

ORIGINAL ARTICLE

Pemeriksaan SD-OCT Pada Bidang Neuro-oftalmologi

Nurul Fitri Shabrina¹, Gatot Suhartono^{1,2}

¹Department of Ophthalmology Faculty of Medicine Universitas Airlangga,

²Dr. Soetomo Hospital Surabaya, Indonesia

E-mail: nurulshabrina@yahoo.com

ABSTRAK

Neuro-oftalmologi merupakan subdivisi luas yang befokus pada hubungan kelainan neurologis dengan kelainan mata. Modalitas diagnostik pada bidang ini mencakup anamnesa yang mendalam, pemeriksaan klinis, dan pemeriksaan penunjang yang lengkap. *Optical coherence tomography* (OCT) merupakan salah satu modalitas penunjang yang berkembang pesat dan banyak membantu diagnosis dan terapi dalam bidang oftalmologi. Teknologi terbaru dari OCT adalah *Spectral Domain OCT* (SD-OCT) yang mempunyai resolusi 2-3 kali lebih jelas dan kecepatan scanning 60-110 kali lebih cepat dibanding pendahulunya berupa *Time Domain OCT* (TD-OCT), menghadirkan scanning yang lebih menyeluruh dan menghasilkan gambaran 3 dimensi yang hampir mendekati gambaran histologis dari tiap lapisan. SD-OCT merupakan modalitas esensial untuk mengevaluasi keutuhan neuron, mengevaluasi progresifitas penyakit dan memprediksi perbaikan visus pasca operasi pada *compressive optic neuropathy*, menjadikan SD-OCT mempunyai potensi besar untuk membantu penegakan diagnosis dan terapi dari berbagai macam penyakit di bidang neuro-oftalmologi.

Kata kunci : Neuro-oftalmologi, *Optical coherence tomography*, *Spectral Domain*

ABSTRACT

Neuro-ophthalmology is a diverse discipline, which focuses on the relationship between neurological disorders and the visual system. The diagnostic localization in neuro-ophthalmology consists of a thorough history, complete clinical examination, and ancillary test. Optical coherence tomography (OCT) is a rapidly evolving technology that has profoundly changed the practice of ophthalmology. The newest technology are Spectral domain OCT (SD-OCT) that increases axial resolution 2- to 3-fold and scan speed 60- to 110-fold vs time domain OCT (TD-OCT) enables novel scanning, denser sampling, and 3- dimensional imaging close to histologic features. SD-OCT has become essential to evaluate neuronal integrity, to assess disease progression and to predict visual recovery after surgery in compressive optic neuropathies making it potential as an ancillary investigation in the diagnosis and management of various optic nerve disorders

Keywords : Neuro-ophthalmology, *Optical coherence tomography*, *Spectral Domain*

Neuro-oftalmologi merupakan suatu bidang yang menangani masalah penglihatan yang berhubungan dengan sistem saraf. Masalah pada bidang neuro-oftalmologi sangat luas karena mempunyai manifestasi yang bermacam-macam mulai dari yang sederhana seperti penurunan visus atau penglihatan dobel hingga sindrom yang kompleks dan berhubungan dengan penyakit sistemik¹. Penelitian yang dilakukan di Singapura menunjukkan insidens penyakit mata dibidang neuro-oftalmologi sebesar 9.81 per 100.000 orang². Kelainan pada bidang neuro-oftalmologi memiliki dampak yang besar pada pasien karena dapat berhubungan dengan kelainan sistemik yang tidak hanya mengancam penglihatan, tetapi juga mengancam nyawa³. Karena bidang neuro-oftalmologi sangat kompleks, Diagnosis penyakit di bidang ini relatif sulit dibandingkan bidang oftalmologi lainnya. Pasien dengan kelainan neuro-oftalmologi biasanya sudah mencari pengobatan ke bagian lain seperti neurologi, bedah saraf, maupun jiwa sebelum datang ke dokter mata⁴.

Optical coherence tomography (OCT) merupakan teknologi pencitraan non-invasif untuk menganalisa retina dan nervus optikus yang didasari oleh penyerapan cahaya inframerah pada jaringan yang dipantulkan kembali dan menghasilkan gambar histologis tiga dimensi. Diantara modalitas pencitraan yang lain, OCT adalah salah satu sarana diagnostik utama pada bidang mata, karena dapat mendeteksi kerusakan struktural pada segmen anterior dan posterior, memonitor progresivitas suatu penyakit, dan menilai efektifitas terapi⁵. Pada bidang mata, OCT merupakan pemeriksaan yang rutin dilakukan di bidang glaukoma dan retina, tetapi OCT juga mempunyai peran besar pada bidang neuro-oftalmologi. OCT pada bidang neuro-oftalmologi dapat digunakan untuk menilai progresivitas penyakit pada jaras aferen visual dan memprediksi perbaikan visus pasca neuropati optik kompresi

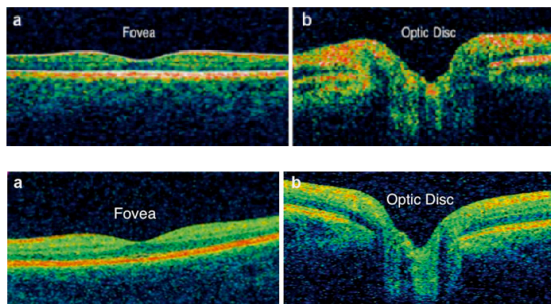
setelah operasi. Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa OCT merupakan penanda yang cukup sensitif pada penyakit degenerasi saraf dan multiple sklerosis. *Spectral-domain OCT* (SD-OCT) merupakan teknologi terbaru pada OCT pendahulunya dengan keunggulan dapat otomatis mengikuti gerakan mata sehingga meminimalkan bias operator, scanning yang lebih cepat, resolusi yang lebih baik daripada pendahulunya⁶.

