kenop ujungnya. Pesan-pesan medasar yang di bawanya disebut potensial aksi (action potential). Potensial aksi adalah peristiwa listrik atau kimiawi singkat yang di mulai di ujung akson yang berada tepat di sebelah badan sel dan berjalan ke arah kenop-kenop ujung. Setiap cabang menerima potensial aksi berkekuatan penuh.

 Jenis tiga utama neuron di golongkan beradasarkan cara akson dan dendrit mereka meninggalkan soma.

• Neuron mutipolar adalah neuron yang somanya dilekati satu akson dan banyak dendrit.

• Neuron bipolar adalah neuron yang somanya dilekati satu akson dan satu dendrit.

• Neuron unipolar adalah neuron yang somanya dilekati satu akson; akson itu membelah, dengan satu cabang menerima informasi indrawi sementara yang satu lagi mengirimkan informasi ke sitem saraf pusat.

Kenop ujung (Terminal buttoms) adalah pucuk di ujung cabang suatu akson; membentuk sinapsi dengan neuron lain; mengirimkan informasi ke neuron tersebut. Kenop-kenop ujung memilik fungsi yang amat istimewa: Sewaktu potensial aksi yang merambat melewati akson mencapai kenop-kenop itu, mereka menyekresikan zat kimia yang disebut neurotransmiter. Neurotransmiter adalah zat kimia yang dilepaskan oleh kenop ujung; memeiliki efek merangsang atau menghambat neuron lain.

Struktur Dalam

Membran Struktur yang terutama terdiri atas molekul-molekul lipid yang menjadi batas luar sel dan juga menyusun banyak organel sel, misalnya badan golgi. Pada membran tertanam beraneka ragam molekul protein dengan fungsi-fungsi khusus. Oleh karena protein-protein yang di temukan di membran neuron sangat penting dalam pemacaran informasi, ciri-ciri mereka akan di bahas secara lebih terperinci dalam bab ini.

Nukleus (Kacang) sel berbentuk bulat atau lonjong dan di selubungi oleh membran nukleus. Struktur di wilayah tengah suatu sel, berisikan nukleolus dan kromosom.

Nukleolus bertanggung jawab atas struktur dalam nukleus suatu sel yang membuat ribosom.

Ribosom struktur di sitoplasma, terbuat dari protein, yang berperan sebagai tempat pembuatan protein yang ditranslasi dari mRNA.

Kromosom Untaian DNA dengan protein-protein terkait, ditemukan dalam nukleus; membawa informasi genetik.

Asam deoksiribonukleat (deoxyribonucleic acid, DNA) Sejenis makromolekul kompleks dan panjang yang terdiri atas dua untai heliks yang saling tersambung; bersama protein-protein terkait, untai-untai DNA menyusun kromosom.

Gen Satuan fungsional kromosom, yang mengarahkan sintesis satu atau lebih protein.

Asam Ribonukleat Duta (Messenger Ribonucleic Acid, mRNA) Sejenis makromolekul yang mengantarkan informasi genetik mengenai sintesis protein dari suatu bagian kromosom ke ribosom.

Enzim Molekul yang mengendalikan reaksi kimia, menggabungkan dua zat atau memecah suatu zat menjadi dua bagian.

Apa yang dilakukan sekuens-sekuens DNA bukan pengkode ini? walaupun sekuens dapat ditranskipsikan menjadi RNA, RNA mereka tidak menyebabkan pemuatan protein. RNA bukan-pengkode (non-coding RNA, nRNA) sebentuk RNA yang tidak mengkode protein, tetapi memiliki fungsi-fungsi tersendiri.

Sebagia besar isi sel merupakan sitoplasma. Sitoplasma zat kental semi-cair yang mengisi bagian dalam sel.

Mitokondria berbentuk seperti manik-manik lonjong dan terbentuk dari membran ganda. Organel yang bertugas mengektrasi bagian dalam sel. Sel-sel menyediakan nutrien bagi mitrokondria dan mitrokondria menyedikan sebuah molekul khusus yaitu adenosin trifosfat (ATP) molekul yang sangat penting dalam metabolisme energi sel; penguraiannya membebaskan energi.

Retikulum Endoplasma yang berperan sebagai lapisan-lapisan paralel membran yang ditemukan dalam sitoplasma sel. Retikulum endoplasma kasar mengandung ribosom dan terlibat dalam pembuatan protein yang disekresikan oleh sel. Rektikulum endolpasma halus adalah termpat sintesis lipid yang menyediakan saluran-saluran bagi pemisahan molekul-molekul yang terlibat dalam berbagai proses selular.

Badan Golgi adalah bentuk khusus retikulum endoplasma halus. Kompleks membran paralel di sitoplasma yang membungkus produk-produk sel pensekresi. Sewaktu menyekresikan produk-produknya, sel menggunakan proses yang disebut eksositosis sekresi zat oleh sel dengan menggunakan vesikel; proses yang menyekresikan neurotransmiter. Badan golgi juga menghasilkan Lisosom adalah organel yang dikelilingi membran; berisikan enzim-enzim yang menguraikan produk-produk buangan. Sitoskeleton tersusun atas mikrotubulus dan serat-serat protein lainnya, tertaut satu sama lain dan membentuk massa kohesif yang memberi bentuk kepada sel.

