

MODUL

TOPIK SISTIM SENSORIK KHUSUS



dr. Abdillah Iskandar, M.Kes

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN UIVERSITAS MULAWARMAN
SEMESTER GENAP 200/2021
Samarinda, 03 Mei 2021

MODUL SENSORIK KHUSUS

I. KEGIATAN PEMBELAJARAN

SKENARIO :

Mata kabur dan pusing akibat bermain *PSP*

Seorang Ibu membawa anaknya bernama Amir (10 th) datang ke praktek dokter, ibu tersebut mengatakan kepada dokter bahwa anaknya sering mengeluh matanya kabur setelah bermain game PSP cukup lama, dan terasa tambah buram ketika anaknya memaksakan bermain lebih lama lagi, selain itu matanya juga terasa berair serta silau. Tetapi keluhan tersebut berangsur menghilang dan kembali normal, ketika anaknya berhenti menonton dan mengistirahatkan mata beberapa saat. Amir juga sering memainkan volume PSP agar bisa mendengar lebih jelas, bahkan pernah mengeluhkan kepalanya pusing seperti berputar sehingga Ibu tersebut khawatir apakah keluhan yang dialami anaknya masih dalam batas normal. Selanjutnya Dokter mulai memeriksa Amir dan melakukan pemeriksaan visus untuk melihat apakah ada kelainan refraksi mata dikarenakan kelainan struktur pada bola mata. Dokter juga menjelaskan bahwa keluhan pada pendengaran bisa disebabkan kelainan pada anatomi telinga maupun kelainan pada sistem syaraf pendengaran. Dan dijelaskan pula bahwa salah satu organ pada telinga yaitu organ vestibular bertanggung jawab sebagai pengatur keseimbangan. Setelah mendengar penjelasan dokter tentang keadaan anaknya, akhirnya ibu merasa lega dan tidak khawatir lagi.

STEP I

KLARIFIKASI ISTILAH SULIT

1. Pemeriksaan visus
2. Refraksi mata.
3. Organ vestibular.

STEP II

IDENTIFIKASI MASALAH

1. Apakah bermain game PSP dapat mengganggu penglihatan ?
2. Mengapa terlalu lama bermain game PSP dapat menyebabkan mata berair dan silau ?
3. Mengapa bermain game PSP dalam jarak yg terlalu dekat dalam jangka waktu yg cukup lama dapat menyebabkan keluhan pada mata ?

4. Apa yang dimaksud dengan refraksi pada mata?
5. Bagaimana mekanisme proses penglihatan ?
6. Apa hubungan refraksi mata dengan visus mata ?
7. Bagaimana struktur bola mata yang normal ?
8. Bagaimana anatomi telinga ?
9. Bagaimana mekanisme proses pendengaran ?
10. Apa hubungan telinga dengan keluhan pusing seperti berputar ?

STEP III

KONSEP YANG HARUS DIKUASAI

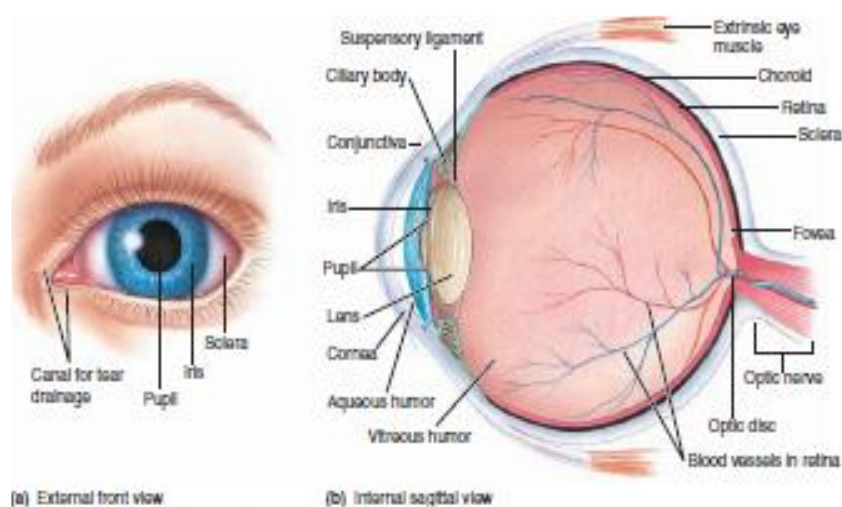
PENGLIHATAN

Penglihatan timbul dari pengaktifan reseptor-reseptor peka cahaya di mata yang disebut fotoreseptor. Penyampaian sinyal dari foto reseptor menjadi semakin rumit saat informasi disalurkan dari mata ke otak. Sinyal-sinyal diinterpretasikan di otak berdasarkan kompleksitas pola, frekuensi lepas muatan, dan kode-kode warnanya.

MATA SEBAGAI KAMERA

Secara optik mata dapat disamakan dengan sebuah kamera fotografi biasa. Mata memiliki susunan lensa, sistem diafragma yang dapat berubah-ubah (pupil), dan retina yang dapat disamakan dengan film. Susunan lensa mata terdiri empat perbatasan refraksi :

- (1) perbatasan antara permukaan anterior kornea dan udara
- (2) Perbatasan antara permukaan posterior kornea dan humor aqueous
- (3) Perbatasan antara humor aqueous dan permukaan anterior lensa kristalina
- (4) Perbatasan antara permukaan posterior lensa dan vitreous humor



● FIGURE 6-11 Structure of the eye.

