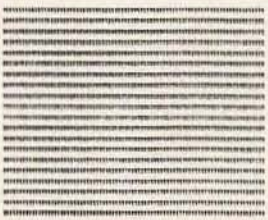




Tinjauan Kepustakaan :

LINTASAN SENSORIK PENGLIHATAN

000471995 3141



oleh :

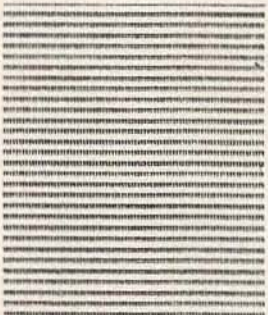
Dr. NURWASIS

pembimbing :

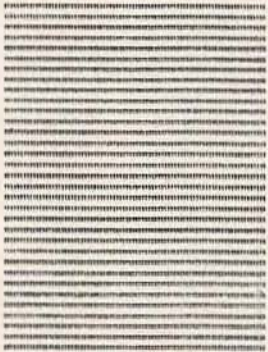
Dr. DIANY YOGIANTORO.



16 OCT 1996



dibacakan pada tanggal 19 Februari 1993.



LABORATORIUM / UPF ILMU PENYAKIT MATA
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS AIRLANGGA /
RUMAH SAKIT UMUM DAERAH Dr. SOETOMO
SURABAYA

DAFTAR PERBAIKAN

1. DAFTAR ISI :
Koretaks oksipital --> korteks oksipital
Di dalam --> didalam .. dan daerah asosiasi
2. DAFTAR GAMBAR :
Ada tambahan Gambar-2 : Sel batang dan kerucut
3. Halaman 1
Mengalasiswa --> menganalisa
n Wiesel --> N. Wiesel
4. Halaman 3
Berupah menjadi --> berupa suatu
Tambahan gambar
5. Halaman 7
(kotoma absolute) --> skotoma absolute
6. Hal 8
Pars --> bagian
8. Hal 9
Saraf optik --> kiasma optik
9. Hal 10
- Pupillomotor --> pupilomotor
- Magnocellular, parvocellular --> dicetak miring
10. Halaman 19
retinen, aldehida dll --> ketik miring
11. Halaman 22
Cone opsin --> konopsin
12. Halaman 27
Lobus occipitalis --> lobus oksipital

*See,
P*

*Diany Yogiandoro
(Perubimbing)*

Dr. Els Aswan G

DR. ELS ASWAN G
(IDU ASUH)

DAFTAR ISI

000471995 3141

| | Halaman |
|---|---------|
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| II. SUSUNAN LINTASAN SENSORIK PENGLIHATAN | 2 |
| A. Sel-sel saraf retina | 3 |
| B. Sabut saraf yang menghubungkan retina dengan korteks oksipital | 6 |
| 1. Saraf optik | 7 |
| 2. Kiasma optik | 8 |
| 3. Traktus optik | 9 |
| 4. Korpus genikulatum lateral | 10 |
| 5. Radiasi optik | 11 |
| C. Korteks Oksipital | 12 |
| III. TOPOGRAFI SERABUT SARAF | 13 |
| IV. FISILOGI | 16 |
| A. Radiasi Elektromagnetik | 16 |
| B. Penerimaan cahaya pada sel fotoreseptor.. | 18 |
| 1. Fungsi sel batang dan kerucut | 18 |
| 2. Fotokimia pada fotoreseptor | 19 |
| 3. Potensial reseptor pada sel batang dan kerucut | 21 |
| 4. Hubungan perangsangan fotoreseptor dengan sel saraf lain di retina | 23 |
| C. Penghantaran signal dari sel ganglion ke korteks oksipital | 25 |
| D. Penglihatan didalam korteks oksipital ke daerah asosiasi | 27 |
| V. RINGKASAN | 29 |
| VI. PENUTUP | 30 |
| VII. KEPUSTAKAAN | 32 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1 : Lintasan sensorik penglihatan | 3 |
| Gambar 2 : Sel batang dan kerucut | 4 |
| Gambar 3 : Susunan saraf retina : Kiri, daerah perifer dan Kanan daerah fovea | 5 |
| Gambar 4 : Diagram lintasan sensorik penglihatan dan jalur reflek | 6 |
| Gambar 5 : Saraf optik | 8 |
| Gambar 6A : Kiasma optik | 9 |
| Gambar 6B : Penyilangan serabut saraf pada kiasma optik | 9 |
| Gambar 7 : Traktus optik | 10 |
| Gambar 8 : Potongan melintang korpus genikulatum lateral | 11 |
| Gambar 9 : Radiasi optik | 12 |
| Gambar 10 : Daerah-daerah korteks serebri dari Brodmann | 13 |
| Gambar 11 : Diagram lintasan sensorik penglihatan dilihat dari atas | 14 |
| Gambar 12 : Spektrum radiasi elektromagnetik | 17 |
| Gambar 13 : Penyerapan spektrum cahaya pada sel batang dan kerucut | 18 |
| Gambar 14 : Diagram dari peristiwa pada sel batang setelah menerima energi cahaya | 20 |
| Gambar 15 : Fotokimia dari siklus penglihatan rodopsin retinen-vitamin A | 21 |
| Gambar 16 : Dasar teori untuk pembangkitan suatu potensial reseptor | 22 |
| Gambar 17 : Hubungan sinaptik sel fotoreseptor dengan sel saraf lain di retina | 24 |
| Gambar 18 : Kiri, perangsangan dan penghambatan daerah retina ketika terkena seberkas cahaya. Kanan, respon sel ganglion terhadap cahaya (1) daerah yang dirangsang seberkas cahaya, (2) daerah sekitar berkas cahaya yang terangsang | 26 |
| Gambar 19 : Susunan daerah asosiasi pada korteks oksipital | 27 |



I. PENDAHULUAN

Manusia dikaruniai dengan kelima inderanya yang masing-masing terdiri dari pendengaran, penciuman, pengecap, perabaan dan penglihatan, dimana masing-masing indera mempunyai sifat-sifat tertentu. (7)

Apabila kita membicarakan indera penglihatan, maka pada umumnya kita terpaku dan merasa cukup membatasi pembicaraan kita pada kedua mata. Hal ini sebenarnya kurang tepat, sebab dengan kedua mata tanpa saluran-saluran saraf yang menghubungkan dengan pusat penglihatan dalam otak kita belum mungkin melihat apalagi menilai, menganalisa atau memberi tanggapan dari apa yang kita lihat.

Penglihatan manusia terjadi bukan di dalam mata, tetapi di dalam otak. Leonardo da Vinci tahun 1500 membuat sketsa anatomi tentang hubungan mata dan otak. Sesudah beberapa generasi ahli fisika, ahli biologi dan ahli psikologi menyatukan bukti-bukti yang kerap kali saling bertentangan maka mulai dipahami penglihatan ini. Franz Boll tahun 1877 mengamati adanya perubahan pada mata kodok ketika terkena cahaya. David H. Hubel dan N. Wiesel tahun 1959 dalam percobaannya memasang elektrode pada otak kucing kemudian menyalakan sinar dimukanya, maka segera terlihat reaksi listrik terhadap cahaya di sel-sel otak. Kedua eksperimen yang terpisah hampir satu abad tersebut, menentukan permulaan dan akhir suatu proses konversi yang menentukan dalam penglihatan. Yang pertama menemukan peru-



bahan cahaya menjadi reaksi kimia sedangkan yang kedua menemukan hasil akhir reaksi-reaksi tersebut sebagai suatu isyarat yang merangsang sel-sel otak untuk melihat setelah melalui serat saraf yang menghubungkan sel-sel fotoreseptor di retina dengan sel otak. (7,15)

Tidak jarang penderita datang pada dokter mata dengan gangguan penglihatan dimana kita tidak menjumpai kelainan pada bola mata itu sendiri, sehingga untuk mengetahui kelainan tersebut perlu pengetahuan tentang saluran saraf yang menghubungkan bola mata ke pusat penglihatan. Berdasar hal diatas penulis tertarik untuk mempelajari lebih dalam mengenai lintasan sensorik penglihatan yang dapat menjelaskan salah satu penyebab dari gangguan penglihatan tersebut.

