

APPEARANCE OF ARTIFACTS IN PET/CT USING CONTRAST AGENTS

Meris Jušić

University of Bihać, Bosnia and Herzegovina, meris.jusic@fzs.unsa.ba

Abstract: Positron emission tomography combined with computerized tomography is one of today's best diagnostic methods to obtain information on the function of internal organs with a small amount of radioactive drug injected into the vein as well as their anatomy and morphological changes. In addition to the many advantages of this method, there are some disadvantages, which are among the artifacts that may arise due to various causes, such as those caused by the patient, equipment faults, and the use of contrast media, which can all result in false results or misreading findings.

The aim of the study was to determine whether the contrast can cause artifacts on PETCT scans.

Methods: The study included a total of 50 patients that performed a PET / CT diagnostic examination at the Clinic for Nuclear Medicine and Endocrinology of UKC Sarajevo during the period of April 2017. The research was conducted as a retrospective-prospective type clinical study, which is by character of descriptive methodology. The analysis was carried out using the statistical statistics package for IBM Statistical SPSS v 21.0 sociologic research and preparation and presentation of results in Microsoft Word and Excel 2013 programs.

Results: From total of the 50 surveyed subjects, there were 24 men (48%) and 26 female (52%), and the age range ranged from 19 to 72 years, with a standard deviation of $SD \pm 13,34$. Of the total number of respondents ($N = 50$), 25 were using a contrast agent, while 25 had a diagnostic scan without the use of a contrast agent.

Conclusion: The analysis of the PET/CT images obtained at the Clinic for Nuclear Medicine and Endocrinology KCUS determined that none of the subjects had an artifact on the images as a cause of the use of the contrast medium.

Keywords: PET/CT, artifacts, contrast agents, 18F FDG,

POJAVA ARTEFAKATA KOD PET/CT-A PRI PRIMJENI KONTRASTNOG SREDSTVA

Meris Jušić

University of Bihać, Bosnia and Herzegovina, meris.jusic@fzs.unsa.ba

Sažetak: Pozitronska emisiona tomografija u kombinaciji sa kompjuteriziranom tomografijom predstavlja jednu od najboljih dijagnostičkih metoda današnjice kojom se dobijaju informacije o funkciji unutrašnjih organa sa malom količinom radioaktivnog farmaka ubrizganim u venu, kao i o njihovoj anatomiji i morfološkim promjenama. Uz veliki broj prednosti ove metode, postoje i neki nedostaci, a oni među najvećima jesu pojava artefakata, koji mogu nastati uslijed raznih uzroka, od onih prouzrokovanih pacijentom, greškama aparature kao i korištenjem kontrastnih sredstava, što sve može rezultirati lažnim rezultatima, odnosno pogrešno interpretiranim nalazima.

Cilj je bio istražiti da li primjena kontrasta može uzrokovati artefakte na PETCT skeniranju.

Metode: Istraživanje je obuhvatilo ukupno 50 pacijenata koji su obavili PET/CT dijagnostički pregled na Klinici za nuklearnu medicinu i endokrinologiju UKC Sarajevo u periodu tokom aprila 2017. godine. Istraživanje je provedeno kao klinička studija retrospektivno-prospektivnog tipa koja je po karakteru deskriptivne metodologije. Analiza je provedena korištenjem statističkog paketa za sociološka istraživanja IBM Statistics SPSS v 21.0 uz pripremu i prezentaciju rezultata u programima Microsoft Word i Excel 2013.

Rezultati: Od 50 ispitanika na kojima je provedeno istraživanje, bilo je 24 pripadnika muškog spola (48%), i 26 pripadnika ženskog spola (52%), a starosna dob kretala se između 19-72 godine, čija je standardna devijacija iznosila $SD \pm 13,34$. Od ukupnog broja ispitanika ($N=50$) njih 25 je primjenilo kontrastno sredstvo, dok 25 je obavilo dijagnostički pregled bez upotrebe kontrastnog sredstva. Rezultati istraživanja su potvrdila da ni na jednom od ispitanika nije potvrđen artefakt uzrokovan kontrastnim sredstvom.

Zaključak: Analizom PET/CT snimaka dobijenih na Klinici za nuklearnu medicinu i endokrinologiju KCUS utvrđeno je da nijedan ispitanik nije imao artefakt na snimcima kao uzrok upotrebe kontrastnog sredstva.

