

# Ispitivanje i analize savremenih scintigrafskih metoda sa osvrtom na dijagnostičke procedure koje prognoziraju rizike oboljenja

## Examination and analysis of modern scintigraphic methods with reference to diagnostic procedures that predict disease risks

Darko Manjenčić<sup>1</sup>, Jovana Cvjetković<sup>2</sup>,  
Anja Manjenčić<sup>3</sup>, Vladan Mičić<sup>4</sup>, Rudika Gmajnić<sup>2</sup>,  
Branislav Baškot<sup>5</sup>

1-Akademija vaspitačko-medicinskih strukovnih studija, Odsek tehničkih i tehnoloških studija Kruševac, Srbija  
2-Evropski univerzitet Brčko distrikt, Fakultet za medicine farmaciju i zdravstvo, Brčko, Bosna i Hercegovina  
3-Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet, Beograd, Srbija  
4-Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, Zvornik, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina  
5-Specijalistička ordinacija za nuklearnu medicinu, Ordinacija „Dr Baškot“, Beograd, Srbija

PRIMLJEN: 12.02.2025.  
PRIHVACEN: 02.02.2026.

### APSTRAKT

U okviru nuklearne medicine, kao specifične i savremene grane, lečenje i dijagnostikovanje pacijenata vrši se putem primene radioaktivnih supstanci. Dijagnostički postupci u nuklearnoj medicini primarno se oslanjaju na detekciju fizioloških i patofizioloških promena unutar organizma, što se postiže korišćenjem radioaktivno obeleženih jedinjenja. Radiofarmaci su radioaktivno obeležena hemijska jedinjenja, koja se sastoje od radioaktivnog izotopa i od molekula nosača, koja ima visoki stepen specifičnosti za proces koji se ispituje. U dijagnostici <sup>99m</sup>Tc je već decenijama neprikosnoven, zbog svojih odličnih fizičkih osobina, visokog kvaliteta i lake dostupnosti, a glavni izvor za dobijanje su hromatografski <sup>99</sup>Mo/<sup>99m</sup>Tc generatori. Scintigrafija je metoda kojom dobijamo dvodimenzionalni prikaz (scintigram) raspodele unetog radiofarmaka u telu. S druge strane, jednofotonska emisiona kompjuterizovana tomografija (SPECT) predstavlja kružno gibanje detektora oko tela, uz trodimenzionalni prikaz organa, koji se može promatrati u preseccima, po tri ravni (sagitalna, frontalna i transverzalna), gde se jasnije prikazuje i preciznije lokalizuje eventualni patološki proces. U ovom

Darko Manjencic<sup>1</sup>, Jovana Cvjetkovic<sup>2</sup>,  
Anja Manjencic<sup>3</sup>, Vladan Micic<sup>4</sup>, Rudika Gmajnic<sup>2</sup>,  
Branislav Baskot<sup>5</sup>

1-The Academy of Applied Preschool Teaching and Health Studies, Technical and Technological Studies section, Krusevac, Serbia  
2-European University Brčko, Faculty of Medicine, Pharmacy and Healthcare, Brcko, Bosnia and Herzegovina  
3-University of Belgrade, Faculty of Medicine, Belgrade, Serbia  
4-University of East Sarajevo, Faculty of Technology Zvornik, Zvornik, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina  
5-Specialist practice for nuclear medicine, „Doctor Baskot Practice“, Belgrade

RECEIVED: 12.02.2025.  
ACCEPTED: 02.02.2026.

### ABSTRACT

Within the framework of nuclear medicine, as a specific and modern branch, the treatment and diagnosis of patients is carried out through the application of radioactive substances. Diagnostic procedures in nuclear medicine primarily rely on the detection of physiological and pathophysiological changes within the organism, which is achieved by using radioactively labeled compounds. Radiopharmaceuticals are radioactively labeled chemical compounds, consisting of a radioactive isotope and a carrier molecule, which has a high degree of specificity for the process under investigation. In diagnostics, <sup>99m</sup>Tc has been indisputable for decades, due to its excellent physical properties, high quality and easy availability, and the main source for obtaining it is chromatographic <sup>99</sup>Mo/<sup>99m</sup>Tc generators. Scintigraphy is a method by which we obtain a two-dimensional representation (scintigram) of the distribution of the ingested radiopharmaceutical in the body. On the other hand, single-photon emission computed tomography (SPECT) represents the circular motion of the detector around the body, along with a three-dimensional representation of the organ, which can be observed in sections, in three planes (sagittal, frontal and transverse), where any patho-