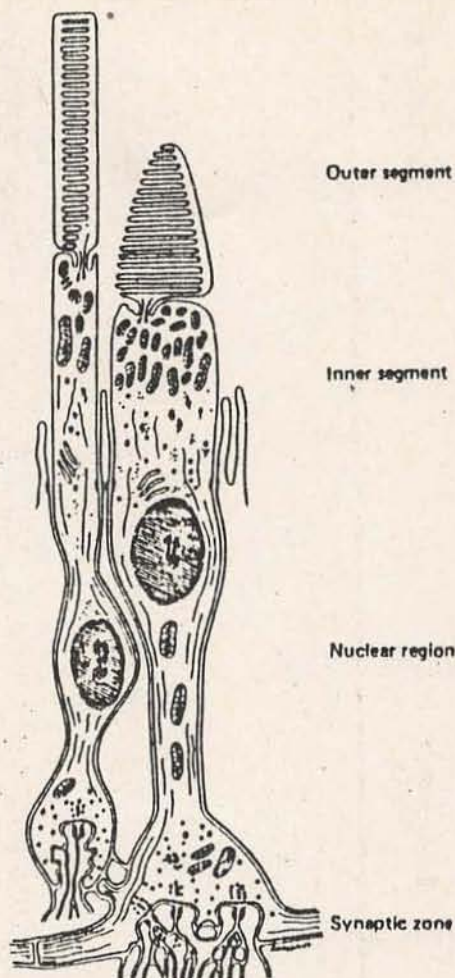
Pada makalah ini akan dibahas mengenai susunan, topografi dan fisiologi yang berkaitan dengan lintasan sensorik penglihatan.

II. SUSUNAN LINTASAN SENSORIK PENGLIHATAN

Susunan lintasan sensorik penglihatan sebaiknya kita bicarakan sebagai suatu kesatuan, yang dalam garis besar terdiri dari :

- A. Sel-sel saraf retina
- B. Sabut saraf yang menghubungkan retina dengan otak
- C. Pusat penglihatan dalam otak (Korteks oksipital).

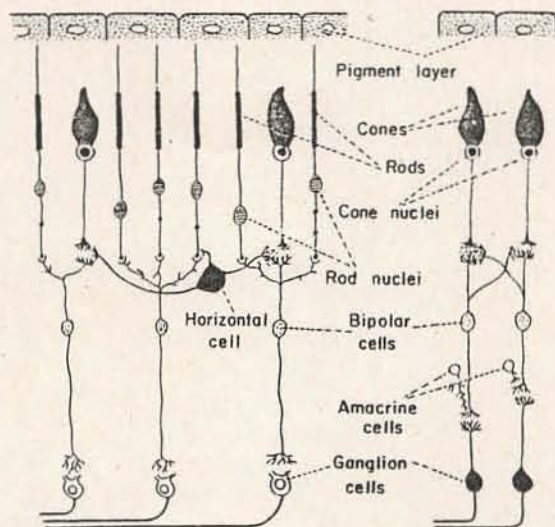
Gambar 2. Sel batang dan kerucut



Diambil dari : Ganong, W.F., Review of Medical Physiology, 1983, p. 119.

Segmen dalam mengandung mitokondria yang berperan penting memberikan energi untuk fungsi reseptor. Korpus sinaptik adalah bagian sel batang dan kerucut yang berhubungan dengan sel bipolar. Selanjutnya sel bipolar mengadakan sinaps dengan sel ganglion. Akson sel ganglion berkumpul dan meninggalkan bola mata sebagai saraf optik. Sel horisontal menghubungkan sel reseptor satu dengan yang lainnya dan sel amakrin menghubungkan sel ganglion satu dengan yang lainnya. (2,8,9)

Gambar 3. Susunan saraf retina : Kiri, daerah perifer dan kanan daerah fovea.



Diambil dari : Guyton, A.C., Textbook of Medical Physiology, 1981, p. 749.

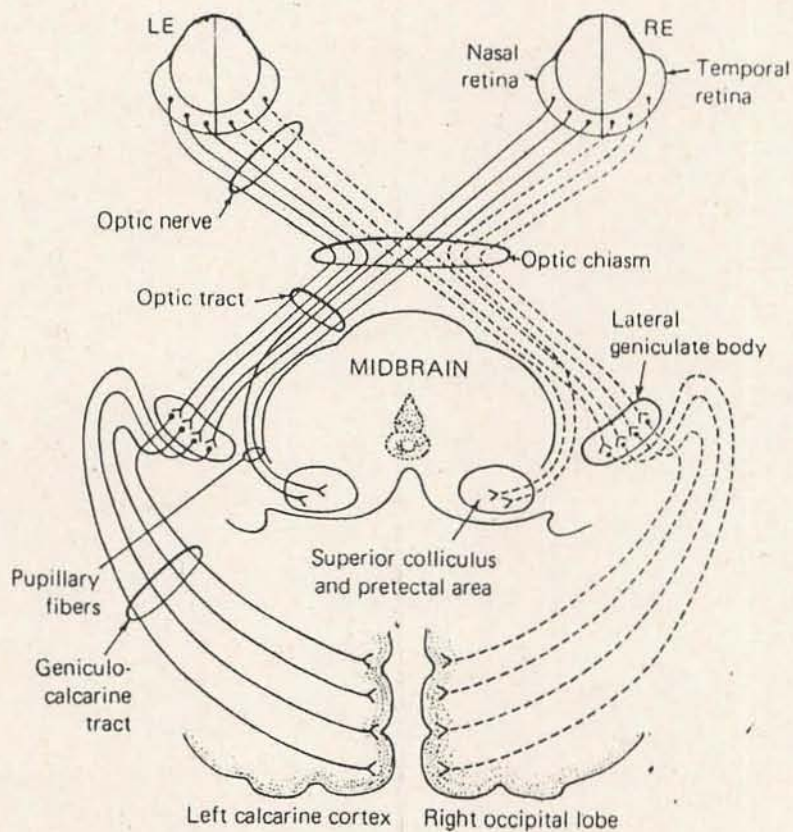
Seluruh permukaan retina dari tiap mata mengandung sekitar 120 juta sel batang dan 6 juta sel kerucut, akan tetapi hanya ada 1,2 juta serabut saraf dalam tiap saraf optik, maka konvergensi keseluruhan dari reseptor melalui sel bipolar pada sel ganglion menjadi kira-kira 150 : 1. Akan tetapi terdapat perbedaan nyata antara retina perifer dan retina sentral karena makin mendekati fovea makin lama makin sedikit sel batang bersatu pada setiap serabut saraf optik. Pada bagian paling sentral (fovea) tidak terdapat sel batang sama sekali. Jumlah serabut saraf optik sama dengan jumlah sel kerucut pada fovea. (4,6,9,16)

B. Sabut saraf yang menghubungkan retina dengan korteks oksipital

Setelah impuls meninggalkan retina, akan berjalan ke arah posterior, berturut-turut melalui :

1. Saraf optik
2. Kiasma optik
3. Traktus optik
4. Korpus genikulatum lateral
5. Radiasi optik.

Gambar 4 : Diagram lintasan sensorik penglihatan dan jalur reflek



Diambil dari: Vaughn, D., *General Ophthalmology* 1989, p. 242.

