

DERLEME REVIEW

Koroid Anatomisi, Histolojisi ve Fizyolojisi

Choroidal Anatomy, Histology and Physiology

Fatma SÜMER* / ORCID No: 0000-0002-4146-8190

* Uzman Doktor, SB Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göz Hastalıkları Kliniği, Rize

Geliş Tarihi/Received: 31.05.2021 Kabul Tarihi/Accepted: 15.11.2021

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Fatma SÜMER Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize Eğitim ve Araştırma Hastanesi Göz Hastalıkları Kliniği. Merkez/Rize Tel./Phone:0464 223 61 26 E-posta/E-mail: fatmasumer_@hotmail.com

ÖZ

Koroid, retina ve sklera arasında yer alan vücudun en çok kanlanan dokularından biridir. Fotoreseptörlerin de bulunduğu dış retina segmentlerinin oksijen ve besin ihtiyacı koroidden sağlanmaktadır. Bu görevlerinin yanında ışık absorpsiyonu, termoregülasyon, retinanın pozisyonunun sağlanmasında rol oynamaktadır.

Bu nedenle koroid tabakasını etkileyen herhangi bir patoloji retina ve retinal fonksiyonlarını bozabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: koroid, retina, koroid fizyolojisi

ABSTRACT

The choroid is one of the body's most bloody tissues, located between the retina and the sclera. The oxygen and nutrient needs of the outer retinal segments, including the photoreceptors, are provided by the choroid. In addition to these functions, it plays a role in light absorption, thermoregulation, and positioning of the retina. Therefore, any pathology affecting the choroid layer may impair retinal and retinal functions.

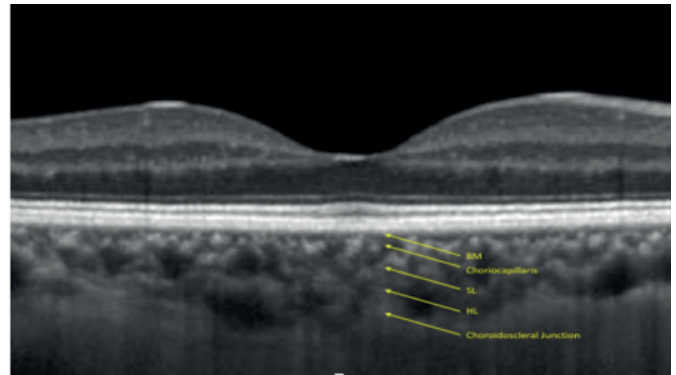
Keywords: choroid, retina, choroidal physiology

Giriş

Koroid terimi “membran” ve “yapı” manasına gelen Latince kelimelerden üretilmiş ve ilk olarak Hovius tarafından 1702 yılında tanımlanmıştır.^[1] Sklera ve retina arasında yer alan koroid vücudun en çok kanlanan dokularından biridir.^[2] Koroid tabakası farklı bir yapıya sahip olup, fonksiyonlarının ve patolojik süreçlerinin anlaşılabilmesi için öncelikle bu anatomik ve histolojik yapının anlaşılması gerekir.

Koroidin Anatomisi ve Histolojisi

Koroid üveanın posterior bölümü olup optik diskten pars plana kadar uzanmaktadır. Mezoderm ve kraniyal nöral krest hücreleri olmak üzere iki embriyolojik dokudan köken almaktadır. Genel olarak melanosit, sinir, bağ doku ve müsinöz ekstrasellüler sıvı ile çevrelenmiş vasküler yapılardan meydana gelmiştir. Koroidin dış retina katmanlarına oksijen ve besin desteği sağlama, ışık absorpsiyonu ve termoregülasyon gibi görevleri bulunmaktadır. Ayrıca kan akımının vazomotor kontrolü ve üveoskleral yol aracılığıyla göz içi basıncı (GİB) düzenlenmesinde rol oynar. İnsanlarda koroid kalınlığı yaklaşık 200 µm kalınlığındadır. İçten dış doğru beş tabakadan meydana gelmektedir. Bunlar Bruch membranı (BM) (Bazal Lamina), koryokapillaris, Sattler tabakası, Haller tabakası ve suprakoroidadır.^[3] [Resim 1]

