
SCINTIGRAFIJA SKELETA – PROTOKOL PREISKAVE

Ksenija Šlibar, dipl. Inž. rad., Klinični institut za radiologijo, Klinični center Ljubljana,
Zaloška 7, 1000 Ljubljana

Izvleček

Scintigrafija kosti je najbolj razširjena nuklearno medicinska preiskava. Najpogosteje se uporablja, kot zelo občutljiva diagnostična metoda pri bolečinah v kosteh in pri ugotavljanju razširjenosti malignih bolezni kot so: rak dojke, prostate in drugi. V več primerih je za ugotavljanje bolezni kosti primernejša kot klasično rentgensko slikanje. Prav tako daje podatke o presnovnih spremembah kosti preiskanih s klasičnim rentgenskim slikanjem, s CT-jem ali MR.

Scintigrafija kosti, kot jo izvajamo danes, se je razvijala od leta 1980, ko so bili v klinično uporabo uvedeni z ^{99m}Tc označeni farmaki in se izboljševala vzporedno z izboljševanjem slikovnih tehnik. Vsaka nova generacija gama kamer je izboljšala kvaliteto scintigrafskih posnetkov. Enofotonska emisijska tomografija nadgrajuje planarno slikanje s prikazom podatkov v treh ravninah in izboljša kontrastnost. Trofazna tehnika snemanja s prikazom prekrvavitve in krvnega prostora doda fiziološke informacije, koristne za diagnozo in izbiro zdravljenja.

Abstract

The bone scan is the most universally performed nuclear medicine procedure. It is most often used as a high sensitivity examination when patients complain of pain of osseous origin and in staging of breast, prostate and other cancers. In most clinical situations the bone scan outperforms conventional X-ray, CT or MRI.

Current clinical bone scanning has developed since the clinical introduction of technetium- 99m -labelled tracers in 1980, and has progressed alongside improvements in imaging techniques. Each new generation of gamma cameras has provided the nuclear medicine practitioner with improved bone scan images. The use of single photon emission computed tomography enhances the planar bone scan by providing cross-sectional anatomical detail and image contrast. The radionuclide angiogram and the blood pool of the three-phase technique provide additional physiologic information useful for both diagnosis and management decision.

Ključne besede: scintigrafija kosti, 99m Tc- difosfonat, radionuklidna angiografija (RNA), krvni prostor (BP), enofotonska emisijska računalniška tomografija (SPECT).

1 UVOD

Scintigram skeleta je nuklearno medicinska preiskava, ki prikaže osnovno reakcijo kosti na bolezen ne glede na to, ali gre za novotvorbo, mehansko preobremenitev, poškodbo, vnetje. Kopičenje radiofarmaka v kosti je intenzivno na mestu reaktivne pregradnje (vnetje, zlom, zasevek...). Na kopičenje bistveno vpliva tudi prekrvitev skeleta. Osnova za scintigrafijo skeleta je uporaba polifosfatov, označenih z radioaktivnim Tc-99m, ki se absorbira na organski in anorganski del kostnine.

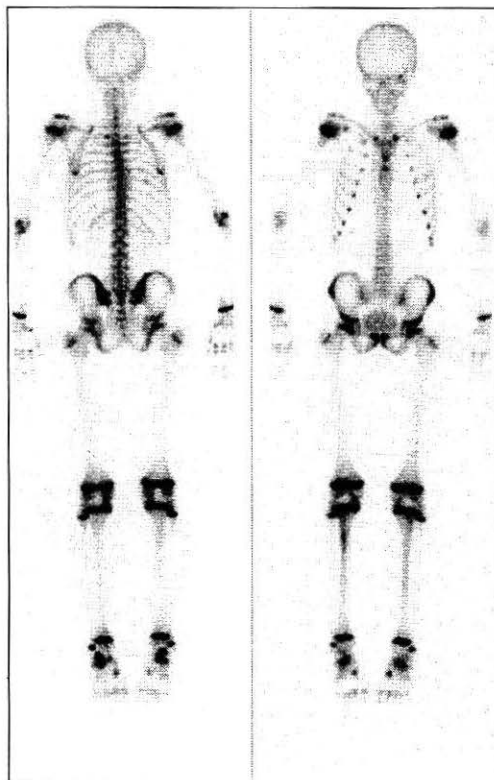
Kemično nestabilni elementi se aplicirajo v telo, kjer se razgradijo glede na dogajanje v telesu. Pri tem oddajo določen kvant sevanja, ki ga zazna gama kamera. Vpadni foton v scintilacijskem kristalu povzroči scintilacije, ki jih fotopomnoževalka spremeni v električne impulze, ki se ojačajo in preko analogno – digitalnega pretvornika spremenijo v podatek, ki se ga pravilno obdelata na računalniku in kot končni izdelek služi v diagnostične namene.

2 INDIKACIJE ZA SCINTIGRAFIJO SKELETA

Scintigrafija skeleta je diagnostična metoda, ki prikaže razporeditev

Key words: bone scintigraphy, 99m- Tc- diphosponate, radionuclide angiogram (RNA), blood pool (BP), single photon emission computed tomography (SPECT).

radioaktivnih sledi v skeletu, ki se vključujejo v izmenjavo ionov Ca (kalcija) in P (fosforja). Zlasti močna je ionska izmenjava na mestu patološkega procesa, ki je edini (izjema so rastne cone) močno vaskulariziran. Na scintigramu je v kosteh vidna regionalna ionska izmenjava, ki je odvisna od prepustnosti kapilar, prekrvitve, delovanja osteoblastov,

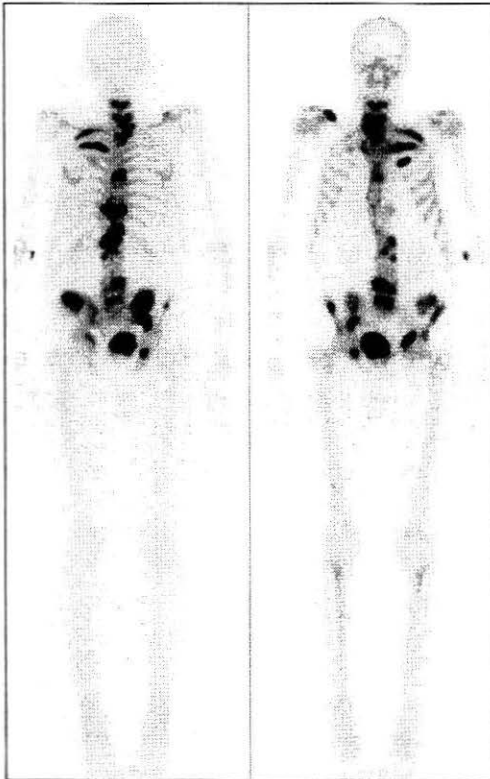


Sl. 1: Scintigram otroškega skeleta brez posebnosti

nezrele kostnine. Procese s povečano presnovo prikaže kot "vroča" območja, procese z zmanjšano presnovo kot "hladna" območja (izpad aktivnosti).

2.1 Primarni tumorji in metastaze

Najbolj pogosto indikacijo za scintigrafijo okostja predstavljajo primarni tumorji in metastaze. Najpogostejša lokalizacija metastaz je skelet – 50% bolnikov ima v stadiju razsoja kostne metastaze. Na skeletu je najbolj prizadeta hrbtenica, saj je 60% skeletnih metastaz lokaliziranih prav v hrbtenici. Najpogostejša lokalizacija je na prsni hrbtenici, sledi ledvena



Sl. 2: Prikaz osteoblastične metastaze

in nato vratna hrbtenica. Zelo pomembna je čimprejšnja lokalizacija vsake skeletne metastaze, zlasti pa metastaze na hrbtenici (preprečitev patoloških zlomov).

Scintigrafija je zelo senzitivna metoda za ugotavljanje kostnih osteoblastnih metastaz; osteolitične vidimo slabo, bolje jih zaznamo, če jih obkroža osteoblastni rob. Najpogostejše prevladujoče metastaze v skeletu vidimo pri malignomih prostate, dojke, pljuč in želodca; oteoblastna komponenta je tu močnejša in zasevki so na scintigramu prikazani kot žarišča. Najpogosteje prevladujoče osteolitične metastaze pa vidimo pri malignomih ščitnice. Najpogostejši maligni tumorji kosti so sarkomi.

