

# Aplikacija radiofarmaka kao čimbenik kvalitete PET/CT studije

---

**Maričić, Mate**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split / Sveučilište u Splitu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:176:536273>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**

*Repository / Repozitorij:*



Sveučilišni odjel zdravstvenih studija  
SVEUČILIŠTE U SPLITU

[Repository of the University Department for Health Studies, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

**Mate Maričić**

**APLIKACIJA RADIOFARMAKA KAO ČIMBENIK  
KVALITETE PET/CT STUDIJE**

**Završni rad**

Split, 2016.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

**Mate Maričić**

**APLIKACIJA RADIOFARMAKA KAO ČIMBENIK  
KVALITETE PET/CT STUDIJE**

**RADIOPHARMACEUTICAL APPLICATION AS A FACTOR  
OF PET/CT STUDY QUALITY**

**Završni rad/Bachelor thesis**

Mentor:

**Darijo Radović, mr.sc., viši predavač**

Split, 2016.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1 Način rada PET/CT uređaja .....	3
1.1.1. [ <sup>18</sup> F] Flordeoksiglukoza .....	4
1.1.2. Upućivanje bolesnika na PET/CT .....	6
1.1.3. Priprema pacijenta i tijek pretrage .....	7
1.1.4. Izloženost zračenju kod dijagnostičkog postupka PET/CT.....	9
2. KVALITETA PET/CT STUDIJE.....	13
2.1 Čimbenici uređaja - rezolucija PET/CT slike .....	13
2.2 Čimbenici pacijenta.....	14
2.3 Čimbenici snimanja.....	14
3. CILJ RADA.....	15
4. IZVORI PODATAKA I METODE .....	16
5. REZULTATI RADA.....	19
6. RASPRAVA.....	23
7. ZAKLJUČAK .....	25
8. SAŽETAK.....	26
9. LITERATURA.....	28
10. ŽIVOTOPIS .....	29

# 1.UVOD

PET/CT je jedna od najsuvremenijih i najosjetljivijih neinvazivnih nuklearnomedicinskih dijagnostičkih metoda današnjice, koja nam kombinacijom PET-a (pozitronske emisijske tomografije), čime se vidi intenzitet nakupljanja glukoze u stanicama, tj. metabolička aktivnost tkiva i organa i CT-a (kompjutorizirane tomografije), koji pokazuje anatomiju, izgled organa, daje istovremeno informacije i o funkciji i o izgledu tkiva i organa u cijelom organizmu. Upravo je to prednost PET/CT-a spram drugih morfoloških pretraga, kod bolesnika s malignim, srčanim i neurološkim oboljenjima. Prednost PET/CT-a je i što se jednim snimanjem u vidnom polju obuhvati i analizira cijelo tijelo, a ne samo pojedini segment, dakle umjesto nekoliko zasebnih pretraga, koje za pacijenta iziskuju značajno dulje vremena te dijagnostiku na više različitih mjesta. To može biti značajan čimbenik obzirom da je za bolesnike važno što prije obaviti pretragu kako bi mogli započeti ili nastaviti s daljnjim liječenjem.

PET/CT se primarno rabi kod bolesnika s različitim malignim oboljenjima, tj. primjenjuje se u dijagnostici maligne bolesti, dijagnostici nepoznatog primarnog tumora, kliničkom praćenju bolesnika, procjeni proširenosti bolesti i učinka liječenja, u prognozi i praćenju tijeka i ishoda bolesti, te odgovora na različite medikamentozne, kirurške ili radioterapijske postupke, nakon završenog liječenja u svrhu otkrivanja ostatne bolesti, otkrivanja recidiva, odnosno povrata bolesti i metastaza, te kao pomoć pri određivanju polja zračenja.

Indikacije za PET/CT su i pojedina neurološka oboljenja, npr. preoperativna obrada medikamentno rezistentne epilepsije, procjena gubitka pamćenja i neuroloških ispada kod bolesnika s demencijom, poglavito u tzv. diferencijalnoj dijagnostici, npr. za razlikovanje Alzheimerove bolesti od drugih oblika demencije, te poremećaji kretanja. PET/CT ima i primjenu u kardiologiji, za procjenu stupnja ishemijske i hibernacijske odnosno vijabilnosti srčanog mišića, te mogućnosti oporavka srčane funkcije, u pacijenata kod kojih su rezultati drugih dijagnostičkih testova nejasni. Koristi se i u dijagnostici vaskulitisa, upalnih promjena velikih krvnih žila, u kontrolnim obradama pacijenata sa aortalnim aneurizmama nakon kirurškog zahvata te kod sumnje na infekciju presatka, i kod febrilnih stanja kojima se unatoč svoj drugoj učinjenoj dijagnostičkoj obradi ne može naći uzrok.

Indikacije za PET/CT su temeljene na znanstvenim činjenicama, tj. na jasno utvrđenim dokazima koji potvrđuju korist pretrage za bolesnike glede procjene stadija i stupnja proširenosti bolesti, a time onda i mogućnosti primjene najadekvatnijeg oblika liječenja te poboljšanja prognoze, ishoda same bolesti.

PET/CT nalaz se analizira vizualno i kvantitativno, tj. intenzitet nakupljanja radiofarmaka u tkivima se može i izračunati te prikazati brojčano, što značajno povećava objektivnost pretrage, te omogućuje usporedbu nalaza napravljenih u različito vrijeme kod istog bolesnika, čime se može pratiti učinak liječenja.

Da bi ova vrlo zahtjevna, ali i vrlo korisna pretraga mogla objektivno analizirati i interpretirati, potrebno je voditi računa o brojnim čimbenicima koji utječu na kvalitetu studije, o čemu skrbe svi članovi tima koji sudjeluju u ovoj pretrazi. Aplikacija radiofarmaka je jedan od tih čimbenika. (2)



Slika 1. Primjer kombiniranog PET/CT uređaja. Izvor: Poliklinika Medikol Zagreb

## 1.1 Način rada PET/CT uređaja

Pozitronski emiteri kao što je kratkoživi izotop fluora-18 ( $^{18}\text{F}$ ) raspadaju se emitiranjem pozitrona koji je nestabilan i vrlo brzo reagira s elektronom, a u toj reakciji emitiraju se dvije  $\gamma$ -zrake, odnosno dva fotona energije od 511 keV-a i to pod kutom od  $180^\circ$ . Stoga je za snimanje pozitronskih emitera potrebna minimalno "dvoglava" gama kamera nasuprotno postavljenih glava koje u istom trenutku registriraju energije dvaju  $\gamma$  fotona, tzv. "koincidentna gama kamera". Prava PET kamera je ustvari niz nasuprotnih "parova glava" u prstenu čime se postiže značajno bolja efikasnost detekcije odnosno osjetljivost pretrage.

Najčešće korišteni pozitronski emiter je flor 18 ( $^{18}\text{F}$ ). Osim njega još se koriste izotopi kisika, ugljika i dušika (O,C,N) no zbog kratkog vremena poluraspada nisu primjenjivi u rutinskom radu. Radiofarmak je spoj radioaktivnog izotopa i nekog spoja koji je karakterističan za određeni metabolički put.

Najčešće korišteni radiofarmak u PET/CT dijagnostici malignih bolesti je  $^{18}\text{F}$  FDG.

Ostali korišteni radiofarmaci su:

- Indikator metaboličkih promjena u kostima:  $^{18}\text{F}$ -Florid
- Indikatori sinteze DNA:  $^{18}\text{F}$ -Flortimidin,  $^{11}\text{C}$ -timidin
- Indikatori sinteze membranskih lipida:  $^{18}\text{F}$ -FCH (Florkolin),  $^{18}\text{F}$ -Acetat
- Indikatori sinteze proteina i transportera aminokiselina:  $^{18}\text{F}$ -FET (flor-etil-tirozin)
- $^{18}\text{F}$ -FMT (flor-metil-tirozin),  $^{18}\text{F}$ -FDOPA (dihidroksi-flor-fenilalanin).

Prednost flora u odnosu na druge pozitronske emitere je njegovo dulje vrijeme poluživota čime su omogućeni kompliciraniji radiokemijski postupci prilikom pripreme radiofarmaka, te dostave radioizotopa iz ciklotrona do određene klinike ili PET/CT centra.

