

Glokomda Ön Segment Görüntüleme Yöntemleri

Anterior Segment Imaging Techniques in Glaucoma

M. Sinan SARICAOĞLU¹, E. Esra KARACA²

ÖZ

Glokom olgularında ön segmentin ve ön kamara açısının değerlendirilmesi oftalmolojik muayenenin önemli bir parçasıdır. Bu amaçla klinisyenler tarafından sıklıkla biyomikroskopi ve gonyoskopi kullanılmaktadır. Ancak korneal saydamlığın ortadan kalması, ön kamaraya ait patolojiler, plato iris konfigürasyonu, açı kapanmasını tetikleyen farklı mekanizmalara ait nedenlerin açığa çıkarılmasında bu teknikler yetersiz kalabilir. Bu gibi klinik durumlarda aydınlatıcı olabilecek görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç vardır. Makalede ön kamaranın kalitatif ve kantitatif incelenmesini mümkün kılan ön segment ve slit lamp optik koherens tomografi (ÖS-OKT, SL-OKT), ultrason biyomikroskopisi (UBM), Pentacam Scheimpflug fotoğrafı ve tarayıcı periferik ön kamara derinlik analizörü (TPÖKDA) etraflıca irdelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Glokom, ön segment görüntüleme yöntemleri, optik koherens tomografi, ultrason biyomikroskopisi, Scheimpflug fotoğrafı, Pentacam, tarayıcı periferik ön kamara derinlik analizörü.

ABSTRACT

Evaluation of anterior segment and angle in glaucoma are important parts of the ophthalmologic examination. For this purpose, the clinicians use the biomicroscopy and gonioscopy frequently. However, these techniques may be insufficient to explain the different mechanisms that trigger the angle closure by disappeared corneal transparency, pathologies of the anterior chamber, the plateau iris configuration. In such clinical cases, informative imaging methods should be considered. In this article slit lamp optical coherence tomography (AS-OCT, SL-OCT), ultrasound biomicroscopy (UBM), Pentacam Scheimpflug photography and scanning peripheral anterior chamber depth analyser (SPACDA) which are applied for qualitative and quantitative examination of anterior chamber will be reviewed.

Key Words: Glaucoma, anterior segment imaging techniques, optic coherence tomography, ultrasound biomicroscopy, Scheimpflug photography, Pentacam, scanning peripheral anterior chamber depth analyser.

GİRİŞ

Ön segmentin incelenmesi oftalmolojik muayenenin önemli bir parçası olup; glokom olgularının tanı ve takibinde de yadsınamaz bir yere sahiptir.¹ Biyomikroskopi ve gonyoskopi bu amaçla en sık kullanılan muayene yöntemleridir. Ön kamara açısının değerlendirilmesinde gonyoskopi önemli katkı sağlasa da, subjektif bir muayene metodu olarak klinisyenler arasında varyasyonlar gösterebilme dezavantajı vardır. Muayene sırasında korneaya uygulanacak basınç ve ışık miktarının düzeyi sonuçları önemli ölçüde etkileyerek açının olduğundan daha geniş saptanmasına neden olabilir.^{2,3} Bununla birlikte korneal kesafet yada ödeme bağlı olarak saydamlığın yitirildiği olgularda teknik olarak uygulanamaz. Glokom açısından bakıldığında pupil bloğu, plato iris gibi özel durumlar, farklı mekanizmalarla gelişen açı kapanması tablolarında yararı sınırlı kalabilmektedir. Yine glokom olgularına uygulanacak lazer girişimlerinin (iridotomi, iridoplasti gibi) etkinliği ve takibinde de sorunlarla karşılaşılabilir. Bu noktadan yola çıkılarak ön segmentin kalitatif ve kantitatif detaylı bir şekilde incelenebilmesi için teknolojik cihazlar geliştirilmiştir.^{4,5} Bu cihazların birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte, klinik uygulamada hastaların tanı ve takiplerinde önemli katkı sağladıkları çalışmalarla gösterilmiştir. Makalede bu amaçla kullanılan ön segment ve slit lamp optik koherens tomografi (ÖS-OKT, SL-OKT), ultrason biyomikroskopisi (UBM), Pentacam Scheimpflug tarayıcısı ve Tarayıcı periferik ön kamara derinlik analizörü (TPÖKDA) cihazları etraflıca irdelenecektir.

- 1- M.D. Associate Professor, Numune Training and Reseach Hospital, 3rd Eye Clinic, Ankara/TURKEY
SARICAOĞLU M.S., msinansarica@yahoo.com
- 2- M.D. Gazi University, Faculty of Medicine, Ophthalmology Department, Ankara/TURKEY
KARACA E.E., emineesra@yahoo.com

Geliş Tarihi - Received: 03.03.2014
Kabul Tarihi - Accepted: 05.03.2014
Glo-Kat 2014;9:1-8

Yazışma Adresi / Correspondence Address: M.D. Associate Professor,
M. Sinan SARICAOĞLU
Numune Training and Reseach Hospital, 3rd Eye Clinic, Ankara/TURKEY

Phone: +90 507 313 67 43
E-Mail: msaricaoglu@yahoo.com

ÖN SEGMENT OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ (ÖS-OKT)

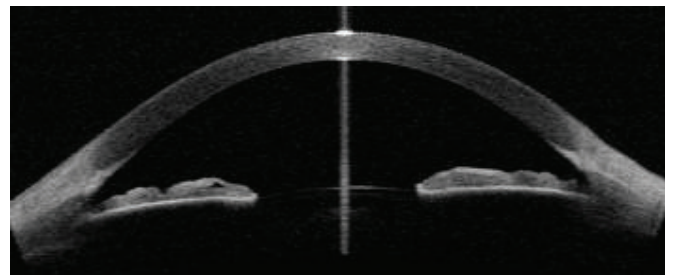
ÖS-OKT ön kamara açısını görüntülemeye yardımcı, yeni ve gelişmeye devam etmekte olan bir teknolojidir. ÖS-OKT doku derinliğini değerlendirmek için ses yerine ışık kullanan bir ultrason analogudur. Bu yöntem düşük koherens interferometri ile dokuların in vivo kesitsel görüntülenmesine yardımcı olur. Derinlik bilgisi Michelson tipi interferometre kullanılarak, ışığın dokuya yönlendirildikten sonra dokudan yansıma zamanı ve yoğunluğunun önceden belirlenen referanslarla karşılaştırılması ile saptanır.⁶ ÖS-OKT, 830 nm dalga boyunda ışık kullanan retinal optik koherens tomografi (OKT) teknolojisinden geliştirilmiştir.¹ Retinayı görüntülemeye yarayan OKT, skleral penetrasyonu düşük olduğundan ön segment yapılarını ve açıyı görüntülemeye yetersiz kalır. Bu nedenle ön segment görüntülenmesinde 1300 nm dalga boyu ışık kullanan OKT'ler kullanılmaktadır. Böylece ışığın sklera ve limbustan saçılma miktarı azaltılmakta ve kornea, iris, ön kamara, açı ve lensin detaylı görüntülenmesi mümkün olmaktadır.²

