DOI: 10.4274/tjo.56254
Turk J Ophthalmol 2018;48:178-184

Özgün Araştırma / Original Article

Fovea ve Optik Diskin Anatomik Pozisyonu Glokomda Optik Koherens Tomografi Sonuçlarını Etkiler mi?

Does Foveal Position Relative to the Optic Disc Affect Optical Coherence Tomography Measurements in Glaucoma?

Zerrin Tuncer, Mitat Altuğ
Göz Vakfı, Bayrampaşa Göz Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul, Türkiye

Öz

Amaç: Optik koherens tomografi (OKT) ile fovea ve optik disk merkezini birleştiren eksenin horizontal eksen ile yaptığı açının belirlenerek kişiler arası farklılık oranını araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Glokom ve glokom şüphesi olan 133 hastanın (81 kadın, 52 erkek) 260 gözü retrospektif olarak çalışmaya alındı. Hastalara Heidelberg Spektral-Domain OKT ile aynı doktor tarafından yapılmış olan optik disk analizlerinde fovea ile Bruch membran aralığı (BMA) merkezi arasındaki eksenin, BMA merkezinden geçen horizontal eksen ile yaptığı açı (FoDi açısı) değerleri kaydedildi. Fovea merkezinin; BMA merkezinden çekilen horizontal çizginin altında yer aldığı açı değerleri negatif (-) değer olarak, üzerinde yer aldığı açı değerleri ise pozitif (+) değer olarak kaydedildi.

Bulgular: Olguların yaş ortalaması 56,5±14,6 yıl (27-83) idi. FoDi açısı dağılımı -24,40° ile +11,60° arasında değişmekte olup ortalaması -6,43±4,96° bulundu. Klinik eksene göre anatomik eksendeki mutlak sapma açısı dağılımının sırasıyla; 83 gözde (%31,92) 0-5°, 124 gözde (%47,69) 5-10°, 41 gözde (%15,76) 10-15°, 10 gözde (%3,84) 15-20° ve 2 gözde de (%0,79) 20°'nin üzerinde olduğu gözlendi.

Sonuçlar: Glokom hastalarının tanı ve takibi için uygulanan OKT çekimlerinde retina sinir lifi tabakası (RSLT) kalınlık ölçümlerinin değerlendirilmesi, optik sinir başı merkezinden geçen horizontal eksen kılavuzluğundaki klinik eksene göre yapılmaktadır. Fovea ile BMA merkezini birleştiren anatomik eksenin horizontal eksen ile yaptığı açı her kişide, hatta aynı kişinin iki gözünde farklıdır. Sonuç olarak klinik kadranlar ile anatomik kadranlar arasındaki farklılığın RSLT kalınlık ölçümlerini etkileyerek glokom tanısında hatalı sonuçlara yol açabileceğini düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Optik koherens tomografi, Bruch membran aralığı, minimum rim genişliği, optik disk, glokom

Abstract

Objectives: To determine interindividual variability in the angle between the anatomic axis connecting the fovea and optic disc center and the horizontal meridian using spectral domain optical coherence tomography (OCT).

Materials and Methods: A total of 260 eyes of 133 subjects (81 women, 52 men) with glaucoma or suspected glaucoma were included in the study retrospectively. Fovea-disc angle (FoDi angle) measurements, determined as the angle between the horizontal meridian passing through the Bruch's membrane opening (BMO) center and the line connecting the fovea and BMO center, were recorded from spectral domain-OCT scans performed by the same investigator. FoDi angle was defined as negative if the fovea was located below the horizontal meridian through the BMO center and positive if the fovea was located above it.

Results: The mean age of the participants was 56.5±14.6 years (27-83 years). The mean FoDi angle was -6.43±4.96° (range: -24.40° to +11.60°). Absolute deviation of the fovea BMO axis from the horizontal axis was 0-5° in 83 eyes (31.92%), 5-10° in 124 eyes (47.69%), 10-15° in 41 eyes (15.76%), 15-20° in 10 eyes (3.84%), and greater than 20° in 2 eyes (0.79%).

Conclusion: Most OCT devices currently used in the treatment and follow-up of glaucoma patients provide peripapillary retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness measurements that are made based on a clinical axis in reference to the horizontal meridian passing through the optic disc center. The results of our study reveal interindividual variation in FoDi angle as well as intraindividual differences in FoDi angle between fellow eyes in the same individual. Disparity between clinical and anatomic quadrants could impact RNFL thickness measurements, which may lead to errors in the diagnosis of glaucoma.

Keywords: Optical coherence tomography, Bruch's membrane opening, minimum rim width, optic disc, glaucoma

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Zerrin Tuncer, Göz Vakfı, Bayrampaşa Göz Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul, Türkiye
Tel.: +90 212 674 75 00/517 E-posta: zrrnt@yahoo.com **ORCID-ID:** orcid.org/0000-0003-0082-6921
Geliş Tarihi/Received: 30.06.2017 **Kabul Tarihi/Accepted:** 17.01.2018

©Telif Hakkı 2018 Türk Oftalmoloji Derneği
Türk Oftalmoloji Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.

