

**DEPARTEMEN ILMU KESEHATAN MATA
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS PADJADJARAN
PUSAT MATA NASIONAL RUMAH SAKIT MATA CICENDO
BANDUNG**

Sari Kepustakaan : Pemeriksaan Pupil
Penyaji : Daniel Cevry Edi Maulana
Pembimbing : Antonia Kartika Indriati, dr., Sp.M(K)., M.Kes

Telah diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing

Antonia Kartika Indriati, dr., Sp.M(K)., M.Kes

Rabu, 21 November 2018

Pukul 08.15 WIB

I. Pendahuluan

Pupil adalah struktur aperture bulat yang berada di tengah iris yang berfungsi untuk mengendalikan jumlah cahaya yang masuk ke dalam mata dan mencapai retina. Diameter pupil dipengaruhi oleh mobilitas dari otot sfingter iris dan otot dilator iris. Pupil mengatur cahaya yang masuk untuk membantu adaptasi dalam perubahan intensitas cahaya, meningkatkan kedalaman dan ketajaman fokus, serta memaksimalkan persepsi visual.¹⁻⁴

Pemeriksaan pupil bertujuan untuk menilai diameter dan respons pupil. Aspek klinis dari pemeriksaan pupil yaitu respons pupil sebagai indikator objektif dari *input* aferen, perbedaan diameter pupil sebagai gambaran dari *output* eferen saraf otonom, diameter pupil sebagai indikator kesadaran, dan respons pupil terhadap obat-obatan sebagai efek farmakologis. Pemeriksaan pupil yang baik dapat menilai kelainan neurologis atau penyakit lain secara objektif.^{1-3, 5}

Sari kepustakaan ini bertujuan untuk menjelaskan tentang anatomi, fisiologi, dan pemeriksaan pupil sehingga dapat membantu penegakan diagnosis.

II. Anatomi dan Fisiologi Pupil

Ukuran pupil bervariasi dari 1 mm hingga 8 mm. Diameter pupil dipengaruhi oleh kontraksi dan relaksasi dari otot-otot intrinsik pupil yaitu otot sfingter iris dan otot dilator iris. Diameter pupil mengatur jumlah cahaya yang masuk dan daya akomodasi untuk tajam penglihatan.^{1, 6-8}

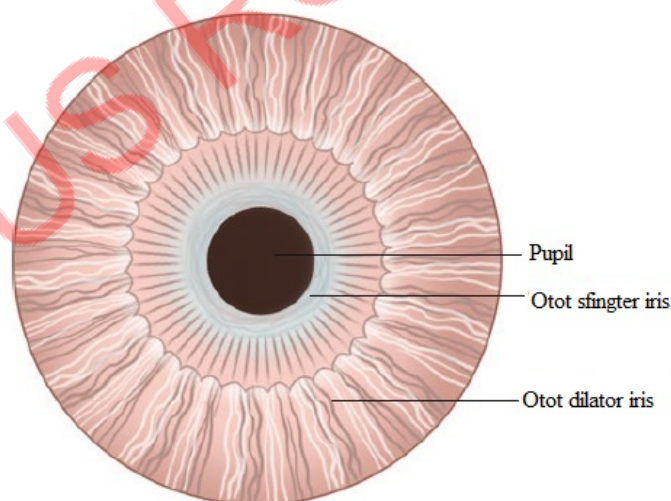
2.1 Iris

Iris adalah suatu struktur diskus sirkuler tipis, berpigmen, terbuat dari pembuluh darah, jaringan ikat, dan dilingkupi oleh humor akuos. Iris memisahkan segmen anterior menjadi bilik mata depan dan bilik mata belakang yang terhubung secara langsung melalui aperture yaitu pupil. Iris memiliki diameter 12 mm dengan keliling 37 mm. Ukuran pupil mengatur cahaya yang masuk dan bergantung pada kontraksi otot intrinsik pupil.^{5-7, 9}