Günümüzde kullanılan iki farklı ÖS-OKT cihazı vardır. Bunlar; slit-lamp OKT (SL-OKT, Heidelberg Engineering, GmbH, Dossenheim, Germany) ve Visante OKT (Carls Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA)'dir. SL-OKT klinik pratikte zaman kazanmak amacıyla slit-lamba biyomikroskop sistemiyle birleştirilmiş non-kontakt bir optik sistemdir. Dikey eksen dışındaki meridyenlerden görüntü elde etmek için tarayıcı ışığın manuel rotasyonu gerektiğinden biyomikroskop tecrübesi olmayan teknisyenlerce kullanımı zor olabilmektedir. Bu nedenle kullanıcı tecrübesi gerektirmektedir. SL-OKT'nin yatay düzlemde çözünürlüğü 20-100 µ, dikey düzlemde ise çözünürlüğü 25 µ'dur. Visante OKT yatay düzlemde 60 µ, dikey düzlemde 18 µ çözünürlüğe sahip, saniyede 2000 A-mod tarama hızıyla harekete bağlı artefaktın en aza indirildiği non-kontakt bir sistemdir. Ön segmenti 6 mm derinlik ve 16 mm genişlikte tarayabilmekte ve SL-OKT'nin aksine fazla tecrübe gerektirmemektedir.

ÖS-OKT'nin en önemli avatajı hızlı ve kolay görüntü elde edilmesidir (Resim 1). Ayrıca görüntü alınması esnasında göze temas gerektirmemesi, istenmeden yapılabilecek görüntü bozulmalarını önler. Her iki OKT tekniğinde de ölçümler arası tekrarlanabilirlik oldukça yüksek bulunmuştur.⁷ Görüntüleme esnasında göze temas gerekmemesi ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası erken dönemde enfeksiyon endişesi olmaksızın uygulanmasını sağlar. Açık açılı ve açı kapanması olan olgularda ön kamara açısını ve çevresindeki yapıların niteliksel analizi ÖS-OKT ile yapılabilir. Niteliksel olarak açı kapanması irisin skleral mahmuza konumuna göre değerlendirilir. İris skleral mahmuzun arkasında ise açı açık, önünde ise açı dar veya kapalıdır.

Yapılan bazı çalışmalarda gonyoskopi ile karşılaştırıldığında özellikle üst ve alt kadranlarda açı kapanmasının ÖS-OKT ile daha iyi tespit edildiği görülmüştür.^{8,9} ÖS-OKT lazer iridotomi sonrasında irisin ve açının konfigürasyonunu değerlendirmeye de yardımcı olur.¹⁰ Ön kamara açısının niceliksel ölçümü ÖS-OKT ve ultrason biyomikroskopi (UBM) ile yapılabilir, ancak doğru tanımlama için diğer parametreler ölçülmeden önce skleral mahmuzun doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir.¹¹⁻¹³ Niceliksel olarak açı açılım mesafesi, açı resesyonu bölgesi, iris ve trabeküler ağ temas uzunluğu gibi pek çok parametre değerlendirilebilir.¹⁴ ÖS-OKT ile yapılan ölçümlerin %72'sinde skleral mahmuzun yeri başarılı olarak belirlenmiştir.⁹ Skleral mahmuzun görüntülenmesi nazal ve temporal kadranlara göre üst ve alt kadranlarda daha zor olmaktadır. Anatomik olarak dar açı ÖS-OKT ile hem niteliksel hem de niceliksel olarak tanımlanabilir. Radhakrishnan ve ark.,¹⁵ 31 normal ve dar açılı gözü ÖS-OKT ve UBM ile değerlendirmiş ve her iki cihazda açı açılım mesafesi, açı resesyon alanı, iris ve trabeküler temas uzunluğuna dair benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca dar açılı olgularda gonyoskopiye göre daha yüksek sensitivite ve spesifisitesi olan sonuçlar elde edilmiştir. Nolan ve ark.,⁸ açı kapanmasını ÖS-OKT ile gonyoskopiye göre daha yüksek duyarlılıkta saptamışlardır. Dar açılı olgularda lazer iridotomi sonrası açıda genişleme hem niteliksel hem de niceliksel olarak gösterilmiştir.¹⁰

ÖS-OKT sekonder açı kapanmasının bazı tiplerinde patolojiyi belirlemeye oldukça yardımcıdır. Örneğin pigment dispersiyonlu gözlerde iris kontürünü, ön ve arka kamara arasındaki ters basınç gradiyentini değerlendirmede yararlıdır. Aptel ve ark.,¹⁶ pigment dispersiyon sendromlu olgularda ÖS-OKT ile artmış iris-lens temasını ve ters basınç gradiyentini göstermişlerdir. Lazer iridotomi bu yapısal değişikliklerin geri döndürülmesinde etkili olsa da, değişimlerin uzun dönem GİB üzerine etkisi bilinmemektedir. ÖS-OKT'nin temas gerektirmemesi travmatik gözlerde açı resesyonu ve sikloidaliz yarıklarının değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Glokom cerrahisi sonrası bleb morfolojisi klinik olarak kistik, enkapsüle veya sığ olarak değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmeler subjektif olup, blep fonksiyonunu tam anlamıyla yansıtmaz.



Resim 1: ÖS-OKT (Visante)'de normal gözde ön segmentin görünümü.

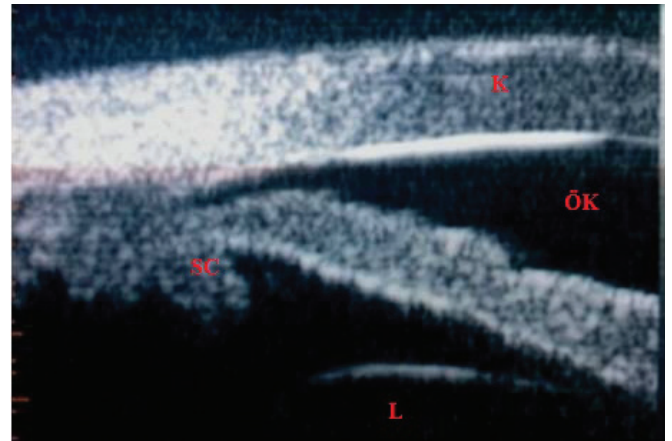
ÖS-OKT bleb içi görüntülemeye yardımcı olur. Temas gerektirmemesi cerrahi sonrası bleb travması ve enfeksiyon riskini azaltmaktadır. Dolayısıyla bu özelliği ile UBM'e üstündür. Yapılan bir çalışmada ÖS-OKT kullanılarak bleb morfolojisi değerlendirilmiştir.¹⁷ Difüz blebli olgularda konjonktiva altı sıvı birikimleri ve bazı olgularda supraskleral sıvı boşlukları gözlenmiştir. Kistik bleblerin ince bir konjonktiva ile çevrili pek çok sıvı birikim boşluklarına sahip geniş hiporeflektif bir alanla karakterize oldukları gösterilmiştir. Enkapsüle blebler hiperreflektif olup kalın duvarlara sahipken, sığ bleblerde sadece yüksek skleral reflektivite saptanmıştır. ÖS-OKT ayrıca bleb içerisinde yara iyileşmesi ile birlikte drenaj tüplerinin doğru pozisyonu ve oklüzyonunu değerlendirmek için de kullanılabilir. Ultrasonik pakimetri (UP) santral korneal kalınlık (SKK) ölçümü için rutin kullanılan ve altın standart bir yöntem olmasına rağmen temas gerektirmesi, probun yanlış yerleştirilmesi ve korneal basıya neden olması gibi dezavantajları söz konusudur. ÖS-OKT temas gerektirmeden santral veya periferik SKK ölçümünü gerçekleştirir. SKK'nın UP ve ÖS-OKT ile ölçülmesini karşılaştıran çalışmalarda bazı çelişkiler mevcuttur. Li ve ark.,¹⁸ yaptıkları çalışmada ÖS-OKT ve UP ile yapılan ölçümlerde SKK'nın benzer olduğu gösterilmiştir. Ancak yapılan diğer çalışmalarda UP ve ÖS-OKT ile yapılan ölçümlerin tekrarlanabilir bir sistematik farka sahip olduğu belirtilmiştir.¹⁹⁻²¹

