

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

Sari Kepustakaan : Gerak Bola Mata
Penyaji : Indri Nurul Hayyi
Pembimbing : dr. Primawita O. Amiruddin, SpM(K)., MKes

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh
Pembimbing

dr. Primawita O. Amiruddin, SpM(K)., MKes

Jumat, 3 Mei 2019
07.30 WIB

I. Pendahuluan

Gerak bola mata merupakan komponen penting pada fungsi penglihatan. Fungsi visual tidak dapat dicapai tanpa koordinasi gerak bola mata yang baik. Otot-otot ekstraokular berfungsi mengatur gerak bola mata agar bayangan objek jatuh tepat di fovea dan mempertahankan posisi pandangan untuk menghasilkan lapang pandang binokular. Otot ekstraokular juga berfungsi mengatur koordinasi gerak bola mata sehingga mata dapat mengikuti objek yang bergerak dan dapat mengubah fiksasi dengan cepat.¹⁻³

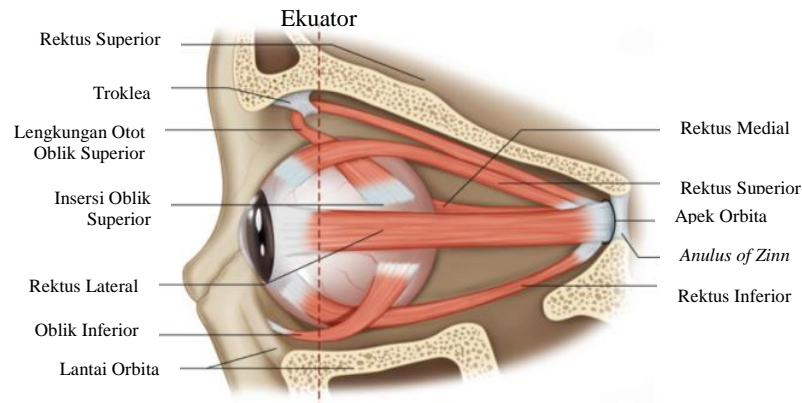
Bola mata memiliki 2 kelompok otot, yaitu otot intrinsik dan otot ekstrinsik. Otot intrinsik bersifat involunter, terdiri dari otot siliaris (sfingter dan dilator iris) dan otot-otot yang terdapat di dalam bola mata yang berperan dalam mengatur gerakan struktur internal bola mata. Otot ekstrinsik bersifat volunter, terdiri dari otot-otot ekstraokular yang berperan dalam mengatur gerakan bola mata. Otot ekstraokular terdiri dari 7 otot, yaitu 4 otot rektus, 2 otot oblik dan 1 otot levator palpebra. Secara umum otot ekstraokular berperan dalam menggerakkan bola mata, tetapi otot levator palpebral memiliki fungsi yang berbeda. Otot ini berfungsi untuk elevasi palpebra superior.^{2,4}

Otot ekstraokular bekerja secara volunter untuk mengatur arah gerakan bola mata. Sebagian gerakan bola mata dapat dilakukan secara involunter sebagai respon terhadap gerakan benda-benda di lingkungan dan respon terhadap gerakan kepala atau bagian tubuh lainnya. Gerakan bola mata diatur oleh beberapa area pada otak yaitu korteks, batang otak dan serebelum sehingga terbentuk gerak bola mata yang terintegrasi. Sari kepustakaan ini bertujuan untuk membahas fisiologi gerakan bola mata.^{1,5,6}

II. Anatomi dan Histologi Otot Ekstraokular

Otot ekstraokular terdiri dari 6 otot utama yaitu rektus superior, rektus medial, rektus inferior, rektus lateral dan 2 otot oblik yaitu oblik superior dan oblik inferior. Otot-otot ini terletak di dalam rongga orbita dan dikelilingi oleh lemak serta jaringan ikat fibroelastik. Otot ekstraokular membentuk kerucut otot (*muscle*

