

Važnost pozicioniranja pacijenata kod perfuzijske tomografije miokarda IQ SPECT tehnologijom

Ondina Božac Jokić¹, Palma Suvalj¹, Dea Dundara Debeljuh^{2,3,4}

¹ Opća bolnica Pula, Odjel za nuklearnu medicinu

² Opća bolnica Pula, Odjel za radiološku dijagnostiku

³ Klinički bolnički centar Rijeka, Zavod za medicinsku fiziku i zaštitu od zračenja

⁴ Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Katedra za medicinsku fiziku i biofiziku

Sažetak

Nova generacija kardio-centričnih sustava s multifokalnim kolimatorima i naprednim metodama rekonstrukcije pruža veću osjetljivost u odnosu na konvencionalni sustav te visoku kvalitetu slike. Time se omogućava smanjenje aplicirane aktivnosti i trajanja oslikavanja bez ugrožavanja kvalitete slike, što, između ostalog, predstavlja dobrobit s aspekta zaštite od zračenja pacijenata i osoblja. Jedinostveni dizajn naprednih sustava zahtjeva posebnu pažnju pri pozicioniranju pacijenta i lociranju miokarda unutar područja maksimalne osjetljivosti, što predstavlja dodatni izazov u ulozi radiološkog tehnologa.

Ključne riječi: kardio-centrični sustavi, multifokalni kolimatori, napredne metode rekonstrukcije, smanjenje aplicirane aktivnosti, pozicioniranje pacijenta

* Corresponding author: Ondina Božac Jokić, Opća bolnica Pula, ondinabj@yahoo.com

Uvod

Perfuzijska tomografija miokarda je široko prihvaćena, neinvazivna metoda za dijagnostiku i praćenje ishemijske bolesti miokarda kod koje se koristi intravenski primijenjen radiofarmak. Slikovnim prikazom distribucije radiofarmaka u miokardu dobiva se informacija o krvnoj opskrbi miokarda. Najčešće korišteni radiofarmaci su ^{99m}Tc-sestamibi i ^{99m}Tc-tetrofosmin. Relativna regionalna distribucija može se procijeniti u kardiovaskularnom opterećenju, mirovanju ili oboje.

Pretraga je kompleksna te stoga iziskuje angažman tima stručnjaka. Tijekom provođenja procedure uloga tehnologa je vrlo važna u svakom segmentu; počevši od prikupljanja medicinske dokumentacije, adekvatne pripreme pacijenata, pripreme i apliciranja radiofarmaka te pravilnog pozicioniranja pacijenta i izvođenja oslikavanja.

Radiofarmak se injicira u prethodno postavljenu iv. kanilu za vrijeme dok pacijent vozi ergometrijski bicikl, u trenutku kad se postigne 85% kardiološkog opterećenja sukladnog dobi i spolu.

Oslikavanje se izvodi pomoću gama kamere ili hibridnog SPECT/CT uređaja nakon što pacijent 30 do 45 minuta šeta i hidratizira se s oko pola litre tekućine u svrhu poticanja biodistribucije radiofarmaka. Vrijeme oslikavanja pomoću konvencionalnih gama kamera s paralelnim niskoenergetskim kolimatorima (eng. *Low Energy High*

Resolution, LEHR) traje prosječno dvadesetak minuta. Posljednjih godina provode se istraživanja kako bi se kod perfuzijske tomografije miokarda skratilo vrijeme oslikavanja i smanjila administrirana aktivnost. To je postignuto uporabom nove generacije kardio-centričnih sustava kao što je IQ SPECT (Siemens Healthcare), kod kojih oslikavanje prosječno traje 5 minuta.

Na Odjelu za nuklearnu medicinu Opće bolnice Pula, s perfuzijskom tomografijom miokarda započeto je 2019. godine, nakon što je, za kliničku uporabu pripremljen novi SPECT/CT uređaj Symbia Intevo Excel s naprednom IQ SPECT tehnologijom (slika 1). Sustav raspolaže integriranim SMARTZOOM kolimatorima i dvoslojnim CT-om. Kardio-centrična orbita i specifična metoda kolimacije ovog sustava nudi veću osjetljivost u odnosu na konvencionalni sustav te visoku kvalitetu slike [1]. Povećana osjetljivost omogućava smanjenje aplicirane aktivnosti bez ugrožavanja kvalitete slike, što predstavlja dobrobit s aspekta zaštite od zračenja pacijenata i osoblja [1].