### KORESPONDENCIJA / CORRESPONDENCE

Sanja Stanisljević, Cara Lazara 85c/14, 26220 Kovin, Tel. 064 1296375, Imejl: stanisljevic-sanja@gmail.com  
Sanja Stanisljević, Cara Lazara 85c/14, 26220 Kovin, Serbia, Phone: +381 64 1296375, E-mail: stanisljevic-sanja@gmail.com

radu koristili smo gama kameru Diacam – Siemens, predzadnje generacije, sa izvanrednom uniformnosti i rezolucijom dobijene dijagnostičke slike. Na osnovu studijskih prikaza izvršene perfuzijske scintigrafije miokarda – mibi stres i scintigrafije paratireoidnih žlezda, učinjenih pomoću  $^{99m}\text{Tc}$ -sestamibi, došli smo do snimaka, koji su studiozno analizirani i uz pomoć posebnog računarskog programa obrađeni. Dobili smo potpuno uredan nalaz srčanog mišića, dok su planarni snimci vrata i medijastinuma takođe bili bez obolenja, uz oslabljen prikaz nakupljanja radiofarmaka. Sa aspekta važnosti izvršenih scintigrafija, u domenu slikovne dijagnostike u radu je prikazan izuzetan kvalitet dobijenih snimaka. Scintigrafija paratireoidnih žlezda je ključna u otkrivanju poremećaja paratireoidnih žlezda, te služi i kao preoperativna metoda. Kao grana medicine sa najdinamičnijim razvojem, nuklearna medicina donosi revoluciju u lečenju različitih maligniteta. Za razliku od standardne hemoterapije, ovaj svestrani pristup nudi visoku efikasnost uz minimalne neželjene efekte, što je ključno za starije pacijente kojima su produžetak života i očuvanje primarni ciljevi.

**Ključne reči:** nuklearna medicina; radiofarmaceutici; radionuklidno snimanje; jednofotonska emisiona kompjuterizovana tomografija; tehnecijum.

## UVOD

Nuklearna medicina svoj nastanak i kontinuirani uspon duguje revolucionarnim otkrićima u okviru tehničkih i prirodnih nauka, čime je transformisan pristup dijagnostici i terapiji. Za to su bili posebno važni: otkriće radioaktivnosti, proizvodnja veštačkih radioaktivnih elemenata u nuklearnom reaktoru i ciklotronu, proizvodnja radioaktivno obeleženih spojeva (radiofarmaceutika), razvoj brojača za merenje radioaktivnosti i uređaja za scintigrafiju, te razvoj informatičkih metoda. Svi izotopi jednog elementa, radioaktivni i neradioaktivni, imaju gotovo jednaka hemijska svojstva. S obzirom na to da organizam ne pravi razliku između radioaktivnih i stabilnih izotopa istog elementa, oni prate identične metaboličke puteve i tokove cirkulacije. Ova osobina omogućava radionuklidima da funkcionišu kao precizni markeri za vizuelizaciju unutrašnjih fizioloških procesa. Zbog njihove radioaktivnosti možemo ih meriti, pratiti i tako ispitati biološke mehanizme, puteve promene supstance ili cirkulacije. S obzirom na to da organizam ne pravi razliku između različitih izotopa istog elementa tokom metaboličkih procesa, moguće je koristiti radionuklide u minimalnim dozama. Ove količine su toliko niske da nemaju nikakav uticaj na prirodne fiziološke tokove u telu. To važno načelo radioaktivnih obeleživača (indikatora) otkrio je i dalje razvijao Georg de Hevesy u dvadesetim i tridesetim godinama ovog veka. Za ta je otkrića, 1943. godine primio Nobelovu nagradu.

Radiofarmaceutici su medicinski preparati radionuklida koji se daju bolesnicima u dijagnostičke ili terapijske svrhe.

logical process is more clearly displayed and localized more precisely. In this work, we used a Diacam - Siemens gamma camera, the penultimate generation, with extraordinary uniformity and resolution of the obtained diagnostic image. Based on the study reports of perfusion scintigraphy of the myocardium - mibi stress and scintigraphy of the parathyroid glands, performed using  $^{99m}\text{Tc}$  - sestamibi, we came to the recordings, which were studiously analyzed and processed with the help of a special computer program. We obtained a completely normal finding of the heart muscle, while the planar images of the neck and mediastinum were also free of disease, with a weakened display of radiopharmaceutical accumulation. From the perspective of the importance of scintigraphies performed, in the field of imaging diagnostics, the paper shows the exceptional quality of the images obtained. Scintigraphy of the parathyroid glands is crucial in detecting disorders of the parathyroid glands, and also serves as a preoperative method. As a branch of medicine with the most dynamic development, nuclear medicine brings a revolution in the treatment of various malignancies. Unlike standard chemotherapy, this versatile approach offers high efficacy with minimal side effects, which is crucial for elderly patients for whom life extension and preservation are primary goals.

