

## I. Pendahuluan

Penglihatan menggunakan dua mata (binokular) lebih baik daripada hanya satu mata (monokular). Penglihatan binokular tunggal merupakan kemampuan menyatukan informasi visual dari kedua mata saat melihat objek yang sama menjadi bayangan tunggal. Manusia memperoleh penglihatan binokular dari bayangan yang berasal dari kedua retina melalui proses sensorik dan motorik yang terkoordinasi dengan baik, termasuk bayangan kedua mata tepat jatuh di fovea, koordinasi otot ekstraokular yang baik, mekanisme sensoris untuk menghasilkan penglihatan tunggal (haplopia).<sup>1,2,3,4</sup>

Manfaat penglihatan binokular adalah menghasilkan penglihatan tiga dimensi atau stereoskopis. Penglihatan stereoskopis yang tajam akan tercapai jika semua jarak penglihatan dalam keadaan normal.<sup>2,3</sup>

Secara klinis, penyebab dan gangguan penglihatan binokular yang signifikan menjadi perhatian utama. Tujuan dari penanganan gangguan penglihatan binokular adalah untuk menghasilkan penglihatan binokular tunggal yang baik dan nyaman untuk pasien. Sari kepustakaan ini akan membahas tentang pemahaman yang baik tentang penglihatan binokular yang normal dibutuhkan dalam aplikasi klinis.<sup>3</sup>

## II. Penglihatan binokular

Penglihatan binokular memiliki kelebihan dibandingkan monokular. Sekitar 75-80 % neuron di korteks penglihatan primer mendapatkan impuls dari kedua mata. Penglihatan binokular tunggal melibatkan penglihatan simultan kedua bola mata dengan fiksasi bifoveal.<sup>5</sup>

Keadaan yang diperlukan untuk penglihatan binokular tunggal adalah jarak penglihatan yang baik dengan lapang pandang yang saling tumpang tindih; saraf-saraf korteks visual binokular; korespondensi retina normal yang menghasilkan *cyclopean viewing* (*egocenter*); perkembangan dan koordinasi neuromuskular yang baik; kejernihan dan ukuran bayangan yang serupa pada kedua mata.<sup>3,5</sup>

Beberapa kelebihan dari penglihatan binokular adalah lapang pandang penglihatan binokular lebih luas, lapang pandang monokular normal adalah 60° superior, 60° nasal, 75° inferior, dan 100° temporal dari titik fiksasi, dengan

penglihatan binokular, lapang pandang horizontal bertambah menjadi sekitar 200°; distorsi bayangan karena defek dari satu mata, dapat ditutupi oleh bayangan normal dari mata lainnya; menghasilkan penglihatan stereoskopis.<sup>3</sup>

## 2.1 Perkembangan Visual

Sel-sel ganglion pada retina manusia terbentuk mulai minggu gestasi ke 8 sampai minggu ke 15, dan menetap pada minggu ke 18 dengan jumlah 2,2 juta -2,5 juta sel. Setelah minggu ke 30, sel ganglion menurun selama periode kematian cepat dari sel yang terjadi selama 6-8 minggu. Kematian sel berlanjut dengan kecepatan yang lebih lambat sampai beberapa bulan pertama post natal dan jumlah akhir dari sel ganglion retina sekitar 1-1,5 juta. Berkurangnya 1 juta akson optik berfungsi untuk memperbaiki topografi dan spesifisitas dari proyeksi retinogenikulatum dengan mengurangi hubungan saraf yang tidak perlu. Saraf dari korpus genikulatum lateral (*Lateral Geniculate Body / LGB*) pada manusia mungkin dibentuk sekitar minggu gestasi ke 8 sampai minggu ke 12. Sel ganglion retina pada minggu ke 10 menginvasi LGB yang sedang berkembang.<sup>6</sup> Pemisahan sistem sel ganglion retina M (sistem magnosellular) , P (sistem parviselular) , dan K (sistem koniosellular) terjadi pada saat yang bersamaan dengan terjadinya laminasi di LGB. Terminal akson dari aferen retina berkurang pada minggu ke 22-25 sehingga hubungan sinaptik hanya berada dalam lamina genikulatum. Sel ganglion akan mati jika aksonnya tidak bersinaps dengan bagian yang tepat di otak.<sup>6</sup>

Perkembangan fungsi visual selanjutnya setelah lahir disertai perubahan anatomis mayor yang simultan dengan jaras penglihatan sentral. Fovea pada bayi baru lahir masih tertutup oleh beberapa lapis sel dan masih jarang di selubungi oleh sel kerucut dengan tajam penglihatan 20/400. Fotoreseptor didistribusikan kembali di retina pada tahun-tahun pertama kehidupan dan kepadatan sel kerucut di fovea meningkat sebanyak lima kali untuk mencapai konfigurasi yang ditemukan pada retina dewasa sehingga tajam penglihatan menjadi 20/20. Substansia alba dari jaras penglihatan belum termielinisasi sempurna. Selubung mielin membesar dengan cepat pada 2 tahun pertama kehidupan, kemudian melambat sampai dekade pertama kehidupan. Saraf LGB saat lahir hanya 60 % dari ukuran rata-ratanya dan ukuran

tersebut bertambah sampai usia 2 tahun. Kepadatan dari sinaps berkurang hingga 40% dalam beberapa tahun untuk mencapai keadaan dewasa pada umur 10 tahun.<sup>6</sup>

