Utjecaj vertikalnog odstupanja od izocentra na dozu zračenja u CT dijagnostici

Marko Krpan[1], **Bruno Rajič**[1], **Marin Brajković**[1], **Vedran Markotić**[1], **Ivan Lasić**[2], **Ante Bošnjak**[3]

[1] Klinički zavod za radiologiju, Sveučilišna klinička bolnica Mostar, Mostar, Bosna i Hercegovina

[2] Odjel za medicinsku fiziku i zaštitu od zračenja, Sveučilišna klinička bolnica Mostar, Mostar, Bosna i Hercegovina

[3] Klinički odjel za kardiokirurgiju, Sveučilišna klinička bolnica Mostar, Mostar, Bosna i Hercegovina

Corresponding author: Marko Krpan, mag.rad.teh., e-mail: marko.krpansb@gmail.com

DOI: 10.55378/rv.50.1.4

Sažetak

Uvod: Precizno pozicioniranje pacijenta u izocentar CT uređaja jedan je od ključnih čimbenika za postizanje optimalne kvalitete slike i optimizaciju doze zračenja. Odstupanja stola od izocentra mogu uzrokovati geometrijske promjene na topogramu koje utječu na rad sustava automatske regulacije ekspozicije (AEC) i posljedično na primijenjenu dozu zračenja. Unatoč tome, nepravilno centriranje pacijenta i dalje je česta pojava u kliničkoj praksi.

Cilj: Kvantificirati utjecaj vertikalnog odstupanja visine stola u odnosu na izocentar na vrijednosti CTDIvol i DLP tijekom CT snimanja torakalnog i zdjeličnog fantoma na dva CT uređaja.

Ispitanici i metode: Istraživanje je provedeno na CT uređajima GE Revolution Maxima 128 i GE Revolution ES 256. Visina stola mijenjala se od –10 cm do +10 cm u koracima od 2 cm u odnosu na izocentar. Snimanja su provedena na torakalnom fantomu Multipurpose Chest Phantom N1 Lungman (Kyoto Kagaku, Japan) i zdjeličnom antropomorfnom fantomu CIRS Virtual Human Male Pelvis Phantom 801P (CIRS Inc., Norfolk, VA, USA) uz standardizirane i optimizirane protokole snimanja za svaki CT uređaj. Za svaki položaj visine stola izvedena su dva skeniranja radi pouzdanosti mjerenja. Vrijednosti CTDIvol i DLP prikupljene su iz CT izvješća o dozi svakog skeniranja.

Rezultati: Na uređaju GE Maxima podizanje stola za +10 cm rezultiralo je povećanjem doze za 71 % kod torakalnog protokola i 106 % kod zdjeličnog protokola, dok je spuštanje stola za –10 cm dovelo do smanjenja doze u rasponu od 3 % do 30 %. Na uređaju GE Revolution ES maksimalno povećanje doze iznosilo je 53 %, dok je spuštanje stola rezultiralo smanjenjem doze od 8 % do 20 %. Promjene su bile izraženije u zdjeličnim protokolima, što se može objasniti većom debljinom fantoma i većom osjetljivošću AEC algoritma na promjene projekcijske geometrije. Također su uočene veće varijacije doze na uređaju GE Maxima.

Zaključak: Vertikalno odstupanje od izocentra ima značajan i klinički relevantan utjecaj na dozu zračenja tijekom CT pretraga. Podizanje stola iznad izocentra sustavno dovodi do povećane kompenzacije sustava automatske regulacije ekspozicije i značajnog porasta CT doze. Precizno pozicioniranje pacijenta u izocentar predstavlja jednostavnu, ali ključnu mjeru optimizacije u CT dijagnostici.

Ključne riječi: CT, izocentar, CTDIvol, automatska kontrola ekspozicije, optimizacija doze

Uvod

Kompjutorizirana tomografija (CT) čini iznimno važan dio suvremene radiološke dijagnostike i odgovorna je za značajan udio ukupne medicinske izloženosti ionizirajućem zračenju. Međunarodne organizacije poput International Commission on Radiological Protection (ICRP) i International Atomic Energy Agency (IAEA) naglašavaju da CT pregledi doprinose i do 50% ukupne kolektivne medicinske doze, unatoč tome što čine relativno manji udio ukupnog broja radioloških postupaka, ali s trendom stalnog porasta (1).

Stoga optimizacija CT protokola predstavlja ključnu komponentu radiološke zaštite. Posebnu ulogu imaju tehnike koje osiguravaju pravilan rad sustava automatske regulacije ekspozicije (Automatic Exposure Control – AEC), optimizaciju tehničkih parametara snimanja te održavanje vrijednosti doze unutar dijagnostičkih referentnih razina (Diagnostic Reference Levels – DRL) (2,3).

