

DOZA NA OČI PRI KLASIČNEM RENTGENSKEM SLIKANJU GLAVE

DOSE TO EYES IN CONVENTIONAL HEAD RADIOGRAPHY

Leja Bakan¹, Nejc Mekiš²

¹Študentka študijskega programa Radiološka tehnologija 2. stopnja, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

²Oddelek za radiološko tehnologijo, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

Korespondenca / Correspondence: Leja Bakan, dipl. inž. rad. tehnol., Tel: 031/448-372, E-mail: leja.bakan@gmail.com

Prejeto/Received: 17. mar. 2013

Sprejeto/Accepted: 28. apr. 2013

POVZETEK

Uvod: Pri rentgenskem slikanju glave lahko izbiramo med več projekcijami. Prejeta doza sevanja je pri posameznih projekcijah različno visoka. Različna tkiva v človeškem telesu so na rentgensko sevanje različno občutljiva, tako ločimo med najbolj občutljivejšimi celicami oz organi (kritični organi), pa do tistih, ki so najmanj občutljivi. Oči spadajo med kritične organe, zato jih moramo ščititi. Tako se izognemo tudi očesnim poškodbam, med katere spada tudi katarakta.

Namen: Namen raziskave je bil ugotoviti, kolikšna je razlika med dozama, ki ju prejmejo oči pri rentgenskem slikanju glave v anteroposteriorni (AP) in v posteroanteriorni (PA) projekciji.

Metode dela: Narejenih je bilo deset meritev doze na očeh v AP in deset v PA projekciji, z ekspozicijskimi pogoji za slikovni sistem folija-film ter CR in DR sistem. Merila sva z dozimetrom za merjenje vstopne kožne doze Unfors PSD (Patient Skin Dosimeter) na dveh različnih fantomih glave.

Rezultati in razprava: Doza na oči se pri slikovnem sistemu folija-film pri PA, v primerjavi z AP projekcijo zmanjša za 99,3%. Pri CR sistemu je zmanjšanje doze za 98,8%, pri DR pa za 99,2%.

Zaključek: Absorbirana doza na oči je pri PA projekciji glave v primerjavi z AP projekcijo v povprečju manjša za 99%. Zato PA projekcijo uporabljamo kot osnovno projekcijo za slikanje glave.

Ključne besede: rentgensko slikanje glave, doza na oči, katarakta

ABSTRACT

Introduction: Various projections with different radiation doses can be used in head imaging. The radiation sensitivity of different tissues in a human body varies. We can therefore distinguish between the most sensitive cells or organs (critical organs) and those that are less sensitive. Eyes are a critical organ and need to be protected in order to avoid eye damage, including cataract.

Aim: The aim of this study was to determine the difference in the dose of ionizing radiation received by eyes in head imaging in anteroposterior (AP) and posteroanterior PA projections.

Methods: Ten measurements of the eye dose received in AP projection and ten measurements in PA projection were made, with the exposure conditions foil-film, CR system and DR system. They were assessed using a dosimeter for measuring entrance skin dose in real time, UNFORS PSD (Patient Skin Dosimeter). A head phantom RS-108 T (Radiology support devices) and a whole body phantom PBU 60 (Kyotokagaku Co., Ltd., Japan) were used in the study.

Results and discussion: Eye dose received with foil-film system in the PA projection was lower by 99.3 % compared to the dose received in the AP projection. Similar results in favor of PA projection were obtained with CR and DR systems, where 98.8 % and 99.2 % decrease in the eye dose was observed, respectively.

Conclusion: It can be concluded that eye dose received in the PA projection of the head was on average lower by 99 % compared to the dose received in AP projection. The PA projection is therefore used as a primary projection in head imaging.

Keywords: head radiography, eye dose, cataract

UVOD

Varstvo pred ionizirajočim sevanjem je v radiologiji pomemben dejavnik, zato je vsak rentgenogram kompromis med najmanjšo možno dozo, ki je potrebna za njegov nastanek in optimalno kakovostjo (Lipovec, 2005; ICRP, 2007).

