

PET/CT radioterapijsko planiranje

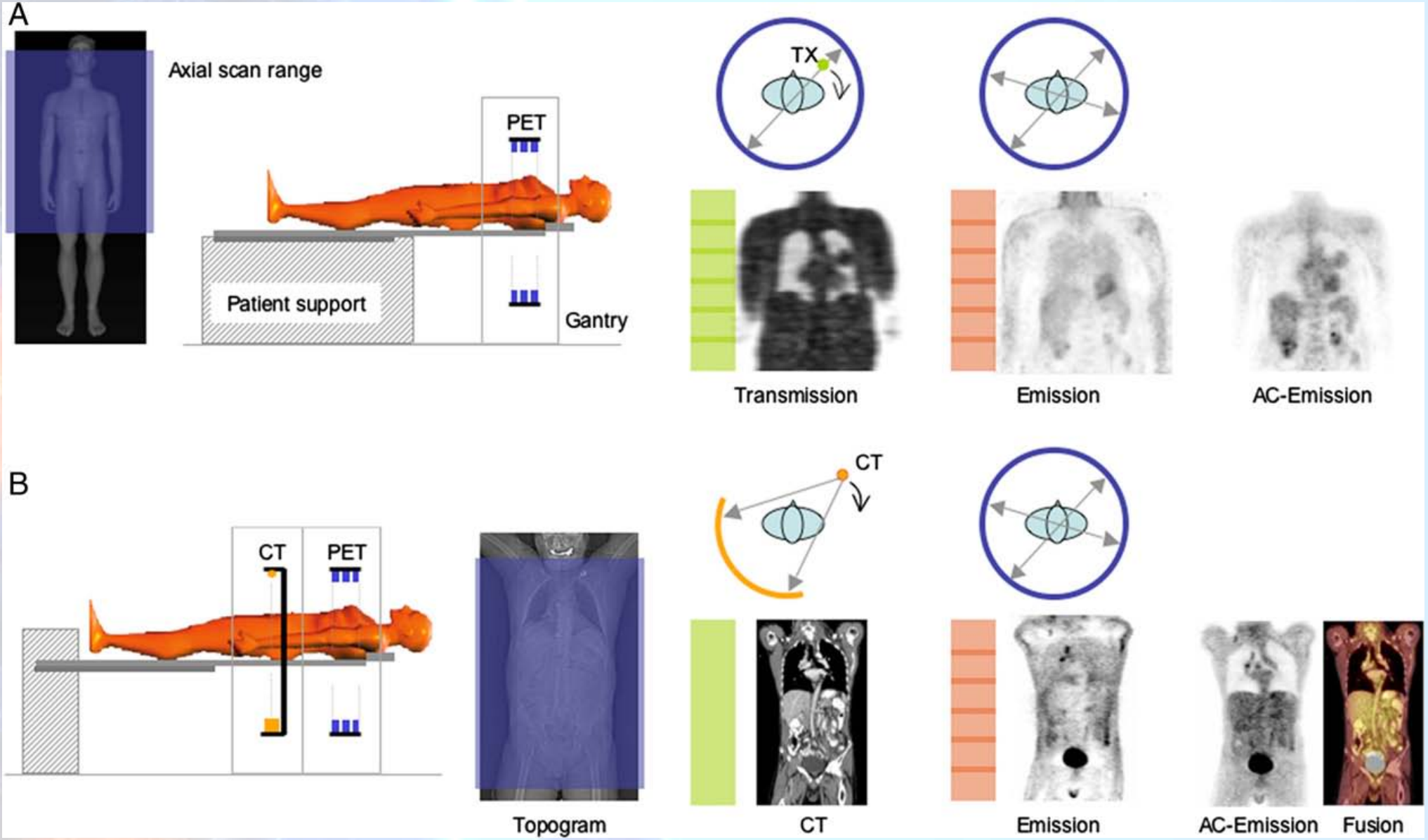
Ivica Lisjak, bacc.radiol.techn.

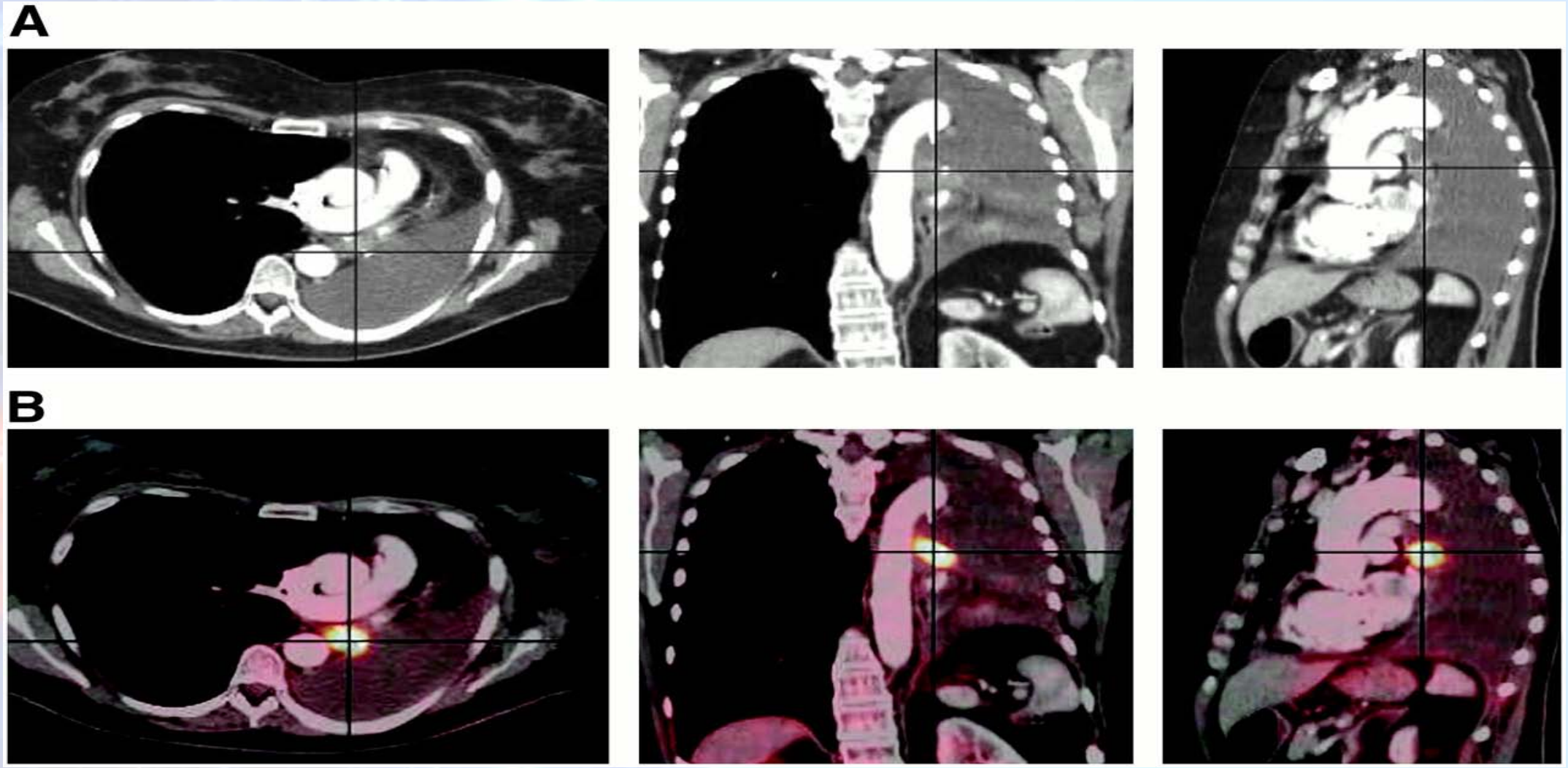
PET/CT

- PET/CT (pozitronska emisijska tomografija) je postala neizbježna metoda dijagnostike u onkologiji
- primjenjuje se kao metoda u dijagnostici bolesti, dijagnostici nepoznatog primarnog tumora, kliničkom praćenju bolesnika, procjeni proširenosti bolesti i učinka liječenja tj. u prognozi i praćenju tijeka i ishoda bolesti, te u novije vrijeme za radioterapijsko planiranje
- PET/CT je kombinacija PET-a koji pokazuje intenzitet metabolizma glukoze u stanicama, te CT-a koji pokazuje anatomiju i morfologiju organa
- PET/CT prikazuje informacije o patološkim odstupanjima, kako u funkciji, tako i u morfologiji
- kao radioizotopi se najčešće koriste F-18-FDG (Fludeoxyglucose – fluordeoksiglukoza) ili F-18-choline za dijagnostiku kod karcinoma prostate

