

Strokovni članek

# NIZKODOZNA RAČUNALNIŠKA TOMOGRAFIJA GLAVE PRI BOLNIKIHZ VSTAVLJENO DRENAŽO

## ZNIŽANJE DOZE IN VPLIV NA KVALITETO SLIKE

Professional Article

LOW-DOSE HEAD CT IN PATIENTS WITH EXTERNAL VENTRICULAR DRAINAGE

DOSE REDUCTION AND EFFECT ON IMAGE QUALITY

Dejan Hribar, dipl. inž. rad.,

dejan.hribar@kclj.si,

Nina Djurić, dipl. inž. rad.,

nina.djuric@gmail.com,

doc. dr. Katarina Šurlan Popovič, dr. med.,

Univerzitetni klinični center Ljubljana, Klinični inštitut za radiologijo, Nevroradiološki oddelek, Zaloška cesta 2, 1000 Ljubljana

### POVZETEK

**Uvod:** Pri bolnikih z vstavljeno zunanjo ventrikularno drenažo je med hospitalizacijo pogosto potrebno večkratno slikanje glave z računalniško tomografijo. Vsaka preiskava predstavlja dozno obremenitev za bolnika, kar povečuje dolgoročno tveganje za nastanek raka zaradi učinkov ionizirajočega sevanja.

**Namen:** Namen raziskave je ugotoviti, ali lahko pri bolnikih, ki zaradi bolezni potrebujejo večkratno slikanje glave, uporabimo nizko dozni protokol slikanja in s tem bistveno zmanjšamo dozno obremenitev bolnika, toda brez pomembnega vpliva na diagnostično uporabnost slik.

**Metode dela:** V raziskavo je bilo vključenih 10 bolnikov, ki so bili po vstavitvi zunanje ventrikularne drenaže napoteni na kontrolno slikanje. Vsi bolniki so bili slikani na 40-rezinskem računalniškem tomografu. Pri prvem slikanju je bil uporabljen standardni protokol slikanja glave (280 mAs, 120 kV, debelina rekonstruiranih slik 3 mm). Pri kontrolnem slikanju pa nizko dozni protokol (180 mAs, 120 kV, debelina rekonstruiranih slik 3 mm). Diagnostično uporabnost slik je pri obeh protokolih naključno ocenjeval nevroradiolog s pomočjo ocenjevalnega lista.

**Rezultati:** Z uporabo nizko doznega protokola je bila doza v povprečju nižja za 38%. Uporaba le tega ni vplivala na diagnostično sprejemljivost slik ( $P=0,564$ ). Med standardnim in nizko doznim protokolom ni bilo statistično značilne razlike v prikazu sive in bele možganovine ( $P=0,47$  in  $P=0,932$ ). Povprečna vednost šuma na področju sive in bele možganovine je bila na slikah, pridobljenih z nizkodoznim protokolom signifikantno višja ( $P=0,0001$  in  $P=0,001$ ). Razmerje kontrast šum je bilo pri nizkodoznem protokolu za 35% manjše.

**Razprava:** Podobno kot pri drugih raziskavah, rezultati raziskave kažejo na to, da so pri uporabi nizko doznega protokola dobljene slike kljub slabši kvaliteti diagnostično uporabne. Doza, ki jo prejme bolnik je bistveno manjša, kot če uporabimo standardni protokol.

**Zaključek:** Pri bolnikih z vstavljeno zunanjo ventrikularno drenažo lahko pri kontrolnem slikanju uporabimo nizkodozni protokol slikanja glave in s tem pomembno zmanjšamo

prejeto dozo, toda brez pomembnega vpliva na diagnostično sprejemljivost slik.

**Ključne besede:** CT glave, nizko dozni protokol, efektivna doza, kakovost slik.

### ABSTRACT

**Introduction:** Patients with external ventricular drainage often undergo multiple follow-up head CT scans during hospitalisation. Each scan increases the risk of long-term effects caused by ionizing radiation.

**Purpose:** The purpose of our study was to assess whether the use of repeated low-dose head CT protocol importantly decrease the effective dose received by patients who need multiple head CT scans and still provide images with acceptable quality and diagnostic information.

