

# Maintenance and service system of medical devices

---

Week 6. Basic physical meaning of nuclear magnetic  
resonance imaging

**Otabek Shavkatov**

Lecturer

Department of Metrology, Standardization and Quality  
Management

Email: [okshavkatov@gmail.com](mailto:okshavkatov@gmail.com)

# **Tibbiyot uskunalariga texnik xizmat ko'rsatish**

---

6-Mavzu. Yadro magnit rezonansi tomografiyasining asosiy fizik  
ma'nosi

**Ma'ruzachi: Otabek Shavkatov**

Metrologiya, standartlashtirish va maxsulot sifati menejmenti  
kafedrası

Elektron pochta: [okshavkatov@gmail.com](mailto:okshavkatov@gmail.com)

# **Yadro magnit rezonansi tomografiyasining asosiy fizik ma'nosi**

---

Reja:

- 1. YaMR tomografiyasida tasvirni qayta tiklash usullari.**
- 2. Ayrim YaMR tomograflarining texnik imkoniyatlari va asosiy qismlarining parametrlari**
- 3. Emission kompyuter tomograflari va ularning asosiy texnik imkoniyatlari**
- 4. Radiodiagnostik kompleks, sintilatsion gamma-kamera va ularning asosiy texnik parametrlari imkoniyatlari**
- 5. Ayrim radioizotop terapiyasi va diagnostikasi texnikalarining vazifalari hamda asosiy texnik imkoniyatlari**

# **1. YAMR TAMOGRAFIYASIDA TASVIRNI QAYTA TIKLASH USULLARI.**

---

Har qanday atom yadrosi o'z o'qi atrofida to'xtovsiz aylanib turadi, undagi proton elektr zaryadiga ega bo'lgani uchun xarakat natijasida magnit maydoni xosil qiladi va ma'lum magnit momentiga ega bo'ladi. Odam organizmida atom va yadrolar ko'p bo'lganligi sababli, ulardagi protonlarning magnit maydonlari va xarakat yo'nalishlari turlicha bo'ladi. Tashqaridan ularga ma'lum chastotali qo'zg'aluvchi elektromagnit maydoni bilan ta'sir etilsa, ularning aylanish o'qlari yo'nalishini o'zgartirish va boshqarish mumkin. Bunda magnit momentining aylanishi protsessiya va dastlabki xolatga qaytish vaqti relaksatsiya vaqti deyiladi. Protsessiyani qayd etish uchun tashqaridan berilayotgan elektromagnit nurlanishni o'lchash zarur bo'ladi. Bu qayd etilgan kattalik erkin induksiyaning kamayishi deyiladi. Yadrolar aylanish o'qining og'ishiga sabab bo'ladigan elektromagnit maydon chastotasi rezonans chastotasi deyiladi.

Xar bir yadro turi uchun rezonans chastotasining aniq qiymati mavjud, buni

$$\omega = \nu H$$

---

formula yordamida aniqlash mumkin.

Bu erda:  $\omega$  - rezonans chastotasi;

$\nu$ - yadroning giromagnit nisbati deb nomlanadigan xar bir yadro turiga bog'liq doimiy koeffitsent;

H- doimiy magnit maydonining kuchlanganligi.

Vodorod yadrosi yadro magnit rezonansiga juda sezgir bo'ladi. Odam tanasining 75 % dan ortig'i suv molekulalaridan iborat va ularning xar birida 2 tadan proton mavjud. Proton uchun 0,25 magnit maydon kuchlanganligida rezonans chastotasi 10 mGs dan sal ortiqroq xisoblanadi. Bu chastota odam organizmi uchun xavfli emas.

