

Radiačná záťaž pri dentálnom CBCT a jej porovnanie s inými zobrazovacími metódami v zubnom lekárstve

Richard Lago¹

Denisa Nikodemová²

Anita Zubáková³

Viera Lehotská⁴

¹ II. Rádiologická klinika LF UK a OÚSA; Heydukova 10; 812 50 Bratislava; EURO DENTAL s.r.o.; Zochova 16; 811 03 Bratislava; SR; drlagorichard@yahoo.com

² Komisia Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky pre zabezpečenie kvality v rádiológii, radiačnej onkológii a v nukleárnej medicíne; Limbová 2; 837 52 Bratislava 37; SR; denisa.nikodemova@gmail.com

³ Sekcia zdravia; Odbor zdravotnej starostlivosti; Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky; Limbová 2; 837 52 Bratislava 37; SR; anita.zubakova@gmail.com

⁴ II. Rádiologická klinika LF UK a OÚSA; Heydukova 10; 812 50 Bratislava; SR; viera.lehotska@ousa.sk

Grant: 2659662359

Název grantu: Q138

Oborové zamčrenie: FF – ORL, oftalmologie, stomatologie

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

Abstrakt V posledných desaťročiach sledujeme exponenciálny nárast využívania zdrojov ionizujúceho žiarenia v medicíne po celom svete. Radiačná záťaž pacienta predstavuje dôležitý faktor pri indikovaní a realizácii zobrazovacích vyšetrení v stomatológii. CBCT predstavuje v súčasnosti štandardnú metódu v dentálnej rádiológii. V našej štúdií sme analyzovali veľkosť plošných dávok pacientov pri CBCT a OPG vyšetrení prostredníctvom aplikovanej plošnej dávky (DAP) pri rôznych parametroch vyšetrenia. Dospeli sme k záveru, že pacienti, ktorí podstupujú vyšetrenie pomocou OPG majú podstatne nižšiu radiačnú záťaž ako pacienti vyšetrení CBCT prístrojom. DAP pri CBCT vyšetreniach sa pohyboval v rozpätí 150 – 1 550 mGy.cm² a pri OPG vyšetreniach 30 - 135 mGy.cm². Naše výsledky sme porovnali so zahraničnými štúdiami.

KLúčové slová Radiačná záťaž, plošná dávka, kuželová počítačová tomografia (CBCT)

1. ÚVOD

Diagnostika s využitím ionizujúceho žiarenia predstavuje neoddeliteľnú súčasť modernej stomatologickej praxe a takmer každé diagnostické hodnotenie či terapeutický postup si vyžaduje rádiologické zobrazenie poskytujúce cenné informácie z hľadiska prevencie, presnej diagnostiky ochorení, monitorovania priebehu liečby, hodnotenia liečebných výsledkov a následného kontrolného sledovania pacientov (recall).

V posledných rokoch sa pozornosť odborníkov stále viac sústreďuje na problematiku radiačnej záťaž pacienta v dentálnej praxi, najmä s ohľadom na používanie modernej zobrazovacej technológie, akou je kuželová počítačová tomografia (cone-beam computed tomography, CBCT). Táto technológia poskytuje trojrozmerné priestorové zobrazenie s vysokým rozlíšením, ktoré významne zlepšuje diagnostiku a plánovanie liečby, avšak je spojená s vyšším ožiaraním pacienta v porovnaní s konvenčnými metódami, ako sú intraorálny a panoramatický röntgen. Tieto tradičné zobrazovacie

modality zostávajú základnými diagnostickými nástrojmi v zubnom lekárstve a poskytujú nevyhnutný referenčný rámec pre hodnotenie dávok žiarenia pri porovnaní s CBCT.