**Methods:** 10 patients were included in the study. Patients were referred for a non-enhanced head CT scan, after insertion of external ventricular drainage. Studies were performed on a 40-slice multi detector CT (Siemens Somatom Sensation Open). For the baseline CT study the standard protocol was used (280 mAs, 120 kV, slice thickness 3 mm). Follow-up scans were performed using low dose protocol (180 mAs, 120 kV, slice thickness 3 mm). Radiologist evaluated and graded both low-dose and standard-dose studies of each patient.

**Results:** With the use of low-dose protocol the effective dose was decreased by 38% in average. Diagnostic acceptability of low-dose studies was not affected ( $P=0.564$ ). There was no statistically significant difference in visualisation of white matter (WM) and grey matter (GM) between low-dose and standard-dose studies ( $P=0.47$  and  $P=0.932$ ). The mean GM and WM noise levels were significantly higher in low-dose studies ( $P=0.0001$  and  $P=0.001$ ). Contrast to noise ratio was approximately 35% smaller at low-dose studies.

**Discussion:** Similar to other studies, results show that quality of images with use of low-dose protocol is lower but still diagnostic acceptable. Dose received by patients is significantly lower than when using standard protocol.

**Conclusion:** The use of low-dose head CT protocol in patients with inserted external ventricular drainage for follow-up scans importantly reduce effective dose without reducing the diagnostic acceptability of images.

**Keywords:** head CT, low-dose protocol, effective dose, image quality.

## UVOD

Pri bolnikih po možganskih operacijah je med hospitalizacijo pogosto potrebno večkrat opraviti slikanje glave z računalniško tomografijo. S kontrolnim slikanjem spremljamo položaj vstavljenih drenaž, vstavljenih elektrod za merjenje možganskega pritiska, krvavitve ali nastanek hidrocefalusa.

Prejete doze pri računalniški tomografiji so med najvišjimi pri uporabi virov sevanj v diagnostične namene in tako vsako slikanje predstavlja veliko dozno obremenitev za bolnika, kar povečuje dolgoročno tveganje za nastanek raka zaradi učinkov ionizirajočega sevanja (Mullins et al., 2004). Na področju zmanjšanja prejete doze zaradi sevanja pri CT preiskavah je bilo narejenih že nekaj raziskav. Zmanjšanje doze sevanja pri CT preiskavi vodi sicer v zmanjšano kakovost slik in znižanje razmerja kontrast-šum, vendar do neke vrednosti ne vpliva pomembno na diagnostično uporabnost slik (Mulken et al., 2004).

Udayasankar et al. (2008) so ugotovili, da lahko pri kontrolnem CT slikanju glave otrok, pri katerih so spremljali stanje prirojenega hidrocefalusa, zmanjšamo dozo za 63% in še vedno lahko zanesljivo postavimo diagnozo. Mulken et al. (2004) so pri bolnikih, starejših od 65 let, pri slikanju glave z zmanjšanjem doze za 50% ugotovili, da je kakovost slik z uporabo nizke doze še diagnostično sprejemljiva. Podoben rezultat je pokazala raziskava, kjer so uporabili CT slike, dobljene z običajnim protokolom slikanja in z računalniško simulacijo dodali šum na slike. Ugotovili so, da zmanjšanje doze za 50% ne vpliva bistveno na diagnostično sprejemljivost slik (Britten et al., 2004). Omejitev teh študij je majhno število bolnikov. Pri raziskavi na vzorcu 60 bolnikov so pri CT slikah glave ocenjevali tri referenčna področja. Pri 50% znižanju doze so bile slike diagnostično sprejemljive, pri 60% znižanju so bili rezultati slabši (Gündogdu et al., 2005).

Skupna ugotovitev avtorjev je, da nizko dozno CT slikanje glave lahko uporabimo pri bolnikih, pri katerih je potrebno večkrat opraviti preiskavo in želimo spremljati večje spremembe na možganih (krvavitve, hidrocefalus, masivne ishemične spremembe,...). Za prikaz majhnih sprememb uporaba protokola z nizko dozo ne bi bila upravičena zaradi slabše kvalitete slik.

## NAMEN

Namen raziskave je bil ugotoviti, ali lahko pri bolnikih z vstavljenjo ventrikularno drenažo (ZVD), ki potrebujejo večkratno kontrolno CT slikanje glave, uporabimo protokol slikanja z nizko dozo in s tem pomembno zmanjšamo dozno obremenitev bolnika, toda brez bistvenega vpliva na kakovost in diagnostično uporabnost slik.

