

Yaşın Retinal Sinir Lifi Tabakası Kalınlığı ve GDx'in Standart Parametreleri Üzerine Etkisi*

Vuslat Pelitli Gürlü (*), H. Semih Samut (**), Hakan Özkan (***), M. Levent Alimgil (****)

ÖZET

Amaç: Retinal sinir lifi tabakası kalınlığında (RSLT) ortaya çıkan yaşa bağlı değişiklikleri ve bunların Tarayıcı Laser Polarimetre'nin (GDx) standart parametreleri üzerine etkilerini araştırmak.

Yöntem: Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı Polikliniğine başvuran olgulardan; kırma kusuru sferik eşdeğeri 1 dioptriden fazla olmayan, ortam opasitesi bulunmayan, retinal hastalık ve glokom öyküsü olmayan ve cup/disk oranı 0.4'ten az olan 100 olgu çalışmaya alındı. Olguların tümünün oftalmolojik muayeneleri yapıldıktan sonra her iki gözünden GDx görüntüleri alındı. Her olgunun bir gözü rastlantısal olarak seçilerek, 100 olgunun 100 gözüne ait total ve dört kadrana ait integral değerleri ile GDx'in standart parametrelerindeki yaşa bağlı değişiklikler araştırıldı.

Bulgular: Yaş ortalaması 40.68 ± 13.08 olan olguların GDx görüntülerinden elde edilen sonuçlara göre; peripapiller RSLT'nin en kalın olduğu kadrana inferior kadrandı ve bunu sırası ile superior, nasal ve temporal integral değerleri izlemekte idi. Ayrıca, yaş ile total, superior ve inferior integral değerleri arasında negatif korelasyon mevcuttu ($p=0.008$, $p=0.005$, $p=0.002$). Yaş ile GDx parametrelerinden maximal modulation ($p=0.044$), superior maximum ($p=0.008$), inferior maximum ($p=0.003$), average thickness ($p=0.008$), ellipse average ($p=0.004$), superior average ($p=0.002$) ve inferior average ($p=0.001$) arasında negatif korelasyon ve number ($p=0.015$) ile pozitif korelasyon saptandı.

Tartışma: Peripapiller alanda RSLT kalınlığının en fazla olduğu alan inferior kadrandır ve yaşla birlikte total, superior ve inferior kadrana ait integral değerleri azalmakta, bunlara bağlı olarak standart parametrelerde de değişiklikler olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yaş, retinal sinir lifi kalınlığı, Tarayıcı Laser Polarimetre

SUMMARY

Effect of Age on the Retinal Nerve Fiber Layer Thickness and Standard Parameters of GDx

Purpose: To investigate the age related changes on the retinal nerve fiber layer thickness (RNFL) and the effects thereof on the standard parameters of Scanner Laser Polarimeter (GDx).

(*) Yrd. Doç. Dr., Trakya Üniv. Tıp Fakültesi Göz Hast AD

(**) Arş. Gör. Dr., Trakya Üniv. Tıp Fakültesi Göz Hast AD

(***) Uzman Dr., Trakya Üniv. Tıp Fakültesi Göz Hast AD

(****) Prof. Dr., Trakya Üniv. Tıp Fakültesi Göz Hast AD

♦ XXXVIII. Ulusal Oftalmoloji Kongresinde poster olarak sunulmuştur.

Yazışma adresi: Vuslat Pelitli Gürlü, Trakya Üniv. Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları AD, 22030 Edirne

Mecmuaya Geliş Tarihi: 31.12.2004

Düzeltilmeden Geliş Tarihi: 24.08.2005

Kabul Tarihi: 21.11.2005

Method: 100 cases, examining to the Department of Ophthalmology, School of Medicine, Trakya University, with a refractive error less than 1 diopters in spheric equivalent and a cup/disc rate of less than 0.4, who did not have media opacity or history of retinal disorder and glaucoma, were included into the study. Following the ophthalmologic examination of all cases, GDx images of both eyes were taken. One eye of each case was selected randomly and the integral values for the total and four quadrants of 100 eyes of the 100 cases were investigated along with the age-related changes in the standard parameters of GDx.