Secara mikroskopis, iris terdiri dari 4 lapisan. Lapisan pertama yaitu lapisan anterior yang tersusun dari sel fibroblas, sel melanosit, dan serat kolagen, membentuk lipatan pada bagian anterior. Lapisan kedua adalah stroma yang terdiri

dari sel melanosit, sel fibroblas, dan serat kolagen tipe 1 dan 3, dengan sifatnya yang longgar memudahkan pergerakan humor akuos dalam stroma saat dilatasi dan kontraksi. Otot sfingter iris berada di stroma yang tersusun dari otot halus sirkuler dengan lebar kurang lebih 1 mm. Lapisan ketiga yaitu otot dilator iris adalah otot halus yang berada di dekat stroma, tersusun dari miofilamen dan melanosom. Lapisan keempat adalah lapisan epitel posterior, tersusun atas sel epitel kuboid, pada bagian perifer berbentuk sirkuler dan pada batas pupil berbentuk radial.⁵⁻⁷

Diameter pupil dipengaruhi oleh interaksi dari sistem saraf otonom. Saraf simpatis mengontrol otot dilator iris, sedangkan saraf parasimpatis mengontrol otot sfingter iris dan kontrol supranuklear untuk penglihatan dekat dan akomodasi. Pupil yang terkena cahaya akan mengalami konstriksi, hal ini disebut refleks cahaya langsung, dan konstriksi pupil mata sebelahnya disebut refleks cahaya konsensual. Abnormalitas dari respons pupil dapat membantu identifikasi lesi yang mengenai jalur optik.^{1, 2, 4, 9, 10}



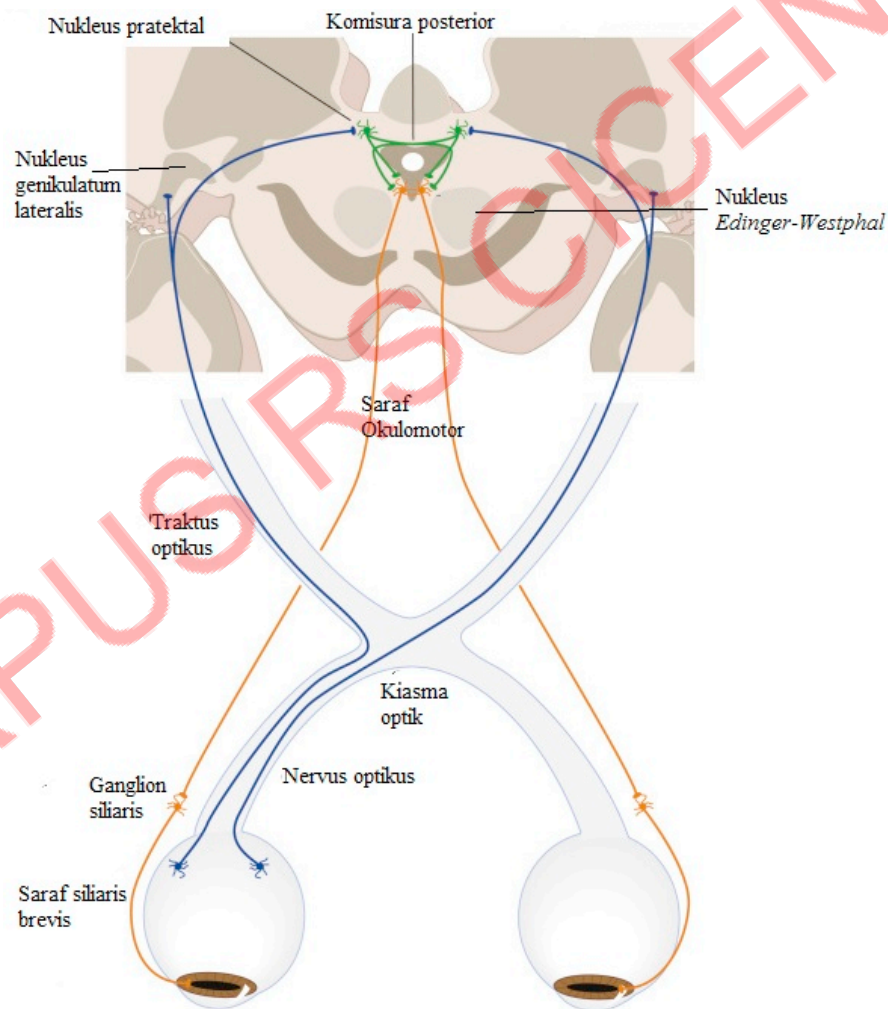
Gambar 2.1 Anatomi otot iris

Dikutip dari: Mohammad Wakeel dkk.⁹

2.2 Jaras Parasimpatis

Refleks cahaya menyebabkan konstriksi pupil atau miosis, terbagi menjadi tiga divisi neuron yaitu aferen, interneuron, dan eferen. Divisi aferen terdiri atas sel fotoreseptor, neuron bipolar, dan sel ganglion. Informasi cahaya yang dibawa