1. Saraf optik

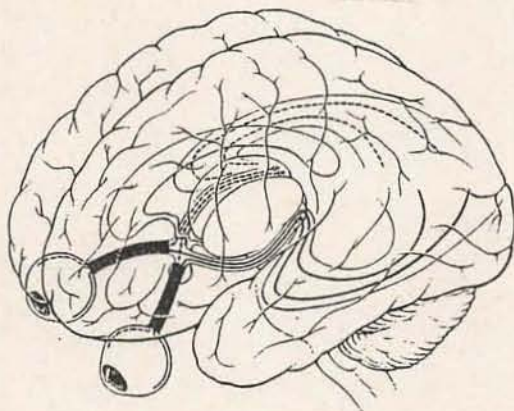
Saraf optik terdiri dari 4 bagian : bagian intraokular, intraorbita, intrakanalikular dan intrakranial (7,19,21). Bagian intraokular diwakili oleh papil saraf optik, yaitu suatu titik dimana semua akson sel ganglion keluar dari mata. Bagian ini terletak 3-4 mm sebelah nasal fovea, panjang 1 mm, diameter 1,5 mm pada bagian anterior dan 3-4 mm di bagian posterior. Serabut saraf optik bagian intraokular tidak bermielin, tidak ada fotoreseptor pada daerah ini dan membuat suatu bintik buta (skotoma absolute), pada daerah temporal dari lapang pandangan disebut bintik buta Mariotte (5,17).

Bagian intraorbita panjangnya 20-30 mm, mulai dari bulbus okuli sampai ke foramen optik, berbentuk S yang memanjang. Diameter antara 3-4 mm. Serabut saraf disini bermielin dan dilapisi oleh 3 lapisan meningen : duramater, arachnoid dan piamater. Pada foramen optik saraf ini dikelilingi oleh origo otot-otot luar bola mata (5,17,21).

Bagian intrakanalikular, saraf optik masuk ke kanalis optik melalui foramen optik yang terletak pada apek orbita. Berjalan ke posteromedial dalam tulang sphenoid dan membentuk sudut 35 derajat dengan bidang midsagital. Dalam kanalis optik panjangnya 4-10 mm dan lebar 4-6 mm, bersama dengan arteri oftalmik dan perluasan meningen intrakranial yang menyelimuti saraf optik (17,21).

Bagian intrakranial, saraf optik meninggalkan kanalis optik dan bergabung pada kiasma optik. Untuk mencapai kiasma optik, saraf optik berjalan ke posteromedial dan naik membuat sudut 45 derajat dengan garis nasotuberulum. Pada bagian intrakranial panjang saraf optik 10-16 mm dan berdiameter 4,5 mm (5,7,17).

Gambar 5 : Saraf optik



Diambil dari : Coles, W.H., Ophthalmology a diagnostic text, 1989, p. 101.

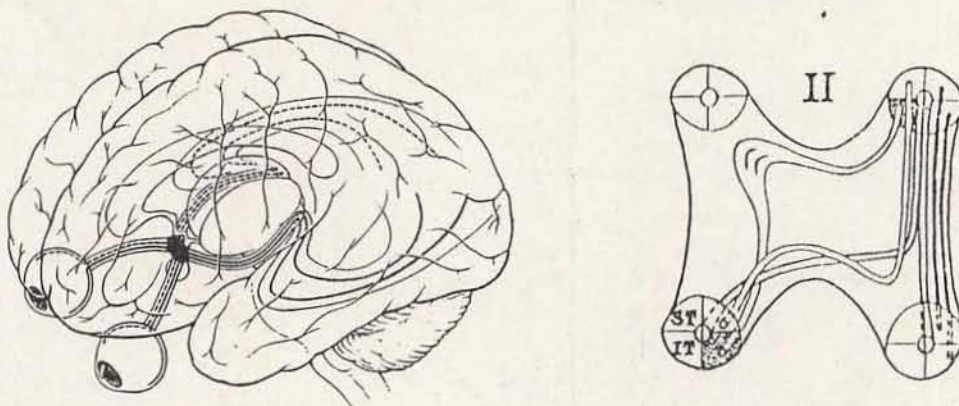
2. Kiasma Optik

Kiasma optik dibentuk oleh gabungan dua saraf optik. Kiasma optik terletak dekat atap diafragma sellars, pada daerah ini terletak kelenjar hipofise. Sisi superior dan posterior ikut membentuk permukaan anteroinferior ventrikel 3. Kiasma optik berukuran 8mm pada anterior ke posterior, melintang 12-18 mm dan tingginya 4 mm. (18,19)

Dalam kiasma optik beberapa serabut saraf (53%) melewati tanpa menyilang, sedangkan yang lain (47 %) menyilang. Serabut-serabut makular membentuk sebagian besar kiasma bagian nasal, dekusasi serabut makular

menyilang pada bagian posterior kiasma. Serabut saraf dari retina bagian nasal membentuk serabut-serabut ventral dan dorsal, menyilang kearah anterior dan posterior kiasma. Serabut-serabut tersebut berputar dan masuk pada bagian kiasma optik yang berlawanan, putaran tersebut disebut Lutut Willebrandt (2,7,19).

Gambar 6A : Kiasma optik Gambar 5B : Penyilangan serabut saraf pada kiasma optik



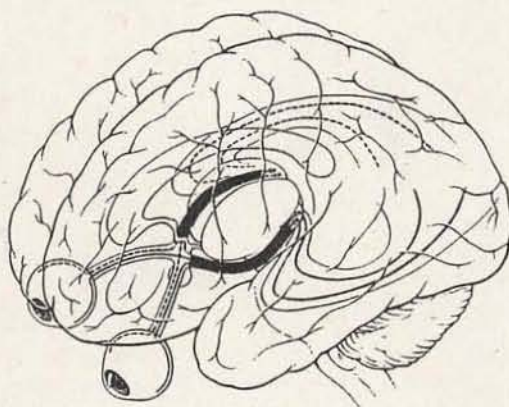
Diambil dari: Coles, W.H., Ophthalmology a diagnostic text, 1989 p. 103 (Gambar 6A)
Walsh, T.J., The interpretation of visual fields, 1979, p. 99 (Gambar 6B).

3. Traktus optik

Traktus optik dimulai dari bagian belakang kiasma optik. Kedua traktus optik dipisahkan oleh tangkai kelenjar hipofise dan ventrikel ke-3 pada bagian atas. Traktus-traktus tersebut berisi serabut-serabut penglihatan dan serabut pupillomotor, juga berisi serabut saraf retina bagian nasal yang menyilang dari mata yang berlawanan dan serabut-serabut saraf dari retina bagian temporal yang tidak menyilang dari mata sisi yang sama. Setiap traktus menyebar dan

berjalan ke posterior, semua serabut penglihatan pada traktus optik bersinap pada korpus genikulatumlateral sedang serabut-serabut yang lain kira-kira 10-15% meninggalkan traktus optik sebelum berakhir di korpus genikulatum lateral dan berjalan ke medial kemudian berakhir di daerah pretektal. Serabut-serabut ini mewakili cabang aferen dari reflek pupilomotor (5,7).

