

Sağlıklı Bireylerde Foveal Avasküler Zonun ve Maküler Kapiller Pleksusların Niceliksel Özellikleri: Bir Optik Koherens Tomografi Anjiyografi Çalışması

Quantitative Features of The Foveal Avascular Zone and Macular Capillary Plexuses In Healthy Individuals: An Optical Coherence Tomography Angiography Study

Yasin Şakir GÖKER¹, Hasan KIZILTOPRAK²

ÖZ

Amaç: Sağlıklı bireylerde foveal avasküler zon (FAZ) alanı, FAZ çevresi, asirkülerite indeksi (AI), foveal dansite (FD) ve maküler kapiller pleksusların damarsal dansitelerinin optik koherens tomografi anjiyografi (OKTA) kullanarak ölçülmesi.

Gereç ve Yöntemler: Polikliniğimize rutin göz muayenesi için gelen hastalar incelendi. Çalışma kapsamına alınma kriterleri en iyi düzeltilmiş görme keskinliğinin en az 20/20 olması ve oftalmik muayenede herhangi bir patolojisi olmaması olarak belirlendi. Bireyler OKTA'nın FAZ, Non-Flow ve Density değerlendirme aracı ile görüntülendi. FAZ parametreleri ve yüzeyel (YKP) ve derin (DKP) kapiller pleksusların damarsal yoğunlukları ölçüldü.

Bulgular: Bu kesitsel çalışmada 50 sağlıklı bireyin (22 erkek, 28 bayan) 95 gözü incelendi. Ortalama yaş 40.85 ± 15.22 (18 - 68) yılı. YKP'de ve tüm retina vaskülarizasyonunda ortalama FAZ alanı sırasıyla 0.50 ± 0.13 (0.23 ± 0.76) ve 0.28 ± 0.11 ($0.07 - 0.51$) mm² idi. FAZ çevresi, AI ve FD sırasıyla 2.00 ± 0.44 ($0.98 - 2.75$) mm, 1.09 ± 0.03 ($1.05 - 1.23$) ve % 55.83 ± 4.01 ($45.16 - 64.90$) idi. Tüm retina damarsal yoğunluk alanları YKP ve DKP'de sırasıyla % 51.48 ± 2.44 ($43.10 - 55.90$) ve 53.23 ± 5.34 ($40.80 - 65.00$) idi.

Sonuç: OKTA FAZ alanı, çevresi, asirkülerite indeksi, foveal dansite ve maküler kapiller pleksusların damarsal yoğunlukları hakkında objektif veriler sağlamaktadır. Foveal dansite maküler kapiller perfüzyonun klinik bir göstergesidir. Bu normatif veriler çeşitli patolojili gözlerde gelecek çalışmalar için referans değer olabilirler.

Anahtar Sözcükler: Damarsal yoğunluk, derin kapiller pleksus, foveal avasküler zon, optik koherens tomografi anjiyografi, yüzeyel kapiller pleksus.

ABSTRACT

Purpose: To quantify foveal avascular zone (FAZ) area, FAZ perimeter, acircularity index of FAZ (AI), foveal density (FD) and vessel density of macular capillary plexuses using optical coherence tomography angiography (OCTA) in healthy individuals.

Materials and Methods: Healthy individuals who visited our outpatient clinic for routine ophthalmic examination were evaluated. Inclusion criteria were best corrected visual acuity of at least 20/20 and no pathological findings in ophthalmic examination. The subjects were screened via FAZ, Non-Flow and Density assesment tool of OCTA. FAZ parameters and vessel density values of both superficial (SCP) and deep capillary plexuses (DCP) were measured.

Results: In this cross-sectional study 95 eyes of 50 healthy individuals (22 male, 28 female) were evaluated. The mean age was 40.85 ± 15.22 (18 - 68) years. The mean FAZ area in SCP and full retinal vasculature was 0.50 ± 0.13 (0.23 ± 0.76) and 0.28 ± 0.11 ($0.07 - 0.51$) mm² respectively. FAZ perimeter, AI and FD were 2.00 ± 0.44 ($0.98 - 2.75$) mm, 1.09 ± 0.03 ($1.05 - 1.23$) and 55.83 ± 4.01 ($45.16 - 64.90$)% respectively. The vessel density values of whole image in SCP and DCP were 51.48 ± 2.44 ($43.10 - 55.90$) and 53.23 ± 5.34 ($40.80 - 65.00$)% respectively.

1- Uz. Dr., Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hasanesi, Ankara, Türkiye

2- Asist. Dr., Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hasanesi, Ankara, Türkiye

Geliş Tarihi - Received: 21.06.2018

Kabul Tarihi - Accepted: 25.06.2018

Ret-Vit 2019; 28: 131-136

Yazışma Adresi / Correspondence Adress:

Yasin Şakir GÖKER

Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hasanesi, Ankara, Türkiye

Phone: +90 555 807 0184

E-mail: yasingoker5367@hotmail.com

Conclusion: OCTA provides objective values about FAZ area, perimeter, AI of FAZ, FD and vessel density of macular capillary plexuses. FD is a clinical indicator of macular capillary perfusion. These normative data may be of value as a reference of comparison in future studies of eyes with various pathologies.

