

PRIMERJALNA ANALIZA PREJETIH DOZ PRI IZBRANIH CT PREISKAVAH V SPLOŠNI BOLNIŠNICI CELJE

COMPARATIVE ANALYSIS IN RECEIVED DOSES AT SELECTED CT EXAMINATIONS IN CELJE GENERAL HOSPITAL

Laura Vodišek¹, Mihela Jagodič¹, Matej Podsedenshek², Nejc Mekiš³

¹ Študentka študijskega programa Radiološka tehnologija 1. stopnja, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

² Splošna bolnišnica Celje, Radiološki oddelek, Oblakova ulica 5, 3000 Celje

³ Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Oddelek za radiološko tehnologijo, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

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

Prejeto/Recived: 11.5.2016

Sprejeto/Accepted: 20.6.2016

POVZETEK

Uvod: Preiskave z računalniško tomografijo (CT) so v velikem porastu, zato je pomembno, da so protokoli, ki se uporabljajo, optimizirani, tako da pacient prejme kar se da nizko dozo ionizirajočega sevanja. DLP (dose length product – produkt doze in dolžine preiskovanega področja) nam nudi informacijo o dozi, ki jo prejme pacient med preiskavo.

Namen: Namen raziskave je bil ugotoviti ali obstajajo razlike v DLP, ki jo pri izbranih CT preiskavah prejmejo pacienti na dveh različnih aparatih.

Metode dela: Raziskava je potekala v dveh delih (1. del – meritev na fantomu, 2. del – retrospektivna študija) na CT aparatih Siemens Somatom Definition in General Electric Revolution Evo (GE). Zanimala nas je vrednost DLP pri petih najpogostejših preiskavah v Splošni bolnišnici Celje. Na fantomu smo opravili 50 meritev (5 ponovitev slikanja za vsako preiskavo), v retrospektivno študijo pa smo zajeli 684 naključno izbranih pacientov.

Rezultati in razprava: Pri meritvah na fantomu smo ugotovili, da je doza pri sekvenčnem slikanju glave na aparatu GE za 45% manjša kot pri Siemensovem, pri spiralnem slikanju glave za 1% večja, pri slikanju toraksa za 62% manjša, pri slikanju abdomna za 55% manjša in za 25% večja pri CT slikanju aorte s kontrastnim sredstvom (CTA). Retrospektivna študija pa je pokazala, da je DLP skoraj pri vseh slikanjih na aparatu GE manjši, in sicer za 29% pri sekvenčnem slikanju glave, za 10% pri spiralnem slikanju glave, za 33% pri slikanju toraksa, za 10% pri slikanju abdomna, le pri CTA aorte je višji za 130%.

Zaključek: Rezultati so prikazali, da je doza povprečno nižja na aparatu GE, le pri CTA aorte so bile doze višje. Sklepamo, da je vzrok za nižjo dozo uporaba iterativne rekonstrukcije.

Ključne besede: CT, DLP, iterativna funkcija, filtered back projection, primerjava doz

ABSTRACT

Introduction: The rapidly increasing frequency of CT requires that the current protocols are optimized so that the patients receive the lowest radiation dose possible. The dose length product (DLP) – the product of dose and length of examination area - indicates the dose received by a patient during the examination.

Purpose: The aim of the study was to determine whether there are any differences in the DLP during the selected CT investigations that the patients receive from two different CT machines.

Methods: The investigation was conducted in two parts (the measurement on phantom and the retrospective study). The CT investigations were performed on the Siemens Somatom Definition CT machine and the General Electric Revolution Evo CT machine (GE). The research focused on DLP values in the five most commonly performed examinations in the Celje General Hospital. Fifty measurements were carried out in a phantom (five repetitions of imaging for each examination). The retrospective study included a random sample of 684 patients.

Results and discussion: The measurements in a phantom reveal that the dose at sequential imaging of the head is by 45% lower at GE than at Siemens, by 1% higher in the spiral imaging of the head, by 62% lower at thoracic CT, by 55% lower in abdominal CT and by 25% higher in the CTA of aorta. The findings of the retrospective study show that the dose at sequential imaging of the head is by 29% lower on GE, by 10% lower in abdominal CT and by 130% higher in the CT of aorta.

Conclusion: Results of the study indicate that the average doses are lower on GE CT machine which uses iterative reconstruction, except for the aortic CTA examination. The reason may lie in the fact that the protocols of GE apparatus are not yet optimized. Due to the noncompliance of BMI (body mass index), the thoracic and abdominal CT doses are higher in comparison to others studies.

