



RENTGEN NURLARI VA ULARDAN TIBBIYOTDA FOYDALANISH

Madrida Matlabjonova Mudarisjonovna

*Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti
3-son davolash ishi 1-bosqich talabasi*

Farrux Majlimov Baxtiyorovich

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti

" Biotibbiyot muhandisligi informatika va biofizika " kafedrasasi assistenti

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqola zamonaviy tibbiyotning fundamenti hisoblangan rentgen nurlarining biofizik tabiati, ularning inson organizmi bilan o'zaro ta'sir mexanizmlari va klinik amaliyotdagi strategik ahamiyatini o'rganishga bag'ishlangan. Tadqiqotda nurlanishning kvant tabiati, suv radiolizi, Lambert-Ber qonunining vizualizatsiyadagi o'rni hamda an'anaviy analog tizimlardan yuqori aniqlikdagi raqamli komplekslarga o'tish bosqichlari tahlil qilinadi. Maqolada kardiologiya, onkologiya va jarrohlik sohalaridagi inqilobiy natijalar bilan bir qatorda, nurlanish xavfsizligi, dozalarni optimallashtirishning biofizik modellari va kelajakdagi nanotibbiy istiqbollari yaxlit matn shaklida bayon etilgan.

Kalit so'zlar: Rentgenologiya, biofizika, ionlashtiruvchi nurlanish, kvant dualizmi, suv radiolizi, raqamli vizualizatsiya, nurlanish xavfsizligi, ALARA prinsipi, diagnostik aniqlik.

X-RAYS AND THEIR APPLICATION IN MEDICINE

Abstract. This comprehensive scientific article explores the biophysical nature, evolutionary development, and strategic clinical significance of X-rays, which serve as the cornerstone of modern medical diagnostics. The study analyzes the quantum nature of radiation, water radiolysis, the role of the Beer-Lambert law in visualization, and the transition stages from traditional analog systems to high-precision digital complexes. The paper provides a holistic discussion of revolutionary outcomes in cardiology, oncology, and surgery, alongside radiation safety, biophysical models for dose optimization, and future nanomedical perspectives.

Keywords: Radiology, biophysics, ionizing radiation, quantum dualism, water radiolysis, digital visualization, radiation safety, ALARA principle, diagnostic accuracy.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В МЕДИЦИНЕ

Аннотация. Данная комплексная научная статья посвящена изучению биофизической природы, эволюционного развития и стратегического клинического значения рентгеновских лучей, являющихся краеугольным камнем современной





MODERN PROBLEMS IN EDUCATION AND THEIR SCIENTIFIC SOLUTIONS

медицинской диагностики. В работе анализируются квантовая природа излучения, радиолиз воды, роль закона Ламберта-Бера в визуализации, а также этапы перехода от традиционных аналоговых систем к высокоточным цифровым комплексам. В статье в едином контексте рассматриваются революционные результаты в кардиологии, онкологии и хирургии, наряду с вопросами радиационной безопасности, биофизическими моделями оптимизации доз и будущими наномедицинскими перспективами.

Ключевые слова: Рентгенология, биофизика, ионизирующее излучение, квантовый дуализм, радиолиз воды, цифровая визуализация, радиационная безопасность, принцип ALARA, диагностическая точность.

