

## Glokom Teşhisi için Optik Koherans Tomografi Görüntülerinden Retina Sinir Lifi Katmanını Tespiti

### Retinal Nerve Fiber Layer Detection at Optical Coherence Tomography Image for the Diagnosis of Glaucoma

Mehmet Erhan ŞAHİN<sup>1</sup>, Mehmet Recep BOZKURT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Elektrik Elektronik Mühendisliği  
Sakarya Üniversitesi

[erhsahin@gmail.com](mailto:erhsahin@gmail.com), [mbozkurt@sakarya.edu.tr](mailto:mbozkurt@sakarya.edu.tr)

#### Özetçe

Glokom hastalığı göz içi basıncının artışı ile seyreden, retina ganglion hücre dejenerasyonu, optik sinir başında çanaklaşma ve görme alanı kaybı oluşturan, kronik optik nöropatidir. Glokom dünya çapında geriye dönüşsüz ve önlenemez körlüğün en önde gelen nedenidir. Bizde bu çalışmada glokom tanısına yardımcı olabilmek için Optik Koherans Tomografi (OCT) görüntülerini kullanarak görüntü işleme teknikleri ile Retina Sinir Lifi Kalınlığını (RNFL) tespit edebilmek için bir algoritma üzerine çalıştık.

**Anahtar Kelimeler:** Görüntü işleme, OCT, Glokom, RNFL

#### Abstract

Glaucoma is characterized by increased intraocular pressure, retinal ganglion cell degeneration, optic disc cupping and visual field loss forming is a chronic optic neuropathy. Glaucoma is an irreversible worldwide and the leading cause of preventable blindness. In this study we worked on an algorithm to detect the Retinal Nerve Fiber Layer (RNFL) thickness using Optical Coherence Tomography (OCT) images of the glaucoma at image processing techniques.

**Keywords:** Image processing, OCT, Glaucoma, RNFL

#### 1. Giriş

Glokom, retina ganglion hücre ölümüne bağlı olarak gelişen ilerleyici optik sinir hasarı ve tipik görme alanı kayıpları ile karakterize kronik optik nöropatidir. Glokoma bağlı hasarın saptanmasında ve takibinde kullanılan klinik oftalmoskopik muayene ve optik disk-retina sinir lif tabakası (RNFL) fotoğrafisinin duyarlı testler olduğu gösterilmiş olmakla beraber bu testler uygulayıcının yeteneklerinden etkilenmekte ve uygulayıcılar arası farklılıklar gösterebilmektedir.

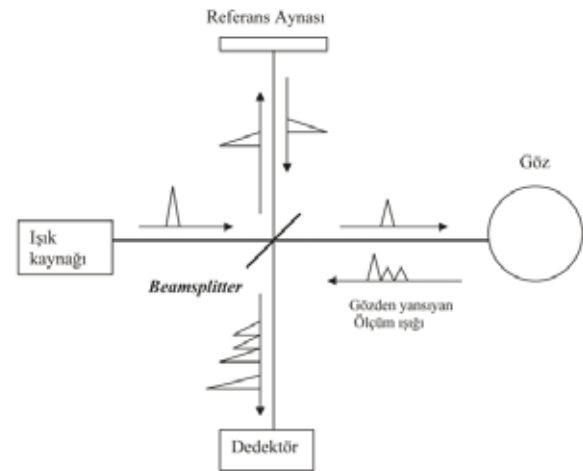
Glokomun tanı ve takibinde kullanılacak, optik disk RNFL ve ganglion hücre hasarları konusunda güvenilir ve objektif veriler sağlayacak yöntemler şüphesiz uzmanlara çok yardımcı olacaktır. Son 20 yılda yapılan araştırmalar sayesinde glokom hasarının erken dönemlerde saptanmasını sağlayabilecek görüntüleme teknolojileri geliştirilmiştir. Bunlardan birisi, ~800 nm dalga boyunda ışık kullanılarak retinanın ve optik sinirin non-kontakt, non-invaziv bir şekilde yüksek çözünürlükte tomografik kesit görüntülerinin elde edildiği optik koherans tomografidir (OCT). Optik disk ve retinanın

tomografik kesit görüntüleri, kızılötesi ışığın B mod ultrason prensibine benzer bir şekilde doku katmanlarından geri yansımaları özelliğinden faydalanılarak elde edilir. Bu şekilde OCT, retina tabakalarının ayırılarak RNFL kalınlığının ölçülebilmesini ve optik sinir başı parametrelerinin elde edilmesini sağlamaktadır. Böylece bu teknik, glokom tanı ve takibinde yaygın bir şekilde kullanılan bir görüntüleme yöntemi haline gelmiştir [5],[6].

