

Yüksek Miyoplarda Retinal Sinir Lifi Tabakası Kalınlığı ile Aksiyel Uzunluk ve Sferik Ekvivalan Arasındaki İlişki

Correlation of Spherical Equivalent and Axial Length with Retinal Nerve Fiber Layer Thickness in High Myopics

Erdinç CEYLAN¹, Muhammet Derda ÖZER², Yusuf Cem YILMAZ², Burak TANYILDIZ², Nihan AKSU²

ÖZ

Amaç: Yüksek miyop hastalarında, retina sinir lifi tabakası (RNFL) kalınlığı değerlerinin belirlenmesi ve RNFL ile aksiyel uzunluk ve sferik ekivalan arasındaki ilişkiyi belirlemek.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya yüksek miyopu olan 14 hastanın 21 gözü (kıırma kusuru ≥ 6 dioptri ya da aksiyel uzunluğu ≥ 26 mm olan hastalar) ve 12 sağlıklı gönüllünün 20 gözü dahil edildi. Retina sinir lifi tabakası kalınlıkları sırasıyla superior, inferior, temporal, nazal kadrantlardan spektral domain optik koherens tomografi ile ölçüldü. Ortalama RNFL kalınlıkları kaydedildi. İstatistiksel analiz uygulandı. Aksiyel uzunluk ile ilişkili oküler magnifikasyon etkisinin düzeltilmesi için Litmann formülü kullanıldı.

Bulgular: Yüksek miyopi grubunun ortalama yaşı 39.8 ± 6.4 yıl (28-58 yıl aralığında) ve ortalama aksiyel uzunluğu 29.3 ± 2.3 mm (26 ile 32 mm aralığında) idi. Yüksek miyop gözlerde RNFL kalınlıkları superior, inferior, temporal ve nazal kadrantlarda sırasıyla 116.7 ± 5.1 μm , 115.4 ± 5.3 μm , 80.1 ± 12.4 μm and 68.3 ± 8.5 μm olarak ölçüldü. Ortalama RNFL kalınlığı yüksek miyop grubunda 97.8 ± 6.4 μm , kontrol grubunda ise 114.3 ± 5.7 μm idi. RNFL kalınlıklarının yüksek miyop grubunda, emetrop olan kontrol grubuna göre daha ince olduğu izlendi ($p < .001$). Ortalama RNFL kalınlığının, aksiyel uzunluk ve sferik ekivalan arttıkça azaldığı izlendi.

Sonuç: Miyopinin derecesi ile RNFL kalınlık değerlerinde değişiklik olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle glokoma bağ hasar araştırılırken özellikle yüksek miyop hastalarında bu değişiklikler göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Miyopi, retina sinir lifi tabakası kalınlığı, aksiyel uzunluk, sferik ekivalan.

ABSTRACT

Purpose: To determine retinal nerve fiber layer thickness and its correlation with spherical equivalent and axial length in high myopic patients.

Materials and Methods: The study includes 21 eyes of 12 high myopic (≥ 6 diopter or axial length ≥ 26 mm) patients and 20 eyes of 12 healthy volunteer. Retinal nerve fiber layers were measured from superior, inferior, temporal, nasal quadrants respectively by using spectral domain optical coherence tomography. Mean RNFL thicknesses were recorded. Statistical analysis was performed. Litmann formula was used for correction of axial length related ocular magnification effect.

Results: The mean age and axial length in high myopia group were 39.8 ± 6.4 years (range 28-58 years) and 29.3 ± 2.3 mm (range 26 - 32 mm), respectively. RNFL thicknesses of high myopic eyes in superior, inferior, temporal and nasal quadrants were 116.7 ± 5.1 μm , 115.4 ± 5.3 μm , 80.1 ± 12.4 μm and 68.3 ± 8.5 μm , respectively. Mean RNFL thickness in high myopia and control groups were 97.8 ± 6.4 μm and 114.3 ± 5.7 μm , respectively. The mean RNFL thickness in high myopia group was found to be quite more thinner than emethropic control group. It was observed that as the axial length and spherical equivalent get increase, the mean RNFL thickness gets thinner.