Benigne tumorje pogosto spremlja bolečina, lahko pa ne povzročajo posebnih težav in jih specialisti (npr. ortopedi) ugotavljajo slučajno. Pogoste so kostne ciste, ostidosteom, benigni osteoblastom, osteohondrom, fibrozna displazija, hemangiom.

Scintigrafija je potrebna za opredelitev osteoblastne aktivnosti rentgenogramsko vidne spremembe. Pri malignomih je vrsta kostne reakcije odvisna od tipa zasevajočega primarnega tumorja in od hitrosti rasti. Hitro rastoči tumorji uničujejo kost, kar vidimo na scintigramu kot lokaliziran izpad aktivnosti. Tudi nekateri počasi rastoči tumorji povzročajo predvsem razgradnjo kostnine (karcinom ščitnice).

Rentgensko nevidnih je 10-40 % scintigrafsko vidnih zasevkov (kjer je neto sprememba kosti še majhna). Vedeti moramo, da je scintigram detekcijska metoda, primerna za oceno razvoja bolezni; diagnostična vrednost pa se poveča v kombinaciji z rentgensko sliko.

2.2 Osteomielitis

Vnetje (osteomielitis) je hematogena bolezen z nenadnim nastankom. Najpogosteje zbole vajo otroci do 12. leta, vendar tudi odrasli niso izvzeti. Izvor infekcije je navadno neznan. Najpogosteje nastane v distalnem delu stegenice, golenici, mečnici, nadlahtnici ali petnici.

Sum na osteomielitis zahteva urgentno indikacijo za preiskavo. S scintigrafijo ugotovimo patologijo teden do deset dni prej, preden so vidne spremembe na rentgenogramu. Najpogosteje uporabljamo trifazni scintigram skeleta, s katerim lahko prikažemo tudi vnetno pogojeno hiperperfuzijo. Obolela kost je prikazana kot „vroče“ področje tako v perfuzijski fazi kot v fazi skeletne scintigrafije.

Kadar je težko ločiti osteomielitis od akutnega septičnega artritisa, sinovitisa ali dodatnega vnetja mehkih tkiv, preiskavo dopolnimo s scintigrafijo po 6 ali 24 urah, kombiniramo s scintigrafijo kostnega mozga ali scintigrafijo z označenimi levkociti.

Zgodnja diagnoza je nujno potrebna za

uspešno zdravljenje in preprečitev prehoda v kronični osteomielitis.

2.3 Avaskularna nekroza

Za avaskularno nekrozo je značilna osteonekroza zaradi prekinjene prekrvitve. Pri otrocih poznana kot PERTHESOVA bolezen, pri odraslih lahko nastane brez jasnega sprožilnega dejavnika, pogosto povezana z zdravljenjem s kortikosteroidi, po transplantaciji organov, po poškodbi – najpogosteje je prizadeta glavica femurja. Uporabimo povečevalno tehniko (s pin hole kolimatorjem), včasih tudi kombinacijo scintigrafije skeleta in kostnega mozga.

2.4 Skeletna bolečina

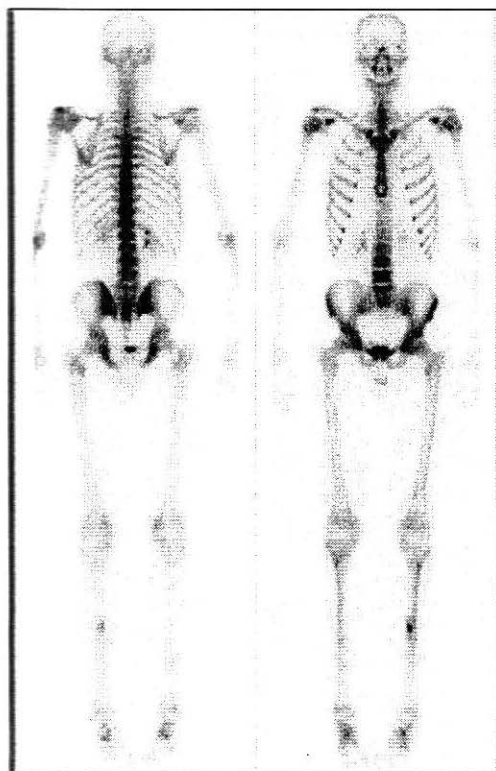
Kronična ali intermitentna skeletna bolečina je pogosta indikacija za scintigrafijo skeleta. Najpogosteje jo povzročajo degenerativne bolezni lokomotorne aparata, kronični osteomielitis, discitis, benigni tumorji, osteohondritis in patološka fraktura. Indikacija za preiskavo so tudi razne nepojasnjene kostne bolečine.

2.5 Poškodbe kosti

Stresna fraktura je pogosta poškodba aktivnih športnikov, ki pretiravajo z obremenitvijo. Z rentgensko sliko jih ne moremo prikazati dovolj zgodaj, zato je indicirana scintigrafija, ki poškodbo

zaradi večje občutljivosti prikaže že v zgodnji fazi (zazna že 20% prizadetost). Pri športnikih in bolnikih z zmanjšano rezistenco skeleta prihaja tudi do poškodb sklepov in kosti ob narastiščih kit in mišic ter rabdomioliza. Spremembe prikažemo s skeletno scintigrafijo, z rentgensko diagnostiko pa težko ali pa sploh ne.

V športni medicini je skeletna scintigrafija zelo pomembna diagnostična metoda.

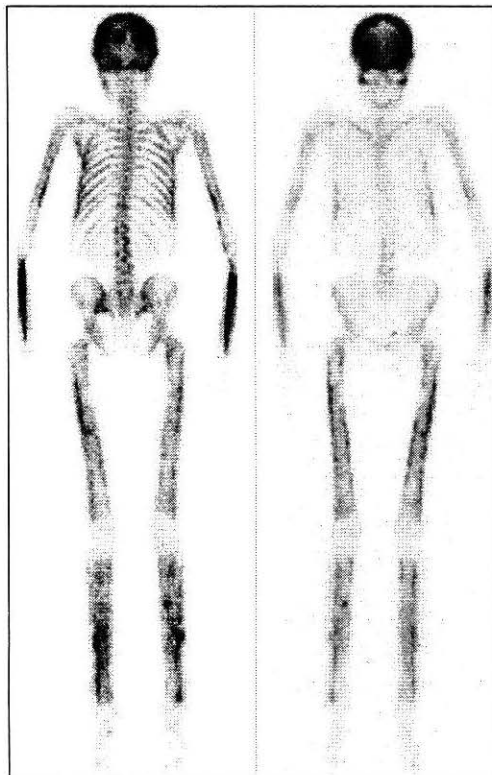


Sl. 3: Stresna fraktura goleni

2.6 Presnovne bolezni

Kostno tkivo je v vsem življenjskem obdobju presnovno aktivno – neprestano

se vrši nastajanje in razgradnja kosti. Bolezni presnove navadno prizadenejo celoten skelet, lahko pa prizadenejo le posamezne dele skeleta.



Sl. 4: Prikaz metabolične bolezni – hiperosteoblastična skleroza

2.6.1 Osteoporozna

Najbolj razširjena presnovna bolezen je osteoporozna. Prizadene večino starostnikov, pogosteje ženske, bolezen pa s starostjo narašča. Značilna je znižana kostna masa in propad mikroarhitekture v kosteh, kar je vzrok za zlom že pri manjši poškodbi.

Rentgenska slika ni dovolj občutljiva - patologijo opazimo šele, ko pride do izgube več kot 30% kostne mase. Uporaba skeletne scintigrafije pa je pri osteoporozi omejena, ker gre za postopno zmanjševanje kostne mase, ki traja več let. Spremembe nastanejo šele v kasnem obdobju, ko pride do zapletov (zlomi).

