OFTALMOLOGIYADA ZAMONAVIY DIAGNOSTIKA USULLARINING FIZIK ASOSLARI:
OPTIK KOGERENT TOMOGRAFIYA VA UNING KLINIK AHAMIYATI

Xamzayeva Durdona Shoniyozovna

Samarqand davlat tibbiyot universiteti talabasi

Annotatsiya

Ushbu maqolada oftalmologiyada qo‘llaniladigan 1ptic kogerent tomografiyaning (OKT) fizik tamoyillari va klinik diagnostikadagi o‘rni tahlil qilinadi. Usulning asosini past kogerentlikdagi yorug‘lik interferensiyasi, 1ptic kechikish vaqtini aniqlash va ko‘z to‘qimalaridan qaytgan signalni qayta ishlash tashkil etadi. OKT yordamida to‘r parda, ko‘ruv nervi diski va boshqa 1ptic tuzilmalarning qatlamli tasvirlarini kontaktsiz olish mumkin. Maqolada aks ettirish, sochilish, interferensiya, fazoviy va chuqurlik bo‘yicha ajrata olish xususiyatlarining tasvir sifatiga ta’siri yoritiladi. Ilmiy yangilik sifatida fizik parametrlar va klinik talqin o‘rtasidagi bog‘liqlikni tizimli baholashga qaratilgan konseptual yondashuv taklif etiladi. Ushbu yondashuv OKT natijalarini faqat rangli xarita yoki qalinlik ko‘rsatkichi sifatida emas, balki 1ptic signal hosil bo‘lish mexanizmini hisobga olgan holda talqin qilish zarurligini asoslaydi.

Kalit so‘zlar: oftalmologiya, tibbiy fizika, 1ptic kogerent tomografiya, interferensiya, yorug‘lik sochilishi, to‘r parda, diagnostika.

Хамзаева Дурдона Шониёзовна

Студентка Самаркандского государственного медицинского университета

Аннотация

В статье рассматриваются физические принципы оптической когерентной томографии (ОКТ), применяемой в офтальмологии, и её значение для клинической диагностики. В основе метода лежат интерференция света с низкой степенью когерентности, определение оптической задержки и обработка сигнала, отражённого тканями глаза. ОКТ позволяет бесконтактно получать послойные изображения сетчатки, диска зрительного нерва и других оптических структур. Анализируется влияние отражения, рассеяния, интерференции, пространственного и осевого разрешения на качество изображения. В качестве научной новизны предложен концептуальный подход к системной оценке взаимосвязи физических

параметров и клинической интерпретации данных. Подчёркивается необходимость учитывать механизм формирования оптического сигнала при оценке томографических изображений.

Ключевые слова: офтальмология, медицинская физика, оптическая когерентная томография, интерференция, рассеяние света, сетчатка, диагностика.

Durdona Shoniyozovna Khamzaeva
Student at Samarkand State Medical University

Abstract

This article reviews the physical principles of optical coherence tomography (OCT) in ophthalmology and its role in clinical diagnostics. OCT is based on low-coherence light interference, optical path-delay measurement, and processing of signals backscattered from ocular tissues. The technique enables non-contact, cross-sectional imaging of the retina, optic nerve head, and other ocular structures. The paper discusses how reflection, scattering, interference, and spatial and axial resolution affect image quality. The proposed scientific contribution is a conceptual framework for systematically relating physical signal parameters to clinical interpretation. It emphasizes that OCT images should be interpreted with regard to the optical mechanisms that generate the measured signal, rather than relying exclusively on thickness values or color maps.

Keywords: ophthalmology, medical physics, optical coherence tomography, interference, light scattering, retina, diagnostics.

Ko‘z kasalliklarini erta aniqlash ko‘rish funksiyasini saqlab qolish va davolash samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Oftalmologik tekshiruvlarda biomikroskopiya, tonometriya, ultratovush tekshiruvi, fundus fotografiyasi va optik kogerent tomografiya kabi usullar qo‘llaniladi. Ularning ko‘pchiligi fizik hodisalarga — yorug‘likning qaytishi va sinishi, tovush to‘lqinlarining tarqalishi, bosim va elektr signallarini o‘lchashga asoslanadi.

