

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

Sari Kepustakaan : Sistem Saraf Otonom

Penyaji : Syifa Rahmani

Pembimbing : dr. Antonia Kartika Indriati, SpM(K)., M.Kes.

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh
Pembimbing

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

Senin, 13 April 2020

Pukul 07.30 WIB

I. Pendahuluan

Sistem saraf otonom merupakan bagian dari sistem saraf yang bekerja secara involunter. Saraf otonom mengatur fungsi vital, seperti fungsi respirasi, sirkulasi, digesti, sekresi, dan reproduksi. Sistem ini memiliki neuron aferen, konektor, dan eferen. Neuron eferen meliputi neuron preganglion dan postganglion. Neuron preganglion berada di dalam sistem saraf pusat, sedangkan neuron postganglion berada di ganglion perifer. Sistem saraf otonom terdiri dari dua sistem, yaitu sistem saraf simpatis dan parasimpatis. Kedua sistem bekerja antagonis satu sama lain.¹⁻³

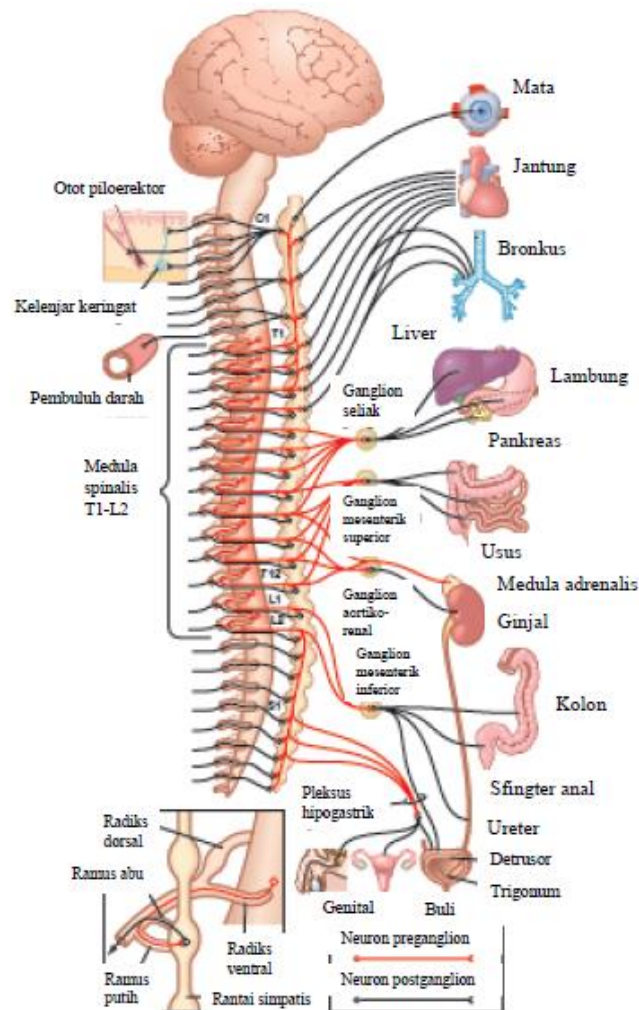
Sistem saraf otonom menginervasi mata seperti organ lainnya. Sistem parasimpatis dan simpatis bekerja pada otot iris, otot siliaris, otot polos kelopak mata, pembuluh darah koroidal dan kelenjar lakrimal. Keseimbangan antara kerja sistem simpatis dan parasimpatis penting untuk fungsi mata. Lesi pada jaras saraf otonom dapat menyebabkan gangguan fisiologis mata. Sari kepustakaan ini bertujuan untuk memaparkan peran sistem saraf otonom pada mata.³⁻⁶

1.1 Sistem Saraf Simpatis

Sistem saraf simpatis disebut juga sistem torakolumbal karena neuron pertama berasal dari medula spinalis segmen toraks dan lumbar (T1-L2). Jaras simpatis tersebut terdiri dari neuron preganglion dan postganglion. Badan sel saraf preganglion berada di kornu intermediolateral medula spinalis. Serabut saraf akan melewati radiks ventral dan ramus putih menuju ganglion di rantai simpatis, yaitu rantai ganglion prevertebral dan paravertebral. Serabut tersebut dapat bersinaps langsung dengan neuron postganglion, melewati rantai dan bersinaps di ganglion lain, atau melewati rantai dan menjalar melalui nervus simpatis untuk bersinaps di ganglion simpatis perifer. Stimulasi hipotalamus posterior menginduksi aktivitas saraf simpatis.²⁻⁶

