

konvencionalne NM preiskave (kratek) uvod

as. dr. Luka Ležaić, dr. med.

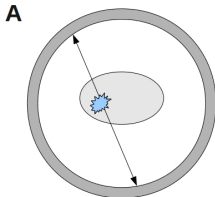
Klinika za nuklearno medicino, UKC Ljubljana

Ljubljana, 19.05.2015

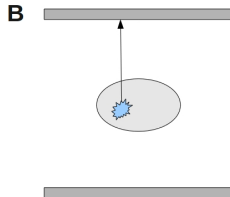
konvencionalna nuklearna medicina

≠pozitronska emisijska tomografija (PET), detekcija ENEGA fotona

A - PET (anhilacija → dva fotona)



B - konvencionalna NM, SPECT (en foton)

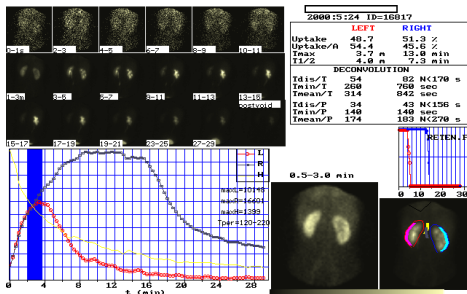


- ▶ običajna konfiguracija pri konvencionalni NM sta dva detektorja, orientirana nasproti (180°) → planarna AP in PA projekcija
- ▶ tudi pri konvencionalni NM lahko dobimo tomografske (2D in 3D) slike, vendar te v nasprotju s PET (obroč detektorjev) zahtevajo rotacijo detektorjev okoli bolnika in serijo projekcij ter rekonstrukcijo → časovno zahtevno
 - ▶ vedno več preiskav tudi v konvencionalni NM opravljamo že izhodiščno tomografsko, posebno v kombinaciji s CT (SPECT/CT)

scintigram

časovna in prostorska razporeditev radiofarmaka v tkivu/organu/telesu

- ▶ sekvenca slik
 - ▶ časovna in prostorska razporeditev
- ▶ interesna področja nad tkivom/organom, ki nas zanima
 - ▶ časovna distribucija
 - ▶ kvantifikacija (krivulje, relativna/absolutna aktivnost v interesnem področju)



naslov = konvencionalna NM preiskava

podnaslov = klinično stanje/vprašanje

- ▶ v tekstu = interpretacija preiskave
- ▶ slika = primer NM preiskave
- ▶ *položen tekst* zna imeti kaj skupnega z izpitnimi vprašanji

neslikovne NM preiskave

kvantifikacija radioaktivnosti v vzorcu (kri, urin, blato, tkivo...)

- ▶ $^{51}\text{Cr-EDTA}$: GFR
 - ▶ še vedno zlati standard; od navedenih praktično edina še v rutinski uporabi*
- ▶ ^{51}Cr -eritrociti: življenjska doba eritrocitov
- ▶ $^{57}\text{Co-B12}$: vB12 (mal)absorpcija
- ▶ ^{14}C : H Pylori dihalni test

*http://en.wikibooks.org/wiki/Basic_Physics_of_Nuclear_Medicine/Dynamic_Studies_in_Nuclear_Medicine

s konvencionalnimi NM preiskavami obravnavamo praktično vsa tkiva/organe/organske sisteme

- ▶ kardiologija
- ▶ pulmologija
- ▶ nefrologija/nefrourologija
- ▶ endokrinologija
- ▶ gastroenterologija
- ▶ nevrologija
- ▶ ortopedija/travmatologija
- ▶ onkologija
- ▶ inflamatorni/infektivni procesi
- ▶ ...

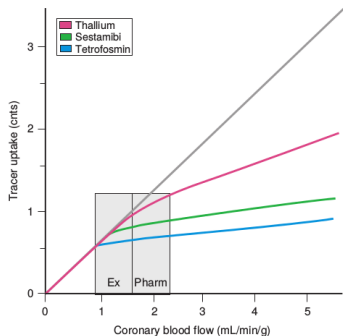
- ▶ je del nuklearne medicine, ki se ukvarja z bolezenskimi stanji srca in žilja
- ▶ najpogostejše bolezensko stanje, ki ga obravnava, je ishemična bolezen srca
 - ▶ ateroskleroza (nabiranje maščob - holesterola in veziva v notranjem delu žilne stene → aterosklerotični plak) povzroči zožitev preseka žil, ki oskrbujejo srčno mišico
 - ▶ stabilen plak v mirovanju ne povzroča težav, med obremenitvijo pa se tako spremenjena žila ne more razširiti, potreba po povečanem pretoku krvi in porabi kisika ni zadoščena → ishemija
 - ▶ ishemija povroči elektrofiziološke spremembe (vidne na EKG) in bolečino ("angina pectoris")
 - ▶ nestabilen plak lahko na površini počni, na tem mestu nastane strdek → akutni koronarni sindrom, miokardni infarkt
- ▶ <http://en.wikipedia.org/wiki/Atherosclerosis>
- ▶ http://en.wikipedia.org/wiki/Coronary_artery_disease

