

## VPLIV INDEKSA TELESNE MASE NA OBSEVANOST PACIENTOV PRI SLIKANJU MEDENICE

### THE INFLUENCE OF BODY MASS INDEX ON RADIATION DOSE IN PELVIC RADIOGRAPHY

Nejc Mekiš

Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Oddelek za radiološko tehnologijo, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

Korespondenca/Correspondence: viš. pred. dr. Nejc Mekiš, E-mail: nejc.mekis@zf.uni-lj.si

Prejeto/Received: 13.3.2017

Sprejeto/Accepted: 21.3.2017

### IZVLEČEK

**Uvod:** Debelost se je v zadnjih tridesetih letih, po podatkih WHO, v svetu podvojila. V Sloveniji je imelo leta 2007 več kot 55% oseb, starejših od 15 let, prekomerno telesno maso. Na podlagi teorije pa je znano, da se doza ionizirajočega sevanja, ki jo prejmejo pacienti, povečuje z višanjem telesne mase posameznika.

**Namen:** Namen raziskave je bil ugotoviti, kakšen vpliv ima povišanje indeksa telesne mase (ITM) pri slikanju medenice v splošni radiografiji, in sicer kako vpliva na produkt doze in površine (dose ared product – DAP), efektivno dozo (E) in dozo na izbrane organe.

**Metode:** V raziskavo je bilo zajetih 110 pacientov, ki so bili napoteni na rentgensko slikanje medenice. Pri pacientih sem poleg ekspozicijskih pogojev zajel tudi podatka o telesni masi in višini, iz katerih sem izračunal ITM. Paciente sem glede na ITM razdelil v tri skupine, in sicer v skupino z normalno telesno maso, skupino s prekomerno telesno maso in skupino debelih pacientov. Pri teh treh skupinah sem med seboj primerjal vrednosti DAP, efektivne doze in doze na izbrane organe. Zadnji dve vrednosti sem izračunal s pomočjo PCXMC programa. Za izvedbo raziskave sem pridobil dovoljenje ustanove in dovoljenje Komisije RS za medicinsko etiko.

**Rezultati in razprava:** Ugotovil sem, da se DAP pri pacientih s prekomerno telesno maso v povprečju poveča za 75% pri debelih pacientih pa kar za 176%. Povečanje efektivne doze je bilo za 55 oz. 122%. Podobno kot efektivna doza se je povečala tudi doza na izbrane organe. Vsi parametri so bili na podlagi Kruskal-Wallis testa statistično značilno različni.

**Zaključek:** Na podlagi rezultatov lahko zaključim, da ITM močno vpliva na dozo, ki jo prejmejo pacienti pri slikanju medenice v splošni radiografiji.

**Ključne besede:** indeks telesne mase, debelost, ionizirajoče sevanje, povečanje dozne obremenitve

### ABSTRACT

**Introduction:** According to the WHO evidence, obesity worldwide has more than doubled in the last thirty years. In Slovenia, for example, more than 55 % of the population aged 15 and over was overweight in the year 2007. It has been established that patients with higher body weight need higher exposure parameters and are therefore significantly more exposed to higher doses of ionizing radiation.

**Aim:** The present study was designed to determine the effect of higher body mass index (BMI) on radiation dose received by the patients during pelvic radiography, e.g. the effect of higher BMI on dose area product (DAP), effective dose (E) and dose to selected internal organs.

**Methods:** The study sample consisted of 110 patients referred to the pelvic radiography. The data about the exposure parameters and the patients' BMI were taken into consideration. The study participants were divided into three groups according to their BMI: normal weight, overweight and obese. The DAP, effective dose, and dose to selected internal organs were compared across the three groups. The last two parameters were calculated using the PCXMC programme. Prior to the study, the National medical ethics committee approval was obtained.

