

## SRCE

### 1) PERFUZIJSKA SCINTIGRAFIJA MIOKARDA

...slikovna dijagnostička metoda kojom se prikazuje prokrvljenost miokarda upotrebom radiofarmaka koji se nakupljaju u njemu.

**RADIOFARMACI:** Tl-201-klorid i monokationski kompleksi (izonitril, teboroksim, tetrofosfin) vezani za **pertehnetat**;

- prikaz perfuzije miokarda **PETom**: upotreba **N-13-amonija**;

**UPOTREBA:** IV injekcija radiofarmaka, širi se po cijelom tijelu, miokard nakuplja oko **2,5%**. Nakupljanje u miokardu je **INTRACELULARNO**, a raspored odgovara koronarnom protoku. Tl-201 nakuplja se zbog konc. gradijenta i Na/K ATPaze; Monokationski kompleksi tehnecija difundiraju intracelularno također i vežu se za membranu mitohondrija;

**U opterećenju** (->ergometrija. Može i farmakološko opterećenje vazodilatatorima: adenzin ili dobutamin/simpatomimetik ) miokard nakupi i do **5%** radiofarmaka; ako postoji ishemično područje, pod opterećenjem je još izrazitija razlika!

**Talij-201:** proizvodi se ciklotronski, vrijeme 1/2 raspada je 73 h. **2** kinetičke faze: početna distribucija i kasnija redistribucija. U distribuciji, Tl-201 brzo izlazi iz cirkulacije i ulazi u miokard i tamo se zadržava 40 min. Faza redistribucije: zaopčinje eliminacija Tl-201 iz tkiva, vraćanje u krv i ponovo odlaganje u tkivima pa je konc. Tl-201 u tkivu i cirkulaciji u ravnoteži. Odlaganje Tl-201 u miokard u redistribuciji proporcionalno je vijabilnosti miocita (zdravi miociti), a eliminacija Tl-201 iz ishemičnih miocita je **SPORIJA** nego iz zdravih. Znači da defekti u distribuciji u miokardu zbog nenakupljanja Tl-201->nisu izraženi u redistribuciji jer se Tl-201 sporo eliminira, a novi se nakuplja. To su **REVERZIBILNI DEFEKTI**. **IREVERZIBILNI DEFEKTI**= područja fibroze koja pokazuje nenakupljanje Tl-201 i u distribuciji i u redistribuciji;

- monokationski kompleksi tehnecija uvedeni jer Tl-201 ima niske energije i atenuira u tkivima; 2 injekcije potrebne-> 1 za procjenu u mirovanju, 2. za procjenu u opterećenju; može se mjeriti istisna frakcija klijetke metodom prvog prolaska i regionalna kontraktilnost klijetki,

#### **METODA RADA:**

1) planarna scintigrafija-kompjut. gama-kamerom; 1 min. prije završetka opterećenje daje se Tl-201->snimanje u prednjoj, lijevoj anteroleteralnoj od 45° i lijevoj anterolateralnoj od 70°; snimanje u redistribuciji nakon 3-6 sati;

2) SPECT s Tl-201: pomoću rotirajuće gama-kamere koja ima 1, 2 ili 3 glave;

3) SPECT s Tc-99m i monokationskim kompleksima: 2 odvojena snimanja, u opterećenju i mirovanju, jer nemaju redistribuciju kao Tl-201; jednodnevni (obje u istom danu) ili dvodnevni protokol;

**Interpretacija:** određuju se ispadi perfuzije te jesu li reverzibilni ili ireverzibilni; veličina lijeve klijetke, debljina miokarda, te intenzitet nakupljanja radiofarmaka u desnom srcu (hipertrofija) i plućima (povišeni teledijastolički tlak lijeve klijetke);

4) **TOMOGRAFIJA.** u 3 ravnine paralelne ili okomite s osi lijeve klijetke; može se skinuti superpozicija drugih organa, npr. jetre; može otkriti manje ispade perfuzije, senzibilnija je od planarnih scintigrama;

INDIKACIJA: dijagnostika koronarne boesti i to prije koronografije se napravi; ili kada ergometrijski test klinički na pomaže;

- nekoliko faktora može smanjiti dg. učinkovitost perfuzijske scintigrafije miokarda: nitrati, beta-blokeri, nedostatan opterećenje, prisutnost kolaterala, pretilost, dojke;
- ako je kor. bol. već dijagnosticirana, onda PSM za procjenu opsega bolesti, razlikovanje ishemija od ožiljaka, praćenje bolesnika nakon angioplastike ili premosnice, procjena vijabilnosti miokarda,
- treba biti natašte bar 2-4 sata, treba prekinuti sa svom terapijom (nitrati...i sl.) i masni obrok nakon zahvata radi poboljšanja bilijarne ekskrecije,

#### SCINTIGRAFIJA AKUTNOG INFARKTA MIOKARDA

...koristi se **Tc-99m-pirofosfat** ili **In-111 obilježenim antimiozinskim protutijelima**;

- Tc-99m-pirofosfat pojačano se nakupljaju u području svježe nekroze, zdravi miokard se ne prikazuje;-
- Tc-99m-pirofosfat adherira za granule kalcijevog-fosfata u mitohondrijima denaturiranih miocita; OPTIMALNO je 24-48 h nakon infarkta, traje 7-10 dana;
- nije specifičan jer se nakuplja u kostima i npr. frakturama i opeklinama;
- In-111-antimiozinska protutijela-> miozin postaje dostupan nakon što se uništi membrana miocita; osim tu, pojavljuju se i u aktivnoj fazi miokarditisa i reakcija odbacivanja transplantata;
- Tc-99m-pirofosfat= upotrebljava se rijetko, a In-111—antimiozinska Pt-> za procjenu intenziteta reakcije odbacivanja transplantata;

#### ISPITIVANJE METABOLIZMA MIOKARDA

....slikovno i kvantitativno se prikazuje utilizacija pojedinih metaboličnih supstrata u miokardu;

- ciklotronski radiofarmaci kratka vijeka najčešće u upotrebi i PET;

Za ispitivanje:

BETA-OKSIDACIJE: beta-masne kiseline obilježene s **C-11**

POTROŠNJE KISIKA U MIOKARDU: **C-11-acetat**;

UTILIZACIJE EGZOGENE GLUKOZE: **F-18-fluorodeoksiglukoza**;

- radiofarmak se proizvede u ciklotronu, veže za supstrat i *on-line* aplicira ispitaniku;
- >u ishemičnim segmentima miokarda POVEĆANA je utilizacija glukoze (anaerobno !);
- PET ne postoji u Hrvatskoj, a i vani je rijedak;

#### ISPITIVANJE SIMPATIČKE INERVACIJE MIOKARDA

**-I-131-MIBG** (metajodbenzilgvanidin, sličan noradrenalinu, analog blokatora simp. sust. gvanetidina) koji se pojačano nakuplja u simpatičkom sustavu->procjena inervacije nakon transplantacije ili kod bolesnika od dijabetičke polineuropatije; može i **I-123**, ali on je skuplji jer se proizvodi ciklotronski;

- nakuplja se u vezikulama postganglijskih simpatičkih živaca i kromafinim granulama+ profilaksa Lugolovom otopinom za štitnjaču;

#### RADIONUKLIDNA ANGIOKARDIOGRAFIJA

...IV injiciranje radiofarmaka pa dinamičkom scintigrafijom promatranje protoka kroz srce, pluća i velike krvne žile,

- DG. srčanih pogrešaka posebno shuntova;
  - **Tc-99m-vezan za ALBUMIN ili ERITROCITE**=ostaju unutar vaskularnih prostora;
  - upotrebljava se gama-kamera širokog vidnog polja,
  - potrebno je injicirati što bliže srcu, npr. u vanjsku jugularnu venu ili subclaviju;
- LJEVO-DESNI SHUNT: usporena eliminacija radiofarmaka iz pluća i slabije se prikazuju lijevo srce i aorta;
- DESNO-LIJEVI SHUNT: pojava radioindikatora u lijevom srcu i aorti istovremeno s pojavom u plućima;

- računanje krivulja DILUCIJE: krivulja uobičajena ima 2 vrška->prvi odgovara cirkulaciji kroz desno srce, drugi kroz lijevo; mjerenjem površine ispod krivulje može se izračunati veličina protoka kroz pluća, odnosno kroz shunt ako postoji;
- ako postoji regurgitacija zbog valvularne insuficijencije=to onemogućava radionuklidnu angiokardiografiju;
- premedikacija Irenatom (natrijev-perklorat->zaštićuje se štitnjača);
- može se provoditi ambulantno

