

DERLEME REVIEW**Koroidin Görüntüleme ve İnceleme Yöntemleri****Methods for Choroidal Imaging and Evaluation**

Mümin Hocaoglu* / ORCID No: 0000-0002-8081-0032, Işıl Sayman Muslubas* / ORCID No: 0000-0002-5464-8713, Murat Karaçorlu** / ORCID No: 0000-0001-5561-3339

*Doç. Dr. İstanbul Retina Enstitüsü

*Prof. Dr. İstanbul Retina Enstitüsü

Geliş Tarihi/Received: 14.06.2020 **Kabul Tarihi/Accepted:** 20.12.2020

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Mümin Hocaoglu., İstanbul RETİNA Enstitüsü, Hakkı Yeten Cad. Unimed Center No: 19/7 Fulya – Şişli, İstanbul 34349 **Tel./Phone:** + 90 (212) 231 31 21, **E-posta/E-mail:** mumin.hocaoglu@hotmail.com

ÖZ

Koroid görüntülemesindeki yenilikler, hastalıkların patogeneğinde rol oynayan mekanizmaların anlaşılmasında, tanı ve tedavide büyük gelişmeler sağlamıştır. Günümüz oftalmoloji pratiğinde çeşitli koroid görüntüleme tetkiklerinin yorumlanması, koroid patolojilerin başarılı bir şekilde tedavi edilmesi için elzemdir. İki veya üç boyutlu, en face veya kesitsel görüntüler sağlayan birçok farklı görüntüleme yöntemi ile anatomik yapı, fonksiyon ve dinamik vasküler akım ile ilgili bilgiler elde edilebilir. Yaygın kullanım alanı bulan koroid görüntüleme yöntemleri arasında, B-mode ultrasonografi, indosiyenin yeşil anjiyografi, optik koherens tomografi (OCT) ve OCT anjiyografi sayılabilir. Her görüntüleme yönteminin kendine özgü avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Farklı görüntüleme yöntemleri ile elde edilen görüntülerin değerlendirilmesi koroid hastalıklarının tanısında duyarlılık ve özgüllüğü artırabilir. Bu derlemenin amacı koroidin görüntüleme ve inceleme yöntemleri ile ilgili genel bir bakış sağlamaktır.

Anahtar Kelimeler: Koroid, koryokapillaris, optik koherens tomografi, optik koherens tomografi anjiyografi, indosiyenin yeşil anjiyografi

ABSTRACT

Advances in choroidal imaging have all contributed to the improvements in understanding the mechanisms that play a role in the pathogenesis of diseases, diagnosis and treatment. In today's ophthalmology practice, the interpretation of various choroidal imaging tests is essential for the successful treatment of choroidal pathologies. Information about the anatomical structure, function and dynamic vascular flow can be obtained with many different imaging systems that provide two- or three-dimensional, en-face or cross-sectional images. Common imaging modalities include: b-mode ultrasonography, indocyanine green angiography, optical coherence tomography (OCT) and OCT angiography. Each modality has unique advantages and limitations. When analyzed together, different choroidal imaging techniques can increase diagnostic sensitivity and specificity. The aim of this review is to provide an overview of the choroidal imaging and evaluation.

Keywords: Choroid, choriocapillaris, optical coherence tomography, optical coherence tomography, indocyanine green angiography

Giriş

Koroid, retina pigment epiteli (RPE) ve retina dış segment yapılarının kanlanması sağlayan damarsal yapıdır. Yapısal özelliklerinin iyi anlaşılması birçok göz hastalığının tanısında ve tedavisinde önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte, koroidin görüntülenmesi, retina pigment epiteli (RPE) ve sklera arasındaki konumu nedeniyle zorluk yaratmaktadır. Koroid dokusunun yapısal özelliklerinin detaylı bir şekilde incelenmesi uzun bir süreçtir mümkün olamamıştır. Neysa ki, yeni görüntüleme yöntemleri sayesinde önceden görüntülenemeyen pek çok anatomik bölge ve yapının değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Bu derleme, geleneksel ve güncel görüntüleme tekniklerinin koroid hastalıklarının tanı, tedavi kararı ve takibinde kullanımını özetlemeyi hedeflemektedir.

Koroid Anatomisi ve Fizyolojisi

Koroid, retina ve sklera arasında bulunan ve histolojik olarak kan damarları, melanositler, fibroblastlar, çeşitli immünokompetan hücreler ve destekleyici bağ dokusu gibi farklı bileşenlerden oluşan bir yapıdır.^[1] İris ve siliyer cisim ile birlikte, koroid gözün uvea tabakasını oluşturur. Histolojik olarak, her biri farklı kalınlıklara ve özelliklere sahip olan 5 ayrı katmandan meydana gelir. Koroid, retinadan skleraya doğru sırası ile (1) *Bruch membranı*, (2) *koryokapillaris* (fotoreseptör ve RPE hücrelerinin ihtiyaç duyduğu besin maddeleri ve oksijeni sağlayan yoğun bir vasküler ağ), (3) *Sattler tabakası* (orta büyüklükte koroid damarları), (4) *Haller tabakası* (büyük koroid damarları) ve (5) *suprakoroidal boşluk* tarafından oluşmaktadır.^[1]

Bruch membranı, 2-4 µm kalınlığında, kollajen ve elastin açısından zengin ve koryokapillarisin önünde bulunan ince bir bağ

dokusudur. RPE hücrelerinin adezyonu, göçü ve farklılaşmasını düzenler ve retina ile koroid arasındaki hücresel migrasyon için bariyer görevi görmesi gibi fonksiyonları vardır. Ayrıca, koryokapillaris ve RPE arasındaki moleküller transportu düzenler. Yaşlanmaya veya farklı patolojik süreçlere bağlı olarak Bruch membranının yapısında meydana gelen bazı değişiklikler bu fizyolojik dengelerin bozulmasına neden olabilir.^[2]

Koryokapillaris, Bruch membranı ve orta çaplı koroid damarları arasında bulunan, kapillerlerin birbirleriyle anastomozlar yaparak meydana getirdiği yoğun damar ağı yapısıdır.

Bu ince ve yoğun kılcal damar tabakası, Sattler tabakasındaki arteriyollerden ortaya çıkar ve altıgen şekilli lobüler dizilim gösterir. Koryokapillaris kalınlığı metabolik aktivitenin en yüksek olduğu bölge olan foveada yaklaşık 10 µm kalınlığında iken, periferik retinada 7 µm kalınlığındadır.^[1,2] Koryokapillaris, özellikle retinaya yakın tarafta fenestrasyonlar içerir ve büyük makromoleküllerin bile ekstrakapiller alana geçmesine olanak sağlar. Koryokapillarisin tüm bu ayırt edici özellikleri nedeniyle, RPE ve fotoreseptörlere besin ve oksijen sağlanması ve RPE tarafından üretilen maddelerin uzaklaştırılması gibi birçok kritik fonksiyonu bulunur.^[3] Aynı zamanda, bu yapısal ve fonksiyonel özelliklerin korunması büyük ölçüde dış retina ve RPE hücrelerinin etkisine bağlıdır. Bilindiği üzere, çoğunlukla RPE tarafından üretilen VEGF endotel hücreleri üzerinde trofik etki oluşturur. Koryokapillarisin sağlıklı gelişimi ve devamlılığı için RPE tarafından sentezlenen VEGF'e gereksinim vardır.^[4]

Koryokapillaris ve suprakoroidal boşluk arasında kısa ve uzun posterior siliyer arterlerin devamı olan daha büyük çaplı damarlar bulunur. Bu damarlar iki katman meydana getirir: büyük arter ve venlerden oluşan dış **Haller tabakası** ve koryokapillarisin kanlanması ve drenajından sorumlu, orta büyüklükte damarlardan oluşan iç **Sattler tabakası**.^[1]

Suprakoroidal boşluk, Haller katmanının dışında yer alır ve koroid ve sklera içeren yapılar arasında bir geçiş bölgesi olarak kabul edilir. Suprakoroidal boşluğun en dış katmanını lamina fusca oluşturur. Yaklaşık 30 µm kalınlığındadır ve birkaç kat melanosit ve fibroblast benzeri hücreden meydana gelir. Bazı anatomistler

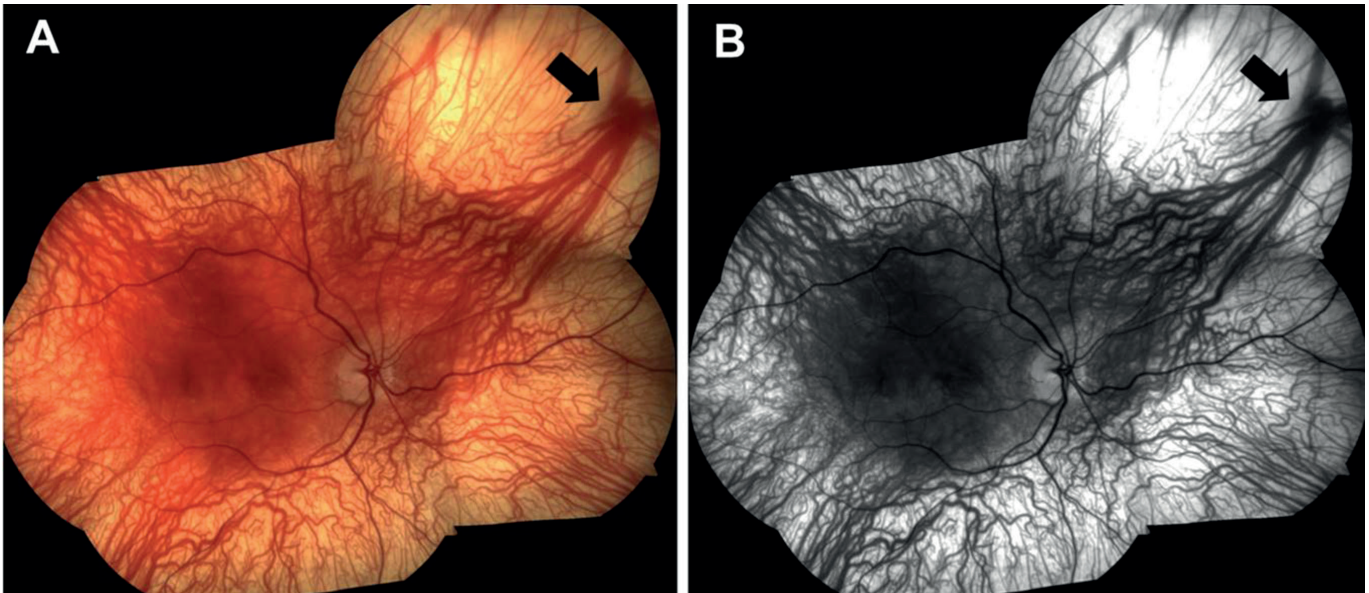
tarafından, lamina fusca skleranın en iç tabakası olarak tanımlanır.^[1]