Dasar dan prinsip kerja sd-oct

Mesin OCT awalnya merupakan mesin yang berkembang dari alat *low-coherence interferometry* yang digunakan pertama kali 1988 untuk mengukur panjang aksial bola mata, teknologi ini berkembang hingga pada tahun 1994 mesin *low-coherence interferometry* dapat mendapatkan gambaran cross section dari segmen anterior dan retina secara *in-vivo* untuk mengevaluasi lapisan retina dan optic nerve head (ONH). Alat ini mulai digunakan untuk mendeteksi kelainan seperti detachment makula, lubang makula, membran epiretina, edema makula, dan *idiopathic central serous chorioretinopathy*. Pola ini memungkinkan perkembangan mesin OCT untuk keperluan klinis, hingga pada tahun 1996 mesin OCT 1000 (OCT 1) pertama kali dikomersilkan oleh Zeiss. Teknologi mesin OCT mengalami dua kali perkembangan berupa OCT 2000 (OCT 2) di tahun 2000, kemudian OCT three (stratus OCT) mulai dikomersilkan sejak tahun 2002^{7,8}.

Stratus OCT atau dikenal juga sebagai time domain –OCT (TD-OCT) mempunyai resolusi aksial 10 µm, resolusi trasnversal 20 µm dan kecepatan 400 axial scans/detik. Kemampuan menghadirkan pengukuran kuantitatif dari makula, ketebalan retinal nerve fiber layer (RNFL) dan ONH, TD-OCT dengan cepat menjadi standar baku untuk pemeriksaan segmen posterior pada masanya. Teknologi OCT semakin berkembang pesat sejak

munculnya TD-OCT, perkembangan terutama terdapat pada resolusi aksial dan kecepatan scanning yang lebih besar, hingga muncul teknologi terbaru berupa spectral domain-OCT (SD-OCT) yang mempunyai kemampuan scanning lebih cepat dan resolusi lebih baik dibanding TD-OCT⁹.



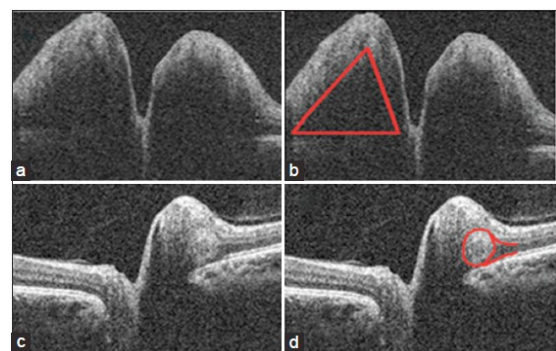
Gambar 1. Perbandingan Perbandingan resolusi TD-OCT dengan SD-OCT

OCT menggunakan keterlambatan refleksi balik untuk menganalisisnya menggunakan prinsip interferometri. Suatu gelombang akan dibagi menjadi dua, gelombang pertama mengarah ke cermin datar pada mesin OCT yang disebut *plane mirror* dan gelombang kedua mengarah pada mata. Gelombang pertama akan menghasilkan satu *echo* sedangkan gelombang kedua akan menghasilkan banyak *echo* sesuai banyaknya struktur pada mata yang dilewati gelombang tersebut. Gelombang-gelombang ini akan dibandingkan dengan alat inferometer yang mengukur perpaduan atau koherensi antar gelombang. Suatu pengukuran yang koherens pada titik dan dalamnya lapisan yang sama disebut *A-scans*. SD-OCT menggunakan prinsip *spectral domain*, dan menilai perbedaan antar pencampuran gelombang dan dianalisa menggunakan alat *Fourrier-Domain*, sehingga berbagai lapisan dapat dianalisa dalam waktu yang bersamaan. SD-OCT dapat mengukur lebih akurat dibanding TD-OCT hingga 2 μm dalam waktu 50-100 kali lebih cepat daripada pendahulunya¹¹.

SD-OCT PADA BIDANG NEURO-OFTALMOLOGI

Papiledema

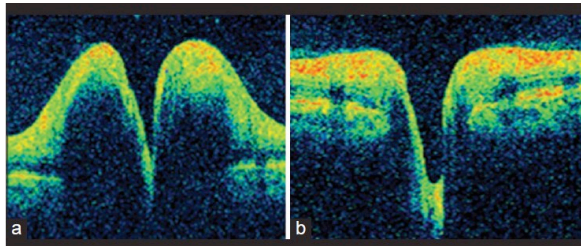
Gambaran SD-OCT pada papiledema dapat diidentifikasi pada gambaran subretinal space yang hiporeflektif di atas *Retinal pigment epithelium* (RPE) yang berbentuk segitiga. Gambaran hiporeflektif ini diduga karena pembengkakan papil dan menyebabkan pembengkakan *Retinal Nerve Fiber Layer* (RNFL) yang memberikan gambaran hipereflektif sehingga area dibawahnya terlihat hiporeflektif. Pada papiledema didapatkan gambaran papil nervus optik yang elevasi dengan gambaran rata dan halus serta adanya ruang hiporeflektif berbentuk segitiga besar pada subretina yang menekuk halus membentuk huruf V, sedangkan pada pseudopapiledema didapatkan gambaran kontur papil nervus optikus yang lebih bergelombang dan tidak rata disertai ruang hiporeflektif subretina berbentuk segitiga yang lebih kecil yang menekuk secara tajam^{12,13}.



Gambar 2. Perbandingan gambaran SD-OCT pada papiledema (a,b) dan drusen di papil saraf optik(c,d)

SD-OCT juga dapat digunakan untuk memantau perkembangan papiledema setelah terapi, terutama untuk pasien-pasien anak dimana pemeriksaan objektif lebih sulit dilakukan. Perbaikan papiledema ditandai dengan menipisnya RNFL. Karena penipisan RNFL juga dapat terjadi karena proses papil atrofi, pemeriksaan SD-OCT ini juga sebaiknya

dikorelasikan dengan pemeriksaan lapang pandangan¹³.