**Results and discussion:** The DAP value in the overweight patients was 75 % higher than in the group with normal weight. The DAP value in the group of obese patients was 176% higher than in the group with normal weight. The increase of the effective dose was 55% and 112%. The average increase of the dose to organs was similar to the results of the effective dose. The Kruskal-Wallis test determined the statistically significant difference of all parameters.

**Conclusion:** The results of the current study confirm that the BMI has a significant effect on the radiation dose received by the patients in pelvic radiography.

**Key words:** body mass index, obesity, ionizing radiation, higher radiation dose

## UVOD

Glede na poročilo Svetovne zdravstvene organizacije (2016) se je debelost na svetu od leta 1980 podvojila, pri čemer je prekomerno težkih že več kot 600 milijonov odraslih oseb, starejših od 18 let (WHO a, 2017). Podatki za Slovenijo iz leta 2007 kažejo, da ima več kot 55% oseb, starejših od 15 let, prekomerno telesno težo (Statistični urad RS, 2009). Za določanje prekomerne teže se uporablja indeks telesne mase (ITM), ki se izračuna po formuli:  $ITM = (\text{masa v kilogramih}) / (\text{višina v metrih})^2$ . Glede na klasifikacijo WHO ločimo ITM na štiri glavne skupine in več podskupin. Celotna razporeditev je predstavljena v tabeli 1 (WHO b, 2017).

**Tabela 1: Razvrstitve vrednosti ITM po definiciji Svetovne zdravstvene organizacije (WHO b, 2017)**

Kategorija	ITM	Razvrstitev glede na ITM
huda podhranjenost	< 16,0	podhranjenost/suhost
zmerna podhranjenost	16,0 – 16,99	
blaga podhranjenost	17,0 – 18,49	
normalna telesna masa	18,5 – 24,99	normalna telesna masa
prekomerna telesna masa	25,0 – 29,99	prekomerna telesna masa
debelost 1. stopnje	30,0 – 34,99	debelost
debelost 2. stopnje	35,0 – 39,99	
debelost 3. stopnje	> 40	

V splošni radiografiji je rentgensko slikanje medenice ena izmed petih najbolj dozno obremenjujočih preiskav. Glede na zadnjo vseevropsko raziskavo sta povprečna učinkovita doza pri slikanju medenice od 3,5 do 10 mGy, povprečni produkt doze in površine (DAP) pa od 150 do 700  $\mu\text{Gy m}^2$  (European Union, 2014).

Že v preteklih raziskavah (Ector et al., 2007; Yanch et al., 2009; Majewska et al., 2011; Vargas et al., 2012; Hsi et al., 2013; Smuck et al., 2013; Wang et al., 2013; Cushman et al., 2016; Ladia et al., 2016) so ugotovili, da ima velik vpliv na dozo, ki jo prejmejo pacienti tudi ITM oz. previsoka teža pacientov. Ector et al. (2007) opisujejo, da je bila zaradi previsokega ITM DAP vrednost pri debelih pacientih, ki so imeli radiofektiveno ablacijo, trikrat višja, kot pri tistih z normalno telesno maso. Wang et al. (2013) so zaključili, da je učinkovita doza pri računalniški tomografiji urotrakta pri debelih pacientih kar trikrat večja, kot pri pacientih z normalno telesno maso. Da debelost ne vpliva samo na dozo pri odraslih pacientih, so v svoji raziskavi ugotovili Ladia et al. (2016), ki so ugotavljali, kako povečan ITM vpliva na dozo otrok pri slikanju abdominalnih in prsnih organov. Primerjali so doze pri otrocih, starih od 5 do 6,5 let in ugotovili, da je bila vstopna kožna doza (VKD) pri otrocih s povečanim ITM pri slikanju prsnih organov za 13,6% višja, učinkovita doza (E) pa za 18,9%; pri slikanju abdominalnih in prsnih organov za 15%, E pa za 21,8%.

