

**Рахымов Бауыржан Сұлтанбекұлы***bauka.rbs@gmail.com*

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Физика-техникалық факультеті

«Ядролық физика» мамандығының 2-курс магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Ғылыми жетекші – ф.-м.ғ.к, Ph. D - А.А. Баратова

Қазіргі кезде ядролық физиканы зерттеу әдістері адам ағзасын зерттеудің ақпараттық және қауіпсіз әдістерінің бірі болып табылады. Ядролық медицина мен терапияда диагностикалық және терапиялық мақсаттарда адам ағзалары мен жүйелеріндегі патологиялық өзгерістерді анықтау үшін әртүрлі радиоизотоптар белсенді қолданылады. Мұндай зерттеулер үшін радиоизотоптармен таңбаланған қосылыстар кіретін радиофармацевтикалық препараттар қолданылады (РФП). Бұл радиоизотоптар қатерлі және қатерсіз ісіктерді дифференциалды диагностикалау, ісік процесінің таралуын анықтау, рецидивтерді ерте анықтау және емдеудің тиімділігін бағалау үшін қолданылады.

**Тәжірибе әдістемесі.**

Негізгі зерттеу әдісі ретінде ПЭТ әдісі қолданылды - бұл ультра қысқа мерзімді радиоизотоптарды қолдануға негізделген ең жаңа әдіс [1,2]. ПЭТ-тің маңызды компоненті циклотрон болып табылады, бұл позитронды сәулеленетін радиофармацевтикалық препараттарды алуға мүмкіндік береді [3].

Жоғарыда аталған радионуклидтерді қолдана отырып, ПЭТ / КТ және БФЭКТ арқылы пациенттерді қарау Астана қаласындағы «УМС» КФ радиоизотоптық диагностика бөлімінде өткізілді.

Төменде радионуклидтерді алудың негізгі физикалық жағдайларының сипаттамасы келтірілген:  $^{18}\text{F}$  радионуклид  $^{18}\text{O}$  изотоп ядроларын реакцияға сәйкес энергиясы 15 МэВ жеделдетілген протондар сәулесімен сәулелендіру арқылы алынған:



Нысаналық зат ретінде  $^{18}\text{O}$  изотопы бойынша байытылған су пайдаланылды, түзілетін  $^{18}\text{F}$  радионуклиді фторидтің химиялық түрінде тұрақтанады,  $^{18}\text{F}$  ( $[^{18}\text{F}]$ ,  $\text{F}^-$ ). Сәулелендірілетін материалдағы қоспалар ретінде болатын  $^{16}\text{O}$  және  $^{17}\text{O}$  сәулеленудің көрсетілген параметрлері кезінде тиісінше  $^{13}\text{N}$  ( $T_{1/2}(^{13}\text{N}) = 9,96$  мин),  $^{17}\text{F}$  ( $T_{1/2}(^{17}\text{F}) = 70$  с.), радионуклидтер түзілуімен ядролық реакцияларға ұшырайды.:



$^{13}\text{N}$  тұрақтандырудың химиялық формалары азоттекес газ  $[^{13}\text{N}]\text{N}_2$  болып табылады.  $^{17}\text{F}$  радионуклиді фторидтің химиялық түрінде тұрақтанады, фтор-17. фторид,  $^{18}\text{F}$  ( $[^{18}\text{F}]$ ,  $\text{F}^-$ ). Дайындау сәтінде препараттағы  $^{13}\text{N}$  және  $^{17}\text{F}$  құрамы теориялық тұрғыдан 0,01% - дан аспауы тиіс, бұл нысаналы өнімдегі радионуклидті қоспаларды анықтамауға мүмкіндік береді.