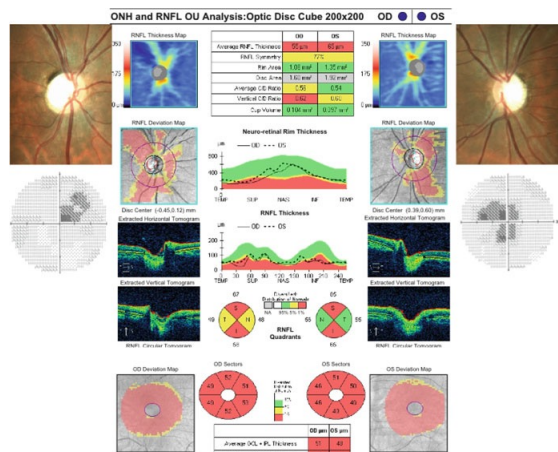


Gambar 3. Perbedaan gambaran papiledema sebelum (a) dan sesudah terapi (b).

Papil Atrofi

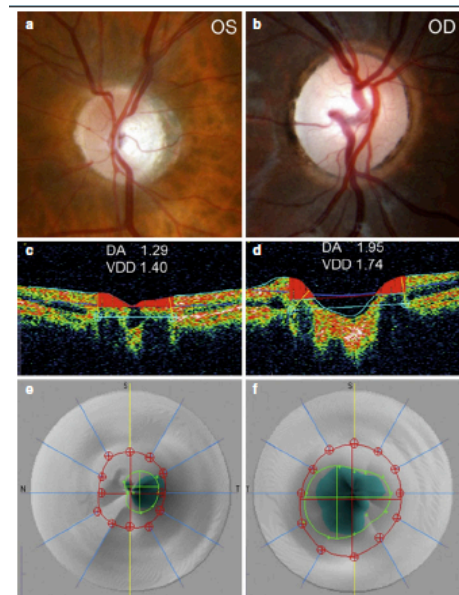
Gambaran papil atrofi literatur dipelajari melalui penyakit *Dominant Optic Atrophy* (DOA) yang merupakan suatu penyakit karena mutasi gen OPA1 yang menimbulkan gejala klinis berupa penurunan visus progresif bilateral yang mulai muncul saat masa kanak-kanak dan berujung pada papil atrofi bilateral. Sebanyak 20% dari penderita DOA juga menderita kelainan neuromuskular pada organ lain, kelainan ini disebut DOA plus¹⁰.

Pemeriksaan OCT dengan fokus RNFL menunjukkan gambaran penipisan pada semua kuadran tetapi lebih berat pada kuadran temporal dan inferior. Sementara pada DOA plus, penipisan ditemukan rata pada semua kuadran. Penipisan dengan pola ini juga terjadi pada terjadi pada *Retinal Ganglion Cell* (RGC) makula¹⁰.



Gambar 4. Gambaran RNFL Gambaran RNFL dan makula pada pasien DOA

Gambaran *optic disc* pada DOA dapat normal atau lebih kecil dari data normatif. Gambaran *optic disc* dan ONH yang lebih kecil biasanya juga menimbulkan gejala DOA yang lebih berat dengan tajam penglihatan yang lebih rendah. Diperkirakan hal ini terjadi karena OPA1 merupakan gen yang juga mengatur apoptosis sehingga ukuran *optic disc* lebih kecil karena mutasi ini menyebabkan gangguan pada perkembangan embrionik di mata¹⁰.

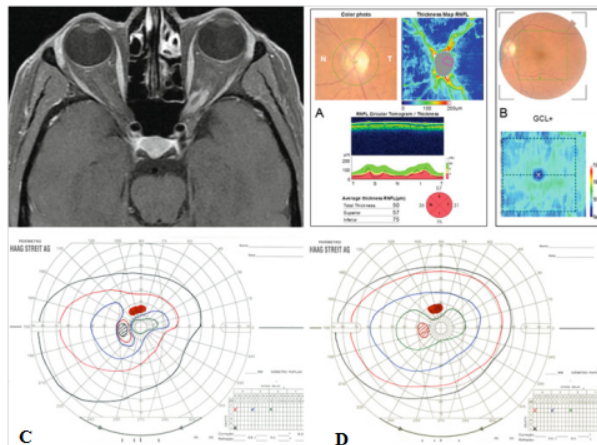


Gambar 5. Gambaran *optic disc* pada pasien DOA.

Optik Neuropati Kompresif

Prognosis penglihatan pasca operasi pada pasien dengan kelainan Optik neuropati kompresif dapat dilihat dengan OCT. studi dari Danesh-Meyer menyatakan bahwa pasien dengan hasil pemeriksaan RNFL yang normal pada pemeriksaan OCT pre-operasi, akan mempunyai prognosis perbaikan visus yang baik dalam kurun waktu 6 bulan pasca operasi. Prognosis penglihatan pasca operasi juga dapat dilihat dari *macular ganglion cell complex*, bahkan terdapat penelitian oleh Moon yang menyampaikan bahwa penilaian *macular ganglion cell complex* lebih baik untuk memprediksi perbaikan visus pasca operasi dibandingkan dengan RNFL perifer. Remyelinisasi dan perbaikan aliran aksonal pasca operasi ditandai dengan

adanya perbaikan *macular ganglion cell complex* dan RNFL perifer¹⁴.



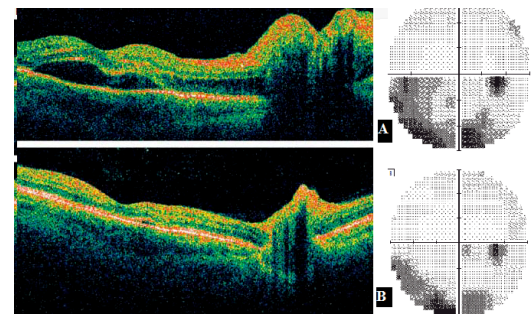
Gambar 6. Pemeriksaan SD-OCT dengan prognosis buruk. Gambaran kasus wanita 49 tahun dengan keluhan utama penurunan tajam penglihatan selama tujuh tahun karena *optic nerve sheath* meningioma. Pemeriksaan OCT menunjukkan adanya penipisan RNFL perifer (A) dan penurunan jumlah *macular ganglion cell layer* (B). Gambaran klinis pelebaran titik buta dan scotoma parasentral superior (C), dengan hanya terdapat sedikit perbaikan penglihatan (D) walaupun telah mendapat terapi radiasi.

