

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

Sari Kepustakaan : Fisiologi Gerak Bola Mata

Penyaji : Soraya Febriananda

Pembimbing : Dr. dr. Feti Karfiati Memed, Sp.M(K), M.Kes

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh

Pembimbing



Dr. dr. Feti Karfiati Memed, Sp.M(K), M.Kes

Senin, 10 April 2023

Pukul 08.15 WIB

I. Pendahuluan

Gerakan bola mata menunjang proses penerimaan informasi visual dari lingkungan sekitar. Pergerakan bola mata melibatkan koordinasi mata, sistem kompleks dari jaras, dan struktur saraf. Aktivitas bola mata memerlukan gerakan otot mata dengan koordinasi otot ekstraokular yang baik. Otot ekstraokular berfungsi mengatur gerakan bola mata sehingga bayangan tepat jatuh di fovea.¹⁻³

Tujuh bagian otot ekstraokular mempunyai peran berbeda dalam menggerakkan bola mata. Otot ekstraokular yang berperan dalam pergerakan bola mata terdiri dari enam otot yaitu otot rektus superior, otot rektus medial, otot rektus inferior, otot rektus lateral, otot oblik inferior, dan otot oblik superior. Otot levator palpebra superior merupakan otot ekstraokular yang berbeda dan mempunyai fungsi elevasi palpebra superior.³⁻⁵

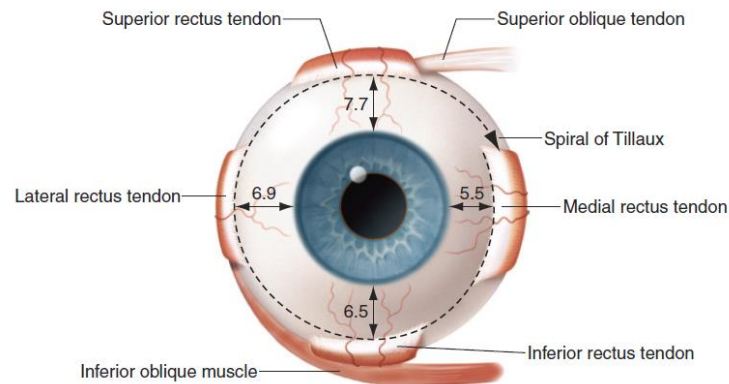
Otot ekstraokular mendapatkan inervasi dari saraf kranial, yaitu saraf troklear, saraf abduksen, dan saraf okulomotor serta diatur oleh serebelum, korteks, dan batang otak sehingga gerak bola mata saling berhubungan. Neuron motorik dari saraf kranial mengirimkan impuls saraf ke serabut otot ekstraokular, menghasilkan potensial aksi dan depolarisasi yang menyebabkan otot ekstraokular berkontraksi, sehingga terjadi kontraksi otot ekstraokular dan membuat pergerakan bola mata ke arah tertentu.⁶⁻⁸ Tujuan dari sari kepustakaan ini adalah untuk membahas fisiologi gerakan mata yang dihasilkan dari aksi otot ekstraokular.

II. Otot Ekstraokular

Otot ekstraokular terdiri dari empat otot rektus yang berasal dari *Annulus of Zinn* di bagian apex rongga mata, selanjutnya berjalan ke bagian anterior melalui dinding orbita dan membentuk kerucut otot. Keempat rektus ini mengikuti rongga bola mata dan insersi ke bagian sklera anterior sesuai dengan ekuator bola mata. Jarak antara insersi otot rektus ke tepi limbus membentuk spiral imajiner yang disebut *Spiral of Tillaux*.^{4,6,9}

Otot oblik superior berasal dari tulang orbita posterior superomedial bagian atas. Otot tersebut berjalan sepanjang dinding orbita medial untuk mencapai troklear.

