

# Optik Sinir Başı ve Retina Sinir Lifleri Tabakasını Görüntüleme Sistemleri

## CLINICAL EVALUATION OF OPTIC DISC AND RETINAL NERVE FİBER LAYER

Abdiilkadir SEVİM\*, Erol TURAÇLI\*\*

\* 01\, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Bankası Asistanı,

\*\* Prof.Dr., Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Bankası Öğretim Üyesi, ANKARA

### Özet

Glokom hastalarında optik disk ve sinir lifi tabakasında meydana gelen değişiklikleri takib etmek amacıyla bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin hepsinde izlenen değişiklikler görme alanı değişikliklerinden sonradır. Günümüzde geliştirilen sofistike aletler ile glomatoz değişiklikler olmadan glokumlu hastaların belirlenmesine ve takibine çalışılmaktadır. Yeni geliştirilen bu cihazlar birçok avantajının yanında standardizasyon ve yeterli deneyim olmaması gibi sorunları da beraberinde getirmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Glokom, optik sinir, Sinir lifi tabakası, Optik koherans tomografi, Tarayıcı konfokal mikroskop, Tarayıcı lazer polarimetri

T Kim Oftalmoloji 1999, 8:208-218

Glokom önemli görme kaybı nedenidir. Zamanla sinir dokusu kaybıyla karakterizedir. Oluşan sinir dokusu kaybı uygun tedaviye rağmen geri dönüşümsiizdir. Glokomun erken teşhisi ve uygun tedavisinin başlanması gerekir.

Oftalmoskop, 1851 yılında Helmutz tarafından bulunmuştur (1)

### 1. Direk oftalmoskopi

En eski ve en yaygın olarak kullanılan tekniktir (2)

Direk oftalmoskop, gerçek, düz, 15 kez büyütme fundus görüntüsü oluşturur.

Oftalmoskop ucuz, taşınabilir, kullanımı basittir. Direk oftalmoskop çok sayıda insanın optik sinirini tara-

Geliş Tarihi: 31.12.1997

Yazışma Adresi: Dr.Abdütkadir SEVİM  
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Göz Bankası, ANKARA

### Summary

Methods were developed to follow glaucomatous optic nerve changes. These methods show glaucomatous changes after visual field defects. Recently developed methods and techniques aim at diagnosing glaucoma before optic disc and optic nerve changes. These sophisticated methods have many advantages but also involve some problems such as standardisation and experience.

**Key Words:** Glaucoma, Optic nerve, Nerve fiber layer, Scanning laser polarimetry, Optic coherens tomography, Scanning laser confocal microscope

T Klin J Ophthalmol 1999, 8:208-218

mada, pahalı ve taşınamayan aletlerin olmadığı durumlarda kullanılabilir. Tek dez avantajı 3 boyutlu görüntü oluşturulamaz.

### 2. İndirek oftalmoskopi

İndirek oftalmoskop optik diskin ayrıntılı incelenmesi için uygun bir yöntem değildir. 3 kez büyüttüğü için küçük ama önemli detaylar olan diskteki kanamalar, kan damarındaki değişiklikler atlanabilir. Diğer açılardan gelen görüntülerin büyütmesine göre aksiyel büyütmenin daha fazla olması optik diskin 3 boyutlu görüntüsünde bozukluklara neden olur (3).

### 3. Tarayıcı konfokal lazer oftalmoskopi

Konfokal tarayıcı sistemlerin kullanıldığı konfokal lazer oftalmoskop ile gerçek zamanlı fundus görüntüleri elde edilebilir. Tarayıcı lazer oftalmoskopta, fundusun görüntülenecek alanını taramak için odaklanmış bir lazer ışını kullanılır (4).

Konfokal sistemde bu odaklanmış lazer ışını aracılığıyla fundusta sadece küçük bir alan aydınlatılır.

makta ve konfokal optik yardımıyla sadece aydınlatılmış bu noktadan yansıyan ışının bir diaframdan geçerek geri dönmesi sağlanmaktadır (5).

Bu şekilde bir objenin çeşitli derinlik seviyelerinde yüksek kontrastlı görüntülerinin alınması mümkün olmaktadır.

Konfokal lazer tarayıcı oftalmoskop odak noktasının minimum derinliği nedeniyle kaliteli bir görüntü elde etmek için fundus kameraları kadar pupillamın genişletilmesi ve temiz bir optik ortam gerektirmez. Sadece optik sinir başından ya da retinadan ışık yansımaları olacağından konfokal tarayıcı sistemlerle, konfokal olmayan sistemlere göre daha fazla kontrast elde edilir. Optik sinir başının tomografik görüntüsü de elde edilebilir.

Glokomlu hastalarda uzmanlar tarafından değerlendirilen stereoskopik fundus fotoğrafı ile konfokal lazer tarayıcı oftalmoskop arasında çukurluk ve disk oranı arasında uyum vardır (6). Oküler hipertansiyon olan gözlerde optik sinir parametrelerinin ortalama topoğrafik değerleri normal ile glokomlu gözler arasındadır (7). Topoğrafik optik sinir parametrelerinde genç sağlıklı gözlerde etnik gruplar arasında da farklılıklar tespit edilmiştir (8).

Konfokal tarayıcı lazer oftalmoskop ölçümleri ile bütün ya da bölgesel görme alanı kayıpları arasında ilişki vardır.

*Tarayıcı konfokal lazer oftalmoskopun teknik özellikleri*

Konfokal tarayıcı oftalmoskop 670 nm dalga boyunda diod lazer kullanarak x,y ve z akslarında tarama yapar. Ardışık 32 fokal planda görüntü alır. Görüntü oluşturması ve işlenmesi yaklaşık 1.6 sn sürer. Görüntülerin bilgisayarlarda depolanması, analizinin yapılması mümkündür.

*Verilerin değerlendirilmesi*

Konfokal lazer oftalmoskop, görüntü oluşturmak, depolamak, kantitatif analiz için bilgisayar programlarına sahiptir. Optik sinirin topoğrafik olarak ölçülebilir kriterleri olan çukurluk disk oranı, çukurluk hacmi, rim hacmi, disk alanı, çukurluk alanı, peripapiller retinanın yüksekliği, retina sinir lifi tabakasının kalınlık ve alanının referans noktalarına göre hesaplanması yapılabilir. Optik diskin diğer topoğrafik optik sinir parametreleri olan ortalama çukurluk derinliğinin hesaplanması, en büyük çukurluk derinliği ve çukurluğun şekli, gözün çukur yüzeyine oranı bilgisayar programları ile hesaplanır.

Normal optik sinir başının görüntüsündeki farklılıklar veya normal ve glokomlu gözler arasında görüntü olarak birbirine benzer durumların da olabilmesi ne-

deniyle normal ve glokomlu gözleri birbirinden ayırmak zordur. Teknik yeni gelişmektedir. Konfokal tarayıcı lazer oftalmoskop ile elde edilen görüntüler klinisyene normal ve glokomlu gözleri ayırmak için yardımcı olabilir.

#### 4. Süt lamba teknikleri

*a- Konkav kontak (Goldman ), Non kontak (Hurby) lensler*

Goldman 3 aynalı lens ile gerçek, düz ve minimum büyütme görüntü elde edilir. Slit lamba kullanılarak görüntü 10X, 16X büyütme elde edilebilir. Bu tekniğin avantajları mükemmel , düz bir görüntünün elde edilmesi, slit lamba ile görüntünün büyütülebilmesidir. Muhtemelen diğer teknikler içerisinde optik diskin en iyi görüntülenmesini sağlar. Dezavantajı lensin kornea ile temas etmesi, visko elastik kullanılması, kontak lens muayenesi sonrası fundus fotoğrafının alınmasında güçlükler ve kornea abrazyonlarına neden olabilir.