Kedua mata neonatus secara normal berdeviasi ke arah yang sama dengan gerakan kepala, refleks saccades muncul pada minggu ke 2 sampai 3 setelah lahir. *Smooth-pursuit movements* dapat dideteksi pada neonatus, namun hanya dengan menggunakan target yang besar (misalnya wajah) dengan kecepatan rendah. Fiksasi baru berkembang dengan baik pada umur sekitar 2 bulan setelah lahir. Penglihatan binokular dan fusi terjadi sekitar usia 1,5 – 2 bulan. Penglihatan stereoskopis baru terjadi pada usia 3-6 bulan. Posisi kedua bola mata pada bayi baru lahir biasanya masih kurang baik, dengan pergantian posisi dari esotropia ke exotropia selama beberapa minggu pertama. Posisi kedua bola mata dipengaruhi oleh input visual dan maturitas dari sistem vergens. Kesejajaran posisi bola mata terjadi pada umur 3-4 bulan, namun dapat juga terlambat hingga usia 5 bulan. Perkembangan tajam penglihatan berlanjut hingga usia 7 – 8 tahun.<sup>7,8,9</sup>

## **2.2 Gerakan mata binokular**

Gerakan bola mata binokular merupakan kombinasi dari gerakan versi dan vergens. Gerakan kedua bola mata berkonjugasi dan mengarah pada arah yang sama disebut versi. Ketika gerakan kedua bola mata tidak berkonjugasi dan mengarah pada arah pandang yang berbeda disebut vergen.<sup>2,6</sup>

### **2.2.1 Versi**

Gerakan ini disebabkan adanya “*yoke muscle*” yang bekerja bersama. Setiap otot ekstraokuler mempunyai “*yoke muscle*” pada mata lainnya. *Dextroversi* merupakan gerakan kedua bola mata ke arah kanan pasien. *Leoversi* merupakan gerakan kedua bola mata ke arah kiri pasien. Elevasi atau sursumversi merupakan gerakan kedua bola mata ke arah atas. Depresi atau *Deorsumversi* merupakan gerakan kedua bola mata ke arah bawah. *Dextrocycloversi* merupakan gerakan kedua mata berputar ke arah kanan. *Leocyloversi* merupakan gerakan kedua bola mata berputar ke arah kiri.<sup>2,6</sup>

*Hering's law of motor correspondence* menyebutkan bahwa arah inervasi yang setara dan simultan menyebabkan *yoke muscle* mengarahkan pandangan ke arah

yang sama. Aplikasi yang paling penting dari hukum ini adalah pada saat mengevaluasi gerakan binokular, terutama saat berhadapan dengan pasien paralisis atau strabismus. Sudut deviasi bervariasi berdasarkan mata dominan yang berfiksasi.<sup>6,10</sup>

### **2.2.2 Vergen**

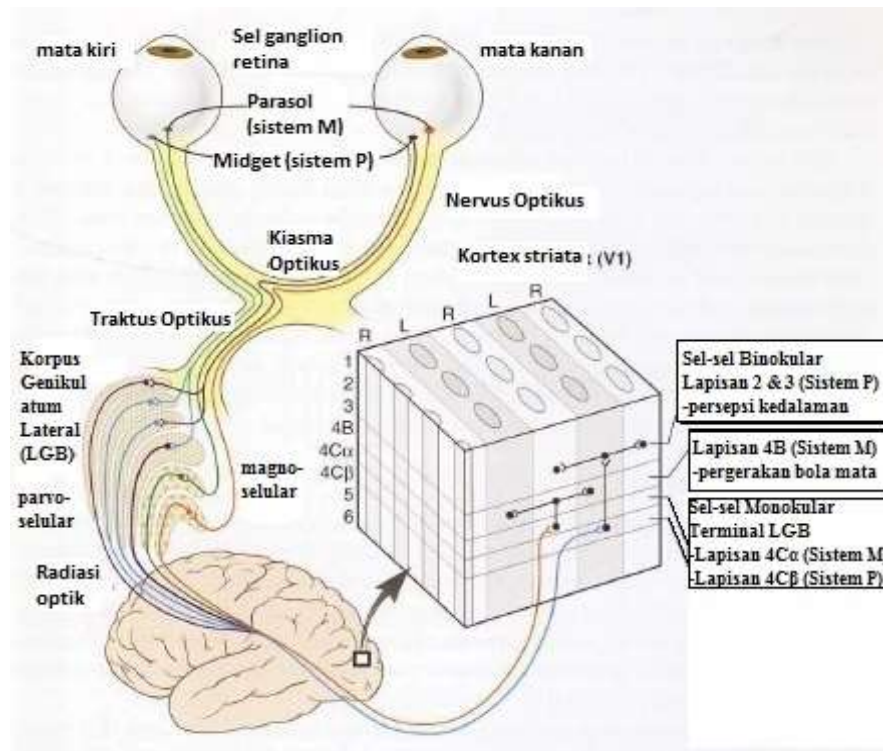
Vergen merupakan gerakan kedua bola mata ke arah yang berlawanan. Konvergen merupakan gerakan kedua bola mata ke arah nasal. Divergen merupakan gerakan kedua bola mata ke arah temporal.<sup>3,6</sup>