Ključne riječi: PET/CT, artefakti, kontrastno sredstvo, FDG18

1. UVOD

Revolucionarni korak u radiologiji, razmjera Röntgenove šake u 19. stoljeću, napravio je David Towsend početkom 20. stoljeća ili tačnije 1999 godine predstavljanjem PET/CT uređaja. PET/CT čini kombinaciju dva uređaja: pozitronske emisije tomografije i multi slajs kompjuterizirane tomografije. Sa kompjuteriziranom tomografijom možemo dobiti detaljni anatomske uvid u lokalizaciju nekog procesa, dok s PET-om pomoću glukoze obilježene radioaktivnim izotopom fluora ^{18}F imamo prikaz metaboličke aktivnosti stanica, pa s pravom možemo reći da je pozitronska emisija tomografija sa ^{18}F -FDG-om (fluorodeoksiglukozom) u kombinaciji s MSCT najbolja molekularna slikovna metoda današnjice. Upotreba pozitronskih emitera u medicinske svrhe potiče još od davne 1951. godine kada je dvoglavom gama kamerom snimljeno ljudsko tijelo, ali u dvodimenzionalnoj formi, da bi tek 1974. godine konstruisana kamera koja je imala mogućnost snimanja i rekonstrukcije tomograma u sve tri ravnine (transverzalnoj, koronalnoj, sagitalnoj) te od tada i datira naziv "PET" (pozitronska emisija tomografija). Sredinom osamdesetih godina prošlog stoljeća razvijen je koncept multi detektorskog sistema uz sniženje troškova proizvodnje tako da su se kamere mogle proizvoditi u komercijalne svrhe, a ubrzani razvoj računarske tehnologije omogućio je daljnji napredak ove nove slikovne metode. Pretraga PET-CT-om posebno je korisna za procjenu uznapredovalosti (razvoja) bolesti, detekciju lokalnog recidiva i udaljenih metastaza, procjenu učinka provedene terapije, lokalizaciju primarnog tumora te planiranje radioterapije kod onkoloških bolesnika. Osim u onkologiji, PET-CT se primjenjuje u kardiologiji za dijagnostiku ishemijske bolesti srca, u neurologiji za epilepsije i demencije, te kod različitih upalnih bolesti (1). PET je molekularna slikovna tehnika koja mjeri raspodjelu radioaktivnog trejsera uživo. Nakon primjene vrlo malih količina radiotrejsera (piko ili nano mol) na pacijenta, distribuira se unutar organa. Radioaktivni atom radiotrejsera emituje pozitron za vrijeme pozitronske emisije. Nakon prolaska nekoliko milimetara kroz tkivo sudaraju se pozitron i elektron, koji se pretvaraju u dva fotona sa energijama od 511 keV i razilaze u suprotnim pravcima (2). Jedna od glavnih razlika između PET skan slike i drugih slikovnih metoda je u tome što PET skan otkriva metaboličke promjene veoma rano, na celularnom nivou, dok CT i MR detektuju promjene kasnije kada je bolest dovela do promjena u strukturi organa ili tkiva (3). Od prve konceptualne ideje PET-a za cijelo tijelo ranih 1990-ih, tehnologija detektora je značajno poboljšana u pogledu energetske i vremenske rezolucije. Još jedna velika promjena od tog vremena bila je tranzicija PET-a iz modaliteta koji se uglavnom koristi za fundamentalna i klinička istraživanja u kliničku rutinu (ubrzana kombinacijom sa CT). Od 2000. godine, većina PET skeniranja povezana je sa onkologijom (4). Pozitronska emisija tomografija (PET) je napredni funkcionalni modalitet snimanja. Iako se uglavnom koristi za dijagnozu, stažiranje, prognozu i nadzor brojnih vrsta onkološke njege, PET snimanje se može koristiti u planiranju radioterapijskog tretmana. Snimanje zasnovano na CT ili MRI trenutno su glavne radiološke tehnike koje se koriste, ali PET snimanje se sve više integrira u planiranje radioterapije. Glavna prednost PET funkcionalnog oslikavanja je njegova sposobnost da razlikuje neoplastična i normalna tkiva s većom preciznošću od CT ili MRI, koji se oslanjaju na morfološke karakteristike da bi se napravila ova diferencijacija (5). Niska doza pozitronske emisije tomografije/kompjuterske tomografije (PET/CT) sa ^{18}F -fluor-2-deoksi-D-glukozom (^{18}F -FDG) i drugim radiofarmaceutima (npr. ^{11}C -colina, ^{11}C -acetato i ^{11}C -metionina) je od sve većeg interesa za proučavanje pacijenata oboljelih od karcinoma jer je indicirano u diferencijalnoj dijagnozi, praćenju, te prognostičkom i terapijskom planu koji se odnosi na bolesti raka (6). Instrumentacija za pozitronsku emisiju tomografiju (PET) doživjela je ogromna poboljšanja u performansama u posljednjih 60 godina otkako je prvi put zamišljena kao medicinski modalitet snimanja. Prostorna rezolucija je poboljšana za faktor 10, a osjetljivost za faktor 40 od ranih dizajna iz 1970-ih do današnjih skenera visokih performansi. Pojavile su se multimodalne konfiguracije koje kombinuju PET sa kompjuterizovanom tomografijom (CT) i, odnedavno, sa MR. Skeniranje cijelog tijela u kliničke svrhe sada se može dobiti za manje od 10 minuta na najmodernijim PET/CT. Ovaj rad će pregledati istoriju ovog tehničkog razvoja tokom 40 godina i rezimirati važna klinička istraživanja i primjene u zdravstvu koje su omogućene ovim tehničkim napretkom. Također će biti predstavljene neke perspektive za budućnost ove tehnologije koje obećavaju da će donijeti nove primjene ovog modaliteta snimanja u kliničkim istraživanjima i zdravstvu (7).