Generalizirana osteoporoza ne povzroča značilnih sprememb na scintigramu. Radioaktivnost se v nekaj mesecih normalizira, po čemer se razlikuje od zasevkov.

Lokalizirana osteoporoza nastane v kosteh paralitičnih udov, na scintigramu pa se odrazi kot povečana ali pomanjšana radioaktivnost kosti.

2.6.2 Pagetova bolezen

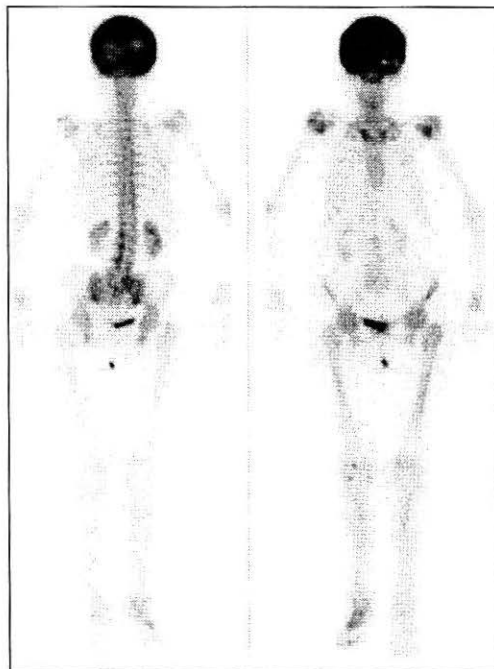
Pagetova bolezen je kronična, napredujoča bolezen skeleta, ki se kaže z bolezensko kostno pregradnjo in hitro presnovo kosti. Pri nas je redka bolezen, ki prizadene zlasti starejšo populacijo. Značilno je povečano delovanje osteoklastov, čemur sledi povečano delovanje osteoblastov: prihaja do rušenja ravnotežja med razgradnjo in nastankom kosti.

Glavni simptomi, ki indicirajo scintigrafijo pri tem so skeletne bolečine, zlomi, nevrolški zapleti, bolezninski sklepi, lahko se razvije tudi sarkom.

Skeletna scintigrafija je najbolj občutljiva metoda za lokalizacijo patologije in ker

lahko rutinsko pregledamo celoten skelet, ima prednost pred klasičnim slikanjem.

Pagetova bolezen v floridni fazi povzroči značilne scintigrafske spremembe, prizadete kosti namreč intenzivno kopičijo fosfate. Patologijo je s scintigrafijo težko ločiti od fibrozne displazije ali skeletnih zasevkov, kadar so kosti zajete le delno. Za dokončno potrditev diagnoze je potrebna dopolnitev s klasičnim rentgenskim slikanjem.



Sl. 5: Pagetova bolezen

2.6.3 Osteomalacija

Osteomalacija je redka generalizirana bolezen presnove kosti, ki nastane zaradi motene mineralizacije osteoida. Bolezen največkrat povzroči pomanjkanje in

motena presnova vitamina D. Bolezen se izraža z bolečinami v kosteh, mišično slabostjo in s skeletnimi deformacijami zaradi upogibanja zmečanih kosti. Pri blagi prizadetosti z rentgensko metodo ugotavljamo samo demineralizacijo in grobo pentljasto zgradbo trabekularne kosti, pri napredovni bolezni pa so vidne značilne psevdofrakture, ki so navadno simetrične.

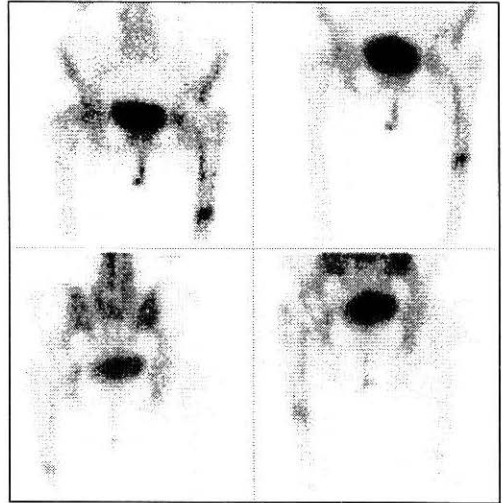
V nezrelem matriksu se fosfonati intenzivno kopičijo, zato je na scintigramu vidno značilno povečanje radioaktivnosti vsega skeleta, predvsem aksialnega, dolgih kosti in kosti glave. Vidne so tudi žariščne spremembe, ki jih povzročajo psevdofrakture.

Scintigrafija skeleta je v diagnostično pomoč zlasti pri pacientih, pri katerih obstaja sum na osteomalacijo, nimajo pa značilnih biokemičnih izvidov, ali ko gre za kombinacijo osteoporoze in osteomalacije.

2.7 Druge indikacije

Kostne proteze so vse pogostejše; scintigrafijo opravljamo pri sumu na vnetje ali omajanje proteze, najpogosteje kolčne ali kolenske.

Heterotropne osifikacije ali miozitis osifikans vidimo kot področja patološko zvišane osteoblastne aktivnosti izven kosti, v mehkih tkivih. Scintigrafija je potrebna za spremljanje zorenja heterotropnih osifikacij, ki morajo dozoreti in postati osteoblastno neaktivne, da jih



Sl. 6: Omajanje kolčne endoproteze

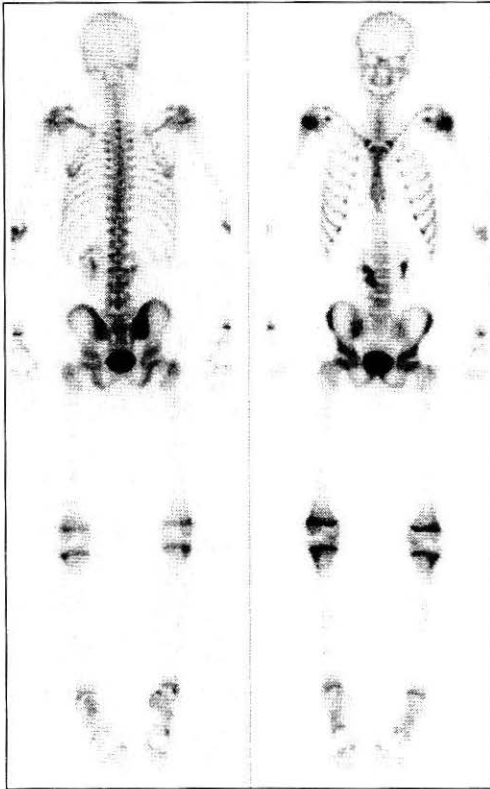
lahko uspešno operativno odstranimo.

Kostni infarkti, razne nepojasnjene kostne bolečine in morda še kaj, predstavlja indikacijo za scintigrafijo skeleta.

Indikacija za natančen pregled kosti z radioizotopi pri otrocih vključuje znane maligne bolezni v različnih fazah, benigne bolezni ter razna znamenja ali simptome, kjer obstaja utemeljen klinični sum, da gre za izvor bolezni na skeletu. To vključuje infekcije, poškodbe ali vnetja. Tu in tam scintigrafija skeleta služi za oceno nejasne patologije, vidne na rentgenogramu.

3 PRIPRAVA BOLNIKA

Osrednji subjekt pri nuklearno medicinski preiskavi je bolnik. Za izvedbo preiskave je potrebno usklajeno delo celotne ekipe, vsak posameznik ima pri delu različne naloge pred, med in po opravljeni



Sl. 7: Vnetje sakroileikalnih sklepov pri otroku

preiskavi. Smiselno je izvršiti preiskavo tako, da preiskovanca vnaprej seznanimo s potekom preiskave. S tem si zagotovimo bolnikovo sodelovanje in diagnostično uporabne slike. Pri ravnanju z bolniki se moramo izogibati rutinskemu načinu dela, vendar se od standardnega delovnega protokola ne smemo oddaljiti.

