



Pfizer-BioNTech COVID-19 Aşısını Takiben Eş Zamanlı Olarak Gelişen Akut Maküler Nöroretinopati ve Parasentral Akut Orta Makülopati Olgusu

A Case of Concurrent Acute Macular Neuroretinopathy and Paracentral Acute Middle Maculopathy Following Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccination

✉ Jale Menteş*, ✉ Serhad Nalçacı**, ✉ Cumali Değirmenci**

*Özel Klinik, İzmir, Türkiye

**Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Öz

İkinci doz koronavirüs hastalığı-19 aşısı uygulanmasından bir gün sonra sol gözünde ani ve ağır görme kaybı gelişen 65 yaşındaki bir kadın olgu sunulmaktadır. Bu gözde en iyi düzeltilmiş görme keskinliği 1/10 olan olgunun spektral domain optik koherens tomografi (OKT) görüntülerinde diffüz tipte parasantral akut orta makülopati bulgularına ilaveten OKT anjiyografi görüntülerinde eşzamanlı olarak akut maküler nöroretinopati ile uyumlu derin retinal kapiller ağ ve koryokapillaris tabakalarında eşzamanlı vasküler akım defektleri bulunduğu tespit edilmiştir. Tıbbi tedaviye rağmen görme keskinliğinde herhangi bir düzelme olmayan olgunun altı aylık takip sonrasında tüm retina katlarında atrofi ve inceleme gelişmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akut maküler nöroretinopati, optik koherens tomografi anjiyografi, parasantral akut orta makülopati, Pfizer-BioNTech COVID-19 aşısı, spektral domain optik koherens tomografi

Abstract

We present a 65-year-old woman who developed sudden and severe vision loss in her left eye one day after the administration of the second dose of coronavirus disease-19 vaccine. The best corrected visual acuity in this eye was 1/10. Diffuse paracentral acute middle maculopathy was detected on spectral domain optical coherence tomography (OCT). OCT angiography images revealed concurrent vascular flow defects consistent with acute macular neuroretinopathy in the deep retinal capillary plexus and choriocapillaris layers. At the end of the six-month follow-up, there was no improvement in visual acuity, and atrophy and thinning developed in all layers of the retina.

Keywords: Acute macular neuroretinopathy, optical coherence tomography angiography, paracentral acute middle maculopathy, Pfizer-BioNTech COVID-19 vaccine, spectral domain optical coherence tomography

Giriş

Aralık 2019'dan beri koronavirüs hastalığı (COVID-19) pandemisine neden olan şiddetli akut solunum sendromu koronavirüs 2 (SARS-CoV-2) tüm dünyada çok sayıda ölüm ve morbiditeye yol açmıştır. 2020 yılının son aylarında ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından bazı aşılar acil kullanım izni verilmesiyle birlikte birçok ülkede hızlandırılmış aşı kampanyaları başlatılmıştır. Değişik teknolojiler ile üretilen COVID-19 aşılarının yaygın olarak uygulanmasını takiben aşılar ile ilişkili çeşitli sistemik ve göze ait yan etkiler de bildirilmeye başlanmıştır.^{1,2,3,4}

Aşıların retina komplikasyonlarına ilişkin literatürde az sayıda olgu bulunmakla birlikte akut maküler nöroretinopati (AMN), parasantral akut orta makülopati (PAOM), retinal arter ve ven tıkanlıkları en çok bildirilen olgular arasında olup, bunların büyük bir kısmının inaktif virüs ve adenovirüs vektör COVID-19 aşılarının uygulanmasını takiben ortaya çıktıkları, mRNA ("messenger RNA") aşılarına ilişkin olarak ise daha az sayıda olgunun var olduğu gözlenmiştir.^{1,2,3,4,5,6,7,8}

İlk kez 2013 yılında Sarraf ve ark.⁹ tarafından AMN'nin bir varyantı (tip 1 AMN) olarak tanımlanmış olan PAOM, tipik olarak ani gelişen parasantral skotomlar ile karakterize, spektral domain optik koherens tomografi'de (SD-OKT), dış pleksiform

Cite this article as: Menteş J, Nalçacı S, Değirmenci C. A Case of Concurrent Acute Macular Neuroretinopathy and Paracentral Acute Middle Maculopathy Following Pfizer-BioNTech COVID-19 Vaccination. *Turk J Ophthalmol* 2023;53:186-191

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Serhad Nalçacı, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye
E-posta: serhadnalçaci@hotmail.com ORCID-ID: orcid.org/0000-0002-0401-9492
Geliş Tarihi/Received: 02.09.2022 Kabul Tarihi/Accepted: 23.02.2023

DOI: 10.4274/tjo.galenos.2023.65118

tabaka (DPT) üzerinde yer alan iç nükleer tabaka (İNT) ve iç pleksiform tabakada (İPT) fokal ya da diffüz, hiperreflektif bant şeklinde görünümüne sahip retinal bir bulgudur. İdiyopatik olarak ortaya çıkabilirse de çoğu kez diyabetik ve hipertansif retinopati, retinal arter ve ven tıkanıklığı gibi retinal vasküler hastalıklara ya da sistemik bir hastalığa sekonder olarak geliştiği ve patogenezinde orta ve/veya derin retinal kapiller ağda bir iskeminin var olduğu bildirilmiştir.^{9,10,11,12}

Bu makalede, bildiğimiz kadarı ile literatürde ilk olarak, Pfizer-BioNTech COVID-19 aşısından hemen sonra bir gözde ani ve ağır görme kaybı ile ortaya çıkan AMN ile eşzamanlı diffüz PAOM'li bir olgu ve optik koherens tomografi anjiyografiyi de (OKTA) içeren multimodal görüntüleme özellikleri sunulmuştur.