YaMR tomografiyasining ishlash prinsipida quyidagilar belgilangan:

$N_0$ - bir tarkibli magnit maydonlariga protonlarning magnit momenti

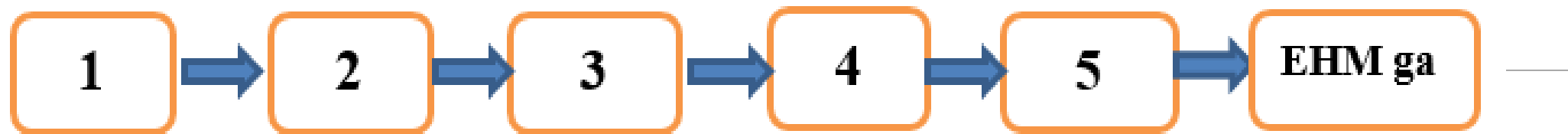
N- doimiy magnitning shimoliy qutbi va S- janubiy qutbi

$\omega_1$  - chastota generatori

$V_4$ - peredatchik yuqori chastotali uzatuvchi

Proton spinini yuqori chastotali maydon yordamida qo'zg'atilganidan keyingi magnit maydoni yo'nalishi atrofidagi xarakati protsessi ko'rsatilgan

## Yadro Magnit Rezonans tomografining qayd qilish sistemasi.



1

• qabul qiluvchi g'altak

2

• moslashtirish sxemasi

3

• dastlabki kuchaytirgich

4

• kvadratur faza detektor

5

• analog raqamli o'zgartgich

Tekshirilayotgan ob'ektni o'rab olgan qabul qiluvchi g'altak antennaga o'xshab bemor yadrolari magnitlanganligining o'zgarishiga bog'liq kattaliklarni qayd qilib, ularning elektr tebranishlariga, ya'ni YaMR signaliga aylantirib beradi, moslashtiruvchi blok YaMR signalini yo'qotishlarsiz dastlabki kuchaytirgichga uzatib beradi. Kvadratura faza detektor markaziy chastotaga, ya'ni nurlanish chastotasiga yaqin chastotali YaMR signalini nurlanish chastotasiga yaqinlashtiradi. Markaziy chastotaning qiymatini kamaytirib, analog raqamli o'zgartgich va EHMlarga talablarni pasaytirish mumkin.

YaMR tomograflarida tasvirni qayta tiklashning bir necha usullaridan foydalaniladi. Bu usullarga ikki va uch o'lchamli teskari proeksiyalash, uch o'lchamli va ikki o'lchamli Fure o'zgartirishlari holida to'yinishning tiklanishi, to'yinishning invers tiklanishi kabilar kiradi. Bu usullarning matematik ifodalari murakkab hisoblanadi.

---

## **2. AYRIM YAMR TOMOGRAFLARINING TEXNIK IMKONIYATLARI VA ASOSIY QISMLARINING PARAMETRLARI**

Hozirgi vaqtda dunyo bo'ylab juda ko'plab turli xil YaMR tomograflari ishlab chiqarilmoqda.

Rossiyaning «Az» nomli firmasi YaMR tomograflarining bir necha xilini ishlab chiqarmoqda

- «Ellips» YaMR tomografining sarf qilish quvvati kichik, «Diamag» YaMRidagi 0,2 Tl magnit maydoni tasvir sifatini yaxshilash imkonini beradi.

Xitoyning «ANKO» kompaniyasi AQSh bilan birgalikda YaMR apparatlarini ishlab chiqarmoqda

- Ushbu kompaniya YaMR tomograflarining ASM—060 S va ASM—015 markali turlarini ishlab chiqarmoqda va tibbiyot klinikalarini ta'minlamoqda

Hozirgi vaqtda dunyo bo'ylab juda ko'plab turli xil YaMR tomograflari ishlab chiqarilmoqda.