akson dari sel ganglion retina, sebagai bagian dari nervus optikus, pada sisi nasal retina mengalami dekusasi di kiasma optik, sedangkan pada sisi temporal retina tetap berada di jalur yang sama. Jarak selanjutnya menuju traktus optikus, dan pada bagian distal traktus optikus, akson yang membawa informasi cahaya akan berbelok sebelum mencapai nukleus genikulatum lateralis yang kemudian akan bersinaps di nukleus pratektal pada otak tengah. Masing-masing nukleus pratektal melakukan dekusasi neuron melalui komisura posterior, lalu melakukan sinaps di nukleus *Edinger-Westphal* ipsilateral dan kontralateral.^{1-3, 10, 11}



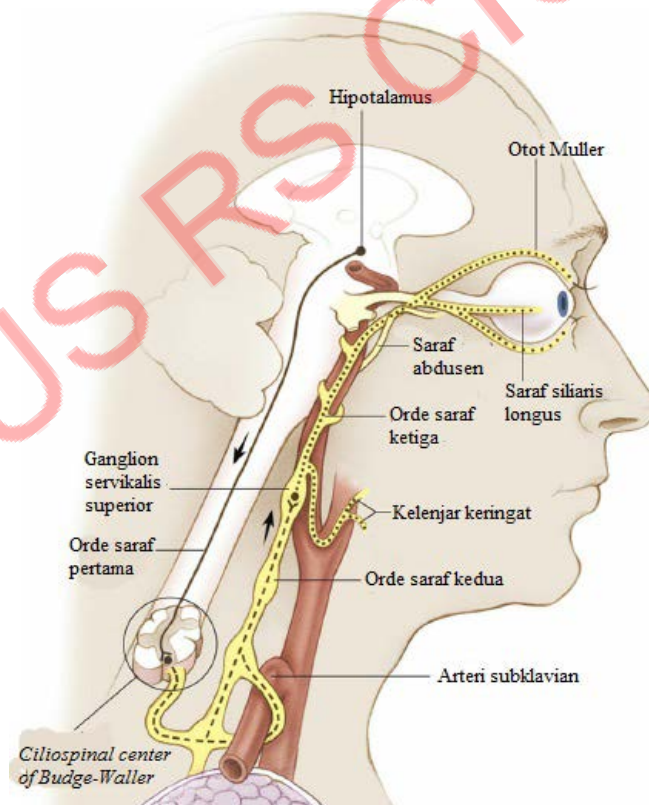
Gambar 2.2 Jarak Aferen dan Eferen Refleks Cahaya
Dikutip dari: Nolte¹²

Serabut saraf praganglion akan meninggalkan nukleus *Edinger-Westphal* dan berjalan bersama dengan serabut saraf okulomotor di sisi yang sama dan bersinaps

dengan serabut pascaganglion. Serabut saraf pascaganglion akan mempersarafi otot sfingter iris melalui saraf siliaris brevis. Kontraksi otot sfingter iris akan menyebabkan konstiksi pupil.^{1-3, 11}

2.3 Jarak Simpatis

Aktivitas sistem saraf simpatis berasal dari bagian posterolateral hipotalamus, terbagi menjadi tiga orde saraf yaitu orde saraf pertama, kedua, dan ketiga. Orde pertama berjalan dari kolumna anteromedial melewati segmen servikal 8- torakal 2 (C8-T2) lalu bersinaps di *cilio-spinal center of Budge-Waller*. Serabut pasca sinaps orde kedua dimulai dari *Budge-Waller* yang akan berjalan secara rostral melewati apeks paru menuju ganglion servikalis superior, selanjutnya bersinaps dengan serabut saraf pascaganglion sebagai sinaps orde ketiga.^{1-3, 13}