Results: Based on the findings from the GDx images of the cases with an age average of 40.68 ± 13.08 ; the quadrant with the thickest peripapillary RNFL was the inferior quadrant, which was followed by the superior, nasal and temporal integral values. Moreover, a negative correlation was determined between age and the total, superior and inferior integral values ($p=0.008$, $p=0.005$, $p=0.002$). A negative correlation was determined between age and the GDx parameters of maximal modulation ($p=0.044$), average thickness ($p=0.008$), ellipse average ($p=0.004$), superior average ($p=0.002$) and inferior average ($p=0.001$), and a positive correlation was determined with the number parameter ($p=0.015$).

Conclusion: The area with the thickest RNFL in the peripapillary area is the inferior quadrant, and the integral values of the total, superior and inferior quadrant are decreased with age while the number parameter is increased.

Key Words: Age, retinal nerve fiber layer, Scanner Laser Polarimeter (GDx).

GİRİŞ

Gangliyon hücresi ölümü ve akson hasarı ile seyreden glokomdan, ilk etkilenen alan retinal sinir lifi tabakasıdır (RSLT). RSLT'deki glokomatöz hasar görme alanı ve optik diskte glokomatöz değişikliklere neden olmaktadır (1). Ancak, bu glokomatöz değişikliklerin konservasyonel yöntemlerle saptanması hasarın ilerlemesi ile mümkün olmaktadır.

Glokom dışında, ilerleyen yaş ile birlikte de optik sinirin akson sayısında azalma olduğu yapılan histopatolojik çalışmalarla gösterilmiştir (2-5). Yine aynı şekilde; tarayıcı laser polarimetreler ile yapılan çalışmalarla da, yaşla birlikte RSLT'de azalma olduğu ortaya konmuştur (6-10). Ancak, bu çalışmaların önemli bir kısmında ilk kuşak tarayıcı laser polarimetreler kullanılmış ve RSLT kalınlığına etkisi olduğu bilinen düzeylerde kırma kusuruna sahip olgular da çalışmalara alınmıştır. Ayrıca, ilerleyen yaşın peripapiller RSLT'nin hangi kadrantını daha fazla etkilediği konusunda fikir birliğine varılamamıştır. GDx ile yapılan tek çalışmada ise (10) ilerleyen yaşın standart parametreler üzerine etkisi araştırılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, normal olgularda, peripapiller RSLT kalınlığında ve GDx'in standart parametrelerinde yaşla birlikte ortaya çıkan değişiklikleri araştırmaktır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışma grubu, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı Polikliniğine başvuran

olgular arasından seçilen 100 olgudan oluşturuldu. Kırma kusuru sferik eşdeğeri $+1.00/-1.00$ dioptriden fazla olan, kornea veya lense bağlı ortam opasitesi bulunan, göz içi basıncı 21 mmHg üzerinde ölçülen, optik disklerinde glokomatöz değişiklikler saptanan, retinal hastalık, oküler travma, cerrahi veya inflamasyon öyküsü olan olgular çalışmaya alınmadı.

Çalışmaya alınan olguların tümünün kırma kusurları objektif olarak Nidek otomatik refraktometre ile (Nidek ARK-700A) belirlendi. Düzeltilmemiş ve düzeltilmiş görme keskinlikleri alındı, biomikroskopik muayeneleri yapıp göz içi basınçları aplanasyon tonometresi ile ölçüldü. İndirekt oftalmoskopik yöntemlerle retina muayenesi yapılarak optik diskleri $+90$ dioptrilik lense binoküler olarak değerlendirildi. Peripapiller RSLT kalınlığı Tarayıcı Laser Polarimetri (GDx, Laser Diagnostic Technologies, Inc., San Diego, CA, version 2.0.09) ile değerlendirildi.