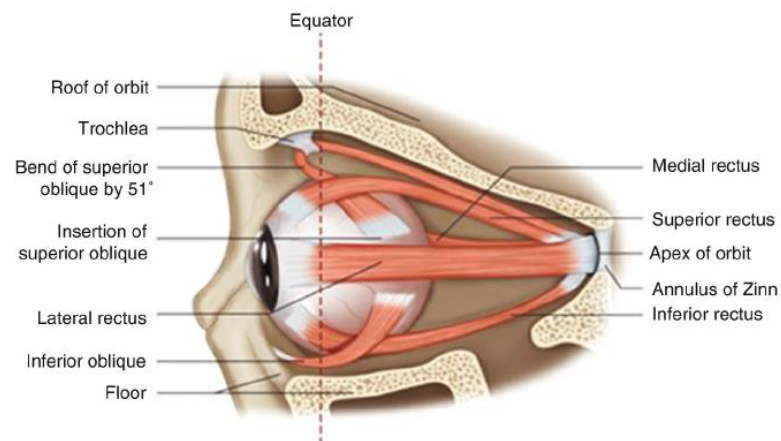
Otot memanjang sampai ke bagian posteroinferior, mencapai bagian rongga mata dan melewati rektus superior serta berinsersi di bagian posterolateral.^{2,7,9}



Gambar 2.1 *Spiral of tillaux*

Dikutip dari: Brar dkk.⁹

Otot ekstraokular lainnya seperti otot oblik inferior berasal dari rongga tulang orbita dan melewati rektus inferior. Perjalanan otot oblik inferior menyerupai otot oblik superior. Akhir perjalanan otot oblik inferior yaitu insersi ke bagian posterolateral inferior.^{2,4,7}



Gambar 2.2 Otot-otot ekstraokular bola mata

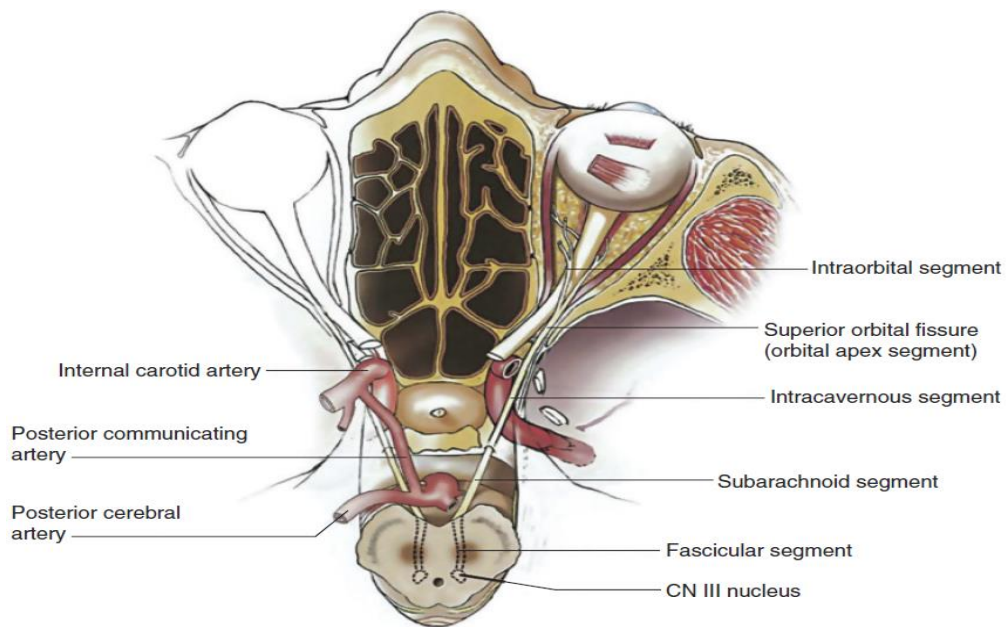
Dikutip dari: Liu dkk.⁴

Komposisi serat otot ditentukan secara genetik dan morfogenesis hampir sempurna saat lahir. Serabut otot secara luas diklasifikasikan berdasarkan morfologi sesuai fungsinya. Populasi serabut terdiri dari 80% *Singly innervated fibers* (SIF). Inervasi eferen terdiri dari akson berdiameter besar yang diselubungi

oleh mielin, kemudian berakhir pada satu *neuromuskuler junction*. Secara kolektif, serabut otot menghasilkan kontraksi untuk menahan tekanan *viscoelastic*. Populasi serabut sekitar 20% terdiri dari *Multiply innervated fibers (MIFs)*. Akson eferen sebagian besar berukuran kecil dan diselubungi lapisan mielin yang ringan membentuk banyak ujung saraf sepanjang serabut otot.^{3,10,11}