#### 2. Materyal Metod

##### 2.1. Optik Koherans Tomografi

OCT tekniği ilk olarak, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde (MIT) fizik profesörü Dr. Fujimoto ve ekibi tarafından tanımlanmıştır [1]. Oftalmolojide ilk kullanımı ise Boston Tufts Üniversitesi New England Göz Merkezinde (NEEC), cihazın bir biomikroskop üzerine monte edilmesi ile yapılan prototip OCT'nin Dr. Puliafito ve Dr. Schuman tarafından ön segment, retina hastalıkları ve glokomda uygulanmasıyla gerçekleştirilmiştir [2],[3],[4]. Bu çalışmalarda kullanılan teknik Carl Zeiss firmasının Humphrey bölümü tarafından (artık Zeiss Humphrey Systems, Inc olarak biliniyor) ticari OCT olarak üretilmiştir.

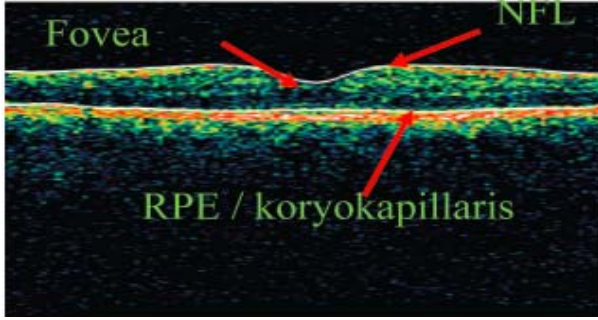


Şekil 1. OCT'nin çalışma prensibi.

## Tıbbi Görüntüleme 4

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

OCT' nin çalışma prensibi; Işık kaynağından gelen ışık beamsplitter denen yarı saydam ayna sayesinde ikiye ayrılır, yarısı göze diğer yarısı referans aynasına gönderilir. Gözdeki doku katmanlarından geri yansıyan ışık dalgaları referans aynasından yansıyanlarla interferometrede birleştirilir. Dalgaların interferansından faydalanılarak doku katmanları görüntülenir. Şekil 1' de şematik olarak görülmektedir.



Şekil 2. OCT görüntüsü

### 2.2. Retina Sinir Lifi Tabakası Kalınlık Ölçümü

Bu değerlendirmede OCT ile optik sinir çevresinde silindirik bir tarama yapılmakta, bu kesit iki boyutlu düzlemde yansıtılmaktadır. Yapılan tekrar edilebilirlik (reproducibility) çalışmalarında en güvenilir sonuç 3.45 mm çaplı dairesel kesitle elde edildiği için, ayrıca böylece büyük ve peripapiller atrofi olan diskler de daha iyi değerlendirildiğinden, standart olarak 3.45 mm çaplı dairesel kesit kullanılmaktadır [7,8]. Retina sinir lif tabakası (RNFL) kalınlığı, kullanıcı ya da referans düzlemi ihtiyacı olmaksızın otomatik bilgisayar algoritması ile belirlenmektedir. Taramanın yapılması OCT 1-2' de 1 saniye, OCT 3' de ise 0,5 saniye sürmektedir.

OCT ile ölçülen RNFL kalınlığı normal ile glokomlu gözler arasında, özellikle inferior kadranda olmak üzere istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir [8]. OCT 1-2 ile ortalama peripapiller RNFL kalınlığı 95  $\mu$  m olanların %50' sinde görme alanı kaybı saptanmıştır [9]. Yaşla beraber OCT ile yapılan RNFL kalınlık ölçümlerinde her 10 yıllık yaşlanma ile RNFL kalınlığında yaklaşık 1  $\mu$  m' lik bir azalma olduğu bildirilmiştir. RNFL kalınlığı ile görme alanı testleri arasında da yüksek derecede korelasyon saptanmıştır. Normal, oküler hipertansiyonlu ve primer açık açılı glokomlu gözler OCT ile yapılan RNFL kalınlığı ile görme alanı global indeksleri arasındaki ilişkinin değerlendirildiği çalışmada normal ve oküler hipertansiyonlu gözler ile glokomlu gözler arasında ortalama RNFL kalınlıklarında anlamlı farklar olduğu ve OCT ile saptanan RNFL kalınlık ölçümlerinin görme alanı indeksleri ile kuvvetli korelasyon gösterdiği bildirilmiştir [10].

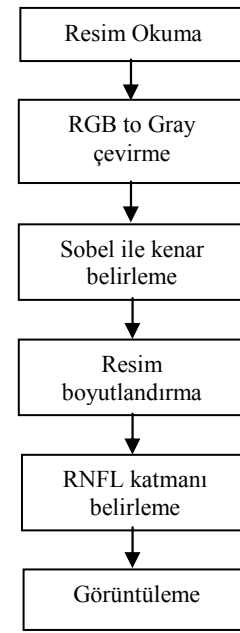
Glokomda fokal görme alanı defektleri veya red free fotoğraflarla saptanan fokal RNFL defektleri ile OCT peripapiller RNFL ölçümlerinde saptanan fokal defektler arasında büyük oranda korelasyon olduğu bildirilmiştir [11].