### 1.1.1. [<sup>18</sup>F] Flordeoksiglukoza

Flordeoksiglukoza (FDG) je analog glukoze, koja se akumulira u svim stanicama koje koriste glukoze kao primarni izvor energije. [<sup>18</sup>F] flordeoksiglukoza se akumulira u tumorima s povećanim prometom glukoze. Nakon intravenske primjene, farmakokinetički profil [<sup>18</sup>F] flordeoksiglukoze u vaskularnom odjeljku je bieksponencijalan. Vrijeme distribucije je 1 minuta, a vrijeme eliminacije oko 12 minuta.

Stanično nakupljanje [<sup>18</sup>F] flordeoksiglukoze ovisno je o tkivno-specifičnom nosaču, koji su dijelom inzulin-ovisni, zbog čega mogu biti pod utjecajem unosa hrane, prehrambenih uvjeta te promijenjeni zbog dijabetesa melitusa. U bolesnika koji boluju od dijabetesa dolazi do smanjenog nakupljanja [<sup>18</sup>F] flordeoksiglukoze u stanicama, kao posljedica izmijenjene tkivne distribucije i metabolizma glukoze.

[<sup>18</sup>F] flordeoksiglukoza transportira se putem stanične membrane na sličan način kao i glukoza, ali prolazi samo prvu fazu glikolize, rezultirajući u formaciji [<sup>18</sup>F] flordeoksiglukoza-6-fosfata, koji ostaje uhvaćen unutar tumorskih stanica bez daljnjeg metabolizma. Budući da je defosforilazacija pod utjecajem intracelularnih fosfataza spor proces, [<sup>18</sup>F] flordeoksiglukoza-6-fosfat ostaje u tkivu kroz nekoliko sati (mehanizam hvatanja).

Kod zdravih osoba [<sup>18</sup>F] flordeoksiglukoza se opsežno distribuira u cijelom tijelu, posebno u mozgu, srcu, a u manjoj mjeri u plućima i jetri.

Eliminacija [<sup>18</sup>F] flordeoksiglukoze je prvenstveno putem bubrega, a 20 % aktivnosti se izlučuje urinom tijekom 2 sata nakon injektiranja.

Otpribliže 3 % administrativne doze nakuplja se u miokardu unutar 50 minuta. Distribucija flordeoksiglukoze u zdravom srcu je uglavnom homogena, međutim, regionalne razlike do 15 % opisane su za područje interventrikularnog septuma. Za vrijeme i nakon reverzibilne miokardne ishemije, dolazi do povišenog nakupljanja glukoze u stanicama miokarda. U stanicama gušterače nakuplja se 0,3 %, a u plućima 0,9 - 2,4 % primijenjene doze.



Flordeoksiglukoza se također u manjoj mjeri veže na vanjske očne mišiće, ždrijelo, crijeva i koštanu srž. Vezanje na mišiće može se uočiti nakon napora, neposredno prije i kod rada mišića tijekom pretrage. (2)

Radiofarmak koji se primjenjuje u PET/CT dijagnostičkom postupku, najčešće se injicira intravenski, obično nakon kraćeg mirovanja, a ukoliko se primjenjuje  $^{18}\text{F}$ -FDG, preduvjet je dobra hidracija i normalna vrijednost glukoze u krvi. FDG je analog glukoze te ulazi u stanicu uz pomoć transportnih proteina. (Glut-1 do Glut-4) U stanici se uz pomoć enzima hexokinazefosforizira i nastaje 2-FDG-6-fosfat, spoj koji se dalje ne metabolizira, nego se nakuplja u stanici. Tumorske stanice imaju izraženu ekspresiju glukoza-transportera, obično inzulin-neovisnih (Glut-1 i Glut-3) te istovremeno ubranu fosforizaciju i sniženu razinu enzima koji razgrađuje 2-FDG-6-fosfat. Ove tri činjenice dovode do pojačane akumulacije FDG-a u tumorskim stanicama. Prije snimanja PET-studije injicira se određena količina radiofarmaka koja se određuje prema dobi i težini bolesnika, a najčešće vrijednosti su od 180 do 370 MBq. Bolesnik nakon davanja radiofarmaka mora mirovati, a snimanje se vrši nakon 45 - 60 minuta i traje oko 10 - 15 minuta za cijelo tijelo.

PET/CT snimanje se može vršiti na sljedeći način:

1. PET cijelog tijela sa istovremenim snimanjem niskodoznog CT-a cijelog tijela, tzv. niskodozni CT radi korekcije atenuacije PET snimke i točne anatomske lokalizacije lezije;
2. PET određene regije tijela (npr. mozak, srce) s istovremenim snimanjem niskodoznog CT-a navedenog dijela tijela radi korekcije atenuacije PET snimke i točne anatomske lokalizacije lezije;
3. Dodatno se u slučaju kliničke indikacije ili zahtjeva specijaliste koji upućuje bolesnika na PET/CT uz niskodozni CT može izvršiti i dijagnostički CT s intravenskim kontrastom.

Analiza digitalnih podataka dobivenih snimanjem zahtijeva računalnu jedinicu povezanu sa PET-kamerom. Osim slikovnog prikaza raspodjele FDG-a potrošnja glukoze u određenoj regiji može se kvantificirati te usporediti sa ostalim dijelovima organizma.

Uzimajući u obzir težinu, visinu i površinu tijela pacijenta te dozu radiofarmaka uz određene fizikalne faktore korekcije, izračunava se metabolička aktivnost pojedine regije, a

izražava se u tzv. SUV indeksima (eng. *Standardised Uptake Values*). SUV indeksi se standardno izvještavaju u nalazu, a osobito su značajni za praćenje bolesti. (6)

### **1.1.2. Upućivanje bolesnika na PET/CT**

Bolesnike na dijagnostički postupak PET/CT mogu uputiti liječnici različitih specijalnosti: onkolozi, pulmolozi, ginekolozi, dermatovenerolozi, hematolozi, gastroenterolozi, endokrinolozi, kardiolozi, pedijatri, otorinolaringolozi, urolozi, neurolozi, odnosno liječnici specijalisti koji se bave bolestima za koje su kliničke indikacije za PET/CT dokazano učinkovite. U zahtjevu za PET/CT dijagnostički postupak je potrebno navesti određene kliničke podatke kako bi se mogao izvršiti potreban dijagnostički protokol i pravilno interpretirati nalaz:

- uputna dijagnoza,
- kliničko pitanje na koje se očekuje odgovor od PET/CT pretrage,
- protokol snimanja (PET/niskodozni CT ili PET/niskodozni CT s dodatnim dijagnostičkim CT-om)
- prethodno učinjeni dijagnostički postupci (CT, MR ili PET snimanja),
- provedeni terapijski postupci,
- ostale bolesti radi kojih se liječi bolesnik (posebice šećerna bolest).

Klinički podaci o bolesniku važni su za točnu interpretaciju nalaza, a s time iza reduciranje broja potencijalno lažno pozitivnih ili lažno negativnih nalaza. Najčešći uzroci lažno pozitivnog nalaza FDG-PET/CT-a su: fiziološki metabolizam u slinovnicama, smeđem masnom tkivu, timusu, mišićima, osobito kod hiperinzulinemije, neki upalni procesi kao što su postkirurške i postradijacijske upale, granulomatozne upalne bolesti (sarkoidoza, tuberkuloza), gljivične infekcije, upalne bolesti crijeva, jednjaka i gušterače, benigni tumori (adenomi hipofize, štitnjače, ovarija) polipi crijeva, aneurizmatička koštana cista, Gravesova bolest, hiperplazija koštane srži uslijed kemoterapije, anemije te mogući artefakti kod snimanja.

Najčešći lažno negativni nalazi FDG-PET/CT-a su posljedica: male veličine tumora (ispod 0,5 - 1cm), tumorske nekroze, hiperglikemije ili hiperinzulinemije, mucinoznih ili visoko diferenciranih neuroendokrinih i pojedinih histoloških tipova tumora, koji imaju slab afinitet za glukozu, te osteoblastičnih koštanih metastaza.