- vrijeme poluraspada FDG-a je 110 minuta što omogućava transport od mjesta produkcije do mjesta korištenja
- prihvatljiva doza ozračenja za bolesnike (8-10 mSv za 370 MBq aplicirane aktivnosti)
- FDG u stanice ulazi kao i glukoza i raspodjela FDG-a odražava raspodjelu metabolizma glukoze u tijelu
- tumorske stanice imaju izraženu ekspresiju glukoza-transportera te dovode do pojačane akumulacije FDG-a u tumorskim stanicama
- PET/CT snimanje se može vršiti kao PET cijelog tijela ili određene regije s istovremenim snimanjem niskoenergijskog CT-a (tzv. “low dose” CT) cijelog tijela ili određene regije
- dodatno se može, u slučaju kliničke indikacije,učiniti i dijagnostički CT s intravenskim kontrastom

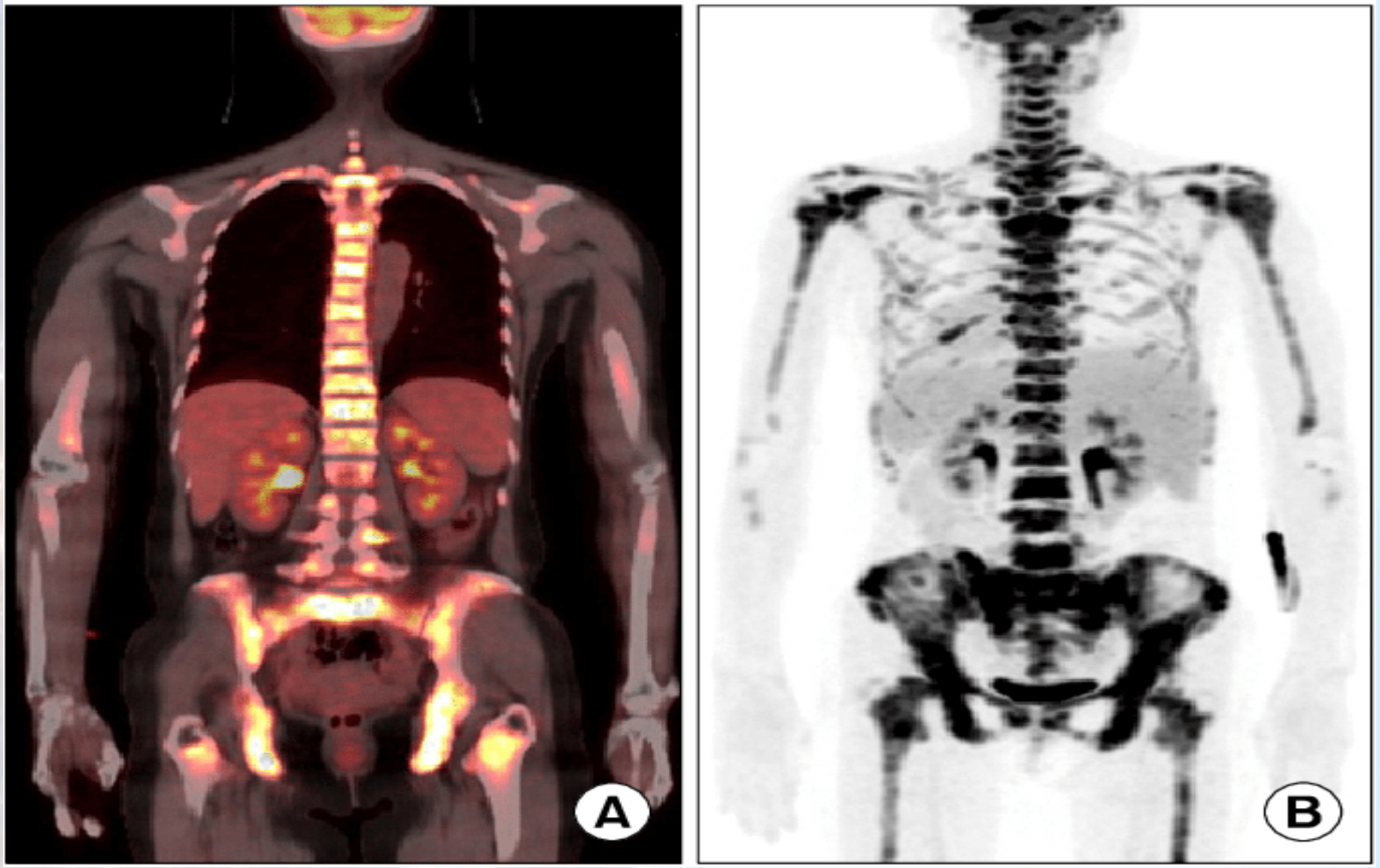
PET/CT snimanje

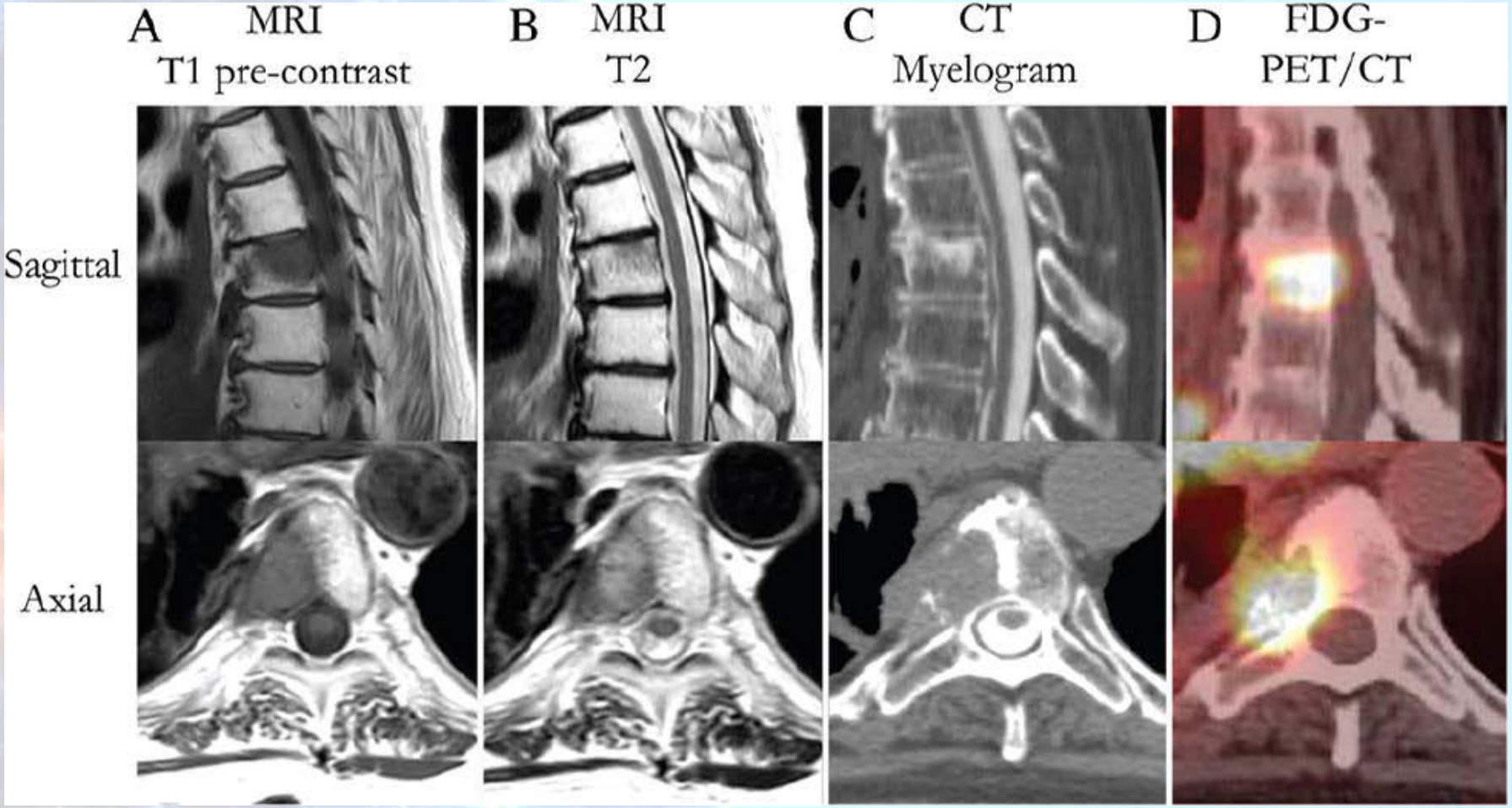




A CT prikaz

B PET/CT prikaz

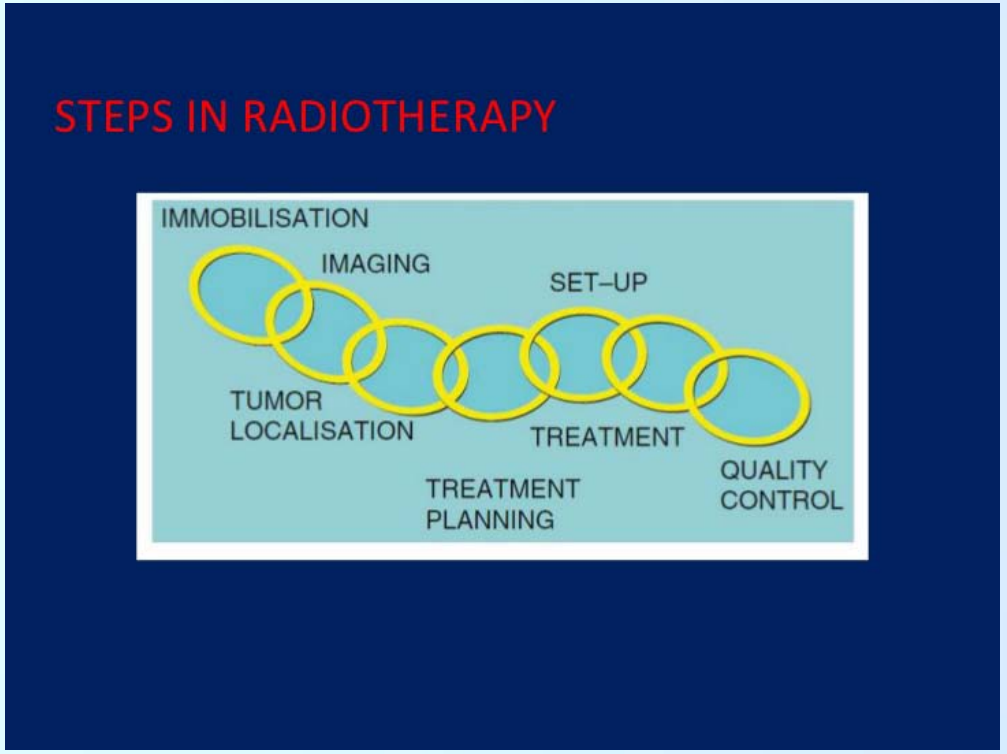

A
B



Slikovni prikaz različitim dijagnostičkim metodama (MR, CT, PET/CT)

RADIOTERAPIJSKO PLANIRANJE

- provodi se na osnovu niza prethodno provedenih dijagnostičkih postupaka i konzilijarne odluke liječnika za pokretanja postupka planiranja radioterapije te provođenje radioterapije
- predstavlja niz postupaka i pripremnih radnji čiji je krajnji zadatak izrada izodoznog plana kako bi se moglo provesti liječenje radioterapijom
- trenutna metoda za izradu radioterapijskog plana je CT snimka na osnovu kojih se izrađuje izodozni plan radioterapije



klasično radioterapijsko planiranje

liječnik onkolog radioterapeut

radiološki tehnolog

medicinski fizičar

Postupci kod planiranja radioterapije

dolazak pacijenta i obavljanje informativnog razgovora te potpisivanje suglasnosti od strane pacijenta

priprema CT uređaja za postupak (odabir protokola prema uputama liječnika)

odabir fiksacijskih pomagala koja se koriste za pojedine dijelova tijela s ciljem da pacijent bude fiksiran u istom položaju prilikom radioterapije