## **2.3 Neurofisiologi**

Cahaya yang datang difokuskan di makula, bagian retina yang bertanggung jawab untuk penglihatan sentral. Retina memiliki lapisan fotoreseptor yang terdiri dari sel batang dan kerucut. Sel-sel fotoreseptor ini mengubah energi cahaya menjadi impuls saraf. Fovea sentralis yang merupakan pusat dari makula memiliki banyak sel kerucut, yang berfungsi untuk penglihatan detail dan warna. Serabut-serabut saraf dari lapisan sel ganglion pada retina menjadi Nervus Optikus. Nervus Optikus kanan dan kiri keluar dari orbita dan bagian nasal bersatu di kiasma optikus.<sup>1</sup>

Dekusasi dari nervus optikus di kiasma optikus merupakan hal yang penting untuk penglihatan binokular dan stereoskopis. Informasi visual dari area korespondensi retina dari masing-masing mata menjalar melalui jalur paralel yang berdekatan melalui LGB dan traktus optikus menuju korteks visual. Informasi dari kedua mata bercampur dan bermodifikasi menjadi satu pada dekusasi.<sup>1,3</sup>

*Lateral Geniculate Body* merupakan nukleus penglihatan talamik utama yang menghubungkan retina dengan korteks striata. Terdapat 6 lapisan monokular di LGB yang terdiri dari 4 lapisan dorsal parvoselular dan 2 lapisan ventral magnoselular dengan lamina konioselular yang memisahkannya.<sup>3</sup>



**Gambar 2.1** Proses sistem visual

Dikutip dari : American Academy of Ophthalmology<sup>6</sup>

Sekitar 90% dari 1 juta sel ganglion retina berakhir di LGB. LGB terdiri dari sekitar 1,8 juta saraf, rasio sel ganglion dengan saraf genikulatum sekitar 1:2. Setelah ditransfer secara langsung melalui LGB, sinyal mengaktifkan unit di korteks striata yang terdiri dari sekitar 1000 elemen yang diproses. Korteks penglihatan primer yang disebut korteks striata (*striate cortex*), V1, atau area Brodmann 17. Korteks striata menampilkan analisis dasar dari input genikulatum dan mentransmisikannya inti dari input tersebut ke area kotikal peri striata yang lebih tinggi untuk interpretasi lebih lanjut. Area ini disebut area Brodmann 18 dan 19, atau V2, V3, V3a, V4, dan V5.<sup>3</sup>

Sistem magnoselular (M) dan sistem parvoselular (P) merupakan sistem neural utama pada *retinogeniculocortical pathway* sedangkan sistem konioselular (K) kurang dikenal. Sistem M berasal dari sel ganglion retina parasol dan jarang berada area fovea namun makin banyak di daerah perifer. Sel-sel tersebut bersinaps dengan saraf magnoselular di LGB. Akson genikulatum M berakhir di V1 lapisan 4Cα. Saraf pada sistem ini memiliki respon yang cepat namun segera menghilang ketika

stimulus dipertahankan dan membuat sistem M sensitif terhadap stimulus bergerak namun tidak untuk bayangan statis. Sistem M kurang sensitif terhadap warna.<sup>3</sup>

Sistem P berasal dari sel ganglion retinal midget dan banyak terdapat di fovea. Sel ganglion retina P bersinaps dengan sel parvoselular LGB. Akson genikulatum P berakhir pada V1 lapisan  $4C\beta$ . Sistem P memberikan respon tonik yang lambat terhadap stimulasi visual, membawa informasi resolusi tinggi mengenai batas dan kontras warna dari obyek. Sistem P penting untuk persepsi bentuk dan kemampuan untuk melihat benda secara detail. Sekitar 80 % input retina berasal dari sel ganglion P.<sup>3</sup>

Sistem K berasal dari sel ganglion berlapis dua dan kecil yang memiliki area dendritik yang besar. Sel-sel ini bersinaps dengan sel LGB konioselular. Akson genikulatum berakhir pada V1 lapisan 3 dan 1. Sistem ini terlibat dalam penglihatan warna, terutama warna biru. Serat dari traktus optikus berakhir di LGB. Lamina genikulatum 1 (parvo), 4 (parvo), dan 6 (magna) menerima akson dari retina nasal kontralateral, sedangkan lamina 2 (parvo), 3 (parvo), dan 5 (magna) menerima akson dari retina temporal ipsilateral.<sup>3</sup>

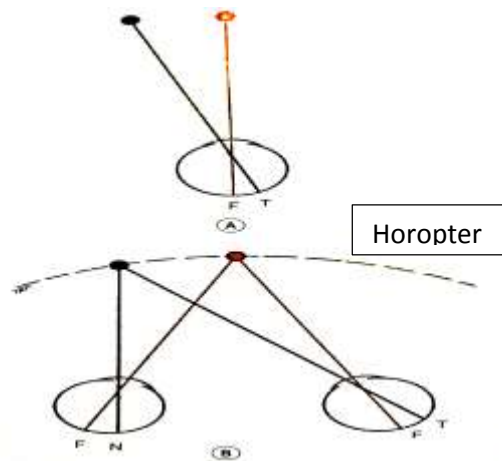
Pemisahan monokular dari area retina korespondensi ini berlanjut hingga LGB menuju korteks striata, dimana terminal akson genikulatum yang berasal dari mata kanan dan kiri dipisahkan ke dalam sistem dengan garis-garis paralel (*system of alternating parallel stripes*) yang disebut *ocular dominance columns*. Sel-sel monoselular kanan dan kiri yang berpasangan bertemu di sel binokular pertama pada V1 lapisan 2, 3,  $4C\alpha$ , and  $4C\beta$ . Sel-sel binokular memberikan respons terhadap stimulasi yang berasal dari kedua mata, sedangkan sel-sel monokular hanya pada salah satu mata.<sup>3,8</sup>