Gambar 2.3 Jarak Simpatis

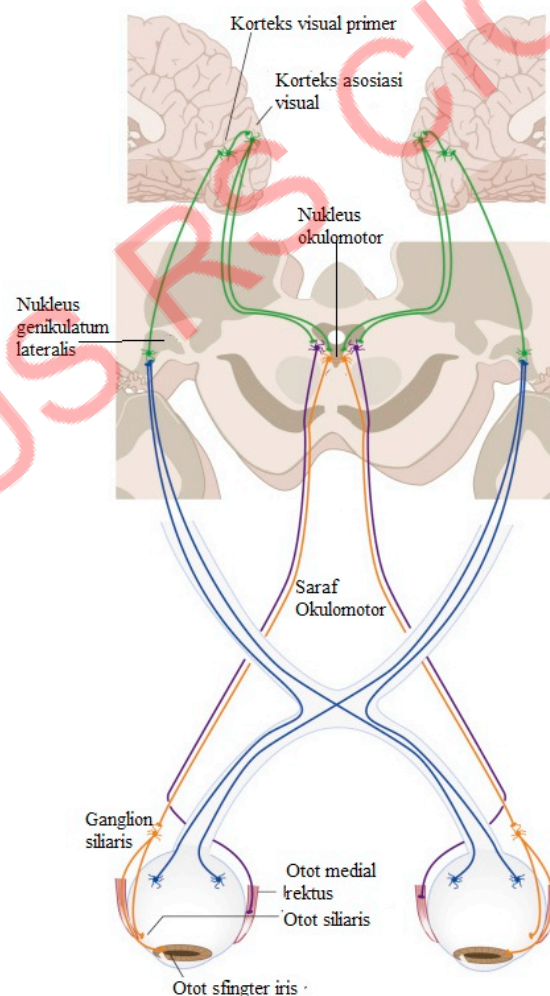
Dikutip dari: Cantor dkk.¹³

Serabut pascaganglion akan melewati dinding bifurkasi arteri karotis, masuk sinus kavernosus bersama dengan saraf siliaris longus, yang akan mempersarafi

otot dilator iris. Kontraksi otot dilator iris oleh saraf simpatis akan menyebabkan dilatasi pupil atau midriasis untuk meningkatkan intensitas cahaya yang ditangkap mata dalam keadaan gelap.^{1-3, 13}

2.4 Jaras Refleks Dekat dan Akomodasi

Terdapat tiga respons saat mata melihat dekat, yaitu akomodasi, konvergensi, dan miosis pupil. Akomodasi adalah perubahan kekuatan dioptri lensa yang dipengaruhi oleh kontraksi otot siliaris, agar titik fokus berubah dari jauh menjadi dekat. Konvergensi adalah pergerakan mata ke arah medial oleh otot rektus medialis. Miosis adalah konstiksi pupil melalui kontraksi otot sfingter iris. Ketiga hal ini menyebabkan bayangan fokus ke titik retina yang sesuai.^{1, 2, 4, 8}



Gambar 2.4 Jaras Refleks Dekat
Dikutip dari: Nolte¹²

Impuls refleks dekat berasal dari kontrol supranuklear yaitu dari area korteks visual primer diteruskan ke korteks asosiasi visual. Impuls selanjutnya menuju nukelus okulomotor dan melakukan sinaps dengan nukleus *Edinger-Westphal*. Serabut saraf aferen berjalan bersama saraf okulomotor yang kemudian bersinaps di ganglion siliaris. Serabut saraf eferen mempersarafi otot siliaris untuk akomodasi, otot sfingter iris untuk konstriksi pupil, dan otot rektus medialis untuk konvergensi.^{1, 2, 4, 8}

III. Pemeriksaan Pupil

Pemeriksaan pupil dilakukan sebagai bagian dari penegakan diagnosis. Diameter pupil dinilai dalam keadaan cahaya redup maupun terang. Pemeriksaan pupil meliputi observasi pupil, pengukuran pupil, refleks cahaya langsung dan konsensual, refleks dekat, *swinging light test*, dan pemeriksaan farmakologis.^{4, 11, 14}