Key words: CT, DLP, iterative reconstruction, filtered back projection, dose comparison

UVOD

Doza, ki jo dobi pacient pri CT preiskavi je višja kot pri klasičnem rentgenskem slikanju. Absorbirana doza je količina energije na enoto mase, ki jo absorbira snov, skozi katero sevanje prehaja. Enota za absorbirano dozo je Gray (Brenner et Hall, 2007). DLP (dose length product) predstavlja produkt CT doznega indeksa – CTDIvol (computed tomography dose index) in dolžine preiskovanega področja (produkt debeline reza in števila rezov pri sekvenčnem slikanju oz. produkt števila rotacij ter pomika mize pri spiralnem) v centimetrih (Coursey et Frush, 2008).

Raziskavah (Dose Datamed Project, 2014 in Shrimpton et al., 2014) navajajo, da so CT preiskave v porastu, zato je pomembno, da so protokoli optimizirani ter dozo še dodatno znižujemo. Znano je, da je večja izpostavljenost rentgenskim žarkom povezana z večjim tveganjem za nastanek raka. To je predvsem pomembno v računalniški tomografiji, saj so doze višje kot pri klasičnem rentgenskem slikanju (Dose Datamed project, 2014; Shrimpton et al., 2014).

Prejeta doza se pri CT preiskavah razlikuje pri posameznih pacientih, saj je odvisna od velikosti dela telesa, ki ga slikamo, načina slikanja in zmogljivosti CT aparata (FDA, 2016)

NAMEN

Namen raziskave je bil primerjati dozo (DLP) na dveh različnih CT aparatih, ki jih uporabljajo v Splošni bolnišnici Celje, pri čemer en od aparatov za rekonstrukcijo slik uporablja FBP (filtrirana povratna projekcija), drugi pa IR (iterativna rekonstrukcija).

Na podlagi pregledane literature smo si zastavili naslednje raziskovalno vprašanje:

Ali obstajajo razlike v prejeti dozi, ki jo pri izbranih CT preiskavah prejmejo pacienti, na dveh različnih aparatih?

METODE IN MATERIALI

Vse meritve so bile izvedene na radiološkem oddelku Splošne bolnišnice Celje. Slikanje je potekalo na dveh računalniških tomografih, in sicer Siemens Somatom Definition Dual Source in General Electric Revolution Evo CT.

Raziskavo smo opravili v dveh delih. Uporabili smo primerjalno in retrospektivno raziskovalno metodo. Primerjavo doze na podlagi DLP vrednosti smo izvedli za pet najpogostejših CT preiskav, ki se opravljajo v SB Celje. Z obstoječimi protokoli, ki se uporabljajo za slikanje pacientov, smo na fantomu izvedli naslednje CT preiskave: sekvenčno slikanje glave, spiralno slikanje glave, slikanje toraksa, slikanje abdomna v treh fazah in CTA aorte. V prvem delu smo na fantomu celega telesa merili dozo (DLP), ki jo prejme pacient pri teh slikanjih. V drugem delu pa smo retrospektivno zajeli podatke 684 pacientov, ki so opravili eno izmed izbranih slikanj.

Meritve na fantomu

Meritve na fantomu smo izvajali v SB Celje 12. 11. 2015 in 19. 12. 2015. Za vsako vrsto preiskave smo opravili pet meritev

na vsakem aparatu. Po vsakem slikanju smo fantom odstranili iz CT aparata in ga za naslednje ponovno namestili, napravili topogram in na podlagi topograma določili polje slikanja. Tako smo v meritve vključili tudi napako zaradi postavitve fantoma ter nastavitve slikovnega polja. Meritve smo opravili na fantomu celega telesa PBU 60 (Kyotokagaku Co., Ltd, Japan) (Kyotokagaku, 2015). Fantom simulira pacienta visokega 165 cm z maso 50 kg. Zaradi velikosti fantoma je potrebno upoštevati, da bodo doze pri slikanju fantoma v povprečju manjše od doz, pridobljenih na odraslih pacientih.

Protokoli, ki smo jih uporabljali, so bili enaki kot jih sicer uporabljajo za CT slikanje pacientov v SB Celje.

Retrospektivna študija

V drugem delu raziskave smo retrospektivno zajeli podatke o DLP pri 684 odraslih pacientih (starejših od 18 let), moških in žensk različnih starosti in konstitucije, ki so od novembra 2015 do maja 2016 opravili eno izmed obravnavanih preiskav na proučevanih CT aparatih. V raziskavo nismo zajeli vseh podatkov tega časovnega okvira, saj so bili nekateri podatki zaradi ponovitve slikanj oz. različnih faz slikanj neprimerni. Za izvedbo tega dela raziskave smo pridobili dovoljenje Etične komisije SB Celje. Ti podatki so prikazani v tabeli 1.