STRUKTUR MATA

Bagian paling luar mata (bagian anterior) terdiri dari suatu membran putih kuat yang membungkus bola mata disebut sklera. Di tengah mata, sklera menjadi membran transparan disebut kornea. Berkas sinar masuk ke mata melalui kornea. Karena kelengkungan alaminya, kornea membiaskan berkas-berkas cahaya, menyebabkan cahaya menjadi tidak terpecah dan lebih terfokus ke jaringan di bawahnya. Bayangan yang diproyeksikan melalui kornea menjadi terbalik atas-bawah dan kiri kanan sewaktu jatuh ke bagian belakang mata.

Suatu membran berpigmen yang disebut koroid berada di bawah sklera membantu mengurangi peredaran cahaya. Tepat di bawah kornea, koroid berubah menjadi iris. Iris adalah membran berwarna yang menyebabkan mata memiliki warna. Fungsi utama Iris adalah meningkatkan jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata pada waktu gelap dan mengurangi jumlah cahaya yang masuk pada saat terang. Di bagian tengah mata terdapat lubang bundar yang disebut pupil. Kornea memfokuskan berkas-berkas cahaya pada pupil. Garis tengah pupil dikontrol oleh otot-otot yang terdapat di iris. Otot-otot menyebabkan pupil berkontraksi pada keadaan terang dan berdilatasi pada keadaan gelap. Variasi dalam diameter pupil mengontrol jumlah cahaya yang masuk ke bagian dalam mata. Diameter pupil dapat mengecil sampai 1,5 mm atau membesar sampai 8 mm.

Di sebelah posterior iris dan pupil terdapat lensa. Lensa adalah struktur transparan melengkung yang membiaskan cahaya lebih lanjut. Dengan melewati lensa, berkas-berkas cahaya difokuskan tepat di bagian paling posterior dan peka mata yang disebut retina. Bentuk lensa dikontrol oleh suatu otot yang memungkinkan lensa memfokuskan benda-benda dekat atau jauh ke retina. Retina mengandung fotoreseptor mata : batang dan kerucut. Batang dan kerucut mengubah berkas cahaya menjadi impuls listrik yang diterjemahkan otak menjadi suatu penglihatan. Di bagian tengah retina terdapat makula, tempat penglihatan yang paling tajam dan halus. Fovea sentralis adalah suatu cekungan pada makula yang sesuai dengan titik penglihatan sentral. Di antara retina dan lensa, bola mata terisi pembuluh darah dan suatu cairan gelatinosa, yang disebut cairan vitreosa.

SEL-SEL RETINA

Batang

Batang terkonsentrasi di bagian perifer retina. Batang mengandung bahan kimia fotosensitif yang disebut rodopsin yang terurai apabila terkena cahaya. Sewaktu rodopsin terurai, permeabilitas natrium di sel batang berkurang. Hal ini menyebabkan hiperpolarisasi sel batang (bagian dalam menjadi negatif). Hiperpolarisasi menurunkan kecepatan lepas muatan batang ke sel kedua retina, sel bipolar. Dalam keadaan normal, batang menghambat pelepasan muatan sel bipolar. Sewaktu batang mengalami hiperpolarisasi oleh cahaya, maka inhibisi terhadap sel bipolar lenyap dan sel bipolar mengalami depolarisasi. Depolarisasi sel bipolar menyebabkan munculnya suatu potensial aksi di sel ketiga retina. Potensial aksi yang dihasilkan oleh sel ganglion dikirim ke otak melalui saraf optikus.

Kerucut

Kerucut terkonsentrasi terutama di bagian tengah mata. Sel-sel ini adalah satu-satunya sel yang terdapat di bagian tengah makula, yaitu di fovea. Kerucut mengandung satu dari beberapa fotopigmen yang terurai apabila terkena cahaya.

Dekomposisi fotopigmen menyebabkan hiperpolarisasi kerucut dan menghilangkan pengaruh inhibisi sel tersebut terhadap sel bipolar dan menyebabkan sel ganglion melepaskan potensial aksi. Vitamin A adalah komponen penting pada semua zat fotokimia.

INAKTIVASI DAN FOTOPIGMENT

Segera setelah penguraian, struktur fotopigmen semula pulih. Kerucut dan sel batang kembali menghambat pelepasan muatan oleh sel-sel bipolar, dan siap berespons terhadap sinyal cahaya berikutnya.

PERBEDAAN ANTARA SEL BATANG DAN SEL KERUCUT

Sel batang mampu berespon terhadap cahaya yang kadarnya sangat rendah sehingga dapat memberikan penglihatan terbatas dalam keadaan gelap. Banyak batang biasanya berkonvergensi ke satu sel bipolar. Hal ini mengurangi ketajaman tetapi meningkatkan kepekaan dari penglihatan sel batang. Sel batang tidak peka warna. Dengan demikian semua rangsangan dipersepsikan sebagai bayangan kelabu. Sel kerucut memerlukan kadar cahaya yang lebih besar sehingga tidak aktif dalam keadaan terang atau gelap. Karena hanya sedikit kerucut yang berkonvergensi ke suatu sel bipolar, maka penglihatan kerucut memiliki ketajaman yang tinggi. Zat-zat fotokimia pada sel kerucut memungkinkan adanya penglihatan warna karena sensitivitas mereka terhadap warna merah, biru dan hijau.