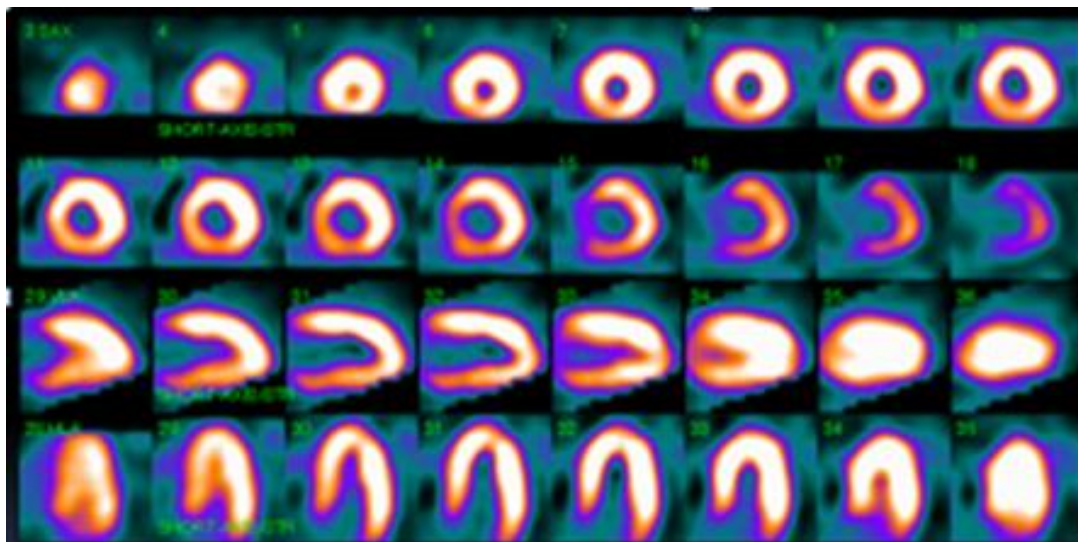
« $^{18}\text{F}$ -FDG» спецификалық емес туморотропты радиофармпрепарат болып табылады және қатерлі ісіктер мен метастаздардың жасушаларында жоғары мөлшерде жиналады, бұл оларға тән гипергликолизбен байланысты [4]. Қатерлі ісік жасушаларында фтордезоксиглюкозаның,  $^{18}\text{F}$  жинақталу дәрежесі олардың қатерлі дәрежесімен байланысты. Препарат сонымен қатар емдеудің әсерін бағалауға мүмкіндік береді, өйткені тиімді емдеу кезінде препараттың ісіктердегі жинақталу деңгейі төмендейді, ал тиімсіз болған жағдайда ол өзгермейді немесе артады.

Фтордезоксиглюкоза  $^{18}\text{F}$  жасушаларға тасымалдаушы ақуыздармен белсенді түрде тасымалданады, онда фтордезоксиглюкоза-6-фосфат,  $^{18}\text{F}$  (FDG) түзіліп, одан әрі реакцияға түспейтін өнім пайда болады және қатерлі ісік жасушаларында сақталады. Өзгермеген тіндер мен мүшелер жасушаларында қалыпты жасушалардан шығарылатын және қайта бөлінуі мүмкін фтордезоксиглюкоз пайда болу үшін дефосфорлану байқалады.

Препаратты көктамыр ішіне енгізгеннен кейін фтордезоксиглюкоза  $^{18}\text{F}$  қан арнасын тез қалдырады және біртіндеп органдар мен тіндерде жиналады. Организмнен фтордезоксиглюкоза  $^{18}\text{F}$  бүйрек арқылы қуыққа шығарылады, сондықтан бүйрек жамбас, несеппағар және қуық қалыпты түрде көрінеді. Енгізілген РФДЗ мөлшерінің 50% - дан астамы инъекциядан кейінгі алғашқы 2 сағат ішінде ағзадан несеппен шығарылады. Мида РФДЗ-ның жоғары жинақталуы кортексте және терең құрылымдарда байқалады, сұр заттағы РФП мөлшері аққа қарағанда 2 есе жоғары. Адамның миокардында препараттың жинақталуы енгізілген препараттың (3÷4)% құрайды. миокард пен миды зерттеу кезінде орган/фонның оңтайлы арақатынасына препаратты көктамыр ішіне енгізгеннен кейін (35-40) минут арқылы қол жеткізіледі және тағы да (25-30) минут сақталады, бұл ПЭТ жүргізу үшін жеткілікті. Ісік/қалыпты тіннің оңтайлы арақатынасы препаратты енгізгеннен кейін (45 – 120) минуттан кейін байқалады және енгізгеннен кейін тағы (240 – 360) минут сақталады [5].

