

Pozitronska emisijska tomografija (PET)

Marko Grmek

**Univerzitetni klinični center Ljubljana
Klinika za nuklearno medicino**

Pozitronska emisijska tomografija (PET)

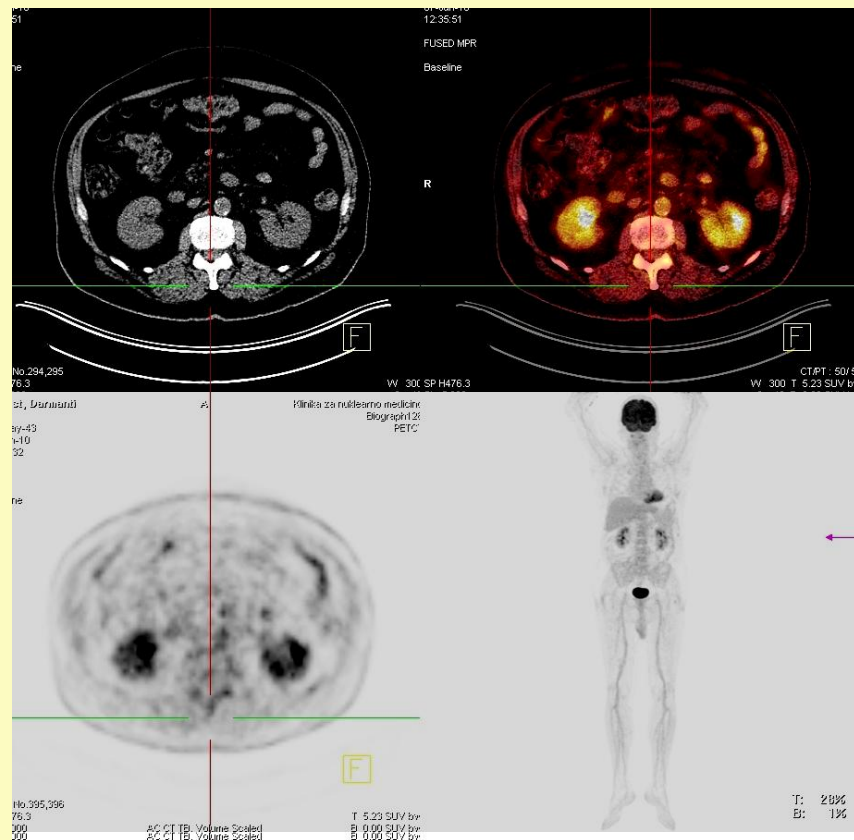
je diagnostična nuklearno medicinska preiskava, ki se je v zadnjem desetletju v svetu in tudi v Sloveniji močno razširila.

K temu je največ prispeval razvoj novih kvalitetnejših PET naprav v kombinaciji z računalniškim tomografom (CT) – PET-CT naprava in lažja dostopnost do radiofarmakov, ki jih uporabljamo pri tej preiskavi (PET radiofarmaki).

PET/CT

- **PET** – pozitronska emisijska tomografija
- **CT** – računalniška tomografija

Fuzijska slika



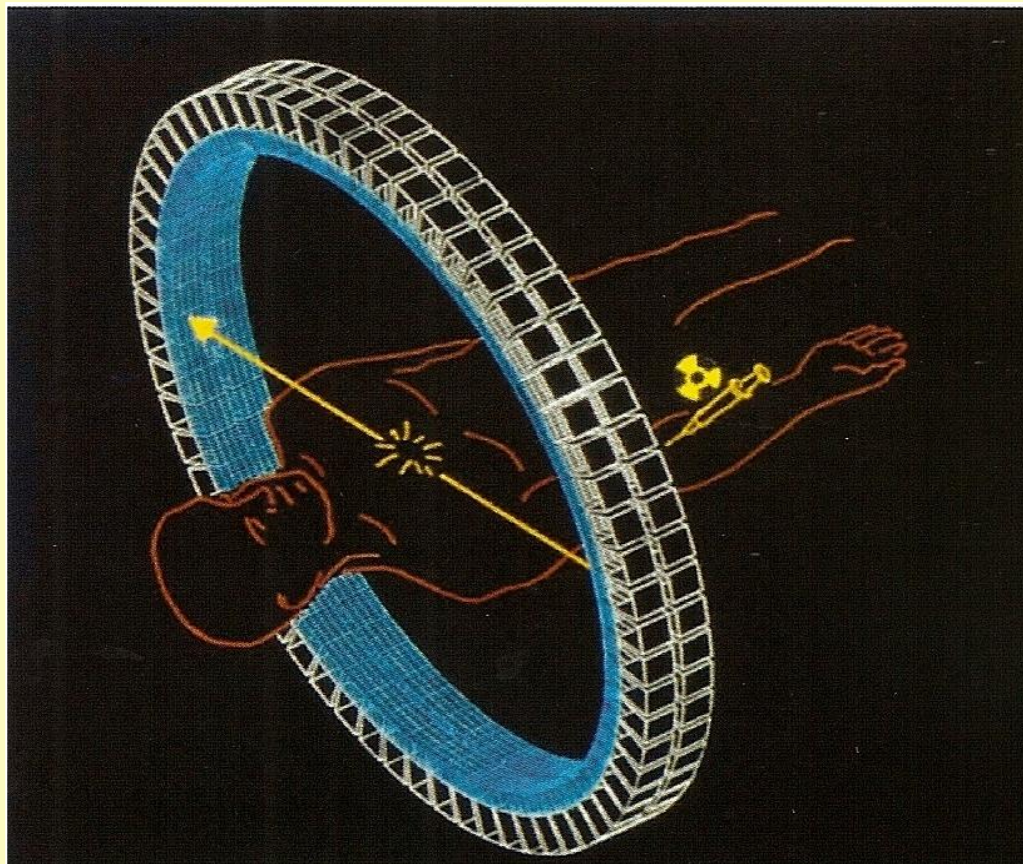
PET-CT naprava

- PET detektorski sistem
- CT naprava
- Računalnik z ustreznimi programi



PET-CT naprava - PET detektorski sistem

**Novejše PET-CT naprave
imajo PET detektorski
sistem sestavljen iz 3 ali
4 obročev (ringov)
skupne širine 15 – 20 cm.**



PET-CT naprava na KNM

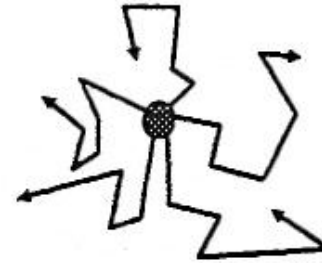
PET detektorski sistem je sestavljen iz:

- **144 detektorjev velikosti 5,4 x 5,4 cm
v 3 ringih po 48 detektorjev
(oziroma iz 12 segmentov s po 12 detektorji)**
- **Vsak detektor je segmentiran v 13 x 13 detektorskih elementov velikosti 4 x 4 mm.**
- **Detektorski sistem PET naprave je širok 16, 2 cm in vsebuje skupno 24.336 detektorskih elementov.**

PET-CT - prostorska resolucija

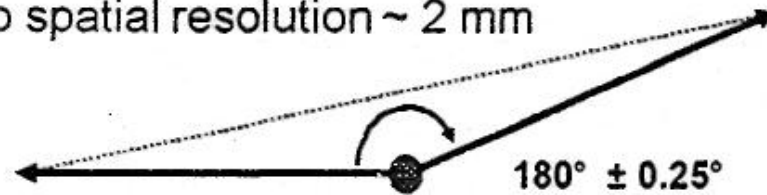
Positron range

- For ^{18}F contribution of positron range to spatial resolution is $\sim 0.15\text{mm}$



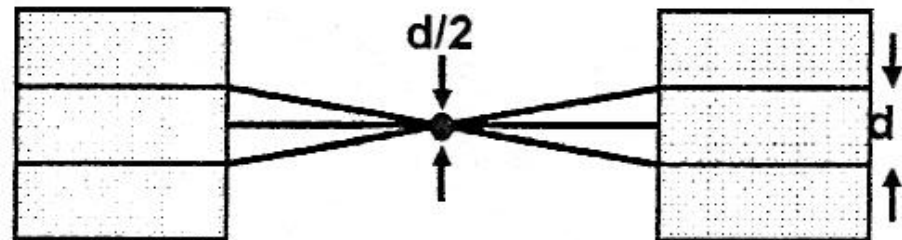
Acollinearity of annihilation gammas

- Magnitude of error increases linearly with diameter of scanner
- For 1m diameter contribution to spatial resolution $\sim 2\text{ mm}$



Detector element dimensions

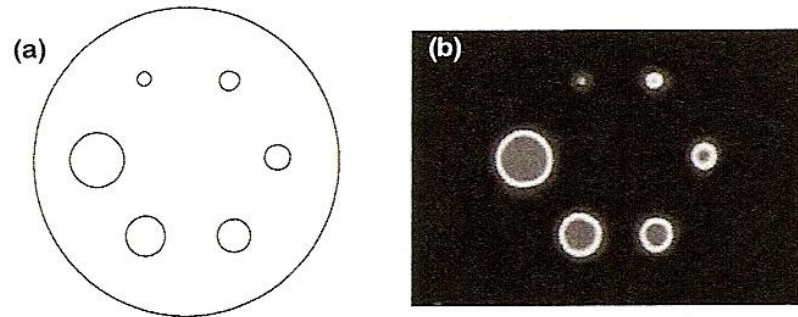
- Contribution $\sim d/2$
- So typically 2-3 mm



PET-CT - Korekcija atenuacije

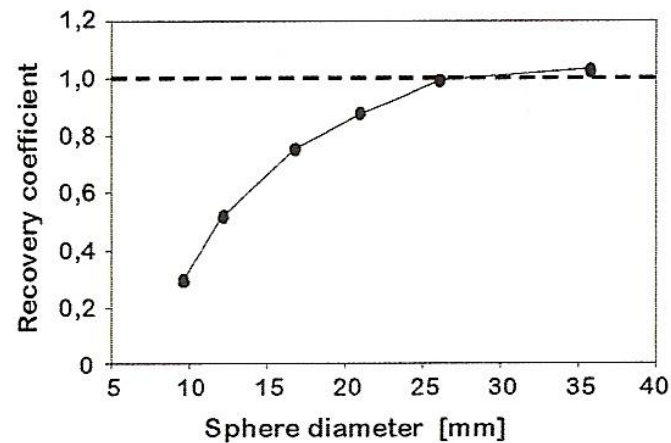


PET-CT - Partial Volume Effect



(a) Cross section of a sphere phantom with 6 different spheres

(b) PET image of sphere phantom (spheres filled with the same activity concentration)



PET radiofarmak

- PET radiofarmak določa vrsto PET-CT preiskave.
- Tako kot ostali radiofarmaki je tudi PET radiofarmak sestavljen iz dveh delov:
 - **radioaktivnega izotopa**, ki oddaja pri razpadanju pozitrone in
 - **farmaka**, ki določa kinetiko radiofarmaka v telesu.
- Najpogosteje se pri PET-CT preiskavah uporablja ^{18}F -fluordeoksiglukoza (^{18}F -FDG).

PET-CT z ^{18}F -FDG – priprava bolnika

- Preiskovanec ne sme 6 ur pred preiskavo zaužiti hrane ali piti tekočin, ki vsebujejo glukozo. Tako preprečimo prekomerno kopičenje ^{18}F -FDG v normalnih, zdravih tkivih.
- Preiskovancu vstavimo intravensko kanilo in mu določimo krvni sladkor. Priporočljivo je, da ima preiskovanec vrednost krvnega sladkorja pod 7 mmol/l. Zgolj izjemoma opravimo preiskavo, v kolikor je nivo krvnega sladkorja nad to vrednostjo.
- Pred aplikacijo ^{18}F -FDG preiskovancu preveri zdravnik še enkrat indikacijo in pripravljenost preiskovanca na preiskavo ter določi obseg slikanja.
- Intravenska aplikacija ^{18}F -FDG. Na Kliniki za nuklearno medicino apliciramo bolnikom ^{18}F -FDG (v aktivnosti 4 MBq/kg telesne teže) s pomočjo posebnega injektorja.