PEMBENTUKAN BAYANGAN DI RETINA

Sama seperti pembentukan bayangan oleh lensa kaca pada secarik kertas, susunan lensa mata juga dapat membentuk bayangan di retina. Bayangan ini terbalik dari benda aslinya. Namun demikian persepsi otak terhadap benda tetap tegak, tidak terbalik seperti bayangan yang terjadi di retina, karena otak sudah di latih menangkap bayangan yang terbalik itu sebagai keadaan normal.

PENGLIHATAN WARNA

Penglihatan warna terjadi sebagai akibat dari ratio sel kerucut merah, biru dan hijau yang diaktifkan pada suatu saat. Sel-sel kerucut yang diaktifkan akan menentukan sel-sel bipolar yang akan mengalami depolarisasi dan sel-sel ganglion yang akan melepaskan potensial aksi. Sel-sel ganglion dapat menerima informasi dari beberapa sel bipolar yang diaktifkan oleh kerucut spesifik warna yang sama atau yang berbeda. Sel-sel ganglion dapat diaktifkan oleh satu warna, tetapi diinaktifkan oleh warna kedua. Hasil akhir dari variasi-variasi dan kadar rangsangan ini adalah diskriminasi halus dari berbagai bayangan warna.

Sel-sel Horisontal

Sel horisontal terletak secara lateral (membujur) di retina dan menghubungkan kerucut dan batang ke satu sama lain dan ke sel bipolar. Sel-sel horisontal menghambat penyaluran sinyal ke sel bipolar. Hal ini membatasi luas kerucut dan batang yang diaktifkan dan meningkatkan ketajaman penglihatan.

Saraf Optik

Akson-akson sel ganglion menyatu untuk membentuk saraf optikus mata. Saraf optikus meninggalkan mata sebagai suatu berkas melalui sebuah daerah di retina yang disebut diskus optikus. Diskus optikus tidak mengandung sel batang atau kerucut sehingga tidak ikut serta dalam respon terhadap cahaya. Arteri sentralis retina masuk ke mata melalui diskus optikus. Di bagian tengah diskus optikus terdapat sebuah daerah yang disebut physiological cup.

Sewaktu saraf optikus masuk ke otak, sebagian serat dari mata kiri menyeberang dan memproyeksikan diri ke sisi kanan otak. Pada saat yang sama, sebagian serat dari mata kanan menyeberang dan memproyeksikan diri ke sisi kiri otak. Hal ini memungkinkan kedua hemisfer serebrum mengakses informasi dari kedua mata. Saraf optikus yang menyeberang, langsung berjalan menuju ke lobus oksipitalis korteks serebrum. Saraf optikus yang tidak menyeberang mengakhiri perjalanan di nukleus genikulatus lateral dorsal. Setiap sel di nukleus genikulatus lateral dorsal menyalurkan informasi dalam susunan ruang yang persis sama ke korteks penglihatan tempat sinyal-sinyal listrik diterjemahkan sebagai bayangan.

Persepsi terhadap cahaya putih

Rangsangan yang kurang lebih sama sama besar pada sel kerucut merah, hijau dan biru akan memberikan sensasi penglihatan warna putih. Ternyata tidak ada panjang gelombang cahaya yang berkaitan dengan warna putih, dengan demikian warna putih sebenarnya merupakan kombinasi dari semua panjang gelombang cahaya. Selanjutnya sensasi putih ini akan dapat ditimbulkan bila retina dirangsang oleh kombinasi tiga warna terpilih yang akan merangsang sel kerucut tersebut secara hampir sama.

INHIBISI DESENDENS KE NUKLEUS GENIKULATUS LATERAL DORSAL

Serat-serat desendens dari pusat-pusat otak yang lebih tinggi dapat mempengaruhi penyaluran sinyal dari nukleus genikulatus lateral dorsal ke korteks penglihatan. Serat-serat inhibitorik dan eksikatorik ini datang dari korteks penglihatan itu sendiri dan dari daerah-daerah di batang otak. Stimulasi desendens dapat membatasi atau memperkuat informasi tertentu yang dapat disalurkan ke kesadaran.

INTEGRASI JARAS-JARAS PENGLIHATAN

Integrasi jaras-jaras penglihatan di setiap tingkat di retina: antara kerucut dan batang, sel-sel horisontal, sel-sel bipolar, dan sel-sel ganglion. Di setiap tingkat, sebagian sel melepaskan potensial aksi setelah mendapat rangsangan tertentu, misalnya lapangan-lapangan "on-off" spesifik atau berbagai pola horisontal dan vertikal. Sementara itu rangsangan yang sama menyebabkan sebagian sel menghentikan pelepasan potensial aksinya. Sel-sel ganglion memiliki pola pelepasan potensial aksi yang kompleks yang bergantung pada pola pelepasan *on-off* sel-sel bipolar. Sel-sel bipolar diaktifkan oleh kombinasi untuk sel kerucut, batang, dan horisontal. Integrasi sinyal-sinyal yang terus menerus di otak semakin memperhalus dekomposisi fotoreseptor semula.

