



Retinal Sinir Lifi Tabakası Kalınlığı Ölçümünde Optik Koherens Tomografi ve Optik Koherens Tomografi Bazlı Anjiyografinin Tutarlılığı

Agreement Between Standard Optical Coherence Tomography and Optical Coherence Tomography-Based Angiography in Estimating Retinal Nerve Fiber Layer Thickness

Hayati Yılmaz*, Mehmet Talay Köylü**, Alper Can Yılmaz**, Ali Hakan Durukan**, Yusuf Uysal**

*Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul, Türkiye

**Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Öz

Amaç: Retinal sinir lifi tabakası kalınlığı (RSLTK) ölçümünde optik koherens tomografi (OKT) ve OKT-bazlı anjiyografinin (OKT-A) karşılaştırılması ve peripapiller damar yoğunluğu (DY) ile her iki yöntemle ölçülen RSLTK değerlerinin arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.

Gereç ve Yöntem: Üç yüz yirmi beş hastanın AngioVue (Optovue Inc., Fremont, CA, ABD) ve Spectralis (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Almanya) görüntüleri retrospektif olarak tarandı. Her iki cihazla ölçülen RSLTK değerleri kaydedildi. İki cihaz arasındaki tutarlılığı test etmek amacı ile sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK) ve Bland-Altman analizleri uygulandı. Her iki cihaz ile ölçülmüş olan RSLTK değerleri ile DY arasındaki, yaş ve göz içi basıncı açısından düzeltilmiş ilişkileri analiz etmek için ise doğrusal regresyon modelleri kullanılmıştır.

Bulgular: SKK ile iki cihaz arasında ortalama, üst, alt ve temporal kadrantlarda mükemmel, nazal kadranda ise iyi tutarlılık olduğu tespit edilmiştir (sırası ile SKK=0,895, 0,936, 0,923, 0,887 ve 0,614). Bland-Altman analizi ise geniş tutarlılık sınırları ve istatistiksel anlamlı orantılı yanlılık ($p>0,05$) nedeni ile tüm ölçümlerde zayıf tutarlılık olduğunu göstermiştir. Doğrusal regresyon analizi modellerinde DY ile her iki cihazdan alınan RSLTK ölçümleri arasında güçlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Sonuç: Cihazlar arasındaki uyumsuzluk klinik pratikte göz önünde bulundurulmalıdır ve iki cihazdan ayrı ayrı alınan veriler birbirini yerine kullanılmamalıdır. Her iki cihazdan alınan RSLTK değerlerinin damar yoğunluğu ile güçlü ilişkisinin olması, glökom yönetiminde, AngioVue cihazının damar yoğunluğu ölçümünün yanı sıra RSLTK ölçümü için de kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Glökom, optik koherens, anjiyografi, tutarlılık

Abstract

Objectives: To investigate the agreement between optical coherence tomography (OCT) and OCT-based angiography (OCT-A) in estimating retinal nerve fiber layer thickness (RNFLT) and evaluate the associations between peripapillary vessel density (VD) and RNFLT measurements obtained with both devices.

Materials and Methods: The AngioVue (Optovue Inc., Fremont, CA, USA) and Spectralis (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany) images of 325 patients were screened retrospectively. RNFLT values were recorded using both devices. The intraclass

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Hayati Yılmaz, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, İstanbul, Türkiye Tel.: +90 541 282 36 19 E-posta: dr.hylmaz@hotmail.com **ORCID-ID:** orcid.org/0000-0001-5051-5713

Geliş Tarihi/Received: 16.02.2020 **Kabul Tarihi/Accepted:** 06.04.2020

Cite this article as: Yılmaz H, Köylü MT, Yılmaz AC, Durukan AH, Uysal Y. Agreement Between Standard Optical Coherence Tomography and Optical Coherence Tomography-Based Angiography in Estimating Retinal Nerve Fiber Layer Thickness. Turk J Ophthalmol 2020;50:264-270

©Telif Hakkı 2020 Türk Oftalmoloji Derneği
Türk Oftalmoloji Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır.

correlation coefficient (ICC) and Bland-Altman plots were obtained to investigate the agreement between the devices. Age- and intraocular pressure-corrected associations between VD and RNFLT measured by the two devices were analyzed using linear regression models.

Results: ICC revealed excellent agreement for global, superior, inferior, and temporal RNFLT and good agreement for the nasal quadrant (ICC=0.895, 0.936, 0.923, 0.887, and 0.614, respectively). The Bland-Altman plots showed poor agreement for all measurements with a large span of limits of agreement and significant proportional bias ($p<0.05$). VD was found to be strongly associated with the RNFLT measurements of both devices ($p<0.001$).

Conclusion: The disagreement between the devices should be considered in clinical practice, and the data should not be used interchangeably. The association of the peripapillary VD with RNFLT using both devices indicated that RNFLT assessed by the AngioVue could be used in glaucoma management along with VD.