3.1 Observasi Pupil

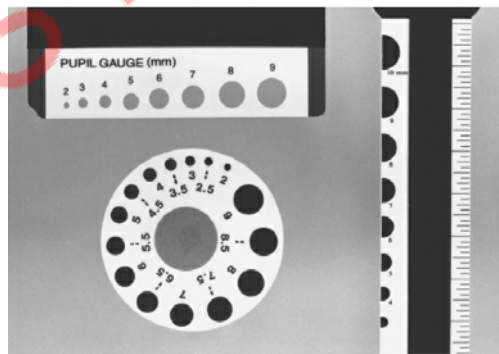
Observasi pupil dilakukan dalam ruangan dengan pencahayaan cukup. Pasien diperintahkan untuk melihat pada objek jauh, lalu mata disinari dari bawah hidung, kemudian diukur diameter masing-masing pupil menggunakan penggaris. Perbedaan diameter kedua pupil bila kurang dari 1 mm dianggap normal. Saat observasi menggunakan *slit lamp*, kita dapat melihat bentuk pupil, diameter pupil, dan kelainan pada iris. Kelainan yang dapat ditemukan saat observasi pupil adalah bentuk pupil ireguler, hal ini dapat disebabkan oleh kelainan kongenital, trauma, operasi, inflamasi intraokuler, neovaskularisasi, dan gangguan pada persarafan otot pupil.^{3, 4, 13, 14}



Gambar 3.1 Gambaran pupil ireguler akibat trauma
Dikutip dari: James dkk.¹⁴

3.2 Pengukuran Pupil

Pengukuran pupil diukur pada kondisi pencahayaan cukup dan pencahayaan redup, selain itu dilakukan pengukuran saat pemeriksaan refleks dekat. Pengukuran pupil dapat menggunakan *pupil gauge*, sebuah alat yang berbentuk sirkular atau linear, terdiri dari lingkaran solid atau berlubang yang akan bertambah 0,2 mm setiap tahapnya. Alat ini diletakkan dekat mata untuk menentukan ukuran pupil. Kedua pupil diukur kemudian dibandingkan apakah sama besar atau tidak. Saat ukuran tidak sama besar, pemeriksa perlu menentukan apakah perbedaan ukuran lebih besar saat gelap atau saat terang. Perbedaan ukuran pupil lebih dari 0,4 mm disebut anisokoria. Anisokoria dapat terjadi akibat kerusakan pada otot sfingter iris, otot dilator iris, atau persarafannya. Alat lain yang dapat digunakan untuk mengukur diameter pupil adalah pupilometri. Pupilometri menggunakan stimulasi cahaya dan sistem pengambilan gambar menggunakan kamera inframerah. Pupilometri dapat mengukur diameter pupil baik dalam keadaan terang maupun gelap total dan dapat mengukur pupil secara bersamaan. Pupilometri saat ini menjadi alat pengukur pupil yang paling akurat.^{1, 3, 15}



Gambar 3.2 *Pupil Gauge*
Dikutip dari: Walsh dan Hoyt³

3.3 Refleks Cahaya Langsung dan Konsensual

Refleks cahaya langsung adalah respons pupil yang disinari cahaya, dan respons cahaya konsensual adalah respons pada pupil kontralateral. Pemeriksaan refleks cahaya dilakukan di ruangan redup. Pasien diperintahkan untuk melihat jauh, untuk mencegah miosis akomodasi karena refleks dekat. Satu mata disinari dari arah

samping, di bawah rima orbita inferior, kemudian lakukan penilaian konstriksi kedua pupil menggunakan skala 0 hingga +3, dengan nilai 0 tidak ada respons pupil, +1 respons pupil menurun, +2 respons pupil sedikit menurun, dan +3 refleks pupil normal. Lakukan pula pemeriksaan pada mata kontralateral dengan cara yang sama.^{3, 11, 13}



Gambar 3.3 Refleks cahaya langsung pada mata kiri dan refleks cahaya konsensual pada mata kanan
Dikutip dari: Yanoff dkk.⁵