Injektor

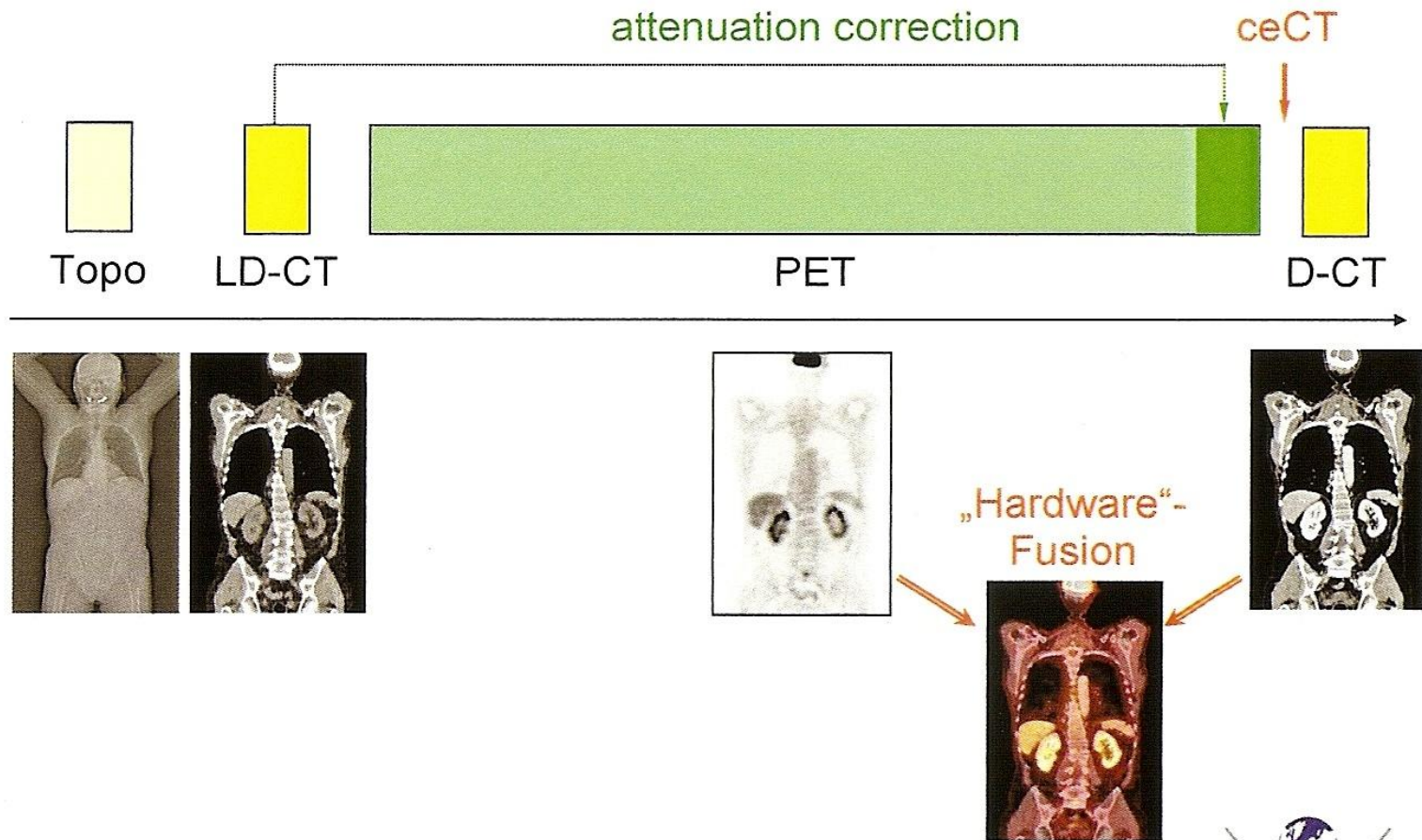


PET-CT z ^{18}F -FDG – izvedba preiskave

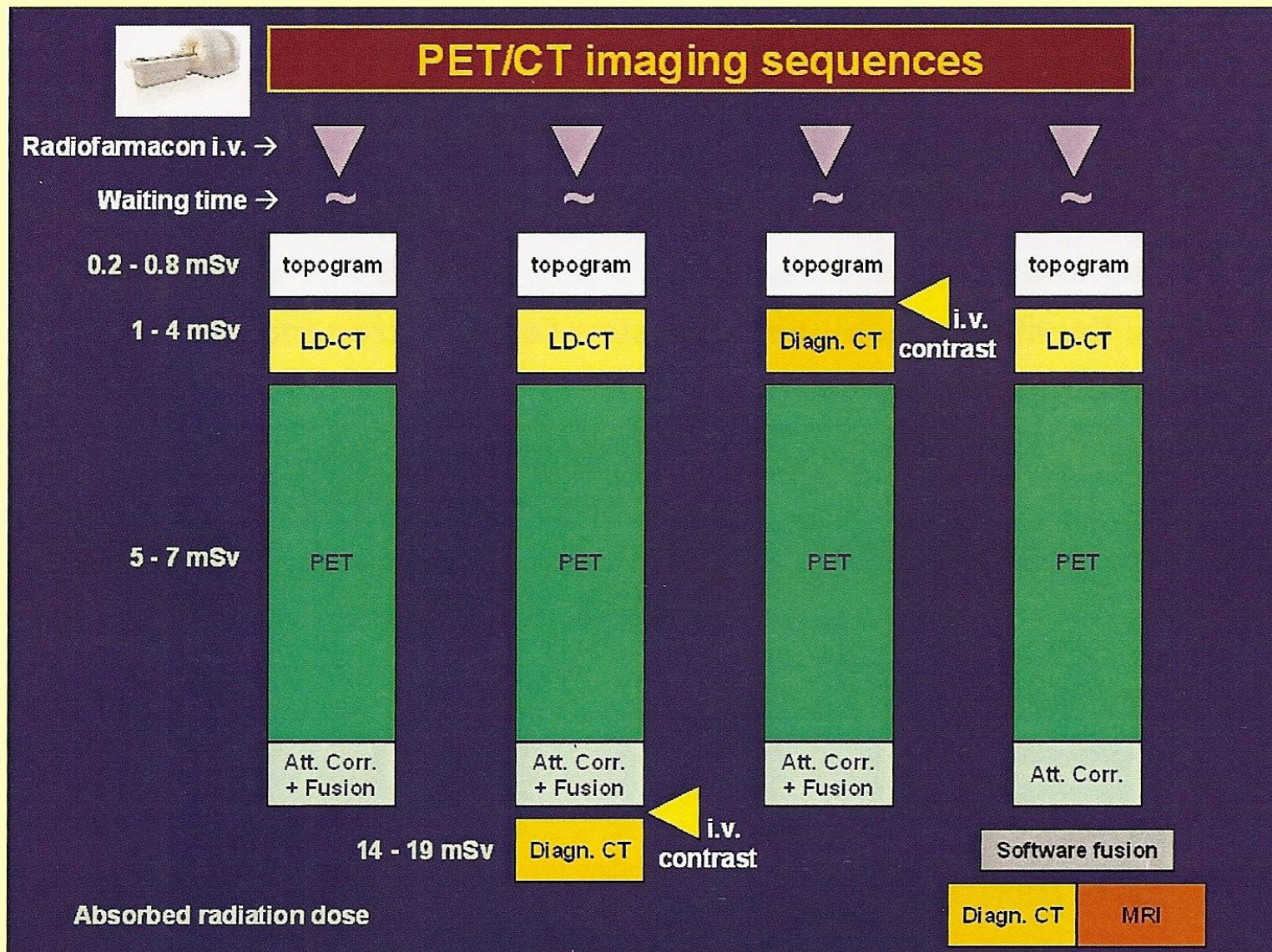
- Po aplikaciji radiofarmaka mora preiskovanec eno uro počivati – ležati. V tem času preide večina ^{18}F -FDG iz krvi v tkiva (počitek prepreči predvsem neželjeno kopičenje radiofarmaka v mišicah). Pred slikanjem mora preiskovanec izprazniti sečni mehur.
- Slikanje na PET-CT napravi traja običajno 10-30 minut. Najprej naredimo lokalizacijski CT, sledi PET slikanje. Področje slikanja prilagodimo kliničnemu vprašanju. Največkrat slikamo področje, ki zajema večji del telesa (od lobanjske baze do sredine femurjev), v določenih primerih pa telo v celotni dolžini ali pa le del telesa (npr. glavo).