3.1 Priprava bolnika pred nuklearnomedicinsko preiskavo

Ko se bolnik prijavi (naroči) na preiskavo scintigram skeleta z napotnico svojega zdravnika, se mu predloži pisno navodilo

s pomembnimi podatki za izvedbo preiskave. Bolnika prosimo, da s seboj prinese rtg slike, rezultate drugih pregledov (rezultati prejšnjih scintigrafskih preiskav, CT, MRI, laboratorijski izvidi) in seznam zdravil, ki jih trenutno jemlje. Razložimo, kako preiskava poteka, da se preiskovanec nanjo pripravi in ustrezno razporedi svoj čas. Povemo kaj ugotavljamo s preiskavo in kaj omogoča lečečemu zdravniku (boljša ocena težav, odkriti bolezenska žarišča, načrtovanje zdravljenja). Pred preiskavo bolnik lahko je in čim več naj pije.

Bolniku v pogovoru povemo točen datum in uro, trajanje in potek preiskave. Med pogovorom skušamo ugotoviti vse bistvene podatke, ki lahko kakor koli vplivajo na potek preiskave- razvoj simptomov, zgodovina zlomov, poškodb, artritisa..., razne terapije, ki lahko popačijo rezultate preiskave (zdravljenje z zdravili, ki preprečujejo kopičenje radiofarmaka v ciljanem organu). Povprašamo o morebitnih ortopedskih implantatih ali drugih kirurških posegih, ki bi lahko tako ali drugače vplivali na izid preiskave. Upoštevamo okoliščine, ki pomenijo tveganje – nenujna scintigrafija pri noseči ženski, varnostni ukrep pri doječih materah (prekinitev dojenja za 24 ur po injekciji radiofarmaka), pozornost na menstrualni ciklus (druga polovica), alergije.

Potreben je pregled bolnika v smislu izbora najustreznejše preiskave za rešitev kliničnega problema, oceni se bolnikova

fiziološka in farmakološka pripravljenost, predvidi se odmerek radiofarmaka in protokol meritev.

Preiskovancu odgovorimo na vsa vprašanja, ki se nanašajo na tveganje oz. škodljivost radiofarmaka in obsevanost med preiskavo. Odmerki radiofarmaka so majhni, tako da nima farmakodinamskega učinka, obsevanje pri nuklearno medicinskih preiskavah je enako ali manjše kot pri rtg preiskavah, opozorimo, da se radiofarmak izloča z urinom, s čimer se doza sevanja še zmanjšuje, če se takoj po preiskavi izprazni mehur in ob uživanju veliko tekočine. Škodljivi učinki so naključni, preiskava se opravi le iz upravičenih razlogov in ob maksimalni zaščiti. Alergičnih reakcij navadno ni, če pa bolnik navaja preobčutljivost na zdravila, je verjetnost alergijskih reakcij majhna (prisotnost vozička z anti šok kompletom na mestu aplikacije).

Za izvedbo preiskave je potreben pisni nalog (napotnica) lečečega zdravnika in soglasje bolnika, da se mu vbrizga radiofarmak – bolnika k preiskavi ne moremo prisiliti.

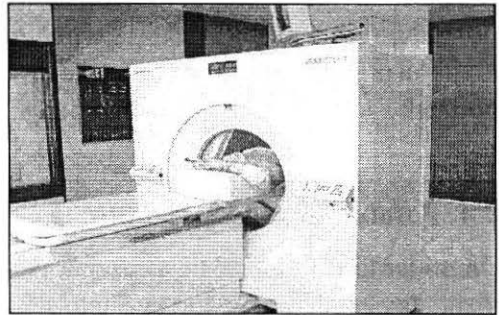
3.2 Protokol med preiskavo

Ravnanje z bolnikom od aplikacije radiofarmaka do končane preiskave zahteva upoštevanje protokola, da izključimo zamenjavo bolnika in zagotovimo aplikacijo pravega radiofarmaka v pravem odmerku.

Namestimo preiskovanca pod gama

kamero (pomoč pri vzpenjanju in sestopanju, da preprečimo možne poškodbe zaradi padca), podložimo glavo, kolena, ga toplo pokrijemo.

Tik pred aplikacijo ponovno preverimo preiskovančevo identiteto, preverimo vrsto in dozo radiofarmaka, ki jo bomo aplicirali (tudi pri nezavestnem bolniku). Sledi brizganje radiofarmaka pod aseptičnimi pogoji (radiofarmak vbrizgava zdravnik) v žilo na roki. Po aplikaciji pacient 2-3 ure čaka na fiziološko vgrajevanje radiofarmaka v skelet, da nam omogoči scintigrafsko slikanje. Obvestimo bolnika kdaj naj se vrne na slikanje in da naj v vmesnem času veliko pije in pogosto hodi na vodo, da se odvečna radioaktivnost čim prej izloči z urinom.



Sl. 8: Položaj preiskovanca pod gama kamero

Na napotnico si po aplikaciji zabeležimo vrsto radiofarmaka, odmerek, čas aplikacije in mesto vboda.

Scintigrafijo izvajamo strogo po protokolu, ki je predpisan za določeno preiskavo.

3.3 Navodila bolniku po opravljeni preiskavi

Po končani preiskavi zdravnik seznanjen z rezultati preiskave in pove, ali je preiskava končana ali bodo potrebni še dodatni scintigrami iz druge smeri, ali morda scintigram s tomografsko kamero, ki patologijo ovrže ali potrdi, oz. točneje lokalizira.

Posredujemo ustrezna navodila glede radiacijske zaščite. Doječe matere naj prekinijo dojenje za 24 ur po aplikaciji radionuklida, pri radiofarmakih, ki se izločajo z urinom, svetujemo veliko tekočine in pogosto praznjenje mehurja, s čimer se zmanjša doza sevanja tako na mehur kot na celo telo.

Lečečemu zdravniku, ki je preiskavo odredil, rezultate scintigrafije posredujemo v pisni obliki, izjeme so urgentni primeri, ko je potreben takojšen podatek za pravilno nadaljnje ukrepanje.

3.4 Posebnosti pri pripravi otroka

Da pridemo do diagnostično uporabnih rezultatov z najvišjo možno kvaliteto slik, moramo izotopsko preiskavo skeleta pri otrocih izpeljati s posebno prizadevnostjo. Priprava otroka na preiskavo vključuje tudi starše (mama/oče), ki poskrbijo, da je otrok pomirjen in se počuti kar se da udobno, otroka hrabrijajo, mu pomagajo piti priljubljeno tekočino, da se mehur čim pogosteje prazni. Z vsem naštetim vsi pripomorejo k najboljši možni kvaliteti preiskave.

Potrebna je primerna izbira fosfonata glede na težo otroka ali predel, ki ga bomo opazovali.

Otroka na preiskovalni mizi umirimo z imobilizacijo, za kar uporabimo mehke trakove, da ga privežemo, peščene vrečke in posebne vakumske žimnice. Otroku lahko predvajamo tudi njegovo priljubljeno glasbo, ki deluje pomirjujoče. Za umiritev otroka je na voljo tudi široka izbira sedativov, odvisno od ustanove in ocene zdravnika, vendar naj bo to bolj izjema kot pravilo za doseganje nujno potrebnih diagnostično uporabnih rezultatov.

4 IZBOR RADIONUKLIDOV, ODMEREK, APLIKACIJA RADIOFARMAKA

Za vnos radiofarmaka v bolnikovo telo je odgovoren zdravnik, ki naj bo ves čas preiskave dosegljiv. Na mestu aplikacije naj bo vedno prisoten pribor za reanimacijo, čeprav se zapleti v smislu alergičnih reakcij pojavljajo izjemoma.

4.1 Izbor radiofarmaka

Radiofarmak je radioaktivna snov pripravljena po načelih, da se uporabi na človeku. Vsebuje radioaktivni nuklid, ki zadosti fizikalnim pogojem za meritve, oz. spremljanje sevanja na scintigramu. Odmerek v organizmu ne deluje niti kot zdravilo niti kot strup, ker je količina premajhna, vendar dovolj velika, da se vključi v metabolizem v telesu.

