

Izpostavljenost sevanju pri preiskavah z večreznim računalniškim tomografom - VRTT

Dose exposures in examinations with multi-detector row computed tomography - MDST

Jože Matela

Radiološki oddelek,
Splošna bolnišnica Maribor
Maribor, Slovenija

Pregled

Večrezní računalniški tomografi (VRTT) so v zadnjih letih po zaslugi izrednega tehničnega napredka dosegli izredno razširjenost in postali osrednja slikovna diagnostična metoda. Njihova temna plat so višje ekspozicije sevanja, ki so jim izpostavljeni pacienti tako v primerjavi z običajnim računalniškim tomografom (RT) kot ostalimi diagnostičnimi slikanji. Vendar lahko pri delu z VRTT na razne načine dosežemo zmanjšanje doze. Z izbiro ustreznih parametrov nastavitve zajemanja podatkov lahko dosežemo boljšo dozno učinkovitost kot z običajnim RT, poleg tega omejena uporaba večfaznih protokolov prav tako občutno zniža dozo. Novejši VRTT pa z vgrajenimi pametnimi tehničnimi sistemi, kot je na EKG ali telesni premer vezana modulacija katodnega toka, močno prispevajo k zmanjšanju doze. Pri upoštevanju vseh naštetih možnosti je mogoče ekspozicijo sevanja pri VRTT v primerjavi z ERT v celoti znižati.

Abstract

Extraordinary technical advances in recent years are the reason that the multidetector row CT (MDCT) has become the main and widely used diagnostic procedure. The disadvantage of its use are higher radiation doses to which the patients are exposed, compared to single-slice CT or other imaging modalities.

However there are many options to reduce radiation exposure. Choosing optimized scanning parameters can lead to better dose efficiency in comparison to single-slice CT. Restricted use of multi-phasic examinations helps in dose reduction. The modern scanners have some intelligent tools like ECG or bodyshape-based real time dose modulation that also drastically reduce the radiation dose.

Taking in consideration all the possibilities for optimizing radiation exposure, the radiation exposure of MDCT in comparison with SRCT can be decreased.

Ključne besede

doza žarčenja, VRTT, redukcija doze, otroci, indikacije

Keywords

Radiation dose, MDCT, dose reduction, children, indications

Uvod

Računalniška tomografija (RT) je od svoje uvedbe v medicino v 70. letih prejšnjega stoletja prehodila uspešno pot ter postala nepogrešljiv del sodobnih diagnostičnih metod (9), še posebej potem, ko je tehnološki razvoj pripeljal do spiralne računalniške tomografije (SRT) in kasneje do večrezne računalniške tomografije (VRRT), pri čemer se je število detektorskih vrst trenutno ustavilo pri 64. Predvsem VRRT so s povečano hitrostjo zajemanja podatkov in krajšim časom njihove obdelave ter z izboljšano ločljivostjo v z–osi z možnostjo zajemanja večjega volumna postali nepogrešljiv del sodobnih diagnostičnih postopkov. Izredna ločljivost, ki dovoljuje transformacijo aksialno zajetih podatkov v poljubno prostorsko ravnino ter možnost, v izredno kratkem času prikazati različna področja človeškega telesa, sta na novo ovrednotili in razširili njeno klinično uporabnost.

Preiskave z večreznim računalniškim tomografom (VRRT)

VRRT je izredno učinkovita diagnostična preiskovalna metoda, ki pa je povezana z dokaj izraženo žarkovno obremenitvijo za preiskovanca. (1) Še pred leti je RT predstavljala 2–3 % vseh radioloških preiskav, istočasno pa je predstavljala 20–30 % celotne radiacijske doze, ki izhaja

iz virov medicinske uporabe. Leta 1999 so v Angliji preiskave z RT predstavljale 40 % celotne radiacijske doze, uporabljene v medicinske namene. Podobne razmere najdemo v ostalih evropskih državah in leta 2000 je posebna komisija ZN zapisala, da svetovno gledano predstavljajo preiskave z RT 5 % vseh radioloških preiskav, vendar prispevajo kar 34 % celotno prejete doze (23).