Keywords: Glaucoma, optical, coherence, angiography, agreement

Giriş

İlk olarak 1991 yılında kullanılmaya başlanan optik koherens tomografi (OKT), retina sinir lifi tabakasının (RSLT) görüntülenmesi ve değerlendirilmesine olanak sağlar.¹ Fonksiyonel görme alanı kaybının, RSLT'de %40 hasar gelişene kadar tespit edilemediği göz önüne alındığında, RSLT analizi glaukomun erken tanısı için büyük önem taşımaktadır.^{2,3,4,5,6}

Teknolojik ilerlemeler sayesinde, oftalmoloji kliniğinde 400 A-tarama/s hızı sahip olan time-domain OKT'nin yerini 29.000 ila 55.000 A-tarama/s arasında tarama hızına sahip olan spektral domain-OKT (SD-OKT) almıştır.⁷ Yakın zamanda, OKT-anjiyografisinin (OKT-A) geliştirilmesi, retina ve peripapiller damarların non-invaziv görüntülenmesini ve RSLT kalınlığı (RSLTK) gibi yapısal parametrelerin analizini mümkün kılmıştır.^{8,9} OKT-A kullanılarak, glokomatöz gözlerde damar yoğunluğu (DY) ve kan akımı indeksindeki azalma birçok çalışmada gösterilmiştir.^{10,11} Ayrıca, OKT ve OKT-A'nın her ikisinin de çok yüksek düzeyde tekrarlanabilirliğe ve yeniden üretilebilirliğe sahip olduğu önceki çalışmalarla kanıtlanmıştır.^{12,13,14,15,16}

OKT-A tarama modülü kullanılarak RSLTK gibi peripapiller parametrelerin yapısal ölçümlerinin yapılması hakkında sınırlı veri bulunmaktadır. OKT-A'nın sadece retina ve optik sinir başının (OSB) vasküler ağının değerlendirmesi için kullanılıp kullanılamayacağını ve bu yöntemin glokom hastalarının takibinde geleneksel OKT'nin yerini alıp alamayacağını belirlemek klinisyenler için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, primer açık açılı glokom (PAAG) olgularında RSLTK ölçümü için SD-OKT görüntüleri ile SD-OKT-A görüntülerinin uyumlu olup olmadığını araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışma, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alındıktan sonra Helsinki Bildirgesi ilkelerine bağlı kalınarak yürütülmüştür. Çalışma geriye dönük olarak tasarlandı ve Ocak 2018-Ağustos 2019 tarihleri arasında glokom kliniklerimizde muayene edilen ve bu muayene sırasında OKT ve OKT-A taraması yapılan PAAG'li veya glokom şüphesi (GŞ) olan hastalar hastane kayıtlarından saptandı. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri 18 yaşından küçük, ± 3 dioptriden fazla refraksiyon kusuru, değerlendirme sonuçlarını etkileyebilecek başka oftalmolojik patoloji varlığı (diyabet veya hipertansif retina hastalıkları, ambliopi, optik

sinir anomalileri, glokom dışındaki optik nöropatiler ve yaşa bağlı maküla dejenerasyonu), Spectralis için SD-OKT sinyal gücünün 20'den az olması ve AngioVue için OKT-A sinyal gücünün 70'ten az olması olarak belirlendi.

SD-OKT ile RSLTK'nin Değerlendirilmesi

RSLTK ölçümü için Spectralis OKT (sürüm 4,0) (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Almanya) kullanıldı. Bu cihazda 820 nm'lik bir ışık kaynağı bulunmaktadır ve A tarama hızı 40.000/sn'dir. Konfokal taramalı lazer oftalmoskop ile karşidan OSB'ye odaklanan görüntü elde edildi ve 3,4 mm'lik bir daire OSB'ye merkezleştikten sonra, yüksek çözünürlüklü 15 görüntü elde edildi ve cihazın yazılımı tarafından otomatik olarak bu görüntülerin ortalaması alındı. Çekim tamamlandıktan sonra global ve kadranslara ait RSLTK değerleri temporal-üst-nazal-alt-temporal (TÜNAT) grafiğine uygun şekilde kaydedildi.

OKT-A ile RSLTK'nin Değerlendirilmesi

OKT-A çekimi AngioVue OCT-A sistemi (Optovue Inc., Fremont, CA, ABD) ile yapıldı. Bu sistemde 840 nm'lik bir ışık kaynağı bulunmaktadır ve A tarama hızı 70.000/sn'dir. Görüntüler Anjio Disk QuickVue modülü kullanılarak ve karşidan OSB'ye (4,5 mm x 4,5 mm) odaklandıktan sonra elde edildi. Her tarama, her odaklanan konum için iki B taraması ve 400x400 A taramasından oluşuyordu. Hareket artefaktlarını azaltmak için, her görüntüde bir ortogonal yatay ve dikey tarama elde edildi.

OKT-A ile RSLTK ve peripapiller DY verileri aynı taramada hesaplandı. Çekim tamamlandıktan sonra global retinal peripapiller kapiller pleksus (RPPK) DY'sine ek olarak global ve kadranslara ait RSLTK değerleri TÜNAT grafiğine uygun olarak kaydedildi.