Za diagnostiko uporabni fotoni (gama rtg žarki in anihilacijski fotoni), ki imajo dovolj veliko energijo (nad 50 keV), da jih tkivo preveč ne absorbira, vendar še dovolj mehki, da jih lahko kolimira. Najugodnejše energije so med 90-120 keV, za katere je običajna gama kamera najbolj občutljivejša. Zelo pomembna je tudi fizikalna razpolovna doba radionuklida. Za diagnostiko so najprimernejši kratkoživi (razpolovna doba je ena ura do dva dni) in ultrakratkoživi (razpolovna doba je krajša od ene ure), čisti sevalci žarkov gama energije (100-200 keV), od katerih se največ uporablja tehneций 99 m.

4.2 Priprava radiofarmaka

Radiofarmake označene s kratkoživimi radionuklidi (Tc 99m), do polovice pripravijo farmacevtske tovarne in jih enkrat tedensko pošiljajo svojim odjemalcem. Uporabnik v svojem laboratoriju sestavi radiofarmake tako, da neradioaktivni snovi doda radionuklid, ki se s kemijsko reakcijo poveže v novo molekulo, kar predstavlja radiofarmak. Zadostiti mora pogojem sterilnosti, apirogenosti, netoksičnosti in izotoničnosti in imeti pH blizu nevtralnega. Laboratorij, kjer se pripravljajo radiofarmaki in individualne doze, mora biti zaščiten pred vdorom raznih klic, zaposleni mora biti zaščiten pred ionizirajočim sevanjem (svinčena pregrada, svinčeno steklo). Sterilnost dosežemo z bakteriološko filtracijo z ultra filtri, katerih pore zadržijo bakterije.

4.3 Nadzor kakovosti radiofarmaka

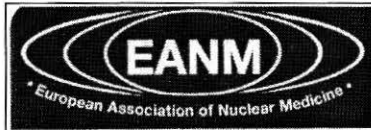
Kakovost radionuklidov, ki jih pripravljamo sami neposredno pred uporabo (kratkoživi Tc 99m) se lahko spremeni, če pride do radiolize vode v generatorju, ki vsebuje fiziološko raztopino v času med izdelavo in njegovo dostavo uporabniku. Posledica je popačen scintigram zaradi nezadostnega markiranja radiofarmaka. Do enakega učinka pride, če med označevanjem radiofarmaka pride v stekleničko z atmosferskim zrakom kisik. Pri odvzemu posameznih odmerkov uporabljamo iz varnostnih razlogov samo eno odzračevalno kanilo.

Ob sumu na pomanjkljivo vezavo farmaka z radionuklidom preverimo postopek označevanja in poiščemo vzrok za napako.

Kakovost radiofarmaka naj bo vedno prvi pomislek ob interpretaciji nuklearno medicinske preiskave.

4.4 Priprava individualnih odmerkov

Za optimalno izvedbo preiskave s čim manjšo dozo obsevanja za vsakega posameznika izberemo radiofarmak in določimo količino glede na telesno težo. Odmerek za odraslega bolnika je 550-925 MBq (Tc 99m MDP metilendifosfonat ali Tc 99 m DPD), pri otrocih pa se držimo mednarodnih priporočil glede na telesno površino, ki jo ocenimo s pomočjo telesne teže.



Dosage Card

Fraction of Adult Administered Activity

3 kg = 0.1	22 kg = 0.50	42 kg = 0.78
4 kg = 0.14	24 kg = 0.53	44 kg = 0.80
6 kg = 0.19	26 kg = 0.56	46 kg = 0.82
8 kg = 0.23	28 kg = 0.58	48 kg = 0.85
10 kg = 0.27	30 kg = 0.62	50 kg = 0.88
12 kg = 0.32	32 kg = 0.65	52-54 kg = 0.90
14 kg = 0.36	34 kg = 0.68	56-58 = 0.92
16 kg = 0.40	36 kg = 0.71	60-62 kg = 0.96
18 kg = 0.44	38 kg = 0.73	64-66 kg = 0.98
20 kg = 0.46	40 kg = 0.76	68 kg = 0.99

This card summarizes the views of the Paediatric Committee of the European Association of Nuclear Medicine. It should be taken in the context of "good practice" of nuclear medicine and local regulation.

Recommended Adult and Minimum Amounts in MBq

Radiopharmaceutical	Adult	Minimum
Tc99m DTPA (Kidney)	200	20
Tc99m DMSA	100	15
Tc99m MAG3	70	15
Tc99m Pertechnetate (Cystography)	20	20
Tc99m MDP	500	40
Tc99m COLLOID (Liver/Spleen)	80	15
Tc99m COLLOID (Marrow)	300	20
Tc99m SPLEEN (Denatured R B C)	40	20
Tc99m R B C (Blood Pool)	800	80
Tc99m ALBUMIN (Cardiac)	800	80
Tc99m Pertechnetate (First Pass)	500	80
Tc99m MAA / Microspheres	80	10
Tc99m Pertechnetate (Ectopic Gastric)	150	20
Tc99m Colloid (Gastric Reflux)	40	10
Tc99m IDA (Biliary)	150	20
Tc99m Pertechnetate (Thyroid)	80	10
Tc99m HMPAO (Brain)	740	100
Tc99m HMPAO (W B C)	500	40
I-123 HIPURAN	75	10
I-123 (Thyroid)	20	3
I-123 Amphetamine (Brain)	185	18
I-123 mIBG	400	80
I-131 mIBG	80	35
GALLIUM 67	80	10

EANM Secretariat

Lassingthnerplatz 2/3 · 1020 Vienna, Austria

phone: +43-1-2128030, fax: +43-1-2128033

e-mail: office@eanm.org · Internet: www.eanm.org

Tabela 1: Mednarodna priporočila za pripravo individualnih odmerkov

Iz stekleničke, v kateri je radiofarmak, po odvzemu odmerka odstranimo odzračevalno iglo, da vanjo ne pride kisik, iz polne brizge ne izbrizgamo zračnih mehurčkov, da ne pride do kontaminacije prostora, v doznem kalibratorju izmerimo radioaktivnost odmerka, zamenjamo iglo na brizgi in jo označeno z nalepko, z vrsto in s količino radiofarmaka, z imenom in s priimkom preiskovanca ter dozo radioaktivnosti dostavimo na mesto apliciranja. Ponovno preverimo bolnikove podatke in v bolusni tehniki vbrizgamo pripravek v periferno veno.

5 FAZE PRIDOBIVANJA SLIK

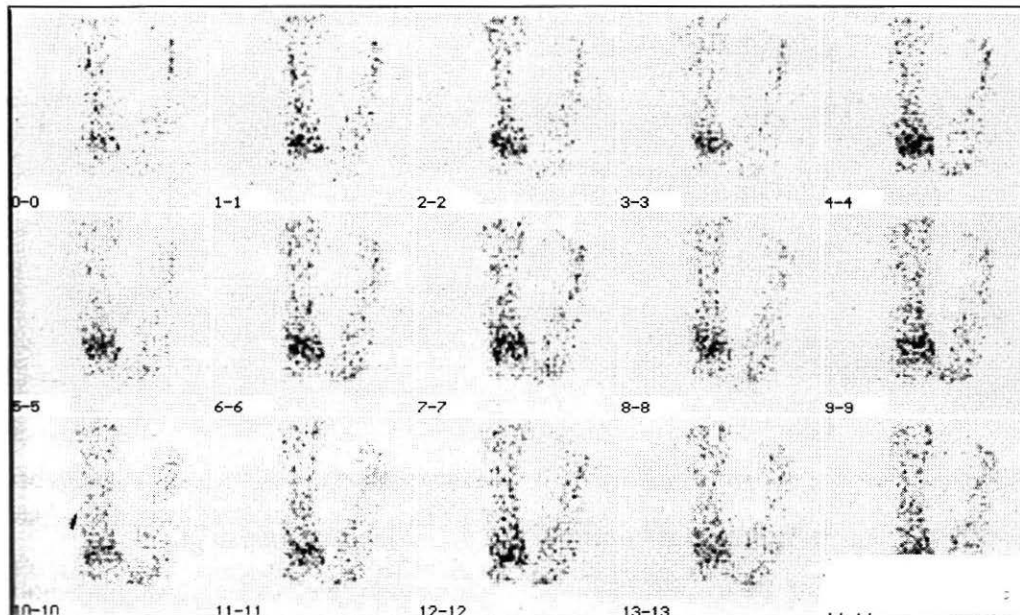
Bolnik je nameščen pod detektor gama kamere (pokrit, z blazinami podložen) v položaju, ko lahko spremljamo kopičenje radiofarmaka na bolni in zdravi strani telesa. Istočasno z vbrizganjem radiofarmaka sprožimo tudi ustrezno aparaturo, ki zbira podatke.