Olgu Sunumu

Altmış beş yaşında, tıp doktoru, kadın olgu 4 saat önce sol gözünde ani olarak gelişen merkezi görmeme ve lekeli görme şikayeti ile başvurdu. Bir gün önce ikinci doz Pfizer-BioNTech aşısı olduğunu ifade eden hasta, bu aşıdan 3 ay önce birinci Pfizer-BioNTech aşısını, 6 ve 8 ay önce de 2 adet Sinovac aşısı olmuş idi. Özgeçmişinde ilaç ile regüle diabetes mellitus, evre 1 hipertansiyon, evre 1 kronik böbrek yetmezliği, alkol alışkanlığı ve az su içme öyküsü bulunmaktaydı.

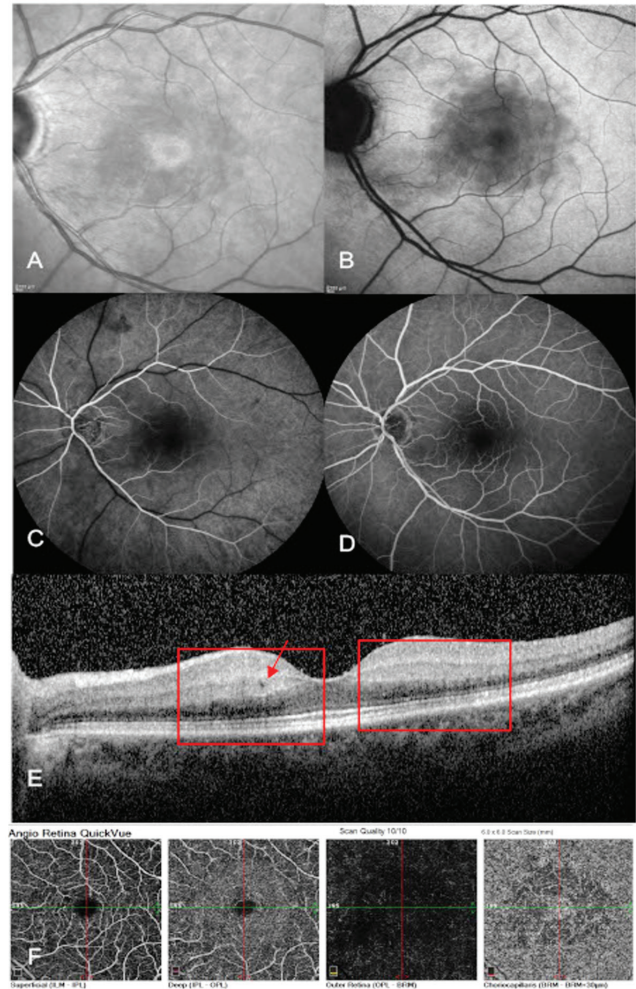
En iyi düzeltilmiş görme keskinliği (EİDGK) sağ gözde 10/10, sol gözde 1/10 (baş hareketi ile), göziçi basıncı (GİB) her iki gözde de 12 mmHg olan hastanın biyomikroskop ile muayenesinde her iki göz ön segmentleri olağan olarak saptanırken göz dibi görünümünün de normal olduğu tespit edildi.

Sol gözde infrared (İR) görüntülemeye, parafoveal alanda tüm makülayı kaplayan lobüler görünümüne hiporeflektif bir lezyon mevcut idi (Resim 1A). Kısa dalgalı (mavi, 488 nm) fundus otofloresan (FOF) görüntülemeye sol gözde, IR görüntülerdeki lezyona uyan alanda yine lobüler görünümüne belirgin hipootofloresan alanlar vardı (Resim 1B). Floresein anjiyografide (FA), sol gözde tüm fazların ve dolum zamanlarının normal olduğu görüldü (Resim 1C, D). SD-OKT'de, sol gözde nazal tarafta daha belirgin olmak üzere parafoveal alanda, DPT üzerinde bulunan İNT ve İPT'de bant şeklinde diffüz bir hiperreflektivite ve kalınlaşma saptandı. Bu alanların hemen altında yer alan dış nükleer tabaka (DNT), eksternal limitan membran (ELM) ve elipsoid zonda (EZ) da yine bant şeklinde hiporeflektivite ve granüler bir görünüm tespit edildi. İNT içinde 1-2 adet küçük intraretinal kist olduğu görüldü (Resim 1E). En face OKTA görüntülerde sol gözde foveal avasküler zonun düzensiz ve hafifçe genişlemiş olduğu (Resim 1F), derin retinal kapiller ağda ve koryokapillarisde eşzamanlı belirgin vasküler akım defektleri bulunduğu saptandı (Resim 2A, B). Akım defekti saptanan alanlar IR ve FAF'de görülen lezyon alanları ile uyumlu idi. İlâveten OKTA'da parafoveal bölgede derin retinal kapiller ağda damar dansitesinde belirgin azalma ve retinal kalınlık artışı olduğu tespit edildi (Resim 2C).