Anterior ischemic optic neuropathy

Anterior ischemic optic neuropathy (AION) merupakan kerusakan yang ditandai dengan adanya edema papil karena gangguan aliran darah pada pada nervus optikus. gambaran edema papil pada AION mirip dengan papiledema karena kenaikan tekanan intrakranial. Pada fase akut didapatkan batas papil yang tak tegas dan perdarahan peripapil karena pembengkakan akson dan aliran aksonal yang statis. Pada lanjutan, sekitar 6 hari setelahnya, akan terjadi apoptosis sel oligodendrosit yang diikuti demyelinasi dan atrofi papil^{6,15}.

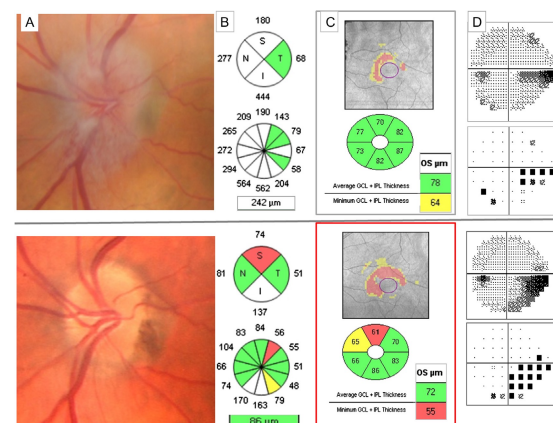
Pemeriksaan SD-OCT pada pasien dengan *Non-arteritic anterior ischemic optic neuropathy* (NAION) menunjukkan ukuran *cup* nevus optikus yang kecil. Pada NAION fase akut, didapatkan elevasi diskus optikus disertai gambaran cairan subretina pada peripapiler dan subfovea. Setelah diobati, akan didapat perbaikan gambaran elevasi diskus optikus dan

hilangnya cairan subretina yang sejalan dengan perbaikan visus^{14,16}.



Gambar 7. Gambaran NAION Fase akut (A) dan tujuh minggu setelah pengobatan (B)

Pola penipisan RNFL yang terdapat pada NAION juga berkorelasi dengan defek lapang pandangan. Pasien dengan defek lapang pandangan inferior mempunyai kerusakan RNFL pada temporal, nasal, dan superior. Pasien dengan defek lapang pandangan sentral atau sekusentral mempunyai gambaran atrofi RNFL yang terbatas pada superior dan temporal. Sedangkan pasien dengan kerusakan RNFL pada semua kuadran juga berkorelasi dengan penurunan lapang pandangan yang luas⁶.

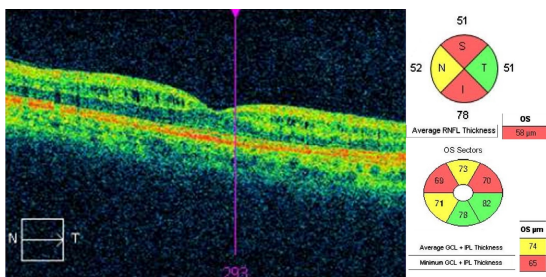


Gambar 8. Hubungan kerusakan RNFL dengan defek lapang pandangan. (Rebolleda, 2015)

Multiple Sclerosis/ Neuritis optik

Multiple sclerosis (MS) merupakan kelainan karena inflamasi dan degenerasi neuron dan akson. Neuritis optik merupakan salah satu manifestasi MS dan muncul pada 20-25% kasus MS. Karena pemeriksaan SD-OCT mudah dan tidak invasif maka penggunaan SD-OCT

disarankan pada pasien-pasien dengan MS. Pada pasien MS, pemeriksaan OCT juga berkorelasi ringan dengan pemeriksaan MRI. Penelitian pemeriksaan OCT pada kasus MS pertama kali dilakukan pada tahun 1999 yang menyatakan bahwa penipisan RNFL merupakan penanda/*marker* degenerasi akson, penipisan RNFL pada MS dapat terjadi walaupun pasien tersebut tidak mempunyai manifestasi neuritis optik. Pemeriksaan OCT dapat mendeteksi kerusakan aksonal bahkan sebelum gejala klinis terjadi. Pada pasien dengan MS ringan tanpa neuritis optik, didapatkan penipisan RNFL yang lebih ringan ($7.08 \mu\text{m}$) dibandingkan dengan pasien dengan neuritis optik ($20.38 \mu\text{m}$), utamanya di daerah temporal. SD-OCT dapat digunakan juga untuk mendiagnosa edema makular yang dapat terjadi pada pasien MS dengan uveitis intermediet atau edema makular yang terjadi karena efek samping pengobatan Fingolimod yang biasa digunakan pada pasien MS. Jenis makular edema yang biasa terjadi pada pasien-pasien dengan kelainan demyelinasi adalah makular edema mikrokistik yang ditandai dengan area hiporeflektif pada lapisan *inner nuclear layer retina* di daerah parafoveal⁶.



Gambar 9. Gambaran edema makula mikrokistik pada pasien dengan MS

Progresivitas MS juga dapat dipantau dengan SD-OCT. Progresivitas dilihat dari penipisan RNFL dan *ganglion cell inner plexiform layer*, rata-rata penipisan RNFL terjadi sebanyak $1.49 \mu\text{m}/\text{tahun}$ dan penipisan *ganglion cell inner plexiform layer* $0.5 \mu\text{m}/\text{tahun}$ dan berkorelasi dengan penurunan fungsi

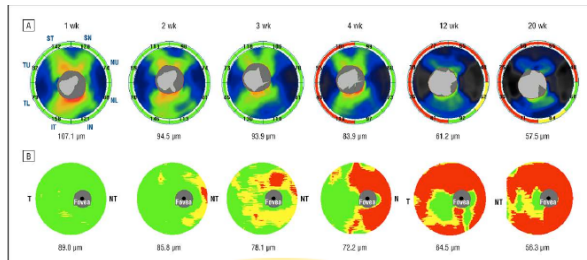
neurologis lain yang dinilai dengan *Expanded Disability Status Scale* (EDSS). Pemeriksaan SD-OCT juga mempunyai korelasi ringan dengan pemeriksaan MRI.