PET-CT– izvedba akvizicije

PET/CT: Ideal Schedule



PET-CT– izvedba akvizicije



PET-CT

Podatke, ki jih posreduje PET-CT naprava računalniško obdelamo, da dobimo PET, CT in združene »fuzijske« slike, ki jih zdravnik uporabi pri pisanju izvida. Pogostokrat si pomagamo tudi s »standardized uptake value« (SUV) vrednostjo, ki omogoča primerjavo intenzitete kopičenja radiofarmaka v različnih delih telesa.



Normalna razporeditev aktivnosti v telesu

PET-CT – Standardized Uptake Value (SUV)

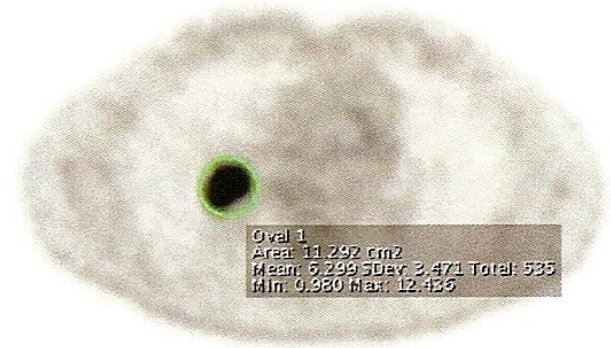
$$SUV_{BW} = \frac{A_{c, \text{tissue}}}{\frac{A_o}{BW}}$$

SUV: Standardized Uptake Value

$A_{c, \text{tissue}}$: Activity concentration in a tissue of interest

A_o : injected activity

BW: body weight



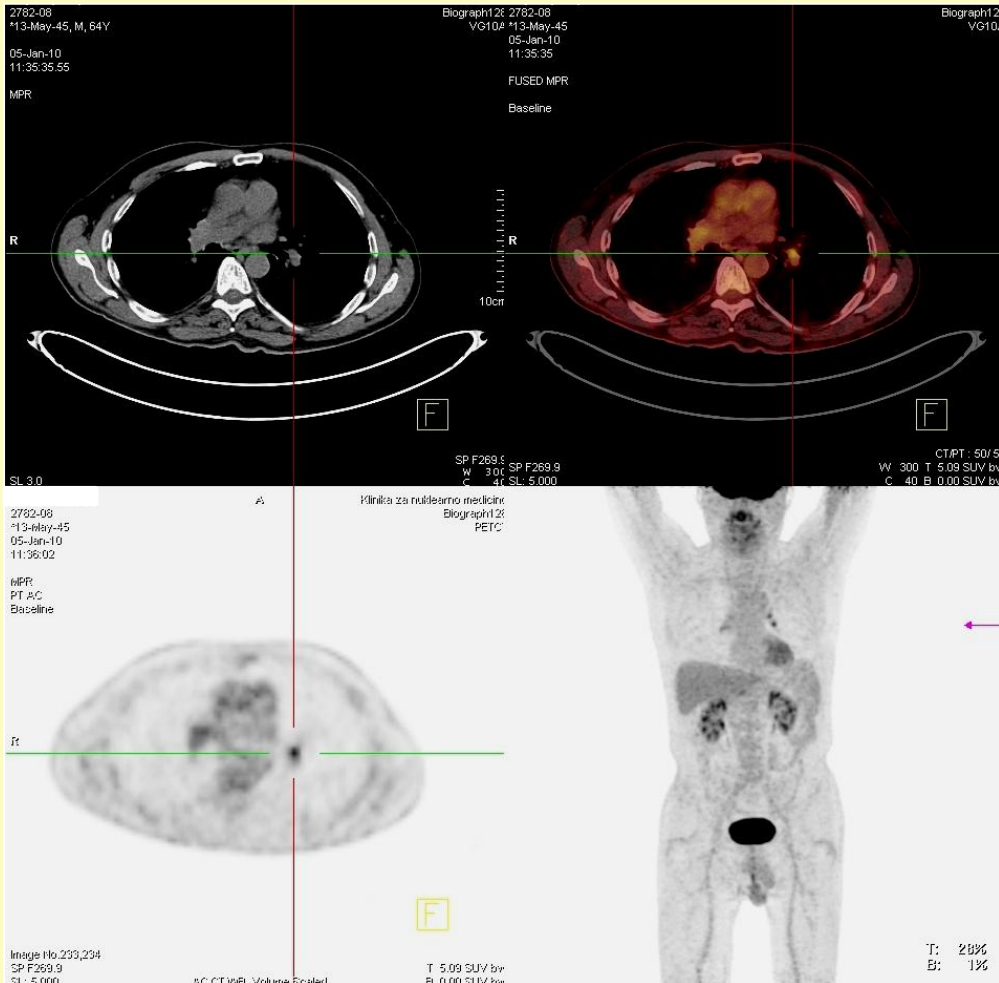
Draw ROI on several frames

Software calculates SUV

Automatic display of:

Area, SUV_{mean} and SUV_{max}

PET-CT z ^{18}F -FDG



Standardized Uptake Value (SUV)