Sağ gözde İR, FOF, FA, OKT ve en face OKTA görüntülemeler (Resim 3A, B, C, D, E, F) tamamen normal

olmakla birlikte OKTA'da derin retinal kapiller ağda yer yer küçük vasküler akım defektleri bulunduğu koryokapillarisde ise akım defektlerinin bulunmadığı ve derin retina katlarında vasküler dansitenin normal olduğu saptandı (Resim 4A, B, C).

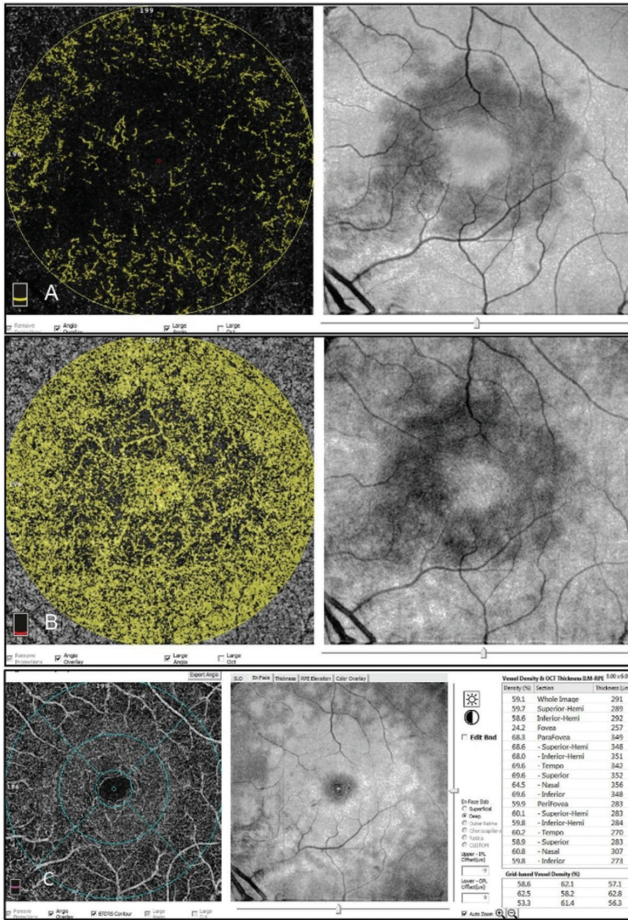
Sol gözde tanı olarak, diffüz tipte PAOM'ye ilave olarak retinanın derin katları ile koryokapillarisdeki kapiller yatakta yaygın mikrovasküler tıkanıklıkların var olduğu ve bu durumun Pfizer-BioNTech aşısı ile ilişkili olduğu düşünüldü. Tedavi olarak göziçi basıncını düşürmek amacı ile (timolol-dorzolamid kombinasyonu göz damlası 2x1; Tomec damla, Abdi İbrahim İlaç San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye), anti-agregan tedavi (asetilsalisilik asit 100 mg/gün; Coraspin tablet, Bayer Türk Kimya San. Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye), vazodilatör ilaç (pentoksifilin 400 mg x2, Trental tablet, Sanofi Sağlık Ürünleri Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye), kortikosteroid (prednizolon 32 mg/gün; Prednol tablet, Mustafa Nevzat İlaç Sanayi A.Ş.,



Resim 1. Sol göz, ilk muayene; A) infrared fotoğraf, B) fundus otofloresan, C, D) floressein anjiyografi, erken ve geç dönem, E) spektral domain optik koherens tomografi; iç pleksiform ve iç nükleer tabakalarda diffüz hiperreflektivite ve kalınlaşma ile dış retina katlarında hiporeflektivite ve granüler görünüm (kırmızı kare), iç nükleer tabakada kist (kırmızı ok), F) en face optik koherens tomografi anjiyografi

İstanbul, Türkiye), C vitamini (500 mg/gün) başlandı ve bol sıvı tüketimi önerildi. Etiyolojik araştırma olarak enfeksiyon hastalıkları, kardiyoloji, hematoloji, nefroloji ve genetik birimleri ile konsültasyonlara ek olarak trombofili paneli, hemogram ve D-dimer testi ve karotis doppler ultrasonografi tetkikleri istendi. Tüm tetkikler sonucunda olgunun eşlik eden sistemik hastalıklarının regüle durumda olduğu, genetik olarak trombofiliye yatkınlığının bulunmadığı tespit edildi. Olgu, önce bir hafta, daha sonra 15 gün ve 30 gün aralıklarla 6 ay boyunca takip edildi.