Giriş

Dünyadaki en önemli körlük nedenlerinden biri glokomdur.[1] Glokomun erken tanısında optik koherens tomografi (OKT) parametrelerinin görme alanı parametrelerine göre daha hassas olduğu bildirilmiştir.[2] OKT, peripapiller retina sinir lifi tabakası (RSLT) kalınlığı ve optik sinir başı (OSB) hakkında objektif, ölçülebilir ve tekrarlanabilir değerler sunarak glokomun erken tanısında ve progresyon takibinde önemli bir yol gösterici olmaktadır.[3]

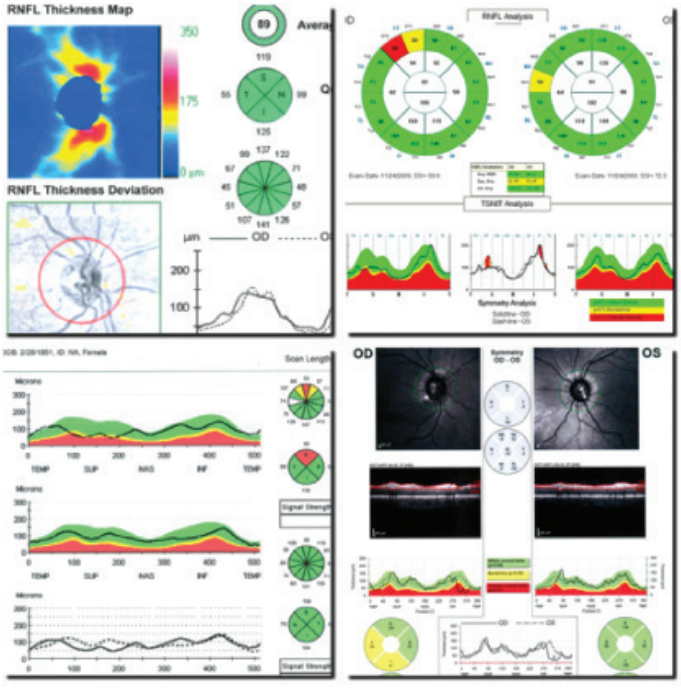
OKT ile ilgili ilk makalenin yaklaşık 25 yıl önce yayınlanmasını takiben, OKT'nin glokom tanısında önemli bir teknolojik gelişim olduğuna yönelik çeşitli çalışmalar devam etmektedir.[4,5,6,7,8] Spektral domain (SD-OKT) teknolojisinin kullanımı ise Time-Domain cihazlara (TD-OKT) göre görüntü çözünürlüğü ve tarama hızını arttırarak daha ayrıntılı bilgiler almamıza imkan tanımaktadır.[9,10] Buna rağmen hala OKT'nin klinik uygulamada erken tanı ve takipteki değeri ve güvenilirliği tartışılmaktadır.[11,12,13] Yaygın olarak kullanılmakta olan SD-OKT cihazlarında klinik olarak tahminen optik disk kenarları belirlenmekte ve OSB merkezinden geçen 0-180°'lik horizontal çizgiyi yatay eksen kabul ederek RSLT kalınlık ölçümü yapılmaktadır (Resim 1). Ayrıca progresyon değerlendirmesi için yapılan tekrarlarda aynı baş pozisyonu sağlanması ve ölçümün aynı noktalardan geçmesinin tamamen tesadüfe bağlı olması güvenilirliği konusunda soru işaretleri taşımaktadır.

SD-OKT (Spectralis; Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Germany) cihazına Mart 2015'te yapılan güncellemede 6.0 versiyonu ile fovea-disk (FoDi) hizalama yazılım ilavesi yapılmıştır. Bu yeni yazılım sayesinde RSLT kalınlık ölçümleri yapılırken önce fovea otomatik olarak belirlenmekte (Resim 2), daha sonra optik disk kenarları otomatik olarak saptanmakta (Resim 3) ve OSB merkezi ile foveayı birleştiren çizginin oluşturduğu anatomik eksene göre kadranlar belirlenerek RSLT kalınlık ölçümü yapılmaktadır (Resim 4). Veritabanı hazırlanırken de aynı hizalanan eksenden yararlanıldığı için veri analizi esnasında elde edilen sonuçların kesinliği artırılmış ve rotasyon kaynaklı hatalar ortadan kaldırılmış olmaktadır. Ayrıca FoDi sistemi, aynı olgunun takip eden ölçümlerinde aynı noktaların karşılaştırılmasını sağlayarak progresyon takibinde daha doğru kıyaslama imkanı tanımaktadır.

Çalışmamızın amacı, yeni FoDi yazılımı sayesinde glokomlu veya glokom şüphesi olan bireylerde fovea merkezi ile optik disk merkezini birleştiren eksen ile OSB merkezinden geçen horizontal eksen arasındaki açının kişiler arası farklılık oranını araştırmaktır. Buradan yola çıkarak RSLT kalınlık ölçümünde diğer OKT cihazları ile yapılan kadran değerlendirmelerinde, kadranların standart 0-180°'lik horizontal eksene göre alınmasından ortaya çıkabilecek farklılığın tanısal değerlendirmedeki etkilerini tartışmaya açmak istedik.