5.1 Prva faza – dinamična scintigrafija skeleta

V prvi fazi – perfuzijski scintigrafiji skeleta, sledimo prvih 60 sekund po bolusni

injekciji radiofarmaka na 1-2 sekundnih zaporednih scintigramih arterijski prekrvavitvi kosti. Uporaba računalnika je nujna za shranjevanje sekvenčnih

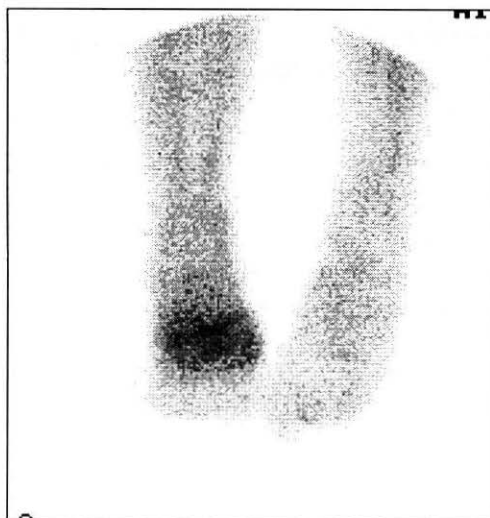
scintigramov, interesnih področij, časovnih krivulj aktivnosti in za primerjavo prekrvitve v bolnem in zdravem predelu kosti.



Sl. 9: Perfuzijski scintigram skeleta, ki prikaže zvišano perfuzijo v področju desnega narta

5.2 Druga faza – scintigrafija krvnega obtoka

Scintigrafija krvnega obtoka sledi 5 minut po vbrizgu. Radiofarmak je že pomešan s krvjo, statični scintigram pokaže krvni prostor na mestu patologije. Faza traja največ deset minut, po tem času je aktivnost v skeletu le še navidezna.

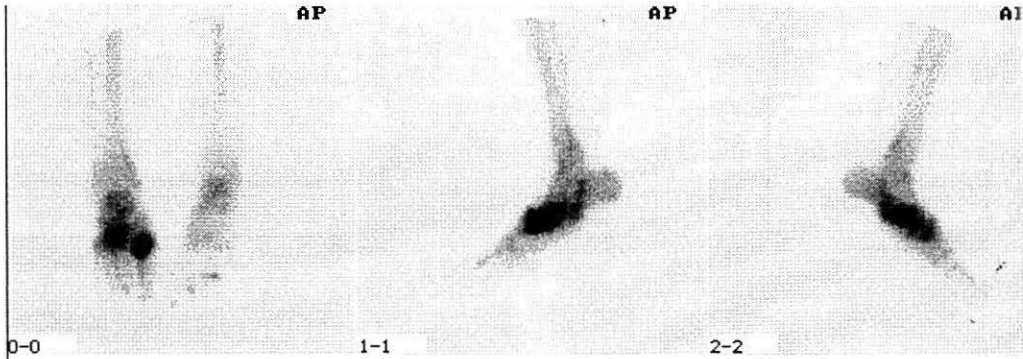


Sl. 10: Zvišano kopičenje radioindikatorja v predelu desnega narta

5.3 Tretja faza – statična scintigrafija

Faza metabolične aktivnosti v kosti sledi 2-4 ure po aplikaciji radiofarmaka. Čas ustreza regionalni izmenjavi ionov. Pri otrocih je ta čas lahko tudi krajši.

Izjemoma je potreben daljši časovni razmik, vendar naj v dobro preiskovanca ne bo daljši od štirih ur.



Sl. 11: Statični posnetki prikažejo zvišano patološko kopičenje radioindikatorja

5.4 Statični scintigram po 24 urah

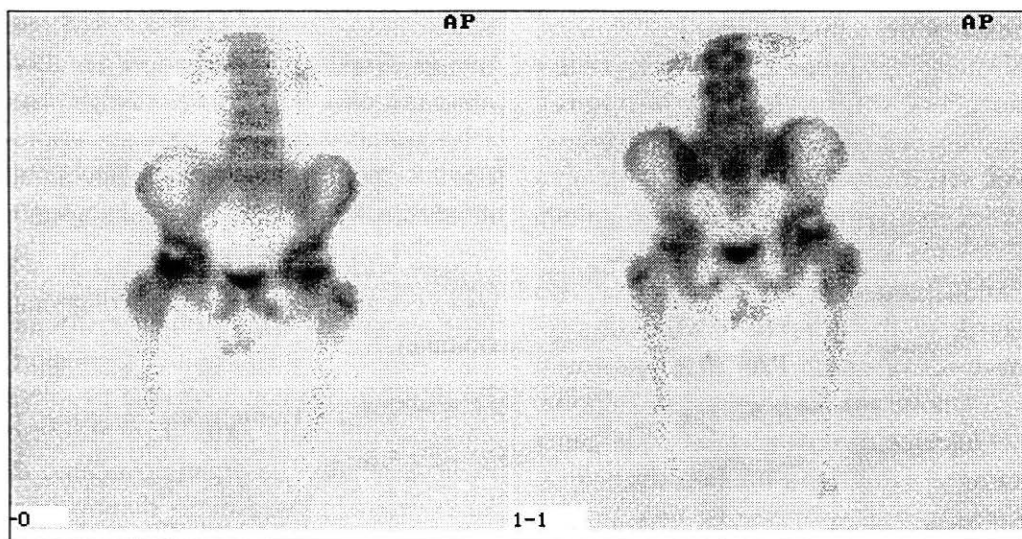
Scintigram, posnet 24 ur po aplikaciji radiofarmaka pokaže, močnejši kontrast kot v tretji fazi, ker se kontrast izloča iz mehkih tkiv. Potreben je pri bolnikih z zelo počasnim izločanjem radiofarmaka iz mehkih tkiv (odpoved ledvic).

Povečano kontrastnost se s pridom uporablja pri scintigrafiji glave, stopal, ali če scintigram medenice po štirih urah moti povečana radioaktivnost mehurja. Če potrebujemo samo zakasnele statične posnetke, posnamemo le dele telesa ali celo telo.

Pri iskanju kostnih metastaz posnamemo anteriorno in posteriorno projekcijo celega telesa, skelet lobanje zajamemo iz štirih smeri in skelet stopal v eni smeri.

5.4.1 Tehnika snemanja

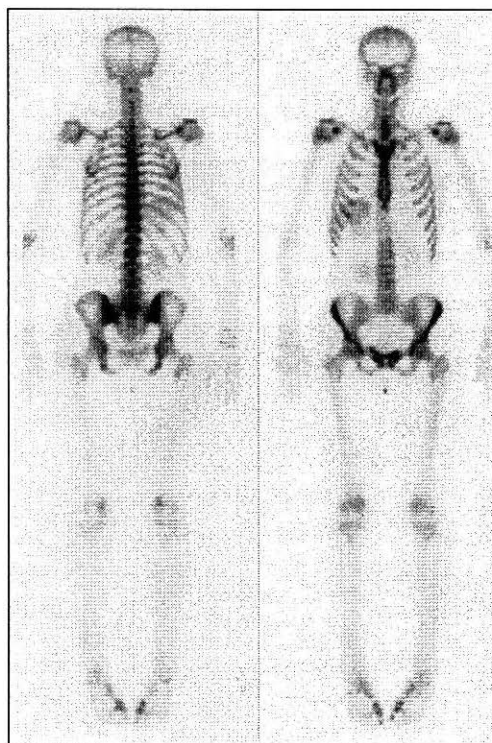
Scintigrafijo celega telesa lahko opravimo z mnogokratnimi, delno prekrivajočimi se slikami ali s ponavljajočimi se (nepretrganimi) slikami; dobimo anteriorno in posteriorno ravnino. Slike skeleta v določeni ravnini se morajo med seboj prekrivati, da odpravimo manjkajoče regije.



