

Optik Koherens Tomografi ile Tavşan Retinası ve Optik Diskinin İncelenmesi

Evaluation of Rabbit Retina and Optic Disc Using Optical Coherence Tomography

Dilek GÜVEN¹, Xiaopeng WANG², Laurie DUSTIN³, Mark S HUMAYUN⁴

ÖZ

Amaç: Optik koherens tomografi (OKT) kullanılarak, tavşanların retina ve retinal sinir lifi tabakası (RSLT) kalınlığı ve disk çaplarının ölçümü ve görüntü özelliklerinin incelenmesi.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada, 15 pigmentli tavşan kullanılmıştır. Retina ve RSLT kalınlığı, optik disk alt kısmında ölçülmüştür. Medüller kanat yapısı ve RSLT kalınlığı optik disk nazalinde değerlendirilmiştir. Optik disk çapı ölçümü dışında tüm kalınlık değerleri otomatik olarak saptanmıştır. Bir denekte, histolojik olarak incelenen dokuların OKT görüntüleri ile korelasyonu yapılmıştır.

Bulgular: Ortalama maküler retinal kalınlık $140.67 \pm 7.54 \mu\text{m}$ iken, ortalama RSLT kalınlığı $26.16 \pm 5.92 \mu\text{m}$ olarak bulunmuştur. Optik disk nazalinde ortalama RSLT kalınlığı $196.03 \pm 37.69 \mu\text{m}$ 'dir. Ortalama optik disk çapı $2882.94 \pm 320.21 \mu\text{m}$ 'dir. OKT ile retina pigment epitel-koryokapillaris kompleksinin dış yüzünde üçüncü bir hiperreflektivite gözlenmiştir. Histopatolojik inceleme ile bu bölgenin koryokapillaristeki melanin pigmentlerine karşılık geldiği görülmüştür.

Sonuç: OKT, tavşanlarda intravitreal enjeksiyon retina ve optik diske olan etkilerinin incelenebileceği uygun ve invaziv olmayan bir metod olarak görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Tavşan, optik koherens tomografi, fundus, optik disk, görüntüleme.

ABSTRACT

Purpose: To use optical coherence tomography (OCT) for measuring retinal and retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness and disc diameter and evaluation of the images in rabbits.

Materials and Methods: Fifteen pigmented rabbits were used in this study. Retinal and RNFL thicknesses were measured inferior to the optic disc. RNFL thickness of the medullary wing was evaluated nasal to the optic disc. All thickness values were determined automatically, except for the optic disc measurement. Histological sections were correlated with OCT images in one of the eyes.

Results: Mean macular retinal and RNFL thicknesses were $140.67 \pm 7.54 \mu\text{m}$ and $26.16 \pm 5.92 \mu\text{m}$, respectively. Mean RNFL thickness nasal to the optic disc was $196.03 \pm 37.69 \mu\text{m}$. Mean optic disc diameter was $2882.94 \pm 320.21 \mu\text{m}$. A third hyperreflective band outer to the hyperreflectivity from retinal pigment epithelium-choriocapillaris complex was visualized by OCT scan.

Conclusion: OCT is a convenient, noninvasive method to determine the effect of several interventions on the retina or optic disc in rabbits.

Key Words: Rabbit, optical coherence tomography, retina, optic disc, imaging

Ret-Vit 2006;14:239-244

Geliş Tarihi : 22/06/2006

Kabul Tarihi : 28/07/2006

Received : June 22, 2006

Accepted: July 28, 2006

- 1- Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi 3. Göz Kliniği, Ankara, Op. Dr.
- 2- Doheny Retina Enstitüsü, Doheny Göz Enstitüsü, Keck Tıp Fakültesi, Güney Kaliforniya Üniversitesi, Los Angeles, Kaliforniya, A.B.D., histolog.
- 3- Koruyucu Tıp Bölümü, Keck Tıp Fakültesi, Güney Kaliforniya Üniversitesi, Los Angeles, Kaliforniya, A.B.D., istatistik uzmanı.
- 4- Doheny Retina Enstitüsü, Doheny Göz Enstitüsü, Keck Tıp Fakültesi, Güney Kaliforniya Üniversitesi, Los Angeles, Kaliforniya, A.B.D., Prof. Dr.

- 1- M.D., Ankara Numune Teaching and Research Hospital, 3rd Eye Clinic Ankara/TURKEY
GÜVEN D., dkguven@hotmail.com
- 2- M.D. Doheny Retina Institute, Doheny Eye Institute, Keck School of Medicine, University of Southern California, Los Angeles, CA USA
WANG X.,
- 3- M.D., Department of Preventive Medicine, Keck School of Medicine, University of Southern California, Los Angeles, CA USA
DUSTIN L.,
- 4- M.D. Professor, Department of Preventive Medicine, Keck School of Medicine, University of Southern California, Los Angeles, CA USA
HUMAYUN M.S.,

Correspondence: M.D., Dilek GÜVEN
Kızılırmak mah., 36. Cad. 2/29 Yüzüncü Yıl 06520 Ankara/TURKEY.