Koroid Görüntülemesinde Geleneksel Yöntemler

Son yıllara kadar koroidin değerlendirilmesinde *renkli fundus fotoğrafı*, *indosiyanin yeşili anjiyografisi (İSYA)*, *laser Doppler flowmetre* ve *oküler ultrasonografi (USG)* ile görüntüleme kullanılmıştır.^[2,5-9]

Renkli fundus fotoğrafı, fundus muayenesinde tespit edilen retina ve koroid patolojilerin dokümantasyonunda uzun süredir kullanılmaktadır (Resim 1). Elde edilen görüntünün 2-boyutlu olması en önemli dezavantajıdır. Derinlik hissi eksikliğinden dolayı bazı koroid bozuklukların tanısında yetersiz olabilir. Günümüzde koroid hastalıklarının teşhis ve takibinde tanısal başarıyı arttırmak için renkli fundus fotoğrafı ile birlikte çeşitli tamamlayıcı görüntüleme yöntemleri kullanılır (multimodal görüntüleme). RPE nedeniyle koroidin görüntülenmesi çok olanaklı değildir ve ancak ciddi RPE atrofi durumunda bir değerlendirme yapılabilir. Koroid görüntülenmesinde rutin bir muayene yöntemi olarak sayılması doğru değildir.

İndosiyanin yeşili anjiyografisi koroid damar sisteminin değerlendirmesinde altın standart olarak kabul edilmiştir. Floresein anjiyografinin (FA) aksine, İSY boyası, plazma lipoproteinlerine yüksek oranda (%98) bağlanmaktadır. Böylece fenestrasyonlar içeren koryokapillaris duvarından kolayca sızmaz, orta ve büyük çaplı koroid damarlarının görüntülenmesine olanak sağlar. Aynı zamanda **İSY** boyasının maksimum absorpsiyon zirvesi 790-805 nm ve zirve emisyonu 835 nm'dir. Uyaran ve yayılan ışınların yakın kızılötesi spektrumda olması nedeniyle retinada daha derin penetrasyona izin vererek RPE ve retina pigmentlerini (melanin, ksantofil), ayrıca kan, lipid birikintiler ve hafif ortam opasitelerini daha kolay geçmektedir. Floresein anjiyografisi retinanın incelenmesinde altın standart olarak kabul edilse de, İSYA koroidin değerlendirmesinde özgün bir tetkiktir.^[1,2,10] Günümüzde İSYA görüntülemeye geniş açı görüntüleme sistemleri ve yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edebilen taramalı laser oftalmoskoplar kullanılır.^[1] İndosiyanin yeşili anjiyografi görüntüleri, erken, orta ve geç faz olarak incelenir. Erken fazda (enjeksiyondan sonra 0



Resim 1: (A) Oküler albinizmlı bir hastada sağ gözün fundus resimi. Melanin pigmenti yokluğu nedeniyle fundus hipopigmentedir ve geniş koroid damarları belirgin haldedir. Koroid damarları skleradan çıkmadan önce *ampulla* olarak tanımlanan genişleme oluşturur (ok). (B) Aynı hastanın redfree görüntüsünde de büyük koroid damarları belirgin izlenmektedir.

ve ~1. dakika arasında) orta ve büyük koroid damarlar belirgin olarak görüntülenir (Resim 1). Orta fazda (6-15 dakika), difüz hiperfloresans nedeni ile koroid damarları daha az belirgin hale gelir. Anormal hiperfloresans gösteren lezyonlar en iyi bu fazda görüntülenir. Geç fazda (15-30 dakika) koroid ve retina damarlarının detayları kaybolur. Koroid damarları hipofloresan alanlar olarak izlenirken, retina damarları artık görünmez ve optik sinir başı karanlıktır.^[10] Bu özellikler, İSYA'yı koroid anatomisini ve hemodinamiğini incelemek için etkin bir görüntüleme tekniği yapsa da, yetersiz yanal çözünürlük, derinlemesine çözünmüş segmentasyon yapılamaması ve 3 boyutlu görüntü analizine olanak sağlamaması İSYA kullanımını sınırlar. Bu dezavantajlarına rağmen, boya bazlı görüntüleme, tıkaçıcı damar hastalıklarında boya geçişinin yorumlanması ve kan-retina bariyerini etkileyen hastalıklarda boya sızıntısının izlenmesi gibi başka avantajlar sağlar.

Oküler ultrasonografi, ortam opasitesi varlığında gözün arka segment yapılarının incelenmesinde ve koroid tümörlerinin tanı ve takibinde vazgeçilmez bir görüntüleme aracıdır. Ne yazık ki, görüntü çözünürlüğünün düşük olması nedeni ile ince koroid dokusundan ölçümler yapılması ve küçük değişikliklerin tespit edilmesi oldukça zordur.^[8]

Laser Doppler flowmetre, koroid kan akımına ait hemodinamik parametreleri incelememize yardımcı olan, invaziv olmayan bir tanı yöntemidir. Çalışma prensibinin temel noktası, belirli bir hacimde hareket eden eritrositlerin ortalama hızı ve sayısını tespit edilmesine dayanır. Yapılan çalışmalardan elde edilen verilere göre yaşlanma, yaşa bağlı makula dejenerasyonu (YBMD) ve retinitis pigmentosa durumlarında koroid dolaşımında bozulma meydana geldiği gösterilmiştir.^[6-8]

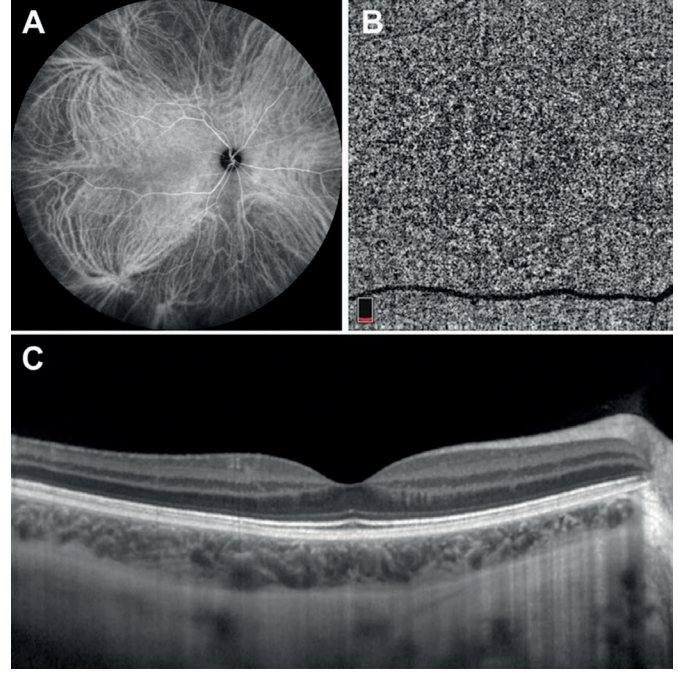
Koroid Görüntülemesinde Güncel Yöntemler

Multicolor Görüntüleme

Multicolor (çok renkli) görüntüleme sistemi (Spectralis HRA-OCT; Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany), mavi (486 nm), yeşil (518 nm) ve kızılötesi (815 nm) gibi üç farklı dalga boyunu kullanarak görüntüleme sağlar. "Psödorenkli" fundus görüntüleme olarak da tanımlanan bu görüntüleme tekniği, günümüzde koroid nevüsü ve koroid melanomu gibi koroid hastalıklarının incelenmesinde oldukça fazla hekim tarafından kullanılmaktadır. Multicolor görüntüleme, koroid hastalıklarının tanısında ve dokümantasyonunda standart bir yaklaşım olmasa da optik koherens tomografi (OCT), OCT anjiyografi (OCTA) ve boya anjiyografi ile eşzamanlı uygulanabilmesi nedeniyle gelecekte standart renkli fundus fotoğrafının yerini alabilir.^[11]

Optik Koherens Tomografi

Optik koherens tomografi, yansıyan ışınları analiz etmek için interferometre özelliğini kullanarak koroid ve retinadan kesitsel ve yüksek çözünürlüklü histopatolojik görüntüler elde etmemize olanak sağlar. Günümüzde kullanılan OCT cihazları saniyede 20.000-70.000 A-tarama yapılabilmekte ve 5 µm çözünürlükte görüntüler elde etmektedir. Artırılmış derinlik görüntüleme (Enhanced Depth Imaging (EDI)) OCT ve swept-source OCT (SS-OCT) teknolojisi ile koroid ve koroid-sklera arayüzünü görüntülemek artık mümkündür (Resim 2). Koroid kalınlığında meydana gelen değişiklikleri birçok retina hastalığı ile ilişkili olduğu gösterildi. Bununla birlikte, yüksek çözünürlüklü yapısal OCT teknolojisine rağmen, sınırlı yanal çözünürlük ve kontrast eksikliği nedeniyle, koryokapillarisin görüntü çözünürlüğü düşük kalmıştır.^[2,12]



Resim 2: Sağlıklı bir gözde koroidin multimodal görüntülenmesi. (A) Geniş açı (100°) ile çekilen erken faz indosiyenin yeşili anjiyografi (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany). Büyük koroid damarları ve vorteks veni ampullaları belirgindir. (B) Koryokapillaris tabakasında kan akımı gösteren OCTA en face koryokapillaris anjiyogramı. (C) EDI-OCT teknolojisi, koroidin, korioskleral birleşimin ve skleranın daha iyi görüntülenmesine olanak sağlar.