Cieľom tejto štúdie je analyzovať radiačnú záťaž pacienta pri použití CBCT v porovnaní s intraorálnym a panoramatickým röntgenom, identifikovať faktory ovplyvňujúce veľkosť dávky a navrhnúť možnosti jej optimalizácie v súlade s princípom ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

Prečo riešime otázku zvyšujúcej sa radiačnej záťaž v zubnej ambulancii:

- nárast počtu zubných lekárov (rok 2009 počet ZL bol 2633, rok 2024 počet ZL je 2966, tj. 12 % nárast) Zdroj: SKZL, (2025).
- väčšia dostupnosť ošetrovateľských posudzovaných v zubnej ambulancii (moderné postupy)
- narastajúci záujem o ošetrovanie v zubnej ambulancii
- vykonávanie komplikovanejších zákrokov hlavne v oblasti dentálnej implantológie
- väčší počet per operačných aj post operačných komplikácií
- s tým spojený nárast prístrojov využívajúcich ionizujúce žiarenie na korektnú diagnostiku
- narastajúce radiačné zaťaženie pacientov

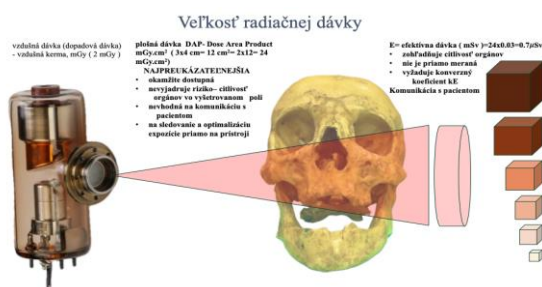
Potreba zhotovenia rtg v zubnej ambulancii:

- preventívne prehliadky (kariézne lézie, kostné lézie, patologické procesy)
 - deti do 18 r. 2 x ročne
 - dospelý od 18 r. života 1 x ročne (každé 2 roky BW RTG, každé 3 roky OPG)
- kariológia
- endodontická terapia
- chirurgická terapia
- čeľusná ortopédia
- parodontológia
- dentálna hygiena
- protetická terapia

2. METÓDY

Na hodnotenie veľkosti radiačnej záťaže sa v tejto práci použijú dve základné dozimetrické veličiny (obr. 1). Prvou z nich je plošná dávka – **dose area product (DAP)**, resp. **vzdušná kerma**, udávaná v jednotkách $\text{mGy} \cdot \text{cm}^2$, ktorá sa javí ako jedna z najpraktickejších a najlepšie reprodukovateľných veličín. Pri moderných röntgenových zariadeniach je hodnota DAP dostupná okamžite, napríklad na ovládacom paneli nástenného intraorálneho röntgenového prístroja alebo na monitore rádiologického softvéru pri OPG a CBCT vyšetreniach. Jej výhodou je možnosť priameho monitorovania a optimalizácie radiačnej záťaže priamo na prístroji. Nevýhodou však zostáva skutočnosť, že DAP nevyjadruje biologické riziko ani rozdielnu radiosenzitivitu jednotlivých orgánov v ožiarennej oblasti, a preto nie je vhodná na komunikáciu rizika s pacientom.

Druhou hodnotenou veličinou používanou na komunikáciu rizika z ožiarovania je **efektívna dávka (E)**, vyjadrovaná v jednotkách mSv (resp. mSv). Na rozdiel od plošnej dávky zohľadňuje rozdielnu citlivosť jednotlivých tkanív a orgánov na ionizujúce žiarenie, a preto predstavuje vhodný nástroj na hodnotenie celkového biologického rizika a jeho komunikáciu s pacientom. Efektívna dávka však nie je meraná priamo, ale je vypočítavaná pomocou konverzných koeficientov odvodených z experimentálnych a simulačných modelov.



Obr. 1. Znázornenie kužeľovitého **zväzku žiarenia**, vychádzajúceho zo zdroja ionizujúceho žiarenia, prechádzajúceho vyšetřovanou oblasťou a dopadajúceho na plochý detektor. **DAP (Dose Area Product)**.