GİRİŞ

Optik koherens tomografi cihazı, düşük-koherens interferometri diye adlandırılan bir optik ölçüm tekniğini kullanmaktadır.¹ İnterferometrinin işlev görme prensibi ultrason ile benzerdir, yalnızca ses yerine ışık kullanılmaktadır. Retinal sinir lifi tabakası (RSLT) retina üzerinde parlak geri-saçılma (backscattering) yapan bir kat olarak görülür. Yüksek rezolüsyonlu optik koherens tomografi (OKT)'de, intermediyer tabakalar, orta seviyede bir yansıtıcılık gösterir, iç ve dış pleksiform katlar, ganglion hücre katı ve iç ve dış nükleer katlardan daha reflektiftir.² Oldukça yüksek yansıtıcılığı olan retinal pigment epitel (RPE) ve koryokapillerler, retinanın dış sınırını temsil etmektedir.^{3,4} OKT'nin karakteristik özellikleri kullanılarak retinanın çeşitli katları ayırt edilir, retina patolojisi daha ayrıntılı bir şekilde ve daha kolay olarak incelenebilir.

Huang'ın 1991'de OKT uygulanması ile ilgili ilk yayınından sonra, bu teknik klinik pratikte kullanılmaya başlamıştır.⁵ OKT'nin deneysel hayvan modellerinin kullanıldığı retina ve koroid hastalıklarında da, değerlendirme ve takipte faydalı olduğu görülmüştür.⁶⁻¹² Tavşanların, çok çeşitli araştırma konularında iyi birer hayvan modeli oldukları görülmüştür: Normal tansiyonlu glokom modeli¹³, oküler hipertansiyon deneysel modeli,¹⁴ maküler delik modeli¹⁵ ve retina dekolmanı modeli¹⁶ olmalarının yanı sıra, elektronik sensör cihazı implantasyonu¹⁷ ve retinal protez çalışmalarında¹⁸⁻²⁰ için de uygun birer modeldirler.

Retinal protezler üzerindeki çalışmalar, hem cihazların ve hem de bunların implante edilme tekniklerinin geliştirilmesinde tavşan gözü modelinin kullanılmasını içermektedir; bu şekilde retina dokusunun gerek mekanik travmaya gerekse uzun ve kısa süreli elektriksel uyarıya cevabı da değerlendirilmiş olmaktadır.¹⁸⁻²¹

Bu çalışmada, normal tavşanlarda, OKT görüntülemesinin, rutin ve non-invaziv bir teknik olarak uygulanması, retina ve optik sinir başının OKT özelliklerinin belirlenmesi, medüller kanat bölgesi ve maküler bölgenin, retina ve RSLT kalınlıklarının kantitatif olarak ölçülmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Tüm deneysel işlemler, ARVO'nun Hayvanların Oftalmik ve Görsel Araştırmada Kullanılması Sözleşmesine ve Güney Kaliforniya Üniversitesi Kurumsal Hayvan Bakımı ve Kullanımı Komitesinin önerilerine uygun olarak yapılmıştır.

Çalışmada, ağırlıkları, 1.5-3 kg arasında değişen 15 pigmentli tavşan denek olarak kullanılmıştır. On üç denekin birer gözü incelenmiştir. Deneklerin ikisinde, tek doz anestezi altında, retina ve RSLT kalınlığı diğer normal gözde de ölçülebildiği için, her iki gözün verileri çalışmaya dahil edilmiştir. Görüntüleme için deneklere, intramüsküler ketamin (50-80 mg/kg) ve ksilazin (5-10 mg/kg) uygulanmıştır. Pupillalar, topikal %2.5'lik fenilefrin damla ve %0.5 tropikamid damla ile genişletilmiştir. Denekler, yüzüstü pozisyonda yüksek masalara yerleştirilmiş, incelenen göz makinesinin optik doğrultusunda duracak şekilde ve seviyede tutulmuştur. Tarayıcının açısı,

doğrultuyu ve istenen görüntüyü daha iyi sağlayabilmek için gerektiğinde değiştirilmiştir.

OKT Görüntülemesi

Bu çalışmada, Optik Koherens Tomografi Cihazı Model 3000 (OCT 3) (Carl Zeiss, Dublin, CA) kullanılmıştır. OKT prensibi, düşük-koherens veya beyaz ışık interferometrisine dayanmaktadır. İnterferometre, ışığın retina üzerindeki çeşitli mikroyapısal ayrıntılardan yansımaları ve saçılması sonucu oluşan eko gecikme zamanını ölçerek, retinal yapıları ayırt edilebilmektedir.¹ OKT3, retina üzerine bir diyot vasıtasıyla 820 nm bant genişliği olan yakın infrared ışık göndermektedir. Bu şekilde, teorik olarak yandan kesit anatomisinin rezolüsyonu 10 mikrometre (μm), transvers rezolüsyon ise 20 μm olmaktadır. Her tarama esnasında, 128 ila 768 aksiyal A-'scan' örneği yakalanmaktadır.²² OKT sistemi, retinal refleksiyonu 256 basamağa bölmekte ve dokunun yoğunluğunu, azalan refleksiyon seviyelerine göre beyaz, kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve siyah olarak kodlamaktadır.⁶