2.1 Inervasi Otot Ekstraokular

Saraf kranial yang mengatur otot ekstraokular meliputi saraf kranial okulomotor, troklear, dan abduksen. Nukleus saraf okulomotor terletak di dorsal bagian *midbrain ventral*, dengan serabut menuju *aqueduct* yang menghubungkan ventrikel tiga dan ventrikel empat. Kompleks nuklear mewakili kumpulan subnukleus yang memiliki fungsi spesifik.^{2,3,5}



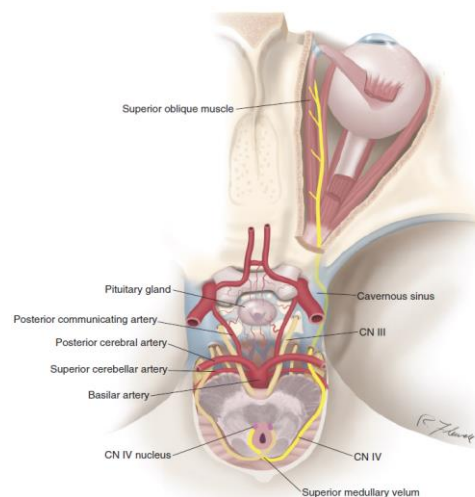
Gambar 2.3 Ilustrasi jalur aksial saraf kranial okulomotor

Dikutip dari: Bhatti dkk.⁷

Tujuan akhir dari serabut saraf okulomotor yaitu inervasi otot rektus medial, otot rektus inferior, otot oblik inferior, sfingter pupil, dan otot badan siliaris. Serabut saraf okulomotor keluar secara ventral, ipsilateral dengan asal nukleusnya. Sebaliknya, serabut dari subnukleus medial yang terletak sepanjang garis tengah, menyilang sebelum keluar dari batang otak untuk mempersarafi otot rektus superior

kontralateral. Nukleus kaudatus sentral memberikan persarafan ke levator palpebra superior secara bilateral.^{7,13,14}

Nukleus saraf kranial troklear terletak di dalam *gray matter* di aspek dorsal dari *caudal midbrain* tepat di bawah *aqueduct*, langsung bersebelahan dengan nukleus saraf kranial okulomotor yang berada lebih rostral. Bagian intraaksial yaitu fasikula saraf kranial okulomotor sangat pendek, berjalan ke arah dorsal sekitar *periaqueductal gray* untuk menyeberang dalam velum medula anterior yaitu sebelah kaudal dari inferior kolikulus di bawah kelenjar pineal. Nervus kranial troklear masuk ke bagian lateral posterior sinus kavernosus di bawah insersi tentorial anterior dan di bawah saraf kranial okulomotor. Saraf kranial troklear berjalan ke depan di dalam dinding sinus kavernosus lateral. Secara anterior, saraf kranial troklear melintasi saraf kranial okulomotor untuk memasuki fisura orbita superior. Bersamaan dengan nervus frontalis dan lakrimal, saraf kranial okulomotor melewati fisura orbita superior tetapi di luar annulus Zinn. Saraf kranial troklear kemudian melintasi nervus optikus untuk memasuki otot oblik superior di dalam orbita medial superior.^{3,7,12}