## NAMEN

Namen raziskave je prikazati, kakšen vpliv ima ITM na DAP, učinkovito dozo in dozo na organe, pri katerih je doza presejala 0,1 mGy, pri preglednem slikanju medenice. Na podlagi pregleda literature sem si zastavil naslednja raziskovalna vprašanja:

V1: Ali povečanje ITM vpliva na povečanje dozne obremenitve za paciente pri slikanju medenice?

V2: Ali obstaja povezava med ITM in DAP ter med ITM in učinkovito dozo?

V3: Kakšna je obsevanost izbranih organov pri slikanju medenice in kako se le-ta povečuje zaradi večjega indeksa telesne mase.

## MATERIALI IN METODE

Izvedel sem presečno študijo z eksperimentalno metodo. V raziskavo je bilo vključenih 110 pacientov, ki so bili napoteni na rentgensko slikanje medenice. Za izvedbo raziskave sem pridobili dovoljenje Komisije RS za medicinsko etiko.

Vse radiološke posege sem opravil na rentgenskem aparatu Axiom Aristos FX Plus proizvajalca Siemens (Siemens AG, Germany), ki ima možnost izbire gorišč velikosti 0,6 ali 1,0 mm. Lastna filtracija koristnega snopa je 2,5 mm aluminija. Možna je uporaba dodatne filtracije od 0 do 0,3 mm bakra, ki se lahko dodaja po 0,1 mm. Razpon anodne napetosti rentgenske cevi je od 40 do 150 kV. Uporabljena je bila radiografska rešetka z razmerjem 15 : 1, število lamel na cm je bilo 80, optimalna razdalja gorišče–slikovni sprejemnik (RGS) pa 150 cm. Za zajem slike se uporablja digitalni detektorski sistem proizvajalca Trixell Pixium (4600) iz amorfnega silicija, velikosti 43 × 43 cm (Siemens, Germany).

Osnovni protokol slikanja medenice na omenjeni diagnostiki je: veliko gorišče (1 mm), RGS 150 cm, napetost 81 kV in avtomatski nadzor ekspozicije z izbiro obeh stranskih ionizacijskih celic.

Pri raziskavi sem zajel podatke o anodni napetosti (kV), tokovnem sunku (mAs), RGS, velikosti slikovnega polja, produktu doze in površine (DAP) ter podatke o višini in masi pacientov. Na podlagi izmerjene višine in mase sem izračunal ITM.

Za izračun učinkovite doze in doze na posamezne organe sem uporabil program PCXMC 2.0, ki uporablja simulacijsko metodo Monte Carlo in pri izračunu poda poleg učinkovite doze tudi dozo na 29 organov (Servomaa, Tapiovaara, 1998). Izračun dozne obremenitve je bil narejen za vsakega pacienta posebej, glede na ekspozicijske pogoje, njegovo telesno višino in maso ter velikost polja in DAP. V rezultatih bom predstavil dozo na izbrane organe, na katerih je absorbirana doza presejala 0,1 mGy. Tako so bili v raziskavo zajeti debelo in tanko črevo, jajčniki, maternica, mehur, testisi in prostata.

Za prikaz rezultatov na podlagi ITM sem se odločil, da bom prikazal rezultate v treh skupinah in sicer ITM < 24,99, kar pomeni normalno telesno maso, ITM med 25,0 in 29,99 – prekomerna telesna masa in ITM > 30 – debelost.

Statistično analizo sem naredil v programu IBM SPSS statistics 23. Za obdelavo rezultatov sem uporabil osnovne statistične teste (izračun povprečja, mediane, standardnega odklona, minimuma in maksimuma), za ugotavljanje normalne porazdelitve vzorca sem uporabil Shapiro Wilkov test. Ker podatki niso bili normalno porazdeljeni, sem za izračun razlik med različnimi dozami uporabil Kruskal-Wallisov test. Za izračun

korelacije med ITM in DAP ter med ITM in efektivno dozo pa sem uporabil Spearmanov korelacijski koeficient. Pri preverjanju domnev je bila uporabljena običajna stopnja tveganja, 5%.