### RADIONUKLIDNA VENTRIKULOGRAFIJA

...**Tc-99m-pertehnetat** (nije najbolji jer brzo izlazi iz cirkulacije, ali dovoljan za prvi prolaz) i dinamičko snimanje srčanih šupljina;potrebni su: -ergometar, defbrilator, gama-kamera, računalo; PODACI O: istisnoj frakciji lijeve i desne klijetke i regionalnim promjenama njihova gibanja; za RNV u ekvilibriju ( to je nakon završenog miješanja radionuklida u krvi-ravnomjerno raspoređen) potreban je pravi vaskularni indikator: Tc-99m-vezan za albumin ili eritrocite;

- *in vivo* (IV injicira se Sn-pirofosfat, zatim Tc-99m: kositar-pirofosfat se vezao za eritrocit. Tc-99m će se vezati za Hemoglobin, nakon što ga ovaj reducira) i *in vitro* obilježavanje eritrocita (efikasnija metoda->eritrociti se inkubiraju s Sn-citratom koji reucira Tc-99m pa se ovaaj veže za hemoglobin);

ES

->GEF=1- -----

ED

-postupak se preporučuje za izračunavanje globalne istisne frakcije desnog srca;

-**EKVILIBRIJSKA RNV**: srce se snima u 3 projekcije: prednja, lijeva anterolateralna od 45° i lijeva lateralna; snimanje se provodi kroz više stotina srčanih ciklusa, potrebna je vremenska sinkronizacija snimanja s kontrakcijama pa se to sinhronizira pomoću EKG-a; svaki srčani ciklus je podijeljen na 16 intervala i poslije se spajaju slike svakog intervala =sumacijske slike koje prikazuju srce u svakom od 16 ciklusa;

-GEF za lijevo i desno srce;

- GEF=UV/EDV; LK=65%, DK=55%;

-porast GEFa u opterećenju za LK je 5%!;

regionalna istisna frakcija za svaki sektor->smanjena u području **infarkta**;

-paradoksalno gibanje kod **aneurizmi**: kod kontrakcije se povećava;

PRIMJENA: u koronarnoj bolesti (preoperativno određivanje stanja istisnih frakcija), u kardiomiopatijama i kardiokirurgiji kao procjena nakon transplatacije;

### RADIONUKLIDNA FLEBOGRAFIJA

-radiofarmak injiciran u vene nogu, scintigrafski prikaz procjene prohodnosti dubokog i površinskog venskog sustava=suženja, začepjenja ili kolateralni krvotok;

- Tc-99m-HSA ili MAA->omogućena je perfuzijska scintigrafija pluća odmah poslije;

- 1)potkoljencične vene2)natkoljencične vene3)zdjelične vene;

- nakon injiciranja radiofarmaka, tlačnom manžetom u području maleola->za duboke vene,

*Patološki*: izostanak prikaza pojedine vene,"HOT SPOT": zastoj, lezija,tromb;

Indikacije: sumnja na tromboflebozu, procjena medikamentoznog liječenja, zbog preosjetljivosti na jodne kontraste u radiografskoj flebografiji ili hipertireoze, procjena funkcije kava-filtra...

### *OSTALO:*

a) *scintigrafija tromba*: radioakt. obilježen heparin, fibrinogen ili trombociti=lokaliziraju se u svježem trombu; a plazminogen, plazmin i streptokinaza= tijekom procesa trombolize->lokalizacija starih tromba, ;

-Tc-99m ili I-123 na fibrinogenu za venske trombe, a In-111 na trombocitima za arterijske trombe + srčane šupljine;

b) *periferna angioscintigrafija*

- ...prohodnost velikih arterija zdjelice, natkoljenice i potkoljenice, gornjih ekstremiteta... davanje radiofarmaka uIV i zabilježavanje njegovog prvog prolaska;
- Tc-99m-pertehnetat ili Tc-99m-DTPA (+zaštita štitnjače Irenatom) kojima se obilježe eritrociti;
- c) *scintigrafija krvnih prostora udova*
- za procjenu perfuzije pojedinih dijelova...npr. Raynaudov fenomen, statičke snimke u ekvilibriju se upotrebljavaju;

## SCINTIGRAFIJA PARATIREOIDNIH ŽLIJEZDA

- ...slikovna metoda kojom se pomoću radiofarmaka **Tc-99m-MIBI i Talij-201** prikazuje abnormalno tkivo paratireoidnih žlijezdi: adenom, hiperplazija ili karcinom;
- najviše se upotrebljava suptrakcijska scintigrafija koja koristi **Talij-201-klorid i Tc-99m-pertehnetat**. Talij-201 u biološkom se smislu ponaša kao KALIJ kojeg nakuplja abnormalno, metabolički aktivno tkivo tumorskih stanica;
- Tc-99m-pertehnetat se koristi tako da se obilježe folikularne stanice štitnjača i epitelne stanice ductusa žlijezda slinovnica-oduzima se slika s pertehnetatom od slike s talijem= **ono što ostane je patološko->adenom, hiperplazija ili karcinom**
- > **paratireoideja NE akumulira Tc-99m-pertehnetat;**
- u zadnje vrijeme se koristi samo **Tc-99m-MIBI (metoksiizobutilizonitril)** =štitnjača veže taj radiofarmak intenzivnije, ali ga i brže otpušta-gleda se 2-3 sata nakon injiciranja;

**METODA RADA:** intravensko injiciranje Tc-99m-pertehnetata->20ak minuta poslije počinje snimanje->10 snimaka od po jedne minute snima se gama-kamerom spojenom na računalo-> injicira se Tl-201 i snima nakon 5 minuta 15 snimaka od po 1 minute->statička snimka prsnog koša i scintigram cijelog tijela->suptrakcija ->**nalaz je pozitivan ako ostane žarište patološkog nakupljanja radioTALIJA;**

**-Tc-99m-MIBI->**injicira se intravenski->snima se nakon 15 min i nakon 2-3 sata; ostatna aktivnost na kasnom scintigramu je promijenjeno tkivo paratireoidne žlijezde; nakuplja ga i štitnjača, ali ga brzo otpušta;

- PRIMJENA:** hiperparatireoidizam, sumnja na adenom, hiperplaziju ili karcinom, prije kirurškog zahvata se provodi radi određivanja lokalizacije lezije;
- lažno pozitivni nalazi=zbog patologije same štitnjače;
- lažno negativni nalazi= mogu biti posljedica veličine (mali tumori), smanjenog broja mitohondrija i promjena unutar tumora (nekroza!);

### UZV PARATIREOIDEJE

- slikovna dijagnostička metoda kojom se prikazuje morfologija povećane i patološki promijenjene paratireoidne žlijezde neovisno o njejoj funkciji;
- **NORMALNA PARATIREOIDEJA EHOGRAFSKI SE NE PRIKAZUJE** zbog vrlo malih dimenzija i slične ehostrukture kao i štitnjača; ektopične paratireoideje isto ne mogu biti ehografski prikazane jer ih skriva trahealna hrskavica, sternum, rebra...
- potrebna je citološka punkcija pod nadzorom UZV! ->bojenje po Giemsi i specifično po Grimeliusu=srebrnim nitratom bojenje za spec. dokazivanje argirofilnih zrnaca
- >dokazivanje stanica paratireoideje;
- radioimunološko određivanje konc. parathormona iz istog aspirata;

## SCINTIGRAFIJA KORE NADBUBREŽNE ŽLIJEZDE

- ...za procjenu funkcije morfoloških promjena kore nadbubrežne žlijezde ->traži se hiperfunkcionalnost;

**RADIOFARMACI:** **I-131-6<sup>0</sup>19-jodmetilnorkolesterol** (potrebna je profilaksa nakupljanja slobodnog radiojoda u štitnjači Lugolovom otopinom); i **Se-75-6<sup>0</sup>19-selenometilnorkolesterol**;

-IV aplikacija->vežu se na LDL koji se nakupljaju u kori NŽ preko LDL-receptora;

- prisutna je enterohepatična cirkulacija radiofarmaka, izlučuje se jetrom i bubregom; -ACTH i angiotenzin povećavaju nakupljanje radiofar. u kori, hiperkolesterolemija smanjuje;

**METODE RADA:** 1)**nativno:** aplicira se IV-> snima se gama-kamerom širokog vidnog polja povezana s računalom->scintigr. se snimaju 3-7 dana nakon aplikacije joda i 7-14 dana nakon aplikacije selena; snima se posteriorni scintigram lumbalnog područja;

- scintigrafija 2) **NAKON DEKSAMETAZONSKE SUPRESIJE LUČENJA ACTH** -> radi supresije aktivnosti zone fasciculate i povećane mogućnosti prikaza pojačanog nakupljanja radiofarmaka u zoni glomerularis odnosno retikularis = prije aplikacije radiofarmaka daje se 7 dana 2X2 mg deksametazona i još 5 dana nakon aplikacije->snima se 3,4,5 i 7 dan nakon aplikacije radiofarmaka;

**PRIMJENA:**

1.Cushingov sy.-nativna scintigrafija;

a)ADENOM= pojačano nakupljanje radiofarmaka u adenomu i neprikazivanje kontralateralne nadbubrežne zbog supresije ACTH;

b)BILATERALNA KORTIKALNA NODULARNA HIPERPLAZIJA: bilateralno pojačano nakupljanje radiofarmaka, često asimetrično;

c) KARCINOM NADBUBREŽNE ŽLIJEZDE: bez prikaza žlijezdi -> pojačano lučenje kortizola suprimira kontralateralnu normalnu žlijezdu , no karcinomi ne nakupljaju radiofarmak u dovoljnoj mjeri da bi bili prikazani;

MR>CT>scintigrafija (bolji prikaz donje šuplje vene i ekstenzije tumora MRom);

2. PRIMARNI ALDOSTERONIZAM

-aldosteron luči zona glomerularis;(g-aldosteron, f-kortizol, r-androgeni);

-scint. se primijenjuje za razlikovanje unilateralnih od bilateralnih promjena;

- uvijek DEKSAMETAZONSKA SUPRESIJA!