Pri návšteve stomatologickej ambulancie sa pacient najčastejšie stretáva s tromi základnými typmi rádiologických zobrazovacích zariadení. Na Slovensku však, na rozdiel od viacerých krajín Európy a sveta, nie je súčasťou povinného materiálno-technického vybavenia stomatologickej ambulancie trojrozmerný (3D), panoramatický ani intraorálny röntgenový prístroj inštalovaný priamo v miestnosti, v ktorej je pacient vyšetřovaný. Z tohto dôvodu sú pacienti často referovaní na iné pracoviská disponujúce príslušným technickým vybavením.

Otázka efektivity tohto postupu zostáva predmetom diskusie. Z hľadiska diagnostických možností ošetrojúceho lekára, ako aj komfortu pacienta, je však možné jednoznačne konštatovať, že prítomnosť minimálne intraorálneho diagnostického röntgenového prístroja predstavuje nevyhnutný štandard. Jeho dostupnosť umožňuje rýchlu a efektívnu diagnostiku bez potreby odosielania pacienta na iné špecializované pracovisko.

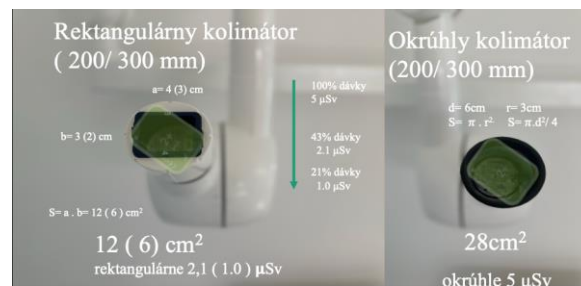
Okrem výrobcom prednastavených expozičných parametrov má zubný lekár, rádiologický technik, alebo rádiológ viacero možností, ako ovplyvniť a optimalizovať radiačnú záťaž pacienta bez zníženia kvality diagnostického výsledku. Medzi najdôležitejšie patrí:

1. **Výber typu detektora** – použitie digitálnych senzorov typu CCD/CMOS alebo fotostimulačných fosforových platničiek

umožňuje dosiahnuť diagnosticky vyhovujúci obraz pri nižšej dávke v porovnaní s klasickými filmami.

2. **Nastavenie kolimácie** – voľba kruhového alebo rektangulárneho kolimátora a jeho správne umiestnenie môže významne redukovať ožiarenu plochu, čím sa priamo znižuje dávka (Obr. 2).
3. Úprava vzdialenosti medzi zdrojom žiarenia a povrchom vyšetřovanej oblasti vedie k zníženiu plošnej dopadovej dávky v súlade so zákonom inverzného štvorca.
4. **Výber zobrazovanej oblasti a projekcie** – správnym výberom lokalizácie (napr. frontálna vs. distálna oblasť) a typu projekcie (periapikálna vs. bitewingová) sa minimalizuje ožiarenie okolitých tkanív.
5. **Prispôsobenie expozičných parametrov pacientovi** – úprava napätia (kV), prúdu (mA) a doby expozície podľa veku, veľkosti a telesnej konštitúcie pacienta umožňuje znížiť dávku pri zachovaní diagnostickej kvality obrazu.
6. **Správne umiestnenie a fixácia detektora alebo filmu** – zamedzenie pohybu počas expozície minimalizuje potrebu opakovaných snímok.

Všetky tieto kroky spoločne umožňujú **optimalizovať radiačnú záťaž pacienta** a dodržiavať princíp ALARA (As Low As Reasonably Achievable), pričom neznižujú kvalitu diagnostického výsledku.

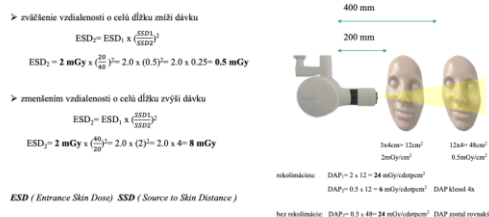


Obr. 2. Oplyvnenie veľkosti radiačnej záťaže správnou voľbou kolimačného zariadenia a jeho nastavením.