Sl. 12: Planarni prikaz medenice (AP projekcija)

Število scintigramov in projekcije so odvisne od posameznega diagnostičnega primera.

Pri scintigrafiji celega skeleta posnamemo najprej prsni koš na 500.000 – 1 milijon impulzov in potem nadaljujemo z ostalimi posnetki v enakem času, kot smo ga dosegli na prsnem košu. Za slikanje celega telesa navadno potrebujemo matriko v velikosti 256/ 1024/ 16 ali večjo. Pri vseh posnetkih pazimo, da je kamera čim bližje pacientu, oziroma organu, ki ga snemamo.



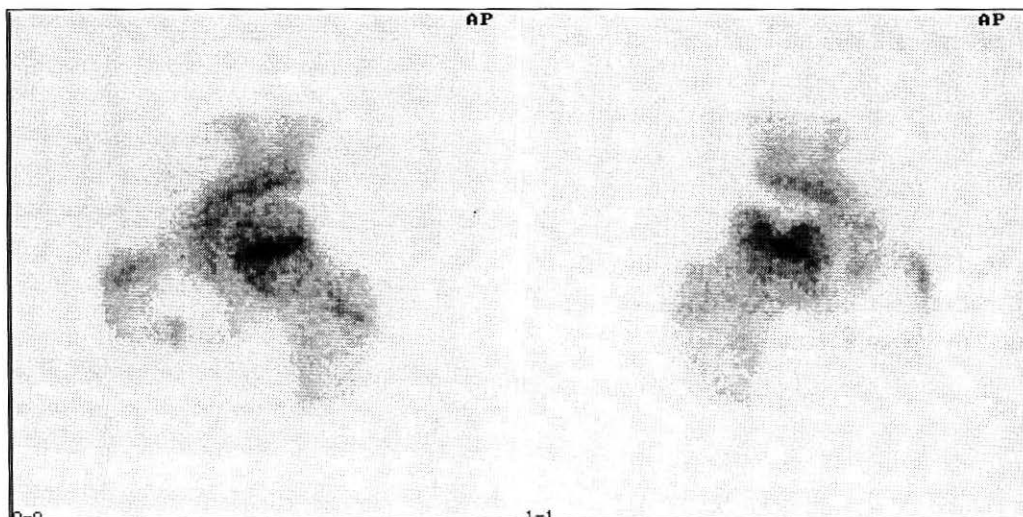
Sl. 13: Skelet odraslega brez posebnosti v PA in AP projekciji

Sestavni del gama kamere je kolimator, ki ima nalogo prepuščati gama žarke le v določeni smeri, vir sevanja namreč oddaja žarke v vseh smereh. Poznamo več vrst kolimatorjev, ki so prirejeni za določene namene. Poznamo paralelni kolimator, ki prepušča samo vzporedne žarke gama v smeri paralelno z osjo izvrtin. Slika objekta je normalna ali nedeformirana. Pri divergentnem kolimatorju je slika objekta pomanjšana, ker luknjice divergirajo tako, da je gama kamera usmerjena na širši del telesa. Konvergentni kolimator pa ima luknjice usmerjene na ožji del telesa. Slika objekta je povečana. Glede na energije žarkov ločimo visoko energetske (nad 300 keV), srednje energetske (200-300 keV) in nizko energetske (do 200 keV) ali

tehnejski kolimator, ki se uporablja pri scintigrafiji skeleta in onemogoča prehod nezaželenim žarkom. Ko želimo na scintigramu videti podrobnosti, uporabimo kolimator za visoko ločljivost ali resolucijo, kjer so dolge ozke luknjice.

Proces pridobivanja in predvajanja slik mora biti zlasti natančen pri pediatričnih bolnikih.

Pri določenih organih obstaja problem zaradi velikosti, zato uporabljamo različne tehnike, da organ povečamo ali kako drugače razjasnimo diagnostični problem. Na voljo imamo povečavo s pomočjo računalniškega zooma (SIS, skelet pri otrocih), ki pripomore k izboljšanju resolucije zlasti pri majhnih strukturah.

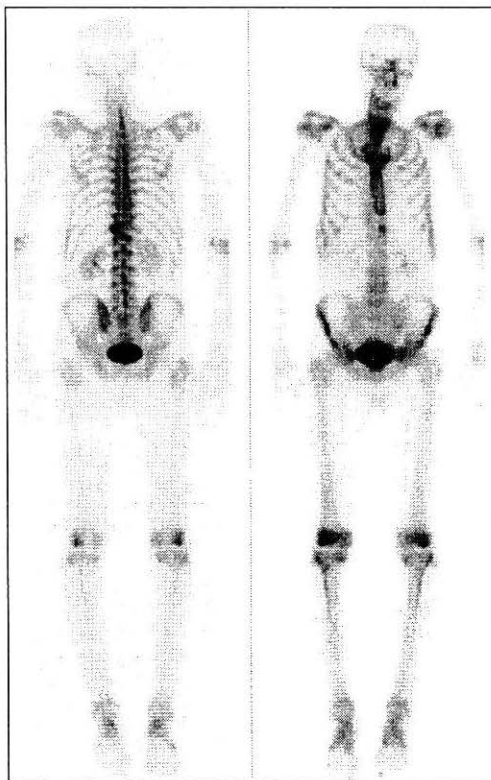


Sl. 14: Scintigram medenice (kolka) z pin hole collimatorjem (AP projekcija)

Pin hole collimator se uporabi za zelo visoke resolucije slik ali za slikanje specifičnih predelov (zapestja, kolki, hrbtenica). Uporablja se nizkoenergijski pin hole kolimator s čim manjšo odprtino(2mm). Vedno najprej naredimo planarni statični scintigram in šele nato pin hole. Približno 75.000- 100.000 impulzov zadošča za scintigram s pin hole.

Posebej pozorni smo na projekcije pri scintigrafijah skeleta, katere morajo ustrezati (biti enake) projekcijam pri klasičnem rentgenskem slikanju.

Omenim naj še druge slikovne ravnine, ki se uporabljajo – lateralna ali tangencialna in posebne ravnine kot žabje noge (frog-leg), caudalna (sedenje pod detektorjem–pri medenici, če je potrebno).



Sl. 15: Osteoblastični defekt v področju torakalne hrbtenice

4.5 Tomografija

Slikovna metoda, katere pomembnost je porastla z uporabo kratkoživih radioizotopov in meri fizikalne količine v prerezu (sagitalna, transversalna, koronarna ravnina), se v nuklearni medicini imenuje izsevna tomografija. Da nam sliko porazdelitve gostote radioaktivnega preparata v tkivih. Uporablja se pri slikanju hrbtenice, medenice, kolkov in kolen.

Aparatura za tomografijo je sestavljena iz računalniškega in detektorskega sistema. Z računalnikom rekonstruiramo

prečne slike gostote radioaktivnega preparata v tkivih.