perfuzijska scintigrafija miokarda

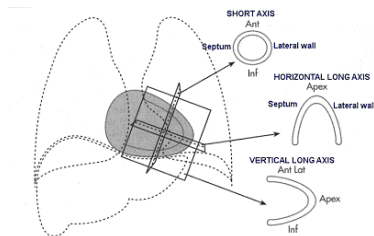
- ▶ radiofarmaki se v srčni mišici (miokardu) nabirajo sorazmerno s prekrvljenostjo (perfuzijo) srčne mišice
 - ▶ ^{99m}Tc -sestaMIBI, ^{99m}Tc -tetrofosmin: ni redistribucije, odražajo stanje v miokardu v času vbrizganja
 - ▶ slikanje je odloženo, običajno 45 min po aplikaciji; uporabimo dve aplikaciji in dve slikanji (obremenitev in mirovanje)
 - ▶ *+*: dobra kvaliteta scintigramov (^{99m}Tc), nižja sevalna obremenitev (cca. 6-7 mSv), *-*: slabša ekstrakcija RF
 - ▶ ^{201}Tl : redistribucija - radiofarmak odraža stanje prekrvljenosti takoj po vbrizgu, nato se izplavi in prerazporedi sorazmerno s spreminjanjem prekrvljenosti
 - ▶ slikanje sledi takoj po vbrizgu (obremenitev), nato ga ponovimo 3-4 ure po vbrizgu (mirovanje)
 - ▶ *+* dobra ekstrakcija RF, samo ena aplikacija RF; *-*: slaba kvaliteta scintigramov, visoka sevalna obremenitev (cca. 18 mSv),
- ▶ za obremenitev uporabimo fizične metode (sobno kolo, trak) ali zdravila
- ▶ ishemiija je vidna kot znižan privzem radiofarmaka v delu srčne mišice, ki ga oskrbuje aterosklerotično spremenjeno žilje

nuklearna kardiologija

- ▶ kinetika radiofarmakov ni idealna
- ▶ privzem (ekstrakcija) v srčni mišici ne sledi linearno povečanju pretoka

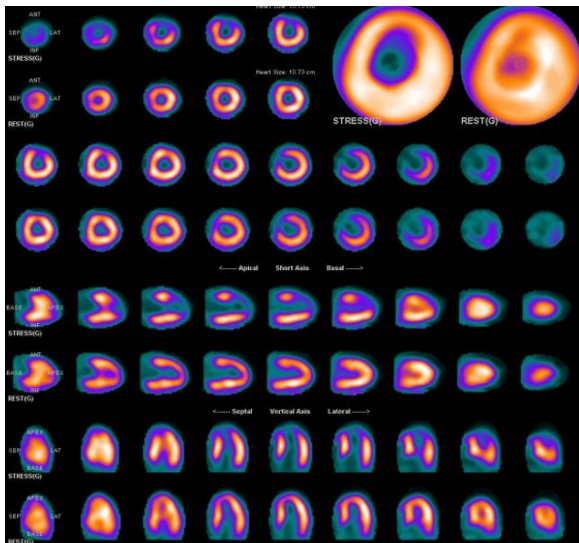


- ▶ SPECT rekonstrukcija, standardne osi prikaza:
- ▶ SA - kratka os; HLA, VLA - horizontalna in vertikalna dolga os



perfuzijska scintigrafija miokarda

ishemija sprednje stene in apeksa



dinamična (sekvenčna) scintigrafija ledvic

- ▶ relativni funkcijski delež ledvic
- ▶ obstrukcija (ovira) izplavljanja urina iz ledvice
- ▶ renovaskularna bolezen/hipertenzija
- ▶ presajena ledvica
 - ▶ funkcija
 - ▶ urinom

statična scintigrafija ledvic

- ▶ relativni funkcijski delež ledvic
- ▶ pielonefritis
 - ▶ akutni
 - ▶ kronični/brazgotina ledvičnega parenhima

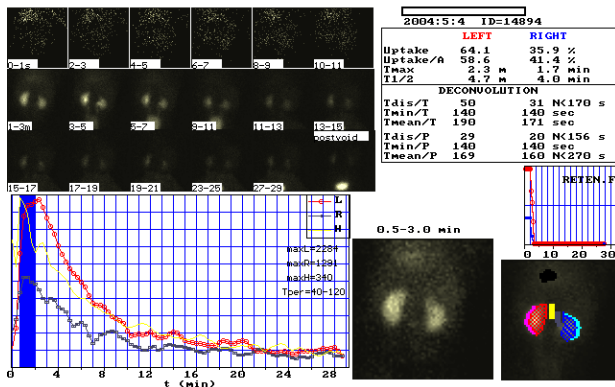
radioizotopska mikcijska cistouretrografija (RIMCUG)

- ▶ vezikoureteralni refluks

dinamična scintigrafija ledvic

relativni funkcijski delež desne ledvice?

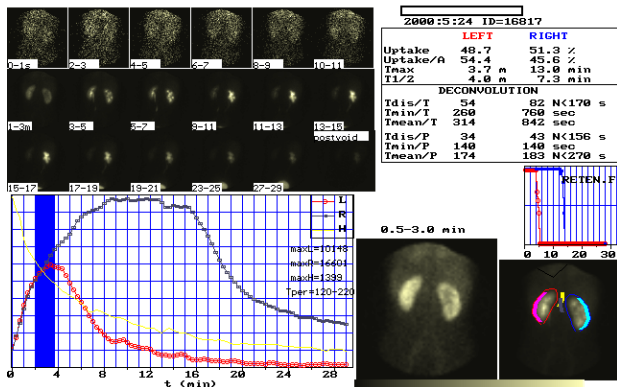
- ▶ desna ledvica slabše kopiči radioindikator; obojestransko je tranzit radioindikatorja skozi parenhim ledvice primerno hiter, nabiranje v votlem sistemu pravočasno, izplavljanje iz votlega sistema spontano
- ▶ funkcija desne ledvice je oslABLJENA (36%; normalno 45 - 55%), odtočnih motenj ni videti



dinamična scintigrafija ledvic

razširjen votli sistem desne ledvice - obstrukcija?