Gollandiyaning «Philips» firmasi ham YaMR tomograflarining GYROSCANTS, GYROSCAN S 15/HP va boshqa turlarini ishlab chiqaradi

- Shulardan GYROSCANT 5 YaMR tomografining texnik parametrlari bilan tanishib chiqamiz. Bu YaMR tomografida juda kuchli va doimiy magnit joylashgan bo'lib, uning balandligi 1,8 m, og'irligi 2,5 tonna, butun tekshirish sistemasi esa mexanizmlari bilan birgalikda 14 tonnani tashkil qiladi. Tomograf yordamida turli qalinlikdagi qatlamlarning turli proeksiyalardagi sifatli tasvirlarini displey ekranida chiqarish mumkin.

MRT — 1000 YaMR — tomografi quyidagi texnik imkoniyatlarga ega

Tekshirilayotgan tananing maksimal diametri  
— 60 sm

- Aniq tekshirish qismi diametri - 50 sm dan kam emas

Tekshiriladigan qatlam qalinligi - 10mm

- Bir marta skanirlash vaqti - 120—480 sek gacha

Magnit maydoni kuchlanganligi — 0,15Tl

- Yuqori chastotali qo'zg'atish chastotasi — 6 mGs

Gradient qiymati -  $10^3$  Tl/m

- Radiochastotali maydonning bir tarkibligi - 10 %

Ushbu YaMR tomografi protonlarning zichligini 10 %dan oshmaydigan kattalik bilan o'lchaydi. Tasvir olish uchun proton va  $T_2$  - sekin aks sadosidan, hamda T uchun tiklanish va inversiya usullaridan foydalaniladi.

---

MRT — 1000 YaMR tomografi tarkibiga quyidagilar kiradi:

rezistiv magnit

radiochastota hosil qiluvchi kompleks

gradient

gradientlarni boshqaruvchi sistema

magnit sistemalarni manba bilan ta'minlovchi kompleks

hisoblash va ko'rsatish ishlarini amalga oshiruvchi komplekslar

---

# **3. EMISSION KOMPYUTER TOMOGRAFLARI VA ULARNING ASOSIY TEXNIK IMKONIYATLARI**

Emission kompyuter tomografiyasi (EKT)da odam organizmiga kiritilgan radioaktiv izotopning taqsimlanishiga oid tasvir hosil qilinadi. EKTning ikkita varianti mavjud. Bular bir fotonli emission kompyuter tomografiyasi va pozitronli yoki ikki fotonli emission kompyuter tomografiyasi (IEKT) deyiladi. Bu ikki usul bir-biridan va RKTdan nurning yo'nalishini aniqlash usullari bilan farq qiladi.

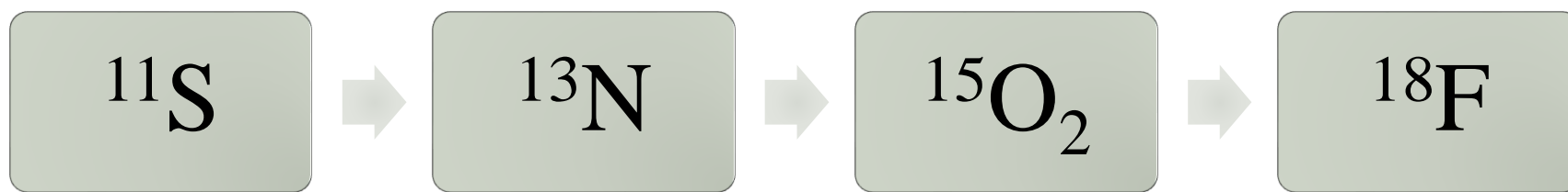
Buni aniqlash usullarining ketma-ketligi quyidagi tartibda ko'rsatilgan.

birinchi qismida rentgen kompyuter tomografidagi nur va tasvirning qayta tiklash yo'nalishi

ikkinchi qismida ikki fotonli emission kompyuter tomografiyasi (IEKT) idagi radioizotoplar nurining yo'nalishi va ularni qabul qilib, jamlab, tasvirni qayta tiklash yo'nalishi

uchinchi qismida bir fotonli emission kompyuter tomografidagi radioizotoplar nurlarining yo'nalishini qabul qilib, ularning bir necha detektorlardan olingan qiymatining mos kelib, tasvirni qayta tiklash uchun berilish yo'nalishi ko'rsatilgan