3.4 Refleks Dekat

Pemeriksaan refleks dekat dilakukan pada ruangan dengan pencahayaan cukup. Pasien diperintahkan untuk melihat objek yang diletakkan 33 sentimeter di depan mata, dan objek tersebut didekatkan perlahan mendekati hidung dan pasien diinstruksikan untuk tetap fokus pada target, disebut normal bila pupil berkonstriksi dan terjadi konvergensi. Pemeriksaan ini memerlukan kerjasama yang baik dari pasien. Pemeriksaan refleks dekat tidak memerlukan rangsang cahaya karena pemberian cahaya dapat menyebabkan konstriksi pupil.^{3, 11, 13}

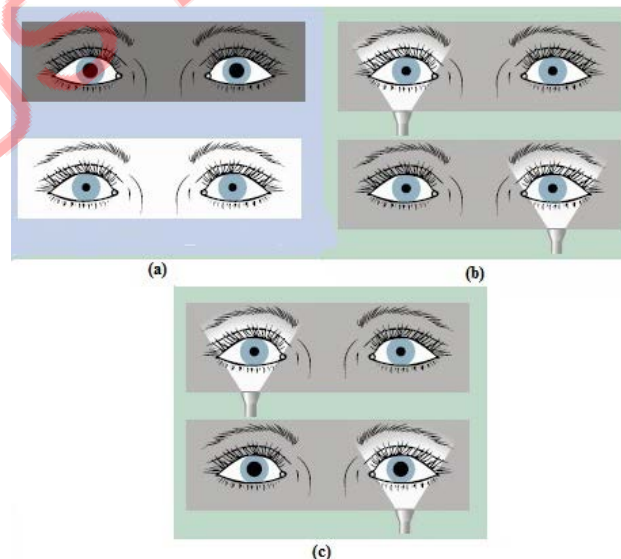


Gambar 3.4 Refleks dekat. (A) Kedua pupil dilatasi dan posisi mata berada di tengah saat pasien melihat jauh, (B) Kedua pupil konstriksi dan terjadi konvergensi saat pasien melihat ibu jari dari jarak 33 cm
Dikutip dari: Liu dkk.¹⁶

Pada kondisi normal, respons konstriksi pupil pada refleksi cahaya lebih besar dari refleksi dekat. Perbandingan respons pupil pada refleksi cahaya dengan respons pupil pada refleksi dekat dapat menentukan kelainan *light-near dissociation*. Kelainan ini ditentukan dengan gangguan pada reaksi pupil terhadap rangsang cahaya dan respon pupil terhadap refleksi dekat masih normal. Kondisi ini dapat terjadi pada gangguan jalur aferen, otak tengah, dan regenerasi aberan.^{3, 11, 13}

3.5 *Swinging Light Test*

Pemeriksaan *swinging light test* dilakukan untuk membandingkan respons cahaya langsung dan konsensual pada kedua mata, dengan cahaya diarahkan pada salah satu mata. Pemeriksaan ini dilakukan pada ruangan dengan cahaya redup untuk memaksimalkan pergerakan pupil. Pasien diminta untuk melihat jauh, kemudian dengan menggunakan lampu pena arahkan cahaya pada mata kanan selama 2-3 detik, perhatikan respons pupil langsung dan konsensual mata kanan. Gerakkan lampu pena ke mata kiri melalui batang hidung dengan cepat, kemudian nilai respons pupil langsung dan konsensual mata kiri. Gerakan ini diulang beberapa kali agar dapat dinilai respons secara umum, dengan ritme yang sama.^{3, 5, 11}



Gambar 3.5 Respons pada kondisi normal dan RAPD. (a) Respons di ruangan gelap dan ruangan terang. (b) Masing-masing mata diberi sinar dan memberi respons normal. (c) RAPD pada mata kiri

Dikutip dari: Ulrich dkk.¹⁷

Respons pupil normal saat diberi cahaya adalah konstriksi, namun pada keadaan abnormal dapat terjadi dilatasi pupil. Terdapat beberapa hal yang dapat menyebabkan pemeriksaan *swinging light test* tidak optimal, di antaranya ruangan terlalu terang, sumber cahaya terlalu redup atau terang, pasien fiksasi pada sumber cahaya sehingga terjadi konstriksi pupil, gerakan tidak ritmis dan cepat, jumlah gerakan tidak cukup konsisten, dan cahaya terlalu lama pada satu mata.^{3, 18}