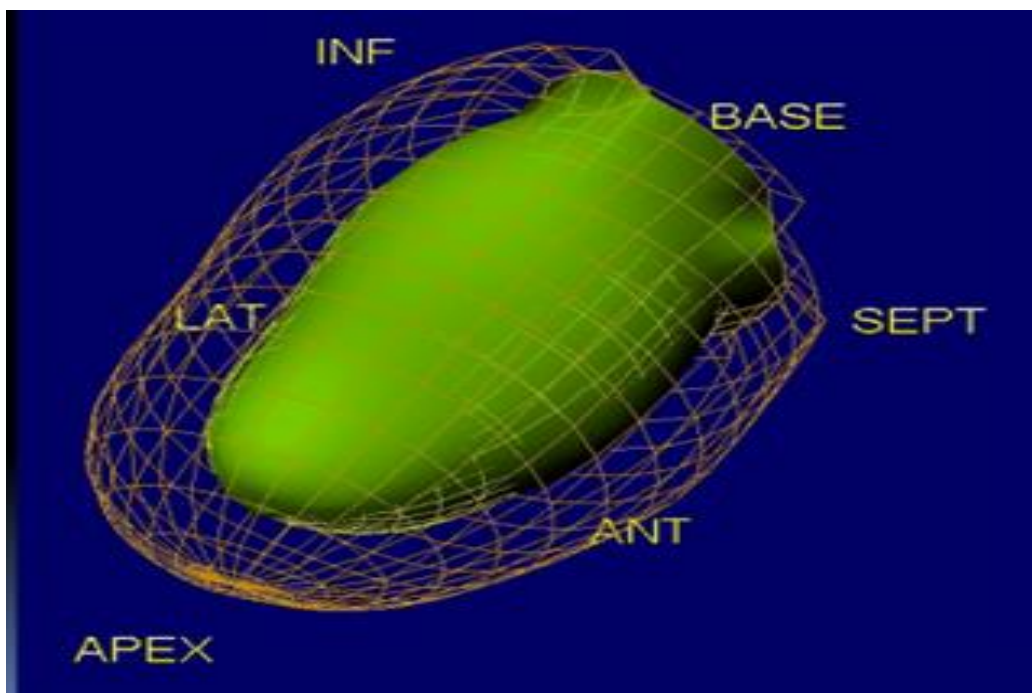
#### **Нәтижелер және оларды талқылау.**

1-суретте БФЭКТ әдісімен  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  негізінде радиофармпрепараттың таралуын зерттеу, перфузиялық сцинтиграфия нәтижелері келтірілген. 49 жастағы науқастың миокардын зерттеу науқастың физикалық белсенділігімен жүргізілді. Мұны жүрек бұлшықетінің глюкозаға деген қажеттілігі пайда болуы үшін жасау керек еді, осылайша РФП жүрек бұлшықетіне жеткізілді. Кескін үш жазықтықта, фронтальды, профильді және көлденең, бірнеше бөлімдерде жасалды. Суретте миокардтың барлық бөліктерінде РФП-ның қалыпты таралуы, шамадан тыс жинақталудың болмауы немесе әлсіз жинақталуы көрінеді, бұл жүрек пен метаболизмнің қалыпты жұмысын көрсетеді.



Сурет 1- БФЭКТ әдісімен дене жүктемесімен миокардтың перфузиялық сцинтиграфиясы.