Nevarnosti, povezane z izpostavljenostjo učinkom sevanja, lahko razdelimo na dve skupini: na deterministične in stohastične učinke.

Deterministični učinki so povezani s celično smrtjo in so določeni s pragom doze za posamezno področje, onkraj katerega se ti učinki običajno manifestirajo. Deterministične učinke zelo redko srečamo pri običajnih diagnostičnih rentgenskih preiskavah, vključno z RT, saj običajno prejeta doza sevanja ne preseže praga. Glavna nevarnost za posameznika, ki je izpostavljen diagnostični rentgenski preiskavi, izhaja od stohastičnih učinkov, ki so odvisni od količine absorbirane doze ter lahko sprožijo nastanek raka ali genetskih sprememb.

Pri pacientih, ki so opravili RT preiskavo abdomna, je pričakovano tveganje umrljivosti zaradi raka 12.5/10.000 in je v celoti primerljivo s smrtnostjo zaradi raka pri kadilcih, izpostavljenih enoletnemu kajenju.



Otroci predstavljaj populacijo, na katero mora biti posebej usmerjena naša pozornost. Pri otrocih, izpostavljenih RT preiskavam, lahko pričakujemo nastop slučajnih genetičnih efektov, ki ne potrebujejo praga doze in se lahko pojavijo nedovisno od prejete doze ter so lahko možni pozni povzročitelji malignih obolenj ali pa se lahko prenesejo na potomstvo (1, 2, 17). Sprejeto dozo se samo večja možnost nastopa takšnega dogodka.

VRRT in doza sevanja

Ne glede na posameznega komercialnega proizvajalca RT aparatov so vsem skupni podstavki s krožno odprtino (gantry), preiskovalna miza, izvor rentgenskih žarkov in detektorji. Na svoji poti skozi človeško telo so rentgenski žarki izpostavljeni slabitvi, ki je odvisna od lokalne sestave tkiv. Ta je na poti skozi kosti večja kot skozi mehka tkiva. Signal, ki ga takšen žarek sproži na detektorju, se uporabi za rekonstrukcijo slike.

Pri konvencionalnem rentgenskem slikanju se doza enakomerno zmanjšuje od vstopnega proti izstopnemu mestu, medtem ko se pri preiskavi z RT doza skoraj enakomerno porazdeli v skeniranem področju, saj je pacient skoraj enakomerno žarčen iz vseh smeri. Poleg tega se energija sevanja pri RT preiskavah ne omeji samo na preiskovano področje, ampak zaradi številnih efektov, kot so razpršenost sevanja, lom žarkov in omejene možnosti centriranja žarkov, prehaja preko meja zajetega volumna.

Za primer naj navedemo, da znaša efektivna doza (ED), ki jo prejme posameznik pri RT preiskavi medistatina, abdomna, jeter, pankreasa, ledvic ali ledvene hrbtenice, skoraj 5mSv, kar lahko primerjamo z 250 konvencionalnimi slikanji prsnega koša.

Pomembno je spoznanje, da je potrebno v največji mogoči meri reducirati dozo žarčenja pri preiskavah z VRRT, vendar z njenim zmanjševanjem ne smemo ogroziti kakovosti izvedene preiskave.

Radiolog je postavljen pred težko nalogo, saj mora poiskati kompromis med zmanjševanjem doze in dosego ustrezne kakovosti slike, med čim manjšo izpostavljenostjo pacienta vplivu ionizirajočega sevanja in čim večjo kvaliteto dobljene slike, ki nam bo omogočila natančno opredelitev bolezenskega dogajanja pri pacientu. Včasih je za doseg ustrezno kakovostne slike potrebno preiskavo narediti z višjo dozo ter se na tak način izogniti nepotrebnemu ponavljanju preiskave zaradi slabe kvalitete slike.