IQ SPECT tehnologija

IQ SPECT tehnologija ima tri osnovne značajke: multi-fokalni SMARTZOOM kolimatori, kardio-centrična rotacija detektora i napredna iterativna rekonstrukcija s opcijom obnavljanja rezolucije (eng. *resolution recovery*) [2].

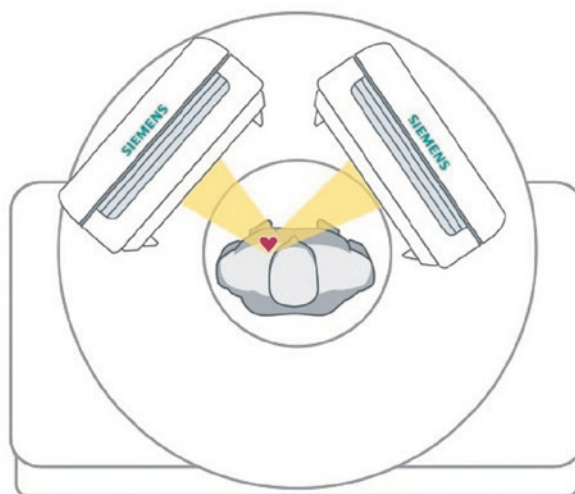


Slika 1. SPECT/CT uređaj Symbia Intevo Excel
Izvor: autor, Opća bolnica Pula, Courtesy of Siemens Healthcare GmbH

SMARTZOOM kolimatori mogu biti integrirani u dijagnostičkom stolu s mogućnošću automatske ili poluautomatske zamjene kolimatora. Kolimator je dizajniran tako da je u centru vidnog polja uvećani miokard, dok se na rubovima bilježe impulsi iz cijelog tijela (slika 2). Fokus kolimatora se mijenja kontinuirano od konusnog u središnjem dijelu, do paralelnog na rubu što omogućava uvećanje regije miokarda bez odsjecanja (eng. *truncation*) [2]. IQ SPECT tehnologija sa SMARTZOOM kolimatorima omogućava četiri puta brže oslikavanje u usporedbi s konvencionalnim sustavom s LEHR kolimatorima, uz najmanje jednaku dijagnostičku točnost. SMARTZOOM kolimatori omogućavaju prikupljanje većeg broja impulsa što rezultira većom prostornom rezolucijom u odnosu na konvencionalne paralelne kolimatore. Uvećanje se mijenja kao funkcija udaljenosti površine kolimatora od mjesta nakupljanja radiofarmaka. Za objekte koji su bliži kolimatoru uvećanje i broj impulsa su manji, dok za objekte koji se nalaze u sredini vidnog polja detektora i unutar područja magnifikacije (eng. *sweet spot*) uvećanje je najveće [2]. Područje magnifikacije kolimatora je vrlo usko te je za dobivanje maksimalnog broja impulsa izuzetno važno da miokard bude pozicioniran točno unutar tog područja.

Kardio-centrična orbita omogućava rotaciju detektora na način da je miokard smješten u najosjetljivijem području kolimatora. Karakteristični elementi kardio-centrične orbite su relativni položaj detektora, radijus rotacije i odgovarajući luk koji se upotrebljava za snimanje miokarda sa svih kuteva pogleda [2]. Za optimalni rezultat

oslikavanja, miokard se mora nalaziti u području magnifikacije kolimatora u svim pogledima. Prilikom postavljanja pacijenta miokard se locira na monitoru za pozicioniranje (PPM). Zatim, IQ SPECT izračunava i slijedi orbitu koja će rezultirati optimiziranom kvalitetom slikovnih podataka za pojedinog pacijenta.



Slika 2. Dizajn SMART-ZOOM kolimatora
Izvor: Siemens Healthineers, Courtesy of Siemens Healthcare GmbH

Za razliku od konvencionalnog oslikavanja gdje su detektori postavljeni u neposrednoj blizini pacijenta, kod kardio-centrične orbite detektori su postavljeni tako da je udaljenost od miokarda veća. Na taj način je moguće održati miokard u području magnifikacije [3]. Veća udaljenost kolimatora od pacijenta omogućuje veću udobnost pacijentu prilikom izvođenja procedure i posljedično smanjenje artefakata zbog pomaka pacijenta koji mogu biti posljedica straha, nelagode ili klaustrofobije kod određene skupine pacijenata.