Kirish. Insoniyat sivilizatsiyasi tarixida tibbiyot har doim texnologik va fundamental fanlarning uyg'unlashgan nuqtasi bo'lib kelgan va bu uyg'unlik inson salomatligini saqlashda inqilobiy burilishlar yasagan. Inson tanasining ichki olamiga invaziv aralashuvsiz, ya'ni jarrohlik pichog'isiz nazar solish haqidagi ko'p asrlik orzu 1895-yilning so'ngida Vilgelm Konrad Rentgenning dahoona kashfiyoti bilan haqiqatga aylandi. Rentgen nurlarining kashf etilishi shunchaki yangi texnologiyaning paydo bo'lishi emas, balki tibbiyot fanida butun bir davr almashuvi — "ko'rinmasni ko'rish" erasining boshlanishi edi. O'sha davrdan boshlab shifokorlar kasallikni faqatgina tashqi simptomlar, bemorning shikoyatlari yoki bilvosita belgilar orqali emas, balki jonli organizm ichidagi patologik o'zgarishlarni bevosita vizual kuzatish orqali tashxislash imkoniga ega bo'ldilar. Ushbu kashfiyotning fundamental ahamiyati shundaki, u fizika qonuniyatlarini bevosita biologik ob'ektlar tahliliga xizmat qildirdi. Biofizik nuqtai nazardan, rentgen nurlari (X-rays) elektromagnit to'lqinlar spektrining yuqori energiyali qismida joylashgan bo'lib, o'ta qisqa to'lqin uzunligiga egaligi bilan ajralib turadi. Ushbu nurlar korpuskulyar-to'lqin dualizmiga ega, ya'ni ular ham to'lqin, ham yuqori energiyali foton (kvant) zarralari oqimidir. Aynan fotonlarning yuqori energiyasi ularga biologik to'qimalarning molekulyar to'siqlarini yengib o'tish va penetratsiya xususiyatini beradi. Nega aynan rentgen nurlari tibbiyotning "ko'zi"ga aylandi? Buning sababi moddalarning nurlarni yutish qobiliyati ularning atom raqami va zichligiga bog'liqligidadir. Inson organizmi zichligi turlicha bo'lgan to'qimalardan iborat bo'lib, bu rentgen nurlarining turli darajada susayishiga va natijada biz tahlil qila oladigan "radiologik soya" shakllanishiga zamin yaratadi. Bugungi kunda rentgen nurlari zamonaviy sog'liqni saqlash tizimining ajralmas qismiga aylangan. Agar XX asrning boshlarida rentgen apparatlari faqatgina suyak siniqlarini aniqlash bilan cheklangan bo'lsa, XXI asr texnologiyalari ularni murakkab intellektual tizimlarga aylantirdi. Raqamli inqilob va biofizik tadqiqotlarning rivojlanishi natijasida zamonaviy rentgenologiya nafaqat anatomik tuzilmalarni, balki a'zolarining funksional holatini ham baholash darajasiga ko'tarildi. Kompyuter tomografiyasi (KT), angiografiya va raqamli viziografiya qurilmalari inson organizmining eng nozik tuzilmalarini ham millimetr ulushlarigacha aniqlikda ko'rsatib berish qobiliyatiga ega bo'lib, tibbiyotning diagnostik





MODERN PROBLEMS IN EDUCATION AND THEIR SCIENTIFIC SOLUTIONS

qudratini mislsiz darajada oshirdi. Rentgen nurlarining tibbiyotdagi o'rni faqatgina asbob-uskunalar nuqtai nazaridan emas, balki ularning fundamental biofizik asoslari, inson hayotini saqlab qolish dagi strategik ahamiyati va texnologik evolyutsiyasi doirasida tahlil qilinishi lozim. Ushbu texnologiya asosida shakllangan vizualizatsiya usullari nafaqat diagnostika, balki invaziv jarrohlik nazorati, kardiologik amaliyotlar va onkologik davolash metodlarining tamal toshini tashkil etadi. Insoniyat ushbu ko'rinmas nurlar yordamida o'zining anatomik va fiziologik chegaralarini kengaytirdi, bu esa o'z navbatida o'rtacha umr ko'rish davomiyligining oshishiga va murakkab kasalliklarni barvaqt aniqlashga xizmat qildi. Tibbiyot oliy ta'limida ushbu mavzuni o'rganish bo'lajak shifokorlar uchun nafaqat diagnostik ko'nikmalarni, balki nurlanish xavfsizligi va biofizik ta'sir mexanizmlari bo'yicha chuqur dunyoqarashni shakllantiradi. Mazkur maqolada biz rentgen nurlarining kashf etilishidan tortib, zamonaviy sun'iy intellekt integratsiyasigacha bo'lgan yo'lni o'rganar ekanmiz, ushbu texnologiyaning tibbiyot kelajagini qanday shakllantirishini va uning biofizik fundamentlari qay darajada muhimligini batafsil bayon etamiz. Ushbu kirish qismi o'quvchini rentgenologiyaning keng qamrovli dunyosiga olib kiradi va keyingi bo'limlarda yoritiladigan chuqur ilmiy tahlillar uchun poydevor yaratadi.