Bir fotonli emission kompyuter tomografiyasi usuli ikki fotonli emission kompyuter tomografiyasi (IEKT) ga nisbatan past effektivlikka ega. Ammo ikki fotonli emission kompyuter tomografiyasi (IEKT) da qisqa vaqtda yashovchi  $^{11}\text{S}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}_2$ ,  $^{18}\text{F}$  izotoplaridan foydalanilgani sababli maxsus qurilma — siklotron zarur bo'ladi va bu ikki fotonli emission kompyuter tomografiyasi (IEKT) usulining juda qimmat bo'lishiga olib keladi. Bir fotonli emission kompyuter tomografiyasi (BEKT) ning ikkita asosiy usuli mavjud, shulardan biri ko'ndalang Bir fotonli emission kompyuter tomografiyasi (BEKT) hisoblanadi. Bunda tasviri tiklanishi zarur bo'lgan qatlam tananing bo'ylama o'qiga perpendikular bo'ladi, ikkinchisi bo'ylama Bir fotonli emission kompyuter tomografiyasi (BEKT), bunda tasviri tiklanishi zarur qatlam tananing bo'ylama o'qiga parallel bo'ladi.



Qisqa vaqtda yashovchi izotoplar

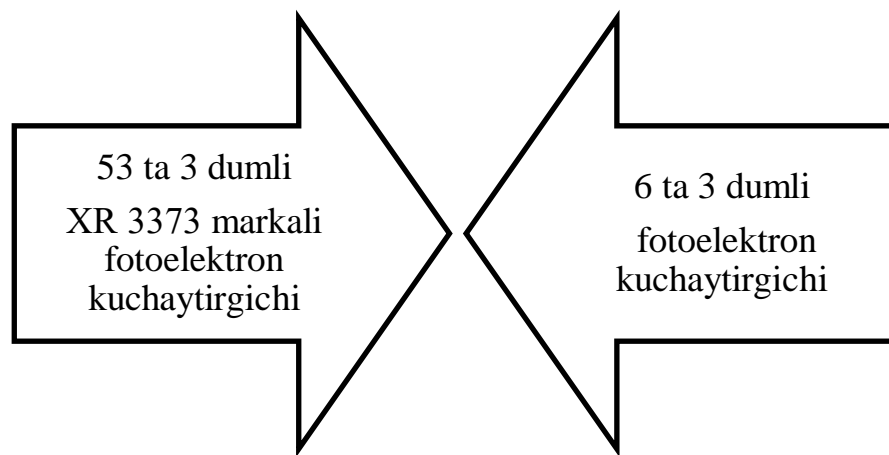
Ko'ndalang Bir fotonli emission kompyuter tomografiyasi (BEKT) usuli — oddiy gamma kamerada aks ettirilgan. Bu gamma kamera parallel teshikli kollimatorli detektor sistemasi bilan ta'minlangan bo'lib, tekshirish vaqtida bemor o'qiga parallel yo'nalish bo'yicha aylana bo'ylab harakatlanadi. Har 2 intervalida  $360^\circ$  ga aylanib, 180 ta tasvirni olish imkonini beradi.

Bu olingan tasvir haqidagi ma'lumot turli usullar bilan qayta ishlanib, turli burchak ostidagi va proeksiyalardagi tasvir olish imkonini beradi. Aylanuvchi gamma kamerali Bir fotonli emission kompyuter tomograf (BEKT) larni ilg'or xorijiy firmalar ishlab chiqarmoqda, ularning gamma kameralari, kollimatorlari va ular himoyasining katta o'lcham va og'irlikka egaligi tekshirish vaqtida ayrim qiyinchiliklarga sabab bo'ladi. Bularni kamaytirish maqsadida qo'zg'almaydigan aylana bo'ylab joylashgan detektorli Bir fotonli emission kompyuter tomograf (BEKT) lardan foydalanish mumkin.