Fleksibilnost stativa omogućuje oslikavanje po kardio-centričnoj orbiti pri čemu se svaki od detektora (re) pozicionira na optimalnu udaljenost od miokarda, nakon prethodnog pozicioniranja miokarda u područje magnifikacije od strane radiološkog tehnologologa.

Konfiguracija detektora je 76°, što doprinosi značajnijem prikupljanju impulsa s onog dijela orbite koji je bliže miokardu u odnosu na konvencionalnu konfiguraciju od 90°. Kardio-centrična akvizicija ima luk skeniranja 208°, 104° za svaki detektor [2].

Iterativna rekonstrukcija s opcijom obnavljanja rezolucije kod IQ SPECT sustava modelira geometriju SMART ZOOM kolimatora i emisiju gama zraka uzimajući u obzir oblik orbite, radijus orbite detektora te udaljenost između detektora i pacijenta. Napredni način rekonstrukcije kod IQ SPECT-a uzima u obzir i povećanje šuma zbog većeg broja prikupljenih impulsa te pomoću metode suzbijanja šuma (eng. *noise suppression*) smanjuje šum i povećava kontrast [4]. Osim toga koristi i korekciju za atenuaciju putem CT transmisijskih mjerenja, korekciju za raspršeno zračenje te za pomake pacijenata.

IQ SPECT tehnologija mora uključivati CT jer su artefakti zbog atenuacije značajniji nego kod paralelnih kolimatora te ovise o položaju. Zbog toga se upotrebljava niskodozni CT uređaj, koji kod hibridnih sustava ne mora nužno biti dijagnostički. CT uređaj može biti od 2-16 slojni [1].

Uz ovaj jedinstveni kolimatorski dizajn, modificiranu kardio-centričnu orbitu te naprednu tehnologiju rekonstrukcije postiže se prikupljanje do četiri puta više impulsa nego kod ostalih metoda i to neovisno o dobi, veličini ili obliku tijela. Time se i osjetljivost povećava do četiri puta. Osim skraćivanja vremena oslikavanja kod IQ SPECT-a, moguće je smanjiti i apliciranu aktivnost, a time i apsorbiranu dozu predanu pacijentu i osoblju [2].

Pozicioniranje

Pacijenta treba udobno polegnuti na dijagnostički stol sa rukama iznad glave. U kliničkoj praksi ponekad je vrlo teško centrirati miokard unutar područja najvećeg uvećanja multifokalnog kolimatora. Radiološki tehnolozi nailaze na poteškoće pri pozicioniranju osobito kod korpulentnijih pacijenata, pikničkog tipa konstitucije pacijenta (veliki opseg pacijenta limitira orbitu detektora), zatim u slučajevima nejasne anatomije lijeve klijetke (veliki perfuzijski defekt, značajna hipertrofija miokarda sa stanjenjem stijenke), pomicanja pacijenta i preintezivne aktivnosti u crijevima. Neadekvatno pozicioniranje pacijenta može negativno utjecati na kvalitetu dijagnostičke informacije.

Kod IQ SPECT-a radiološki tehnolog mora ručno postaviti kursor u lijevu klijetku miokarda te se nakon toga, prilikom repositioniranja detektora, isti simultano prilagode za poravnavanje miokarda unutar regije najvećeg uvećanja.

Najosjetljiviji dio multifokalnog kolimatora je dovoljne veličine da može obuhvatiti lijevu klijetku čak i kod manjih odstupanja u pozicioniranju što olakšava rad radiološkog tehnologologa kada uvjeti nisu idealni. Rezultati studije koju su proveli autori Caobelli i ostali navode da male pogreške u pozicioniranju (≤ 2.5 cm) kod IQ SPECT-a vjerojatno neće značajno utjecati na krajnje dijagnostičke rezultate [5]. Zaključak je bio da s korektnim centriranjem ili blagim stupnjem pogreške u pozicioniranju miokarda, slike ne pokazuju razlike, bilo kvalitativno ili kvantitativno. Rezultati dobiveni prilikom većih odstupanja u pozicioniranju (do 4.5 cm) razlikovali su se po uniformnosti i kontrastu ishemijskog defekta [5].