ÖS-OKT ile alınan görüntüler üst kapaktan etkilenebilir ve oblik açılar kesitsel görüntülere neden olabilir. Ayrıca tarayıcı ışığının eksen dışına kayması ve oküler yüzey problemleri görüntü distorsiyonuna neden olabilir.^{22,23} OKT pigmentin bloke edici özelliğinden dolayı iris arkasındaki yapıları değerlendirmede yetersiz kalmaktadır.²⁴ Bu blokaj nedeniyle plato iris, siliyer kist veya tümörler, lens subluksasyonu ve siliyer effüzyon gibi açı kapanmasının sekonder nedenlerini göstermede yetersiz kalmaktadır.

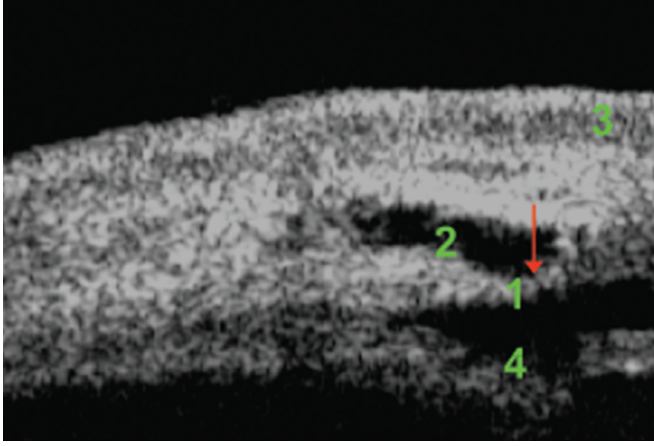
ULTRASON BİYOMİKROSKOPİ (UBM)

UBM'in 1990'lı yıllarda geliştirilmesiyle açı ve siliyer cismin yüksek rezolüsyonlu, kesitsel ve objektif görüntüleri alınmaya başlandı.²⁵ Bu görüntüleme teknolojisi mikroşlemci ile kontrol edilen yüksek frekanslı piezoelektrik bir transduser kullanarak, ön segment yapılarını, klasik B-mod ultrason cihazına göre daha detaylı değerlendirmemize olanak sağlamaktadır. Transduser, elektrik sinyallerini 12.5-100 mHz değerleri arasında değişen yüksek frekanslı ultrasonik dalgalara çevirmektedir. Oluşturulan bu ses dalgaları tercihen serum fizyolojik içeren bir sıvı ortamı içerisinde göze iletir. Göz dokularının yoğunluğuna bağlı olarak farklı hızlarda ilerleyen ses dalgalarının geri yansıma süreleri de farklı zaman aralıklarında olmaktadır.

Yansıyan bu ses dalgaları bilgisayar sistemi içerisinde yüksek çözünürlüklü, kesitsel B-mod görüntüye dönüştürülür. Ön segment görüntülenmesi esnasında 50 mHz frekansta ultrasonik sinyal kullanıldığında dikey düzlemde yaklaşık 20 µ, yatay düzlemde ise 50 µ çözünürlükte görüntü elde edilir.¹ Pavlin ve ark.,²⁵ UBM ile ilgili ilk klinik çalışmaları yapmıştır. UBM'in primer açı kapanması glokomunun en sık nedenleri olan plato iris ve pupiller blok gibi pek çok glokom tipinde, siliyer cisim, zonüller ve koroidin görüntülenmesinde faydalı olduğunu göstermişlerdir. UBM'in keşfiyle yapılan çalışmalar artmış ve UBM'in pigment dispersiyonu gibi sekonder glokom türlerinin incelenmesinde ve psödoeksfoliasyon sendromunda sublukse lensin değerlendirilmesinde önemli rolü olduğu gösterilmiştir.²⁶ Açı kapanmasına yatkınlığı olan olgular genel olarak gonyoskopi ile değerlendirilmektedir. Pupiller blokta ki temel bulgu irisin öne doğru bombeleşmesidir. Bu gözlerde ön kamara dardır ve lens yüzeyi iris kökünün önündedir. İris bombe nedeniyle açı kapanmasının derecesi tam olarak belirlenemeyebilir. Kesitsel UBM görüntüsü açı kapanmasının derecesini belirlemede yardımcı olur. Pupiller blokta açı açılım mesafesinde azalma, açık bir siliyer sulkus, iris ve periferik lens arasında artmış arka kamara derinliği mevcuttur. Plato iris tanısı, siliyer cismin öne doğru yer değiştirmesiyle siliyer sulkusu kapatması ve oluşturduğu pupiller bloğa yönelik iridotomi ile periferik iriste geriye doğru hareket olmaması ile konur. Plato irisli gözlerde pupiller bloğa göre nispeten ön kamara daha derindir. Siliyer cisim öne doğru yer değiştirmiş ve kalınlaşmıştır. Böylece iridokorneal açığa bası yapmakta ve periferik iris trabeküler ağ açıklığını kapatarak aköz dışı akımını engellemektedir. UBM plato iris konfigürasyonunu saptamakta oldukça yardımcıdır (Resim 2). Bazı olgularda iridosiliyer kistler de benzer görünüme neden olmaktadır. UBM ile bu kistlerin varlığı da tespit edilebilmektedir.²⁷ İris arka yüzeyi ile lens zonüllerinin sürtünmesine bağlı olarak gelişen pigment dispersiyon sendromu gibi açık açılı glokomun bazı tiplerinin değerlendirilmesinde UBM faydalıdır.

