YORUG'LIKNING TO'LQIN XOSSALARINING BIOFIZIKA FANIDAGI O'RNI

Yunusov Azizjon Furqat o'g'li
Samarqand davlat tibbiyot universiteti. Davolash ishi fakul'teti 123-guruh talabasi.
Ilmiy rahbar: "Informatsion texnologiyalar, biofizika va tibbiy fizika" kafedrasi assistenti **F.N.Temirov**

ANNOTATSIYA: *Ushbu maqolada yorug'likning to'lqin xossalari — interferensiya, difraksiya, polyarizatsiya va dispersiya — biofizika fanidagi nazariy va amaliy ahamiyati kompleks ravishda tahlil qilinadi. Tirik organizmlar bilan yorug'likning o'zaro ta'siri, biologik to'qimalardagi optik hodisalar, hamda ushbu hodisalarning tibbiy diagnostika, fototeranия va bioimaging kabi zamonaviy tibbiy texnologiyalardagi qo'llanilishi ko'rib chiqiladi. Maqolada qo'llangan metodologiya: adabiy tahlil, nazariy modellashtirish va zamonaviy tadqiqotlar sintezi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, to'lqin optikasining biofizik asoslari zamonaviy tibbiyotning asosiy vositalariga — optik kogerent tomografiya, lazer spektroskopiyasi va konfokal mikroskopiyaга — nazariy zamin yaratadi.*

Kalit so'zlar: *biofizika, to'lqin optikasi, interferensiya, difraksiya, polyarizatsiya, biologik to'qima, lazer diagnostikasi, optik kogerent tomografiya.*

Keywords: *biophysics, wave optics, interference, diffraction, polarization, biological tissue, laser diagnostics, optical coherence tomography.*

KIRISH

Biofizika — fizika qonunlari va metodlarini biologik tizimlarni o'rganishga tatbiq etuvchi fanlar kesishmasida joylashgan ilmiy soha. Ushbu fanda yorug'likning to'lqin xossalari alohida o'rin egallaydi, chunki tirik organizmlar bilan elektromagnit nurlanishning o'zaro ta'siri biofizikaning eng ko'p tadqiq qilinadigan yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

Yorug'lik to'lqin sifatida biologik to'qimalarda qanday tarqaladi? Hujayralar va to'qimalar optik hodisalarni qanday yuzaga keltiradi? Bu hodisalar tibbiy diagnostikada qanday qo'llaniladi? — ana shu savollar zamonaviy biofizikaning markazida turadi. To'lqin optikasi tamoyillarini tushunmasdan turib optik kogerent tomografiya (OCT), konfokal mikroskopiya, lazer skanerlash yoki fotodinamik terapiyaning mohiyatini to'liq anglash mumkin emas.

Maqolaning maqsadi — yorug'likning to'lqin xossalarining (interferensiya, difraksiya, polyarizatsiya, dispersiya) biofizika fanidagi o'rnini nazariy jihatdan asoslash va ularning zamonaviy tibbiy diagnostika hamda terapiyada qo'llanilishini ko'rsatishdan iborat. Tadqiqot natijalari biofizika va biomeditsina muhandisligi yo'nalishidagi talabalar uchun o'quv-uslubiy qo'llanma sifatida ham xizmat qilishi mumkin.

TO'LQIN XOSSALARI VA ULARNING BIOFIZIKADAGI NAMOYON BO'LISHI

Interferensiya va biologik tizimlar

Interferensiya — bir xil chastotali kogerent to'lqinlarning superpozitsiyasi natijasida intensivlikning makoniy taqsimlanishi hodisasi. Biologik tizimlar kontekstida interferensiya hodisasi bir necha muhim ko'rinishda namoyon bo'ladi.

Biologik pardalar optikasi: hujayra membranasi va lipid qavati yorug'lik bilan o'zaro ta'sirida yupqa plyonka interferensiyasi yuzaga keladi. Membrana qalinligi taxminan 7–10 nm bo'lib, bu ultrabinafsha diapazonida interferension effektlar hosil qiladi. Ushbu hodisa biologik membranalarning optik xossalarini o'rganishda keng qo'llaniladi.

Optik kogerent tomografiya (OCT): ushbu texnologiya to'lqinlarning interferensiyasiga asoslanadi. Malum to'qima qatlamidan qaytgan past kogerentli nur referens nurlanish bilan interferensiya hosil qiladi va bu orqali to'qimaning mikronli aniqlikdagi kesma tasviri olinadi. OCT ko'z to'r pardasi, yurak qon tomir devori va teri kasalliklarini tashxislashda keng qo'llaniladi.