Kot osnovo za določanje obsevanosti pacientov pri običajnih rentgenskih preiskavah merimo dozo na koži pacienta, kjer sevanje vstopa v telo – vstopno kožno dozo (Zdešar, 2002). Vstopna kožna doza (VKD) je definirana kot absorbirana doza v zraku, kjer sevanje vstopa v pacienta. Izmerjena VKD je seštevek prispevkov direktnega snopa sevanja in povratnega sipanja iz pacienta. Prispevek zaradi sipanega sevanja je

odvisen od tehnike slikanja in velikosti pacienta in je tem večji, čim večji je pacient. Navadno se za merjenje VKD uporabljajo termoluminescentni dozimetri (TLD), ki so med slikanjem pritrjeni na kožo pacienta. Dozimetri s svojo velikostjo ne motijo preiskave in pacienta, na slikah jih ne vidimo in tako ne vplivajo na diagnozo (Zdešar, 2002).

Rentgenogram glave

Za prikaz posameznih anatomskih delov uporabljamo različne projekcije, ki imajo vpliv na dozo, ki jo prejmejo posamezni organi in tkiva. Za prikaz glave v klasični radiografiji poznamo naslednje projekcije: posteroanteriorna (PA), anteroposteriorna (AP) in stranska (Lipovec, 2005).

Pri poškodbah glave se zdravnik pogosto odloči za rentgensko slikanje poškodovanega predela v dveh projekcijah kot prvi diagnostični postopek (Klemenc-Ketiš in Tušek-Bunc, 2009).

Oči ležijo kot površinske strukture bližje primarnemu snopu rentgenskih žarkov pri AP projekciji (Mc Entee, Kinsella, 2010).

Znano je, da lahko slikanje v PA projekciji predstavlja težavo (Lipovec in sod., 2011). Stopnja bolečine, povezane npr. z zlomom, pacientu lahko povzroči hudo nelagodje. Če radiološki inženir zaradi prizadetosti pacienta glave ne more postaviti v pravilni položaj za PA projekcijo, slika ne bi ustrezala kriterijem. Takrat se praviloma odločimo za AP projekcijo, pri kateri je, ne glede na prizadetost pacienta, lažje zagotoviti pravilno sliko. Mc Entee in Kinsella (2010) zatrjujeta, da lahko manjšo natančnost pri nastavitvi pacienta za PA projekcijo zanemarimo, kajti pacient pri tej projekciji vendarle dobi znatno manjšo dozo.

Na glavi in v njeni okolici ležijo nekateri organi, ki so na rentgensko sevanje občutljivi, to so predvsem očesne leče, žleze slinavke, ščitnica. Oči spadajo med kritične organe, zato jih moramo ščititi. Zaradi čim manjše doze na očesne leče so osnovne projekcije praviloma posteroanteriorne. Če je projekcija anteroposteriorna ali posteriorna polstranska, morajo biti oči zaprte (Lipovec in sod., 2011). Pri posteroanteriornih projekcijah glave je doza na očesne leče le 5% doze pri anteroposteriorni projekciji (Lipovec, 2005).

Pri bolniku se dozna obremenitev lahko vedno zmanjša na najrazumnejšo, ki še zagotavlja diagnostično uporabne rentgenske posnetke. S tem dosežemo, da se radiološki poseg izvaja po načelih dobre radiološke prakse. Dobra radiološka praksa temelji na načelih ALARA in varstva pred ionizirajočim sevanjem. ALARA govori o dozi, ki naj bo tako nizka, kot je to mogoče razumno doseči (Bushberg et al., 2002). Tudi v kodeksu radioloških inženirjev Slovenije je zbirka najpomembnejših načel, po katerih se radiološki inženirji ravnavajo v svojem poklicu (odnos in odgovornost do pacienta, profesionalna integriteta radiološkega inženirja, odnosi do sodelavcev, odnosi v timu in profesionalni standardi) (Morela okulisti, 2012).