## METODE DELA

V raziskavo je bilo vključenih 10 bolnikov, ki so bili po možganski operaciji napoteni na kontrolno CT slikanje glave. Indikacija za preiskavo je bila spremljanje položaja ZVD. Bolniki so bili izbrani glede na določene pogoje: vsi so imeli že prej opravljen CT glave s standardnim protokolom, napotnega zdravnika je zanimal le položaj drenaže, torej bolniki niso imeli znakov drugih obolenj možganov.

### Protokol slikanja

Vsi bolniki so bili slikani na 40-rezinskem računalniškem tomografu Siemens Sensation Open. Pri prvem slikanju je bil uporabljen standardni protokol za slikanje glave in sicer spiralno slikanje z ekspozicijskimi pogoji 280 mAs in 120 kV ter rekonstrukcijo slik 3 mm. Pri kontrolnem slikanju pa je bil uporabljen nizko dozni protokol, ki ima vse pogoje enake kot standardni, le produkt toka v cevi in časa rotacije je bil zmanjšan in je tokrat znašal 180 mAs.

### CTDI, DLP in efektivna doza

Za vsak protokol smo na aparatu odčitali CT dozni indeks (CTDI) in produkt doze in dolžine (DLP) ter z upoštevanjem utežnega faktorja za glavo ( $E_{DLP}=0,0023 \text{ mSv/mGycm}$ ) izračunali efektivno dozo sevanja po formuli:  $E = E_{DLP} \cdot DLP$ . Zaradi linearne povezave med dozo in produktom toka in časa je doza pri 180 mAs 36% nižja kot doza pri 280 mAs.

### Kakovost CT slik

Uporabljena je bila dvojno slepa študija, pri kateri so bili podatki o dozi in podatki o bolniku izbrisani. Diagnostično uporabnost standardnih slik in slik, dobljenih z nizko doznim protokolom je naključno ocenjeval izkušen nevrolog s pomočjo izdelanega ocenjevalnega lista. Le ta je na slikah ocenjeval naslednje parametre:

- diagnostična sprejemljivost (1-nesprejemljivo, 2-suboptimalno, 3-povprečno, 4-dobro, 5-odlično; ocena diagnostične sprejemljivosti 2 pomeni še sprejemljivo sliko),
- diferenciacija sive in bele možganovine (1-nesprejemljivo, 2-suboptimalno, 3-sprejemljivo),
- ostrina subarahnoidalnega prostora (1-nesprejemljivo, 2-suboptimalno, 3-dobro definirano),
- prikaz struktur v zadnji kotanji (1-nesprejemljivo, 2-suboptimalno, 3-sprejemljivo),
- prisotnost črtastih artefaktov (1-prisotnost z vplivom na diagnozo, 2-prisotnost brez vpliva na diagnozo, 3-odsotnost),
- ponovitev slikanja (1-potrebno, 2-pogojno potrebno, 3-ni potrebno) (Mullins et al., 2003; Udayasankar et al., 2008).

Rezultati, pridobljeni z ocenjevalnimi listi so bili statistično obdelani z računalniškim programom SPSS. Uporabljena je bila različica neparametričnega testa in sicer Willcoxon-ov test, s katerim smo preverjali vsak, zgoraj napisan parameter posebej. Stopnja zaupanja je bila 0,05 ( $P=0,05$ ).

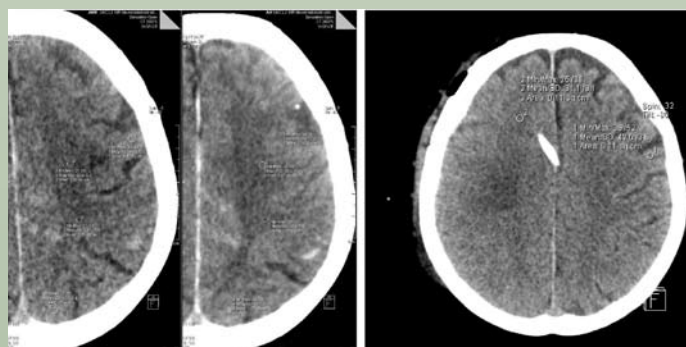
Poleg tega smo na slikah, pridobljenih s standardnim in nizkodoznim protokolom, z meritvijo atenuacijskih koeficientov v izbranih interesnih področjih kvantitativno določali kakovost slike. Na področju zadnje kotanje (mali možgani) in na področju centrum semiovale (veliki možgani) smo postavili dva interesna področja v sivo in dva interesna

