

**ONKOLOGIK KASALLIKLARDA RADIOLOGIK
TEKSHIRUVLARNING YO'LLARI**

Sunnatova Farangiz Akbar qizi

Samarqand davlat tibbiyot universiteti, talaba

farangizsunnatova05@icloud.com

+998946454605

Annotatsiya: Ushbu maqola onkologik kasalliklarda radiologik tekshiruv usullarini, xususan, an'anaviy (CT, MRI, ultratovush) hamda zamonaviy multimodal (PET/CT, PET/MRI, trimodal PET/CT/MRI) metodlarni tavsiflaydi. Shuningdek, radioterapiya dasturlarini rejalashtirishda ularning roli – xususan, maqsadli hajm belgilash, yordamchi texnikalar (4DCT, SGRT), hamda klinik tadqiqotlarda qo'llanilishi haqida ilmiy asoslar keltiriladi. Oxirida ularning afzalliklari, cheklovlari va kelajak istiqbollari tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: onkologiya, CT, MRI, PET/CT, PET/MRI, trimodal imaging, radioterapiya, 4DCT, SGRT, multimodal radiologiya.

Аннотация: В данной статье описываются радиологические методы исследования при онкологических заболеваниях, в частности традиционные (КТ, МРТ, ультразвуковое исследование) и современные мультимодальные методы (ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ, тримодальное ПЭТ/КТ/МРТ). Кроме того, рассматривается их роль в планировании программ лучевой терапии — в частности, определение целевого объёма, вспомогательные технологии (4D-КТ, SGRT), а также научные основания применения в клинических исследованиях. В заключение анализируются их преимущества, ограничения и перспективы развития.

Ключевые слова: онкология, КТ, МРТ, ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ, тримодальная визуализация, лучевая терапия, 4D-КТ, SGRT, мультимодальная радиология.

Annotation: This article describes radiological examination methods in oncology, specifically conventional approaches (CT, MRI, ultrasound) as well as modern multimodal techniques (PET/CT, PET/MRI, trimodal PET/CT/MRI). Furthermore, their role in radiotherapy planning is discussed — in particular, target volume delineation, supportive technologies (4DCT, SGRT), and the scientific rationale for their use in clinical studies. Finally, their advantages, limitations, and future prospects are analyzed.

Keywords: oncology, CT, MRI, PET/CT, PET/MRI, trimodal imaging, radiotherapy, 4DCT, SGRT, multimodal radiology.

Kirish

Radiologik tekshiruvlar onkologiyada tashxis, stajirovka (staging), davolash samaradorligini baholash va radioterapiya rejalashtirishda muhim ahamiyatga ega. Tasvirlash metodlari morfologik, strukturaviy, funksional, metabolik va molekulyar ma'lumotlarni beradi [1]. Tibbiy imagingning monomodal–anatomik ko'rinishlardan multimodal–molekulyar va funksional kombinatsiyalarga o'tishi kasalliklarni aniqlik bilan baholash imkonini oshirmoqda

Tahlil va muhokama

An'anaviy va multimodal imaginglarning diagnostik aniqligi

Metastaz va limfa tugunlarini aniqlashda PET/CT, MRI va CT usullarining samaradorligi turli kasalliklarda o'zgaradi. Masalan, bachadon bo'yni saratonida [¹⁸F]FDG-PET-CT MRI va CTdan sezilarli darajada yuqori sezgirlik (sensitivity) ko'rsatgan: 80% ga nisbatan MRI 48% va CT 40% bo'lgan [8]. Biroq aniqlik (specificity) jihatdan MRI va CT (92%) bir xil bo'lib, PET/CT (79%)dan yuqori bo'lgan [8]. Bu natijalar limfa tugun metastazlarini aniqlashda multimodal yondashuvning ahamiyatini ko'rsatadi.