Jedan od najvažnijih, ali često podcijenjenih čimbenika optimizacije jest precizno pozicioniranje pacijenta u izocentar CT uređaja. Izocentar predstavlja središnju točku rotacije rendgenske cijevi i detektorskog sustava. Ako je

pacijent pozicioniran izvan te točke, dolazi do geometrijskih distorzija na topogramu, odnosno povećanja ili smanjenja projicirane širine tijela, ovisno o smjeru pomaka.

AEC algoritam procjenjuje potrebnu struju cijevi na temelju analize topograma. Pogrešna geometrijska projekcija može dovesti do značajne pogreške u procjeni potrebne struje cijevi (mA) za postizanje željene razine šuma slike, što rezultira povećanjem ili smanjenjem primijenjene doze zračenja (4,5).

U kliničkoj praksi nepravilno pozicioniranje pacijenta relativno je često. Toth i suradnici pokazali su da 46 % pacijenata nije pravilno centrirano u izocentar tijekom CT snimanja. Habibzadeh i suradnici izvijestili su da 67–85 % radioloških tehnologa odstupa više od 1 cm od točnog izocentra tijekom pozicioniranja pacijenta. Takva odstupanja mogu imati mjerljiv utjecaj na dozu zračenja i kvalitetu slike. Pojedine studije navode da vertikalni pomaci od ±4 do ±6 cm mogu povećati vrijednosti CTDIvol i više od 40 %, ovisno o protokolu snimanja i konfiguraciji CT uređaja (5,6).

S obzirom na relativno visoku učestalost nepravilnog centriranja pacijenata i njihov potencijalni utjecaj na izlaganje zračenju, cilj ovog istraživanja bio je sustavno izmjeriti promjene vrijednosti CTDIvol i DLP pri pomicanju visine stola od –10 cm do +10 cm u odnosu na izocentar na dva CT uređaja različitih tehničkih karakteristika te kvantificirati razlike u dozi.

Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bio je kvantificirati utjecaj vertikalnog odstupanja položaja stola u odnosu na izocentar CT uređaja na dozu zračenja (CTDIvol i DLP) tijekom CT snimanja torakalnog i abdominalnog fantoma te usporediti dobivene promjene između dva CT uređaja različitih tehničkih karakteristika.

Materijal i metode

Istraživanje je provedeno u tercijarnoj zdravstvenoj ustanovi.

Snimanja su provedena na dva CT uređaja proizvođača General Electric. Protokoli snimanja prethodno su optimizirani i standardizirani u suradnji s odjelom za medicinsku fiziku ustanove, sukladno međunarodnim smjernicama (IAEA, ICRP) te u skladu s dijagnostičkim referentnim razinama (DRL) .

Statistička analiza provedena je deskriptivnim pristupom. Vrijednosti CTDIvol i DLP prikazane su kao apsolutne vrijednosti te kao relativne promjene u postocima u odnosu na referentni položaj izocentra (0 cm). Trendovi promjena doze analizirani su u odnosu na vertikalno odstupanje od izocentra.

CT uređaji

U istraživanju su korištena dva CT uređaja, GE Revolution Maxima 128 i GE Revolution ES 256.

Fantomi

Za potrebe istraživanja korištena su dva antropomorfna fantoma. Torakalni fantom: Multipurpose Chest Phantom N1 Lungman (Kyoto Kagaku, Kyoto, Japan) i zdjelični fantom: CIRS Virtual Human Male Pelvis Phantom 801P (CIRS Inc., Norfolk, VA, USA) (slika 1.). Oba fantoma snimana su u neutralnom položaju bez dodatnih modifikacija konfiguracije fantoma.

Pomicanje visine stola

Visina stola mijenjala se u rasponu od –10 cm do +10 cm u odnosu na izocentar, u koracima od 2 cm.

Za svaki položaj visine stola izvedena su dva skeniranja radi povećanja pouzdanosti mjerenja.

Za sve protokole snimanja izrađeni su anteroposteriorni (AP) i laterolateralni (LL) topogrami. Markeri izraženi u centimetrima bili su označeni na fantomima kako bi se osigurala precizna reprodukcija položaja tijekom pomicanja visine stola (slika 2.).

Parametri snimanja, uključujući duljinu topograma, FOV, početnu i završnu lokaciju snimanja te tehničke postavke skeniranja, bili su identični za svaki slikovni isječak (tablica 1.).