## 2.4 Arah visual

Arah visual merupakan proyeksi elemen retina pada arah tertentu pada ruang subyektif. Manusia memiliki kesan melihat dengan satu mata terletak sekitar tengah-tengah antara dua mata (*egocenter* atau *Cyclopean*) dan tidak menyadari bahwa mereka menggunakan dua mata untuk melihat.<sup>3,5</sup>

## 2.5 Proyeksi

Proyeksi merupakan interpretasi subyektif dari suatu obyek di dalam ruang pada dasar elemen retina yang stimulasi. Jika obyek merah (Gambar 2.2) menstimulasi fovea (F) dan obyek hitam yang berada pada lapang pandang nasal menstimulasi elemen retina temporal (T), obyek merah akan diinterpretasikan oleh otak sebagai obyek yang berada lurus di depan dan obyek hitam berada lapang pandang nasal. Hal yang sama terjadi pada elemen retina nasal diproyeksikan ke lapang pandang temporal, elemen retina bagian atas diproyeksikan ke lapang pandang bagian bawah, dan sebaliknya. Obyek fiksasi merah menstimulasi kedua fovea yang merupakan titik korespondensi retina. Mata kanan memproyeksikan obyek hitam ke lapang pandang nasal dan mata kiri memproyeksikan ke lapang pandang temporal. Elemen retina merupakan titik korespondensi, maka obyek akan diproyeksikan menjadi posisi yang sama di dalam ruang (sisi kiri) dan tidak terjadi diplopia.<sup>5</sup>



**Gambar 2.2** Prinsip proyeksi  
Dikutip dari : Kanski<sup>5</sup>

## 2.6 Titik Korespondensi Retina

Penglihatan binokular menyebabkan bayangan yang diterima oleh kedua mata harus saling tumpang tindih di korteks oksipital. Proses penyatuan ini tidak menghasilkan suatu bayangan yang lengkap, namun hanya berupa penyatuan banyak bagian-bagian kecil dari bayangan, seperti *puzzle*.<sup>1</sup>

Kedua retina bola mata memiliki stimulasi simultan yang menghasilkan sensasi suatu obyek berasal dari arah yang sama maka bayangan akan saling berkoresponden (*corresponding*). Stimulus simultan yang berasal dari dari kedua bola mata menghasilkan sensasi bayangan sebagai 2 obyek terpisah yang berasal dari arah visual yang berbeda atau terjadi diplopia, maka area retina ini disebut area nonkorespondensi atau disparitas.<sup>6</sup>

Daerah korespondensi pada 2 mata yang berada pada area yang sama (misalnya, area korespondensi kedua bola mata berada pada lokasi dengan jarak yang sama di kanan atau kiri dan atas atau bawah dari fovea) akan terjadi *normal retinal correspondence* (NRC). Fovea merupakan bagian penting yang berperan sebagai titik korespondensi retina, namun selain itu masih banyak bagian lain yang berhubungan dengan garis sekunder dari arah penglihatan dan visual. Korespondensi ini diperlukan untuk penglihatan binokular tunggal.<sup>3,5,6</sup>