Key words: Deep capillary plexus, foveal avascular zone, optical coherence tomography angiography, superficial capillary plexus, vessel density.

GİRİŞ

Optik koherens tomografi anjiyografi (OKTA) yüzeysel (YKP) ve derin kapiller pleksusların (DKP), koryokapillarisin ve foveal avasküler zonun (FAZ) niteliksel ve niceliksel olarak incelenmesini sağlayan non-invaziv bir görüntüleme yöntemidir.¹⁻² OKTA split-spektrum amplitud dekoherasyon anjiyografi algoritmasını (SSADA) kullanarak hareket kontrol kontrast görüntülemesi ile yüksek çözünürlüklü görüntüler sunmaktadır. Fundus floresein anjiyografi (FFA) ile kıyaslandığında non-invaziv olması, bulantı kusmadan anafilaksiye kadar değişen derecelerde alerjik reaksiyonlara neden olmaması ve her bir maküler kapiller pleksusu ayrı ayrı olarak değerlendirilmesine izin vermesi en önemli avantajlarından biridir.⁶⁻⁷ En büyük dezavantajı ise FFA gibi sızıntı olan yerleri göstermemesidir.

Cihaz; Density değerlendirme aracı ile maküler kapiller pleksuslardaki damarsal yoğunluk oranları, FAZ değerlendirme aracı ile FAZ özellikleri, Non-flow değerlendirme aracı ile kapiller non perfüzyon alanları ve Flow değerlendirme aracı ile koryokapillarisin akım alanları hakkında niceliksel bilgiler verebilmektedir. Biz bu çalışmada sağlıklı bireylerde OKTA'nın Density ve FAZ değerlendirme aracı parametrelerini sunmayı amaçladık.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu kesitsel klinik araştırma Ulucanlar Göz Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde Aralık 2017 - Şubat 2018 tarihleri arasında yapılmıştır. Bu çalışmada Helsinki Bildirgesinin ilkelerine uyuldu ve yerel etik kurul onayı alındı. Çalışma kapsamında rutin göz muayenesi için polikliniğe başvuran hastalar değerlendirildi. Hastaların Snellen eşeli ile en iyi düzeltilmiş görme keskinlikleri (EİDGK), göz içi basınçları, ön segment ve arka segment bulguları değerlendirildi. Aynı zamanda merkezi kornea kalınlıkları ve aksiyel uzunlukları incelendi. Çalışma kapsamında EİDGK her iki gözünde 20/20 ve/veya daha yüksek olan bireyler değerlendirildi. Ön segment ve/veya arka segment muayenesinde herhangi bir patolojisi, aksiyel uzunluğu 24 mm'den uzun veya 22 mm'den kısa, sferik eşdeğer refraktif hatası 2 diyoptri ve/veya üzerinde ve düzeltilmiş göz içi basıncı 21 mm Hg'den yüksek olan bireyler çalışma dışında bırakıldı. Ayrıca diyabetes mellitus veya esansiyel hipertansiyon gibi retinal vasküler yapıları etkileyecek herhangi bir sistemik hastalığı, oküler cerrahi hikayesi ve 18 yaşından küçük olan hastalar da çalışma dışında bırakıldı. Çalışma kapsamında tüm

hastalar OKTA'nın (RTVue XR Avanti Opto-Vue, Inc., Fremont, CA) 2017.1.0.151 versiyonu ile incelendi.

Optik Koherens Tomografi Anjiyografi Değerlendirmeleri

Tüm OKTA parametre ölçümleri aynı retina uzmanı tarafından gün içinde meydana gelecek değişikliklerin en aza indirilmesi için günün aynı saatlerinde (sabah 10:00 ile 12:00 arası) yapıldı. OKTA SSADA'yı kullanan ve saniyede 70 000 A-kesiti olarak 6×6 görüntülerde 400×400 B-kesiti içeren anjiyografik slablar sunmaktadır. Biz bu çalışmamızda tüm hastalarımızı 6×6 görüntüler olarak değerlendirdik ve sinyal gücü 8'in altında olan, bir veya daha fazla göz kırpması artefaktı olan, fiksasyon bozukluğuna bağlı hareket artefaktı olan ve segmentasyon hatasına bağlı ölçümleri etkileyebilecek olan OKTA görüntülerini çalışma dışında bıraktık.