Dari tiga macam untaian protein yang saling tertaut satu sama lain dan membentuk massa yang kohesif. Untaian paling tebal, Mikrotubulus Untaian paling panjang berkas-berkas filamen protein yang tersusun di sekeliling inti berongga; bagian dari sitoskeleton dan terlibat dalam pengangkutan zat-zat dari satu tempat ke tempat lain di dalam sel.

Transpor aksoplasma proses aktif yang mendorong zat-zat, menyusuri mikrotubulus yang membentang di sepanjang akson. Anterograd searah rentangan akson dari kenop ujung kearah badan sel.

2. Sel-sel Penyongkong

GLIA adalah sel penyongkong paling penting di sistem saraf pusat adalah neuroglia, atau lem saraf. Glia disebut juga sel-sel glial memang melekatkan SPP bagaikan lem, tetapi hal yang dilakukanna jauh lebih banyak lagi.

Terdapat beberapa jenis glia, masing-masing berperan khusus dalam SSP,

• Astrosit

Glia yang menyediakan songkongan bagi neuron-neuron di sistem saraf pusat, menyediakan nutrien dan zat-zat lain, serta meregulasi komposisi kimia cairan ekstraselular. Fagositosis proses suatu sel menyelubungi dan menelan sel lain atau kepingan sampah akibat kerusakan sel.

• Oligodendrosit

Sejenis glia di sistem saraf pusat yang membentuk selubung myelin. Selubung Myelin selubung yang mengelilingi dan mengisolasi akson, mencegah pesan-pesan menyebar di antara akson-akson yang bersebelahan. Nodus Ranvier bagian telanjang kason termyelinasi di antara oligodenroglia atau sel schawann yang bersebelahan.

• Mikroglia

Sel-sel glial paling kecil; bertidak sebagai fagosit dan melindungi otak dari mikroorganisme penyerbu. Sel-sel Schwann sel di sistem saraf tepi yang melilit di sekeliling akson termyelinasi, mejadi satu segmen dari selubung myelin.

3. Perintang Darah-Otak

Sejumlah zat dapat menyebrangi perintang darah-otak; yang lain tidak bisa. Dengan demikian, perintang tersebut bersifat permeable selektif. Apa fungsi perintang darah-otak? Seperti yang akan kita lihat, pengantaran pesan dari satu tempat ke tempat lain di otak bergantung kepada keseimbangan halus antara zat-zat di dalam neuron dan zat-zat di cairan ekstraselular yang mengelilingi neuron. Perintang darah-otak perintang semipermeabel antara darah dan otak yang dihasilkan oleh sel-sel di dinding kepiler otak. Pada beberapa tempat perintangnya relatif permeabel sehingga memungkinkan lewat bebasnya zat-zat yang di tempat lain tidak dapat lewat. Misalya, Area Postrema wilayah medula tempat perintang darah-otak lemah; racun dapat dideteksi di sana dan dapat menginisiasi muntah.

B. KOMUNIKASI DI DALAM NEURON

Bagian ini menjabarkan sifat komunikasi di dalam neuron. Cara potensial aksi dikirimkan dari badan sel melalui akson menuju kenop ujung, memberitahukan kenop untuk melepaskan neurotransmiter.

 Komunikasi Saraf : Gambaran Umum

Neuron-neuron digambarkan secara mudah sebagai bintang bersisi banyak. Ujung – ujung bintang ini mewakili dendrit, dan hanya satu atau dua kenop ujung ditunjukkan di ujung akson. Neuron sensoris dalam contoh ini mendeteksi rasa nyeri. Sewaktu dendrit dirangsang oleh suatu stimulus yang tidak menyenangkan misalnya bersentuhan dengan benda yang panas, neuron sensoris mengirimkan pesan – pesan menyusuri akson ke kenop – kenop ujung, yang terletak di urat saraf tulang belakang. Sel ini dikenal sebagai neuron unipolar.

Kenop – kenop ujung neuron sensoris melepaskan sejenis neutrotransmiter yang merangsang interneuron, menyebabkannya mengirimkan pesan menyusuri aksonnya. Akson neuron motorik bergabung dengan sebuah saraf dan merentang ke otot. Ketika kenop – kenop ujung neuron motorik melepas neutrotransmiter, sel – sel otot berkontraksi, menyebabkan tangan menjauh dari benda panas.

Sedangkan saat tangan kita memegang benda panas atau dalam contoh ini wadah panas dan panasnya mulai menembus penahan panas memicu refleks penarikan bagian tubuh yang cenderung membuat kita menjatuhkan wadah tersebut. Tetapi kita tetap berhasil menahannya sampai kita tiba dimeja. Nyeri dari wadah yang panas ini meningkatkan aktivitas sinaosis perangsang di neuron motorik, yang cenderung menyebabkan tangan menjauh dari wadah. Akan tetapi, perangsang ini dilawan oleh penghambatan yang diberikan oleh sebuah sumber lain yaitu otak. Otak mengandung sirkuit saraf yang menyadari betapa kacaunya jika wadah tersebut jatuh ke lantai. Akson dari neuron di otak mencapat urat saraf tulang belakang, dimana kenop – kenop ujung membentuk sinapsis dengan interneuron penghambat. Ketika neuron di otak menjadi aktif, kenop – kenop ujungnya merangsang interneuron penghambat ini. Interneuron itu melepas sejenis neurotransmiter penghambat, yang menurunkan ativitas neuron motorik, menghentikan refleks penarikan bagian tubuh.