Tabela 1: Število pacientov, zajetih v retrospektivno študijo, po vrstah preiskav in vrsti CT aparata

CT preiskava \ CT aparat	Siemens	General electric
sekvenčno slikanje glave	100	100
spiralno slikanje glave	100	100
slikanje toraksa	34	26
slikanje abdomna – 3 faze	100	100
CTA aorte	14	10
skupaj	684	

Pri CT preiskavah toraksa in CTA aorte smo imeli na voljo manj podatkov kot pri ostalih. Glavni razlog je, da je GE aparat redno začel obratovati šele na začetku leta 2016, drugi pa, da se aparat nahaja na urgentnem centru Celje, kjer večinoma slikajo urgentna stanja.

V raziskavi nismo upoštevali indeksa telesne mase pacientov, prav tako pa nismo ocenjevali kvalitete slik. Uporabili smo protokole, ki se uporabljajo v kliničnem okolju, zato so bile vsa slikanja klinično uporabna.

Statistično analizo smo naredili v programu SPSS 22. Za obdelavo rezultatov smo uporabili osnovne statistične teste: Shapiro Wilk test, dvostranski T-test in Mann Whitney U test. Rezultati so prikazani v obliki tabel in diagramov. Pri preverjanju domnev smo upoštevali običajno stopnjo tveganja 5%.

REZULTATI

Skupno število rezultatov meritev na fantomu je bilo 50, v drugem delu raziskave pa smo v študijo zajeli 684 pacientov.

Rezultati meritev na fantomu

Meritve na fantomu so predstavljene v nadaljevanju, in sicer za vsako vrsto preiskave posebej.

Sekvenčno CT slikanje glave

V tabeli 2 so zbrani rezultati meritev za sekvenčno CT slikanje glave.

Tabela 2: Vrednosti DLP pri sekvenčnem CT slikanju glave na fantomu

CT aparat	število meritev (n)	povprečje (mGy cm)	standardni odklon (mGy cm)	minimum (mGy cm)	maksimum (mGy cm)
Siemens	5	835,8	4,1	830,0	841,0
GE	5	459,1	15,7	439,8	472,5

Ugotovili smo, da z GE CT aparatom dosegamo 45% nižjo povprečno dozo v primerjavi s Siemensovim. Rezultate smo ovrednotili tudi s pomočjo parametričnega T-testa, ki je pokazal, da so razlike med DLP, ki jih je prejel fantom pri enem in drugem CT aparatu, statistično značilne ($p < 10^{-3}$).

Spiralno CT slikanje glave

V tabeli 3 je prikazana opisna statistika vrednosti DLP pri spiralnem CT slikanju glave.

Tabela 3: Vrednosti DLP pri spiralnem CT slikanju glave na fantomu

CT aparat	število meritev (n)	povprečje (mGy cm)	standardni odklon (mGy cm)	minimum (mGy cm)	maksimum (mGy cm)
Siemens	5	837,8	17,7	813,0	855,0
GE	5	854,0	15,3	838,2	874,7

Pri merjenju doze smo pri spiralnem CT slikanju glave ugotovili, da z GE CT aparatom dosegamo za 1% višjo povprečno dozo v primerjavi s Siemensovim. Naredili smo parametrični T-test neodvisnih spremenljivk. Dobili smo rezultat $p = 0,160$, kar pomeni, da razlike niso statistično značilne.

CT slikanje toraksa

V naslednjem razdelku (tabela 4) so zbrani rezultati opisne statistike za preiskavo CT toraksa.

Tabela 4: Vrednosti DLP pri CT preiskav toraksa na fantomu

CT aparat	število meritev (n)	povprečje (mGy cm)	standardni odklon (mGy cm)	minimum (mGy cm)	maksimum (mGy cm)
Siemens	5	546,6	27,3	511,0	586,0
GE	5	207,5	7,7	199,1	218,3

Ugotovili smo, da je na GE CT aparatu povprečna doza za 62% nižja. S parametričnim T-testom smo dokazali, da so razlike med dozami na obeh CT aparatih statistično značilne ($p < 10^{-3}$).

CT abdomna v treh fazah

Spodnja tabela (tabela 5) prikazuje vrednosti DLP pri preiskavi CT abdomna v treh fazah.

Tabela 5: Vrednosti DLP pri preiskavi CT abdomna v treh fazah, na fantomu

CT aparat	število meritev (n)	povprečje (mGy cm)	standardni odklon (mGy cm)	minimum (mGy cm)	maksimum (mGy cm)
Siemens	5	1083,0	36,8	1041,0	1133,0
GE	5	453,4	10,9	439,6	469,0

Na GE CT aparatu je DLP povprečno 55% nižja kot na Siemensovem. Ponovno smo uporabili parametrični T-test, ki je pokazal statistično značilne razlike ($p < 10^{-3}$).

CTA aorte

V tabeli 6 so prikazane vrednosti DLP pri preiskavi CTA aorte.