İstatistiksel Analiz

Nicel değişkenler ortalama ve standart sapma (SS), nitel değişkenler ise yüzde olarak ifade edildi. İki cihazın sonuçlarının karşılaştırılmasında eşleştirilmiş t-testi kullanıldı. Spectralis ve AngioVue verileri arasındaki tutarsızlığın büyüklüğü, global ve kadranslara ait RSLTK değerlerinin ortalama mutlak farkı olarak hesaplandı. İlgili Spectralis ve AngioVue verileri arasındaki tutarlılık, sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK) kullanılarak hesaplandı. Bu çalışmada karma model varyans analizine dayanan mutlak SKK'ler kullanılmıştır. SKK değerinin 0,4'ten düşük olması zayıf uyumu, 0,4 ile 0,75 arasında olması iyi uyumu ve 0,75'ten büyük olması mükemmel uyumu göstermektedir.¹⁷ SKK hesaplamaları, olgular PAAG ve GŞ gruplarına ayrılardan önce ve sonra yapılmıştır. İlgili Spectralis

ve AngioVue verilerinde izlenen farklılıkların normal dağılıma uyup uymadığını belirlemek için Shapiro-Wilk testi kullanıldı. RSLTK ölçümleri açısından Spectralis ve AngioVue arasındaki uyumu değerlendirmek için Bland-Altman grafikleri kullanıldı. Bland-Altman grafikleri çizilmeden önce farklılıkları ortaya koymak için tek örneklemli t-testi yapıldı.¹⁸ Daha sonra, orantılı yanlılıkların anlamlı olup olmadığını belirlemek için Bland-Altman grafiklerinin doğrusal regresyon analizleri yapıldı. RSLTK verileri ile RPKP'nin küçük DY'si arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yaş ve göz içi basıncı (GİB) için düzeltilmiş doğrusal regresyon modelleri oluşturuldu. Regresyon sonuçları katsayı (B), %95 güven aralığı (GA) ve p değerleri şeklinde hesaplandı. Tüm istatistiksel analizler IBM SPSS Statistics sürüm 21 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılarak yapıldı. P değerinin 0,05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Bulgular

Çalışmaya dahil edilme kriterlerine uyan 386 hastanın 325'i (%52 kadın, ortalama yaş 61,4±18,7 yıl) çalışmaya dahil edildi ve her hastanın sadece 1 gözü (SD-OKT ve OKT-A kalitesi daha

iyi olan) istatistiksel analize dahil edildi. Bu 325 gözün 218'i PAAG, 107'si ise GŞ hastasıydı.

Tablo 1'de AngioVue ve Spectralis ile elde edilen ortalama global ve kadranslara ait RSLTK değerleri, iki cihazın ölçümleri arasındaki ortalama farklar ve eşleştirilmiş t-testi sonuçları verilmiştir. Cihazlar arasında tüm RSLTK parametrelerinde anlamlı farklılık olduğu bulundu ($p<0,001$). AngioVue, tüm kadranslarda RSLTK'yi Spectralis'ten daha kalın ölçme eğilimindeydi. İki cihazın global, üst, nazal, alt ve temporal RSLTK ölçümlerinin hepsi pozitif ve güçlü korelasyon gösterdi (sırasıyla $R=0,948, 0,908, 0,764, 0,920$ ve $0,824$).

RPKP'nin küçük DY ortalaması tüm örneklem için %47,97, PAAG hastaları için %45,84 ve GŞ hastaları için %51,24 idi. DY, PAAG grubunda GŞ grubuna göre anlamlı olarak daha düşüktü ($p<0,001$, Student t-testi).

SD-OKT ve OKT-A'nın Uyumu

SKK analizlerinin sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. Tutarlılığın, iyi olduğu nazal kadrans ($SKK=0,614$) hariç tüm RSLTK ölçümleri için iki cihaz arasında mükemmel uyum vardı (RSLTK SKK değerleri: global 0,895, üst 0,936, alt 0,923 ve temporal 0,887). PAAG hastalarında uyum oranları GŞ olgularından daha yüksekti (Tablo 2).

Tablo 1. AngioVue ve Spectralis OKT ile ölçülen RSLTK değerlerinin ortalamaları ve eşleştirilmiş t-testi sonuçları

	AngioVue (SS)	Spectralis (SS)	Fark (SS)	p
Global (µm)	93,02 (20,13)	82,27 (17,70)	10,74 (6,56)	<0,001
Üst (µm)	106,32 (29,69)	99,97 (26,69)	6,35 (12,47)	<0,001
Nazal (µm)	83,27 (16,33)	61,87 (19,83)	21,39 (12,78)	<0,001
Alt (µm)	112,28 (30,34)	102,81 (26,97)	10,53 (11,91)	<0,001
Temporal (µm)	69,96 (16,33)	65,67 (16,87)	4,29 (9,86)	<0,001

OKT: Optik koherens tomografi, RSLTK: Retina sinir lifi tabakası kalınlığı, SS: Standart sapma

Tablo 2. AngioVue ve Spectralis ölçümlerinin sınıf içi korelasyon katsayısı değerleri

		SKK	%95 GA (alt/üst sınırlar)	p
Global	Toplam	0,895	0,876/0,962	<0,001
	PAAG	0,900	0,894/0,944	<0,001
	GŞ	0,756	0,521/0,872	<0,001
Üst	Toplam	0,936	0,646/0,969	<0,001
	PAAG	0,949	0,711/0,968	<0,001
	GŞ	0,758	0,617/0,952	<0,001
Nazal	Toplam	0,614	0,465/0,859	<0,001
	PAAG	0,603	0,400/0,851	<0,001
	GŞ	0,553	0,274/0,846	<0,001
Alt	Toplam	0,923	0,646/0,969	<0,001
	PAAG	0,926	0,711/0,968	<0,001
	GŞ	0,840	0,617/0,952	<0,001
Temporal	Toplam	0,887	0,814/0,927	<0,001
	PAAG	0,888	0,818/0,927	<0,001
	GŞ	0,848	0,628/0,928	<0,001