Prikupljanje podataka

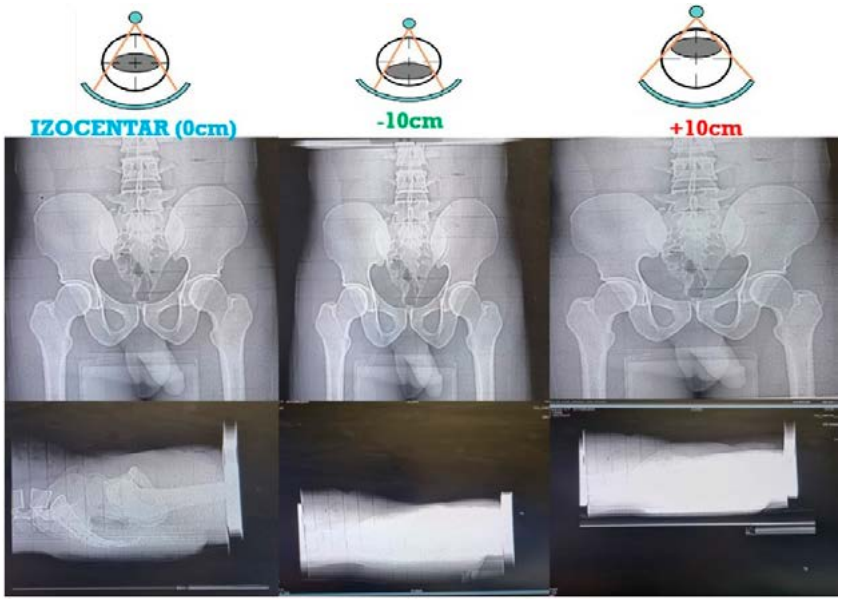
Vrijednosti **CTDIvol** i **DLP** prikupljene su iz CT izvješća o dozi svakog pojedinog skeniranja te su korištene za analizu promjena doze pri različitim visinama stola u odnosu na izocentar (slika 3.).

Tablica 1. Tehnički parametri protokola snimanja

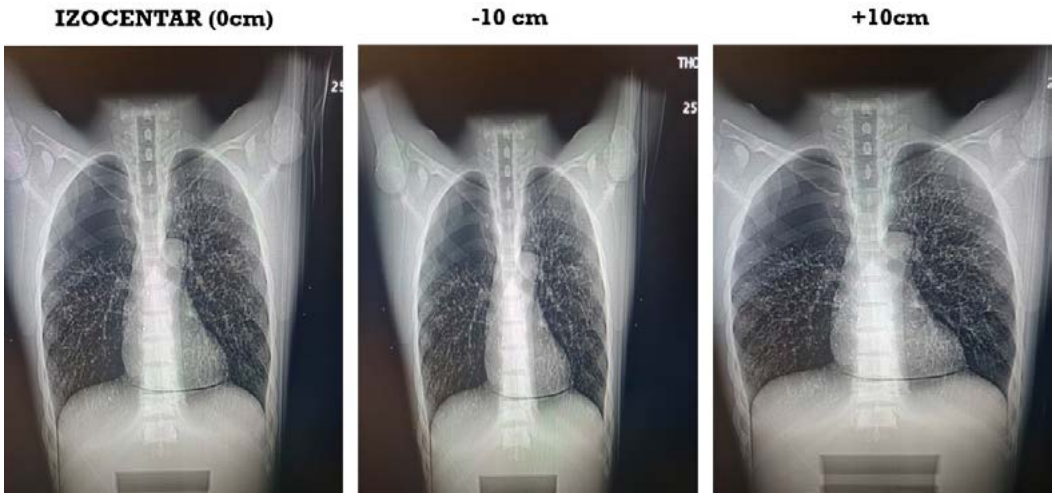
	GE Revolution ES 256 – toraks	GE Revolution Maxima 128 – toraks	GE Revolution ES 256 – zdjelica	GE Revolution Maxima 128 – zdjelica
kV	100	100	120	120
AEC	uključen (80–560 mA)	uključen (50–680 mA)	uključen (80–700 mA)	uključen (80–700 mA)
Detector coverage (mm)	80	40	80	40
Mode / debljina sloja	spiralno; 2,5	spiralno; 2,5	spiralno; 3,75	spiralno; 3,75
Pitch	0,992	0,984	0,984:1	0,984:1
Vrijeme rotacije (s)	0,5	0,6	0,5	0,8
Noise index (šum)	16	18	16	12
Redukcija doze	–	40%	–	50%



Slika 1. Torakalni i zdjelični fantomi



Slika 2. Topogrami zdjeličnog fantoma u različitim visinama stola



Slika 3. Topogrami torakalnog fantoma u različitim visinama stola

Za analizu promjena doze korištene su apsolutne vrijednosti CTDIvol i DLP te relativne promjene izražene u postocima u odnosu na referentni položaj izocentra. Trend promjene doze analiziran je linearnom procjenom odnosa između visine stola i CTDIvol/DLP.