Bular BEKT usulida ishlatiladigan EHMlar dasturida qo'llaniladi. Gamma kamerali BEKTlarning qo'llanish yo'nalishi keng bo'lganligi sababli, ulardan radioizotop diagnostikasida keng foydalanilmoqda.

Keyinchalik GKS—30 T markali tomografik gamma kamerasini yaratish tajribalariga asoslanib, Ukrainaning Xarkov shahrida «Institut monokristallov» nomli ilmiy texnika konserni va Smela shahridagi «SKTB — orizon» nomli davlat ishlab chiqarish firmalari tomonidan yangi tomografik gamma kamera «OFEKT—1» yaratildi.

Bu «OFEKT—1» apparatining shtativ qurilmasi bemorni turgan, yotgan va o'tirgan holatlarda turli proeksiyalar bo'yicha tekshirish imkonini beradi. Bu shtativ qurilmasining bemorni yotqizib tekshirishda qo'llaniladigan stoli uni bo'ylamasiga 1700mm gacha, vertikal bo'yicha 300mm gacha siljitish imkoniga ega. Bu «OFEKT—1» apparatida 594x467 mm o'lchamga ega bo'lgan kristallardan iborat sintilatsion detektor ishlatilgan. Yorug'lik detektori sifatida 53 ta 3 dumli XR 3373 markali fotoelektron kuchaytirgichi va «Philips» firmasining XR 3172 markali 6 ta 3 dumli fotoelektron kuchaytirgichi ishlatilgan. Koordinata va energetik signallarni jamlash hamda integrallashning tez ishlovchi analogli trakti (yo'li) ishlab chiqilgan, shuningdek, raqamli hisoblashlarni bajaruvchi trakt ham mavjud. Bu traktlar zarur hisoblashlarni tez bajarib, tasvirni hosil qilish imkonini beradi.



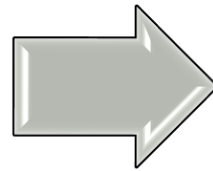
«OFEKT—1» apparatida yorug'lik detektori sifatida ishlatilgan fotoelektron kuchaytirgichlar

---

**4. RADIODIAGNOSTIK KOMPLEKS,  
SINTILATION GAMMA-KAMERA VA  
ULARNING ASOSIY TEXNIK  
PARAMETRLARI IMKONIYATLARI**

Emission kompyuter tomografiyasi va unda radioizotoplarning ishlatilishi haqida oldingi mavzuda ba'zi ma'lumotlar berilgan edi. Hozir esa radioizotop yoki radionuklid diagnostikasi haqida to'xtalamiz va oldingi mavzuda yoritilmagan ba'zi yo'nalishlar haqida bayon qilamiz. Radioizotop diagnostikasi apparatlari ikki guruhga bo'linadi:

1. Radioaktiv indikatorlarning organizmda taqsimlanishiga mos tasvirni hosil qilishga mo'ljallangan apparatlar. Bularga gammakameralar, skanerlar, gamma-tomograflar kiradi.



2. Radioaktiv indikatorlarning odam organizmining turli qismlariga to'planishiga mos dinamik jarayonlarni kuzatuvchi apparatlar. Bular maxsus radioizotop diagnostikasi apparatlari deyiladi. Bularga Gammatreorimetr GTRM—01—S, radioizotop Xronoskopi R1X—3M va karpograf RIK—1 lar kiradi.

Detektorlash bloki bir kristall va 37 ta fotokuchaytirgichdan iborat. Bu fotokuchaytirgichlar FEU—110 tipli bo'lib, ularning chiqishi S-simon xarakteristikaga ega bo'lgan chiziqli bo'lmagan dastlabki kuchaytirgichga ulanadi va bu kuchaytirgich gamma nurlanishi energiyasi  $50 \pm 510 \text{keV}$  gacha o'zgartganda avtomatik ravishda moslasha oladi. Tasvir sifatini yaxshilash maqsadida (kontrol) nazorat o'lchash pulti tarkibiga tasvir xalaqitlarining mikroprotessorli to'g'rilash sistemasi kiritilgan.