PET, CT in fuzijska slika v transverzalni ravnini

PET-CT z ^{18}F -FDG - indikacije

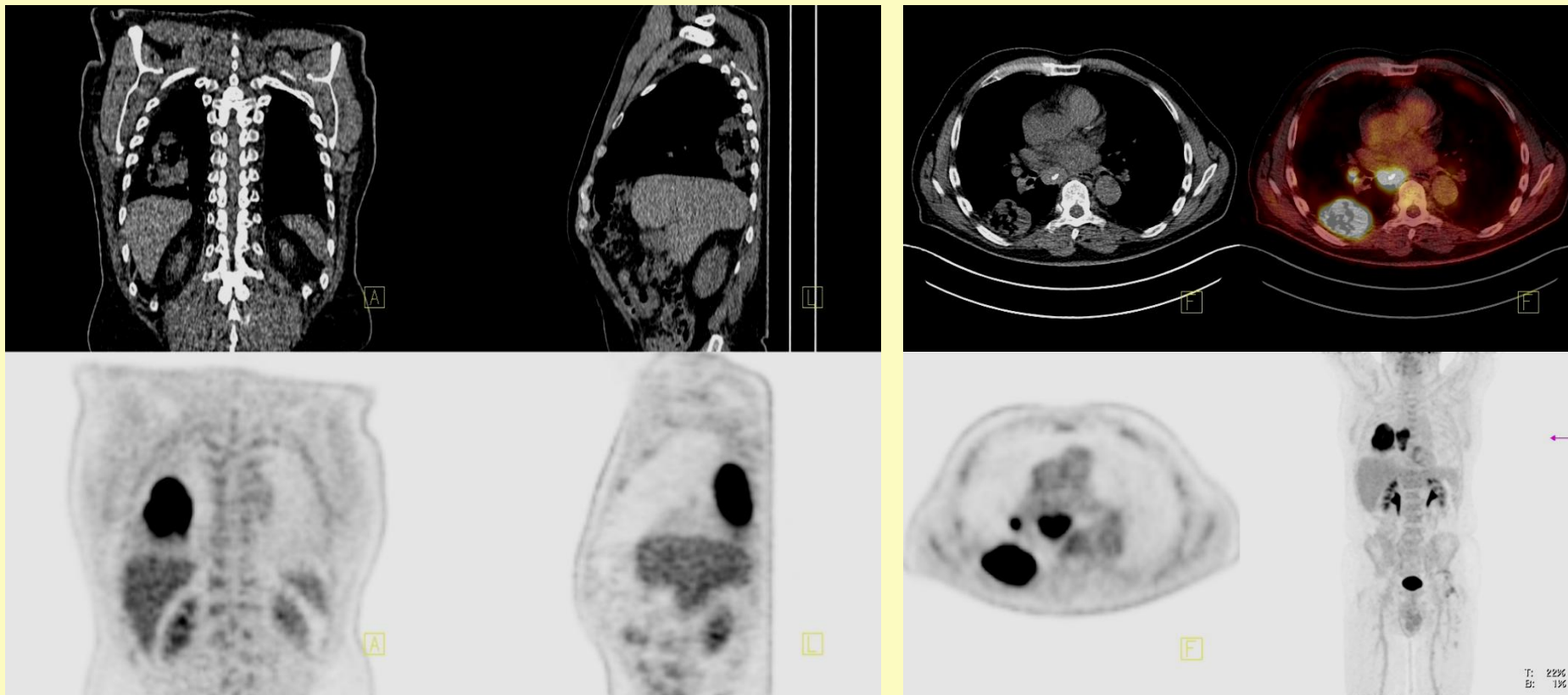
Preiskava prikaže, kolikšna je bila poraba glukoze v različnih delih telesa preiskovanca v času med aplikacijo ^{18}F -FDG-ja (analoga glukoze) in slikanjem na PET-CT napravi.

- **Maligne bolezni** - maligne celice imajo “over-expression” glukoznega prenašalca GLUT-1 in povečano aktivnost heksokinaze.

Indikacije:

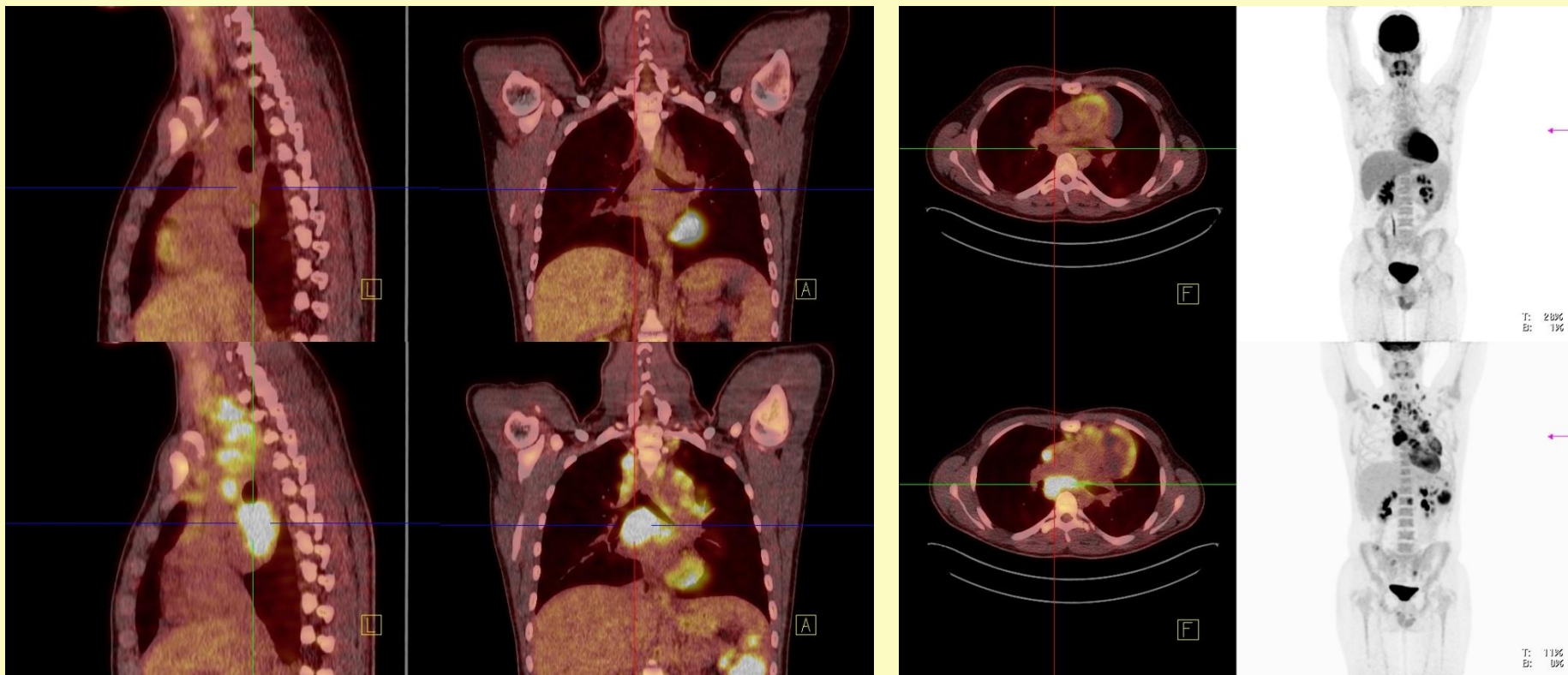
- **v dg. procesu** (pri sumu na maligno bolezen, ko so enostavnejše dg. metode nepovedne),
- **ugotavljanje razširjenost bolezni – staging** (nedrobnocelični tumorji pljuč, limfom, različni tumorji v gastroenterologiji, ginekologiji ...),
- **ugotavljanje učinkovitosti zdravljenja** (limfom, tumorji prebavil (npr. GIST), tumorji pljuč ...),
- **ugotavljanje povrnitve bolezni in restaging,**
- **za določitev mesta odvzema biološkega materiala,**
- **za planiranje radioterapije.**

Razširjenost maligne bolezni – staging



Tumor pljuč z zasevki

Ugotavljanje učinkovitost zdravljenja



Limfom pred in po zdravljenju.