področja v belo možganovino ter izmerili Houndsfieldove enote (HU) in standardni odklon (SD) (slika 1 in 2). Interesna področja so bila pri vseh pacientih, tako na slikah, narejenih z nizko doznim protokolom kot na slikah, pridobljenih s standardnim protokolom, enake velikosti in postavljena na enako mesto. Pri standardnih slikah in slikah, pridobljenih z nizko doznim protokolom smo izračunali povprečje HU za sivo in belo možganovino ter povprečje standardnih odklonov (SD). SD predstavlja šum na sliki. S pomočjo pridobljenih meritev smo izračunali razmerje kontrast šum (contrast to noise ratio - CNR) po formuli (Mullins et al., 2003):

$$\text{CNR} = \frac{\text{povprečje HU SM} - \text{povprečje HU BM}}{\sqrt{(\text{SD HU SM})^2 + (\text{SD HU BM})^2}}$$

\*SM – siva možganovina

\*BM – bela možganovina



Slika 1 in slika 2: Prikaz postavitev interesnih področij v sivi in beli možganovini

## REZULTATI

V raziskavo je bilo vključenih 10 bolnikov (2 ženski in 8 moških), katerih povprečna starost je znašala 63,7 let (od 36 do 83 let). Vsi bolniki so bili po vstavitvi ZVD napoteni na kontrolno slikanje glave, ki smo ga izvedli z nizko doznim protokolom slikanja.

### CTDI, DLP in efektivna doza

Pri standardnem protokolu (280 mAs, 120 kV) je vrednost CTDI znašala 52,42 mGy, povprečna vrednost DLP 942 mGycm in efektivna doza 2,1 mSv. Pri nizko doznem protokolu (180 mAs, 120 kV) je vrednost CTDI znašala 33,70 mGy, povprečna vrednost DLP 582 mGycm in efektivna doza 1,3 mSv. Uporaba nizko doznega protokola je v našem primeru v povprečju pripomogla k zmanjšanju doze za 38%.

### Kakovost CT slik

Pri ocenjevanju diagnostične sprejemljivosti so bile tako slike, narejene s standardnim protokolom kot slike, narejene z nizko doznim protokolom ocenjene kot diagnostično sprejemljive pri vseh pacientih. Med slikami, narejenimi z različnima protokoloma, ni bilo statistično značilne razlike ( $P=0,564$ ). Pri parametru razlikovanja med sivo in belo možganovino prav tako ni bilo statistično značilne razlike med uporabljenima protokoloma ( $P=0,655$ ), kot je bilo pričakovano.

Pri ocenjevanju ostrine subarahnoidalnega prostora, prisotnosti črtastih artefaktov in potrebe po ponoviti slikanja med skupinama ni bilo nikakršnih razlik. Torej stopnja zaupanja je pri teh merjenih parametrih znašala  $P=1$ .

Pri prikazu struktur v zadnji kotanji prav tako ni bilo statistične razlike med slikami, narejenimi s standardnim protokolom in slikami, narejenimi z nizko doznim protokolom ( $P=0,564$ ).

V tabeli 1 so prikazani rezultati meritev atenuacijskih koeficientov in standardnih odklonov v izbranih interesnih področjih, določenih v sivi (SM) in beli možganovini (BM) ter razmerje kontrast šum (CNR), za nizko dozni protokol slikanja glave. V tabeli 2 pa so prikazni rezultati meritev, pridobljenih na slikah, narejenih s standardnim protokolom. Iz tabel je razvidno, da so razlike v HU pri prikazu SM in BM glede na uporabljen protokol slikanja zelo majhne, saj je pri nizko doznem protokolu v povprečju vrednost SM znašala 46,55 HU, pri standardnem protokolu pa 47,44 HU. Vrednost BM pri prvem protokolu je bila v povprečju 32,64 HU, pri drugem protokolu pa 32,57 HU.