**- normalne NŽ prikazuju se nakon 5 dana, a one s promjenom nakon 3-4 dana;**

-potreban je točna biokem. i horm. dijagnoza za razlikovanje primarnog od sekundarnog aldosteronizma;

- zbog rezolucije UZV nije adekvatan za tumore manje od 2 cm;

3) PRIMARNI ADRENALNI HIPERANDROGENIZAM- vrijedi isto što i za aldosteronizam

4) AFUNKCIONALNI TUMORI-otkrivaju se CTom

## SCINTIGRAFIJA SRŽI NADBUBREŽNE ŽLIJEZDE

...za prikaz srži, upotreba **I-131-MIBI (metiljodobenzilgvanidin)**; nakuplja se u srži/zapravo vezikule simpatičkog sustava i kromafine granule; neuroblastomu, metastazama medularnog karcinoma štitnjače i APUD tumorima,

- fiziološko nakupljanje MIBG u žlijezdama slinovnicama, jetri, slezeni....no manjeg je intenziteta; potrebna profilaksa štitnjače, gama-kamerom cijelo tijelo, posebno vrat, medijastinum, zdjelica, trbušna šupljina;

**INDIKACIJE: -II-**

- jednokratna aplikacija radiofarmaka=prikaz cijelog tijela;
- simpatikomimetici smanjuju nakupljanje MIBG;

## **KOŠTANI SUSTAV**

SCINTIGRAFIJA KOSTI I ZGLOBOVA...radiofarmacima koji se nakupljaju u koštanom tkivu, pojačano na mjestu koštanih lezija i smanjeno na mjestima afunkcije koštanog sustava...

**-Tc-99m-difosfonati (MDP/ metilendifosfonat HMDP/hidroksi-metilendifosfonat i DPD/dikarboksipropandifosfonat) i polifosfati (pirofosfat);**

- u difosfonata 2 fosfatne skupine vezane su preko atoma C, a u pirofosfatu preko O;

**- OSTEOTROPNI RADIOFARMACI stupaju u reakciju s kristalom HIDROKSIAPATITA;**

->mehanizam može biti: izmjena s Ca, ili s OH skupinom hidroksiapatita ili adsorpcija na kristal; akumulacije ovisi o: prokrvljenosti kosti, permeabilnosti kapilara, koncentraciji radiofarmaka u cirkulaciji;

- nakon aplikacije osteotropni se radiofarmaci ugrađuju u kost, a koji se ne ugrade-izlučuju se mokraćom;

**PRIMJENA:** IV injiciranje, gama-kamera širokog vidnog polja;

- osim kosti, na scintigramu se nalaze još i bubrezi i mokraćni mjehur; lokalizacija lezije najtočnije se može odrediti pomoću **SPECT-a i troetapnog scintigrama;**

->1. etapa: prikaz prokrvljenosti određenog dijela skeleta; 2. etapa: "blood pool"-prikaz vaskularnih prostora; 3. etapa: klasični statički scintigram koji se snima 3 sata nakon injekcije.

- od metoda kvantifikacije najčešće upotrebljavamo ROI, metodu regije interesa gdje se regija s patologijom uspoređuje sa zdravom kosti->dobije se index omjera aktivnosti patološki promijenjene kosti naspram normalne,

**INDIKACIJA:** sve koštane bolesti, benigni i maligni tumori, osteomijelitis, frakture, Pagetova bolest, aseptična nekroza, artritis...

**PRIMARNI TUMORI: slično nakupljanje radiofarmaka i kod benignih i kod malignih tumora kostiju;**

OSTEOGENI SARKOM: zona nakupljanja unutar koje se vide i područja nenakupljanja;

EWING: zona homogenog nakupljanja s neoštrom granicom prema zdravoj kosti;

HONDROSARKOM: manji intenzitet nakupljanja i "hot spots" unutar tumora, naglašena granica prema zdravoj kosti;

**->primarno MALIGNI tumori= pojačana perfuzija kroz leziju posebno u 1. etapi!**

**->primarno BENIGNI=smanjeni intenzitet nakupljanja radiofarmaka, ali to je teško za odrediti;**

**METASTAZE U KOSTIMA:** izazivaju osteoplastičnu reakciju iako su većinom osteolitični->svako mjesto novo-stvaranja kosti intenzivno nakuplja radiofarmak="hot spot";

-difuzna zahvaćenost metastazama u kostima= "super sken"= visoka akumulacija radiofarmaka u kosturu i niska ili nikakva u bubrezima i mokraćnom mjehuru; niska u cirkulaciji i mekim tkivima;

**TROETAPNI SCINTIGRAM=>primarno za OSTEOMIJELITIS-> pojačana perfuzija zahvaćene kosti i okolnog tkiva (u tumoru samo pojačana perfuzija lezije); posebno intenzivan prikaz lezije u 2. etapi;**

**DIJAGNOZA OSTEOMIJELITISA:** Ga-67-citrat, obilježeni leukociti, antigranulocitna protutijela...

**FRAKTURE**-ako je RTG negativan, a klinički znakovi su izraženi; scintigrafija nema smisla dok se ne pokrene osteoplastička aktivnost, a to se događa 72 h nakon frakture->tek onda scintigram;

**STRESNE FRAKTURE!**

PAGETOVA BOLEST: postoji nasrazmjer između razgradnje i izgradnje kosti->osteolitičke lezije i onda nagla osteoblastična aktivnost i odlaganje kolagena->izmijenjuju se područja osteolize i skleroze; može biti jedna, a može i više kosti zahvaćena;

- visoka akumulacija radiofarmaka na scintigramu->na 3etapnom cintigramu imamo blago povećanu perfuziju u početnoj fazi i izrazito pojačanu u podmaklom stupnju;

DIFUZNE METABOLIČNE BOLESTI SKELETA: difuzno promijenjena kost, posebno kosti lubanje, sternum (kravata), mandibula i duge kosti udova; bubrezi i mokr. mjehur se ne vizualiziraju;

ASEPTIČNA NEKROZA GLAVE BEDRENE KOSTI: hladna zona zbog ledirane krvne žile koja opskrbljuje to područje, a na perfuzijskom scintigramu;

BOLESTI ZGLOBOVA: možemo razlikovati upalni od neupalnog procesa, sinovitis od destrukcije koštanog dijela =>3etapna scintigrafija +difosfonati. Na perfuzijskom scintigramu procijenit ćemo stanje prokrvljenosti u području zgloba (sinovitis or not), a na odgođenom scintigramu (3.faza) gledamo da li je koštani dio zgloba oštećen or not.

SAKROILEITIS: ROI između zahvaćenog zgloba i sakruma,

- u odnosu na RTG, u scintigrafiji se dijagnoza lezije temelji na metaboličkoj aktivnosti kosti, a ne anatomskej veličini lezije;(->rano otkrivanje koštanih metastaza!)