Z GE aparatom smo dosegli za 25% višje povprečne vrednosti DLP. S T-testom smo dokazali, da so razlike statistično značilne ($p < 10^{-3}$).

Tabela 6: Vrednosti DLP pri preiskavi CTA aorte, izmerjene na fantomu

CT aparat	število meritev (n)	povprečje (mGy cm)	standardni odklon (mGy cm)	minimum (mGy cm)	maksimum (mGy cm)
Siemens	5	226,2	16,1	209,0	245,0
GE	5	283,0	10,6	269,0	298,0

Ugotovili smo, da so pri sekvenčnem CT slikanju glave, CT slikanju toraksa in abdomna v treh fazah doze višje na Siemensovem aparatu. Pri preiskavah spiralno CT slikanje glave in CTA aorte pa so višje pri aparatu GE Revolution Evo. Za preiskavo spiralno CT slikanje glave lahko razliko v dozah zanemarimo, saj znaša le 1%.

Rezultati retrospektivne študije

Podatki iz retrospektivne študije so za vsako preiskavo posebej predstavljeni spodaj.

Sekvenčno CT slikanje glave

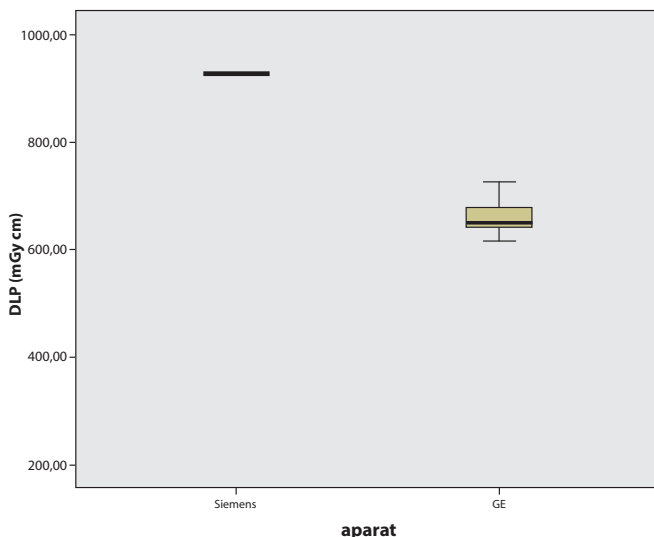
V tabeli 7 so prikazane vrednosti DLP ter osnovni statistični podatki za sekvenčno CT slikanje glave.

Tabela 7: Vrednosti DLP pri sekvenčnem CT slikanju glave, zbrane v retrospektivni študiji

CT aparat	število meritev (n)	povprečje (mGy cm)	standardni odklon (mGy cm)	minimum (mGy cm)	maksimum (mGy cm)
Siemens	100	927,4	1,0	926,0	929,0
GE	100	660,5	27,7	617,3	726,1

Ugotovili smo, da z aparatom GE dosegamo 29% nižjo povprečno dozo v primerjavi s Siemensovim. Razlika med povprečjema doze znaša 266,9 mGy cm, in sicer v prid prvega.

Rezultate smo ovrednotili tudi s pomočjo Mann Whitney U testa za neodvisne spremenljivke ($p < 10^{-3}$). Ta je pokazal, da so razlike med DLP statistično značilne. Rezultati so na sliki 1 prikazani tudi kot okvir z ročaji.



Slika 1: Primerjava DLP pri sekvenčnih CT slikanjih glave na GE in Siemensovem CT aparatu, iz podatkov, zbranih v retrospektivni študiji

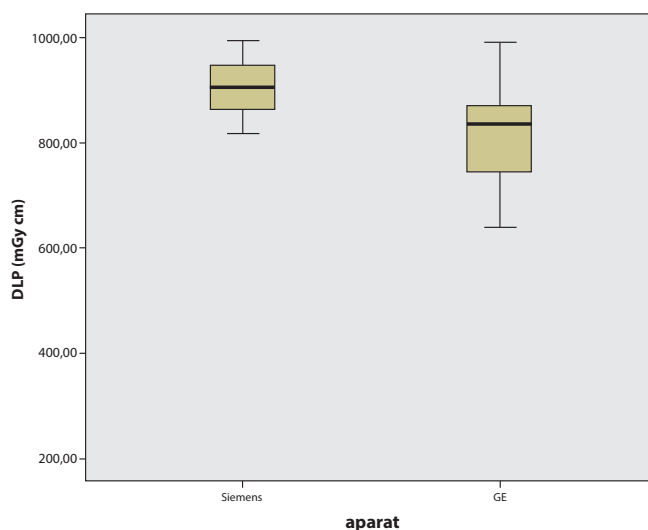
Spiralno CT slikanje glave

Tabela 8 predstavlja vrednosti DLP in druge statistične podatke za spiralno CT slikanje glave.