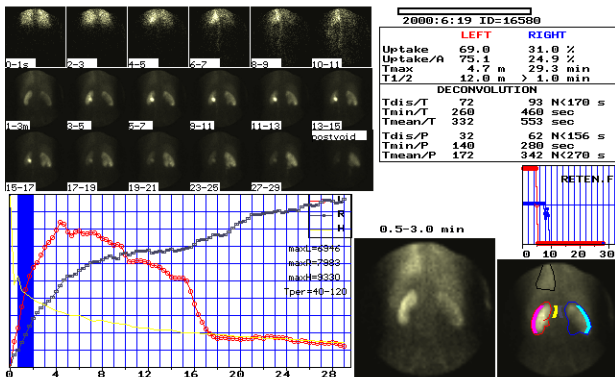
- ▶ RF v votlem sistemu desne ledvice (scintigrami, modra krivulja) zastaja ("učinek rezervoarja", ampak ne tisti iz ^{14}C !) do injekcije diuretika (furosemda), po katerem je vidno učinkovito izplavljanje iz votlega sistema → votli sistem je razširjen (hidronefroza), ni pa ovire pri odtoku (obstrukcija)
- ▶ diuretiki (primer: furosemid) so zdravila, ki povečujejo tok urina → primer t.i. farmakološke intervence, ki povzroči spremembo v fiziologiji/delovanju organa in nam pomaga pri interpretaciji rezultatov preiskave



dinamična scintigrafija ledvic

razširjen votli sistem desne ledvice - obstrukcija?

- ▶ RF v votlem sistemu desne ledvice (scintigrami, modra krivulja) zastaja, tudi na levi je izplavljanje nekoliko upočasnjeno, po injkciji diuretika (furosemda) pa je izplavljanje na levi pospešeno, na desni pa ga sploh ni, celo še več RF se nabira v votlem sistemu → ovira pri odtoku (obstrukcija)
- ▶ obstrukcija že vpliva na relativni funkcijski delež desne ledvice, ki je znižan pod normalo (glej tudi prejšnji primer)



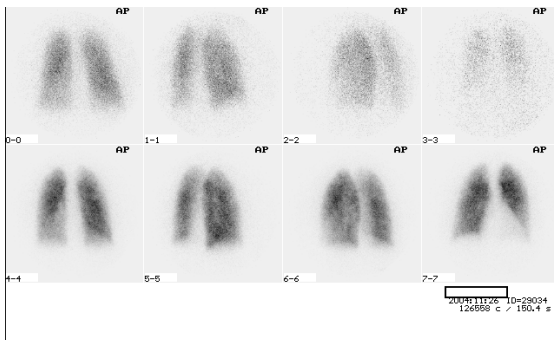
ventilacijsko - perfuzijska scintigrafija pljuč

- ▶ glavna funkcija pljuč je izmenjava plinov (kri \longleftrightarrow zrak)
- ▶ za primerno izmenjavo plinov je potrebna uravnoteženost med predihanostjo pljuč (ventilacijo) in prekrvljenostjo (perfuzijo)
- ▶ različna bolezenska stanja lahko oslabijo funkcijo pljuč; zaradi neujemanja med ventilacijo in perfuzijo je rezultat enak \rightarrow slabša izmenjava plinov
 - ▶ perfuzija slabša kot ventilacija: pljučna embolija (zamaši žilje)
 - ▶ ventilacija slabša kot perfuzija: huda pljučnica (zamaši alveole)

pulmologija

ventilacijsko - perfuzijska scintigrafija pljuč

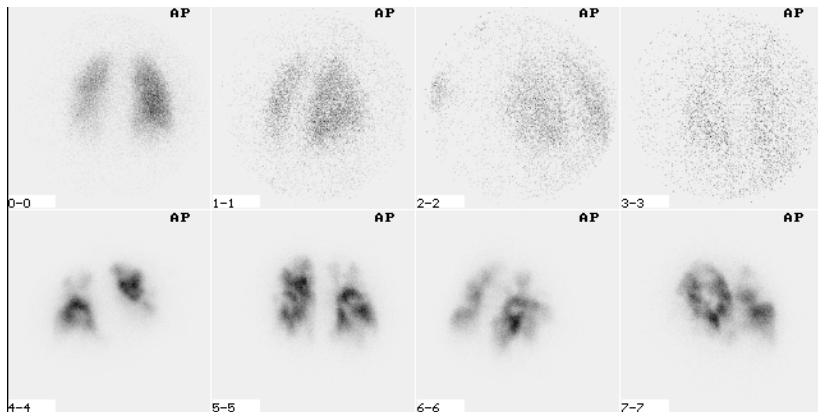
- ▶ *ventilacijski scintigram*: bolnik vdahne radioaktivno označen aerosol, ta se deponira globoko v pljuča
 - ▶ ^{99m}Tc -TechneGas (označena molekula C60 "žoga za fuzbal"); drugi RF se danes manj uporabljajo
- ▶ *perfuzijski scintigram*: bolniku vbrizgamo označene agregate beljakovine (albumin), ki se zagozdijo v drobnem žilju pljuč (arteriolah)
 - ▶ ^{99m}Tc -MAA (maroagregiran albumin)



ventilacijsko - perfuzijska scintigrafija pljuč

pljučna embolija

- ▶ ventilacija pljuč (zgornja vrsta) je normalna
- ▶ na perfuzijskem scintigramu so vidni številni defekti perfuzije obeh pljučnih kril, ki po razporeditvi ustrezajo delom pljuč, ki ga oskrbujejo večje in manjše veje pljučnih arterij → pljučna embolija
 - ▶ http://en.wikipedia.org/wiki/Pulmonary_embolism



hemangiom jeter

vnetje gastrointestinalnega trakta

praznjenje želodca

Meckelov divertikel

gastrointestinalna krvavitev

scintigrafija hepatobiliarnega sistema

radioizotopska sialografija

radioizotopska pasaža požiralnika

scintigrafija gastroezofagealnega refluksa

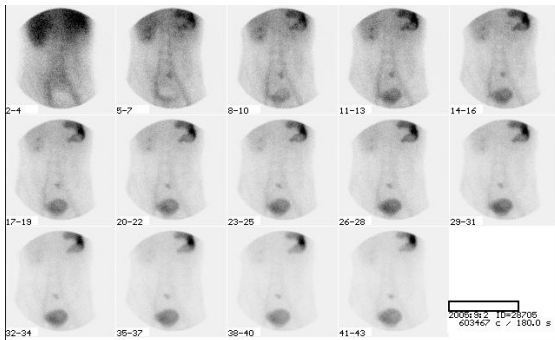
scintigrafija somatostatinskih receptorjev