Veľmi dôležitým parametrom ovplyvňujúcim veľkosť radiačnej dávky pacienta je výber kolimačného zariadenia. V intraorálnej rádiológii sa štandardne používa kolimátor kruhového tvaru s dĺžkou približne 200 mm, avšak s možnosťou rektangulárnej kolimácie. Tvar kolimačného zariadenia má zásadný vplyv na veľkosť radiačnej záťaže, pričom prechod z kruhového na rektangulárny kolimátor môže viesť k redukcii dávky žiarenia až päťnásobne.

Na druhej strane, použitie rektangulárneho kolimátora si vyžaduje správnu voľbu držiakov snímokovacích platničiek alebo senzorov kompatibilných s daným typom kolimátora. Nesprávne nastavenie filmu alebo digitálneho detektora môže viesť k chybnjej projekcii a potrebe opakovanej expozície, čím sa pôvodná výhoda zníženia radiačnej dávky eliminuje.

Ovplyvnenie veľkosti radiačnej dávky vzdialenosťou



Obr. 3. Dôležitosť nastavenia vzdialenosti od zdroja žiarenia po povrch kože vyšetřovaného objektu.

Mnohí diagnostickí pracovníci sa pokúšali redukovať radiačnú záťaž pacienta zmenou vzdialenosti medzi zdrojom ionizujúceho žiarenia a povrchom vyšetřovaného úseku. Je však potrebné si uvedomiť, že zmenou tejto vzdialenosti dochádza aj k zmene veľkosti ožiarenej plochy. Pri zväčšení vzdialenosti zo 200 mm na 400 mm klesá hodnota vstupnej dávky podľa zákona inverzného štvorca, teda zo 2 mGy na 0,5 mGy. Naopak, pri zmenšení vzdialenosti zo 400 mm na 200 mm sa hodnota vstupnej dávky štvornásobne zvyšuje, konkrétne z 2 mGy na 8 mGy.

Pri správnej rekolimácii však dochádza pri zväčšení vzdialenosti medzi zdrojom žiarenia a povrchom tela k zníženiu plošnej dopadovej dávky, ako je znázornené na obr. 3. Typ použitého detekčného systému predstavuje významný faktor ovplyvňujúci veľkosť radiačnej dávky pacienta pri intraorálnych rádiologických vyšetřeniach.

V klinickej praxi sa využívajú analógové röntgenové filmy rôznych tried citlivosti (D, E, F), fotostimulačné fosforové platničky (PSP) a digitálne detektory typu CCD/CMOS, pričom jednotlivé systémy sa výrazne líšia svojou detekčnou účinnosťou a expozičnými nárokmami a sú v súčasnosti postupne nahrádzané digitálnymi technológiami, ktoré v porovnaní s analógovými filmami môžu viesť k redukcii dávky až o 60–80 % (Obr. 4).

Ovplyvnenie radiačnej dávky použitým druhom detektorov



Obr. 4. Výber správneho detekčného zariadenia rovnako okrem kvality výsledného diagnostického obrazu má vplyv na veľkosť radiačnej záťaže.

Optimalizácia expozičných podmienok zohráva kľúčovú úlohu pri minimalizácii radiačnej záťaže a zároveň prispieva k efektívnemu využitiu zobrazovacieho systému a predstavuje základný predpoklad bezpečného a kvalitného vykonávania rádiologických vyšetření. (Tab. 1).

Tab. 1. Hodnoty plošnej dávky (DAP) v závislosti od nastavených expozičných parametrov.