Tabela 8: Vrednosti DLP pri spiralnem CT slikanju glave, zbrane v retrospektivni študiji

CT aparat	število meritev (n)	povprečje (mGy cm)	standardni odklon (mGy cm)	minimum (mGy cm)	maksimum (mGy cm)
Siemens	100	905,6	51	817,0	995,0
GE	100	819,4	88,5	638,5	990,0

Na GE aparatu je povprečna doza za 10% nižja. Razlika med povprečjema DLP je 86,2 mGy. Rezultate smo ovrednotili s pomočjo Mann Whitney U testa neodvisnih spremenljivk ($p < 10^{-3}$), razlike so statistično značilne. Na sliki (2) vidimo, da je razpon doz večji na aparatu GE.



Slika 2: Primerjava DLP pri spiralnih CT slikanjih glave na GE in Siemensovem CT aparatu, iz podatkov, zbranih v retrospektivni študiji

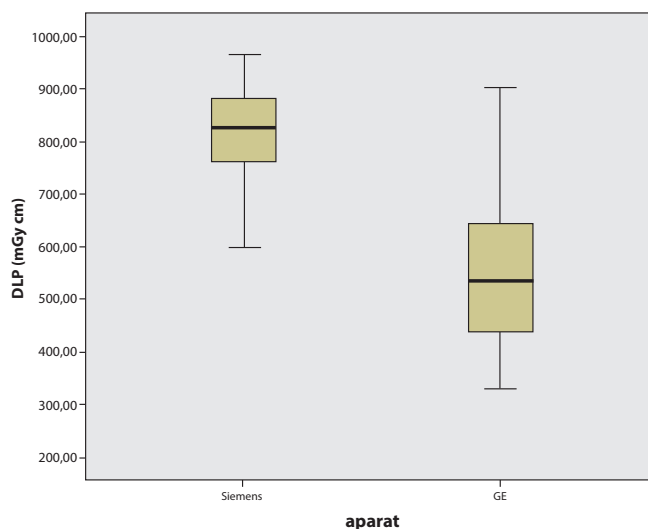
CT slikanje toraksa

V spodnjem razdelku (tabela 9) so zbrani podatki statističnih vrednosti za CT slikanje toraksa.

Tabela 9: Vrednosti DLP pri CT slikanju toraksa, zbrane v retrospektivni študiji

CT aparat	število meritev (n)	povprečje (mGy cm)	standardni odklon (mGy cm)	minimum (mGy cm)	maksimum (mGy cm)
Siemens	34	829,1	88	598,0	966,0
GE	26	552,1	143,6	329,1	902,1

Tudi tukaj na GE CT aparatu dosegamo nižjo povprečno dozo, in sicer za 33%, oz. 277 mGy cm. S T-testom dveh neodvisnih vzorcev smo dokazali, da obstajajo statistično značilne razlike med povprečnima DLP na GE in Siemensovem CT aparatu ($p < 10^{-3}$).



Slika 3: Primerjava DLP pri CT slikanjih toraksa na GE in Siemensovem CT aparatu, iz podatkov, zbranih v retrospektivni študiji

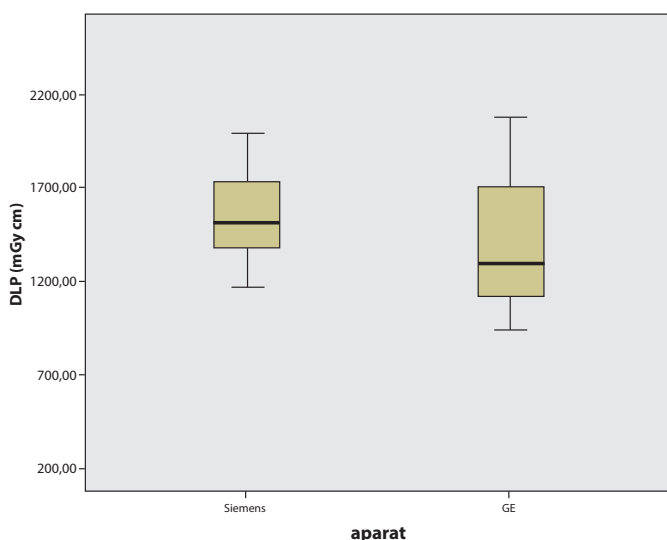
CT abdomna v treh fazah

V spodnji tabeli (tabela 10) je predstavljena osnovna statistična analiza preiskave CT abdomna v treh fazah.