- prije scintigrafije pacijent mora isprazniti mjehur,

### DENZITOMETRIJA KOSTI

-direktno mjerenje mineralnog sadržaja kosti na temelju metode koja se zasniva na razlici u apsorpciji X- i gama- zraka u kostima i mekim tkivima;

- **direktno** mjerenje mineralnog sadržaja kosti (u gramima) i **indirektno** mjerenje gustoće kosti (u g/cm<sup>3</sup>)

-**JEDNOFOTONSKA denzitometrija=monoenergetska gama-zraka I-125**;gdje nema mekog tkiva mnogo; americij-241 gdje ima mekog tkiva dosta;

-**DVOFOTONSKA denzitometrija: Gadolinij 153**;

-denzitometrija se zasniva na prolasku gama ili x zraka kroz tkiva i njihovoj **atenuaciji=atenuacija je proporcionalna koštanoj masi**;

- gustoća kosti se izračunava podjelom ukupne koštane mase s površinom kosti u području koje je mjereno; gustoća u g/cm<sup>3</sup>

OSTEOPOROZA=smanjenje koštane mase u odnosu na volumen kostiju; povećava rizik od frakture kostiju;

- osteomalacija, bubrežna distrofija, hiperparatiroidizam;

- **KLINIČKI se najčešće denzitometrija upotrebljava za procjenu rizika od fraktura**;

- izražavanje rezultata denzitometrijskih mjerenja izražava se odstupanjem vrijednosti jedinica od srednje vrijednosti (Z) ili maksimalne vrijednosti (T);

### SCINTIGRAFIJA KOŠTANE SRŽI

- ....radiofarmacima koji se nakupljaju ili u **eritroidnim prekursorima** ili **RES-u** koštane srži...

- za scintigrafiju eritroidnih prekursora: Fe-52(ciklotronski se proizvodi) ili Fe-59 (-> 45 dana T 1/2 !)

- rabi se i **In-111-klorid** kao analog željeza, nešto manje se nakuplja u eritroidnim prekursorima; monoklonski obilježena antigranulocitna protutijela mogla bi biti povoljnija;

- za RES se upotrebljava Tc-99m-sumporni koloid kojeg RES fagocitira;

- funkcionalna koštana srž=>u aksijalnom skeletu se nalazi!

- obilježavanje i RES-a i eritroidnih prekursora je jednako funkcionalno s obzirom da su podjednako rasprostranjeni; **disrazmjer u osoba s infektivnom eritropoezom**;

- što se radiokoloida tiče->normalno se nakupi 92% u jetri i slezeni, a 8% u RES-u=dovoljno za vizualizaciju, ne vide se onda donji Th i gornji L kralješci jedino;

-aksijalni skelet je dobro vizualiziran (crvena koštana srž!), sternum i rebra slabije;

INDIKACIJE: neslaganje između kliničkog statusa bolesnika i nalaza aspiracije koštane srži; procjena količine aktivne koštane srži nakon kemoterapije, detekcija ekstramedularne hematopoeze

(ne i radiokoloidima), detekcija metastaza, najboljih mjesta za biopsiju, infarkta u hemolitičkim anemijama, avaskularne nekroze glave femura;

**- za otkrivanje koštanih metastaza najbolja je scintigrafija kostiju, dok je za multipli mijelom najbolje scintigrafija koštane srži;**

## HEMATOLOGIJA

**✗ mjerjenje volumena krvi:** u krvotok se injicira doza obilježenih eritrocita i nakon što se razrijedi u cirkulaciji izračuna se njena koncentracija i tako se izračuna volumen mase eritrocita ili plazme; volumen krvi 60-80 ml/kg; volumen mase eritrocita: 25-35 ml/kg za M i 20-30 ml/kg za Ž; volumen plazme: 60-80 ml/kg;

a) **PLAZMATSKI OBILJEŽIVAČI: I-131, I-125, Tc-99m i Cr-51 (trovaljani), transferin obilježen In-113m;**

b) **ERITROCITNI OBILJEŽIVAČI: Tc-99m, Cr-51 (šesterovaljani);**

-ako istovremeno i plazmu i eritrocite određujemo: upotrebljavamo Tc-99m i I-131 da se može mjeriti na osnovi različitih gama-energija;

INDIKACIJA: volumen krvi se najčešće određuje pri sumnji na policitemiju;

**✗ mjerjenje duljine života eritrocita:** eritrociti *in vitro* obilježeni s Cr-51 (šesterovaljanim)->vraćaju se u krv->prate se vanjskim uređajima i čeka njihovo nakupljanje u jetri i slezeni;

-Cr-51 u obliku natrijevog-kroomata, ulazi u eritrocit, iz trovaljanog prelazi u šesterovaljani oblik i veže se za beta-globinski lanac hemoglobina;

- vrijeme poluraspada eritrocita (23-29 dana zbog toga što je to T ½ kroma) SMANJENO je u hemolitičkom sindromu, zbog intrakorpuskularnih ili ekstrakorpuskularnih abnormalnosti (npr. loše funk. umjetnih valvula ili malarija), povećano u splenektomiranih osoba;

->ispitivanja duljine života eritrocita traju i do 4 tjedna;

**✗ kinetika leukocita i trombocita:**

**LEUKOCITI: Tc-99m-HMPAO, Tc-99m-nanokoloid, Tc-99m-metilendifosfonat; In-111-oksin, In-111-tropolon;**

**TROMBOCITI: In-111-oksin, In-111-tropolon;**

- prvo se trebaju izdvojiti u sterilnim uvjetima i zatim obilježiti; raspodjela radioaktivno obilježenih leukocita i trombocita po krvi prati se gama-kamerom ili scint. snimanjem cijelog tijela u različitim vremenskim razmacima;

->scintigrafija leukocita: apscesi, upale, ak. inf. miokarda, ak. pankreatitis, odbacivanje bubrega, Crohnova Mb., ulcerozni kolitis;

->scintigrafija trombocita: intrakardijalni trombi, duboke venske tromboze, odbacivanje bubrega,

**✗ ferokinetika:**

-...ispitivanje sudbine i raspodjele radioaktivnog željeza...

-Fe-59 (t 1/2)= 45 dana i primijenjuje se u niskim aktivnostima,

- 2/3 željeza u tijelu nalazi se u **hemoglobinu** koji se obnavlja svakih 115-120 dana;

- apsorpcija Fe iz GI: peroralno se aplicira **Fe-59 citrat, sulfat ili klorid + askorbinska kiselina**=mjeri se aktivnost u stolici 7-10 dana; **10-35%** se normalno apsorbira;

- Fe-59 inkubira se s plazmom da bi se vezalo na **transferin** i zatim se injicira u krvotok=> iz brzine iščezavanja željeza iz plazme izračunava se **promet željeza u krvi** 72-144mikromola/L krvi/dan

**efektivna eritropoeza** : mjeri se utilizacijom željeza u eritrocitima, tj. koliko se Fe-59 ugradilo u cirkulirajuće eritrocite tokom 2 tjedna. Normalna utilizacija je 70-80% između 10. i 40. tjedna; izvodi se u **nejasnim stanjima** kada druge hematološke metode ne daju dovoljno podataka (utilizacija normalna u policitemiji, povećana u anemijama) da bi se razlučila od inefektivne;

### ✗ SCHILLINGOV TEST

- peroralno se daje B<sub>12</sub> koji je obilježen radionuklidom i to **Co-57 i Co-58**. Zatim se parenteralno daje veća doza B<sub>12</sub> (cijanokobalmina). NEOBILJEŽENI zasiti transkobalmin (nosač u krvi) jer ga ima 1000 puta više od OBILJEŽENOG i istisne ga. OBILJEŽENI (i slobodni pritom) izlučuje se glomerularnom filtracijom: **10-40%** je normalno. Mjeri se 24h-urin; ako se test ponovi uz istodobno davanje i IF, može se ocijeniti gdje je greška > dvostruki Schilling;
  - postoji komercijalni preparat **DICO-PAC** za istodobni dvostruki Schillingov test.
- INDIKACIJA: megaloblastična anemija, perniciozna, funikularna mijelopatija;
- niski rezultat bez primjene IF, normalni rezultat s IF= greška je u nedostatku IF!
  - greška može biti i u malapsorpciji u distalnom ileumu;

## OSTALO

### a) SCINTIGRAFIJA SUZNIH PUTEVA

- =lakrimalna dakrioscintigrafija-> **Tc-99m-pertehnetat u fiziološkoj otopini** -> ukapa se mikropipetom u oko-> prati se gama-kamerom s posebnim pinhole kolimatorom->INDIKACIJA: procjena fiziološka problema suženja ili stanja nakon operacije->jednostavnija verzija je uvođenje FLUORESCEINA ili SAHARINA u nazolakrimalni sustav-> negativni rezultat ne pruža informacije o lokalizaciji stenozе;
- RTG dakriocistografija je bolja, ali invazivna metoda (intubacija jednog kanalikulusa);

### b) SCINTIGRAFIJA SLINOVNICA

- Tc-99m-pertehnetat, perklorat, jodid** -> koncentriraju se u epitelu duktusa i izlučuju u slinu u velikoj količini-> dobro se pokazuju parotide i sumandibularne -> male slinovnice i sublingvalne se ne pokazuju jer ne nakupljaju dostatno->**IV daje se Tc-99m-pertehnetat, u 30. minuti pod jezik dobiva vit. C;**
- INDIKACIJE: Sjogrenov sy.(nalaz može varirati od potpunog prikazivanja do uopće ne), Mikuliczev sy. (simetrično povećane), tumori ( i hot i cold spots), sijalolitijaza;