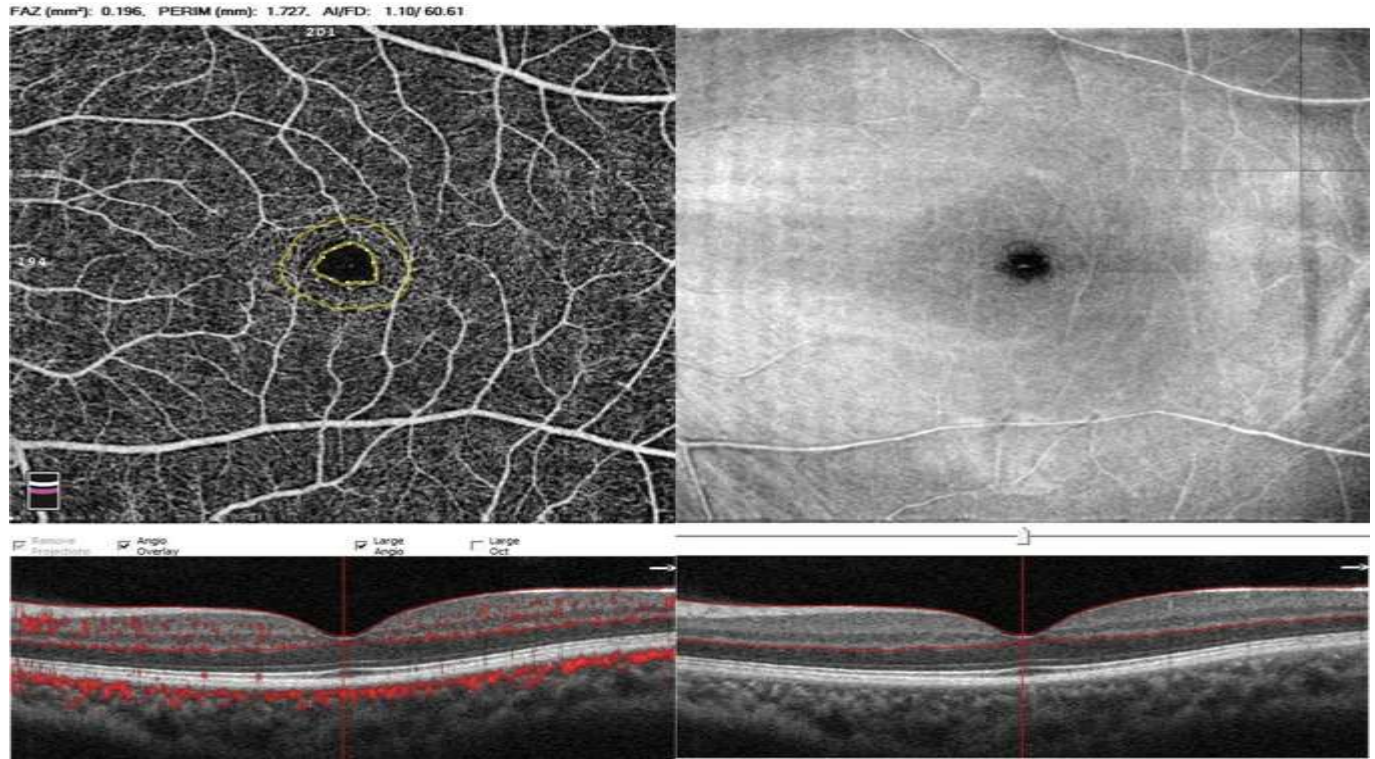
Cihazın FAZ değerlendirme aracı ile FAZ alanı (mm^2), FAZ çevresi (mm), FAZ'ın asirkülerite indeksi (Aİ) ve foveal dansite (%) (FD) cihaz tarafından otomatik olarak ölçüldü (Figür 1). Foveal yoğunluk (FD-300) FAZ etrafında, FAZ çevresine 300 mikron uzaklıkta bir daire ile çevre çevre sarılmış olan alanda damarsal yoğunluk (%) olarak cihazın en yeni yazılımında (2017.1.0.151) tanımlanmıştır (Resim 1).⁸ Non-Flow değerlendirme aracı ile yüzeysel kapiller pleksusda FAZ alanı (mm^2) değerlendirildi (Resim 2). Dansite değerlendirme aracı ile yüzeysel ve derin kapiller pleksusda merkezi FAZ olan 1 mm, 3 mm ve 6 mm çaplı daireler tarafından bölünmüş alanda (fovea, parafovea ve perifovea) damarsal yoğunluk (%) ölçülmüştür (Resim 3). Her bir parça aynı zamanda temporal, superior, nasal ve inferior olmak üzere 4 eşit çeyreğe ve inferior ve superior olmak üzere 2 eşit yarıma bölünmüştür.