Intraorálny rtg prístroj Dentsply Sirona Heliodont Plus

	kruhový tubus ø 6 cm				obmedzené pole 3x4 cm				2x3 cm
	200 mm	300 mm	200 mm	300 mm	200 mm	300 mm	200 mm	300 mm	200 mm 300 mm
	60 kV		70 kV		60 kV		70 kV		60/70 kV
	mGy/cm²		mGy/cm²		mGy/cm²		mGy/cm²		mGy/cm²
Čas expozície (sekundy)									
0.01	3	1	3	2	1	1	1	1	
0.05	13	7	17	9	6	3	7	4	
0.06	16	8	21	10	7	3	9	4	
0.08 DR, CR	22	11	28	14	9	5	12	6	% dávky
0.10	27	13	34	17	12	6	15	7	
0.16 Film	43	22	55	28	18	9	24	12	% dávky
1.0	269	134	344	172	115	58	148	74	
2.0	538	269	689	344	230	115	295	148	
2.50	672	336	861	431	288	144	369	185	
3.20	860	430	1102	551	369	184	472	236	

Tak ako ovládací panel intraorálneho röntgenového prístroja, aj ovládací rozhranie panoramatického (OPG) a CBCT prístroja poskytuje možnosť individuálneho prispôbenia expozičných parametrov. Priemerná radiačná záťaž pri panoramatickom rádiologickom vyšetření sa pohybuje približne v rozmedzí hodnôt DAP 70–130 mGy·cm², a to za predpokladu, že je snímovaná celá horná a dolná čeľusť v plnom rozsahu (Tab. 2). Uvedené hodnoty môžu byť ovplyvnené viacerými faktormi, ako sú použité expozičné parametre, typ a generácia prístroja, morfológické charakteristiky pacienta, ako aj zvolený snímovací protokol. Významným optimalizačným nástrojom je možnosť zúženia zorného poľa (Field of View, FOV), ktorá je dostupná pri panoramatickom snímovaní, no predovšetkým pri CBCT vyšetřeniach (Tab. 3, Tab. 4). Redukcia veľkosti zorného poľa umožňuje cielejšie zobrazenie vyšetřovanej oblasti, čím dochádza k výraznému zníženiu radiačnej dávky pre pacienta pri zachovaní dostatočnej diagnostickej výpovednej hodnoty obrazu. Zvýšenie prístorového rozlíšenia je spravidla spojené s nárastom expozičných parametrov, a tým aj s vyššími hodnotami dávky. Z tohto dôvodu je nevyhnutné dôsledne zvážiť klinickú indikáciu CBCT vyšetřenia, respektíve diagnostickú oblasť, ktorá má byť zobrazovaná. Voľba rozlišovacej schopnosti (Obr. 5) by mala byť prispôbená konkrétnemu diagnostickému účelu, ako je endodontická diagnostika, ortodontické plánovanie, kariologické vyšetřenie alebo chirurgické zákroky.

Tab. 2. Hodnoty DAP pri zhotovení OPG čeľuste a sánky.

OPG- hodnoty DAP (Dose Area Product- súčin dávky a plochy) Expozičia 2D Pan

Program	Maximálny elektrický čas žiarenia	Hodnoty naprogramované výrobcom							
									
	Sekundy	kV/ mA	DAP mGy/cm ²	kV/ mA	DAP mGy/cm ²	kV/ mA	DAP mGy/cm ²	kV/ mA	DAP mGy/cm ²
P1	14.1	63/6	51	63/8	68	69/12	121	72/14	151

Tab. 3. DAP pri zhotovení CBCT veľkosti FOV 5 x 5.5cm, rôznej rozlišovacej schopnosti a rozdielneho veku a telesných charakteristík pacienta.

CBCT- 5cm x 5.5cm, Expozície 3D, pevné nastavenie 85 kV a hodnota prúdu 4-13 mA

Program SD	85/7	85/7	85/10	85/13
kV/mA	85/7	85/7	85/10	85/13
Čas žiarenia	2.6s	4.4s	4.4s	4.4s
mGy/cm ² 5 cm x 5.5 cm	79	135	193	250

Program Low dose	85/6	85/7	85/10	85/13
kV/mA	85/6	85/7	85/10	85/13
Čas žiarenia	2.2s	2.2s	2.2s	2.2s
mGy/cm ² 5 cm x 5.5 cm	17	19	27	35

Tab. 4. DAP pri zhotovení CBCT veľkosti FOV 17 x 13 cm, rôznej rozlišovacej schopnosti a rozdielneho veku a telesných charakteristík pacienta.