...

scintigrafija želodčne sluznice - pertehnetat ($^{99m}\text{TcO}_4^-$)

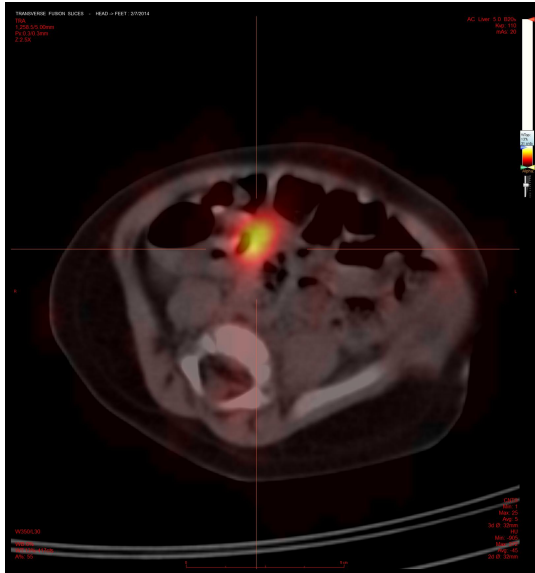
Meckelov divertikel - ektopična želodčna sluznica (planarni dinamični scintigram)

- ▶ želodčna sluznica izloča kislino (HCl, želodčni pH=1!) in je na kislo okolje prilagojena
- ▶ če se želodčna sluznica kot razvojna anomalija pojavi drugje v poteku prebavil (ektopija), tam sluznica ni prilagojena na agresivne razmere → krvavitev
- ▶ RF se nabira v želodčni sluznici (normalni in ektopični) in prikaže divertikel z ektopično sluznico



scintigrafija želodčne sluznice - pertehnetat ($^{99m}\text{TcO}_4^-$)

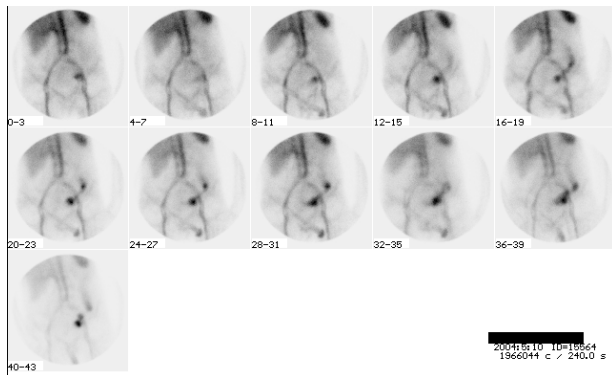
Meckelov divertikel - ektopična želodčna sluznica (SPECT/CT)



scintigrafija z označenimi eritrociti

gastrointestinalna krvavitev - planarna dinamična scintigrafija

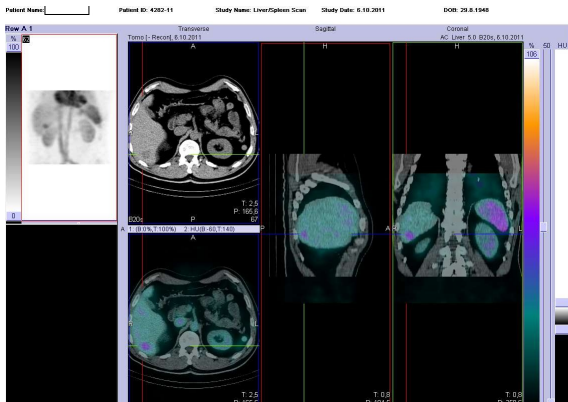
- ▶ označeni eritrociti po intravenski aplikaciji prikazujejo normalen krvni prostor
- ▶ pri krvavitvi v prebavila vidimo, kako se označeni eritrociti kopičijo v svetlini dela prebavil, kjer bolnik krvavi



scintigrafija z markiranimi eritrociti

hemangiom jeter

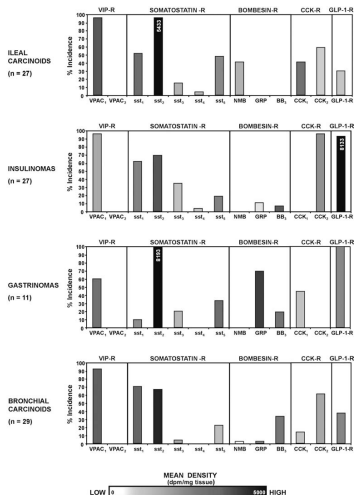
- ▶ pri strukturah, pri katerih je krvni prostor močno povečan (npr. močno ožiljeni tumorji), prav tako vidimo povečano kopičenje označenih eritrocitov
- ▶ hemangiom je benigni tumor jeter, ki ga sestavlja preplet številnih, razširjenih žil



scintigrafija peptidnih receptorjev

receptorska distribucija in gostota pri neuroendokrinih tumorjih (NET)

- ▶ *NET na površini izražajo vrsto različnih receptorjev, na katere se vežejo majhne regulatorne molekule (peptidi)*
- ▶ označene peptide, ki se vežejo na te receptorje, uporabljamo za diagnostiko in terapijo NET
- ▶ sstr2 receptor
 - ▶ najpogosteje izražen sstr pri NET
 - ▶ visoka ekspresija in gostota
- ▶ GLP-1 receptor (insulinom)
 - ▶ visoka ekspresija ($\cong 95\%$)
 - ▶ visoka gostota (>8000 dpm/mg tkiva)



scintigrafija somatostatinskih receptorjev

karcinoid

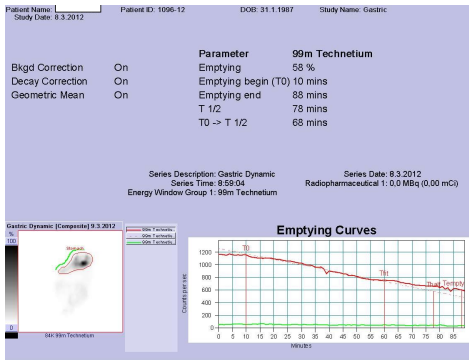
- ▶ metastaza (zasevek) NET v kosti; na MIP levo vidne še metastaze v jetrih in bezgavkah trebuha



scintigrafija praznjenja želodca

gastropareza?