 Mengukur Potensial Listrik Akson

Untuk mengkaji sifat pesan yang dihantarkan disepanjang akson. Membran semua sel di tubuh bermuaran listrik, tetapi hanya akson yang dapat menghasilkan potensial aksi yaitu impuls listrik singkat yang menjadi basis penghantaran informasi di sepanjang akson.

 Potensial Membran

1. Keseimbangan Antara Dua Gaya

Muatan listrik ini merupakan hasil dari keseimbangan antara dua gaya yang berlawanan yaitu difusi dan tekanan elektrostatik.

• Gaya Difusi

Pergerakan molekul dari wilayah berkonsentrasi tinggi ke wilayah berkonsentarsi rendah.

• Gaya Tekanan Elektrostatik

Ketika sejumlah zat larut dalam air, zat tersebut terurai menjadi dua bagian masing – masing dengan muatan listrik berlawanan.

Potensial instirahat membran terjadi karena berbagai ion terletak dalam konsentrasi

berbeda-beda di dalam dan di luar sel. Cairan ekstraselular (seperti air laut) kaya

akan Na+ dan Cl-, sementara cairan intraselular kaya akan K+ dan berbagai anion

organik, yang ditulis sebagai A-

Ion – ion dalam cairan ekstraselular dan intraselular

Cairan di dalam sel (cairan intraselular) dan cairan di sekelilingnya (cairan ekstraselular) mengandung ion yang berbeda – beda. Gaya difusi dan tekanan ekeltrostatik yang disumbangkan oleh ion - ion ini memunculkan potensial membran.

Ada beberapa ion penting dalam cairan ekstraselular dan intraselular, empat diantaranya adalah anion – anion organik (A-), ion klorida (CL), ion natrium (Na+) dan ion kalium(K+)

Anion-anion organik ditemukan hanya dalam cairan intraselular. Walaupun ketiga ion lain ditemukan di dalam cairan intraselular maupun ekstraselular, K+ lebih banyak ditemukan dalam cairan intraselular. Sementara Na+ dan CL- lebih banyak ditemukan dalam cairan ekstraselular. Cara termudah untuk mengingat ion apa ditemukan dimana adalah mengingat bahwa cairan yang mengelilingi sel kita serupa dengan air laut, yang didominasi oleh lautan garam, NaCl.

A- , berada di dalam sel turut bersumbangsih terhadap potensial membran. K+ terkonsentrasi di dalam akson, dengan demikian gaya defusi cenderung mendorongnya keluar sel. Konsentrasi terbesar ion klorida Cl- adalah di dalam akson. Konsentrasi terbesar ion Na+ juga berada di luar akson sehingga seperti Cl-, Na+ terdorong ke dalam sel oleh gaya defusi.

2. Potenisal Aksi

Seperti yang telah kita lihat, gaya defusi maupun tekanan elektrostatik cenderung mendorong Na+ ke dalam sel. Akan tetapi, membran tidak terlalu permeabel terhadap ion ini dan transporter natrium-kalium terus menerus memompa Na+ keluar sehingga menjaga kadar intraselular Na+ rendah. Namun bayangkan apa yang akan terjadi bila membran mendadak menjadi parmeabel terhadap Na+. Gaya defusi dan tekanan elektrostatik akan menyebabkan Na+ menghamburkan ke dalam sel. Aliran masuk mendadak dar ion – ion bermuatan positif ini akan secara drastis mengubah potensial membran.

3. Konduksi Potensial Aksi

Sewaktu sebuah potensial aksi terpicu dan merambati akson, ukuran tidak berkurang. Kecepatan konduksi dapat diukur dari heda antara stimulus dan potensial aksi.

Pencobaan ini memantapkan hukum dasar konduksi akson : hukum ya-atau-tidak sama sekali (all-or-none law). Potenisal aksi selalu sama ukurannya, tidak bertambah ataupun berkurang. Timbulnya potensi aksi di akson mengendalikan kekuatan kontraksi otot dan merepresentasikan intensitas stimulus fisik. Namun bila potensial aksi merupakan peristiwa ya-atau-tidak sama sekali, bagaimana bisa ia merepresentasikan informasi yang sangat beraneka ragam ini? Jawabannya sederhana: Potensial aksi tunggal bukanlah unsur dasar informasi, melainkan, informasi yang bervariasi direpresentasikan oleh laju penembakan (rate of firing) oleh akson.

C. KOMUNIKASI DI ANTARA NEURON

Komunikasi ini memungkinkan sirkuit-sirkuit neuron mengumpulkan informasi sensoris, membuat rencan,menginisiasi perilaku. Cara komunikasi antara neuron adalah transmisi sinapsis yaitu penerusan pesan dari satu neuron ke neuron lain melalui sinapsis, pesan-pesan ini dibawa oleh neurotransmiter yang dilepaskan oleh kenop-kenop ujung. Neurotransmiter menghasilkan potensial pascasinapsis (postsynaptic potential), depolarisasi atau hiperpolarisasi singkat yang meningkatkan atau menurunkan laju penembakan akson neuron pascasinapsis. Neurotransmiter memberikan efek pada sel dengan melekat ke wilayah tertentu suatu molekul reseptor yang disebut situs pengikatan (binding site). Molekul zat kimia yang melekat kesitus pengikatan disebut ligan.