Altıncı ay muayenesinde sol gözde EİDGK'nin 1/10 olduğu, IR ve FOF görüntülerin normal olduğu, optik sinir başında kollateral damarların gelişmiş olduğu, FA'da arteriyel safhada dolan bu damarların sızıntı yapmadıkları saptanmıştır (Resim 5A, B, C, D). SD-OCT tetkikinde tüm retina katlarında atrofi ve incelme ek olarak parafoveal alanda ELM ve EZ'de hiporeflektif ve granüler görünümün devam ettiği (Resim 5E), OKTA ile görüntülemeye ise koryokapillaris seviyesindeki akım defektlerinin düzelmiş olmasına rağmen derin retinal kapiller ağdaki akım defektlerinin devam ettiği tespit edilmiştir (Resim 5F, 6A, B, C).

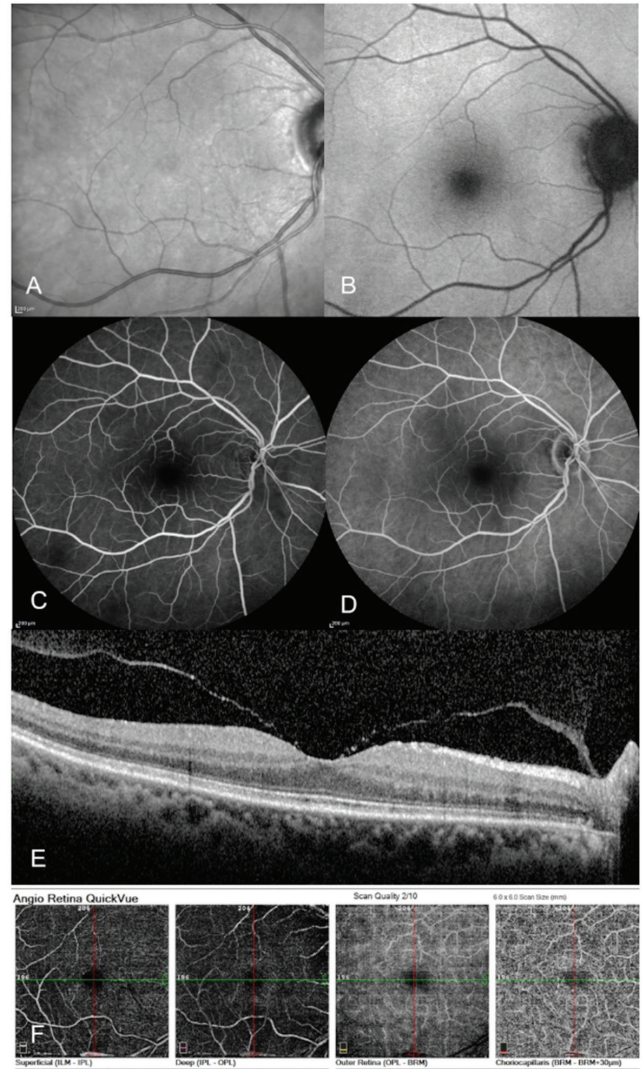


Resim 2. Sol göz, ilk muayene; optik koherens tomografi anjiyografi, A) derin retinal kapiller ağ vasküler akım defektleri, B) koryokapillaris vasküler akım defektleri, C) derin retinal kapiller ağ vasküler dansite değişiklikleri