Olguların GDx görüntüleri loş ortamda pupilla dilate edilmeden alındı. Peripapiller alandan GDx görüntüsü alınmadan önce, korneal polarizasyon aksını değerlendirmek amacıyla makuler alan görüntüleri ve kelebek patterni saptanan gözler çalışmaya dahil edilmedi. Her göz için 3 ayrı görüntü alınarak, bunların ortalamasından oluşturulan görüntü hesaplamalar için kullanıldı. Görüntülerin tümünde ölçüm için kullanılan halka optik diskten 1.75 optik disk uzaklığına yerleştirildi Retinal sinir lifi kalınlıklarının değerlendirilmesinde total ve dört kadrana (superior, inferior, nazal ve temporal kadrantlar) ait integral değerleri kullanıldı.

Çalışmaya alınan olguların birer gözü rastlantısal olarak seçilerek istatistiksel değerlendirme yapıldı. İntegral değerleri gözden geçirilerek öncelikle 4 kadrana ait integral değerleri belirlendi ve korelasyon analizi ile yaşın total ve 4 kadrana ait integral değerleri üzerine etkisi araştırıldı.

Çalışmada kullanılan integral değerleri tam olarak RSLT kalınlığı olmayıp, olgudan elde edilen RSLT kalınlık eğrisinin altında kalan alanı yansıtmaktadır.

Değerlendirmeye alınan GDx'in standart parametreleri şunlardır (11);

-Symetry: Üst kadrandaki en kalın 1500 noktanın ortalamasının, alt kadrandaki en kalın 1500 noktanın ortalamasına oranıdır.

-Superior ratio: Üst kadrandaki en kalın 1500 noktanın ortalamasının, temporal kadrandaki 1500 medyan noktanın ortalamasına oranıdır.

-İnferior ratio: Alt kadrandaki en kalın 1500 noktanın ortalamasının, temporal kadrandaki 1500 medyan noktanın ortalamasına oranıdır.

-Superior/nasal: Üst kadrandaki en kalın 1500 noktanın ortalamasının, nazal kadrandaki 1500 medyan noktanın ortalamasına oranıdır.

-Maximal modulation: RSLT'nin en kalın ve en ince noktaları arasındaki farkın en ince nokta kalınlığına bölünmesidir.

-Ellipse modulation: Elips üzerindeki en kalın ve en ince noktaları arasındaki farkın en ince nokta kalınlığına bölünmesidir.

-The number: Hastada glokom olabilirliğini belirleyen sayıdır.

-Average thickness: 65536 noktanın ortalamasıdır.

-Ellipse average: Elips boyunca yerleşim gösteren RSLT ortalama kalınlığıdır.

-Superior average: Elips boyunca yerleşim gösteren RSLT'nin üst kadrandaki ortalama kalınlığıdır.

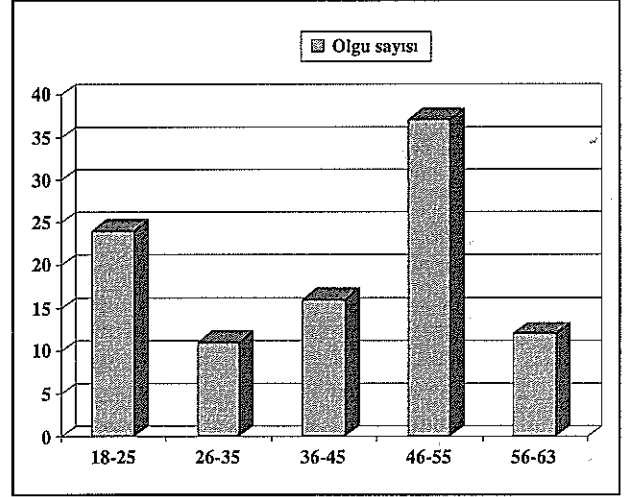
-İnferior average: Elips boyunca yerleşim gösteren RSLT'nin alt kadrandaki ortalama kalınlığıdır.