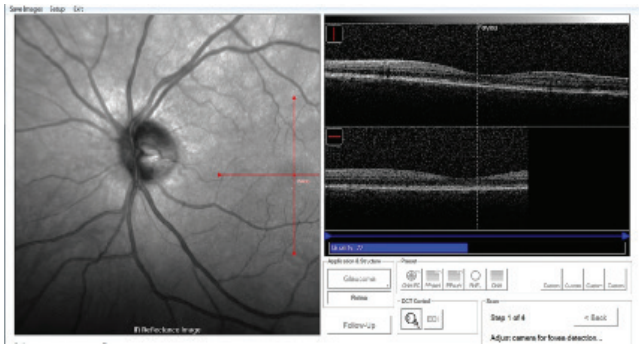
Gereç ve Yöntem

Hastanemizde glokom tanısı almış olan ya da glokom şüphesi ile takip edilmekte olan 133 hastanın (81 kadın, 52 erkek) 260 gözü retrospektif olarak çalışmaya dahil edildi. Düzeltilmiş en iyi 20/40 ya da daha iyi görsel keskinliği olan, ±5,00 diyoptriden daha az sferik eşdeğere sahip refraktif bozuklukları olan ve hiçbir maküla patolojisi olmayan hastalar

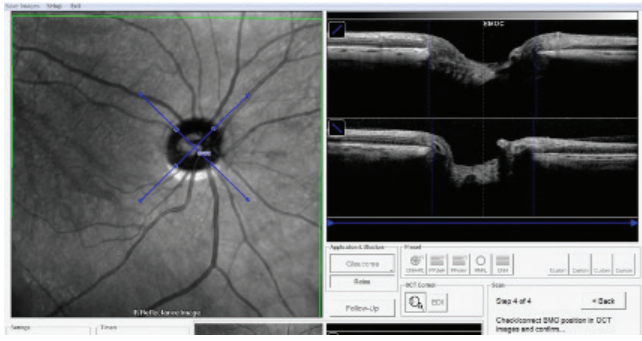


Resim 1. Çeşitli optik koherens tomografilerde 0-180° horizontal eksene göre ölçümler
RFNL: Retina sinir lifi tabakası, OD: Sağ göz, OS: Sol göz

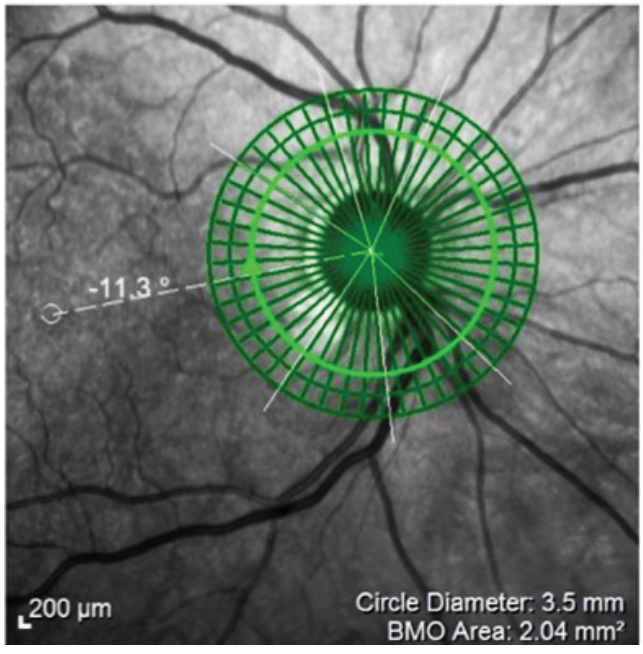
çalışma kapsamına alındı. Geçirilmiş göz travması ya da cerrahisi hikayesi olanlar, peripapiller atrofi ve tilted disk olan olgular çalışmaya alınmadı. Hastaların daha önce yapılmış olan görme keskinlikleri, kırma kusuru tespiti, biyomikrosopik ve fundus muayeneleri ve Goldmann applanasyon tonometrisi ile göz içi basınç ölçümleri dahil rutin göz muayeneleri kaydedildi.



Resim 2. Fovea disk yazılımında foveanın otomatik saptanması



Resim 3. Fovea disk yazılımında Bruch membran aralığına göre optik disk kenarlarının belirlenmesi



Resim 4. Fovea disk yazılımı ile retina sinir lifi tabakası kalınlık ölçümü
BMO: Bruch membran aralığı

OKT yapılmadan önce bütün hastaların pupillaları %1 tropicamide ile dilate edildi. Ölçüm esnasında hastaların internal foveal fiksasyon noktasına bakmaları istendi. SD-OKT (Spectralis; Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Almanya) cihazı (yazılım sürümü 6.0) glokom modülü kullanılarak deneyimli tek bir doktor tarafından (T.Z.) yapılan RSLT kalınlık ölçümlerinde, ölçüm kalitesi 15'in altında olan gözlerde ölçüm tekrarlandı. OKT çıktılarında otomatik olarak verilmekte olan, fovea merkezi ile optik disk merkezini birleştiren eksen ile disk merkezinden geçen horizontal eksen arasındaki açılar kaydedildi. OKT çıktılarında, fovea merkezinin OSB'nin merkezinden geçen horizontal eksenin altında yer aldığı açı değerleri negatif (-) değer olarak, horizontal eksenin üzerinde yer aldığı açı değerleri ise pozitif (+) değer olarak kaydedildi. Çalışmamızda ayrıca olgularımızın maküla yerleşimine göre pozitif (+) ya da negatif (-) olduğuna bakmaksızın anatomik eksen ile horizontal eksen arası mutlak sapma değerleri de kaydedildi.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizde SPSS yazılımı (sürüm 22,0, SPSS, Inc) kullanıldı. FoDi açısı dağılımı ve horizontal aksa göre mutlak sapma açısı dağılımının normalizasyon değerlendirmesinde One-Sample Kolmogorov-Smirnov testi kullanıldı.