Rezultati

Provedena je deskriptivna statistička analiza. Vrijednosti CTDIvol i DLP analizirane su kao apsolutne vrijednosti te kao relativne promjene izražene u postocima u odnosu na referentni položaj izocentra.

Rezultati pokazuju dosljedan trend promjene vrijednosti doze zračenja u ovisnosti o vertikalnom odstupanju od izocentra. S povećanjem pozitivnog odstupanja (podizanje stola iznad izocentra) dolazi do progresivnog porasta vrijednosti CTDIvol i DLP, dok negativno odstupanje (spuštanje stola ispod izocentra) rezultira smanjenjem ili manjim promjenama doze.

Kod zdjeličnog fantoma na uređaju GE Revolution Maxima 128 vrijednost DLP-a povećala se s 331 mGy·cm u izocentru na 678 mGy·cm pri visini stola od +10 cm, što predstavlja povećanje od 106 %. Smanjenjem visine stola na –10 cm zabilježeno je smanjenje doze u rasponu od 11 % do 30 %, ovisno o stupnju odstupanja. Promjene su bile izražene i već pri manjim pozitivnim odstupanjima, pri čemu je već na +2 cm zabilježen porast doze od 16 % (tablica 2.).

Na uređaju GE Revolution ES 256 zabilježen je sličan obrazac promjene doze, ali s manjim amplitudama. Vrijednost DLP-a povećala se s 139 mGy·cm u izocentru na 212 mGy·cm pri +10 cm, što odgovara povećanju od 53 %. Negativno odstupanje rezultiralo je smanjenjem doze u rasponu od 8 % do 14 % (tablica 3.).

Kod torakalnog fantoma promjene doze bile su manje izražene u odnosu na zdjelični protokol, no zadržan je isti trend. Na uređaju GE Revolution Maxima 128 povećanje doze pri +10 cm iznosilo je 71 %, dok su negativna odstupanja rezultirala minimalnim promjenama doze (do –6 %) (tablica 4.). Na uređaju GE Revolution ES 256 maksimalno povećanje doze iznosilo je 53 %, dok je spuštanje stola do –10 cm rezultiralo smanjenjem doze do 20 % (tablica 5.).

Usporedno promatranje oba uređaja pokazuje veću osjetljivost na odstupanje od izocentra kod uređaja GE Revolution Maxima 128, osobito u zdjeličnom protokolu, gdje su zabilježene najveće relativne promjene doze (slika 4.). Navedeni rezultati ukazuju na izraženu ovisnost doze o geometrijskom položaju objekta u odnosu na izocentar, uz vidljive razlike u ponašanju sustava automatske regulacije ekspozicije između analiziranih CT uređaja.

Tablica 2. Utjecaj vertikalnog odstupanja od izocentra na DLP tijekom snimanja zdjeličnog fantoma na CT uređaju GE Maxima 128