**Key words:** nuclear medicine; radiopharmaceuticals; radionuclide imaging; single photon emission computed tomography; technetium.

Mehanizmi biodistribucije radiofarmaceutika u telu vrlo su različiti i zavise od hemijskih svojstava jedinjenja u kojem je ugrađen radioaktivni izotop.<sup>1</sup> S gledišta zaštite od zračenja radiofarmaceutici su otvoreni izvori zračenja. Otvoreni izvori se transportuju u posebnoj ambalaži (bočice, olovni spremnici...), a na mestu primene raspodeljuju se u pojedinačnim dozama i daju bolesnicima. Rukovanje pri raspodeli i izlučivanju iz tela bolesnika može biti uzrok kontaminacije okoline. Zatvoreni izvori su trajno spremljeni i sigurno upakovani, npr. Co-60 u uređaju za tele-kobaltnu terapiju.<sup>2</sup>

Nuklearna medicina se razvila u toku poslednjih decenija kao nova medicinska specijalnost. Definiše se kao specijalistička grana i medicinsku delatnost koja se koristi primenom otvorenih radionuklida (radiofarmaceutika), znanjima o njihovoj biodistribuciji u telu i specijalnom brojačkom opremom za dijagnostiku, lečenje i istraživanje bolesti. Radioaktivnost koju dajemo bolesniku u dijagnostičke svrhe važna nam je za ispitivanje mehanizama biodistribucije i donošenje zaključaka važnih za dijagnozu bolesti.<sup>3,4</sup> Biti starija osoba nije i nikada ne sme biti apsolutna kontraindikacija za istraživanje metodama nuklearne medicine. Zbog efikasnog zdravstvenog sistema i stalnog poboljšanja uslova života, broj starijih osoba u Evropi raste i nastaviće da raste. Pre četrdeset godina stariji nisu smatrani kandidatima za inovativne nuklearno-dijagnostičke procedure. Danas se sama starost više ne može smatrati razlogom za uskraćivanje neophodne brige za starije. Godine su postale irelevantne u terapijskim odlukama. Razuman cilj moderne medicine bio bi održavanje visokog kvaliteta života unutar ograničenog životnog veka. Starenje je postepen

proces, a ne bolest, a duži život prirodno je povezan s većim troškovima. Stoga se očekuje da će potražnja za medicinskim uslugama, namenjenim starijim osobama, eksponencijalno rasti.

Izbor pregleda nuklearne medicine prema mogućim budućim terapijama trebalo bi biti odgovornost multidisciplinarnog tima, uzimajući u obzir stanje pacijenta i odnos između rizika i koristi. Svaki pacijent ima pravo na individualnu procenu i lečenje, na osnovu standarda medicinske nege. Trebalo bi obezbediti nove metodologije i smernice, kako bi se olakšale buduće aktivnosti merenja, koje bi mogle identifikovati dodatna pravila i nepotrebne usluge. Zbog demografskih trendova, razumno je očekivati da će kliničari brinuti o sve većem broju starijih osoba sa izazovnim dijagnostičkim problemima.<sup>5</sup> Više od 33% pacijenata u poslednjem mesecu života podvrgnuto je barem jednoj skupoj proceduri snimanja (PET, CT ili MRI). Proteklih godina na odelima nuklearne medicine zabeleženo je povećanje broja istraživanja kod starijih osoba. Upotreba PET/CT se povećala za nekoliko indikacija u kliničkoj praksi, posebno kod raka i starijih osoba. Povećanje broja nuklearnomedicinskih pregleda starijih pacijenata ne može se odnositi samo na demografske promene, već na prošireni pristup tehnologiji za pacijente starije životne dobi.<sup>6</sup>