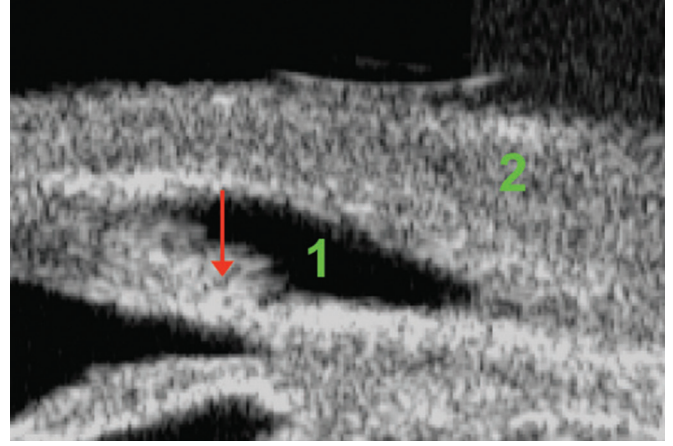


Resim 2: UBM'de plato iris konfigürasyonu (K: Kornea, ÖK: Ön kamara, L: Lens, SC: Siliyer cisim).



Resim 3: Trabekülektomi yapılan gözde UBM görüntüsü; 1: internal ostium, 2: aköz pasajına ait hipoekoik alan, 3: subkonjonktival blep, 4: iridektomi alanı. Kırmızı ok skleral flebi gösteriyor.

İridotomi sonrası sürtünmenin ortadan kalktığı UBM ile kolaylıkla gösterilebilir.²⁸ Yine psödoeksfolyasyon sendromunda lens zonül bütünlüğünün kaybolduğu alanlar UBM ile değerlendirilebilir. Malign glokom filtrasyon cerrahisi sonrası gelişebilecek açı kapanması glokomunun nadir sebeplerindendir. İris lens diyaframının öne doğru yer değiştirmesi ve çok sık ön kamara ile karakterize bu tablonun teşhisinde UBM önemli bir yere sahiptir. Suprasiliyer sıvıyı, siliyer cisimde öne doğru rotasyon ve fistülün lens veya siliyer cisim ile kapanmasını gösterebilir. Bazı çalışmalarda UBM açı kapanması olgularında iridotomi öncesi ve sonrası koroidal effüzyonu göstermek için de kullanılmıştır.^{29,30} Açı resesyonu siliyer cismin longitudinal ve sirküler kaslarının ayrılması olarak tanımlanır. UBM açı resesyonda meydana gelen siliyer cisimdeki yırtığın görüntülenmesinde yararlıdır. Korneal opasite ve hifema gibi ön kamara açısının görüntülenmesinin engellendiği durumlarda son derece önemlidir. Ayrıca travmatik olgularda olası sikloidaliz, zonüler hasar, lens dislokasyonu ve sineşileri görüntülemeye de yardımcı olur.³¹ UBM bleb fonksiyonunu ve yetmezliğini değerlendirmede biyomikroskopiye göre üstündür. Sık, enkapsüle ve kistik avasküler ince bleblerin görüntülenmesini sağlar. Blebin yüksekliği, duvar kalınlığı, flebin skleraya olan pozisyonu ve internal ostiumu değerlendirilebilir (Resim 3). Nonpenetran derin sklerektomide de intraskleral havuz, blep, trabeküldesmetik membran ve olası suprakoroidal hipoekoik alanın varlığının belirlenmesinde yararlıdır (Resim 4). UBM ile bleb değerlendirilmesi trabekülektomi sonrası lazer sütürolizis yapma kararını etkileyebilir.³² Ayrıca UBM, dar iridotomili gözleri tespit edip iridotominin genişletilmesinde yol gösterici olmaktadır.³³ Carillo ve ark.,³⁴ UBM ile iris tarafından tıkanan Ahmed valvi görüntülenmesinin oldukça faydalı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Penetran keratoplastiye sekonder glokom, cerrahi sonrası kalıcı görme kaybı ve greft yetmezliğinin en önemli nedenlerindendir.

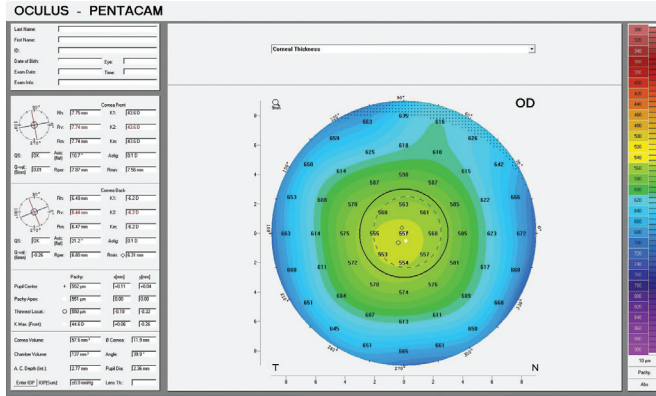


Resim 4: Derin sklerektomi yapılan gözde UBM görüntüsü; 1: intraskleral havuz, 2: subkonjonktival blep. Kırmızı ok trabeküldesmetik membranı gösteriyor.

UBM korneal problemlerin varlığında ön segmentin değerlendirilmesinde yardımcıdır. Sineşi formasyonu ve sekonder açı kapanması glokomunda filtran veya tüp cerrahisine karar verilmesine olanak sağlamaktadır.³⁵ UBM'in supin pozisyonda, serum fizyolojik içeren bir sıvı ortamı ile uygulanması teknik zorluklara neden olmasının yanında, iris diyaframının geriye doğru yönlendirilmesine ve ön kamara derinliğinde değişim ile birlikte açı açıklığının yanlış değerlendirilmesine neden olabilmektedir. Ayrıca zaman alıcı ve deneyim gerektiren bir tekniktir. Proben kornea ile temas etmesi sonucu rahatsızlık hissi, epitel defekti ve aşırı basıya bağlı olası görüntü artefaktları gibi dezavantajları da söz konusudur. Ancak siliyer cisim, zonüller ve arka kamaranın değerlendirilmesinde yadsınamaz bir yere sahiptir. Ayrıca plato iris konfigürasyonu ve siliyer cismin görüntülenmesinde de altın standarttır. Yine opak kornealı olgularda ön segmentin değerlendirilmesi için yol göstericidir.

PENTACAM

Scheimpflug görüntüleme kullanan cihazlardan (Nidek EAS-1000, Topcon SL45) biri de Pentacam (Oculus, Wetzlar, Germany) Scheimplug tarayıcısıdır. Cihaz 1904'de Viyana'da Theodor Scheimplug tarafından tanımlanan ve patentlenen görüntüleme sistemini kullanır. Bu sistem korneadan lens arka yüzeyine kadar 3 boyutlu görüntüleme amacıyla rotasyon yapan Scheimplug kamera sistemi içerir.³⁶ Bu sistem monokromatik slit ışık huzmesi (475 nm mavi ışık) kullanan noninvaziv bir sistemdir. İki saniyeden kısa sürede tek taramada 50 görüntü ve her görüntü için 500 gerçek elevasyon noktası sağlar. Kornea merkezi de dahil olmak üzere 25000 gerçek elevasyon noktası ortaya çıkar. Görüntü sayısı sınırlandırılabilirse de, bu rezolüsyonu azaltacaktır. Kamera sisteminde elde edilen bilgilerle ön segmentin 3 boyutlu görüntüsü elde edilir.