Liječnik specijalist nuklearne medicine dužan je imati uvid u kliničke podatke o bolesniku temeljem čega se utvrđuje da je navedeni postupak opravdan (klinička indikacija) te koji je radiofarmak prikladan obzirom na uputnu dijagnozu kao i vrijeme kada je optimalno izvršiti navedeno snimanje u odnosu na podatke o do tada učinjenim terapijskim postupcima. (6)

### **1.1.3. Priprema pacijenta i tijek pretrage**

Prije same pretrage pacijent je dužan dostaviti svoje podatke te svu potrebnu dokumentaciju. Na dan pretrage obavezna je provjera svih pacijentovih podataka. To se osobito odnosi na njegovu visinu, težinu prema kojima se onda određuje točna doza apliciranog radiofarmaka. Uz visinu i težinu pacijentu se na dan pretrage određuje i količina šećera u krvi. Pomnim planiranjem radnog dana liječnik i radiološki tehnolog određuju dozu radiofarmaka za pojedinog pacijenta i planiraju dnevni plan rada ovisno o dobivenoj (naručenoj) dozi radiofarmaka i broju pacijenata te vrsti dijagnostičkih protokola. Upravo takva organizacija i način rada ključ su u realizaciji uspješne PET/CT pretrage.

Pacijent se još jednom prije same pretrage konzultira sa doktorom koji dodatno provjera medicinsku dokumentaciju i njegovo zdravstveno stanje te odlučuje o vrsti i protokolu pretrage.

Radiološki tehnolog ili medicinska sestra dužni su pacijentu objasniti ukratko način pretrage te najvažnije od svega njegovo ponašanje od početka do kraja pregleda.

U pripremi pacijenta uz uzimanje potrebnih podataka, mjerenja GUK-a (glukoze u krvi), visine i težine potrebno je uspostaviti venski put - postaviti intravensku kanilu (braunilu).

Pacijentu se preporuča slijediti i sljedeće upute: mirovati tijekom faze nakupljanja radiofarmaka (ne govoriti, šetati, osim po potrebi u WC), bilo kakve upite ili pitanja postaviti prije same aplikacije te ga pripremiti na čekanje i na kasniji poziv i snimanje. Svi prikupljeni podaci upisuju se u pacijentovu dokumentaciju prerage, a parametri potrebni za obradu podataka i stvaranje slike (visina, težina, doza, GUK) i u računalo.

U vrućem (eng. *hot*) laboratoriju se u špricu navuče planirana doza radiofarmaka, te se ista aplicira.

Aplikacija radiofarmaka se vrši na posebnom i odvojenom mjestu iza zaštitnog paravana te uz strogu kontrolu kontaminacije prostora ili osoblja. Po završetku aplikacije izmjeri se ostatak doze u šprici, te se zapiše injicirana doza.

Nakon faze nakupljanja radiofarmaka, koja u slučaju  $^{18}\text{F}$  FDG iznosi 45- 60 minuta, slijedi snimanjem topograma regije interesa. U nastavku pretrage planira se protokol snimanja s regijama interesa. Potom slijedi tzv. niskodozni CT, zatim PET akvizicija, te po potrebi dijagnostički (kontrastni) MSCT određenih regija. Nakon kraja snimanja radi se rekonstrukcija i analiza dobivenih podataka. Prije otpuštanja pacijenta učini se orijentacijska provjera dobivene slike, konzultira liječnik radi provjere potrebe za ponavljanjem ili dodatnim oslikavanjem pojedinih regijate se prije otpuštanja još jednom pacijenta upozorava o važnosti smanjenog kontakta s ostalom populacijom posebice trudnicama.



Slike 2 i 3. Postavljanje pacijenta u primjereni položaj za snimanje.

Izvor Poliklinika Medikol Split

Red. Br.	PACIJENT	Kg	PROT.	DOZA		VRIJEME		NAPOMENA
				PLAN	INIC	INIC	UPT	
1	92	106	PET	7	7.2	09:40		
2	(K)	92	PET	6	6.1	10:00		
3		<del>79</del> 83	Doga WB	6.5	6.5	10:20		
4		<del>58</del> 83	PET	6	6.4	10:55		
5		78	PET	6	6.0	11:20		
6		<del>88</del>	PET	6.5	6.2	11:40		
7	(K)	98		7		12:00		- KONT 26
8	15	80		6.5				
9	(K)	82		6.5				

Slika 4. Plan dnevnog rada s podacima važnim za PET/CT pretragu. Izvor: Poliklinika Medikol Split

#### 1.1.4. Izloženost zračenju kod dijagnostičkog postupka PET/CT

Izloženost zračenju bolesnika koji su upućeni na dijagnostički postupak PET/CT je dijelom uzrokovana primjenom radioaktivnih tvari, a dijelom CT pretragom. Ekspozicijska doza koju bolesnik primi kod PET-a obično se računa na cijelo tijelo, a može se procijeniti i po pojedinim organskim sustavima. Ukupna doza ovisi o dozi radiofarmaka koja se daje intravenski. Važno je istaknuti da je kod novijih PET/CT skenera doza radiofarmaka koju je potrebno dati dvostruko ili trostruko manja, a to znači da je i radijacijska doza po pretrazi također manja. Ozračenje bolesnika tijekom pretrage značajno je manje uz primjenu suvremenih PET/CT kamera.

Procjene za ekspozicijske doze kod pretraga sa intravenski primijenjenim radiofarmacima izračunate su na eksperimentalnim modelima. Kod tih kalkulacija uzima se u obzir vrsta radiofarmaka, ukupno primijenjena doza, ali i vremensko zadržavanje u tijelu, odnosno u pojedinom organskom sustavu jer svi ti parametri utječu na zračenje kod bolesnika.

Za praktičnu primjenu ekspozicijska doza može se procijeniti pomoću formule gdje se ukupna aktivnost injiciranog radiofarmaka (u Becquerelima) množi sa faktorom 0,02 i dobije ukupna ekspozicijska doza po organizmu (0,02 mSv/MBq). Prosječne doze aktivnosti radiofarmaka koje se primjenjuju kod novijih PET/CT uređaja, su oko 150 - 300 MBq što znači da ukupno ozračenje iznosi oko 3 - 7 mSv po pretrazi. U dječjoj populaciji težinski faktor zračenja je veći i iznosi 0,05, ali su doze radiofarmaka koje se primjenjuju manje jer se uzima u obzir tjelesna težina bolesnika, tako da ukupne ekspozicijske doze kod djece kod PET pretrage iznose oko 4 - 8 mSv.

U nuklearnoj medicini općenito, pa tako i u PET dijagnostičkim postupcima, specifično je da se za pojedine organske sustave ekspozicijska doza može značajno razlikovati jer ovisi i o fiziološkoj akumulaciji RF u pojedinim tkivima i organima. Na fiziološku raspodjelu utječe vrsta radiofarmaka koja se primjenjuje pa se stoga za svaki pojedini RF posebno računa, primjerice FDG (flor-deoksiglukoza) se fiziološki pojačano nakuplja u srčanom mišiću, mokraćnom mjehuru i mozgu, dok se npr. FCH (flor- kolin) fiziološki pojačano nakuplja u jetri, gušterači i bubrezima pa su zato navedeni organi najviše izloženi zračenju. Uz PET prikaz uvijek se snima i niskodozni CT koji dodatno doprinosi ozračenju od oko 1 mSv, a to znači da ukupna ekspozicijska doza zračenja kod odraslih bolesnika iznosi od 5 do 8 mSv po PET/CT pretrazi.