İstatistiksel Analiz

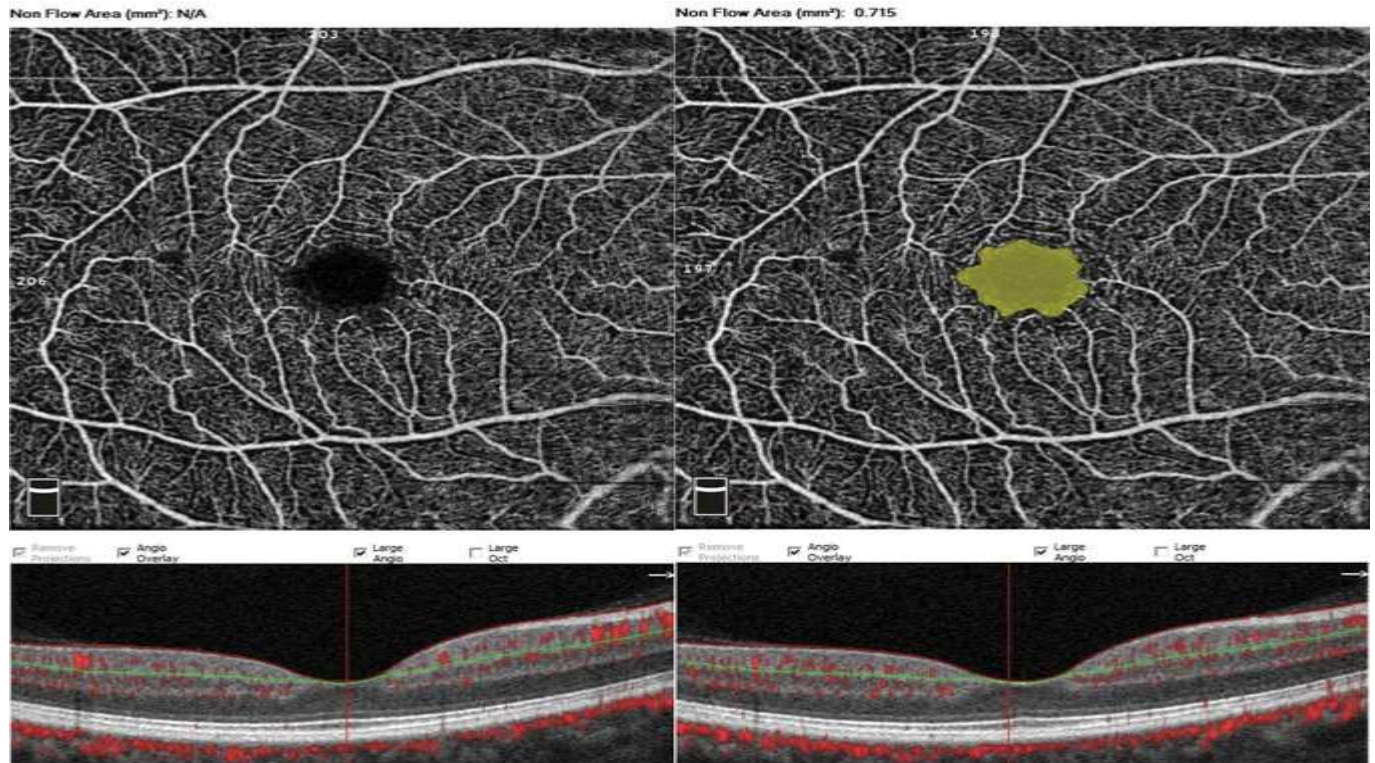
İstatistiksel analizler SPSS (sürüm 18.0, SPSS, Inc.) yazılımı kullanılarak yapıldı. Veri dağılımının normalliği Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak değerlendirildi. Kategorik değişkenler frekans ve yüzde ile sürekli değişkenler ise ortalama \pm standart hata olarak değerlendirildi.

SONUÇLAR

50 hastanın (28 bayan 22 erkek) 95 gözü çalışma kapsamında incelendi. Hastaların demografik ve klinik özellikleri tablo 1'de sunulmuştur. Yüzeysel kapiller pleksusdaki FAZ alanı ve tüm retina vaskülarizasyonundaki FAZ alanı, FAZ çevresi,