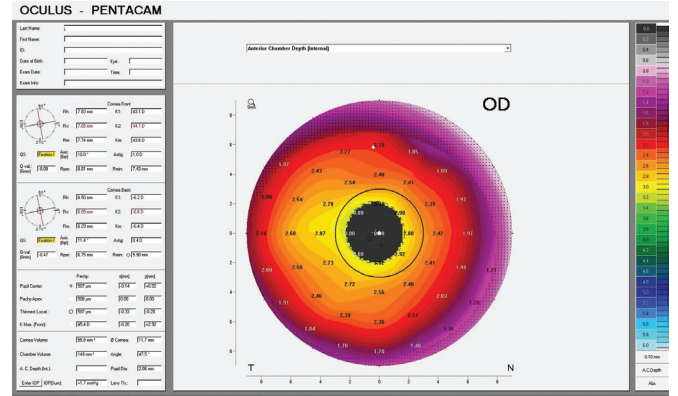


Resim 5: Pentacam'da pakimetrik çıktı.

Sistem 2 kamera içerir. Biri pupil büyüklüğü ve durumunu saptayarak fiksasyonu kontrol etmek amacıyla merkezde yer alırken, diğeri görüntüleri yakalamak için dönen dairenin üzerine monte edilmiştir. Cihazın 5 değerlendirme modülü vardır. Bunlar:

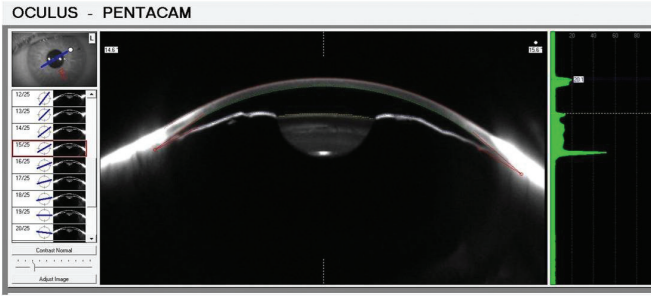
- 1- **Scheimpflug tomografi:** Kornea ön ve arka yüzeyi ile lens ön ve arka yüzeyini görüntüler.
- 2- **Pakimetri:** Limbusdan limbusa pakimetrik ölçümleri yaparak bunu renkli bir harita şeklinde sunar (Resim 5). Göz içi basıncı (GİB) ölçümü girildiğinde ise, kornea kalınlığına göre basıncı düzelterek düzeltilmiş GİB değerini verir.
- 3- **Ön kamara analizi:** Ön kamara derinliği, açısı ve volümünü hesaplayarak renkli bir harita şeklinde verir (Resim 6). Horizontal eksenindeki açılardan en dar olanını gösterir ya da istenilen kadrandaki açıyı belirler.
- 4- **Lens densitometri:** Lensi 0-100 aralığında değerlendirir. Ölçümün temeli gri skala Scheimpflug görüntüdür. Lens densitesi ölçülürken, kalınlığı da görüntüden saptanabilir. Bu densitometrik ölçümle birlikte lense ait diğer patolojiler de saptanabilir (lens içi yabancı cisimler, travmaya bağlı lens patolojileri gibi).
- 5- **Korneal topografi:** Korneanın ön ve arka yüzey topografisini renkli haritalar olarak sunar.

Bu modül uygulamaları ile 3 çeşit çıktı alınabilir. Bunlar: refraktif çıktı, topometrik çıktı ve ön kamara çıktılarıdır. Pentacam iki farklı zamandaki ölçümleri ve aralarındaki farkı da gösterebilir. Scheimpflug görüntüleme katarakt cerrahisi uygulanacak olgularda ameliyat öncesi (ön kamara derinliği ve volümü, lensin durumu) ve sonrası (göz içi lens pozisyon problemleri, ön kapsül kontraksiyon sendromu, arka kapsül kesafeti) değerlendirmelerde yararlı bilgiler sunar.³⁷⁻⁴¹ Refraktif cerrahi sonrası uygulanacak fakoemülsifikasyonda da GİL gücünün doğru hesaplanmasında gerçek korneal gücün belirlenmesi açısından faydalıdır. Glokom olgularında pakimetrik ölçümlerle düzeltilmiş GİB'nin belirlenmesini sağlar.⁴²



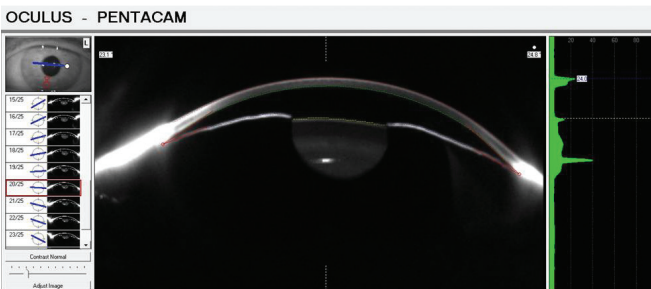
Resim 6: Pentacam'da ön kamara analiz çıktı.

Ön kamara analizi yaparak santral ve periferik ön kamara açısı (ÖKA), ön kamara derinliği (ÖKD) ve ön kamara volümü (ÖKV) bilgilerini verir. Kapanabilir açı paterni olan olgular ile açı kapanması glokomlu olgularda elde edilen veriler, hastalara planlanan cerrahi girişimler ve lazer uygulamaları öncesi son derece yararlıdır. Uygulanan girişimlerin etkinliğinin belirlenmesi ve takip muayenelerinde de klinisyene yardımcı bilgiler sunar. Rossi ve ark.,⁴³ çalışmalarında dar açı paterni veya açı kapanması olan 28 göz ile 36 gözden oluşan kontrol grubunun Pentacam ile ön segmentleri değerlendirilerek gonyoskopi ile sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda kapanabilir açıların belirlenmesinde Pentacam'ın bir tarama aracı olarak önemi vurgulanmıştır. AKG olan olgularda katarakt cerrahisi öncesi ve sonrası yapılan ölçümlerde ön kamara parametrelerindeki değişim (ÖKV artışı ile santral ve periferik ÖKA genişlemesi) Scheimpflug görüntüleme ile gösterilmiştir. Açı kapanması glokomlu olgularımızda fakoemülsifikasyon cerrahisi öncesi ve sonrası Pentacam fotoğrafı ile ön kamara görüntülerindeki değişim resim 7,8 ve Resim 9,10'da gösterilmiştir. Li ve ark.⁴⁴'nün çalışmalarında 25 olgunun 37 gözü lazer iridotomi sonrası Pentacam ile değerlendirilerek ön segment parametrelerindeki değişim istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Santral ÖKD'nde anlamlı değişim saptanmazken, periferik ÖKD'nde ve ÖKV'nde anlamlı değişim gözlenmiştir. Yazarlar bu sonuçlarla açı kapanması ve şüphesi olan olgularda iridotomi sonrası ön kamarada dramatik değişikliklerin ortaya çıktığını vurgulamışlardır. Antoniazzi ve ark.,⁴⁵ çalışmalarında ise açı kapanması açısından yüksek riskli görülen ve lazer iridotomi uygulanan 20 göz işlem öncesi ve sonrası Pentacam ile değerlendirilerek ön kamaradaki morfolojik değişimler karşılaştırılmıştır. Yazarlar santral ÖKD dışında tüm ön kamara parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı değişim saptamışlar ve iridotominin etkinliğinin belirlenmesinde Pentacamın önemine dikkat çekmişlerdir. Pentacamda kornea endoteli ve iris ön yüzeyi gibi indirekt noktalardan hareketle ÖKA genişliği tespit edilmektedir. Açı sonlanmasının direkt olarak görüntülenemesi açıya ait detaylı bilgi edinilmesini engeller.