Tabela 10: Vrednosti DLP pri CT slikanju abdomna v treh fazah, zbrane v retrospektivni študiji

CT aparat	število meritev (n)	povprečje (mGy cm)	standardni odklon (mGy cm)	minimum (mGy cm)	maksimum (mGy cm)
Siemens	100	1540,3	225,5	1169,0	1994,0
GE	100	1391,5	318,2	941,9	2077,8

Dokazali smo, da je na aparatu GE za 10% nižja povprečna doza. Razlika med povprečjema DLP je 148,8 mGy cm. Z Mann Whitney U testom smo dokazali, da so razlike statistično različne ($p < 10^{-3}$). Na sliki 4 so ti podatki prikazani kot graf okvir z ročaji.



Slika 4: Primerjava DLP pri CT slikanjih abdomna v treh fazah na GE in Siemensovem CT aparatu, iz podatkov, zbranih v retrospektivni študiji

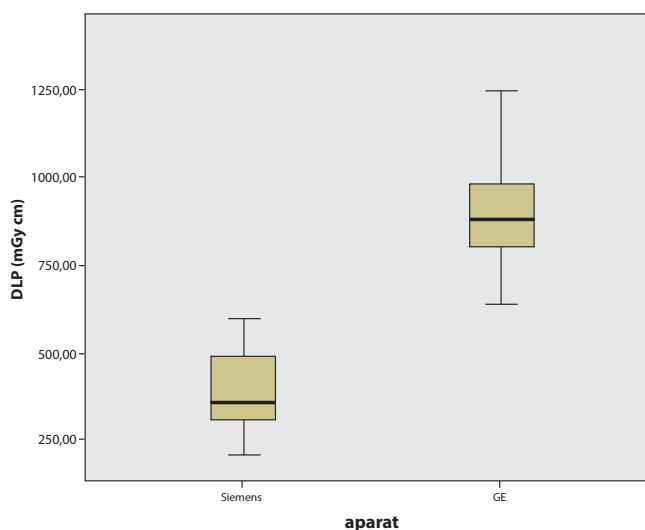
CTA aorte

Tabela 11 prikazuje osnovno opisno statistiko pri preiskavi CTA aorte.

Tabela 11: Vrednosti DLP pri CTA aorte, zbrane v retrospektivni študiji

CT aparat	število meritev (n)	povprečje (mGy cm)	standardni odklon (mGy cm)	minimum (mGy cm)	maksimum (mGy cm)
Siemens	14	397,7	125,5	206,0	596,0
GE	10	913,2	182,4	638,5	1247,1

Pri teh preiskavah je na GE CT aparatu v primerjavi s Siemensovim povprečna doza za 130% višja. Razlika med povprečjema obeh aparatov znaša 515,5 mGy cm. S T-testom za neodvisne vzorce smo dokazali, da med DLP vrednostmi, izmerjenimi na obeh aparatih, obstajajo statistično značilne razlike ($p < 10^{-3}$).



Slika 5: Primerjava DLP pri CTA aorte na GE in Siemensovem CT aparatu, iz podatkov, zbranih v retrospektivni študiji

RAZPRAVA

Sekvenčno CT slikanje glave

Pri slikanju glave fantoma smo ugotovili, da je doza na CT aparatu GE v primerjavi s Siemensovim za 45% nižja, pri retrospektivni študiji pa za 29%. Burckel et al. (2014) so primerjali vrednosti DLP pri FBP in IR pri različnih preiskavah. IR so po 8 mesecih namestili na isti aparat. Dokazali so, da je doza pri sekvenčnem CT slikanju glave nižja za 18 % pri IR. Komisija Evropske skupnosti (2004) navaja, da je primerna vrednost DLP pri tem slikanju glave 1050 mGy cm. V naši raziskavi smo izmerili, da je v SB Celje doza na obeh aparatih nižja, saj pri aparatu GE znaša 660,5 mGy cm, pri Siemensovem pa 927,4 mGy cm. Shrimpton et al. (2014) so ugotavljali, kakšno je povprečje DLP na vseh CT aparatih v UK. Za sekvenčno slikanje glave to povprečje znaša 931 mGy cm. Tsapaki et al. (2006) so ugotavljali povprečne vrednosti doz pri CT slikanjih v različnih državah (Velika Britanija, Poljska in Tajska). V Veliki Britaniji za sekvenčno CT slikanje glave znaša povprečni DLP 720 mGy cm, na Poljskem 527 in na Tajske 386. Ugotovimo lahko, da so v primerjavi z dozami na Siemensovem aparatu v Celju (927,4 mGy cm) te doze manjše, na celjskem aparatu GE (660,5 mGy cm) pa primerljive.