Optik Koherens Tomografi Anjiyografi

Optik koherens tomografi anjiyografi, hareket kontrastını tespit etmek ve mikrovasküler yapıları görüntülemek için, tekrarlanan B-taramaları gerçekleştirerek hacimsel anjiyografik görüntüler elde eden, noninvaziv görüntüleme tekniğidir. Optik koherens tomografi tarama ve OCTA'nın temel çalışma prensibi, içsel kontrast madde olarak biyolojik dokulardaki partikül hareketini tespit ederek, retina ve koroid damarlarının görüntülenmesidir. Kan akımındaki amplitüd veya faz komponentlerinde oluşan farklılıkları tespit etmek için aynı yerden, tekrarlanan OCT B-taramaları gerçekleştirir. Belirli bir retina bölgesinden OCTA verileri elde etmek için, art arda, farklı yerlerden tekrarlanan B-taramaları yapılır. Elde edilen OCTA verisi ile retina ve koroid mikrovasküler yapıların 3 boyutlu görüntülenmesi sağlanır. Sonuçların yorumlanmasında dikkat edilmesi gereken nokta, OCTA'daki görüntüler akım tespit edilerek elde edildiğinden, bu görüntüler tüm damar yapısından ziyade, vasküler lümenin gösterimi şeklinde düşünülmesi gerekir. Söz konusu teknoloji, kontrast madde kullanmadan mikrovasküler yapıların incelenmesinde *en face* görüntüler oluşturduğu gibi, kan akımının değerlendirmesinde yüksek çözünürlüklü kesitsel görüntüler de elde edilmesini sağlar.^[2,12]

Geleneksel görüntüleme tekniklerinin koryokapillaris değerlendirilmesinde önemli sınırlamaları olduğu göz önüne alındığında, OCTA teknolojisi koryokapillaris incelenmesinde anahtar rol oynamaktadır. Koryokapillarisin *en-face* OCTA görüntüleri, Bruch membranının segmentasyonu ve Bruch membranının birkaç mikron altında ikinci bir sınır hattı konumlanması ile 10-30 µm kalınlığında ince bir "slab" elde ederek oluşturulur. *En face* koryokapillaris incelemesinde, akım boşlukları veya sinyal boşlukları olarak adlandırılan küçük karanlık bölgeler izlenir ve bunların kapiller damarlar arası boşlukların karşılığı olduğu düşünülür. Granüler

görünümde parlak alanlar ise koryokapillaris akımını yansıtmaktadır (Resim 2). Görüntü işleme teknolojisinin ilerlemesi ile birlikte, hem damar yoğunluğunu (belirli bir bölgede damarların kapladığı alan yüzdesi olarak tanımlanır), hem de damarlar arası boşlukların toplamını ölçmek mümkün olmuştur.^[2,13]

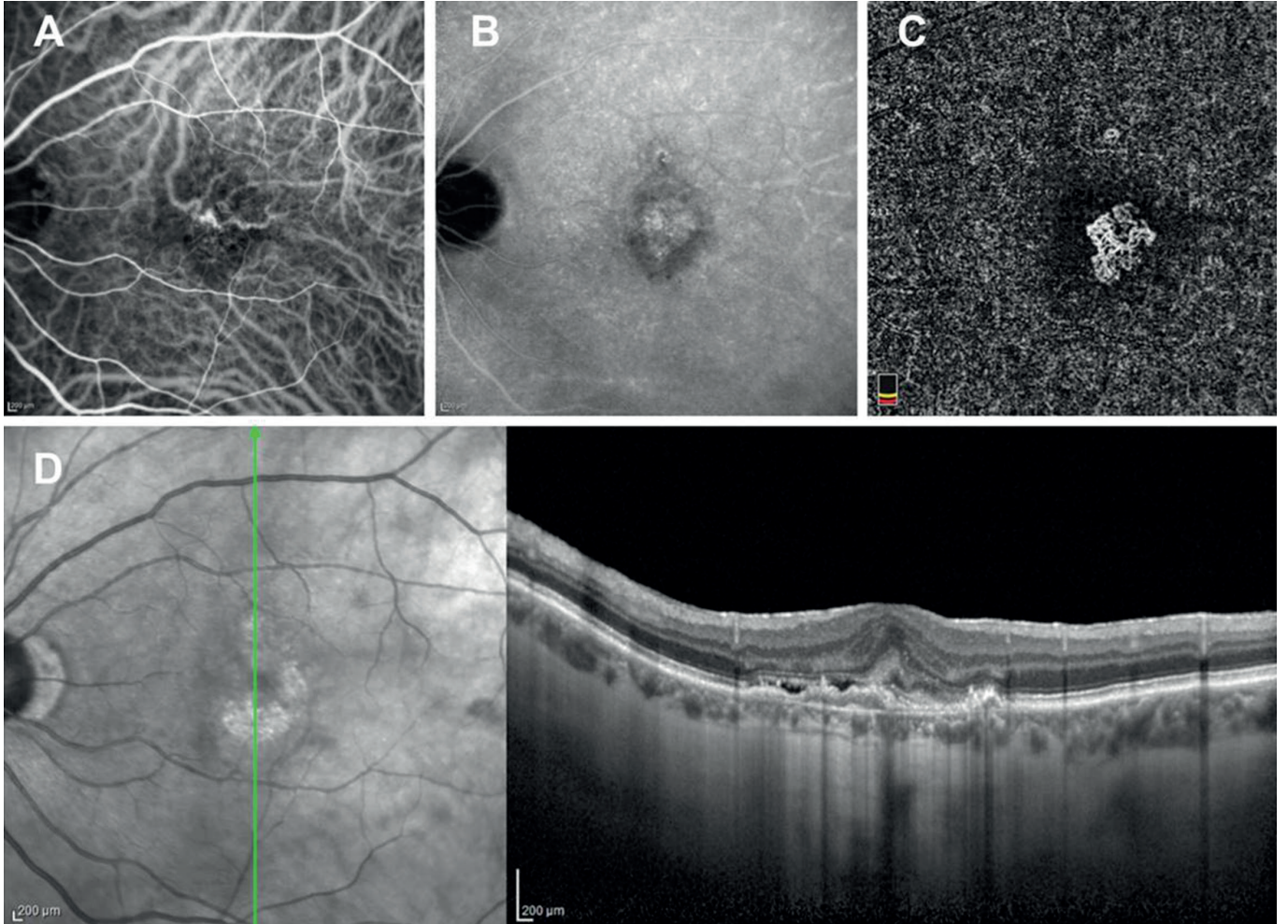
Koroid görüntülemesinde OCTA'nın, pek çok avantajına rağmen, bazı sınırlamaları da söz konusudur. Koryokapillaris ve RPE tarafından meydana gelen saçılma nedeniyle koroid derin katmanlarının görüntülenmesi oldukça kısıtlıdır. Sattler ve Haller katmanlarındaki orta ve büyük boyutlu damarlarının görüntülenmesi, ancak RPE veya koryokapillaris kaybının olduğu gözlerde, ışığın koroide daha fazla nüfuz etmesi nedeni ile mümkündür.^[2] Yukarıda açıklandığı gibi, OCTA ile yapılan incelemede, koryokapillaris, granüler tarzda parlak ve karanlık alanlar olarak görüntülenir (Resim 2). Maküler bölgedeki koryokapillaris perfüzyonu yaşla birlikte azalır ve akım boşlukları artış gösterir.^[2] Sağlıklı bireyler üzerinde yapılan bir çalışmada, koroid kalınlığı ve cinsiyet ile koryokapillaris perfüzyonu arasında ilişki bulunamamıştır.^[13]