Çalışmada şu tarama protokolleri kullanılmıştır: (Resim 1)

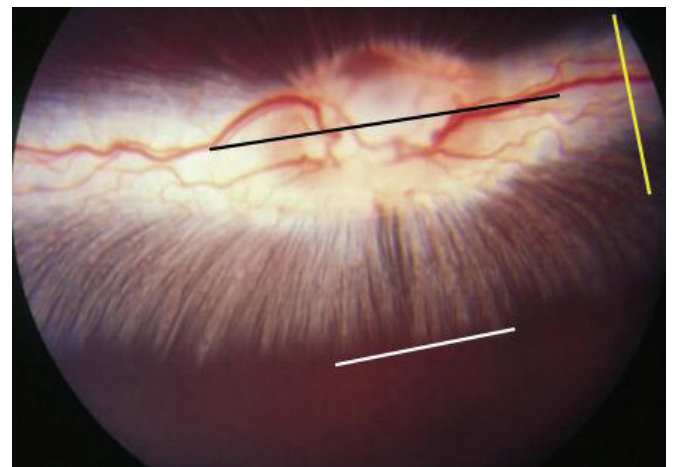
1- Optik sinir başı ve medüller kanat üzerinden horizontal olarak uzanacak şekilde 7 mm uzunluğunda tek çizgi tarama (single-line scan)

2- Optik sinir başı nazaline $\frac{1}{2}$ disk çapı uzaklıktan nazal medüller kanadı vertikal olarak kesecek şekilde 5mm uzunluğunda tek çizgi tarama

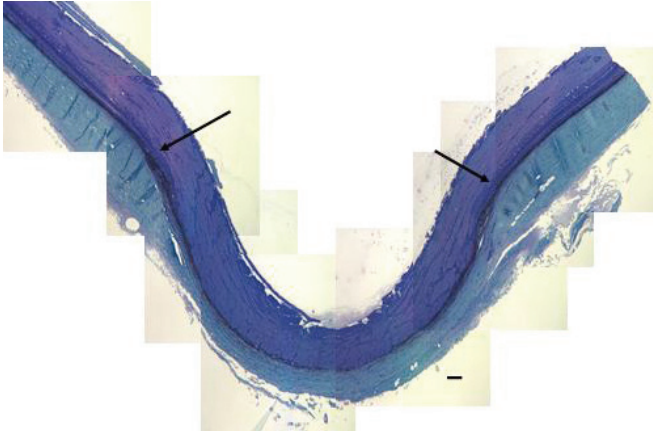
3- Optik sinir başından vertikal olarak geçecek şekilde 5 mm uzunluğunda tek çizgi tarama

4- Her iki tarafta medüller kanatların uzantılarının alt sınırı boyunca, optik sinir başı altındaki maküler bölgeden horizontal olarak geçen, 5 mm uzunluğunda tek çizgi tarama

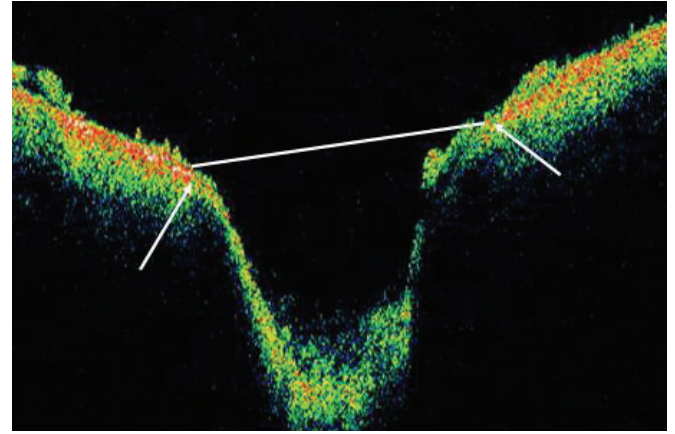
Verinin değerlendirilmesi için, retina ve RSLT kalınlığı ve optik sinir başı analizi protokolleri uygulanmıştır. OKT parametreleri şu şekilde belirlenmiştir: video par-



Resim 1: Tek çizgi tarama (single-line scan) pozisyonlara karşılık gelen çizgiler: optik sinir başından geçen 7 mm'lik horizontal çizgi (siyah), optik sinir başının hemen altından geçen 5 mm'lik horizontal çizgi (beyaz), optik sinir başının yaklaşık $\frac{1}{2}$ disk çapı nazalinden geçen 5 mm'lik vertical çizgi (sarı).