Stoga, radiološki tehnolog svojom vještinom može prilagoditi svako oslikavanje kako bi se dobila najveća moguća kvaliteta slikovnih podataka, naravno uzimajući uvijek u obzir kardio-centrično pozicioniranje miokarda unutar *sweet spot*-a. Primjerice, kod pacijenata koji pate od raznih tegoba mišićno-koštanog sustava, bolova u ramenom pojasu, uznemireni su te im je teško nepomično ležati s rukama podignutim iznad glave, moguće je prilagoditi položaj kako bi takvi pacijenti bili udobno smješteni čime će biti izbjegnuta pojava artefakata zbog pomicanja pacijenta tijekom dijagnostičkog postupka.

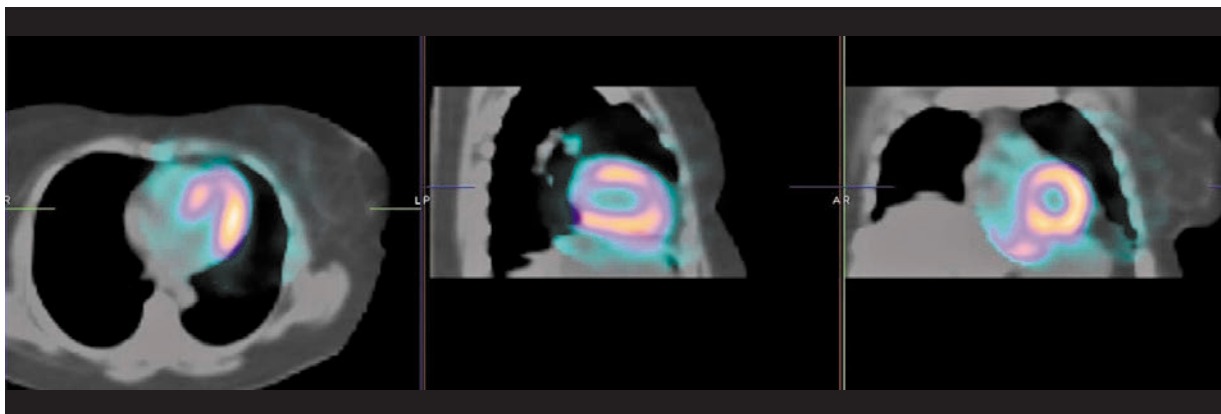
Rezultati

U jedno i pol godišnjem razdoblju otkako su uvedene perfuzijske tomografije miokarda na Odjelu za nuklearnu medicinu u Općoj bolnici Pula obrađeno je 140 pacijenata (64 muškaraca i 56 žena). Kod 15 pacijenata zbog visokog krvnog tlaka, bolova u prsima ili subjektivnih smetnji nije bilo moguće provesti postupak do kraja. Navedeni pacijenti nisu uključeni u statistiku. Perfuzijske tomografije miokarda provedene su koristeći standardni protokol oslikavanja, dan od strane proizvođača. U tablici 1, navedene su prosječne administrirane aktivnosti po skupini pacijenata te broj i spol pacijenata.

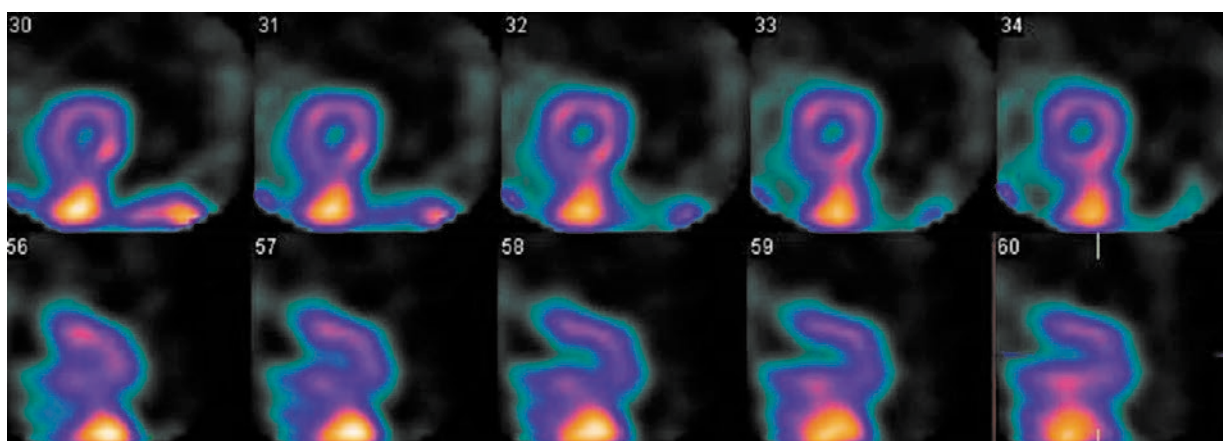
Tablica 1. Prosječne administrirane aktivnosti po određenim skupinama pacijenata