PET skeniranje može otkriti bolest sa velikom preciznošću. Na primjer, PET skeniranje može biti do 93% precizno u dijagnosticiranju ranih znakova Alchajmerove bolesti (8). PET skeniranje je također često preciznije od CT skeniranja u otkrivanju raka (9). PET / CT artefakti se mogu pojaviti uslijed brojnih uzroka, prvenstveno uslijed atenuacione korekcije, odnosno metalnih implantata, zatim pokreta prouzrokovanih disanjem ili pomjeranjem pacijenta, skraćanjem slike (truncation), kao i korištenjem kontrastnih sredstava. Svi ovi artefakti su vidljivi samo na CT snimcima, dok se na PET snimcima ne pojavljuju, tako da se snimci PET-a mogu koristiti kao kontrolne slike za ispitivanje sumnjivih nalaza. Artefakti predstavljaju lažnu sliku uzrokovanu umjetnim razlozima, ne fiziološkim ili patološkim bolestima. Svako micanje bolesnika u PET/CT imidžingu može dovesti do značajnih artefakata na snimku, koji za posljedicu mogu dovesti do zabune kada je riječ o mjestu nastanka detektovanog fotona (10).

2. CILJ RADA

Ovaj rad je imao za cilj istražiti da li primjena kontrastnog sredstva uzrokuje artefakte tokom PETCT skeniranja.

3. METODOLOGIJA

Istraživanje je obuhvatilo ukupno 50 pacijenata koji su obavili PET/CT dijagnostički pregled na Klinici za nuklearnu medicinu i endokrinologiju UKC Sarajevo u periodu tokom aprila 2017. godine. Istraživanje je obuhvatilo punoljetne pacijente, oba spola koji su PET/CT dijagnostički pregled obavljali uz upotrebu kontrastnog sredstva. Nakon snimanja pacijentima je podijeljen anketni upitnik u formi dihotomnih pitanja, te se nakon toga provodila analiza PET/CT snimaka.

Istraživanje je provedeno kao klinička studija retrospektivno-prospektivnog tipa koja je po karakteru deskriptivne metodologije. Prilikom prikupljanja podataka poštovala se Helsinška deklaracija (revidirana i dopunjena u toku 64. opće skupštine Svjetskog udruženja liječnika koja je održana u Brazilu 2013. godine) o etičkim principima koja se odnose na biomedicinska istraživanja koja uključuju ljudske subjekte.

Rezultati svih testova su smatrani statistički signifikantnim uz $p < 0,05$ ili na nivou pouzdanosti od 95%. Analiza je provedena korištenjem statističkog paketa za sociološka istraživanja IBM Statistics SPSS v 21.0 uz pripremu i prezentaciju rezultata u programima Microsoft Word i Excel 2013.