Tabela 1: Povprečje HU in standardnega odklona sive in bele možganovine pri nizkodoznem CT protokolu slikanja glave

Pacient	Nizkodozni protokol slikanja				
	povprečje HU SM	SD HU SM	povprečje HU SM	SD HU SM	HU CNR
1	46,00	3,25	32,10	3,35	2,98
2	48,07	3,63	32,47	3,67	3,02
3	44,40	3,53	29,97	3,90	2,74
4	52,97	3,20	35,33	3,30	3,84
5	47,43	3,43	34,20	4,93	2,20
6	46,13	3,83	31,67	4,13	2,57
7	45,17	4,10	31,07	3,50	2,62
8	43,80	2,77	36,23	2,87	1,90
9	47,23	4,03	32,13	3,80	2,72
10	44,30	3,25	31,23	3,07	2,92
<b>Povprečje</b>	<b>46,55</b>	<b>3,50</b>	<b>32,64</b>	<b>3,65</b>	<b>2,75</b>

Tabela 2: Povprečje HU in standardnega odklona sive in bele možganovine pri standardnem CT protokolu slikanja glave

Pacient	Standardni protokol slikanja				
	povprečje HU SM	SD HU SM	povprečje HU BM	SD HU BM	HU CNR
1	49,38	2,10	34,35	1,88	5,34
2	47,73	2,40	32,43	3,07	3,93
3	47,73	1,92	30,47	2,17	5,96
4	53,73	2,20	35,87	2,30	5,61
5	48,30	2,77	34,60	2,67	3,57
6	46,37	2,60	31,77	2,77	3,85
7	43,87	3,03	30,13	2,43	3,53
8	46,27	2,57	32,00	2,13	4,27
9	46,67	3,47	33,00	3,27	2,87
10	44,40	2,50	31,03	2,73	3,61
<b>Povprečje</b>	<b>47,44</b>	<b>2,56</b>	<b>32,57</b>	<b>2,54</b>	<b>4,25</b>

Na podlagi analize rezultatov (prikazanih v tabelah 1 in 2) s t testom, smo prišli do ugotovitev, da med uporabljenima protokoloma (280 mAs in 180 mAs) v prikazu SM in BM ni statistično značilne razlike ( $P=0,47$  in  $P=0,932$ ).

Statistično značilna razlika med protokoloma se je pojavila v količini šuma, prisotni na slikah pri prikazu SM in BM ( $P=0,0001$  in  $P=0,001$ ). Pri nizko doznem protokolu je standardni odklon (SD) na področju SM v povprečju znašal 3,5 HU, na področju BM pa 3,65 HU, kar je bistveno več kot pri standardnem protokolu, pri katerem je SD na področju SM v povprečju znašal 2,56 HU, na področju BM pa 2,54 (tabela 1 in 2).

Analiza rezultatov je prav tako pokazala, da obstaja med protokoloma statistično značilna razlika v razmerju kontrast-šum (CNR), saj je le to pri nizko doznem protokolu bistveno slabše kot pri standardnem protokolu. CNR je bilo pri nizko doznem protokolu ( $2,75 \pm 0,51$  HU) za približno 35% manjše kot pri standardnem protokolu, pri katerem je CNR znašalo  $4,25 \pm 1,03$  HU.

## RAZPRAVA

Računalniška tomografija je danes zelo razširjena in lahko dostopna slikovno diagnostična metoda, s katero lahko hitro diagnosticiramo morebitno prisotno patologijo slikanega področja. Na področju nevrologije med drugim predstavlja diagnostično metodo, ki omogoča spremljanje bolnikov po opravljenih možganskih operacijah ali endovaskularnem zdravljenju. Gre za bolnike, s katerimi se srečujemo vsakodnevno in pri katerih je potrebno večkratno kontrolno slikanje glave, ki nam omogoča spremljanje učinkov zdravljenja.

V raziskavi smo s spremembo produkta toka in časa iz 280 mAs na 180 mAs, zaradi linearne povezave le tega z dozo, vplivali na zmanjšanje doze in sicer v povprečju za 38%. Pri tem smo prišli do podobnih spoznanj kot v raziskavah, ki so jih naredili Udayasankar et al. (2008), Mulkens et al. (2004), Britten et al. (2004), Gündogdu et al. (2005) in drugi. Le te so pokazale, da znižanje tokovnega sunka za 50% in več bistveno vpliva na znižanje prejete doze, toda brez pomembnega vpliva na diagnostično sprejemljivost CT slik. Do enakih zaključkov smo s pridobljenimi rezultati prišli tudi sami.