Neurotransmitter yang terlibat pada neuron preganglion adalah asetilkolin. Neurotransmitter pada neuron postganglion adalah norepinefrin, sehingga sistem ini disebut juga sistem adrenergik. Saraf postganglion simpatis menggunakan substansi lain untuk memodulasi efek transmitter utama, seperti substansi P, neuropeptida Y (NPY), dan adenosin trifosfat (ATP). Neurotransmitter tersebut

dapat bekerja pada organ target melalui ikatan dengan reseptor adrenergik alfa atau beta. Efek saraf simpatis di antaranya adalah dilatasi pupil, penurunan sekresi lakrimal, peningkatan denyut jantung, bronkodilatasi, vasokonstriksi, peningkatan sekresi kelenjar keringat dan penurunan gerak peristaltik usus.¹⁻⁵



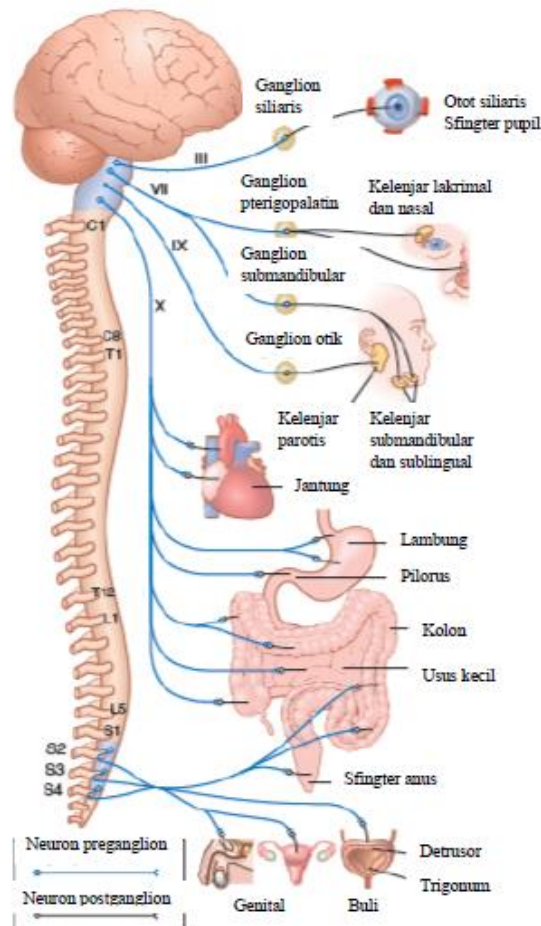
Gambar 1.1 Sistem saraf simpatis

Dikutip dari: Hall³

1.2 Sistem Saraf Parasimpatis

Neuron sistem saraf parasimpatis atau sistem kraniosakral berasal dari nukleus saraf kranial III, VII, IX, dan X, serta di kornu lateral segmen sakrum medulla spinalis. Sekitar 75% serabut saraf parasimpatis terletak pada nervus vagus. Serabut tersebut menginervasi organ di toraks dan abdomen. Serabut parasimpatis di nervus okulomotor akan menuju otot intrinsik mata. Saraf parasimpatis dari nervus fasialis

bertujuan ke kelenjar larimal dan submandibular. Jarak parasimpatis memiliki neuron preganglion dan postganglion seperti sistem simpatis. Serabut preganglion pada umumnya berjalan tanpa interupsi menuju organ target. Neuron postganglion terletak di dekat atau pada dinding organ yang diinervasi.¹⁻³



Gambar 1.2 Sistem saraf parasimpatis

Dikutip dari: Hall³

Sistem parasimpatis disebut juga sistem kolinergik karena neurotransmitter yang digunakan pada neuron preganglion dan postganglion adalah asetilkolin. Asetilkolin berikatan dengan dua tipe reseptor pada organ target, yaitu reseptor muskarinik dan nikotinik. Beberapa efek sistem parasimpatis adalah konstriksi pupil, peningkatan sekresi kelenjar lakrimal, penurunan denyut jantung, vasodilatasi, dan peningkatan peristaltik usus. Aktivitas parasimpatis meningkat jika hipotalamus bagian anterior distimulasi.⁴⁻⁶