Pomembni parametri za izvedbo preiskave

Običajni parametri, pomembni za izvedbo VRRT, kot so kV, mAs, debelina posameznega reza, število rezov, ne omogočajo ocene biološkega učinka doze, lahko pa pomembno vplivajo na njeno velikost oziroma redukcijo. Dozo žarčenja, ki smo ji izpostavljeni pri preiskavi z VRRT, ponavadi izražamo s CTID-vrednostjo (CT-indeks doze). Ob tem ločimo še $CTID_w$ – vrednost, ki izraža prejeto dozo na posamezno plast, $CTDI_{vol}$ – vrednost, ki se nanaša na volumen, ali $CTDI_{100}$ – vrednost, ki se nanaša na 10cm zajetega tkiva.

Pogosto tudi CT-dozni indeks (CTDI) (4, 23) ni uporaben, saj definira samo energijsko dozo, ki se pojavi v plasti cilindričnega fantoma pri konstantnih vrednostih mAs in kV in na tak način karakterizira CT aparat (geometrija, filtracija). Pomembna je efektivna doza (ED), ki je določena za vse telo in predstavlja matematični izračun številnih »lokalnih« doz in organskih doz ter ob tem upošteva kvaliteto žarkovja in biološko občutljivost različnih organskih sistemov (11, 25, 19, 23).

Redukcija doze

Kadar poskušamo pri tanki kolimaciji oziroma debelini rezov doseči dobro kvaliteto slike, je zaradi možnega pojava šumov in za dosego dobre ločljivosti v XY ravnini potrebno izbrati nastavitve, ki posledično zvišujejo dozo. Pri tem ne pride samo do povečanja doze za posamezno zajeto plast, ampak za celotno preiskavo (5,6).

V osnovi ima VRRT boljšo dozno učinkovitost kot običajen enorezni računalniški tomograf (ERRT), tako da je že z manjšo dozo mogoče doseči njegovo dobro delovanje. Če želimo doseči homogen snop žarkov na detektorski sistem, je potrebno vzeti v zakup, da bo na vsaki strani detektorske površine ožarčen še določen predel. Temu efektu se tudi pri izredno natančni kolimaciji ne moremo izogniti, saj zaradi končno majhnega žarišča rentgenske cevi na robovih obsevanega polja prihaja do kontinuiranega upada doze, ki je ne moremo uporabiti pri tvorbi slike. To obrobno »prežarčenje« imenujemo penumbra. Pri ERRT nastaneta pri vsaki zajeti plasti 2 penumbri, pri štirivrstnem - detektorskem sistemu nastaneta prav tako dve penumbri, vendar se pri tem zajamejo slike 4. plasti, tako da pride na plast samo polovica penumbre neizkoriščene ekspozicije. Pri večvrstnih detektorskih sistemih je to znižanje še večje. Lahko bi rekli, da z večanjem števila vrst detektorjev pri VRRT izboljšujemo njegovo geometrijo skeniranja.

RT-sistemi morajo razpolagati s kolimatorskimi sistemi različnih debelin, kar pri ERRT ne predstavlja problema, medtem ko pri VRRT razlikujemo dva različna

detektorska sistema, Matrix-detektor in Adaptive-array detektor.

Matrix-detektor

Sestavljen je iz več enako širokih detektorskih vrst, katerih debelina ustreza najtanjši možni kolimaciji. Pri nastavljeni tanki kolimaciji so uporabljene samo sredinske vrstice detektorjev, pri širši nastavitvi kolimacije pride do medsebojne povezave dveh ali več enako debelih detektorskih vrstic.

Adaptive-array detektor

Ta sistem je sestavljen iz različno debelih detektorskih vrstic, tako da so v sredini nameščene vrstice z najtanjšo kolimacijo in ob njih tiste s debelejšo. Celotno število detektorskih vrstic je zmeraj nižje kot pri ustreznem matrix-detektorskem sistemu. Ker je število detektorskih vrstic manjše, je manj tudi vmesnih prostorov, ki so obsevani, tako da je pri izbiri debelejše kolimacije žarkovna ekspozicija, ki ji je izpostavljen pacient, manjša.