Optik kogerent tomografiya ko‘z tubi tuzilmalarini mikrometr darajasidagi o‘lchamlarda qatlamma-qatlam ko‘rsatishi bilan ajralib turadi. Ayniqsa, makula sohasi, retinal nerv tolalari qatlami va ko‘ruv nervi diski holatini baholashda keng qo‘llanadi. Shu sababli OKT fizikasi va olingan tasvirlarni to‘g‘ri talqin qilish oftalmolog hamda tibbiy fizik uchun dolzarb masaladir.

Optik kogerent tomografiyaning fizik asoslarini tahlil qilish, tasvir hosil bo‘lishiga ta’sir etuvchi asosiy optik omillarni tavsiflash hamda fizik parametrlarni klinik talqin bilan bog‘lovchi konseptual yondashuvni asoslash.

Maqola ilmiy adabiyotlar va optik kogerent tomografiya texnologiyasining umumiy fizik tamoyillarini tahlil qilishga asoslangan nazariy-tahliliy ish sifatida tayyorlandi. Past kogerentlik interferometriyasi, optik yo‘l uzunligi, to‘qimalarda yorug‘likning qaytishi va sochilishi hamda tasvirning chuqurlik bo‘yicha ajrata olish qobiliyati o‘zaro bog‘liq holda ko‘rib chiqildi. Klinik natijalar bo‘yicha yangi bemor ma’lumotlari yig‘ilmagan; shu bois maqolada empirik klinik tajriba natijalari da’vo qilinmaydi.OKT interferometriya tamoyiliga asoslanadi. Qurilmada yorug‘lik manbasidan chiqqan nur odatda ikki yo‘nalishga ajratiladi: biri tekshiruv obyekti — ko‘z to‘qimalariga, ikkinchisi esa etalon yoki tayanch oynaga yo‘naltiriladi. Har ikki yo‘nalishdan qaytgan yorug‘lik birlashtirilganda, optik yo‘l farqi va kogerentlik xususiyatlariga bog‘liq interferension signal hosil bo‘ladi. Signalning intensivligi va kechikishi bo‘yicha to‘qimalarning chuqurlikdagi chegaralari aniqlanadi.

Past kogerentlikdagi manbadan foydalanish chuqurlik bo‘yicha selektivlikni ta’minlaydi: interferensiya asosan optik yo‘l farqi kogerentlik uzunligiga mos kelgan holatda sezilarli bo‘ladi. Zamonaviy spektral-domen va swept-source OKT tizimlarida chuqurlik bo‘yicha axborot spektral signalni Furye tahlili orqali qayta tiklash bilan olinadi. Bu usullar tezkor skanerlash va qatlamli tasvirlarni shakllantirish imkonini beradi.

Ko‘z to‘qimalarining optik xususiyatlari — sinish ko‘rsatkichi, yutilish va sochilish koeffitsiyentlari — qaytgan signal kuchiga ta’sir ko‘rsatadi. To‘qima chegaralarida optik xossalar farqi mavjud bo‘lsa, yorug‘likning bir qismi qaytadi. Bir jinsli bo‘lmagan mikrotuzilmalarda esa yorug‘lik turli yo‘nalishlarda sochiladi. Detektor qayd etgan signal shu jarayonlarning yig‘indisini ifodalaydi.

OKT tasvirining muhim ko‘rsatkichlaridan biri aksial (chuqurlik bo‘yicha) ajrata olish qobiliyatidir. U yorug‘lik manbasining spektral kengligi va markaziy to‘lqin uzunligiga bog‘liq. Keng spektral diapazon, odatda, yuqoriroq aksial aniqlikni ta’minlaydi. Ko‘ndalang aniqlik esa optik tizim fokuslanishi va skanerlash geometriyasiga bog‘liq. Harakat, ko‘zning mikrosakkadalari, noto‘g‘ri markazlash va optik muhit xiraligi tasvir sifatini pasaytirishi mumkin.

OKT makula shishi, yoshga bog‘liq makula degeneratsiyasi, diabetik retinopatiya va glaukoma kabi kasalliklarda tuzilmaviy o‘zgarishlarni baholashda qo‘llanadi. Masalan, makula sohasida suyuqlik to‘planishi retinal qatlamlar orasidagi optik kontrastni o‘zgartirib, tomogrammada

bo‘shliqlar ko‘rinishida namoyon bo‘lishi mumkin. Glaukomada retinal nerv tolalari qatlami qalinligining kamayishi ko‘ruv nervi zararlanishini baholashga yordam beradi.