Gambar 7 : Traktus Optik



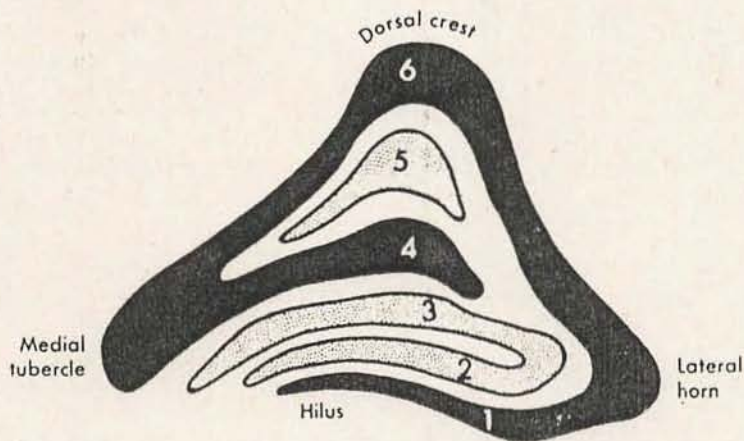
Diambil dari : Coles, W.H., *Ophthalmology a diagnostic text*, 1989, p. 105.

4. Korpus Genikulatum Lateral

Akhir dari semua lintasan serabut-serabut sensorik penglihatan dibagi dalam 6 lapisan di korpus genikulatum lateral. Sel ganglion retina dari mata sisi yang sama bersinap pada lapisan 2, 3, 5. Sedangkan sel dari mata yang berlawanan bersinap pada lapisan 1, 4, 6. Lapisan 1 dan 2 terdiri dari sel yang lebih besar dan disebut *Magnocellular* sedangkan lapisan 3, 4, 5 dan 6 disebut *Parvocellular*. Traktus bagian belakang mengalami putaran 90 derajat sewaktu memasuki korpus

genikulatum lateral sehingga serabut retina superior terletak pada sisi medial, serabut dari retina inferior terletak pada sisi lateral, sedangkan dari daerah makula terletak di daerah dorsal (5,18).

Gambar 8 : Potongan melintang korpus genikulatum lateral



Diambil dari : Harrington, D.O.; Drake, M.V.: The visual fields text and atlas of clinical perimetri 1990, p. 79.

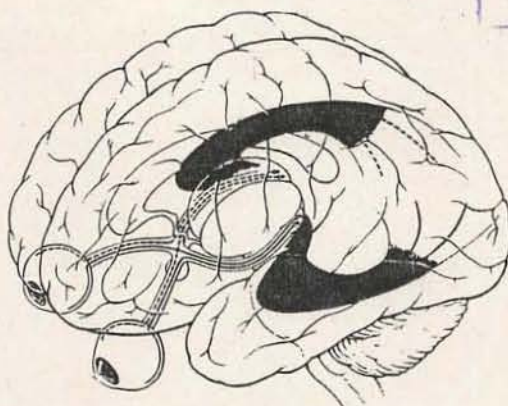
5. Radiasi Optik

Dari korpus geniculatum lateral optik, serabut penglihatan masuk ke radiasi optik. Serabut-serabut superior meninggalkan korpus genikulatum lateral dan berjalan langsung ke korteks oksipital atau area 17. Serabut-serabut inferior berputar mengelilingi sistim ventrikular kemudian masuk ke korteks oksipital, keadaan ini disebut sebagai busur Meyer.

Radiasi optik terdiri dari 3 kelompok besar, pada serabut bagian superior terdiri dari serabut-serabut yang berasal dari lapang pandangan inferior.

Bagian inferior berasal dari lapang pandangan superior sedangkan bagian sentral berasal dari makula (5,7,21).

Gambar 9 : Radiasi Optik



Diambil dari : Coles, W.H., Ophthalmology a diagnostic text, 1989, p. 105.

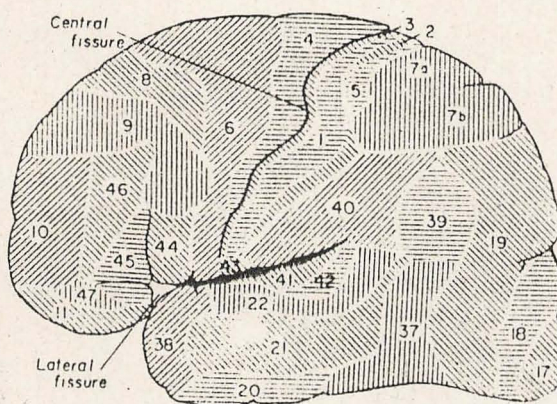
C. Korteks Oksipital

Korteks oksipital disebut juga area 17 dari Brodmann atau korteks striata, terletak pada fisura interhemisfer dan berhubungan dengan falks serebi. Area ini pada bagian anteriornya berhubungan dengan splenium dari korpus kalosum dan dipisahkan menjadi bagian superior dan inferior oleh fisura kalkarina yang berjalan horisontal. Daerah sekitar fisura kalkarina disebut korteks kalkarina.

Serabut-serabut makular menyusun sebagian besar korteks oksipital terletak 1-2 cm kearah lateral sampai ke permukaan posterior. Serabut-serabut saraf retina perifer memproyeksikan ke daerah anterior pada

sisi medial, serabut-serabut dari daerah retina superior terletak dibagian dorsal, sedangkan dari retina inferior terletak dibagian ventral (5,7,21).

Gambar 10: Daerah-daerah korteks serebri dari Brodmann



Diambil dari: Guyton, A. C., Textbook of Medical Physiology, 1981, p. 217.

III. TOPOGRAFI SERABUT SARAF

Serabut-serabut saraf retina masuk ke papil saraf optik dibagi dalam 3 bundel yang spesifik, yaitu : Bundel papilomakular, berasal dari daerah makula masuk ke papil saraf optik pada sisi temporal. Bundel Arkuata, berasal dari retina sisi temporal masuk ke papil saraf optik pada sisi superior dan inferior. Bundel nasal radiating superior dan inferior, berasal dari serabut retina sisi nasal, masuk ke papil saraf optik sisi nasal (2,5,19).

gian proksimal saraf optik serabut makula terletak di sentral, serabut perifer temporal superior terletak di temporal superior, serabut perifer nasal superior terletak di nasal superior, serabut perifer temporal inferior terletak di temporal inferior, serabut perifer nasal inferior terletak di nasal inferior (2,17,20).

Pada kiasma optik, serabut-serabut dari kwadran nasal superior kedua retina terletak di bagian dorsal sedangkan dari retina kwadran temporal superior terletak di bagian dorso lateral. Serabut-serabut dari kwadran nasal inferior kedua retina terletak di bagian ventral sedangkan dari retina kwadran temporal inferior terletak di bagian ventro lateral. Serabut dari makula kedua retina terletak sentral dan horisontal sampai kedua sisi lateral kiasma optik (2,20).

Pada traktus optik bagian distal, serabut yang berasal dari retina kwadran temporal superior ipsilateral dan retina kwadran nasal superior kontralateral terletak *dorsomedial*. Serabut yang berasal dari retina kwadran temporal inferior ipsilateral dan retina kwadran nasal inferior kontralateral terletak ventrolateral, sedangkan serabut-serabut makula sebagian dari ipsilateral dan kontralateral pada daerah sentral. Dalam perjalanannya terjadi perputaran sehingga pada bagian proksimal traktus optik, serabut saraf yang tadinya terletak *dorsomedial* menjadi medial dan yang semula ventrolateral menjadi lateral sedangkan dari makula terletak pada daerah dorsal (2,20).