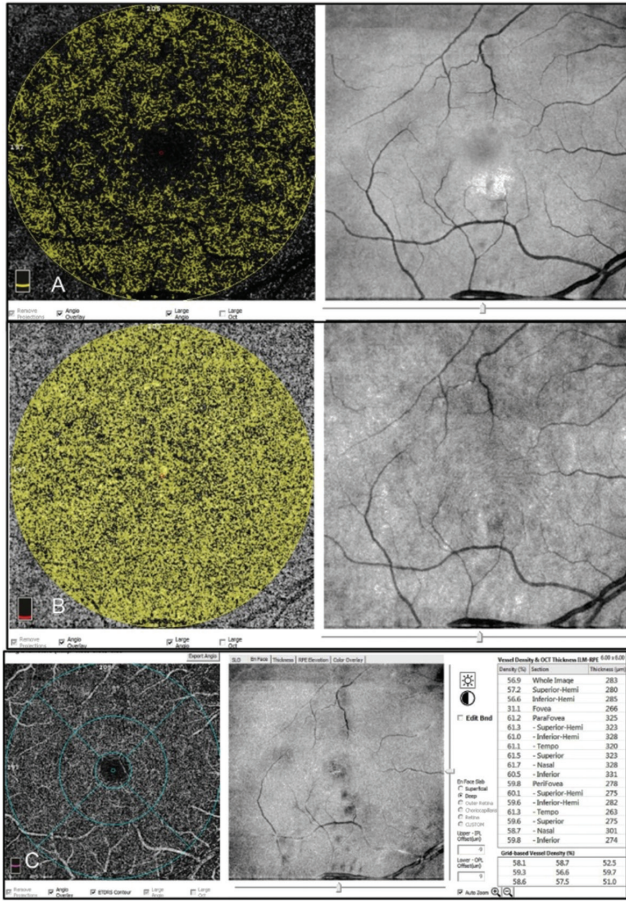
Tartışma

Bu makalede, bildiğimiz kadarı ile literatürde ilk olarak, bir rekombinant mRNA aşısı olan Pfizer-BioNTech COVID-19 aşısının uygulanmasını takiben bir gözde ani ve ağır görme kaybı ile ortaya çıkan AMN ile uyumlu olarak derin retinal kapiller ağda ve koryokapillarisde vasküler akım defektleri ile eşzamanlı olarak diffüz tipte PAOM'li bir olgu ve OKTA'yı da içeren multimodal görüntüleme özellikleri sunulmuştur.

Literatürde inaktif virüs ve adenovirüs vektör COVID-19 aşılarını takiben ortaya çıkmış birçok PAOM ve AMN olgusu bildirilmiş olmakla birlikte Pfizer-BioNTech COVID-19 aşısını takiben sadece bir tane PAOM ve 2 tane AMN olgusu bildirilmiştir.^{1,2,3,4,5,6,7,8} AMN ve PAOM'nin aynı gözde eşzamanlı olarak geliştiği bir olgu ise bildirilmemiştir. Ishibashi ve ark.⁶ tarafından sunulan bir PAOM olgusunda şikayetlerin ikinci doz Pfizer-BioNTech aşısını takiben 7. günde ortaya



Resim 3. Sağ göz, ilk muayene; A) infrared, B) fundus otofloresans, C, D) florescein anjiyografi, erken ve geç dönem, E) spektral domain optik koherens tomografi, F) en face optik koherens tomografi anjiyografi

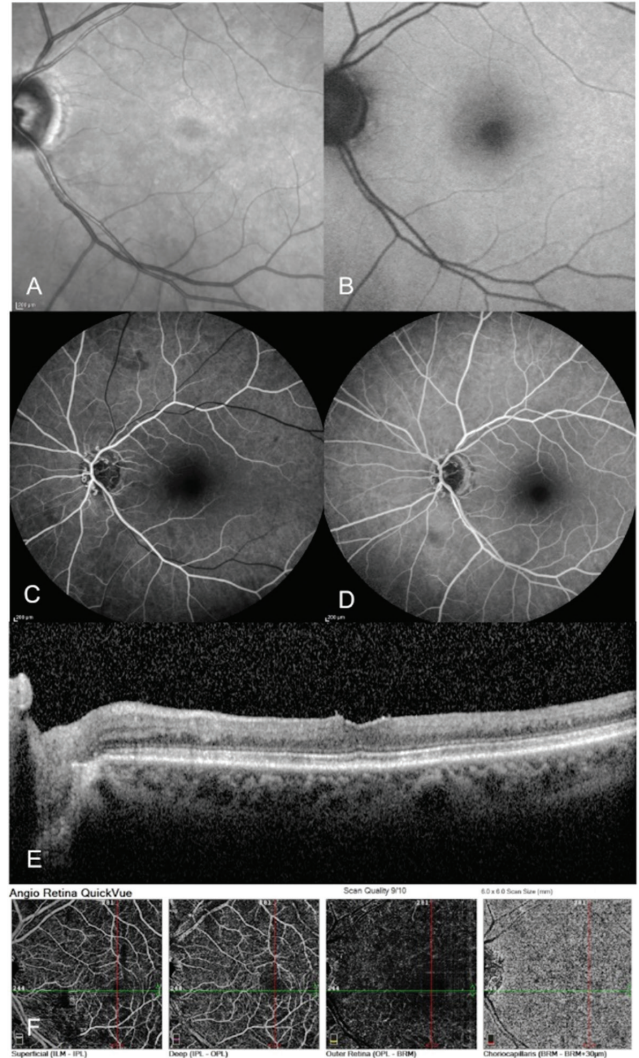


Resim 4. Sağ göz, ilk muayene; optik koherens tomografi anjiyografi, A) derin retinal kapiller ağ, vasküler akım, B) koryokapillaris vasküler akım, C) derin retinal kapiller ağ vasküler dansite

çıkması, görme keskinliğinin tam olduğu, lezyonun fokal olduğu bildirilmiş olup olgunun OKTA görüntülemesi yapılmamıştır.⁶ Yine Pfizer-BioNTech aşısı ile ilişkili olarak bildirilen AMN olgularının da ikinci doz aşısı takiben 2. ve 8. günlerde ortaya çıkmış oldukları, görme keskinliklerin iyi korunduğu ve lezyonların fokal olduğu bildirilmiştir.^{1,6}