II. Peran Sistem Saraf Otonom pada Mata

Sistem saraf otonom mempengaruhi beberapa struktur okular. Sistem saraf simpatis dan parasimpatis bekerja antagonis dalam mengatur diameter pupil, akomodasi, aliran darah okular, dan tekanan intraokular (TIO). Saraf postganglion simpatis melewati beberapa jalur untuk mencapai organ target. Sebagian serabut mengikuti nervus nasosiliaris untuk menginervasi otot dilator pupil dan vaskularisasi koroid. Sekelompok serabut lainnya berjalan dengan nervus okulomotor divisi superior untuk menginervasi otot *Muller*. Inervasi pada otot polos tersebut menyebabkan retraksi kelopak mata.^{2,5,6}

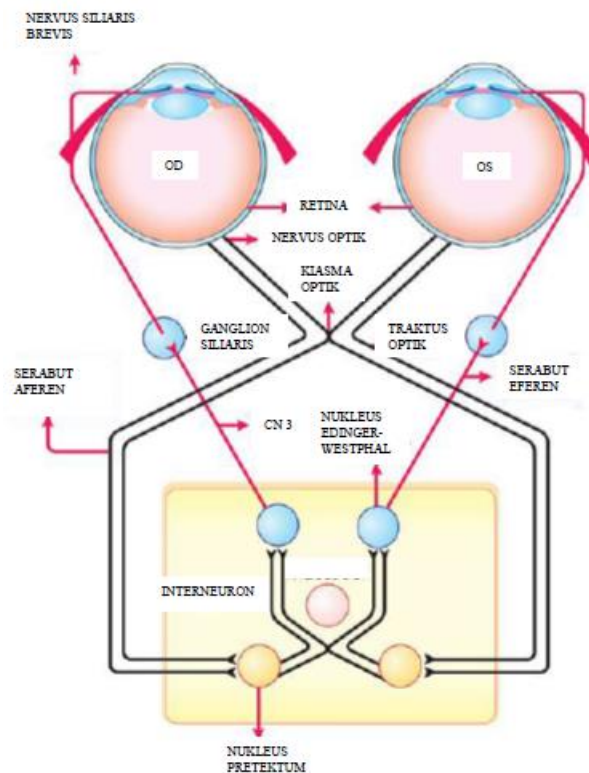
2.1 Refleks Cahaya Pupil

Refleks cahaya pupil adalah konstriksi pupil yang distimulasi oleh peningkatan iluminasi retina. Refleks cahaya direk adalah konstriksi pupil pada mata yang dirangsang cahaya. Refleks cahaya konsensual adalah konstriksi pupil pada mata yang berlawanan dengan mata yang disinari. Fungsi refleks ini adalah membantu adaptasi terang dan gelap. Pupil akan berdilatasi saat seseorang masuk ke ruangan gelap. Dilatasi pupil membuat cahaya masuk lebih banyak sehingga ketajaman penglihatan terjaga. Konstriksi pupil akan membatasi aberasi kromatis dan sferis pada kondisi terang, sehingga ketajaman penglihatan meningkat. Konstriksi pupil melindungi pigmen retina dengan mengurangi jumlah cahaya yang masuk ke mata. Berdasarkan manifestasi klinis defek refleks cahaya, refleks cahaya terbagi menjadi dua jalur, yaitu jalur aferen dan eferen.^{5,7,8}