IV. FISILOGI

Untuk terjadinya sensasi penglihatan diperlukan suatu proses yang cukup rumit. Otak kita tidak mampu menerima cahaya dalam bentuk aslinya, maka dalam hal ini sel fotorèseptor sebagai sel saraf pertama pada lintasan sensorik penglihatan akan merubah cahaya yang diterimanya menjadi impuls saraf. Impuls saraf tersebut diteruskan melalui serabut saraf pada lintasan sensorik penglihatan dan akhirnya dapat diterima oleh pusat penglihatan di dalam otak. (1,9,10,15)

Selanjutnya secara berurutan akan dibahas mengenai :

- A. Radiasi elektromagnetik
- B. Penerimaan cahaya pada sel fotoreseptor :
 - 1. Fungsi sel batang dan kerucut
 - 2. Fotokimia pada fotoreseptor
 - 3. Potensial reseptor pada sel batang dan kerucut
 - 4. Hubungan perangsangan fotoreseptor dengan sel saraf lain di retina
- C. Penghantaran signal dari sel ganglion ke korpus genikulatum lateral
- D. Penglihatan di korteks oksipital dan daerah asosiasi.

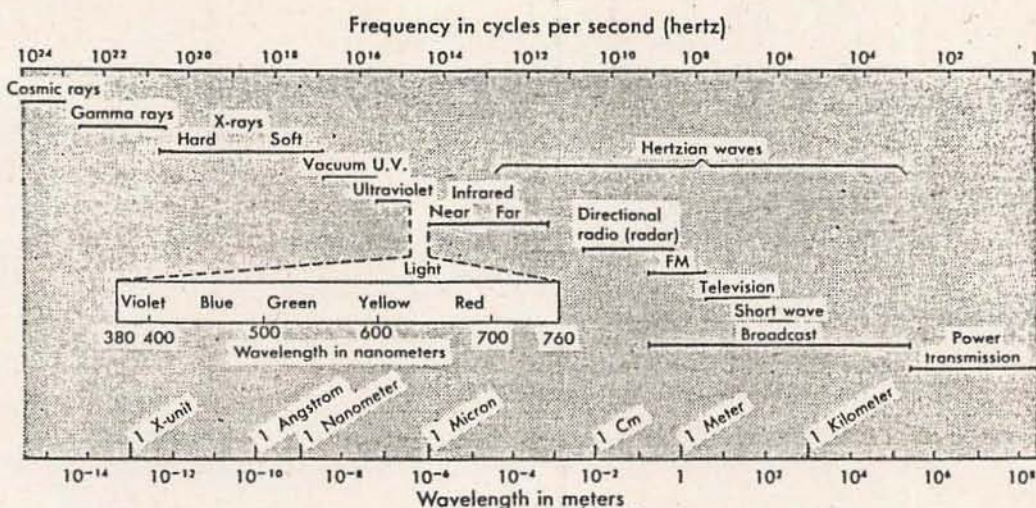
A. Radiasi elektromagnetik

Apabila kita membicarakan fisiologi pada lintasan sensorik penglihatan perlu kiranya kita membahas cahaya atau sinar terlebih dahulu.

Cahaya merupakan bagian kecil dari spektrum radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik terdiri dari berbagai macam ukuran frekwensi dan panjang ge-

lombang yang tersusun dalam spektrum energi dengan batas-batas yang belum diketahui secara pasti. Radiasi elektromagnetik yang mempunyai gelombang berukuran panjang kita kenal sebagai gelombang radio. Pada bagian ujung yang lain dari spektrum didapatkan gelombang ukuran pendek dan kita kenal sebagai sinar kosmik, sinar gamma. Dari ukuran yang terpanjang sampai yang terpendek dalam spektrum, sebenarnya hanya sebagian kecil saja yang dapat merangsang sel fotoreseptor. Selanjutnya bagian spektrum radiasi elektromagnetik yang dapat merangsang sel fotoreseptor dikenal sebagai cahaya. Maxwell mengidentifikasi bahwa cahaya mempunyai panjang gelombang kira-kira dalam rentangan 400 - 750 nm (1,4,10,14).

Gambar 12 : Spektrum radiasi elektromagnetik



Diambil dari : Moses R.A. : Adler's Physiology of the eye, 1975, p. 354

B. Penerimaan cahaya pada sel fotoreseptor

Seperti dikatakan sebelumnya cahaya merupakan bagian dari spektrum radiasi elektromagnetik. Sel batang dan kerucut mempunyai kemampuan menyerap cahaya secara maksimal pada panjang gelombang tertentu.

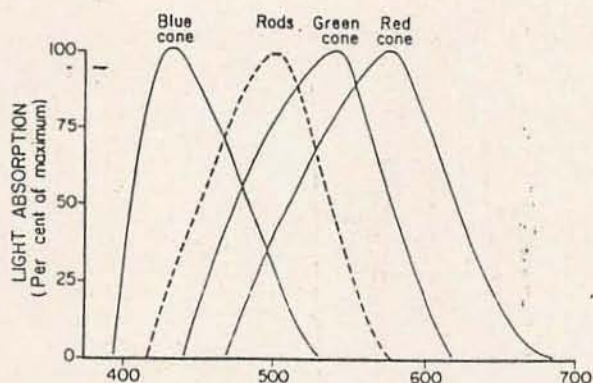
Setelah cahaya diserap oleh sel batang dan kerucut akan terjadi proses fotokimia dan timbulnya potensial reseptor, kemudian sel fotoreseptor tersebut akan mengeluarkan neurotransmitter yang siap merangsang sel saraf berikutnya (6,9,18).

Selanjutnya akan dibahas lebih rinci mengenai hal-hal tersebut :

1. Fungsi sel batang dan kerucut

Sel batang dan kerucut adalah sel-sel saraf di retina yang paling berperan dalam hal penyerapan cahaya. Segmen luar sel batang dan kerucut mengandung pigmen peka cahaya, pada sel batang disebut rodopsin dan pada sel kerucut disebut konopsin (2,3,4,9).

Gambar 13 : Penyerapan spektrum cahaya pada sel batang dan kerucut



Diambil dari : Guyton, A.C., Textbook of Medical Physiology, 1981, p. 741.

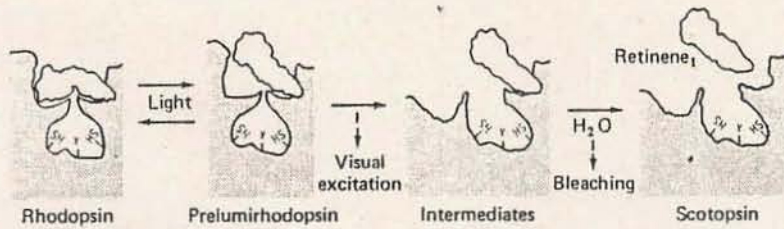
Dikatakan panjang gelombang cahaya yang maksimal diserap oleh rodopsin berbeda dengan konopsin. Rodopsin menyerap cahaya yang maksimal pada panjang gelombang 500 nm sedangkan konopsin pada 3 panjang gelombang yaitu 440 nm, 540 nm dan 570 nm. Selain menyerap panjang gelombang tersebut juga menyerap panjang gelombang yang berdampingan (6,9,10).

2. Fotokimia pada fotoreseptor

Senyawa peka cahaya pada sel fotoreseptor tersusun dari protein yang dinamakan opsin dan *retinen₁ aldehida* dari vitamin A₁, karena retinen adalah *aldehida* maka dinamakan *retinal*. Retinen dalam rodopsin berbentuk *isomer 11 cis*. Vitamin A sendiri adalah alkohol oleh karena itu dinamakan *retinol* (6,8,18).

Bila energi cahaya diserap oleh rodopsin, maka rodopsin tersebut segera mulai terurai dan merubah bentuk *11 cis* menjadi *all trans isomer* kemudian membentuk prelumirodopsin. Perubahan bentuk *11 cis* menjadi *all trans isomer* akan meluruskan *retinen₁* dan terjadi perubahan bentuk opsin. Pembukaan opsin dari *retinen₁* akan membuka gugus reaktif dan akhirnya mengkatalisa reaksi yang menghasilkan potensial reseptor (6,8,9,14).