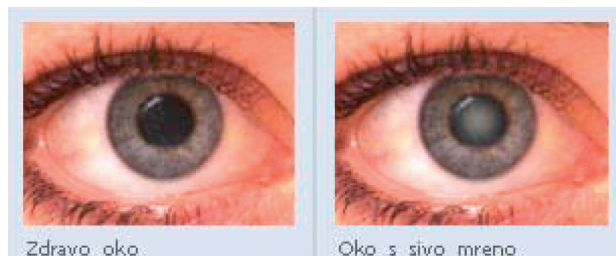
Poškodbe tkiv

Serša (2004) meni, da je osnovni namen postavitve doznih meja omejiti tveganja za stohastične in preprečiti deterministične učinke ionizirajočih sevanj na človeški organizem. Stohastični učinki so tisti, ki nimajo praga, pod katerim bi bila verjetnost, da bi do njih prišlo, gotova. Lahko se pojavijo pri nižjih dozah, npr. rakasta obolenja ali okvare dedne mase. Deterministični učinki so tisti, pri katerih poznamo vrednost dozne obremenitve, nad katero pride do njih. S tem, ko narašča doza, je verjetnost pojavov in zato tudi stopnja okvare večja. Primeri: katarakta, kožni eritem, sterilnost.

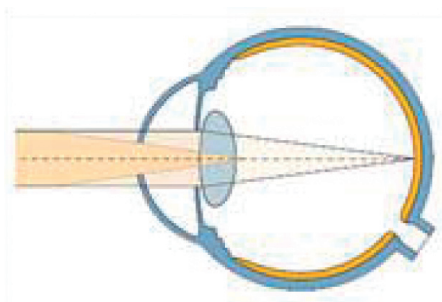
Očesne poškodbe zaradi rentgenskega sevanja nastanejo zaradi primarne okvare celic. Glede na valovno dolžino sevanja in specifično absorpcijo v posameznih očesnih tkivih nastanejo različne vrste poškodb. Pogosto so te posledice povezane z rentgenskim slikanjem skeleta in mehkih delov tkiv v bližini očesa (Blagojević, 1979).

Cataracta (katarakta – siva mrena)

Katarakta ali siva mrena je najpogostejši vzrok za slabovidnost po vsem svetu. Danes je to ozdravljiva bolezen, trenutno jo kirurško odstranjujejo. Katarakta je zamegljenost vsega ali samo dela leče oči. Zmanjšuje optično zmogljivost, najpogosteje se kaže kot zmanjšana ostrina vida, bleščanje in zmanjšana kontrastnost. Zamegljene leče so klinično vidne pri difuznem ali fokalnem osvetljevanju, kot sivkasta mesta v leči (Statkiewicz, Sherer et al., 2011). Katarakta se začne z latentnim obdobjem, ki lahko traja od nekaj mesecev do nekaj let in se lahko razvije v totalno katarakto. Nastane lahko pod vplivom rentgenskih žarkov, sevanja radioaktivnih izotopov in hitrih nevtronov, na katere so občutljivi predvsem mladi. Da je lahko ionizirajoče sevanje vzrok za sivo mreno, so ugotovili po nesrečnih primerih v jedrskih raziskovalnih centrih in po eksploziji atomske bombe na Japonskem. Ionizirajoče sevanje lahko povzroči poškodbe epitelija leče, kjer se nato nepravilno oblikujejo mlada lečna vlakna. Vpliv ionizirajočega sevanja je močnejši pri mladih osebah. Endogeni vplivi motnje presnove se lahko kažejo tudi na videzu sive mreene (Blagojević, 1979; Francis, 1999). Nedavne epidemiološke študije kažejo, da je prag za pojav sive mreene precej nizek, pod 0,5 Gy (Behrens in Dietze, 2010).



Slika 1 : Zdravo oko in oko s sivo mreno (Morela okulisti, 2012)



Slika 2 : Prikaz očesa s sivo mreno (Morela okulisti, 2012)



Slika 3 : Normalen vid in vid pri sivi mreži (Morela okulisti, 2012)

NAMEN

Namen raziskave je bil ugotoviti, kolikšna je razlika med dozama, ki ju prejmejo oči pri rentgenskem slikanju glave v anteroposteriorni (AP) in v posteroanteriorni (PA) projekciji.

METODE IN MATERIALI

Meritve sva izvedla decembra 2011 na Zdravstveni fakulteti v Ljubljani in v Zdravstvenem domu Ljubljana.