Spiralno CT slikanje glave

V naši raziskavi smo pri slikanju na fantomu ugotovili, da je doza na aparatu GE v primerjavi s Siemensovim za 1% višja, medtem ko je pri retrospektivni študiji nižja za 10%. Dewis et al. (2016) so v bolnišnici Royal Berkshire v Readingu primerjali dozi pri sekvenčnem in spiralnem CT slikanju glave. Povprečna vrednost njihovih rezultatov pri spiralnem slikanju je 2519 mGy cm. Doza na obeh aparatih v SB Celje je nižja (Siemens 905,6 mGy cm, GE 819,4 mGy cm). V omenjeni raziskavi so primerjali doze tudi z drugimi bolnišnicami. Ugotovili so, da znaša povprečni DLP za spiralno slikanje glave 968 mGy cm. Potrdimo lahko primerljivost z DLP, ugotovljenimi v naši

raziskavi. Shrimpton et al. (2014) v svoji raziskavi povprečnih doz posameznih CT preiskav pri spiralnem slikanju glave navajajo DLP vrednost 920 mGy cm.

CT slikanje toraksa

Pri meritvah na fantomu je bila doza na aparatu GE v primerjavi s Siemensovim za 62% nižja, pri retrospektivni študiji pa za 33%. V raziskavi Burckel et al. (2014) so ugotovili, da je doza pri CT slikanju toraksa z uporabo IR za 40% nižja kot pri CT slikanju z uporabo FBP. Evropske smernice (2004) priporočajo DLP vrednost pri CT slikanju toraksa 650 mGy cm. Če to primerjamo z našo raziskavo, lahko ugotovimo, da je DLP pri GE aparatu nižji (552,1 mGy cm), pri Siemensovem pa višji (829,1 mGy cm). Tsapaki et al. (2006) so primerjali DLP pri CT slikanju toraksa v različnih državah (Kanada, Grčija, Indija, Poljska, Tajska, UK). Njihovi podatki kažejo naslednje povprečne doze: Kanada 294 mGy cm, Grčija 540, Indija 355, Poljska 447, Tajska 247 in UK 203 mGy cm. Doza v vseh teh državah je v povprečju nižja kot na aparatih v SB Celje.

CT abdomna v treh fazah

Na GE aparatu je bila doza pri meritvah na fantomu v primerjavi s Siemensovim za 55% nižja, medtem ko je pri retrospektivni študiji nižja za 10%. IAEA študija iz leta 2006 (Tsapaki et al., 2006), kjer so primerjali povprečni DLP v različnih državah, kažejo za DLP vrednosti pri CT preiskavi abdomna naslednje podatke: Kanada 696 mGy cm, Grčija 740 mGy cm, Indija 459 mGy cm, Poljska 550 mGy cm, Tajska 402 mGy cm, UK 446 mGy cm. DLP vrednosti na CT aparatih v SB Celje so višje (Siemens 1540,3 mGy cm GE 1391,5 mGy cm). Kalmar et al. (2014) so dokazali, da je doza z uporabo IR nižja za 64%. Tudi mi smo dokazali, da je doza za 10% nižja pri CT aparatu GE, ki za rekonstrukcijo slik uporablja IR. Evropske smernice iz leta 2004 priporočajo za slikanje abdomna dozo 780 mGy cm. S tem podatkom naši podatki niso primerljivi, saj so naše vrednosti precej višje. V raziskavi Burckel et al. (2014) je doza pri CT slikanju abdomna za 18,58% nižja pri uporabi IR funkcije. Raziskava v UK iz leta 2004 (Shrimpton et al., 2014) navaja za slikanje abdomna dozo 726 mGy cm. Podobna je evropskim smernicam, z našimi rezultati pa neprimerljiva.

CTA aorte

Pri meritvah doz za CTA aorte na fantomu je doza na GE za 25% višja, pri retrospektivni študiji pa celo za 130%. V francoski študiji (Burckel et al., 2014) so dokazali, da je doza pri slikanju cele aorte z uporabo IR funkcije za 22,18% nižja v primerjavi z uporabo funkcije FBP. Naša raziskava je pokazala višje doze pri GE aparatu. V raziskavi iz leta 2011 so Cornfeld et al. ugotovili, da je z uporabo ASIR tehnike (IR rekonstrukcija) pri CTA aorte doza nižja za 20%, če jo primerjamo z slikanjem brez ASIR. Povprečna doza v naši raziskavi je bila na aparatu GE 913,2 mGy cm, v zgoraj navedeni študiji pa 818 mGy cm. Zaključimo lahko, da je vrednost DLP primerljiva, vendar pa je v naši raziskavi na GE aparatu doza v primerjavi s Siemensovim (397,7 mGy cm) višja za kar 130%.