FIKSACIJSKA POMAGALA KOD PLANIRANJA

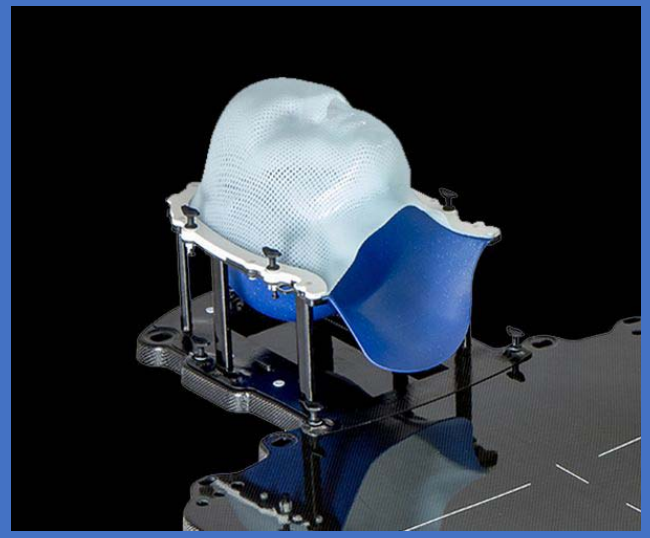
breast board – fiksacija za dojku





base plate – fiksacija za prostatu i osnova za druge podloške

head step – fiksacija za glavu i vrat

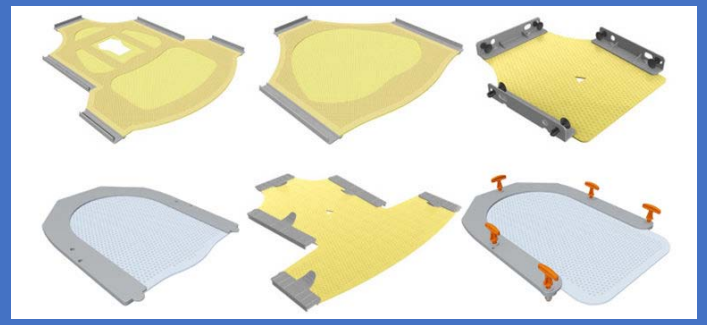




podložak za noge – fiksacija kod RT prostate

postavljanje pacijenta na ravni CT stol sa fiksacijskim pomagalima

izrada plastične maske za fiksaciju – potapanje maske u vodenu kupelj i navlačenje maske preko ciljanog dijela tijela









KBC Zagreb	RADIOTERAPIJA	OZ-ONK2 Izdanje: 2
ONK	Obrazac za CT simulaciju	1/1

Datum: _____

Ime i prezime pac.: _____ Dijagnoza: _____

ID: _____ Liječnik: _____

Preskripcija u Monaig-u ☐

Tehnika zračenja: **2D** **3D** CT( ): _____

(regija od – do)

CT

Prone / Supine Head in / Feet in

Staviti sliku na žurnal

RTT: _____

Bolus na CT-u: _____cm



doza (cGy) / frakcije

PTV1: _____ cGy/____

PTV2: _____ cGy/____

PTV3: _____ cGy/____

PTV4: _____ cGy/____

Indeksi potrebni za procjenu primljene doze:

CTDI $_{vol}$ = _____

DLP = _____

Za fizičare:

Bolus u XiO-u: _____cm

Potpis fiz: _____

Komentari/napomene:

1



O Multiboard

O Podložak za glavu



1 O 2 O
3 O 4 O



O Utor za Orfitove podloške



O **LOCK:**

◆ N M L K J



O wedge 9°
O wedge 18°



O block - **20 mm**
O block – **40 mm**



KOLJENA

◆ 1 2 3 4

◆ A B C D E F G

O Elevator

UTORI ZA MASKU

Z-

REF.LASER-

Lijevo : B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7

Desno : B1 B2 B3 B4 B5 B6

IZO LASER-



STOPALA

◆ A B C D

◆ -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8

2



30 31 32 33
34 35 36

Desna ruka A B C D
G H I J K
U V W X
T S R Q P O N M L Z Y



10° 12.5°

15°

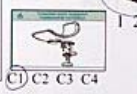
Lijeva ruka A B C D
G H I J K
U V W X
T S R Q P O N M L Z Y



1 2 3 4



1 2 3 4 5 6 7 8 9
10 11 12 13 14 15



C1 C2 C3 C4

CI, U

B, Q, H

36

15°

Z= 290	REF.LASER= 21
TT=	IZO LASER=



ATOR:

S:

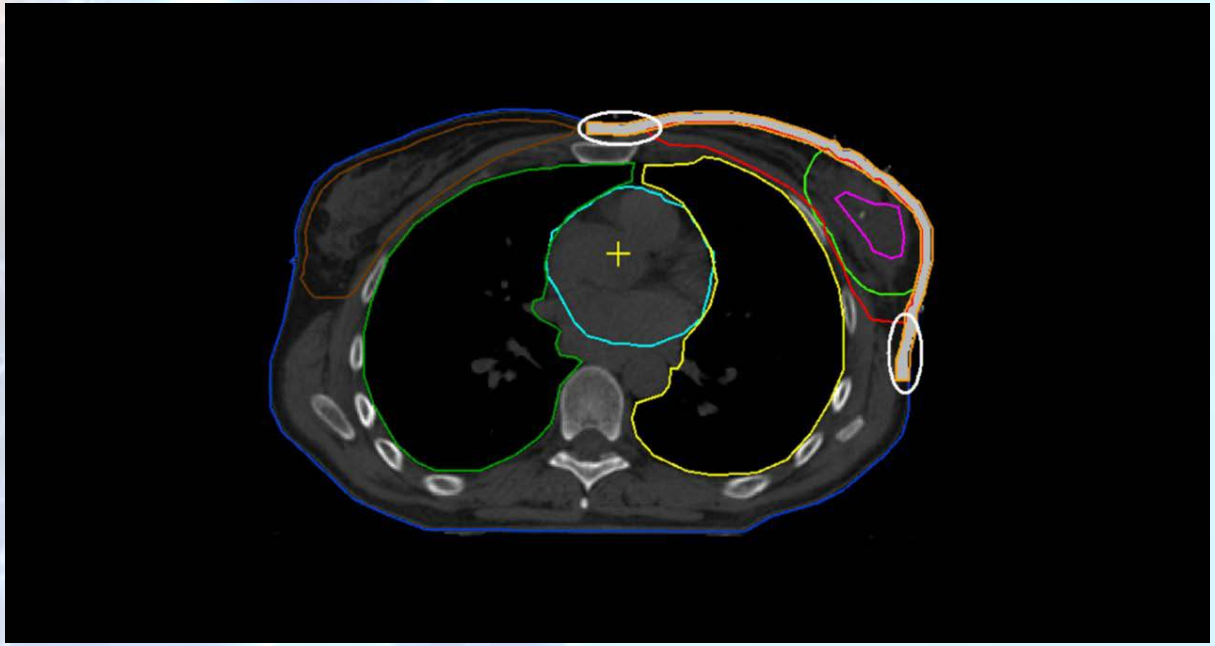
3

provođenje CT postupka

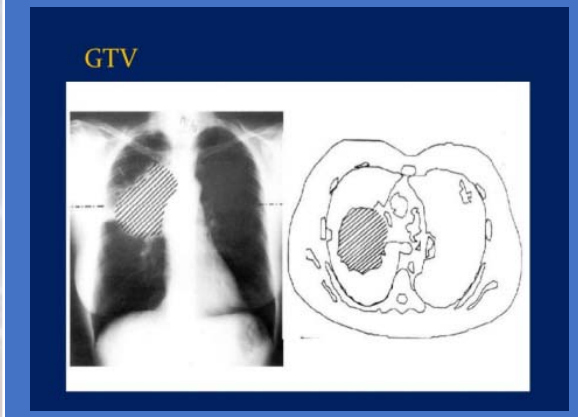
nakon završenog CT postupka slanje snimki na XIO radnu stanicu

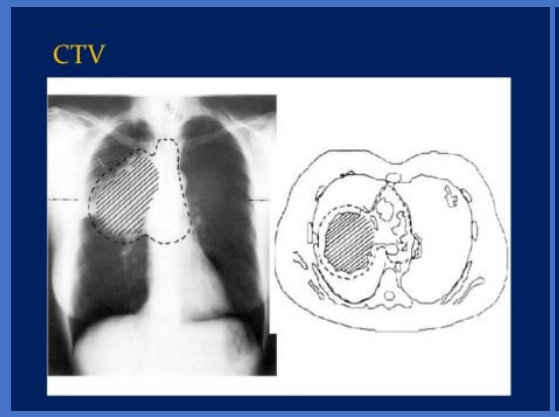
tetoviranje oznaka na pacijentu i crtanje oznaka na masci prema referentnim laserima

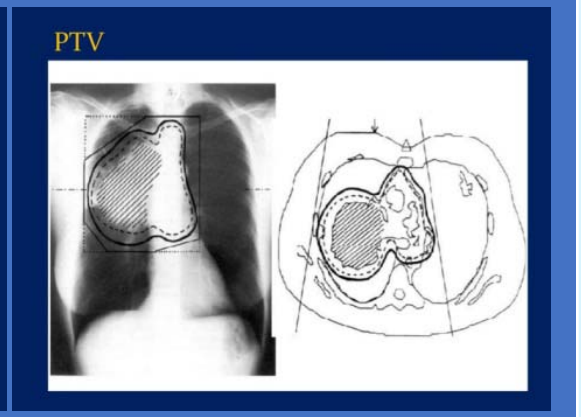
konturiranje vanjskih kontura od strane liječnika ili radioloških tehnologa