Conclusion: It is observed that the RNFL thickness values change in relation with the degree of myopia. That's why, while investigating the damage emanating from glaucoma, especially in myopic patients, these variabilities should be taken into consideration.

Key Words: Myopia, retinal nerve fiber layer thickness, axial length, spherical equivalent.

- 1- M.D. Erzurum Training and Research Hospital, Eye Clinic, Erzurum/TURKEY
CEYLAN E., erdinc-ceylan67@hotmail.com
- 2- M.D. Asistant, Istanbul University Faculty of Medicine, Department of Ophthalmology, Istanbul/TURKEY
ÖZER M.D., muhammedderda@gmail.com
YILMAZ Y.C., yusuf_cemfb@hotmail.com
TANYILDIZ B.,
AKSU N., aksunihan@hotmail.com

Geliş Tarihi - Received: 09.10.2014

Kabul Tarihi - Accepted: 20.10.2014

Glo-Kat 2015;10:204-208

Yazışma Adresi / Correspondence Adress: M.D. Erdinc CEYLAN
Erzurum Training and Research Hospital, Eye Clinic, Erzurum/TURKEY

Phone: +90 506 461 79 92

E-mail: erdinc-ceylan67@hotmail.com

GİRİŞ

Yüksek miyopi, dünyada görme azlığına yol açan en önemli nedenlerden birisidir. Yüksek miyopide, retina pigment epitelyumu, koroid, , sklera ve sinir lifi tabakasındaki incelmelerin yanı sıra; optiksinir başı konfigürasyonunda değişiklikler olduğu da bilinmektedir. Etiyopatogenezde biyomekanik anormalliklerin ve heredodejeneratif faktörlerin etkisinin bir arada olduğu düşünülmektedir.¹

Yüksek miyopi; globun progresif uzamasıyla seyreden, Bruch membranında lacquer çatlakları, koroid neovaskularizasyonu, koroid atrofi, retina dekolmanı, epiretinal membran, makula deliği, posterior stafilm, Fuchs lekesi ve makula atrofi gibi yapısal bozukluklara neden olabilen dejeneratif bir göz patolojisidir.²⁻⁸ Bununla beraber yüksek miyopinin birçok oftalmolojik hastalıkla ilişkili olduğu da bilinmektedir.

Yüksek miyopide, globun aksiyel uzamasıyla ortaya çıkan mekanik gerilmenin retina sinir lifi tabakasında incelmeye neden olduğu ve fizyolojik retinal fonksiyonlara zarar verdiğine dair bulgular mevcuttur.⁹⁻¹⁴ Bu nedenle globun aksiyel uzunluğunun retinanın incelmeye derecesiyle ilgili olabileceği düşünülebilmektedir.

Henüz nedeni tam olarak anlaşılamasa da, yüksek miyopinin glokom ile de ilişkili olduğu bilinmektedir. Miyoplarda optik sinir başındaki bağ dokusunun yapı ve düzenindeki değişikliklerin glokomatoz hasara karşı hassaslaştırdığı ileri sürülmektedir.¹⁵

Yüksek miyopi hastalarında retina sinir lifi tabakasında meydana gelen değişiklikler, glokom hastalığının tanı ve tedavisinde karışıklıklara yol açabilmektedir. Bu nedenle yüksek miyopisi olan hastalarda retina sinir lifi tabakasında (RNFL) izlenen değişikliklerin belirlenmesi glokom hastalarının tanı, tedavi ve takiplerinde büyük bir önem taşımaktadır.¹⁶⁻¹⁷

Bilindiği üzere RNFL kalınlığı optik koherens tomografi (OKT) ile ölçülmektedir. Bu ölçüm için ilgili merkezlerde kullanılan çeşitli özellikte cihazlar olmakla birlikte, bizim çalışmamızda da kullandığımız Spectral-domain OKT ile yüksek çözünürlüklü ve detaylı retina haritası oluşturulmakta ayrıca taranan alanların üç boyutlu görüntüsü elde edilebilmektedir.¹⁸

Bu bilgiler eşliğinde, çalışmamızda yüksek miyop hastalarında RNFL de meydana gelen değişiklikleri, miyopinin derecesi ve aksiyel uzunluk arasındaki ilişkiyi belirlemeyi amaçladık.