Parametri ekspozicije

Pri preiskavah z VRRRT imamo na voljo več načinov, s katerimi je mogoče spreminjati dozo žarčenja in s tem zmanjšati izpostavljenost pacientov vplivu ionizirajočega sevanja. Izredno pomembna je pravilna in ustrezna izbira parametrov ekspozicije.

Produkt katodnega toka in časa – mAs:

Absorpcija rentgenskih žarkov je v določenih organih oziroma pregledovanih področjih različna, zaradi česar je potrebno, da za predele z nizko absorpcijo žarkov oziroma visoko kontrastnostjo uporabimo nizek produkt katodnega toka in časa (mAs). Prav tako je potrebno mAs prilagoditi konstituciji posameznega pacienta, kar pomeni, da bomo pri suhih pacientih ta produkt lahko znižali tudi do 50 % in ga pri adipoznih ustrezno zvišali.

Pri mladih pacientih ne smemo zgolj zaradi njihove mladosti preiskave izvesti z nižjimi ekspozicijskimi vrednostmi, saj je rezultat lahko preiskava, ki jo je težko interpretirati.

Izbira katodne napetosti:

Tudi pravilna izbira katodne napetosti pomembno vpliva na prejeto dozo. Samo povečanje katodne napetosti (kV) lahko tudi do 40 % poveča dozno obremenitev, ne da bi bistveno izboljšalo kvaliteto slike. Če znižamo katodno napetost s 120 kV na 80 kV, dosežemo skoraj 60-odstotno redukcijo doze. Pri CT-angiografijah (CTA) dosežemo z znižanjem katodne napetosti na 80 kV izboljšanje jodne

kontrastnosti ter istočasno zmanjšamo žarkovno obremenitev pacienta (13). Pri preiskavah, ki jih naredimo z 80 kV, je pogosto potrebno dvigniti katodni tok (mA), vendar ostaja prejeta doza neprimerno nižja, kot če bi uporabili 120 kV napetosti. Še posebej pri otrocih je pomembno, da se preiskave opravljajo z nizko katodno napetostjo, saj je za preboj otrokovega telesa primereno tudi manj trdo žarkovje, poleg tega pa pri nizkih kV narašča kontrastnost med kostnimi strukturami in mehkim tkivi. S tem izboljšamo kakovost slike in zmanjšamo prejeto dozo. Pred izvedbo preiskave je smiselno, da izberemo ustrezno katodno napetost (kV), ki naj bo prilagojena vrsti in zahtevam preiskave, ter šele nato nastavimo ustrezen katodni tok (mA), ki naj ustreza potrebam preiskave in konstituciji preiskovanca.

Vrednost PITCH:

Spremembe vrednosti PITCH ali pomika mize same po sebi ne vodijo k redukciji prejete doze. Pregled toraksa in abdominalna je potrebno izvesti v fazi zadržanega dihanja, kar pomika čas preiskave in PITCH navzdol. Pri visokih vrednosti PITCH-a se ločljivost v z-osi manjša, kar ima za posledico artefakte pri rekonstrukcijah. Hitrost pomika mize je odvisna od števila detektorskih vrst in rotacijskega časa. Več detektorskih vrst in hitrejši rotacijski čas omogočata hitrejše pomike mize.

Dozna modulacija:

Večina aparatov ima vgrajene posebne sisteme, ki omogočajo zmanjševanje prejete doze z dozno modulacijo, ki je lahko odvisna od telesnega profila ali EKG vodena. Pri modulaciji, odvisni od telesnega profila, se delovanje cevi prilagodi na posamezen presek telesa, kar je pomembno na višini tako ramenskega kot ledvenega obroča. Posebni detektorski sistem meri katodni tok in ga prilagaja potrebam (18). Ob tem se doza v AP/PA poteku žarkovja znižuje in v lateralni projekciji dviguje. Vsekakor pa je celotna prejeta doza z uporabo dozne modulacije neprimerno nižja kot brez uporabe le-te (20).