BULGULAR

Çalışmaya 100 olgunun yaş ortalaması 40.68 ± 13.08 olup, yaşları 18 ile 63 arasında değişiyordu (Grafik 1).

Olguların 48'i erkek (%48) ve 52'si kadındı (%52). Çalışma kapsamındaki gözlerden 54'ü sağ (%54) ve

Grafik 1. Çalışmaya alınan olguların yaşlara göre gruplanması



46'sı sol (%46) gözdü. Ortalama kırma kusuru -0.01 ± 0.47 (minimum -1.00 , maksimum $+1.00$) olan gözlerden 63'ü (%63) emetrop, 20'si miyop (%20) ve 17'si (%17) hipermetropu.

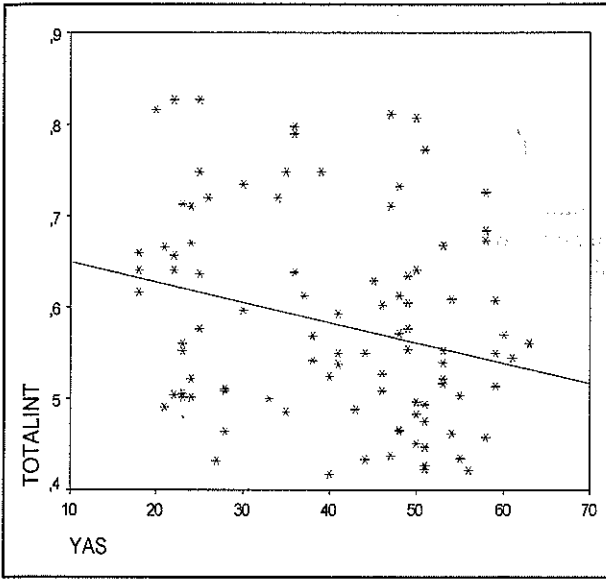
Elde edilen GDx görüntülerinden yapılan hesaplamalarda total, superior, inferior, temporal ve nasal integral değerleri belirlendi. Buna göre çalışmaya alınan 100 gözün total integral değerleri ortalaması 0.58 ± 0.11 , inferior integral değerleri ortalaması 0.24 ± 0.05 , superior integral değerleri ortalaması 0.21 ± 0.04 , nasal integral değerleri ortalaması 0.08 ± 0.02 , temporal integral değerleri ortalaması 0.05 ± 0.01 idi (Tablo 1).

Tablo 1. Total ve 4 kadrana ait integral değerleri

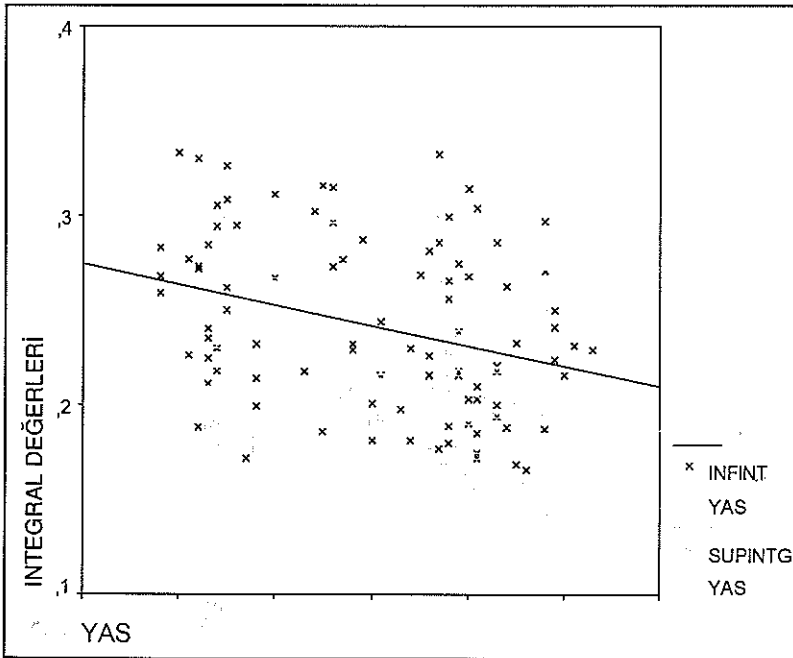
| | İNTEGRAL DEĞERLERİ |
|-------------------|--------------------|
| Total İntegral | 0.58 ± 0.11 |
| İnferior İntegral | 0.24 ± 0.05 |
| Superior İntegral | 0.21 ± 0.04 |
| Nasal İntegral | 0.08 ± 0.02 |
| Temporal İntegral | 0.05 ± 0.01 |