- ▶ želodec se pri nekaterih motnjah peristaltike (gibanja prebavil) prepočasi prazni; tipičen primer je avtonomna nevropatija ob sladkorni bolezni
- ▶ bolnik poje radioaktivno označen obrok, slikamo, kako se želodec prazni
- ▶ na tem primeru je praznjenje želodca še ustrezno



scintigrafija skeleta

- ▶ maligna bolezen (primarna/sekundarna)
- ▶ osteomielitis/artritis
- ▶ osteoartritis (degenerativna bolezen)
- ▶ poškodbe
- ▶ avaskularna nekroza
- ▶ endoproteze (omajanje, okužba)
- ▶ presnovne bolezni skeleta
- ▶ ...

scintigrafija z markiranimi levkociti

- ▶ osteomielitis
- ▶ okužba ob umetnem materialu (endoproteze)

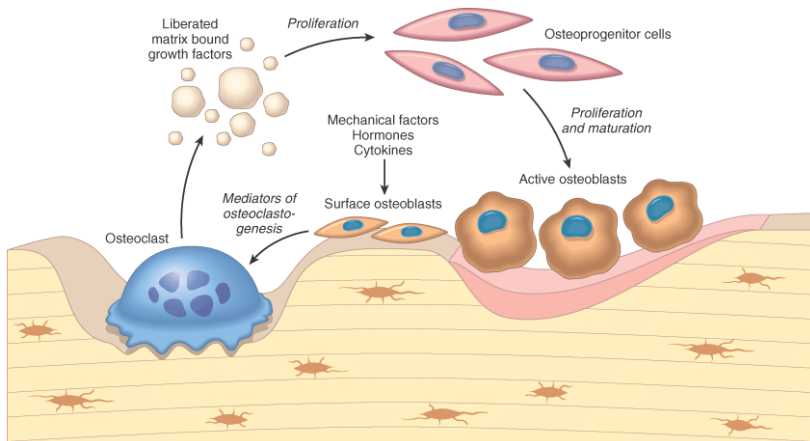
scintigrafija skeleta

presnova kostnine

- ▶ kost se neprestano pregrajuje
 - ▶ osteoblasti gradijo kost
 - ▶ osteoklasti razgrajujejo kost
 - ▶ procesa sta normalno v ravnotežju
- ▶ normalna kost na karkšnokoli motnjo (poškodba, vnetje, okužba, ...) odgovori s povišanjem osteoblastne aktivnosti
- ▶ radiofarmaki, ki jih uporabljamo za scintigrafijo skeleta (s ^{99m}Tc označeni bisfosfonati), se vežejo na mesta povišane osteoblastne aktivnosti (na kristale hidroksiapatita)
- ▶ osnovna značilnost scintigrafije skeleta je, da je *zelo senzitivna* (občutljiva) - torej hitro prikaže kakršnokoli bolezensko dogajanje v kosteh s povišano osteoblastno aktivnostjo, *ni pa specifična* (t.j., ne ločuje med različnimi vzroki povišane osteoblastne aktivnosti)

scintigrafija skeleta

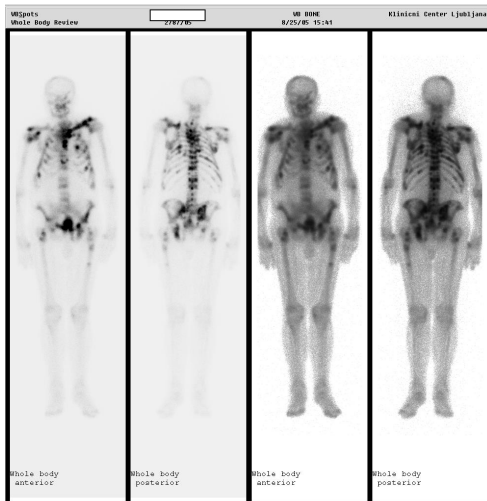
presnova kostnine



scintigrafija skeleta

metastaze v skeletu - CA prostate

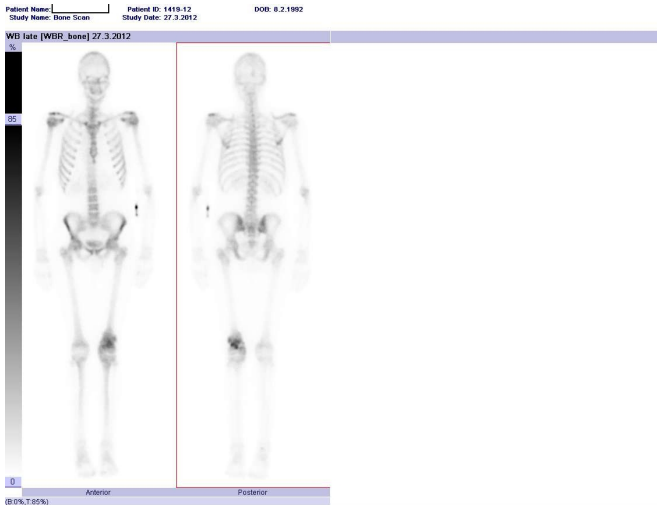
- ▶ metastaze v skeletu → rakava bolezen se od druge razširi v skelet (klinično pogost pojav)



scintigrafija skeleta

osteosarkom

- ▶ primarni maligni tumor kosti (t.j., izvira iz kosti), tipično mesto ob kolenskem sklepu (klinično bolj redek pojav)



scintigrafija skeleta

osteoarthritis (degenerativne spremembe)