Prosječna administrirana aktivnost (MBq)	407	444	481	500
Masa (kg)	<70	70-89	90-110	>110
Broj pacijenata - žene	23	25	6	2
Broj pacijenata - muškarci	3	38	20	3

Dijagnostičke referentne razine (DRL) predstavljaju koristan alat u procesu optimizacije dijagnostičkih procedura te se koriste za usporedbu lokalne prakse s nacionalnim i međunarodnim smjernica. Stoga su na Odjelu za nuklearnu medicinu u OB Pula uspostavljene lokalne DRL vrijednosti. Lokalna DRL vrijednost za perfuzijsku tomografiju miokarda s ^{99m}Tc - tetrofosminom iznosi 451 MBq. Usporedbom s nacionalnim DRL vrijednostima i tipičnim vrijednostima



Slika 3. Snimka korpulentnije pacijentice s voluminoznim dojčkama, Courtesy of Siemens Healthcare GmbH



Slika 4. Pretjerana akumulacija radiofarmaka u crijevima, Courtesy of Siemens Healthcare GmbH

za Hrvatsku [6], uočeno je da je lokalna razina 33% manja od publicirane vrijednosti, što je i očekivano s obzirom na dostupnost IQ SPECT tehnologije.

Problem pozicioniranja uočen je kod korpulentnih pacijenata, pacijentica sa voluminoznim dojčkama (Slika 3) i osobito kod pacijenata sklonih usporenoj probavi gdje je akumulacija radiofarmaka u crijevima visoka (Slika 4) te je ponekad vrlo teško razlikovati miokard i postaviti ga u prostor najveće magnifikacije. Metodom provjere broja impulsa u regiji interesa preporučenom od strane proizvođača (ROI postavljen u lijevoj klijetki miokarda na referentni sken) došli smo do zaključka da nema znatnijeg odstupanja u broju impulsa čak i ako je administrirana aktivnost kod korpulentnih pacijenata nešto ispod preporučene, što također potvrđuje vrlo visoku osjetljivost sustava. U svega nekoliko pacijenata gdje je broj prikupljenih impulsa u regiji od interesa, zbog djelomične paravenozne aplikacije radiofarmaka, bio ispod 9 (donja granica preporučena od strane proizvođača), povećanjem vremena po pogledu (eng. *time per view*) bilo je moguće prikupiti

zadovoljavajući broj impulsa, ipak, bez znatnog povećanja ukupnog vremena oslikavanja.

Zaključak

U primjeni IQ SPECT tehnologije od velike je važnosti pozicioniranje pacijenta, na što radiološki tehnolozi trebaju obratiti posebnu pažnju. Također su važni i svi drugi segmenti izvođenja pretrage jer svaki i najmanji propust može imati za posljedicu slikovne podatke nedovoljne kvalitete. Cilj je da se integracijom usvojenih znanja, primjenom novih tehnologija, suradnjom s drugim stručnjacima u području te korištenjem stečenih vještina i kreativnosti u radu, uspije postići bolji krajnji rezultat, a to su dijagnostički prihvatljivi slikovni podaci, dobiveni u što kraćem vremenu, uz što manju administriranu aktivnost. IQ SPECT, kao i sve druge suvremene tehnologije u dijagnostici, unaprijeđuje i proširuje spektar rada radiološkog tehnologa te nudi nove izazove u struci. ■

Importance of Patient Positioning in Myocardial Perfusion Tomography with IQ SPECT Technology

Abstract

The new generation of cardio-centric systems with multifocal collimators and advanced reconstruction methods provides higher sensitivity compared to the conventional systems and high image quality as well. This enables the reduction of both administered activity and acquisition time without compromising the image quality, which, among others, represents a benefit from the radiation protection point of view for patients and staff. The unique design of advanced systems requires special attention in the patient positioning and locating the myocardium inside the area of maximum sensitivity, which represents an additional challenge in the technologist role.