Na slikovnih sprejemnikih folija-film in CR sistemu sva opravila meritve na klasičnem rentgenskem aparatu Multix/Vertex proizvajalca Siemens (Siemens AG, Germany). Razpon anodne napetosti cevi je od 40 kV do 150 kV. Radiografska rešetka ima razmerje 11:3, število lamel na cm je 70 (N70), optimalna razdalja gorišče-slikovni sprejemnik (RGS) je 150 cm.

Merila sva z dozimetrom za merjenje vstopne kožne doze Unfors PSD (Patient Skin Dosimeter). Dozimeter sva pri vsaki ekspoziciji nalepila na levo in desno oko.

Uporabila sva fantom glave z oznako RS-108 T (Radiology suport devices) in fantom celega telesa z oznako PBU 60 (Kyotokagaku Co., Ltd, Japan). Prvi fantom simulira pacienta, visokega 175 cm, z maso 74 kg, drugi pa pacienta, visokega 165 cm, z maso 50 kg (Kyotokagaku, 2009).



Slika 4 : Fantom glave z oznako RS-108 T in glava fantoma celega telesa z oznako PBU

Pri PA projekciji glave pacient po navadi leži na trebuhu na preiskovalni mizi. Glava je naslonjena na čelo in nos. Orbitomeatalna črta (povezuje zunanji kantus in središče zunanjega sluhovoda) je pravokotna na kaseto, sredinska ravnina pa na njeno vzdolžno os. Centralni žarek poteka skozi zunanjo zatilnično grčo, pravokotno na kaseto. Zaščita pri ležečih pacientih je zaščitno pregrinjalo (Lipovec in sod., 2011).

AP projekcijo uporabljamo, kadar pacient ne more ležati na trebuhu. Pri tej projekciji pacient leži na hrbtu, glava pa je z obraznim delom obrnjena navzgor, brada je pritegnjena. Orbitomeatalna črta je pravokotna na kaseto, sredinska ravnina pa na njeno vzdolžno os. Centralni žarek poteka skozi glabelo (plitva vdolbina med zgornjima orbitalnima robovoma) (Lipovec in sod., 2011).

Meritve sva naredila v AP in PA projekciji z ekspozicijskimi pogoji za slikovni sistem folija-film, ter CR in DR slikovna sistem. Pri PA projekciji je bil fantom naslonjen na čelo in nos, centralni žarek je potekal skozi zunanjo zatilnično grčo. Pri AP projekciji pa je bil fantom naslonjen na podlago z zadnjim delom glave, centralni žarek je potekal skozi glabelo. Razdalja gorišče-slikovni sprejemnik je bila pri vseh treh slikovnih sistemih 115 cm.

Pri sistemu folija-film so bili ekspozicijski pogoji 61,5 kV in 56 mAs, pri velikosti slikovnega polja $27 \times 19,5$ cm. Ekspozicijski pogoji pri CR sistemu pa so znašali 77 kV in 11,3 do 14,7 mAs.

Na DR sistemu sva merila na klasičnem rentgenskem aparatu AXIOM Aristos FX Plus proizvajalca Siemens (Siemens AG, Germany), ki ima možnost izbire dveh gorišč velikosti 0,6 mm ali 1,0 mm. Lastna filtracija koristnega snopa je 3,5 mm aluminija. Možna je uporaba dodatne filtracije od 0,1 do 0,3 mm bakra, ki se lahko dodaja po 0,1 mm. Razpon anodne napetosti je od 40 do 150 kV. Radiografska rešetka ima razmerje $R=15$, 80/cm, optimalna razdalja gorišče slikovni sprejemnik je 115 cm. Velikost slikovnega polja je bila 31×24 cm. Uporabljen je bil avtomatski nadzor ekspozicije s srednjo ionizacijsko celico, ekspozicijski pogoji so bili 66 kV in 16 mAs. Merila sva na fantomu glave z oznako RS-108 T (Radiology suport devices),

dozimeter je bil isti, kot pri merjenju na sistemih folija-film in CR. Postopek meritev je bil popolnoma enak, kot pri klasičnem rentgenskem aparatu. Narejene so bile štiri meritve, dve v AP in dve v PA projekciji.