Vsaka planarna slika je projekcija, ki vsebuje veliko število ozkih snopov gama žarkov, ki merijo porazdelitev radioaktivnosti v telesu. Detektor je sestavljen iz ene ali več gama kamer, ki krožijo okrog vzdolžne osi bolnika. Kamera se giba tako, da je njena os vedno usmerjena proti osi vrtenja. Giba se počasi okoli bolnika, ustavlja se regularno ob enakih kotnih intervalih. Slike posnamemo ob velikem številu kotnih projekcij okrog preiskovanca. Poznamo

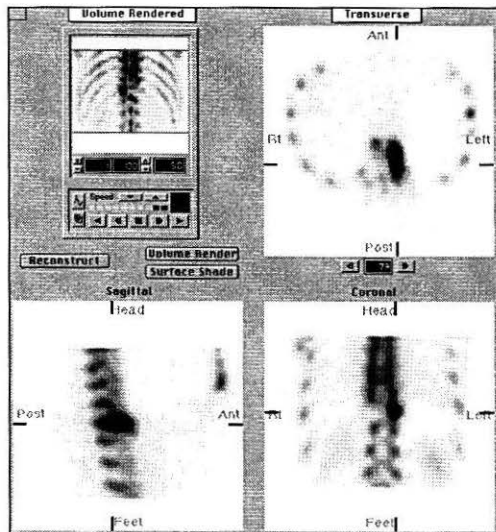
180° ali 360° način vrtenja po sistemu kontinuirano vrtenje ali tako imenovani „korak naprej in snemaj“. Snemalna matrika je velikosti 64/ 64 ali 128/ 128 ali pa 64/ 64 ZOOM . Kroženje poteka v obliki krožnice, veliko boljše pa je kroženje v obliki elipse, kar omogoča, da se cev čim bolj približa bolnikovemu telesu oziroma organu.

Gama kamera pri vsakem kotnem položaju celega obrata (korak vrtenja je nekaj stopinj) posname scintigram, katerega shranimo na disk in po končani meritvi iz njih obnovimo tomograme na poljubnih mestih. Pri vsaki projekciji mora biti gama kamera optimalno blizu bolnika zaradi boljše ločljivosti. Občutljivost gama kamere se med snemanjem ne sme spreminjati. Vsa radioaktivnost v opazovanem delu telesa mora biti v vidnem polju gama kamere v vseh kotnih projekcijah.

Bolnik in njegov slikan organ se ne smeta premikati občutno. Premikanje preprečimo tako, da poskrbimo za udobno počutje preiskovanca (topla odeja, blazine pod glavo in kolena).

Zadostiti je potrebno vsem predpostavkam, sicer so potrebne korekcije.

Tomografija je indicirana zlasti pri presnovnih motnjah (jakost presnove), pri odkrivanju vnetnih in rakastih tvorb. Scintigram okončin v celoti je potreben pri pediatrični, revmatološki in travmatološki patologiji.



Sl. 16: Tomografska tehnika slikanja prikaže na levi strani vretenca litični in na desni blastični defekt

Prednost preiskave je sposobnost slikati del telesa v želeni globini, s čimer se prepreči prekrivanje z drugimi strukturami. Omogoča boljši tridimenzionalni prikaz, s tem pa natančnejšo lokalizacijo in velikost patologije.

6 ZAJEMALNI IN OBDELOVALNI SISTEM

Slikovna tehnologija meri prostorsko porazdelitev radiofarmaka v bolniku, posreduje jo v obliki slik in oceni delovanje opazovanih organov.

Za zaznavanje sevanja uporabljamo gama kamero, ki je najbolj razširjena nuklearno medicinska slikovna naprava. Omogoča krajevno in časovno spremljanje porazdelitve radioaktivnosti v telesu. Za scintigrafijo okostja vsega

telesa se uporablja planarna kamera gama z velikim merilnim poljem (40-60 cm), če te ni na voljo, je zadovoljiva tudi običajna kamera gama s širokim merilnim poljem. Gama kamera je povezana z računalniškim sistemom, ki pretvori analogne slikovne podatke v digitalne in arhivira zaporedje slik. Podatke obdela po matematičnih metodah, predstavi nam slike, krivulje in rezultate. Analogna slika, ki jo posreduje gama kamera, je sestavljena iz dvodimenzionalnega polja točk. Vsak gama žarek, ki ga zazna kamera, se kot svetleča točka pojavi na osciloskopu. Prikaže se krajevna porazdelitev radioaktivnosti, gostota svetlečih točk na določenem mestu je odvisna od intenzitete zaznavnega sevanja na nekem mestu.

Digitalni računalnik lahko obdela samo številčne podatke, zato je potrebna digitalizacija slike (analogne koordinate točk sproti spreminja v dvojiško kodirana števila), ki poteka v vmesniku med gama kamero in računalnikom. Digitalno sliko v računalniku predstavlja dvodimenzionalna matrika; običajna velikost matrike je 32/32 do 256/256. Matriko izberemo glede na vrsto preiskave, hitrost zajemanja in velikost pomnilnika. Analogno digitalni pretvornik (vmesnik) mora biti natančen in hiter. Če med spreminjanjem tekočih koordinat prispe naslednji impulz z novim parom koordinat, le tega ne more obdelati. Vmesniku se zato običajno ojača elektronska napetost, v matriko pa se digitalizira samo izbrani del vidnega polja.

Z analogno povečavo se doseže večje število matričnih elementov na površinsko enoto vidnega polja, s čimer se izboljša digitalna ločljivost.

Glede na vrsto preiskave se izbere število slik, čas zbiranja za posamezno sliko in vrsta matrike.

7 ZAKLJUČEK

Scintigram nam poda na podlagi razporeditve radiofarmaka v telesu informacijo o legi, velikosti in lokalizaciji patoloških procesov. Patologija se prikaže kot motnja v razporeditvi radiofarmaka v organizmu (organu), ki ni značilna za določeno bolezen, kaže se le kot nepravilno delovanje. Za oceno scintigrama nujno potrebujemo še rentgenogram, da natančno opredelimo patološki proces. Poznati moramo razvoj bolezenskih znakov, seznanjeni moramo biti z rezultati drugih preiskav in primerjati scintigrame z eventualnimi prejšnjimi scintigrama.

Patologijo lahko opišemo kot povečano ali pomanjšano aktivnost, opišemo vzorec patologije kot tanjšanje kosti, tanjšanje nežnega tkiva. Spremembo je potrebno opisati kar se da natančno in priporočiti še druge bolj določene študije za dokončno potrditev diagnoze.

Dejavniki, ki povzročijo artefakte so gibanje bolnika, kontaminacija urina, artefakt zaradi injicirane tekočine, protetični implantati, kontaminiran material in drugo, kar nam da nejasno sliko

strukture. Večja distanca kolimator – bolnik kot je potrebno, slikanje prehitro po injiciranju, razpad radiofarmaka, propad ledvic, sramnična lezija skrita pod aktivnim mehurjem... so vzroki za diagnostično nejasno ali neuporabno sliko.

Tveganje za preiskovanca pri scintigrafski preiskavi predstavljajo naključne mutacije, verjetnost tveganja se poveča s povečanjem odmerka .

Naloga diplomiranega radiološkega inženirja je, da vsako preiskavo opravi kakovostno, zanesljivo in varno. Potrebno je znanje anatomije in fiziologije skeleta in poznavanje sodobnih računalniško podprtih tehnologij s pomočjo katere pridemo do diagnostično uporabnih slik.

Pri delu upoštevamo protokole, s čimer se zviša kvaliteta nuklearno medicinske preiskave. Splošnih priporočil ne moremo vedno uporabiti pri vseh pacientih in v vseh primerih, cilj preiskave je, da dobimo diagnostično uporabne slike, ki služijo ocenitvi obsežnosti patologije in nadaljni prognozi.

LITERATURA

1. Franc Cvelbar, Valentin Fidler, Milan Prepadnik. Nuklearno-medicinska tehnologija. Ljubljana: Medicinski razgledi; 1992
2. Kevin J. Donohoe, Robert E. Henkin, Henry D. Royal. Society of nuclear medicine procedure guidelines manual 2001- 2002: 167-171.
3. Valentin Fidler. Inštrumentacija v nuklearni medicini. Ljubljana: Klinika za nuklearno medicino; 2000.
4. Isky Gordon, Sibylle Fischer, Klaus Hahn. Atlas of bone scintigraphy in the pathological paediatric skeleton. Chicago; 1996: 1-7.
5. Holder. An atlas of planar and spect bone scans. Hohg Kong: Martin Dunitz Ltd, 2000: 1-10.
6. Šuštaršič J. Nuklearna medicina. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije; 1999.
7. Šuštaršič J. Nuklearnomedicinski slovar. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije; 1999.