SKK: Sınıf içi korelasyon katsayısı, GA: Güven aralığı, PAAG: Primer açık açılı glokom, GŞ: Glokom şüphesi

Şekil 1'de bu parametrelerin Bland-Altman grafikleri ile birlikte global, üst, nazal, alt ve temporal RSLTK açısından AngioVue-Spectralis saçılım grafiği sunulmuştur. Bland-Altman grafikleri, AngioVue ve Spectralis ölçümleri arasındaki ortalama yanlışlık $\pm$ SS'nin global RSLTK için $10,74 \pm 6,56$ ve sırasıyla üst, nazal, alt ve temporal RSLTK'ler için $6,35 \pm 12,47$, $21,39 \pm 12,78$, $10,53 \pm 11,91$ ve $4,29 \pm 9,86$ olduğunu göstermiştir. Uzlaşma sınırları (US) global RSLTK için $-2,11$ - $23,59$, üst RSLTK için $-18,09$ - $30,79$, nazal için $-3,67$ - $46,45$, alt için $-12,99$ - $33,69$ ve temporal için $-15,03$ - $23,61$ idi. Bland-Altman grafiklerinde global, üst, nazal, alt ve temporal RSLTK için regresyon çizgisinin eğimi sırasıyla $0,13$, $0,11$, $0,18$, $0,12$ ve $-0,04$ olarak bulunmuştur. Bu da, temporal kadranda dışında AngioVue tarafından ölçülen RSLTK değerlerinin Spectralis'e göre daha kalın olma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Temporal kadranda ise bunun tersi sonuç elde edilmiştir. Oransal yanlışlığın doğrusal regresyon analizleri, temporal kadranda dışında, istatistiksel olarak anlamlıydı (global, alt ve nazal RSLTK için $p < 0,001$, üst RSLTK için $p = 0,014$ ve temporal

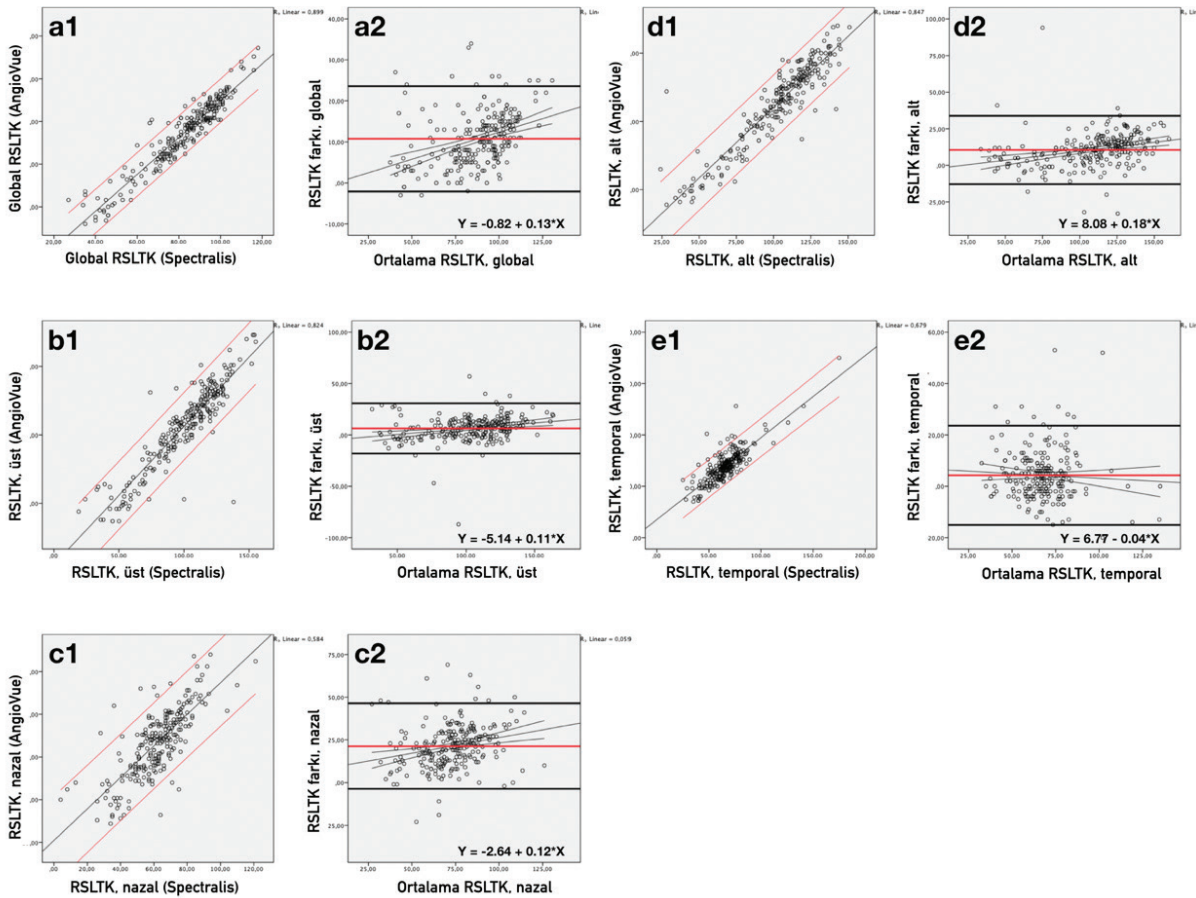
RSLTK için $p = 0,407$). US'nin geniş aralıklı olması ve orantılı yanlışlığın istatistiksel olarak anlamlı bulunması AngioVue ve Spectralis arasında tutarlılığın düşük olduğunu düşündürdü. Ancak, temporal kadranda için, iki cihaz arasındaki tutarsızlık çok daha tolere edilebilir görünüyordu.