Kelainan pada pemeriksaan *swinging light test* adalah *relative afferent pupillary defect* (RAPD). *Relative afferent pupillary defect* atau *Marcus-Gunn pupil* terjadi karena adanya lesi pada retina atau nervus optikus. Hasil pemeriksaan RAPD akan ditemukan penurunan atau tidak adanya refleks cahaya langsung, penurunan refleks cahaya pupil konsensual, refleks dekat normal, dan pupil yang tidak normal akan mengalami dilatasi saat lampu pena digerakkan dari mata normal ke mata yang tidak normal.^{3, 11, 14}



Gambar 3.6 *Neutral Density Filter*
Dikutip dari: Walsh dan Hoyt³

Skala penilaian untuk RAPD secara kualitatif dimulai dari 1+ yaitu konstriksi awal pupil diikuti dilatasi cepat, 2+ tidak ada gerakan pupil lalu dilatasi, 3+ dilatasi langsung, dan 4+ pupil amaurotik. Pengukuran RAPD secara kuantitatif dapat dinilai dengan *neutral density filter*. Pemeriksaan ini dapat mendeteksi RAPD kecil yang tidak dapat terdeteksi dengan *swinging light test*. Pemeriksaan *neutral density filter* dilakukan dengan meletakkan filter dengan kenaikan 0,3 *log unit* di depan satu mata, kemudian dilakukan *swinging light test*, lalu filter dipindahkan pada mata

sebelahnya, dan *swinging light test* kembali dilakukan. Salah satu mata yang memiliki RAPD kecil mendapat filter dan dilakukan *swinging light test* maka penurunan cahaya yang masuk pada mata tersebut akan menyebabkan kondisi RAPD yang semula tidak tampak menjadi bermakna.^{3, 18}

3.6 Pemeriksaan Farmakologis

Pemeriksaan farmakologis dilakukan untuk membandingkan respons pupil normal dengan pupil abnormal saat diberikan obat. Obat-obatan yang digunakan adalah obat golongan adrenergik dan kolinergik, di antaranya kokain, pilokarpin, hidroksumfetamin, fenilefrin, dan apraklonidin. Pemeriksaan ini dilakukan untuk menegakkan diagnosis anisokoria, contohnya pada sindrom Horner dan pupil Adie tonik. Penetasan obat dilakukan pada kedua mata, dengan salah satu mata sebagai kontrol internal. Diameter pupil kedua mata diukur terlebih dahulu agar dapat dibandingkan setelah pemberian obat.^{3, 14, 17}

Pemberian kokain menghambat pengambilan kembali norefinefrin sebagai neurotransmitter saraf simpatis pada serabut saraf terminal sehingga menyebabkan dilatasi pupil. Kondisi sindrom Horner menghasilkan norefinefrin yang lebih sedikit sehingga pemberian kokain tidak akan menyebabkan dilatasi pupil. Pemeriksaan dilakukan dengan pemberian 2 tetes kokain 4% atau 10%, lalu pupil diukur setelah 45 menit. Anisokoria lebih dari 1 mm didiagnosis sebagai sindrom Horner pada mata yang lebih kecil. Pemberian hidroksumfetamin 1% dapat digunakan untuk menentukan lokasi lesi karena dapat meningkatkan pelepasan norefnefrin pada neuron orde ketiga. Setelah pemberian hidroksumfetamin, bila pupil dengan sindrom Horner tidak berdilatasi maka dicurigai terdapat lesi di neuron orde ketiga, namun bila kedua pupil berdilatasi dengan baik maka lesi diduga berada di neuron orde pertama atau kedua. Pilokarpin adalah substansi kolinergik yang bekerja langsung pada otot sfingter iris pada konsentrasi tinggi menghasilkan konstriksi pupil. Pemberian pilokarpin 0,1% digunakan untuk menegakkan diagnosis pupil Adie tonik karena terjadi denervasi supersensitif yang menyebabkan konstriksi pupil pada dosis pilokarpin rendah.^{3, 14, 17}