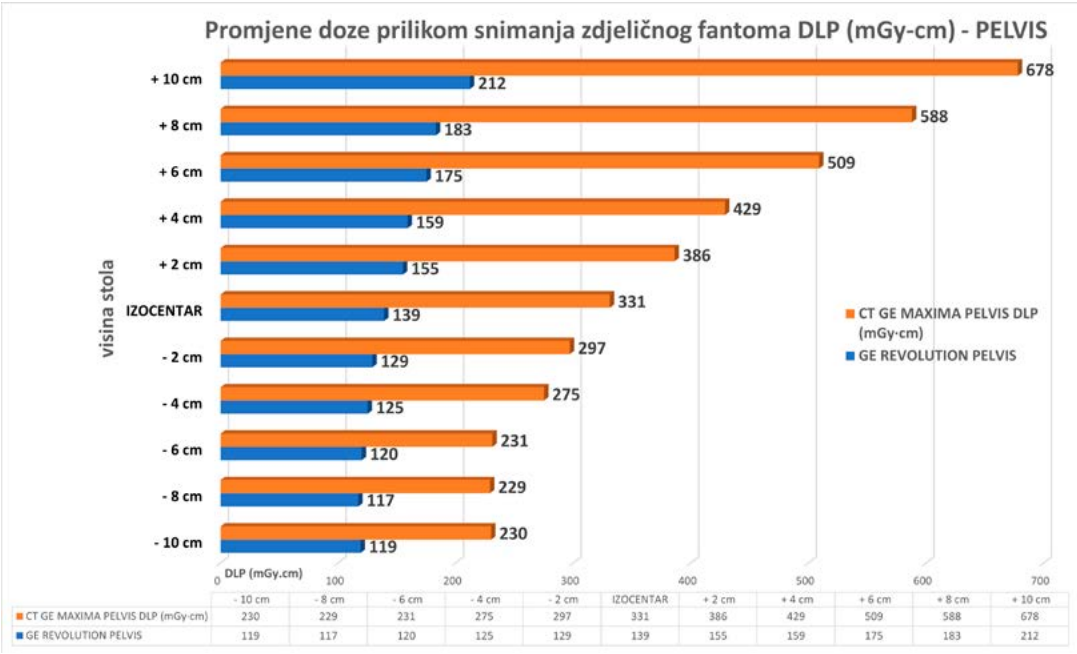
	CT GE MAXIMA 128	ZDJELICA	
VISINA STOLA	**CTDIvol (mGy)**	**DLP (mGy·cm)**	**Promjena doze**
+ 10 cm	18	678	**↑ 106%**
+ 8 cm	16	588	**↑ 78%**
+ 6 cm	13	509	**↑ 54%**
+ 4 cm	11,2	429	**↑ 29%**
+ 2 cm	10,1	386	**↑ 16%**
IZOCENTAR	8,7	331	
– 2 cm	7,7	297	**↓ -11%**
– 4 cm	7,4	275	**↓ -15%**
– 6 cm	6	231	**↓ -30%**
– 8 cm	6,2	229	**↓ -28%**
– 10 cm	6	230	**↓ -30%**

Tablica 3. Promjena DLP vrijednosti pri različitim visinama stola u odnosu na izocentar tijekom CT snimanja zdjeličnog fantoma na uređaju GE Revolution ES 256.

CT GE REVOLUTION ES 256 ZDJELICA			
VISINA STOLA	**CTDIvol (mGy)**	**DLP (mGy·cm)**	**Promjena doze**
+ 10 cm	5,2	212	**↑ 53%**
+ 8 cm	4,3	183	**↑ 32%**
+ 6 cm	4,3	175	**↑ 26%**
+ 4 cm	3,9	159	**↑ 15%**
+ 2 cm	3,8	155	**↑ 12%**
IZOCENTAR	3,4	139	
- 2 cm	3,1	129	**↓ -8%**
- 4 cm	3	125	**↓ -10%**
- 6 cm	3	120	**↓ -14%**
- 8 cm	2,9	117	**↓ -14%**
- 10 cm	2,9	119	**↓ -14%**

Tablica 4. Utjecaj vertikalnog odstupanja od izocentra na DLP tijekom snimanja torakalnog fantoma na CT uređaju GE Maxima 128.

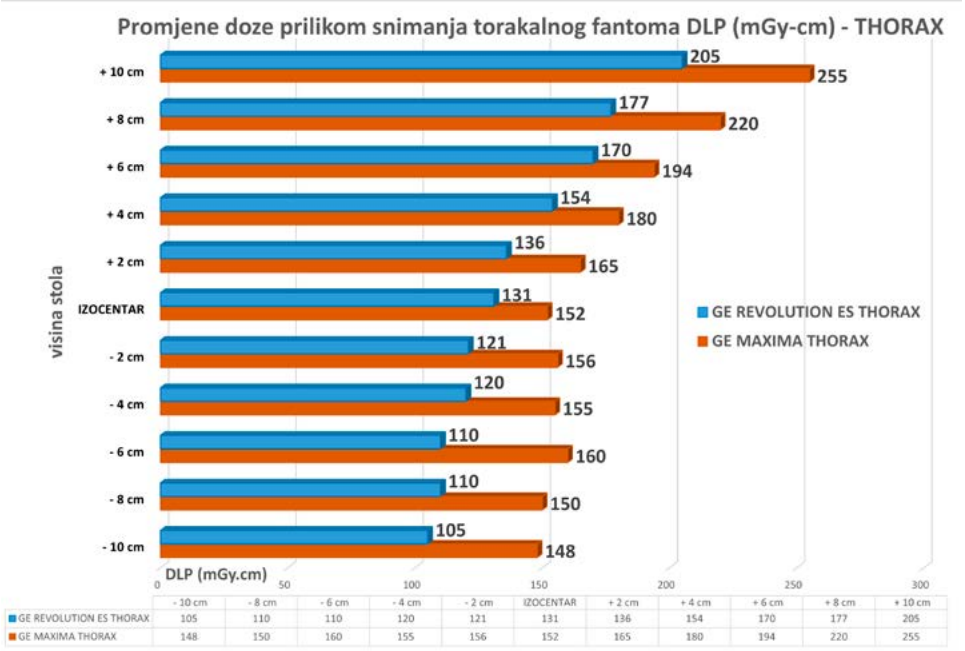
CT GE MAXIMA 128 TORAKS			
VISINA STOLA	**CTDIvol (mGy)**	**DLP (mGy·cm)**	**Promjena doze**
+ 10 cm	7,4	255	**↑ 71%**
+ 8 cm	6,4	220	**↑ 48%**
+ 6 cm	5,6	194	**↑ 29%**
+ 4 cm	5,2	180	**↑ 20%**
+ 2 cm	4,7	165	**↑ 9%**
IZOCENTAR	4,3	152	
- 2 cm	4,3	156	**↓ -3%**
- 4 cm	4,3	155	**↓ -3%**
- 6 cm	4,3	160	**↓ -6%**
- 8 cm	4,3	150	**↓ -5%**
- 10 cm	4,3	148	**↓ -3%**