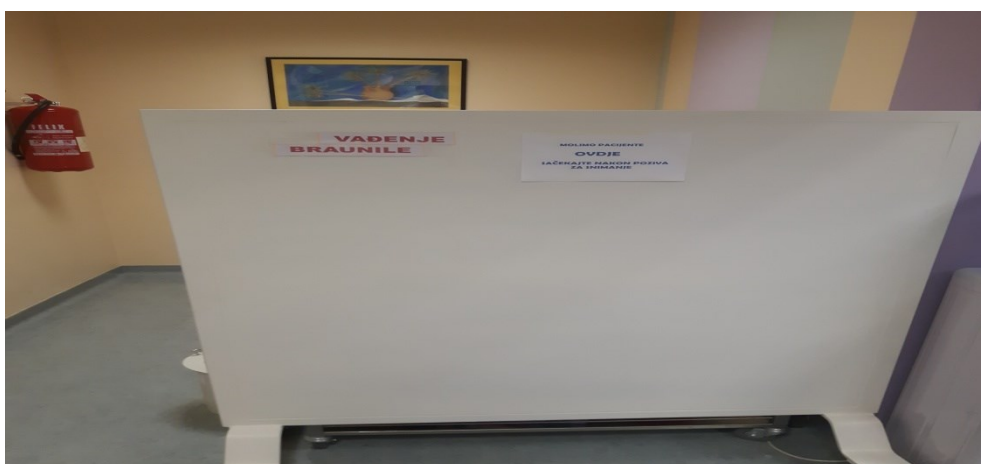
Ukoliko to usporedimo s okolinskim zračenjem kojim godišnje primimo iz prirodnih izvora oko 1 do 4 mSv, možemo zaključiti da ekspozicijske doze kod PET/CT pretrage ne predstavljaju značajnu potencijalnu opasnost za zdravlje bolesnika. Kada se uz PET/niskodozni CT radi i dijagnostički CT sa intravenskim kontrastom, potrebno je napomenuti da su tada ekspozicijske doze značajno veće i da iznose do oko 25 mSv, a što također ovisi o vrsti uređaja i protokolu snimanja. Stoga je kod svih bolesnika važan pravilan odabir PET/CT protokola koji se mora za svakog bolesnika vrlo pomno odabrati, posebice u bolesnika mlade životne dobi. (6)



Slika 5. Pacijenti u posebno odvojenoj prostoriji prilikom mirovanja za vrijeme faze nakupljanja radiofarmaka. Videonadzorna snimka. Izvor: Poliklinika Medikol Split.



Slika 6. Odvojena prostorija za potrebe injiciranja radiofarmaka. Izvor: Poliklinika Medikol Split.



Slika 7. Zaštitni paravan na mjestu namijenjenom za vađenje braunile. Izvor: Poliklinika Medikol Split.



Slika 8. Olovni spremnik u kojem se vrši transport radiofarmaka. Izvor: Poliklinika Medikol Split



Slika 9. Vrući (*eng.hot*) laboratorij. Priprema radiofarmaka. Izvor Poliklinika Medikol Split



## 2. KVALITETA PET/CT STUDIJE

Brojni su čimbenici koji utječu na kvalitetu studije. Uz karakteristike uređaja, koji određuju njegovu rezoluciju, važni su čimbenici studije: protokol (broj i trajanje PET frame-a, CT parametri), namještaj pacijenta, doza radiofarmaka. Na kvalitetu studije utječu i čimbenici od strane pacijenta: konstitucija - BMI (eng. *Body Mass Index*), te razina šećera u krvi.

### 2.1 Čimbenici uređaja - rezolucija PET/CT slike

Rezolucija PET/CT slike ovisi o veličini i broju detektora; praktično ograničenje je mogućnost proizvodnje što manjeg detektora. Najefikasnije rješenje je tzv. blok detektora, tj. više sitnih detektora u bloku, a isti su postavljeni u više prstena u nizu. Veći broj manjih detektora vodi k boljoj rezoluciji, a danas su mogući blokovi od 64 pa čak do 152 detektora. Interakcija između prstena povećava efikasnost i osjetljivost. Rezultat je odlična rezolucija i osjetljivost, ali uz visoku cijenu zbog većeg broja detektora. Kvalitetni detektori imaju kristal koji daje veću valnu duljinu svjetla i ima kraće trajanje scintilacije. Upotrebom kristala s većom efikasnošću i bržih računala omogućena je bolja energetska i vremenska rezolucija, moguće je uklanjanje olovnih septa- 3D PET sistemi. U 3D sistemima nema kolimacije pa je i veći broj registriranih fotona, veći je okolinski šum tzv. random i scatter frakcije koje formiraju lažne linije odgovora). Isti se mogu smanjiti npr. sužavanjem vremenskog prozora (skraćivanjem vremenskog intervala koregistracije) smanjuje se random frakcija, ali i smanjuje osjetljivost. Ta i druga tehnološka poboljšanja omogućila su rezoluciju modernih PET uređaja-a od oko 5 mm.

Osim karakteristikama detektora kvalitetu slike možemo poboljšati i određenim postupcima kao što su:

1. **korekcija atenuacije** (CT transmisijski scan (niskodozni CT) za atenuaciju i kao anatomske marker).
2. **„time of flight“ tehnologija** (mjenjenjem vremenske razlike u detekciji pojedinog fotona jednog anihilacijskog para (na jednom pravcu odgovora). Što je veća razlika u detekciji mjesto anihilacije je udaljenije od centra i obrnuto.)
3. **„respiracijski gating“** (Ispravljanje respiracijskih artefakata. Na osnovu CT-om izmjerenog opsega i smjera respiracijskih gibanja napravi se korekcija). (1)

## **2.2 Čimbenici pacijenta**

Kod pacijenata jače tjelesne konstitucije kvaliteta slike je slabija u odnosu na pacijente normalne tjelesne konstitucije te je potrebno dodatno poboljšati kvalitetu slike što je moguće povećavanjem aplicirane doze ili produljenjem vremena akvizicije. (13)

Preporučuje se koristiti dulje vrijeme akvizicije kako se ne bi povećavalo radijacijsko opterećenje pacijenta. Povišena razina glukoze u krvi negativno utječe na kvalitetu slike odnosno smanjuje osjetljivost pretrage jer je manje nakupljanje (18F) FDG-a stanici. Prihvatljiva je razina GUK-a do 11 mmol/l. Pacijenti koji su dijabetičari na inzulinu dobiju posebne upute za pripremu za pretragu.

## **2.3 Čimbenici snimanja**

Primjereni položaj pacijenta za vrijeme snimanja jako je važan jer se time izbjegavaju mogući artefakti uzrokovani micanjem pacijenta ili neadekvatnim položajem tijela, prvenstveno ruku.

Veća injicirana doza bi omogućila kvalitetniju sliku ali, za injiciranu dozu je poželjno da je što manja (ALARA princip), ali da je "dobro iskorištena".

Ako imamo problema s injiciranjem ili dio doze ostane na mjestu injiciranja to smanjuje kvalitetu slike.

### **3. CILJ RADA**

U cilju procjene utjecaja aplikacije radiofarmaka na kvalitetu PET/CT studije istražili smo:

- 1. Učestalost ostatne aktivnosti na mjestu injiciranja radiofarmaka**
- 2. Kako veličina ostatne aktivnosti na mjestu injiciranja utječe na kvalitetu slike?**
- 3. Analizirati mogućnosti za smanjivanje ostatne aktivnosti u cilju poboljšanja kvalitete PET/CT studije**

## 4. IZVORI PODATAKA I METODE

Istraživanje je napravljeno u Poliklinici Medikol u Splitu. Retrospektivno su uzeti PET/CT podatci pacijenata iz PET/CT centra, koji su rađeni na uređaju Phillips Gemini 64. Za analizu ovog istraživanja koristili su se njihovi podatci o dijagnozi, visini, masi, razini glukoze u krvi, primljenoj dozi FDG-a te vremenu nakupljanja (eng. *uptake*) FDG-a. Također su zabilježeni podatci koji nam daju informacije o tjelesnoj konstituciji pacijenta: tjelesna težina te BMI koji se računao prema standardnoj formuli koja se temelji na odnosu tjelesne težine i visine osobe. Svi pacijenti su bili pacijenti s onkološkom dijagnozom te su snimani prema standardnom protokolu centra Medikol. Po tom protokolu pojedinačna doza radiofarmaka se računala po metodi:

$$\text{Doza radiofarmaka (u mCi)} = \text{tjelesna masa (kg)} \times 0.1.$$

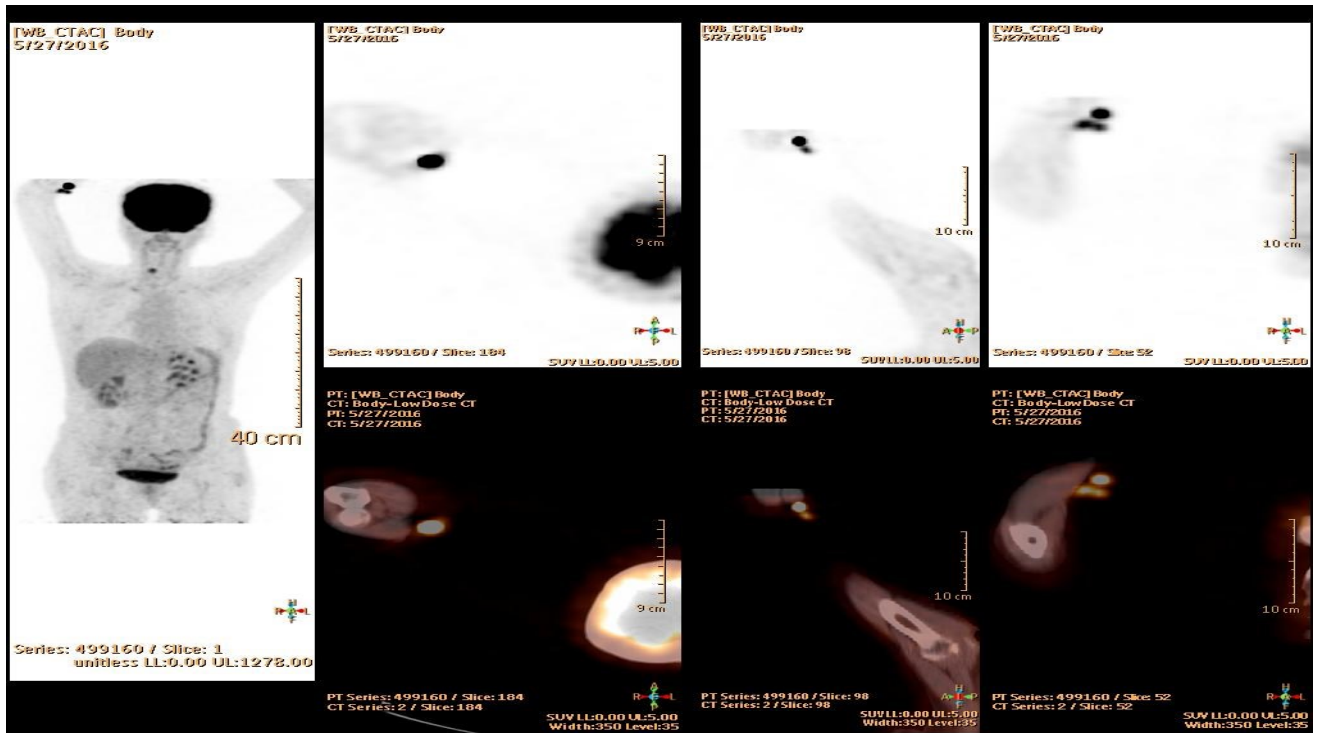
Aplicirana doza, ona koja se injicira pacijentu različita je od izračunate doze zbog nekoliko razloga. Obzirom da se doza radiofarmaka za pojedinog pacijenta u *hot* laboratoriju navlači iz bočice u kojoj je radiofarmak za snimanje svih pacijenata u jednoj smjeni, može doći do manjeg odstupanja od određene i automatski navučene doze. Prihvatljive su vrijednosti unutar  $\pm 10\%$  od preporučene doze. PET/CT snimanja rađena su prema standardnom protokolu za onkološke pacijente.

Kvaliteta slike procijenjena je na osnovi SNR indeksa (engl. *signal-to-noise ratio*; odnos signala i šuma) jetre koja je jedini organ u ljudskom tijelu koja ima relativno homogeni *uptake* FDG-a.

Prema de Grote et al. (2013.) odnos signala i šuma (SNR) je definiran kao odnos srednje vrijednosti registriranih događaja (engl. "counts"-skr.cts) i SD u regiji interesa. (15)

$$SD = \frac{\text{mean cts}}{SD}$$

Snimka s nehomogenim uptake-om, uzrokovanim metastazama u jetri isključeni su iz ove studije. Ostatak na mjestu injiciranja procijenjen je pomoću indeksa ostatne aktivnosti (OA) kojeg smo izračunali na osnovi veličine regije ostatka i SUV vrijednosti u toj regiji.



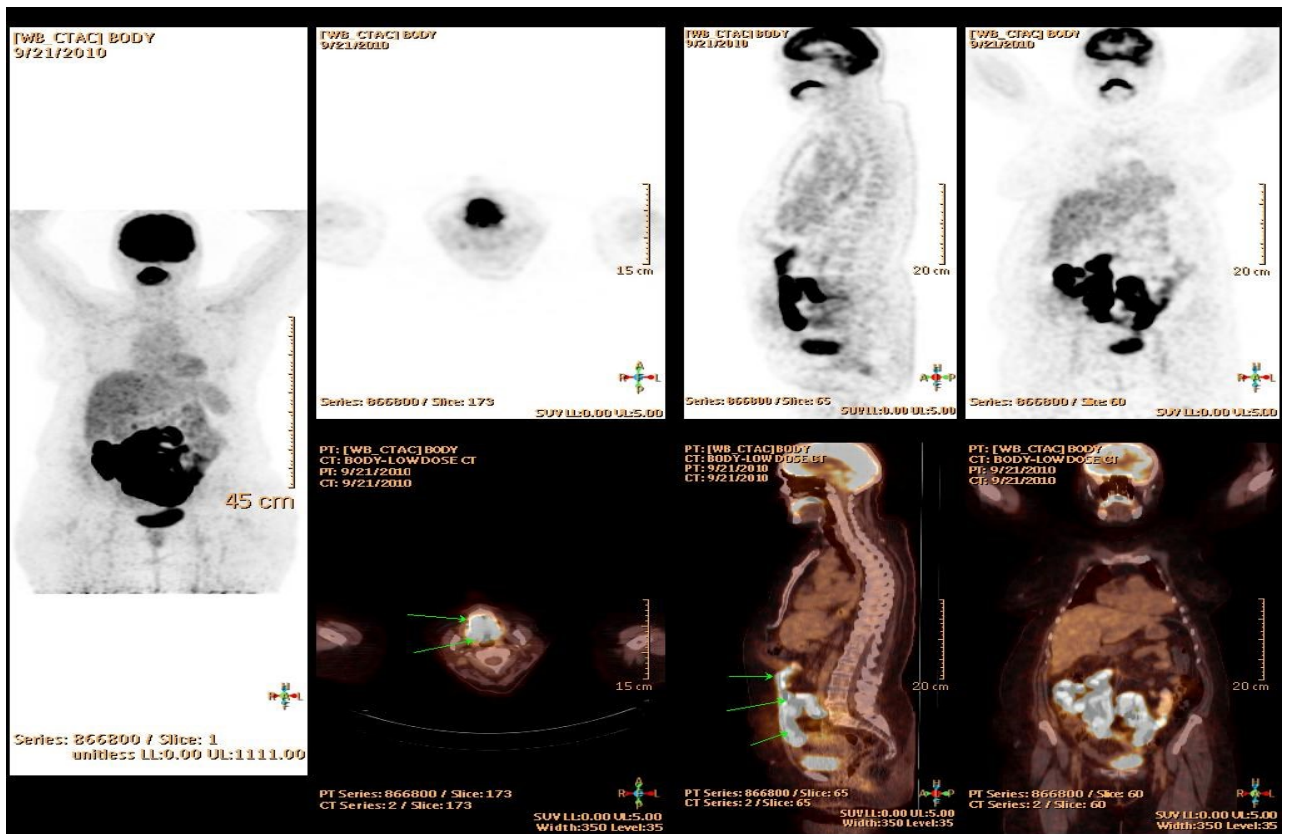
Slika 10. Pacijent s malim ostatkom doze u braunili



Slika 11. Pacijent s malim ostatkom u braunili



Slika 12. Pacijent s malim paravenskim ostatkom



Slika 13. Peroralna aplikacija radiofarmaka

## 5. REZULTATI RADA

U razdoblju od dva tjedna snimljen je 71 pacijent. U ispitivanje smo uključili njih 50 kod kojih je radiofarmak injiciran u desnu ili lijevu kubitalnu venu. Isključili smo pacijente kod kojih je braunila postavljena u neku od vena šake ili zapešća jer se taj dio tijela ne nalazi u polju skeniranja pacijenta pa nismo mogli procijeniti ostatnu aktivnost.