## REZULTATI IN RAZPRAVA

V skupini z normalno tesno maso je bilo 43 pacientov, v skupini s prekomerno telesno maso 47 in v skupini debelih 20. Povprečen ITM je bil pri vseh treh skupinah 26,7, kar pomeni, da so imeli pacienti, zajeti v raziskavo, v povprečju prekomerno telesno maso. Povprečne vrednosti ITM v posameznih treh skupinah so predstavljene v tabeli 2.

Tabela 2: Vrednosti ITM v vseh treh skupinah

Normalna telesna masa (povprečje ± std. odklon)	Prekomerna telesna masa (povprečje ± std. odklon)	Debelost (povprečje ± std. odklon)
22,8 ± 1,7	27,4 ± 1,4	33,3 ± 2,3

V tabeli 3 so navedene povprečne vrednosti DAP pri posameznih skupinah. Ugotovil sem, da je se povprečna vrednost DAP-a pri pacientih s prekomerno telesno maso, v primerjavi s pacienti z normalno telesno maso, povečala za 75%. Doza pri debelih pacientih pa je kar za 176% višja od tiste pri pacientih z normalno telesno maso.

Tabela 3: Vrednosti DAP v vseh treh skupinah

ITM	Število pacientov	Povprečje ± std. odklon ( $\mu\text{Gy m}^2$ )	Minimum ( $\mu\text{Gy m}^2$ )	Maksimum ( $\mu\text{Gy m}^2$ )
normalna telesna masa	43	51,0 ± 18,0	20,1	121,6
prekomerna telesna masa	47	89,5 ± 29,9	56,5	190
debelost	20	140,8 ± 62,2	49,5	366

Na podlagi Kruskal-Wallis testa sem ugotovil, da obstajajo statistično značilne razlike med vrednostmi DAP-a med vsemi tremi skupinami ( $p < 10^{-3}$ ).

Rezultati moje raziskave se delno ujemajo z rezultati raziskave Ector et al. (2007), le da je v moji zvišanje DAP-a za 75 oz. in 176%, pri omenjeni raziskavi pa 111 oz. 270%. Vzrok za to je verjetno uporaba različne tehnologije slikanja.

Podobne rezultate kot pri DAP vrednostih sem dobil tudi pri primerjavi efektivnih vrednosti doz. Efektivna doza se je pri pacientih s prekomerno težo v primerjavi s pacienti z normalno težo povečala za 55%, pri debelih pacientih pa je bila višja za 122%. Podrobnejši rezultati so predstavljeni v tabeli 4.

Tabela 4: Vrednosti efektivne doze v vseh treh skupinah

ITM	Število pacientov	Povprečje ± std. odklon (mSv)	Minimum (mSv)	Maksimum (mSv)
normalna telesna masa	43	0,09 ± 0,03	0,03	0,17
prekomerna telesna masa	47	0,14 ± 0,04	0,09	0,28
debelost	20	0,20 ± 0,08	0,06	0,48

S Kruskal-Wallis testom sem ugotovil, da obstajajo statistično značilne razlike med vrednostmi efektivne doze med vsemi tremi skupinami ( $p < 10^{-3}$ ).

Rezultati zvišanja efektivne doze v moji raziskavi se ujemajo s tistimi, ki jih navajajo Ector et al. (2007), ki so uporabili enak program za izračun efektivne doze kot v jaz (PCXMC). Ugotovili so, da se efektivna doza pri prekomerno težkih pacientih zviša za 75% pri debelih pa za 156%.

Kot je bilo navedeno v metodologiji, so bili v raziskavo zajeti samo organi, katerih doza je presegala 0,01 mGy. Največjo dozo pri slikanju medicine so prejeli testisi, kar je bilo pričakovano, saj ležijo izven telesa in rentgensko sevanje predhodno ne oslabi v tkivih, ki ležijo nad njimi. Najnižjo dozo smo izmerili na debelo in tanko črevo ter jajčnike, pri katerih je bila povprečna doza v vseh treh skupinah skoraj enaka.