GEREÇ VE YÖNTEM

Haziran 2013-Ağustos 2013 tarihleri arasında Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göz Hastalıkları Bölümü'ne başvuran yüksek miyopisi olan 14 hastanın 21 gözü ve kontrol grubu olarak 12 sağlıklı katılımcının 20 gözü prospektif olarak gözden geçirildi. Çalışmaya dahil edilen tüm hastaların aydınlatılmış onamları alındı.

Tüm katılımcılar görme keskinliği, ön segment ve fundus muayeneleri ve göz içi basıncı ölçümleri yapılarak değerlendirildi. Sferik ekivalan değeri 6 D ve üzeri olan veya aksiyel uzunluğu 26 mm ve üzerinde olan hastalar yüksek miyop olarak kabul edildi. Snelen görme keskinliği değerleri istatistiksel değerlendirme için logMAR değerlerine çevrildi.

Fundus muayenesinde subfoveal lacquer çatlakları, koroid neovaskularizasyonu, retina dekolmanı, epiretinal membran, makula deliği, posterior stafilm, Fuchs lekesi gibi yüksek miyop ile ilişkili değişiklikleri olmayan hastalar çalışmaya dahil edildi. Geçirilmiş oküler travma ve cerrahi öyküsü olan, yüksek miyopi dışında vizyon düşüklüğüne neden olabilecek ek patolojileri bulunan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Proliferatif retinopati, retinal hemoraji, diabetes, glokom ve posterior üveiti olan hastalar çalışma dışında bırakıldı.

RNFL ölçümü spectral-domain OCT aleti (RTVue, Optovue Inc., Fremont, CA) ile yapıldı. Tüm gruplardaki katılımcılarda koroid kalınlığındaki diurnal varyasyonlar dikkate alınarak saat 10.00 ile saat 12.00 arasında RNFL, GHK ölçümleri aynı kişi tarafından yapıldı. RNLF ve GHK horizontal ve vertikal planda optik sinir çevresi 3,45 mm genişlikte bir alanı kapsayacak şekilde yapıldı.

Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların (Frekans, Yüzde, Ortalama, Standart sapma) yanı sıra normal dağılımın incelenmesi için Kolmogorov-Smirnov dağılım testi kullanıldı. Niteliksel verilerin karşılaştırılmasında ise Pearson Ki-Kare testi kullanıldı. İki niceliksel verinin ilişkisinin incelenmesinde univariate analizler için Pearson Korelasyon Analizi kullanıldı. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkene etkisini incelemek için Lineer Regresyon analizi kullanıldı. Sonuçlar %95 güven aralığında, p<0.05 anlamlılık düzeyinde ve p<0.01, p<0.001 ileri anlamlılık düzeyinde değerlendirildi.

Aksiyel uzunluk ile ilişkili oküler magnifikasyon etkisinin düzeltilmesi için Litmann formülü ($t=pqs$)¹⁹ kullanıldı. Bu formülde t gerçek fundus çap değerini, p ölçüm yapan cihazın kamerasının magnifikasyon faktörünü, q oküler magnifikasyon faktörünü ve s ise OCT cihazından elde edilen değeri temsil etmektedir. Faktör p, kullanılan cihaza bağlı bir değerdir.²⁰ Faktör q ise $q=0.01306$ (aksiyel uzunluk- 1.82) formülü ile hesaplanmaktadır.²¹

BULGULAR

Yüksek miyopi grubundaki 14 hastanın 5'i kadın 9'u erkek; kontrol grubundaki 12 kişinin 4'ü kadın 8'i erkek katılımcıdan oluşmaktaydı. Yüksek miyopi ve kontrol grubunun yaş ortalamaları sırasıyla 39.8±6.4 ve 37.5±6.7 yıl olup iki grup arasında yaş ortalamaya değerleri açısından istatistiksel fark izlenmedi (p=1.131; p=0.265), (Tablo 1).