## SCINTIGRAFIJA / SPECT – SLIKOVNA DIJAGNOSTIKA

Scintigrafija je nuklearnomedicinska dijagnostička slikovna metoda za snimanje biodistribucije radiofarmaceutika u telu. Distribucija prethodno apliciranog radiofarmaceutika prati se putem eksternih mernih uređaja koji registruju zračenje u određenim vremenskim intervalima. Finalni rezultat ovog postupka je snimak koji precizno prikazuje akumulaciju supstance u ispitivanom organu. Scintigrafski snimak naziva se scintigramom. Dok klasičan scintigram pruža dvodimenzionalnu mapu radioaktivnosti unutar posmatranog organa, primena tomografskih metoda omogućava uvid u njenu prostornu, trodimenzionalnu distribuciju. Ovim se postiže znatno veća preciznost u lokalizaciji promena.<sup>7</sup>

### Gama – kamera

Nekoliko godina nakon uvođenja scintilacijskog detektora, Hal O. Anger ostvario je svoje ideje električnog pozicioniranja i fotomultiplikacije signala, te konstruisao prvu „scintilacijsku gama – kameru”. Nakon što ispitanik primi radiofarmaceutik, koji se nakupio u određenom organu, organ emituje gama-zrake u svim smerovima. Kada jedan od gama-zraka, nakon prodora kroz ispitanikova tkiva, izađe izvan njegovog tela, prolazi kroz kanale kolimatora, te udara u pločasti kristal detektora i tu se apsorbuje, tj. predaje mu svoju energiju. U kristalu natrijum jodida (koji je aktiviran talijem) to dovodi do scintilacije, do emisije svetlosnog bleska. Scintilacija koja je nastala u kristalu je dovoljno snažna da je registruju fotokatode svih fotomultiplikatorskih cevi detektora, koje su obično poredane

u heksagonalnu mrežu. Izlazni električni signali, fotomultiplikatora, nose informaciju o položaju ishodišta gama-zraka. Te informacije će se nakon izlaska iz pulsno – aritmetičkih elektronskih krugova pojaviti kao analogni signali. Svi signali iz fotomultiplikatora sabiraju se u zbirni z signal i on prolazi kroz proveru u analizatoru visine impulse.<sup>8,9</sup> U energičnom prozoru se postiže selektovanje samo onih impulsa koji odgovaraju radionuklidu koji se koristi, dok se rasuto zračenje većim delom odbacuje. Celi taj postupak ponavlja se na stotine ili hiljade puta svake sekunde za gama-zrake, koji dolaze iz raznih delova organa. Slika organa na katodnoj cevi osciloskopa sastavljena je od mnogo tačkica, koje se na ekranu mogu fotografisati. Slika se još u toku snimanja može skladištiti radi dalje obrade.

### Uloga radionuklida i radiofarmaceutika u savremenoj dijagnostici i terapiji-99mTc

Status najčešće korišćenog izotopa u dijagnostičke svrhe već dugi niz godina opravdano pripada tehnecijumu-99mTc. Široka zastupljenost ovog radionuklida proističe iz njegove visoke ekonomske isplativosti i lake distribucije putem 99Mo/99mTc generatora. Uz vrhunski kvalitet prikaza i optimalne fizičke karakteristike, on predstavlja najpraktičnije rešenje za većinu nuklearnomedicinskih centara.<sup>10</sup> Nuklearna medicina više nije rezervisana isključivo za dijagnostičke svrhe, ona sve intenzivnije razvija svoj terapijski potencijal. Osnovni mehanizam delovanja počiva na usmeravanju jonizujućeg zračenja direktno u tumorsko tkivo, čime se postiže maksimalno oštećenje patoloških ćelija uz očuvanje zdravih organa. Osnovne medicinske oblasti primene radioaktivnih lekova su onkologija, endokrinologija i reumatologija, a u novije vreme i kardiologija.<sup>11</sup> Poznat je niz radiofarmaceutika na bazi 99mTc. Počev od prve generacije radiofarmaceutika, relativno jednostavnog sastava, koloida i čestica kojima su praćene osnovne fiziološke funkcije organizma, došlo se već do treće, koja uključuje obeležena monoklonska antitela, peptide i druge biološki aktivne molekulske nosače, koji učestvuju u metaboličkim i fiziološkim procesima u organizmu. Tabela 1. sumira najznačajnije indikacije i preporučene opsege aktivnosti za različite oblike radiofarmaceutika obeleženih tehnecijumom 99mTc (MBq 99mTc /test).

**Tabela 1.** Pregled najznačajnijih radiofarmaka obeleženih sa 99mTc, njihovih indikacija i preporučeni opsezi doziranja.