Tabela 5: Vrednosti doze na izbrane organe v vseh treh skupinah

Organ	ITM	Povprečje ± std. odklon (mGy)	Zvišanje doze (%)
debelo črevo	normalna telesna masa	0,18 ± 0,05	
	prekomerna telesna masa	0,27 ± 0,09	50
	debelost	0,38 ± 0,14	111
tanko črevo	normalna telesna masa	0,17 ± 0,05	
	prekomerna telesna masa	0,26 ± 0,09	53
	debelost	0,37 ± 0,14	118
jajčniki	normalna telesna masa	0,19 ± 0,06	
	prekomerna telesna masa	0,29 ± 0,09	53
	debelost	0,38 ± 0,14	100
maternica	normalna telesna masa	0,25 ± 0,08	
	prekomerna telesna masa	0,39 ± 0,12	56
	debelost	0,53 ± 0,21	112
mehur	normalna telesna masa	0,43 ± 0,14	
	prekomerna telesna masa	0,71 ± 0,23	65
	debelost	1,03 ± 0,43	140
testisi	normalna telesna masa	0,67 ± 0,21	
	prekomerna telesna masa	1,15 ± 0,37	72
	debelost	1,76 ± 0,75	163
prostata	normalna telesna masa	0,32 ± 0,06	
	prekomerna telesna masa	0,50 ± 0,16	56
	debelost	0,70 ± 0,28	119

Doza na vse organe se je pri pacientih s prekomerno težo v primerjavi s tistimi z normalno telesno težo povprečno

povečala za 58%. Največje povečanje doze je bilo pri testisih, najmanjše pa pri debelem črevesu. Povprečno zvišanje doze pri debelih pacientih pa je bilo za 123%. Največje zvišanje doze je bilo tudi v tej skupini izmerjeno pri testisih, najmanjše pa pri jajčnikih. Natančnejši rezultati doz na posamezne organe so predstavljeni v tabeli 5.

Za vsak organ posebej sem opravil še statistično analizo s Kruskal-Wallis testom, pri čemer sem ugotavljal ali se doze v treh skupinah statistično razlikujejo. Na podlagi tega testa sem ugotovil, da pri vseh organih obstaja statistično značilna razlika ( $p < 10^{-3}$ ) med vsem tremi skupinami ITM.

Moji rezultati se ne ujemajo z rezultati raziskave Ladia et al. (2016), v kateri so ugotovili, da se doza na organe med normalno težkimi in debelimi pediatričnimi pacienti zviša povprečno za 19%. V svoji raziskavi sem ugotovil povprečno zvišanje doz za 58 oz. 123%. To pripisujem temu, da sem obravnaval odrasle paciente ter da sem paciente glede na ITM razporedil v tri in ne v dve skupini, kot Ladia et al. (2016).

Omeniti je potrebno, da je bila anodna napetost pri vseh pacientih enaka (81 kV), ker protokola slikanja nisem spreminjal. Anodna napetost je usklajena s smernicami za digitalno radiografijo, kjer je navedeno, da je primerna anodna napetost za rentgensko slikanje medenice med 75 in 90 kV. Če bi pri močnejših pacientih zvišal anodno napetost bi se verjetno zmanjšala obsevanost pacientov in posameznih organov (Busch et al. 2004).

Povezavo med ITM in DAP sem izvedel s pomočjo Spearmanovega korelacijskega koeficienta in ugotovil, da obstaja med njima močna povezava ( $r = 0,841$ ). Prav tako sem močno povezavo ugotovil tudi med ITM in E ( $r = 0,797$ ).