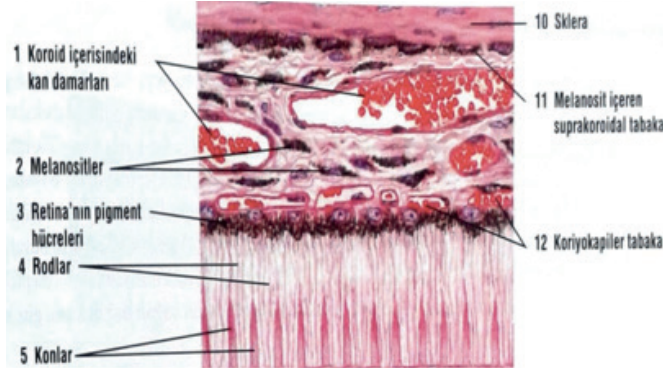


Resim 1: Koroidal mikroskopik anatomi

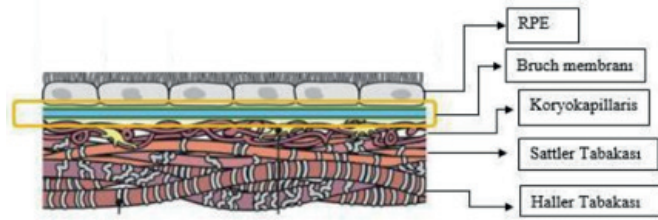
1) Bruch Membranı (BM)

Bruch membranı, hem retinal hem de koroidal elementlerin bir birleşimi olan ve koroidin iç tabakasını oluşturan yapıdır ve yaklaşık 7 µm kalınlıktadır. Retina ve koroid arasındaki bu ince ve avasküler membran optik diskten ora serrataya kadar uzanmaktadır. İçten dış doğru beş tabakadan oluşmuştur; Retina pigment epiteli (RPE)'nin bazal membranı, iç kollajen tabaka, elastik doku tabakası, dış kollajen tabaka, koryokapillaris bazal membranı. BM optik disk yakınında kalınken periferde doğru incelmektedir. BM'nin RPE bazal membranı tabakası ile iç ve dış kollajen tabakaları

devamlı membran yapısındadır. Koryokapiller bazal membranı ve elastik doku tabakası ise kesikli membran yapısındadır. Bu tabakalar sağlıklı bir insan gözünde birbirinden ayırtılamayacak kadar sıkı olarak bir arada bulunmaktadır.^[4-6] [Resim 3]



Resim 2: Koroidin Histolojik Yapısı



Resim 3: Bruch membranı, koroid tabakalarından koryokapillaris, Sattler tabakası ve Haller tabakası

2) Koryokapillaris

Koryokapillaris tabakasının özellikli ve farklı yapısı koroid fonksiyonları açısından önemlidir. Yoğun anastomoz oluşumu gösteren kapiller bir ağ olup, BM 'nin üzerinde bulunmaktadır. Foveanın altında yaklaşık 10 µm kalınlığa sahip olup kapiller yoğunluk burada artmaktadır. Buradaki kapillerler pencere yapıdadır ve proteinlere karşı oldukça geçirgendir. Ekstravasküler stromadaki yüksek onkotik basınç retinadan koroide doğru olan sıvı hareketini güçlendirmektedir. Perifere doğru gittikçe incilir ve kalınlığı 7 mikrona düşer.^[7] Koryokapillaris segmental dağılımlı, merkezde besleyici bir arteryol, çevresel kısımda ise toplayıcı venüllerin bulunduğu, lobüler ve homojen bir yapıdır. Bu lobüler yapı kan akımının daha hızlı olmasına olanak verir .^[8]

3) Stroma (Sattler ve Haller tabakaları)

Stroma nispeten gevşek bir yapıda olup büyük kısmını kan damarları oluşturur. Kan damarları düzensiz organizasyona sahip kollajen liflerle çevrelenmiştir. Damar komşuluğunda yerleşen başlıca yapılar arasında melanositler, fibroblastlar ve vasküler olmayan düz kas hücreleri sayılabilir.^[9] Koroidin vasküler tabakası dış tarafta büyük kan damarlarının yer aldığı "Haller tabakası" ve iç tarafta orta ve küçük boy arterlerin ve koryokapillaris besleyen arteryollerin yer aldığı "Sattler" tabakası olarak adlandırılır.^[10]

Koroid arterleri arka silyer arterlerin dallarıdır ve öne doğru uzanırlar. Venler arterlerden daha büyük olup ortalama yedi vorteks veninde birleşerek skleradan çıkıp oftalmik venlere katılırlar. Küçük arterlerin çapları 40-90 mikron, arteriyoller 20-40 mikron kadardır. Büyük venlerin çapları 100-300 mikron, küçük venlerin çapları 10-40 mikron arasındadır. Büyük koroid damarlarının endoteli koryokapillarisin aksine penceresiz yapıdadır. Bu sebeple flöresein anjiyografi sırasında flöresein molekülleri damar duvarını aşamazlar.^[11]