PAOM ve AMN, her ikisi de aniden ortaya çıkan parasantral skotomlar ve IR'de hiporeflektif parasantral lezyonlar ile karakterize iki ayrı klinik antite olarak kabul edilmekle birlikte Sarraf ve ark.⁹ 2013 yılında, aslında AMN'nin iki varyantının bulunduğunu, PAOM'nin bu iki varyanttan biri olduğunu bildirmişler ve PAOM'ye tip 1 AMN adını vermişlerdir. Retinanın sadece dış katlarının yani DNT ve EZ'nin etkilendiği diğer varyanta ise tip 2 AMN adını vermişlerdir. Literatürde şimdiye kadar AMN ve POAM'nin aynı gözde eşzamanlı olarak geliştiği bir olgu tanımlanmamıştır. Bu nedenle olgumuzun Sarraf ve ark.⁹ tarafından tanımlanmış olan tip 1 ve tip 2 AMN varyantlarına ek yeni bir varyant, tip 3 AMN (kombine AMN) olarak tanımlanabileceği kanısındayız.

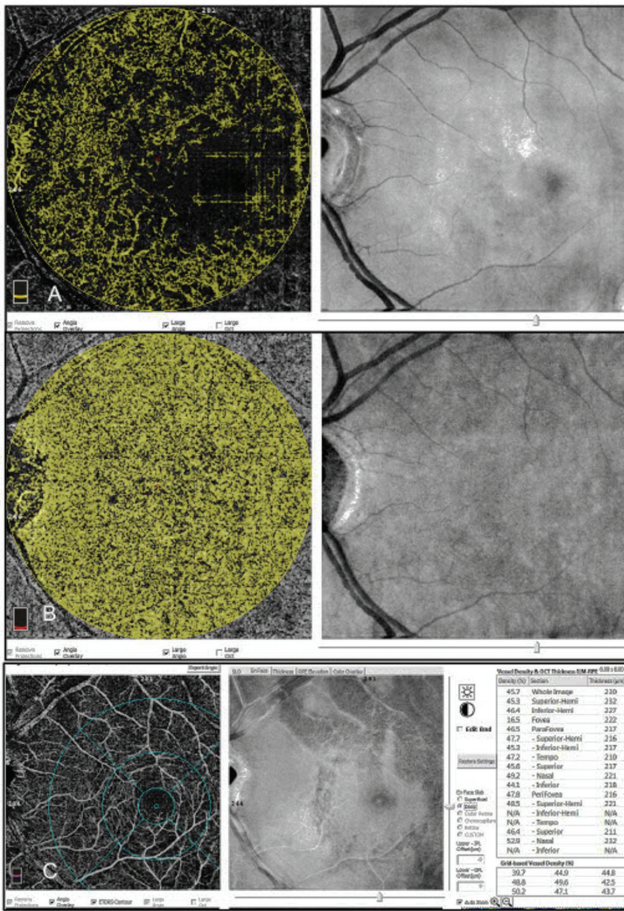
Ani gelişen ağır bir görme kaybının eşlik ettiği olgumuzun SD-OCT görüntülerinde PAOM'nin maküla merkezinin her iki yanında, diffüz yapıda hiperreflektif bir bant görünümünde



Resim 5. Sol göz, 6 ay sonra; A) infrared fotoğraf, B) fundus oto floresans, C, D) floresin anjiyografi, erken ve geç dönem, E) spektral domain optik koherens tomografi, F) en face optik koherens tomografi anjiyografi

olduğu saptanmıştır. Literatürde PAOM'nin diffüz olduğu takdirde gizli ya da reperfüze santral retinal arter tıkanıklığının (SRAT) bir belirtisi olabileceği vurgulanmıştır.^{10,12,13} Ancak olgumuzun gerek gözdibi muayenesinde gerekse SD-OCT görüntülemesinde SRAT ile uyumlu bir bulgunun bulunmaması, FA'da arteriel doluş zamanı yanı sıra tüm fazlar ve retina periferinin normal olması ve aynı anda dolaşım kaynağı farklı olan koryokapillarisde de vasküler akım defektlerinin var olması tanıda eşlik eden gizli ya da reperfüze bir SRAT'nin varlığından bizi uzaklaştıran veriler olmuştur.

Olgumuzun SD-OCT görüntülerinde parafoveal bölgede PAOM alanlarının hemen altındaki dış retina katlarında, hiporeflektif ve granüler bir görünümün bulunduğu saptanmıştır. Sarraf ve ark.,⁹ PAOM yani tip 1 AMN olgularında orta katlardaki hiperreflektivite nedeni ile lezyon bölgesine uyan dış retina katlarında benzer bir görünümün olabileceği



Resim 6. Sol göz 6 ay sonra; optik koherens tomografi anjiyografi, A) derin retinal kapiller ağ, vasküler akım defektleri, B) koryokapillaris, vasküler akım defektleri, C) derin retinal kapiller ağ, vasküler dansite değişiklikleri

ve bunun bir "gölgelenme etkisi" olduğunu bildirmişlerdir. Ancak olgumuzun 6. ay SD-OKT görüntülerinde, PAOM'ye bağlı hiperreflektivitenin kaybolmuş olmasına ve tüm retinanın atrofik ve incelmış olmasına rağmen dış retina katlarında hiporeflektif ve granüler görünümün devam ediyor olmasının "gölgelenme etkisi" ile açıklanamayacağı, dış retina katlarındaki bu görünümün bu tabakalarda da bir etkilenmenin belirtisi olduğunu düşünmekteyiz.