Pri preiskavah srca, ki so EKG vodene, je rentgenska cev stalno v uporabi. Pri rekonstrukciji pa se uporabijo samo podatki, zajeti v kratkem intervalu srčnega ciklusa, kar pomeni, da velik del žarkovne obremenitve, ki ji je bil izpostavljen posameznik, ne pripomore k rekonstrukciji slike. Z EKG-modulacijo katodnega toka se je mogoče velikemu delu doze, ki ne prispeva k rekonstrukciji slike, izogniti. Rentgenska cev je normalno obremenjena samo v tistih fazah srčnega ciklusa, ki prispevajo k rekonstrukciji slike, medtem ko dela v ostalih fazah samo z 20-odstotno zmogljivostjo, kar do 50 % reducira prejeto dozo (21).

Protokoli preiskav:

Redno delovanje VRRT je prispevalo k uvedbi večfaznih preiskovalnih protokolov za določena področja, kar neposredno vodi do povečane obremenjenosti z dozo (12).

Poseben problem predstavljajo preiskave določenega anatomskega področja, ki jih pregledujemo v več različnih fazah, saj to neposredno vodi do dviga prejete doze. Prikaz razporeditve kontrasta po različnih fazah so zadovoljivo omogočili šele VRRT in s tem omogočili izboljšano diagnostiko, vendar dvignili prejeto dozo. Vsa odgovornost leži na radiologih, ki morajo za vsak primer posebej kritično presoditi upravičenost uporabe večfaznih protokolov. Vsekakor pa je za boljšo identifikacijo in oceno patoloških sprememb smiselna uporaba multifaznih protokolov injiciranja kontrastnega sredstva.

Za dvofazni prikaz jeter, to je ločitev arterijske od portalne faze, ni pravega nadomestila. Trifazni prikaz jeter je smisel samo v primerih arterijske kemoembolizacije za dokaz kopičenja lipiodola. Kot prva faza zadostuje nativni nizkodozni sken jeter.

Zadnje generacije VRRT aparatov imajo vgrajene nove detektorske sisteme, narejene na osnovi keramičnih polprevodnikov, ki so izboljšali razmerje "signal/šum" ter omogočajo dobro delovanje aparatov tudi pri uporabi nizkih doz in s tem omogočajo t. i. »nizkodozne« preiskave. Izdelani so posebni »nizkodozni« protokoli, ki naj bi jih uporabljali predvsem pri preiskavah za zgodnje odkrivanje različnih bolezenskih sprememb ali za načrtovanje različnih operativnih posegov.

Uporabljamo jih pri "screening" preiskavah, kot je zgodnje odkrivanje bronhialnega karcinoma. Žarkovna obremenitev pacienta pri izvedeni preiskavi je 0,2 mSv, kar skoraj ustreza dozni obremenitvi pacienta pri običajnem rentgenskem slikanju toraksa v 2. projekcijah. Pri tako izvedeni preiskavi pa je potrebno vzeti v zakup izražene slikovne šume, ki bistveno ne motijo pri odkrivanju nodularnih lezij v parenhimu pljuč, medtem ko ocene torakalne stene kot sprememb v zgornjem abdomnu ali v medistiniu iz tako izvedene preiskave ni mogoče podati. Tako izvedena preiskava je primerna tudi za odkrivanje polipov in karcinomov debelega črevesa.