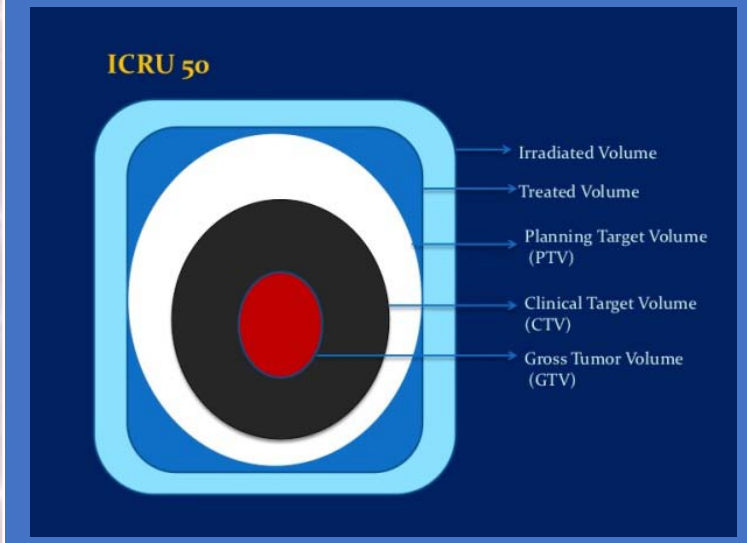


konturiranje PTV-a, CTV-a.... od strane liječnika



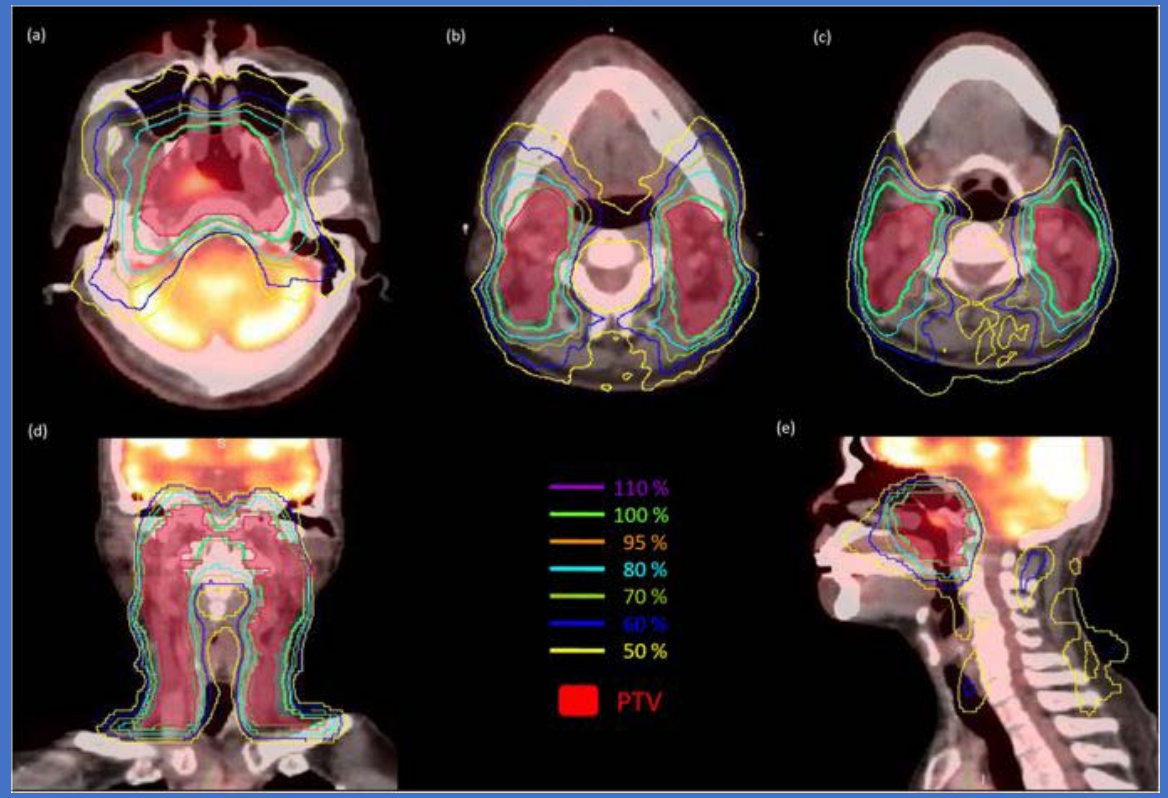


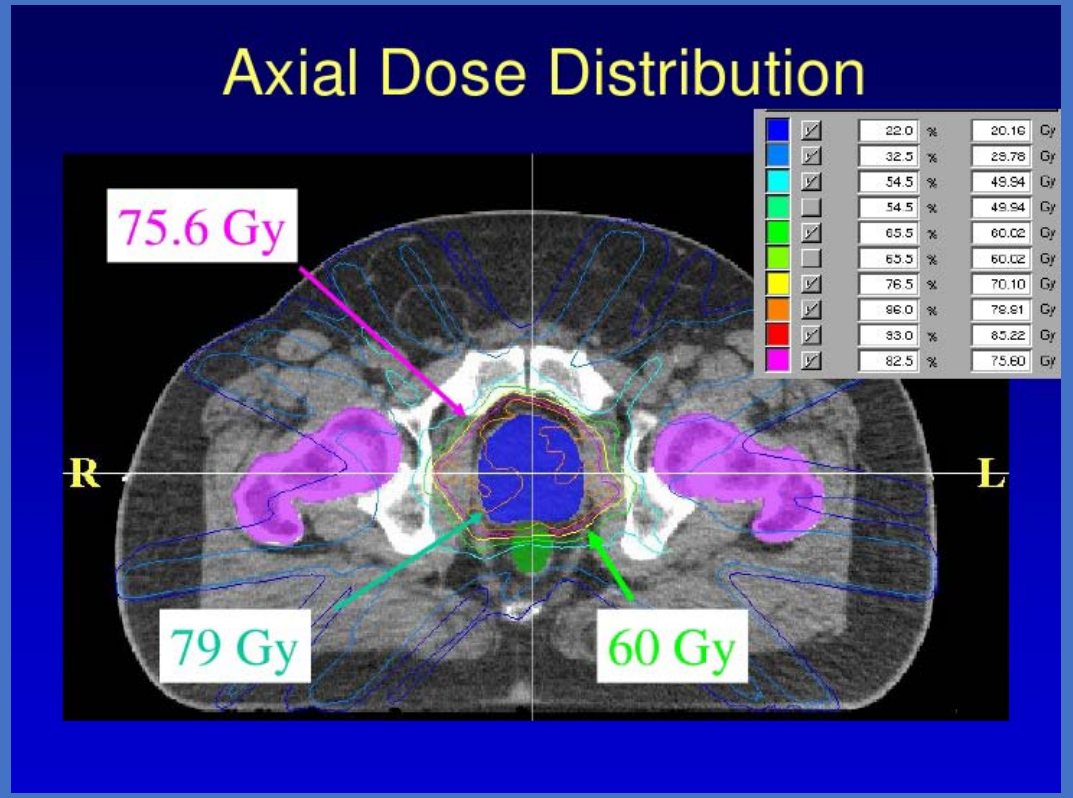




GTV – Gross Tumor volume
CTV – Clinical Target Volume
PTV – Planning Target Volume

izrada izodoznog plana od strane medicinskih fizičara





Razlike kod PET/CT planiranja u odnosu na CT planiranje

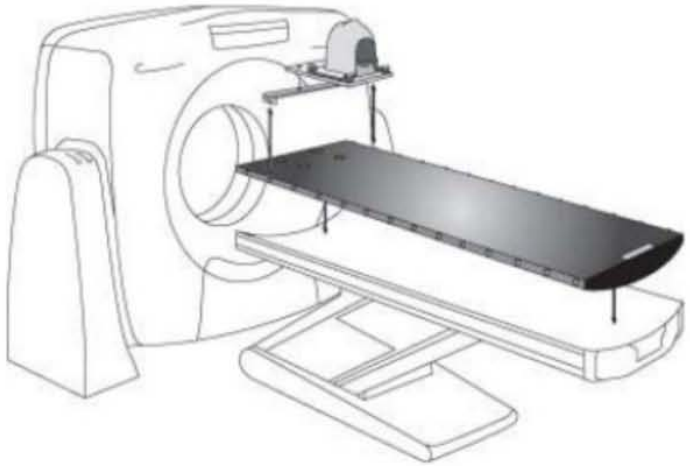
- izbor pacijenata za PET/CT planiranje
  - da li će to biti pacijenti koji su već bili na PET/CT-u ili će se PET/CT ujedno iskoristiti i u dijagnostičke svrhe
  - da li će pacijenti biti upisivani u sklopu redovnog prijema ili po posebnom prijemu

- razlika u stolovima
  - za PET/CT se koristi se udubljeni stol zbog duljine pregleda, kako bi se pacijenti osjećali ugodnije
  - za RT planiranje koristi se ravni stol na kojoj se dodaje “ base plate “ i na njega ostali dodaci za imobilizaciju
  - na PET/CT uređaju postoji ravni stol te se može upotrijebiti za planiranje

Standard Imaging Overlays

Carbon fiber overlays securely lock onto a cradle, providing a surface consistent with treatment couchtops. They are lightweight and durable, allowing them to be easily removed or reinserted for use on non-dedicated imaging machines. The attachment mechanics ensure that once the top is reinserted on the cradle, it will be level and stable throughout the imaging process.

Overlays are made of carbon fiber with a foam core. All overlays also have indexing options and come with a Lok-Bar™ providing a system for positioning devices to be fixed to the couchtop.





- izrada imobilizacijskih sredstava kod PET/CT planiranja
  - zbog rizika od prekomjerne izloženosti zračenju svu imobilizaciju je potrebno izraditi prije PET/CT postupka tj. prije iniciranja FDG-a
  - radi zaštite i što kraćeg boravka uz pacijenta potreban je dogovor oko tetoviranja pacijenata; da li će to biti prilikom izrade maske (optimalna varijanta) ili nakon provedenog PET/CT-a
  - fiksacijska maska se potapa u zagrijanu vodenu kupelj na temperaturu cca 65 °C na 5 minuta kako bi postala prilagodljiva te se mogla navući preko ciljanog dijela tijela
  - nakon navlačenja maske potrebno je nekoliko minuta da postane kruta te zadrži svoj oblik za korištenje prilikom terapije