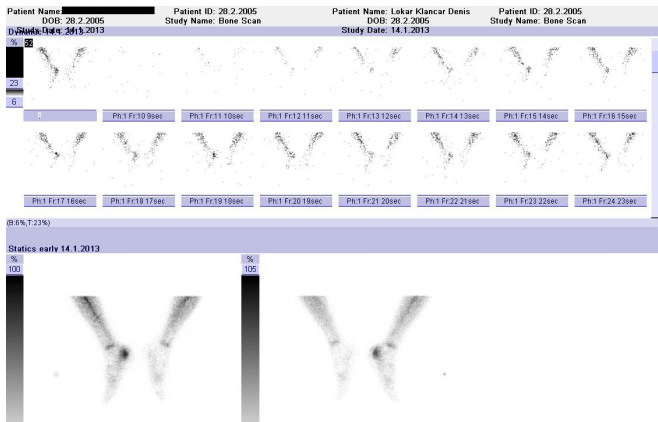
- ▶ obraba in prilagoditvene spremembe kostnine na tipičnih mestih (kolena, hrbtenica, ...)



trofazni scintigram skeleta

osteomielitis (arterijska in venska faza)

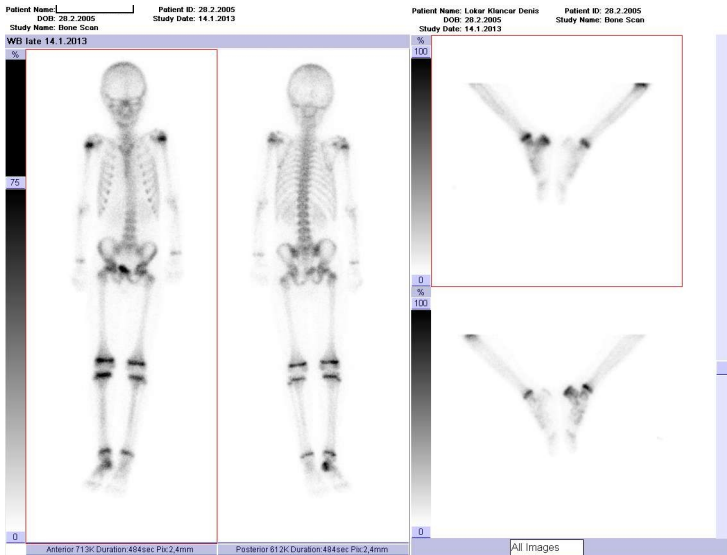
- ▶ pri diagnostiki osteomielitisa (vnetja kosti, povzročena z bakterijsko okužbo) izkoriščamo s scintigrafijo skeleta pojav (pato)fizioloških sprememb, značilnih za vnetje
- ▶ povečana prekrvljenost ("arterijska" faza, zgornja vrsta, dinamični scintigrama) in povečan krvni prostor ("venska" faza, spodnja statična scintigrama) je posledica razširitve in povečane prepustnosti žilja v predelu vnetja, kar se vidi na scintigramih (desna peta)



trofazni scintigram skeleta

osteomielitis (kasna faza scintigrama)

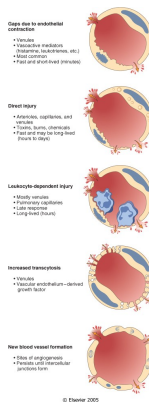
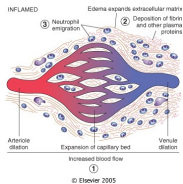
- ▶ povišana osteoblastna aktivnost v desni petnici; ostali skelet je OK



- ▶ vnetje je dokaj enovit odgovor na vrsto škodljivih dejavnikov (okužba, poškodba, ...)
- ▶ vnetje vključuje aktivacijo vrste mehanizmov na nivoju celic in organskih sistemov

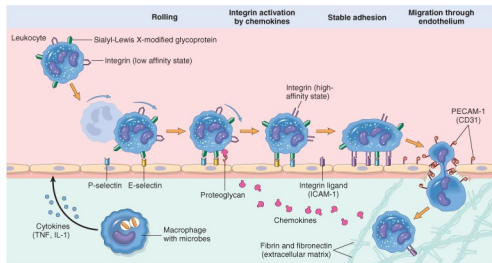
vaskularni mehanizmi

- ▶ vazodilatacija (širjenje žil)
- ▶ povečana prepustnost žilja
- ▶ nastajanje eksudata



celični mehanizmi

- ▶ kemotaksa
- ▶ marginacija levkocitov
- ▶ migracija (diapedeza)