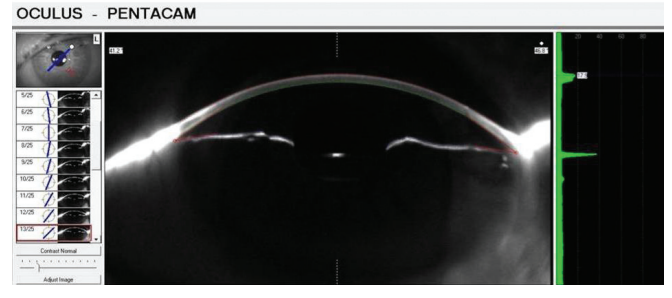


Resim 7,8: Pentacam fotoğrafında açılı kapanması glokomu olgusunda fakoemülsifikasyon öncesi ve sonrası ön kamaranın görünümü (Olgu 1).

Ancak yapılan çalışmalarda ön kamara parametrelerinin değerlendirilmesinde tekrarlanabilirliğin yüksek olduğu bildirilmiştir. Friedman ve ark.,⁴⁶ çalışmalarında 268 kişilik popülasyon yaş ve cinsiyet gibi faktörler dikkate alınarak açı genişliği açısından Scheimpflug tarayıcı fotoğrafları, UBM ve gonyoskopi ile taranmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yaşlı popülasyonda ve kadın olgularda açı daha dar olarak saptanırken, gonyoskopi ve Scheimpflug görüntüleri arasındaki korelasyon UBM'e göre daha zayıf bulunmuştur (0.34-0.36'ya karşılık 0.52-0.58). ÖKA genişliği kadrantlar açısından değerlendirildiğinde de, cihazlar arasında farklılıklar olduğu görülmüştür. Örneğin Scheimpflug görüntülerde temporal açı en dar bulunurken, UBM'de en geniş olarak tespit edilmiştir. Yazarlar göze temas etmeyen ve direkt olarak ışık uygulamayan sistemlerin ön segment değerlendirmesinde daha ideal olabileceğini belirtmişlerdir. Kurita ve ark.,⁴⁷ çalışmalarında 39 olgunun 72 gözü ön kamara parametreleri açısından Pentacam ve UBM ile değerlendirilerek sonuçlar Shaffer sistemine göre derecelenen gonyoskopi ile mukayese edilmiştir. Her iki yöntem de gonyoskopi ile korele bulunurken, UBM ön kamara açı genişliğini değerlendirmede daha etkin saptanmıştır. Açı kapanması ve şüphesi olan olgularda Pentacamın güvenli olacağı belirtilmiş, plato iris konfigürasyonu ve ÖKA'sının değerlendirilmesinde ise yetersizliği vurgulanmıştır. Pentacam non-kontakt bir yöntem olarak kolay kullanım, sonuçlara kolay ulaşım gibi avantajlarıyla öne çıksa da, detaylı açı anatomisi hakkında bilgi vermemektedir. Ayrıca siliyer cisim ve iris-siliyer cisim ilişkisi konusunda da katkı sağlamamaktadır.



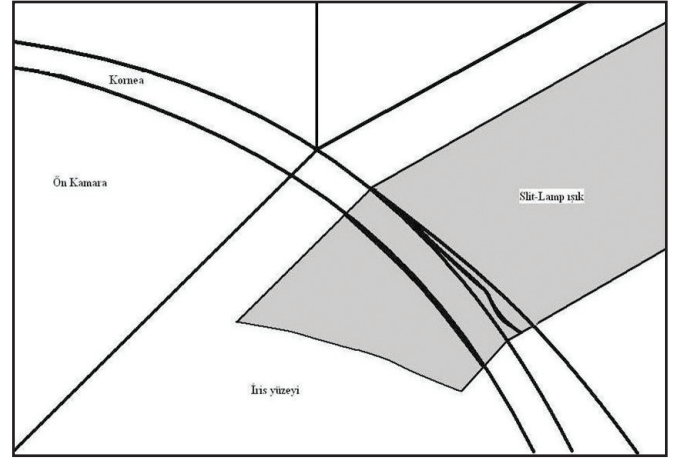
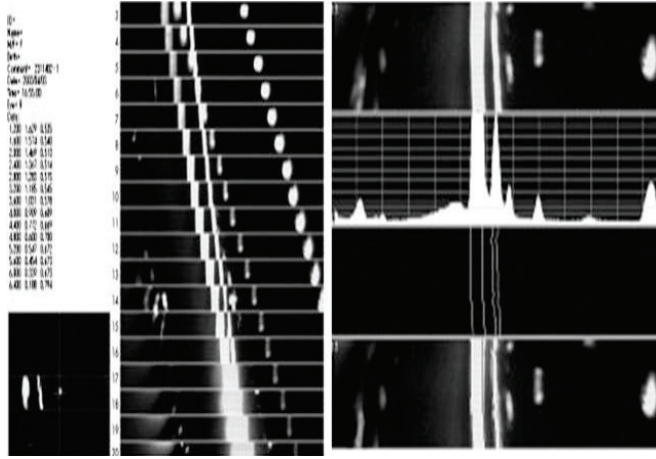
Resim 9,10: Pentacam fotoğrafında açılı kapanması glokomu olgusunda fakoemülsifikasyon öncesi ve sonrası ön kamaranın görünümü (Olgu 2). Her iki olguda da ameliyat sonrası ön kamaradaki değişim dikkat çekici.



Ancak göze temas etmeyen ve hızlı uygulanabilir bir yöntem olarak klinik kullanımda yararlı olduğu gibi, tarama amaçlı kullanılması da olasıdır.