Slika 4. Grafički prikaz usporedbe promjene doze prilikom snimanja zdjeličnog fantoma.

Tablica 5. Promjena DLP vrijednosti pri različitim visinama stola u odnosu na izocentar tijekom CT snimanja torakalnog fantoma na uređaju GE Revolution ES 256.

	CT GE REVOLUTION ES 256 TORAKS		
VISINA STOLA	**CTDIvol (mGy)**	**DLP (mGy·cm)**	**Promjena doze**
+ 10 cm	5,5	205	**↑ 53%**
+ 8 cm	4,9	177	**↑ 36%**
+ 6 cm	4,7	170	**↑ 31%**
+ 4 cm	4,2	154	**↑ 16%**
+ 2 cm	3,7	136	**↑ 4%**
IZOCENTAR	3,6	131	
- 2 cm	3,3	121	**↓ -8%**
- 4 cm	3,3	120	**↓ -8%**
- 6 cm	3	110	**↓ -16%**
- 8 cm	3	110	**↓ -16%**
- 10 cm	2,9	105	**↓ -20%**



Slika 5. Grafički prikaz usporedbe promjene doze prilikom snimanja torakalnog fantoma.

Rasprava

Rezultati ovog istraživanja jasno pokazuju da vertikalno odstupanje fantoma od izocentra CT uređaja ima značajan utjecaj na vrijednosti CTDIvol i DLP. U svim analiziranim protokolima zabilježen je trend povećanja doze pri podizanju stola iznad izocentra, dok je spuštanje stola rezultiralo manjim povećanjem ili smanjenjem doze (slika 5.). Najizraženije promjene zabilježene su kod zdjeličnih protokola, gdje je na uređaju GE Maxima povećanje doze pri pomaku od +10 cm iznosilo čak 106 % u odnosu na referentni položaj u izocentru.

Glavni razlog ovakvog fenomena leži u geometriji CT sustava i načinu rada automatske regulacije ekspozicije (AEC). Tijekom izrade topograma CT sustav procjenjuje veličinu i atenuaciju pacijenta na temelju projekcijske slike. Kada je pacijent ili fantom pozicioniran iznad izocentra, dolazi do smanjenja projicirane širine tijela na topogramu zbog geometrijskog efekta projekcije. Sustav to interpretira kao manju projekcijsku širinu tijela, što rezultira povećanjem struje rendgenske cijevi (mA) kako bi se postigla zadana razina šuma slike. Posljedica toga je povećanje primijenjene doze zračenja.

Suprotno tome, kada je pacijent pozicioniran ispod izocentra, projekcijska širina tijela na topogramu povećava se, što može dovesti do drugačije procjene atenuacije i smanjene potrebe za kompenzacijom struje rendgenske cijevi. Ovakav mehanizam objašnjava zašto su u ovom istraživanju povećanja doze bila znatno izraženija pri podizanju stola nego pri njegovom spuštanju.

Dobiveni rezultati u skladu su s ranijim istraživanjima koja su istraživala utjecaj centriranja pacijenta na dozu zračenja u CT dijagnostici (6). Toth i suradnici pokazali su kako nepravilno centriranje pacijenata može uzrokovati značajne promjene u vrijednostima CTDIvol zbog promjena u radu AEC sustava (7). Habibzadeh i suradnici također su pokazali da vertikalna odstupanja od izocentra mogu rezultirati povećanjem doze i pogoršanjem kvalitete slike, osobito kod većih anatomskih regija.