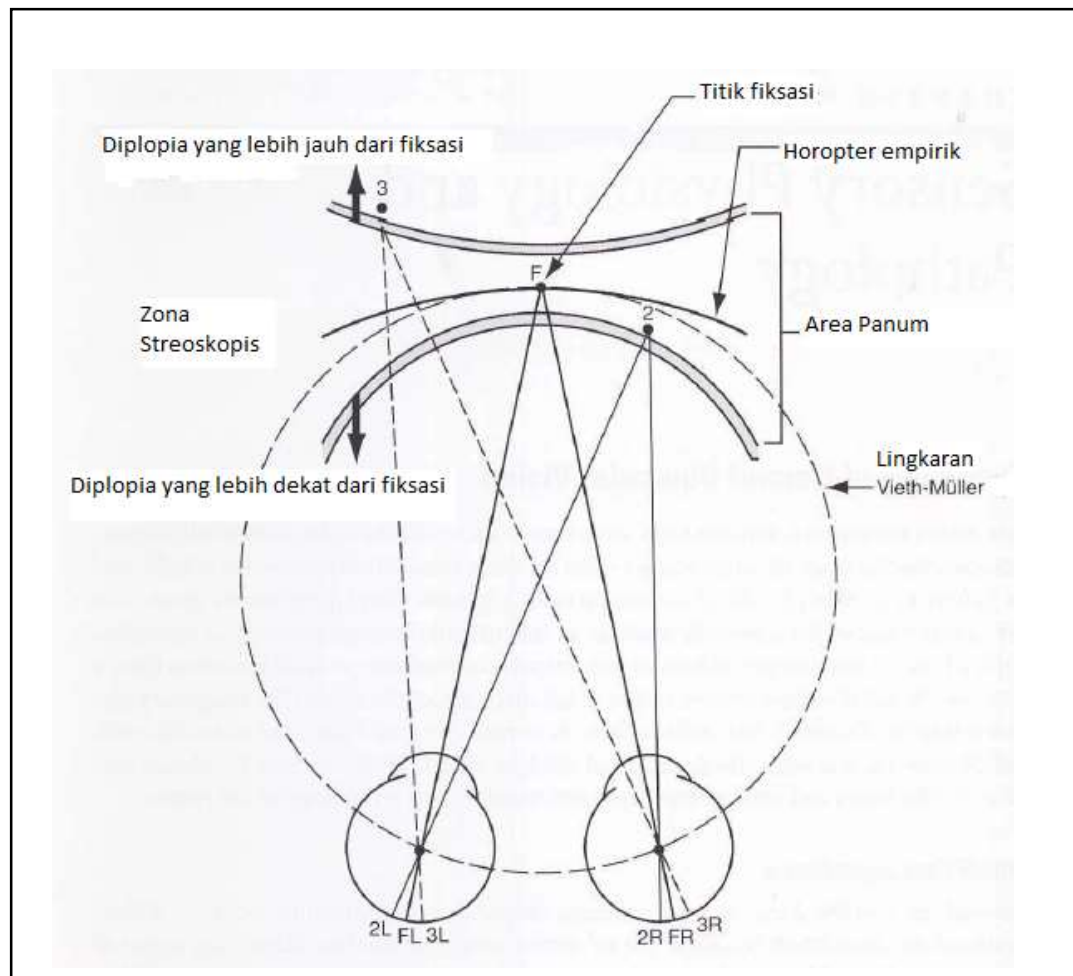
Persepsi haploopia dan diplopia berasal dari arah visual okulosentrik dari area retina yang korespondensi atau tidak korespondensi yang tersti mulasi saat penglihatan binokular. Korespondensi retina binokular didefinisikan sebagai suatu set lokasi bayangan pada retina yang menghasilkan persepsi arah visual yang identik ketika melihat dengan salah satu mata atau mata lainnya atau dengan kedua mata secara simultan. Prinsip dasar ini didemonstrasikan oleh Hering yang mengilustrasikan hubungan antara lokasi bayangan pada retina dengan arah visual yang dirasakan menunjukkan bayangan yang berada di fovea memiliki arah visual yang sama.<sup>3</sup>

Kedua mata memiliki NRC dan setiap fovea berfiksasi pada titik yang sama, maka akan terlihat sebagai bayangan tunggal. Lingkaran yang melewati pusat optik dari kedua mata dan pada titik fiksasi disebut lingkaran *Vieth-Muller*. Walaupun hanya teori, tes klinis untuk stereoskopis menggunakan lingkaran *Vieth-Muller* sebagai acuan titik nol disparitas.<sup>3</sup>

Percobaan selanjutnya dilakukan dengan menduplikasi lingkaran *Vieth-Muller*, semua titik tidak jatuh pada lingkaran *Vieth-Muller* melainkan pada permukaan melengkung yang disebut horopter empiris. Horopter tersebut tidak hanya terdapat pada dua dimensi, namun juga pada ruang tiga dimensi. Masing-masing titik fiksasi



menentukan horopter spesifik. Horopter merupakan garis khayal pada ruang eksterna yang menghubungkan kedua mata observer untuk memberikan target fiksasi, semua titik yang menstimulasi elemen retina korespondensi dan akan terlihat bersatu pada garis yang sama. Garis ini melewati persilangan aksis visual sehingga mencakup titik fiksasi penglihatan binokular tunggal.<sup>5,6</sup>



**Gambar 2.3** Horopter Empirik

F : poin fiksasi; FL dan FR : Fovea kiri dan kanan.

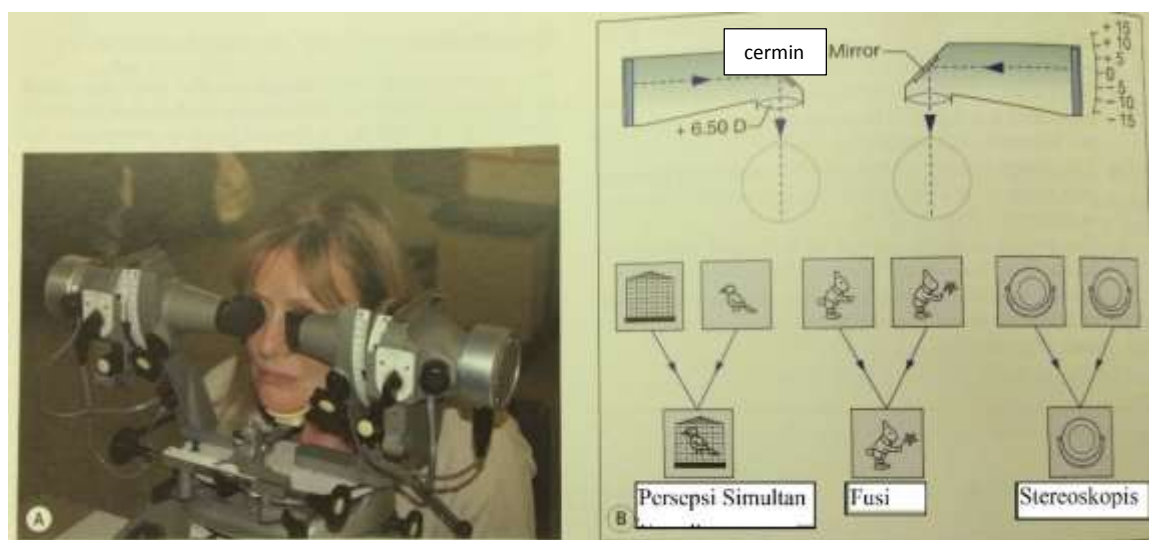
Dikutip dari : American Academy of Ophthalmology<sup>6</sup>