Indikacija	Hem. oblik RF*	Maksimalna propisana aktivnost (MBq)
Scintigrafija mozga (SPECT)	DTPA, glukonat, glucoheptonat	500
Scintigrafija tireoidee	Pertehnetat	200
Scintigrafija miokarda (SPECT)	MIBI, tetrofosmin	300
Scintigrafija pluća (SPECT)	MAA makroagregat	200
Scintigrafija jetre (SPECT)	Koloid	200
Renalna scintigrafija (statička)	DMSA	160
Scintigrafija kostiju (SPECT)	PIP, MDP, DPD	800
Scintigrafija tumora	DMSA	400

\*RF- radiofarmaceutik, SPECT- single photon emission computed tomography; DTPA - dietilentriaminpentasilirćetna

kiselina, MIBI – metoksi - izobutil - izonitril, MAA - humani serum albumin agregat, DMSA - dimerkaptoćilibarna kiselina, PiP - pirofosfat; MDP- metilendifosfonat; DPD - dikarbok-sipropandifosfonat

### Metod rada

Dijagnostički proces realizovan je primenom gama kamere Siemens DIACAM. Uređaj je izabran zbog dokazano dobrih karakteristika u pogledu rezolucije i ujednačenosti polja (uniformnosti), čime je postignuta visoka pouzdanost rezultata. Proces obrade i rekonstrukcije snimaka oslanja se na modernu računarsku platformu, čime se postiže visok nivo preciznosti u interpretaciji rezultata dobijenih tokom pregleda. Zahvaljujući ovim performansama, uređaj uspešno odgovara na najsloženije dijagnostičke izazove u nuklearnoj medicini, pružajući lekarima specijalistima precizne informacije neophodne za postavljanje dijagnoze.

### Distribucija radiofarmaceutika – 99mTc

Dobijanje tehnecijuma-99m vrši se u namenskoj laboratoriji (vrućoj sobi) putem eluiranja izotopskog 99Mo/99mTc generatora (proizvođača Institut Vinča). Kao eluens se koristi sterilni fiziološki rastvor (0,9% NaCl). U eluatu 99mTc se nalazi u obliku natrijumperthetata (Na99mTcO4) i ima valencu +7. Ima konfiguraciju piramidalnog tetraedra sa Tc7+ smeštenim u centru i 4 kiseonikova atoma na vrhu i uglovima piramide. Hemijski, [99mTc] NaTcO4 je nereaktivan i ne obeležava niti jedan spoj direktnim dodavanjem. Za obeležavanje jedinjenja s [99mTc] TcO-4, potrebna je redukcija 99mTc iz oksidacionog stanja +7 u niže oksidaciono stanje. U tu svrhu se koriste razna redukcijska sredstva poput kositrenog hlorida, kositreni citrat, kositreni tartarat, koncentrirani HCl, natrijev borohidrat, ditionit, gvožđe sulfat. Najčešće korišteno redukcijsko sredstvo u većini priprema 99mTc-obeđenih jedinjenja je upravo kositreni hlorid. To je najstabilniji oblik ovog nuklida. Generator 99Mo/99mTc se zasniva na principu radioaktivnog raspada dugoživećeg roditelja – 99Mo i nastajanju kratkoživećeg potomka – 99mTc, sa vremenom poluraspada od 6,02 sata. Generator je projektovan tako da: bude bezbedan i jednostavan za rukovanje i transport, da proizvodi 99mTc velike radiohemijske i radionuklidne čistoće, da ima mogućnost za što veći broj eluiranja uz dobru reproduktivnost, kao i da bude sterilan i nezapaljiv. Primenom generatora rešava se problem vezan za transport i isporuku kratkoživećih radionuklida.<sup>12,13</sup>

### Rezultati

Na osnovu izvršenih scintigrafskih snimanja miokarda i paratireoidnih žlezda, u nastavku rada će biti definisane scintigrafske metode, sa osvrtom na pripremu pacijenta i postupak snimanja, uz interpretaciju priloženih snimaka.