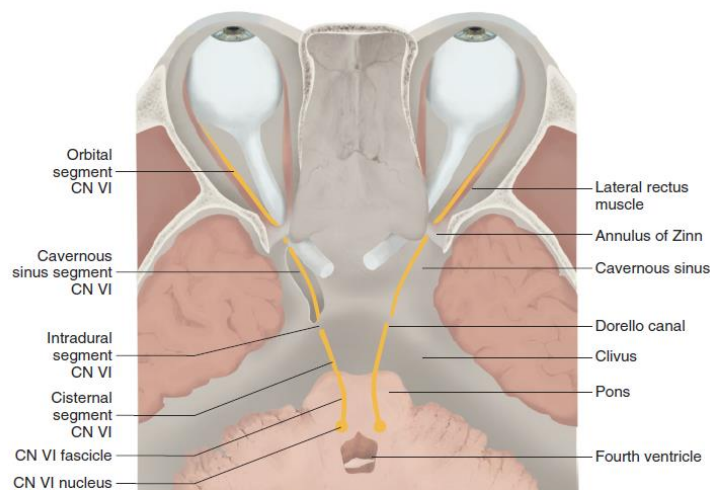


Gambar 2.4 Ilustrasi jalur aksial saraf kranial troklear ke otot oblik superior

Dikutip dari: Bhatti dkk.⁷

Saraf kranial abduksen berasal dari dorsokaudal pons tepat di bawah ventrikel ke empat dan melintasi traktus kortikobulbar. Keluar dari batang otak, saraf kranial abduksen berjalan secara rostral di dalam ruang subarahnoid pada permukaan clivus

dari area *cerebellopontine angle* ke bagian superior fossa posterior. Saraf menembus dura kira-kira 1 cm di bawah apex petrosus dan berjalan di bawah ligamen petroclinoid untuk memasuki kanal Dorello. Di dalam kanal, saraf kranial abduksen berjalan dengan sinus petrosus inferior. Setelah menjadi ekstradural, saraf kranial abduksen berada di dalam sinus kavernosus, berjalan sejajar dengan segmen horizontal arteri karotis dan saraf kranial trigeminal cabang optalmika. Mencapai bagian anterior dari sinus kavernosus, saraf kranial abduksen melintasi fisura orbita superior melalui Annulus Zinn untuk memasuki permukaan medial otot rektus lateral.^{2,3,7}



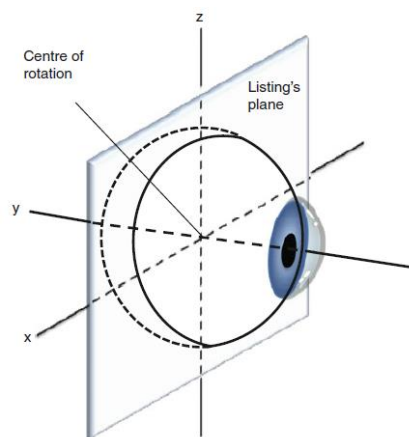
Gambar 2.5 Ilustrasi jalur aksial saraf kranial abduksen ke otot rektus lateral
Dikutip dari: Bhatti dkk.⁷

2.2 Pergerakan Bola Mata

Pergerakan bola mata merupakan hasil dari kontraksi dan relaksasi beberapa kelompok otot. Hukum Sherrington merupakan hubungan antara otot agonis (otot berkontraksi) dan otot antagonis (otot relaksasi). Duksi adalah gerakan monokular yang melibatkan satu mata yang ditutup dengan tujuan mata menjadi akomodasi. Pergerakan duksi termasuk transversal (abduksi dan adduksi), vertikal (elevasi dan depresi), dan torsional (insiklotorsi dan eksiklotorsi). Pandangan bola mata bekerja bersamaan dengan otot agonis, antagonis, atau sinergis. Otot agonis bekerja sama dengan otot sinergis dalam menggerakkan mata ke arah yang sama, misalnya otot

superior oblik dan otot rektus inferior berfungsi sebagai depressor, sehingga otot tersebut sinergis untuk infraduksi.^{3,8,10}

Otot Yoke adalah otot ekstraokular yang menggerakkan kedua bola mata ke satu arah pandangan yang sama. Otot rektus lateral mata kanan dan otot rektus medial mata kiri berkontraksi saat melihat ke kanan. Hukum Hering menyatakan bahwa ketika kedua bola mata bergerak ke arah tertentu, terjadi inervasi seimbang terhadap pasangan otot Yoke. Gerak binokular adalah gerakan simultan dari kedua bola mata, terdiri dari *conjugate* dan *non conjugate*. Pergerakan mata ke arah yang sama disebut versi dan termasuk gerakan *binocular conjugate*.^{2,5,8}



Gambar 2.6 Aksis fick

Dikutip dari: Skalicky.²

Aksis fick adalah semua gerakan mata yang digambarkan sebagai rotasi satu atau lebih dari satu sumbu. Sumbu terbagi menjadi kuadran dan berpotongan di pusat rotasi. Sumbu x terletak di sumbu horizontal, sehingga mata memiliki gerakan elevasi dan depresi. Sumbu z terletak di sumbu vertikal, sehingga mata memiliki gerakan abduksi dan adduksi. Sumbu y terletak di sumbu anteroposterior, sehingga mata memiliki gerakan intorsi dan ekstorsi.^{2,5,6}