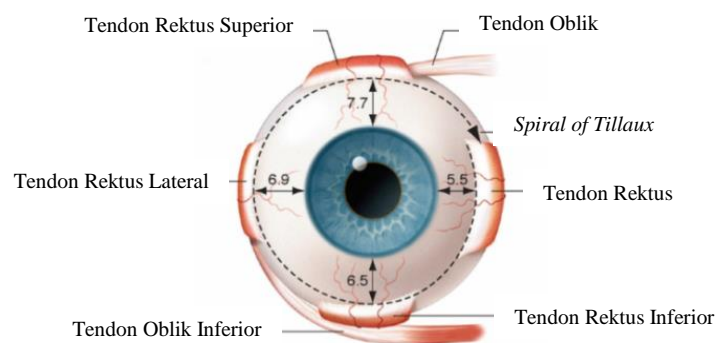
cone) pada bagian posterior dari garis ekuator bola mata. Jaringan lemak mengisi bagian dalam kerucut tersebut.^{4,7-9}



Gambar 2.1 Otot Ekstraokular

Dikutip dari : Ansari MW.⁸

Empat otot rektus memiliki origo di cincin tendon yang terletak di apeks orbita dan disebut *Annulus of Zinn*. Insersi otot-otot ini terletak di sklera pada bagian anterior tepatnya 4-8 mm di belakang limbus. Insersi otot rektus medial, rektus inferior, rektus lateral, dan rektus superior, secara berurutan terletak semakin menjauh dari limbus membentuk spiral imajiner yang disebut *Spiral of Tillaux*.⁷⁻⁹

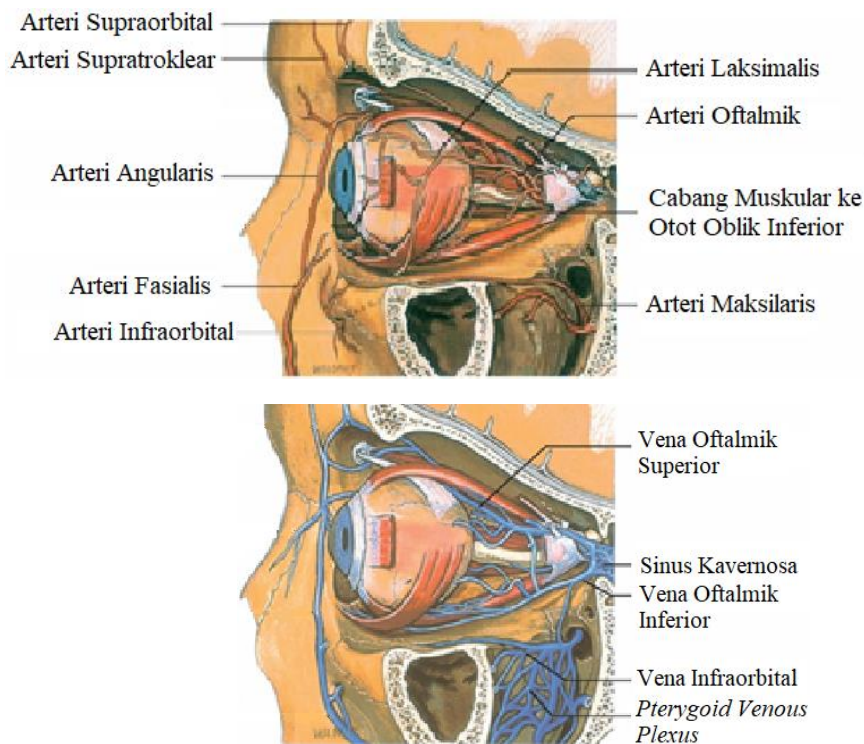


Gambar 2.2 Spiral of Tillaux

Dikutip dari : AAO.⁷

Otot oblik superior berasal dari periosteum tulang sfenoid di bagian superomedial foramen optik. Otot tersebut memanjang ke troklea di superonasal rima orbita dan masuk ke sklera di bagian superior, di bawah insersi otot rektus superior. Otot oblik inferior berasal dari cekungan dangkal di lempeng orbita tulang maksila, di sudut anteromedial lantai tulang orbita dekat fossa lakrimalis.