TARAYICI PERİFERİK ÖN KAMARA DERİNLİK ANALİZÖRÜ

Tarayıcı periferik ön kamara derinlik analizörü (TPÖKDA) gözün optik aksından limbusa kadar ardışık slit-lamp görüntüleri elde eder. Bu görüntüleri kamera tarafından kaydedilerek bilgisayar programı ile analiz edilir. Ön kamara derinliğine ait 0.4 mm aralıklarla 21 ölçüm gerçekleştirilir. Ölçüm sonuçları analiz edilerek sistemin normal verileriyle karşılaştırılır. Bu şekilde sayısal ve kategorize edilmiş ön kamara derinlik sonuçları elde edilir (Resim 11,12).⁴⁸ Cihazın kullanımı fazla tecrübe gerektirmemekte ve ölçümler non-kontakt olarak hızlı bir şekilde alınabilmektedir. Ön kamara derinliği için otomatik odaklama sistemi olup, kornea kalınlığı ve eğimi ile dar açılı gözlerde ayırımı sağlayan ve alt gruplara sınıflandırılması mümkün kılan otomatik bir sınıflama programı da mevcuttur. Cihazın tekrarlanabilirlik özelliği yüksek olarak saptanmıştır. Kashigawa ve ark.,⁴⁹ ilk raporlarından sonraki çalışmalarından birinde TPÖKDA'nın ölçüm sonuçları UBM, von Herick yöntemi ve Shaffer sınıflaması ile değerlendirilen açı ölçümleri ile karşılaştırılmış ve cihazın ölçüm sonuçları konvansiyonel metodlarla iyi korele bulunmuştur. Aynı grubun 40 yaş üzeri 535 olguyu içeren tarama çalışmalarında TPÖKDA'nın açı kapanması şüphesi olan olguları saptamada başarılı olduğu ileri sürülmüştür.⁵⁰



Resim 11,12: TPÖKDA'de ardışık görüntülerle elde edilen değerler ve ön kamara derinliği ile kornea kalınlığının belirlenmesi. Slit ışık ve ön segmentin şematik görünümü.

Ancak Baskaran ve ark.,⁵¹ çalışmalarında göz cerrahisi ya da lazer uygulaması yapılmamış 53 açı kapanması ve 67 açık açılı toplam 120 olgu TPÖKDA, gonyoskopi ve modifiye von Herick yöntemleri ile değerlendirilerek sonuçları istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. TPÖKDA periferik ön kamaranın incelenmesinde modifiye von Herick ile iyi kolere bulunurken, dar açılı gözlerde konvansiyonel yöntemlere göre açıyı olduğundan geniş saptama özelliği göstermiştir. Wong ve ark.,⁵² çalışmalarında 153 olgu açı kapanmasının saptanması açısından gonyoskopi referans alınarak SL-OKT ve TPÖKDA ile incelenmiştir. SL-OKT'de sensitivite ve spesifite oranları sırasıyla %84 ve %58 iken, TPÖKDA'de her iki oran %80 olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla her iki cihazın açı kapanması riskini belirlemede iyi duyarlılık gösterdikleri bildirilmiştir. Lavanya ve ark.,⁵³ geniş olgu serili çalışmalarında ise TPÖKDA, IOL-master ve Visante ön segment OKT dar açılı olguları değerlendirilmek üzere karşılaştırılmıştır. Cihazların sensitiviteyi yüksek bulunurken (sırasıyla %90, %87.7, %88.4), spesifiteleri düşük saptanmıştır (sırasıyla %76.6, %77.7, %62.9). Araştırmacılar bu sonuçlarla düşük spesifite oranlarının dar ön kamaralı olguları saptamada cihazların yararlılıklarını sınırlandırabileceğine vurgu yapmışlardır. Cihazın en önemli dezavantajlarından biri açığa ait görüntünün direkt olarak gösterilememesi olup, açı anatomisi hakkında detaylı bilgi vermez. Bir diğeri gözün yalnız temporal bölgesinden ölçüm yapıyor olması nedeniyle periferik korneal kesafeti olan olgularda ölçüm alınmasının zorlaşmasıdır. Ayrıca periferik ön sineşinin varlığı da gösterilememektedir. Cihaz göze direkt ışık uyguladığından miyozisi uyarmakta ve açı olduğundan daha geniş değerlendirilebilmektedir.^{1,2}

Sonuç olarak ön segment görüntüleme teknikleri glokom olgularının tanı, takip ve hastalara uygulanan girişimsel işlemlerin etkinliklerinin değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir.

Teknolojik gelişmelere paralel olarak ön kamara ve açıyı değerlendirme kabiliyetimiz de artacaktır. Diğer taraftan dünya genelinde glokom subgrupları dikkate alındığında açı kapanması glokumu büyük bir yoğunluk teşkil etmese de, bu olgularda erken tanı ve tedavi görsel prognoz açısından hayat kurtarıcıdır. Asyalılarda ise tüm glokom olgularının %80'inden fazlası açı kapanması glokomudur. Dolayısıyla kapanabilir açı ve kapalı açılı olgularda mekanizmanın belirlenmesi, görsel morbidite açısından erken tanı ve tedavi planının oluşturulması yanında tedavinin etkinliği ve takibinde de bu cihazların yararları tartışılmazdır.

KAYNAKLAR/REFERENCES

1. See JL. Imaging of the anterior segment in glaucoma. Clin Experiment Ophthalmol 2009;37:506-13.
2. Aykan Ü. Glokomda ön segment görüntülenmesi. Türkiye Klinikleri Journal of Ophthalmology Special Topics 2012;5:69.
3. Smith SD, Singh K, Lin SC, et al. Evaluation of the anterior chamber angle in glaucoma: a report by the american academy of ophthalmology. Ophthalmology 2013;120:1985-97.
4. Friedman DS, He M. Anterior chamber angle assessment techniques. Surv Ophthalmol 2008;53:250-73.
5. Wolffsohn JS, Davies LN. Advances in anterior segment imaging. Curr Opin Ophthalmol 2007;18:32-8.
6. Brezinski ME. Optical coherence tomography: principles and applications: Academic press 2006.
7. Leung CK, Li H, Weinreb RN, et al. Anterior chamber angle measurement with anterior segment optical coherence tomography: a comparison between slit lamp OCT and Visante OCT. Invest Ophthalmol Vis Sci 2008;49:3469-74.
8. Nolan WP, See JL, Chew PT, et al. Detection of primary angle closure using anterior segment optical coherence tomography in Asian eyes. Ophthalmology 2007;114:33-39.
9. Sakata LM, Lavanya R, Friedman DS, et al. Comparison of gonioscopy and anterior segment ocular coherence tomography in detecting angle closure in different quadrants of the anterior chamber angle. Ophthalmology 2008;115:769-74.
10. Chalita MR, Li Y, Smith S, et al. High-speed optical coherence tomography of laser iridotomy. Am J Ophthalmol 2005;140:1133-6.