Preiskave otrok z VRRT

Na osnovi dolgoročnih podatkov o vplivu sevanja na otroke, zbranih po eksplozijah atomskih bomb, so dognali, da lahko že enkratna izpostavitve otroka vplivu ionizirajočega sevanja, ki ustreza običajni CT preiskave ali je nekoliko višje kot pri le-tej, privede do povečanja možne umrljivosti zaradi raka, inducirane zaradi iz-

postavljenosti vplivom ionizirajočega sevanja. Pri dozi 1 Sv znaša časovno tveganje za indukcijo raka v povprečju 5 %, pri čemer so razlike glede na starost osebe. Pri osebah nad 50 let je pod 3 %, pri otrocih do 10. leta starosti pa do 15 % (1, 2, 19). Organska doza 100mGy v prsih petnajstletne deklice dopušča možnost nastanka prsnega raka v 0,3 % (14). Ocenjujejo, da je riziko umrljivosti zaradi raka pri enoletnem dečku, izpostavljenem sevanju pri RT preiskavi abdominalna, 0,18 %, in 0,07 % pri RT glave. V ZDA, kjer opravijo letno preko 600.000 RT preiskav abdominalna in glave pri osebah, mlajših od 15 let, ocenjujejo, da jih bo lahko 500 umrlo zaradi raka, vezanega na RT preiskavo (23).

Pri otrocih nastopajo številni specifični biološki faktorji, kot so mnogo aktivnejša celična proliferacija, pričakovana daljša življenjska doba, drugačni proporci organov in še posebej bolj izražena porazdelitev krvotvornega kostnega mozga in manjša vsebnost maščobnega tkiva.

Pri VRRT preiskavah otrok se običajno uporabljajo protokoli, ki so privzeti od odraslih (16) in prirejani za otroke in pri katerih je absolutno oddana energija manjša (25), medtem ko je učinkovita doza običajno precej večja (6,1 mSv proti 3,9 mSv za abdomen). Fizikalne osnove za to so v previsokem produktu mAs in v previsoki katodni napetosti, ki presegega zmognosti otrokove absorpcije sevanja (10,14,15). Pri otroku je površinska doza na strani telesa, obrnjeni proti rentgenski cevi, skoraj enako velika kot pri odraslem, zaradi manjšega telesnega premera pa doza na nasprotni strani rentgenske cevi – izstopna doza - naraste, kar posledično dviga dozo posameznega reza na rotacijo (12,13).

Kljub vsemu povedanemu pa ni dvoma o uporabnosti VRRT preiskave pri otrocih, ki individualno usmerjena, ne oziraje se na majhno možnost kancerogeneze, prinaša samo korist.

Kadar tehtamo med rizikom in uporabnostjo preiskave, je posebnega pomena kritično postavljena indikacija (8) za preiskavo:

Je preiskava smiselna?

Nam nudita UZ preiskava in preiskava z MR več uporabnih podatkov?

Ko se odločimo za CT preiskavo, je naslednji pomembni korak odločitev o potrebni kvaliteti slike. Težimo k takšni kvaliteti slike, ki ob najmanjši možni dozi da največ potrebnih informacij. Za področja z visoko kontrastnostjo, kot so kosti ali pljuča, lahko močno reduciramo dozo. Na drugi strani pa je za dokaz nežnih

nodularnih sprememb v jetrih opravičljiva nekoliko višja doza.

Pri odločitvi za preiskavo je potrebna odločitev za uporabo najprimernejšega protokola, pri čemer lahko vplivamo na izbiro produkta mAs, katodne napetosti, rotacijskega časa, faktorja Pitch. Najvažnejša je restriktivna omejitev pregledovanega volumna, poleg tega se poskušamo izogniti uporabi večfaznih protokolov. Izbira kratkega rotacijskega časa pri otroku zmanjša možnost artefaktov zaradi gibanja, obenem pa produkt mAs določa žarkovno ekspozicijo, zato te vrednosti nastavljamo v odvisnosti od telesnega premera otroka ali od njegove telesne teže (3, 7, 8).