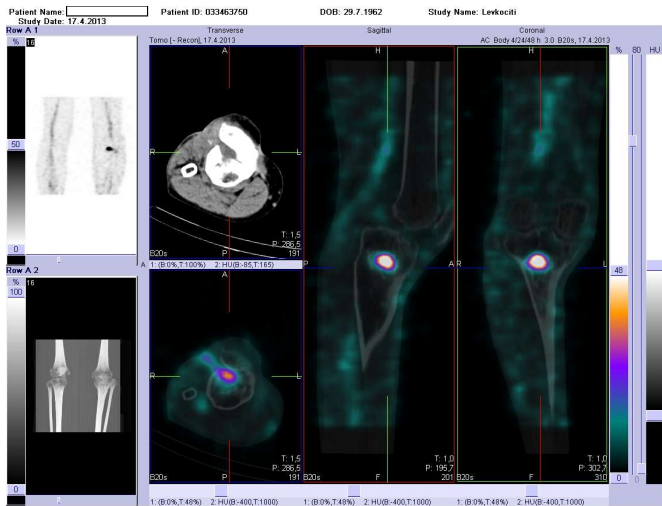
© Elsevier 2005

<http://en.wikipedia.org/wiki/Inflammation>; Robbins: Basic Pathology, 2005

scintigrafija z markiranimi levkociti

osteomielitis

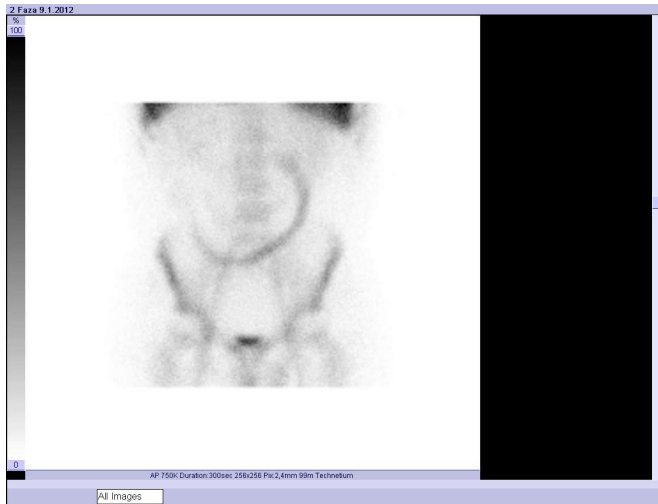
- ▶ povišano kopičenje markiranih levkocitov v kosti v predelu predhodnega operativnega posega, vidno je žarišče v kosti in aktivnost, ki poteka proti koži - osteomielitis s fistulo



scintigrafija z markiranimi levkociti

kronična vnetna bolezen črevesa

- ▶ povišano kopičenje markiranih levkocitov v poteku debelega črevesa - kolitis (vnetje debelega črevesa)



scintigrafija ščitnice

scintigrafija obščitnic

scintigrafija nadledvičnih žlez

- ▶ skorja nadledvičnic
- ▶ sredica nadleivičnic

scintigrafija ščitnice ($^{99m}\text{TcO}_4^-$)

golša

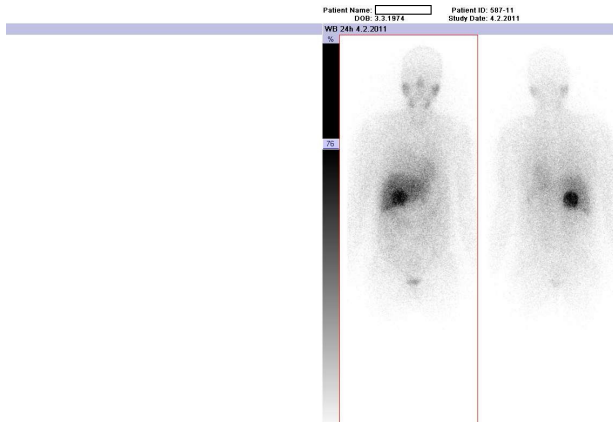
- ▶ SPECT/CT ščitnice za opredelitev morebitne utesnitve dihalne poti (traheje) zaradi golše
- ▶ na CT izgleda traheja še primerne širine → dihalne težave niso povezane z golšo



scintigrafija sredice nadledvičnic (^{123}I -MIBG)

feokromocitom (planarni scintigram)

- ▶ tumor nadledvičnice, ki izloča kateholamine (adrenalin /A/, noradrenalin /NA/) - snovi, ki imajo dvojno vlogo kot hormoni in kot živčni prenašalci
- ▶ značilen vpliv na srce, ožilje in druge sisteme: ogrožujoč porast srčnega utripa, krvnega tlaka, glavobol, potenje, bolečina v trebuhu, ...
- ▶ ^{123}I -MIBG (metajodobenzilguanidin) je strukturni analog NA in se kopiči v sekretornih granulah neuroendokrinih celic skupaj z NA
- ▶ vidno je kopičenje RF v velikem tumorju desne nadledvičnice



scintigrafija sredice nadledvičnic (^{123}I -MIBG)

feokromocitom (SPECT/CT)

- ▶ isti bolnik, SPECT/CT (RF se kopiči robno v tumorju, sredica je odmrta /nekroza/)

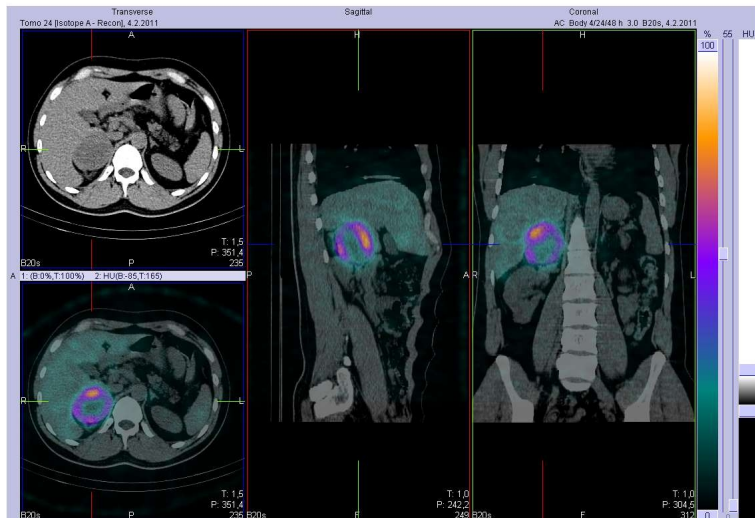
Patient Name:

Patient ID: 587-11

DOB: 3.3.1974

Study Name: 123 J MIBG

Study Date: 4.2.2011



perfuzijska scintigrafija možgan

- ▶ demenca (opredelitev vzroka)
- ▶ epilepsija
- ▶ možganska smrt
- ▶ cerebrovaskularne bolezni