Zbrani podatki so statistično obdelani ter prikazani v grafični in opisni obliki.

REZULTATI IN RAZPRAVA

Izmerila sva dozo ionizirajočega sevanja, ki so jo prejele oči pri rentgenskem slikanju glave v AP in PA projekcijah, uporabila sva slikovne sisteme folija-film ter CR in DR sistem. Pri slikanjih na CR sistemu in sistemu folija-film sva naredila šestnajst meritev (po štiri v AP in PA projekciji na vsakem sistemu), pri DR sistemu pa samo štiri (dve v AP in dve v PA projekciji).

Meritve pri slikanjih na sistem folija-film

Pri sistemu folija-film, s fantomom RS-108 T, je bila povprečna doza na oči pri AP projekciji 2697 μGy , pri PA pa 20,44 μGy (tabela 1).

Tabela 1: Povprečne doze na oči pri sistemu folija-film, fantom RS-108 T

| | AP projekcija | PA projekcija |
|-----------|---------------------|----------------------|
| levo oko | 2727 μGy | 19,18 μGy |
| desno oko | 2667 μGy | 21,70 μGy |

Na tabeli 2 so povprečne doze, ki sva jih dobila pri meritvah z istim slikovnim sistemom in s fantomom PBU 60. Povprečna doza na oči pri AP projekciji je bila 2635 μGy , pri PA pa 23,46 μGy .

Tabela 2: Povprečne doze na oči pri sistemu folija-film, fantom PBU 60

| | AP projekcija | PA projekcija |
|-----------|---------------------|----------------------|
| levo oko | 2676 μGy | 23,03 μGy |
| desno oko | 2594 μGy | 23,61 μGy |

Meritve pri slikanjih na CR slikovni sistem

Povprečna doza na fantomu RS-108 T je bila pri AP projekciji 1056 μGy , pri PA projekciji pa 12,31 μGy (tabela 3).

Tabela 3: Povprečne doze na oči pri CR slikovnem sistemu, fantom RS-108 T

| | AP projekcija | PA projekcija |
|-----------|---------------------|----------------------|
| levo oko | 1071 μGy | 11,6 μGy |
| desno oko | 1041 μGy | 13,01 μGy |

Na fantomu PBU 60 sva izmerila povprečno dozo v AP projekciji 856,3 μGy in pri PA 11,62 μGy . V PA projekciji se je doza zmanjša za 98,64 % (tabela 4).

Tabela 4: Povprečne doze na oči pri CR slikovnem sistemu, fantom PBU 60

| | AP projekcija | PA projekcija |
|-----------|----------------------|----------------------|
| levo oko | 869,9 μGy | 11,72 μGy |
| desno oko | 842,7 μGy | 11,51 μGy |

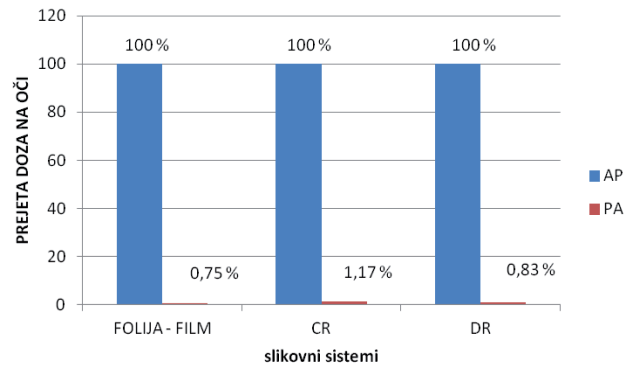
Meritve pri slikanjih na DR slikovni sistem

Tudi pri meritvah na DR sistemu in fantomu RS-108 T sva pri PA projekciji izmerila veliko nižje doze, kot pa pri AP: povprečna doza pri AP projekciji je bila 1390 μGy , pri PA pa 11,5 μGy (tabela 5); zmanjšanje je 99,17%-no.