4) Suprakoroid

Lamina adını alan, sklera ve koroid arasında bulunan potansiyel boşluk, pigmentli ince bağ dokusu lifleri ile örtülüdür ve içinden uzun ve kısa siliyer arter ve sinirler geçer. Koroidin en dış tabakasıdır. Pigmente skleranın (lamina fusca) iç tabakasıyla Haller tabakası arasında yer alır. Yaklaşık 30 mikron kalınlığındadır. Suprakoroid boşluğu önde suprasiliyer boşlukla devam eder ve arkada optik sinire uzanır.^[12] Bir çok katmandan oluşan, düzleştirilmiş fusiform melanosit ve fibroblast benzeri hücreler, kollajen ve elastik fibriller, gangliyon hücreleri, sinir pleksusları ve serpiştirilmiş miyelinli akson demetlerinden oluşmaktadır.^[13] Yoğun olarak sinir lifleri ve gangliyon hücreleri göze çarpar. Fibroblast benzeri hücreler zonula okludensler ile birbirine bağlıdır. Melanosit ve fibrositler suprakoroid boşluğunun 6 ila 10 katına çapraz olarak geçerler.^[14] Suprakoroid boşlukta koroide geçen damarların dışında damar yapısı bulunmaz.^[15] Histolojik kesitlerde vorteks venlerin önünde kalan kısımda sklera ile zayıf bağlantılar bulunmakta ve lameller bölünme sonucu suprakoroidal boşluk oluşmaktadır. Suprakoroid boşluğunun lamelleri kolayca birbirinden ayırtılabilir. Fakat makula altında yoğun siliyer damar ve sinir yapıları sebebiyle bu ayırım mümkün olmaz .^[16]

Koroidal Dolaşım

Oftalmik arter internal karotid arterin ilk dalıdır ve sonrasında santral retinal arter ve posterior siliyer arterler olarak dallanarak devam eder. Fazlaca anatomik varyasyona rağmen posterior koroid medyal ve lateral posterior siliyer arterler olarak bilinen iki ana posterior siliyer arterden beslenir. Posterior siliyer arterlerden uzun olan posterior siliyer arterler; anterior üveyayı beslerler ve kısa olan posterior siliyer arterler ise fovea bölgesinde yer alırlar ve bu bölgenin beslenmesinden sorumludurlar. Kanın göze girişi kısa posterior siliyer arterler ile sağlanır ve sonrasında daha küçük arteriollerden koryokapillaris'e doğru ilerler. Koryokapillarisin ana drenajını vorteks ven sistemi sağlar, bunun yanında anterior siliyer ven yardımı ile siliyer cisimden de minör drenaj sağlanmaktadır. Vorteks venleri 3-8 adettir. Vorteks venlerinin drenajı sırasıyla orbita venleri, kavernoöz sinüs ve pterigoid pleksus şeklindedir.^[17]

Koroid İnervasyonu

Koroidin damar duvarını oluşturan düz kaslar, yapı olarak iskelet ve kardiak kaslardaki damarlara benzerdir. İnervasyonları perivasküler pleksuslar aracılığı ile otonom sinir sisteminden sağlanmaktadır. İntrinsik koroidal nöronların varlığı bilinmekle birlikte fonksiyonları aydınlatılamamıştır.^[18] Bu nöronların arter duvarında sonlanım bulması ve güçlü bir vazodilatör olan nitrik oksit salgılamaları, kan akımı regülasyonunda fonksiyon gösterdikleri tezini güçlendirmektedir. Bu intrinsik koroidal nöronların koroidal kalınlığın değişmesinde de etkili olduğu düşünülmektedir.^[19]