Otot tersebut memanjang ke posterior, lateral dan superior lalu masuk ke sklera di kuadran posterior inferior temporal. ^{1,7-9}



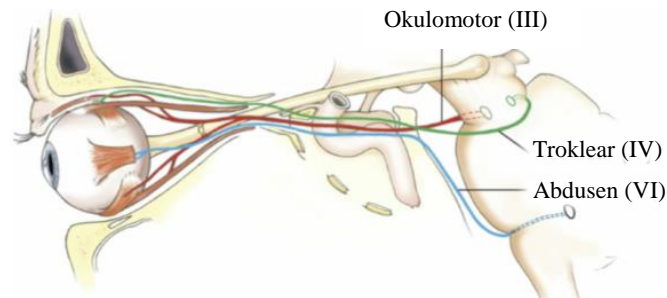
Gambar 2.3 Vaskularisasi Pada Otot Ekstraokular

Dikutip dari : AAO.⁷

Otot ekstraokular mendapat suplai darah dari arteri oftalmik cabang muskular superior, muskular inferior, lakrimal dan supraorbital serta dari arteri maksilaris cabang infraorbital. Arteri oftalmik cabang muskular lateral memberikan suplai darah untuk otot rektus lateral, otot rektus superior dan otot oblik superior. Arteri oftalmik cabang muskular medial memberikan suplai darah untuk otot rektus medial, rektus inferior dan oblik inferior. Arteri lakrimalis memberikan suplai darah untuk otot rektus lateral dan otot rektus superior. Arteri supraorbital memberikan suplai darah untuk otot rektus superior dan oblik superior. Arteri supraorbital memberikan suplai darah untuk otot rektus inferior dan otot oblik inferior. ^{2,4,7,9}

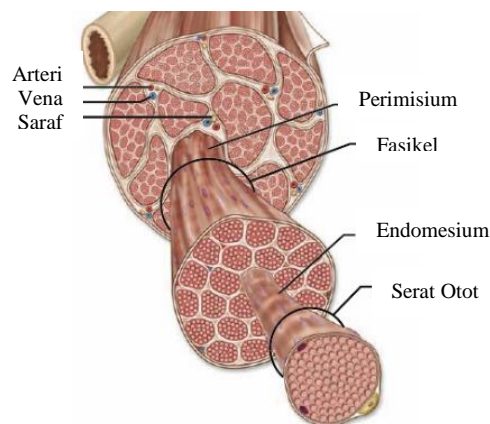
Sistem vena pada otot ekstraokular terdiri dari vena oftalmik superior dan vena oftalmik inferior. Vena oftalmik superior mendapat aliran darah dari otot ekstraokular bagian superior dan medial. Vena oftalmik inferior mengalirkan

darah dari otot ekstraokular bagian lateral dan inferior. Kedua vena tersebut akan bergabung dan membentuk sinus kavernosa.^{2,4,7,9}



Gambar 2.4 Inervasi Otot Ekstraokular
Dikutip dari : AAO.⁵

Otot ekstraokular mendapat inervasi dari tiga nervus kranial. Nervus kranial III (nervus okulomotor) memiliki dua cabang yaitu superior dan inferior. Cabang superior memberi inervasi kepada otot rektus superior dan otot levator palpebrae superior. Cabang inferior memberi inervasi kepada otot rektus medial, rektus inferior, dan oblik inferior. Nervus kranial IV (nervus troklear) memberi inervasi kepada otot oblik superior. Nervus kranial VI (nervus abduzens) memberi inervasi kepada otot rektus lateral.^{5,6,10}



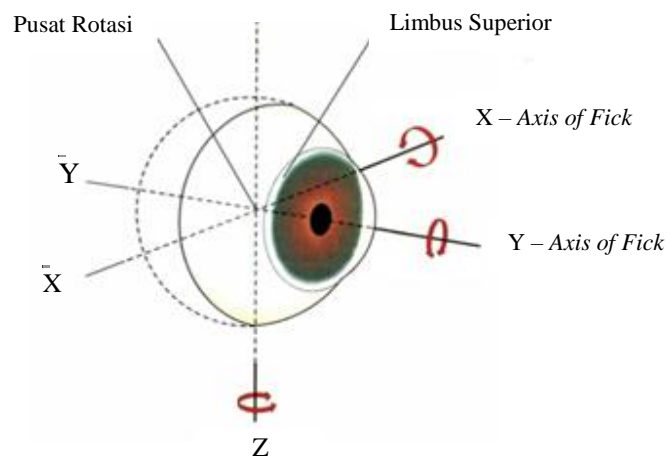
Gambar 2.5 Histologi Otot Skeletal
Dikutip dari : Anthony L. Mescer¹¹