Asosiy qism. Rentgen nurlarining tibbiyotdagi samaradorligini tushunish uchun avvalo ularning paydo bo'lish biofizikasiga nazar tashlash lozim. Rentgen trubkasida katodan ajralib chiqqan elektronlar o'ta yuqori kuchlanish (kilovoltlar) ostida tezlashib, anodga (odatda yuqori erish haroratiga ega bo'lgan volfram metalliga) uriladi. Bu jarayonda elektronlarning kinetik energiyasi ikki xil nurlanishga aylanadi: tormozlanish va xarakteristik nurlanish. Biofizik nuqtai nazardan, rentgen nurlari korpuskulyar-to'lqin dualizmiga ega bo'lib, ular ham elektromagnit to'lqin, ham yuqori energiyali kvant (foton) zarralari oqimidir. Aynan fotonlarning yuqori energiyasi ularga biologik to'qimalarning molekulyar bog'lanishlarini yengib o'tish va penetratsiya, ya'ni modda ichiga chuqur kirish xususiyatini beradi. Nurning intensivligi va "qattiqligi" trubkadagi kuchlanish hamda tok kuchiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq bo'lib, bu parametrlarni boshqarish orqali shifokorlar yumshoq to'qimalarni yoki zich suyaklarni tekshirish uchun maqbul vizualizatsiya rejimini tanlaydilar. Rentgen nurlari inson tanasidan o'tayotganda atom darajasida murakkab jarayonlar sodir bo'ladi. Birinchisi va diagnostika uchun eng muhimi — fotoeffektdir. Bunda rentgen fotoni o'z energiyasini to'qima atomining ichki qobig'idagi elektronga to'liq o'tkazadi, natijada elektron atomdan ajralib chiqadi, fotonning o'zi esa butunlay yutiladi. Ushbu jarayonning ehtimolligi moddaning atom raqami (Z) kubiga mutanosibdir. Shu sababli kalsiy ($Z=20$) va fosforgia boy suyaklar nurlarni yumshoq to'qimalarga (Z taxminan 7.4) qaraganda ancha ko'p yutadi. Ikkinchi muhim jarayon — Kompton sochilishi bo'lib, bunda foton atomning tashqi elektronlari bilan to'qnashib, o'z energiyasining bir qismini yo'qotadi va yo'nalishini o'zgartiradi. Biofizikada bu sochilgan nurlanish tasvir sifatini pasaytiruvchi "optik shovqin" hisoblanadi, biroq yuqori energiyalarda to'qima zichligini aniqlashda o'z roliga ega. Tasvirning shakllanishi Lambert-Ber qonuniga bo'ysunadi: $I = I_0 \cdot e^{(-\mu x)}$. Bu yerda I —