Resim 2a:Optik sinir başından horizontal olarak geçen histolojik kesit. Oklar, retina ve koroidin bitim yerlerinin işaret etmektedir. Medüller kanat üzerindeki damarlar yandan kesitte izlenebilmektedir. (ölçü: 100 µm)



2b: Aynı tavşanın optik sinir başından horizontal olarak alınan OCT görüntülemesi. Oklar, fotoreseptör-RPE-koryokapiller kompleksine karşılık gelen hiperreflektif tabakanın sonunu işaret etmektedir. Beyaz segment, horizontal optik disk çapı olarak ölçülen mesafeyi temsil etmektedir. Hiperreflektif sinir lifi katının her iki tarafında kan damarlarının görüntüleri izlenmektedir.

laklığı 52, video kontrastı 49, lamba parlaklığı %39-53, gürültü 34 ve dağılım (range) 69.

Deneklerden birinde, transkonjunktival olarak maküler bölgeye 39G iğne ile subretinal sıvı enjeksiyonu yapıldıktan sonra OKT ile yeniden inceleme yapılmıştır.

OKT Analizi

OKT 3, retinal kalınlığı, vitreoretinal ara yüzey ile RPE/koryokapiller alan ön yüzeyi arasındaki uzaklık olarak hesaplanmaktadır.²³ Algoritmalar, belli bir sınırın (threshold) üzerinde olan reflektivite değişikliğini bulmak için aksiyal olarak önden arkaya doğru A-'scan' yaparak vitreoretinal ara yüzeyi tespit etmektedir. Retinal kalınlık algoritması, retinal kalınlık için reflektivitenin en yüksek düzeydeki değişimini aramaktadır. RSLT kalınlığı, retinal yüzeyin ilk refleksiyonu ile RSLT'nın alt sınırı arasında belirlenmektedir. İşlem görmüş olan görüntü, sınırları beyaz renkte belirgin olarak göstermektedir.

Histoloji

OKT ile histoloji karşılaştırması yapabilmek için, görüntülenen gözlerden birinde histolojik çalışma yapılmıştır. Denek öldükten sonra muamele görüncüye ka-

dar, bulbus ½ kuvvetteki Karnovski solüsyonunda 4°C'de bekletilmiştir. Doku uygun olarak parçalara ayrıldıktan sonra epoksi içine gömülmüş, 1.0 µm'luk kesitler alınmış ve Toluidin mavisi ile boyanmıştır. Her bir kesitin lokalizasyonu, taramanın video görüntüsündeki fundus işaretlerine (optik sinir başı, medüller kanat) dikkat edilerek yapılmıştır. Doku kesitleri optik sinire horizontal olarak, nazal medüller kanada vertikal ve maküler alanda horizontal olarak yapılmıştır.

OKT görüntüleri, aynı retina bölgesinden alınan histolojik kesit ile korrele edilmiştir. Bunun için, ham görüntü ve üreticinin programı kullanılarak normalize edilmiş olan görüntüler resim (JPG) formatına çevrilmiş, görüntü-işlemleyici programına aktarılmış ve görüntü piksel boyutları değiştirilmeden büyütülmüştür.

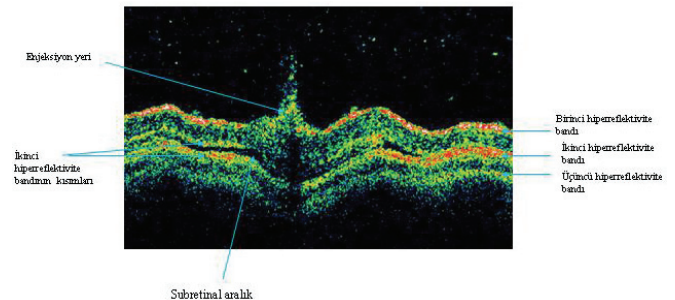
BULGULAR

OKT, tavşan gözlerine uygulanabilmekte ve OCT3'ün 'default' algoritmaları kullanılarak seçkin görüntüler alınabilmektedir. Tavşanın aksiyel uzunluğu ortalama 18