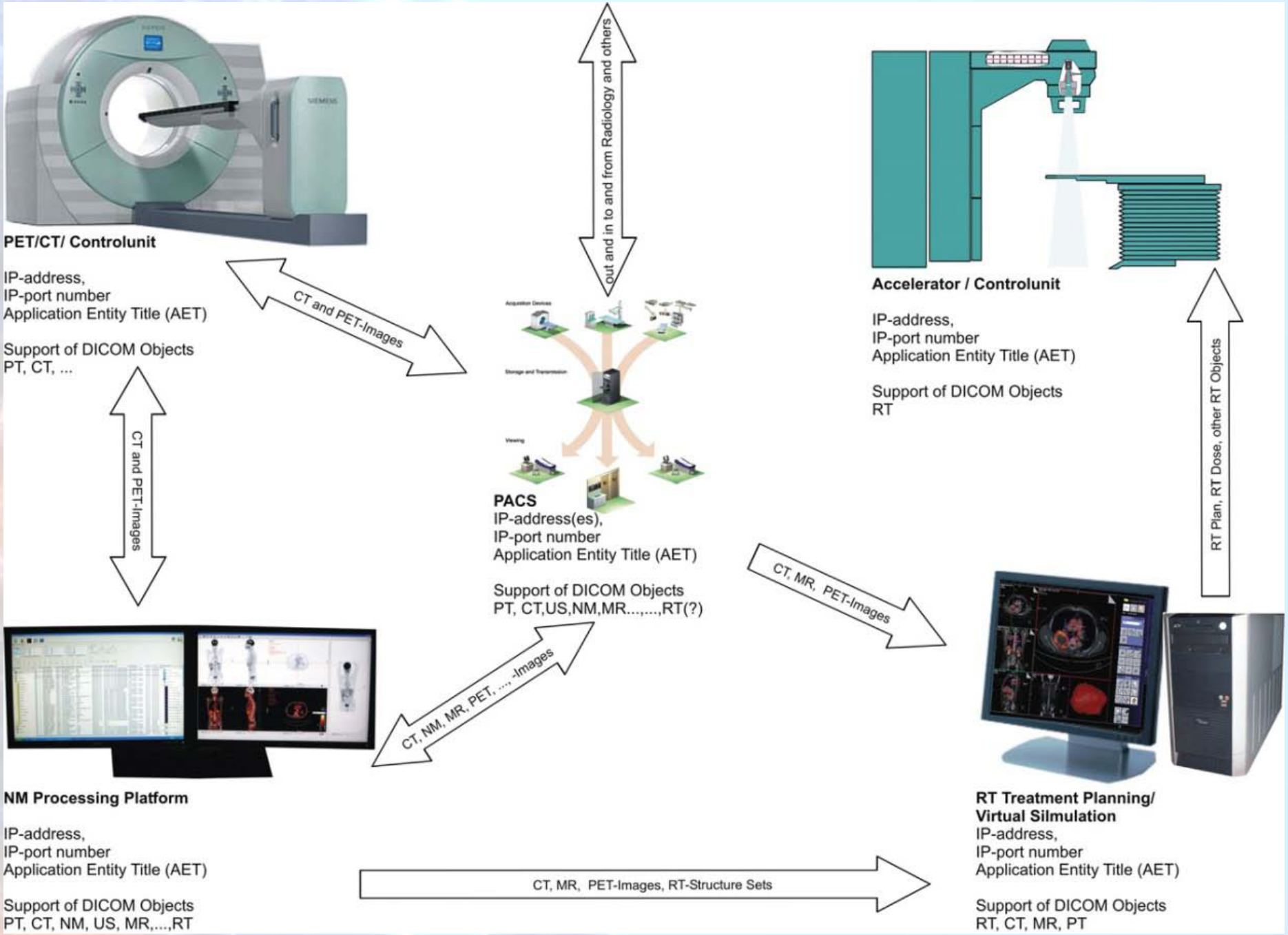
- pozicioniranje pacijenta prilikom provođenja PET/CT-a
  - pozicioniranje mora biti identično kao i u protokolu provođenja radioterapije te se razlikuje od namještaja kod provođenja samostalnog PET/CT-a
  - potrebno je razmotriti mogući nastanak artefakata prilikom očitavanja i planiranja zbog položaja u kojem se pacijent nalazi
  - ako se tetovaže za pozicioniranje pacijenta naprave prije tj. prilikom izrade imobilizacije radi što kraćeg zadržavanja uz pacijenta potreban je iskusan tim
    - ako se označavanje provodi prije PET/CT-a na stolu za snimanje također je potreban iskusan tim radi što kraćeg zadržavanja uz pacijenta i u tom slučaju je potrebno pacijenta zvati na naknadno tetoviranje
  - korištenje vanjskih lasera za namještanje pacijenta (postoje na PET/CT-u)

- trajanje PET/CT-a i reproducibilnost
  - trajanje PET/CT- a je oko 20 minuta što može dovesti do pomicanja pacijenta te se time smanjene reproducibilnosti prilikom radioterapije

- provođenje QA za PET/CT
  - potrebno je usuglasiti QA protokole za PET/CT i radioterapijsko planiranje

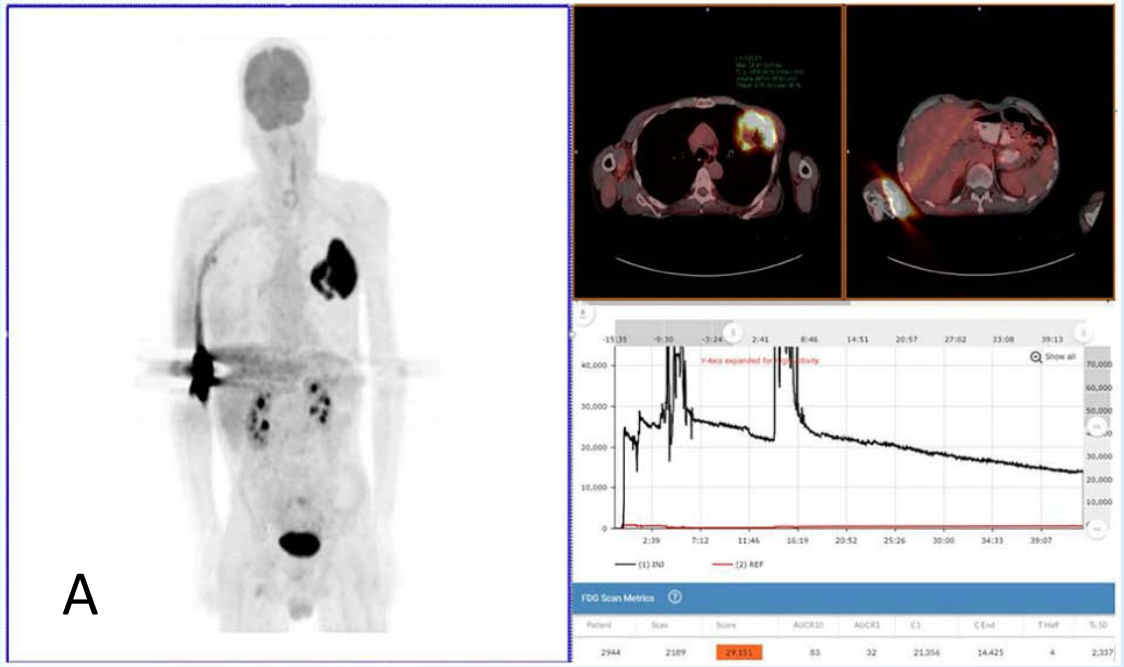
- usklađivanje podataka dobivenih na PET/CT-u u svrhu radioterapiskog planiranja i slanje na radioterapijske platforme

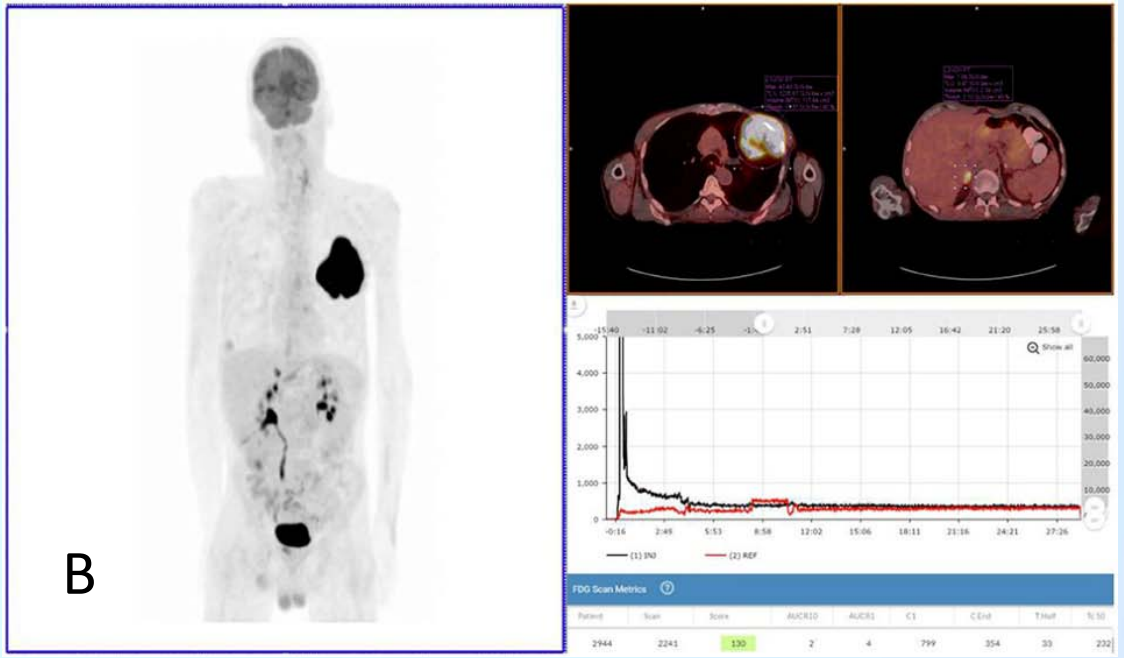
- izrada protokola po kojem bi se radio prijenos podataka