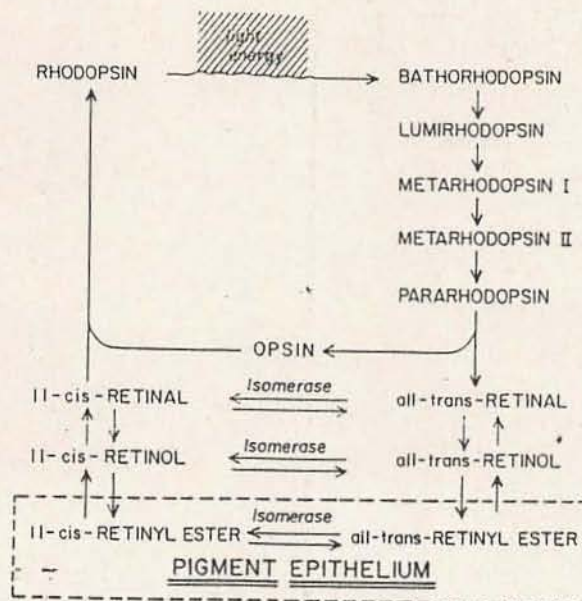
Gambar 14 : Diagram dari peristiwa pada sel batang setelah menerima energi cahaya



Diambil dari : Ganong, W.F.: Review of Medical Physiology, 1983, p. 115.

Proses selanjutnya prelumi rodopsin (disebut juga batorodopsin) merupakan persenyawaan yang sangat tidak stabil dan pecah menjadi lumirodopsin. Lumirodopsin juga merupakan persenyawaan yang tidak stabil dan berturut-turut pecah menjadi metarodopsin I, II dan pararodopsin. Semuanya persenyawaan tersebut merupakan gabungan longgar dari *retinene₁* *all trans* dan skotopsin. Pararodopsin juga tidak stabil, dalam beberapa detik berikutnya terurai menjadi *all trans retinal* yang terpisah dari skotopsin (6,8,12,14).

Gambar 15 : Fotokimia dari siklus penglihatan rodopsin retinen-vitamin A.



Diambil dari : Guyton, A.C. : Textbook of Medical Physiology, 1981, p. 739.

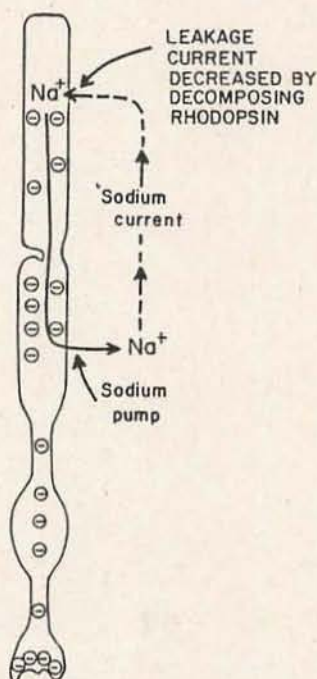
Sel peka cahaya didalam sel kerucut mempunyai komposisi yang hampir tepat sama seperti pada sel batang. Satu-satunya perbedaan adalah bagian protein yang disebut fotopsin didalam sel kerucut berbeda dengan skotopsin pada sel batang (8,12).

3. Potensial reseptor pada sel batang dan kerucut

Timbulnya potensial reseptor didalam sel batang dan kerucut disebabkan oleh mekanisme kimia (fotokimia) setelah pigmen fotoreseptor menyerap cahaya (9,12).

Dalam keadaan gelap segmen dalam sel batang dan kerucut terus-menerus memompa keluar Na^+ secara aktif oleh energi metabolik dari mitokondria. Dengan keluarnya Na^+ dalam segmen dalam akan membuat suatu potensial negatif didalam seluruh sel tersebut, akan tetapi dalam keadaan tidak terangsang terdapat gerakan pasif yang cukup besar dari Na^+ ke segmen luar sel batang dan kerucut. Oleh karena itu Na^+ terus-menerus masuk kembali ke bagian dalam sel batang dan kerucut sehingga menetralkan keadaan negatif pada bagian dalam seluruh sel (6,8,9,12).

Gambar 16 : Dasar teori untuk pembangkitan suatu potensial reseptor



Diambil dari : Guyton, A.C.: Textbook of Medical Physiology, 1981, p, 740.

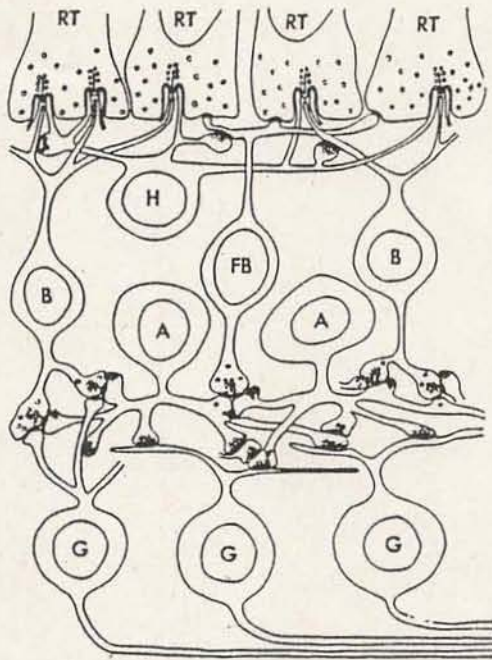
Apabila rodopsin atau konopsin terkena cahaya dan mulai terurai, dan bekerja sama dengan Ca^{2+} akan menurunkan masuknya Na^+ ke bagian segmen luar sel batang dan kerucut meskipun Na^+ masih terus-menerus dipompakan keluar dari segmen dalam. Hilangnya Na^+ dari sel batang dan kerucut meningkatkan keadaan negatif dalam sel tersebut. Proses tersebut dikenal sebagai hiperpolarisasi fotoreseptor. Pada keadaan hiperpolarisasi akan melepaskan *neurotransmitter* pada akhir sinap yang mengatur membran potensial dari sel saraf urutan berikutnya (1,6,8,9,13).

Sel batang berbeda dengan sel kerucut setelah menyerap cahaya. Pada sel batang mudah terjadi penjenjuran kemudian mengurangi kebutuhan metabolik untuk memompa keluar Na^+ , sehingga terjadi penurunan elektronegatif dalam sel dan terjadi depolarisasi. Pada sel kerucut akan jenuh dalam waktu singkat tetapi dalam beberapa detik membuka kembali saluran saluran Na^+ supaya bereaksi pada sinar yang lebih cerah. Maka dari itu sel kerucut harus terus-menerus memompa keluar Na^+ dari segmen dalam, hal ini dapat dilaksanakan oleh sel kerucut oleh karena kaya akan mitokondria. Kemampuan adaptasi tersebut membuat sel kerucut mampu bereaksi pada cahaya yang sangat terang (8,14).

4. Hubungan perangsangan sel fotoreseptor dengan sel saraf lain di retina

Badan-badan sinaps sel batang dan kerucut membuat hubungan yang erat dengan dendrit-dendrit sel bipolar dan sel horisontal. Sel bipolar merupakan penghantar utama signal penglihatan dari sel fotoreseptor ke sel ganglion. Adanya hiperpolarisasi pada sel fotoreseptor menyebabkan juga hiperpolarisasi sel bipolar yang tentunya dipengaruhi oleh sel horisontal yang bersinaps padanya. Selanjutnya sel bipolar yang terangsang akan merangsang sel ganglion karena sel bipolar hanya sebagai sel perangsang (6,9,14,19).