RPKP DY ile İlişkiler

Regresyon modellerinin sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Hem AngioVue hem de Spectralis ile elde edilen global ve tüm kadrantlara ait RSLTK değerleri RPKP'nin küçük DY'si ile güçlü ve bağımsız olarak ilişkili bulundu. Global RSLTK, RPKP'nin küçük DY'si ile en yakın ilişkiye sahipti (AngioVue için $B = 0,327$ ve Spectralis için $0,382$).

Tartışma

Bu çalışmada iki farklı SD-OKT görüntüleme sistemi olan Spectralis OKT ve AngioVue arasındaki uyum RSLTK ölçümleri açısından araştırıldı. Bu cihazlar RSLTK'yi ölçmek için benzer teknolojileri kullanmalarına ve her ikisi de SD-OKT'ye dayalı



Şekil 1. RSLTK için AngioVue ile Spectralis OKT'nin dağılım grafiği (sütun 1) ve RSLTK için AngioVue ve Spectralis arasındaki tutarlılığın Bland-Altman grafikleri (sütun 2). Dağılım grafikleri regresyon çizgisi (siyah çizgi) ve %95 uyum sınırları (kırmızı çizgiler) ile birlikte verilmiştir. Bland-Altman grafikleri farkın ortalaması (kırmızı kalın çizgi), 1,96 SD (siyah kalın çizgiler) ve regresyon çizgilerinin (siyah ince çizgiler) ile birlikte gösterilmektedir. Global (a1, a2), üst (b1, b2), nazal (c1, c2), alt (d1, d2), temporal (e1, e2) RSLTK değerlerinin RSLTK dağılım ve Bland-Altman grafikleri

OKT: Optik koherens tomografi, RSLTK: Retina sinir lifi tabakası kalınlığı

Tablo 3. RPKP küçük DY için doğrusal regresyon modelleri

RSLTK	Cihaz	B	%95 GA (alt/üst sınırlar)	p
Global	AngioVue	0,327	0,302/0,353	<0,001
	Spectralis	0,382	0,353/0,411	<0,001
Üst	AngioVue	0,213	0,193/0,232	<0,001
	Spectralis	0,243	0,221/0,264	<0,001
Nazal	AngioVue	0,288	0,254/0,322	<0,001
	Spectralis	0,301	0,253/0,350	<0,001
Alt	AngioVue	0,198	0,178/0,218	<0,001
	Spectralis	0,232	0,210/0,255	<0,001
Temporal	AngioVue	0,199	0,141/0,258	<0,001
	Spectralis	0,186	0,130/0,242	<0,001

RPKP: Retina peripapiller kapiller pleksus, DY: Damar yoğunluğu, RSLTK: Retina sinir lifi tabakasının kalınlığı, B: Katsayı, GA: Güven aralığı

sistemler olmalarına rağmen, cihazların algoritmalarındaki farklılıklar, verilerin birbirinin yerine kullanılmaması gerektiğini gösteren önemli farklılıklara neden olmuştur. Bu çalışmada ayrıca bu cihazlar tarafından değerlendirilen RSLTK ölçümleri ile yaş ve GİB için düzeltilmiş peripapiller DY'nin ilişkisi değerlendirilmiştir. Her iki cihazın RSLTK ölçümleri RPKP'nin küçük DY'si ile güçlü bir şekilde ilişkili bulunmuştur.

