



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

UDK 617.736:617.735-007.23

YOSHGA BOG'LIQ MAKULA DEGENERATSIYASIDA RETINAL PIGMENT EPITELIYSIDAGI MORFOLOGIK VA MORFOMETRIK O'ZGARISHLAR

Ismoilova Nozimaxon Mirzohidjon qizi

*Respublika ixtisoslashtirilgan ko'z mikroxirurgiyasi ilmiy-amaliy tibbiyot markazi Farg'ona filiali
oftalmologi*

ORCID: 0009-0006-7682-8601

E-mail: nozigim9889@gmail.com



ANNOTATSIYA

Yoshga bog'liq makula degeneratsiyasi (YBMD) markaziy ko'rishning progressiv pasayishiga olib keluvchi degenerativ retinal kasalliklardan biri bo'lib, uning patogenezida retinal pigment epiteliysi (RPE) hujayralaridagi strukturaviy va funksional o'zgarishlar muhim o'rin tutadi. Mazkur maqolada YBMD sharoitida RPEda kuzatiladigan morfologik va morfometrik o'zgarishlar, ularning rivojlanish xususiyatlari hamda kasallik patogenezidagi ahamiyati zamonaviy ilmiy manbalar asosida tahlil qilindi. RPE hujayralarining shakli va o'lchami, hujayra mozaikasining yaxlitligi, pigmentatsiya xususiyatlari, hujayra zichligi, degenerativ va atrofik o'zgarishlar, shuningdek RPE–Bruch membranasi–fotoretseptor kompleksi holati asosiy baholash mezonlari sifatida ko'rib chiqildi. Adabiyotlar tahlili RPE hujayralarining geterogenlashuvi, zichligining kamayishi, hujayra maydoni va shakl parametrlarining o'zgarishi, pigmentning qayta taqsimlanishi hamda geografik atrofiya chegarasida strukturaviy qayta tashkil topish YBMD progressiyasi bilan bog'liq ekanini ko'rsatadi. Morfologik tavsifni morfometrik ko'rsatkichlar bilan uyg'unlashtirish patologik jarayonning og'irligi va tarqalishini yanada obyektiv baholash, shuningdek klinik tasvirlash usullarida kuzatiladigan belgilarni histomorfologik asoslash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: yoshga bog'liq makula degeneratsiyasi, retinal pigment epiteliysi, morfologiya, morfometriya, Bruch membranasi, geografik atrofiya, fotoretseptorlar, RPE.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РЕТИНАЛЬНОГО ПИГМЕНТНОГО ЭПИТЕЛИЯ ПРИ ВОЗРАСТНОЙ МАКУЛЯРНОЙ ДЕГЕНЕРАЦИИ

Аннотация. Возрастная макулярная дегенерация (ВМД) является одним из дегенеративных заболеваний сетчатки, приводящих к прогрессирующему снижению центрального зрения. Существенное значение в её патогенезе имеют структурные и функциональные изменения ретинального пигментного эпителия (РПЭ). В статье на основе современных научных данных проанализированы морфологические и морфометрические изменения РПЭ при ВМД, включая вариабельность формы и размеров клеток, нарушение целостности клеточной мозаики, изменения пигментации, снижение клеточной плотности, дегенеративно-атрофические процессы и перестройку комплекса РПЭ–мембрана Бруха–



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

фоторецепторы. Комплексная оценка морфологических и морфометрических показателей позволяет объективизировать степень и распространённость патологического процесса и уточнить морфологическую основу признаков, выявляемых при клинической визуализации.

Ключевые слова: возрастная макулярная дегенерация, ретиальный пигментный эпителий, морфология, морфометрия, мембрана Бруха, географическая атрофия, фоторецепторы.

MORPHOLOGICAL AND MORPHOMETRIC CHANGES OF THE RETINAL PIGMENT EPITHELIUM IN AGE-RELATED MACULAR DEGENERATION

Abstract. Age-related macular degeneration (AMD) is a degenerative retinal disorder that may cause progressive loss of central vision, with structural and functional alterations of the retinal pigment epithelium (RPE) playing a major role in its pathogenesis. This article analyzes contemporary evidence on morphological and morphometric changes of the RPE in AMD, including variability in cell shape and size, disruption of the RPE mosaic, altered pigmentation, reduced cell density, degenerative and atrophic changes, and remodeling of the RPE–Bruch's membrane–photoreceptor complex. Current histologic and imaging studies indicate that RPE heterogeneity, changes in cell shape descriptors, pigment redistribution, and tissue alterations at the margins of geographic atrophy are associated with disease progression. Integrating qualitative morphology with quantitative morphometry may improve objective assessment of lesion severity and extent and strengthen the histomorphological interpretation of clinical imaging findings.