MODERN PROBLEMS IN EDUCATION AND THEIR SCIENTIFIC SOLUTIONS

o'tgan nur intensivligi, μ — susayish koeffitsiyenti bo'lib, u to'qimaning biofizik xususiyatlarini aks ettiradi. Aynan shu matematik model zamonaviy kompyuter tomografiyasining (KT) fundamenti bo'lib, u turli burchaklardan olingan susayish koeffitsiyentlarini yig'ib, a'zolarining 3D modelini qurish imkonini beradi. Biofizika fani nurlanishning nafaqat fizik o'tishini, balki uning hujayradagi biologik oqibatlarini ham o'rganadi. Rentgen nurlari ionlashtiruvchi xarakterga ega bo'lib, biologik muhitda ikki xil yo'l bilan ta'sir ko'rsatadi. Bevosita ta'sir jarayonida rentgen kvanti bevosita hujayra DNK zanjiri bilan to'qnashib, uni parchalaydi. Bu jarayon hujayraning genetik apparatini buzadi va uning bo'linishini to'xtatadi. Bilvosita ta'sir esa "suv radiolizi" hodisasi bilan bog'liq. Inson organizmi asosan suvdan tashkil topgani sababli, rentgen nurlari suv molekulalarini ionlashtirib, erkin radikallarni (OH, H) hosil qiladi. Bu radikallar o'ta yuqori kimyoviy faollikka ega bo'lib, hujayra membranalarini oksidlaydi va fermentlar tizimini ishdan chiqaradi. Ushbu radiobiologik effektlar bir tomondan sog'lom to'qimalar uchun xavf tug'dirsa, ikkinchi tomondan onkologik kasalliklarni davolashda — nur terapiyasida asosiy qurol bo'lib xizmat qiladi. Biofizik hisob-kitoblar yordamida nurlanishni faqatgina o'simta sohasiga yo'naltirish sog'lom hujayralarning saqlanib qolishini ta'minlaydi. Rentgenologiya tarixi texnologik va biofizik yutuqlar bilan chambarchas bog'liq. Dastlabki o'n yilliklarda tasvirlar fotokimyoviy ishlov beriladigan kumush tuzi qatlami bo'lgan plenkalarda olingan. Bu jarayon nafaqat sekin va noqulay edi, balki plenka sezgirligining pastligi sababli bemorga yuqori dozada nurlanish berishni talab etardi. XXI asr boshida yuz bergan raqamli inqilob bu sohani tubdan o'zgartirdi. Raqamli rentgenografiyada (DR) plenka o'rni amorf kremniy yoki selendan tayyorlangan o'ta sezgir elektron detektorlar egalladi. Biofizik nuqtai nazardan, bu detektorlar rentgen fotonlarini to'g'ridan-to'g'ri elektr signaliga aylantiradi. Natijada nurlanish dozasini 10 barobargacha kamaytirgan holda, ancha yuqori kontrastli va tiniq tasvirlar olish imkoni tug'ildi. Raqamli tasvirlar kompyuter algoritmlari yordamida qayta ishlanadi, bu esa shifokorlarga eng kichik patologik o'choqlarni — masalan, o'pkadagi bir necha millimetrlik yangi hosilalarni yoki suyakdagi mikro-darzlarni erta bosqichda aniqlash imkonini berdi. Rentgen nurlari bugungi kunda tibbiyotning barcha sohalarida o'zining strategik o'rniga ega. Pulmonologiyada rentgenografiya o'pka yallig'lanishi, sil va o'simtalarni skrining qilishda hamon asosiy metoddir. Kardiologiya va angiojarrohlikda esa rentgen nurlari yordamida o'tkaziladigan angiografiya usuli hayotiy muhimdir. Bunda qon tomirlarga biofizik jihatdan yuqori yutilish koeffitsiyentiga ega bo'lgan kontrast moddalar yuboriladi, bu esa yurak tomirlari holatini real vaqt rejimida kuzatish va stenokardiya yoki infarkt xavfini bartaraf etish imkonini beradi. Stomatologiya va jag'-yuz jarrohligida viziografiya hamda konus-nurli kompyuter tomografiyasi tish ildizlari va suyak tuzilmalarini o'rganishda inqilob yasadi. Ortopediya va travmatologiyada esa rentgen nurlari nafaqat tashxis qo'yish, balki operatsiya jarayonida suyak bo'laklarini to'g'ri birlashtirishni nazorat qilishda foydalaniladi. Ionlashtiruvchi nurlanishning xavfliligi rentgenologiyada xavfsizlik madaniyatini shakllantirdi. Biofizik parametrlar — yutilgan