Semua titik yang terdapat pada kurva horopter menstimulasi elemen korespondensi retina dan terlihat sebagai bayangan tunggal. Semua titik yang terdapat tidak pada kurva horopter akan jatuh pada elemen retina yang berbeda dan akan terlihat sebagai penglihatan ganda. Walaupun demikian, penglihatan ganda tidak akan terjadi secara fisiologis pada area terbatas di sekitar kurva horopter

karena sistem visual menyatukan dua bayangan retina yang berbeda, yang menghasilkan penglihatan binokular tunggal dengan stereoskopis. Daerah dimana bayangan secara matematika jatuh pada area retina yang berbeda namun terlihat sebagai bayangan tunggal disebut area Panum. Area fusi Panum merupakan zona di depan dan di belakang horopter dimana obyek yang berada di area ini akan sedikit menstimulasi titik non korespondensi (disparitas) retina. Obyek yang berada di area ini akan terlihat sebagai satu bayangan dan informasi disparitas berguna untuk menghasilkan persepsi kedalaman binokular (stereoskopis). Bayangan yang jatuh di luar area Panum akan terlihat sebagai bayangan yang berasal dari dua arah visual yang berbeda dan menyebabkan diplopia fisiologis. Dasar dari diplopia fisiologis disebabkan karena bayangan yang jatuh di luar area panum memiliki perbedaan yang terlalu jauh untuk difusikan menjadi bayangan tunggal. Area Panum dangkal pada fiksasi  $6 \text{ sec of arc}$  dan dalam ke arah perifer sebesar  $30\text{-}40 \text{ sec of arc}$  pada  $15^\circ$  dari fovea.<sup>5,6,11</sup>

## 2.7 Tahapan penglihatan binokular

Tahapan penglihatan binokular berdasarkan *synoptophore* terdiri dari persepsi simultan, fusi, dan stereoskopis. *Synoptophore* adalah alat untuk melihat fungsi penglihatan binokular.<sup>5</sup>



**Gambar 2.4** A. *Synoptophore*. B. Tahapan penglihatan binokular  
Dikutip dari : Kanski<sup>5</sup>

### **2.7.1 Persepsi Simultan**

Tahap pertama dari penglihatan binokular adalah persepsi simultan. Persepsi simultan diuji dengan menggunakan dua gambar yang tidak sama namun masih berhubungan, seperti burung dan sangkar. Pasien diminta untuk memindahkan burung ke dalam sangkar dengan menggerakkan tuas dari *synoptophore*, jika kedua gambar tidak terlihat secara simultan, maka terjadi supresi. *Retinal rivalry* akan terjadi walaupun ukuran gambar tidak sama, ketika gambar yang lebih kecil terlihat di fovea, gambar yang lebih besar terlihat di parafoveal.<sup>5</sup>

### **2.7.2 Fusi**

Tahap kedua adalah fusi. Fusi merupakan penyatuan kortikal dari objek penglihatan dari kedua mata menjadi persepsi tunggal. Fusi terjadi karena adanya stimulasi simultan dari area korespondensi retina. Bayangan retina dapat berfusi jika bayangan-bayangan tersebut mempunyai ukuran, bentuk, dan kejernihan yang sama. Contoh klasik untuk tes fusi adalah gambar dua ekor kelinci, kelinci pertama tanpa ekor dan kelinci lainnya tidak membawa bunga. Jika terjadi fusi, maka akan terlihat seekor kelinci lengkap dengan ekor dan bunga. Fusi dapat dibedakan menjadi fusi sensorik dan fusi motorik.<sup>5,6</sup>

#### **2.7.2.1 Fusi Sensorik**

Fusi sensorik merupakan proses pengambilan bayangan dari kedua area korespondensi retina dan menyatukannya pada sel-sel binokular pada korteks okipital.<sup>1,5</sup>

#### **2.7.2.2 Fusi motorik**

Fusi motorik merupakan kemampuan untuk menggerakkan bola mata sehingga melihat pada arah yang sama. Fusi motorik dapat dianggap sebagai salah satu mekanisme untuk mencegah terjadinya diplopia dan merupakan fungsi eksklusif dari retina perifer ekstrafovea.<sup>6,1</sup>