Bulgular

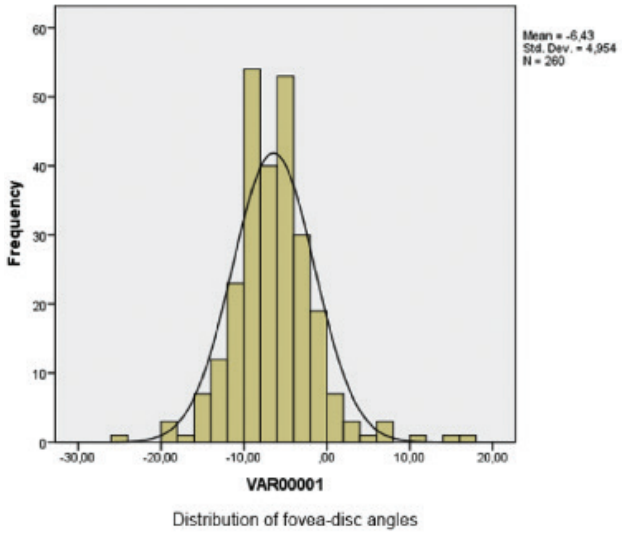
Hastaların yaşları 27-83 arası değişmekte olup ortalaması 56,5±14,6 yıl bulundu.

Fovea ile optik disk merkezini birleştiren eksen ile horizontal eksen arasındaki açı (FoDi açısı) dağılımı -24,4° ile +11,6° arasında değişmekte olup; (+) ve (-) eksenler göz önüne alınarak yapılan hesaplamada ortalaması -6,43°±4,96° bulundu. Çalışmamızda 260 gözden 243'ünde (%93,46) fovea ile optik disk merkezini birleştiren eksen ile horizontal eksen arasındaki açı negatif, 16'sında (%6,15) pozitif idi. Sadece 1 gözde anatomik eksen ile horizontal eksenin aynı düzlem olduğu gözlendi. One-Sample Kolmogorov-Smirnov testine göre dağılım normal bulundu (p=0,002) (Grafik 1) (+) ve (-) eksenler göz önüne alınmadan, 0-24,4° arasındaki sapma miktarını incelediğimizde anatomik eksen ile horizontal eksen arası ortalama mutlak sapma değeri 7,14±3,95° idi. One-Sample Kolmogorov-Smirnov testine göre dağılım yine normal bulundu (p=0,2) (Grafik 2).

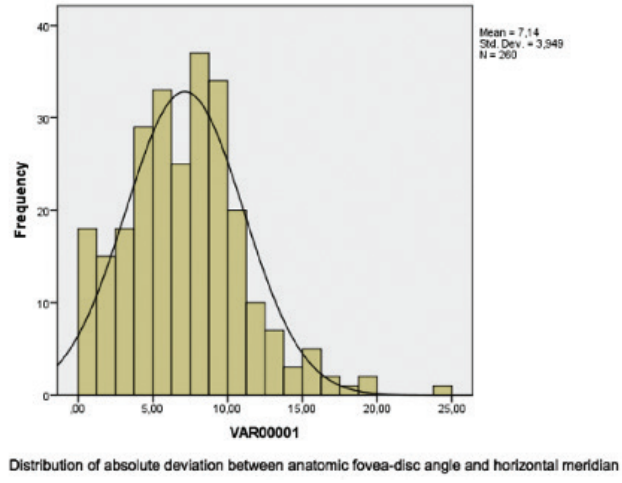
Horizontal eksenden sapma miktarının sırasıyla 83 gözde (%31,92) 0-5°; 124 gözde (%47,69) 5-10°; kırk bir gözde (%15,76) 10-15°; 10 gözde (%3,84) 15-20° ve 2 gözde (%0,79) 20°'nin üzerinde olduğu gözlendi.

Tartışma

Glokomda morfolojik değişiklikler optik sinir başı ve RSLT'nin değerlendirilmesi ile saptanmaktadır. Glokomun tanı ve takibinde kullanılmakta olan görme alanı subjektif bir yöntemdir. OKT 1990'lı yılların başlarında ortaya çıkmış, ancak 2001 yılında TD Stratus OKT (Carl Zeiss Meditec)



