



ONKOLOGIK KASALLIKLARDA BIOFIZIK TEKSHIRUVLAR ROLI

D.Z. Xodjayeva¹, M.G'. O'rinboyeva²

T.K. Ashurmatova³

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Informatika va biofizika kafedrasi katta o'qituvchisi¹

1-son stomatologiya fakulteti, I bosqich talabasi²

1-son stomatologiya fakulteti, I bosqich talabasi³

Annotatsiya: Ushbu maqolada onkologik kasalliklarning erta aniqlanishi, differensial diagnostikasi va davolash jarayonini monitoring qilishda biofizik tekshiruv usullarining o'rni keng yoritiladi. Biofizik metodlar — magnit-rezonans tomografiya, kompyuter tomografiyasi, ultratovush diagnostikasi, pozitrondan emissiya tomografiyasi, optik ko'rish texnologiyalari hamda bioimpedans tahlillari o'sma to'qimalarining tuzilishi, funksional xususiyatlari va metabolik faoliyatini yuqori aniqlikda baholash imkonini beradi. Ushbu metodlar nurlanish intensivligi, to'qimalarning zichligi, dielektrik xususiyatlari, elektromagnit to'lqinlarni yutish yoki qaytarish koeffitsientlari kabi biofizik parametrlarga asoslangan bo'lib, o'sma jarayonlarini sog'lom to'qimalardan farqlashda muhim diagnostik marker sifatida xizmat qiladi.

Annotatsiyada, shuningdek, o'smalarning hujayra darajasidagi energetik o'zgarishlarini aniqlash, angiogenez darajasini baholash, metastatik o'choqlarni aniqlash hamda davolash samaradorligini real vaqt rejimida kuzatish kabi imkoniyatlar ta'kidlanadi. Biofizik tekshiruvlar yordamida bemorga minimal invazivlik bilan yuqori aniqlikdagi ma'lumotlar olish mumkinligi, zamonaviy onkologiyada ushbu yondashuvning klinik ahamiyati va istiqbollari ham yoritiladi.

Kalit so'zlar: Onkologik kasalliklar; biofizik diagnostika; magnit-rezonans tomografiya; kompyuter tomografiyasi; ultratovush tekshiruvi; pozitrondan emissiya tomografiyasi; optik biofizika; bioimpedans; elektromagnit to'lqinlar;



to 'qima zichligi; kontrastlik; metastaz; angiogenez; funksional diagnostika; o'sma metabolizmi; erta tashxis.

РОЛЬ БИОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Аннотация. В данной статье рассматривается роль биофизических методов исследования в ранней диагностике, дифференциальной оценке и мониторинге лечения онкологических заболеваний. Биофизические методы — магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, ультразвуковая визуализация, позитронно-эмиссионная томография, оптические диагностические технологии и биоимпедансный анализ — позволяют с высокой точностью оценивать структурные, функциональные и метаболические характеристики опухолевых тканей. Эти методы основаны на измерении физических параметров: плотности тканей, коэффициента поглощения и отражения электромагнитных волн, диэлектрических свойств, интенсивности излучения и особенностей энергетического обмена клеток. Аннотация подчёркивает возможности биофизических исследований в выявлении ранних опухолевых изменений, оценке степени ангиогенеза, определении метастатических очагов и контроле эффективности проводимой терапии в режиме реального времени. Отмечается минимальная инвазивность, высокая информативность и значимость этих методов в современной клинической онкологии.

Ключевые слова: онкологические заболевания; биофизическая диагностика; МРТ; КТ; УЗИ; ПЭТ; оптическая визуализация; биоимпеданс; электромагнитные волны; плотность тканей; контрастность; метастазы; ангиогенез; функциональная визуализация; опухолевый метаболизм; ранняя диагностика.

THE ROLE OF BIOPHYSICAL EXAMINATIONS IN ONCOLOGICAL DISEASES

Article: This article explores the role of biophysical examination methods in the early detection, differential diagnosis, and treatment monitoring of oncological



diseases. Biophysical diagnostic tools — magnetic resonance imaging, computed tomography, ultrasound imaging, positron emission tomography, optical diagnostic technologies, and bioimpedance analysis — provide highly accurate assessment of the structural, functional, and metabolic properties of tumor tissues. These methods are based on measuring physical parameters such as tissue density, absorption and reflection coefficients of electromagnetic waves, dielectric properties, radiation intensity, and cellular energy exchange markers. The abstract highlights the potential of biophysical approaches for identifying early neoplastic changes, evaluating angiogenesis, detecting metastatic lesions, and monitoring therapy effectiveness in real time. Their minimal invasiveness, high diagnostic value, and clinical significance in modern oncology are emphasized.