## ZAKLJUČEK

Na podlagi pridobljenih rezultatov sem ugotovil, da ITM pri slikanju medenice vpliva na DAP, efektivno dozo in dozo na izbrane organe. Vrednosti DAP so se pri pacientih s prekomerno telesno maso in pri tistih, ki so bili uvrščeni v skupino debelih pacientov, v primerjavi s pacienti z normalno telesno maso, povišale za 75 oz. 176%. Odstotek zvišanja efektivne doze je znašal 55 oz. 122%, zvišanje doze na izbrane organe pa je bilo zelo podobna zvišanju efektivne doze, in sicer 58 oz. 123%. Ugotovil sem tudi, da sta DAP in efektivna doza močno povezana z ITM. Kot je bilo pričakovano, ima ITM zelo velik vpliv na dozo, ki jo prejmejo pacienti pri rentgenskem slikanju, zato je potrebno pri preverjanju le-te upoštevati tudi njihov ITM, saj so doze pri močnejših pacientih lahko do nekajkrat višje kot pri tistih z normalno telesno maso.

## LITERATURA

- Busch HP, Decker MD, Schilz C, Jockenhöfer A, Busch MD, Anschütz M (2004) Image Quality and Dose Management For Digital Radiography. *Qual Assur* 24–51.
- Cushman D, Flis A, Jensen B, McCormick Z (2016). The Effect of Body Mass Index on Fluoroscopic Time and Radiation Dose During Sacroiliac Joint Injections. *PM R* 8(8): 767–772.
- Ector J, Dragusin O, Adriaenssens B et al. (2007). Obesity Is a Major Determinant of Radiation Dose in Patients Undergoing Pulmonary Vein Isolation for Atrial Fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 50(3): 234–242.
- European Union (2014) Diagnostic Reference Levels in Thirty-six European Countries. Part 2/2. *Radiat Prot* N° 180 1–73.
- Hsi RS, Zamora DA, Kanal KM, Harper JD (2013). Severe obesity is associated with 3-fold higher radiation dose rate during ureteroscopy. *Urology* 82(4): 780–785.
- Ladia AP, Skiadopoulou SG, Karahaliou A, Messaris GAT, Delis HB, Panayiotakis GS (2016). The effect of increased body mass index on patient dose in paediatric radiography. *Eur J Radiol* 85(10): 1689–1694.
- Majewska N, Stanisic MG, Blaszk MA et al. (2011). Clinical factors increasing radiation doses to patients undergoing long-lasting procedures: abdominal stent-graft implantation. *Med Sci Monit* 17(11): MT97-103.
- Servomaa A, Tapiovaara M (1998). Organ Dose Calculation in Medical X Ray Examinations by the Program PCXMC. *Radiat Prot Dosimetry* 80: 213–219.
- Smuck M, Zheng P, Chong T, Kao MC, Geisser ME (2013). Duration of Fluoroscopic-Guided Spine Interventions and Radiation Exposure Is Increased in Overweight Patients. *PM R* 5(4): 291–296.
- Statistični urad Republike Slovenije, 2009. Zdravje in zdravstveno varstvo v Sloveniji. [http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/pub\\_ehis\\_zdravje\\_in\\_zdravstveno\\_varstvo\\_v\\_sloveniji.pdf](http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/pub_ehis_zdravje_in_zdravstveno_varstvo_v_sloveniji.pdf). <18.3.0217>
- Vargas FG, Silva BS da, Cardoso C de O et al. (2012). Impact of body weight on radiation exposure during invasive cardiac procedures. *Rev Bras Cardiol Invasiva* 20: 63–68.
- Wang AJ, Goldsmith ZG, Wang C et al. (2013). Obesity triples the radiation dose of stone protocol computerized tomography. *J Urol* 189(6): 2142–2146.
- WHO a (2017). Obesity and overweight. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>. <18.3.2017>
- WHO b (2017). BMI classification. [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html). <18.3.2017>
- Yanch JC, Behrman RH, Hendricks MJ, McCall JH (2009). Increased Radiation Dose to Overweight and Obese Patients from Radiographic Examinations. *Radiology* 252(1): 128–139.