Otot ekstraokular merupakan bagian dari otot skeletal sehingga keduanya memiliki struktur yang mirip. Terdapat beberapa karakteristik otot ekstraokular yang berbeda dari otot skeletal, yaitu susunan lapisan, tipe serat otot, pola persarafan dan metabolisme. Otot ekstraokular terdiri dari 2 lapisan yaitu lapisan

orbital dan lapisan global. Lapisan global terletak di bagian dalam dan lapisan orbital terletak di bagian luar dekat dengan periorbita. Otot ekstraokular memiliki ciri khas persarafan yang lebih padat dan metabolisme yang lebih tinggi sehingga mampu bekerja dengan lebih presisi dan tahan lelah.^{1,2,7,10}

III. Fisiologi Gerak Bola Mata

Rotasi bola mata melibatkan 3 aksis, yaitu lintang/*transverse* (x), sagital (y), dan vertikal (z). Aksis vertikal menggambarkan rotasi horizontal yang berhubungan dengan arah pandangan medial dan lateral. Aksis horizontal menggambarkan rotasi vertikal yang berhubungan dengan arah pandangan atas dan bawah. Aksis sagital menggambarkan rotasi torsional bola mata. Aksis ini disebut *Axis of Fick*.^{1,3,10}



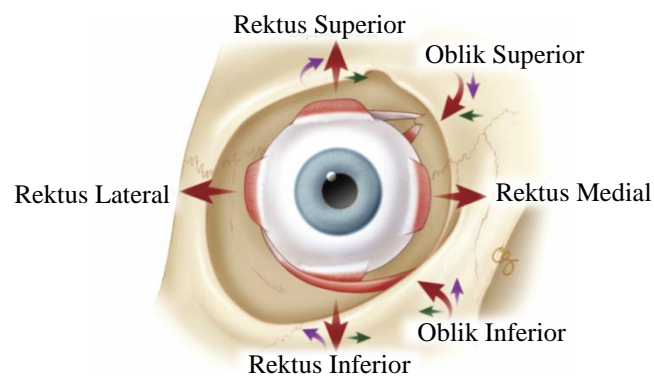
Gambar 3.1 Axis of Fick
Dikutip dari : AAO.¹⁰

Kontraksi otot ekstraokular akan menentukan arah pandangan. Terdapat tujuh posisi arah pandangan, yaitu satu posisi primer dan enam posisi kardinal. Setiap posisi kardinal menggambarkan fungsi kontraksi masing-masing otot, contohnya pada gerak abduksi mata kanan menggambarkan fungsi kontraksi otot rektus lateral mata kanan. Setiap otot ekstraokular memiliki efek yang berbeda terhadap gerakan bola mata. Perbedaan ini terjadi berdasarkan hubungan antara sumbu visual mata dan orientasi bidang otot terhadap sumbu visual.^{2,4}

3.1 Gerak Mata Monokular

Duksi merupakan gerak monokular bola mata. Adduksi adalah gerakan bola mata ke arah nasal. Abduksi adalah gerakan bola mata ke arah temporal. Elevasi atau supraduksi adalah rotasi bola mata ke atas. Depresi atau infraduksi adalah rotasi bola mata ke bawah. Intorsi atau insikloduksi adalah rotasi bola mata ke arah nasal. Ekstorsi atau eksikloduksi adalah rotasi bola mata ke arah temporal.^{1,10}

Otot-otot bola mata bekerja dengan terkoordinasi. Otot agonis adalah otot primer yang menggerakkan mata ke arah tertentu. Otot sinergis adalah otot-otot pada sebuah mata yang bekerja sama untuk menghasilkan gerak bola mata ke arah tertentu. Otot antagonis adalah otot pada sebuah mata yang bergerak berlawanan. Hukum Sherrington mengenai persarafan resiprokal menyatakan bahwa peningkatan persarafan dan kekuatan kontraksi dari otot ekstraokular tertentu disertai dengan penurunan persarafan dan kekuatan kontraksi dari antagonisnya. Ketika mata kanan abduksi, persarafan otot rektus lateral kanan meningkat, menghasilkan kekuatan yang meningkat secara bersamaan, persarafan dari rektus medialis kanan berkurang, menghasilkan pengurangan kekuatan otot ini.^{2,4,5,9}