Pada optik neuritis fase akut, pengukuran RNFL kurang baik dijadikan sebagai patokan karena tebal RNFL seakan-akan baik karena kondisi edema papil pada fase akut. Progresivitas pada optik neuritis anterior lebih baik dilihat dari penipisan *ganglion cell layer* (GCL) atau ketebalan makula karena keduanya tidak terpengaruh oleh kondisi edema papil. Ukuran tebal GCL yang dianggap patologis adalah $\leq 75 \mu\text{m}$ ^{6,17}.

Traumatic Optic Neuropathy

Traumatic optic neuropathy (TON) merupakan penyakit yang disebabkan kerusakan saraf optik sekunder yang disebabkan karena trauma dan terjadi karena kerusakan akson akut dan menyebabkan gangguan penglihatan berupa defek lapang pandangan, gangguan penglihatan warna hingga penurunan tajam penglihatan yang dapat berujung pada hilangnya kemampuan penglihatan yang permanen. Pemeriksaan SD-OCT pada kasus TON bermanfaat karena sifatnya yang non-invasif dan dengan teknologi terbaru dengan resolusi aksial hingga $5-7 \mu\text{m}$, mampu menghasilkan gambar lapis demi lapis retina yang jernih sehingga kerusakan yang terjadi dapat dideteksi secara dini bahkan sebelum gejala klinis terjadi. Studi yang dilakukan Kanamori dan kawan-kawan yang meneliti tentang TON unilateral pada empat pasien menyebutkan bahwa terjadi penipisan RNFL di sekeliling papil dan GCC yang mulai terjadi dua minggu setelah trauma dan menjadi stabil setelah 20 minggu. Sehingga peneliti menyarankan pengobatan TON harus dilakukan sebelum 20 minggu dan evaluasi pemeriksaan SD-OCT dilakukan secara berkala untuk memantau progresivitas penyakit atau perkembangan terapi. Sementara studi dari Lee dan kawan-kawan menyebutkan bahwa terdapat korelasi antara penipisan

GCC dan RNFL dengan fungsi penglihatan yang diteliti melalui tajam penglihatan, penglihatan warna, pemeriksaan lapang pandangan dengan Humphrey, serta pemeriksaan visual evoked potential (VEP)^{22,23}.



Gambar 10. Pemeriksaan SD-OCT pada TON. Perubahan RNFL pada di sekitar papil (A) dan perubahan ketebalan GCC pada makula (B)

Neuropati toksik optik

Neuropati optik toksik merupakan penyakit yang disebabkan oleh berbagai macam toksin yang merusak nervus optikus dan ditandai oleh penurunan tajam penglihatan bilateral progresif tanpa nyeri. Terdapat berbagai macam substansi yang dapat menyebabkan neuropati toksik optik diantaranya alkohol (metanol, etilen glikol), obat anti TBC (etambutol, isoniazid), antibiotik (linezolid, sulfonamid dan kloramfenikol), obat anti malaria (klorokuin, quinin), obat anti kanker (vincristin, metotrexat), dan obat anti aritmia (digitalis, amiodaron). Kerusakan karena toksin biasanya disebabkan karena penumpukan toksin pada mitokondria, sehingga aktivitas sel ganglion retina yang membutuhkan banyak energi dan sangat bergantung pada mitokondria akan terganggu terlebih dahulu. Kerusakan awal pada neuropati toksik optik ditandai dengan pembengkakan akson yang ditandai dengan edema papil. Di fase selanjutnya terjadi penipisan RNFL utamanya di bagian inferotemporal, dan pada fase kronis, penipisan RNFL akan terjadi pada semua kuadran. Namun pada fase awal, terkadang sulit mengakkan diagnosis neuropati toksik optik karena pada pemeriksaan funduskopi, akan didapatkan gambaran papil normal. Disinilah

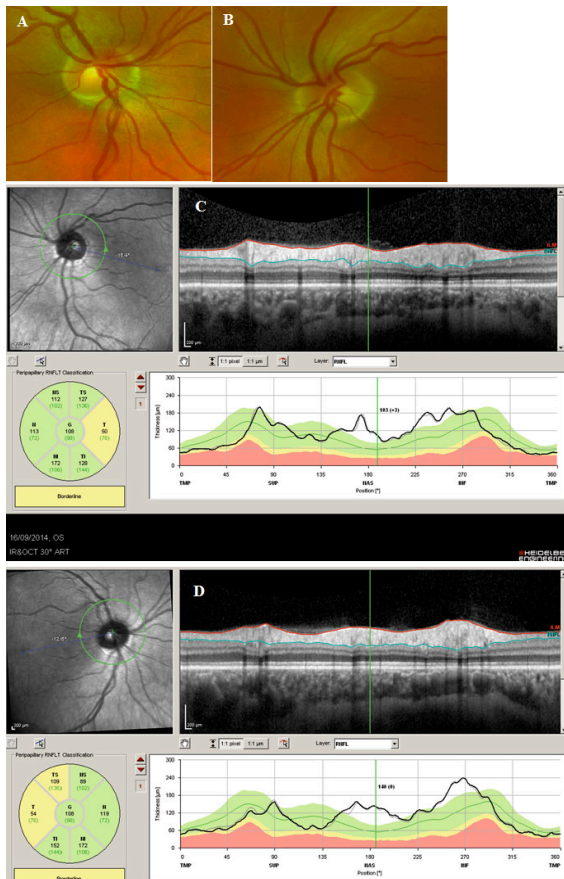
pemeriksaan SD-OCT penting, karena semakin dini diagnosis maka semakin dini pula intervensi yang akan diberikan, misalnya penghentian penggunaan obat. Selain untuk diagnosis, pemeriksaan SD-OCT harus dilakukan berkala pada pasien-pasien neuropati optik toksik untuk memonitor progresivitas penyakit maupun perkembangan terapi^{10,18}

Neuropati Optik Karena Nutrisi

Neuropati optik karena nutrisi merupakan kerusakan saraf karena defisiensi vitamin B12, B1, asam folat, zat besi, atau protein yang mengandung sulfur. Zat defisiensi pasti penyebab neuropati optik nutrisi masih belum dapat dirangkum secara pasti, tetapi penyakit ini biasa ditemukan pada pecandu alkohol, penderita anorexia, penderita malnutrisi, dan pasien dengan gangguan penyerapan gizi seperti pasien yang telah menjalani operasi bariatrik. Patofisiologi dari toksik optik karena nutrisi masih belum jelas, tetapi terdapat hipotesis bahwa kerusakannya berada pada level mitokondria yang akan menyebabkan proses kerusakan seperti pada neuropati toksik optik. Lesi primer pada neuropati optik karena nutrisi tidak hanya spesifik pada papil nervus saja, tapi dapat berada pada berbagai jenis level seperti RNFL, sel ganglion, kiasma, hingga traktus optikus¹⁰.