 Struktur Sinapsis

Sinapsis adalah sambungan antara kenop-kenop ujung di ujung cabang-cabang akson salah satu neuron dan membran neouron yang lain. Sinapsis dapatditemukan di tiga tempat yaitu dendrit (sinapsis aksodendrilik), soma (sinapsis aksosomalik), dan akson lain (sinapsis aksoaksonik). Sinapsis aksodendrilik terdapat pada permukaan mulus dendrit maupun pada duri dendrit (dendritik spine). Pada sinapsis ada membran prasinapsis yang terletak di ujung kenop ujung, menghadap ke membran pasca sinapsis yang terletak di neuron penerima pesan. Kedua membran ini saling berseberangan membentuk celah sinapsis (synaptic cleft), dan terdapat cairan ekstraseluler yang dilewati neurotransmiter saat berdifusi.

Ada dua struktur menonjol yang terdapat dalam sitoplasma kenop ujung yaitu mitokondria dan vasikel sinapsis. Banyak kenop ujung mengandung dua jenis vasikel sinapsis besar dan vasikel sinapsis kecil. Membran vasikel sinapsis kecil terdiri atas kurang lebih 10.000 molekul lipid yang diselipi sekitar 200 protein. Protein transpor mengisi valikel-valikel dengan neurotransmiter, sementara protein pemindah (trafficing protein) terlibat dalam pelepasan neurotransmiter dan pendaur ulangan vasikel. Vasikel sinapsis kecil dihasilkan di badan golgi yang terletak di soma dan diangkut oleh transpor aksoplasmik cepat ke kenop ujung, sebagian diantaranya juga dihasilkan dari material yang didaur ulang di kenop ujung. Vasikel-vasikel sinapsis besar dihasilkan hanya di soma dandi transpor melalui eksoplasma ke kenop-kenop ujung.

 Pelepasan Neurotransmiter

Sewaktu potensial aksi dihantarkan menyusuri suatu akson dan menyusuri semua cabangnya sesuatu terjadi di dalam semua kenop ujung, sejumlah vasikel sinapsis kecil yang terletak tepat di dalam membran pascasinapsis menyatu dengan membran dan kemudian pecah membuka menumpahkan isinya kedalam celah sinapsis. Proses itu dimulai ketika sekumpulan vasikel sinapsis menjadi tergalang menempel ke membran prasinapsis, siap melepaskan neurotransmiter kedalam celah sinapsis. Penggalangan tuntas ketika gugus-gugus molekul protein melekat ke molekul-molekul protein lain yang terdapat dalam membran prasinapsis.

 Aktivasi Reseptor

Molekul-molekul neurotransmiter menghasilkan depolarisasi atau hiperpolarisasi pada membran pascasinapsis dengan cara berdifusi melintasi celah sinapsis dan melekat ke situs-situs pengikatan molekul-molekul protein khusus yang terletak di membran pascasinapsis. Begitu pengikatannya terjadi , reseptor-reseptor pascasinapsis membuka saluran-saluran ion bergantung-neurotranmiter yang memungkinkan lewatnya ion-ion spesifik ke dalam atau ke luar sel.

Neurotransmiter membuka saluran-saluran ion dengan dua metode berbeda,langsung dan tidak langsung. Metode langsung lebih sederhana,saluran ion bergantung-neurotransmiter dilengkapi situs pengikatnya sendiri. Sewaktu molekul neurotransmiter yang sesuai melekat ke situs tersebut,saluran ion membuka. Nama kombinasi reseptor/saluran ion ini adalah reseptor ionotropik. Sedangkan metode tidak langsung lebih rumit, sejumlah reseptor tidak membuka saluran ion secara langsung melainkan memulai serangkaian peristiwa kimiawi. Reseptor-reseptor ini ini disebut reseptor metabotropik karena melibatkan langkah-langkah yang membutuhkan pengeluaran energi metabolik oleh sel. Reseptor metabotropik terletak dekat dengan sebuah protein (protein G) yang melekat ke membran. Sewaktu diaktivasi,protein G mengaktivasi suatu enzim yang menstimulasi produksi suatu zat kimia yang disebut duta kedua (second messenger).

 Potensial Pascasinapsis

Potensial pascasinapsis dapat mendepolarisasi (merangsang) atau menghipolarisasi (menghambat). Sifat potensial pascasinapsis ditentukan oleh ciri-ciri reseptor pascasinapsis terutama oleh jenis saluranion tertentu yang mereka buka. Ada empat jenis utama saluran ion bergantung-neurotransmiter ditemukan di membran pascasinapsis yaitu Natrium (Na+), Kalium (K+), Klorida (Cl-), dan Kalsium (Ca2+).

Saluran saluran natrium bergantung-neurotransmiter adalah sumber terpenting potensial pascasinapsis perangsang, sewaktu saluran – saluran natrium terbuka hasilnya adalah depolarisasi potensial pascasinapsis perangsang (excitatory postsynaptic potential, EPSP). Transporter natrium-kalium mempertahankan sedikit ion kalium berlebih di dalam sel, bila saluran-saluran kalium terbuka sejumlah kation ini akan mengikuti gradien ini dan meninggalkan sel. Oleh karena K+ bermuatan positif aliran keluarnya akan menghipolarisasi membran, menghasilkan potensial pascasinapsis penghambat (inhibitory postsynaptic potential, IPSP). Pada banyak sinapsis, neurotansmiter penghambat membuka saluran-saluran klorida, dan pembukaan saluran-saluran klorida berperan menetralisir EPSP. Tipe keempat saluran ion bergantung-neuratransmiter adalah saluran kalsium, karena bermuatan positif, pembukaan saluran-saluran kalsium mendepolarisasi membran menimbulkan EPSP, namun kalsium melakukan lebih lagi.