OPTIK PENGLIHATAN

Kornea dan lensa perlu mengkonvergensi berkas-berkas cahaya agar jatuh tepat di sel-sel retina agar muncul bayangan yang terfokus. Walaupun kornea harus membiaskan cahaya, namun perubahan bentuk lensalah yang menyebabkan bayangan jatuh tepat di retina. Perubahan ini disebut akomodasi. Akomodasi, ukuran pupil, dan gerakan bola mata di kontrol oleh saraf-saraf kranialis II, III, IV, dan VI.

TEKANAN INTRAOKULUS

Tekanan dalam ruang mata disebut tekanan intraokulus. Tekanan intraokulus dikontrol ketat pada sekitar 15 mmHg. Tekanan ini ditentukan oleh jumlah aqueous humor yang mengisi ruang antara lensa dan retina.

Aqueous humor dibentuk oleh silia yang terletak di belakang iris. Setelah terbentuk, aqueous humor mengalir melalui mata, membasahi semua struktur. Cairan ini kemudian keluar dari mata melalui suatu saluran vena antara kornea dan iris. Saluran vena ini disebut kanalis Schlemm, menyatukan vena-vena ekstraokulus yang mengangkut darah dan cairan keluar mata.

LAPANGAN PANDANGAN : PERIMETRI

Lapang pandang merupakan suatu area penglihatan yang dilihat oleh salah satu mata pada suatu jarak tertentu. Area yang terlihat di bagian nasal disebut lapangan pandang bagian nasal, dan area yang terlihat disisi lateral disebut lapangan pandangan bagian temporal. Untuk mendiagnosis adanya kebutaan pada bagian retina tertentu, dapat dilakukan dengan memetakan lapangan pandang dari setiap mata melalui proses yang disebut perimetri.

PENGATURAN OTOT-OTOT UNTUK PERGERAKAN MATA

Pergerakan mata di atur oleh tiga pasang otot :

- (1) Rektus medialis dan lateralis.
- (2) Rektus superior dan inferior.
- (3) Oblikus superior dan inferior

Otot rektus medialis dan lateralis berkontraksi secara timbal balik untuk menggerakkan mata dari satu sisi ke sisi lainnya. Otot rektus superior dan inferior juga berkontraksi secara timbal balik untuk menggerakkan mata ke atas dan ke bawah. Dan otot oblikus terutama berfungsi untuk memutar bola mata agar lapangan pandang tetap pada posisi tegak.

GERAKAN FIKSASI MATA

Mungkin gerakan mata yang paling penting adalah gerakan yang menyebabkan mata ter"fiksasi" pada bagian yang luas dari lapang pandangan. Gerakan ini diatur oleh dua mekanisme saraf. Yang pertama adalah pengaturan yang menyebabkan orang dapat menggerakkan mata secara volunter untuk menemukan objek dalam penglihatannya yang kemudian akan difiksasinya, gerakan ini disebut mekanisme fiksasi volunter. Yang kedua adalah mekanisme yang dapat menahan mata secara tetap pada objek seketika objek itu ditemukan oleh mata yang disebut mekanisme fiksasi involunter.

Gerakan fiksasi volunter diatur oleh bagian kortikal kecil yang terletak bilateral di regio promotor kortikal dari lobus frontalis. Mekanisme fiksasi yang menyebabkan

mata dapat terpaku pada satu objek yang diperhatikannya begitu objek itu ditemukan, diatur oleh area penglihatan sekunder dari korteks oksipitalis terutama area 19 Brodmann yang terletak di sebelah anterior area penglihatan V-1 dan V-2 (area 17 dan 18 Brodmann).

STRUKTUR EKSTERNAL MATA

Struktur eksternal mata adalah kelenjar lakrimalis (saluran air mata), konjungtiva (lapisan membran mukosa di lapisan luar mata), dan kelopak mata. Struktur-struktur ini melindungi mata dari iritan dan cedera.

PENDENGARAN

Pendengaran adalah persepsi energi suara oleh saraf, pendengaran terdiri dari dua aspek: identifikasi suara ("apa") dan lokalisasinya ("dimana"). Kita mula-mula akan mempelajari karakteristik gelombang suara, kemudian bagaimana telinga dan otak memproses masukan suara untuk menghasilkan pendengaran.

Gelombang suara adalah getaran udara yang merambat yang terdiri dari daerah-daerah bertekanan tinggi akibat kompresi (pemadatan) molekul udara bergantian dengan daerah-daerah bertekanan rendah akibat penjarangan (peregangan) molekul udara. setiap alat yang mampu menghasilkan gangguan pola molekul udara seperti itu adalah sumber suara. Contoh sederhana adalah garpu tala. Ketika garpu tala dipukulkan, bilahnya akan bergetar. Sewaktu bilah garpu tala bergerak ke satu arah), molekul-molekul udara di depannya terdorong saling merapat, atau memadat (terkompresi), dan meningkatkan tekanan di daerah ini. Secara bersamaan, sewaktu bilah maju ke depan molekul-molekul udara di belakangnya menyebar, atau lebih jarang, dan menurunkan tekanan di daerah tersebut. Sewaktu bilah bergerak ke arah berlawanan. Meskipun masing-masing molekul hanya bergerak dalam jarak dekat ketika bilah bergetar namun gelombang pemadatan dan peregangan menyebar ke jarak yang jauh seperti riak air. Molekul-molekul udara yang "terganggu" akan mengganggu molekul-molekul didekatnya, membentuk daerah-daerah baru pemadatan dan peregangan, demikian seterusnya energi suara secara bertahap melemah sewaktu gelombang suara berjalan jauh dari sumbernya. Intensitas gelombang suara berkurang sampai hilang ketika gelombang suara terakhir terlalu lemah untuk mengganggu molekul-molekul udara di sekitarnya.