PET/CT/ Controlunit
IP-address,
IP-port number
Application Entity Title (AET)
Support of DICOM Objects
PT, CT, ...
CT and PET-Images
out and in to and from Radiology and others
CT and PET-Images
PACS
IP-address(es),
IP-port number
Application Entity Title (AET)
Support of DICOM Objects
PT, CT,US,NM,MR...,...,RT(?)
Accelerator / Controlunit
IP-address,
IP-port number
Application Entity Title (AET)
Support of DICOM Objects
RT
RT Plan, RT Dose, other RT Objects
CT, MR, PET-Images
CT, NM, MR, PET, ..., -Images
NM Processing Platform
IP-address,
IP-port number
Application Entity Title (AET)
Support of DICOM Objects
PT, CT, NM, US, MR,...,RT
CT, MR, PET-Images, RT-Structure Sets
RT Treatment Planning/
Virtual Silmulation
IP-address,
IP-port number
Application Entity Title (AET)
Support of DICOM Objects
RT, CT, MR, PT

Primjer artefakta kod iniciranja FDG-a

- na slici A vidljiv je artefakt koji se događa kada intravenski put (braunila) nije ispravno postavljen te prilikom injiciranja dolazi do kontaminacije kubitalno što može dovesti do krivog očitanja nalaza
- na slici B vidi se pravilno injiciran FDG





Dozvoljene doze izloženosti radioloških tehnologa

- efektivna doza izloženih djelatnika ne smije u normalnim uvjetima tijekom rada biti veća od 100 mSv u razdoblju od pet uzastopnih godina, uz uvjet da niti u jednoj godini petogodišnjeg razdoblja efektivna doza ne smije biti veća od 50 mSv,
- ekvivalentna doza za očne leće izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima rada biti veća od 150 mSv u jednoj godini
- ekvivalentna doza za podlaktice, šake, stopala ili kožu izloženih radnika ne smije u normalnim uvjetima rada biti veća od 500 mSv u jednoj godini

Prikaz izloženosti s obzirom na udaljenost i položaj prema pacijentu

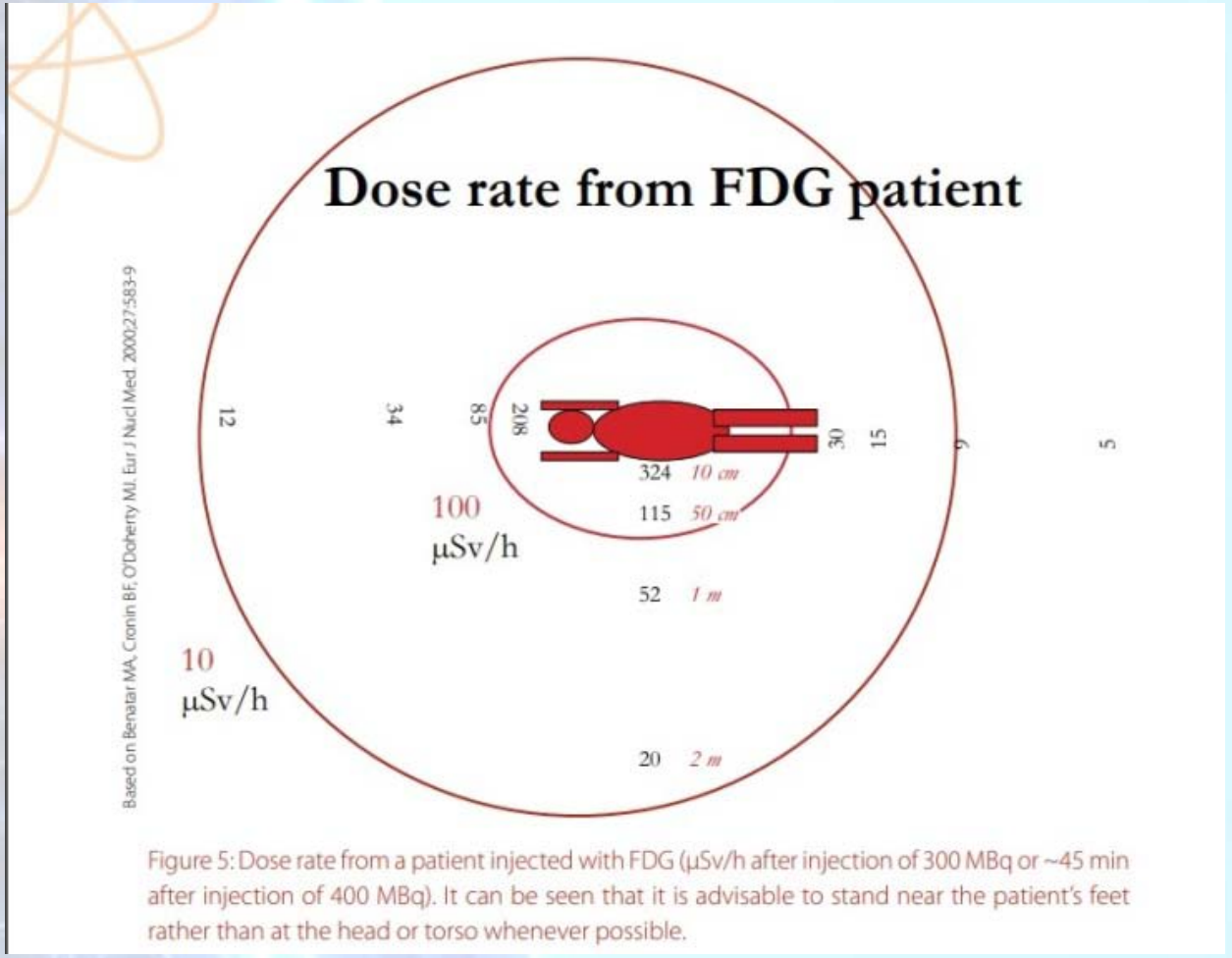


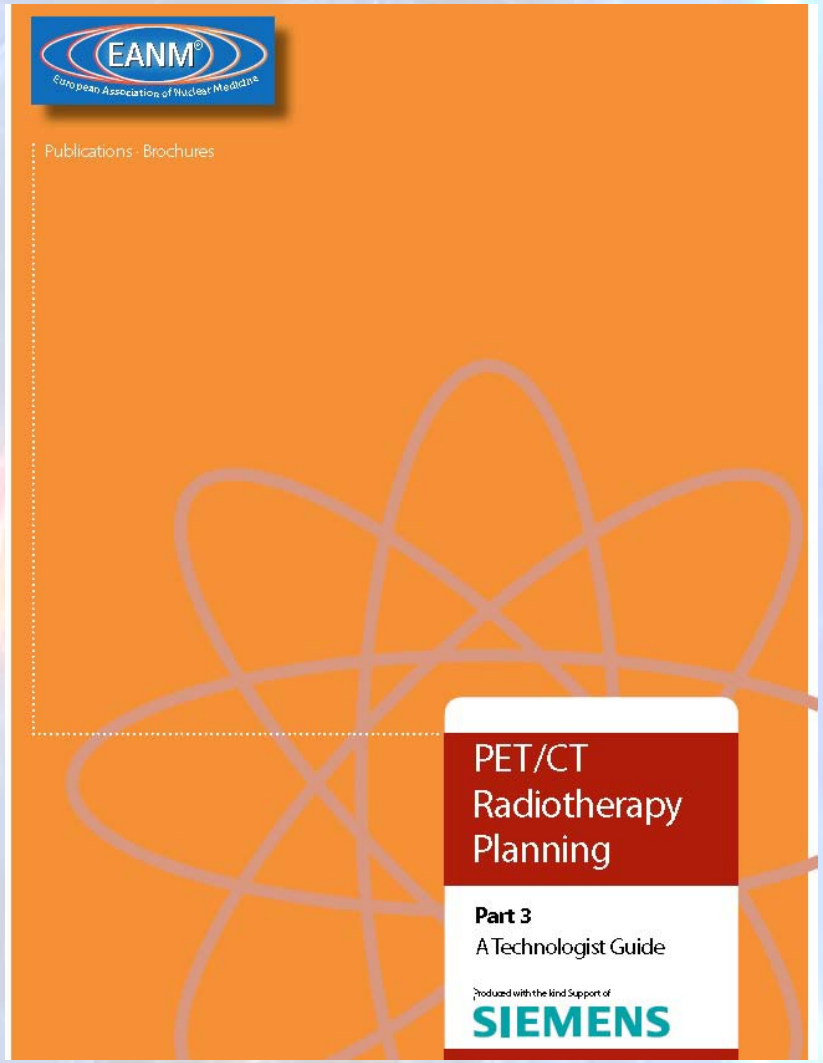
Figure 5: Dose rate from a patient injected with FDG (µSv/h after injection of 300 MBq or ~45 min after injection of 400 MBq). It can be seen that it is advisable to stand near the patient's feet rather than at the head or torso whenever possible.