4. REZULTATI

Prema ukupnom uzorku ($N=50$) ispitanika, bilo je 24 pripadnika muškog spola (48%), i 26 pripadnika ženskog spola (52%). Od ukupnog broja ispitanika ($N=50$), namjenski je uzeto 25 ispitanika koji su obavili pretragu sa indiciranim (per os) kontrastnim sredstvom i 25 ispitanika bez kontrastnog sredstva, kao pokazatelja razlike da li ima uticaj na pojavu artefakata.

Tabela 1. Podjela ispitanika po indiciranom kontrastnom sredstvu (per os)

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
KONTRAST	DA	25	50.0	50.0	50.0
	NE	25	50.0	50.0	100.0
	Total	50	100.0	100.0	

Izvor: Autor

Od ukupnog broja ispitanika ($N=50$), bez artefakata je bilo 34 ispitanika (68%), „MOVE“ artefakti su bili prisutni kod 7 ispitanika (14%), „Atenuacijskih“ artefakata zbog prisustva metalnih ili drugih stranih tijela je bilo kod 4 ispitanika (8%), i 2 ispitanika „Brown fat“ artefakata (4%), zbog stresa ili klaustrofobije kao psihološkog djelovanja.

Tabela 2. Prisustvo artefakata kod uzetog uzorka

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
VRISTA ARTEFAKTA	BEZ ARTEFAKTA	34	68.0	68.0	68.0
	BROWN FAT	2	4.0	4.0	72.0
	METAL	4	8.0	8.0	80.0
	MOVE	7	14.0	14.0	94.0
	PARAVENOZNO	1	2.0	2.0	96.0
	TRUNKACIONI	2	4.0	4.0	100.0
	Total	50	100.0	100.0	

Izvor: Autor

Tabela 3. Odnos pojave artefakata i indiciranog kontrastnog sredstva

		ARTEFAKT		Total
		DA	NE	
KONTRAST	DA	Count	8	17
		% within KONTRAST	32.0%	68.0%
		% within ARTEFAKT	50.0%	50.0%
	NE	Count	8	17
		% within KONTRAST	32.0%	68.0%
		% within ARTEFAKT	50.0%	50.0%
	Total	Count	16	34
		% within KONTRAST	32.0%	68.0%
		% within ARTEFAKT	100.0%	100.0%

Izvor: Autor

Primjenom statističke analize hi-kvadrat test, došli smo do saznanja da pojava artefakata nema statistički signifikantnog značaja u razlici indikacije kontrastnog sredstva. Imamo isti broj artefakata kod pretraga sa indiciranim kontrastnim sredstvom i bez kontrastnog sredstva. ($p>0,05$)

5. DISKUSIJA

Studija istraživača Univerziteta u Pittsburghu ukazuje da ne postoji određeni protokol da bi se u potpunosti izbjegli artefakti, ali naime da upotrebom kontrastnih sredstava postizemo bolje vizualne rezultate samog pregleda (11). Jedan od razloga nastajanja artefakata, odnosno nepravilnih tumačenja nalaza može biti prouzrokovano i upotrebom 18F-fluorodeoksiglukozom, pa su tako istraživači Instituta u Vojvodini pojasnili da osim što je nakupljanje glukoze povećano u malignim tumorima, povećano nakupljanje 18F-FDG može biti prisutno i u brojnim benignim tumorima, granulomatoznim oboljenjima, tuberkulozi, inflamaciji, infekciji i procesima zarastanja tkiva, pa može doći do pogrešnog tumačenja nalaza (lažno pozitivni). Nasuprot tome, neki tipovi karcinoma bubrežnih ćelija, limfoma, neuroendokrini tumori, mucinozni adenokarcinomi debelog crijeva, hepatocelularni karcinom, karcinom prostate i karcinoidi imaju nizak stepen nakupljanja 18F-FDG što može pogrešno biti interpretirano kao lažno negativni rezultat (12). Studija koja se nadopunjuje prethodnoj o prednostima kontrastnih sredstava „To Enhance or Not to Enhance 18F-FDG and CT Contrast Agents in Dual-Modality 18F-FDG PET/CT“ sa Univerziteta u Essenu ukazuje da upotrebom kontrastnih sredstava postizemo bolje rezultate, odnosno poboljšanje informacije za anatomsku lokalizaciju CT-a, kao i pozadinu PET-a. Studija je potvrdila da kontrastno sredstvo u kombinaciji sa 18F-fluorodeoksiglukozom ne suzbijaju jedno drugo, već se međusobno nadopunjuju u kombinaciji PET/CT dijagnostičke metode u postizanju boljih rezultata (13). Prednosti upotrebe kontrastnih sredstava, kao i nenastanku artefakata pojasnili su i istraživači Londonskog Univerziteta u studiji „Oral contrast medium in PET/CT: should you or shouldn't you?“ sa primjenom oralnog kontrastnog sredstva na 200 pacijenata, gdje su ukazali da ni na jednom od ispitanika nije izazvan artefakt samom upotrebom oralnog kontrastnog sredstva, već nasuprot tome, kod većine je poboljšana interpretacije slike, a maksimalna korist zabilježena je kod pacijenata gdje je anatomska položaj interesa abdomen, odnosno zdjelica, pa se njegova primjena kod takvih bolesnika treba snažno poticati (14).