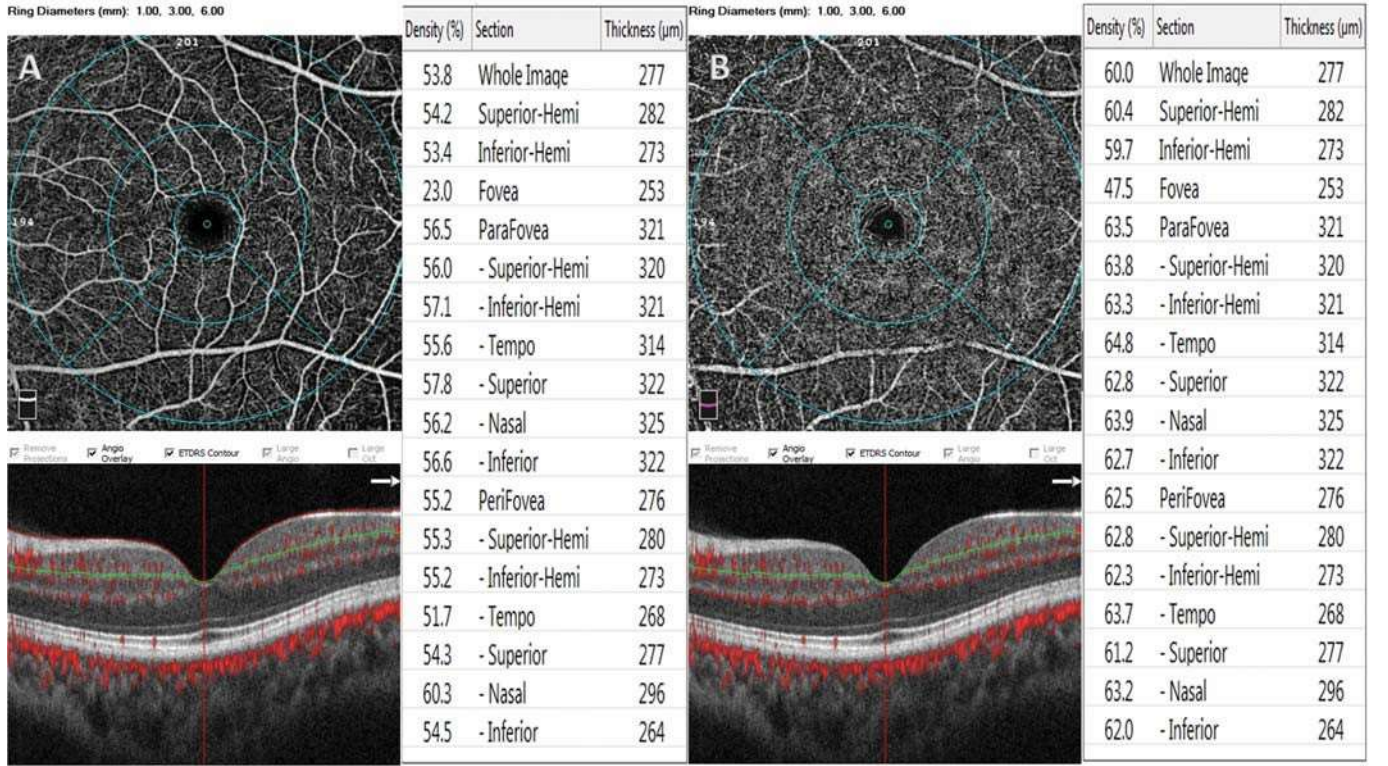
Resim 1. Optik koherens tomografi anjiyografi FAZ değerlendirme aracı. Segmentasyon çizgileri iç limitan membran ve dış pleksiform tabaka arasında izlenmektedir. Tüm retina vaskülarizasyonunda foveal avasküler zon (FAZ) alanı (mm²), FAZ çevresi (perim) (mm), asirkülerite indeksi (AI) ve foveal dansite (FD) (%) ölçümleri izlenmektedir.



Resim 2. Optik koherens tomografi anjiyografi Non-Flow değerlendirme aracı. Foveal avasküler zon alanı (mm²) yüzeyel kapiller pleksusta hesaplanmıştır. Segmentasyon çizgileri iç limitan membran ve iç pleksiform tabaka arasında izlenmektedir.

AI ve FD değerleri Non-Flow ve FAZ değerlendirme aracı parametreleri adı altında Tablo 2'de sunulmuştur. Fovea, parafovea ve perifoveada temporal, superior, nasal

ve inferior kadrantlar ayrıca inferior yarı, superior yarı ve tüm görüntü damarsal yoğunluk oranları (%) Tablo 3'de sunulmuştur.



Resim 3. Optik koherens tomografi anjiyografi Dansite değerlendirme aracı. Damarsal yoğunluk yüzeysel kapiller pleksusda (A) ve derin kapiller pleksusda (B) merkezi FAZ olan 1 mm, 3 mm ve 6 mm çaplı daireler tarafından bölünmüş alanda (fovea, parafovea ve perifovea) ve temporal, superior, nasal ve inferior olmak üzere 4 eşit çeyreğe bölünmüş olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Hastaların Demografik ve Klinik Özellikleri	
Değişkenler	
Yaş (yıl)	
Ortalama ± Standart hata	40.85 ± 15.22
Aralık	(18 - 68)
Cinsiyet (n)	
Erkek (%)	22 (% 44)
Kadın (%)	28 (% 56)
Merkezi Kornea Kalınlığı, µm	
Ortalama ± Standart hata	554 ± 29.13
Aralık	(497 - 624)
Aksiyel Uzunluk, mm	
Ortalama ± Standart hata	23.12 ± 0.38
Aralık	(22.44 - 23,51)
Sferik Eşdeğer Refraktif Hata, D	
Ortalama ± Standart hata	0.01 ± 0.76
Aralık	(-2.0 - 2.0)
Göz içi basıncı, mmHg	
Ortalama ± Standart hata	14.97 ± 2.50
Aralık	(10 - 21)