## PERFUZIJSKA SCINTIGRAFIJA MIOKARDA – MIBI STRES

Princip perfuzione scintigrafije miokarda zasniva se na detekciji i slikovnom beleženju akumulacije radioaktivnih markera u miokardu levog ventrikula. Danas se najčešće koriste: sestamibi (metoksi-izobutil-izonitril, MIBI) i tetrofosmin, obeleženi radioizotopom tehnecijuma - 99m (99mTc MIBI i 99mTc - tetrofosmin).<sup>14</sup>

### Priprema pacijenta

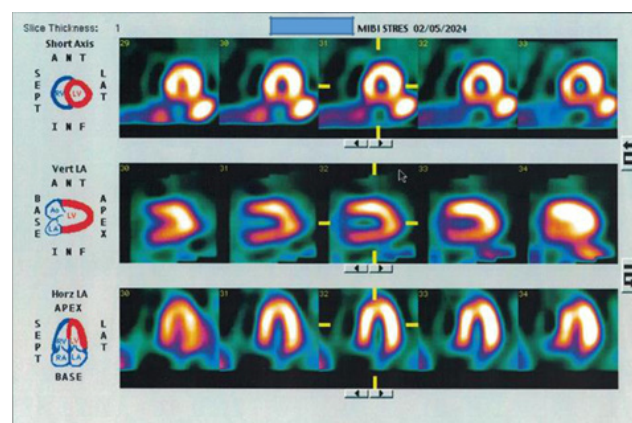
Pre pretrage pacijent ne sme piti napitke s kofeinom. Preporučuje se, takođe, da oko 3 sata pre testa ne jede, ali sme piti vodu. Prekinuti uzimanje lekova iz grupe beta-blokatora, 24 do 28 sati pre snimanja. Upozoriti ukoliko misli da ne može voziti bicikl (farmakološki test opterećenja) i ukoliko je u drugom stanju. Poželjno je da sa pacijentom u pratnji nisu trudnice i deca. Potrebno je da priloži medicinsku dokumentaciju, sa obaveznim nalazom specijaliste kardiologa.

### Postupak snimanja

Farmakološki test opterećenja izvodi se bicikl ergometrom, primenom leka adenzina. Adenzin inhibira mnoge fiziološke procese delovanjem na svoje receptore. U nuklearnoj kardiologiji adenzin koristi se kao vazodilatator, jer povećava protok krvi kroz srčani mišić 4 do 5 puta kod prohodnih, zdravih krvnih žila, te u nešto manjoj meri u stenoziranim krvnim žilama.<sup>15</sup>

### Interpretacija snimaka

Na osnovu studijskih prikaza, dobijene snimke perfuzijske scintigrafije miokarda – MIBI STRES, prosledili smo dr. sci medicine, koji ih obrađuje, te određuje da li je potrebno snimanje u mirovanju (MIBI REST), na temelju izgleda dobijene trodimenzionalne slike, po tri ravni (SPECT). Dobili smo prikaz potpuno zdravog srčanog mišića, što će se na osnovu snimka moći i zaključiti (Slika 1).



Slika 1. Ispitivanje perfuzije miokarda metodom SPECT (MIBI STRES) realizovano je pomoću 99mTc – MIBI, uredan nalaz (izvor: Specijalistička ordinacija za nuklearnu medicinu, Ordinacija „Dr Baškot“).

## SCINTIGRAFIJA PARATIREOIDNIH ŽLEZDA

U nuklearnoj medicini, scintigrafija se koristi kao primarni alat za dijagnostikovanje tumora i hiperplazije paratireoidnih žlezda. Postupak se zasniva na vizuelnom prikazu distribucije radiofarmaceutika u regijama gde je hormonska aktivnost povišena. Zbog intenzivnije razmene materija, patološki izmenjene ćelije paratireoidnih žlezda vezuju veće količine radiofarmaka od okolnog tkiva. Taj proces omogućava njihovu identifikaciju u obliku vrućih zona na dobijenom dijagnostičkom snimku.<sup>16</sup>

### Priprema pacijenta

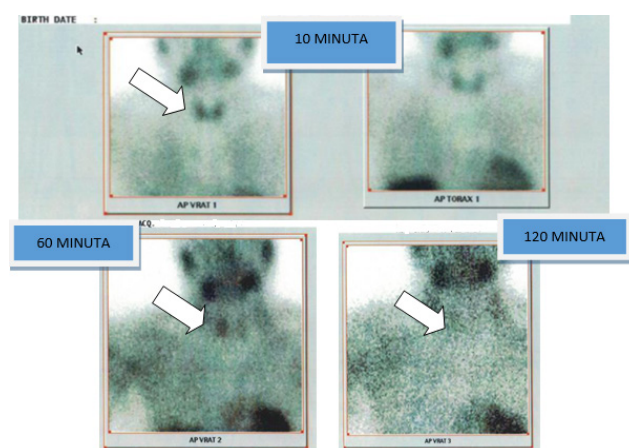
Pacijent treba da uzima sve lekove koje inače uzima, da se obuče udobno, sa što manje nakita, naročito oko vrata. Potrebno je da ponese medicinsku dokumentaciju i obavezno nalaz specijaliste, koji preporučuje scintigrafiju paratireoidnih žlezda. Upozoriti ukoliko je u drugom stanju!