2.1.1 Jaras Refleks Cahaya Pupillokonstriktor

Jaras aferen berasal dari jaras visual yang menuju nukleus *Edinger-Westphal* (EW). Reseptor jaras penglihatan dan refleks cahaya adalah segmen luar sel batang dan kerucut di retina. Nervus optik berjalan membawa stimulus cahaya setelah proses fototransduksi di sel fotoreseptor. Sebanyak 53% serabut saraf yang berasal dari retina bagian nasal akan bersilangan di kiasma optik. Serabut saraf yang berasal dari retina bagian temporal akan diteruskan tanpa menyilang. Neuron dari temporal retina ipsilateral dan nasal retina kontralateral bergabung menjadi traktus optik. Serabut saraf tersebut meninggalkan jaras visual sebelum badan genikulatum lateral

dan menuju nukleus pretektum. Serabut interneuron menghubungkan masing-masing nukleus pretektum dengan nukleus EW pada kedua sisi. Refleks cahaya konsensual terjadi akibat hemidekusasi pada kiasma optik dan tektum batang otak.^{2,4,7-9}



Gambar 2.1 Jarak refleks cahaya
Dikutip dari: Agarwal⁷

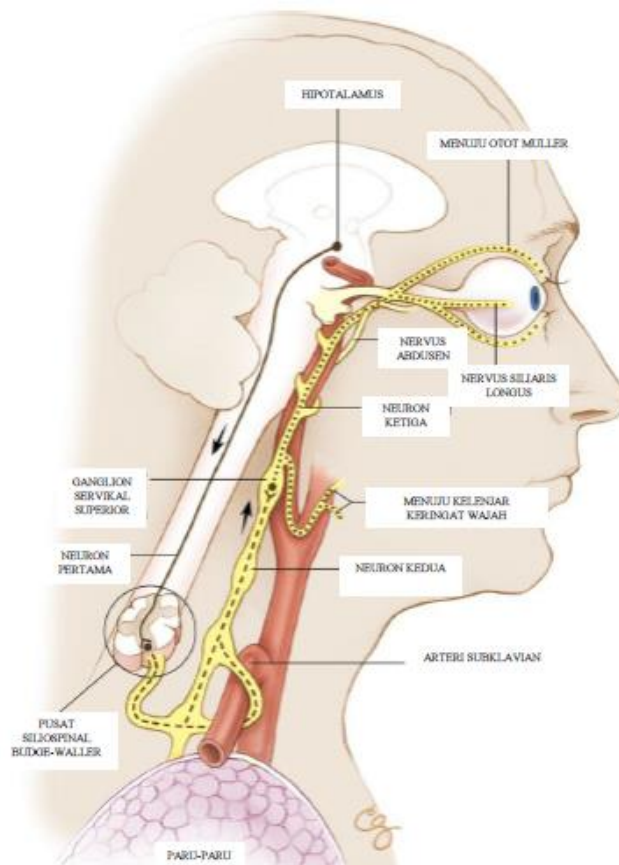
Jaras eferen berawal dari neuron preganglion EW hingga otot sfingter iris. Neuron parasimpatis preganglion meninggalkan nukleus EW dan keluar di fosa interpedunkular. Serabut saraf berada di permukaan medial saat berjalan di dalam ruang subaraknoid. Serabut saraf mengikuti nervus okulomotor divisi inferior saat bifurkasi di anterior sinus kavernosum. Saraf preganglion bersinaps dengan saraf postganglion di ganglion siliaris yang berada di apeks orbita. Serabut parasimpatis postganglion berjalan melalui nervus siliaris brevis untuk menginervasi otot sfingter sehingga terjadi konstriksi pupil.^{2,4,8,9}

Input sistem saraf pusat turut mengontrol neuron pada nukleus EW dan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti penyinaran retina, jarak pandang, kesadaran, dan beban kognitif. Korteks, hipotalamus, dan sistem aktivasi retikular

memberi signal inhibitor pada nukleus EW pada kondisi normal. Input tersebut berkurang ketika seseorang tidur, sehingga saat tidur terjadi konstriksi pupil.^{3,5,6}

2.1.3 Jaras Dilatasi Pupil

Sistem saraf simpatis yang bertujuan ke orbita terbagi menjadi segmen neuron pertama, kedua, dan ketiga. Akson segmen neuron pertama turun tanpa menyilang melewati batang otak menuju medula spinalis. Neuron simpatis ini berada di kolumna intermediolateral di dalam medula spinalis servikal. Serabut saraf ini bersinaps di pusat siliospinal *Budge-Waller* yang berada setingkat medula spinalis segmen servikal (C8) dan toraks atas (T1-T2).^{1,2,4}