Tabela 5: Povprečne doze na oči pri DR slikovnem sistemu, fantom RS-108 T

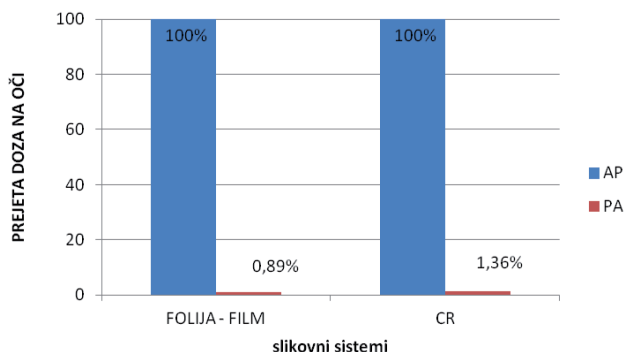
| | AP projekcija | PA projekcija |
|-----------|---------------------|---------------------|
| levo oko | 1390 μGy | 10,2 μGy |
| desno oko | 1390 μGy | 12,8 μGy |

Primerjava doz med slikovnimi sistemi in fantomoma



Slika 5: Doza na oči pri slikanju glave AP in PA projekcijah; meritve na fantomu RS-108 T, s slikovnimi sistemi folija-film, CR in DR

Slika 5 prikazuje, kakšen je odstotek doze na oči pri PA, v primerjavi z AP projekcijo, pri vseh treh slikovnih sistemih, merjeno na fantomu RS-108 T. Doza pri sistemu folija-film je v PA projekciji manjša za 99,25%, pri CR sistemu za 98,83% in pri DR za 99,17%.



Slika 6: Doza na oči pri slikanju glave AP in PA projekcijah; meritve na fantomu PBU 60, s slikovnim sistemoma folija-film in CR

Slika 6 prikazuje odstotek prejete doze na oči pri PA, v primerjavi z AP projekcijo, pri slikovnih sistemih folija-film in CR, merjeno na fantomu PBU 60. Doza je pri sistemu folija-film

v PA projekciji za 99,11%, pri CR sistemu pa za 98,64% manjša, kor v AP.

Ker so doze pri PA projekcijah pri vseh slikovnih sistemih in merjene na obeh fantomih približno za 99% manjše kot pri AP, lahko potrdimo že znana dejstva (Lipovec, 2005), da je osnovna projekcija glave praviloma PA, ker je tako doza na oči bistveno manjša, kot v AP. Razloga sta atenuacija snopa v strukturah glave, ki ležijo med virom sevanja in očmi in večja oddaljenost oči od vira pri PA projekciji. Podobne rezultate, kot sva jih dobila v najini raziskavi, najdemo tudi pri nekaterih avtorjih, katerih ugotovitve so v nadaljevanju.

AP projekcijo uporabljamo le v primerih, ko pacient ne more ležati na trebuhu, je priklenjen na posteljo ali kadar ima hude poškodbe in bolečine. Pri tej projekciji oči ležijo na tisti površini glave, ki je obrnjena proti viru rentgenskih žarkov, zato nanje pade snop z mnogo večjo jakostjo, kot pri PA projekciji. Zato je tudi verjetnost, da pride do nastanka katarakte, večja (Lipovec, 2005; Statkiewicz Sherer et al., 2011; Weatherburn, 1983).

V večini primerov se slika glava v PA projekciji, kadar pa so okoliščine izjeme, moramo zanemariti precej višjo dozo na oči, se prilagoditi pacientovemu stanju in napraviti AP projekcijo (Mc Entee in Kinsella, 2010). Pomembna je tudi natančnost nastavitve glave ter poravnave centralnega žarka, glave in slikovnega sprejemnika, da slika ustreza kriterijem, ker ponavljanje slikanja zaradi napak pri poravnavi vodi do večje doze za oči.

Čeprav je dokazano da je pri PA projekcijah kakovost slik nižja, avtorji priporočajo slikanje v PA projekcijah, slike so še vedno diagnostično sprejemljive, dozna obremenitev pa je občutno nižja (Mc Entee in Kinsella, 2010). Zato se PA projekcija uporablja kot osnova za slikanje glave (Lipovec, 2005).