Hurby lens, - 55 dioptri ,slit lambaya monte edilmiş lenstir. Çok küçük görüntü alanına sahip olmasına rağmen iyi kalitede görüntü oluşturur. Optik diskin 3 boyutlu görüntüsünü oluşturmak güçtür.

*b-Konveks lensler (60, 78, 90 D)*

Bu lensleri rahatlıkla kullanabilmek için tecrübe kazanılması gerekir. 78 ve 90 D lensler en yaygın olarak kullanılır. Bu lensler slit lamba biyomikroskobu indirek oftalmoskoba çevirir, gerçek, ters görüntü, mükemmel stereopsis oluştururlar. 78 D lensler daha büyük büyütme, daha ayrıntılı görüntü oluşturur. 90 D lens, 78D lensden daha geniş görüntü alanına sahip ve daha küçük pupilden kullanılması mümkündür.

Slit lamba teknikleri genişletilmiş pupil gerektirirler. Çoğu glokom hastası uzun süre miyotik kullandığından yeterli pupil genişlemesi sağlanamaz. Hastanın uyumlu olması gerekir. Birçok hasta gözlerini ve kafasını istenen pozisyonda tutamaz.

#### 5« (JlölcoKiosk-ö jp

Glokomoskop, kompüterize optik sinir analizatörüdür. Optik sinir başının ve peripapiller topografinin kantitatif olarak değerlendirilmesine imkan sağlar.

Kompüter stereografi tekniğine dayanır .Optik olarak optik diske eşit uzaklıklarda paralel ışıklar gönderilir. Işıkların yön değişikliklerine göre papillanın çukurluk ve kabarıklıkları hesaplanır (9).

Glokomoskop, Optik kafa ve kompüter görüntü analizatöründen oluşur. Optik kafa, içindeki halojen lambadan optik sinir başına 25 yatay paralel , 9 derece ışın gönderir. Retina sinir lifinden yansımayı arttırmak için polarize filtre kullanılır. Optik sinir başının ve gönderilen ışınların video görüntüsü bilgisayar ekranın-

da oluşturulur. Elde edilen görüntüler sayısal olarak depolanır.

### Uygulaması

İlk muayenede optik diskin kenarları ve büyük damarların sınırları işaretlenir. Verilerin değerlendirilmesinden sonra optik diskin video görüntüsü oluşturulur. Yatay, paralel ışınlar kullanılarak elde edilen görüntüler, topoğrafik derinlik değerlerine dönderilir.

Glokomoskopda, ölçüm yaparken minimum pupi çapı yaklaşık 4 mm olmalıdır. Görüntü elde etmek için 5-10 dk, görüntü analizi için 1 dk, sonuçların yazdırılması için 4 dk gerekir.

Glokomoskop yaklaşık 9100 noktayı tarar. Derinlikleri sayısal ya da grinin tonları şeklinde gösterir. Renkli topoğrafik haritalar ve profil kesitler de almak mümkündür. Derinliklerin grinin tonları şeklinde gösterildiğinde derinlik arttıkça grinin tonu da artmaktadır. Bu teknik optik sinirin hızlı analizini sağlar.

Renkli topoğrafik harita 3 boyutlu bir haritadır. Renkli 3 boyutlu haritada mavi hafif, yeşil ve sarı orta, kırmızı en derin optik disk çukurluklarını gösterir.

Profil kesitler en fazla derinliği bulunan yatay ve dikey eksenlerde çukurlukları gösterir. Profil kesitte optik diskin sınırları kalın vertikal çizgiler olarak kullanıcı tarafından belirlenir. Profil kesitte optik sinirin derinlikleri kırmızı çizgi şeklinde gösterilir. 'Sinir lifi analizi' ile referans noktalarına göre retina katının kalınlığı kıyaslanabilir. Retina sinir lifi tabakası kalınlığı analizinde en yüksek noktaları damarlar ve sinir lifi tabakasının kalın alanları oluşturur. Retina kalınlığı, disk kenarından 200 mikron uzakta diske çepeçevre temporal (T), nazal (N), üst (S), alt (I) retinadan ölçüm yapılır.

Glokomoskop ile çukurluk disk oranı (dikey ve yatay), en büyük disk çapı, disk alanı, çukurluğun alanı, gözün reffaksiyonu ölçülebilir.

Dan, incelemesi sonucunda 336 gözden 168 inin (%14) ancak glokomoskop ile incelenebildiğini belirtmiştir (10).

Pigmentasyon artışı, Pseudofak, afak, kornea opasiteleri, katarakt ve lens kullanımı gibi durumlarda istenen kalitede görüntü alınamamaktadır. Kullanıcılar arasında optik sinir başının topoğrafik başarısız analiz oranı değişmektedir. Glokomoskop incelemede bir çok pupillanın genişletilmesi gerekir. Optik disk kanamalar tesbit edilemeyebilir. Diğer optik sinir analizi yapan sistemler gibi glokomoskop da kan damarlarının çevresinde farklı değerlerin okunmasına neden olur. Bu büyük ihtimalle kan akışına ve atıma bağlı olarak gelişmektedir.

Glokomoskop, glokomlu gözlerin normal gözlerle karşılaştırıldığında %91 sensitif, %90 spesifiktir (11).

Göreceli olarak glokomun az görülmesi nedeniyle bu spesifite de yeterli değildir. Glokomun teşhisinde glokomoskop ancak diğer yöntemlere objektif bir yardımcı olabilir.

## 6. Fundus fotoğrafı

### a. Stereoskopik optik disk fotoğrafı

Optik disk fotoğrafı klinik değerlendirme için uygundur ve özellikle glokomlu hastalarda optik disk bulgularının kayıt edilmesinde standart teknik olarak kabul edilir (12).

Fotoğraf kalıcı bir kayıt sağlar. Fotoğraf hastanın uyumunu ve uzun rahatsız edici fundus muayenesini gerektirmeden optik diskin detaylı bir şekilde çalışılabilmesine olanak sağlar. Dezavantajı fundus kamerasının pahalı olması ve tecrübeli fotoğrafçı tarafından kullanılması gerektirmesidir. Fundusun görüntülediği bütün tekniklerde olduğu gibi katarakt ve kornea opasiteleri problem teşkil eder.

Optik diskin standart kaydı 3 boyutlu olarak yapılmalıdır. Glokomlu hastalarda optik diskin fotoğrafı düzenli aralıklarla alınması gerekir (13).

Stereoskopik fotoğraf, gerçek 3 boyutlu yada yalancı 3 boyutlu olarak elde edilebilir. Gerçek 3 boyutlu fotoğraf elde etmek için diskin eş zamanlı olarak görüntülerinin alınması gerekir. Bu görüntüler ışın demetini ayıran prizmalar yada eş zamanlı 3 boyutlu kamera kullanarak elde edilebilir.

Yalancı 3 boyutlu görüntü oluşturmak için ardışık görüntüler alınır. Ardışık görüntüler kameranın açısı değiştirilerek elde edilir. Bu kamerayı hareket ettirerek yada Ailen ayırıcı kullanılarak yapılır

Yalancı 3 boyutlu fotoğraf rutin klinik değerlendirme için uygun olmasına rağmen, optik sinir başı ve optik çukurun kantitatif kontur analizi, hacim, derinliğinin ölçülmesi için eş zamanlı gerçek 3 boyutlu fotoğraf çekilmesi gerekir. Yalancı 3 boyutlu görüntüler lateral ölçümleri etkilemezken, derinliğin ölçülmesinde hassas değildir.