Gambar 2.2 Jaras saraf simpatis

Dikutip dari: Baehr¹

Serabut simpatis preganglion meninggalkan medula spinalis melalui ramus ventral C8-T2, sebelum bergabung dengan pleksus simpatis paravertebral. Rantai simpatis ini melewati lengkung anterior ansa subklavia dekat dengan arteri

subklavian, tepat di superior apeks paru-paru. Neuron melewati ganglion servikal inferior dan tengah, sebelum berakhir di ganglion servikal superior yang berada setingkat C2 dan anterior dari bifurkasi arteri karotid komunis. Di dalam ganglion tersebut, akson preganglion bersinaps dengan neuron postganglion.^{2,4,8}

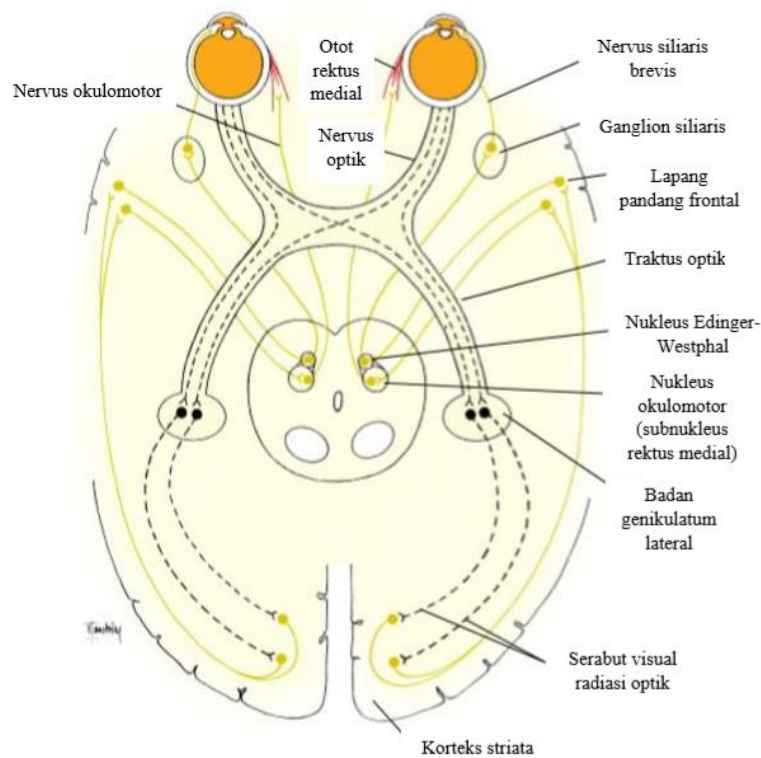
Saraf simpatis postganglion bermula dari ganglion servikalis superior. Neuron membentuk pleksus simpatis karotid di sekitar arteri karotid internal dan masuk ke tulang kranial melalui kanalis karotid. Serabut saraf ini meninggalkan pleksus di sinus kavernosum. Sebagian saraf simpatis bergabung dengan nervus trigeminal divisi oftalmika untuk memasuki orbit. Serabut mengikuti nervus nasosiliaris di dalam orbit. Serabut simpatis berjalan bersama nervus siliaris longus untuk menginervasi otot dilator iris. Inervasi simpatis pada otot dilator iris mengakibatkan dilatasi pupil. Aktivasi sistem parasimpatis akan menghambat otot dilator sehingga mendukung refleks cahaya pupil. Koneksi anatomis terdapat di antara nukleus olivari pretektal dan pusat pupilodilator di medula spinalis. Neuron tersebut mengurangi impulsnya pada kondisi terang, sehingga kontraksi otot dilator terhambat.⁵⁻⁸

2.2 Refleks Melihat Dekat

Respon saat seseorang melihat objek dekat terdiri dari refleks konvergensi, akomodasi, dan konstiksi pupil. Otot rektus medial, siliaris dan sfingter pupil bekerja secara simultan saat melihat dekat. Jaras aferen refleks berawal dari retina. Nervus optik berjalan melalui kiasma optik, traktus optik, radiasi optik, dan menuju korteks. Impuls eferen turun melalui kapsula interna menuju nukleus okulomotor di batang otak. Subnukleus lateral bagian ventral menginervasi otot rektus medial ipsilateral untuk gerakan adduksi bola mata.^{2,9,10}