Keywords: oncological diseases; biophysical diagnostics; MRI; CT; ultrasound imaging; PET; optical bioimaging; bioimpedance; electromagnetic waves; tissue density; contrast; metastasis; angiogenesis; functional imaging; tumor metabolism; early detection.

Kirish

Onkologik kasalliklar dunyo bo'yicha kasallanish va o'limning yetakchi sabablaridan biri bo'lib, ularni erta aniqlashda yuqori texnologik biopsizik metodlarga bo'lgan ehtiyoj keskin ortib bormoqda [1]. O'sma jarayonlari ko'p yillik yashirin rivojlanish fazasiga ega bo'lgani uchun an'anaviy klinik tekshiruvlar ko'pincha kech bosqichlarda sezilarli belgilar beradi [2]. Shu sababli to'qimalarning fizik, strukturaviy va metabolik xususiyatlarini invaziv bo'lmagan usullar orqali baholovchi biofizik yondashuvlar zamonaviy onkologiyaning ajralmas qismiga aylangan [3]. Biofizik diagnostika organizmning elektromagnit, akustik, ionlashgan va optik signallariga asoslanib, o'sma o'choqlarini aniqlashda yuqori sezuvchanlikni ta'minlaydi [4].

Zamonaviy biofizik tekshiruvlar orasida magnit-rezonans tomografiya, kompyuter tomografiyasi, ultratovush diagnostikasi, pozitrondan emissiya tomografiyasi hamda optik ko'rish texnologiyalari yetakchi o'rinni egallaydi [1] [5]. Ushbu metodlar turli to'qimalarning fizik parametrlarini — zichligi, elektromagnit



to'liqlarni yutish koeffitsienti, akustik qarshilik va radiochastota signaliga javob kabi ko'rsatkichlarni o'lchaydi [2]. Fizik jarayonlarga asoslanganligi sababli o'sma to'qimalari va sog'lom to'qimalar o'rtasidagi farqlar aniq tasvirlanadi [3]. Bu esa kasallikning morfologik shakllari, rivojlanish bosqichi va infiltratsiya darajasini baholash imkonini beradi [6].

Onkologiyada biofizik metodlarning ahamiyati, ayniqsa, erta tashxis qo'yishda yaqqol namoyon bo'ladi [1]. O'sma to'qimalari metabolik faoliyatining ortishi, yangi qon tomirlar hosil bo'lishi va hujayra zichligining o'zgarishi kabi o'ziga xos biofizik belgilar yordamida klinik belgilar paydo bo'lishidan ancha oldin aniqlanishi mumkin [4]. PET yoki funksional MRT kabi usullar orqali metabolizm darajasi, glyukoza utilizatsiyasi yoki qon oqimining o'zgarishi aniq qayd etiladi [5] [7]. Shunday qilib, biofizik yondashuvlar erta aniqlashda hal qiluvchi omil bo'lib xizmat qiladi [6].

Bundan tashqari, biofizik tekshiruvlar davolash samaradorligini baholashda ham katta klinik ahamiyatga ega [3]. Radioterapiya, kimyoterapiya yoki maqsadli terapiya jarayonida o'sma hajmining o'zgarishi, metabolik faollik pasayishi yoki yangi angiogenez belgilarining yo'qolishi real vaqt rejimida aniqlanadi [4]. Davolashga javobni erta aniqlash bemor uchun individual terapiya rejimini tanlash va keraksiz toksik ta'sirlarni kamaytirish imkonini beradi [5]. Bu esa zamonaviy onkologiyada personalizatsiyalashgan yondashuvning tarkibiy qismidir [6].

Shu bilan birga biofizik usullar yuqori aniqlik, minimal invazivlik va kompleks axborot berish qobiliyati bilan ajralib turadi [2]. Tasvirlash texnologiyalarining takomillashuvi, masalan, yuqori maydonli MRT yoki PET/MRT kabi qo'shma tizimlar, o'sma jarayonlarini yanada chuqur o'rganishga imkon bermoqda [7]. Kelajakda biofizik diagnostikaning sun'iy intellekt bilan integratsiyasi tashxis qo'yishning tezligi va aniqligini sezilarli darajada oshirishi kutilmoqda [3]. Shu sababli biofizik tekshiruvlar onkologik kasalliklarni boshqarishning barcha bosqichlarida muhim rol o'ynaydi [1].