### b. Retina sinir lifi tabakası muayenesi ve fotoğrafı

Son çalışmalar da erken glokomotöz akson hasarının zaman içindeki gelişiminin en duyarlı ve güvenilir olarak retina sinir lifi tabakasının incelenmesi ile belirlenebileceği öne sürülmektedir (14)

Oftalmoskop ile beyaz yada yeşil ışık kullanılarak geniş pupilladan sinir lifi tabakası incelenebilir. Geniş slit lamba muayenesi fundusun aydınlatılmasını sağlar. Bu yöntem ile bir çok lokalize retina sinir lifi tabakasının

daki kayıplar gösterilebilir. Geniş sinir lifi kayıplarını slit lamba muayenesi ile göstermek zordur, bu durumda fotoğrafının çekilmesi gerekir. Genel olarak klinik muayene ile tesbit edilen defektler, fotoğraf ile de gösterilebilir.

Mavi- yeşil ışık retina sinir lifi tabakasının arkasına geçemez. Yüzeysel sinir lifi tabakasından kameraya yansır. Retina sinir lifi tabakası bozulmuş alanlardan bu yansıma izlenmez, ışınlar alttaki retina pigment epiteli tarafından tutulur. Retina sinir lifi tabakasının bozulmuş alanları sağlam olan alanlara göre farklı görüntü oluşturur.

Retina sinir lifi tabakasının diğer inceleme yöntemi, beyaz ışık kullanarak renkli filminin çekilmesidir. Daha sonra yeşil filtreler kullanılarak koroid ve derin retina katlarından olan yansımalar önlenerek siyah beyaz filme çekim yapılır. Delori, monokromatik ışık ile sinir liflerinin beyaz ışık kullanıldığı durumlara göre optik diskten 2-3 kez daha uzakta izlendiğini belirtmiştir (15).

### Retina Sinir Lifi Bozukluklarının Değerlendirilmesi

Hastanın Güvenilir takibi için retina sinir lifi tabakasının fotoğrafının çekilmesi gerekir. (16).

Tecrübeli olamayanlar tarafından lokalize bozukluklar atlanabilir, yaygın bozukluklar olduğundan daha az olarak değerlendirilebilir. Normal ve açıkça retina sinir lifi bozukluğu olan diğer gözle karşılaştırılması uygundur. Aynı gözde üst ve alt kadrındaki liflerin karşılaştırmaları yapılmalıdır. Küçük retina kapillerlerinin incelenmesi sinir liflerinin durumu hakkında bilgi verebilir. Sağlıklı gözlerde kan damarları sinir lifleri ile örtülmüştür. Küçük damarlar bulanık olarak görülür. Sinir lifi bozuk alanlarda damar duvarları daha belirgin olarak görülür. İlerlemiş glokomda retina, retina pigment epitelmin reflesimn artması nedeniyle buzlu cam şeklinde görülebilir. Pigmentli gözlerde sinir lifi tabakasının görüntülenmesi zordur. Pupillamn çapı ve ortam opasiteleri de retina sinir lifi tabakasının incelenmesini etkiler. Katarakth gözlerde fundus fotoğrafları gri, bulanık ve büyük damar ağları zor olarak seçilir. Büyük damarların görüntülenemediği durumlarda sinir lifleri hiç görüntülenemeyecektir. Sinir liflerinde total yada subtotal atrofi varsa kameraya az ışık yansır. Fotoğraf daha koyu tekdüze az detay ve damarların sınırları keskin izlenir. Retina sinir lifi incelemesinde yaşa bağlı sinir lifi kayıpları da dikkate alınmalıdır. Yılda yaklaşık 4000 - 5000 sinir lifi kaybı olmaktadır (17). Yaygın sinir lifi kaybı ile yaş arasında ilişki vardır. Lokalize sinir lifi kayıplarında yaş ile ilişki yoktur (18).

### Retina Sinir Lifi Tabakası Fotoğrafları İle Hasta Takibi

Retina sinir lifi analizi için otomatik kantitatif yöntemler henüz araştırma safhasındadır. Glokomun ilenmesinin takibi ve değerlendirilmesinde klasik siyah beyaz sinir lifi tabakası fotoğrafı en hassas yöntem gibi görünmektedir. Bir çok hastada ölçülebilir düzeyde görme alanı kaybı olmadan bir kaç yıl önce retina sinir lifi kaybı izlenmektedir (19).

Glokoma bağlı olarak retina sinir lifi tabakasında oluşan değişiklikler farklı şekilde olabilir. Glokoma bağlı bozukluk yaygın akson kaybı şeklinde başlarsa, gözlerin yansında görülür, sinir lifleri tabakasında da yaygın olarak inceleme ilerleyerek artmaktadır. Gözlerin %40'ında sinir lifi tabakasında yaygın ve lokalize sinir lifi atrofi izlenir. 10 yıllık takiplerde sadece %9 gözde lokalize sinir lifi tabakası atrofisinde büyüme tesbit edilmiştir (20)

### Muayene Metodları İçinde Sinir Lifi Tabakasının Fotoğrafının Rolü

Glokomun tanısını koymada tüm klinik tanı metodlarının kullanılması ve değerlendirilmesi gerekir. Yaş optik ortam, glokomun evresi, optik disk boyutları, diğer gözün durumu göz önüne alınarak her bir muayene yönteminin önemi ve rolü değişebilmektedir. Glokomun tanısı konarken sadece göz içi basıncı ile değil, görme alanı, optik sinir, sinir lifi tabakasının incelenmesi gerekir. Glokom tanısını koymada bu yöntemler de yeterli olamamaktadır (Tablo 1).

Disk kenarında çentiklenmeden şüphelendiğinde retina sinir lifinin incelenmesi yararlı olabilir. Bozukluk varsa kama şeklinde sinir lifi defekti görülür. Sinir lifi tabakası normalse bu şüphe büyük ihtimalle yanlıştır. Optik diskde görünür bir değişiklik olmadan gönüve alanında değişiklikler olabilir. Erken görme alanı kayıpları ve lokalize sinir lifi kayıplarına rağmen küçük optik diskler normal olarak görülebilir (21).

Büyük optik çukura sahip büyük optik diskler normal sinir lifi tabakası ve normal görme alanlarına rağmen yanlılıkla glokom olarak değerlendirilebilir. Görme alanı bozuk,optik sinir ve sinir lifi tabakası sağlam ise görme alanı tekrarlanmalı, glokom dışındaki diğer nedenler de araştırılmalıdır. Retina sinir lifi fotoğrafı glokom taraması için uygun bir araçtır (22).

Retina sinir lifi analizi, subjektif ve tecrübe gerektirdiğinden eleştirilmektedir. Bu optik diskin görünüşünün değerlendirilmesi, otomatik perimetrelerin sonucunun değerlendirilmesi için de geçerli bir görüştür. Retina sinir lifi değerlendirmelerinde araştırmacılar arasında büyük farklılıklar rapor edilmiştir (23).

**Tablo 1.**

Anormal	Normal	Tanı -Tedavi
*RSLT, Optik disk, Görme alanı		<b>Glokom -Tedavi</b>
RSLT. Optik disk	Görme alanı	<b>Erken glokom, Tedavi</b>
RSLT, Görme alanı	Optik disk	<b>Erken glokom, küçük optik disk tipik. Tedavi</b>
Görme alanı (GA)	Optik disk, RSLT	<b>Muhtemel glokom, GA bozan diğer nedenleri araştır</b>
RS LT	Optik disk, Görme alanı	<b>Muhtemel glokom, GA daha hassas yöntemle incele, GA ve disk fotoğrafı ile takip</b>
Optik disk	RSLT, Görme alanı	<b>Glakoma benzer disk ya da disk anomalisi, GA ve disk fotoğrafı ile takip</b>

\*RSLT: Retina sinir lifi tabakası

Retina sinir lifi tabakası incelemesinde bugüne kadar kullanılan klinik yöntemler kalitatif yada yarı kalitatifdir (24).