OKTA, retina ve koryokapillarisin vasküler yapıların değerlendirilmesini sağlayan yeni, invaziv olmayan ve tekrarlanabilir bir görüntüleme tekniğidir. Aynı zamanda damar yoğunluğunu ölçerek lokal iskeminin varlığını da doğru olarak tespit etmeye yardımcıdır. Olgumuzun en face OKTA görüntülemelerinde foveal avasküler zonun genişlemiş olduğu, retinanın hem derin kapiller ağında hem de koryokapillariste belirgin vasküler akım defektlerinin var olduğu tespit edilmiştir. Retinadan tamamen farklı bir kaynaktan beslenen koryokapillaris tabakasında da eş zamanlı akım defektlerinin saptanması tüm kapiller vasküler sistemi etkileyen bir durum ile karşı karşıya olduğumuzu düşündürmektedir. Son yıllarda, PAOM ve AMN'li olgularda OKTA ile retina kapillerleri ve

koryopakillarisdeki akım defektlerinin varlığı ve seviyeleri araştırılmıştır. Chu ve ark.,¹¹ PAOM'li gözlerde OKTA ile orta ve derin retinal kapiller ağda, AMN'li gözlerde ise retinanın derin kapiller ağında azalmış akım sinyalleri şeklinde mikrovasküler değişiklikler bulunduğunu saptamışlardır. Casalino ve ark.¹⁴ tarafından yapılan bir başka çalışmada ise retina dış katlarının etkilendiği AMN'li gözlerde OKTA'da retinanın hem derin kapiller ağında hem de iç koroidal vasküler ağda bozuklukların bulunduğu gösterilmiştir. Lee ve ark.¹⁵ ile Hwang ve Sen¹⁶ OKTA ile yaptıkları çalışmalarda SD-OKT'de dış retina katlarının etkilendiği AMN olgularının OKTA görüntülerinde eşzamanlı olarak hem derin retinal kapiller ağ ve hem de koryopakillarisde vasküler akım defektlerinin var olduğunu bildirmişler ve bu bulgulara dayanarak iki bağımsız vasküler ağda eşzamanlı vasküler defektlerin olmasının AMN patogenezinde hem vasküler ve hem de enflamatuvar etiyolojinin bir arada bulunabileceği savını öne sürmüşlerdir.

Enfeksiyonlardan korunmanın en etkili yöntemlerinden biri aşılardır. Son on yılda, mRNA teknolojisi aşı geliştirmede umut verici bir araç haline gelmiştir. Bu tip aşılar temel olarak kanser immünoterapisi ve bulaşıcı hastalıkların önlenmesi için tasarlanmış olup karakteristik olarak çok stabildirler. Spike antijenleri kapsül içindedir ve çok iyi etkinlik ve güvenlik profillerine sahip oldukları çeşitli klinik araştırmalarda gösterilmiştir.^{4,17} Ancak tüm aşılardan doğuştan ve edinilmiş bağışıklık sisteminin anormal aktivasyonuna sebep olarak bir dizi istenmeyen immünolojik olaylara yol açabilecekleri de bilinmektedir. Bu tür immünolojik olaylara bağlı enflamasyonların aşının bir bileşeninden, aşırı duyarlılık reaksiyonundan veya otoimmüniteden kaynaklanabileceği gibi virüsün spike antijeni, insan adenovirüsü veya diğer viral antijenlere bağlı olarak da ortaya çıkabileceği bildirilmiştir.¹⁸

Olğumuzun; yeni bir AMN varyantı, tip 3 AMN (kombine AMN) olduğunu düşünmekteyiz. SD-OKT görüntülerde diffüz PAOM'nin varlığı; tip 1 AMN, OKTA görüntülemelerde ise hem derin retinal kapiller ağ ve hem de koryokapillarisde eşzamanlı olarak vasküler akım defektlerinin var olması tip 2 AMN ile uyumlu bulgular olarak kabul edilmiştir. Retina ve koroid gibi farklı dolaşım kaynaklarına sahip kapiller sistemlerde eşzamanlı mikrovasküler tıkanıklıkların gelişmiş olması nedeni ile olayın patogenezinde tıpkı COVID-19 ile enfekte kişilerde olduğu gibi¹⁹ virüs antijenine karşı gelişen immün bir cevap, yani antijen-antikor reaksiyonuna bağlı olarak kapillerlerin damar endotellerini etkileyen bir enflamasyon ve onun sonucunda da yaygın mikrovasküler tıkanıklıkların gelişmiş olabileceğini düşünmekteyiz.

Etik

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Veri Toplama veya İşleme: S.N., C.D., Literatür Arama: S.N.,
Yazan: J.M.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması olmadığı bildirilmiştir.