### c) RADIONUKLIDNA LIMFOGRAFIJA

- ...nakon injekcije obilježenih KOLOIDA u intersticij pokazu se regionalni limfni čvorovi;
- koloidne čestice denaturiranog albumina obilježene Tc-99m-pertehnetatom**-> fizička aktivnost pospješuje otjecanje limfe->RES u limfnom čvoru fagocitira koloid, dio prolazi čvor i završava u ductus thoracicus, u Kupfferovim stanicama...
- metoda posebno za prikaz *sentinel* čvora;
  - inferiornija je RTG limfoangiografiji, ali je jednostavnija;

## SCINTIGRAFIJA ŠTITNJAČE

- ... slikovna metoda za dvodimenzionalni prikaz štitne žlijezde
- **Tc-99m-pertehnetat**= mehanizam akumulacije; a pomoću **radionuklida joda**=mehanizam akumulacije i organifikacije joda;
  - ...veličina strume ili čvora, položaj tkiva štitnjače u vratu ili substernalno, funkcijsko stanje čvora, ektopično tkivo štitnjače, rezidualno tkivo štitnjače, procjena hipertireoze, hipotireoze, tireoiditisa;
  - najduže u primjeni: **I-131**, međutim ima dugo vrijeme poluraspada (8 dana) i znatno ozračivanje=napušanje tog radionuklida (osim u DG. i LIJEČENJU karcinoma štitnjače i terapiji tireoiditisa);

- danas se najviše upotrebljava **Tc-99m-pertehnetat** koji se akumulira mehanizmom joda u štitnjači, ali se ne organificira;
- malo ozračivanje, niska energija, dobivanje scintigrama za POLA SATA=prednosti;
- idealni radionuklid je I-123**=skup jer se proizvodi ciklotronski;
- za scintigrafiju štitnjače: **gama-kamera i pinhole kolimator** i rezolucija manja od 1 cm;
- ako postoji lingvalna, sublingvalna ili substernalna struma= pogodniji je **I-131** zbog visoke koncentracije pertehnetata u okolnom tkivu (slinovnice i velike krvne žile sredoprsta);
- **patološki uzroci NEVIZUALIZACIJE ŠTITNJAČE**= hipotireoza, tireoiditis ili ektopično tkivo štitnjače;
- >HLADNI ČVOROVİ=NEFUNKCIONALNI(slabije nakupljaju)
- >TOPLI ČVOROVİ=FUNKCIONALNI(dobro nakupljaju)->isključena zloćudnost;

## NETUMORSKE BOLESTI ŠTITNJAČE

### ➤ tireotoksikoza s hipertireozom

- Basedowljeva/Gravesova bolest
- multinodozna toksična struma
- toksični adenom
- trofoblastična bolest(abnormalni stimulator funkcije štitnjače)
- hipertireoza s povišenim TSH
- Jod-Basedowljeva bolest

### ➤ tireotoksikoza bez hipertireoze

- tireotoksikoza fakticija
- ektopično tkivo štitnjače
- upale štitnjače
- tireotoksična kriza (neliječeni oblici hipertireoze)

### ➤ hipotireoza

- u odraslog i u djeteta;
- primarna idiopatska hipotireoza; postablativna hipotireoza; sporadični kretinizam; trofoprivna hipotireoza (poremećaj hipotalamus-hipofizne osi); hipotireoza s gušom; enedemski kretinizam; gušavost povezana s lijekovima-Li),

### ➤ upale štitnjače

- limfocitni tireoiditis/Hashimoto
- subakutni tireoiditis/De Quervainov granulomatozni

## TUMORSKE BOLESTI

### ➤ benigni tumori

- adenom; potrebna punkcija za distinkciju uz navođenje UZVom;

### ➤ maligni tumori

- papilarni (ne metastazira hematogeno), folikularni (metastazira hematogeno, metastaze dobro osjetljive na jod), Hurthleovih stanica, medularni, anaplastični...

## RADIONUKLIDNA ISPITIVANJA ŠTITNJAČE:

- 1)UPTAKE TEST-> MJERENJE AKUMULACIJE RADIOAKTIVNOG JODA U ŠTITNJAČI  
-> oralno se daje **I-131** i gleda se akumulirana doza nakon 2, 4, 24, 48h <-zamijenile ga laboratorijske metode određivanja hormona štitnjače ->povišene vrijednosti akumulacije kod hipertireoze, snižene kod hipotireoze;
- 2)TEST SUPRESIJE T3->mjerenje akumulacije **radioaktivnog joda** prije i 7 dana nakon supresije davanjem trijodtironina-> normalno dolazi do smanjenja akumulacije za 50% ili više->normalan test isključuje hipertireozu; isključenje autonomnih od neautonomnih čvorova;
- 3)TEST STIMULACIJE TIREOTROPINOM->reagira na egzogeni TSH povišenom akumulacijom joda-> u normalnih osoba i hipofizne hipotireoze akumulacija se poveća za 50% -> učinak izostaje kod oštećenja tkiva i kod hipotireoze;

**4) PERKLORATNI TEST**-> neorganificirani jod izlazi iz štitnjače kada je inhibirana perkloratom -> ako je poremećena organifikacija, izlazit će neorganificirani radioaktivni jod (prethodno se akumuliralo radioaktivno obilježenog joda, pa se dao perklorat, pa se sve to mjerilo);

### SCINTIGRAFIJA ŠTITNJAČE:

->kosim projekcijam razotkriti čvor koji je nefunkcionalan, a prekriven normalnim parenhimom;

APSCES=nefunkcionalni->HLADNI ČVOR;

GRAVES: povećana štitnjača jednakomjernog rasporeda radionuklida i intenzivnog prikaza;

HASHIMOTO=povećana žlijezda, nejednakomjerna distr. aktivnosti u kojoj nisu rijetkost nefunkcionalni čvorovi;

DIFUZNA EUTIREOIDNA STRUMA=povećana žlijezda s homogenom raspodjelom radiofarmaka;

**FLUORESCENTNA TEHNIKA:** I-127 u štitnjači normalno, aktivira se americijem-241 izvana, fluorescira i bilježi se poluvodičkim detektorom(može u djece i trudnica!);

- CT I MR ne razlikuju benigne od malignih čvorova; ne razlikuje ih niti scintigrafija doduše, ali vrući su benigni, a hladni potencijalno maligni, ako je čvor manji od 1 cm ne bilježi ga-> treba nadopuna pretrage UZVom koji može razlikovati da li je tvorba cistična ili solidna;

->BOLESTI ŠTITNJAČE: difuzne & nodozne

**LABORATORIJSKA DIJAGNOSTIKA:** FT3 i FT4 (ne ovise o konc. TBG-a); TIREOGLOBULIN je tumorski marker kod papilarnog&folikularnog karcinoma štitnjače, kalcitonin za medularni (pentagastrinski stimulacijski test); određivanje **protutijela** (TgAb/tireoglobulin, TMAb/mikrosomna frakcija, TPO/peroksidaza, TRAb/ tireotropni receptori, receptori od TSH btw.), mogu biti stimulirajuća i inhibirajuća; **TSH u kapi krvi** (u novorođenčadi), **pretraživanje proteinski vezanog joda (knc. hormona u krvi)**, određivanje **joda u mokraći**;

-> **CITODIJAGNOSTIKA:** bojenje po Giemsi ili Papanicolau; **normalni punktati sadrži tireocite&fagocite&C-stanice** -> **BENIGNE PROMJENE:** miješana, koloidna i cistična struma + lagana, srednja ili jaka proliferacija tireocita;

LIJEČENJE HIPERTIREOZE: **tiocijanatom i perkloratom** blokada ulaska joda u štitnjaču->izbjegavaju se zbog aplastične anemije;

-**propiltiouracil**->**blokira peroksidazu** i sprečava sintez T<sub>3</sub> i T<sub>4</sub> & sprečava perifernu konverziju T<sub>4</sub> u T<sub>3</sub>;

- **jod**-rjeđe: njegova primjena blokira organsko vezanje=**Wolff-Chaikoffljev efekt** i izlučivanje hormona iz štitnjače;

-> **profilaktički se daje u obliku Lugolove otopine!**

- **Li**- blokira izlučivanje hormona;

- **kortikosteroidi**- inhibiraju izlučivanje i perifernu konverziju hormona;

- **beta-blokeri**: smiruju simptome izlučivanja katekolamina;