Gejala neuropati optik karena nutrisi sama seperti neuropati optik toksik sehingga kita harus menganamnesa pola diet pasien, riwayat obat, riwayat paparan toksin, riwayat sosial dan lingkungan kerja pasien sebelum menegakkan diagnosa neuropati optik toksik karena nutrisi. Prognosis visus pada neuropati optik karena nutrisi bergantung pada penyebab dan lama defisiensi pada penderita. Pada pemeriksaan fisik, pasien neuropati optik karena nutrisi biasanya mempunyai visus yang baik (6/60 atau lebih), penurunan reflek pupil, dan tidak ditemukannya RAPD karena kerusakannya bilateral. Pada fase awal dengan pemeriksaan fundus, papil nervus dua ditemukan normal atau

hiperemis dengan perdarahan peripapiler ringan. Setelah beberapa minggu atau bulan, akan terjadi atrofi papil bagian temporal yang bila dibiarkan akan terjadi atrofi papil pada semua kuadran. Pemeriksaan SD-OCT berguna untuk melihat ketebalan RNFL, terutama pada penipisan bagian temporal¹⁰



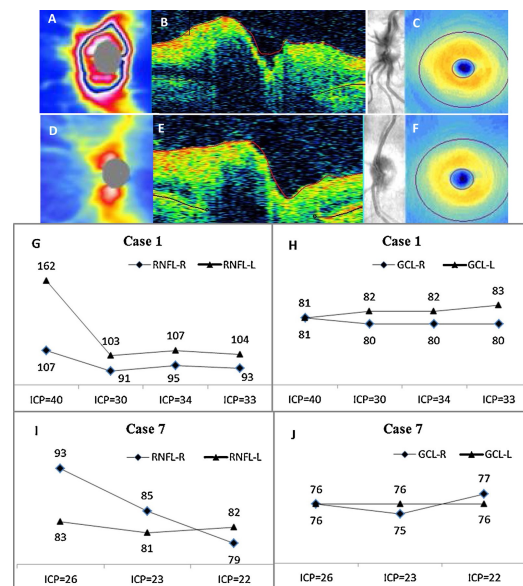
Gambar 11. Perkembangan neuropati optik toksik nutrisi setelah terapi

Idiopathic intracranial hypertension

Idiopathic intracranial hypertension (IIH) merupakan kondisi dimana terdapat peningkatan tekanan intrakranial (TIK) tanpa adanya lesi pada otak maupun etiologi lainnya. IIH banyak dijumpai pada wanita usia subur dengan obesitas dengan hipertensi intrakranial dengan ataupun tanpa papiledema. Papiledema yang lama dapat menimbulkan atrofi papil yang dapat menyebabkan gangguan visus permanen. SD-OCT merupakan modal diagnostik yang baik pada penyakit ini karena sifatnya yang non-invasif tetapi dapat menampilkan gambaran makula dan

ONH yang mendekati resolusi histologis, memungkinkan deteksi abnormalitas RNFL pada penderita IIH. Penebalan RNFL didapatkan pada penderita IIH yang baru terdeteksi serta IIH relaps. Sedangkan penipisan RNFL didapatkan pada penderita IIH kronis serta penderita IIH yang telah mendapat terapi¹⁹.

SD-OCT fokus ONH pada pasien IIH menampilkan gambaran *rim thickness* yang lebih tebal dari data normatif. Didapatkan *optic-cup volume* dan *C/D ratio* yang menurun walaupun kenaikan intrakranialnya sedikit dan tidak didapatkan gambaran papiledema pada funduskopi. RNFL pada pasien IIH didapatkan sedikit lebih tebal dari orang normal dan akan kembali normal setelah terapi penurunan cairan serebrospinal, tetapi normalisasi ketebalan RNFL membutuhkan waktu yang lama dan terjadi pada penurunan cairan serebrospinal yang signifikan sehingga untuk memantau perkembangan IIH sebaiknya digunakan parameter *neuro-retinal rim thickness* dan *area*, *C/D ratio* dan *optic cup volume*¹⁹.



Gambar 12. Gambaran ketebalan RNFL dan GCL-IPL pada pasien IIH. Peta ketebalan RNFL (A dan D), B-scan di sekitar ONH (B), serta peta ketebalan GCL-IPL (C) pada mata kiri pasien dengan papiledema dan tekanan serebrospinal 40 cm H₂O. Peta ketebalan RNFL (D), B-scan di sekitar ONH (E), serta peta ketebalan GCL-IPL (F) pada mata kiri pasien dengan papiledema dan tekanan

serebrospinal 26 cm H₂O. Setelah penurunan cairan serebrospinal, didapatkan ketebalan RNFL yang fluktuatif pada kedua kasus (G dan I) dan ketebalan GCL-IPL yang stabil (H dan J)

Penyakit Parkinson

Penyakit parkinson merupakan kelainan gerakan yang diakibatkan degenerasi saraf dopaminergik pada ganglia basal. Gejala penyakit Parkinson meliputi gejala motorik berupa tremor saat istirahat, bradikinesia, rigiditas dan instabilitas postur serta gejala non-motorik berupa gangguan *mood*, gangguan tidur, hipotensi ortostatik, kehilangan daya penciuman, penurunan daya kognitif, dan gangguan visus¹⁰.