Od ukupnog broja ispitanika bilo je 28 muškaraca i 22 žene, prosječne dobi od 60 godina. Prosječna visina pacijenata je 1,75m. Prosječna težina pacijenata iznosi 80 kg, dok je najveća zabilježena 120 kg, a najmanja 56 kg. BMI pacijenata je iznosio u prosjeku 26. Najveći BMI iznosi 41, a najmanji 17. Razina GUK-a kod svih ispitanika je bila u dozvoljenim vrijednostima, kreatala se u prosjeku od 4,1 – 10,6 mmol/l. Vrijeme nakupljanja radiofarmaka ili „Uptake time“ prije početka snimanja u prosjeku je iznosio 56 min.

U prosjeku je injicirana doza iznosila 6,4 mCi, te je oscilirala oko te vrijednosti na način da je kod mršavijih i konstitucijski manjih pacijenata bila manja dok je kod pacijenata s većom težinom i većim BMI ona bila nešto veća. Najmanje zabilježena je iznosila 5 mCi, a najveća 8,2 mCi.

Ostatnu dozu smo izrazili pomoću indeksa ostatne aktivnosti kojeg smo izračunali na osnovi veličine ostatne doze u području lakta i SUV vrijednosti u tom području. Vrijednosti ostatnog indeksa (OA) su se kretale u rasponu od minimalne 7 do maksimalne 47.

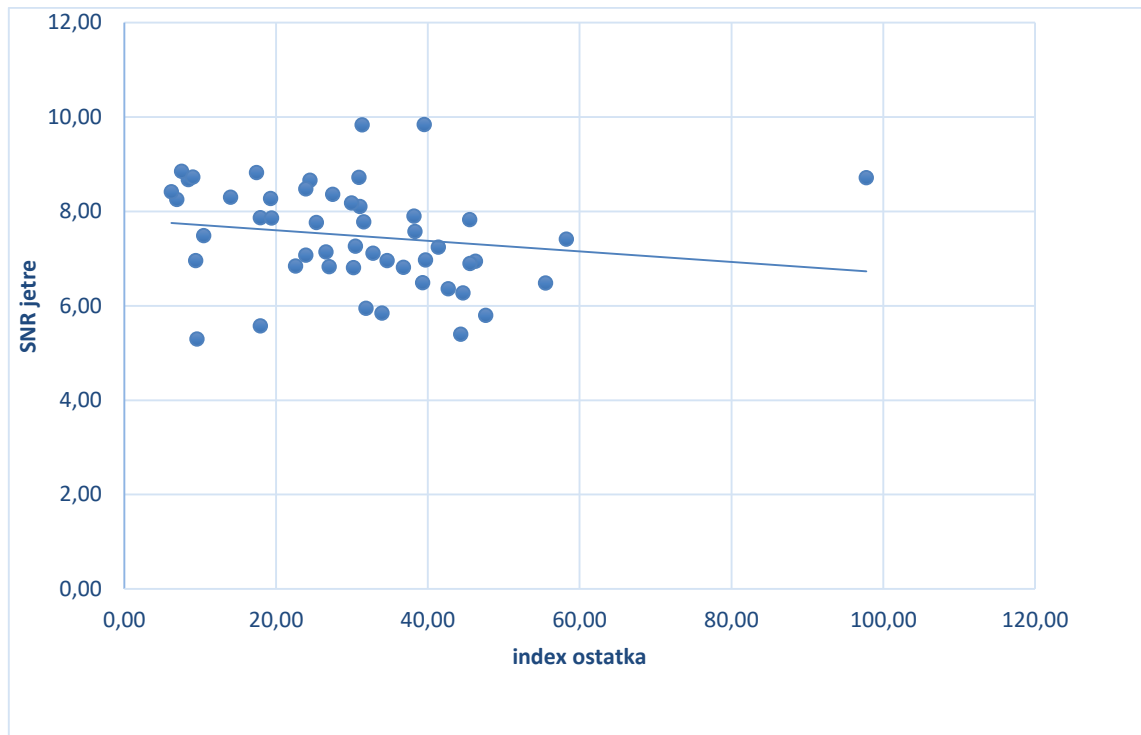
Tablica 1. Prikaz podataka u 50 ispitanika

Dob	Visina (m)	Težina (kg)	BMI	GUK	Injicirana doza (mCi)	Indeks OA	Paravenski ostatak	SNR indeks
27	1,85	78	22,79	5	6,2	46,26		2,28
63	1,8	98	30,25	6,8	7,2	39,3		2,87
63	1,6	96	37,50	10,6	6,9	44,33		4,07
67	1,85	94	27,47	5	6,2	39,68		2,28
84	1,73	63	21,05	4,1	6,2	25,29		1,94
50	1,7	60	20,76	5,8	6	30,22		2,50
26	1,88	90	25,46	4,9	7	44,64	DA	2,26
61	1,76	78	25,18	5,3	6,7	34,64		2,35
66	1,77	105	33,52	5,7	8,2	55,52	DA	2,49
73	1,6	80	31,25	4,6	6,7	17,93		2,07
58	1,73	83	27,73	6,7	6,5	41,37		2,81
71	1,8	89	27,47	6,1	7,2	45,56		2,63
61	1,75	85	27,76	4,8	6,7	26,98	DA	2,18
61	1,7	76	26,30	4,8	6	31,07		2,17
67	1,73	68	22,72	5,8	6	22,57		2,51
60	1,87	74	21,16	6,2	6	39,55		2,69
34	1,85	74	21,62	5,6	6,1	31,54		2,48
69	1,68	72	25,51	4,8	6	24,47		2,16
55	1,75	76	24,82	5,4	6,1	19,4		2,38
57	1,58	62	24,84	4,8	6,1	30,93		2,13
46	1,72	75	25,35	5,7	6,2	23,94		2,47
66	1,84	93	27,47	6,5	7,2	32,76		2,78
78	1,62	75	28,58	5,9	6,3	45,53		2,51
43	1,78	93	29,35	5,5	7	31,86		2,43
62	1,74	77	25,43	6,6	6,2	26,57		2,78
55	1,78	72	22,72	5,6	6	38,17		2,46
70	1,71	120	41,04	5,3	8,1	58,25		2,34
25	1,84	81	23,92	5,3	6,5	47,61		2,38
39	1,89	74	20,72	5,1	6,1	6,94		2,33
77	1,65	56	20,57	4,4	6,1	31,35	DA	2,02
70	1,81	100	30,52	6,2	6,6	9,59		2,67
73	1,7	65	22,49	6,7	6,3	6,22		2,80
49	1,85	77	22,50	5,7	6,1	8,42		2,52
59	1,65	48	17,63	4,8	5	17,43	DA	2,15
60	1,75	63	20,57	6,3	5,8	14		2,68
56	1,72	59	19,94	6	5,8	10,48	DA	2,57
76	1,59	64	25,32	5,5	6	23,94		2,36
65	1,69	78	27,31	5	6,5	9,43		2,23
70	1,81	100	30,52	6,2	6,6	17,94		2,67
55	1,67	70	25,10	5,4	6,7	7,55		2,36
76	1,84	116	34,26	6,6	7,3	42,68		2,81
75	1,64	70	26,03	6,6	6,2	9,02		2,75
75	1,54	74	31,20	5,5	6,3	29,94		2,35
63	1,59	58	22,94	4,9	5,9	19,3		2,16
57	1,72	77	26,03	4,8	6,3	27,48		2,17
75	1,7	84	29,07	6,2	6,3	38,29		2,63
65	1,58	61	24,44	4,6	6,1	30,47		2,06
69	1,73	81	27,06	5,1	6,3	36,77		2,28
49	1,84	104	30,72	6,1	7,5	33,97		2,65
61	1,78	106	33,46	6,2	8,2	97,8		2,66