Gelombang suara juga dapat merambat melalui media selain udara, misalnya air. Namun, perambatan ini kurang efisien; diperlukan tekanan lebih besar untuk menimbulkan pergerakan cairan dibandingkan dengan pergerakan udara karena inersia (kelembaman, resistensi terhadap perubahan) cairan yang lebih besar.

Suara ditandai oleh nadanya (tone), intensitasnya (kekuatan, keras-lembutnya), dan timbre (warna suara, kualitas).

- Nada suatu suara (misalnya nada C atau G) ditentukan oleh frekuensi getaran. Semakin besar frekuensi getaran, semakin tinggi nada. Telinga manusia dapat mendeteksi gelombang suara dengan frekuensi dari 20 sampai

20.000 siklus perdetik tetapi paling peka untuk frekuensi antara 1000 dan 4000 siklus per detik.

- Intensitas, atau kekuatan, suara bergantung pada amplitude gelombang suara, atau perbedaan tekanan antara daerah pemadatan bertekanan tinggi dan daerah peregangan bertekanan rendah. Dalam rentang pendengaran, semakin besar amplitude, semakin keras suara. Telinga manusia dapat mendengar intensitas suara dengan kisaran yang lebar, dari bisikan paling lemah hingga bunyi pesawat lepas landas yang memekakkan telinga. Kekuatan suara diukur dalam desibel (dB), yaitu ukuran logaritmik intensitas dibandingkan dengan suara paling lemah yang masih terdengar-ambang pendengaran. Karena hubungannya yang logaritmik, maka setiap 10 dB menunjukkan peningkatan 10 kali lipat kekuatan suara. Beberapa contoh suara umum menggambarkan besar peningkatan ini Perhatikan bahwa bunyi gesekan daun pada 10 dB 10 kali lebih kuat daripada ambang pendengaran, tetapi suara pesawat jet lepas-landas adalah satu kuadriliun (sejuta milyar) kali, bukan 150 kali, lebih kuat daripada bunyi terlemah yang masih terdengar. Suara yang lebih besar daripada 100 dB dapat merusak secara permanen perangkat sensorik sensitive di koklea.
- Warna suara, atau kualitas, suatu suara bergantung pada overtone, yaitu frekuensi tambahan yang mengenai nada dasar. Garpu tala memiliki nada murni, tetapi sebagean besar suara tidaklah murni. Sebagai contoh, campuran kompleks nada tambahan menimbulkan suara yang berbeda pada berbagai alat music yang memainkan nada yang sama (nada C dalam bunyi terompet terdengar beda dari nada C di piano). Nada tambahan juga berperan menyebabkan perbedaan karakteristik suara orang. Warna suara memungkinkan pendengar membedakan sumber gelombang suara, karena setiap sumber suara menghasilkan pola nada tambahan yang berbeda-beda.

Pendengaran terjadi sewaktu gelombang suara masuk ke telinga dan merangsang sel-sel reseptor yang kemudian melepaskan potensial aksi. Potensial aksi disalurkan ke otak melalui saraf akustikus (saraf kranialis VIII).Telinga memiliki 3 bagian yaitu Luar, tengah dan dalam yang memungkinkan transmisi dan interpretasi suara.

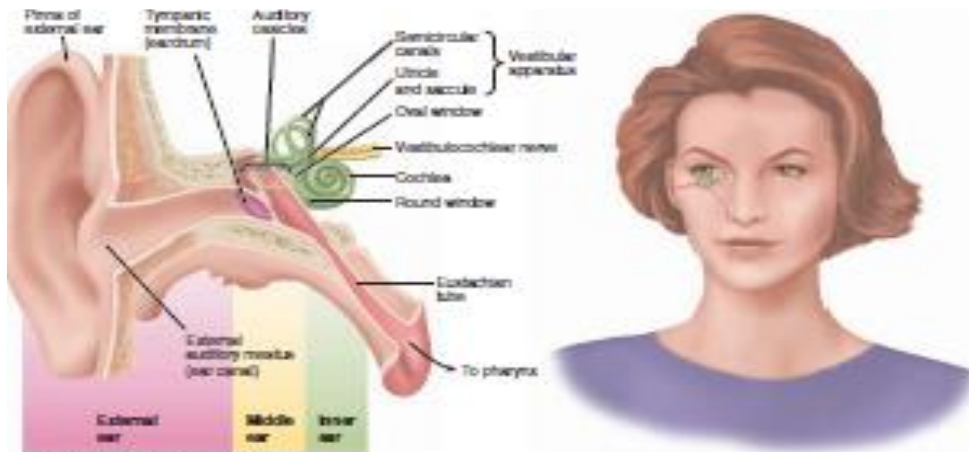


FIGURE 6-32 Anatomy of the ear.