### Postupak snimanja

Za potrebe snimanja koristi se gama-kamera širokog vidnog polja, opremljena LEHR kolimatorom (low energy, high resolution). Ovakva konfiguracija omogućava detekciju niskoenergetskog zračenja uz održavanje visokog nivoa detalja na snimku. Vidno polje detektora mora biti centrirano tako da uključuje kompletan vratni deo i medijastinum. Ovakav pristup je presudan za detekciju ektopičnih lezija.

### Interpretacija snimaka

Prikaz studije, odnosno snimaka koje smo prikazali u interpretaciji ukazuju na urednost nalaza scintigrafije paratireoidnih žlezda, uz oslabljen prikaz nakupljanja radiofarmaceutika (Slika 4).



Slika 4. Planarnih scintigrama vrata i medijastinuma (10, 60 i 120 minuta po aplikaciji  $^{99m}\text{Tc}$  MIBI-ja). (izvor: Specijalistička ordinacija za nuklearnu medicinu, Ordinacija „Dr Baškot“, Beograd).

## SCINTIGRAFIJA SKELETA

Kao neinvazivna i komforna dijagnostička metoda, scintigrafija skeleta omogućava vizuelizaciju koštanog sistema nakon intravenske primene radiofarmaka na bazi difosfonata. Ovaj postupak pruža dragocen uvid u metaboličku aktivnost kostiju bez neprijatnosti po pacijenta. Glavna prednost ove dijagnostičke metode je njena izuzetna osetljivost, koja omogućava identifikaciju koštanih lezija ili trauma čim dođe do početnih metaboličkih promena. Ipak, niska specifičnost zahteva oprez pri interpretaciji, jer različiti patološki procesi mogu dati sličan scintigrafski nalaz.<sup>17</sup>

### Priprema pacijenta

Pre početka dijagnostičkog procesa, neophodno je sagledati opšte stanje pacijenta, s posebnim osvrtom na simptome poput akutnog bola ili ograničene pokretljivosti, koji mogu ometati mirno ležanje i narušiti oštrinu snimka. Trudnoća predstavlja apsolutnu kontraindikaciju, dok se pacijentkinjama koje doje savetuje privremena obustava dojenja u trajanju od jednog dana nakon aplikacije markera.<sup>18</sup>

### Postupak snimanja

Standardni postupak snimanja kostiju podrazumeva upotrebu gama-kamere sa dva detektora i kolimatora visoke rezolucije, pri čemu se snimanje vrši nekoliko sati nakon davanja markera. Ukoliko klinička slika ukazuje na upalu, primenjuje se troetapni protokol koji prati distribuciju izotopa kroz različite vremenske faze.

## ZAKLJUČAK

U savremenoj nuklearnoj medicinskoj praksi tehnećijum- $^{99m}\text{Tc}$  se profilisao kao radionuklid prvog izbora. Paralelno s tim, njegov derivat  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI zauzima centralno mesto u dijagnostičkim protokolima, zahvaljujući svojoj izuzetnoj efikasnosti i svestranosti. U ovom radu predstavljene su imidžing dijagnostičke metode perfuzijske scintigrafije miokarda, scintigrafije paratireoidnih žlezda, uz posmatranje distribucije aplikovanog radiofarmaceutika pacijentu, kao i hibridne jednofotonske emisije tomografija kompjuterizovana tomografija (SPECT/CT) somatostatinskih receptora, gde su lezije jetre pokazale izraženu metaboličku aktivnost. Interpretirali smo dobijene snimke SPECT-a miokarda, uz fiziološki, potpuno normalan nalaz, sa očuvanim i zdravim srčanim mišićem, dok su studije snimaka scintigrafije paratireoidnih žlezda bile bez znakova oboljenja, uz oslabljen prikaz nakupljanja radiofarmaceutika. Za scintigrafiju skeleta koriste se difosfonati i polifosfati obeleženi radionuklidom tehnećijum- $^{99m}\text{Tc}$ , koji se najčešće koristi u konvencionalnoj nuklearnoj medicini zbog kratkog vremena poluraspada od 6 sati i energije gama zraka koja je povoljna za snimanje gama-kamerom. Skeniranje kostiju, u okruženju preloma kompresije pršljenova u starijoj populaciji, dodaje vredne informacije o starosti preloma,