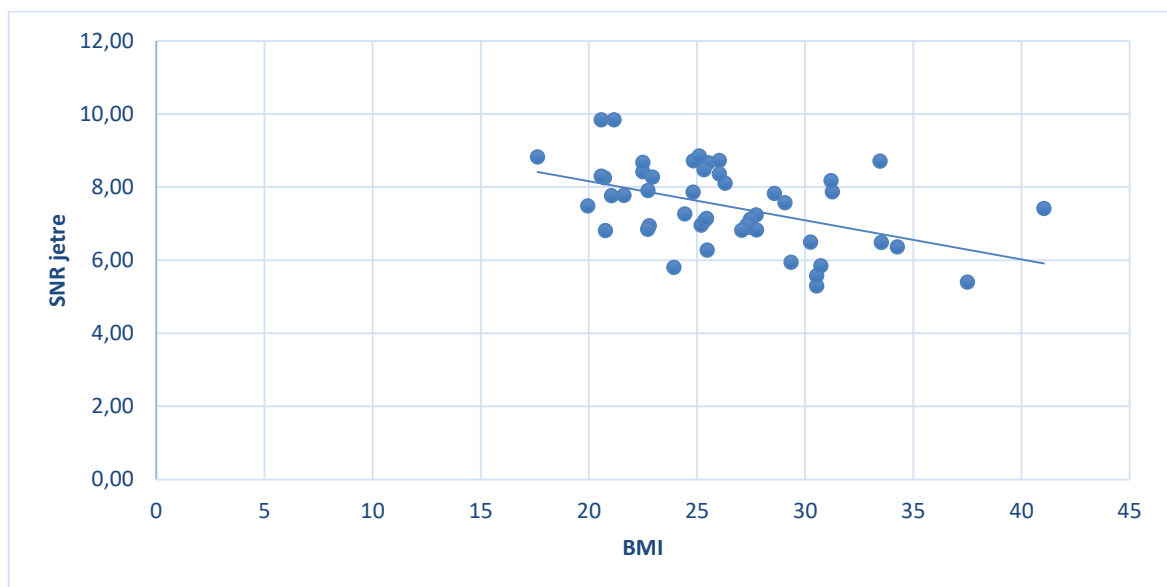
Tablica 2. Statistički rezultati skupine u 50 ispitanika

VRIJEDNOSTI	Maksimalna	Srednja	Minimalna
DOB (god.)	84	60	25
TEŽINA (kg)	120	80	56
VISINA (cm)	188	173	154
BMI	41	26	17
GUK (mmol/l)	10,6	5,6	4,1
INJICIRANA DOZA (mCi)	8,2	6,47	5
INDEKS OSTATNE AKTIVNOSTI (OA)	97,8	30,5	6,22
SNR INDEKS	4	2,47	1,94



Slika 14. Grafički prikaz odnosa SNR jetre i indeksa ostatka doze

Slika 14 pokazuje odnos SNR indeksa i indeksa (OA) iz kojeg je vidljiva pozitivna, ali vrlo slaba korelacija. Ipak, kod pacijenata s većom ostatnom aktivnošću kvaliteta slike je nešto slabija.



Slika 15. Grafički prikaz odnosa SNR indeksa i BMI

Slika 15 prikazuje odnos SNR indeksa i BMI iz kojeg je vidljiva pozitivna i jaka korelacija, što pokazuje da se povećanjem tjelesne mase, ujedno i BMI-a, SNR smanjuje, a samim time je i kvaliteta slike lošija.

## 6. RASPRAVA

Optimizacija aplicirane doze radiofarmaka (FDG-a) pri PET/CT snimanju, na način da uz što manje radijacijsko opterećenje postignemo što kvalitetniju PET sliku jedan je od kontinuiranih zadataka dijagnostičkog tima kojeg je radiološki tehnolog značajan član. Stoga, iako on nije osoba koja donosi konačnu odluku o dozi radiofarmaka, kao jedan od članova tima i to onaj koji priprema pojedinačne doze, mora biti upoznat s čimbenicima koji određuju vrijednost pojedinačne doze radiofarmaka.

Iz rezultata našeg istraživanja vidimo da kod ispitanika sa većom tjelesnom težinom, većim BMI i većim opsegom struka imamo progresivno smanjenje odnosa signala i šuma, tj. kvaliteta slike je smanjena u odnosu na kvalitetu slike kod pacijenata s manjom tjelesnom težinom, opsegom struka i BMI-om.

Najčešće korišteni načini izračuna aplikacijske doze radiofarmaka koriste vrijednosti tjelesne mase u kilogramima (MBq/kg) ili vrijednosti indeksa BMI (MBq/BMI). Dakle, povećanjem tjelesne mase, BMI i opsega struka, SNR se u jetri smanjuje tj. pacijenti jače tjelesne konstitucije zahtijevaju dodatni način poboljšanja kvalitete slike u odnosu na ostale pacijente.

Što se tiče ostatne doze u ispitivanoj skupini pacijenata ona je bila vidljiva u svih pacijenata, ali je bila vrlo mala. Unatoč tome što nismo mogli izračunati njenu apsolutnu vrijednost, indirektno smo je procijenili na manje od 1 % injicirane doze.

Koristeći indeks ostatne aktivnosti (OA) vidimo da veći ostatak na mjestu injiciranja rezultira lošijom kvalitetom slike, ali je u našem ispitivanju taj negativni utjecaj vrlo slab i nije značajnije umanjio kvalitetu PET/CT slike. Indirektno možemo zaključiti da se u ovoj studiji aplikacija provodi na primjeren način. Uspoređujući odnos BMI i kvalitete slike vidimo da je utjecaj tjelesne konstitucije značajan što potvrđuje i rezultate donjeg istraživanja gdje se vidio značajan pad kvalitete slike kod pacijenata s većim indeksom tjelesne mase, te smo zaključili kako to znatno više pogoršava kvalitetu slike od same zaostale doze. (13)

Usprkos činjenici da je zaostala doza na mjestu aplikacije radiofarmaka vrlo mala i gotovo da i ne utječe na kvalitetu slike, analizirali smo mogućnosti smanjivanja njenog utjecaja na minimum.

Prva mogućnost smanjivanja zaostale doze je dodatno ispiranje fiziološkom otopinom, odnosno više od sada korištenih 10 cm<sup>3</sup>. No isto znači i dulji boravak djelatnika koji injicira radiofarmak uz pacijenta, odnosno njegovo potencijalno veće radijacijsko opterećenje. Radijacijsko opterećenje koje primi osoba koja injicira radiofarmak prema istraživanju kolege Luke Horvatovića najveće je od svega ostalog osoblja koje sudjeluje kod pretrage. (12)

Dodatna ispiranja fiziološkom otopinom odnosno dodatno zadržavanje medicinske sestre kod pacijenta nakon primanja radiofarmaka i potencijalno veće radijacijsko opterećenje osoblja nije potrebno, obzirom da veličina ostatne doze u našem slučaju ne utječe na kvalitetu slike. No razumno je zaključiti da potencijalno veće ostatne doze, s eventualnom ekstravazacijom radiofarmaka na mjestu injiciranja bi sigurno utjecale na kvalitetu slike. Možemo zaključiti da se u našem ispitivanju pokazao dobar rad osoblja, s dobro postavljenim venskim putem. Ostale mogućnosti smanjivanja zaostale doze uključuju ispravno i kvalitetno postavljanje venskog puta te korištenje šire braunile.

Također za vrijeme našeg istraživanja zabilježili smo malen postotak pacijenata kojima je aplicirani kontrast zaostao paravenski, točnije kod njih samo 6, odnosno 12 %. Doza je u ovakvim slučajevima bila izrazito mala te ni ona nije značajnije utjecala na samu kvalitetu slike. Kod ovih pacijenata problem bi mogao biti ekstravazacija radiološkog kontrasta ako se nakon PET studije nastavlja pretraga s kontrastnim MSCT-om. Ekstravazacija radiofarmaka i radiološkog kontrasta na mjestu injiciranja, odnosno paravenska aplikacija radiofarmaka nije neočekivan događaj kod onkoloških pacijenata čije su vene oštećene brojnim kemoterapijama i ostalim vrstama pretraga. No dobrom pripremom pacijenta, obučenošću osoblja koje uspostavlja venski put ovo se u većine pacijenata može izbjeći.

U rijetkim slučajevima ako nikako nije moguće pronaći primjereno mjesto za aplikaciju radiofarmaka moguće ga je dati i peroralno, kao što se može naći i u literaturi. U višegodišnjem radu Poliklinike Medikol ovaj način apliciranja je korišten samo u dva navrata. Problem takvog načina apliciranja radiofarmaka je njegovo veliko nakupljanje u probavnom sustavu. Ukoliko postoji sumnja na patološki proces u samom probavnom sustavu ovakva vrsta primjene radiofarmaka nije poželjna.

## **7. ZAKLJUČAK**

Kod svih pacijenata postoji zaostala aktivnost na mjestu aplikacije radiofarmaka i to uglavnom u braunili.