Telinga Luar

Reseptor-reseptor khusus untuk suara terletak di telinga dalam yang berisi cairan. Karena itu, gelombang suara di udara harus dapat disalurkan ke arah dan dipindahkan ke telinga dalam, dengan mengompensasi pengurangan energi suara yang terjadi dalam proses salami ketika gelombang suara berpindah dari udara ke air. Fungsi ini dilaksanakan oleh telinga luar dan telinga tengah.

Telinga luar terdiri dari pinna (daun telinga), meatus auditorius eksternus (saluran telinga), dan membrane timpani (gendang telinga). Pinna, lipatan menonjol tulang rawan berlapis kulit mengumpulkan gelombang suara dan menyalurkannya ke saluran telinga luar. Banyak spesies (anjing misalnya) dapat mengarahkan telinga mereka sesuai sumber suara untuk mengumpulkan lebih banyak suara, tetapi telinga manusia relatif tidak dapat bergerak. Karena bentuknya, pinna secara parsial menghambat gelombang suara yang mendekati telinga dari belakang, mengubah warna suara sehingga membantu orang membedakan apakah suara berasal tepat dari depan atau belakang.

Lokalisasi suara untuk suara yang datang dari kanan atau kiri ditentukan berdasarkan dua petunjuk. Pertama, gelombang suara mencapai telinga yang lebih dekat dengan sumber suara sesaat sebelum gelombang tersebut tiba di telinga satunya. Kedua, suara menjadi kurang intens ketika mencapai telinga yang jauh, karena kepala berfungsi sebagai penghalang suara yang secara parsial menghambat perambatan gelombang suara. Korteks pendengaran mengintegrasikan semua petunjuk ini untuk menentukan lokasi sumber suara. Kita sulit mengetahui lokasi sumber suara hanya dengan satu telinga. Bukti-bukti terakhir menunjukkan bahwa korteks pendengaran menentukan lokasi suara berdasarkan perbedaan dalam waktu pola lepas suara berdasarkan perbedaan dalam waktu pola lepas muatan neuron, bukan oleh peta ruang seperti yang diproyeksikan titik demi titik di korteks penglihatan oleh retina yang memungkinkan kita mengetahui lokasi benda yang terlihat.

Pintu masuk saluran telinga dijaga oleh rambut-rambut halus. Kulit yang melapisi saluran mengandung kelenjar keringat modifikasi yang menghasilkan serumen (tahi kuping), suatu sekresi lengket yang menjebak partikel-partikel kecil asing. Baik rambut-rambut halus maupun serumen membantu mencegah partikel di udara mencapai bagian dalam saluran telinga, tempat partikel dapat menumpuk atau mencederai membrane timpani dan mengganggu pendengaran.

Membran timpani

Membran timpani, yang membentang merintang pintu masuk ke telinga tengah, bergetar ketika terkena gelombang suara. Daerah-daerah bertekanan tinggi dan rendah yang berselang-seling dan ditimbulkan oleh gelombang suara menyebabkan gendang telinga yang sangat peka melekok ke dalam dan luar seiring dengan frekuensi gelombang suara.

Agar membran bebas bergerak ketika terkena suara, tekanan udara istirahat di kedua sisi membran timpani harus sama. Bagian luar gendang telinga terpajan ketekanan atmosfer yang mencapainya melalui saluran telinga. Bagian dalam gendang telinga yang menghadap ke rongga telinga tengah juga terpajan ke tekanan atmosfer melalui tuba eustakius (auditorius), yang menghubungkan telinga tengah ke faring (bagian belakang tenggorokan) (gambar 6-30), Tuba eustakius dalam keadaan normal tertutup, tetapi dapat membuka oleh gerakan menguap, mengunyah, dan menelan. Pembukaan ini memungkinkan tekanan udara di telinga tengah menyamai tekanan atmosfer sehingga tekanan di kedua sisi membran timpani setara. Sewaktu perubahan tekanan eksternal yang cepat (misalnya ketika pesawat landas), gendang telinga menonjol dan menimbulkan nyeri karena tekanan di luar telinga berubah sementara tekanan di telinga tengah tidak berubah. Membuka tuba eustakius dengan menguap memungkinkan tekanan kedua sisi membrane timpani menjadi sama, menghilangkan distorsi akibat tekanan sewaktu gendang telinga kembali ke bentuknya semula.

Telinga Tengah

Telinga tengah memindahkan gerakan bergetar membran timpani ke cairan telinga dalam. Pemindahan ini dipermudah oleh adanya rantai tiga tulang kecil, atau osikulus (maleus, inkus, dan stapes), yang dapat bergerak dan membentang di telinga tengah. tulang pertama, maleus, melekat ke membran timpani, dan tulang terakhir, stapes, melekat ke jendela oval, pintu masuk ke dalam koklea yang berisi cairan. Sewaktu membran timpani bergetar sebagai respons terhadap gelombang suara, rangkaian tulang-tulang tersebut ikut bergerak dengan frekuensi yang sama, memindahkan frekuensi getaran ini dari membran timpani ke jendela oval. Tekanan yang terjadi di jendela oval yang ditimbulkan oleh setiap getaran akan menimbulkan gerakan cairan telinga dalam mirip gelombang dengan frekuensi yang sama seperti gelombang suara asal. Namun, seperti telah disebutkan, diperlukan tekanan yang lebih besar untuk menggetarkan cairan.