Slične rezultate navode i druga istraživanja koja pokazuju da nepravilno centriranje pacijenata može značajno povećati organ dozu i razinu šuma slike (8,9).

U ovom istraživanju promjene doze bile su izraženije kod zdjeličnog fantoma u odnosu na torakalni fantom. Moguće objašnjenje leži u većoj masi, konstituciji, debljini i većoj ukupnoj atenuaciji zdjeličnog fantoma, što čini AEC algoritam osjetljivijim na promjene projekcijske geometrije. Također je uočeno da su promjene doze bile izraženije na uređaju GE Maxima u usporedbi s uređajem GE Revolution ES. Ova razlika može biti povezana s razlikama u konfiguraciji detektora, širini kolimacije, algoritmima AEC sustava, karakteristikama same rendgenske cijevi kao i konstrukciji bow-tie filtra.

Klinički značaj ovih rezultata je iznimno važan. U svakodnevnoj praksi radiološki tehnolozi često se oslanjaju na laserske markere ili vizualnu procjenu prilikom pozicioniranja pacijenta. Brojna istraživanja pokazuju da značajan udio pacijenata nije optimalno centriran u izocentar. Čak i relativno mala odstupanja mogu dovesti do značajnog povećanja doze zračenja, kao što je pokazano u ovom istraživanju.

S obzirom na to da je pravilno pozicioniranje pacijenta jednostavna i brzo primjenjiva mjera, edukacija radioloških tehnologa i standardizacija postupaka pozicioniranja mogu imati značajan učinak na optimizaciju CT doze. Precizno i točno centriranje pacijenta predstavlja jednu od najjednostavnijih i najučinkovitijih strategija za smanjenje nepotrebnog izlaganja zračenju, bez negativnog utjecaja na dijagnostičku kvalitetu slike. Ovi rezultati dodatno potvrđuju da optimizacija CT doze ne ovisi isključivo o tehničkim parametrima skeniranja, već i o pravilnom izvođenju osnovnih postupaka pozicioniranja pacijenta, kao osnovnog preduvjeta za optimalan rad sustava automatske regulacije ekspozicije (10).

Ograničenja istraživanja

Ovo istraživanje ima nekoliko ograničenja koja je potrebno uzeti u obzir prilikom interpretacije rezultata. Prije svega, istraživanje je provedeno na fantomima koji, iako omogućuju standardizirane i reproducibilne uvjete snimanja, ne mogu u potpunosti odražavati anatomsku varijabilnost i heterogenost stvarnih pacijenata. Razlike u tjelesnoj konstituciji, raspodjeli tkiva i respiratornim pokretima u kliničkoj praksi mogu dodatno utjecati na rad sustava automatske regulacije ekspozicije.

Drugo ograničenje odnosi se na činjenicu da su mjerenja provedena na CT uređajima istog proizvođača. Budući da različiti proizvođači koriste različite algoritme automatske regulacije ekspozicije (npr. samo jedan startni topogram za izračun AEC, umjesto dva kao u našem slučaju), konstrukciju bow-tie filtra i rekonstrukcijske algoritme, rezultati se ne mogu u potpunosti generalizirati na sve CT sustave.

Također, u ovom istraživanju analizirane su samo vrijednosti CTDIvol i DLP, dok drugi parametri kvalitete slike, poput razine šuma ili kontrastne rezolucije, nisu kvantitativno analizirani. Buduća istraživanja trebala bi uključiti i objektivnu procjenu kvalitete slike te kliničku validaciju rezultata na pacijentima.

Zaključak

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da vertikalno odstupanje od izocentra CT uređaja ima značajan utjecaj na primijenjenu dozu zračenja tijekom CT snimanja. Podizanje stola iznad izocentra dovodi do sustavnog povećanja vrijednosti CTDIvol i DLP, dok spuštanje stola rezultira manjim promjenama ili blagim smanjenjem doze.

Dobiveni rezultati potvrđuju da čak i relativno mala odstupanja u pozicioniranju mogu rezultirati značajnim povećanjem doze zračenja, osobito kod protokola koji uključuju anatomsku regiju veće debljine, poput abdomena i zdjelice. Ovakav učinak povezan je s načinom rada sustava automatske regulacije ekspozicije koji procjenjuje debljinu pacijenta na temelju topograma.