Oküler Hastalıklarda Koroidin Görüntülenmesi

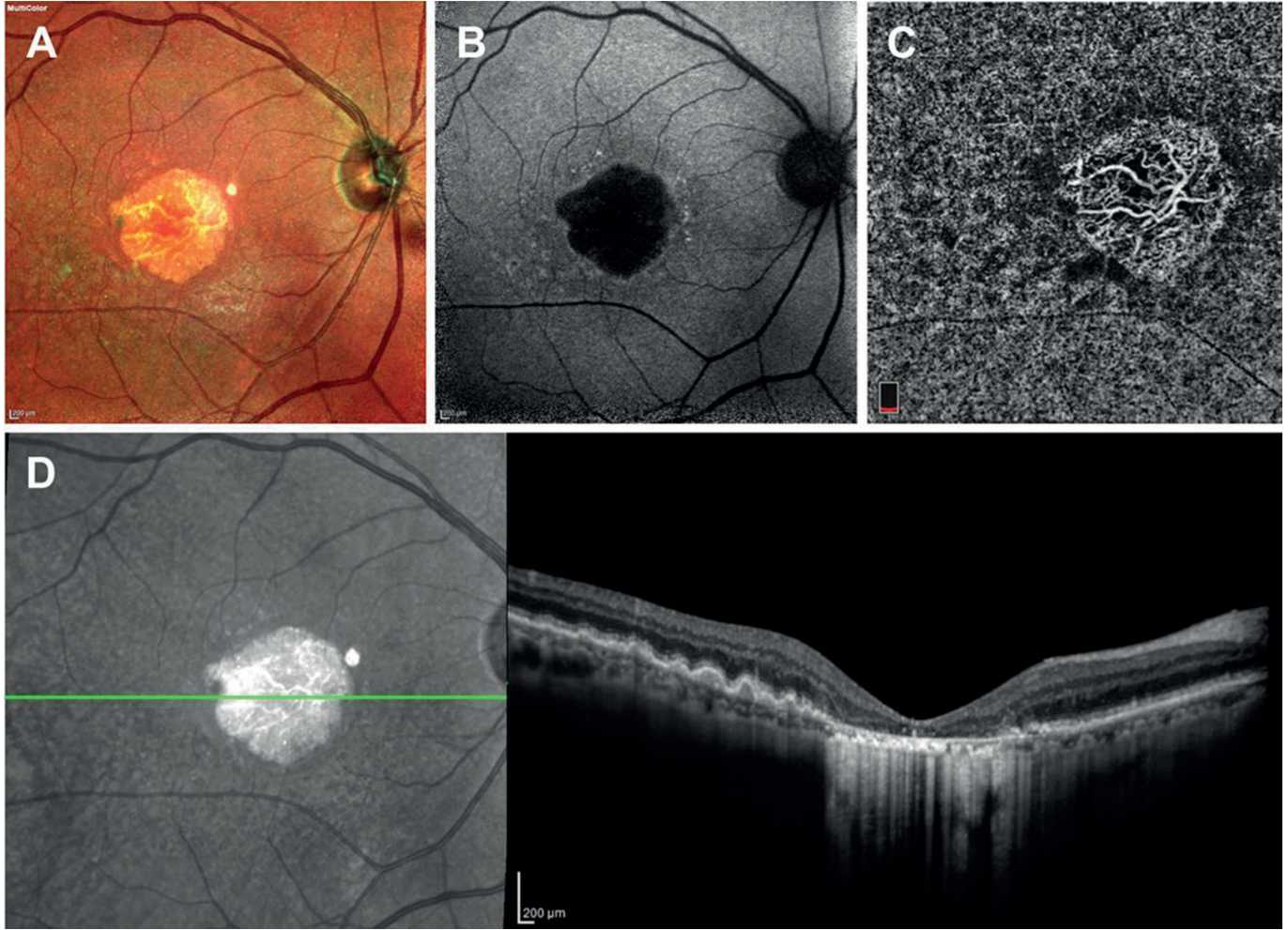
Yaşa Bağlı Makula Dejenerasyonunda Koroidin Görüntülenmesi

Floresin anjiyografi, RPE atrofisi alanlarını pencere defekti şeklinde görüntüleyip, aynı zamanda aktif koroid neovaskülarizasyonu (KNV) tespitinde önemli bir görüntüleme yöntemi olsa

da, koroid ile ilgili detaylı bilgi sağlamaz. Buna karşılık, İSYA, farklı KNV alt tiplerinin ayırt edilmesinde önemli bir rol oynar (Resim 3). Yaşa bağlı makula dejenerasyonu hastalığının tanısı, tedavi etkinliğini değerlendirmede, takip süreci ve prognozun belirlenmesi konusunda OCT'nin etkinliği bilinmektedir. Optik koherens tomografi ile yapılan çalışmalarda, YBMD'nin tüm evrelerinde subfoveal koroid kalınlığında progresif incelleme meydana geldiği gösterilmiştir.^[14] Aynı zamanda, koroid kalınlığı farklı drusen tipleri olan gözlerde de incelenmiş ve ileri evre YBMD'ye ilerleme riski en yüksek olan retiküler psödodrusenli gözlerde en ince olduğu bulunmuştur.^[15] Diğer taraftan SD-OCT'de kalın bir koroidin görülmesi, polipoidal koroidal vaskülopati (PKV) veya tip-1 anevrizmal neovaskülarizasyon gibi farklı tedavi yaklaşımı gerektirebilen tabloyu düşündürür.^[16] Yaş uyumlu sağlıklı kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, YBMD gözlerinde koroidal vaskülarite indeksinin azaldığını gösterilmiştir.^[17] Koroidal vaskülarite indeksinin ve koroid kalınlığının aktif neovaskülarizasyon aşamasında arttığı gösterilmiş ve hastalık aktivitesi için biyolojik belirteçler olarak kullanılabileceği öne sürülmüştür.^[18] Optik koherens tomografi anjiyografi, YBMD'de meydana gelen koroidal vasküler değişikliklerinin anlaşılmasında yardımcı olur. Koryokapillaris kaybının YBMD'nin eken evresinde başlamaktadır ve hastalığın ilerlemesi ile koryokapillaris hasarı artmaktadır (Resim 4). Koryokapillaris kaybının coğrafik atrofının genişlemesi ile korele olduğunu bildirilmiştir.^[19]



Resim 3: Eksudatif tip yaşa bağlı makula dejenerasyonu olgusunda multimodal görüntüleme. (A) Erken faz İSYA'da arka kutupta damar ağı izlenmektedir. (B) Geç faz İSYA'da 1 disk çapından küçük hiperfloresan lezyon. (C) OCTA incelemede damar ağı görünümü. (D) SD-OCT kesitinde subretinal sıvı, pigment epitel dekolmanı ve ince koroid dikkat çekmektedir.



Resim 4: İleri evre kuru tip yaşa bağlı makula dejenerasyonu (coğrafi atrofi) olgusunda multimodal görüntüleme. (A) Multicolor görüntülemeye makulada yaklaşık 2 disk çapında yuvarlak ve iyi sınırlı atrofik lezyon izlenmektedir. Sensöryel retina, RPE ve koryokapillaris kaybı nedeniyle lezyon içinde sklerotik görünümünde koroid damarları dikkat çekmektedir. (B) Fundus otofloresans görüntülemeye makulada hipootofloresan lezyon mevcut. (C) OCTA *en face* koryokapillaris anjiogramında koroid damarları izlenmektedir. Bu görünüm makula neovaskularizasyonunda ortaya çıkan damar ağı görünümü ile benzerlik gösterse de ayırt edilmelidir. (D) SD-OCT tetkikinde ileri derece koryoretinal atrofi görülmektedir. Koroide ait yansıma ve geçirgenlik artmıştır.

Pakikoroid Spektrumunda Koroidin Görüntülenmesi

Koroidin fokal veya diffüz kalınlaşması, dilate haller tabakası damarları (pakidamarlar), pakidamarların üzerindeki Sattler tabakasında ve koryokapillariste incelleme ve koroid hiperpermeabilitesi pakikoroid özelliklerini oluşturmaktadır.^[20] Sağlıklı kişilerde subfoveal koroid kalınlığının 190-350 µm aralığında bildirilse de koroidi kalın olarak kabul edebilmek için kesin kabul görmüş bir değer yoktur. Fokal koroid kalınlaşması olan alanlar genellikle pakidamarların yerleşimi ile uyumludur. Koroid kalınlaşmasından esas olarak en dıştaki büyük koroid damarlarının bulunduğu Haller tabakasındaki damarların genişlemesi sorumludur. Bu damarların patolojik bir durumu belirten pakidamar olarak adlandırılması için sadece genişlemeleri yeterli değildir. Pakidamarların üzerindeki Sattler ve koryokapillaris tabakaları incelmıştır ve üst tabakaların kalınlığının azalmasıyla bu damarların OCT'deki görünürölükleri de belirgin olarak artmıştır.^[20] Pakikoroid spektrum hastalıklarda gözlenen retina pigment epiteli (RPE) lezyonları, KNV'ler ve polipler genellikle pakidamarların üzerinde yerleşimlidir (Resim 5).

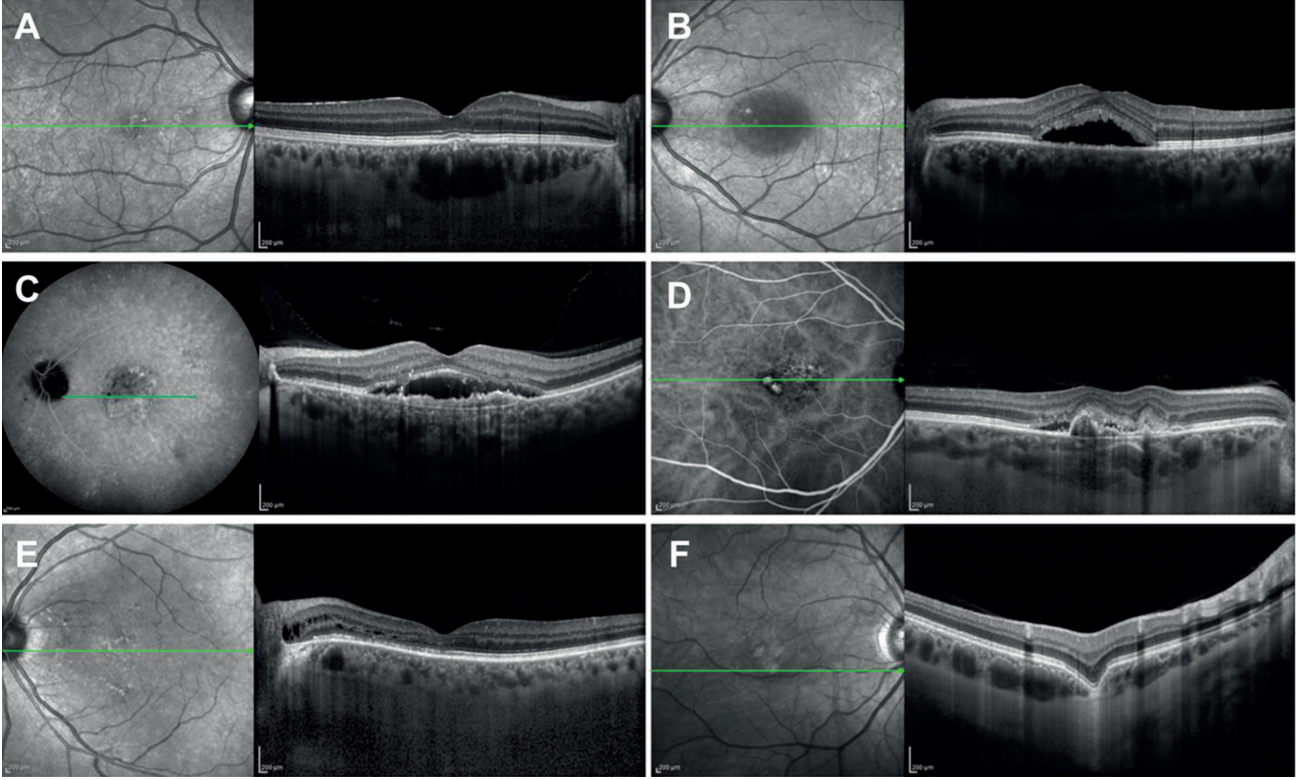
Pakikoroid spektrumu ile ilişkili klinik tablolar şu şekilde sıralanabilir: pakikoroid pigment epitelyopati (PPE), santral seroz koryoretinopati (SSKR), pakikoroid neovaskulopati (PNV), anevrizmal tip-1 neovaskularizasyon (AT1N) veya PKV, peripa-