Gamma-kameralar asosiy radioizotop diagnostikasi asbobi hisoblanadi, uning yordamida bemorning turli a'zolaridagi o'zgarishlar haqida ma'lumotlar olib, kasalini aniqlash mumkin.

## GKS—2 markali sintilatsion gamma-kamera quyidagi texnik imkoniyatlarga ega.

Detektorning foydali yuzasi 250 mm.

Sozlashsiz sezgirlikning notekisligi 0,5 oyda 6 %dan oshmaydi.

$^{57}\text{So}$  radioizotopli fantomda o'zining yoyilma yechimi 3,5 mm.

Energetik yechimi  $^{57}\text{So}$  bilan 14 %.

Energetik diapazoni  $50 \pm 510$  keV.

Qayd qilishda hisoblash maksimal tezligi  $160 \cdot 10^3$  marta/sek.

Hozirgi kunda Rossiya davlatida radioizotop diagnostikasi apparatlari bilan birgalikda ishlashga mo'ljallangan SAORI—01 markali hisoblash sistemasi ham ishlab chiqarilmoqda.

---

Bu sistema gamma-kameralar va ko'p kanalli radiodiagnostik asboblardan olingan axborotlarni to'plab, qayta ishlab tasvir ko'rinishga keltirib beradi.

SAORI—01 tarkibiga «Gamma» hisoblash-o'lchash kompleksi, rangli displeylga ega bo'lgan protsessor, displey ekranidan suratga oluvchi polaroidli fotoqayd qilgich, axborotlarni qayta ishlovchi dastur bilan ta'minlovchi tayanch komplektlar kiradi.

# SAORI—01 markali hisoblash sistemasi quyidagi texnik imkoniyatlarga ega

Axborot to'plash usuli «Spisok», «Kadr»

Tasvirni ko'rsatuvchi matritsa elementlari soni - 128x128

Rangli yorqinlik darajalari — 64 ta

Bir vaqtning o'zida 8 ta tasvir ko'rsatilishi mumkin

Axborot yig'ish tezligi gamma kamera bilan ishlaganda har sekundda 100000 ta

Axborot yig'ish tezligi ko'p kanalli radiodiagnostik asboblarda ishlaganda 10000 ta

Kanallar soni 20 ta

---

**5. AYRIM RADIOIZOTOP TERAPIYASI  
VA DIAGNOSTIKASI  
TEXNIKALARINING VAZIFALARI  
HAMDA ASOSIY TEXNIK  
IMKONIYATLARI**

Hozirgi vaqtda radioizotop diagnostikasida zamonaviy emission kompyuter tomograf (EKT)lari hamda gamma diagnostik texnikalari ishlatilmoqda. Shulardan biri «Testoskan» markali emission kompyuter tomografi bo'lib, u quyidagi texnik imkoniyatlarga ega

---

Tekshirilayotgan obyekt diametri - 240 mm

Detektorlar soni — 8 ta

Proeksiyalar soni - 120 ta

90° burchak ostida surilib-surilib harakatlanadi

Teskari proeksiyali filtratsiya usuli bilan tasvirni qayta tiklaydi

Matritsasining o'lchami — 64x64

Tekislik va tomografik echimi 25 mm dan kam emas

# «Testoskan» apparati tarkibiga kiruvchi hisoblash kompleksi quyidagi imkoniyatlarga ega bo'lgan dasturlar bilan ta'minlanadi:

tekshirish xarakteri va bemor to'g'risida axborotni qabul qilish hamda saqlashni amalga oshiruvchi

pozitsiyalar haqida ma'lumotni qabul qilish, yig'ish va qayta ishlashni amalga oshiruvchi