 Terminasi Potensial Pascasinapsis

Potensial pascasinapsis adalah depolarisasi atau hiperpolarisasi singkat yang disebabkan oleh aktivasi reseptor-reseptor pascasinapsis dengan molekul-molekul neurotransmiter. Depolarisasi/hiperpolarisasi itu singkat karna dijaga oleh dua mekanisme:pengambilan-kembali dan deaktivasi enzimatik.

Potensial pascasinapsis yang ditimbulkan oleh kebanyakan neurotransmiter diakhiri oleh pengambilan-kembali (reuptake).

Deaktivasi enzimatik dilaksanakan oleh enzim yang menghancurkan molekul neurotransmiter. Potensial pascasinapsis diakhiri dengan cara ini untuk asetilkonin (ACh) dan untuk neurotransmiter yang mengandung molekul-molekul peptida. Potensial pascasinapsis yang dihasilkan oleh ACh berusia pendek karena membran pascasinapsis di sinapsis-sinapsis ini mengandung sejenis enzim yang disebut enzim yang disebut asetilkolinesterase (AChE). AChE menghancurkan ACh dengan cara membelanya menjadi penyusun-penyusunnya: kolin dan asetat. Oleh karena zat-zat ini tidak ada yang mampu mengaktivasi reseptor-reseptor pascasinapsis,potensial pascasinapsis langsung berakhir ketika molekul-molekul ACh pecah. AChE merupakan penghancur yang sangat energetik bagi ACh: satu molekul AChE membelah lebih dari 5.000 molekul ACh dalam setiap detik.

Pada tahun 1934. Dr. Mary Walker menyatakan bahwa gejala-gejala myasthenia gravis serupa dengan efek-efek kurare, racun yang memblok penerusan pesan saraf pada sinapsis di otot.

Dr. Walker menalar bahwa bila fisogtimin melawan efek-efek kurare,barangkali obat itupun dapat melawan gejala-gejala myasthenia gravis. Ia mencobanya dan ternyata memang fisogtimin memberikan efek dalam beberapa menit.

Seperti sclerosis multiple, myasthenia gravis adalah penyakit otoimun. Oleh karena satu alasan, sistem kekebalan menjadi sensitif terhadap protein yang menyusun reseptor asetilkonin. Begitu reseptor ACh baru dihasilakan, sistem kekebalan langsung menghancurkan mereka.

 Efek - Efek Potensial Pascasinapsis : Integrasi Neuron

Interaksi efek-efeksinapsis perangsang dan penghambat pada neuron tertentu disebut integrasi neuron (neuran integration). (Integrasi berarti ‘Menjadikan utuh’).

Pelepasan neurotransmiter menimbulkan ESPS pendepolarisasi pada dendrit neuron. EPSP ini (direspresentasikan dengan warna merah) kemudian diteruskan menuruni dendrit,melintasi soma ke bukit akson. Bila depolarisasi masih cukup kuat ketika mencapai titik ini, akson akan menembak.

Interaksi efek-efek sinapsis perangsang dan penghambat pada neuron tertentu disebut Integrasi neuron (neural integration) . integrasi berarti menjadikan utuh dalam artian menggabungkan dua atau lebih fungsi. Potensial pascasinapsis penghambat bersifat menghiperpolarisasi (menjauhkan potensial membran dari ambang eksitasi) potensial ini cenderung membatalkan efek potensial pascasinapsis perangsang. Potensial pascasinapsis penghambat tidak selalu menimbulkan penghambatan perilaku, Dengan demikian penghambatan neuron penghambat menjadikan perilaku itu lebih mungkin terjadi. Eksitasi neuron yang menghambat perilaku akan menekan perilaku tersebut. Neuron adalah unsur-unsur dalam sirkuit-sirkuit kompleks tanpa mengetahui perician sirkuit-sirkuit ini, kita tidak dapat memprediksi efek-efek perangsangan dan penghambatan satu perangkat neuron terhadap perilaku organisme.

 Otoreseptor

Otoreseptor adalah molekul reseptor yang terletak pada sebuah neuron yang merespons neurotransmiter yang dilepaskan oleh neuron itu. Otoreseptor dapat terletak pada membran dibagian mana pun dalam sel, kebanyakan peneliti percaya bahwa otoreseptor merupakan bagian dari sistem peregulasi yang mengontrol jumlah neurotransmiter yang dilepaskan. Bila yang dilepaskan terlalu banyak, maka otoreseptor menghambat produksi sekaligus pelepasan neurotransmiter bila yang dilepaskan tidak mencukupi, maka laju produksi dan pelepasan pun meningkat.

 Jenis – Jenis Lain Sinapsis

Efek-efek pascasinapsis perangsang atau penghambat terjadi pada sinopsis aksosomatik atau aksodendritik. Sinapsis aksoaksonik bekerja secara berbeda. Sinapsis aksoaksonik tidak bersumbangsih secara langasung terhadap integrasi neuron, sinapsis ini merubah jumlah neurotransmiter yang dilepaskan oleh kenop-kenop ujung akson pascasinapsis. Sinapsis aksoaksonik dapat menghasilkan prasinapsis atau fasilitas prasinapsis. Aktivitas Sinapsis aksoaksonik mengurangi pelepasan neurotransmiter efeknya disebut penghambat prasinapsis, bila aktivitasnya meningkat pelepasan neurotransmiter efeknya disebut fasilitas prasinapsis.