Sebagian saraf eferen bersinaps dengan nukleus parasimpatis di ventral dari nukleus EW di kedua sisi. Neuron bersinaps di ganglion siliaris dan sebagian besar serabut menginervasi badan siliaris. Sekitar 3% serabut tersebut menginervasi otot sfingter. Kontraksi otot siliaris mengurangi ketegangan serabut zonular sehingga lensa menjadi lebih cembung. Kondisi demikian menyebabkan kekuatan refraksi meningkat untuk memfokuskan objek dekat tepat di retina. Sfingter pupil

berkontraksi seiring dengan proses akomodasi untuk meningkatkan kedalaman lapang pandang.^{2,8,10}



Gambar 2.3 Jaras respon melihat dekat

Dikutip dari: Remington LA⁶

2.3 Aliran Darah Okular

Vaskularisasi okular berasal dari sistem vaskularisasi koroid dan retina. Inervasi saraf otonom mencapai vaskularisasi koroid dan arteri retina sentral. Vaskularisasi koroid berawal dari cabang oftalmik arteri karotid internal melalui arteri siliaris longus dan brevis. Pembuluh darah koroid memperdarahi epitel pigmen retina dan fotoreseptor pada bagian luar retina. Arteri retina sentral merupakan cabang dari arteri oftalmika. Arteri tersebut memperdarahi bagian dalam retina. Nervus optik menerima perdarahan dari arteri retina sentral dan pembuluh darah koroid, sehingga aliran darah nervus optik dipengaruhi oleh saraf otonom. Pembuluh darah koriokapiler dan retina lainnya tidak dipengaruhi otonom karena adanya sistem autoregulasi.^{5,10,12}

Serabut simpatis dari ganglion servikalis superior berjalan bersama jalur nervus nasosiliaris. Serabut tersebut melewati ganglion siliaris tanpa bersinaps. Saraf

simpatis memasuki bola mata sebagai nervus siliaris brevis untuk menginervasi pembuluh darah koroidal. Serabut simpatis berikatan dengan adrenoreseptor-alfa di pembuluh darah ketika tekanan arteri rata-rata meningkat. Saraf simpatis memberi efek vasokonstriktor dengan mediasi neuropeptida Y (NPY), sehingga aliran darah menurun. Input simpatis ini berfungsi untuk menjaga aliran darah okular tetap stabil selama tekanan darah tinggi, sehingga tidak terjadi perfusi berlebih dan kerusakan sawar darah-retina.^{6,10,12}

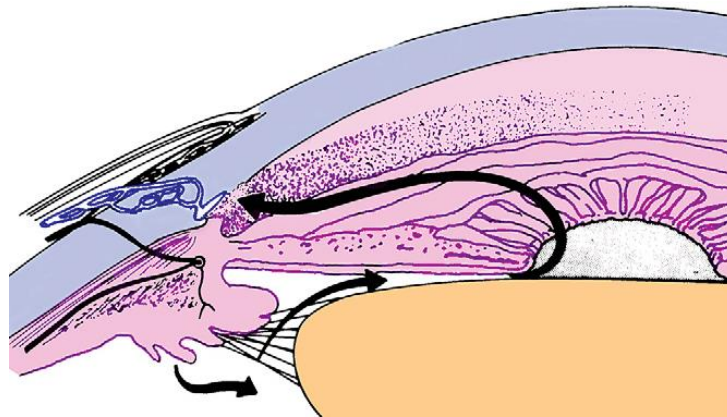
Kondisi penurunan tekanan arteri rata-rata mengakibatkan aktivitas parasimpatis meningkat. Jarak parasimpatis berawal dari nukleus salivatori superior. Akson keluar dari otak melalui nervus fasialis kemudian nervus petrosal magna. Serabut saraf sampai di ganglion pterigopalatin setelah melewati kanalis pterigoid. Neuron postganglion kolinergik menginervasi pembuluh darah dengan mediasi *neuronal nitric oxide synthase* (nNOS), asetilkolin dan *vasoactive intestinal peptide* (VIP). Efek kolinergik adalah vasodilatasi sehingga aliran darah meningkat.^{3,10,12}