**LIJEČENJE:** resekcija i radioaktivni jod (radioaktivna ablacija)-> diferencirani karcinomi jako dobro reagiraju na jod zato što imaju TSH receptore. DA bi reakcija na jod bila max. osoba mora biti bez supstitucijske terapije i stimulacija lučenja TSH mora biti max. -> da bi tireociti max. popili I-131 koji će ih uništiti; metastaze su u plućima i kostima; nediferencirani karcinomi->kemoterapija, najčešće Adriamicin; smatra se da je ABLACIJA uspješna kada na kontrolnom pregledu nakon 1 god test akumulacije joda pokazuje manje od 0,1% nakupljenog joda u tkivima;

**METASTAZE U KOSTIMA:** I-131 nije sam dovoljan.+ vanjsko zračenje i supresijaa hormonima;

## GI SUSTAV

### □ HEPATOBILIJARNA SCINITIGRAFIJA

-...ocjena funkcije hepatobilijarnog stabla pomoću radiofarmaka koji se iz krvi izlučuju u žuč:

->**Tc-99m-IDA (iminidoocetna kiselina i njeni derivati)**->**Tc-99m-DISIDA-(diizopropilIDA)** -

>Tc-99m-DISIDA=omogućuje dobru vizualizaciju u bolesnika s visokom hiperbilirubinemijom->IDA&DISIDA imaju isti mehanizam ulaska u hepatocit kao i bilirubin->enterohepatička recirk. je beznačajna -> 10-15% izlučuje se bubrezima;

->IV aplikacija->snimanje gama-kamerom->jednominutni scintigrami u trajanju od 45-60 min->u prvih 20 min. jetra->u 30. ductus choledochus-> žučnjak i crijevo do 60. min.;

-**kolecistokinin** za bolju kontrakciju žučnjaka; **morfin** ako postoji spazam Oddijeva sfinktera;

**INDIKACIJE:**

- razlikovanje **hepatocelularnog ikterusa od opstruktivskog;**
- **atrezije i druge malformacije žučnih vodova;**
- **kalkuloze, kolecistitis, fistule, razlikovanje lijevog jetrenog režnja od slezene;**

- **Tc-99m-IDA nisu toksični i ne izazivaju alergijske reakcije kao RTG metode;**

-za **razlikovanje neonatalnog hepatitisa od bilijarne atrezije=FENOBARBITON**->povećava indukciju mikrosomalnih enzima i pospješuje ulazak radiofarmaka i bilirubina u hepatocit;

### □ KOLOIDNA SCINITIGRAFIJA JETRE I SLEZENE

->**Tc-99m-sumporni koloid i Tc-99m-kositreni-koloid;**

-> Tc-99m-sumporni koloid nakon IV primjene u plazmi veže se za **opsonin**->...

->**RES fagocitira koloid**->gama-kamera->anteriorna, desna i lijeva lateralna i posteriorna projekcija,

- spoznaje o veličini i položaju jetre i slezene->**lezije se prikazuju kao hladne tvorbe** -> **hot spots**=opstrukcija donje šuplje vene npr., naime kod zastoja krvi (Budd-Chiarrijeva malformacija)

**INDIKACIJA:** traumatske lezije; funkcionalna asplenija->ne prikazuje se slezena u bolestima imunološkog sustava;

- UZV, CT i MRI imaju prednost!

### □ SCINITIGRAFIJA HEMANGIOMA JETRE

-...prikaz hemangioma pomoću radiofarmaka koji se zadržavaju u krvnim prostorima;

- **Tc-99m-HSA, ali najčešće Tc-99m-eritrociti vlastiti;**

- vaskularni prostori puni krvi, ali loše perfuzije (rana snimka pokazuje nikakvu perfuziju, kasna da=karakteristično za hemangiom->potrebno je da radiofarmak dođe u kontakt s onom zastojskom krvlju u hemangiomu i da se izmiješa pa se tek naknadno prikazuje);

**METODA RADA:** snima se protok, planarni scintigram i SPECT;

- konfuzija oko razlikovanja metastaza u jetri od hemangioma-> potrebna radionuklidna procjena i MR da bi se izbjegla biopsija koja može uzrokovati krvarenja;

- **novi SPECT** otkriva lezije i od **1 cm** već!

### □ SCINITIGRAFIJA SLEZENE

-...pomoću meh. odlaganja sekvestriranih eritrocita ili pomoću sumpornog koloida;

- **eritrociti se termički obrade, unište i obilježe Tc-99m-pertehnetatom** ->slezena ih ovako ionako fiziološki uklanja pa će se oni tamo nakupljati;

**INDIKACIJE:** politrauma, **ruptura**, splenomegalija različite etiologije, veličina i položaj, tumor, apsces, tvorba u lijevom hemiabdomenu;

#### □ SCINTIGRAFIJA JEDNJAKA

-...prolaz obroka obilježenog **Tc-99m-koloidom**...zadržava se u lumenu probavne cijevi;  
- **detekcija i kvantifikacija GER**. Normalne vrijednosti GER-a ne prelaze 4%(u dojenčadi= "milk scan", mlijeko s radionuklidno obilježenim koloidom);

**INDIKACIJE:** procjena motoričke funkcije jednjaka, ahalazija, megaezofagus, sklerodermija i šećerna bolest (dijabetička polineuropatija!);

-za stenozu RTG i endoskopija imaju prednost;

#### □ SCINTIGRAFIJA PRAŽNENJA ŽELUCA

- ...prolaz krutog ili tekućeg obroka obilježenog radiofarmakom **TC-99m ili In-111**  
->**KRUTI** i **TEKUĆI OBROK** svaki se svojim mehanizmom prazni;  
->nakon snimanja generira se krivulja prolaska hrane kroz želudac=postotak početne aktivnosti nakon 60 min i normalni rezultat je **60% eklonjenog radionuklida iz želuca**;

**INDIKACIJE:** ako se želudac usporeno prazni, zašto?

=>dijabetička gastroenteropatija, nakon vagotomije, metabolični poremećaji (acidoza npr.);

#### □ SCINTIGRAFIJA TRANZITA KROZ TANKO I DEBELO CRIJEVO

- radiofarmak s hranom se uzima, gleda se nekoliko sati za tanko i do 96 sati za debelo crijevo, promatra se motilitet crijeva->taj postupak nije u rutinskoj upotrebi;  
- određuje se gastrocekalno vrijeme(od želuca do cekuma), a upotreba obilježenih vlakana celuloze;

**INDIKACIJE: razlikovanje usporenog prolaza<->opstrukcija;**

#### □ SCINTIGRAFIJA KRVARENJA IZ DONJEG DIJELA GI

->...primjenom vaskularnih indikatora locira se lezija u GI gdje se krvari u lumen crijeva;  
->**Tc-99m-sumporni-koloid ili Tc-99m-eritrociti**->svaki put kada radiofarmak prođe kroz mjesto krvarenja on će curiti u lumen, ali u svakom prolasku će ga biti sve manje jer ga uklanja jetra->to je OK jer je bolji kontrast između ekstravazata i okolice, a u krvi je aktivnost pala zahvaljujući eliminacijom jetre;  
->gama-kamerom se prati cijeli abdomen i gleda da li se negdje događa ekstravazacija-> i 24h nakon injiciranja se promatra;  
->upotrebom eritrocita, metoda je manje osjetljiva jer je prevelika aktivnost u cirkulaciji;

#### □ GUBITAK BJELANČEVINA CRIJEVIMA

->IV davanje **Cr-51-klorida** koji se veže za bjelancevine krvi->mjeri se postotak izlučene radioaktivnosti stolicom; može i uporaba **Tc-99m-albumina**;  
->ispitanik skuplja stolicu 4-5 dana; zdrave osobe izluče manje od 2% krom-klorida;

**INDIKACIJA:** a)ulceracije sluznice: Crohn, UC, karcinom, multipli vrijed želuca b) poremećaji bez ulceracije: Menetrierova Mb., celijakije, tropska sprue c)poremećaji limfotijeka: limfomi, TBC, limangiektazije

->prilikom izvođenja testa ne smije doći do miješanja stolice s mokraćom!