Sıklıkla güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği tartışmalı sonuçlar verebilmektedir. En sık olarak kullanılan kırmızıdan yoksun fundus fotoğrafında defektlerin saptanması için retina sinir lifi tabakasının kalınlığında %50 azalma oluşması gerektiği histopatolojik olarak gösterilmiştir (25).

Son yıllarda geliştirilen tarayıcı lazer polarimetri ve optik koherans tomografi yöntemleri ile retina sinir lifleri tabakasının kalınlığı ve hacminin kantitatif olarak ölçülmesi dolayısıyla glokomatöz yapısal değişimlerin erken dönemde saptanması ve bu değişimlerin zaman içindeki gelişimin en duyarlı şekilde incelenebilmesi mümkün gibi görünmektedir.

### 7. Tarayıcı lazer polarimetri (Sinir lifleri analiz cihazı)

Retina ganglion hücrelerindeki atrofi klinik muayene ile tesbit edilememekte, indirek olarak yaygın yada kama şeklindeki sinir lifi defekti olarak tesbit edilebilmektedir. Güncel kullanılan teknikler görme alanı kaybı olmadan yapısal değişiklikleri gösterememektedir.

Tarayıcı lazer polarimetri in vivo peripapiller retinal sinir lifi tabakasının kantitatif değerlendirilmesi, optik sinir başının tomografik analizi için kullanılan konfokal tarayıcı oftalmoskopun modifikasyonu ile geliştirilmiş non kontak tanı aracıdır. Tarayıcı lazer polarimetri, konfokal tarayıcı lazer oftalmoskop ve polarimetri (Fourrier elipsometre) içerir (26).

Cihaz polarize ışık yayar, bu ışın retina sinir lifleri tabakasını geçerek derin retina tabakalarından yansır, yansıyan polarize ışın dijitalize edilerek, video görün-

tüsü oluşturulur. Tarayıcı polarimetriden retina yüzeyine yollanan polarize lazer ışını retina sinir liflerindeki yoğun nerotübüllerin paralel yerleşimine bağlı olarak polarize ışında ayrılmaya neden olur ve farklı hızlarda yol alan iki paralel ışın olarak geriye yansır (27).

Sinir lifleri tabakasından dönerken daha yavaş olan ışın hızlı olana göre gecikir, gecikmenin miktarı direk olarak retina sinir lifleri tabakasının kalınlığıyla doğru orantılıdır. Bu gecikme sinir lifleri tabakasının kalınlığının belirlenmesinde kullanılır. 780 nm dalga boyunda lazer ışını kullanılarak 10x10, 15x15 ya da 20x20 derecelik ölçüm alanlarında 256x256 (65000) piksel'lik dijitalize bir görüntü oluşturulmaktadır. Retina sinir liflerinin kalınlığı lateral olarak 20 mikron, derinlik ise 15 mikron çözünürlük derecesinde saptanır. Sinir lifi dağılımı bilgisayar aracılığıyla renklendirilmiş harita şeklinde elde edilebilir. Görüntüleme 0.7 sn, pupila genişletilmesine gerek duyulmaksızın, ortam opasitelerinin varlığında gerçekleştirilebilmektedir. Elde edilen retina sinir lifi tabakası kalınlık ölçümler, histopatolojik ölçümler ile yüksek oranda ilişki gösterdiği in vitro şartlarda gösterilmiştir (28).

Tarayıcı lazer polarimetri ile elde edilen veriler daha önce tesbit edilmiş retina sinir lifi tabakası ölçümleri arasında da ilişki gösterilmiştir. Buna göre peripapiller sinir lifi tabakasının superior ve inferior arkuat bölgelerinde en kaim, optik sinir başından uzaklaştıkça incelmekte, yaşın ilerlemesi ile sinir lifi tabakası incelmektedir (29).

Kan damarları üzerinde sinir lifi tabakası daha ince olarak ölçülür. Cihazın in vivo şartlardaki duyarlılığı, güvenilirliği ve ölçümlerin tekrarlanabilirliğini belirleyebilmek için gerçekleştirilen ön klinik çalışmalarda başarılı sonuçlar rapor edilmektedir (30)

VVaddock, tarayıcı lazer polarimetrenin standardizasyonundan bağımsız olarak anlamlı ölçüde normal ve glokomatöz hastaları ayırt edebildiğini belirtmiştir (31).

### 8. Optik koherans tomografi

Optik esaslara dayalı olarak biyolojik dokuların yüksek çözünürlük seviyesinde görüntülenmesini sağlayan non kontak, non invaziv görüntüleme yöntemidir (32).

Yöntemde düşük koheranslı interferometri ile doku tabakalarından ışık yansımalarının değerlendirilmesi ile in vivo doku kesitlerinin konvansiyonel ultrasonografiden, manyetik rezonans görüntülenme ve kompüterize tomografiden daha yüksek çözünürlüğe sahip olarak görüntülenmesini mümkün kılar.

Optik koherans tomografi, Sinir lifi görüntülenmesi ve direk kantitatif sinir lifi kalınlığı görüntülenebilmektedir (33).

Retina kesiti görüntülenmesi ile fokal sinir lifi atrofini değerlendirilebilmektedir.

Sistem 830 nm dalga boyunda düşük koheranslı bir ışık kaynağına bağlı Michelson interferometri ve fiberoptik eklerden oluşur. İnterferometrenin fiber optik kolundan biri retinanın aydınlatılması, yansıyan ışının toplanması için, diğer fiberoptik kol referans aynaya yansıyan ve dönen ışını taşır. Retinadan ve referans aynadan yansıyan ışınların oluşturduğu girişim sinyalinin taşıdığı ışık gecikme bilgileri dedektör tarafından algılanmakta, demodülatörden geçtikten sonra dijitalize edilerek bilgisayara aktarılmaktadır. Retinanın taranması slit lamba biyomikroskopun aksıyla aynı açıda yerleştirilmiş iki galvanometrik tarayıcı ayna ile gerçekleştirilmekte, eş zamanlı olarak fundus incelenmesi ve görüntülenmesine imkan sağlar. Retinanın indirek görüntüsü 78 D volk lens aracılığıyla elde edilir. Görüntülenmek istenen retina alanında çok sayıda tek boyutlu doğrusal optik yansıma değerlendirilmesi yapılarak iki boyutlu görüntü oluşturulmaktadır. Elde edilen iki boyutlu görüntüler bilgisayar aracılığıyla renklendirilerek retina tabakalarının dolayısı ile retina sinir lifleri tabakasının kalınlığının istenen lokalizasyonda kantitatif olarak değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. 100x500 piksel görüntü 2.5 sn içerisinde hazırlayabilir, görüntüleme esnasında oluşabilen göz hareketlerine bağlı artefaktlar bilgisayar aracılığıyla ortadan kaldırılır. Yaklaşık 13 mikron lateral ve 10 mikron derinlik çözünürlüğü ile elde edilebilen görüntü kalitesini pupil genişliği ve optik ortam opasiteleri etkilememektedir.

Optik koherans tomografi ile normal gözlerde sinir lifi tabakasının en kaim alanı süperior ve inferiorda ve

temporale doğru hafif kaymaktadır. Glokomlu gözlerde optik diskte çukurlaşmaya uyan alanlarda ve görme alanı kaybı olan bölgelerde inceleme görülmektedir (33).

Optik koherans tomografi ile sinir lifi kalınlığı ölçümü, görme alan ölçümleri ile ilişkilidir. Görme alanına uyan fokal sinir lifi tabakası kayıpları optik koherans tomografi ile de gösterilebilmektedir (34).