Prav tako kot navedeni avtorji smo ugotovili, da znižanje parametrov slikanja vpliva na kakovost slike. Slike, pridobljene z nizko doznim protokolom vsebujejo bistveno več šuma, kar privede do slabšega razmerja kontrast-šum in s tem slabše kakovosti slike. CNR se je v našem primeru zmanjšal za 35%. Udayasankar et al. (2008) pa navajajo, da se pri znižanju tokovnega sunka za 63% RKŠ zmanjša za 60%. Torej z zniževanjem parametrov slikanja se zmanjšuje tudi kakovost slike. Toda kljub temu, so na ta način pridobljene slike diagnostično uporabne.

Naštete raziskave imajo tako kot naša določeno pomanjkljivost in sicer v raziskavo je vključeno premajhno število bolnikov. Z večjim obsegom zajetih bolnikov bi bili statistično pridobljeni rezultati bolj relevantni. Toda kljub temu je naša raziskava pokazala pomembne ugotovitve in sicer pri bolnikih z vstavljenjo ZVD bi lahko pri kontrolnem slikanju uporabili nizko dozni protokol slikanja glave in s tem bistveno zmanjšali

prejeto dozo, brez pomembnega vpliva na diagnostično kakovost slik.

V raziskavo bi lahko poleg bolnikov z vstavljenjo ZVD vključili tudi bolnike, pri katerih je potrebno kontrolno slikanje glave zaradi spremljanja velikosti hidrocefalusa, velikosti krvavitve ali hematoma ter položaja vstavljenih elektrod za merjenje možganskega pritiska. Pridobljeni rezultati so torej le preliminarni. Morda bi v nadaljevanju raziskave poskusili še nekoliko znižati dozo in ugotoviti najmanjšo dozo, pri kateri so pridobljene slike še diagnostično uporabne.

## ZAKLJUČEK

Pomembno se je zavedati, da je pri bolniki po možganskih operacijah potrebno večkratno CT slikanje glave bodisi zaradi spremljanja učinkov zdravljenja bodisi zaradi poslabšanja bolnikovega stanja. V nekaterih primerih so bolniki slikani tudi več desetkrat. V naši raziskavi smo CT protokol spremenili tako, da smo za 36% znižali tokovni sunek in s tem posledično vplivali na zmanjšanje doze v povprečju za 38%. Z uporabo nizko doznega protokola slikanja glave lahko bistveno pripomoremo k zmanjšanju prejete doze bolnikov in s tem tveganja za nastanek stohastičnih učinkov zaradi izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju. Torej je uvedba nizko doznega protokola slikanja zaradi teh bolnikov v vsakodnevno prakso potrebna in zelo pomembna.

## Literatura

- Britten AJ, Crotty M, Kiremidjian H et al (2004). The addition of computer simulated noise to investigate radiation dose and image quality in images with spatial correlation of statistical noise: an example application to X-ray CT of the brain. *Br J Radiol* 77:323–328.
- Gündogdu S, Mahmutyazicioglu K, Ozdemir H, Savranlar A, Asil K (2005). Assessment of image quality of a standard and three dose-reducing protocols in adult cranial CT. *Eur Radiol* 5(9):1959–1968.
- Mullins ME, Lev MH, Bove P, O'Reilly CE, Saini S, Rhea JT et al. (2004). Comparison of Image Quality Between Conventional and Low-Dose Nonenhanced Head CT. *Am J Neuroradiol* 25: 533–538.
- Mulkens TH, Broers C, Fieuws S, et al. (2005). Comparison of effective doses for low-dose MDCT and radiographic examination of sinuses in children. *AJR Am J Roentgenol* 184:1611–18.
- Udayasankar UK, Braithwaite K, Arvaniti M et al (2008). Low-dose nonenhanced head CT protocol for follow-up evaluation of children with ventriculoperitoneal shunt: reduction of radiation and effect on image quality. *Am J Neuroradiol* 29: 802–06.