11. Pavlin CJ, Simpson E, Foster FS. Ultrasound biomicroscopy. *Ultrasound Clinics* 2008;3:185-94.
12. Marchini G, Pagliaruso A, Toscano A, et al. Ultrasound biomicroscopic and conventional ultrasonographic study of ocular dimensions in primary angle-closure glaucoma. *Ophthalmology* 1998;105:2091-8.
13. Cho HJ, Woo JM, Yang KJ. Ultrasound biomicroscopic dimensions of the anterior chamber in angle-closure glaucoma patients. *Korean J Ophthalmol* 2002;16:20-5.
14. Salim S, Dorairaj S. Anterior segment imaging in glaucoma. *Seminars in ophthalmology* 2013;28:113-25.
15. Radhakrishnan S, Goldsmith J, Huang D, et al. Comparison of optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy for detection of narrow anterior chamber angles. *Arch Ophthalmol* 2005;123:1053-9.
16. Aptel F, Beccat S, Fortoul V, Denis P. Biometric analysis of pigment dispersion syndrome using anterior segment optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2011;118:1563-70.
17. Leung CK, Yick DW, Kwong YY, et al. Analysis of bleb morphology after trabeculectomy with Visante anterior segment optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol* 2007;91:340-4.
18. Li Y, Shekhar R, Huang D. Corneal pachymetry mapping with high-speed optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2006;113:792-9.
19. Zhao PS, Wong TY, Wong WL, et al. Comparison of central corneal thickness measurements by visante anterior segment optical coherence tomography with ultrasound pachymetry. *Am J Ophthalmol* 2007;143:1047-9.
20. Kim HY, Budenz DL, Lee PS, et al. Comparison of central corneal thickness using anterior segment optical coherence tomography vs ultrasound pachymetry. *Am J Ophthalmol* 2008;145:228-32.
21. Li H, Leung CK, Wong L, et al. Comparative study of central corneal thickness measurement with slit-lamp optical coherence tomography and visante optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2008;115:796-801.
22. Dorairaj S, Liebmann JM, Ritch R. Quantitative evaluation of anterior segment parameters in the era of imaging. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2007;105:99-108;discussion 108-10.
23. Hoerauf H, Wirbelauer C, Scholz C, et al. Slit-lamp-adapted optical coherence tomography of the anterior segment. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2000;238:8-18.
24. van den Berg TJ, Spekrijse H. Near infrared light absorption in the human eye media. *Vision Res* 1997;37:249-53.
25. Pavlin CJ, Harasiewicz K, Sherar MD, et al. Clinical use of ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology* 1991;98:287-95.
26. Sbeity Z, Dorairaj SK, Reddy S, et al. Ultrasound biomicroscopy of zonular anatomy in clinically unilateral exfoliation syndrome. *Acta Ophthalmol* 2008;86:565-8.
27. Tanihara H, Akita J, Honjo M, et al. Angle closure caused by multiple, bilateral iridociliary cysts. *Acta Ophthalmol Scand* 1997;75:216-7.
28. Karickhoff JR. Reverse pupillary block in pigmentary glaucoma: follow up and new developments. *Ophthalmic Surg* 1993;24:562-3.
29. Kumar RS, Quek D, Lee KY, et al. Confirmation of the presence of uveal effusion in Asian eyes with primary angle closure glaucoma: an ultrasound biomicroscopy study. *Arch Ophthalmol* 2008;126:1647-51.
30. Sakai H, Morine-Shinjyo S, Shinzato M, et al. Uveal effusion in primary angle-closure glaucoma. *Ophthalmology* 2005;112:413-9.
31. Ozdal MP, Mansour M, Deschenes J. Ultrasound biomicroscopic evaluation of the traumatized eyes. *Eye (Lond)* 2003;17:467-72.
32. Singh M, Aung T, Aquino MC, et al. Utility of bleb imaging with anterior segment optical coherence tomography in clinical decision-making after trabeculectomy. *J Glaucoma* 2009;18:492-5.
33. Bochmann F, Johnson Z, Atta HR, et al. Increasing the size of a small peripheral iridotomy widens the anterior chamber angle: an ultrasound biomicroscopy study. *Klin Monbl Augenheilkd* 2008;225:349-52.
34. Carrillo MM, Trope GE, Pavlin C, et al. Use of ultrasound biomicroscopy to diagnose Ahmed valve obstruction by iris. *Can J Ophthalmol* 2005;40:499-501.
35. Dada T, Aggarwal A, Vanathi M, et al. Ultrasound biomicroscopy in opaque grafts with post-penetrating keratoplasty glaucoma. *Cornea* 2008;27:402-5.
36. Rabsilber TM, Khoramnia R, Auffarth GU. Anterior chamber measurements using Pentacam rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:456-9.
37. Coppens JE, van den Berg TJ, Budo CJ. Biometry of phakic intraocular lens using Scheimpflug photography. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:1904-14.
38. Baumeister M, Neidhardt B, Strobel J, et al. Tilt and decentration of three-piece foldable high-refractive silicone and hydrophobic acrylic intraocular lenses with 6-mm optics in an intraindividual comparison. *Am J Ophthalmol* 2005;140:1051-8.
39. Hayashi K, Hayashi H. Comparison of the stability of 1-piece and 3-piece acrylic intraocular lenses in the lens capsule. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:337-42.
40. Hayashi K, Hayashi H. Intraocular lens factors that may affect anterior capsule contraction. *Ophthalmology* 2005;112:286-92.
41. Hayashi K, Hayashi H. Posterior capsule opacification in the presence of an intraocular lens with a sharp versus rounded optic edge. *Ophthalmology*. 2005;112:1550-6.
42. O'Donnell C, Maldonado-Codina C. Agreement and repeatability of central thickness measurement in normal corneas using ultrasound pachymetry and the OCULUS Pentacam. *Cornea*. 2005;24:920-4.
43. Rossi GC, Scudeller L, Delfino A, et al. Pentacam sensitivity and specificity in detecting occludable angles. *Eur J Ophthalmol* 2012;22:701-8.
44. Li S, Wang H, Mu D, et al. Prospective evaluation of changes in anterior segment morphology after laser iridotomy in Chinese eyes by rotating Scheimpflug camera imaging. *Clin Experiment Ophthalmol* 2010;38:10-4.
45. Antoniazzi E, Pezzotta S, Delfino A, et al. Anterior chamber measurements taken with Pentacam: an objective tool in laser iridotomy. *Eur J Ophthalmol* 2010;20:517-22.
46. Friedman DS, Gazzard G, Min CB, et al. Age and sex variation in angle findings among normal Chinese subjects: a comparison of UBM, Scheimpflug, and gonioscopic assessment of the anterior chamber angle. *J Glaucoma* 2008;17:5-10.
47. Kurita N, Mayama C, Tomidokoro A, et al. Potential of the pentacam in screening for primary angle closure and primary angle closure suspect. *J Glaucoma* 2009;18:506-12.
48. Kashiwagi K, Kashiwagi F, Toda Y, et al. A newly developed peripheral anterior chamber depth analysis system: principle, accuracy, and reproducibility. *Br J Ophthalmol* 2004;88:1030-5.
49. Kashiwagi K, Tsumura T, Tsukahara S. Comparison between newly developed scanning peripheral anterior chamber depth analyzer and conventional methods of evaluating anterior chamber configuration. *J Glaucoma* 2006;15:380-7.
50. Kashiwagi K, Tsukahara S. Case finding of angle closure glaucoma in public health examination with scanning peripheral anterior chamber depth analyzer. *J Glaucoma* 2007;16:589-93.
51. Baskaran M, Oen FT, Chan YH, et al. Comparison of the scanning peripheral anterior chamber depth analyzer and the modified van Herick grading system in the assessment of angle closure. *Ophthalmology* 2007;114:501-6.
52. Wong HT, Chua JL, Sakata LM, et al. Comparison of slitlamp optical coherence tomography and scanning peripheral anterior chamber depth analyzer to evaluate angle closure in Asian eyes. *Arch Ophthalmol* 2009;127:599-603.
53. Lavanya R, Foster PJ, Sakata LM, et al. Screening for narrow angles in the singapore population: evaluation of new noncontact screening methods. *Ophthalmology* 2008;115:1720-7.