Çalışmamıza benzer şekilde OKT cihazları arasındaki tutarlılığını değerlendiren önceki çalışmalarda global kalınlık ölçümlerinde tutarlılığın daha iyi olduğu bildirilmiştir.^{19,20,21} Kadran kalınlıklarına kıyasla global RSLTK için tutarlılığın daha iyi olması, OSB etrafında merkez belirleme hatalarının daha düşük olması ile ilgili olabilir. Merkezlenmemiş taramalarda kadran ölçümlerinde daha büyük hatalar ortaya çıktığı gösterilmiştir.²² Hong ve ark.²³, "swept-source" OKT (SS-OCT, Triton, Topcon) ile elde edilen RSLTK ölçümlerini SD-OKT (3D-OCT-2000, Topcon) sonuçları ile karşılaştırmıştır. Bu cihazlar arasındaki tutarlılığın mükemmel olduğunu bulmuşlar; ancak özellikle retina hastalığı olan olgularda hekimin ölçüm hataları konusunda bilgi sahibi olması gerektiğini öne sürmüşlerdir. Koh ve ark.²⁴ SD-OKT (Cirrus HD-OCT, Carl Zeiss Meditec) ile OKT/taramalı lazer oftalmoskopi (OKT/TLO, OPKO/OTI) arasındaki tutarlılığı araştırmışlar ve RSLTK ölçümlerinde farklar olduğunu bulmuşlardır ancak glökomatöz hasarın saptanması açısından cihazların benzer sonuçlar verdiğini ileri sürmüşlerdir. Benzer şekilde, Mwanza ve ark.²⁵ 3 farklı SD-OKT cihazını (Cirrus HD-OKT, Spectralis OKT ve RTVue) karşılaştırmış ve farklı RSLTK değerleri bildirmişlerdir, ancak dinamik aralığın ve RNFL tabanına adım sayısının cihazlar arasında benzer olduğunu belirtmişlerdir. Leite ve ark.'da¹⁹ da aynı 3 cihazı karşılaştırmış ve bu cihazların birbirinin yerine kullanılamayacağı sonucuna varmışlardır.

Çalışmamızda olduğu gibi geleneksel OKT sistemi (Cirrus HD-OCT, Carl Zeiss Meditec) ile OKT-A (Plex Elite 9000, Carl Zeiss Meditec) arasındaki RSLTK ölçümleri arasındaki tutarlılığı araştıran tek çalışma olan ve Tan ve ark.⁹ tarafından gerçekleştirilen çalışmada tutarlılığın global, üst ve alt

kadranlarda mükemmel, temporal ve nazal kadranlarda ise iyi olduğu bildirilmiştir. Yazarlar, RSLTK'nin geniş alan OKT-A taramalarından yeterli düzeyde ölçülebileceği sonucuna varmışlardır. Bizim çalışmamızda da tutarlılık global, üst, alt ve temporal RSLTK için mükemmel, nazal kadran için ise iyi bulundu.

Cihazlar arasındaki tutarlılığı araştırırken, ölçümlerin denek içi tekrarlanabilirliği de göz önünde bulundurulmalıdır. Önceki çalışmalar, piyasada bulunan çeşitli OKT cihazlarının ölçüm tekrarlanabilirliğini araştırmış ve test içi değişkenliğin yaklaşık 5 µm olduğu bulunmuştur.^{21,26,27} Cihazlar için test içi değişkenlik 5 µm iken, cihazlar mükemmel uyuma sahip olsa bile, tutarlılıkta yaklaşık 10 µm (±5 µm) bir hata beklenebilir.¹⁹ Bu çalışmada, global RSLTK'nin US aralığı yaklaşık 25 µm idi ve bu değer beklenen hatanın iki katından fazladır. Kadranların US aralıklarının global RSLTK'den daha geniş olması, yine AngioVue ve Spectralis verilerinin birbirinin yerine kullanılamayacağını göstermektedir.

Karşılık gelen tüm parametrelerde ölçümler arasında sabit yanlılık mevcuttu. AngioVue ölçümleri Spectralis ölçümlerinden tutarlı olarak daha yüksekti. Ayrıca, cihazlar arasındaki RSLTK ölçümü farklarının, gerçek RSLT kalınlığına göre değiştiğini gösteren orantılı yanlılık vardı. Tüm kadranlarda AngioVue RSLTK ölçümleri Spectralis ölçümlerinden daha yüksekti, ancak bu fark RSLT'nin daha kalın olduğu yerlerde daha da büyüktü. AngioVue ve Spectralis, RSLT daha ince olan olgularda daha benzer sonuçlar veriyor gibi görünüyordu. Bu durum PAAG hastalarında elde edilen SKK değerlerinin GŞ hastalarına göre çok daha yüksek olması ile de desteklenmiştir. Daha önceki çalışmalarda benzer orantılı yanlılıklar gözlenmiştir.^{19,23,24,28,29} Ancak, histolojik ölçümlerle doğrudan karşılaştırılmadan ölçümlerin doğruluğu ile ilgili bir varsayım yapılamaz.

AngioVue ve Spectralis arasındaki farklar nazal kadran ölçümlerinde en yüksek bulunmuştur. İki cihazın ilgili ölçümleri arasında güçlü korelasyonlar vardı; ancak, nazal kadran ölçümlerinin korelasyonu en düşüktü. Ayrıca, SKK'ler nazal

kadran için iyi, ancak kalan tüm kadranslar için mükemmel bir uyum olduğunu ortaya koymaktadır, bu da önceki çalışmaların sonuçları ile tutarlıdır.^{9,19,20,30} Nazal kadran ölçümlerindeki farkın daha fazla olmasının nedeni farklı cihazlarda kullanılan lazer ışınının farklı geliş açısı olabilir.¹⁹

Hem AngioVue hem de Spectralis ile RPKP'deki küçük DY tüm kadranslarda RSLTK ile ilişkili bulunmuştur. She ve ark.³¹, peripapiller DY'nin RSLTK ile yakından ilişkili olduğunu göstermiş ve OKT-A'nın glokomatöz hasarı saptamada değerli olabileceği sonucuna varmıştır. She ve ark.'nın³¹ aksine Holló^{32,33} tarafından yapılan 2 yıllık takip çalışmasında peripapiller DY'nin glokomatöz progresyonu desteklemediği, ancak büyük damarları çıkardıktan sonra peripapiller DY'nin progresyonu saptamada yardımcı olabileceği bildirilmiştir. AngioVue'nun kendi yazılımı büyük damarları otomatik olarak çıkartır ve sadece küçük DY'yi hesaplar. Her iki cihazın RSLTK ölçümlerinin RPKP DY ile ilişkisi yaklaşık aynıydı. Bu, OKT-A ile ölçülen RSLTK'nin glokom yönetiminde kullanılabileceğini göstermektedir.