Precizno pozicioniranje pacijenta u izocentar CT uređaja predstavlja jednostavnu, ali izuzetno važnu mjeru optimizacije CT pretraga. Standardizacija postupaka pozicioniranja i kontinuirana edukacija radioloških tehnologa mogu značajno doprinijeti smanjenju varijabilnosti doze te poboljšanju radiološke zaštite pacijenata.

Ovi rezultati naglašavaju važnost pravilnog centriranja pacijenta kao jednog od najjednostavnijih i najučinkovitijih koraka optimizacije doze u CT dijagnostici, bez potrebe za dodatnim tehničkim intervencijama ili promjenom protokola snimanja.

Literatura

1. International Commission on Radiological Protection. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann ICRP. 2007;37(6):1-63.
2. Kalra MK, Maher MM, Toth TL, Hamberg LM, Blake MA, Shepard JA, et al. Strategies for CT radiation dose optimization. Radiology. 2004;230(3):619-628.
3. American Association of Physicists in Medicine (AAPM). Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations. AAPM Report No. 204.
4. Li J, Udayasankar UK, Toth TL, Seamans J, Small WC, Kalra MK. Automatic patient centering for MDCT: effect on radiation dose. AJR Am J Roentgenol. 2007;188(2):547-552.
5. Kaasalainen T, Palmu K, Reijonen V, Kortesniemi M. Effect of patient centering on patient dose and image noise in chest CT. AJR Am J Roentgenol. 2014;203(1):123-130.
6. Kim MS, Singh S, Kalra MK, Halpern EF, Saini S. Relationship between patient centering, mean CT numbers and noise in abdominal CT: influence of anthropomorphic parameters. World J Radiol. 2012;4(3):102-108.
7. Toth T, Ge Z, Daly MP. The influence of patient centering on CT dose and image noise. Med Phys. 2007;34(7):3093-3101.
8. Habibzadeh MA, Ay MR, Kamali Asl AR, Ghadiri H, Zaidi H. Impact of miscentering on patient dose and image noise in x-ray CT imaging: phantom and clinical studies. Phys Med. 2012;28(3):191-199.
9. Barreto I, Lamoureux R, Olguin C, Quails N, Correa N, Rill L, et al. Impact of patient centering in CT on organ dose and the effect of using a positioning compensation system. J Appl Clin Med Phys. 2019;20(6):141-151.
10. Huda W, Mettler FA. Volume CT dose index and dose-length product displayed during CT: what good are they? Radiology. 2011;258(1):236-242.

Influence of vertical position of the table from the isocenter on radiation dose in CT imaging

Abstract

Introduction: Precise positioning of the patient at the CT scanner isocenter is a key factor in achieving optimal image quality and optimizing radiation dose. Deviations from the isocenter can cause geometric changes in the topogram that affect the operation of the automatic exposure control (AEC) system and consequently the applied radiation dose. Despite this, incorrect patient centering remains common in clinical practice.

Objective: The objective of this study was to quantify the influence of vertical deviation of the table height relative to the isocenter on the CTDIvol and DLP values during CT imaging of the thoracic and pelvic phantoms on two CT scanners.

Subjects and methods: The research was conducted on CT devices GE Revolution Maxima 128 and GE Revolution ES 256. The table height was changed from -10 cm to +10 cm in 2 cm increments relative to the isocenter. Imaging was performed on the Multipurpose Chest Phantom N1 Lungman (Kyoto Kagaku, Japan) and the CIRS Virtual Human Male Pelvis Phantom 801P (CIRS Inc., Norfolk, VA, USA) using standardized and optimized imaging protocols for each CT device. For each table height position, two scans were performed for measurement reliability. CTDIvol and DLP values were obtained from the dose report for each scan.

Results: On the GE Maxima, raising the table by +10 cm increased the dose by 71% in the thoracic protocol and 106% in the pelvic protocol, whereas lowering the table by -10 cm reduced the dose by 3% to 30%. On the GE Revolution ES, the maximum dose increase was 53%, while lowering the table resulted in a 8% to 20% dose reduction. The changes were more pronounced in pelvic protocols, which can be explained by the greater thickness of the phantom and the AEC algorithm's greater sensitivity to changes in projection geometry. Larger dose variations were also observed on the GE Maxima.

Conclusion: Vertical deviation from the isocenter has a significant and clinically relevant impact on radiation dose during CT examinations. Raising the table above the isocenter systematically increases the automatic exposure control system's compensation and significantly increases the CT dose. Precise positioning of the patient at the isocenter is a simple yet key optimization measure in CT diagnostics.

Key words: computed tomography (CT), isocenter, CTDIvol, automatic exposure control (AEC), dose optimization