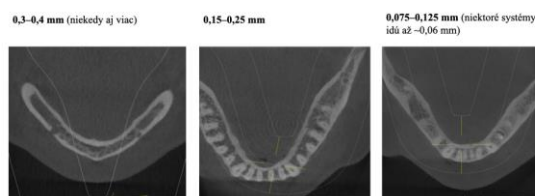
CBCT- 17cm x 13cm, Expozície 3D, pevné nastavenie 85 kV a hodnota prúdu 4-13 mA

Program SD	85/7	85/7	85/10	85/13
kV/mA	85/7	85/7	85/10	85/13
Čas žiarenia	4.5s	5.9s	5.9s	5.9s
mGy/cm ² 17 cm x 13 cm	444	586	836	1087

Program Low dose	85/6	85/7	85/10	85/13
kV/mA	85/6	85/7	85/10	85/13
Čas žiarenia	3.9s	3.9s	3.9s	3.9s
mGy/cm ² 17 cm x 13 cm	152	178	254	329

Rozsah hodnôt dávkového plošného súčinu (DAP) je jednoznačne najširší pri použití CBCT v porovnaní s intraorálnym a panoramatickým röntgenovým vyšetrením. Táto výrazná variabilita je podmienená najmä rozdielmi v použitých zobrazovacích protokoloch, veľkosti zorného poľa (Field of View, FOV), nastavení rozlišovacej schopnosti, veku a telesných charakteristík pacienta, ako aj voľbou expozičných parametrov a technickými vlastnosťami jednotlivých CBCT zariadení. Významný vplyv na výslednú radiačnú záťaž má taktiež klinická indikácia vyšetrenia a rozsah zobrazovanej anatomickej oblasti.

Priestorové rozlíšenie HD, SD, Low dose
- má low dose svoje opodstatnenie ?



Obr. 5. Rozdiel v kvalite výsledného 3D rádiologického obrazu zobrazeného na snímke v axiálnej rovine. Priestorové rozlíšenie sledujeme v HD, SD a LOW DOSE kvalite.

3. DISKUSIA

Radiačná záťaž pri stomatologických röntgenových vyšetreniach patrí k najnižším v oblasti diagnostickej rádiológie. Efektívne dávky pri bežne používaných metódach, ako sú intraorálne röntgenové snímky, panoramatické röntgenové vyšetrenie (OPG) či CBCT

s malým zorným poľom, sa pohybujú v rozmedzí jednotiek až desiatok mikrosievertov. Tieto hodnoty sú porovnateľné s dávkami, ktorým je človek vystavený v rámci prirodzeného radiačného pozadia alebo počas bežných aktivít, napríklad pri leteckej doprave (Obr.6).

Na ilustráciu relatívnej veľkosti dávky možno stomatologické vyšetrenia porovnať k príjmu prirodzene rádioaktívneho draslíka obsiahnutého v potravinách, najmä v banánoch, alebo k expozícii kozmickému žiareniu počas krátkych letov. Jedna intraorálna stomatologická snímka zodpovedá približne dávke prirodzeného pozadia za jeden deň, zatiaľ čo panoramatické vyšetrenie je porovnateľné s dávkou prijatou počas krátkeho európskeho letu.

Celková priemerná radiačná záťaž

Usmernenia (štandardné diagnosticko-terapeutické postupy) zubnej kliniky Euro Dental v Bratislave v počte odporúčaných rtg na osobu a rok z preventívneho a diagnostického hľadiska!

Séria 6 intraorálnych snímok
➤ každý rok až dva, preventívna prehliadka



5-30 μSv



0.1 μSv/ks

1 OPG snímka
➤ každé 2-3 roky alebo podľa potreby

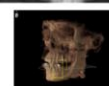


30-40 μSv



5 μSv/hod

1 CBCT snímka
➤ podľa potreby



30-200 μSv

Obr. 6. Porovnanie radiačnej záťaže pri niektorých dentálnych röntgenových vyšetreniach s prírodným radiačným pozadím.