Banyak neuron sangat kecil memiliki prosesus (penjuluran) yang amat pendek dan tampaknya tidak memiliki akson. Neuron ini membentuk sinapsis dendrodendritik atau sinapsis antara dendrit, oleh karena itu tidak memiliki penjuluran akson mereka tidak meneruskan informasi dari satu tempat ketempat lain didalam otak. Sejumlah neuron yang lebih besar juga membentuk sinapsis dendrodenritik. Sejumlah sinapsis bersifat kimiawi, sinapsis sinapsis lain bersifat elektis membran-membran tertentu dan nyaris bersentuhan membentuk sambungan celah (gap junction) membran-membran dikedua sisi sambung celah memiliki saluran-saluran yang memungkinkan ion-ion berdifusi dari satu sel ke sel lain.

 Komunikasi Kimiawi Bukan-Sinapsis

Neurotransmiter dilepaskan oleh kenop-kenop ujung neuron dan berkaitan dengan reseptor-reseptor dan membran sebuah sel lain yang terletak sangaat dekat. Komunikasi pada setiap sinapsis bersifat privat. Neuromodulator adalah zat-zat kimia yang dilepaskan oleh neuron yang berpindah dan tersebar lebih jauh daripada neurotransmiter, neuromodulator merurapan peptida, rantai-rantai asam amino yang saling ditaukan oleh kaitan-kaitan kimiawi yang disebut ikatan peptida (asal namanya).

Hormon disekresikan oleh sel-sel kelenjar endokrim atau oleh sel-sel yang terletak diberbagai organ, misalnya lambung, usus, ginjal, dan otak. Se-sel yang mensekresikan hormon melepaskan zat-zat kimiawi ini kedalam cairan ekstraseluler, kemudian diedarkan keseluruh tubuh melalui aliran darah. Hormon mempengaruhiaktivitas sel yang mengandung reseptor khusus yang terletak dipermukaan membran atau jauh didalam nukleus. Sel-sel yang memiliki reseptor-reseptor untuk hormon tertentu disebut sel target, hanya sel ini yang merespon keberadaan hormon tersebut.

Hormon peptida memberikan efek kepada sel target dengan merangsang reseptor metobotrik yang terletak dlam membran. Duta kedua yang dipicu berpindahan kenukleus sel dan menginisiasi perubahan-perubahan dalam proses-proses fisiologi sel. Hormon-hormon steroid terdiri atas molekul-molekul terlarut lemak yang sangat kecil. Para peneliti telah menemukan keberadaan reseptor steroid pada kenop-kenop ujung dan sekeliling membran pascasinapsis sejumlah neuron. Reseptor-reseptor steroid ini memengaruhi penerusan informasi sinapsis dan mereka melakukannya dengan cepat dan belum diketahui cara kerja mereka secara tepat.

BAB 3 : STRUKTUR SISTEM SARAF

A. FITUR – FITUR DASAR SISTEM SARAF

Ahli – ahli anatomi menetapkan sejumlah itilah untuk menggambarkan letak bagian – bagian tubuh. Anterior berarti ke arah kepala, posterior ke arah ekor, lateral ke arah samping, medial ke arah tengah, dorsal ke arah punggung, sementara vential ke arah permukaan tubuh.

 Meninges

Meninges adalah tiga lapisan jaringan yang membungkus sistem saraf pusat yaitu:

Dura mater, lapisan terluas meninges yang bersifat kukuh dan fleksibel.

Membran araknoid, lapisan tengah terletak di antara dura meter di sebelah luar dan pia meter di sebelah dalam.

Pia mater, lapisan meninges yang melekat ke permukaan otak. Tipis dan rapuh.

 Sistem Ventrikular dan Produksi CSS

otak sangat lunak dan mirip dengan jeli. Bobotnya cukup berat yaitu 1.400 gram. Dalam otak terdapat serangkaian ruang berongga yang saling terhubung, disebut ventrikel (perut – perut kecil) yang terisi oleh CSS. Ruang – ruang tersebar disebut ventrikel lateral, yang terhubung di garis tengah otak, dinding – dindingnya membagi bagian otak di sekelilingnya menjadi belahan simestris. Jembatan dari jaringan neuron yang disebut massa intermedia melintangi bagian tengah ventrikel ketiga dan berperan sebagai titik referensi yang bagus.

Dalam otak terdapat serangkaian ruang berongga yang saling terhubung, disebut:

• Ventrikel Salah satu ruang berongga di dalam otak, terisi cairan serebrospinal.

• Ventrikel Latera Salah satu dari dua ventrikel yang terletak di bagian tengah telensefalon.

• Ventrikel Ketiga Ventrikel yang terletak di bagian tengah diensefalon.

• Akuaduk Serebrum Saluran tipis yang menghubungkan ventrikel ketiga dan keempat dalam otak,terletak di tengah mesensefalon.

• Ventrikel keempat Ventrikel yang terletak diantara serebelum dan pons dorsal, di tengah metensefalon.

• Pleksus Koroid Jaringan yang mengandung sangat banyak pembuluh darah, yang menjulur ke dalam ventrikel dan menghasilkan cairan serebrospinal.

• Granulasi Araknoid Penonjolan kecil-kecil membran araknoid yang menembus dura mater ke dalam sinus sagital superior; CSS mengalir melalui granulasi agar dapat diserap-ulang ke dalam aliran darah.