Gambar 3.2 Gerak Primer, Sekunder, dan Tersier Otot Ekstraokular
Dikutip dari : AAO.⁵

Otot ekstraokular memiliki aksi primer, sekunder dan tersier. Aksi primer akan menghasilkan efek utama kontraksi otot terhadap posisi bola mata. Aksi sekunder dan tersier akan menghasilkan efek tambahan terhadap posisi primer bola mata. Otot-otot rektus horizontal adalah penggerak horizontal murni di sekitar sumbu vertikal sehingga memiliki aksi horizontal primer. Otot-otot rektus vertikal memiliki arah tarikan yang tidak sepenuhnya vertikal terhadap aksi utamanya,

tetapi memiliki sudut tarikan 23° dari terhadap sumbu visual (atau garis tengah mata). Hal ini menimbulkan torsi. Intorsi merupakan aksi sekunder dari rektus superior, ekstorsi adalah aksi sekunder dari rektus inferior dan adduksi adalah aksi tersier kedua otot. Otot oblik cenderung miring 51° ke sumbu visual (atau *midplane* mata), sehingga torsi adalah aksi utama mereka. Rotasi vertikal (depresi / elevasi) adalah aksi sekunder otot oblik, dan abduksi adalah aksi tersiernya.^{2,4,9}

Tabel 3.1 Aksi Otot Ekstraokular

Otot	Primer	Sekunder	Tersier
Rektus Medial	Adduksi	-	-
Rektus Lateral	Abduksi	-	-
Rektus Inferior	Depresi	Ekstorsi	Adduksi
Rektus Superior	Elevasi	Intorsi	Adduksi
Oblik Inferior	Ekstorsi	Elevasi	Abduksi
Oblik Superior	Intorsi	Depresi	Abduksi

Dikutip dari : AAO.¹⁰

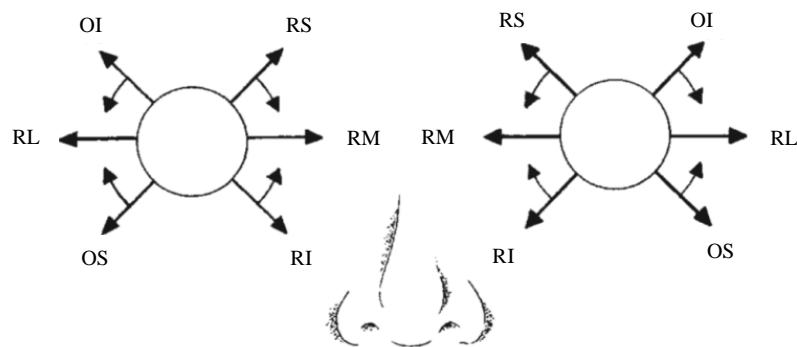
3.2 Gerak Mata Binokular

Gerak kedua bola mata secara bersamaan disebut gerak binokular. Gerakan mata ke arah yang sama disebut versi. Gerakan mata ke arah yang berlawanan disebut vergensi. Dekstroversi adalah gerakan kedua mata ke kanan pasien. Levoversi adalah gerakan kedua mata ke kiri pasien. Elevasi adalah rotasi ke atas dari kedua mata. Depresi adalah rotasi ke bawah kedua mata. Dekstrosikloversi adalah kedua mata berputar sehingga bagian superior dari meridian vertikal kornea bergerak ke kanan pasien. Levosikloversi adalah pergerakan kedua mata sehingga bagian superior dari meridian vertikal kornea berputar ke kiri pasien.^{1,4,10}

Istilah *Yoke Muscle* digunakan untuk menggambarkan 2 otot (1 otot di setiap mata) yang merupakan penggerak utama masing-masing mata ke posisi pandangan tertentu, contohnya ketika otot rektus lateral kanan dan otot rektus medialis kiri secara serentak dipersarafi dan berkontraksi maka akan menghasikan gerakan dekstroversi. Setiap otot ekstraokular di satu mata memiliki otot yoke di mata lainnya. Konsep otot yoke digunakan untuk mengevaluasi kontribusi setiap otot ekstraokular terhadap pergerakan mata. Hukum korespondensi motor Hering menyatakan bahwa ketika mata bergerak ke arah pandangan tertentu, persarafan

simultan mengakibatkan pasangan ototnya memiliki kekuatan kontraksi yang sama.^{1,5}