Keywords: age-related macular degeneration, retinal pigment epithelium, morphology, morphometry, Bruch's membrane, geographic atrophy, photoreceptors.

KIRISH

Yoshga bog'liq makula degeneratsiyasi (YBMD) makula sohasida rivojlanadigan, ko'p omilli va progressiv degenerativ jarayon bo'lib, katta yoshdagi aholida markaziy ko'rishning qaytmas pasayishining asosiy sabablaridan biri hisoblanadi. Kasallik patogenezida qarish, genetik moyillik, oksidativ stress, lipid almashinuvining buzilishi, komplement tizimi faollashuvi hamda surunkali past darajali yallig'lanish o'zaro bog'liq holda ishtirok etadi [1, 2].

YBMD patogenezining markaziy bo'g'inlaridan biri retinal pigment epiteliysi (RPE) faoliyatining izdan chiqishidir. RPE neyrosensor retina va xoriokapillyarlar o'rtasida joylashgan bir qavatli pigmentlangan hujayralar tizimi bo'lib, fotoretseptor tashqi segmentlarining fagotsitozi, retinoid sikli, ion va suyuqlik transporti, oksidativ himoya hamda tashqi qon–retina to'sig'ining saqlanishida muhim vazifalarni bajaradi [3]. Shu bois RPEdagi strukturaviy buzilishlar fotoretseptorlar va xoriokapillyar kompleksning keyingi shikastlanishi bilan uzviy bog'lanadi.

Yosh o'tishi bilan RPE hujayralarida lipofussin va boshqa metabolik mahsulotlar to'planadi, hujayralarning shakli va o'lchamida geterogenlik kuchayadi, pigmentning taqsimlanishi o'zgaradi va ayrim hujayralarda degenerativ belgilar paydo bo'ladi. Bruch membranasi lipid va boshqa ekstrasellyulyar materiallar yig'ilishi uning transport xususiyatlarini yomonlashtirib, RPE–xoriokapillyar metabolik almashinuviga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin [3, 4].

YBMDning rivojlangan atrofik shakllarida RPEning fokal yoki keng tarqalgan yo'qolishi geografik atrofiya bilan namoyon bo'ladi. Histologik tadqiqotlar atrofiya chegarasida RPE hujayralarining dismorfiyasi, migratsiyasi, giperpigmentatsiya va gipopigmentatsiya sohalari, hujayra qatlamining uzilishlari hamda fotoretseptor va xoriokapillyarlardagi o'zgarishlarni qayd etgan [4–7].



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Shu sababli RPEdagi o'zgarishlarni faqat sifat jihatidan tavsiflash yetarli emas. Hujayra maydoni, zichligi, shakl koeffitsientlari, qatlam qalinligi va atrofik maydon kabi morfometrik parametrlar strukturaviy qayta tashkil topishni obyektiv miqdoriy baholash imkonini beradi [8, 9].

Tadqiqotning maqsadi — yoshga bog'liq makula degeneratsiyasida retinal pigment epiteliysida kuzatiladigan morfologik va morfometrik o'zgarishlarni zamonaviy ilmiy manbalar asosida tizimlashtirish, ularning kasallik progressiyasidagi ahamiyatini baholash hamda klinik-morfologik interpretatsiya uchun asosiy mezonlarni shakllantirish.

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODLARI

Maqola ilmiy-tahliliy sharh shaklida tayyorlandi. Tahlil uchun YBMD, retinal pigment epiteliysi, geografik atrofiya, Bruch membranasi, RPE morfologiyasi va morfometriyasiga bag'ishlangan fundamental hamda zamonaviy klinik-morfologik tadqiqotlar tanlab olindi. Manbalarni baholashda RPE hujayralarining histologik fenotiplari, morfometrik ko'rsatkichlari, OCT bilan histologik korrelyatsiyalar va geografik atrofiya chegarasidagi strukturaviy o'zgarishlarga oid ma'lumotlarga ustuvorlik berildi.