Moderni VRRT omogočajo številne možnosti, s katerimi prilagodimo dozo potrebni preiskavi pri otroku. Dozna modulacija v xy-ravnini v času rotacije se obnese predvsem tam, kjer sta AP in stranski premer zelo različna in je mogoče katodni tok reducirati brez izgube za kvaliteto slike. To je smiselno na višini ramenskega obroča, kjer takšna modulacija pripomore k redukciji prejete doze na dojke. V tem primeru mora biti v AP poziciji katodni tok reduciran in v PA poziciji ojačan. V vzdolžni osi (z-os) je mogoče dozo reducirati s pomočjo interaktivne modulacije – absorpcija v predhodni rotaciji je osnova za izračun doze za naslednjo rotacijo.

Faktor PITCH predstavlja razmerje med pomikom mize v času rotacije in debelino reza ter je pri VRRT manj pomemben.

V določenih primerih lahko predstavlja problem nastavitev optimalne katodne napetosti, saj njena redukcija pomeni zvišanje produkta mAs. Velja priporočilo, da se običajno uporablja napetost 140 kV, samo v določenih primerih pa vrednosti pod 120 kV.

Na splošno velja, da je potrebno preiskovani volumen skrbno določiti ter se brez utemeljenega vzroka odpovedati uporabi večfaznih preiskav. Običajno prav tako opustimo nativni pregled, še posebno, kadar je potrebna aplikacija kontrastnega sredstva.

Prav tako je potrebno, da v poteku preiskave določene predele telesa, ki niso predmet preiskave, dodatno zaščitimo s svinčenimi prevlekami.

Novejši VRRT nam nudijo bogato izbiro programov za dodatno obdelavo slike in tako možnost, da z nizko dozo in visokimi šumi posnete visokoločljive slike s pomočjo različnih algoritmov na novo obdelamo.

Pomembno je dejstvo, da se morajo predvsem radiologi zavedati problematike v zvezi s prejeto dozo žarčenja pri pregledih otrok z VRRT ter zaradi tega postavijo stroge indikacije za takšne preglede, kritično presodijo vsako napotitev in zahtevano preiskavo in da ciljano uporabijo vse možnosti za zmanjšanje prejete doze, ki so jim na razpolago.

Zaključek

Na Radiološkem oddelku Splošne bolnišnice Maribor smo v mesecu novembru preteklega leta pričeli z delom na VRRT – Toshiba Aquillion - 64. Gre za najodobnejši 64-rezni RT, ki po strokovnih ocenah predstavlja trenutni vrh VRRT. Gre za vrhunski aparat, ki nudi številne možnosti različnih preiskav od možganske perfuzije do prikaza koronarnih arterij ter omogoča nov pogled v človeško telo. Vendar ob tem ne smemo pozabiti, da je njegovo delovanje vezano na uporabo ionizirajočega sevanja, ki mu je posameznik izpostavljen v času preiskave. Doze so običajno višje kot pri ERT, vendar jih lahko s pravilno in skrbno nastavitvijo parametrov skeniranja in z uporabo vseh zaščitnih ukrepov, ki so nam na voljo, ustrezno znižamo in približamo običajnim dozam. Aparat ima vgrajene nove detektorske sisteme, ki omogočajo delovanje aparata z nizkimi doznimi nastavitvami. Prav tako ima sisteme za dozno modulacijo v času, in sicer tako v odvisnosti od telesnega profila kot EKG vodeno. Kljub vsem danim možnostim za redukcijo doze pa ostaja odgovornost za pravilno izvedeno preiskavo pri radiologih. Potrebno je, da v sodelovanju s kliniki utemeljijo indikacije za preiskavo, poiščejo in svetujejo morebitne alternativne preiskave in, če jih ni, izvedejo preiskavo v obliki, ki bo ob najmanjši dozni obremenitvi dala sliko z maksimalno diagnostično izpovednostjo.