6. ZAKLJUČAK

Analizom PET/CT dobijenih snimaka provedeni na Klinici za nuklearnu medicinu i endokrinologiju KCUS utvrđeno je da na snimcima kod nijednog od ispitanika nije nastao artefakt kao uzrok primjene kontrastnog sredstva
Preporuke: Upotreba kontrastnog sredstva poboljšava vizualizaciju PETCT pregleda.

LITERATURA

Balenović A, Šamija M. (2011). Klinička primjena PET/CT dijagnostike u onkologiji. Zagreb: Zrinski d. d. i Poliklinika Medikol

- Beyer, T., Antoch, G., Köhl, H., & Müller, S. P. (2004). Acquisition schemes for combined 18f-fdg-pet/CT imaging: An European experience. *Atlas of PET/CT Imaging in Oncology*, 30-45.
- Faasse, T. (2013). Positron emission tomography-computed tomography data acquisition and image management. *Positron Emission Tomography - Recent Developments in Instrumentation, Research and Clinical Oncological Practice*.
- Grilo, A., Vieira, L., Carolino, E., Oliveira, C., Pacheco, C., Castro, M., & Alonso, J. (2017). Anxiety in cancer patients during ¹⁸F-FDG PET/CT low dose: A comparison of anxiety levels before and after imaging studies. *Nursing Research and Practice*, 2017, 1-9.
- Groves, A. M., Kayani, I., Dickson, J. C., Townsend, C., Croasdale, I., Syed, R., Nagabushan, N., Hain, S. F., Ell, P. J., & Bomanji, J. B. (2005). Oral contrast medium in PET/CT: Should you or shouldn't you? *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 32(10), 1160-1166.
- Herzog, H. (2007). Methods and applications of positron-based medical imaging. *Radiation Physics and Chemistry*, 76(2), 337-342.
- Hussain, S., Mubeen, I., Ullah, N., Shah, S. S., Khan, B. A., Zahoor, M., Ullah, R., Khan, F. A., & Sultan, M. A. (2022). Modern diagnostic imaging technique applications and risk factors in the medical Field: A review. *BioMed Research International*, 2022, 1-9.
- Griffeth, L. K. (2005). Use of pet/CT scanning in cancer patients: Technical and practical considerations. *Baylor University Medical Center Proceedings*, 18(4), 321-330.
- Jones, T., & Townsend, D. (2017). History and future technical innovation in positron emission tomography. *Journal of Medical Imaging*, 4(1), 011013.
- Mallum, A., Mkhize, T., Akudugu, J. M., Ngwa, W., & Vorster, M. (2022). The role of positron emission tomography and computed tomographic (PET/CT) imaging for radiation therapy planning: A literature review. *Diagnostics*, 13(1), 53.
- Mihailovic, J., Matovina, E., & Nikoletic, K. (2015). 18F-fluorideoxyglucose positron emission tomography/computed tomography imaging: Artifacts and pitfalls. *Medical review*, 68(1-2), 41-48.
- Pettinato, C., Nanni, C., Farsad, M., Castellucci, P., Sarnelli, A., Civollani, S., Franchi, R., Fanti, S., Marengo, M., & Bergamini, C. (2006). Artefacts of PET/CT images. *Biomedical imaging and intervention journal*, 2(4), e60.
- Smajlović F, Julardžija F. (2013) Radiološka aparatura. Univerzitetski udžbenik. Sarajevo: Fakultet zdravstvenih studija Univerziteta, 2013: 139
- Vandenberghe, S., Moskal, P., & Karp, J. S. (2020). State of the art in total body PET. *EJNMMI Physics*, 7(1).