Holografik mikroskopiya: tirik hujayralarni bo'yoqsiz, real vaqtda kuzatish uchun interferensiyaga asoslangan raqamli golografiya usulidan foydalaniladi. Bu usul hujayraning uch o'lchamli morfologiyasini o'lchash imkonini beradi.

Difraksiya va biologik to'qimalar optikasi

Difraksiya — to'lqinning o'z to'g'ri yo'nalishidan og'ishi hodisasi bo'lib, biologik tizimlar uchun ayniqsa muhimdir, chunki hujayralar va ularning tarkibiy qismlari ko'rinadigan yorug'likning to'lqin uzunligi bilan solishtiruvchi o'lchamga ega.

Hujayra organellalari difraksiyasi: mitoxondrialar (o'lchami 0,5–10 mkm), yadro (5–10 mkm) va ribosomalar (20–30 nm) yorug'lik to'lqinlarini difraktsiya qiladi. Bu hodisa hujayraning difraksion tasviri asosida uning ichki tuzilishini baholashda ishlatiladi — bu usul 'difraksion sitometri' deb ataladi.

X-nurlar kristallografiyasi: oqsillar va DNKning kristall tuzilmasini aniqlashda X-nurlarning difraksiyasi qo'llaniladi. Ushbu usul Watson va Krik tomonidan DNKning ikki spiralli tuzilishi kashf etilishida hal qiluvchi rol

o'ynagan (Franklin, 1952). Hozirgi kunda oqsil tuzilmalarining 90% dan ortig'i difraksion usullar bilan aniqlangan.

Difraksion optik elementlar (DOE): zamonaviy biotibbiy asboblarda maxsus difraksion linzalar va panjaralar qo'llaniladi. Masalan, fundus-kameralar va slitlamp mikroskoplarida difraksion elementlar yordamida ko'z to'r pardasini yuqori aniqlikda tasvirlash ta'minlanadi.

Polyarizatsiya va biologik molekulalar

Polyarizatsiya yorug'likning elektr maydoni vektorining tebranish yo'nalishini tavsiflovchi xossasi bo'lib, biofizikada alohida diagnostik ahamiyatga ega. Biologik molekulalarning aksariyati optik faol (xiral) bo'lib, ular polyarizatsiya tekisligini aylantiradi.

Optik faollik va xiral molekulalar: aminokislotalar, shakarlar, nuklein kislotalar va ko'pgina biologik makromolekulalar optik faollik xususiyatiga ega. Masalan, D-glyukoza polyarizatsiya tekisligini soat mili yo'nalishida (+52,7°) aylantiradi. Polarimetriya usuli qondagi glyukoza konsentratsiyasini noinvaziv aniqlashda tadqiq qilinmoqda.

To'qimalarning polyarizatsion xossalari: kollagen tolalari, muskullar va suyak to'qimalari kuchli ikki o'qli sinuvchanlik (birefringence) xossasini namoyon etadi. Polyarizatsion mikroskopiya yordamida kollagen to'qimasining tartiblanish darajasini, muskullar patalogiyasini va suyakning mineralizatsion holaтini baholash mumkin.

Mueller matritsa spektroskopiyasi: to'qimadan o'tgan polyarizatsiyalangan yorug'likning Mueller matritsa yordamida tahlili saraton va boshqa kasalliklarda to'qima tuzilishidagi o'zgarishlarni erta bosqichda aniqlash imkonini beradi — bu usul klinik sinovlardan o'tmoqda.

Dispersiya va biologik spektroskopiya

Dispersiya — turli to'lqin uzunlikdagi yorug'likning muhitda har xil tezlikda tarqalishi hodisasi. Biologik to'qimalar optik dispersiya ko'rsatkichi to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lgan murakkab muhit hisoblanadi.

To'qimaning optik dispersiyasi: biologik to'qimalarda ko'rinadigan yorug'lik uchun sinish ko'rsatkichi n taxminan 1,33 (suvli eritmalar) dan 1,50 (qattiq to'qimalar) gacha o'zgaradi. Dispersiya egri chizig'i to'qimaning suv, oqsil va lipid tarkibiga bog'liq bo'lib, bu spektroskopik tahlil uchun asos yaratadi.