OCT 1-2' de ortalama RNFL kalınlığı normalde 100- 130  $\mu$  m arasında yer almakta, 100  $\mu$  m altındaki değerler glokom lehine, 130  $\mu$  m üzerindeki değerler ise optik sinir başı ödemi lehine değerlendirilmektedir. OCT 3' de RNFL kalınlığı yaşa göre oluşturulmuş bir normogram içinde gösterilerek hekime değerlendirme açısından kolaylık sağlanmıştır. Fourier domain

OCT cihazlarında ise yaşa ve ırksal değişime göre normatif hasta veritabanı ile karşılaştırma yapılarak değerler verilmektedir. RNFL anatomik yapıyla uyumlu olarak kadrantlarda çift hörgüç dağılımı göstermektedir: Superior ve inferiorda kalın nazal ve temporalde ise incedir.

Glokomda görme alanı kaybı ya da optik sinir çukurlaşması tespit edilerek glokom tanısı konduğunda %10-50 arasında RNFL kaybının çoktan geliştiğini bildirmiştir [12]. Bu sebeple OCT peripapiller RNFL kalınlık analizi, sadece glokomlu hasta takibinde değil, erken tanısında da bir erken tanı aracı olarak kullanılabilir.

### 2.3. RNFL Katmanı Tespiti Akış Diyagramı



Şekil 3. Akış diyagramı

Görüntü işleme için Matlab programı kullanılmıştır. Şekil 3' de verildiği gibi akış sırası takip edilmiştir. İlk olarak orijinal görüntü okunduktan sonra gray skalaya çevrilmiştir.

Elde edilen iki boyutlu görüntü gürültülerden arındırılarak kenar belirlemek için sobel filtreden geçirildi. Sobel algoritmasında iki adet konvolüsyon kerneli kullanılır. Bunlardan birisi yatay kenarları bulmaya yarar diğer dikey kenarları bulmaya yarar. Bu kerneller görüntü içerisinde ışık yoğunluk değişiminin ani olduğu yerleri belirlememize yarar. Bir nevi türev yaklaşımıdır. Gradyanlar (kernel uygulamasından sonraki yoğunluk değerleri) herhangi bir pixel için hesaplandıktan sonra büyüklükleri hesaplanarak kenarlar bulunmuş olur. Gradyan büyüklüğü iki gradyanın kareleri toplamının karekökü olarak hesaplanır [13,14]. Verilen komşuluklar için;  $yf$ , yoğunluk farkı (iki piksele ait yoğunluk değerlerinin birbirinden çıkarılması ile elde edilen),  $k$ , komşular arası uzaklık olmak üzere,  $g$ , yönsel türev değer vektörünün büyüklüğü,

$$|g| = yf / k \quad (1)$$

olarak verilir.

#### Tıbbi Görüntüleme 4

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

Birbirine karşılık gelecek şekilde komşu noktalar (a,i), (b,h), (c,g) ve (f,d) olarak gruplanırsa,  $R = \sqrt{2}$  için (köşegenlerdeki piksellerin merkez noktadan uzaklığı) gradyan değerlerinin vektörel toplamı,

$$\vec{G} = \frac{(a_{31}-a_{13})}{R} \cdot \frac{[1,1]}{R} + \frac{(a_{11}-a_{33})}{R} \cdot \frac{[-1,1]}{R} + (a_{12}-a_{12})[0,1] + (a_{23}-a_{21})[1,0] \quad (2)$$

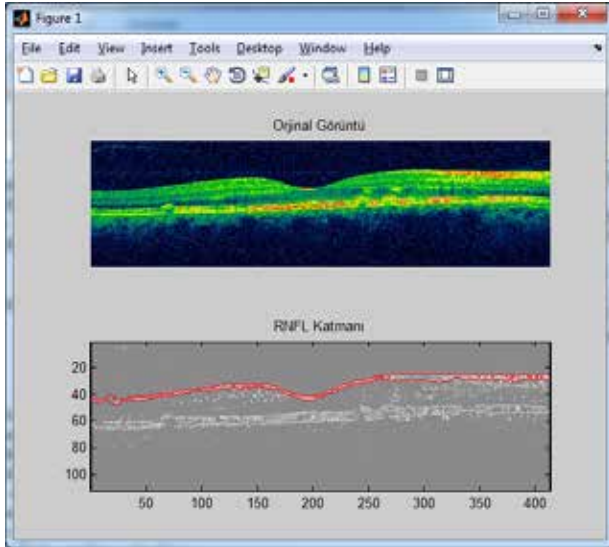
olarak ifade edilir. Bu işlemin sonucunda elde edilen vektöre ait yoğunluk ağırlıklarının toplamı Tablo 1'de gösterilen düşey ve yatay yönlerde ki ağırlık fonksiyonları kullanılarak gösterilir.