Sonuç

Sonuç olarak, SKK tarafından ortaya konan mükemmel tutarlılık ile bile, US aralığının geniş olması ve orantılı yanlılığın anlamlı bulunması, AngioVue ve Spectralis arasındaki tutarlılığın zayıf olduğunu göstermektedir ve bu nedenle bu cihazlar ile elde edilen veriler birbirinin yerine kullanılmamalıdır. Bununla birlikte, peripapiller alandaki DY'nin glokomatöz hasar ile yüksek oranda ilişkili olması ve bu çalışmanın sonuçlarının hem AngioVue hem de Spectralis ölçümleri için RSLTK ve peripapiller DY arasında güçlü korelasyonlar bulunması göz önüne alındığında, OKT-A ile ölçülen RSLTK değerleri glokomlu hastalarda DY'ye ek olarak RSLTK'yi takip etmek için kullanılabilir.

Etik

Etik Kurul Onayı: Sağlık Bilimleri Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır.

Hasta Onayı: Retrospektiftir.

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Konsept: H.Y., Dizayn: H.Y., M.T.K., Veri Toplama veya İşleme: A.C.Y., Analiz veya Yorumlama: H.Y., M.T.K., A.H.D., Y.U., Literatür Arama: H.Y., Yazan: H.Y.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, Hee MR, Flotte T, Gregory K, Puliafito CA, et al. Optical coherence tomography. *Science*. 1991;254:1178-1181.

- Zhang Y, Wu LL, Yang YF. Potential of stratus optical coherence tomography for detecting early glaucoma in perimetrically normal eyes of open-angle glaucoma patients with unilateral visual field loss. *J Glaucoma*. 2010;19:61-65.
- Kanamori A, Nakamura M, Escano ME, Seta R, Maeda H, Negi A. Evaluation of the glaucomatous damage on retinal nerve fiber layer thickness measured by optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*. 2003;135:513-520.
- Yoo YC, Park KH. Comparison of optical coherence tomography and scanning laser polarimetry for detection of localized retinal nerve fiber layer defects. *J Glaucoma*. 2010;19:229-236.
- Kim TW, Park UC, Park KH, Kim DM. Ability of stratus OCT to identify localized retinal nerve fiber layer defects in patients with normal standard automated perimetry results. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48:1635-1641.
- Quigley HA, Addicks EM, Green WR. Optic Nerve Damage in Human Glaucoma: III. Quantitative Correlation of Nerve Fiber Loss and Visual Field Defect in Glaucoma, Ischemic Neuropathy, Papilledema, and Toxic Neuropathy. *Arch Ophthalmol*. 1982;100:135-146.
- Mumcuoglu T, Wollstein G, Wojtkowski M, Kagemann L, Ishikawa H, Gabriele ML, Srinivasan V, Fujimoto JG, Duker JS, Schuman JS. Improved Visualization of Glaucomatous Retinal Damage Using High-speed Ultrahigh-Resolution Optical Coherence Tomography. *Ophthalmology*. 2008;115:782-789.
- Koustenis A Jr, Harris A, Gross J, Januleviciene I, Shah A, Siesky B. Optical coherence tomography angiography: An overview of the technology and an assessment of applications for clinical research. *Br J Ophthalmol*. 2017;101:16-20.
- Tan B, Chua J, Harish T, Lau A, Gan ATL, Tan YL, Wong DWK, Chong RS, Ang M, Husain R, Schmetterer L. Comparison of a commercial spectral-domain OCT and swept-source OCT based on an angiography scan for measuring circumpapillary retinal nerve fibre layer thickness. *Br J Ophthalmol*. 2020;104:974-979.
- Bojikian KD, Chen PP, Wen JC. Optical coherence tomography angiography in glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol*. 2019;30:110-116.
- Yarmohammadi A, Zangwill LM, Diniz-Filho A, Suh MH, Manalastas PI, Fatehee N, Yousefi S, Belghith A, Saunders LJ, Medeiros FA, Huang D, Weinreb RN. Optical coherence tomography angiography vessel density in healthy, glaucoma suspect, and glaucoma eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57:451-459.
- Lee SY, Bae HW, Kwon HJ, Seong GJ, Kim CY. Repeatability and Agreement of Swept Source and Spectral Domain Optical Coherence Tomography Evaluations of Thickness Sectors in Normal Eyes. *J Glaucoma*. 2017;26:46-53.
- Matlach J, Wagner M, Malzahn U, Göbel Winfried. Repeatability of peripapillary retinal nerve fiber layer and inner retinal thickness among two spectral domain optical coherence tomography devices. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014;55:6536-6546.
- Carpineto P, Mastropasqua R, Marchini G, Toto L, Di Nicola M, Di Antonio L. Reproducibility and repeatability of foveal avascular zone measurements in healthy subjects by optical coherence tomography angiography. *Br J Ophthalmol*. 2016;100:671-676.
- Al-Sheikh M, Tepelus TC, Nazikyan T, Sadda SVR. Repeatability of automated vessel density measurements using optical coherence tomography angiography. *Br J Ophthalmol*. 2017;101:449-452.
- Coscas F, Sellam A, Glacet-Bernard A, Jung C, Goudot M, Miere A, Souied EH. Normative data for vascular density in superficial and deep capillary plexuses of healthy adults assessed by optical coherence tomography angiography. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57:211-223.
- Everitt BS, Fleiss JL. Statistical Methods for Rates and Proportions. *Biometrics*. 1981;37:867.
- Doğan NÖ. Bland-Altman analysis: A paradigm to understand correlation and agreement. *Turkish J Emerg Med*. 2018;18:139-141.
- Leite MT, Rao HL, Weinreb RN, Zangwill LM, Bowd C, Sample PA, Tafreshi A, Medeiros FA. Agreement among spectral-domain optical coherence