Zaostala aktivnost smanjuje kvalitetu slike, ali utjecaj malih zaostalih aktivnosti nađenih u ovom ispitivanju nije značajno umanjio kvalitetu PET/CT studije.

Najefikasniji način smanjivanja ostatne doze je dobro uspostavljen venski put, te ispiranje braunile nakon aplikacije radiofarmaka većom količinom fiziološke otopine, ali uz potencijalno veće radijacijsko opterećenje djelatnika koji aplicira.

Peroralna aplikacija radiofarmaka može se koristiti u slučaju nemogućnosti uspostavljanja venskog puta, ali se ne preporuča kod pacijenata sa sumnjom na patologiju probavnog sustava zbog velikog nakupljanja radiofarmaka u tom području.

## 8. SAŽETAK

**CILJ:** Evaluirati učestalost i utjecaj ostatne doze na mjestu injiciranja radiofarmaka na kvalitetu PET/CT slike te analizirati mogućnosti za smanjivanjem iste.

**METODE:**U 50 pacijenata uključenih u studiju izmjerena je količina aplicirane doze radiofarmaka te ostatna aktivnost na mjestu injiciranja. Napravljena je korelacija indeksa aktivnosti s kvalitetom slika procijenjenom pomoću SNR indeksa.

**REZULTATI:** Kod svih pacijenata uočena je ostatna aktivnost radiofarmaka na mjestu njegovog injiciranja. Zaostala doza ne utječe bitno na kvalitetu slike. Kod 12 % pacijenata zabilježen je paravenski ostatak radiofarmaka. Utjecaj ostatne doze na kvalitetu slike je slabiji od utjecaja tjelesne konstitucije pacijenata.

**ZAKLJUČAK:** Ostatna aktivnost smanjuje kvalitetu slike, ali se to može smanjiti uspostavljanjem dobrog venskog puta, te ispiranjem većom količinom fiziološke otopine nakon injiciranja.

## **ABSTRACT**

**OBJECTIVE:** To evaluate the frequency and influence of remaining radiopharmaceutical in the area of his application on the quality of PET/CT study and to analyse possibilities of reducing it.

**METHODS:** In 50 patients included in the study we have measured the amount of the injected radiopharmaceutical and it's remaining on the area where he was administered. Correlation between remaining dose and the picture quality was estimated with SNR index.

**RESULTS:** All patients had remaining of radiopharmaceutical in the area where he was administered. The remaining dose does not influence the quality of the study. 12 % of patients had paravenous remaining. The effect of remaining dose on picture quality is lesser than the effect of patients proportions.

**CONCLUSION:** Remaining dose lowers picture quality and the ways to reduce it are well placed cannula and increased injected dose of saline solution after radiopharmaceutical application.

## 9. LITERATURA

- 1) Radović D. Fizika zračenja. Odjel zdravstvenih studija Split-powerpoint prezentacija, predavanje 2016.
- 2) <http://www.rmc.hr/> (pristupljeno 1.06.2016.)
- 3) [http://www.eanm.org/publications/guidelines/2015\\_GL\\_PET\\_CT\\_TumorImaging\\_V2.pdf](http://www.eanm.org/publications/guidelines/2015_GL_PET_CT_TumorImaging_V2.pdf). (pristupljeno 20.05.2016.)
- 4) [http://www.eanm.org/publications/guidelines/gl\\_Principles\\_and\\_Practice\\_of\\_PET-CT\\_Part\\_1.pdf](http://www.eanm.org/publications/guidelines/gl_Principles_and_Practice_of_PET-CT_Part_1.pdf). (Pristupljeno 21.05.2016.)
- 5) Journal of Nuclear Medicine technology - PET/CT, patient preparation.
- 6) Balenović A., Šamija M. Klinička primjena PET/CT dijagnostike u onkologiji.
- 7) Balenović A, Kusić Z, Kovačić K. Uloga pozitronske emisijske tomografije.
- 8) <http://medikol.hr/> (pristupljeno 28.05.2016)
- 9) <http://medikol.hr/nuklearna-medicina-pet-ct/> (pristupljeno 29.05.2016.)
- 10) Marković V, Punda A, Eterović D. Pozitronska emisijska tomografija (skripta). Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Katedra za nuklearnu medicinu. Dostupno na:[http://neuron.mefst.hr/docs/katedre/nuklearna\\_medicina/nastavni\\_materijali/PET\\_i\\_PET-CT.pdf](http://neuron.mefst.hr/docs/katedre/nuklearna_medicina/nastavni_materijali/PET_i_PET-CT.pdf) (pristupljeno 10.06.2016)
- 11) Hays MT, Watson EE, Thomas SR, et al. MIRD Dose Estimate Report No. 19: Radiation Absorbed Dose Estimates from 18-F-FDG. J Nucl Med 2002;43:210-214.
- 12) Horvatović L. Utjecaj radnih mjesta i postupaka na profesionalnu izloženost ionizacijskom zračenju u PET/CT dijagnostici, završni rad 2014.
- 13) Jurić R. Tjelesna konstitucija pacijenata kao čimbenik izračuna aplikacijske doze 18F-FDG-a u PET/CT dijagnostici, završni rad 2014.
- 14) Dodig D, Kusić Z. Klinička nuklearna medicina, Zagreb, Medicinska naklada, 2012.
- 15) de Grote et al: Optimized dose regimen for whole body FDG-PET. EJNMMI Research 2013 2:63



## 10. ŽIVOTOPIS

<b>Osobni podaci</b>	
Prezime(na) / Ime(na)	<b>Maričić Mate</b>
Adresa	Ulica 55 br. 29/1, 20270 Vela Luka, ot. Korčula (Croatia)
Telefonski broj	+385 20812485
Broj mobilnog uređaja	+385 957813016
E-mail	matemaricic1994@gmail.com
Državljanstvo	Hrvatsko
Datum rođenja	15. svibnja 1994.
Spol	Muško
<b>Obrazovanje i osposobljavanje</b>	
Naziv dodijeljene kvalifikacije	Bacc. radiološke tehnologije.
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Sveučilišni odjel zdravstvenih studija; smjer: Radiološka tehnologija Ruđera Boškovića 35, P.P. 464, 21000 Split (Hrvatska)
Datumi	2013 - 2016
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Opća Gimnazija Vela Luka Ulica 5. broj 9, 20270 Vela Luka
Datumi	2009 - 2013
Ime i vrsta organizacije pružatelja obrazovanja i osposobljavanja	Osnovna škola Vela Luka Obala 3 br. 1, 20270 Vela Luka,
Datumi	2001 - 2009
<b>Radno iskustvo</b>	
Datumi	Srpanj 2014, Srpanj 2015, Svibanj 2016
Zanimanje ili radno mjesto	Stručna praksa
Ime i adresa poslodavca	KBC Split Spinčićeva 1, 21000, Split

Materinski jezik

**Hrvatski**

Drugi jezici

Samoprocjena

*Europska razina*

**Engleski**

Razumijevanje				Govor				Pisanje	
Slušanje		Čitanje		Govorna Interakcija		Govorna Produkcija			
C2	Iskusni korisnik	C2	Iskusni korisnik	C1	Iskusni korisnik	C1	Iskusni korisnik	C1	Iskusni korisnik

**Njemački**

Razumijevanje				Govor				Pisanje	
Slušanje		Čitanje		Govorna Interakcija		Govorna Produkcija			
A2	Početak	A2	Početak	A2	Početak	A2	Početak	A2	Početak

**Talijanski**

Razumijevanje				Govor				Pisanje	
Slušanje		Čitanje		Govorna Interakcija		Govorna Produkcija			
A2	Početak	A2	Početak	A2	Početak	A2	Početak	A2	Početak

**Društvene vještine i kompetencije**

- Odgovoran, komunikativan, društven, snalažljiv
- Timski rad, spreman učiti

**Računalne vještine i kompetencije**

- Poznavanje hardverske i softverske računalne podrške
- Rad sa Windows Operativnim Sustavom (Win XP, Win Vista, Win 7,8,10)
- Rad u MS Office Paketu (MS Office 2005, MS Office 2007, MS Office 2010)
- Pisanje u jeziku QBasic
- Internet

**Hobi i interesi**

- Sport : fitness, tenis, stolni tenis, (dugogodišnji član stolnoteniskog kluba Lučica)

**Vozačka dozvola**

B