Дәл сол науқасты физикалық белсенділігі бар миокардтың перфузиялық сцинтиграфиясымен зерттеу жүргізілді, бірақ бұл жағдайда 2-суретте миокардтың көлемді бейнесі көрсетілген. Суретте жүрек бұлшықетінің қабырғалары көлемді ынталандырумен көрінеді. Диагностика субмаксимальді ЖСЖ кезінде РФП ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) енгізілгеннен кейін 12 минутта жүргізілді, жүктеме ЭКГ-GATED ауданында 125 W құрады. Жүректің қалыпты жұмысы, ырғақтың бұзылуы және басқа да ауытқулар анықталды.



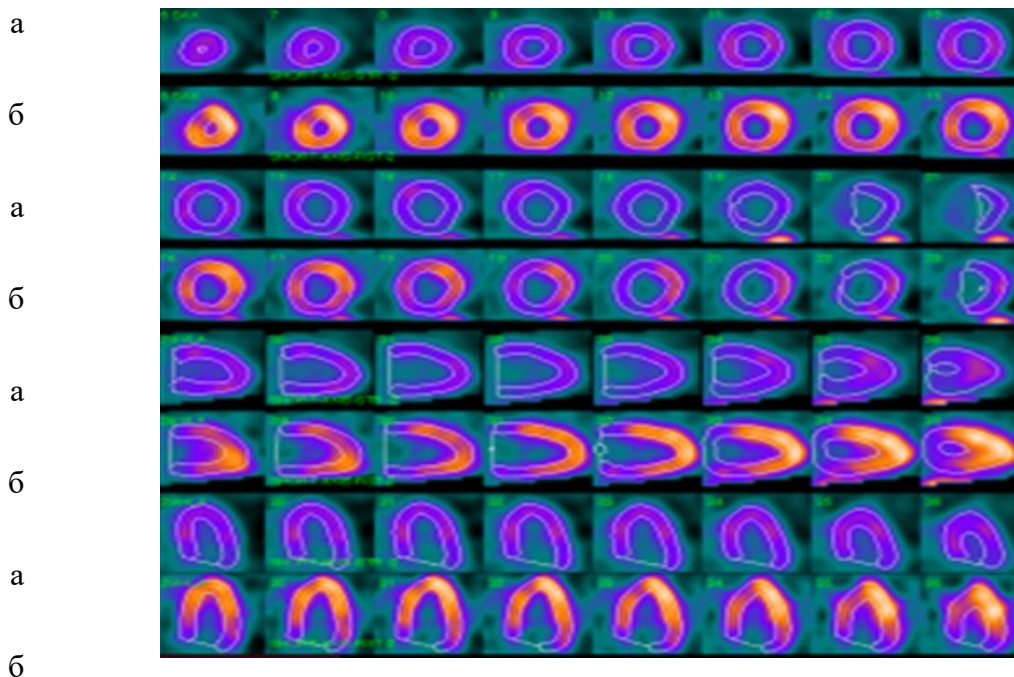
Сурет 2- БФЭКТ әдісімен физикалық жүктемемен миокардтың перфузиялық сцинтиграфиясының көлемді бейнесі.

3-суретте офэкт әдісімен миокардта  $^{99m}\text{Tc}$  радиофармпрепараттың таралу бейнесі көрсетілген. Зерттеу демалу және жаттығу кезінде жүргізілді. Науқастың екі жағдайының суретте кезек-кезек көрсетілген, яғни а – демалу жағдайы, в - физикалық белсенділік жағдайы. Сондай-ақ, сурет үш жазықтықта көрсетілген. Белсенділік пен тыныштық жағдайында глюкозаны тұтыну әртүрлі екенін атап өтуге болады, мұны физикалық белсенділікке биологиялық қажеттіліктермен түсіндіруге болады.