iller pakikoroid sendromu (PPS) ve fokal koroidal ekskavasyonu (FKE). Pakikoroid özellikleri olan bir gözde RPE değişiklikleri varsa fakat subretinal sıvı, KNV veya polip yoksa bu durum PPE olarak adlandırılır. Pakikoroid pigment epitelyopati, SSKR'nin sınırlı kalmış formu olarak tanımlanır. Pakikoroid özellikleri olan bir gözde subretinal sıvı varsa ve herhangi bir KNV veya polip yoksa bu tablo SSKR olarak sınıflandırılır. Pakikoroid özelliklerine tip1 KNV'nin eşlik ettiği ve polip bulunmayan gözler PNV olarak tanımlanır (Resim 6). Pakikoroid özellikleri olan gözlerde poliiple beraber tip 1 KNV mevcutsa tablo PKV veya AT1N olarak adlandırılır. Pakikoroid özellikleri olan, en yüksek koroid kalınlığının optik disk komşuluğunda saptandığı ve karakteristik peripapiller bozukluklara sahip gözler PPS olarak adlandırılır. Posterior stafilom veya skleral ektazi olmayan gözlerde rastlanan koroidal konkaviter FKE olarak isimlendirilir.^[20]

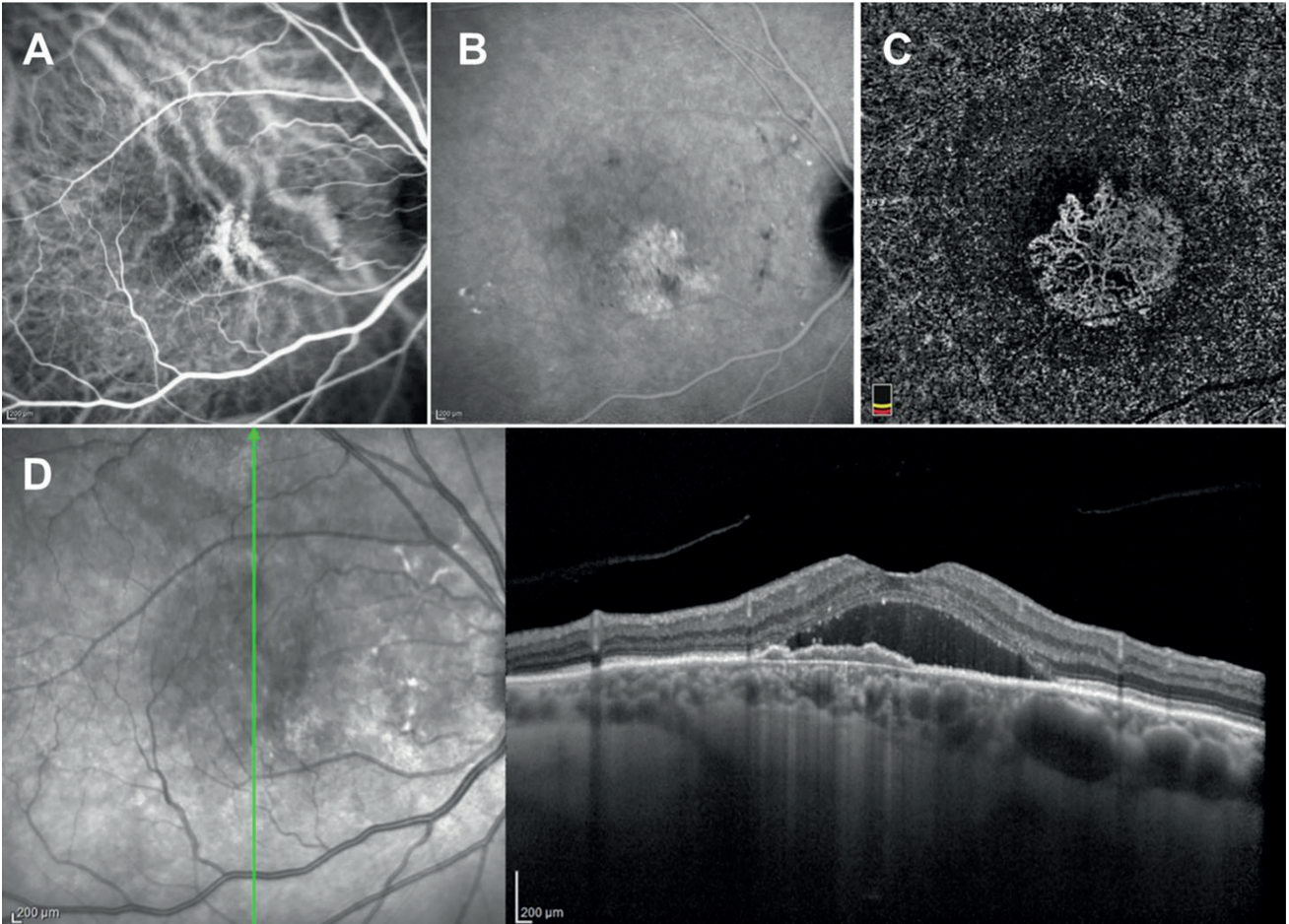
Kalıtsal Koryoretinal Distrofilerde Koroidin Görüntülenmesi

Stargardt Hastalığı

Stargardt hastalığı, çocuklarda ve erişkinlerde en sık görülen kalıtsal makula distrofisidir. Genetik ve klinik açıdan oldukça heterojen bir hastalıktır. Hastalık karakteristik olarak sarımsı-be-

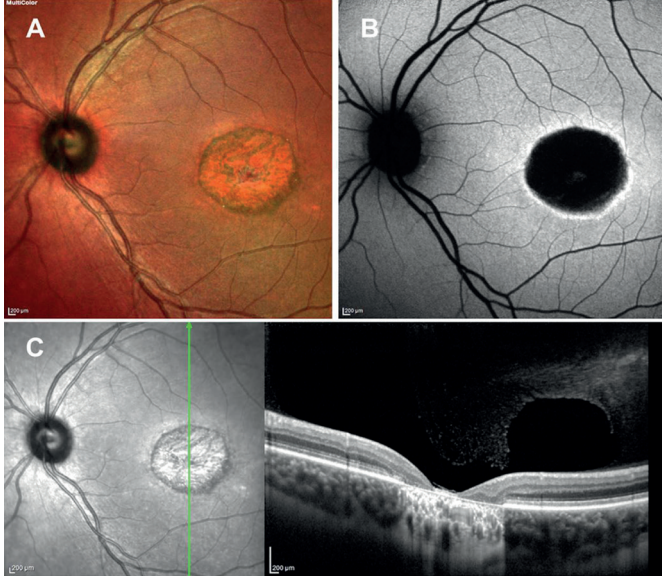


Resim 5: Pakikoroid spektrum hastalıklarında gözlenen lezyonların pakidamarların üzerinde yerleşimi. (A) Pakikoroid pigment epitelyopati. (B) Santral seröz koryoretinopati. (C) Pakikoroid neovaskülopati. (D) Tip-1 anevrizmal neovaskülarizasyon. (E) Peripapiller pakikoroid. (F) Koroidal ekskavasyon.



Resim 6: Pakikoroid neovaskülopati olgusunda multimodal görüntüleme. (A) Erken faz İSYA'da arka kutupta hiperfloresan pakidamarlar ve belli belirsiz damar ağı izlenmektedir. (B) Geç faz İSYA'da yaklaşık 1 disk çapında hiperfloresan lezyon. (C) OCTA incelemede "medusa" şekilli damar ağı görünümü. (D) SD-OCT kesitinde subretinal sıvı, pakidamarlar ve sık düzensiz pigment epiteli dekolmanı (çift katman bulgusu) dikkat çekmektedir.

yaz benekler ile çevrili atrofik görünümlü makula lezyonları ile karakterizedir. Arka kutupta ve mid-perifer retinada çok sayıda benekler görülen olgular Fundus Flavimaculatus olarak tanımlanır.^[2] İleri evre olgularında RPE ve koroid atrofisi gelişmektedir (Resim 7).