Optik koherans tomografinin maküler deliklerin, maküler ödemin ve retina dekolmanının tanı ve izleniminde başarılı sonuçları ön çalışmalarda belirtilmiştir (35).

Bu yöntem retina ve maküla dışında korneal kalınlığının ve kurvatürünün, ön kamara derinliğinin ölçülmesinde, ön kamara açısının saptanması ve açıdaki yapıların değerlendirilmesinde, iris yapısının ve lensteki katarakta bağlı değişimlerin incelenmesinde kullanılabilecek hassas bir tanı cihazı olduğu gösterilmiştir (36).

### 9. Renkli dopler ultrasonografi

1892 yılında, göz tansiyonunun glokomdaki tek faktör olmadığı, vasküler faktörlerin de glokomda rolü olduğu belirtilmiştir (37).

Elsching glokomotöz disklerde kapiller yataklarda azalma olduğunu göstermiş, 1930'larda artmış intra oküler basıncın retinal vasküler basıncı ve görme alanlarında azalmaya neden olduğu belirtilmiştir (38).

Duke 1940 yılında eksize ettikleri erken dönem glokomatöz gözlerde retrobulber damarlarda sklerozun varlığını göstermiştir (39). Framingham eye study tarafından yapılan araştırmada %40'dan %60'a kadar glokomlu hastada normal basınç olduğunu belirtmiştir. Bu klasik bilgi olan göz içi basıncının glokoma neden olduğu görüşüne ters düşüğünden glokomun etyolojisinde başda vasküler faktörler olmak üzere diğer nedenleri de araştırmışlardır. Harrey normal tansiyonlu glokomlu hastalarda optik disk flöresansında azalma olduğunu belirtmiştir (40).

Speath düşük tansiyonlu glokomlu ve kronik açık açılı glokomlu hastalara flöresein anjiyografi yaptığında normal tansiyonlu glokom hastalarında lokalize hipoperfüzyon alanları izlenirken kronik açık açılı glokomda lokalize ve yaygın hipo perfüzyon alanları birlikte görülmektedir. Bu da gösterir ki glokomda vasküler değişiklikler olmaktadır (41).

Corbett, 1985 yılında serebral atrofi olan bir hastada normal tansiyonlu glokom tesbit etmiştir. Gözün kanlanması, serebral kanlanma ile sıkı ilişkisi vardır. Normal tansiyonlu glokomlu hastalarda çeşitli serebral bozukluklar tesbit edilmiş, bu hastalarda rastlantı olmayan kadar sık olarak migren hikayesi vardır (42).

Bu beklenmedik bulgu normal tansiyonlu glokomu olan hastalarda iskemik olayların eşlik ettiğini düşündürmüştür. Migren iskemik bir durum ve vazospazm ile takip etmektedir. Primer açık açılı glokom, oküler hipertansiyonlu ve normal tansiyonlu glokomlu hastalar karşılaştırıldığında normal tansiyonlu hastalarda daha sık baş ağrısı şikayeti olduğu belirtilmiştir. Genel olarak yaşlılar arasında baş ağrısı gençler göre daha az oranda görülmesine rağmen normal tansiyonlu glokomlularda baş ağrısı gençlerden daha sık oranda rastlandığı belirtilmiştir (43).

Renkli dopler ultrason kullanılarak oftalmik arterin sistolik ve diastolik kan akım hızı ölçülebilmektedir. Ultrasonların çalışma prensibi ses dalgalarının vücutta hareketine dayanır. Ses dalgası vücutta girdiğinde bir kısmı yansır. Yansıyan ışınlar aynı prop tarafından tekrar toplanır. A skan yada aksiyel skan probdan uzakta olan yapıların uzaklığının basit olarak ölçülmesidir. Oluşturulan ekolar yüksek tepelikler şeklinde görüntü oluşturur. A skan oftalmolojide korneanın ön yüzünden, geriye lensin ön yüzüne ve retinanın ön yüzünün aksiyel uzunluğunun hassas bir şekilde ölçülebilmesini sağlar. B Skan bir grup komşu A skan olarak kabul edilebilir. Burada tepelikler grinin tonları olarak gösterilir.

### Dopler Mekanizması

Hareket eden bir kaynaktan alınan ses dalgalarının frekansdaki değişikliklerdir.

Vücutta kan akımı proba doğru olursa tam bir dopler etki görülür. Akış proba açılı geliyorsa kan akış hızını hassas olarak hesaplamak için açığa göre düzeltme yapılır.

Çoğu renkli dopler ultrasonda , kırmızı prop yönündeki, mavi propdan uzaklaşan akımı gösterir. Dopler görüntüsünde venöz yada arter olarak renk ayırımına göre yapılamaz. Renk sadece kan akım yönünü belirler. Görüntülenen damarın tipi ancak yapının anatomi bilgisine, akış karakterine göre yapana kalmıştır.

### Glokomda Renkli Dopler Ultrasonografi

Glokomda optik diskin anterior optik sinir zarar görmektedir. Glokomlu hastalarda oküler kan akımı özellikle önemlidir.

Optik sinir başının en ön kısmını yüzeyel sinir lifleri oluşturur. Bu fundus muayenesiyle görülebilen alan diskte birleşerek optik siniri oluşturur. Bu alan ve ganglion hücreleri primer olarak santral retinal arterin dallan tarafından beslenir. Silioretinal arter varsa optik sinir başının temporalinin kanlanmasına katkıda bulunabilir.

Glokomotöz optik neuropatide de santral retinal arter ve kısa posterior silier arter beslenme, oksijen ve atıkların atılmasında en önemli kaynaktır. Damarların kan akım hızının ve rezistif indeksinin ölçülebilmesi çok önemli bilgiler sağlar. Gözün bu önemli damarlarının kaynağı oftalmik arterdir. Oftalmik arter internal karotit arterin tek ekstra kranial dalıdır. Oftalmik arter, santral retinal arterin ve kısa posterior silier arterin ve göz küresini besleyen diğer damarların kaynağıdır. Posterior silier arter, temporal ve nazal posterior silier arterlere ayrılır. Renkli dopler ultrasonografi ile oftalmik arterin kan akım hızı değerlendirilebilir. Oftalmik arterin kan akım hızı beslediği damarlardaki direnç hakkında da bilgi verir. Bu damarlar glokoma bağlı zarar gören alanlara da kan sağlar (44).

### Renkli Dopler Ultrasonografinin Uygulanması

Veriler retrobülber arterlere direk ultrason muayenesi ile elde edilir. Ultrasonografi jeli proba uygulanır. Prop nazik bir şekilde kapalı göze uygulanır. En az 5Mhz (tercihan 7 + mhz) renkli dopler ultrason ile oftalmik arterin, santral retinal arterin nazal ve temporal posterior silier arterin optik diske retrolaminer bölgeden girerken hızı ölçülebilmektedir. Damarların hızlarının profili çıkarılırken çoğu ultrason kan akış hızına uygun frekansta ses verir. Her bir arter kendisine has ses ve dalga boyuna sahiptir.

Renkli dopler ultrasondan elde edilen veriler dalga formlarından okunur. En büyük sistolik pik noktaya sahip olan dalga formu pik sistolik hız (PSV) olarak değerlendirilir. En düşük düzeydeki end diastolik hız, end diastolik hız (EDV) olarak belirlenir. Bu iki basit değer ile bir çok bilgi verir.

$$RI(\text{Rezistif indeks}) = \frac{PSV - EDV}{PSV}$$

$$PI(\text{Pulsatil indeks}) = \frac{PSV - EDV}{MV}$$

Pulsatil indeksde ortalama hız kullanıldığından, daha değerli bilgiler verdiği söylenir. Ortalama hız tüm kardiyak dolaşım boyunca hızların hesaplanmasını gerektirir.