2.4 Tekanan Intra Okular

Epitel siliaris menghasilkan humor akuos untuk menjaga tekanan intraokular (TIO). Inervasi saraf otonom mempengaruhi TIO melalui regulasi produksi badan siliar dan drainase humor akuos. Input saraf simpatis dan parasimpatis mengendalikan tekanan darah di dalam pembuluh darah prosesus siliaris sehingga mempengaruhi kecepatan produksi humor akuos. Penurunan aliran darah badan siliaris yang signifikan dapat mengurangi produksi humor akuos sehingga TIO menurun. Sistem saraf simpatis menstimulasi sekresi akuos humor melalui adrenoreseptor- β 2 dan menghambat sekresi melalui reseptor NPY. Serabut parasimpatis meningkatkan sekresi melalui VIP dan menghambatnya melalui asetilkolin.^{5,6,10,11}

Drainase humor akuos melalui rute konvensional dipengaruhi oleh tekanan vena episklera (TVE). Inervasi parasimpatis meningkatkan TVE, sedangkan inervasi simpatis menurunkan TVE sehingga drainase meningkat. Studi oleh Chen dkk. menyebutkan bahwa lumen kanalis *Schlemm* membesar saat aktivasi sistem saraf simpatis sehingga drainase meningkat dan TIO menurun. Drainase melalui jalur

uveoskleral secara tidak langsung juga dikendalikan saraf otonom. Resistensi aliran pada angulus iridokornea meningkat pada kondisi midriasis dan menurun pada saat miosis. Stimulasi parasimpatis pada otot siliaris mengakibatkan penurunan drainase uveoskleral. Peningkatan inervasi simpatis menghasilkan peningkatan drainase uveoskleral melalui adrenoreseptor- β_2 .^{5,10,11}



Gambar 2.4 Aliran akuos humor

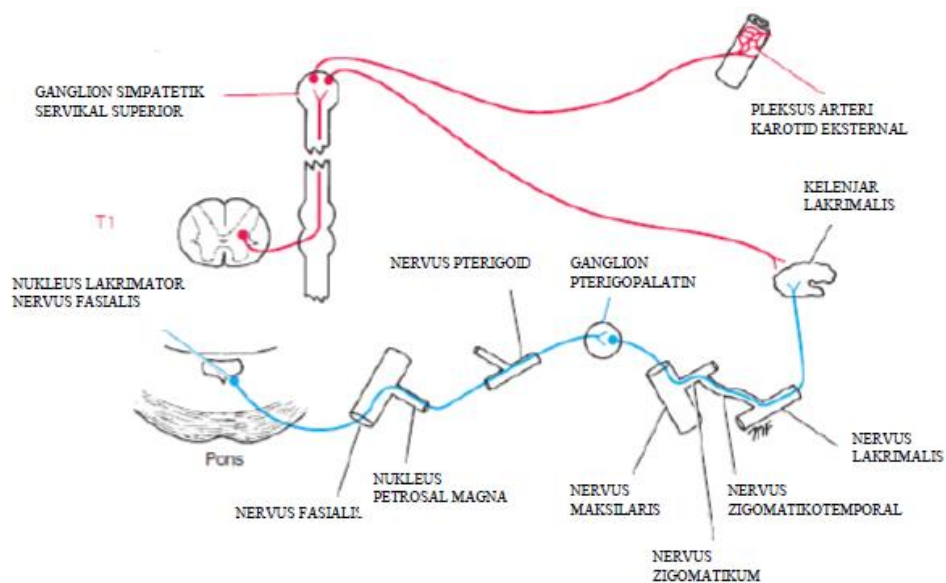
Dikutip dari: Remington⁶

2.5 Sistem Lakrimal

Saraf simpatis dan parasimpatis berperan dalam sekresi sel goblet, kelenjar meibomian, dan kelenjar lakrimal. Inervasi parasimpatis di kelenjar lakrimal berasal dari nukleus lakrimal yang berada di pons. Nukleus menerima input dari nervus kranial V dan serabut aferen tambahan dari hipotalamus. Serabut saraf parasimpatis keluar dari otak di tingkat pontomeduler dalam serabut motorik nervus fasialis. Serabut kemudian berjalan melalui meatus auditori interna menuju ganglion genikulata. Dari ganglion tersebut, serabut saraf keluar sebagai nervus petrosal superfisial. Saraf ini bergabung dengan serabut simpatis dalam nervus petrosal profunda menjadi nervus vidian. Nervus vidian melewati kanalis vidian atau pterigoid, dan berakhir di ganglion pterigopalatin. Ganglion pterigopalatin berada di fosa pterigopalatin. Serabut parasimpatis bersinaps di dalam ganglion tersebut, sedangkan serabut simpatis melewati ganglion tanpa bersinaps.^{2-4,6}