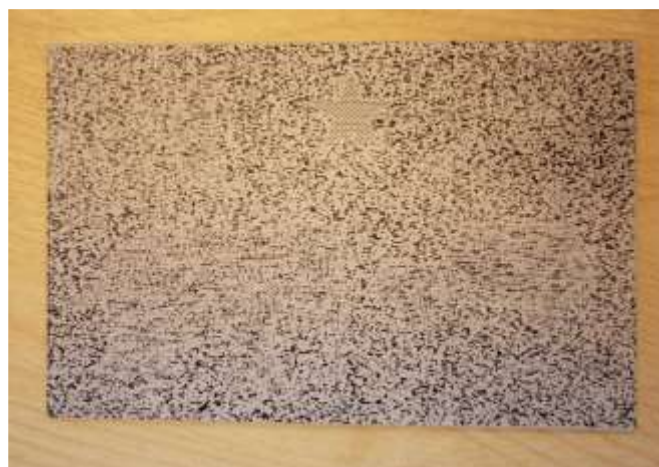
### 2.7.3 Stereoskopis

Tahap ketiga adalah stereoskopis. Stereoskopis merupakan bentuk paling tinggi dari penglihatan binokular. Stereoskopis adalah penglihatan dengan persepsi kedalaman dan menghasilkan persepsi tiga dimensi. Koordinasi gerakan bola mata, saraf aferen dan kualitas bayangan yang baik dari kedua fovea merupakan syarat terjadinya penglihatan stereoskopis. Stereoskopis kurang penting pada saat melihat dekat karena ambang disparitas retina memerlukan obyek-obyek yang memiliki perbedaan jarak yang jauh. Jika *stereoacuity*  $\leq 40''$  maka dapat diasumsikan bahwa ketidak sejajaran bola mata tidak lebih besar dari area Panum. *Stereoacuity*  $< 60''$  normal.<sup>1,6,12,13</sup>

Beberapa tes stereoskopis dekat yang biasa dilakukan adalah :

#### 2.7.3.1 Lang stereo test

Tes ini merupakan tes yang sederhana, tidak memerlukan kacamata khusus, dan dapat digunakan pada anak-anak, bahkan pada anak usia 1 tahun. Tes ini hanya menilai penglihatan stereoskopis secara kasar karena hanya menilai disparitas bayangan antara 1200 sampai 200 *sec of arc* (gambar bulan (200''), gambar bintang (200''), gambar mobil (400'') dan gambar gajah (600'')) pada jarak 40 cm. Tes ini berguna untuk skrining pada anak-anak dan menilai status sensorik pada anak - anak dengan kelainan motilitas okular.<sup>5,12</sup>



**Gambar 2.5** Lang stereo test

Dikutip dari : Barret<sup>13</sup>

### 2.7.3.2 Titmus stereo test

Tes ini menggunakan kacamata polarisasi/polaroid untuk mendisosiasikan kedua mata dan dapat digunakan pada anak-anak 2-3 tahun. Tes ini terdiri dari *vectograf polaroid* tiga dimensi. Pada tes ini terdapat 3 bagian yang berbeda (gambar lalat untuk stereoskopis kasar / 3000 *sec of arc*, lingkaran / Wirt test menilai 800 sampai 40 *sec of arc*, dan hewan menilai 400 – 100 *sec of arc*) yang dapat menilai penglihatan stereoskopis hingga 40 *sec of arc*.<sup>5,12</sup>



**Gambar 2.6** *Titmus Test*

Dikutip dari : Kanski<sup>4</sup>

### 2.7.3.3 TNO stereo test

Tes ini menggunakan kacamata merah dan hijau untuk mendisosiasikan kedua mata. Dapat digunakan mulai anak usia 3 tahun, namun dapat menimbulkan ketidaknyamanan pada anak-anak saat menggunakan kacamata merah hijau. Pasien disuruh menyebutkan jumlah kupu-kupu yang tampak dan bagian *pizza* yang hilang, bagian kue yang hilang, atau mulut *pac-man* menghadap ke atas / bawah / kanan / kiri. Rentang disparitas 15 - 480 *sec of arc*.<sup>5,12</sup>



**Gambar 2.7** Kupu-kupu pada *TNO test*

Dikutip dari : Barret<sup>13</sup>



**Gambar 2.8** *TNO stereo plates*

Dikutip dari : Barret<sup>13</sup>

#### **2.7.3.4** *Frisby stereo test*

*Frisby stereo test* merupakan tes non disosiasi dan tidak membutuhkan kacamata khusus. Tes ini dapat digunakan untuk menilai stereoskopis dekat. Beberapa orang memiliki stereoskopis jauh namun tidak memiliki stereoskopis dekat. Untuk menilai stereoskopis jauh dapat digunakan *Frisby distance stereotest* yang dapat digunakan pada anak dengan *convergence excess esotropia* yang memiliki kontrol deviasi pada jarak jauh namun esotropia ketika melihat dekat. *Frisby-Davis distance stereotest* dilakukan dengan jarak 6 meter dan pasien harus menentukan obyek mana yang paling dekat dengan dirinya.<sup>1,5,12</sup>



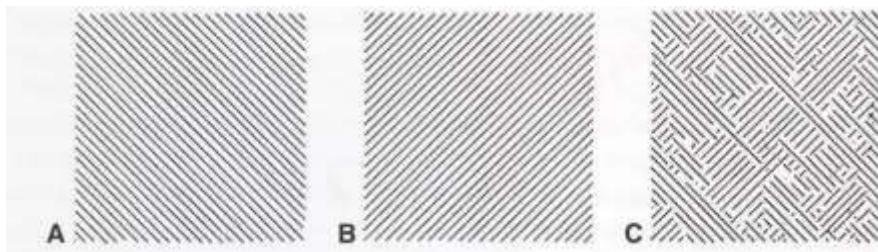
**Gambar 2.9** *Frisby plate*  
Dikutip dari : Barret<sup>13</sup>