Resim 7: Stargardt olgusunda multimodal görüntüleme. (A) Multicolor görüntüleme makulada yuvarlak ve keskin sınırlı atrofik lezyon izlenmektedir (beneklerin eşlik etmediği atrofik makulopati). Lezyon içinde sklerotik görünümünde koroid damarları görülmektedir. (B) Fundus otofloresans görüntüleme makulada hiperotofloresan halka ile çevrili hipootofloresan lezyon dikkat çekmektedir. (C) SD-OCT tetkikinde ileri derece koryoretinal atrofi görülmektedir. Koroide ait yansıma artmıştır.

Santral Areolar Koroidal Distrofi

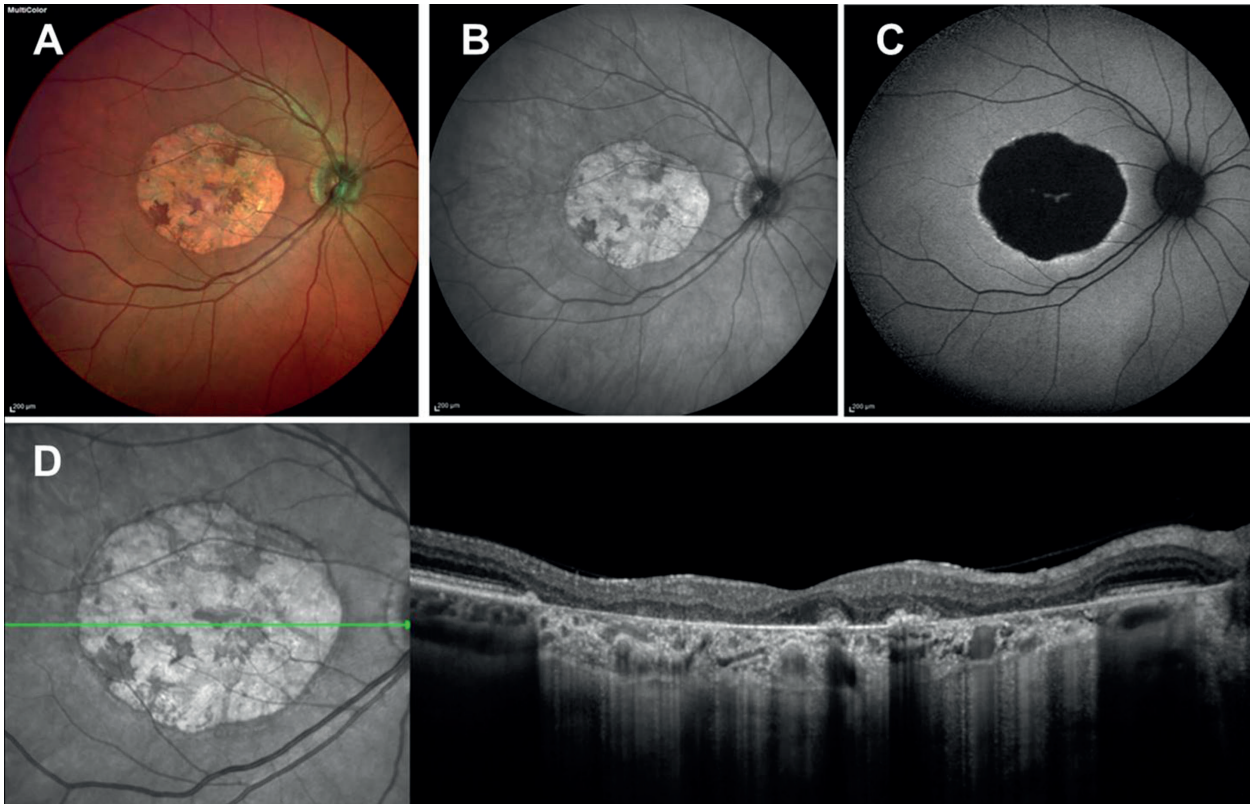
Otozomal dominant geçişli progresif korioretinal distrofidir ve sorumlu gen 17. Kromozomun kısa kolunda lokalizedir. RDS/peripherin geni, arjinin metabolizması ile ilgilidir. Hastalığın başlangıcı ikinci dekadın sonu ile dördüncü dekadın başlarında santral görmede bozulma şeklinde olmaktadır. Genç olgularda makulada spesifik olmayan depigmentasyon başlar. Zamanla iyi sınırlı, yuvarlak, ovoid jeografik atrofi gelişir. Lezyonların sınırları zamanla genişleyip düzensizleşebilir, ancak söz konusu korioretinal atrofi alanları peripapiller alanda ya da arkadlar dışında bulunmazlar (Resim 8).

Retinitis Pigmentosa

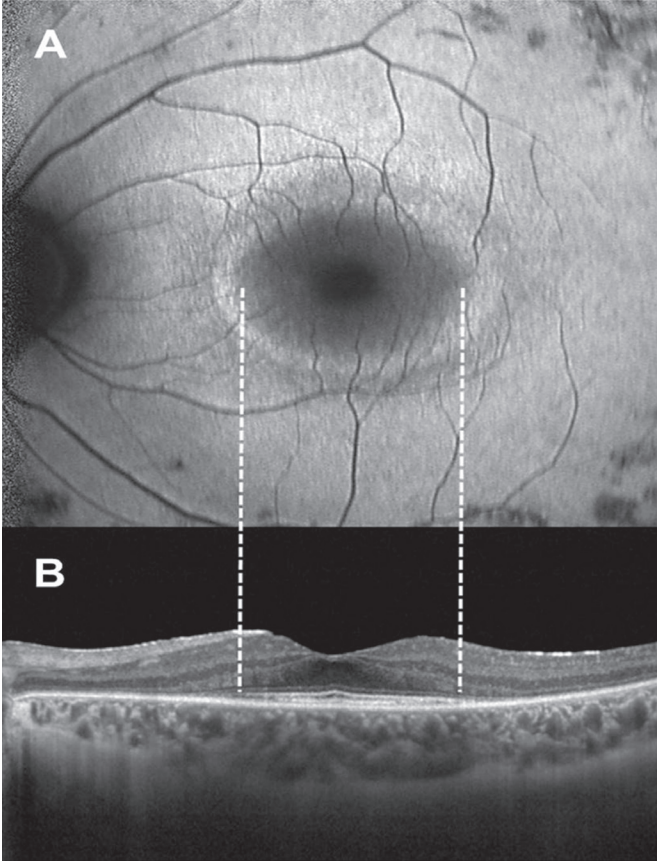
Retinitis pigmentosa en sık görülen retina distrofisidir. Görülme sıklığı 1/4000 olduğu tahmin edilmektedir. Retinitis pigmentosa, primer olarak fotoreseptörleri etkileyen bir hastalık olarak kabul edilse de EDI-OCT ile yapılan çalışmalarda koroid yapısında bozulma bildirilmiştir (Resim 9). Aynı zamanda OCTA ile yapılan incelemelerde, koryokapillaris perfüzyonunun RP gözlerde anlamlı olarak azaldığını ve söz konusu mikrovasküler değişikliklerin yapısal hasar ile ilişkili olduğu gösterilmiştir.^[2]

Koroideremi

Koroideremi, X'e bağlı kalıtım paterni gösteren ve esas olarak erkekleri etkileyen ilerleyici bir korioretinal distrofidir. Erken yaşlardan itibaren periferde başlayan koryokapillaris ve RPE atrofisi karakteristiktir (Resim 10). Hastalığın ilerlemesi ile makulada korioretinal atrofi meydana gelir.^[2]



Resim 8: Santral areolar koroidal distrofide multimodal görüntüleme. (A) Multicolor görüntüleme makulada ovoid ve keskin sınırlı atrofik lezyon görülmektedir. (B) İnfrared reflektans görüntüleme benzer şekilde makulada geniş, ovoid ve keskin sınırlı hiperreflektan görünümde lezyon izlenmektedir. (C) Fundus otofloresans görüntüleme makulada geniş, ovoid ve keskin sınırlı hipootofloresan lezyon dikkat çekicidir. (D) SD-OCT tetkikinde sensöryel retina atrofisi, ağır RPE ve elipsoid zon hasarı ve koroid atrofisi görülmektedir. Koroide ait yansıma artmıştır.



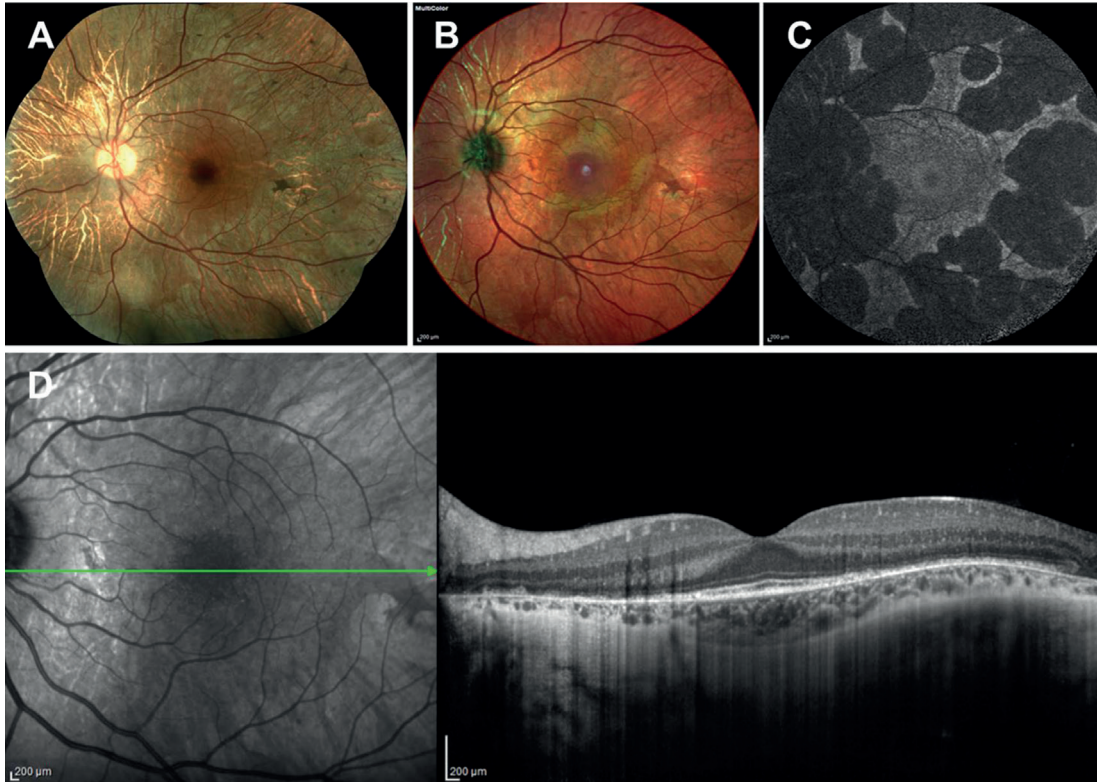
Resim 9: Retinitis pigmentosa hastasında fundus otofloresans (A) ve horizontal SD-OCT (B) görüntüleri. Foveada elipsoid zon korunmuştur ve sınırları RP olguları için tipik olan hiperotofloresan halkanın iç sınırına kadar uzanmaktadır. SD-OCT kesitinde fovea dışında kalan alanlarda elipsoid zon ve koroid hasarı dikkat çekmektedir.