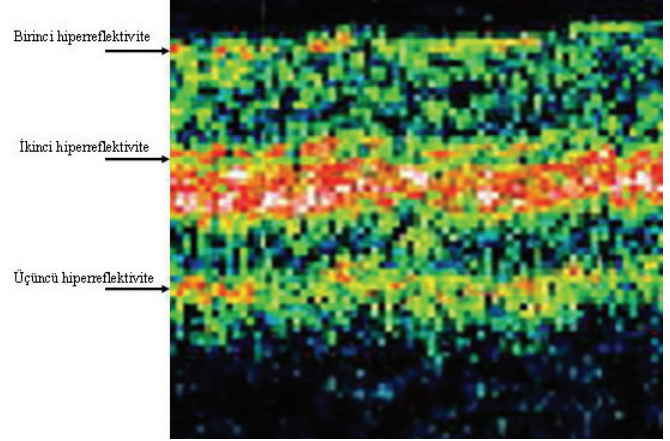
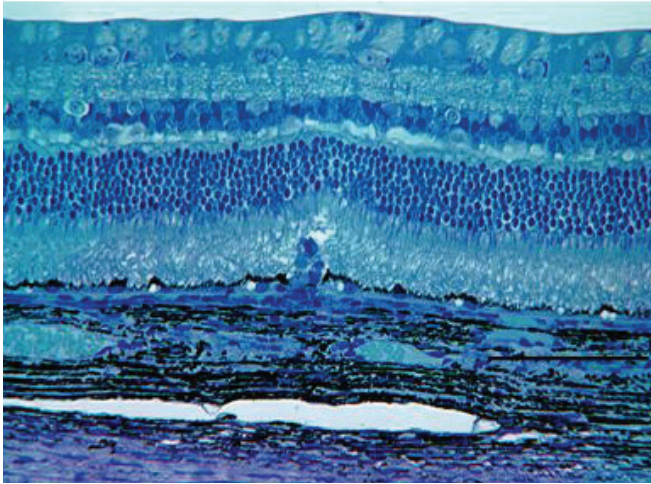
Parametre	N	Ortalama	SD	95% GA
Retina kalınlığı	17	140.67	7.54	(136.79, 144.54)
RSLT kalınlığı	17	26.16	5.92	(23.11, 29.20)
Ortalama RSLT kalınlığı	17	27.55	9.94	(22.44, 32.66)
Ortalama RSLT kalınlığı (medüller kanat üzerinde damarı içerecek şekilde)	17	282.33	41.87	(260.80, 303.86)
Ortalama RSLT kalınlığı (medüller kanat üzerinde damar içermeyecek şekilde)	17	196.03	37.69	(176.65, 215.41)
Ortalama RSLT kalınlığı (medüller kanat bölgesinde)	17	107.45	21.92	(96.18, 118.72)
Ortalama optik disk çapı	16	2882.84	320.21	(2712.22, 3053.47)

N: sayı, SD: standart sapma, GA: Güvenilirlik aralığı, RSLT: retina sinir lifi tabakası

Tablo 1: Optik Koherens Tomografi Ölçümleri (mikron).



Resim 3: Maküler bölgede enjeksiyon bölgesinden geçen OKT tarama görüntüsü. Sağ taraftaki oklar, üç hiperreflektif bandı göstermektedir. Sol taraftaki oklar, subretinal sıvıyı ve ikinci hiperreflektif bandı oluşturan katları işaret etmektedir.



Resim 4a: Retinanın maküler bölgesinden horizontal olarak geçen histolojik kesit. (ölçü: 100 μm)

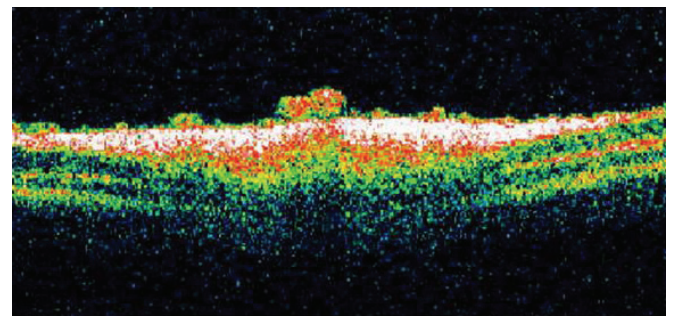
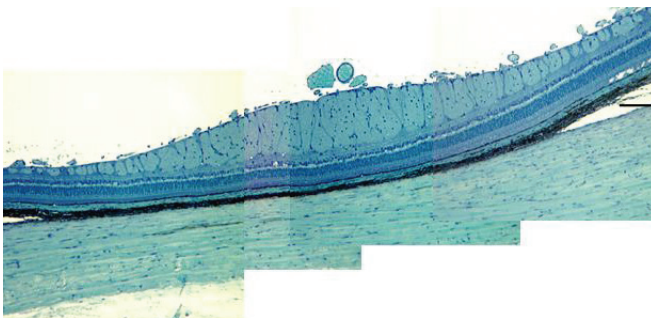
4b: Aynı tavşanın makulasının OKT görüntüsü. İlk hiperreflektivite, sinir lifi katına aittir. İkinci hiperreflektivite, fotoreseptör-RPE-koryokapiller kompleksine aittir. Üçüncü hiperreflektivitenin sklera ile koroidin büyük damarları arasındaki pigmentasyona karşılık geldiği düşünülmüştür.

mm iken insan gözünün aksiyel uzunluğunun 24.1mm olduğu bilinmektedir, ayrıca kornea ve lens refraksiyon değerleri de oldukça farklıdır.²⁴ Ancak, OKT avantajları arasında belirtilmektedir ki, refraktif durum veya gözün aksiyel uzunluğu ölçümleri etkilememektedir.²³ Dolayısıyla bu çalışmada, veriler rutin değerler kullanılmıştır, herhangi bir düzeltme yapılmamıştır.