IV. Simpulan

Sistem saraf otonom mengatur fungsi fisiologis dari pupil, dengan sistem saraf simpatis untuk konstriksi pupil, sistem saraf parasimpatis untuk dilatasi pupil, dan kontrol supranuklear untuk refleks dekat dan akomodasi. Tahapan dalam pemeriksaan pupil yaitu observasi pupil, pengukuran pupil, refleks cahaya langsung dan konsensual, refleks dekat, *swinging light test*, dan pemeriksaan farmakologis. RAPD dapat dinilai menggunakan *swinging light test* dan *neutral density filter*. Pemeriksaan farmakologis membantu membandingkan respons pupil normal dengan pupil abnormal. Pemeriksaan pupil yang baik membantu penegakan diagnosis pada kelainan mata.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kardon R. Regulation of light through the pupil. Dalam: Adler FH, Alm A, Levin LA, Kaufman PL, penyunting. Adler's physiology of the eye. Edisi ke-11. Edinburgh: Saunders/Elsevier; 2011. hlm. 502-25.
2. Agarwal A, Agarwal A. The pupil. Dalam: Amar A, Athiya A, penyunting. Manual of neuro-ophthalmology. New Delhi: Jaypee Brothers Pvt. Ltd.; 2009. hlm. 54-72.
3. Miller NR, Subramanian PS, Patel VR. Walsh and Hoyt's clinical neuro-ophthalmology. Edisi ke-3. Wolters Kluwer; 2016. hlm. 507-85.
4. Riordan-Eva P, Augsburger JJ. Vaughan & Asbury's general ophthalmology. Edisi ke-19. McGraw-Hill; 2018. hlm. 665-70.
5. Kardon R. The Pupils. Dalam: Yanoff M, Duker JS, penyunting. Ophthalmology. Edisi ke-4. Elsevier Saunders; 2013. hlm. 958-64.
6. Cantor LB, Rapuano CJ, Cioffi GA. Fundamentals and principles of ophthalmology. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2016-2017. hlm. 54-8.
7. Forrester JV, Dick AD, McMenamin PG, Roberts F, Pearlman E. The eye : basic sciences in practice. Edisi ke-4. China: Elsevier; 2016. hlm. 26-9.
8. Remington LA. Clinical anatomy and physiology of the visual system. Edisi ke-3. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann; 2012. hlm. 262-9.
9. Ansari MW, Nadeem A. Atlas of ocular anatomy. Switzerland: Springer; 2016. hlm. 17-8.
10. McDougal DH, Gamlin PD. Autonomic control of the eye. Comprehensive Physiology. 2015;5(1):439-73.
11. Galetta SL, Balcer LJ, Liu GT. Neuro-ophthalmologic anatomy and examination techniques. Dalam: Kidd DP, penyunting. Neuro-ophthalmology. Philadelphia: Butterworth Heinemann; 2008. hlm. 19-32.
12. Vanderah T, Gould DJ. The visual system. Dalam: Vanderah T, Gould DJ , penyunting. Nolte's the human brain: an introduction to its functional anatomy. Edisi ke-7. Elsevier Health Sciences; 2015. hlm. 452-6.
13. Cantor LB, Rapuano CJ, Cioffi GA. Neuro-ophthalmology. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2016-2017.
14. James B. The pupils. Dalam: James B, Benjamin L, penyunting. Ophthalmology : investigation and examination techniques. Philadelphia: Butterworth Heinemann/Elsevier; 2007. hlm. 123-7.
15. Yoo YJ, Yang HK, Hwang J-M. Efficacy of digital pupillometry for diagnosis of Horner syndrome. PloS one. 2017;12(6):e0178361.
16. Liu GT, Volpe NJ, Galetta SL, penyunting. Neuro-ophthalmology. Edisi ke-2. Elsevier Health Sciences; 2010.
17. Wilhelm H, Wilhelm B. Diagnosis of pupillary disorders. Dalam: Schiefer U, Wilhelm H, Hart W, penyunting. Clinical neuro-ophthalmology : a practical guide. Berlin; London: Springer; 2007. hlm. 55-69.
18. Trobe JD, Leonello TK. The neurology of vision. Oxford: Oxford Univ. Press; 2001. hlm. 140-5.