System osikulus memperkuat tekanan yang ditimbulkan oleh gelombang suara di udara melalui dua mekanisme agar cairan di koklea bergetar. Pertama, karena luas permukaan membran timpani jauh lebih besar daripada luas jendela oval maka terjadi peningkatan tekanan ketika gaya yang bekerja pada membran timpani di salurkan oleh osikulus ke jendela oval ($\text{tekanan} = \text{gaya} / \text{luas}$). Kedua, efek ruas osikulus juga menimbulkan penguatan. Bersama-sama kedua mekanisme ini meninggalkan gaya yang bekerja pada jendela oval sebesar 20 kali dibandingkan dengan jika gelombang suara langsung mengenai jendela oval. Penambahan tekanan ini sudah cukup untuk menggetarkan cairan di koklea.

Beberapa otot halus di telinga tengah berkontraksi secara refleks sebagai respons terhadap suara keras (lebih dari 70 dB), menyebabkan membran timpani mengencang dan membatasi gerakan rangkain osikulus. Berkurangnya getaran di struktur-struktur telinga tengah ini menurunkan transmisi gelombang suara yang

keras ke telinga dalam untuk melindungi sensorik yang peka dari kerusakan. Namun, respons refleksi ini relative lambat, terjadi paling kurang 40 mdet setelah pajanan ke suara keras. Karena itu refleksi ini hanya member perlindungan terhadap suara keras yang berkepanjangan, bukan dari suara mendadak misalnya ledakan. Dengan memanfaatkan refleksi ini, senjata anti pesawat udara masa Perang Dunia II dirancang untuk menghasilkan suara keras praledakan untuk melindungi telinga tentara mereka dari suara berdentam keras yang ditimbulkan oleh penembakan sebenarnya.

Telinga tengah dihubungkan ke hidung dan tenggorokan melalui tuba eustakius. Walaupun secara normal tertutup, tuba eustakius terbuka sewaktu menguap atau menelan. Hal ini memungkinkan tekanan di telinga setara dengan tekanan atmosfer.

Telinga Dalam

Telinga dalam adalah suatu organ kompleks yang terdiri dari dua struktur rumit, labirin bertulang sebelah luar, dan labirin membranosa di bagian dalam. Labirin bertulang dipisahkan dari labirin membranosa oleh cairan kental yang disebut perilimfe. Labirin membranosa terisi oleh cairan yang sedikit berbeda yang disebut endolimfe. Di labirin bertulang terdapat koklea, vestibulus, dan kanalis semisirkularis. Koklea adalah organ yang bertanggung jawab mengubah gelombang suara menjadi potensial aksi. Vestibulus dan kanalis semisirkularis mempertahankan keseimbangan.

Koklea

Koklea adalah organ berbentuk keong yang terisi oleh perilimfe. Koklea dipisahkan di bagian tengah oleh suatu struktur yang disebut membran basilaris. Di membran basilaris terdapat suatu selimut selimut sel-sel rambut yang bersama membran basilaris membentuk organ korti. Sel-sel rambut mengalami depolarisasi sewaktu bentuknya berubah. Setiap sel rambut bersinaps ke suatu neuron aferen yang akson-aksonnya membentuk saraf akustikus. Depolarisasi sebuah sel rambut mencetuskan potensial reseptor, yang apabila cukup besar, merangsang potensial aksi di neuron afferen. Sel-sel rambut ditutupi oleh suatu membran yang menggantung, yang disebut membrana tektorium.

Penyaluran gelombang suara

Sewaktu suatu gelombang suara mengenai jendela oval, tercipta suatu gelombang tekanan di telinga dalam. Gelombang tekanan menyebabkan perpindahan mirip-gelombang pada membran basilaris terhadap membrana tektorium. Sewaktu menggesek membrana tektorium, sel-sel rambut bertekuk. Hal ini menyebabkan terbentuknya potensial aksi. Apabila deformitasnya cukup signifikan, maka saraf-saraf aferen yang bersinaps dengan sel-sel rambut akan terangsang untuk melepaskan potensial aksi dan sinyal disalurkan ke otak.