Üveitlerde Koroidin Görüntülenmesi

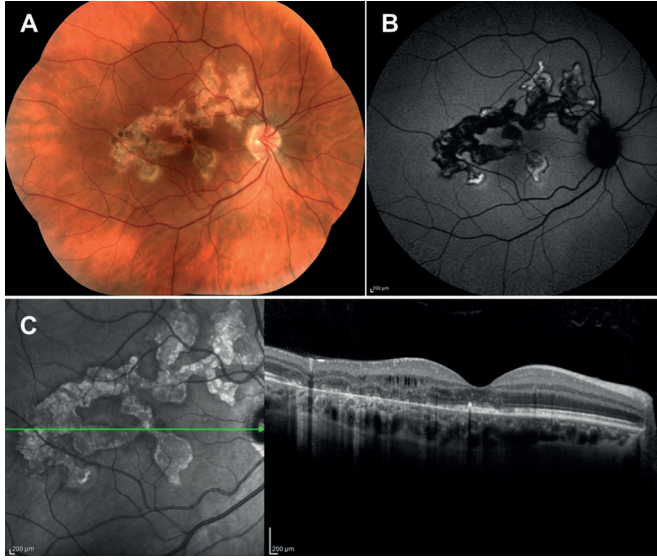
Bazı üveit tiplerinde primer tutulum yeri koroidin kendisidir. Bu durumlarda lezyon özelliklerini belirlemek ve olası hastalıkları birbirinden ayırt etmek için daha kapsamlı bir inceleme gerekir. Posterior üveit olgularında, koroid tutulumunu belirlemek için İSYA görüntülemeyi kullanmak faydalıdır.^[21] Anjiogramın geç fazlarında hipofloresan koroid lezyonlarının daha belirgin hale gelmesi, koryokapillaris hipoperfüzyonunu gösterir ve akut posterior multifokal plakoid pigment epitelopati ve serpinöz koroidit için tipiktir.^[22] Diğer taraftan, İSYA'nın geç fazlarında hipofloresan koroid lezyonlarının izofloresans göstermesi genelde granülom (sarkoidoz, tüberküloz) veya Vogt-Koyanagi-Harada hastalığını düşündürmektedir.^[23]

Yapısal EDI-OCT ve SS-OCT ile yapılan inceleme sonrasında koroid tutulumu gösteren hastalıklarda belirli kalınlaşma paternleri veya fokal koroid lezyonları görüntülenebilir (Resim 11). Akut posterior multifokal plakoid pigment epitelopati ve serpinöz koroidit olgularında, koryokapillaris hipoperfüzyonunu izlenen alanlarda koryokapillaris bandında kalınlaşma ve hiporeflektans görülür.^[22] Diffüz koroid kalınlaşması ise Vogt-Koyanagi-Harada hastalığı için tipik bir bulgudur (Resim 12). Farklı olarak, koroidin normal yapısında bozulma ile birlikte fokal kalınlaşma görülmesi toksoplazma koryoretinitini düşündürür. Koroid granülomları, EDI-OCT ve SS-OCT kesitlerinde altındaki dokularda artmış geçirgenlik etkisi yaratan hiporeflektif yuvarlak lezyonlar olarak görüntülenir.^[23]

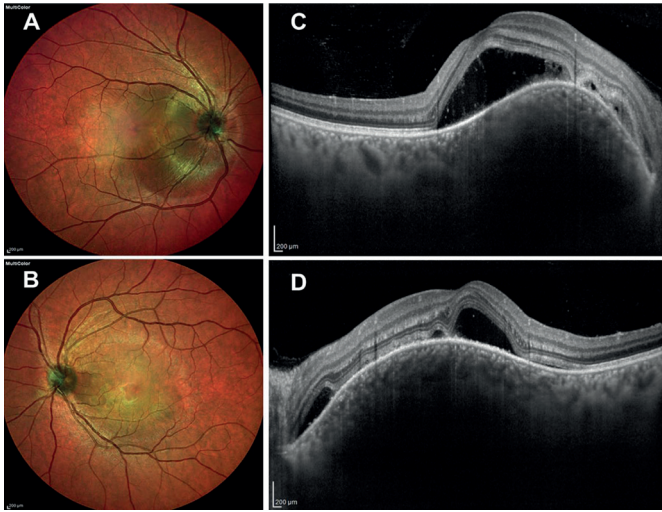
Koroid yapısının OCTA ile incelenmesi nispeten yeni bir uygulamadır ve bu konuda literatür bilgisi sınırlıdır. Büyük koroid granülomları, koroid damarları üzerinde baskı ve sıkıştırma meydana getirebilir. Bu olaydan dolayı koryokapillaris tabakasında or-



Resim 10: Koroideremi hastalığında multimodal görüntüleme. (A) Renki fundus resminde *midperiferik alanlarda sensöryel retina, RPE ve koryokapillaris atrofi*si belirgin iken, *büyük koroid damarlarının sklerotik görünümü dikkat çekicidir*. Aynı hastanın 55° multicolor (B) ve fundus otofloresans (C) görüntüleri. (D) EDI-OCT incelemede fovea dışındaki alanlarda pigment elipsoid zon, RPE ve koroid hasarı görülmektedir.



Resim 11: Serpiginöz koroidopati. (A) Arka kutupta lokalize hipopigmente serpiginöz lezyon izlenmektedir. Peripapiller retina korunmuştur (maküler serpiginöz koroidopati). (B) Fundus otofloresans görüntülemesinde hipootofloresan lezyonunun kenarında yer yer lineer hiperotofloresans izlenmektedir. (C) Lezyon üzerinden geçen foveal SD-OCT kesitinde belirgin elipsoid zon, RPE ve koryopakillaris hasarı mevcuttur.



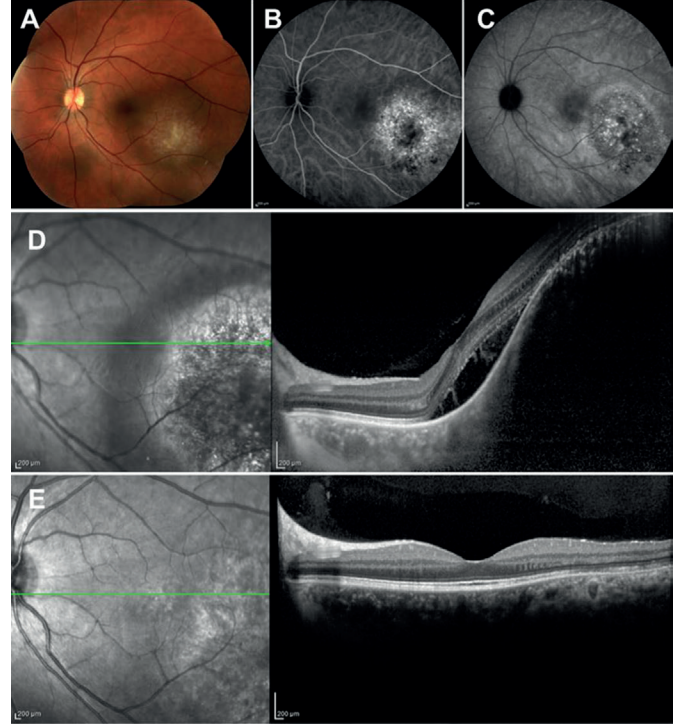
Resim 12: Vogt-Koyanagi-Harada hastasından elde edilen bilateral multicystic (A,B) ve bilateral SD-OCT (C,D) görüntüleri. Koroidin diffüz kalınlaşması Vogt-Koyanagi-Harada hastalığı için oldukça tipiktir.

taya çıkan hipoperfüzyon, OCTA görüntülemesinde karanlık alanlar olarak izlenir ve takip edilmelidir. Aynı zamanda bazı üveit tiplerinde gelişebilen KNV lezyonları, OCTA yardımı ile diğer inflamatuvar lezyonlardan ayırt edilebilir.^[24]

Koroid Tümörlerinde Koroidin Görüntülenmesi

Koroid tümörlerinin tanısı esas olarak klinik bulgulara dayanır. Birçok olguda indirekt oftalmoskopi ve oküler ultrason tanı için yeterlidir. Daha küçük koroid tümörlerinin oküler ultrason ile değerlendirilmesi yanıltıcı olabilir ve özellikle şüpheli lezyonlarda multimodal görüntüleme teknikleri kullanılması gerekir. İndosyanin yeşili anjiyografi, koroid dolaşımının görüntülenmesinde ideal bir yöntem olsa da, koroid tümörlerinin çoğu değişik

ken derecelerde erken ve geç hipofloresans gösterdiğinden tanıya yönelik özgün bir bulgu yoktur.¹ Bununla birlikte, sınırlı koroid hemanjiyomdan şüphelenildiğinde İSYA çekilmelidir. Bu olgular için erken fazda lobüler hiperfloresans ve geç fazda solma (wash-out) izlenmesi oldukça tipiktir (Resim 13).^[25]



Resim 13: Koroid hemanjiyomu olgusunda multimodal görüntüleme (A) Renkli fundus resminde portakal renkli lezyon. (B) Erken faz İSYA tetkikinde tümör halka şeklinde hiperfloresans gösterir. İlerleyen fazlarda tümörün merkezi de dolmaya başlar. (C) Geç faz İSYA tetkikinde bu olgular için tipik olan tipik olan wash-out fenomeni izlenir. (D) SD-OCT kesitinde fovea temporalinde RPE kontüründe kubbe şeklinde elevasyon ve subretinal sıvı görülür. (E) Fotodinamik tedavi sonrası 3. ayda tümör gerilemiştir.