Grafik 1. -24,4° ile +11,6° arası fovea disk açısı dağılımı

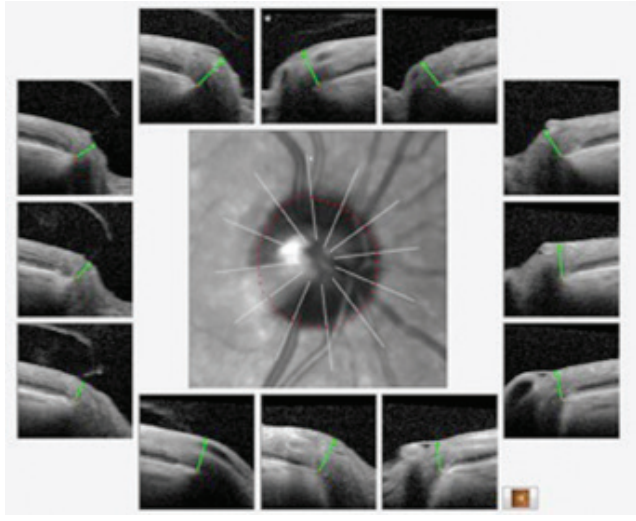


Grafik 2. 0° -24,4° arası fovea disk açısı dağılımı

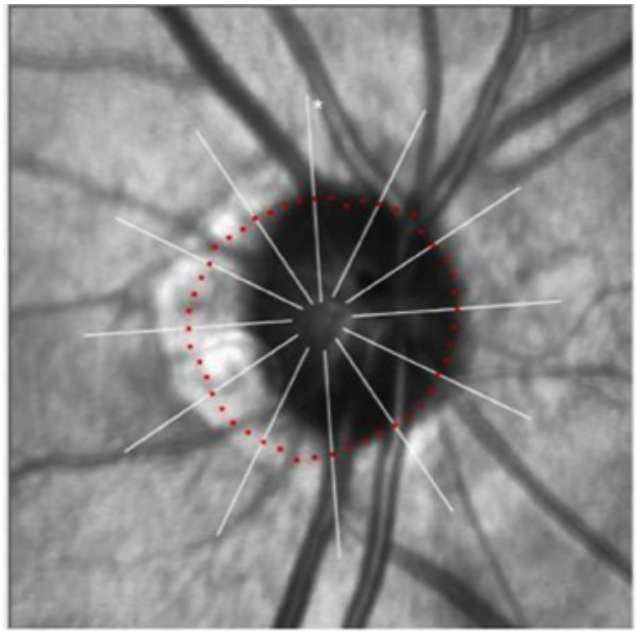
üretimi sonrasında daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. SD-OKT teknolojisini kullanarak 2006 yılında üretilen Optovue OKT (Optovue Inc., Fremont, California, ABD) ve 2007'de üretilen Cirrus OKT (Carl Zeiss Meditec) cihazları ile RSLT yanında, optik sinir başını da inceleyerek daha ayrıntılı ölçümler yapabilme özelliği kazanmış ve OKT kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. SD-OKT teknolojisindeki gelişmeler OSB'nin değerlendirilmesinde yakın zaman kadar olmayan çeşitli anatomik özellikleri görüntüleme imkanı sunmuştur.

SD-OKT (Spectralis; Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Almanya yazılım sürümü 6.0) cihazı glokom modülü, nöroretinal rim değerlendirmesinde, referans olarak Bruch membran aralığının (BMA) iç kenarından iç limitan membrana en kısa mesafeyi otomatik belirleyerek RSLT kalınlığını ölçer (Resim 5). BMA minimum rim genişliği (MRG) glokom tanısında artık yeni bir parametre olarak tanımlanmaktadır. MRG'nin bu şekilde belirlenmesi sonucu, OKT kullanıma girdiği günden beri yapılmakta olan tarama metotlarına göre geometrik olarak en doğru ölçümün ortaya çıktığı söylenmektedir.[7,14] Kook ve ark.[5] çalışmalarında OSB'de BMA-MRG'nin nöroretinal rimin dış sınırını temsil ettiğini ve nöroretinal rim ölçümlerinin yapılabileceği anatomik olarak kesinliği olan bir yapı olduğunu belirtmişlerdir. Standart OKT'lerde ölçüm yaparken optik disk kenarları klinik olarak tahminen belirlenmekte, buna bağlı birçok hatalar ortaya çıkabilmektedir (Resim 6).

Helvacioglu ve ark.[15] çalışmalarında RSLT kalınlık ölçümünde 3,4 mm'lik çemberin doğru konumlandırılmasının önemini vurgulamışlardır. Reis ve ark.[20] yaptıkları çalışmada Bruch



Resim 5. Fovea disk yazılımında optik disk kenarlarının Bruch membran aralığına göre belirlenmesi



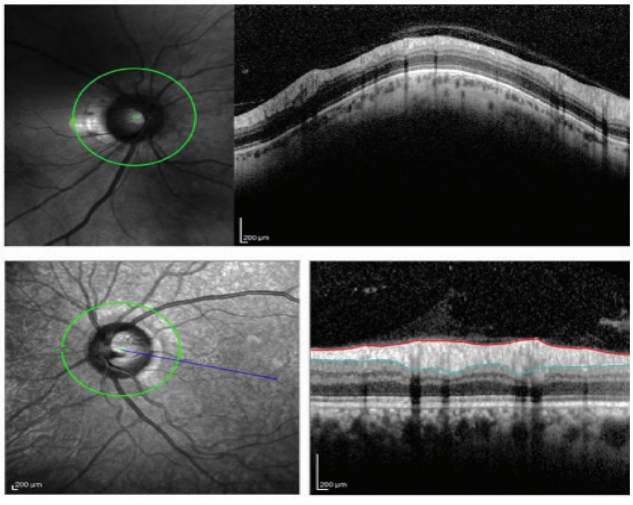
Resim 6. Bruch membran aralığına - minimum rim genişliği göre anatomik disk kenarları

membranının gözle görülemeyen yayılımı ve bölgesel değişimler nedeniyle, klinik olarak görülebilen disk kenarının gerçek disk kenarı olmadığını belirtmişlerdir. Birçok çalışmada da OKT ile BMA dikkate alınarak yapılan RNFL kalınlık ölçümünün preperimetrik glokomdaki önemi belirtilmiştir.[17,18,19,20]

Son zamanlarda foveanın optik disk merkezine göre yerleşim yeri glokom alanında bazı araştırmacıların ilgisini çekmiş ve yeni yazılımlar üretilmiştir. Çünkü horizontal eksene göre yapılan ölçümlerde, progresyon takibinde aynı noktalardan ölçüm yapılamaması ve baş pozisyonundan kaynaklı hatalar yanıltıcı sonuçlara neden olabilmektedir.