- tomography instruments for assessing retinal nerve fiber layer thickness. *Am J Ophthalmol*. 2011;151:85-92.
20. Vizzeri G, Weinreb RN, Gonzalez-Garcia AO, Bowd C, Medeiros FA, Sample PA, Zangwill LM. Agreement between spectral-domain and time-domain OCT for measuring RNFL thickness. *Br J Ophthalmol*. 2009;93:775-781.
21. González-García AO, Vizzeri G, Bowd C, Medeiros FA, Zangwill LM, Weinreb RN. Reproducibility of RTVue Retinal Nerve Fiber Layer Thickness and Optic Disc Measurements and Agreement with Stratus Optical Coherence Tomography Measurements. *Am J Ophthalmol*. 2009;147:1067-1074.
22. Vizzeri G, Bowd C, Medeiros FA, Weinreb RN, Zangwill LM. Effect of improper scan alignment on retinal nerve fiber layer thickness measurements using stratus optical coherence tomograph. *J Glaucoma*. 2008;17:341-349.
23. Hong EH, Ryu SJ, Kang MH, Seong M, Cho H, Yeom JH, Shin YU. Comparison of repeatability of swept-source and spectral-domain optical coherence tomography for measuring inner retinal thickness in retinal disease. *PLoS One*. 2019;14:e0210729.
24. Koh KM, Jin S, Hwang YH. Cirrus high-definition optical coherence tomography versus spectral optical coherence tomography/scanning laser ophthalmoscopy in the diagnosis of glaucoma. *Curr Eye Res*. 2014;39:62-68.
25. Mwanza JC, Kim HY, Budenz DL, Warren JL, Margolis M, Lawrence SD, Jani PD, Thompson GS, Lee RK. Residual and dynamic range of retinal nerve fiber layer thickness in glaucoma: Comparison of three OCT platforms. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56:6344-6351.
26. Leung CK, Cheung CY, Weinreb RN, Qiu Q, Liu S, Li H, Xu G, Fan N, Huang L, Pang CP, Lam DS. Retinal Nerve Fiber Layer Imaging with Spectral-Domain Optical Coherence Tomography. A Variability and Diagnostic Performance Study. *Ophthalmology*. 2009;116:1257-1263.
27. Garas A, Vargha P, Holló G. Reproducibility of Retinal Nerve Fiber Layer and Macular Thickness Measurement with the RTVue-100 Optical Coherence Tomograph. *Ophthalmology*. 2010;117:738-746.
28. Faghihi H, Hajizadeh F, Hashemi H, Khabazkhoob M. Agreement of two different spectral domain optical coherence tomography instruments for retinal nerve fiber layer measurements. *J Ophthalmic Vis Res*. 2014;9:31-37.
29. Seibold LK, Mandava N, Kahook MY. Comparison of retinal nerve fiber layer thickness in normal eyes using time-domain and spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*. 2010;150:807-814.
30. Ozkok A, Akkan JC, Tamcelik N, Erdogan M, Comlekoglu DU, Yildirim R. Comparison of retinal nerve fiber layer and macular thickness measurements with Stratus OCT and OPKO/ OTI OCT devices in healthy subjects. *Int J Ophthalmol*. 2015;8:98-103.
31. She X, Guo J, Liu X, Zhu H, Li T, Zhou M, Wang F, Sun X. Reliability of vessel density measurements in the peripapillary retina and correlation with retinal nerve fiber layer thickness in healthy subjects using optical coherence tomography angiography. *Ophthalmologica*. 2018;240: 183-190.
32. Holló G. Comparison of Peripapillary OCT Angiography Vessel Density and Retinal Nerve Fiber Layer Thickness Measurements for Their Ability to Detect Progression in Glaucoma. *J Glaucoma*. 2018;27:302-305.
33. Holló G. Influence of Removing the Large Retinal Vessels-related Effect on Peripapillary Vessel Density Progression Analysis in Glaucoma. *J Glaucoma*. 2018;27:137-139.