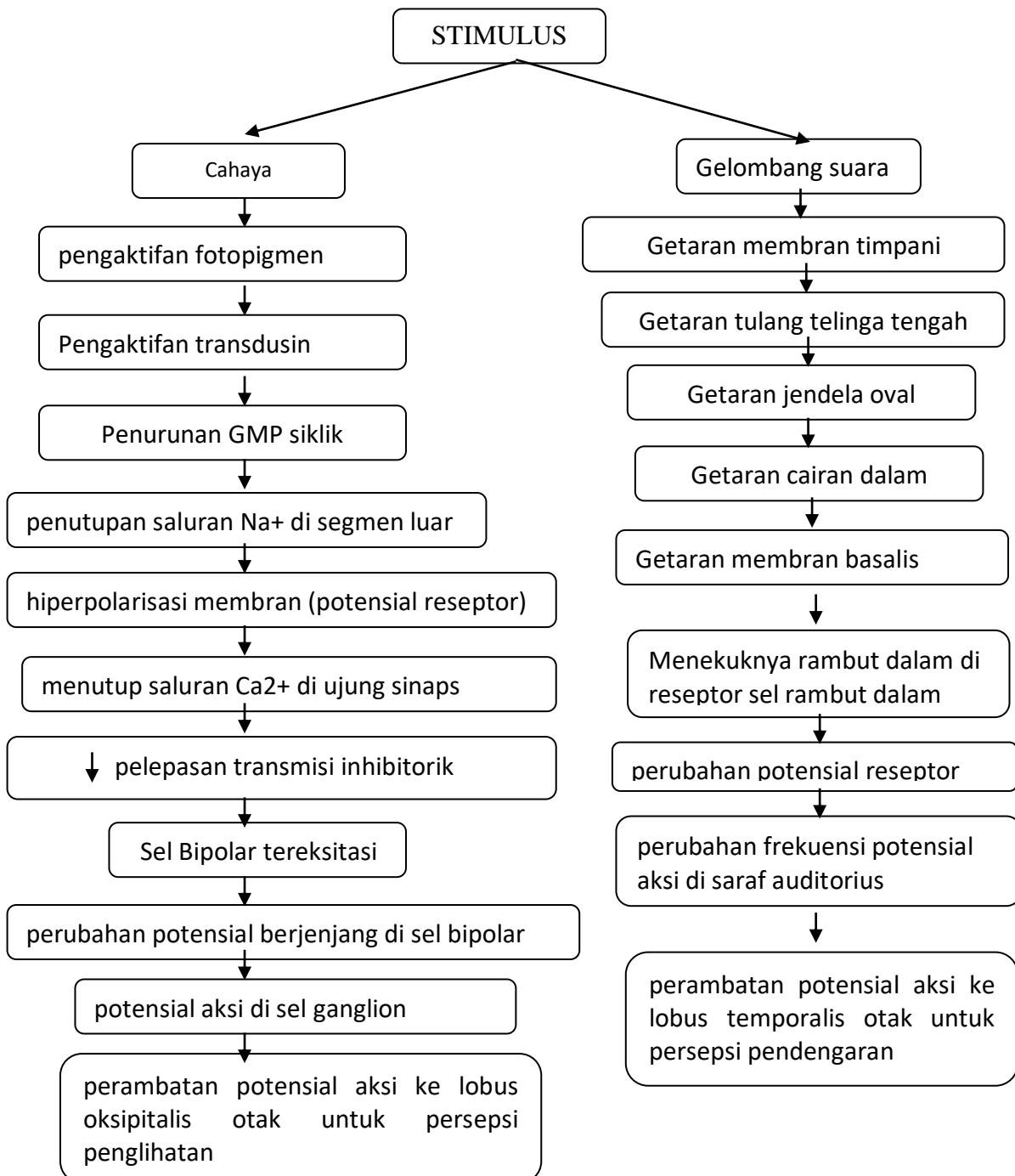
Frekuensi gelombang tekanan menentukan sel-sel rambut yang akan berubah dan neuron aferen yang akan melepaskan potensial aksi. Misalnya sel-sel rambut yang terletak di bagian membran basilaris dekat jendela oval adalah sel-sel yang mengalami perubahan oleh suara berfrekuensi tinggi. Sedangkan sel-sel rambut yang terletak di membrana basilaris yang paling jauh dari jendela oval adalah sel-sel yang mengalami perubahan oleh gelombang frekuensi rendah.

Otak menginterpretasikan suatu suara berdasarkan frekuensi impuls neuron dan jumlah neuron aferen yang melepaskan potensial aksi.

SISTEM VESTIBULARIS DAN KESEIMBANGAN

Vestibulum dan kanalis semisirkularis mengandung reseptor sel rambut yang peka terhadap gerakan dan posisi. Apabila kepala di putar, sel-sel rambut melengkung sewaktu mereka melalui endolimfe yang kental yang mengelilingi sel-sel tersebut. Pelengkungan sebuah sel rambut menyebabkan timbulnya potensial aksi. Potensial aksi di bawa dalam saraf vestibularis. Kanalis semisirkularis dan aparatus vestibularis bekerjasama untuk menentukan posisi tubuh dan setiap perubahan gerakan atau arah.

STEP IV KERANGKA KONSEP



STEP V

LEARNING OBJECTIVE

1. Menjelaskan Anatomi dan Fisiologi mata dan bola mata
2. Menjelaskan Anatomi dan fisiologi telinga
3. Menjelaskan mekanisme refraksi, akomodasi, foto transduksi, kontraksi pupil, penglihatan warna, dan jalur penglihatan
4. Menjelaskan proses transduksi suara dan jalur pendengaran
5. Menjelaskan perangkat vestibularis

Referensi

1. Guyton, *et al.* 2006. Textbook of medical physiology. 11th ed. Unit X : B. The special Sense. Pp 613 - 661
2. Vander, *et al.* 2001. Human physiology: the mechanism of body function. Chapter 17: Special sense. McGraw-Hill. Pp 642 – 669. (http://www.4shared.com/office/RudNIr_J/Vander_Human_Physiology_The_Me.html)
3. Sherwood L, *et al.* 2010. Human physiology: from cells to systems. Brooks/Cole CENGAGE learning. Pp 195 – 228.