Yaşın, retinal sinir lifi kalınlığı üzerine etkisi korelasyon analizi ile araştırıldı. Yaş ile total, superior ve inferior integral değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif korelasyon saptandı ($r = -0.262$, $p = 0.008$; $r = -0.278$, $p = 0.005$, $r = -0.311$, $p = 0.002$). Temporal ve nasal integral değerleri ile yaş arasında korelasyon olmadığı görüldü ($r = -0.118$, $p = 0.243$, $r = -0.066$, $p = 0.512$) (Grafik 2 ve 3).

Grafik 2. Peripapiller total RSLT'nin integral değerlerinin yaşa bağlı değişimi



Grafik 3. Peripapiller alandaki inferior ve superior kadranslara ait RSLT integral değerlerinin yaşa bağlı değişimi



Ayrıca, yaşın RSLT'da neden olduğu bu değişikliklerin GDx'in standart parametreleri üzerine olan etkisi de araştırıldı. Standart parametrelerden olan maksimal modulation ($r=-0.202$, $p=0.044$), average thickness ($r=-0.265$, $p=0.008$), ellipse average ($r=-0.283$, $p=0.004$), superior average ($r=-0.313$, $p=0.002$) ve inferior average ($r=-0.332$, $p=0.001$) ile yaş arasında negatif

korelasyon, number ($r=0.242$, $p=0.015$) parametresi ile yaş arasında ise pozitif korelasyon saptanmıştır (Grafik-4).

TARTIŞMA

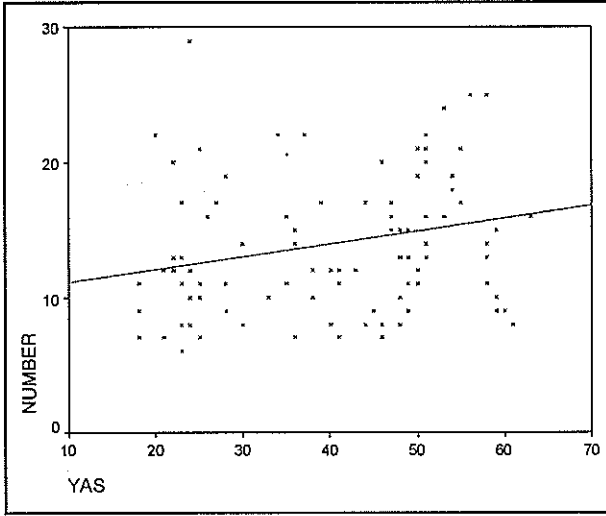
Tarayıcı Laser Polarimetre, polarize diod lazer ışığı kullanarak peripapiller alanda RSLT kalınlığını ölçmektedir. Tarayıcı Laser Polarimetrelerin temel çalışma prensibi, RSLT'yi oluşturan ganglion hücre aksonlarının paralel dizilimli intrasellüler mikrotübüllerden oluşması sonucu ortaya çıkan "çift kırıcılık" özelliğine dayanmaktadır. Bu özellik nedeni ile, RSLT, içinden geçen ışığın polarizasyonunu değiştirerek "retardasyon" olarak tanımlanan faz farkına neden olmaktadır. Ortaya çıkan retardasyon miktarı da RSLT kalınlığı ile ilişkilidir (12-16).