• Sinus Sagital Superior Sinus yang terletak di garis tengah di antara dua hemisfer serebrum, tepat dorsal terhadap korpus kalosum.

• Hidrosefalus Obstruktif Kondisi di mana semua atau sebagian vertikel otak membesar; disebabkan oleh halangan yang mengganggu aliran normal CSS.

B. SISTEM SARAF PUSAT

Otak terdiri atas tiga divisi utama yaitu otak depan, otak tengah dan otak belakang.

 Perkembangan Sistem Saraf Pusat

Sistem saraf pusat mulai terbentuk sejak awal periode embrionik sebagai tabung berongga, dan bentuk dasarnya tetap seperti ini bahkan setelah SPP berkembang penuh. Selama fase pertama perkembangan otak, pembelahan simestris sel-sel progenitor di zona – zona ventrikular dan subventrikular, yang melapisi tabung neuron, meningkat ukurannya. Selama fase kedua, pembelahan asimetris sel – sel ini menghasilkan serat sel – sel glia radial ke lokasi – lokasi akhir mereka. Disana, neuron – neuron mengembangkan dendrit dan akson serta memantapkan sambungan sinapsis dalam jumlah yang cukup akan dibunuh melalui apoptosis. Walaupun perkembangan dasar sistem saraf dikontrol secara genetis, stimulasi sensoris memainkan peran dalam mempertajam perinciannya.

Duplikasi gen- terutama, gen – gen pengendali yang mengontrol gugus gen lain memfasilitasi peningkatan kompleksitas otak selama proses evolusi. Sewaktu sebuah geni diduplikasi, satu salinan dapat terus melaksanakan fungsi vitalnya. Sementara salinan yang satu lagi “dicoba” melalui utasi.

 Otak Depan

Otak depan adalah otak yang mengelilingi ventrikel lateral dan ketiga, terdiri atas telensefalon dan diensefalon. Telensefalon mengandung konteks serebum, sistem limnik, dan ganglia basal. Konteks serebum terorganisasi menjadi lobus frontal, pariental, temporal, dan oksipital. Sulkus tengah memisahkan lobus frontal (yang terutama menangani gerakan dan perencanaan gerakan) dan ketiga lobus lainnya. Sistem limbik, yang mencakup konteks limbik, hipokampus, dan amigdala, terlibat dalam emosi, motivasi, dan pembelajaran. Ganglia basal turut serta dalam kendali gerakan. Diensefalon terdiri atas talamus, yang mengantarkan informasi ke dan dari konteks serebum, dan hipolamus, yang mengendalikan sistem endokrin dan memodulasi perilaku khas-spesies.

 Otak Tengah

Otak tengah(mesenfalon) mengelilingi akuaduk serebrum terdiri atas dua bagian utama yaitu:

1. Tektum

Tektum terletak dalam bagian dorsal dan mesenfalon. Struktur utamanya adalah kolikulus superior (bagian sistem visual) dan kolikulus inferior (bagian sistem auditoris). Kedua kolikulus terutama terlibat dalam refleks visual dan reaksi terhadap stimulus yg bergerak.

2. Tegmentum

Tegmentum mencakup ujung rostral formasi retikular,beberapa nukleus yang mengendalikan gerakan mata, materi kelabu periakuaduktal, nukleus merah, substantia nigra, dan area tegmental ventral. Formasi retikular berperan dalam tidur dan terjaga, perhatian, kekencangan otot, gerakan dan berbagai refleks vital. Materi kelabu periakuaduktal mengandung sirkuit-sirkuit neuron yang mengendalikan urut-urutan gerakan yang merupakan perilaku khas spesies misalnya bertarung dan kawin. Nukleus merah dan substantia nigra merupakan komponen-komponen penting sistem motorik.

 Otak Belakang

Otak belakang yang mengelilingi ventrikel keempat terdiri atas dua bagian utama yaitu :

1. Metensefalon

Metensefalon terdiri atas pons dan serebelum. Serebelum (otak kecil) menerima informasi visual, auditoris,vestibular, dan somatosensorik, dan juga menerima informasi mengenai gerakan-gerakan otot individual yang diarahkan ke otak. Kerusakan terhadap serebelum menggangu berdiri, berjalan, ataupun gerakan terkoordinasi buruk. Pons mengandung sebagian formasi retikular termasuk sejumlah nukleus yang penting dalam kondisi tidur dan terjaga.

2. Myelensefalon

Pada myelensefalon terdapat satu struktur utama, medula oblongata yang mengandung bagian formasi retikular termasuk nukleus yang mengendalikan fungsi-fungsi vital seperti regulasi sistem kardiovaskular, pernapasan, dan kekencangan otot rangka

 Urat Saraf Tulang Belakang

Urat saraf tulang belakang merupakan struktur mengerucut yang panjang, kira-kira sebesar jari kelingking kita. Fungsi utama urat safar tulang belakang adalah menyebarkan serat-serat motorik ke organ-organ efektor di tubuh. (kelenjar atau otot) serta mengumpulkan informasi somatosensorik untuk diteruskan ke otak.

Urat saraf tulang belakang dilindungi oleh tulang belakang, yang terdiri oleh dua puluh empat ruas individual(vertebra) pada wilayah leher(serviks), dada(toraks),dan punggung bawah(lumbar) dan vertebra-vertebra menyatu yang membentuk bagian sakral dan kokigeal tulang belakang (terletak di daerah panggul).