## 2.8 Abnormalitas Penglihatan Binokular

Elemen korespondensi retina tidak mengarah ke arah yang sama saat terjadi sudut deviasi pada mata. Pada keadaan ini, pasien berada di antara 2 resiko yang berbeda, yaitu *visual confusion* dan diplopia.<sup>6</sup>

### 2.8.1 *Visual Confusion*

*Visual confusion* merupakan persepsi 2 obyek yang berbeda yang diproyeksikan menuju area korespondensi retina. Dua area fovea secara fisiologis mampu menstimulasi persepsi adanya obyek yang berbeda. Persepsi tersebut akan menyebabkan terjadinya *retinal rivalry*, dimana kedua bayangan diterima secara bergantian dengan cepat. *Confusion* mungkin merupakan fenomena area non foveal saja. Secara klinis, *visual confusion* jarang ditemukan.<sup>6</sup>



**Gambar 2.10** *Rivalry Pattern.*

A : Pola yang dilihat mata kanan. B : Pola yang dilihat mata kiri.

C : Penglihatan Binokular

Dikutip dari : American Academy of Ophthalmology<sup>5</sup>

### **2.8.2 Diplopia**

Diplopia atau penglihatan ganda biasa terjadi karena adanya ketidaksejajaran dari aksis visual. Bayangan jatuh pada fovea di mata yang satu dan di area non fovea pada mata yang lain. Obyek yang jatuh pada titik non korespondensi akan jatuh pada daerah di luar area Panum dan bayangan terlihat ganda.<sup>6</sup>

### **III. Simpulan**

*Normal retinal correspondence* (NRC), sistem neuromuskular, dan jarak penglihatan yang baik serta kejernihan dari benda dibutuhkan dalam penglihatan binokular tunggal. Bayangan yang berada di daerah Panum dan jatuh pada fovea akan menghasilkan penglihatan binokular yang stereoskopis. Kelebihan dari penglihatan binokular diantaranya lapang pandang lebih luas dan penglihatan stereoskopis.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Santiago APD , Clarke MP. The clinical approach to strabismus. Dalam : Hoyt CS, Taylor D, editor. Pediatric ophthalmology & strabismus. Edisi ke-4. Philadelphia: Elsevier; 2013. hlm. 745-6
2. Motley WW, Asbury T. Strabismus. Dalam: Riordan-Eva P, Cunningham E, editor. Vaughan & Asbury's general ophthalmology. Edisi ke-18. New York: Mc. Graw Hills Lange; 2011. hlm. 240-6
3. Harwerth RS, Schor CM. Binocular vision. Dalam: Levin LA, Nilsson SFE, Hoeve JV, Wu SM, Kaufman PL, Alm A, editor. Adler's Physiology of the eye. Edisi ke-11. Philadelphia: Elsevier. hlm. 677-85
4. Reche-Sainz JA, Liano GD, Toledano-Fernandez N, Garcia-Sanchez J. Binocular vision in glaucoma. Arch Soc Esp Oftalmol. 2013 [diunduh 10 April 2015]; 177. Tersedia dari: <http://www.elsevier.es/en-revista-archivos-sociedad-espanola-oftalmologia-496-articulo-binocular-vision-in-glaucoma-90209520>
5. Kanski JJ, Bowling B. Clinical ophthalmology: a systematic approach. Edisi ke-7. Philadelphia: Elsevier; 2011. hlm. 741-54
6. American Academy of Ophtalmology. Pediatric ophthalmology and strabismus. Section 6. San Fransisco: American Academy of Ophtalmology; 2011. hlm. 34-50
7. Lavin PJM. Neuro-ophthalmology: ocular motor system. Dalam: Daroff RB, Fenichel GM, Jankovic J, Mazziotta JC, editor. Bradley's neurology in clinical practice. Edisi ke-6. Philadelphia: Saunders; 2012. hlm. 620
8. Cheng KP, Biglan AW. Ophthalmology. Dalam: Zitelli BJ, McIntire SC, Nowalk AJ, editor. Atlas of pediatric physical diagnosis. Edisi ke-6. Philadelphia : Saunders; 2012. hlm. 731
9. Wright KW, Strube YNJ. Pediatric ophthalmology and strabismus. Edisi Ke-3. New York: Oxford University Press; 2012. hlm. 231-3
10. Guyton DL. Changes in strabismus in over time : the roles of vergence tonus and muscle length adaption. Dalam: Lorenz B, Brodsky M. Pediatric

ophthalmology, neuroophthalmology, genetics: strabismus – a new concepts in patophysiology, diagnosis , & treatment. Berlin: Springer; 2010. hlm. 16

11. Schnall BM. Binocular vision: adaptions in strabismus and monofixation. Dalam: Nelson L B, Ollitsky SE, editor. Harley's Pediatric Ophthalmology. Edisi ke-6. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. hlm. 131-2
12. Barret BT. Assessment of binocular vision and accommodation. Dalam: Elliott DB, editor. Clinical procedure in primary eye care. Edisi ke-4. Philadelphia: Elsevier; 2014. hlm. 190-6
13. Schwartz SH. Visual perception: a clinical orientation. Edisi ke-4. New York: Appleton & Lange; 2010. hlm. 236-7