Tarayıcı laser polarimetrelerin ilk versiyonu (NFA I- Nerve Fiber Analyzer) 1993 yılında kullanıma sunulmuştur. Aletin ikinci versiyonu NFA II, üçüncü versiyonu da GDx olarak adlandırılmıştır. GDx; konfokal tarayıcı oftalmoskop, polarizasyon modülatörü, kornea polarizasyon kompanzatorü ve polarizasyon dedektör ünitesinden oluşmaktadır. GDx' in en önemli özelliği normatif veritabanına sahip olması ve alınan ölçümlerin aynı etnik gruptan yaş uyumlu kontrol grubu ile karşılaştırılmasıdır (13,14). Temelde glokomun erken tanısında ve izleminde kullanılan GDx, RSLT kalınlığını in vivo şartlarda noninvaziv, objektif ve tekrarlanabilir şekilde ölçmektedir (7,8).

RSLT, ganglion hücrelerinin aksonları, astrositler, retinal damarlar ve Müller hücrelerinin uzantılarından oluşmaktadır (2). Peripapiller alanda, kadransal olarak değerlendirildiğinde RSLT; superior ve inferior kadranslarda daha kalın, nasal ve temporal kadranslarda daha incedir ve ortaya çıkan bu kalınlık grafiğinin görünümü "çift hörgüç" olarak tanımlanmaktadır (4,5). Bizim çalışmamızda ulaştığımız sonuç da, literatür ile uyumludur; RSLT inferior kadranda en kalındır ve bunu sırası ile superior, nasal ve temporal kadranslar izlemektedir.

Peripapiller RSLT kalınlığı optik siniri oluşturan akson sayısının değişkenliğine bağlı olarak, normal kişiler arasında farklılıklar göstermektedir. Bu bireysel farklılıklar dışında, yaşın (6-10), etnik kökenin (9), kırma

Peripapiller RSLT kalınlığı optik siniri oluşturan akson sayısının değişkenliğine bağlı olarak, normal kişiler arasında farklılıklar göstermektedir. Bu bireysel farklılıklar dışında, yaşın (6-10), etnik kökenin (9), kırma

Grafik 4. Number parametresinin yaşa bağlı değişimi

kusurlarının (17,18) ve optik diske ait parametrelerin de (6,19) RSLT kalınlığı üzerine etkileri olduğu tarayıcı laser polarimetre türleri ile yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

Literatürde, ilerleyen yaşın RSLT üzerine etkilerini araştıran çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların bazılarında yaşın RSLT üzerine etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmış olsa da (20), önemli bir kısmında ilerleyen yaşla birlikte total RSLT'de azalma olduğu bildirilmiştir (6-10). Toprak ve Yılmaz (6) artan yaşla birlikte total RSLT azalması bildirmişler, kadranslara ait interal değerleri ile yaş arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyona rastlamamışlardır. Poinoosawmy ve arkadaşlarının (9) 150 normal olguyu NFA ile değerlendirdikleri çalışmada, Garcio Feijoo ve Garcio Sanchez'in (10) 48 normal olgunun RSLT'sini GDx ile inceledikleri çalışmada da artan yaşla birlikte RSLT kalınlığında progresif azalma saptamışlar ve superior ve inferior kadranslarda RSLT azalmasının istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Biz, kırma kusurunun etkisini tamamen ortadan kaldırmak amacıyla, kırma kusuru +1/-1 dioptri aralığında olan olguları incelediğimiz bu çalışmada, total RSLT'de yaşla birlikte istatistiksel olarak anlamlı azalma saptadık. RSLT'yi kadransal olarak değerlendirdiğimizde ise inferior kadranda daha belirgin olmak üzere, inferior ve superior kadranslarda RSLT kalınlığında yaşla birlikte anlamlı azalma olduğu, fakat nazal ve temporal kadransların etkilenmediği sonucuna ulaştık.