Heidelberg SD-OKT cihazı glokom modülünde bulunan FoDi yazılımı ilavesi, oküler torsiyon açısı için otomatik değerler sunmaktadır. Heidelberg SD-OKT cihazının glokom modülünde Anatomik Konumlandırma Sistemi (APS) ile BMA'ya göre disk kenarlarını otomatik saptanabilmektedir.[7,9] Bu güncellenmiş yazılım yüklü cihazla yapılan ölçümlerde, BMA'ya göre otomatik belirlenmiş optik disk kenarlarının merkezi (optik disk merkezi) ile gene otomatik olarak belirlenmiş fovea merkezini birleştiren çizgi anatomik eksen olarak saptanmıştır. Daha sonra üst, alt, nazal ve temporal kadranlar bu eksene göre belirlenmektedir (Resim 7). Biz de bu sayede yaptığımız RSLT kalınlık ölçüm değerlerinin doğruluğunun arttığı kanısındayız.

Literatürde peripapiller RSLT kalınlıkları ölçümlerinde FoDi hizalamasının önemine dair çeşitli çalışmalar mevcuttur. Vizzeri ve ark.[9] 94 sağlıklı birey üzerinde Stratus OKT cihazı kullanarak sinyal gücü ve horizontal hizalamanın RSLT kalınlığı üzerine ilişkisini incelemişler, çalışmalarında sinyal gücü ve horizontal yön değişimi ile ortalama RSLT kalınlık değerleri arasında pozitif lineer bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Chauhan ve Burgoyne[21] nöroretinal rim ve peripapiller RSLT kalınlık ölçümlerinde, fovea ve BMA ile kenarları belirlenen optik diskin merkezi arası aksın kullanılmasının gerekliliğini, aksi halde SD-OKT ile yapılan ölçümlerdeki tanısal hassasiyetin azalabileceğini belirtmişlerdir.



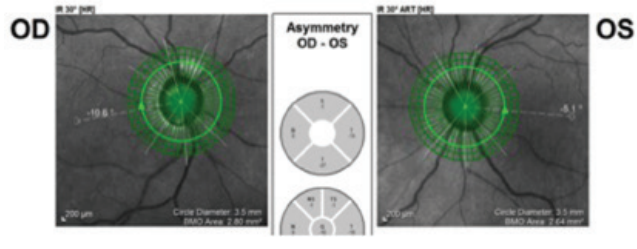
Resim 7. Fovea disk yazılımı öncesi ve sonrası retina sinir lifi tabakası kalınlık ölçümü

Helvacioglu ve ark.[15] ise 21 hastanın 42 gözünde Optovue SD-OKT ile RSLT kalınlıklarını ölçtükleri çalışmalarında, OSB'ye göre mükemmel ortalanarak alınan ölçümlerle 4 kadrana (yukarı, aşağı, sağa, sola) hatalı hizalanarak alınan ölçümleri karşılaştırmışlar, hatalı hizalamanın aynı kadranda yanlışlıkla düşük kalınlık ölçümlerine, karşı kadranda da daha yüksek kalınlık ölçümlerine sebep olduğunu saptamışlardır. Gene benzer şekilde He ve ark.[22] oküler hipertansiyon veya glokomlu 222 hastanın 222 gözünü dahil ettikleri çalışmalarında optik diske göre fovea pozisyonunun normal RSLT kalınlık dağılımındaki önemini vurgulamışlardır. Choi ve ark.[23] ise 164 nonglokomatöz miyopik hastanın 164 gözü ile yaptıkları çalışmalarında özellikle daha fazla negatif FoDi açısına sahip olan gözlerde üst kadranlarda daha ince, alt kadranlarda ise daha kalın peripapiller RSLT kalınlığı profili olduğunu rapor etmişlerdir.

Bütün bu çalışmaların karşısında olan Mwanza ve ark.[24] ise 282 sağlıklı (normatif veritabanı), 46 nonglokomatöz miyopik ve 86 glokomlu bireyde Cirrus HD OKT cihazı kullanarak yaptıkları çalışmalarında FoDi hizalamasının RSLT kalınlık ölçümlerine belirgin bir etkisi olmadığını ileri sürmüşlerdir.