Бірақ сіз жаттығу кезінде миокардтың табиғи емес екенін байқайсыз. Жүрек бұлшықетінің кейбір бөліктерінде РФП жарқылы жоқ, бұл глюкозаның нашар тұтынылуына немесе оның толық болмауына байланысты. Глюкозаның біркелкі тұтынылмауы метаболизмнің бұзылуын көрсетеді, бұл өз кезегінде науқастың диагнозын – стресс стенокардиясын растайды. РФП пайдаланатын ядролық медицинаның клиникалық маңыздылығы мен диагностикалау әдістері онкологиялық аурудың зақымдану орны мен дәрежесін айқын көрсетеді. Бұл уақтылы тексеру терапия мен емдеудің дұрыс жолын таңдауға және ауруды оның сыни дамуына дейін жоюға мүмкіндік береді.

РФП ( $^{99m}\text{Tc}$ ) көмегімен миокард перфузиясын зерттеп, диагноз қоюға болатындығы айтылды. Осылайша, 69 жастағы науқасқа диагноз қойылды: жүректің ишемиялық ауруы, стенокардия. Науқас 2010 және 2012 жылдары миокард инфарктімен ауырған. Сондай-ақ, пациентке тұрақты тұру стенттеу, 2011 жылы ПКА стенттеу, 2012 жылы қайта стенттеу жүргізілді. 5-суретте РФП миокард бойынша БФЭКТ әдісімен үш жазықтықта таралуы көрсетілген.

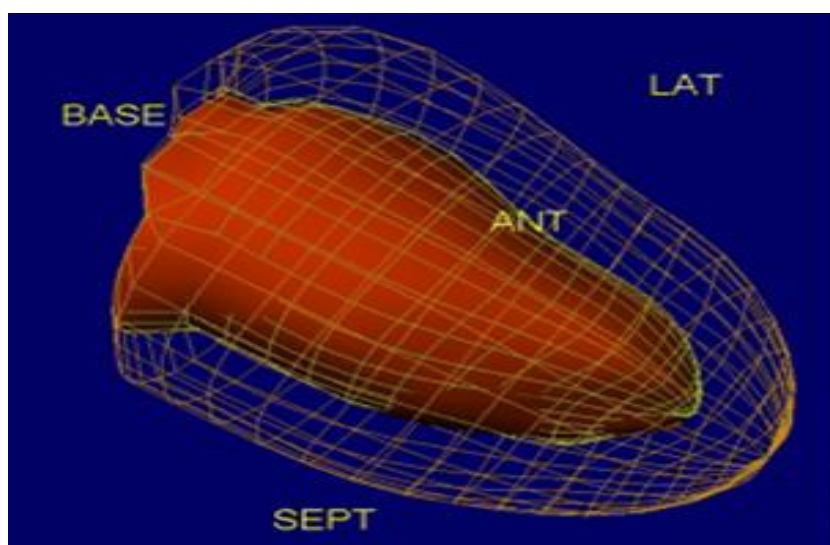
Препараттың біркелкі бөлінбеуі айқын көрінеді, бұл метаболизмнің бұзылуын көрсетеді. Мамандар ЖИА диагнозын қойды-жүректің ишемиялық ауруы және стенокардия. Неғұрлым егжей-тегжейлі зерттеу кезінде жүректің сол жақ қарыншасының перфузиясының бұзылуы анықталды. Зерттеу гамма камерасында  $^{99m}\text{Tc}$  көмегімен жүргізілді.



а-демалу жағдайы, б - дене жүктемесінің жағдайы

Сурет 3-  $^{99m}\text{Tc}$  рфдз бар БФЭКТ әдісімен физикалық жүктемемен және тыныштықта миокардтың перфузиялық сцинтиграфиясы (66 жастағы пациент кернеу стенокардиясы, ФКП диагнозымен)

4-суретте көрсетілген келесі зерттеу - ЭКГ синхрондалған режимдегі миокард сцинтиграфиясы. Диагноз 2-суреттегі науқас сияқты өтті. ЭКГ-GATED режимінде дене жүктемесінің шыңында және тыныштықта жүргізілген зерттеу алдыңғы-септалды қабырғаның апикальды бөлігінің перфузиясының тұрақты бұзылуын (2%) және алдыңғы-апикальды бөліктердің перфузиясының өтпелі бұзылуын анықтады. алдыңғы-бүйірлік қабырға (8%) және төменгі-бүйірлік қабырғаның апикальды бөлігі (2%), алдыңғы және алдыңғы-бүйірлік қабырғаның ортаңғы бөліктерінде және алдыңғы-септалды қабырғаның апикальды бөлігінде. ҚДО-86мл, КСО – 40 мл, ФВЛЖ – 54%. Өтірік қабырғаларының қозғалысының бұзылуы байқалмайды.