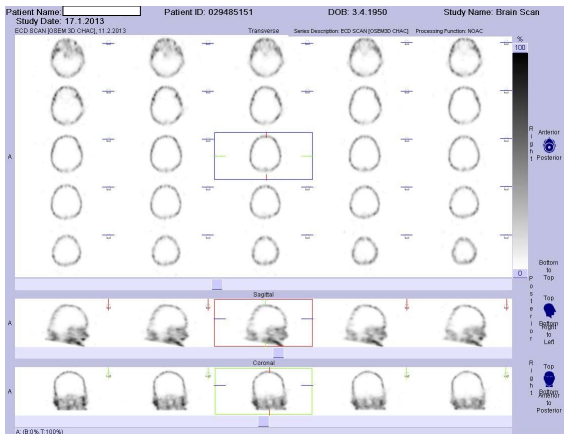
scintigrafija dopaminskega prenašalca

- ▶ parkinsonski sindromi

perfuzijska scintigrafija možgan (^{99m}Tc -HMPAO/ECD)

možganska smrt

- ▶ perfuzijsko scintigrafijo možgan uporabljamo za potrditev možganske smrti (odsotnost prekrvljenosti možgan = možganska smrt)
- ▶ scintigram: popolna odsotnost perfuzije v možganih in možganskem deblu

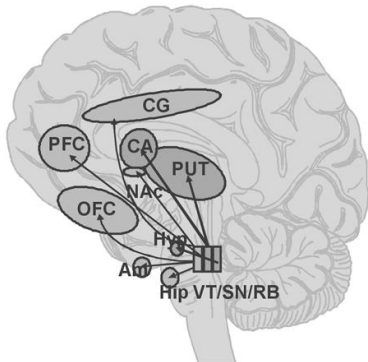


scintigrafija dopaminskega prenašalca

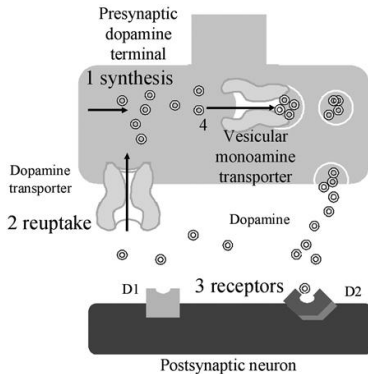
- ▶ scintigrafija dopaminskega prenašalca prikazuje delovanje žičnih celic (nevronov) v možganih preko njihove sposobnosti proizvodnje, izločanja in ponovnega privzema prenašalca dopamina
- ▶ s scintigrafijo dopaminskega prenašalca opredeljujemo predvsem motnje gibanja
 - ▶ tipičen primer motnje gibanja, povzročene z disfunkcijo dopaminergičnega sistema (nigrostriatna pot), je parkinsonova bolezen
 - ▶ s preiskavo ločujemo parkinsonovo bolezen od drugih motenj gibanja s podobno klinično sliko, ki pa jih zdravimo drugače
- ▶ http://en.wikipedia.org/wiki/Dopaminergic_pathways
- ▶ http://en.wikipedia.org/wiki/Parkinson%27s_disease

scintigrafija dopaminskega prenašalca

dopaminergične poti oz. "projekcije" v možganih



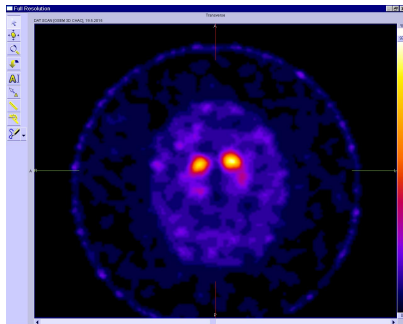
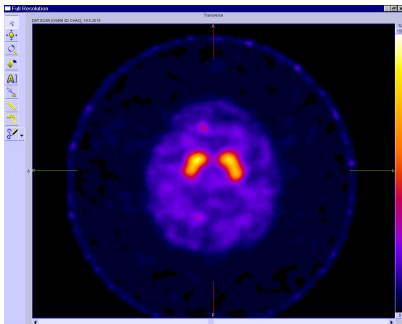
nastajanje, izločanje, delovanje in ponovni privzem dopamina v sinapsi (živčnem stiku)



scintigrafija dopaminskega prenašalca

esencialni tremor vs parkinsonova bolezen

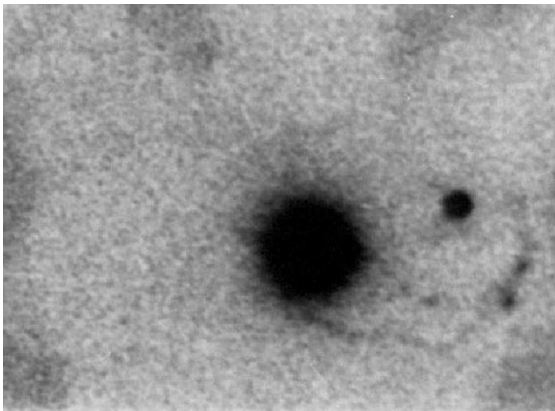
- ▶ pri bolniku z esencialnim tremorjem je kopičenje RF normalno, pri bolniku s parkinsonovo boleznijo pa je prisotno le v sprednjem delu (n. caudatus), praktično odsotno pa v putamnu (zadaj)



scintigrafija varovalne bezgavke

po OP malignega melanoma

- ▶ RF vbrizamo ob mestu, kjer je bil tumor odstranjen; prikažejo se limfne poti in prva bezgavka, kamor se steka limfa s področja tumorja
- ▶ to bezgavko odstranimo in pregledamo, če so v njej morebiti že zasevki (t.j., ali se je tumor morda že razširil) in ustrezno prilagodimo zdravljenje



nuklearna medicina

- ▶ je diagnostična veja medicine, ki prikazuje **funkcijo** tkiv/organov/organskih sistemov
- ▶ z radiološkimi metodami (rtg, CT, MRI, UZ), ki prikazujejo pretežno anatomijo/strukturo, ne tekmuje, temveč jih pomembno **dopolnjuje**