Tablo 1: Kontrol grubu ve miyopi gruplarının demografik (yaş, cinsiyet) ve refraktif özellikler bakımından karşılaştırılması.

	Yüksek miyopi grubu	Kontrol grubu	p
	n=14	n=12	
Yaş (yıl)	39.8±6.4	37.5±6.7	p=1.131
Cinsiyet (n,%)			
Kadın	5 . (%36)	4 . (% 33)	
Erkek	9 . (%64)	8 . (%67)	
Sferik Ekvivalan (D)	10.6±3.3	0.05±1.52	p<.001
Aksiyel Uzunluk (mm)	29.3±2.3 mm	21±1.2 mm	p<.001
Görme Keskinliği (logMAR)	0.27±0.32	-0.09±0.12	p<.001

D; Diyoptri, mm; milimetre.

Yüksek miyopi hastalarında RNFL kalınlıkları superior, inferior, temporal ve nazal kadranlarda sırasıyla 116.7±5.1 µm, 115.4±5.3 µm, 80.1±12.4 µm ve 68.3±8.5 µm olarak ölçüldü. Ortalama RNFL kalınlığı yüksek miyop grubunda 97.8±6.4 µm, kontrol grubunda ise 114.3±5.7 µm idi (Tablo 2). Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ortalama RNFL kalınlığının yüksek miyopi grubunda daha ince olduğu izlenmektedir (p<.013). Katılımcıların ortalama aksiyel uzunlukları yüksek miyopi grubunda 29.3±2.3mm, kontrol grubunda ise 21±1.2 mm olarak izlenmiştir. Ortalama sferik ekvivalan değeri yüksek miyopi grubunda -10.6±3.3 D, kontrol grubunda ise -0.05±1.52 D idi. Görme keskinliği logMAR skalasına dönüştürülüp yüksek miyopi ve kontrol grubunda sırasıyla ortalama 0.27±0.32 ve -0.09±0.12 olarak bulunmuştur. RNFL, aksiyel uzunluk, sferik ekvivalan ve görme keskinliği değerleri iki grup arasında istatistiksel olarak farklı izlendi (p<.001).

Tablo 2: Yüksek miyop ve kontrol grubundaki olguların kadrana göre Litmann formülü ile düzeltilmiş ortalama RNFL kalınlığı değerleri.

	Yüksek miyopi grubu	Kontrol grubu	p
	n=14	n=12	
RNFL kalınlığı (µm)			
Süperior	116.7±5.1	118.8±1.2	
İnferior	115.4±5.3	115.1±3.4	
Temporal	80.1±12.4	111.1±2.8	
Nazal	68.3±8.5	110.5±1.9	
Ortalama	97.8±6.4	114.3±5.7	p<.013

Yüksek miyop grubunda aksiyel uzunluk ve superior, inferior, nazal kadrantlarda ve ortalama RNFL kalınlığı arasında yüksek oranda negatif korelasyon gözlenmiştir (p<.05). Yüksek miyopi grubunda aksiyel uzunluktaki bir mm'lik artma ortalama RNFL kalınlığında 3.2 µm azalmaya neden olmaktadır. Kontrol grubunda ise aksiyel uzunluk RNFL kalınlığını istatistiksel olarak etkilememektedir (p>.05). Yüksek miyopi grubunda sferik ekvivalan ile superior, inferior, nazal ve ortalama RNFL kalınlığı arasında da yüksek oranda korelasyon olduğu izlenmiştir (p<.05). Her miyopik dioptri değerindeki artış için ortalama RNFL kalınlığında 1.79 µm azalma olduğu gözlenmiştir. Görme keskinliği (logMAR) ile RNFL kalınlığı arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan korelasyon analizi sonucunda yüksek miyop grubunda ve kontrol grubunda istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptanmamıştır (p>.05).