Gerakan levosikloversi adalah menggerakkan kedua mata sehingga bagian superior dari meridian vertikal kornea berputar ke kiri. Dekstrosikloversi adalah kedua mata berputar sehingga bagian superior dari meridian vertikal kornea bergerak ke kanan. Pergerakan kedua mata ke sisi kiri disebut levoversi, sedangkan pergerakan kedua mata ke sisi kanan pasien disebut dengan dekstroversi.

Pergerakan bola mata ke arah atas disebut elevasi, sedangkan gerakan kedua mata ke arah bawah pada kedua mata disebut depresi. Pergerakan mata ke arah berlawanan arah disebut *vergence* dan termasuk gerakan *binocular non conjugate*. Gerakan *vergence* terbagi menjadi dua, yaitu konvergen dan divergen. Konvergen merupakan pergerakan kedua bola mata ke arah nasal, sedangkan divergen merupakan pergerakan kedua bola mata ke arah temporal.^{3,6,8}

2.3 Pemeriksaan Gerak Bola Mata

Fungsi primer merupakan gerakan utama dari otot ekstraokular, sedangkan fungsi sekunder dan tersier merupakan gerakan tambahan dari otot mata. Otot rektus medial dan lateral hanya mempunyai fungsi primer, yaitu adduksi dan abduksi. Otot rektus inferior dan superior mempunyai fungsi primer depresi dan elevasi, selanjutnya fungsi sekunder berupa ekstorsi dan intorsi. Fungsi tersier dari otot rektus inferior dan superior berupa adduksi. Fungsi primer otot oblik inferior dan oblik superior yaitu ekstorsi dan intorsi. Fungsi sekunder pada otot tersebut, yaitu elevasi dan depresi. Fungsi tersier pada otot oblik inferior dan superior yaitu abduksi.^{2,7,9}

Tabel 2.3 Fungsi primer, sekunder, dan tersier otot ekstraokular

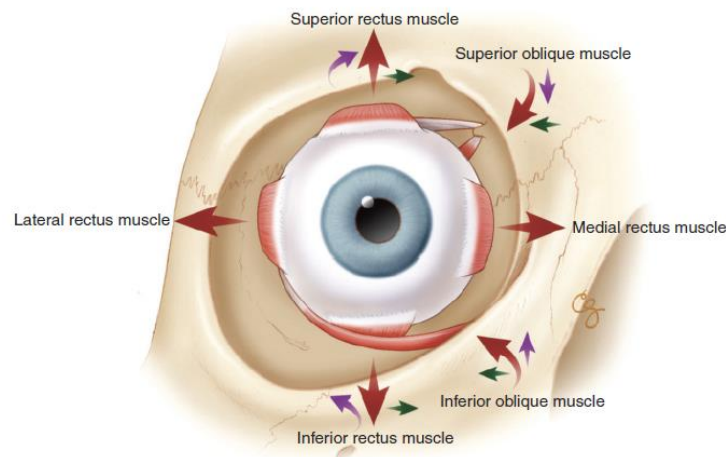
Muscle	Primer	Sekunder	Tersier
Medial rectus	Adduction	-	-
Lateral rectus	Abduction	-	-
Inferior rectus	Depression	Extorsion	Adduction
Superior rectus	Elevation	Intorsion	Adduction
Inferior oblique	Extorsion	Elevation	Abduction
Superior oblique	Intorsion	Depression	Abduction

Dikutip dari : Bhatti dkk.⁷

Bidang aksi adalah garis pandang tertentu dengan otot ekstraokular bertindak sebagai penggerak utama bola mata. Otot rektus lateral merupakan otot penggerak utama pada posisi abduksi pada arah horizontal. Otot rektus medial merupakan otot penggerak utama posisi adduksi pada arah horizontal. Elevasi bola mata disebabkan oleh kontraksi otot oblik inferior dan rektus superior pada arah vertikal. Otot oblik inferior berfungsi sebagai elevator bola mata pada posisi abduksi. Cara terbaik

untuk menilai fungsi otot mata yaitu dengan meminta pasien untuk melihat ke arah *field of action*.^{2,6,8}