Finansal Destek: Herhangi bir finansal destek olmadığı bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Valenzuela DA, Groth S, Taubenslag KJ, Gangaputra S. Acute macular neuroretinopathy following Pfizer-BioNTech COVID-19 vaccination. *Am J Ophthalmol Case Rep.* 2021;24:101200.
- Silva LSCD, Finamor LPS, Andrade GC, Lima LH, Zett C, Muccioli C, Sarraf EP, Marinho PM, Peruchi J, Oliveira RDL, Giralte L, Charcan I, Fonollosa A, Diaz JD, Davis JL, Nascimento H, Belfort R Jr. Vascular retinal findings after COVID-19 vaccination in 11 cases: a coincidence or consequence? *Arq Bras Oftalmol.* 2022;85:158-165.
- Pichi F, Aljneibi S, Neri P, Hay S, Dackiw C, Ghazi NG. Association of Ocular Adverse Events With Inactivated COVID-19 Vaccination in Patients in Abu Dhabi. *JAMA Ophthalmol.* 2021;139:1131-1135.
- Maleki A, Look-Why S, Manhapra A, Foster CS. COVID- 19 recombinant mrna vaccines and serious ocular inflammatory side effects: real or coincidence? *J Ophthalmic Vis Res.* 2021;16:490-501.
- Vinzamuri S, Pradeep TG, Kotian R. Bilateral paracentral acute middle maculopathy and acute macular neuroretinopathy following COVID-19 vaccination. *Indian J Ophthalmol.* 2021;69:2862-2864.
- Ishibashi K, Yatsuka H, Haruta M, Kimoto K, Yoshida S, Kubota T. Branch Retinal Artery Occlusions, Paracentral Acute Middle Maculopathy and Acute Macular Neuroretinopathy After COVID-19 Vaccinations. *Clin Ophthalmol.* 2022;16:987-992.
- Eleiwa TK, Gaier ED, Haseeb A, ElSheikh RH, Sallam AB, Elhusseiny AM. Adverse Ocular Events following COVID-19 Vaccination. *Inflamm Res.* 2021;70:1005-1009.
- Dehghani A, Ghanbari H, Houshang-Jahromi MH, Pourazizi M. Paracentral acute middle maculopathy and COVID-19 vaccination: Causation versus coincidence finding. *Clin Case Rep.* 2022;10:e05578.
- Sarraf D, Rahimy E, Fawzi AA, Sohn E, Barbazetto I, Zacks DN, Mittra RA, Klancnik JM Jr, Mrejen S, Goldberg NR, Beardsley R, Sorenson JA, Freund KB. Paracentral acute middle maculopathy: a new variant of acute macular neuroretinopathy associated with retinal capillary ischemia. *JAMA Ophthalmol.* 2013;131:1275-1287.
- Moura-Coelho N, Gaspar T, Ferreira JT, Dutra-Medeiros M, Cunha JP. Paracentral acute middle maculopathy-review of the literature. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2020;258:2583-2596.
- Chu S, Nesper PL, Soetikno BT, Bakri SJ, Fawzi AA. Projection-Resolved OCT Angiography of Microvascular Changes in Paracentral Acute Middle Maculopathy and Acute Macular Neuroretinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2018;59:2913-2922.
- Gümüş G, Özçalışkan Ş, Alagöz N, Tülü Aygün B, Alagöz C, Artunay Ö. Paracentral acute middle maculopathy associated with different clinical entities: A case series. *Eur Arch Med Res.* 2021;37:278-284.
- Iafe NA, Onclinx T, Tsui I, Sarraf D. Paracentral acute middle maculopathy and deep retinal capillary plexus infarction secondary to reperfused central retinal artery occlusion. *Retin Cases Brief Rep.* 2017;11(Suppl 1):90-93.
- Casalino G, Arrigo A, Romano F, Munk MR, Bandello F, Parodi MB. Acute macular neuroretinopathy: pathogenetic insights from optical coherence tomography angiography. *Br J Ophthalmol.* 2019;103:410-414.
- Lee SY, Cheng JL, Gehrs KM, Folk JC, Sohn EH, Russell SR, Guo Z, Abramoff MD, Han IC. Choroidal Features of Acute Macular Neuroretinopathy via Optical Coherence Tomography Angiography and Correlation With Serial Multimodal Imaging. *JAMA Ophthalmol.* 2017;135:1177-1183.
- Hwang CK, Sen HN. Concurrent vascular flow defects at the deep capillary plexus and choriocapillaris layers in acute macular neuroretinopathy on multimodal imaging: A case series. *Am J Ophthalmol Case Rep.* 2020;20:100866.
- Jampol LM, Tauscher R, Schwarz HP. COVID-19, COVID-19 Vaccinations, and Subsequent Abnormalities in the Retina: Causation or Coincidence? *JAMA Ophthalmol.* 2021;139:1135-1136.
- Cheng JY, Margo CE. Ocular adverse events following vaccination: overview and update. *Surv Ophthalmol.* 2022;67:293-306.
- Becker RC. COVID-19-associated vasculitis and vasculopathy. *J Thromb Thrombolysis.* 2020;50:499-511.