ZAKLJUČEK

Povprečne vrednosti DLP so pri meritvah na fantomu primerljive s tistimi iz retrospektivne študije, saj smo dokazali, da je pri štirih preiskavah (sekvenčno in spiralno CT slikanje glave, CT slikanje toraksa in CT slikanje abdomna v treh fazah) povprečna doza na aparatu GE nižja kot na Siemensovem, le pri eni pa višja (CTA aorte: meritve na fantomu 25%, pri retrospektivni študiji pa 130%); pri tem smo zanemarili 1% višjo dozo pri spiralnem CT slikanju glave na fantomu, saj je bila pri pacientih nižja za 10%. Pri sekvenčnem CT slikanju glave smo pri meritvah na fantomu ugotovili 4%, pri retrospektivni študiji pa 29% nižjo dozo. Pri CT preiskavi toraksa smo dokazali nižjo dozo pri obeh delih raziskave, pri meritvah na fantomu za 62%, v drugem delu raziskave pa za 33%. Prav tako smo nižjo dozo dokazali pri preiskavi CT abdomna v treh fazah, na fantomu za 55%, pri retrospektivni študiji pa za 10%.

Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da je doza povprečno nižja na GE aparatu zaradi uporabe iterativne rekonstrukcije slike, katere funkcija je izboljšanje slike ob hkratnem znižanju doze (izjema je CTA aorte). Preiskava CTA aorte je pokazala znatno razliko med dozami, izmerjenimi na fantomu in tistimi, pridobljenimi v retrospektivni študiji (znatno večje vrednosti doz pri retrospektivni študiji), tako na aparatu GE kot na Siemensovem, kar je presenetljivo. Vzrok lahko pripisujemo še ne dokončni optimizaciji protokolov GE aparata, ki je začel delovati šele na začetku leta 2016.

Sklepamo lahko tudi, da so doze pri CT slikanju abdomna v primerjavi s tistimi, ki so zbrane v literaturi, v SB Celje višje, saj nismo upoštevali indeksa telesne mase, starosti, višine in teže pacientov. Glede na dobljene rezultate smo ugotovili, da so doze, ki jih navajajo posamezne raziskave, manjše kot pri nas.

Za nadaljnje raziskave priporočamo primerjavo doz z in brez uporabe iterativne rekonstrukcije na istem aparatu in primerjavo kakovosti slik.

LITERATURA

- Brenner DJ, Hall EJ (2007). Computed tomography—an increasing source of radiation exposure. *New Engl J Med* 357 (22): 2277–84.
- Burckel LA, Defez D, Chaillot PF, Douek P, Bousset L (2014). Use of an automatic recording system for CT doses: evaluation of the impact of iterative reconstruction on radiation exposure in clinical practice. *Diagn Interv Imag* 96 (3): 265–72.
- Cornfeld D, Israel G, Detroy E, Bokhari J, Mojibian H (2011). Impact of Adaptive Statistical Iterative Reconstruction (ASIR) on Radiation Dose and Image Quality in Aortic Dissection Studies: A Qualitative and Quantitative Analysis. *AJR Am J Roentgenol* 196 (3): W336–40.
- Coursey CA, Frush DP (2008). CT and Radiation: What Radiologist Should know. *Appl Radiol* 37 (3): 22–9.
- DDM2 Project Report Part 1: European Population Dose (2014). Data dosemed project. http://ddmed.eu/_media/news/ddm2_project_report_part_1_19_may_2014_final.pdf. <15.1.2016>

- Dewis K, Nyekiova M, Crossman J, McGookin P (2016) CT Helical Head Scanning. Radiation Protection Group, Medical Physics. Great Britain. <http://www.ctug.org.uk/meet10-10-14/CT%20Helical%20Head%20Scanning.pdf>. <15. 5. 2016>
- Commission of European Communities (2004). European guidelines on quality criteria for computed tomography EUR 16262. <http://www.dr.dk/guidelines/ct/quality/htmlindex.htm>. <15. 5. 2016>
- FDA (2016) <http://www.fda.gov/radiation-emittingproducts/radiationemittingproductsandprocedures/medicalimaging/medicalx-rays/ucm115329.htm> <15.1.2016>
- Kyotokagaku (2015) <https://www.kyotokagaku.com/products/detail03/ph-2.html> <10.11.2015>
- Kalmar PI, Quehenberger F, Steiner J et al. (2014). The impact of iterative reconstruction on image quality and radiation dose in thoracic and abdominal CT. *Eur J Radiol* 83 (8): 1416–20.
- Shrimpton PC, Hillier MC, Meeson S, Golding SJ (2014). Doses from Computed Tomography (CT) Examinations in the UK – 2011 Review. Public Health England. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/349188/PHE_CRCE_013.pdf <15. 12. 2015>
- Tsapaki V, Aldrich JE, Sharma R et al. (2006). Dose Reduction in CT while Maintaining Diagnostic Confidence: Diagnostic Reference Levels at Routine Head, Chest, and Abdominal CT—IAEA-coordinated Research Project. *Radiology* 240 (3): 828–34.