Konvergensi adalah pergerakan kedua mata ke arah nasal. Divergensi adalah pergerakan kedua mata ke arah temporal. Otot rektus medial adalah *Yoke Muscle* untuk konvergensi. Otot-otot rektus lateral adalah *Yoke Muscle* untuk divergensi. Insiklovergensi adalah rotasi kedua mata sehingga bagian superior dari setiap meridian kornea vertikal berputar secara nasal. Eksiklovergensi adalah rotasi kedua mata sedemikian rupa sehingga kutub superior dari setiap meridian kornea vertikal berputar ke arah temporal. Gerakan vergensi vertikal yaitu 1 mata bergerak ke atas dan yang lainnya ke bawah.^{5,12}



Gambar 3.3 Skema Posisi Kardinal Bola Mata

Keterangan : OI : Oblik Inferior, RS : Rektus Superior, RM : Rektus Medial, RI : Rektus Inferior, OS : Oblik Superior, RL : Rektus Lateral.

Dikutip dari : Remington LA.⁴

3.3 Kontrol Supranuklear Pada Gerak Bola Mata

Otot ekstraokular berada di bawah kendali refleks dan pusat saraf yang lebih tinggi. Gerak bola mata yang dikontrol oleh sistem supranuklear terdiri dari 2 kategori, yaitu untuk mengalihkan pandangan dan stabilisasi pandangan. Mekanisme untuk mengalihkan pandangan terdiri dari sakadik, *smooth pursuit* dan *vergensi*. Mekanisme untuk stabilisasi pandangan terdiri dari refleks vestibulo okular dan respon optokinetik.^{5,13,14}

3.3.1 Sistem Sakadik

Sistem sakadik bertujuan untuk menggerakkan fovea ke target penglihatan dengan cepat. Sistem sakadik menghasilkan gerakan mata dengan kecepatan

hingga 400° – 500° /detik. Gerakan sakadik membutuhkan kontraksi otot yang kuat secara tiba-tiba untuk menggerakkan mata dengan cepat melawan viskositas yang dihasilkan oleh jaringan lemak dan fascia di sekitar bola mata. Gerakan sakadik dipicu oleh respon visual dan dikontrol oleh korteks frontal yaitu *Frontal Eye Field* (FEF).^{2,4,6}

3.3.2 Sistem *Smooth Pursuit*

Sistem *smooth pursuit* menghasilkan gerakan mata yang bersifat mengikuti. Sistem ini bertujuan untuk menjaga bayangan dari target yang bergerak tetap jatuh di fovea. Gerakan ini dipicu oleh perpindahan bayangan dari fovea karena objek yang bergerak. Kecepatan maksimum dari gerakan ini terbatas hingga 30° – 60° /detik. Contoh gerakan *smooth pursuit* adalah ketika seseorang menatap mengikuti target yang bergerak. Gerakan *smooth pursuit* dikontrol oleh korteks frontal (FEF), korteks temporal dan korteks parietal.^{5,6,12,13}

3.3.3 Vergensi

Gerakan vergensi mengarahkan mata ke arah yang berlawanan untuk menjaga agar bayangan objek tetap di fovea kedua mata ketika objek tersebut bergerak mendekat atau menjauhi pengamat. Gerakan vergensi terdiri dari 2 jenis yaitu konvergensi dan divergensi. Konvergensi adalah gerakan kedua mata ke arah nasal. Divergensi adalah gerakan kedua bola mata ke arah temporal. Gerakan vergensi dipicu oleh perbedaan lokasi bayangan pada retina. Struktur otak yang mengendalikan gerakan vergensi adalah *reticular formation* pada *mesencephalon* dan pons.^{1,2,5,14}

3.3.4 Refleks Vestibulo Okular

Refleks vestibulo okular menjaga bayangan agar tetap stabil pada retina selama rotasi kepala yang singkat dan berfrekuensi tinggi, seperti yang terjadi selama seseorang berjalan. Respon refleks ini dipicu oleh kanal setengah lingkaran (untuk gerakan angular) dan otolit dari utrikel dan sakula (untuk gerakan linear). Aktivitas saraf (rangsang dan penghambatan) dari struktur ini melewati saraf vestibular ke nukleus vestibular di medula batang otak dan diteruskan ke nukleus

okulomotor. Masing-masing kanal setengah lingkaran menginervasi 1 pasang *yoke muscle*.^{1,4-6}