Trenutne študije kažejo, da je manjša doza sevanja edini dejavnik, ki govori v prid PA projekcijam, ker je pri njih manjši odmerek doze na občutljive organe, kot pri AP. Tako tudi z našmi meritvami potrjujemo, da so doze pri PA projekcijah nižje, kot pri AP (Young, 2006; Weatherburn, 1983).

PA projekcije so prav tako preproste za uporabo, brez dodatnih stroškov, s tem da, je kvaliteta slike včasih slabša. Največja prednost je pa predvsem v nižji dozi ionizirajočega sevanja na tkiva, ki so občutljiva (Young, 2006).

ZAKLJUČEK

Oči spadajo med kritične organe, zelo občutljive na rentgensko sevanje, zato jih moramo ščititi. Kot navajajo različni strokovnjaki (Lipovec in sod., 2011; Mc Entee et al., 2010; Statkiewicz Sherer et al., 2011; Weatherburn, 1983; Young, 2006) se kot osnovna projekcija za slikanje glave uporablja PA projekcija, prav zato, da se zmanjša doza ionizirajočega sevanja na očesno lečo.

Rezultati tokratne raziskave so pokazali, da je doza na oči pri PA projekciji glave v povprečju manjša za 99%, če jo primerjamo s tisto, ki jo oči prejmejo pri AP projekciji.

PA projekcijo uporabljamo kot osnovno projekcijo pri slikanju glave. Glavna prednost te projekcije je dozna obremenitev, ki je manjša kot pri AP projekcijah. S tem pa se zmanjša tudi možnost nastanka očesnih poškodb zaradi sevanja – katarakte. AP projekcije se uporabljajo samo takrat, kadar pacient ne more ležati na trebuhu ali ima hude poškodbe in bolečine.

LITERATURA

Blagojević M (1979). Oftalmologija: udžbenik za studente medicine. Zagreb: Medicinska knjiga.

Bushberg JT, Siebert JA, Leidholdt EM, Boone JM (2002). The essential physics of medical imaging. 2nd ed. Philadelphia: Springer.

Francis PJ (1999). Lensbiology: development and human cataractogenesis. Trends Genet 15 (5): 191-6.

Klemenc-Ketiš Z, Tušek-Bunc K, ur. (2009). Navodila za bolnike. Knj. 2. Bolezni in poškodbe. Ljubljana: Zavod za razvoj družinske medicine.

Lipovec V (2005). Rentgenske slikovne metode in protokoli. Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo, 295-298.

Lipovec V, Mekiš N, Starc T (2011). Rentgenske slikovne metode in protokoli. 2. izd. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta; 55.

Mc Entee MF, Kinsella C (2010). The PA projection of the clavicle: a dose – reducing technique. HYPERLINK "<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20061579>" Radiat Prot Dosimetry 139 (4): 539-45.

Morela okulisti (2012). <http://www.morelaokulisti.si/vsebina.asp?idpm=20.<29.3.2012>>

Serša G (2004). Biološki učinki ionizirajočega sevanja. Ljubljana: ZVD, 32-42.

Statkiewicz Sherer MA, Visconte PJ, Ritenour ER (2011). Radiation Protection in medical radiography. 6th ed. Maryland Hights: Mosby, 139-183.

Valentin J ed. (2007). The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Orlando: Elsevier.

Weatherburn GC (1983). Reducing radiation doses to the breast, thyroid and gonads during diagnostic radiography. Radiography 49 (583): 151-56.

Young KJ (2007). Should plain films of the lumbar spine be taken in the posterior-to-anterior or anterior-to-posterior position? HYPERLINK "<http://pubget.com/search?q=late+st%3AJournal+of+Manipulative+and+Physiological+Therapeutics&from=17416274>" Manipulative Physiol Ther HYPERLINK "<http://pubget.com/search?q=issn%3A0161-4754+vol%3A30+issue%3A3&from=17416274>" 30(3): 200-5.

Zbornica radioloških inženirjev (2001). Kodeks radioloških inženirjev. <http://www.zris.si/images/datoteke/kodeks.pdf.<29.3.2012>>

Zdešar U (2002). Določanje obsevanosti pacientov zaradi rentgenskih preiskav v Republiki Sloveniji, poročilo o izvedbi projekta. Ljubljana: ZVD.