Resistif indeks sıfır ise hız atımlı değildir. Rezistif indeks 1 ise hız sadece atımlıdır. Rezistif indeks ölçüm noktasının distalindeki direnci gösterir. Damar yatağının direncinde olan değişiklikler rezistif indeksde değişiklikler olarak kendisini gösterir.

Renkli dopler ultrasonografi ile normotansif glokomlularda oftalmik arterde vazospazm gösterilmiş, bu akıma karşı direnç oluşturmakta, akım oranım düşürmektedir. Normal gözlerde bu duruma rastlanmaz iken her iki gruba vazodilatör verildiğinde gruplar arasında farkın kayıp olduğu belirtilmiştir.

### 10. Tarayıcı lazer dopler flovmetri sistemi (Heidelberg retinal flovmetri)

Heidelberg retinal flovmetrie, konfokal tarayıcı lazer sistemin ve lazer dopler flovmetrenin birleşimidir. Heidelberg retinal flovmetre non invaziv olarak optik diskin ve retinanın perfüzyonun 2 boyutlu görüntüsünün elde edilmesini sağlar. İnfra- red lazer kullanılarak retina ve optik disk 2 boyutlu olarak taranır. Heidelberg retinal flovmetre damarsal yapıların dopler etkisini tesbit eder. Işın hareket eden kan hücrelerine çarpar, yansıyan ışının dopler etkisi tesbit edilir. Heidelberg retinal flovmetre ile 2000 Hz band genişliği ile 0.78 mm/sn'e kadar akım hızını tesbit edebilir. Bu hızın kısıtlayıcı etkisi nedeniyle Heidelberg retinal flovmetri kapiller yatağın ölçümünde kullanımı kısıtlıdır. Tarayıcı lazer oftalmoskop ile elde edilen kapiller hızlar, heidelberg retinal flovmetrinin ölçüm yapabildiği hızlardan daha fazladır.

Heidelberg retinal flovmetre, çeşitli hızlarda hareket eden kan miktarını hesaplayabilir. 400 mikronluk doku dilimleri içerisinde kan akım hızlarını hesaplayabilir. Diğer lazer flovmetrilerin aksine tek bir noktadan akımı ölçmektedir. Akış haritası çıkarılabilir. Bu harita 2560 dan 640 mikrona kadar retinal dokunun görüntüsünden oluşur. Dijital bir prop kullanarak ya da harita üzerinden herhangi bir noktadan örnek penceresi açarak bu alandaki akım hızı elde edilebilir. Örnekler bir kaç yerden alınarak ortalama akım değeri de hesaplanabilir.

Chung ve Harris, heidelberg retinal flovmetre ile normal tansiyonlu glokom hastalarda peripapiller retina-da kan akımının düşmesiyle karakterize olduğunu ve normal tansiyonlu glokomun gelişmesinde kan akımı azalmasının etkili olabileceği belirtilmiştir. (45).

### 11. Tarayıcı konfokal lazer tomografik anjiyografi

*(Dijital floresein ve indosiyenin green anjiyografi)*

Optik sinir başının kanlanması karışıktır. En yüzeysel kısmı retina damarları besler. Prelaminer bölge peripapiller ve koroid ve kısa posterior silier arterler, laminer bölge kısa posterior silier arterden beslenir (46).

Çeşitli araştırmacılar glokomda floresein anjiyografide yüzeysel ve peripapiller retina damarlarında dolma defektleri bildirmişlerdir (47).

Bu defektlerin görme alanları ile uyumlu olduğu belirtilmiştir (48). Klasik floresein anjiyografide glakomatöz optik sinir başının dolmasında bozukluk oranının arttığı gösterilmiştir (49). Dolma defektlerinin diskin süperior ve inferior kutuplarında lokalize olduğu izlenir. Defektlerin çukurluğun duvarına yerleştiği, görme alanı defektinin şiddeti ile floresein anjiyografide görülen defektlerin boyutu arasında ilişki olduğu durumlarda de-

fektlerin glokoma spesifik olduğu belirtilebilir (50). Ayrıca akson kaybı ve vasküler hasar arasındaki ilişki, floresein dolma defekti ile sinir lifi tabakası kaybı arasındaki uyum ile desteklenir (51).

Klasik floresein anjiyografi ile daha derin alanlar olan lamina kiproza gibi bölgelerin optik sinir başından ve retina pigment epitelinden floreseinin girişinin kısıtlı olması nedeni ile hassas ölçüm yapılmasını engeller. Tarayıcı lazer oftalmoskoplar kullanarak, videofloresein anjiyografinin dijital görüntü analizi yapılabilmektedir. Bu teknoloji sayesinde videokayıtlar dijitalize edilip kapiller kan akım hızları hesaplanabilmiştir (52).

İndosiyenin green anjiyografi kullanıldığında koroid daha iyi görüntülenmekte, hasta tarafından daha iyi tolare edilmektedir. İndosiyenin green boyası floreseine göre koroidin damarsal yapısını incelemede daha üstündür. Bunun nedeni infra red dalga boyunda ışın salınması ve pigment epitelinden daha iyi geçebilmesidir (53).

Konfokal tomografi teknolojisi ve indosiyenin green anjiyografideki ilerlemeler birleştirilerek lamina kripnozayı içine alacak şekilde optik sinir başının daha derin damarsal yapısının görüntülenmesi mümkün olmuştur (54).

Bu teknolojiler Heilderberg retinal anjiyografi aletinde birleştirilmiştir. Heilderberg retinal anjiyografi tarayıcı konfokal lazer sistemini kullanır. Dijital floresein anjiyografi ve indosiyenin green anjiyografik görüntüler 3 boyutlu olarak elde edilir. Argon iyon lazer (dalga boyu 488nm) floresein anjiyografi, infared diod lazer (795 dalga boyu) indosiyenin green anjiyografi için kullanılmaktadır. Sistem 3 mm'lik bir aydınlatma açıklığı kullanır. Pupillası büyütülmemiş gözlerden de görüntü oluşturabilir. Konfokal lazer sistemi yüksek çözünürlüğe sahip ve bu yüksek çözünürlük optik aksa paraleldir. Odaklanmış alanın dışından gelen ışınlar ve ışın saçılmaları etkili bir şekilde bastırılır. Odaklanmış alandan gelen ışınlar görüntüyü oluşturur. Konfokal teknik ile 3 boyutlu, yüksek-kontrastlı görüntü kalitesi oluşturulur. Heidelberg retinal anjiyografi, floresein anjiyografik veya indosiyenin green anjiyografik görüntüler oluşturabilir. Çeşitli odak planlarından tek anjiyografik görüntüler ya da seri görüntüler elde edilebilir. Görüntüler dijitalize edilir. 256x256 ya da 512x512 çerçevesinde gerçek zamanlı resim elamanları ile 8 bitlik çözünürlük yoğunluğunda görüntüler oluşturur. Daha sonra bilgisayar hard disklerinde bilgiler depolanır.