Günümüz OCT teknolojisi, koroid damar sisteminin derinlemesine görüntüleyebilmesi nedeniyle koroid tümörlerin ayrıntı tanısında önemli bir role sahiptir. Optik koherens tomografi kesitlerinde koroid melanomu ve sınırlı koroid hemanjiyom olgularında kubbe şeklinde görünüm oldukça tipiktir. Bununla birlikte koroid melanomu lezyonları, üzerindeki iç koroid yapılarını sıkıştırırken, koroid hemanjiyomu lezyonlarında koryopakillaris, orta ve büyük çaptaki koroid damarlarında yaygın genişleme söz konusudur. Koroid metastazı ve koroid lenfoması için OCT kesitlerinde değişen derecelerde koroid kalınlaşması ve RPE-koroid ondülasyonları görülmesi oldukça karakteristiktir.^[26] Günümüzde OCTA görüntülerinin koroid tümörlerinin tanısında çok fazla bir katkısı yoktur.

Sonuç

Anlaşıldığı üzere, üveit, intraoküler tümörler, vasküler hastalıklar ve YBMD gibi birçok patolojik durumun gelişimi koroid ile ilişkilidir. Sonuç olarak, klinisyenler tarafından, koroid ile ilgili patolojik tablonun saptanması için hangi görüntüleme yöntemin kullanılması ve nasıl yorumlanması gerektiği iyi bilinmelidir. Tanısal görüntüleme yöntemlerinin temel prensipleri ve farklı hastalıkların karakteristik bulgularının ele alındığı bu derlemede koroid ve retina hastalıkları ile ilgilenen göz hekimlerine faydalı olmasını dilerim.

Kaynaklar

1. Invernizzi A, Pellegrini M, Cornish E, Yi Chong Teo K, Cereda M, Chhablani J. Imaging the Choroid: From Indocyanine Green Angiography to Optical Coherence Tomography Angiography. *Asia Pac J Ophthalmol* (Phila). 2020;9(4):335-348.
2. Borrelli E, Sarraf D, Freund KB, Sadda SR. OCT angiography and evaluation of the choroid and choroidal vascular disorders. *Prog Retin Eye Res*. 2018;67:30-55.
3. Bhutto I, Luttly G. Understanding age-related macular degeneration (AMD): relationships between the photoreceptor/retinal pigment epithelium/Bruch's membrane/choriocapillaris complex. *Mol Aspects Med*. 2012;33(4):295-317.
4. Campochiaro PA. Molecular pathogenesis of retinal and choroidal vascular diseases. *Prog Retin Eye Res*. 2015;49:67-81.
5. Yannuzzi LA, Sorenson JA, Guyer DR, Slakter JS, Chang B, Orlock D. Indocyanine green videoangiography: current status. *Eur J Ophthalmol*. 1994;4(2):69-81.
6. Grunwald JE, Hariprasad SM, DuPont J. Effect of aging on foveolar choroidal circulation. *Arch Ophthalmol*. 1998;116(2):150-154.
7. Grunwald JE, Hariprasad SM, DuPont J, Maguire MG, Fine SL, et al. Foveolar choroidal blood flow in age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1998;39(2):385-90.
8. Sezer T, Altınışık M, Koytak İA, Özdemir MH. Koroid ve optik koherens tomografi. *Türk J Ophthalmol* 2016;46(1):30-37.
9. Cheung A, Scott, IU, Murray TG, & Shields CL. Distinguishing a choroidal nevus from a choroidal melanoma. *Ophthalmic Pearls: Oncology from Am Acad Ophthalmol*. 2012;2: 39-40.
10. Yannuzzi LA. Indocyanine green angiography: a perspective on use in the clinical setting. *Am J Ophthalmol*. 2011;151(5):745-751.
11. Muftuoğlu IK, Gaber R, Bartsch DU, Meshi A, Goldbaum M, Freeman WR. Comparison of conventional color fundus photography and multi-color imaging in choroidal or retinal lesions. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018;256(4):643-649.
12. Novais EA, Bauman CR, Sarraf D, Freund KB, Duker JS. Multimodal Imaging in Retinal Disease: A Consensus Definition. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2016;47(3):201-5.
13. Al-Sheikh M, Phasukkijwatana N, Dolz-Marco R, Rahimi M, Lefe NA, Freund KB, et al. Quantitative OCT Angiography of the Retinal Microvasculature and the Choriocapillaris in Myopic Eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;58(4):2063-2069.
14. Lee JY, Lee DH, Lee JY, Yoon YH. Correlation between subfoveal choroidal thickness and the severity or progression of nonexudative age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54(12):7812-8.
15. Lee J, Kim M, Lee CS, Kim SS, Koh HJ, Lee SC, et al. Drusen subtypes and choroidal characteristics in asian eyes with typical neovascular age-related macular degeneration. *Retina*. 2020;40(3):490-498.
16. Lai K, Zhou L, Zhong X, Huang C, Gong Y, Xu F, et al. Morphological Difference of Choroidal Vasculature Between Polypoidal Choroidal Vasculopathy and Neovascular AMD on OCT: From the Perspective of Pachychoroid. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2018;49(10):114-121.
17. Koh LHL, Agrawal R, Khandelwal N, Sai Charan L, Chhablani J. Choroidal vascular changes in age-related macular degeneration. *Acta Ophthalmol*. 2017;95(7):597-601.
18. Invernizzi A, Benatti E, Cozzi M, Erba S, Vaishnavi S, Vupparaboina KK, et al. Choroidal Structural Changes Correlate With Neovascular Activity in Neovascular Age Related Macular Degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018;59(10):3836-3841.
19. Thulliez M, Zhang Q, Shi Y, Zhou H, Chu Z, de Sisternes L, et al. Correlations between Choriocapillaris Flow Deficits around Geographic Atrophy and Enlargement Rates Based on Swept-Source OCT Imaging. *Ophthalmol Retina*. 2019;3(6):478-488.
20. Ersoz MG, Hocaoglu M. Pakikoroid Spektrum Hastalıklarına Genel Bakış ve Sınıflama. *Güncel Retina* 2020; 4(2): 67-74.
21. Herbert CP, Mantovani A, Papadia M. Use of indocyanine green angiography in uveitis. *Int Ophthalmol Clin*. 2012;52(4):13-31.
22. Invernizzi A, Agarwal A, Cozzi M, Viola F, Nguyen QD, Staurengi G. Enhanced depth imaging optical coherence tomography features in areas of choriocapillaris hypoperfusion. *Retina*. 2016;36(10):2013-21.
23. Invernizzi A, Mapelli C, Viola F, Cigada M, Cimino L, Ratiglia R, et al. Choroidal granulomas visualized by enhanced depth imaging optical coherence tomography. *Retina*. 2015;35(3):525-31.
24. Agarwal A, Invernizzi A, Singh RB, Foulsham W, Aggarwal K, Handa S, et al. An update on inflammatory choroidal neovascularization: epidemiology, multimodal imaging, and management. *J Ophthalmic Inflamm Infect*. 2018;8(1):13.
25. Shields CL, Shields JA, De Potter P. Patterns of indocyanine green videoangiography of choroidal tumours. *Br J Ophthalmol*. 1995;79(3):237-245.
26. Pellegrini M, Invernizzi A, Giani A, Staurengi G. Enhanced depth imaging optical coherence tomography features of choroidal osteoma. *Retina*. 2014;34(5):958-963.



Doç. Dr. Mümin Hocaoglu

İstanbul Retina Enstitüsü

Tıp eğitimini İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde, Göz Hastalıkları Uzmanlık Eğitimini de Ankara Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde tamamlamıştır. Uşak Devlet Hastanesi'nde devlet hizmeti yükümlülüğünü tamamladıktan sonra, "Retina-Vitreus Hastalıkları ve Cerrahisi" konusundaki fellowship eğitimini İstanbul Retina Enstitüsü'nde tamamlayan Dr. Hocaoglu halen bu klinikte çalışmalarını sürdürmektedir. 2020 yılında Göz Hastalıkları Doçenti unvanı almaya hak kazanmıştır. Elektrofizyoloji, mikropereometri, optik koherens tomografi, herediter retina hastalıkları, yaşa bağlı makula dejenerasyonu, premature retinopati başta olmak üzere tıbbi ve cerrahi retinanın hemen tüm kollarında çalışmalarına ve araştırmalarına devam etmektedir.