Her protokol, aynı seans içinde en az iki kere uygulanmıştır. Veri analizi için her bir gözden temin edilen ortalama değerler gözönüne alınmıştır. Maküler alanın ortalama retina ve RSLT kalınlıkları sırasıyla $140.67 \pm 7.54 \mu\text{m}$ ve $26.16 \pm 5.92 \mu\text{m}$ 'dir (Tablo I). Taranan vertikal kesitte nazal medüller kanat üzerinde ortalama RSLT kalınlığı $196.03 \pm 37.69 \mu\text{m}$ 'dir. Optik diskten horizontal olarak geçirilen 7 mm uzunluğunda tek çizgi taramasında, ölçek kullanarak sinir başı çukurluğunun (cup) uzunluğu ölçülebilmektedir. Ölçüm, RPE-koryokapiller hiperreflektif bandın bitiminin hemen komşuluğundaki noktalar arasında yapılmıştır. Vertikal tarama ile de optik disk çapının ölçülebileceği iyi görüntüler elde edilebilmiştir. Bu protokol ile vertikal tarama ile yapılan çap ölçümleri ve horizontal 7 mm tek çizgi protokolü ile yapılan ölçümler

optik disk çapı ölçümü için kullanılmıştır. Ortalama çap, $2882.94 \pm 320.21 \mu\text{m}$ olarak tespit edilmiştir. Optik diskin 7 mm horizontal tek çizgi tarama ile elde edilen kesiti, aynı bölgeden yapılan histolojik kesit ile karşılaştırma yapmayı mümkün kılmıştır (Resim 2).

RSLT ve RPE-koryokapiller kata (yüksek rezolüsyonlu OKT bulguları gözönüne alınarak,² fotoreseptör-RPE-koryokapiller komplekse) ait olan hiperreflektif sınırlar, OKT ile açık bir şekilde belirlenebilmektedir.² Tavşanlardan birinde, optik disk altında maküler bölgeye transvitreal subretinal triamsinolon enjeksiyonu sonrası, OKT ile enjeksiyon alanının incelenmesi sonucunda elde edilen görüntüler, ikinci hiperreflektif katın hem RPE-koryokapiller, hem de kısmen fotoreseptör kata karşılık geldiği görüşünü desteklemektedir. Çünkü, Resim 3'te de görülebileceği gibi hiperreflektif katın bir kısmı subretinal aralığın iç kısmında görüntülenebilmiştir. RPE-koryokapiller kompleksinin altında bir diğer hiperreflektif kat daha görüntülenmiştir. Histolojik örnek ile karşılaştırma yapıldığında bu katın, skleranın iç yüzüne ve büyük koroid damarlarının dış kısmındaki yoğun pigmentasyona karşılık geldiği düşünülmektedir (Resim 4). Hem RSLT ve hem de



Resim 5a: Nazal medüller kanattan geçen vertikal histolojik kesit. Medüller arter ve ven, sinir lifi katı üzerinde intravitreal olarak görülmektedir. (ölçü: 100 μm)

5b: Aynı tavşanın nazal medüller kanadı üzerinden geçen OKT taraması. Büyük kan damarları, retina sinir lifi tabakasına karşılık gelen hiperreflektivitenin iç kısmında görülmektedir. Bu hiperreflektivite alanının altında, ikinci ve üçüncü hiperreflektivite, gölgelenme nedeniyle açık bir şekilde görülememektedir.

RPE-koryokapiller kompleksi hiperreflektiftir. Bu katlar arasındaki katlar, orta derecedeki yansımalar olarak görüntülenmektedir.

Medüller bölge RSLT kalınlığı ölçülebilmektedir. Kan damarları ile RSLT alt sınırı arasındaki ortalama kalınlık, $282.33 \pm 41.87 \mu\text{m}$ 'dir, kan damarlarının alt sınırı ile RSLT alt sınırı arasındaki ortalama kalınlık, $196.03 \pm 37.69 \mu\text{m}$ 'dir. Histolojik kesit ile karşılaştırıldığında, OKT görüntüsünde, medüller kanat üzerindeki intravitreal kan damarları ve bu bölgenin alt katlarında gölgelenme izlenmiştir (Resim 5). Medüller bölgede, retinanın tüm kalınlığı gösterilememiştir, ancak kan damarı pozisyonunun üst veya alt kısmından alınan diğer taramalarda görüntülenebilmektedir. Bu çalışmada, sadece medüller bölgedeki RSLT kalınlığı ele alınmıştır.

TARTIŞMA

OKT'nin kullanıldığı bu çalışmada, tavşanda retina ve RSLT kalınlığı ölçülmüş, hiperreflektivite düzeni incelenmiştir. Tavşan gözünün bazı özellikleri gözönüne alınmalıdır. Tavşan gözünde, makula bölgesinin üst tarafında, oldukça belirgin olarak derin ve keskin bir fizyolojik çukurluk (cup) bulunmaktadır, bu bazen tüm optik sinir başını kapsamaktadır.^{25,26} Medüller kanat olarak adlandırılan, miyelinli sinir lifi katı, nöroretinal kenardan nazale ve temporale doğru uzanır. Sinir lifleri optik sinirde birleşirler ve gözü keskin bir açı ile terkederler.²⁷ Bu bantlar üzerindeki ana retinal damarların intraretinal dalları bulunmaktadır ve intravitrealdirler. Bu çalışmada, tavşanlarda, hem kan damarları hem de altındaki RSLT medüller kanat üzerinde, OKT ile görüntülenebilmektedir, oysa ki diğer türlerde, retina kan damarları artmış yansıma yaparak, RPE ve koryokapillerden gelen refleksiyonu bloke etmektedir.⁴