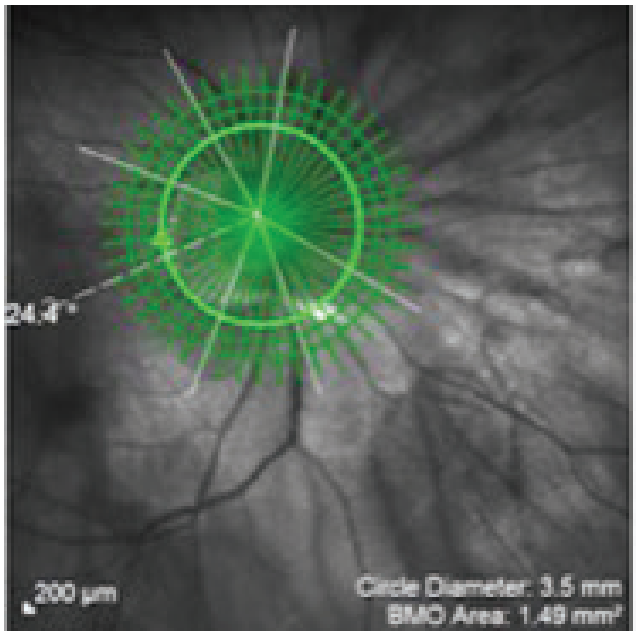
Bizim çalışmamızın amacı ise peripapiller RSLT kalınlıklarına etki eden FoDi açı dağılımının kişiler arasındaki farklılığını vurgulayarak bu farklılığın RSLT kalınlık ölçümlerini etkileyebileceğini ve sonuç olarak glokom tanısında hatalı sonuçlara yol açabileceğini tartışmaya açmaktır. Literatürde de bu farklılığı tespit etmeye yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Nitekim Reis ve ark.[25] çalışmalarında optik disk kenarı dokusunun değişken olduğunu, fovea ile optik disk merkezini birleştiren eksenin horizontal eksen ile yaptığı açının kişiler arası farklılık gösterdiği, hatta aynı kişinin iki gözünde de farklı olduğunu belirtmişlerdir. Biz de bütün olgularımızda aynı kişinin iki gözünde FoDi açısının farklı olduğunu gördük (Resim 8).

Yapılan çalışmalarda FoDi ortalama açı değerleri -5,6 ile -7,7 arası değişmekte ve bu dağılımın genel olarak -17° (fovea diskin 17° altında) ile +7° (fovea diskin 7° üzerinde) arası olduğu gözlenmektedir.[19,26,27,28] Çalışmamızda literatürle uyumlu olacak şekilde olgularımızın FoDi açısı dağılımı -24,4° ile +11,6° arasında, ortalaması ise -6,43±4,96° idi. Ayrıca anatomik eksen ile horizontal eksen arasındaki mutlak sapma açı dağılımı ise 0-24,4° arası değişmekteydi, ortalaması da 7,14±3,95° olarak bulundu. Çalışmamızda 260 gözden sadece bir tanesinde anatomik eksen ile horizontal eksenin aynı düzlemde olduğu



Resim 8. Aynı hastanın iki gözünde anatomik eksen farklılığı
OD: Sağ göz, OS: Sol göz

gözlendi. FoDi açısının gözlerin %20,39'unda (53 göz) 10°'nin, %0,79'unda (2 göz) 20°'nin üzerinde olduğu görüldü (Resim 9).



Resim 9. Fovea disk açısı 24,4°

Sonuç

Sonuç olarak glokomlu ve glokom şüphesi olan bireyleri dahil ettiğimiz olgular arasında anatomik eksen ile horizontal eksen arasında tespit ettiğimiz farklılığın RSLT kalınlık ölçümlerini etkileyerek glokomun erken tanısında hatalı sonuçlara yol açabileceğini düşünmekteyiz. Daha kesin sonuçlar için geniş seriler üzerinde karşılaştırmalı çalışmalara gereksinim vardır.

Etik

Etik Kurul Onayı: İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (sayı: 1310, karar no: 18).

Hasta Onayı: Retrospektif çalışma.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Konsept: Zerrin Tuncer, Mitat Altuğ, Dizayn: Zerrin Tuncer, Mitat Altuğ, Veri Toplama veya İşleme: Zerrin Tuncer, Mitat Altuğ, Analiz veya Yorumlama: Zerrin Tuncer, Mitat Altuğ, Literatür Arama: Zerrin Tuncer, Mitat Altuğ, Yazan: Zerrin Tuncer, Mitat Altuğ.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