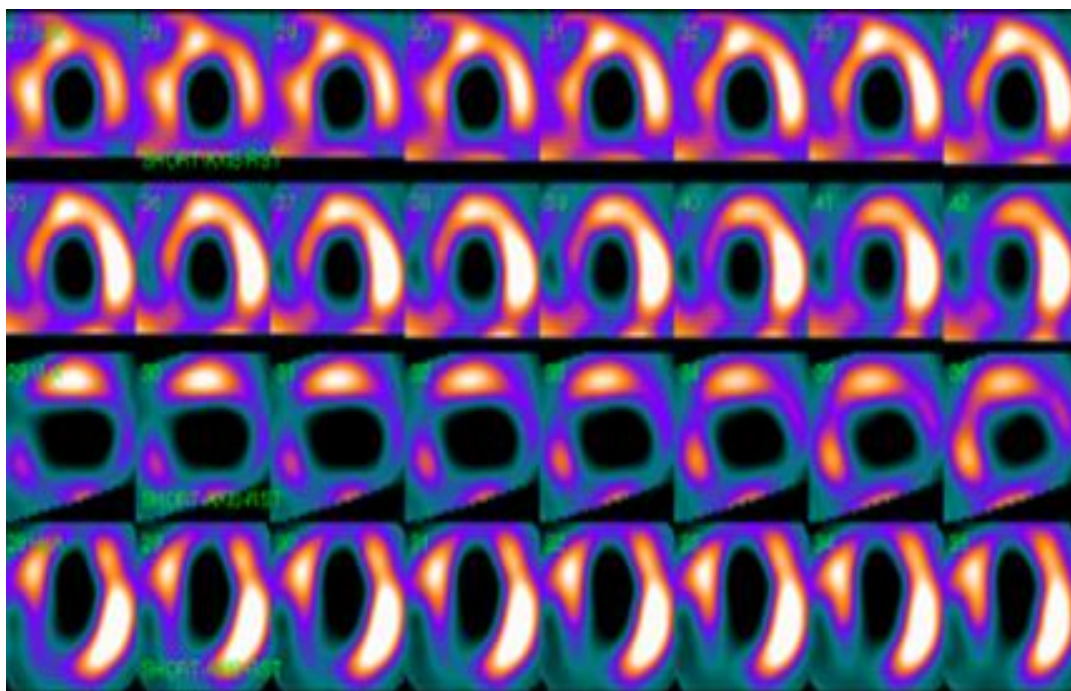


Сурет 4-Дене жүктемесінің шыңында ЭКГ-синхрондалған режимде және Forte гамма-камерасында тыныштықта миокард сцинтиграфиясы