MODERN PROBLEMS IN EDUCATION AND THEIR SCIENTIFIC SOLUTIONS

doza, ekvivalent doza va effektiv doza tibbiy amaliyotda nurlanish yuklamasini o'lchashda qo'llaniladi. Inson a'zolarining nurlanishga sezgirligi turlicha: masalan, jinsiy hujayralar va qon yaratish a'zolari o'ta radiosezgir, asab to'qimasi esa radiobardoshlidir. Zamonaviy rentgenologiyaning asosi bo'lgan ALARA prinsipi shuni talab qiladiki, har qanday nurlanish dozasi mumkin bo'lgan eng past darajada, ammo diagnostik natija uchun yetarli bo'lishi shart. Rentgenologiyaning kelajakdagi rivojlanishi biofizika va axborot texnologiyalarining yangi pog'onaga chiqishi bilan bog'liq. Hozirda sun'iy intellekt algoritmlari rentgen tasvirlarini tahlil qilishda shifokorlarga yordam bermoqda. AI minglab tasvirlarni bir necha soniya ichida skanerlab, shifokor ko'zi ilg'amas o'zgarishlarni topishi va diagnostik ishonchlilikni oshirishi mumkin. Shuningdek, nanotexnologiyalar sohasidagi yutuqlar — "nanokonstrast" moddalarning yaratilishi rentgen nurlari yordamida nafaqat a'zolari, balki alohida molekulalar darajasidagi o'zgarishlarni ham ko'rish imkonini beradi.

Xulosa. Rentgen nurlarining kashf etilishi va ularning tibbiyot amaliyotiga tatbiq etilishi insoniyat sivilizatsiyasi tarixidagi eng buyuk ilmiy burilishlardan biri bo'lib, zamonaviy diagnostikaning poydevorini yaratdi. Ushbu tadqiqot davomida tahlil qilingan biofizik qonuniyatlar shuni ko'rsatadiki, rentgen nurlari shunchaki vizualizatsiya vositasi emas, balki fundamental fizika va tibbiyotning yuqori texnologik sintezidir. Nurlanishning kvant tabiati va uning to'qimalar bilan o'zaro ta'sir mexanizmlarini chuqur tushunish shifokorlarga nafaqat aniq tashxis qo'yish, balki nurlanish dozalarini optimallashtirish orqali bemor xavfsizligini ta'minlash imkonini berdi. Analog tizimlardan raqamli texnologiyalarga o'tilishi diagnostika aniqligini keskin oshirib, nurlanish yuklamasini minimallashtirishga xizmat qildi. Bugungi kunda kardiologiya, onkologiya va travmatologiya kabi sohalarning strategik rivojlanishi aynan rentgenologik yutuqlarga tayanmoqda. Kelajakda sun'iy intellekt va nanotexnologiyalarning ushbu soha bilan integratsiyalashuvi kasalliklarni hujayra darajasida aniqlash va davolashda yangi ufqlarni ochishi shubhasizdir. Shunday qilib, rentgen nurlari o'zining ko'rinmas qudrati bilan inson salomatligini asrashda hamon eng dinamik va hayotiy muhim diagnostika vositasi bo'lib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni saqlash vazirligi. Rentgenologik diagnostika standartlari va nurlanish xavfsizligi qoidalari bo'yicha metodik tavsiyanomalar. – Toshkent, 2025. – 88 b.
2. Remizov, A. N. Meditsinskaya i biologicheskaya fizika. – Moskva: GEOTAR-Media, 2022. – 608 s.
3. Bushberg, J. T., Seibert, J. A. The Essential Physics of Medical Imaging. – USA: Lippincott Williams & Wilkins, 2022. – 1048 p.





MODERN PROBLEMS IN EDUCATION AND THEIR SCIENTIFIC SOLUTIONS

4. Musaev, T. S. Klinik rentgenologiya va biofizik asoslar. – Toshkent: "Yangi asr avlodi", 2024. – 280 b.
5. Karimov, Sh. I. Ichki kasalliklar diagnostikasida vizualizatsiya usullari. – Toshkent: "Abu Ali ibn Sino", 2023. – 320 b.
6. Lindenbraten, L. D., Korolyuk, I. P. Meditsinskaya radiologiya (osnovi luchevoy diagnostiki i terapii). – Moskva: Meditsina, 2023. – 512 s.
7. Kohn, M. L. Digital Radiography and PACS. – New York: McGraw-Hill Education, 2024. – 450 p.