TARTIŞMA

Çalışmamızda yüksek miyopisi olan gözlerde ortalama RNFL kalınlığının belirlenmesini ve RNFL kalınlığı ile aksiyel uzunluk, sferik ekvivalan ve görme keskinliği arasındaki ilişkiyi belirlemeyi amaçladık.

Literatürde bu konu ile yapılan çalışmalara bakarsak, Choi ve ark. 65 hastanın 108 gözünü (düşük miyopisi [0-2D] olan 48 hasta, orta derecede [2-5D] miyopisi olan 43 hasta, yüksek [>5D] miyopisi olan 28 hasta) çalışmaya dahil ettiği, miyopi ile RNFL arasındaki ilişkiyi değerlendiren çalışmalarında Stratus OKT'yi kullanmışlardır. Yüksek miyopi grubunda (>5D) ortalama RNFL kalınlığı 100.7±9.15 µm olup RNFL kalınlığının dış kadran dışında emetrop, düşük ve orta miyop gruplarına göre daha ince olduğunu tespit etmişlerdir.²² Ozkagnıcı ve ark.,²³ çalışmalarında yüksek miyopi grubunda (>6.25D, n=42) ortalama RNFL kalınlığı 93.05±12.4 olup, dış kadran dışında diğer tüm kadrantlarda kontrol grubuna göre daha ince RNFL olduğu tespit edilmiştir. Leung ve ark.,²⁰ çalışmasında yüksek miyopi grubunda (>6D, n=75) ortalama RNFL kalınlığı 100.7 µm olup yine dış bölgeye denk gelen 10. bölge dışındaki tüm alanlarda yüksek miyopi grubunda RNFL kalınlığının daha ince olduğu izlenmiştir. Mohammad Salih'in çalışmasında miyopik gözlerde ortalama peripapiller RNFL kalınlığı 94.3±8.6 µm olup, ortalama RNFL kalınlığının yüksek miyop gözlerde düşük miyop gözlerle göre daha ince olduğu gözlenmiştir.²⁴

Vernon ve ark.,²⁵ 31 yüksek miyopi hastayı (>6D) dahil ettiği çalışmalarında ise RNFL kalınlığı ile aksiyel uzunluk ve sferik ekivalan arasında korelasyon olmadığı izlenmiştir. Sonucun bu şekilde olmasını çalışmadaki olgu sayısının azlığından ve yaş aralığının geniş olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Jun ve ark.,²⁶ ise 69 miyop hastayı (>0.5D) inceledikleri çalışmalarında, aksiyel uzunluk arttıkça RNFL kalınlığında incelmeye olduğu tespit edilmiştir. Ozkagıncı ve ark.,²³ çalışmasında dış kadran dışında tüm kadranlarla sferik ekivalan arasında zayıf, orta derecede pozitif korelasyon, aksiyel uzunluk açısından ise dış ve iç kadran dışında tüm kadranlarda zayıf ve orta derecede negatif korelasyon varlığı izlenmiştir. Zhao ve ark.,²⁷ çalışmalarında (yüksek miyopisi [8.0D>SE>6.0D] olan 58 hasta, ciddi yüksek miyopisi [>8.0D] olan 38 hasta) superior, nazal, inferior ve ortalama RNFL kalınlıklarının aksiyel uzunluğunun ve miyopinin dioptrisinin artmasıyla azalmadığı izlenmiştir. Bunun aksine temporalde saat 8 ve 9 kadranlarında RNFL kalınlığının arttığı izlenmiştir. Bozkurt ve ark.,²⁸ 41 miyop gözde NFA-GDx kullanarak yaptıkları çalışmada ortalama RNFL kalınlığının kontrol grubuna kıyasla daha kalın tespit edilmiştir. Elde edilen bu farklı sonucun peripapiller korioretinal incelmeye bağlı yüksek internal reflektiviteye bağlı olduğu düşünülmüştür. Özdek ve ark.,²⁹ ilk jenerasyon Scanning Laser Polarimetre (SLP) kullanarak normal ve miyop olguları değerlendirmek için yaptıkları çalışmada, ortalama sferik ekivalanı -4.56±2.72 D olan 85'i miyop 95'i sağlıklı toplam 180 (yaş aralığı 7-83 yıl) olgunun RNFL kalınlığını ölçmüşlerdir. Elde edilen sonuçlara göre miyoplarda üst kadrandaki ve alt kadrandaki sinir lifi kalınlığının kontrol grubuna göre sırasıyla %15.5 ve %10.8 daha ince olarak saptamışlardır. Yüksek miyoplarda kontrol grubuna göre her miyopik dioptri değerindeki artış için üst ve alt RNFL kalınlıklarında sırasıyla 0.122 ve 0.092 µm azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da Özdek ve ark.,²⁹ çalışmasına benzer şekilde sferik ekivalanda her bir dioptri azalma için ortalama RNFL kalınlığında 1.79 µm azalma olduğu gözlenmiştir.