Derin ve yüzeysel kan damarları ayrı ayrı incelenbilmesine rağmen normal disklerin floresans yoğunlukları ve görünüşleri arasında farklılıklar tesbit edilmiştir. Optik sinir rim duvarında yaygın mikrovasküler doluş ve rimin kendisinde dolma defek-

tinin görülmemesi bütün normal optik sinir başların ortak bulgusudur. İleri glokom nedeniyle absöly zarar görmüş optik sinirlerde oftalmoskop ile aynı bulgular görülmesine rağmen konfokal tomografik anjiyografi daha derin vasküler yapıların incelenmesine olanak sağlar. Bazı son dönem glokom hastalarında oftalmoskopik görüntüde vasküler yapının izlenmesine rağmen optik sinir başının çukurluğu boyunca indosiyanın green anjiyografik floresansı izlenmemiştir. Laminer düzeyde kök damarlanma görülürken, mikrovasküler ağaçlanma izlenmemektedir. Bu da kapiller sistemin glokomun patogenezinde ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Konfokal tomografik anjiyografi optik sinir başının lokalize iskemik bölgelerini incelemek için kullanılabilir. Sektöryel disk değişiklikleri olan hastalarda, indosiyanın green floresansının olmaması (kanlanmanın bozulduğu) ile görme alanı defektleri arasında ilişki görülmüştür, ilginç olan süperior ve inferior çukurlaşması ve buna uyan görme alanı defektleri olan çeşitli hastalarda diskin yüzeyel katları kadar derin katlarında da indosiyanın green anjiyografisinin floresansı izlenmemiştir. Optik sinir başının zarar görmüş bölgede kan damarlarının gösterildiğinde hiç ya da az görme alanı kaybı eşlik ettiği görülmüştür. Bu da gösterir ki konfokal tomografik anjiyografi glokomun prognozunun değerlendirilmesinde çok önemli bir yeri olacağı gibi görünmektedir.

Tünel görmesi olan hastalarda konfokal tomografik anjiyografi ile midtemporal bölgede perfüzyonun olduğu gösterilmiş bu da ciddi olarak zarar görmüş bir diskte santral görmeyi açıklamaktadır. Diğer ilginç tomografik bulgu trabekülektomi yapılmış gözlerde diskin alt temporal bölgesinde derin damarlarda yeni perfüzyon alanlarının gösterilmesidir. Bu hastada tedaviye rağmen göz içi basınç 36 mmHg'lerde seyretmektedir. Lamina kriprozoda arkaya yer değişikliğine ve çekintilere neden olmuştur. Trabekülektomi sonrası göz içi basınç 4 mmHg'e kadar azaltılmış, lamina kriproza tekrar öne gelmiş ve komşu damarlar üzerindeki basınç ortadan kalkmıştır. Bu hastanın tarayıcı konfokal lazer oftalmoskop ile ameliyat öncesi çukurluk derinliği 0.248 mm, trabekülektomi sonrası bu 0.125 mm'ye düştüğü görülmüştür. Bu da lamina kriprozanın öne hareketinin bir göstergesidir (55).

Fakat çoğu bu tür hastalarda trabekülektomi sonrası reperfüzyonun oluşmadığı görülmüştür. Bu olayın kronikliği, optik sinirin zararlanması ile ilişkili olduğu görülmüştür.

Konfokal tomografik anjiyografi ile glokomlu disklerde ilginç bulguların elde edilmesine rağmen yeni gelişen bir cihazdır. Yeni değişiklikler ve gelişmeler

gerektirmektedir. Önemli problemlerden birisi laminer ve prelaminer bölgeler ile her bir düzlemi kesin değerlerle ilişkilendirmektir. Günümüzde kullanılan Heilderberg retinal anjiyografi ile konfokal tomografi görüntüleri 3 boyutlu floresan görüntüleri haline döndürülemez. Bu yüzden bazı gözlerde disk damarlarının floresansın konumu ve yoğunluğunun analizinde güçlükler ile karşılaşmaktadır.

Konfokal tomografik anjiyografi optik sinir başının derin ve yüzeyel damarlarının değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Konfokal tomografik anjiyografi glokomotöz optik sinirin kanlanması değerlendirilmede önemli bir araç olacaktır.

## 12. Manyetik rezonans görüntüleme sistemi

Manyetik rezonans görüntülemenin esası, özel radyofrekansdaki atımların dokuda enerji transferi oluşturması. Emilen enerjinin hidrojen çekirdeğinin yerleşimini geçici olarak bozmasıdır. Çekirdeğin sahip olduğu dönme ve manyetik vektöründe değişiklik uyarılır. Radyofrekans kapatıldığında çekirdek tekrar sabit duruma döner. Manyetik alanda değişen radyofrekansda sinyaller oluşur. Optik sinir glioması, multible sklerozda beyaz cevherde plakların gösterilmesinde, optik nevrit vb durumlarda bütün diğer teknikler normal olsa dahi manyetik rezonans görüntüleme ile ayırım yapılabilir.

Manyetik görüntüleme sistemi damarların anjiyografik görüntülenmesi amacıyla kullanılabilir. 1980 sonlarında manyetik rezonans görüntüleme sistemi anjiyografi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Vücudun vasküler yapısının non invaziv olarak değerlendirilebilmesine olanak sağlamıştır.

Manyetik rezonans görüntüleme sisteminde kontrast maddeye ihtiyaç yoktur. Çünkü görüntülenen hareket eden protonlardır. İntravenöz gadolinium küçük arter ve venleri görünür hale getirmek amacıyla kullanılabilir. Yavaş akımları olan küçük damarların yetersiz sinyale bağlı görüntüleme zorlukları olabilmektedir.

Manyetik rezonans anjiyografi tekniği yaygın olarak intrakranial arterlerin ve de özellikle oftalmik arterlerin iyi görüntülenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Oftalmik arterin anatomisi, kan akımının yönü, hızı ve hacmi manyetik rezonans anjiyografik teknik ile değerlendirilebilir. Renkli dopler görüntüleme de tüm oftalmik arter boyunca 3 boyutlu görüntülenmesinde bazı engeller vardır. Manyetik rezonans görüntüleme oftalmik arter, karotit arter birleşimi ve oftalmik arter kan akım oranı tesbitinde yararlıdır. Manyetik rezonans anjiyografi ile kan akımı ve akış dinamiğinin ölçülmesini sağlar. Gadolinium -DTPA kullanılarak yapılan bir araştırmada görme alanı kaybı olan 7 hastadan 6 sında (%86) oftalmik arter hastalığına bağlı olabileceği belirtilmiş,

klirik olarak orbital manyetik rezonans anjiyografide kan akımın azaldığı veya olmadığı gösterilmiştir (56).

Manyetik rezonans anjiyografik görüntüleme sistemi, kontrast anjiyografi gib basit bir şekilde vasküler anatominin gösterilmesi yanında akan protonlardan fizyolojik bilgiler de verir. Örneğin kontrast anjiyografinin aksine anevrizma, ülserasyon, plak oluşumlarında akım yavaşlamasına bağlı olarak sinyalin kaybolmasına neden olur. Düzensiz damar duvarlarında akım laminer değildir bu da sinyal kaybına neden olur yanlışlıkla vasküler sienoz ve anevrizmaları olduğundan daha küçük görüntülenmesine neden olur. Kontrast anjiyografide boya enjeksiyondan itibaren zaman içinde değişiklikler şeklinde kendisini gösterir. Tıkanıklık olan bölgeleri iyi bir şekilde gösterir. Standart manyetik rezonans anjiyografi bunu gösteremez. Bu amaçla yeni teknikler geliştirilmiştir. Bu sayede kollateral dolaşımın manyetik rezonans görüntüleme yöntemi ile görüntülenmesi sağlanmıştır.

Manyetik rezonans görüntülemenin avantajı non invaziv olması verilerin etraf dokuları referans olarak kontrast anjiyografiden daha hızlı olarak değerlendirilebilmesini sağlar. Manyetik rezonans anjiyografik görüntüleme dakikalar içinde elde edilebilir. Akım özellikleri hakkında bilgi verir. Tüm vasküler yapı hakkında bilgi verir.