Tablo 2. Optik Koherens Tomografi Anjiyografi Non-Flow ve FAZ Değerlendirme Aracı Bulguları	
Değişkenler	
FAZ alanı (mm ²) YKP (Non-Flow)	
Ortalama ± Standart hata	0.50 ± 0.13
Aralık	(0.23 - 0.76)
FAZ alanı (mm ²) (Tüm retina vaskülarizasyonu) (FAZ)	
Ortalama ± Standart hata	0.28 ± 0.11
Aralık	(0.07 - 0.51)
FAZ çevresi (mm)	
Ortalama ± Standart hata	2.00 ± 0.44
Aralık	(0.98-2.75)
Asirkülerite indeksi	
Ortalama ± Standart hata	1.09 ± 0.03
Aralık	(1.05 - 1.23)
Foveal Dansite-300 (%)	
Ortalama ± Standart hata	55.83 ± 4.01
Aralık	(45.16 - 64.90)
YKP, yüzeysel kapiller pleksus.	

Tablo 3. Optik Koherens Tomografi Anjiyografi Density Değerlendirme Aracı Bulguları

Değişkenler	Ortalama ± Standart hata (Aralık)
Damarsal Yoğunluk YKP %	
Tüm görüntü	51.48 ± 2.44 (43.10 - 55.90)
Superior-Yarı	51.46 ± 2.55 (40.80 - 56.60)
Inferior-Yarı	51.48 ± 2.47 (44.30 - 57.20)
Fovea	20.31 ± 6.44 (8.60 - 33.70)
Parafovea	53.89 ± 3.09 (38.00 - 58.30)
-Superior-Yarı	53.62 ± 4.54 (26.10 - 58.10)
-Inferior-Yarı	53.86 ± 2.90 (42.70 - 59.80)
-Temporal	53.33 ± 3.00 (41.20 - 58.50)
-Superior	54.76 ± 4.14 (30.50 - 59.50)
-Nasal	53.01 ± 3.02 (38.30 - 57.60)
-Inferior	54.43 ± 3.47 (42.20 - 61.70)
Perifovea	52.27 ± 2.54 (43.80 - 57.40)
-Superior-Yarı	52.18 ± 2.61 (41.80 - 58.00)
-Inferior-Yarı	52.29 ± 2.60 (44.40 - 58.70)
-Temporal	48.44 ± 2.62 (38.40 - 55.60)
-Superior	52.27 ± 2.80 (43.40 - 59.30)
-Nasal	55.93 ± 2.67 (46.70 - 62.00)
-Inferior	52.34 ± 2.89 (42.90 - 60.00)
Damarsal Yoğunluk DKP %	
Tüm görüntü	53.23 ± 5.34 (40.80 - 65.00)
Superior-Yarı	53.43 ± 5.48 (40.60 - 65.50)
Inferior-Yarı	53.07 ± 5.38 (39.90 - 64.40)
Fovea	38.44 ± 8.46 (19.30 - 57.40)
Parafovea	57.05 ± 4.16 (45.80 - 64.60)
-Superior-Yarı	57.17 ± 4.27 (44.30 - 64.50)
-Inferior-Yarı	56.95 ± 4.22 (45.70 - 65.00)
-Temporal	57.87 ± 4.10 (47.40 - 66.90)
-Superior	56.40 ± 4.73 (40.20 - 64.10)
-Nasal	57.85 ± 4.07 (46.70 - 65.20)
-Inferior	56.07 ± 4.71 (41.90 - 65.70)
Perifovea	54.89 ± 5.69 (41.90 - 66.10)
-Superior-Yarı	55.10 ± 5.82 (40.60 - 66.20)
-Inferior-Yarı	54.68 ± 5.81 (40.70 - 66.00)
-Temporal	57.18 ± 5.25 (29.90 - 65.70)
-Superior	54.40 ± 6.41 (37.10 - 68.00)
-Nasal	53.11 ± 6.64 (39.90 - 65.20)
-Inferior	54.31 ± 6.54 (36.60 - 67.00)

YKP, yüzeysel kapiller pleksus; DKP, derin kapiller pleksus.