Glokomlu olgularda GDx ile RSLT kalınlığı değerlendirilen çalışmalarda, total, superior ve inferior kadranslarda RSLT kalınlığında istatistiksel olarak anlamlı azalmalar saptanmıştır (21,22). Görüldüğü gibi, glokom-

lu olgularda GDx ile saptanan RSLT'nin inferior ve superior kadranslarındaki kalınlık azalması, yaşla birlikte ortaya çıkan değişikliklerle benzerlik göstermektedir.

Nguyen ve arkadaşları (23), glokomlu olgularla normal olguların GDx parametrelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında iki grup arasında symmetry dışındaki tüm parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulmakla birlikte, en belirgin farklılığın number parametresinde olduğunu bildirmişlerdir. Bozkurt ve arkadaşları, Türk toplumu için glokom tanısında en duyarlı GDx parametrelerini inferior ratio, superior/nasal ratio, superior maksim ve number olarak bildirmişlerdir (24). Funaki ve arkadaşlarının (25) Japon toplumunda GDx'in glokom tanısındaki özgünlük ve duyarlılığını araştırdıkları çalışmalarında average thickness, ellipse average, superior average, ve superior integral değerlerinin glokomlu gözlerde normal gözlerle oranla belirgin şekilde düşük olduğunu bulmuşlardır. Bizde, glokomu olmayan olgularda ilerleyen yaşın GDx'in standart parametreleri üzerine etkisini araştırdığımız bu çalışmada, maximal modulation, average thickness, ellipse average, superior average, inferior average ve number parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklikler olduğunu saptadık.

Sonuç olarak; RSLT'de yaşla birlikte ortaya çıkan kalınlık değişiklikleri glokomatöz hasarın neden olduğu GDx bulguları ile oldukça benzerdir. Olgulardan elde edilen görüntülere ait standart parametre sonuçları normatif veritabanı ile karşılaştırılmakta ancak integral değerlerine ait normal sınırlar bilinmemektedir. Bu nedenle, GDx'in normatif veritabanına integral değerlerinin de eklenmesi aletin güvenilirliğini arttıracaktır.

KAYNAKLAR

1. Quigley H, Miller N, George T: Clinical evaluation of nerve fiber layer atrophy as an indicator of glaucomatous optic nerve damage. Arch Ophthalmol 1980;98:1564-71.
2. Jonas J, Muller-Bengh J, Schlotzer-Schrehorat UM, Naumann GO: Histomorphometry of the human optic nerve. Invest Ophthalmol Vis Sci 1990;31:736-44.
3. Balaszi AG, Rootman J, Drance SM: Ageing and the optic nerve. Am J Ophthalmol 1984;97: 760-66.
4. Quigley HA, Addicks EM: Quantitative studies of retinal nerve fiber layer defects. Arch Ophthalmol 1982; 100: 808-14.
5. Dichtl A, Jonas JB, Naumann GOH: Retinal nerve fiber layer thickness in human eyes. Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol 1999; 237: 474-9.
6. Toprak AB, Yılmaz ÖF: Relation of optic disc topography and age to thickness of retinal nerve fibre layer layer as measured using scanning laser polarimetry, in normal subjects. Br J Ophthalmol 2000; 84(5): 473-8.