Tahlil jarayonida taqqoslash, tizimlashtirish va konseptual umumlashtirish usullaridan foydalanildi. RPE hujayralarining shakli, o'lchami, joylashuvi, hujayralararo chegaralar yaxlitligi, pigment granularining taqsimlanishi, hujayra zichligi, atrofik o'zgarishlarning tarqalishi va RPE–Bruch membranasi–fotoretseptor kompleksidagi strukturaviy munosabatlar asosiy baholash yo'nalishlari sifatida belgilandi.

Morfometrik parametrlar sifatida hujayra maydoni, hujayra zichligi, shaklning bir xilligi, form factor va solidity kabi hujayra shaklini tavsiflovchi ko'rsatkichlar, shuningdek RPE–Bruch membranasi kompleksining qalinligi va atrofik hudud chegaralaridagi o'zgarishlar ko'rib chiqildi [8–10].

1-jadval. YBMDda RPEdagi morfologik va morfometrik o'zgarishlarni baholash mezonlari

Baholash yo'nalishi	Asosiy ko'rsatkichlar	Morfologik ahamiyati
RPE hujayralari tuzilishi	Shakl, o'lcham, joylashuv, hujayra chegaralari	Hujayraviy qayta tashkil topish va dismorfiyani baholash
Hujayra zichligi	Birlik maydondagi RPE hujayralari soni	Hujayra yo'qolishi va kompensator kattalashishni tavsiflash
Pigmentatsiya	Pigment granulari miqdori va taqsimlanishi	RPE funksional holati va migratsiyasini aks ettirish
RPE mozaikasi	Area, form factor, solidity va boshqa shakl deskriptorlari	Sog'lom va AMD bilan zararlangan hujayralarni farqlash
Bruch membranasi / RPE-BM kompleksi	Qalinlik va strukturaviy o'zgarishlar	Metabolik transport buzilishi va atrofiya progressiyasini baholash
Atrofik hudud	RPE yo'qolgan yoki keskin o'zgargan maydon	Geografik atrofiya tarqalishini tavsiflash
Fotoretseptorlar	Tashqi segmentlar va tashqi yadro qatlami o'zgarishlari	RPE shikastlanishining ikkilamchi retinal oqibatlarini baholash

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Adabiyotlar tahlili RPEning YBMDda statik emas, balki bir necha ketma-ket fenotipik holatlar orqali qayta tashkil topishini ko'rsatadi. Project MACULA doirasida ishlab chiqilgan histologik tasnif RPE hujayralarining normal morfologiyadan dismorfik, migratsiyalangan va atrofik fenotiplargacha bo'lgan o'zgarishlarini tizimlashtirish imkonini bergan [4, 5]. Bu yondashuv klinik OCT belgilarini histologik tuzilma bilan solishtirish uchun muhim asos yaratadi.



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

RPE hujayralari morfologiyasidagi eng muhim o'zgarishlardan biri hujayra mozaikasining geterogenlashuvidir. AMD bilan zararlangan ko'zlarda hujayra maydonining kattalashishi, shaklning notekisligi va chegaralarning deformatsiyasi sog'lom to'qimaga nisbatan ko'proq kuzatiladi. von der Emde va hammualliflar hujayra maydoni, solidity va form factor AMD bilan zararlangan RPEni farqlashda informativ deskriptorlar ekanini ko'rsatgan [8]. Bu natija morfometriyaning subklinik yoki erta strukturaviy o'zgarishlarni aniqlashdagi potensialini ko'rsatadi.

Geografik atrofiya chegarasida RPE hujayralari bir xil xususiyatga ega emas. Ayrim hududlarda gipertrofiyalangan, pigment bilan to'lgan yoki migratsiyalangan hujayralar, boshqa hududlarda esa hujayra qatlamining keskin siyraklashuvi va yo'qolishi aniqlanadi [5, 7]. Bu holat atrofiyaning chegaraviy zonasi faol strukturaviy qayta tashkil topish hududi ekanini ko'rsatadi.

RPEdagi o'zgarishlar Bruch membranasidan ajralgan holda kechmaydi. Yosh bilan bog'liq lipid va bazal depozitlar, bazal laminar materialning ortishi hamda RPE–Bruch membranasini kompleksining qalinlashuvi oziq moddalar va metabolitlar transportini cheklashi mumkin. OCT asosidagi tadqiqotlarda geografik atrofiya atrofida RPE–Bruch membranasini masofasining kattalashishi atrofiya o'sish sur'ati bilan korrelyatsiya qilgani qayd etilgan [10].