Biz ise çalışmamızda yüksek miyop grubunda ortalama RNFL kalınlığını 97.8±6.4 µm, kontrol grubunda ise ortalama RNFL kalınlığını 114.3±5.7 µm olarak tespit ettik. İki grup karşılaştırıldığında ortalama RNFL

kalınlığının yüksek miyop grubunda kontrol grubuna göre anlamlı oranda incedi. Aksiyel uzunluk ve sferik ekivalan ile olan ilişkisine baktığımızda diğer çalışmalarla benzer olarak temporal kadran hariç diğer tüm kadranlarda ve ortalama RNFL kalınlıklarında aksiyel uzunluk ve miyopi derecesinin artmasıyla birlikte RNFL kalınlığında azalma olduğu tespit edilmiştir.

Jun JH ve ark.,²⁶ yaptığı çalışmada optik disk alanının aksiyel uzunlukla beraber azaldığı ve bununla birlikte retina sinir lifi tabakası kalınlığının olduğundan daha ince ölçülebildiği belirtilmiştir. Çalışmamızda olguların optik disk alanları, Bennet AG ve ark.,²¹ tarafından revize edilen Littmann formülü ile düzeltilerek yanılma payı minimize edilmiştir. Çalışmayı sınırlandıran bazı noktalar bulunmaktadır. Çalışmada mevcut olan vaka sayısı az olup, daha fazla vaka sayısının olduğu seriler çalışmanın istatistiksel olarak daha güçlü olmasını sağlayabilir. RNFL değerlendirilirken kullanılan güncel normotif veritabanı dışında, miyopik olgular için özel olarak optik sinir başı RNFL değerlerinin tespit edilmesinin ve veritabanı oluşturulmasının, bu gibi olgularda glokoma bağlı gelişen hasarın takibinde daha kullanışlı olacağı kanısındayız. Bu amaçla daha fazla hasta sayısını içeren çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak RNFL kalınlığının yüksek miyop grubunda kontrol grubuna göre daha ince olduğu izlenmiştir. Buna ek olarak ortalama RNFL kalınlığı ile aksiyel uzunluk, sferik ekivalan arasında negatif korelasyon olduğu izlenmektedir.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Pruett RC. Pathologic myopia. In Albert DM, Jacobiec FA, eds. Principles and Practice of Ophthalmology. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders 1994;p:875-82.
2. 1. Fredrick DR. Myopia. BMJ 2002;324:1195-9.
3. Klein RM, Curtin BJ. Lacquer crack lesions in pathologic myopia. Am J Ophthalmol 1975;79:386-92.
4. Lai TY, Fan DS, Lai WW et al. Peripheral and posterior pole retinal lesions in association with high myopia: a cross-sectional community-based study in Hong Kong. Eye 2008;22:209-13.
5. Curtin BJ. The posterior staphyloma of pathologic myopia. Trans Am Ophthalmol Soc 1977;75:67-86.
6. Hotchkiss ML, Fine SL. Pathologic myopia and choroidal neovascularization. Am J Ophthalmol 1981;91:177-83.
7. Vongphanit J, Mitchell P, Wang JJ. Prevalence and progression of myopic retinopathy in an older population. Ophthalmology 2002;109:704-11.
8. Saw SM, Gazzard G, Shih-Yen EC, et al. Myopia and associated pathological complications. Ophthalmic Physiol Opt 2005;25:381-91.
9. Kitaguchi Y, Bessho K, Yamaguchi T, et al. In vivo measurements of cone photoreceptor spacing in myopic eyes from images obtained by an adaptive optics fundus camera. Jpn J Ophthalmol 2007;51:456-61.