1. Quigley HA, Broman AT. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. Br J Ophthalmol. 2006;90:262-267.
2. Zaky AG, Yassin AT, El Sayid SH. Short wave-automated perimetry (SWAP) versus optical coherence tomography in early detection of glaucoma. Clin Ophthalmol. 2016;10:1819-1824.
3. Hood DC, De Cuir N, Blumberg DM, Liebmann JM, Jarukasetphon R, Ritch R, De Moraes CG. A SingleWide-Field OCT Protocol Can Provide Compelling Information for the Diagnosis of Early Glaucoma.Transl Vis Sci Technol. 2016;5:4.
4. Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, Hee MR, Flotte T, Gregory K, Puliafito CA, et al. Optical cohorens tomography. Science. 1991;254:1178-1181.
5. Kook MS, Sung K, Kim S, Park R, Kang W. Study of retinal nevre fibre layer thickness in eyes with high tension glaucoma and hemifield defect. Br J Ophthalmol. 2001;85:1167-1170.
6. Schuaman JS, Hee MR, Puliafitro CA, Wong C, Pedut-Kloizman T, Lin CP, Hertzmark E, Izatt JA, Swanson EA, Fujimoto JG. Quantification of nevre fiber layer thickness in normal and glaucomatous eyes using optical coherence tomography. Arch Ophthalmol. 1995;113:586-596.
7. Ferreras A, Pablo LE, Garway-Heath DF, Fogagnolo P, García-Feijoo J. Mapping Standard automated perimetry to the peripapillary retinal nevre fiber layer in glaucoma. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2008;49:3018-3025.
8. Korkmaz B, Yiğit U, Ağaçhan A, Helvacıoğlu F, Bilen H, Tuğcu B. Glokomlu ve normal olgularda optik koherens tomografi ile retina sinir lifi tabakası ve ganglion hücre kompleksi ilişkisinin değerlendirilmesi.Turkish J Ophthalmol. 2010; 40:338-342.
9. Vizzeri G, Bowd C, Medeiros FA, Weinreb RN, Zangwill LM. Effect of signal strength and improper alignment on the variability of stratus optical coherence tomography retinal nerve fiber layer thickness measurements. Am J Ophthalmol. 2009;148:249-255.
10. Chen HY, Chang YC, Lane HY. Correlation in retinal nevre fiber layer thickness between two OCT units. OptopmVis Sci. 2011;88:1326-1332.
11. Ziya A, Arıkan G, Günenç Ü, Çılgıl G. Primer Açık Açılı Glokom, Normal Tansiyonlu Glokom ve Oküler Hipertansiyonda Humphrey Görme Alanı, Optik Koherens Tomografi ve Heidelberg Retina Tomografi Parametrelerinin Korelasyonu. Turk J Ophthalmol. 2011;41:143-150.
12. Çömez AT, Eser İ, Bakar C, Kömür B. Is single measurement enough to get a reliable result with optic coherence tomography? Turk J Ophthalmol. 2012:43:11-15.
13. Mumcuoğlu T, Erdurman C, Durukan AH. Optik Koherens Tomografi Prensipleri ve Uygulamadaki Yenilikler- Olgu Sunumu. Turk J Ophthalmol. 2008;38:168-175.
14. Almobarak FA, O'Leary N, Reis AS, Sharpe GP, Hutchison DM, Nicolela MT, Chauhan BC. Automated Segmentation of Optic Nerve Head Structures With Optical Coherence Tomography. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2014;55:1161-1168.
15. Helvacioglu F, Uyar OM, Sencan S, Tunc Z, Kapran Z. Helvacioglu reproducibility index: a new algorithm to evaluate the effects of misalignments on the measurements of retinal nerve fiber layer by spectral-domain OCT. Int J Ophthalmol. 2015:18;8:1008-1012.
16. Gmeiner JM, Schrems WA, Mardin CY, Laemmer R, Kruse FE, Schrems-Hoesl LM. Comparison of Bruch's Membrane Opening Minimum Rim Width and Peripapillary Retinal Nerve Fiber Layer Thickness in Early Glaucoma Assessment. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2016;57:575-584.
17. Lu AT, Wang M, Varma R, Schuman JS, Greenfield DS, Smith SD, Huang D; Advanced Imaging for Glaucoma Study Group. Combining nerve fiber layer parameters to optimize glaucoma diagnosis with optical coherence tomography. Ophthalmology. 2008;115:1352-1357.
18. Wu H, de Boer JF, Chen TC. Diagnostic capability of spectral-domain optical coherence tomography for glaucoma. Am J Ophthalmol. 2012;153:815-826.
19. Chen HY, Huang ML. Discrimination between normal and glaucomatous eyes using Stratus optica lcoherence tomography in Taiwan Chinese subjects. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2005;243:894-902.
20. Reis AS, O'Leary N, Nicolela MT, Burgoyne CF, Chauhan BC. Influence of clinically invisible, but optical coherence tomography detected, optic disc magrin anatomy on neuroretinal rimevaluation. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2012;53:1852-1860.

21. Chauhan BC, Burgoyne CF. From clinical examination of theoptic disc to clinical assesment of the optic nevre head: a paradigm change. Am J Ophthalmol. 2013;156:218-227.
22. He L, Ren R, Yang H, Hardin C, Reyes L, Reynaud J, Gardiner SK, Fortune B, Demirel S, Burgoyne CF. Anatomic vs. acquired image frame discordance in spectral domain optical cohorence tomography minimum rim measurements. Plos One. 2014;9:e92225.
23. Choi JA, Kim JS, Park CK. The foveal position relative to the optic disc and the retinal nerve fiber layer thickness profile in myopia. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2014;55:1419-1426.
24. Mwanza JC, Lee G, Budenz DL. Effect of adjusting retinal nerve fiber layer profile to fovea-disc angle axis on the thickness and glaucoma diagnostic performance. Am J Ophthalmol. 2016;161:12-21.
25. Reis AS, Sharpe GP, Yang H, Nicolela MT, Burgoyne CF, Chauhan BC. Optic disc margin anatomy in patients with glaucoma and normal controls with spectral domain optical coherence tomography. Ophthalmology. 2012;119:738-747.
26. Megias AV, de-la-Casa JMM, Garcia MS, Larrosa JM, Feijoo JG. Clinical relevance of foveal location on retinal nevre fiber layer thickness using the new FoDi software in spectralis optical cohorence tomography. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2013;54:5771-5776.
27. Rohrschneider K. Determination of the location of the fovea on the fundus. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2004;45:3257-3258.
28. Piedrabita Alanso E, Valverde Megias A. Gomezd de Liano R. Rotation of retinal vascular arcades and comparison with disc fovea angle in the assesement of cycloposition. Br J Ophthalmol. 2014;98:115-119.