Keywords: cardio-centric systems, multifocal collimators, advanced reconstruction methods, administered activity reduction, patient positioning

Literatura

1. Fabien Hyafil, Alessia Gimelli, Riemer H. J. A. Slart, Panagiotis Georgoulas, Christoph Rischpler, Mark Lubbernik, Roberto Sciaga, Jan Bucerius, Denis Agostini, and Hein J. Verberne on behalf of the Cardiovascular Committee of the European Association of Nuclear Medicine, EANM procedural guidelines for myocardial perfusion scintigraphy using cardiac-centered gamma cameras, *European Journal of Hybrid Imaging* 3, Article number: 11, 2019. doi: 10.1186/s41824-019-0058-2.
2. Hans Vija, James Chapman, Manjit Ray. IQ SPECT Tehnology www.siemens.com/mi
3. Kenichi Nakajima, Koichi Okuda, Mitsuru Momose, Shinro Matuso, Chisato Kondo, Masayoshi Sarai, Takayuki Shibutani, Masahisa Onoguchi, Takeshi Shimizu, A. Hans Vija. IQ SPECT technology and its clinical applications using multicenter normal databases. *Annals of Nuclear Medicine* 2017; 31(9): 649-659. Published online 2017 Sep 22. doi: 10.1007/s12149-017-1210-3.
4. Orazio HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Zoccarato+O&cauthor_id=24272971" HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Zoccarato+O&cauthor_id=24272971" Zoccarato, Camilla HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Scabbio+C&cauthor_id=24272971" Scabbio, Elena De Ponti, Roberta HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Matheoud+R&cauthor_id=24272971" Matheoud, Lucia Leva, Sabrina HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Morzenti+S&cauthor_id=24272971" Morzenti, Marco HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Menzaghi+M&cauthor_id=24272971" Menzaghi, Riccardo HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Campini+R&cauthor_id=24272971" Campini, Claudio HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Marcassa+C&cauthor_id=24272971" Marcassa, Angelo Del HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Del+Sole+A&cauthor_id=24272971" Sole, Silvana HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Garancini+S&cauthor_id=24272971" Garancini, Cinzia Crivellaro, Marco Brambilla, Michela HYPERLINK "https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Lecchi+M&cauthor_id=24272971" Lecchi. Comparative analysis of iterative reconstruction algorithm with resolution recovery for cardiac SPECT studies. *Journal of Nuclear Cardiology*, 2014 Feb, 21(1), 135-48. doi: 10.1007/s12350-013-9821-0.
5. Federico Caobelli, FEBMN, Stefano Ren Kaiser, James Thomas Thackeray, Frank Michael Bengel, FAHA, Matteo Chieriegato, Alberto Soffientini, Claudio Pizzocaro, Giordano Savelli, Ugo Paolo Guerra, Marco Galelli, and Orazio Zoccarato. The importance of a correct positioning of the heart using IQ-SPECT system with multifocal collimators in myocardial perfusion imaging: A phantom study. *Journal of Nuclear Cardiology* 2015 Feb; 22(1): 57-65. doi: 10.1007/s12350-014-9994-1. Epub 2014 Oct 2.
6. Dea Dundara Debeljuh, Slaven Jurković, Ivan Pribanić, Frano Poljak, Ivana Kralik, Branislav Krstonošić, Ante Bralić, Tamara Bajan, Ondina Božac Jokić, Ljiljana Vidošević, Danijela Kumrić, Ivana Zrilić, Doris Šegota, Ana Diklić, Đeni Smilović Radojčić, Jenia Vassileva. National survey to set diagnostic reference levels in nuclear medicine single photon emission imaging in Croatia. *Physica Medica* 78, 2020, 109-116. doi: 10.1016/j.ejmp.2020.09.005 .