4. ZÁVER

Cone Beam Computed Tomography (CBCT) predstavuje efektívnu trojrozmernú rádiologickú zobrazovaciu metódu, ktorá umožňuje presné a detailné zobrazenie štruktúr tvrdých zubných a kostných tkanív v troch rovinách. CBCT poskytuje obrazy s vysokou diagnostickou kvalitou, vysokou rozmerovou presnosťou a minimálnou mierou geometrického skreslenia, čo umožňuje jej široké uplatnenie v stomatologickej diagnostike.

Z dostupných údajov vyplýva, že systematické sledovanie radiačnej záťaže pri dentálnych CBCT vyšetreniach na Slovensku v súčasnosti nie je možné bez zavedenia samostatného kódového označenia výkonov v systéme zdravotných poisťovní. Absencia samostatného kódu znemožňuje presné monitorovanie počtu realizovaných CBCT vyšetrení, analyzovanie trendov nárastu radiačných expozícií, sledovanie rozdielov v používaní protokolov zorného poľa (Field of View, FOV) medzi jednotlivými pracoviskami, ako aj systematickú implementáciu a kontrolu optimalizačných postupov radiačnej ochrany.

Zavedenie samostatného výkonového kódu pre dentálne CBCT vyšetrenia by zároveň umožnilo porovnávanie klinickej praxe s diagnostickými referenčnými úrovňami (DRÚ) a vytvorilo by predpoklady pre stanovenie národných DRÚ, ktoré v súčasnosti pre dentálne CBCT vyšetrenia na Slovensku absentujú.

Je jednoznačne preukázané, že použitie CBCT je spojené so zvýšenou radiačnou záťažou pacienta v porovnaní s konvenčnými dentálnymi zobrazovacími metódami, a to približne 10- až 13-násobne. Z tohto dôvodu je nevyhnutné zvyšovať povedomie zubných lekárov a ostatných zdravotníckych pracovníkov o princípoch radiačnej ochrany, nakoľko správna voľba expozičných parametrov a rozsahu zobrazovanej oblasti predstavuje kľúčový faktor optimalizácie radiačnej ochrany v stomatologickej rádiológii v súlade s princípom ALARA.

Zdroje

1. BAGANOVIČ, A. et al., IAEA survey of dental cone beam computed tomography practice and related patient exposure in nine Central and Eastern European countries. *Denomaxillofacial Radiology* (2019) 48, 20190157.
2. *Dental Radiology for Dental Practitioners, Part I. Part II. - Suffolk Radiation Technical Services, U.K. (2013).*
3. IAEA SAFETY STANDARDS AND RELATED PUBLICATIONS, Safety Reports Series No. 108, Radiation Protection in Dental Radiology, Vienna 2022.
4. KALINOWSKA-ROZYLO I, 2020. *Imaging Techniques in Dental Radiology, Acquisition, Anatomic Analysis and Interpretation of Radiographic Images*, 2020. SPRINGER, ISBN: 978-3-030-41371-2.
5. LEHOTSKÁ V, KRŠÁKOVÁ A, 2018, VEDA, ISBN: 978-80-224-1644-3, *Rádiológia pre stomatológov*, 2018, Časť prvá, Všeobecná rádiológia.
6. MALLYA, S. M., LAM, E., 2019. *Oral Radiology: Principles and Interpretations*, ELSEVIER. ISBN: 978-0-323-54383-5.
7. SOUKUPOVÁ, L. a kol. *Rádiológia*. Praha: Grada Publishing.
8. ŠALÁT. D. et al., Nová legislatíva v radiačnej ochrane na Slovensku. *Slov. radiol.* 25 (1), 2018, 36-38.
9. TYNDALL, D.A. et al., Position statement of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology on selection criteria for the use of radiology in dental implantology with emphasis on cone beam computed tomography. Vol. 113 No 6 June 2012.