Koroid Fizyolojisi

Vücutta en fazla kan dolaşımına sahip olan koroid dolaşımı sadece koroid beslenmesinin değil, retina pigment epiteli (RPE) ve iç nükleer tabakanın dış yüzüne kadar olan retina tabakalarının da besin ve oksijen ihtiyacını karşılamaktadır.^[20] Avasküler zonun beslenmesinin %100'ünü koroid karşılar. Koroidin giderek anlaşılır olması başka fonksiyonlarının da ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu fonksiyonların başlıcaları oküler hacim ve sıcaklık düzenlenmesi, koroid kalınlığının değişmesi ile retina-koroid bağlantısının düzenlenmesi ve büyüme faktörlerinin sekresyonudur.^[21] Bunun yanında ışık absorpsiyonuna ve kan akışının vazo-

motor kontrolü ile göziçi basıncının sabit değerlerde tutulmasına katkı sağlaması diğer fonksiyonlarından. Koroid, uveoskleral yol ile aköz hümanın drenajında da görev alır. Bilindiği üzere aköz humorun dışa akım yollarından bir tanesi uveoskleral yoldur ve silier kasların kasılmasıyla birlikte aköz humor skleral venlere ulaştırılmış olur.^[22]

Koroidal inceltme retinanın yetersiz beslenmesine sebep olarak retina pigment epiteli dejenerasyonu ve fotoreseptör kaybı ile sonuçlanır. Böylece yaşa bağlı maküler dejenerasyon, polipoidal koroidal vaskülopati, santral seröz koryoretinopati, glom gibi bir çok oküler hastalıkta koroid değişiklikleri izlendiği bildirilmiştir.^[23]

Koroid Kan Akımının Regülasyonu

Koroid çok yüksek hacimde kan akımına sahiptir. Nedeni net olarak açıklanamamış olsa da, retina sıcaklığının ayarlanmasında bu yüksek kan akımının önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca koroidde kan akım hızının yüksek olması, akımın azalmasına karşı yüksek bir tolerans göstererek güvenlik aralığı sağlamaktadır. Koroid dolaşım sisteminde bulunan çeşitli boyut ve tipteki mikrodamar türleri ani vasküler konjesyonda ince kontrol sağlayabilir. Otonomik kontrol altında olan koroid kan akımı esas olarak sempatik sinir sistemi tarafından düzenlenmektedir. Koroid otoregülasyon ve baroregülasyon ile sistemik kan basıncı dalgalanmalarını kompanse edebilir. Hidrostatik basınç artışlarında oluşan ani konjesyon ile koroid damar kalınlığındaki hızlı artışlar, yüksek basınç geçişlerinde retinal venlere tampon görevi görür.^[24]

Koroid kan akımının otonomik sinir sistemince düzenleniyor olması, sistemik hipertansiyonun olası zararlı etkilerine karşı koruma sağlar. Sistemik dolaşımın çeşitli ajanlar tarafından etkilenmesi koroidal kan akımının da etkilenmesine sebep olabilir ancak bu her zaman paralellik göstermez. Epinefrin ve anjiotensin gibi vazokonstriktör ajanlar sistemik kan basıncını artırmakla birlikte koroidin periferik direncini de artırırlar. Ancak koroiddeki net etki kan akımındaki artıştır. Sistemik kan basıncının azalması koroidde periferik direncin azalmasına sebep olur, ancak koroidal kan akımına katkısı azdır. Güçlü vazodilatör olarak bilinen karbondioksitin de koroidal kan akımındaki etkisi azdır. Servikal sempatik zincir uyarısı koroiddeki akımı artırır. Sempatik regülasyon kaybı retinanın ödemlenmesine neden olur. Burdan anlaşıldığı üzere koroidde fizyolojik kanlanmanın sağlanabilmesi için sempatik tonusun sağlanması gerekliliği vardır.^[25]

Koroid vasküler yapıdaki hasarlanma, aşırı geçirgenlik artışı ve koroid inceltmesi birçok oküler patolojiye yol açmaktadır.^[26]

Koroid Kalınlığının Modülasyonu

Subfoveal koroid kalınlığı normal gözlerde $191 \pm 74.2 - 354 \pm 111 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür.^[27] Subfoveal koroid kalınlığı nazalde temporalden daha incedir.^[28] Koroid volümü nazal kadranda en düşük, süperior kadranda en yüksek olarak rapor edilmiştir.^[29] Koroid kalınlığı yaş, boy ve kilo ile korele bulunmuş ancak cinsiyetle ilişkilendirilememiştir. Aynı zamanda aksiyel uzunlukla ters korelasyon görülmüştür.^[30] Miyopik refraktif kusurun her 1 D'lik artışı ile $15 \mu\text{m}$ veya her 1mm'lik aksiyel uzunluk artışı ile $32 \mu\text{m}$ subfoveal koroid kalınlığında azalma olduğunu rapor edilmiştir.^[31]