7. Weinreb RN, Shakiba S, Zangwill L: Scanning laser polarimetry to measure the nerve fiber layer of normal and glaucomatous eyes. *Am J Ophthalmol* 1995; 119: 627-636.
8. Tjon-Fo-Sang MJ, de Vries J, Lemij HG: Measurement by nerve fibre analyser of retinal nerve fibre layer thickness in normal subjects and patients with ocular hypertension. *Am J Ophthalmol* 1996; 122: 220-7.
9. Poinoosawmy D, Fontana L, Wu JX, Fitzke FW, Hitchings RA: Variation of nerve fiber layer thickness measurements with age and ethnicity by scanning laser polarimetry. *Br J Ophthalmol* 1997; 81(5): 350-4.
10. Garcia Feijoo J, Garcia Sanchez J: Analysis of aged-related nerve fiber layer thickness changes with laser polarimetry. *Arch Soc Esp Ophthalmol* 2001; 76(8): 477-83.
11. GDx System Manual. San Diego: Laser Diagnostic Technologies, Inc.; 1998.
12. Lemij GH: The value of polarimetry in the evaluation of the optic nerve in glaucoma. *Cur Opi Ophthalmol* 2001; 12:138-142.
13. Hudson C: Nerve fiber layer thickness measurements derived by scanning laser polarimetry: the jury is out. *Br J Ophthalmol* 1997; 81(5): 338-339.
14. Greenfield DS: Optic nerve and retinal nerve fiber layer analyzers in glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol* 2002; 13(2): 68-76.
15. Dreher AW, Reiter KR: Retinal laser ellipsometry: a new method for measuring the retinal nerve fiber layer thickness distribution. *Clin Vision Sci* 1992;7:481-488.
16. Bozkurt B, İrkeç M, Akar Y, Orhan M: Glokomda retina sinir lifi tabakası görüntüleme yöntemleri. *T Oft Gaz* 2003; 33: 543-553.
17. Ozdek SC, Onol M, Gurelik G, Hasanreisoglu B: Scanning laser polarimetry in normal subjects and patients with myopia. *Br J Ophthalmol* 2000; 84(3): 264-7.
18. Kremmer S, Zadow T, Steuhl KP, Selbach M: Scanning laser polarimetry in myopic and hyperopic subjects. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004; 242(6): 489-94.
19. Funaki S, Shirakashi M, Abe H: Relation between size of optic disc and thickness of retinal nerve fiber layer in normal subjects. *Br J Ophthalmol* 1998; 82(11): 1242-5.
20. Funaki S, Shirakashi M, Funaki H, Yaoeda K, Abe H: Relationship between age and the thickness of the retinal nerve fiber layer in normal subjects. *Jpn J Ophthalmol* 1999; 43(3): 180-5.
21. Lee VW, Mok KH: Retinal nerve fiber layer measurements by nerve fiber analyzer in normal subjects and patients with glaucoma. *Ophthalmology* 1999; 106(5): 1006-8.
22. Kamal DS, Bunce C, Hitchings RA: Use of the GDx to detect differences in retinal nerve fiber layer thickness between normal, ocular hypertensive and early glaucomatous eyes. *Eye* 2000; 14(Pt 3A): 367-70.
23. Nyugen NX, Horn FK, Hayler J, Wakili N, Junemann A, Mardin CY: Retinal nerve fiber layer measurements using laser scanning polarimetry in different stages of glaucomatous optic nerve damage. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2002; 240(8): 608-14.
24. Bozkurt B, Irkeç M, Karaagaoglu E, Orhan M: Scanning laser polarimetric analysis of retinal nerve fiber layer thickness in Turkish patients with glaucoma and ocular hypertension. *Eur J Ophthalmol* 2002; 12(5): 406-12.
25. Funaki S, Shirakashi M, Yaoeda K, Abe H, Kunimatsu S, Suzuki Y, Tomita G, Araie M, Yamada N, Uchida H, Yamamoto T, Kitazawa Y: Specificity and sensitivity of glaucoma detection in Japanese population using scanning laser polarimetry. *Br J Ophthalmol* 2002; 86(1): 70-4.