Tavşan optik diski için 'default' hızlı optik disk tarama protokolü (fast optical disc scan protocol) tatbik edilememiştir, bunun sebebi 4 mm'lik tarama çizgilerinin kullanılması ve geniş optik diskin keskin ve derin çukurlaşması olabilir. Gözler, iyi bir görüntüleme için pozisyona getirildilerse de anatomik özellikler bunu mümkün kılmamaktadır. Dolayısıyla, vertikal ve horizontal taramalar uygulanmış ve herhangi birisinin 6 mm tek veya radial çizgileri optik disk çapı ölçümü için yeterli bulunmuştur.

Bu çalışmada, makuler RSLT kalınlığı optik sinir alt tarafında ölçülmüştür ve ortalama kalınlık $26.16 \mu\text{m}$ olarak bulunmuştur. Göz içi hipertansiyonun gelişimi sırasında, histopatolojik değerlendirmenin yapıldığı bir çalışmada ise, kontrol normal tavşanların üst temporal kadrandan yapılan ölçüm ile RSLT ortalama kalınlığı $25.7 \pm 3.1 \mu\text{m}$ olarak tespit edilmiştir.²⁸ Lokalizasyon ve dokunun fiksasyon ve diğer muameleler görmüş olması nedeniyle doğrudan kıyaslama yapılamaz. Ancak görülmektedir ki, OKT ile tavşanda RSLT kalınlığı in vivo olarak ölçülebilmektedir.

Hutchings ve ark., OKT3'ün önceki versiyonu olan OKT2'yi kullanarak, optik sinir başı altından ölçülen normal tavşan ortalama retina kalınlığını $116.7 \pm 11.0 \mu\text{m}$ (dağılım 105-146) olarak tespit etmişlerdir.²⁹ Histolojik

kesit ölçümleriyle kıyasladıklarında %10 daha fazla görünen bu ölçümlerin nedeni olarak OKT'nin dokunun absolu kalınlığı yerine optik özelliklerini ölçmesi gösterilmiştir. Çalışmamızdaki $140.67 \pm 7.54 \mu\text{m}$ olan ortalama retina kalınlık değeri, kullanılan görüntüleme sisteminin farklı oluşuna ve tarama çizgisinin optik sinire ve miyelinli sinir liflerine yakınlığı sebebiyle olabilir.

Bu çalışmada, fotoreseptör-RPE-koryokapiller bantının dışında bir başka hiperreflektivite tespit edilmiştir. Bu katın büyük koroid damarlarının dışına rastgelen pigmentasyona bağlı olduğu düşünülmüştür. Bu bulgu yenidir ve dokunun fiksasyon sonrası büzüşmesi ve histopatolojik değerlendirme için uğradığı işlemler sonrasında gerçek boyutları değişebileceği ve OKT görüntüsü ile mutlaka birebir bir korelasyon sağlanamayabileceği bilinmektedir. Çalışmalarda, hiperreflektivitenin dış bantı, RPE hücrelerinden ayrı olarak melanin ve lipofusin pigmentine bağlanmıştır, dolayısıyla dış bantın en iç kısmı muhtemelen RPE katının apikal bölgesine tekabül etmektedir, çünkü bu $3 \mu\text{m}$ 'lik bölgede melanin granülleri yoğunlaşmaktadır.^{2,30}

OKT, dejeneratif hastalıkların hayvan modellerinde retinal alt birimlerin in vivo olarak belirlenmesi ve tarif edilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle göz içi cerrahi girişim veya ilaç uygulamaları sonrasında, konvansiyonel fundus fotoğraflama ve floresin anjiyografiye ek olarak kuvvetli tanısal bilgi verebilmektedir. İnvaziv olmayan bir metot olarak OKT, retinanın durumu hakkında bilgi sağlamanın yanısıra, retinal implant denemelerinde, implantın pozisyonu, retina altında sıvı birikimi ve retinal katlantı gelişimi ile ilgili olarak, diğer tanı yöntemlerinden önce bilgi sağlayabilir.³¹

Çalışmamızda, OKT'nin tavşan fundus görüntülenmesinde kullanılabilirliği gösterilmiş, özellikle retina ve RSLT kalınlığı ölçümünde güvenilir veri sağladığı kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Zeiss OCT3 user manual PN 52826-1 Rev.A 1/02.
2. Glesmann M, Hermann B, Schubert C, et al.: Histologic correlation of pig retina radial stratification with ultrahigh-resolution optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003; 44:1696-1703.
3. Puliafito CA, Hee MR, Schuman JS, et al.: *Optical Coherence Tomography of Ocular Diseases.* Thorofare, NJ: Slack, Inc.; 1996:3.
4. Hrynchak P, Simpson T.: *Optical coherence tomography: an introduction to the technique and its use.* *Optom Vis Sci.* 2000; 77: 347-356.
5. Huang D, Swanson EA, Lin CP, et al.: *Optical coherence tomography.* *Science.* 1991;254:1178-1181.
6. Fukuchi T, Takahashi K, Uyama M, et al.: Comparative study of experimental choroidal neovascularization by optical coherence tomography and histopathology. *Jpn J Ophthalmol.* 2001;45:252-258.
7. Fukuchi T, Takahashi K, Shou K, et al.: *Optical coherence tomography (OCT) findings in normal retina and laser-induced choroidal neovascularization in rats.* *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2001;239:41-46. Erratum in: *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2001;239:387.