Koroid kalınlığı kan akım regülasyonunun yukarıda belirtilen özellikleri nedeniyle birçok faktörden ve oküler hastalıktan etkilenmektedir. Yaş ve cinsiyet, aksiyel uzunluk, kırma kusuru, sirkadiyen ritim bunlara örnek olarak verilebilir. Örneğin yaşlı ve miyop kişilerde genç ve emetrop kişilere kıyasla daha ince bir koroid yapısı vardır.^[32] Aksiyel uzunlukla koroid arasında ise negatif

korelasyon mevcuttur.^[33]

Koroid kalınlığının değişimini açıklamak için 4 farklı hipotez ortaya atılmıştır:

1. Koroide su geçişini artıran proteoglikanların sentezinin artması
2. Koryokapillaristeki meydana gelen yapısal değişiklikler sonucu koroidal matrikste ozmotik aktif moleküllerin sayısının artması
3. Ön kamaradan koroide drene olan sıvı miktarının artması
4. Retinadan RPE aracılığıyla olan sıvı transportundaki farklılıklar

Bu tezlerle ilave olarak, avasküler düz kasların tonusundaki değişikliklerin de katkısı tartışmalıdır. Bu tezlerin çeşitli kombinasyonları da kalınlık değişiminde etkili olabilir.^[34]

Kaynaklar

1. Parver LM, Auken C, Carpenter DO. Choroidal blood flow as a heat dissipating mechanism in the macula. *Am J Ophthalmol*. 1980; 89(5):641-646.
2. Alm A, Bill A. Ocular and optic nerve blood flow at normal and increased intraocular pressures in monkeys (Macaca irus): a study with radioactively labelled microspheres including flow determinations in brain and some other tissues. *Exp Eye Res*. 1973;15(1):15-29.
3. Nickla DL, Wallman J. The multifunctional choroid. *Prog. Retin. Eye Res*. 2010; 29(2):144-168
4. Hogan M. Ultrastructure of the choroid. Its role in the pathogenesis of chorioretinal disease *Trans Pac Coast Otoophthalmol Soc Annu Meet*. 1961;42:61-87.
5. Hollenberg MJ, Burt WL. The fine structure of Bruch's membrane in the human eye *Can J Ophthalmol*. 1969; 4(3):296-306.
6. Wolter JR. Histologic character of connection between bruch's membrane and choriocapillaris of human eye: A Study with Silver Carbonate Technique. *AMA Arch Ophthalmol*. 1955; 53(2):208-210.
7. Nickla DL, Wallman J. The multifunctional choroid. *Prog. Retin. Eye Res*. 2010; 29(2):144-168
8. Siwińska M, Michalewski J, Cisiecki S, Nawrocki J, Michalewska Z. [A case of clinical manifestation of X-linked retinoschisis--in the one eye, and choroidal neovascularisation--in the second eye, in two family members]. *Klin Oczna*. 2013;115(2):144-147
9. Wallman J, Wildsoet C, Xu A, Gottlieb MD, Nickla DL, Marran L et al. Moving the retina: Choroidal modulation of refractive state. *Vision Res*. 1995; 35(1):37-50.
10. Krebs W, Krebs IP. Ultrastructural Evidence for Lymphatic Capillaries in the Primate Choroid. *Arch Ophthalmol*. 1988; 106(11):1615-1616.
11. Guyer DR, Schachat AP, Vitale S, Markowitz JA, Braine H, Burke PJ, et al. Leukemic Retinopathy: Relationship Between Fundus Lesions and Hematologic Parameters at Diagnosis. *Ophthalmology*. 1989; 96(6):860-864.
12. Schachat AP, Markowitz JA, Guyer DR, Burke PJ, Karp JE, Graham ML. Ophthalmic Manifestations of Leukemia. *Arch Ophthalmol*. 1989;107(5):697-700.
13. De Stefano ME, Mugnaini E. Fine structure of the choroidal coat of the avian eye. Vascularization, supporting tissue and innervation. *Anat Embryol (Berl)*. 1997; 195(5):393-418.
14. De Stefano ME, Mugnaini E. Fine structure of the choroidal coat of the avian eye: Lymphatic vessels. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 1997;38(6):1241-1260
15. Eagle RC, Font RL, Yanoff M, Fine BS. Proliferative Endotheliopathy With Iris Abnormalities: The Iridocorneal Endothelial Syndrome. *Arch Ophthalmol*. 1979; 97(11):2104-2111.
16. Öner V, Bulut A, Büyüktarakçı Ş, Kaim M. Response to Re: Associations between choroidal thickness, axial length and spherical equivalent in a paediatric population. *Clin. Exp. Optom*. 2017; 100(1):101-102
17. Mrejen S, Spaide RF. Optical coherence tomography: Imaging of the choroid and beyond. *Surv. Ophthalmol*. 2013; 58(5):387-429
18. Reiner A, Fitzgerald MEC, Del Mar N, Li C. Neural control of choroidal blood flow. *Prog. Retin. Eye Res*. 2018; 64:96-130