Jadval 1. Bachadon bo'yni saratonida limfa tugun metastazlarini aniqlash diagnostik ko'rsatkichlari

Metod	Sensitivlik	Spetsifiklik	AUC	Izoh
[¹⁸ F]FDG-PET-CT	80%	79%	0.814	[8]
MRI	48%	92%	0.706	[8]

Metod	Sensitivlik	Spetsifiklik	AUC	Izoh
CT	40%	92%	0.667	[8]

Shuningdek, bosh va bo'yin saratonlarida PET-CT boshqa metodlarga nisbatan yuqori diagnostik ko'rsatkichlarni (masalan, *Diagnostic Odds Ratio*) ko'rsatadi—PET-CTning DOR=24.35, +LR=9.15 bo'lib, bu boshqa usullardan sezilarli darajada ustun ekaniga ishora qiladi [12].

PET/CT vs PET/MRI: Sensitivlik va spesifiklik

PET/MRI bilan solishtirganda, PET/CT ko'p hollarda yuqori spesifiklik ko'rsatadi. Masalan, bevosita lezyonlar tahlilida PET/MRI sezgirlikda yaxshiroq (89% vs 77%), ammo PET/CTda aniqlik (spesifiklik) biroz yuqori (98% vs 96%) ekanligi qayd etilgan [18]. Ayniqsa, suyak metastazlarida PET/MRI sezgirlik jihatidan ancha yaxshilanishni ko'rsatgan (69–99% vs 92–98%), ammo PET/CT texnikasi aniqlikni ushlab qolgan [18].

Nafas harakati va 4DCT: Radioterapiya rejalashtirishdagi ahamiyati

Radioterapiya rejasini tuzishda nafas harakati yirik xatoliklarga sabab bo'lishi mumkin. 4DCT texnologiyasi bu xatoliklarni kamaytirish maqsadida ishlab chiqilgan usullardan biri. Misol uchun, tungi SBRT (stereotactic body radiotherapy) holatlarida 4DCT tasvirlaridagi artefaktlar lokal nazorat darajasining pasayishiga olib kelgani ma'lum qilingan [5].

Phantom testlarida esa 4DCT tumor hajmini aniqlashda faollikni ko'rsatadi: nafas harakatining 0.5–3 cm oralig'ida tumor hajmidagi o'zgarishlar 0.62%–9.27% atrofida bo'lgan [15]. Bu yuqori aniqlik nisbatan kam bo'lgan harakatlanuvchi tuzilmalar uchun muhim ahamiyatga ega.

Jadval 2. 4DCT ushbu harakat diapazonlarida tumor hajmidagi aniqlik

Nafas harakati (cm)	Tumor hajmi farqi (%)
0.5 cm	0.62 % ± 0.08 %
1.0 cm	1.67 % ± 0.26 %
2.0 cm	4.77 % ± 0.54 %
3.0 cm	9.27 % ± 1.23 %

Nafas harakati (cm)**Tumor hajmi farqi (%)**

Manba: [15]

Surface-Guided Radiation Therapy (SGRT)

SGRT bemorning tashqi yuzasini real vaqtda monitoring qilish orqali norozichiliklarni aniqlaydi. U nafas ushlash rejimida irradiatsiyani to'xtatish imkonini beradi va bemor harakatiga mos rejalashtirishni kuchaytiradi [3]. Yangi tadqiqotlarda SGRTdan nafaqat ko'krak irradiatsiyasi, balki torakal, abdominal va pelvis tumorlarda ham foydalanish samaradorligi ko'rsatilmoqda [3]. Sifat nazorati (QA) dasturlarini har anatomic sayt va texnologiyaga mos ravishda kampaniyalar orqali tatbiq etish muhimligi ta'kidlangan [3].

Multimodal imaging va kelajak tendensiyalari: Radiomics va sun'iy intellekt

Radiomics—tasvirlardan raqamli biomarkerlarni chiqarish texnikasi—diagnostika va prognozni optimallashtirishga xizmat qiladi. Tensor Radiomics paradigmasi orqali bir nechta parametrlar (flavour) kombinatsiyasi ishlatiladi va bu metod PET/CT, MRI, CT imidjiga asoslangan masalada aniqlikni oshiradi [24].