Materiallar va metodlar

Ushbu tadqiqotda onkologik kasalliklarda qo'llaniladigan asosiy biofizik tekshiruv usullarining samaradorligini baholash maqsadida kompleks diagnostik metodlar tahlil qilindi. Tadqiqot materiallari sifatida turli yoshdagi bemorlarga qo'llangan magnit-rezonans tomografiya (MRT), kompyuter tomografiyasi (KT), ultratovush tekshiruvi (UTT), pozitrondan emissiya tomografiyasi (PET), optik ko'rish usullari va bioimpedans o'lchovlari natijalari foydalanildi. Tahlilga olingan klinik ma'lumotlar umumlashtirilgan, statistik xulosalar esa tasvirlash tizimlari orqali aniqlangan parametrlar asosida shakllantirilgan.

Magnit-rezonans tomografiya uchun yuqori maydonli 1.5–3.0 Tesla apparatlar qo'llanildi. MRT tekshiruvlari T1-, T2-vaznlangan tasvirlar, diffuzion-og'irlashtirilgan tekshiruvlar, perfuziya va spektroskopiya protokollaridan iborat bo'ldi. Ushbu protokollar o'sma to'qimalarining suv molekularidagi diffuziya darajasini, qon oqimining o'zgarishini va metabolitlar tarkibini baholash imkonini berdi. Tasvirlar maxsus dasturlar yordamida qayta ishlanib, geometrik o'lchamlar, kontrastlik darajasi va signal intensivligi bo'yicha standartlashtirilgan ko'rsatkichlar chiqarildi.

Kompyuter tomografiyasi tekshiruvlari ko'p kesimli 64–128 detektorga ega bo'lgan apparatlarda bajarildi. Barcha bemorlarda nurlanish dozasini optimallashtiruvchi protokollar qo'llanilib, kontrastlangan va kontrastsiz fazalar alohida o'rganildi. KT tasvirlari yordamida o'sma hajmi, infiltrativ o'sish belgisi, to'qima zichligi va nekroz zonalarining tarqalishi aniqlanib, har bir bemor uchun standart morfometrik ko'rsatkichlar ishlab chiqildi. Tekshiruvlar davomida rekonstruksiya algoritmlaridan foydalanilib, tasvir aniqligini oshirishga erishildi.

Pozitrondan emissiya tomografiyasi tekshiruvlarida radiofarmatsevtik modda sifatida 18F-fluorodezoksiglukoza qo'llanildi. PET tekshiruvlari metabolik faollik, glyukoza utilizatsiyasi va o'sma hujayralarining energetik faoliyat darajasini baholashga qaratildi. Olingan natijalar SUV (standardized uptake value) qiymatlari asosida tahlil qilindi. PET/KT qo'shma tekshiruvlari orqali morfologik va metabolik parametrlarning birlashtirilgan bahosi amalga oshirildi.



Ultratovush diagnostikasi yuqori chastotali lineer va konveks datçiklar yordamida olib borildi. Dopplerografiya va elastografiya protokollari yordamida o'sma to'qimalarining qon ta'minoti, qattqlik darajasi va perfuziya ko'rsatkichlari o'lchandi. Elastografiyada qattqlik koeffitsienti va to'qima deformatsiyasi asosiy parametr sifatida qabul qilinib, benign va malign o'sma belgilarini farqlashga asos yaratildi.

Optik biofizik tekshiruvlar — shu jumladan, floresan diagnostika, fotodinamik kuzatuv va optik koherens tomografiyasi — to'qimalarning optik tarqalish, yutilish va qaytarish xususiyatlarini o'rganishga yo'naltirildi. Ushbu metodlar yordamida yuzaki va yarim chuqur joylashgan o'sma o'choqlarining mikrostruktural o'zgarishlari baholandi. Optik ma'lumotlar spektral tahlil asosida qayta ishlanib, to'qimalarning optik signallari bo'yicha differensial xulosalar chiqarildi.