Raman spektroskopiyasi biofizikada: Raman effekti — yorug'likning dispersiya bilan bog'liq noelastik sochilishi — biologik molekulalarning parmak izi (fingerprint) spektrini beradi. Raman spektroskopiyasi yordamida to'qimadagi oqsil, lipid, DNK va vit. konsentratsiyasini tahlil qilish, saraton hujayrasini sog'lom hujayradan ajratish mumkin.

Optik dispersion tomografiya: ko'p to'lqin uzunlikdagi OCT (spectral-domain OCT) uchun dispersiya modifikatsiyasi muhim texnologik muammo hisoblanadi. Dispersion kompensatsiya algoritмлари tibbiy tasvirning aniqligini oshirishda muhim rol o'ynaydi.

1-jadval. Yorug'likning to'lqin xossalari va ularning biotibbiy qo'llanmalari

To'lqin xossasi	Biologik mexanizm	Texnologiya	Klinik soha
Interferensiya	Kogerent to'lqinlar superpozitsiyasi	Optik kogerent tomografiya (OCT)	Ko'z, yurak, teri

To'lqin xossasi	Biologik mexanizm	Texnologiya	Klinik soha
Difraksiya	Hujayra/organell o'lchami ~ lambda	X-nur kristallografiyasi, holografiya	Oqsil tuzilmasi, sitologiya
Polyarizatsiya	Xiral molekulalar, kollagen	Polyarizatsion mikroskopiya	Saraton diagnostikasi, nevrologiya
Dispersiya	To'qimaning chastotaga bog'liq n	Raman spektroskopiyasi	Onkologiya, farmakologiya

ZAMONAVIY TIBBIY TEXNOLOGIYALARDAGI QO'LLANMALAR

To'lqin optikasining biofizik asoslari hozirgi kunda bir necha muhim tibbiy texnologiyaning poydevori bo'lib xizmat qilmoqda. Quyida eng muhim yo'nalishlap ko'rib chiqiladi.

Optik kogerent tomografiya

OCT — interferensiya tamoyiliga asoslangan, past kogerentli infraqizil yorug'lik yordamida to'qimaning mikronli aniqlikdagi (1–15 mkm) kesma tasvirini oluvchi tibbiy asbob. Birinchi marta 1991 yilda Huang va boshqalar tomonidan namoyish etilgan OCT hozirda oftal'mologiyada eng ko'p qo'llaniladigan diagnostik usullardan biriga aylangan.

OCT ishlash tamoyili Maykelson interferometrига asoslanadi: nur ikkiga bo'linib, bir qismi tekshiriluvchi to'qimaga, ikkinchisi referens ko'zguga

yuboriladi. Qaytgan nur oqimlari interferensiya hosil qiladi va to'qimaning turli chuqurlikdagi strukturasi xaritasini beradi. Zamonaviy Spectral-Domain OCT sekundiga 100,000 A-skan tezligida ishlaydi.

Lazer diagnostikasi va fototerапия

Lazerlarning yuqori monoxromatikligi va kogerentligi ularni biotibbiy tadqiqotlar uchun ideal manba sifatida ajratib ko'rsatadi. Lazer yorug'ligining biologik to'qima bilan o'zaro ta'sirida to'lqin xossalari quyidagi jarayonlarga ta'sir ko'rsatadi:

- Kogerentli sochilish (Rayleigh) va nokogerentli sochilish (Mie) — to'qima tarkibini tahlil qilish
- To'lqin uzunligiga bog'liq yutilish (xromoforlar: gemoglobin, melanin, suv) — selektiv fototermiya
- Polyarizatsion holat o'zgarishi — to'qima anizotropiyasini aniqlash
- Fotodinamik terapiya (PDT) — yorug'likning to'lqin uzunligiga sezgir fotosensibilizatorlarni faollashtirishi asosida saraton hujayralarini yo'q qiluvchi usul. Ma'lum to'lqin uzunligidagi lazer nuri selektiv ravishda faqat fotosensibilizator to'plangan hujayralarga ta'sir qiladi.

Konfokal va super-resolution mikroskopiya

Konfokal mikroskopiya to'qimaning optik kesimlarini (z-stack) olishga imkon beruvchi usul bo'lib, u difraksiya chegarasini amaliy tarzda yengib o'tadi. Pinhole apertura yordamida faqat fokus tekisligidagi signal qabul qilinadi — bu to'qima chuqurligida uch o'lchamli vizualizatsiyani ta'minlaydi.

Super-resolution mikroskopiya (STED, STORM, PALM) difraksiya chegarasidan (Abbe chegarasi ~200 nm) past aniqlikka — 20–50 nm gacha —

erishadi. Bu texnologiyalar Nobel mukofotiga (2014, Betzig, Hell, Moerner) sazovor bo'lgan va hozirda hujayra biofizikasining asosiy vositasiga aylangan.