Gambar 17 : Hubungan sinaptik sel fotoreseptor dengan sel saraf lain di retina.



Keterangan gambar: A = sel amakrin H = sel horisontal
B = sel bipolar RT = akhir reseptor
G = sel ganglion FB = sel bipolar pipih

Dikutip dari: Moses, R.A., Adler's physiology of the eye, 1975
p. 385.

Sel fotoreseptor yang terangsang juga akan diteruskan ke sel horisontal. Sel horisontal yang terangsang akan menghantarkan signal penghambatan pada sel bipolar yang terletak lateral dari titik perangsangan. Dengan demikian dapat mengontrol reaksi sel-sel tersebut, salah satu tujuannya adalah menambah kontras pada lapang pandangan (6,8).

Sel amakrin mengadakan sinaps dengan sel bipolar, sel bipolar yang terangsang akan menyebabkan perangsangan pada sel amakrin. Sel amakrin yang terangsang selanjutnya mengirim signal penghambatan ke sel ganglion. (6,9)

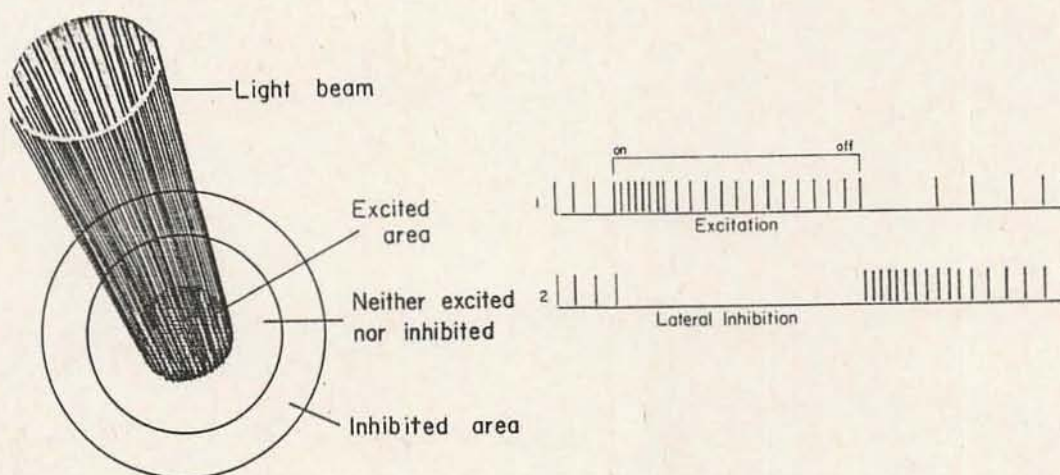
C. Penghantaran signal dari sel ganglion ke korteks oksipital

Bila seberkas cahaya merangsang sel fotoreseptor, signal dihantarkan langsung melalui sel bipolar kemudian ke sel ganglion pada daerah yang sama untuk menyebabkan perangsangan. Pada saat yang sama fotoreseptor yang terangsang akan menghantarkan signal inhibisi lateral melalui sel horisontal ke sel bipolar dan ganglion sekitarnya. Akibatnya terdapat sel ganglion yang terangsang dan terhambat proses ini merupakan mekanisme yang digunakan oleh sistim saraf untuk menambah kontras (6,8,11).

Pada pemantauan signal saraf, walaupun dalam keadaan tidak dirangsang sel-sel ganglion terus-menerus menghantarkan signal dengan kecepatan 5/detik. Terdapat serabut-serabut saraf yang khusus responsif saat sel ganglion dirangsang, signal penglihatan ini dapat merupakan signal perangsangan dengan jumlah signal yang lebih besar dari 5/detik. Pada serabut-serabut yang lain dapat berupa signal inhibisi dengan jumlah signal saraf kurang dari 5/detik sampai tidak ada sama sekali atau nol (6,8,11).

Gambar 18 : Kiri, perangsangan dan penghambatan daerah retina yang terkena seberkas cahaya.

Kanan, respon sel ganglion terhadap cahaya (1) daerah yang dirangsang seberkas cahaya, (2) daerah sekitar berkas cahaya yang terangsang.



Diambil dari : Guyton, A.C., Textbook of Medical Physiology, 1981, p. 751.

Akson sel ganglion yang membawa signal perangsangan akhirnya sampai pada korpus genikulatum lateral. Seperti pada sel-sel saraf di retina, pada korpus genikulatum lateral juga terdapat fungsi yang berlawanan pada sel di pusat perangsangan dengan sel di pinggir perangsangan, hal ini berfungsi menambah kontras (9,14).

Selanjutnya signal dari korpus genikulatum lateral diteruskan ke area 17 korteks oksipital melalui radiasi optik.

D. Penglihatan di dalam korteks oksipital

Korteks penglihatan primer, yaitu pusat penglihatan di dalam otak yang juga dikenal sebagai area 17 dari Brodmann atau area Striatá, terletak dibagian paling ujung belakang dari otak. Tiap-tiap bagian dari retina dihubungkan pada daerah tertentu di korteks penglihatan primer (7,9).

Perangsangan pada korteks penglihatan primer didalam lobus oksipital menyebabkan orang tersebut melihat garis-garis terang, warna-warna atau penglihatan sederhana lainnya. Korteks penglihatan primer tidak dapat menganalisa secara sempurna pola pola penglihatan yang rumit, untuk itu rangsangan pada daerah ini diteruskan ke daerah asosiasi penglihatan (6,9).

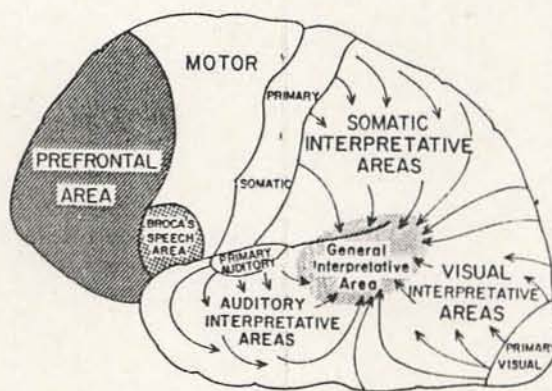
Meskipun daerah sensorik primer tidak dapat menganalisa sensasi yang masuk secara keseluruhan tetapi apabila daerah ini dirusak maka kemampuan orang tersebut sangat terganggu. Misalnya hilangnya korteks penglihatan primer satu lobus oksipital menyebabkan orang tersebut menjadi buta pada setengah bagian retina (*homonim hemi anopsia*), hilangnya kedua hemisfer korteks penglihatan primer akan menyebabkan kebutaan total.

Disekitar tepi daerah sensoris primer terdapat daerah-daerah yang disebut daerah asosiasi sensorik atau daerah sensoris sekunder dan dikenal sebagai area 18 dan 19 atau area Pre Striata, area ini memanjang 1-5 sentimeter. Semua signal yang di-

terima area primer kemudian diteruskan ke area sekunder (6,7,9).

Kerusakan pada daerah asosiasi sensorik sangat menurunkan kemampuan otak untuk menganalisa sifat-sifat sensasi yang kita alami. Misalnya kerusakan area 18, 19 pada lobus oksipital di dalam hemisfer dominan atau adanya tumor di daerah ini, tidak menyebabkan kebutaan atau mengganggu korteks penglihatan primer, tetapi benar-benar sangat menurunkan kemampuan orang tersebut untuk menafsirkan apa yang dilihatnya. Orang seperti itu sering kehilangan kemampuan memahami arti kata-kata yang dibaca, suatu keadaan yang disebut buta kata atau disleksia (6,7,9).