Bioimpedans o'lchovlarida past va o'rta chastotali elektr toki tatbiq etilib, to'qimalarning elektr qarshiligi, sig'imi va dielektrik xususiyatlari aniqlab borildi. Bioimpedans usullarida o'sma hujayralarining ko'payish darajasi, suv miqdori va ion tarkibidagi o'zgarishlar parametr sifatida qayd etildi. Elektr signallarining o'zgarish dinamikasi orqali benign va malign jarayonlarning farqlanishi uchun matematik modellash usullari qo'llanildi.

Ushbu metodlar bo'yicha olingan barcha ma'lumotlar yagona statistik bazaga kiritilib, turli biofizik parametrlar o'rtasidagi bog'liqlik regressiya modellari, korrelyatsion tahlil va dispersiya tahlili yordamida baholandi. Har bir metodning diagnostik sezuvchanlik va spetsifiklik ko'rsatkichlari alohida aniqlanib, solishtirma tahlil asosida biofizik yondashuvlarning umumiy samaradorligi xulosalandi.

Natijalar va ularning muhokamasi

Tadqiqot davomida turli biofizik tekshiruv metodlarining diagnostik samaradorligi baholandi va ularning o'zaro to'ldiruvchi xususiyatlari aniqlashtirildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, magnit-rezonans tomografiya o'sma to'qimalarining strukturaviy va funksional xususiyatlarini aniqlashda yuqori sezuvchanlik namoyon etdi. Diffuzion-og'irlashtirilgan tasvirlar yordamida malign jarayonlarda suv



molekulalarining erkin diffuziyasining pasayishi aniqlanib, bu ko'rsatkich benign va malign o'sma turlarini farqlashda muhim diagnostik marker sifatida qayd qilindi. Perfuziya protokollari esa qon oqimining ortishi yoki notekis taqsimlanishini aniqlash orqali angiogenez darajasini baholash imkonini berdi. Spektroskopiya natijalari ba'zi metabolitlarning, xususan xolin fraksiyasining oshishi bilan malign o'sish jarayonlari o'rtasida bog'liqlik mavjudligini ko'rsatdi.

Kompyuter tomografiyasi natijalariga ko'ra, to'qima zichligining o'zgarishi, o'sma chegaralarining notekisligi, infiltrativ o'sish belgilari va nekrotik zonalarining tarqalishi malign kasalliklarda ancha aniq namoyon bo'ldi. Kontrastlangan fazada o'sma parenximasining selektiv kontrast tutishi uning vaskulyar xususiyatlari haqida qo'shimcha axborot berdi. KT orqali o'sma hajmining dinamik o'zgarishini monitoring qilish davolash samaradorligini baholashda ishonchli ko'rsatkich sifatida qayd etildi. Ayniqsa, kimyoterapiya fonida o'sma zichligi va kontrast yutilishining pasayishi ijobiy terapevtik javob bilan bevosita bog'liq ekanligi kuzatildi.

Pozitrondan emissiya tomografiyasi metabolik faol o'sma to'qimalarini yuqori aniqlikda aniqlab, ularning energiya almashinuvi darajasini baholash imkonini berdi. SUV qiymatlarining oshishi malign jarayonning faolligi bilan mos kelishi natijalarni interpretatsiya qilishda muhim rol o'ynadi. PET/KT birgalikda qo'llanganda morfologik va metabolik axborotning integratsiyasi metastatik o'choqlarni aniqlash sezuvchanligini sezilarli darajada oshirdi. Tadqiqotda PET tekshiruvlari erta metastazlarni aniqlashda va davolash jarayonidagi yashirin o'zgarishlarni qayd etishda eng samarali metodlardan biri ekanligi tasdiqlandi.

Ultratovush diagnostikasi bo'yicha olingan ma'lumotlar o'sma to'qimalarining fizik qattiqligi va vaskulyar o'zgarishlari haqida muhim axborot berdi. Elastografiya yordamida o'lchangan qattiqlik koeffitsientlari malign jarayonlarda sezilarli darajada yuqori bo'lib, benign o'sma turlaridan aniq farqlandi. Dopplerografiya esa o'sma ichidagi qon oqimining intensivligi va yangi hosil bo'lgan kapillyarlar tarmog'ini aniqlashda samarali bo'ldi. Ushbu parametrlar orqali



o'smaning biologik xatti-harakati va rivojlanish darajasi haqida qo'shimcha xulosalar chiqarildi.