8. Li Q, Timmers AM, Hunter K, et al.: Noninvasive imaging by optical coherence tomography to monitor retinal degeneration in the mouse. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2001;42:2981-2989.
9. Huang Y, Cideciyan AV, Papastergiou GI, et al.: Relation of optical coherence tomography to microanatomy in normal and rd chickens. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1998;39:2405-2416.
10. Toth CA, Narayan DG, Boppart SA, et al.: A comparison of retinal morphology viewed by optical coherence tomography and by light microscopy. *Arch Ophthalmol* 1997;115:1425-1428.
11. Huang Y, Cideciyan AV, Aleman TS, et al.: Optical coherence tomography (OCT) abnormalities in rhodopsin mutant transgenic swine with retinal degeneration. *Exp Eye Res.* 2000;70:247-251.
12. Horio N, Kachi S, Hori K, et al.: Progressive change of optical coherence tomography scans in retinal degeneration slow mice. *Arch Ophthalmol.* 2001;119:1329-1332.
13. Sugiyama T, Hara H, Oku H, et al.: Optic cup enlargement followed by reduced optic nerve head circulation after optic nerve stimulation. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2001;42:2843-2848.
14. Manni G, Lambiase A, Centofanti M, et al.: Histopathological evaluation of retinal damage during intraocular hypertension in rabbit: involvement of ganglion cells and nerve fiber layer. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1996;234:209-213.
15. Yamana T, Kita M, Ozaki S, et al.: The process of closure of experimental retinal holes in rabbit eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2000;238:81-87.
16. Meyer CH, Hotta K, Peterson WM, et al.: Effect of INS37217, a P2Y(2) receptor agonist, on experimental retinal detachment and electroretinogram in adult rabbits. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2002;43:3567-3574.
17. Walter P, Schnakenberg U, vom Bogel G, et al.: Development of a completely encapsulated intraocular pressure sensor. *Ophthalmic Res.* 2000;32:278-284.
18. Schwahn HN, Gekeler F, Kohler K, et al.: Studies on the feasibility of a subretinal visual prosthesis: data from Yucatan micropig and rabbit. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2001;239:961-967.
19. Walter P, Szurman P, Vobig M, et al.: Successful long-term implantation of electrically inactive epiretinal microelectrode arrays in rabbits. *Retina.* 1999;19:546-552.
20. Peyman G, Chow AY, Liang C, et al.: Subretinal semiconductor microphotodiode array. *Ophthalmic Surg Lasers* 1998;29:234-241.
21. Dawson WW, Radtke ND.: The electrical stimulation of the retina by indwelling electrodes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1977;16:249-252.
22. Ripandelli G, Coppe AM, Capaldo A, et al.: Optical coherence tomography. *Semin Ophthalmol.* 1998;13:199-202.
23. Jaffe GJ, Caprioli J.: Perspective: Optic coherence tomography to detect and manage retinal disease and glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2004;137:156-169.
24. Williams DL.: Animal models for ophthalmic diseases in human. In: Gelatt KN. *Veterinary Ophthalmology.* 2nd ed. Philadelphia: Lea&Febiger. 1991:1237-1272.
25. Bellhorn RW.: Laboratory Animal Ophthalmology. In: Gelatt KN, ed. *Veterinary Ophthalmology* 2nd ed. Philadelphia. Pa: Lea & Febiger. 1991:665-666.
26. Sugiyama K, Bacon DR, Morrison JC: Van Buskirk EM Optic nerve head microvasculature of the rabbit eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1992;33:2251-2261.
27. Orgul S, Cioffi GA, Bacon DR, et al.: Reproducibility of topometric data with a scanning laser ophthalmoscope in rabbits. *Jpn J Ophthalmol.* 1995;39:438-442.
28. Manni G, Lambiase A, Centofanti M, et al.: Histopathological evaluation of retinal damage during intraocular hypertension in rabbit: involvement of ganglion cells and nerve fiber layer. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1996;234:209-213.
29. Hutchings N, Martin E, Collier R, et al.: Agreement between optical coherence tomography and histology derived retinal thickness measures. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003;44:3639.
30. Chauhan DS, Marshall J.: The interpretation of optical coherence tomography images of the retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1999;40:2332-2342.
31. Guven D, Weiland JD, Maghribi M, et al.: Implantation of an inactive epiretinal poly(dimethyl siloxane) electrode array in dogs. *Experimental Eye Research.* 2006;82:81-90.