može otkriti okultne frakture i kasnije može uticati na upravljanje pacijentom. Trebalo bi uzeti u obzir idealno vreme za skeniranje, jer u nekim slučajevima kod akutnih preloma do šest dana nakon traume nije dokazano povećanje apsorpcije ili samo upijanje slabog intenziteta. Od prvih saznanja o fenomenu radioaktivnosti, nuklearna medicina prolazi kroz neprekidnu seriju transformacija i epohalnih dostignuća, čija dinamika razvoja ne jenjava ni danas. Ono što se danas sa sigurnošću može reći, jeste da je nuklearna medicina najnapredniji i nenadmašiv novi saveznik u postavljanju rane dijagnoze. Trebalo bi obezbediti nove metodologije i smernice kako bi se olakšale buduće aktivnosti merenja koje bi mogle identifikovati dodatna pravila i nepotrebne usluge.

## LITERATURA

1. Hennig K, Woller P, Franke W. Nuclear medicine - in a nutshell. Jena: G Fischer V, 1991. (in German).
2. International Atomic Energy Agency, World Health Organization, International Labour Office. Manual on early medical treatment of possible radiation injury. Safety Series No. 47. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1987.
3. Dinan M, Curtis L, Carpenter W, et al. Variations in use of PET among Medicare beneficiaries with non-small cell lung cancer, 1998-2007. *Radiology* 2013; 267: 807-17.
4. Hu Y, Kwok A, Jiang W, et al. High-cost imaging in elderly patients with stage IV cancer. *J Natl Cancer Inst* 2012; 104: 1164-72.
5. Morley J. Frailty: diagnosis and management. *J Nutr Health Aging* 2011; 15: 667-70.
6. Hu Y, Kwok A, Jiang W, et al. High-cost imaging in elderly patients with stage IV cancer. *J Natl Cancer Inst* 2012; 104: 1164-72.
7. Gottschalk A, Hoffer P, Potchen E, Berger H. Diagnostic nuclear medicine. Baltimore: Williams & Wilkins, 1988.
8. Murray I, Ell P. Nuclear medicine in clinical diagnosis and treatment, Edinburgh: Churchill Livingstone, 1995.
9. Gelfand M, Thomas S. Effective use of computers in nuclear medicine. New York: McGraw-Hill Book Co, 1988.
10. Vučina J, ur. Tehnecijum-99m generator na bazi molibdena-99 visoke specifične radioaktivnosti. Proizvodnja, kontrola i vidovi primene. Edicija Radionuklidi i radiofarmaceutici u medicini. Beograd: Institut za nuklearne nauke Vinča, 2003.
11. Đokić D. Tehnecijum u radiofarmaciji. U: Vučina J, ur. Tehnecijum-99m generator na bazi molibdena-99 visoke specifične radioaktivnosti. Proizvodnja, kontrola i vidovi primene. Edicija Radionuklidi i radiofarmaceutici u medicini. Beograd: Institut za nuklearne nauke Vinča, 2003: 85-116.
12. Vučina J, Han R. Primena radionuklida u terapiji. *Med Pregl* 2001; 10: 245-50.
13. Teofilovski Č, Vučina J, Vuksanović Lj. Proizvodnja radionuklida. U: Perović-Nešković, ur. Pola veka Instituta Vinča (1948-1998). Beograd: Institut za nuklearne nauke Vinča, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 2000; 164-8.
14. Lyons K, ed. Cardiovascular nuclear medicine. Norwalk: Appelton & Lange, 1988.
15. Pennell D, Underwood R, Costa D, Ell PJ. Thallium myocardial perfusion tomography in clinical cardiology. London: Springer V, 1992.
16. Basarab R. The evolving role of parathyroid scintigraphy. *Clin Nucl Med* 1990; 14: 58.
17. Koppula B, Morton K, Al-Dulaimi R, Fine G, Damme M, Brown R. SPECT/CT in the evaluation of suspected skeletal pathology. *Tomography* 2021; 7: 581-605.
18. Zhao Y, Zhang T, Tang P. Diagnostic value of SPECT/CT bone imaging in fresh osteoporotic vertebral compression fractures. *Hell J Nucl Med* 2022; 25: 138-42.