Pada awal perkembangan embrio,tulang belakang dan urat sarafnya memiliki panjag yang sama. Seiring berlanjutnya perkembangan, kolom tulang belakang bertumbuh lebih cepat dari pada urat saraf belakang. Bagian luar urat saraf tulang belakang terdiri atas materi putih: akson-akson yang mengantarkan informasi naik atau turun. Materi kelabu ditengah mengandung badan-badan sel.

C. Sistem Safat Tepi

Otak dan urat saraf tulang belakang berkomunikasi dengan bagian lain tubuh melalui saraf kranial dan saraf spinal. Saraf-saraf ini adalah bagian dari sistem saraf tepi, yang menyampaikan informasi sensoris ke sistem saraf pusat dan menyampaikan informasi sensoris ke sistem pusat dan menyampaikan pesan-pesan dari sistem saraf pusat ke otot dan kelenjar.

 Saraf Spinal

Saraf spinal dimulai pada sambungan akar dorsal dan ventral pada urat saraf tulang belakang. Saraf-saraf meninggalkan tulang belakang dan membentang ke otot atau reseptor sensoris yang mereka saraf, sambil membentuk cabang-cabang.

Badan sel yang menghasilkan akar ventral terletak di dalam materi kelabu urat saraf tulang belakang. Akson-akson pada neuron-neuron multipolar ini meninggalkan urat saraf tulang belakang melalui akar ventral yang bergabung dengan akar dorsal membentuk saraf spinal. Mereka disebut dengan akson eferen karena ‘membawa menjauh dari SSP’.

 Saraf Kranial

Saraf kranial melayani fungsi-fungsi sensoris dan motorik diwilayah kepala dan leher. Salah satunya Nervus Vagus, meregulasi fungsi-fungsi organ-organ di rongga-rongga dada dan perut. Saraf tersebut disebut vagus (berkelana) karena cabang-cabangnya menyebar ke seluruh rongga dada dan perut. Badan-badan sel dari serat-serat sensoris yang memasuki otak dan saraf tulang belakang terletak diluar sistem saraf pusat.

Informasi somatosensorik dan indra pengecapan diterima melalui saraf-saraf kranial dari neuron-neuron unipolar. Informasi auditoris, vestibular, dan visual diterima melalui serat-serat neuron bipolar. Informasi olfaktoris diterima melalui bulbus olfaktoris (struktur-struktur kompleks yang mengandung sirkuit neuron dalam jumlah cukup banyak), yang menerima informasi dari reseptor-reseptor olfaktoris dihidung.

 Sistem Saraf Otonom

Bagian dari sistem saraf tepi yang menerima informasi sensoris dari organ-organ indra dan yang mengendalikan gerakan otot-otot rangka (sistem saraf somatik). Cabang lain sistem saraf tepi adalah sistem saraf otonom (SSO) bagian sistem dari sistem saraf tepi yang mengendalikan fungsi-fungsi vegetatif tubuh atau menangani regulasi otot polos, otot jantung, dan kelenjar. Sistem saraf otonom terdiri atas dua sistem anatomi terpisah yaitu :

a. DIVISI SIMPATIK SISTEM SARAF OTONOM

Divisi simpatik paling banyak terlibat dalam aktivitas-aktivitas yang berkaitan dengan pelepasan energi dari cadangan-cadangan yang tersimpan dalam tubuh. Badan sel neuron motorik simpatik terletak di materi kelabu wilayah toraks dan lumbar tulang belakang, sehingga sistem saraf simpatik dikenal juga sebagai sistem torakolumbar. Sistem saraf simpatik mengendalikan medula adreal, seperangkat sel yang terletak ditengah kelenjar adrenal. Medula tersebut disarafi oleh akson-akson praganglia (neuron eferan disistem saraf otonom yang badan selnya terletak dalam sebuah nukleus saraf kranial atau di tanduk antara materi kelabu spinal dan kenop-kenop ujungnya bersinapsis dengan neuron pascaganglia si ganglia otonom) dan sel-sel sekretorisnya sangat mirip dengan neuron-neuron simpatik pascaganglia (neuron yang membentuk sinapsis langsung dengan organ target). Hormon-hormon ini terutama berfungsi sebagai pendamping efek-efek neural langsung dari aktivitas simpatik.

b. DIVISI PARA SIMAPATIK SISTEM SARAF OTONOM

Divisi para simpatik sistem saraf otonom menyokong aktivitas-aktivitas yang terlibat dalam peningkatan persediaan energi di tubuh. Aktivitas-aktivitas ini mencakup produksi air liur, gerakan lambung dan usus, sekresi getah-getah pencernaan, dan peningkatan aliran darah kesistem pencernaan.

Badan sel yang menjulurkan akson-akson praganglia dalam sistem saraf parasimpatik terletak di dua wilayah: nukleus sejumlah saraf kranial (terutama nervus vagus) dan tanduk antara materi kelabu diwilayah sakral pada urat saraf tulang belakang. Divisi parasimpatik sistem saraf otomom seringkali disebut sistem kraniosakral. Ganglia parasimpatik terletak didekat-dekat organ terget. Oleh karena itu, serat-serat pascaganglia relatif pendek. Kenop-kenop ujung neuron praganglia maupun pascaganglia dalam sistem saraf parasimpatik menyekresikan asetilkolin.