#### □ SCINTIGRAFIJA MECKELOVA DIVERTIKULA

-> želučana sluznica ektopična koja se dg. **Tc-99m-pertehnetatom**;  
-nakupina aktivnosti desno paraumbilikalno; lažno negativan nalaz->ako ektopična sluznica Meckelova izgubi sposobnost akumulacije pertehnetata,

## NEUROLOGIJA

### ✓ SCINTIGRAFIJA MOZGA

-...IV **Tc-99m-pertehnetat**...rotirajuća gama-kamera...podaci o vaskularnim, žarišnim i difuznim oboljenjima mozga;

-pertehnetat se akumulira u štitnjači, slinovnicama, želučanoj sluznici i koroidnom plexusu, normalno ne prelazi hemato-encefalnu barijeru, ali u bolestima je ona oštećena pa vezan za proteine plazme curi u encefalitički prostor-> ako je hematoencefalna oštećena/ ako **ne**cerebralno tkivo unutar mozga/ lokalno povećan volumen cirkulirajuće krvi -> za vizualizaciju tumora mozga koristi se **Tl-201 i Tc-99m-Sestamibi**;

-> regije interesa su **karotida** i opskrbno područje **a. cerebri medije**;

### 4 TIPA LEZIJE:

1) -> **ANEURIZME I AV-MALFORMACIJE**=> lezija je dobro vidljiva u arterijskoj fazi, zatim i u kapilarnoj, u venskoj ne, u recirkulaciji je ponovo dobro vidljiva;

2)->**METASTAZE TUMORA REKTUMA I MENINGEOM**=> lezija je dobro vidljiva nakon injiciranja, aktivnost za vrijeme venske faze neznatno pada i maksimum doseže nakon 5 min;

3)-> **GLIOBLASTOM, METASTAZE DOJKE I PLUĆA**=> lezija je slabo vidljiva, ali nakon **2 h** post injiciranja je dobro je vidljiva;

4)->**ASTROCITOM, AKUSTIČKI NEURINOM, APSCES, NEKE METASTAZE**=> lezija je vidljiva tek nakon nekoliko sati;

->CT i MR imaju apsolutnu prednost, a indicirana je u registraciji AV-malformacija i utvđivanja cerebralne smrti (ima li protoka ili nema);

->važan položaj glave za vrijeme snimanja!!!

### ✓ RADIONUKLIDNA CISTERNOGRAFIJA

-> intrartekalna (L4-L5) aplikacija radioaktiv. indikatora **In-111-DTPA(dietilentriaminopentaocena kiselina)**...prate raspodjelu i protok CSL;

-> u normalnim okolnostima radiofarmak ne ulazi u komore jer injiciran teče u suprotnom pravcu od cirkulacije CSL ->ako postoji patologija (porast ICP, hidrocefalus) ->radiofarmak je prisutan u komorama jer dolazi do obrnutog smjera cirkulacije CLS!

**INDIKACIJA:** hidrocefalus, mjesto curenja CSL i prohodnost postavljenog drena;

### ✓ SPECT MOZGA

-...specifične radiofarmake za prikaz **3D razdiobe perfuzije i receptora** u mozgu;

**RADIOFARMACI KOJI NE PRELAZE HEMATO-ENCEFALNU: Tc-99m-pertehnetat, Tc-99m-DTPA, Tl-201-klorid, Tc-99m-Sestamibi**;

**RADIOFARMACI KOJI SE KORISTE ZA CEREBRALNU PERFUZIJU /PROLAZE HEMATO-ENCEFALNU: Tc-99m-HMPAO(heksametil-propilen-aminoksim) i Tc-99m-ECD(etilencistein-dietilester)**;

**VIZUALIZACIJA MOŽDANIH RECEPTORA: I-123-QNB (quinuclidinyl benzylate)/muskarinske acetilkolinske, I-123-IBZM (iodobenzamide) za D2 dopaminske receptore**;

**MONOKLONSKA SPECIFIČNA PROTUTIJELA: I-131-MIBI za neuroblastom**;

->najčešće se upotrebljava **liposolubilni soj I-131-HMPAO** koji se retinira u moždanim stanicama->glutation ga prevodi u hidrofilni oblik što onemogućava povratak u cirkulaciju->znači da njegova akumulacija odražava regionalnu perfuziju mozga u trenutku injiciranja;

-> **INDIKACIJE:** 1) detekcija demencije 2)stupanj oštećenja nakon CVI 3) epilepsija

->CT I MR anatomske, SPECT mozga funkcionalne promjene!

### ✓ PET MOZGA

-...radionuklidi odašiljači pozitrona i spec. uređaj koji to zračenje detektira-> određivanje reg. cerebralnog protoka, volumena krvi, metabolizma glukoze i kisika;

-svi radionuklidi za PET koji odašilju pozitrone proizvode se ciklotronski->**C-11, N-13, O-15, F-18;**

PROLAZE HEMATOENCEFALNU BARIJERU-> **Ga-68, N-13 glutamat, Rb-82;**

ZA CEREBRALNU PERFUZIJU-> **O-15—voda, N-13, O-15-CO;**

MJERENJE METBOLIZMA GLUKOZE-> **F-18-fluorodeoksiglukoza, C-11-glukoza**

ZA ISPITIVANJE NEUROTRANSMITERA;

MJERENJE REGIONALNOG PROTOKA-> pacijent **inhalira O-15** -> u plućima se konstantno taj O-15-kisik pretvara u O-15-obilježenu VODU koja non-stop odlazi u sistemni krvotok pa tako i u mozak->gleda se regionalna perfuzija moždanog tkiva;

**F-18-fluorodeoksiglukoza** ->nakupljanje u moždanom tkivu na mjestu velike glikolize, tj. tumori!

**INDIKACIJA:** ako klinička slika ne odgovara nalazima CT-a i MR-a, procjena stanja nakon CVI, epilepsija, Parkinson, a posebno u procjeni metaboličkih moždanih funkcija što može biti korisno u dg. npr. tumora;

## NEFROLOGIJA I UROLOGIJA

### ► RENOGRAFIJA

-...kojim se vanjskim mjerenjem bubrega mjeri dolazak, prolazak i odlazak intravenski unesenog I-131-hipurana. I-131-hipran iz organizma se izlučuje tubularnom sekrecijom, samo 10% glomerularnom filtracijom->učinak i bubrežna sekrecija ovise o bubrežnoj funkcionalnosti i prohodnosti bubrežnog kanalnog sustava->metoda se izvodi pomoću 2 brojača stavljena posteriorno na mjesta oba bubrega-> IV se daje I-131-hipuran -> brojači su spojeni s pisačem -> dobivaju se renografske krivulje za svaki bubreg -> svaka krivulja ima 3 dijela (1-cirkulacijski/vaskularni segment, 2-filtracijski/sekrecijski, 3-eliminacijski/ekskrecijski) -> s obzirom na izgled krivulja 8y os= impulsi, x os= vrijeme u min), određuje se funkcionalnost bubrega;

**INDIKACIJE:** to je screening-test za procjenu funkcionalnosti bubrega, kada urografija ne daje dobre podatke ili zbog alergije na jodne kontraste; manje se primijenjuje danas;

### ► STATIČKA SCINTIGRAFIJA BUBREGA

- ...za prikaz morfologije i funkcije bubrega s pomoću radiofarmaka koji se **nakupljaju** u bubrežnom korteksu...-

-Tc-99m-DMSA(dimerkaptojantarna kiselina)->nakuplja se u kori nakon IV injiciranja -> snima se u posteriornom, anteriornom i kosim položajima -> korisna u procjeni veličine i položaja bubrega te lokalizaciji procesa unutar bubrega, tumori, policistoza, infarkti, potkovičasti bubreg...

-> moguće točno izmjeriti veličinu bubrega pomoću računala! -> moguće napraviti statičku scintigrafiju bubrega u bolesnika u kojih nije očuvana svijest i ako je oslabljena bubrežna funkcija. također (kreatinin<300 mmol/L) -> UZV i CT su dobri, ali SSB daje i podatke funkciji (raspored Tc-99m-DMSA ovisi o sačuvanoj tubularnoj funkciji);

### ► DINAMIČKA SCINTIGRAFIJA BUBREGA

- ...pomoću radiofarmaka koji se **izlučuju** bubrežima...

-> I-131-hipuran nije pogodan zbog gama-zraka visoke E-> I-123 je ciklotronski produkt pa je skup-> upotrebljava se **Tc-99m-MAG3(merkaptacetiltriglicin)** -> često se upotrebljava i **Tc-99m-DTPA** koja se u potpunosti izlučuje glomerularnom filtracijom -> prva 3 navedena se izlučuju tubularnom sekrecijom -> **Tc-99m-GH** (glukohptonat)-> djelomično nakuplja u stanicama

proksimalnih i distalnih kanalića reapsorpcijom iz glom. filtrata, a 25% se izluči mokraćom-> dobar za pregled sekvencijskog prolaska radiofarmaka kroz bubrege;

-> gama-kamerom se prati prolaz radiofarmaka-> zbrajanjem slika na računalu pokazuje se dinamika-> odrede se ROI -> za svaki se bubrege dobije funk. krivulja prolaska akt. u vremenu -> **RENOGRAFSKA KRIVULJA**;

--> ...morfologija, funkcija i eliminacijska sposobnost kanalnog sustava;

-> omogućuje lokalizaciju gdje je smetnja prolaska (u bubrege, prije bubrege, ne u bubrege, donji kanalni sustav)-> bolesnika treba hidrirati!