PET-CT z ^{18}F -FDG je bil narejen 3.6. 2014 in 7.8.2014.

PET-CT z ^{18}F -FDG - indikacije

- **Vnetje**

s PET-CT z ^{18}F -FDG je možno prikazati mesto in aktivnost vnetnega procesa, ne pa etiologijo vnetja. Z zanesljivostjo ne moremo razlikovati med vnetjem in maligno boleznijo.

- **Prikaz mesta vnetnega žarišča:**
(absces, spondilodiscitis, vaskulitis velikih žil ...).
- Vročina neznanega izvora.
- Sarkoidoza.

- **Možgani**

- **Opredelevanje demenc:** (Alzheimerjeva bolezen, frontotemporalna demenca, demenca z Lewyjevimimi telesci).
- **Opredelevanje parkinsonizmov.**
- **Določitev mesta epileptogenega žarišča.**

- **Kardiologija**

- **Viabilnost miokarda.**

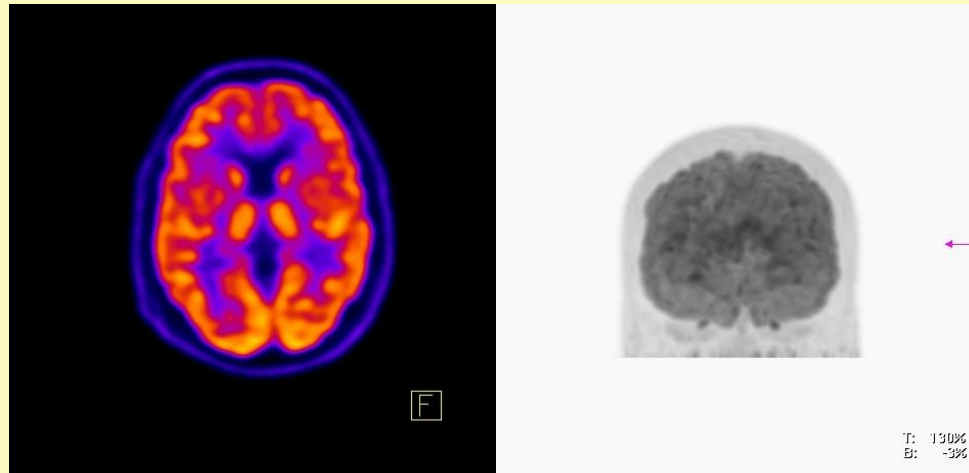
PET-CT in njegova uporaba pri obravnavi bolnika z/s (sumom na) okužbo

Tadeja Kotar, Marko Pokorn

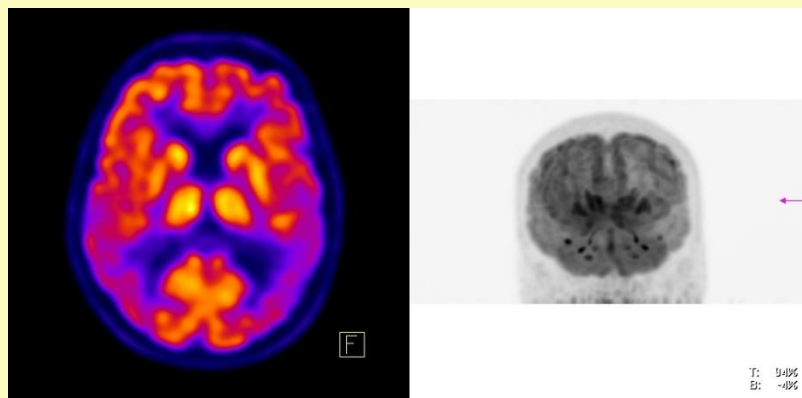
Klinika za infekcijske bolezni in vročinska stanja,
UKC Ljubljana

- **1.1.2010 - 30.6.2011,**
- **57 bolnikov, starih 4 – 86 (55.6) let,**
- **pri skoraj 80% bolnikov je bil izvid PET-CT z ^{18}F -FDG v pomoč pri obravnavi bolnika (bodisi neposredna dg. ali lokalizacija bolezenskega procesa).**