10. Chui TY, Song H, Burns SA. Individual variations in human cone photoreceptor packing density: variations with refractive error. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:4679-87.
11. Morgan IG. The biological basis of myopic refractive error. *Clin Exp Optom* 2003;86:276-88.
12. Chui TY, Yap MK, Chan HH, et al. Retinal stretching limits peripheral visual acuity in myopia. *Vision Res* 2005;45:593-605.
13. Atchison DA, Schmid KL, Pritchard N. Neural and optical limits to visual performance in myopia. *Vision Res* 2006;46:3707-22.
14. Coletta NJ, Watson T. Effect of myopia on visual acuity measured with laser interference fringes. *Vision Res* 2006;46:636-51.
15. Cahane M, Bartov E. Axial length and scleral thickness effect on susceptibility to glaucomatous damage: a theoretical model implementing Laplace's law. *Ophthalmic Res* 1992;24:280-4.
16. Quigley HA, Addicks EM. Quantitative studies of retinal nerve fiber layer defects. *Arch Ophthalmol* 1982;100:807-14.
17. Quigley HA, Miller NR, George T. Clinical evaluation of nerve fiber layer atrophy as an indicator of glaucomatous optic nerve damage. *Arch Ophthalmol* 1980;98:1564-71.
18. Leung CK, Cheung CY, Weinreb RN, et al. Comparison of macular thickness measurements between time domain and spectral domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:4893-7.
19. Littmann H. Determination of the real size of an object on the fundus of the living eye (in German). *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 1982;180:286-9.
20. Leung CK, Mohamed S, Leung KS, et al. Retinal nerve fibre layer measurements in myopia: an optical coherence tomography study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:5171-6.
21. Bennett AG, Rudnicka AR, Edgar DF. Improvements on Littmann's method of determining the size of retinal features by fundus photography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1994;232:361-7.
22. Choi SW, Lee SJ. Thickness changes in the fovea and peripapillary retinal nerve fibre layer depend on the degree of myopia. *Korean J Ophthalmol* 2006;20:215-19.
23. Ozkagnıcı A, Tokgoz M. Assessment of macula and retinal nerve fiber layer thickness with optical coherence tomography in myopia. *Türkiye Klinikleri J Med Sci* 2012;32:415-27.
24. Mohammad Salih PA. Evaluation of peripapillary retinal nerve fiber layer thickness in myopic eyes by spectral-domain optical coherence tomography. *J Glaucoma* 2012;21:41-4.
25. Vernon SA, Rotchford AP, Negi A, et al. Peripapillary retinal nerve fibre layer thickness in highly myopic Caucasians as measured by Stratus optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol* 2008;92:1076-80.
26. Jun JH, Lee SY. The effects of optic disc factors on retinal nerve fiber layer thickness measurement in children. *Korean J Ophthalmol* 2008;22:115-22.
27. Zhao JJ, Zhuang WJ, Yang XQ, et al. Peripapillary nerve fiber layer thickness distribution in chinese with myopia measured by 3D-optical coherence tomography. *Int J Ophthalmol* 2013;18:6:626-31.
28. Bozkurt B, Irkeç M, Gedik S, et al. Effect of peripapillary chorioretinal atrophy on GDx parameters in patients with degenerative myopia. *Clin Experiment Ophthalmol* 2002;30:411-4.
29. Özdek SC, Önel M, Gürelik G, et al. Scanning laser polarimetry in normal subjects and patients with myopia. *Br J Ophthalmol* 2000;84:264-67.