Pemeriksaan gerak bola mata dilakukan dengan cara menginstruksikan pasien untuk mengikuti objek yang telah disiapkan sebelumnya. Pemeriksa menggerakkan objek dari jarak 40 cm, selanjutnya memindahkan objek tersebut pada enam titik kardinal bola mata pasien. Posisi kepala dalam keadaan diam saat melakukan gerakan mata. Pemeriksaan versi merupakan pemeriksaan yang dilakukan dengan kedua mata terbuka, sedangkan pemeriksaan duksi merupakan pemeriksaan yang dilakukan pada salah satu mata yang tertutup secara bergantian.^{2,8,11}



Gambar 2.7 Fungsi primer, sekunder, dan tersier otot ekstraokular mata kanan

Dikutip dari: Bhatti dkk.⁷

III. Simpulan

Pergerakan bola mata merupakan suatu element kompleks yang membutuhkan kordinasi antar struktur yang membentuknya. Mata memiliki tujuh otot ekstraokular utama yang berfungsi dalam mengatur pergerakan bola mata dan kelopak mata bagian atas. Gerakan bola mata terdiri dari abduksi, adduksi, elevasi, depresi, insiklotorsi, eksiklotorsi, levosikloversi, dan dekstrosikloversi. Keseluruhan gerak bola mata ini didukung oleh struktur yang membuat mata dapat bergerak dan menghasilkan gambar visual yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pathak A, Patel S, Karlinsky A, Taravati S, Welsh TN. The “eye” in imagination: The role of eye movements in a reciprocal aiming task. *Behav. Brain Res.* 2023;12:441.
2. Skalicky SE. *Clinical application ocular and visual physiology.* Sydney: Springer; 2016. hlm. 229-70.
3. Forrester J V, Dick AD, McMenamin PG, Roberts F, Pearlman E. *The Eye: Basic science in practice.* Scotlandia: Elsevier; 2016. hlm. 1-102.
4. Liu C, Lee H. *Fundamentals in ophthalmic practice.* Brighton: Springer International Publishing; 2020. hlm. 22-40.
5. Campomanes AA. The physiologic anatomy of eye muscles and the surgical anatomy of strabismus. *Pediatric ophthalmology and strabismus, Edisi ke-4.* San Fransisco: Elsevier; 2013. hlm. 733–41.
6. Remington L. *Clinical anatomy and physiology of the visual system, Edisi ke-3.* Brighton: Elsevier; 2012. hlm. 182–201.
7. Bhatti MT, Chen JJ, Danesh MH, Levin LA, Moss HE, Phillips PH, dkk. *Neuro-ophthalmology. Dalam: Basic and clinical science course.* San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2022. hlm. 3-87.
8. Khan AO, Chang TCP, Dairi MAE, Lee KA, Utz VM, Mireskandari K, dkk. *Pediatric ophthalmology and strabismus. Dalam: Basic and clinical science.* San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2022. hlm. 3-65.
9. Brar VS, Law SK, Lindsey JL, Mackey DA, Schultze RL, Silverstein E, dkk. *Fundamentals and principles of ophthalmology. Dalam: Basic and clinical science course.* San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2022. hlm. 5-40.
10. Bruenech JR. Neuroanatomical structures in extraocular muscles and their potential implication in the management of strabismus. *Adv. Ophthalmol. Optometry.* 2021;6; 39–53.
11. Levin L, Nillson, Hoeve JV, Wu S, Kaufman, Alm A, dkk. *Adler's physiology of the eye.* Madison: Elsevier; 2012. hlm. 391-464.
12. Haładaj R. Normal anatomy and anomalies of the rectus extraocular muscles in human: A review of the recent data and findings. *Biomed Res Int.* 2019;10;1-9.
13. Rana K, Juniati V, Patel S, dkk. Extraocular muscle enlargement. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2020;6;3419–35.
14. Hyun J S, Shin H L, Tae J H, Wu C S, Andrew G. Intramuscular nerves of the inferior rectus muscle: Distribution and characteristics. *Curr Eye Res.* 2020;12;1598-1603