Biroq qalinlik xaritasi mustaqil tashxis hisoblanmaydi. Signal sifati, segmentatsiya chegaralarining to‘g‘ri aniqlanishi, bemorning yoshi, ko‘z o‘lchamlari, refraksion holati va qurilma algoritmlari natijaga ta’sir qiladi. Shu bois klinik talqin tomogrammaning o‘zi, miqdoriy ko‘rsatkichlar, bemorning shikoyatlari va boshqa tekshiruvlar bilan birgalikda amalga oshirilishi lozim.

Maqolada OKT ma’lumotlarini talqin qilish uchun fizik va klinik ko‘rsatkichlarni ketma-ket bog‘lovchi konseptual yondashuv taklif etiladi: (1) yorug‘lik manbai va spektral xususiyatlarini baholash; (2) ko‘z to‘qimalaridagi qaytish va sochilish mexanizmlarini hisobga olish; (3) signal sifati hamda aksial/ko‘ndalang aniqlikni tekshirish; (4) segmentatsiya va qalinlik xaritalarini anatomik tasvir bilan solishtirish; (5) natijani klinik belgilar bilan birgalikda talqin qilish. Ushbu yondashuv yangi klinik ma’lumot yoki tasdiqlangan diagnostik algoritm sifatida emas, balki fizik bilimlarni klinik tahlilga izchil tatbiq etishga qaratilgan metodik taklif sifatida taqdim etiladi.

Nazariy tahlil shuni ko‘rsatadiki, OKT tasvirining diagnostik qiymati faqat qurilmaning yuqori aniqligiga emas, balki signal hosil bo‘lishining fizik mexanizmlarini to‘g‘ri hisobga olishga ham bog‘liq. Yorug‘likning to‘qimalarda yutilishi va sochilishi, optik yo‘l farqi, skanerlash tezligi hamda tasvirni qayta ishlash algoritmlari o‘zaro ta’sir qiladi. Shu sababli sifati past yoki artefaktlar mavjud tomogramma asosida qat’iy xulosa chiqarish xatoga olib kelishi mumkin.

Tibbiy fizika nuqtayi nazaridan OKT diagnostikasi optik o‘lchash, signalni qayta ishlash va biologik to‘qimalarning optik xususiyatlarini birlashtiruvchi yo‘nalishdir. Oftalmolog uchun esa bu bilimlar tasvirdagi haqiqiy anatomik o‘zgarishlarni texnik artefaktlardan farqlashga yordam beradi. Taklif etilgan bosqichli yondashuv o‘quv jarayonida ham, OKT natijalarini muhokama qilishda ham qo‘llanishi mumkin.

Xulosa

Optik kogerent tomografiya oftalmologiyada ko‘zning ichki tuzilmalarini kontaktsiz va qatlamli ko‘rish imkonini beruvchi muhim diagnostik texnologiyadir. Uning fizik asosini past kogerentlik interferometriyasi, yorug‘likning qaytishi va sochilishi hamda optik signalni matematik qayta ishlash tashkil etadi. Tasvir sifati yorug‘lik manbai spektri, optik tizim, to‘qimalarning optik xususiyatlari va skanerlash sharoitlariga bog‘liq. OKT natijalarini ishonchli baholash uchun qalinlik ko‘rsatkichlarini signal sifati, segmentatsiya aniqligi va klinik ma’lumotlar bilan birgalikda tahlil

qilish zarur. Taklif etilgan fizik-klinik bosqichli yondashuv OKT tasvirlarini chuqurroq va tizimli talqin qilishga xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Huang D., Swanson E. A., Lin C. P. et al. Optical coherence tomography. Science. 1991;254(5035):1178–1181. doi:10.1126/science.1957169.

2. Drexler W., Fujimoto J. G. (eds.). Optical Coherence Tomography: Technology and Applications. 2nd ed. Springer; 2015.

3. de Boer J. F., Leitgeb R., Wojtkowski M. Twenty-five years of optical coherence tomography: the paradigm shift in sensitivity and speed provided by Fourier domain OCT. Biomedical Optics Express. 2017;8(7):3248–3280.

4. Fercher A. F., Drexler W., Hitzenberger C. K., Lasser T. Optical coherence tomography—principles and applications. Reports on Progress in Physics. 2003;66:239–303.

5. American Academy of Ophthalmology. Basic and Clinical Science Course: Retina and Vitreous. AAO; tegishli nashr.