Fotoretseptor qatlamidagi o'zgarishlar ham RPE shikastlanishi bilan chambarchas bog'liq. Geografik atrofiyaga bag'ishlangan multilayer histologik tahlilda atrofiyaga yaqin zonalarda tashqi retinal qatlamlarning dislaminatsiyasi, fotoretseptor segmentlari qisqarishi va RPE dismorfiyasi birgalikda kuzatilgan [6]. Bu ma'lumotlar YBMDni faqat RPE kasalligi sifatida emas, balki RPE–fotoretseptor–Bruch membranasini–xoriokapillyar birlikning kompleks degeneratsiyasi sifatida baholash zarurligini ko'rsatadi.

Shuningdek, oksidativ stress va proteostaz buzilishi RPE hujayralarining degenerativ o'zgarishlarida muhim biologik asoslardan biri sifatida qaraladi. RPE hujayralarida oqsil va organella homeostazining buzilishi, lipofussin to'planishi va hujayra himoya tizimlarining zaiflashuvi YBMD patogenezigacha hissa qo'shishi mumkin [3].

2-jadval. YBMDda RPEdagi asosiy morfologik o'zgarishlar va ularning morfometrik ifodasi

Morfologik o'zgarish	Morfometrik ifoda	Patomorfologik talqin
Hujayra geterogenligi	Hujayra maydoni va shakl variabelligining ortishi	RPE mozaikasi barqarorligining buzilishi
Hujayralar yo'qolishi	RPE hujayralari zichligining kamayishi	Degenerativ-atrofik jarayonning kuchayishi
Pigmentatsiya buzilishi	Pigmentlangan maydon va intensivlikning notekisligi	RPE funksional holati va migratsiyasi o'zgarishi
RPE qatlamining uzilishi	Saqlangan va atrofik maydonlar nisbati	Geografik atrofiya tarqalishini tavsiflash
RPE–Bruch membranasini o'zgarishi	Kompleks qalinligi / RPE-BM masofasi	Bazal depozitlar va strukturaviy qayta tashkil topishni aks ettirish
Fotoretseptor zararlanishi	Tashqi retinal qatlam qalinligi va tuzilishining o'zgarishi	RPE shikastlanishining funksional-retinal oqibatlari

Umumlashtirilgan holda, YBMDda RPEning morfologik progressiyasini shartli ravishda quyidagi ketma-ketlikda ifodalash mumkin: yoshga bog'liq hujayraviy stress va metabolik yuklama → RPE mozaikasining geterogenlashuvi va pigment qayta taqsimlanishi → Bruch membranasini bilan funksional aloqaning buzilishi → RPE dismorfiyasi, migratsiyasi va hujayra yo'qolishi → fotoretseptor va xoriokapillyar kompleksdagi ikkilamchi o'zgarishlar → atrofik hududning kengayishi. Biroq bu sxema qat'iy chiziqli sabab-oqibat zanjiri emas; YBMD ko'p omilli kasallik bo'lib, uning komponentlari parallel va o'zaro ta'sirda rivojlanadi [1, 2].



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

Morfometrik tahlilning afzalligi shundaki, u morfologik tavsifni raqamlashtirib, hujayra va to'qima darajasidagi o'zgarishlarni standartlashtirish imkonini beradi. Ayniqsa, hujayra shakli deskriptorlari va RPE–Bruch membranasi kompleksining qalinligi klinik tasvirlash natijalari bilan solishtirilganda diagnostik va prognostik ahamiyat kasb etishi mumkin [8, 10].

XULOSA

Yoshga bog'liq makula degeneratsiyasida retinal pigment epiteliysi kasallikning strukturaviy progressiyasida markaziy o'rin tutadi. RPE hujayralarining shakli, o'lchami, pigmentatsiyasi va fazoviy tashkil topishidagi o'zgarishlar, hujayra zichligining kamayishi va qatlam yaxlitligining buzilishi degenerativ jarayon chuqurlashuvini aks ettiradi.

Morfometrik ko'rsatkichlar, jumladan hujayra maydoni, shakl deskriptorlari, hujayra zichligi va RPE–Bruch membranasi kompleksining qalinligi morfologik o'zgarishlarni obyektiv miqdoriy baholash imkonini beradi. Ayniqsa, geografik atrofiya chegarasidagi RPE fenotiplarini baholash kasallikning faol progressiya zonasini tushunish uchun muhimdir.