#### KAYNAKLAR

1. Helmutz H. Beschreibung eines Augenspiels zur Untersuchung der Netzhaut in lebenden Augi. Berlin: A Forstner, 1851.
2. Spaeth GL. Discussion of optic disc hemorage in glaucoma. *Ophthalmology* 1986; 93:857.
3. Shields MB, Tiedeman JS. Binoküler ophthalmoskopik techniques for evaluation of the optic nerve head. In: Varma R, Spaeth GL, eds. *The optic nerve in glaucoma*. Philadelphia: JB Lippincott, 1993.
4. Kruse FE. Reproducibility of topographic measurements of the optic nerve head with laser scanning. *Ophthalmology* 1989; 96:1320-24.
5. Woolf WH, Confocal imaging of the fundus using a scanning laser ophthalmoscope. *Br J Ophthalmol* 1992; 76: 470-4.
6. Zangwill L. Agreement between clinician and a confocal scanning laser ophthalmoscope in estimating cup (disc ratio). *Am J Ophthalmol* 1995; 119 :415-21.
7. Zangwill L. Optic nerve topography in ocular hypertensive eyes using confocal scanning laser ophthalmoscopy. *Am J Ophthalmol*, In Press.
8. Tsai C. Ethnic difference in optic nerve head topography. *J Glaucoma* 1995; 4:248-57.
9. Holm O, Krauke CET. A Photographic method for measuring the volume of papillary exavations. *Ann Ophthalmol* 1970, 1:327-32.
10. Dan JA. The accuracy of topographic measurements with the Glaucoma- Scobe. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1995; 36: 970.
11. Gunderson KG. Sensitivity and specificity of structural optic disc parameters in chronic glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand* 1995; 73 :1-6.
12. Hitchings RA. Optic disc photographs. In Varma R, Spaeth GL, eds. *The optic nerve in glaucoma*, Philadelphia: JB Lippincott, 1993.
13. Odberg T. Early diagnosis of glaucoma: The value of successive stereophotography of the optic disc. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1985; 63:257.
14. Wang F. Screening for glaucoma in a medical clinic with photographs of nerve fiber layer. *Arch Ophthalmol* 1994; 112:796-800.
15. Delori FC. Monochromatic ophthalmoscopy and fundus photography: the normal fundus. *Arch Ophthalmol* 1977; 95:861.
16. Airaksinen PJ. Retinal nerve fiber layer photography in glaucoma. *Ophthalmology* 1985; 92:877.
17. Mikelberg FS. The normal human optic nerve: Axon count and axon diameter distribution. *Ophthalmology* 1989; 96:1325.
18. Lachenmayr BJ. Diffuse nerve fiber loss and central visual function in glaucoma. *J Glaucoma* 1992; 1:32.
19. Tuulen A. Asymtomatic minioclusions of the optic veins in glaucoma, *Arch Ophthalmol* 1989; 107: 1475.
20. Tuulen A. Initial glaucomatous optic disc and retinal nerve fiber layer abnormalities and their progression. *Am J Ophthalmol* 1991; 11: 485.
21. Tuulonen A. Nerve fiber layer defects with normal visual field indicate absence of glaucomatous abnormality. *Ophthalmology* 1993; 100:587.
22. Tuulone A. Screening for glaucoma with a mydriatic fundus camara, *Acta Ophthalmol* 1990; 68: 445.
23. Sommer A. Evaluation of nerve fiber layer assessment. *Arch Ophthalmol* 1984; 102: 1766.
24. Voght A. Die nervenfaserstreifung der menschlichen streifenformen reflexes, *Klin Monatsbl Augenheik* 1917; 58:399.
25. Quinley HA. Quantitative studies of retinal nerve fiber layer defects. *Arch Ophthalmol* 1982; 100: 807-14.
26. Zangwill L. Properties of the retinal nerve fiber layer estimates obtained by scanning laser polarimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994; 35: 1343.
27. Dreher AW. Spatially resolved biferigence of the retinal nerve fiber layer assessed with a retinal elipsometer. *Appl Oph* 1992; 31:3730- 35.
28. Weinreb RN. Histopathologic validation of Fourier- elipsometry measurements of retinal nerve fiber layer thickness. *Arch Ophthalmol* 1990; 108:557-60.
29. Jonas JB. Human optic nerve fiber count and optic disc size. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992; 33: 2012- 18.

30. Morsman CD. Reproducibility of retinal nerve fiber layer thickness measurement by scanning laser polarimetry and correlation with red free photography in normal eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1993; 34:1507.
31. Waldock A. Clinical evaluation of scanning laser polarimetry: 11 polar profile shape analysis. *Br J Ophthalmol* 1998; 82:260-6.
32. Swanson HA. High-speed optical coherence domain reflectometry. *Opt Lett* 1992; 17:151-3.
33. Schuaman JS. Quantification of nerve fiber layer thickness in normal and glaucomatous eyes using optical coherence tomography: a pilot study. *Arch Ophthalmol* 1995; 113: 586-96.
34. PicT0th L. Evaluation of focal defects in the nerve fiber layer using optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1996; 37 (Stipp) 1094.
35. Pullafito CA. Imaging of macular disease with optical coherence tomograph. *Ophthalmology* 1995; 102:217-29.
36. Izaatt JA. Micrometer- scale resolution imaging of the anterior eye in vivo with optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol* 1994; 112:1584-89.
37. Wageman A. Anatomische Untersuchungen über einseitige Retinitis Haemorrhagica mit secundar - Glaucom nebst mittheilungen über dabei beobachtete hypopyon-keratitis. *Arch Fur Ophthalmologie* 1892; 38:213.
38. Reese AB. Relation of field contraction to blood pressure in chronic primary glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1942; 27:845-50.
39. Duke Elder S. Primary glaucoma as a vascular disease. *Ulster Med J* 1953; 221 :1.
40. Harrey SS. Flôresein fundus photography in glaucoma. *Am I Ophthalmol* 1967; 63: 982-9.
41. Hitchings RA, Spaeth GL. Flôresein angiography in chronic simple and normal tension glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1977; 62(20): 126-32.
42. Corbett JJ. The neurologic evaluation of patients with low-tension glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985; 26:1101-04.
43. Phelps CD. Migrane and lowtension glaucoma. A case control study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985; 26: 1105-08.
44. Harris A. Test/retest reproducibility of color Doppler imaging assessment of blood flow velocity in orbital vessels. *J Glaucoma* 1995;4:281-6.
45. Chung HS, Harris A . Peripapillary retinal blood flow in normal tension glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1999; 83: 466-9.
46. Sugiyama K. Optic nerve and peripapillary choroidal microvasculature in primate. *J Glaucoma* 1994; 3(suppl): 45-54.
47. Fishbein SL. Optic disc in glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1977; 95:1975.
48. Namba K. Floresein angiografte defects of the optic disc in glaucomatous visual field loss. In: Greve EL, Heijl A eds.
49. Spaeth GI. The pathogenesis of nerve damage in glaucoma: Contribution of floresein angiography. New York: Grune & Stratton; 1977.
50. Adam G. Increased floresein filling defects in the wall of the optic disc cup in glaucoma. *Arch Ophthalmol* 1980; 98:1590.
51. Nanba K. Nerve fiber layer and optic disc floresein defects in glaucoma and ocular hypertension. *Ophthalmology* 1988; 95:1227.
52. Cantor LB. Measurement of superficial ONH capillary blood velocities by scanning laser floresein angiography. *J Glaucoma* 1994; 3(Suppl): 61-3.
53. Flower RW. A clinical apparatus for simultaneous angiography of the separate retinal and choroidal circulation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1973; 12:248-61.
54. Weinreb RN. Angiography of the glaucomatous optic nerve head. *J Glaucoma* 1994; 3(Suppl.):55-60.
55. Schman, Joel S. Imaging in glaucoma, published by SLACK incorporated 1997.
56. Kokinakis DJ. Evaluation of ophthalmic arteries is possible using MRA. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1993; 34 (suppl): 1123.