-prema prikazanoj skici najmanje ozračenje radioloških tehnologa je ako stoje kod nogu pacijenta, a ne kod tijela ili glave

TABLE 1
Mean Setup Time and Estimated Mean Setup Dose

Group	Cancer type	Mean setup time (min:s)	SD (min:s)	Estimated mean setup dose (μSv)	SD (μSv)
Radiation therapists	Lung	5:22	2:11	4.94	3.78
	Head and neck cancer	4:49	1:45	3.93	1.51
Nuclear medicine technologists	Lung	1:58	0:24	3.30	1.28
	Head and neck cancer	2:12	0:38	3.10	1.78

- prema priloženoj tablici vidljivi su odnosi vremena provedenog uz pacijenta kojem je apliciran FDG te primljene doze



Navodi publikacije PET/CT radioterapijsko planiranje – EANM

EANM- Europsko udruženje nuklearne medicine

Fifty percent of patients diagnosed with cancer in the Western world will receive radiotherapy
as part of their treatment [1].
Many patients can be cured by radiotherapy and others will be relieved of the symptoms caused by their malignant disease.
Compared
with surgery, chemotherapy and immunotherapy,
radiotherapy is an inexpensive
treatment method [1].

50 % pacijenata , u zapadnim zemljama, kojima je dijagnosticiran karcinom primiti će radioterapiju kao dio njihovog liječenja.
Mnogi od njih će biti izliječeni, a nekima će biti ublaženi simptomi uzrokovani kancerogenom bolesti.
Uspoređujući sa kirurgijom, kemoterapijom i imunoterapijom radioterapija je jeftina metoda liječenja.

This significant impact may be related to the previous crude definition of a CT-visible lymph node below 1 cm in diameter as non-malignant. PET/CT studies have demonstrated that lymph nodes below 1 cm in diameter can be PET-positive and may contain metastases [3,4].

Ovaj značajan utjecaj može biti povezan s prethodnom definicijom da se vidljivi limfni čvor ispod 1 cm ,u promjeru, smatra nemaligan.
PET/CT studije su pokazale da i limfni čvor manji od 1 cm može biti PET/CT pozitivan i može sadržavati metastaze.

PET is often used to detect distant metastases prior to radiation therapy, and since the presence of distant metastases indicates a need for palliative rather than curative treatment, PET data are often referred to when assessing treatment intent. A review of the current literature found that, “in 10–26% of cases, FDG-PET changed the intent of treatment from radical to palliative, because of the detection of distant metastases or locally advanced tumour, not suitable for radical treatment” .

PET se često koristi za detektiranje metastaza prije radioterapije. Kako postojanje udaljenih metastaza indicira potrebu za palijativnim prije nego radikalnim liječenjem, PET nalazi često se procjenjuju prilikom procjene namjere liječenja.
Pregledom postojeće literature ustanovljeno je da “u 10-26% slučajeva“ FDG-PET je promjenio namjeru terapije iz radikalne u palijativnu zbog detekcije udaljenih metastaza ili lokalno uznapredovalog tumora koji nije prikladan za radikalno liječenje.

3.4 PET/CT-Based Radiotherapy Planning in Brain Malignancies

The most common group of intracranial tumour masses are metastases of peripheral tumours, mostly lung, breast and renal carcinomas and melanomas; such metastases account for approximately 30-40% of all detected cerebral lesions [1]. Brain metastases can be found in ca. 20% of all patients with lung cancer, as well as in 7% of all patients suffering from melanoma or renal cancer and 5% of all patients with breast cancer [2].

Interkranijalne tumorske mase su vrlo često metastaze perifernih tumora najčešće pluća, dojki,renalnih tumora te melanoma. Takve metastaze čine približno 30-40% svih detektiranih cerebralnih lezija. Moždane metastaze se pojavljuju u otprilike 20% pacijenata sa tumorom pluća, 7% pacijenata sa melanomom ili renalnim tumorima te 5% pacijenata sa tumorom dojke.

A PET/CT scan can be considered when the tumour type is known to be FDG avid and metabolic mapping of the disease can provide additional information to that acquired with CT and/or MRI scan. The potential advantages of using a PET scan are: (a) more accurate definition of the primary tumour, (b) detection of non-enlarged but involved lymph nodes and (c) improved conformity in target definition. Together, these benefits can potentially result in increased tumour control and decreased incidental irradiation of healthy tissues, thereby decreasing adverse side-effects.

PET/CT radioterapijsko planiranje se može uzeti u obzir kada je prisutan tip tumora koji je FDG reaktivan te nam metabolički prikaz raširenosti bolesti može pružiti dodatne dijagnostičke informacije u odnosu na CT ili MR dijagnostiku.
Potencijalne prednosti kod PET/CT-a su:

- preciznija definicija primarnog tumora
- otkrivanje neproširenih, ali zahvaćenih limfnih čvorova
- poboljšana preciznost u definiciji ciljanog volumena

Zajedno, ove pogodnosti mogu potencijalno rezultirati povećanom kontrolom tumora i smanjenim slučajnim ozračenjem zdravih tkiva, čime se smanjuju štetne nuspojave.

Hodgkin’s lymphoma This is the most frequent indication for PET/CT radiotherapy planning in children. A baseline staging PET/CT is performed on a flat table top with the patient in the treatment position, followed by a conventional PET scan after two and four cycles of systemic chemotherapy. If additional irradiation is indicated, i.e. when there is continued FDG avidity after two cycles of chemotherapy, a radiotherapy planning PET/CT on a flat table top, again with the patient in the treatment position, is performed. The baseline and the radiotherapy planning scans, including their GTV-PETs, are fused. The final GTV is modified according to shrinkage and FDG avidity of the tumour due to treatment [7].

Hodgkinov limfom je najčešća indikacija za PET / CT planiranje radioterapije u djece. PET / CT se izvodi na ravnoj ploči stola s pacijentom u položaju za planiranje, nakon čega slijedi konvencionalno PET skeniranje nakon dva i četiri ciklusa sistemske kemoterapije. Tada se može nakon fuzije snimaka modificirati volumen zračenja.

In the International Atomic Energy Agency report 2006–2007 experts concluded that RT based on PET-CT can be more accurate compared to RT based on standard CT in these cases:
Imaging of lesions not apparent on CT or MRI, such as unsuspected lymph nodes or distant metastases.
Prevention of irradiation of tissues that don't contain tumor cells, such as atelectasis in the case of lung carcinoma. When chemotherapy is added to RT, response to it can be assessed better with PETCT, than with CT alone.
Development of "response adapted therapy" in which changes to target volumes could potentially be made during a treatment course.

U izvještaju (2006-2007) stručnjaci Internacionalne agencije za atomsku energiju zaključili su da RT bazirana na PET/CT planiranju u odnosu na standardno CT, RT ili MR planiranje ima prednost u slijedećim slučajevima: prikazivanje nesuspektnih limfnih čvorova i udaljenih metastaza koji nisu vidljivi na CT ili MR-u. Prevenciju iradijacije tkiva " koje ne sadrži tumorske stanice " kao npr. atelektaza u slučaju plućnih karcinoma. Kada se RT provodi sa kemoterapijom odgovor na RT se može bolje pratiti pomoću PET/CT-a te se razvitkom " response adapted therapy " potencijalno može mijenjati ciljani volumen u toku same RT.

Hvala Vam na pažnji.