10 daqiqadan ko'p bo'lmagan vaqtda bir o'lchamli proeksiyalardan ikki o'lchamli proeksiyalarni qayta tiklashni amalga oshiruvchi

ularni ko'rinuvchi qilish va uzoq vaqtga saqlash

operator bilan muloqot va kompleksning ishlashi nazoratini amalga oshiruvchi dasturlar bilan ta'minlanadi

Tadqiqotlarni olib borishda detektor sistemasi tekshirish uchun qulay proeksiyalarga keltirilishi lozim. Boshqaruv pultida 2 ta displeyi bo'lib, ular zarur tasvir va axborotlarni ko'rish imkonini beradi. «PHILIPS» firmasining gamma-kamerali tomograflari BASIC, FORTRAN, NFS MACROS dasturlarida ishlaydigan EHM sistemalari, shuningdek, maxsus PROSESSOR 873 markali gamma-proessorlar bilan ta'minlangan. Quyida zamonaviy gamma-tomografik kameralarning texnik imkoniyatlari bilan tanishamiz. Yani bu yerda «OFEKT—1», «Siemens» firmalarining E.SAM, «Medisor» firmasining «Nucline X-Ring/HR» va «Picker» firmasining PRISM/1000 XP gamma-kameralari imkoniyatlari keltirilgan.

«OFEKT—1» tomografi yadro tibbiyotida qo'llaniladigan hamma tekshirish usullarini bajara oladi:

1. «Statika» rejimida bir va ko'p kadrlar statik tekshirishlarni: Gensossintigrafiya, nefrossintigrafiya, tireossintigrafiya, mammosintigrafiya va boshqalar.

2. «Dinamika» rejimida dinamik rekossintirafiya, gapotobilissintigrafiya va boshqa usullarni tekshirish.

3. «Sikliy dinamika» rejimida kardiossintigrafiya, tenglashtirilgan ventrikulografiya va boshqalarni.

4. «Butun tana» rejimida detektor turli holatlarda o'rnatilishi mumkin, bunda osteossintigrofiya, yumshoq to'qimalarni tekshirish mumkin.

5. «Tomografiya» rejimida bosh miya, jigar, buyrak va boshqa a'zolari frontal, sigittal, koronol ko'ndalang kesimlarda tekshirish mumkin.

# Foydalanilgan adabiyotlar

---

1. A.H. Haydarov, B.B. Goibnazarov, K.Y. Berdieva – Tibbiy jixozlarga texnik xizmat ko'rsatish tizimi-, Tashkent 2019
2. I.I. Mukimjonov, A.R. Khudoyberganov, T. Usmanov —Elektron tibbiyot texnikalarini ta'mirlash, texnik xizmat ko'rsatish —Ibn Sino, 2014
3. K. Yu. Yuldashev, Yu. A. Koulikov. "Fizioterapiya", T., "Ibn Sino", 2018
4. P. R. Ismatullayev, A. N. Maksudov, A. Kh. Abdullayev, B. M. Akhmedov, A. A. Azamov. Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatlashtirish. —Uzbekistan Tashkent 2018
5. Leslie Cromwell, Biomedical Instrumentation and measurement, 2nd edition, Prentice hall of India, New Delhi, 2015.
6. John G. Webster, Medical Instrumentation Application and Design, 4th edition, Wiley India Pvt Ltd, New Delhi, 2015.
7. Joseph J. Carr and John M. Brown, Introduction to Biomedical Equipment Technology, Pearson Education, 2004.
8. Myer Kutz, Standard Handbook of Biomedical Engineering and Design, McGraw Hill Publisher, 2003.
9. Khandpur R.S, Handbook of Biomedical Instrumentation, 3rd edition, Tata McGraw-Hill New Delhi, 2014

---

**E'tiboringiz  
uchun rahmat!**