Seluruh serabut otonom yang berasal dari ganglion pterigopalatin bergabung dengan nervus trigeminal divisi maksila. Nervus maksila berlanjut menjadi nervus zigomatik dan kemudian membentuk *communicating branch* dengan nervus

lakrimal. Jaras lain tidak melewati nervus zigomatik, melainkan neuron dari ganglion langsung menuju kelenjar lakrimal. Inervasi parasimpatis berfungsi sebagai sekretomotor sehingga sekresi air mata meningkat. Saraf simpatis memberi inervasi pada pembuluh darah kelenjar lakrimal. Efek vasokonstriktor mengurangi sekresi kelenjar lakrimal secara tidak langsung.²⁻⁴



Gambar 2.5 Jaras otonom menuju kelenjar lakrimal

Dikutip dari: Snell²

III. Simpulan

Sistem otonom berperan dalam fungsi fisiologis okular. Saraf parasimpatis memberikan efek miosis, akomodasi lensa, meningkatkan aliran darah, mengatur tekanan intra okular, dan meningkatkan sekresi air mata. Saraf simpatis menimbulkan efek midriasis, vasokonstriksi, mengatur tekanan intra okular, dan lakrimasi. Pengetahuan mengenai jaras dan fungsi saraf otonom pada mata dapat memudahkan klinisi untuk mendiagnosis penyakit pada mata serta mengetahui lokasi lesi penyebabnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Baehr M, Frotscher M. Duus' Topical Diagnosis in Neurology, Anatomy, Physiology, Signs, Symptoms. Ed 5. New York: Thieme; 2012. Hlm. 188-200.
2. Snell RS. Clinical neuroanatomy. Ed 7. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2010. Hlm. 397-412.
3. Hall JE. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. Ed 13. USA: Elsevier. 2016. Hlm.773-80.
4. Skuta GL CL, Weiss JS. Basic and Clinical Science Course: Neuro-ophthalmology. Section 5. American Academy of Ophthalmology, editor. San Fransisco: European Board of Ophthalmology Subcommittee. 2017-2018. Hlm. 79-85.
5. McDougal DH, Gamlin PD. Autonomic control of the eye. Compr Physiol. 2015; 5(1): 439–73.
6. Remington LA. Clinical Anatomy of the Visual System. Ed 3. Missouri: Elsevier. 2011. Hlm. 253-71.
7. Agarwal A. Manual of neuro-ophthalmology. Ed 2. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd. 2015. Hlm. 53-71.
8. Somlai J, Kovacs T. Neuro-Ophthalmology. Switzerland: Springer. 2016. Hlm. 207-12.
9. Miller NR, Subramanian PS, Patel VR. Walsh and Hoyt's Clinical Neuro-Ophthalmology The Essentials. Ed 3. China: Wolters Kluwer. 2016. Hlm. 467-84.
10. May PJ, Reiner A, Gamlin PD. Autonomic Regulation of the Eye. Oxford Research Encyclopedia, Neuroscience. 2019. 1-27.
11. Chen W, Chen Z, Xiang Y, dkk. Simultaneous influence of sympathetic autonomic stress on Schlemm's canal, intraocular pressure and ocular circulation. Scientific Reports. 2019; 9: 20060.
12. Reiner A, Fitzgerald MEC, Mar ND, dkk. Neural Control of Choroidal Blood Flow. Progress in Retinal and Eye Research. 2017. Hlm. 2-42.
13. Liu GT, Volpe NJ, Galetta SL. Liu, Volpe, and Galetta's Neuro-Ophthalmology Diagnosis and Management. 2019. Hlm. 433-59.