Pemeriksaan SD-OCT pada pasien dengan Parkinson menunjukkan penurunan ketebalan RNFL dan volume makula dibandingkan pasien normal. Penipisan ditemukan pada semua kuadran dan paling tipis pada temporal. Penipisan tidak ditemukan pada fovea (*central macula sparring*), hal ini disebabkan karena penyakit Parkinson terjadi akibat hilangnya sel ganglion sedangkan pada fovea lebih banyak didapatkan sel kerucut tanpa sel ganglion atau akson. Derajat keparahan RNFL dan volume makula berbanding lurus dengan keparahan dan durasi penderita Parkinson yang dinilai dengan derajat tremor dan bradikinesia²⁰

Penyakit Alzheimer

Penyakit Alzheimer merupakan penyebab demensia yang paling sering dengan insidens yang makin besar seiring meningkatnya populasi manula di dunia. Alzheimer ditandai dengan gangguan kognitif progresif seperti defisit memori, penurunan fungsi belajar, afasia, apraxia, agnosia, dan gangguan visual. Gangguan visual yang terjadi pada pasien pada Alzheimer mempunyai dampak serius karena mempengaruhi kualitas hidup dan kemandirian pasien. gangguan visus yang sering terjadi berupa gangguan kontras sensitivitas spasial, persepsi gerakan, dikrimasi warna, hingga kehilangan visus. Pencitraan neuro-imaging adalah hal yang

esensial pada pasien Alzheimer dengan MRI yang paling banyak digunakan karena dapat memberikan informasi tentang struktur otak yang terkena dan korelasinya terhadap gangguan visus. Gambaran yang paling sering ditemukan pada MRI penderita Alzheimer adalah atrofi lobus temporomedial, pembesaran ventrikel, dan penurunan volume otak. Walaupun hingga saat ini kerusakan struktural dan fungsional dari keseluruhan otak belum dapat terpetakan seluruhnya, terdapat pendapat yang menyatakan bahwa proses neurodegeneratif juga terjadi di retina karena retina merupakan cabang perifer dari sistem saraf pusat. Dalam hal ini pemeriksaan SD-OCT berperan karena dapat menilai struktur retina yang mengesankan keutuhan saraf mata dan mulai banyak dimanfaatkan untuk menilai kerusakan saraf baik penyakit neurologis maupun degeneratif²¹.

Pemeriksaan SD-OCT pada pasien dengan penyakit Alzheimer akan didapatkan penipisan RNFL peripapiler pada semua kuadran, hal ini menunjukkan bahwa degenarasi aksonal difus yang terjadi pada pasien penyakit Alzheimer. Pada fokus makula akan didapatkan penipisan ketebalan makula terutama pada lapisan *inner retinal layer*. Pada penelitian oleh Cunga dengan 2738 sampe mata menyebutkan terdapat korelasi positif antara penipisan saraf dan fungsi kognitif sehingga dimasa yang akan datang, terdapat kemungkinan bahwa SD-OCT dapat digunakan untuk membedakan penyakit gangguan kognitif ringan dengan penyakit Alzheimer dan dapat digunakan sebagai biomarker untuk diagnosis dan evaluasi²¹.

KESIMPULAN

SD-OCT merupakan teknologi terbaru mesin OCT yang menilai perbedaan antar pencampuran gelombang berbagai lapisan dalam waktu yang bersamaan sehingga dapat menilai 50-100 kali lebih cepat daripada pendahulunya. OCT sangat membantu di bidang mata

karena dapat menghadirkan pemeriksaan objektif retina, makula, dan papil nervus optikus secara cepat dan non invasif.

SD-OCT juga memiliki peran besar dalam bidang neurologi dan neuro-oftalmologi. Parameter struktur mata yang paling berguna pada pasien dengan kelainan neurologis adalah pengukuran kuantitatif dari ketebalan retinal nerve fiber layer (RNFL) yang terdiri dari sel akson ganglion retina. Penebalan RNFL disebabkan oleh edema pada akson dan biasanya terdapat pada proses akut seperti neuritis optik, iskemia akut, dan hipertensi intrakranial. Sementara penipisan RNFL disebabkan oleh hilangnya sel akson ganglion retina yang merupakan suatu proses menuju atrofi optik. Penipisan RNFL biasanya akan dilihat pada penyakit neurodegeneratif, neuropati toksik dan neuropati nutrisi. Sementara pada kondisi edema papil seperti *ischemic optic neuropathy*, papillitis dan papilledema dimana dari pemeriksaan SD-OCT ketebalan RNFL sulit dibedakan karena terdapat kondisi edema aksonal, parameter yang paling berguna adalah ketebalan *ganglion cell layer* (GCL) pada makula. Data penipisan GCL dapat mendeteksi kerusakan neuronal irreversible secara dini.

Dalam bidang NO pemeriksaan dengan SD-OCT dapat digunakan untuk mendiagnosa, memonitor perjalanan penyakit, mengukur keberhasilan atau efek samping terapi, dan memperkirakan prognosis karena mempunyai korelasi yang tinggi dengan pemeriksaan perimetri, dapat memprediksi progresi serta mempunyai sensitivitas dan spesifitas yang tinggi pada neuro- oftalmologi dan akhir-akhir ini telah diteliti bahwa SD-OCT diprediksikan dapat menjadi biomarker adjuvan untuk penyakit Alzheimer dan Parkinson.

Kelemahan dari SD-OCT di bidang neuro-oftalmologi adalah teknologi ini masih belum dapat digunakan pada pasien dibawah usia 18 tahun karena hingga saat ini data normatif pada *software* mesin-

mesin SD-OCT hanya tersedia untuk pasien dewasa. Kerugian lain adalah mesin SD-OCT masih mengandalkan tindakan kooperatif dari pasien sehingga sulit dilakukan pasien usia tua atau mempunyai kondisi gangguan motorik berat.

Hingga saat ini teknologi OCT terus berkembang dan penemuan fungsinya bertambah seiring berjalannya waktu sehingga penting bagi para dokter mata untuk mengikuti perkembangannya agar penggunaan teknologi ini dapat dimanfaatkan secara maksimal.