#### ▶ **DIURETSKA DINAMIČKA SCINTIGRAFIJA BUBREGA**

- ...dinamička scintigrafija bubrege uz opterećenje diureticima...Tc-99m-DMSA, Tc-99m-DTPA, Tc-99m-MAG3, Tc-99m-GH...ako je opstrukcija prolasku mokraćne i nakon primjene diuretika=mehanička opstrukcija=> distinkcija **MEHANIČKE** od **FUNKCIONALNE** opstrukcije;

#### ▶ **DINAMIČKA SCINTIGRAFIJA BUBREGA UZ DEKONVOLUCIJU RENOGRAFSKIH KRIVULJA**

- matematička analiza kojom se dobivaju podaci kao kada bi radiofarmak bio apliciran u bubrežnu arteriju, a ne sistemski ->krivulja je odraz samo prolaska kroz bubrege= računa se vrijeme prolaska samo kroz bubrege ->indikirana u bolesnika s povišenim tlakom i kod jednosstranih bubrež. bolesti;

#### ▶ **DINAMIČKA SCINTIGRAFIJA BUBREGA KOD RENOVASKULARNE HIPERTENZIJE**

- to je DSB koja se radi kao 1) sve isto kao kod normalna DSB pa zatim 2) nakon davanja kaptoprila->inhibitor angiotenzin konvertaze-> izmjena renografske krivulje govori u prilog **RENOVASKULARNOJ HIPERTENZIJI**;

#### ▶ **PERFUZIJSKA SCINTIGRAFIJA BUBREGA**

- ...snima se prvi prolaz IV injiciranog radiofarmaka kroz bubrežni vaskularni prostor-> **Tc-99m-pertehnetat** -> iz aorte u a. renalis pa kroz bubrege-> ako hoćemo istodobno ispitati eliminacijsku funkciju bubrege, upotrebljavamo tubularne ili glomerularne radiofarmake obilježene Tc-> blokirati štitnjaču kod Tc-99m-pertehnetata-> izvodimo je kada sumnjamo na trombozu, okluziju, stenozu ili nešto slično a. renalis-> **OBAVEZNO SE IZVODI U SKLOPU PROCJENE PERFUZIJE PRESAĐENOG BUBREGA**;

#### ▶ **UKUPNI I SEPARATNI BUBREŽNI KLIRENSI**

-volumen plazme koji bubrezi očiste u jedinici vremena jest bubrežni klirens, a separadni bubrežni klirens je onaj koji svaki bubrege za sebe očisti;

->Tc-99m-DTPA se upotrebljava-> glomerularni klirens se izračunava iz mat. jednadžbe-> za određivanje efektivnog proroka plazme= $I-131$ -hipran;

**INDIKACIJA:** procjena bubrežnih oštećenja, pogotovo ako su unilateralna;

#### ▶ **NUKLEARNOMEDICINSKA ISPITIVANJA TRANSPLANTIRANOG BUBREGA**

- 1)procjena davanja-> DSB, ukupni i separadni klirens, protok plazme kroz bubrege 2)procjena primaoca->procjena perfuzije i funkcije primaoca;

->akutna tubularna nekroza kao posljedica GVH reakcije i mehaničko oštećenje, npr. opstrukcija krvne žile;

#### ▶ **DIREKTNA RADIONUKLIDNA CISTOGRAFIJA**

- ...pomoću radiofarmaka apliciranog kateterom u mokr. mjehur dokazujemo **VUR**;

-> Tc-99m-pertehnetat

**INDIKACIJE:** u djece iznad godine dana s uroinfekcijom, za praćenje VUR, za postoperativno praćenje, u djece s čestim uroinfekcijama kod kojih je mikcijska urografija bila uredna;

3 stupnja VUR-a:

- 1) refluks u ureter
- 2) refluks u ureter i nakapnicu
- 3) refluks u ureter i nakapnicu koja se čini proširena i deformirana;

#### ▶ **INDIREKTNA RADIONUKLIDNA CISTOGRAFIJA**

-...pomoću IV radiofarmaka koji se izlučuje bubrežima...

-> I-123-hipran, Tc-99m-DTPA, Tc-99m-MAG3

INDIKACIJA: kod djece s već dokazanim VUR-om-> za praćenje

#### ▶ **ODRAĐIVANJE OSTATNE MOKRAĆE**

- IV radiofarmak koji se luči bubrežima te vanjski brojači koji mjere aktivnost prije i poslije mokrenja->scintilacijski brojač&I-131 te gama-kamera&Tc-99m-pertehnetat->INDIKACIJE: kod bolesnika s prostatom;

#### ▶ **PERFUZIJSKA SCINTIGRAFIJA TESTISA**

- prilikom prvog prolaska radiofarmaka prikazuju se testisi u skrotalnoj vrćei;

**INDIKACIJA:** klinička slika akutnog skrotuma ili unilateralno zadebljanje skrotuma bez akutnih simptoma ->torzija testisa, akutni orhiepididimitis, inkarcerirana hernija, hidrokela, hematokela, piokela, idiopatski edem testisa, infarkt...

1) difuzno ili fokalno povećanje protoka bez hladne zone

2) hladna zona s rubovima povećane aktivnosti -> torzija testisa ili hematom

torzija testisa- u ranoj fazi smanjenje protoka, u kasnoj fazi hiperemija; epididimitis- znatno povećanje protoka krvi;

## TERAPIJA

### **P-32**

-liječenje policitemije rubre vere, zloćudnih izljeva i palijativno kod koštanih metastaza;

-liječenje policitemije rubre vere: radioterapija fosforom, kemoterapija, venepunkcija. Smatra se da su za P-32 pogodniji stariji bolesnici. Produženje života za 10-15 godina->komplikacija=pojava leukemije;

### **TERAPIJSKA PRIMJENA I-131-MIBG**

- feokromocitom, neuroblastom, medularni karcinom štitnjače, metastaze karcinoida ->ne potpuno izliječeneje, ali npr. smanjenje tumora je zabilježeno koji je postao kirurški dostupan ili palijacija boli->prolazna depresija hematopoeze zbog zahvaćenosti koštane srži; osnovni neuspjeh terapije neuroblastoma može biti oštećenje tumora prethodnom kemoterapijom i vanjskim zračenjem;

### **RADIOIMUNOTERAPIJA**

-monoklonsko protutijelo proizvedeno u laboratoriju i to najčešće mišje, vezano na radionuklid;

- temelji se na specifičnosti protutijela za određeni specifični anitgen;

- za RAIT najprikladniji: **Bi-212, At-211, Cu-67, I-131, Y-90...**

-isti princip vezanja radionuklida za protutijelo kao i u imunoscintigrafiji, samo što su potrebni **viši omjeri radionuklid/protutijelo (R/P = 2,5/30);**

### **PALIJATIVNA TERAPIJA KOŠTANOG SUSTAVA**

-upotrebljavaju se **osteotropni radiofarmaci koji su istovremeno i beta-emiteri->Sr-89-stroncijklorid;Re-186-renijHEDP->**uništenje neoplastičnih stanica na mjestu povećanog stvaranja kosti=>metastaze

- lezije manje od 2 cm i one koje nisu probile korteks najbolje reagiraju; odgovor na terapiju traje 3-4 mjeseca;

-> primjena kod radijacijske sineviktomije u RA;

### **INTRAKAVITARNA TERAPIJA**

-> radionuklid u peritoneum ili pleuru->liječenje malignih izljeva;

->**P-32**->zbog neadekvatnog učinka hormonalne ili kemoterapije->danas se manje rabi jer postoje dobri citostatici;

### **SCINTIGRAFIJA Ga-67-citratom**

->afinitet za tumorske stanice i mjesta upale (smatra se da se veže na transferin pa na transferinske receptore), ponaša se kao ion željeza i veže se na **FERITIN** (puno feritina ima npr. u limfomima);

->IV primjena->veže se na transferin i haptoglobin plazme->pošto je vezan za bjelančevine nekon povećane permeabilnosti kapilara u upali ide ne mjesto upale. zato u upali.

INDIKACIJA: otkrivanje nepoznatog mjesta tumora (nakupljanje dakako ovisi o prokrvljenosti, permeabilnosti kapilara, vijabilnosti tumora, izmjena Ga-67 s unutarstaničnim kalcijem); ne nakuplja se u prethodno oštećenom tumoru;

- **procjena rezidualnog tkiva limfoma u mediastinumu!** procjena učinka u liječenju sarkoidoza!, infekcije u AIDS bolesnika;