3.3.5 Optokinetik Nistagmus

Sistem optokinetik nistagmus (OKN) mempertahankan keselarasan gambar pada retina selama rotasi kepala (atau lingkungan) yang berkelanjutan. Refleks vestibular okular yang diinduksi rotasi akan menurun setelah sekitar 30 detik. Sistem OKN memberikan output yang berkelanjutan untuk mengontrol posisi mata yang melawan efek dari rotasi persisten. Sistem vestibular dan OKN bekerja secara sinergis untuk menyelaraskan mata selama rotasi kepala. Sistem pursuit yang didorong oleh perhatian visual terhadap sebuah target, lebih berpengaruh dalam mempertahankan keselarasan yang tepat selama rotasi berkelanjutan daripada sistem OKN.^{1,5,6}

IV. Simpulan

Mata memiliki enam otot ekstraokular utama yang berfungsi dalam mengatur pergerakan bola mata. Otot ekstraokular merupakan otot skeletal yang memiliki ciri khas persarafan yang lebih padat dan metabolisme yang lebih tinggi sehingga mampu bekerja dengan lebih presisi dan tahan lelah. Sistem pada otot ekstraokular memungkinkan mata untuk bergerak ke segala arah. Gerakan ini bertujuan untuk mengarahkan agar bayangan objek jatuh pada fovea. Sistem persarafan yang kompleks dan melibatkan organ lain membuat gerak bola mata menjadi terkoordinasi dan menghasilkan stabilisasi visual yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Forrester JV, Dick AD, McMenemy PG, Roberts F, Pearlman E. *The Eye Basic Science in Practice*. Edisi ke-4. Edinburgh: Elsevier; 2016. hlm. 64-334.
2. Levin LA, Nilsson SFE, Hoeve JV, Wu SM, Kaufman PL, Alm A. *Adler's Physiology Of The Eye*. Edisi ke-11. London: Elsevier; 2011. hlm. 380-401.
3. Rogers K. *The Eye The Physiology Of Human Perception* Edisi ke-1. New York: Britania Educational Publishing; 2011. hlm. 56-66.
4. Remington LA. *Clinical Anatomy and Physiology Of The Visual System*. Edisi ke-3. Saint Louis: Elsevier; 2012. hlm. 182-201.
5. American Academy of Ophthalmology. 2016-2017 Basic and Clinical Science Course, Section 5 : Neuro-Ophthalmology. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2016. hlm. 142-148.
6. Leigh RJ, Zee DS. *The Neurology of Eye Movement*. Edisi ke-5. New York: Oxford University Press; 2015. hlm. 3-15.
7. American Academy of Ophthalmology. 2016-2017 Basic and Clinical Science Course, Section 2 : Fundamentals and Principles of Ophthalmology. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2016. hlm. 28-31.
8. Ansari MW, Nadeem A. *Atlas of Ocular Anatomy*. Switzerland: Springer Nature; 2016. hlm. 29-38.
9. Skalicky SE. *Ocular And Visual Physiology*. Singapore: Springer; 2016. hlm. 231-265.
10. American Academy of Ophthalmology. 2016-2017 Basic and Clinical Science Course 2016-2017, Section 6 : Pediatric Ophthalmology and Strabismus. San Fransisco: American Academy of Ophthalmology; 2016. hlm. 38-64.
11. Mescer AL. *Junqueira's Basic Histology*. Edisi ke-14. New York: McGraw Hill Professional; 2015. hlm. 193-206.
12. Yanoff M, Duker JS. *Ophthalmology*. Edisi ke-4. London: Elsevier Health Sciences; 2013. hlm. 915-917.
13. Squire LR, Berg D, Bloom FE. *Fundamental Neuroscience*. Edisi ke-4. USA: Elsevier; 2013. hlm. 697-713.
14. Somlai J, Kovacs T. *Neuro-Ophthalmology*. Switzerland: Springer; 2016. hlm. 523-533.