19. Schrödl F, Tines R, Brehmer A, Neuhauser WL . Intrinsic choroidal neurons in the duck eye receive sympathetic input: Anatomical evidence for adrenergic modulation of nitrergic functions in the choroid. *Cell Tissue Res.*2001; 304(2):175–184.
20. Linsenmeier RA, Braun RD. Oxygen distribution and consumption in the cat retina during normoxia and hypoxemia. *J Gen Physiol* .1992;99(2):177–197.
21. Braun RD, Linsenmeier RA, Yancey CM . Spontaneous fluctuations in oxygen tension in the cat retina. *Microvasc Res.*1992; 44(1):73–84.
22. Braun RD, Linsenmeier RA, Goldstick TK. New perfluorocarbon emulsion improves tissue oxygenation in cat retina. *J Appl Physiol* .1992;72(5):1960–1968.
23. Piasecka K, Bednarski M, Nawrocka Z, Nawrocki J, Michalewska Z.[Comparison of Heidelberg retinal tomography and spectral domain optical coherence tomography examinations for detection of glaucoma]. *Klin Oczna.*2013;115(2):125–129
24. Riva CE, Titze P, Hero M, Movaffaghy A, Petrig BL. Choroidal blood flow during isometric exercises. *Investig Ophthalmol Vis Sci.*1997;38(11):2338–2343
25. Yang SS, Fu AD, McDonald HR, Johnson RN, Ai E, Jumper M. Massive spontaneous choroidal hemorrhage. *Retina.*2003; 23(2):139–144.
26. Karahan E, Zengin MO, Aydın R, Öztürk T, Kaya M, Kocak N, Kaynak S. Correlation of choroidal thickness with serum cortisol level. *Clin Exp Optom.*2015;98(4):362–365.
27. Manjunath V, Taha M, Fujimoto JG, Duker JS. Choroidal thickness in normal eyes measured using cirrus HD optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol.*2010;150(3):325–329.
28. Ouyang Y, Heussen FM, Mokwa N, Walsh AC, Durbin MK, Keane PA, Sanchez PJ, et al. Spatial distribution of posterior pole choroidal thickness by spectral domain optical coherence tomography. *Investig Ophthalmol Vis Sci.*2011; 52(9):7019–7026.
29. Barteselli G, Chhablani J, El-Emam S, Wang H, Chuang J, Kozak I, et al. Choroidal volume variations with age, axial length, and sex in healthy subjects: A three-dimensional analysis. *Ophthalmology.*2012;119(12):2572–2578.
30. Park SY, Kim SM, Song YM, Sung J, Ham . Retinal thickness and volume measured with enhanced depth imaging optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol.*2013;156(3):557–566.
31. Read SA, Collins MJ, Vincent SJ, Alonso-Caneiro D. Choroidal thickness in childhood. *Invest Ophthalmol Vis Sci.*2013;54:3586–3593.
32. Ding X, Li J, Zeng J, Ma W, Liu R, Li T, et al. Choroidal thickness in healthy Chinese subjects. *Investig Ophthalmol Vis Sci.*2011; 52(13):9555–9560.
33. Wei W Bin, Xu L, Jonas JB, Shao L, Du KF, Wang S, et al. Subfoveal choroidal thickness: The Beijing Eye Study. *Ophthalmology.*2013;120(1):175–180.
34. Wildsoet C, Wallman J. Choroidal and scleral mechanisms of compensation for spectacle lenses in chicks. *Vision Res.*1995; 35(9):1175–1194.



Uzm. Dr. Fatma SÜMER

Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden 2013 yılında mezun oldum. Temmuz 2014'de Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Göz Hastalıkları Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak uzmanlık eğitimime başladım. Temmuz 2019'da devlet hizmet yükümlülüğü kapsamında Sağlık Bakanlığı Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne atandım. Halen aynı hastanede uzman doktor olarak görevime devam etmekteyim.