Gambar 19. Susunan daerah asosiasi pada korteks oksipital.



Diambil dari: Guyton, A.C. Textbook of Medical Physiology, 1981, p. 219.

Dari area 18, 19 signal penglihatan selanjutnya diteruskan ke bagian posterior girus temporalis inferior dan medial yang dikenal sebagai area 20, 21. Derajat integrasi informasi pada area 20 dan 21 jauh lebih tinggi.

Perusakan area 20 dan 21 membuat manusia mengalami kesukaran belajar yang berdasarkan persepsi penglihatan. Misalnya : orang tersebut mampu melihat piring dan makanannya dengan baik tetapi tidak dapat mengarahkan sendok pada makanan. Namun bila ia merasakan piring dengan tangannya yang lain ia dapat mengarahkan sendoknya dengan tepat dengan menggunakan informasi stereognosis dari korteks Somestetik (6,7,9,11).

V. RINGKASAN

Lintasan sensorik penglihatan merupakan lintasan yang panjang, mulai fotoreseptor menerima rangsangan cahaya dan merubah menjadi impuls saraf sehingga dapat diteruskan melalui serabut saraf sampai diterima oleh otak.

Susunan lintasan sensorik penglihatan merupakan suatu kesatuan yang dalam garis besarnya terdiri dari kedua bola mata, saluran saraf yang menghubungkan mata dengan otak dan pusat penglihatan dalam otak. Di dalam bola mata diwakili oleh sel dan serabut saraf retina, selanjutnya serabut-serabut tersebut menjadi papil saraf optik. Selama perjalanannya serabut-serabut saraf tersebut menempati daerah tertentu baik itu di saraf optik, kiasma optik,

traktus optik, korpus genikulatum lateral, radiasi optik hampir setengah dari serabut saraf retina bagian nasal mengadakan penyilangan.

Cahaya merupakan bagian kecil dari spektrum radiasi elektromagnetik, dapat merangsang sel fotoreseptor dengan efektif. Apabila energi cahaya diserap oleh rodopsin dan konopsin yang terdapat pada segmen luar sel batang dan kerucut, maka akan segera terjadi reaksi fotokimia. Selama proses tersebut akan mengkatalisa reaksi yang menghasilkan keadaan hiperpolarisasi pada sel fotoreseptor. Dalam keadaan tersebut sel fotoreseptor akan mengeluarkan neurotransmitter dan siap merangsang saraf urutan berikutnya. Selanjutnya impuls saraf dikirim melalui serabut saraf dan diterima oleh otak untuk menganalisa apa yang dilihat, maka rangsang yang diterima oleh pusat penglihatan primer perlu diteruskan ke daerah asosiasi korteks serebri.

VI. PENUTUP

Telah kami bicarakan mengenai susunan, topografi dan fisiologi yang berkaitan dengan lintasan sensorik penglihatan. Harapan kami tinjauan kepustakaan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada yang terhormat,

1. Dr. Diany Yogiantoro, sebagai pembimbing yang telah memberikan pengarahan, koreksi dan tambahan kepustakaan dalam penyusunan makalah ini sampai dapat terselesaikan, serta sebagai Ketua Program Studi Ilmu Penyakit Mata yang telah memberikan kesempatan untuk membacakan makalah ini.
2. Dr. Els Aswan Gumansalangi, sebagai ibu asuh yang memberi dorongan dan saran dalam penyusunan makalah ini sampai selesai.
3. Dr. Wisnujono Soewono, sebagai Kepala Laboratorium Ilmu Penyakit Mata yang telah memberikan kesempatan untuk menyampaikan makalah ini.
4. Bapak / ibu moderator dan sekretaris sidang yang telah meluangkan waktu untuk memimpin sidang pada pembacaan makalah ini.
5. Seluruh staf Laboratorium / UPF Ilmu Penyakit Mata yang telah ikut membantu, baik dalam tambahan kepustakaan maupun saran dalam penyusunan makalah ini.
6. Teman sejawat peserta PPDS I yang telah memberikan bantuannya sehingga makalah ini dapat terselesaikan.

VII. KEPUSTAKAAN

1. Ackerman, E. : Biophysical Science, diterjemahkan oleh Drs. Redjani dan Prof. Abdul Basir, Airlangga University Press, Surabaya, 1988, hal. 168-184.
2. Bajandas, F. J. : Neuro Ophthalmology Board Review Manual, Charles, B. Slack, USA, 1980, p. 2-12.
3. Bennett, A. G. : Clinical Visual Optics, 2nd ed, Brown and Company, Boston, 1989, p. 23-27.
4. Benson, W. E. : An Introduction to Colour Vision. In : Duaene, T. D. ed. Clinical Ophthalmology, Vol. 3, J.B. Lippincott Company, New York, 1988, p. 1-11.
5. Coles, W.H. : Ophthalmology a diagnostic text, Williams and Wilkins, Baltimore, 1989, p. 96-106.
6. Ganong, W.F. : Review of Medical Physiology, 10th ed Lange Medical Publication, California, 1983, p. 105-125.
7. Glaser, J. S. : Neuro Ophthalmology, 2nd ed, J. B. Lippincott Company, Philadelphia, 1990, p. 61-79.
8. Gouras, P. : Physiology of the Retina In : Duaene T.D. ed. Clinical Ophthalmology, Vol. 3, J.B. Lippincott Company, New York, 1988, p. 1-11.
9. Guyton, A. C. : Textbook of Medical Physiology, 6th ed., W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1981, p. 210-220, p. 730-760.
10. Harrington, D. O.; Drake, M. W. : The Visual Fields Text and Atlas of Clinical Perimetri, 6th ed, The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1990, p. 71-83.
11. Ibrahim, S. : Anatomi dan Fisiologi Persepsi Warna, Simposium Buta Warna dan Peranan Warna di Berbagai Bidang Pekerjaan, Perdami Cabang Sumatra Utara, Medan, 1991, hal. 1-11.
12. Lerman, S. : Basic Ophthalmology, Mc. Graw Hill Co, New York, 1966, p. 336-347.

13. Miller, S. S. : Clinical Ophthalmology. IOF Publishing Limited, Bristol, 1987, p. 1-43.
14. Moses, R. A. : Adler's Physiology of the Eye, Clinical Application, 6th ed. C.V. Mosby Co., St. Louis, 1975, p. 353-453, 529-544.
15. Mueller, C. G. : Cahaya dan penglihatan, Pustaka Ilmu Life, Tira Pustaka Jakarta, 1980, hal. 74-96.
16. Paulsen, D. F. : Basic Histology Examination and Board Review, Appleton and Lange, Connecticut, 1990, p. 366-371
17. Sarungu, S.T. : Anatomi dan Fisiologi Saraf Optik, Pertemuan Ilmiah Perdami XVIII dan Seminar Neurooftalmologi, Ujung Pandang, 1990, hal. 1-9.
18. TSO M O : Retinal Diseases Biomedical Foundation and Clinical Management, J.B. Lippincott Company, Philadelphia, 1988, p. 3-34, 49-55.
19. Vaughn, D.; Asbury T. : General Ophthalmology, 12th ed. Appleton & Lange, Connecticut, 1989, p. 241-256.
20. Walsh, T. J. : The Interpretation of Visual Fields, 4th ed., Custom Printing Inc, San Fransisco, 1979, p. 13-19.
21. Warwick, R. : Eugene Wolf's Anatomy of the Eye and Orbit, 7th ed., H.K. Lewis and Co Ltd, London, 1976, p. 99-142.

--oo0oo--