TARTIŞMA

OKTA'nın en yeni sürümünde (2017.1.0.151) bulunan FAZ değerlendirme aracı ile tüm retina vaskülarizasyonunda FAZ alanı, FAZ çevresi, Aİ ve FD parametreleri değerlendirilebilmektedir. Bu parametrelerden FD makula perfüzyonu hakkında önemli bir belirteç olarak değerlendirilmektedir.⁸ Cihazın otomatik segmentasyonu ile iç limitan membranın 3 µm altı ile iç pleksiform tabakanın 15 µm altı arası yüzeysel kapiller pleksusun ve iç pleksiform tabakanın altında 15 µm ve 71 µm arasında kalan bölge ise derin kapiller pleksusun bulunduğu bölgeler

belirlenmekte ve bu bölgelerdeki FAZ alanı cihazın Non-Flow değerlendirme aracı ile cihazın önceki yazılımında otomatik olarak hesaplanmakta idi. Odabaş ve arkadaşlarının sabah saat 09:00'da yaptıkları ölçümlerde YKP'de FAZ alanı Non-Flow değerlendirme aracı ile 0.30 ± 0.10 (0.096-0.605) mm²; DKP'de ise 0.37 ± 0.11 (0.092 - 0.970) mm² olarak bildirmişlerdir ve bu verilerin tekrarlanabilirliğini saat 12:00 ve saat 15:00'da yaptıkları mükerrer ölçümler ile göstermişlerdir.⁹ Cihazın yeni yazılımında Non-Flow değerlendirme aracı YKP'de FAZ alanı ölçmeye imkan verirken; DKP'de FAZ alanı ölçmeye imkan vermemektedir. Ancak geliştirilen FAZ değerlendirme aracı segmentasyonun iç limitan membran ve dış pleksiform tabaka arası olduğu tüm retina vaskülarizasyonunda FAZ alanı değerlendirmesine olanak sağlamaktadır (Resim 1). Çalışmamızda YKP'de FAZ alanı Non-Flow değerlendirme aracı ile yapılan ölçümlerde 0.50 ± 0.13 (0.23 - 0.76) mm² bildirilirken; FAZ değerlendirme aracı ile yapılan ölçümlerde ise tüm retina vaskülarizasyonunda 0.28 ± 0.11 (0.07 - 0.51) mm² olarak bildirilmiştir. FAZ değerlendirme aracı ile yapılan ölçümler Odabaş ve arkadaşlarının bildirdiği ölçümlere daha yakın olarak izlenmiştir. Aynı şekilde bu ölçümlerin tekrarlanabilirlikleri başka çalışmalarda da gösterilmiştir.¹⁰⁻¹¹

FAZ değerlendirme aracının diğer parametreleri FAZ çevresi, asirkülerite indeksi ve foveal dansite-300 diyabetik retinopati (DRP) ve/veya retinal ven tıkanıklıkları gibi retinal vasküler yapıların bozulduğu patolojilerde FAZ genişliği, FAZ'ın daireselliği ve makula perfüzyonu hakkında bilgi verir. İlk defa ARVO 2016'da Rosen ve Chui tarafından tariflenen bu ölçümler Mo ve arkadaşları tarafından bildirilmiştir.⁸ Asirkülerite indeksi 1'e ne kadar yakın ise FAZ o kadar dairesel kabul edilir.⁸ Çalışmamızda sağlıklı bireylerde Aİ değeri 1.09 ± 0.03 (1.05) olarak ölçülmüştür.

Foveal dansite-300 makula perfüzyonu hakkında bilgi veren en önemli parametrelerden biridir ve FAZ genişliğinden etkilenmez çünkü her zaman cihaz tarafından belirlenen FAZ alanına 300 mikron uzaklıktaki damarsal yoğunluğu ölçer (Resim 1). Cihazın dansite değerlendirme aracı da foveal dansiteyi ölçebilir (Resim 3) ancak dansite değerlendirme aracı ile ölçülen damarsal yoğunluk FAZ büyüklüğünden etkilenir çünkü dansite yazılımında merkezi alan sabittir, cihaz her zaman merkezdeki 1 mm çaplı dairedeki damarsal yoğunluğu ölçer. Bu bilgiler ışığında FD-300'ün makula perfüzyonu hakkında daha kullanışlı bir parametre olduğunu ileri sürmekteyiz. DRP vasküler pleksusları değişik evrelerde etkileyebilir ve FAZ'da genişleme her zaman izlenmeyebilir.¹²⁻¹³ FAZ genişlemesinin izlenmediği fakat makula perfüzyonun bozulduğu hastalarda FD-300'ün normatif verilerinin bilinmesi patolojik ölçümler ile kıyaslanması açısından büyük önem arz etmektedir. Çalışmamızda sağlıklı bireylerde foveal dansite % 55.83 ± 4.01 (45.16 - 64.90) olarak ölçülmüştür.

OKTA her bir kapiller pleksusun ayrı ayrı değerlendirilmesine olanak sağlayan non-invaziv bir görüntüleme yöntemidir.⁶⁻⁷ Mevcut yazılımsal teknolojide YKP ve DKP olarak iki kapiller pleksus irdelenmektedir ancak intermediyer kapiller pleksus olarak kabul edilen üçüncü bir kapiller pleksus otomatik segmentasyonda derin kapiller pleksusun içinde izlenmektedir.⁶ Yeni geliştirilen yazılımların bu üç pleksusun ayrı ayrı değerlendirilmesine olanak vereceğini düşünmekteyiz.