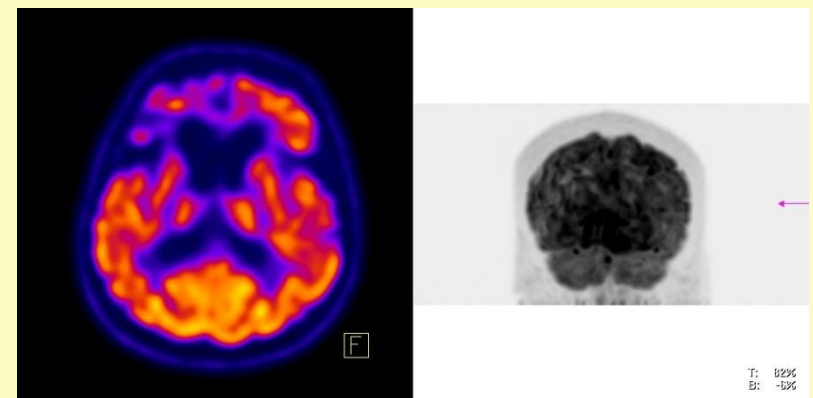
PET-CT možganov z ^{18}F -FDG - demenca



Normalna aktivnost v možganih

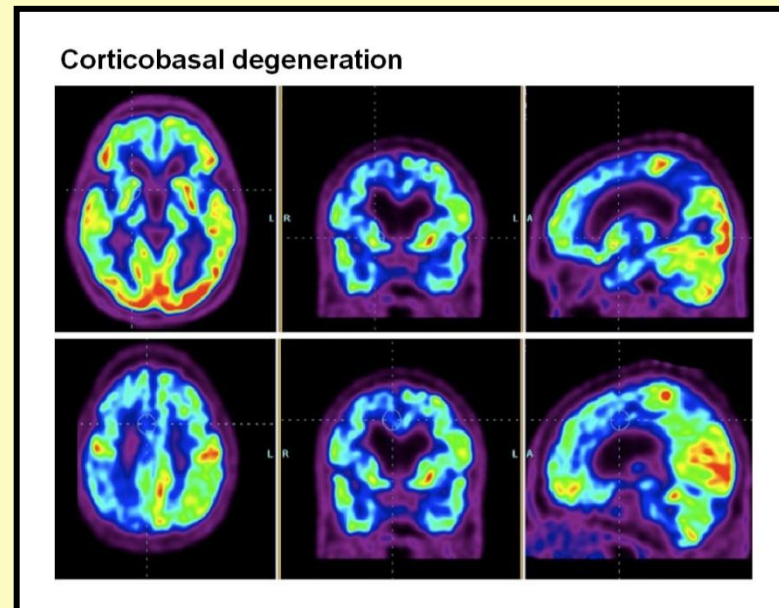
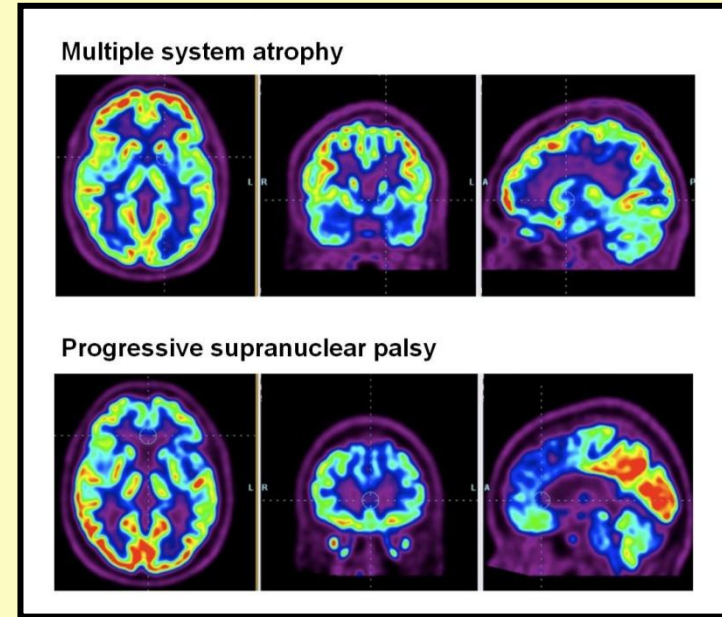
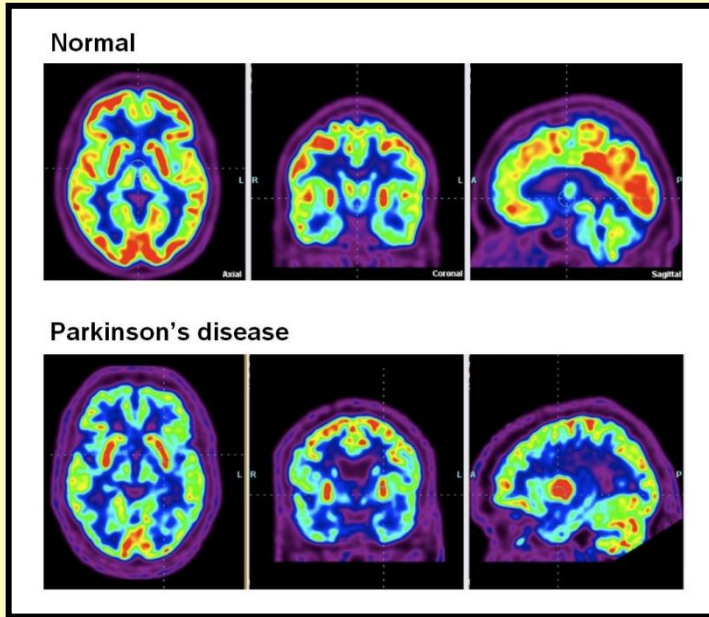


Alzheimerjeva bolezen



Frontotemporalna demenca

PET-CT možganov z ^{18}F -FDG - parkinsonizmi



Preiskava je
diagnostična v
približno 80%.

PET-CT z ^{18}F -FDG – efektivna doza

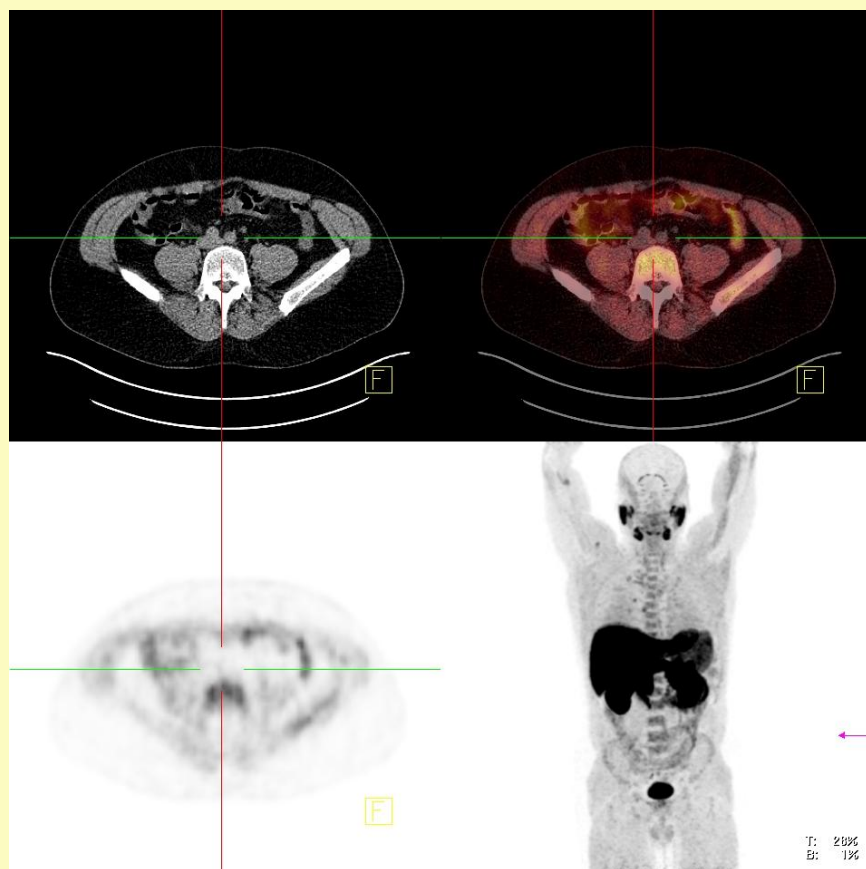
Pri PET-CT preiskavi z ^{18}F -FDG prejme preiskovanec dozo sevanja, ki znaša od 5 do 10 mSv.