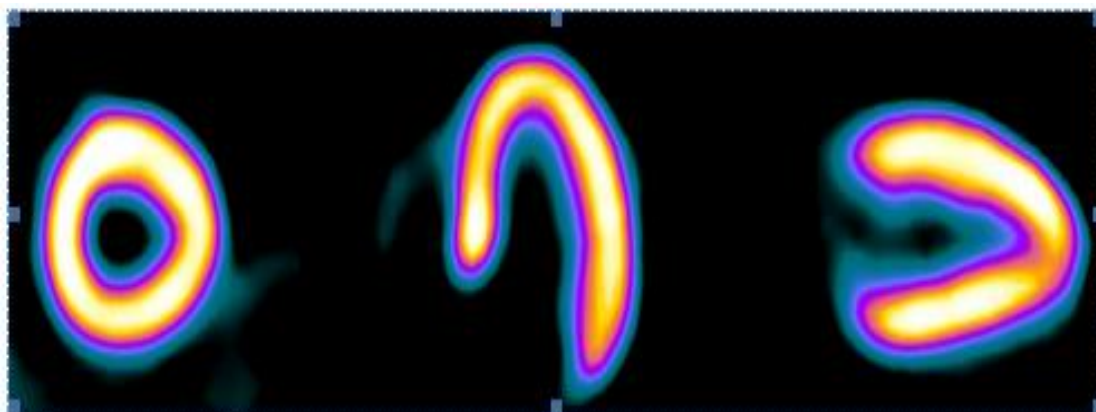
5-суретте көрсетілген зерттеуден кейін науқасқа диагноз қойылды: сол жақ қарыншаның аневризмасы, жоғарғы жағындағы дискинезия. Сол жақ қарыншаның төменгі-бүйір және алдыңғы-бүйір қабырғаларының жоғарғы, апикальды және ортаңғы сегменттерінің перфузиясына дейін перфузияның айқын бұзылуы (34% дейін) диагнозы қойылды. Сондай-ақ, септум мен сол жақ қарыншаның бүйір қабырғаларының ортаңғы сегменттерінің перфузиясының орташа бұзылуы анықталды. КСО - 223 мл, КДО – 181мл, ФВЛЖ – 19%.

6-суретте миокард глюкозасының метаболизмі көрсетілген. Суретте препарат біркелкі, артық жиналмай (дақтарсыз) бөлінгенін көруге болады, бұл жүректің қалыпты жұмысы туралы айтады. Науқастың жүрегі сау және жүректің ишемиялық ауруы туралы теріс болжам бар деп қорытынды жасауға болады.

Миокардтың позитронды-эмиссиялық томографиясы глюкоза-инсулин сорғысын қолдана отырып жүргізілді. Суретте миокардта РФП-ның шамадан тыс жинақталуы жоқ екендігі көрсетілген. Миокард метаболизмінің бұзылуы туралы деректер анықталған жоқ.



Сурет 5- Сол жақ қарыншаның перфузиясының бұзылуы. Кескін  $^{99m}\text{Tc}$  көмегімен гамма-камерада алынды



Сурет 6-  $^{99m}\text{Tc}$  пайдалану кезінде бфэкт миокард метаболизмінің бейнесі

### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Конурбаев Т.Р., Нуркенов С.А., Ибраев К. К., Прмантаева Б.А., Скакова Г.А. М. The production and use of labeled positron-emitting radionuclides of  $^{18}\text{F}$  (FDG) in nuclear medicine// Вестник ЕНУ, №6, 2013. С. 201-207.
2. Конурбаев Т.Р., Нуркенов С.А., Ибраев К.К., Прмантаева Б.А., Скакова Г.А. Производство и применение меченых позитрон-излучающих радионуклидов  $^{18}\text{F}$ (FDG) в ядерной медицине//Сборник материалов международной школы-семинара «Инновационные технологии и исследования, направленные на развитие зеленой энергетики и глубокую переработку продукции», Өскемен, 2013. С. 82-85.
3. Ахметов Е.А., Канафин Г.К., Рыскулова Г.О., Ибраев К.К., Базарбаев Н.А., Нуркенов С.А. «Первый опыт использования позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией в онкологической практике Республики Казахстан»//Материалы IV евразийского радиологического форума, Алматы, 2011. С.61-62.
4. Нуркенов С. А., Кутербекоев К.А. Производство и применение  $^{18}\text{F}$  -FDG методом ПЭТ/КТ в Казахстане// Материалы I международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, производства и применения радиофармацевтических препаратов», Москва, 2015. С. 95-98.
5. Б.В. Забродин, В.Н. Ломасов, А.В. Моторный Радионуклидные методы визуализации.- СПб.: СПбГУ, 2006. - 87 с.