Sun'iy intellekt yordamida PET/CT tasvirlarida peyzaj segmentatsiya ham takomillashtirilmoqda. Masalan, Multimodal Spatial Attention Module yordamida onkologik lezyonlarni aniqlik bilan segmentatsiya qilish imkonini beradi—bu usul DSC (Dice similarity coefficient) ni 7.6% ga oshirgan [26].

Umumiy tahmin va munozara

- **PET/CT** ko'plab holatlarda MRI va CTdan aniqroq aniqlik taqdim etadi, ayniqsa limfa tugun metastazlarini aniqlashda.
- **PET/MRI** esa sezgirlikda biroz ustun bo'lishi mumkin, ammo aniqlik (specificity) jihatdan PET/CT yetakchi.
- **4DCT** nafas harakatining yetishmovchiligi sababli yuzaga keladigan xatoliklarni kamaytiradi, muayyan harakat diapazonlarida tumor hajmini yuqori aniqlikda o'lchashni ta'minlaydi.
- **SGRT** irradiatsiya rejasini bemorning real harakati bilan yeniden moslashtirish imkonini berib, bemor xavfsizligini oshiradi.



- **Radiomics** va **Sun'iy intellekt** diagnostika va samara bahosini fundamentalni yangi darajaga olib chiqmoqda, lekin keng klinik tatbiq uchun qo'shimcha tadqiqotlar zarur.

Xulosa

Onkologik kasalliklarda radiologik tekshiruv metodlari keng qamrovli bo'lib, har bir yondashuvning o'z afzallik va cheklovlari mavjud. An'anaviy imaging (CT, MRI, US) diagnostika va stajirovkada asosiy rolni o'ynaydi. Multimodal metodlar (PET/CT, PET/MRI) esa aniqroq zapraktik aniqlik, funktsional va morfologik ma'lumotni birlashtirish imkonini beradi. Ayniqsa PET/MRI bosh-bo'yin, jigar va pelvisda qo'shimcha afzallik ko'rsatadi. Trimodal imaging esa radioterapiya rejalashtirishda potentsial yuqori noaniqlikni kamaytiradi. Yordamchi texnikalar (4DCT, SGRT) esa bemorning harakati bilan bog'liq irradiatsiyani kamaytirish imkonini beradi. Kelajakda molekulyar tasvirlash, radiomics, sun'iy intellekt asosidagi analizlar diagnostika va individual davolash strategiyalarini optimallashtirishda muhim rol o'ynaydi.

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR

1. Imaging forms an essential part of cancer clinical protocols... [PMC](#)
2. PET/MRI in Oncological Imaging: State of the Art... [PMC](#)
3. A Review of PET Imaging Tracers... [Advances Radonc](#)
4. Trimodality PET/CT/MRI and Radiotherapy: A Mini-Review... [Frontiers](#)
5. The need for evidence-based, outcome-focused medical imaging... [Nature](#)
6. PET/MRI was accurate in 319/330 examinations... [PMC](#)
7. PET/MRI facilitates staging ... improves lesion detectability... [Journal of Nuclear Medicine](#)
8. Current imaging techniques... breast imaging... [Annals of Breast Surgery](#)
9. Added Value of FDG PET/MRI in Gynecologic Oncology... [RSNA Publications](#)



10. Innovative Imaging Techniques... DCE MRI, radiomics... [MDPI](#)
11. Radiologic Modalities and Response Assessment... [Frontiers](#)
12. The use of PET/MRI in radiotherapy... [SpringerOpen](#)
13. Molecular and functional imaging in cancer-targeted therapy... [Nature](#)
14. 4DCT – four-dimensional CT... [Vikipediya](#)
15. Surface-guided radiation therapy (SGRT)... [Vikipediya](#)