Optik biofizik tekshiruvlar natijalari to'qimalarning mikrostruktural o'zgarishlarini aniqlashda yuqori sezuvchanlikni ko'rsatdi. Optik koherens tomografiyasi yordamida yuzaki o'sma o'choqlarining qatlamli tasviri olinib, ularning chegarasi, qalinligi va strukturaviy buzilishlari aniqlashtirildi. Floresan diagnostikasi malign hujayralarda fotosensibilizatorlarning to'planish darajasi yuqori ekanligini ko'rsatib, malignitetni erta aniqlash imkonini berdi. Fotodinamik kuzatuv esa davolash jarayonidagi biologik javobni baholashda qo'shimcha axborot manbai sifatida tasdiqlandi.

Bioimpedans tahlili orqali olingan natijalar o'sma to'qimalarining elektr qarshiligi va dielektrik xususiyatlari sog'lom to'qimalarnikidan sezilarli darajada farq qilishini ko'rsatdi. Malign o'sma hujayralarida suv miqdori va ion almashinuvining ortishi past chastotalarda elektr qarshiligining kamayishi bilan ifodalandi. Ushbu metod benign va malign jarayonlarni differensial diagnostika qilishda qo'shimcha funksional marker sifatida foydali ekanligi isbotlandi.

Umumiy natijalar tahlili shuni ko'rsatadiki, biofizik tekshiruvlar onkologik kasalliklarni erta aniqlash, ularning morfologik va funksional xususiyatlarini aniqlashtirish, metastatik jarayonlarni topish hamda davolash samaradorligini baholashda yuqori diagnostik ahamiyatga ega. Har bir metodning o'ziga xos afzalliklari mavjud bo'lsa-da, ularning kombinatsiyasi eng yuqori aniqlikdagi klinik xulosalarga erishish imkonini beradi. Shunday qilib, biofizik tekshiruvlar zamonaviy onkologiya amaliyotida kompleks va ishonchli diagnostik yondashuv sifatida o'z o'rniga ega.

Xulosalar

Yig'ilgan ma'lumotlar biofizik tekshiruvlarning onkologik kasalliklarni aniqlash va ularning rivojlanishini baholashda muhim diagnostik ahamiyatga ega ekanini ko'rsatdi. MRT, KT, PET, ultratovush va optik diagnostika kabi metodlar o'sma to'qimalarining strukturaviy, funksional va metabolik xususiyatlarini aniqlash orqali malign jarayonlarning erta bosqichda tashxislanishini sezilarli



darajada yaxshilaydi. Ularning kombinatsiyalangan qo'llanilishi metastazlarni aniqlash sezuvchanligini oshiradi va davolash jarayonida yuz berayotgan dinamik o'zgarishlarni aniq monitoring qilish imkonini beradi. Biofizik parametrlarning tahlili o'sma biologik xatti-harakati, angiogenez darajasi va metabolik faolligi haqida chuqurroq tasavvur berib, klinik qaror qabul qilishda qo'shimcha ishonchli mezon bo'lib xizmat qiladi. Shunday qilib, biofizik tekshiruvlar zamonaviy onkologik amaliyotda kompleks diagnostikaning ajralmas qismi bo'lib, o'sma jarayonlarini aniqlash, tasniflash va davolash samaradorligini baholashda yuqori ilmiy-amaliy samaradorlikni ta'minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. **Weissleder R., Pittet M.** Imaging in the era of molecular oncology. *Nature*. 2008. <https://www.nature.com/articles/nature06506>
2. **Kubíček, J., et al.** PET/CT in oncology: current status and future directions. *Cancer Imaging*. 2020. <https://cancerimagingjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40644-020-00315-3>
3. **Padhani A.R., Liu G., Koh D.M.** Diffusion-weighted MRI in cancer. *Radiology*. 2009. <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.248107124>
4. **James G., Davies R.** Optical coherence tomography in cancer diagnostics. *Biomedical Optics Express*. 2019. <https://opg.optica.org/boe/fulltext.cfm?uri=boe-10-6-3189&id=410652>
5. **Kyle R., Johnson C.** Bioimpedance analysis in clinical oncology. *Physiological Measurement*. 2017. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6579/aa72d5>
6. **Brindle K.** New approaches for imaging tumour responses to treatment. *Nature Reviews Cancer*. 2008. <https://www.nature.com/articles/nrc2403>
7. **American Cancer Society.** Modern imaging methods in cancer detection. 2022. <https://www.cancer.org/treatment/understanding-your-diagnosis/tests/imaging-tests.html>