Cihazın Density yazılımı ile FFA'nın aksine YKP ve DKP'de damarsal yoğunluk ayrı ayrı değerlendirilebilmekte ve parasantral akut middle makulopati (PAMM) gibi derin retinal kapiller iskemi ile giden hastalıklarda DKP'deki iskeminin genişliği hakkında niceliksel bilgiler verebilmektedir.¹⁴⁻¹⁶ Aynı zamanda kapiller iskemi ile giden bu ve diğer hastalıkların takibinde niceliksel olarak damarsal yoğunlukta zamansal değişiklikleri incelememize olanak sağlamaktadır.

Çalışmamızı zayıf kılan özellikler arasında çalışma grubunun tek merkezli olması ve örneklem büyüklüğünün düşük sayıda olması sayılabilir. Çalışmamızı kuvvetli kılan özellik ise bu ölçümlerin cihazın otomatik segmentasyonu ve otomatik veri analizi sonucunda araştırmacılar tarafından manuel olarak değil cihaz tarafında yapılmasıdır. Sonuç olarak OKTA'nın yeni sürümünde bulunan FAZ değerlendirme yazılımı; klinisyenlere tüm retina vaskülarizasyonunda FAZ alanı, FAZ çevresi ve FAZ'ın asirküleritesi hakkında niceliksel veriler vermektedir. Foveal dansite makula perfüzyonunu gösteren önemli bir parametredir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

1. Wylegala A, Teper S, Dobrowolski D, Wylegala E. Optical coherence angiography: a review. *Medicine (Baltimore)* 2016;95:e4907.
2. Hussain N, Hussain A. Diametric measurement of foveal avascular zone in healthy young adults using optical coherence tomography angiography. *Int J Retina Vitreous* 2016;2:27. eCollection 2016.
3. Jia Y, Tan O, Tokayer J, et al. Split-spectrum amplitude decorrelation angiography with optical coherence tomography. *Opt Express*. 2012;20:4710-25.
4. Jia Y, Wei E, Wang X, et al. Optical coherence tomography angiography of optic disc perfusion in glaucoma. *Ophthalmology*. 2014;121:1322-32.
5. Spaide RF, Klancnik JM, Cooney MJ. Retinal vascular layers imaged by fluorescein angiography and optical coherence tomography angiography. *JAMA Ophthalmol* 2015;133(1):45-50.
6. Garrity ST, Iafe NA, Phasukkijwatana N, Chen X, Sarraf D. Quantitative analysis of three distinct retinal capillary plexuses in healthy eyes using optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;58:5548-55.
7. Chalam KV, Sambhav K. Optical coherence tomography angiography in retinal diseases. *J Ophthalmic Vis Res* 2016;11:84-92.
8. Mo S, Krawitz B, Efstathiadis E, et al. Imaging foveal microvasculature: optical coherence tomography angiography versus adaptive optics scanning light ophthalmoscope fluorescein angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57:OCT130-OCT140.
9. Yanik Odabas O, Demirel S, Ozmert E, et al. Repeatability of automated vessel density and superficial and deep foveal avascular zone area measurements using optical coherence tomography angiography: diurnal findings. *Retina*. 2017;0:1-8.
10. You Q, Freeman WR, Weinreb RN, et al. Reproducibility of vessel density measurement with optical coherence tomography angiography in eyes with and without retinopathy. *Retina*. 2017; 37(8):1475-82.
11. La Spina C, Carnevali A, Marchese A, et al. Reproducibility and reliability of optical coherence tomography angiography for foveal avascular zone evaluation and measurement in different settings. *Retina*. 2017;37(9):1636-41.
12. Scarinci F, Jampol LM, Linsenmeier RA, Fawzi AA. Association of diabetic macular nonperfusion with outer retinal disruption on optical coherence tomography. *JAMA Ophthalmol* 2015;133:1036-44.
13. Scarinci F, Nesper PL, Fawzi AA. Deep retinal capillary nonperfusion is associated with photoreceptor disruption in diabetic macular ischemia. *Am J Ophthalmol* 2016;168: 129-38.
14. Yu S, Wang F, Pang CE, Yannuzzi LA, Freund KB. Multimodal imaging findings in retinal deep capillary ischemia. *Retina* 2014; 34: 636-46.
15. Sarraf D, Rahimy E, Fawzi AA, Sohn E, Barbazetto I, Zacks DN et al. Paracentral acute middle maculopathy: a new variant of acute macular neuroretinopathy associated with retinal capillary ischemia. *JAMA Ophthalmol* 2013; 131: 1275-87.
16. Rahimy E, Kuehlewein L, Sadda SR, Sarraf D. Paracentral acute middle maculopathy: what we knew then and what we know now. *Retina* 2015; 35: 1921-30.