RPEdagi patologik o'zgarishlarni Bruch membranasi, fotoretseptorlar va xoriokapillyarlar bilan funksional birlik doirasida baholash lozim. Mazkur kompleks yondashuv YBMDning morfologik asoslarini chuqurroq tushunish, OCT va boshqa klinik tasvirlash usullarida qayd etiladigan biomarkerlarni histologik nuqtai nazardan talqin qilish hamda istiqbolda morfologik diagnostika mezonlarini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Ushbu maqolada keltirilgan xulosalar ilmiy adabiyotlar tahliliga asoslangan. RPEdagi morfometrik ko'rsatkichlarning mahalliy klinik populyatsiyadagi diagnostik yoki prognostik qiymatini aniqlash uchun standartlashtirilgan histomorfometrik yoki yuqori aniqlikdagi multimodal tasvirlashga asoslangan prospektiv tadqiqotlar zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Fleckenstein M., Keenan T.D.L., Guymer R.H., Chakravarthy U., Schmitz-Valckenberg S., Klaver C.C., Wong W.T., Chew E.Y. Age-related macular degeneration. *Nature Reviews Disease Primers*. 2021;7:31. doi:10.1038/s41572-021-00265-2.
2. Apte R.S. Age-Related Macular Degeneration. *New England Journal of Medicine*. 2021;385(6):539–547. doi:10.1056/NEJMcp2102061.
3. Ferrington D.A., Sinha D., Kaarniranta K. Defects in retinal pigment epithelial cell proteolysis and the pathology associated with age-related macular degeneration. *Progress in Retinal and Eye Research*. 2016;51:69–89. doi:10.1016/j.preteyeres.2015.09.002.
4. Zanzottera E.C., Messinger J.D., Ach T., Smith R.T., Freund K.B., Curcio C.A. The Project MACULA retinal pigment epithelium grading system for histology and optical coherence tomography in age-related macular degeneration. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2015;56(5):3253–3268. doi:10.1167/iovs.15-16431.
5. Zanzottera E.C., Ach T., Huisinck C., Messinger J.D., Spaide R.F., Curcio C.A. Visualizing retinal pigment epithelium phenotypes in the transition to geographic atrophy in age-related macular degeneration. *Retina*. 2016;36(Suppl 1):S12–S25. doi:10.1097/IAE.0000000000001276.
6. Li M., Huisinck C., Messinger J.D., Dolz-Marco R., Ferrara D., Freund K.B., Curcio C.A. Histology of geographic atrophy secondary to age-related macular degeneration: a multilayer approach. *Retina*. 2018;38(10):1937–1953. doi:10.1097/IAE.0000000000002182.
7. Bonilha V.L., Bell B.A., Hu J., Milliner C., Pauer G.J., Hagstrom S.A., Radu R.A., Hollyfield J.G. Geographic atrophy: confocal scanning laser ophthalmoscopy, histology, and inflammation in the region of expanding lesions. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2020;61(8):15. doi:10.1167/iovs.61.8.15.
8. von der Emde L., Vaisband M., Hasenauer J., Bourauel L., Bermond K., Saßmannshausen M., Heintzmann R., Holz F.G., Curcio C.A., Sloan K.R., Ach T. Histologic cell shape descriptors for



URGANCH DAVLAT TIBBIYOT INSTITUTI JANUBIY OROLBO'YI TIBBIYOT JURNALI

2 - TOM, MAXSUS SON-3. 2026

14.00.00 - TIBBIYOT FANLARI ISSN: 3093-8740

the retinal pigment epithelium in age-related macular degeneration: a comparison to unaffected eyes. *Translational Vision Science & Technology*. 2022;11(8):19. doi:10.1167/tvst.11.8.19.

9. Curcio C.A., Millican C.L., Allen K.A., Kalina R.E. Aging of the human photoreceptor mosaic: evidence for selective vulnerability of rods in central retina. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 1993;34(12):3278–3296.

10. Chu Z., Shi Y., Zhou X., Wang L., Zhou H., Laiginhas R., Zhang Q., Cheng Y., Shen M., de Sisternes L., Durbin M.K., Feuer W., Gregori G., Rosenfeld P.J., Wang R.K. Optical coherence tomography measurements of the retinal pigment epithelium to Bruch membrane thickness around geographic atrophy correlate with growth. *American Journal of Ophthalmology*. 2022;236:249–260. doi:10.1016/j.ajo.2021.10.032.