Literatura

- 1.) Brenner DJ, Elliston CD, Hall EJ, Berdon WE. Estimated risk of radiation-induced fetal cancer from pediatric CT. *AJR* 2001; 176: 289-296.
- 2.) Brenner DJ. Estimating cancer risk from pediatric CT: going from the qualitative to the quantitative. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 228-231.
- 3.) Donnelly LF, Emery KH, Brody AS, Laor T, Gyllys-Morin VM, Anton GA, Thomas SR, Frush DP. Minimizing radiation dose for pediatric body applications of single-detector helical CT: strategies at large children's hospital. *AJR* 2001; 176: 303-306.
- 4.) Fearon T. CT dose parameters and their limitations. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 246-249.
- 5.) Galanski M, Nagel HD, Stamm G. CT-Expositionspraxis in der Bundesrepublik Deutschland: Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage im Jahr 1999. *Fortschr Röntgenstr* 2001; 173: R1-R66.
- 6.) Prokop M. Überblick über Strahlendosis und Bildqualität in der Computertomographie. *Fortschr Röntgenstr* 2002; 174: 631-636.
- 7.) Frush DP, Soden B, Frush KS, Lowry C. Improved pediatric multidetector body CT using a size-based color-coded format. *AJR* 2002; 178: 721-726.
- 8.) Frush DP. Strategies of dose reduction. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 293-297.
- 9.) Haaga JR. radiation dose management risk versus benefit. *AJR* 2001; 177: 289-291.
- 10.) Huda W, Scalzetti EM, Levin G. Technique factors and image quality as functions of patient weight at abdominal CT. *Radiology* 2000; 217: 430-435.
- 11.) Huda W. Effective dose to adult and pediatric patients. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 272-279.
- 12.) Vock P. CT-exposition beim Kind: Geht das Erwachen der Amerikaner auch uns Europäer an? *Radiologe* 2002; 42: 679-702.
- 13.) Herzog P, Jakobs TF, Wintersperger BJ, Nikolaou K, Becker CR, Reiser MF. Strahlendosis und Möglichkeiten zur Dosisreduktion in der Mehrschicht-CT. *Radiologe* 2002; 42: 691-696.
- 14.) Nickoloff EL, Alderson PO. Radiation exposures to patients from CT: reality, public perception and policy. *AJR* 2001; 177: 285-287.
- 15.) Nikoloff EL. Current adult and pediatric CT doses. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 250-260.
- 16.) Paterson A, Frush DP, Donnelly LF. Helical CT of the body: are settings adjusted for pediatric patients? *AJR* 2001; 176: 297-301.
- 17.) Pierce DA, Preston DL. Radiation-related cancer risk at low doses among atomic bomb survivors. *Radiat Res* 2000; 154: 178-186.
- 18.) Greess H, Baum U, Wolf H, Lell M, Nomayer A, Schmidt B, Kalender WA, Bautz W. Dose reduction in computed tomography by attenuation-based on-line modulation of tube current: evaluation of six anatomical regions. *Eur Radiol* 2000; 10: 391-394.
- 19.) Shrimpton PC, Edyvean S. CT scanner dosimetry. *Brit J Radiol* 1988; 71: 1-3.
- 20.) Greess H, Baum U, Wolf H, Lell M, Nomayer A, Schmidt B, Kalender WA, Bautz W. Dose reduction in spiral-CT. detection of pulmonary coin lesions with and without anatomically adjusted modulation of tube current. *Fortschr Röntgenstr* 2001; 173: 466-470.
- 21.) Jakobs TF, Becker CR, Ohnesorge B, Flohr T, Suess C, Schoepf UJ, Reiser MF. Multislice helical CT of the heart with retrospective ECG gating: reduction of radiation exposure by ECG-controlled tube current modulation. *Eur Radiol* 2002; 12: 1081-1086.
- 22.) Toth TL. Dose reduction opportunities for CT scanners. *Pediatr Radiol* 2002; 32: 261-267.
- 23.) Kalra MK, Maher MM, Toth TL, Hamberg LM, Blake MA, Shepard JoA, Saini S. Strategies for CT Radiation Dose Optimization. *Radiology* 2004; 230: 619-628.
- 24.) Ware DE, Huda W, Mergo PJ, Litwiller AL. Radiation effective doses to patients undergoing abdominal CT examination. *Radiology* 1999; 210: 645-650.