**3 do 7 mSv prejme s strani radiofarmaka,
2 do 3 mSv pa pri CT slikanju.**

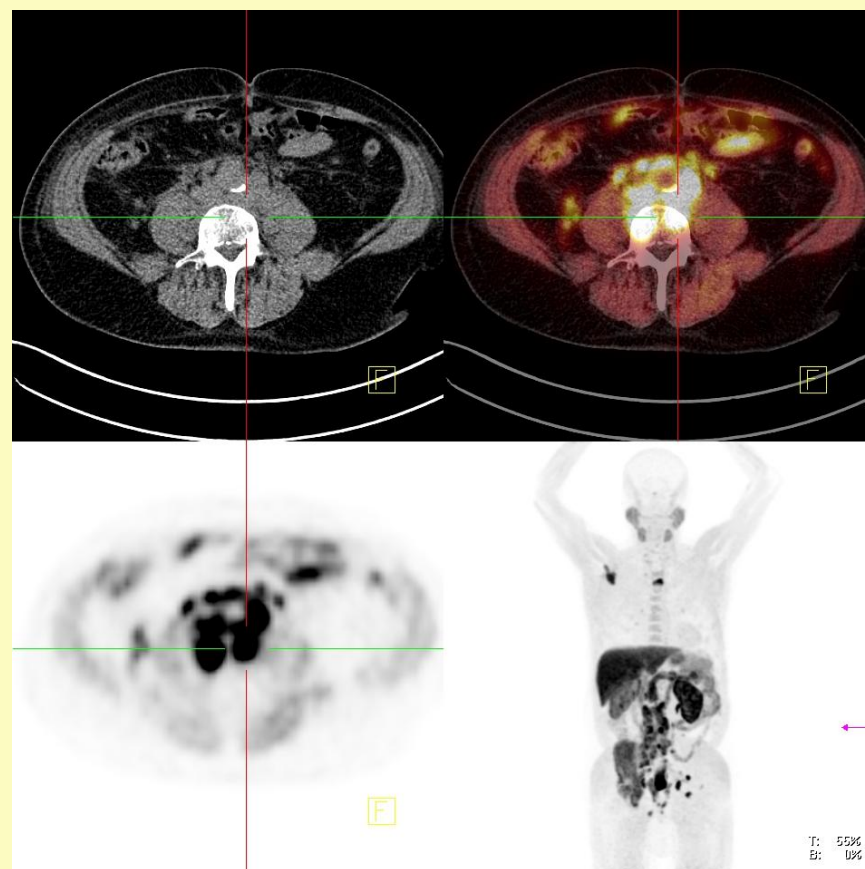
PET-CT z ^{18}F -holinom - indikacije

- **Karcinom prostate**
 - **Ugotavljanje razširjenosti karcinoma prostate (po op.):**
 - če je vrednost prostatičnega specifičnega antigena (PSA) v krvi nad 1ng/ml;
 - če vrednost PSA hitro raste in je bila vrednost PSA ob zadnji določitvi nad 0,5 ng/ml.
 - **Obravnava bolnikov z znanim karcinomom prostate (pred op.):** preiskava je indicirana, v kolikor ima bolnik karcinom prostate z »Gleason score« 7 ali več, ima PSA vrednost med 2 in 60 ng/ml in so enostavnejše slikovne preiskave nepovedne.
- **Hiperparatiroidizem (adenom obščitnic)**

PET-CT z ^{18}F -holinom – karcinom prostate



Normalna razporeditev ^{18}F -holina

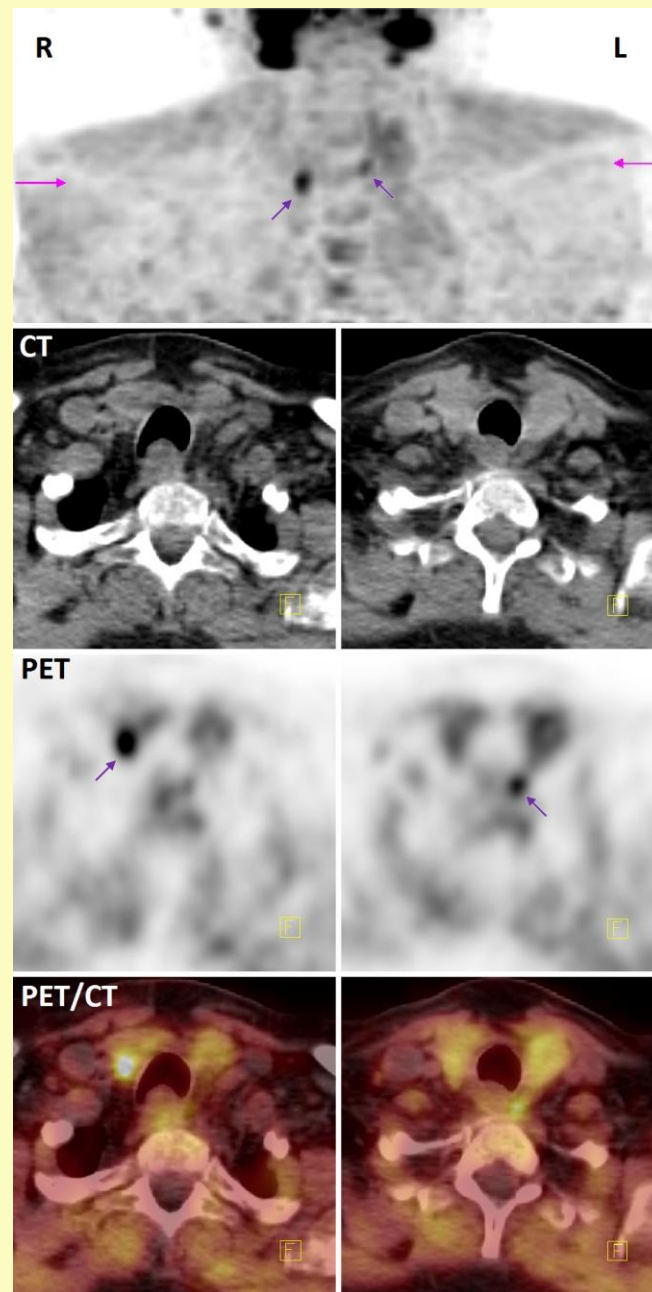


Karcinom prostate - metastaze

PET-CT z ^{18}F -holinom pri hiperparatiroidizmu

Na KNM smo pričeli prvi v svetu rutinsko uporabljati PET-CT z ^{18}F -holinom za prikaz občitničnih adenomov, pri osebah s hiperparatiroidizmom.

Adenoma občitnice:
- desno 8 x 8 x 9 mm;
- levo 8 x 5 x 7 mm.



PET-CT preiskave, ki se uveljavljajo

- **PET-CT preiskava z analogi somatostatina, označenimi z ^{68}Ga .**
- **PET-CT preiskava z radiofarmaki, ki prikažejo količino amiloida v možganih.**

Zaključek

- Število opravljenih PET-CT preiskav se je v zadnjih nekaj letih močno povečalo, kot posledica njihove velike diagnostične vrednosti, novih tehnologij in dostopnejših radiofarmakov.
- Najpogosteje se uporablja PET-CT z ^{18}F -FDG.
- Na KNM v UKC Ljubljana delamo tudi PET-CT z ^{18}F -holinom, v bližnji prihodnosti pa nameravamo uvesti še nekaj novih PET-CT preiskav.