REFERENCES

1. Duong DK, Leo MM, Mitchell EL. 2008. 'Neuro-ophthalmology'. *Emerg Med Clin North Am.* 2008 Feb;26(1):137-80, vii. doi: 10.1016/j.emc.2007.11.004
2. Lim, S. A., Wong, W. L., Fu, E., Goh, K. Y., Seah, A., Tan, C., ... Wong, T. Y. (2009). The Incidence of Neuro-Ophthalmic Diseases in Singapore: A Prospective Study in Public Hospitals. *Ophthalmic Epidemiology*, 16(2), 65–73. <https://doi.org/10.1080/09286580902737516>
3. Omoti AE, Waziri-Erameh MJ. 2007. 'Pattern of neuro-ophthalmic disorders in a tertiary eye centre in Nigeria'. *Nigerian Journal of Clinical Practice* Jun;10(2):147-51.
4. Spitze, A., Al-Zubidi, N., Lam, P., Yalamanchili, S., & Lee, A. G. 2014. Neuro-ophthalmology as a career. *Indian Journal of Ophthalmology*, 62(10), 1013–1014. <http://doi.org/10.4103/0301-4738.146007>
5. Kostanyan, T., Wollstein, G., & Schuman, J. S. 2015. 'New developments in optical coherence tomography'. *Current Opinion in Ophthalmology*, 26(2), 110–115. <http://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000133>
6. Rebolleda, G., Diez-Alvarez, L., Casado, A., Sánchez-Sánchez, C., de Dompablo, E., González-López, J. J., & Muñoz-Negrete, F. J. 2015. 'OCT: New perspectives in neuro-ophthalmology'. *Saudi Journal of Ophthalmology*, 29(1), 9–25. <http://doi.org/10.1016/j.sjopt.2014.09.016>
7. Puliafito C. 2012. 'A Brief History of Optical Coherence Tomography: A Personal Perspective'. *Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina*. 39(4):S6-S7
8. Gabriele, Michelle L. et al. 2011 'Optical Coherence Tomography: History, Current Status, and Laboratory Work.' *Investigative Ophthalmology & Visual Science* PMC. Web. 25 June 2018.

9. Fujimoto, J., & Swanson, E. (2016). The Development, Commercialization, and Impact of Optical Coherence Tomography. *Investigative ophthalmology & visual science*, 57(9), OCT1–OCT13. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-19963>
10. Grzybowski A, Barboni P.2016. ‘OCT in Central Nervous System Diseases’. *Springer International Publishing*. New york. ISBN 978-3-319-24085-5. Hal 9-23
11. Nordmann, Pr. Jean-Philippe. 2014. ‘Optical Coherence Tomography and Optic Nerve’. *Laboratoire Théa and Carl Zeiss Mediatec Francia*. Paris
12. Johnson LN, Diehl ML, Hamm CW, Sommerville DN, Petroski GF.. 2009. ‘Differentiating optic disc edema from optic nerve head drusen on optical coherence tomography’. *Arch Ophthalmol* 2009;127:45-9
13. Bassi ST, Mohana KP.2014. ‘Optical Coherence Tomography In Papilledema And Pseudopapilledema With And Without Optic Nerve Head Drusen’. *Indian J Ophthalmol*;62:1146-51
14. Chan NC, Chan CK. 2017. ‘The use of optical coherence tomography in neuro-ophthalmology’. *Wolters Kluwer Health* Volume 28. Number 00. Month 2017.
15. Ho, J. K., Stanford, M. P., Shariati, M. A., Dalal, R., & Liao, Y. J. 2013. ‘Optical Coherence Tomography Study of Experimental Anterior Ischemic Optic Neuropathy and Histologic Confirmation’. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 54(9), 5981–5988. <http://doi.org/10.1167/iovs.13-12419>
16. Hedges T, Vuong L. 2008. ‘Subretinal Fluid From Anterior Ischemic Optic Neuropathy Demonstrated by Optical Coherence Tomography’. *Arch Ophthalmol / Vol 126* (No. 6)
17. Syc SB, Saidha S, Newsome SD, Ratchford JN, Levy M, Ford E, et al. 2012. ‘Optical coherence tomography segmentation reveals ganglion cell layer pathology after optic neuritis’. *Brain* ;135:521–33.
18. Zhao, X.-J., Lu, L., Li, M., & Yang, H. 2015. ‘Ophthalmic findings in two cases of methanol optic neuropathy with relapsed vision disturbance’. *International Journal of Ophthalmology*, 8(2), 427–429. <http://doi.org/10.3980/j.issn.2222-3959.2015.02.37>
19. Huang-Link, Y.-M., Al-Hawasi, A., Oberwahrenbrock, T., & Jin, Y.-P. (2015). OCT measurements of optic nerve head changes in idiopathic intracranial hypertension. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 130, 122–127. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2014.12.021>
20. Sengupta, P., Dutta, K., Ghosh, S., Mukherjee, A., Pal, S., & Basu, D. (2018). Optical coherence tomography findings in patients of parkinson’s disease: An Indian perspective. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 21(2), 150. https://doi.org/10.4103/aian.aian_152_18
21. Cunha, L. P., Almeida, A. L. M., Costa-Cunha, L. V. F., Costa, C. F., & Monteiro, M. L. R. (2016). The role of optical coherence tomography in Alzheimer’s disease. *International Journal of Retina and Vitreous*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40942-016-0049-4>
22. Kanamori, A., Nakamura, M., Yamada, Y., & Negi, A. (2012). Longitudinal Study of Retinal Nerve Fiber Layer Thickness and Ganglion Cell Complex in Traumatic Optic Neuropathy. *Archives of Ophthalmology*, 130(8), 1067. <https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2012.470>
23. Lee, J.-Y., Cho, K., Park, K.-A., & Oh, S. Y. (2016). Analysis of Retinal Layer Thicknesses and Their Clinical Correlation in Patients with Traumatic Optic Neuropathy. *PLOS ONE*, 11(6), e0157388. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157388>