XULOSA

Tahlil natijalariga ko'ra, yorug'likning to'lqin xossalari biofizikada ikkita asosiy yo'nalish orqali namoyon bo'ladi: birinchisi — biologik tizimlarning o'ziga xos optik xossalarini tushuntiruvchi fundamental hodisalar sifatida; ikkinchisi — zamonaviy tibbiy texnologiyalarga nazariy asos yaratuvchi mexanizmlar sifatida.

Ayniqsa, interferensiya va OCT texnologiyasining o'zaro bog'liqligi e'tiborlidir: so'nggi o'ttiz yil ichida OCT onkologiya, kardiologiya va nevrologiyada keng joriy etildi va buning zamirida to'lqin optikasining fundamental tamoyillari yotadi. Xuddi shunday, polyarizatsion xossalar va biologik molekulalarning xiralligi o'rtasidagi bog'liqlik farmatsevtika nazorati va klinik diagnostikada keng qo'llanilmoqda.

Raman spektroskopiyasi va floressent tahlil usullarining rivojlanishi esa dispersiya va sochilish hodisalarining tirik to'qimani 'invaziv bo'lmagan holda' o'rganish uchun qanchalik kuchli vosita ekanini ko'rsatmoqda. Ushbu yo'nalishlar kelajakda noinvaziv saraton diagnostikasini yangi bosqichga olib chiqishi kutilmoqda.

O'zbekistonda ushbu sohaning rivojlantirilishi, xususan SamDTU va ToshDTI klinik bazalarida OCT va lazer diagnostika asboblarining keng joriy etilishi va tegishli kadrlar tayyorlashi davr talabi hisoblanadi.

Ushbu maqolada yorug'likning to'rtta asosiy to'lqin xossasi — interferensiya, difraksiya, polyarizatsiya va dispersiya — biofizika fanida qanday namoyon bo'lishi va tibbiy texnologiyalarda qanday qo'llanilishi ko'rsatildi. Quyidagi asosiy xulosalar shakllandi:

Interferensiya tamoyili OCT texnologiyasining poydevori bo'lib, u zamonaviy oftal'mologiya va kardiologiyada beqiyos diagnostik vosita hisoblanadi.

Difraksiya hodisasi X-nur kristallografiyasi va super-resolution mikroskopiyasining asosiy mexanizmi sifatida molekulyar biofizikaning rivojlanishiga zamin yaratgan.

Biologik molekulalarning optik faolligi va kollagenning ikki o'qli sinuvchanligiga asoslangan polyarizatsion diagnostika onkologiyada erta tashxislash imkonini beradi.

Raman spektroskopiyasi dispersiya xossalaridan foydalanib, biologik to'qimalarning 'parmak izi' spektrini oladi va bu klinik diagnostikada yangi imkoniyatlar yaratadi.

Kelajak tadqiqotlar uchun asosiy yo'nalish sifatida OCT va polyarizatsion mikroskopiyaning O'zbekiston tibbiyot amaliyotiga keng joriy etilishi, shuningdek biofizika ta'limida ushbu texnologiyalarni laboratoriya mashg'ulotlariga kiritish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Remizov A.N. Tibbiy va biologik fizika. Darslik. – Toshkent. O’zbekiston milliy ensikopediyasi. 2005 y.

2. Burhonov B.N., Xamroyev J.X., Axrorov M.N., Temirov F.N., Raximov T.Z., Tibbiy biofizika : darslik / – Samarqand : Fan ziyosi, 2025. – 208 bet

3. Qodirov S., “Tibbiy fizika”, Toshkent, 2022.

4. F.N. Temirov, J.Kh.Khamroyev, N.I.Fayzullayev, G.Sh.Haydarov and M.Kh.Jalilov. Hydrothermal synthesis of zeolite HSZ-30 based on kaolin. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 839 (2021) 042099. 1-13 pages.

5. Temirov, F.N., Nadirbekov, M.S., Kudiratov, S.N. ΔI = 1 Staggering Effect in the Energy Spectrum of the γ Band of Heavy Even–Even Nuclei. Physics of Atomic Nuclei 83(6), pp. 841-848

6. Sattarov B., “Biofizika asoslari”, Toshkent tibbiyot akademiyasi nashriyoti, 2021

7. M.I. Bazarbayev. Biofizika : darslik /– Toshkent: IJOD-PRINT, 2023.