Tablo1. Yatay ve düşey yöndeki ağırlık katsayıları

-1	0	1	1	2	1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	-1	-2	-1

Bu algoritma, T önceden belirlenmiş bir eşik seviyesi olmak üzere,  $|\vec{G}| > T$  şartını sağlayan noktaları kenar noktası olarak belirleyen bir kenar algılayıcısı olarak kullanılır [14].

Görüntü sınırları belirlendikten sonra işlem hızını arttırmak için görüntü boyutlandırılması yapıldı. RNFL katmanı tespit edildikten sonra Şekil 3'deki görüldüğü üzere çizdirilmiştir.



Şekil 4. RNFL katmanı çıkarılmış görüntü

### 3. Sonuçlar

OCT ile birlikte, glokom oluşumunu erkenden saptama konusunda göz hastalıkları uzmanlarına önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak OCT, sağladığı objektif ve güvenilir peripapiller RNFL-maküla kalınlık ölçümleri ve optik disk parametreleri ile glokomun tanı ve takibinde uzmanların işini kolaylaştırmaktadır. Bizde bu görüntüler üzerinde görüntü işleme tekniklerini kullanarak hekimlerin glokom teşhisine yardımcı olmaktadır.

### 4. Kaynakça

- [1] Huang D, Swanson EA, Lin CP, et al., "Optical coherence tomography", *Science*, 254, 1178-1181, 1991.
- [2] Izatt JA, Hee MR, Swanson EA, et al., "Micrometer-scale resolution imaging of the anterior eye in vivo with optical coherence tomography", *Arch Ophthalmol*, 112, 1584-1589, 1994.
- [3] Puliafito CA, Hee MR, Lin CP, et al., "Imaging of macular diseases with optical coherence tomography", *Ophthalmology*, 102, 217-229, 1995
- [4] Schuman JS, Hee MR, Puliafito CA, et al., "Quantification of nerve fiber layer thickness in normal and glaucomatous eyes using optical coherence tomography", *Arch Ophthalmol*, 113, 586- 596, 1995.
- [5] Fujimoto JG, Hee MR, Huang D, et al., "Principles of optical coherence tomography. In Schuman JS, Puliafito CA, Fujimoto JG: Optical coherence tomography of ocular diseases", *Second edition. Thorofare,NJ: Slack Inc.*, P:3-20, 2004.
- [6] Aydın A, Bilge AH., "Optik Koherens Tomografinin Glokomda Yeri", *Glokom-Katarakt Oftalmoloji Dergisi*, Cilt 2, Sayı 2, 077-082, 2007.
- [7] Schuman JS, Pedut-Kloizman T, Hertzmark E, et al., "Reproducibility of nerve fiber layer thickness measurements using optical coherence tomography", *Ophthalmology*, 103, 1889-1898, 1996.
- [8] Bayraktar Ş, Türker G., "Erken glokom ve glokom şüphesi olgularında optik koherens tomografi ile elde edilen retina sinir lifi kalınlığı ölçümlerinin tekrarlanabilirliği", *T Oft Gaz.*, 30, 404- 408, 2000.
- [9] Williams ZY, Schuman JS, Gamell L, et al., "Optical coherence tomography measurement of nerve fiber layer thickness and the likelihood of a visual field defect", *Am J Ophthalmol.*, 134, 538-546, 2002.
- [10] Üstündağ C., "Glukomlu gözlerde optik koherens tomografi ile saptanan retina sinir lifi kalınlıklarının gorme alanı indeksleri ile korelasyon.", *T Oft Gaz.*, 31, 600-604, 2001.
- [11] Pieroth L, Schuman JS, Hertzmark E, et al., "Evaluation of focal defects of the nerve fiber layer using optical coherence tomography", *Ophthalmology.*, 106, 570-579, 1999.
- [12] Quigley HA, Addicks EM., "Quantitative studies of retinal nerve fiber layer defects", *Arch Ophthalmol.*, 100, 807-812, 1982.
- [13] Sobel, I., "An Isotropic  $3 \times 3$  Gradient Operator", *Machine Vision for Three - Dimensional Scenes*, Freeman, H., Academic Pres, NY, 376- 379, 1990.
- [14] Gonzalez R. ve Wintz P., "Digital Image Processing", *Addison -Wesley*, 1987.