

Radiačná záťaž očných šošoviek zdravotníckych pracovníkov v intervenčnej rádiológii

Doc. RNDr. Denisa Nikodemová, PhD., Mgr. Veronika Trečková

Oddelenie radiačnej hygieny, Fakulta verejného zdravotníctva SZU, Bratislava

Epidemiologické štúdie sledujúce postradiačné zmeny poukazujú na skutočnosť, že očné šošovky sú citlivejšie na ionizujúce žiarenie, ako sa dosiaľ predpokladalo. Z tohto dôvodu Medzinárodná komisia pre rádiologickú ochranu odporúča niekoľkonásobne znížiť limit ekvivalentnej dávky ožiarenia na očné šošovky zo 150 mSv/rok na 20 mSv/rok. Nakoľko najviac prípadov poškodenia očnej šošovky bolo zistených u zdravotníckeho personálu využívajúceho fluoroskopiu v operačných sálach, predovšetkým v intervenčnej rádiológii, pozornosť radiačnej ochrany je aktuálne zameraná na hodnotenie a monitorovanie radiačnej záťaže očných šošoviek pri vybraných výkonoch na pracoviskách intervenčnej rádiológie a kardiológie. V predloženej práci prinášame komplexný pohľad na hodnotenie radiačnej záťaže očných šošoviek z hľadiska medicínskeho, fyzikálneho a z aspektu radiačnej ochrany zdravotníckeho personálu. Uvádzame predbežné výsledky získané monitorovaním ekvivalentných dávok žiarenia na očné šošovky u intervenčných rádiológov pri vybraných intervenčných výkonoch v SR a návrh optimalizácie radiačnej ochrany na zníženie potenciálneho rizika vzniku radiačnej katarakty.

Kľúčové slová: radiačná záťaž očných šošoviek, radiačná katarakta, monitorovanie ožiarenia, intervenční rádiológovia.

Radiation load of health workers' eye lenses in interventional radiology

Epidemiological studies on health effects of ionizing radiation concluded that radiosensitivity of eye lenses is higher than until now expected. As the consequence the International Commission on Radiological Protection recommended to lower the current limit of the equivalent dose for eye lenses from 150 mSv/year to 20 mSv/year. Because the most cases of radiation cataracts have been observed among the interventional radiologists and cardiologists, the actual attention of radiation protection is focused on the identification of high dose fluoroscopic areas in interventional radiology departments. The assessment of eye lens doses during interventional procedures, where potentially could be exceeded the new limit of doses was demonstrated in the pilot results of measurements in a group of Slovak interventional radiologists. The publication gives a survey of the possibilities for monitoring and optimisation tools for the reduction of the radiation risk of the medical staff.

Key words: eye lens doses, radiation cataract, monitoring of the radiation load, interventional radiologists.

Vask. med., 2015, 7(1): 22–26

Úvod

Vedecký výbor WHO, ktorý pravidelne zhromažďuje údaje o účinkoch ionizujúceho žiarenia (IŽ) na zdravie populácie, poukazuje na výrazný nárast počtu rádiodiagnostických a terapeutických výkonov ako súčasti lekárskej aplikácie IŽ. Tieto výkony predstavujú veľký prínos k zlepšeniu zdravotného stavu pacientov, zároveň však reprezentujú najväčší príspevok k expozícii populácie umelými zdrojmi IŽ.

Odbor intervenčnej rádiológie zaznamenal taktiež v posledných desaťročiach obrovský pokrok a má nezastupiteľné miesto prakticky vo všetkých odvetviach medicíny. Výhody, ktoré tento odbor pre pacienta poskytuje, sú nespochybniteľné a v mnohých indikáciách sú plnohodnotnou alternatívou chirurgickej liečby, alebo ju nahrádzajú. Sú spojené s oveľa menšou fyzickou záťažou pre pacienta, s menším rizikom komplikácií a kratším časom na zotavenie. Spektrum intervenčných výkonov sa neustále rozširuje súběžne so stále sofistikovanejšou prístrojovou technikou tak v oblasti vaskulárnej medicíny, ako aj v kardiologickej praxi, najmä v arytmológii, pri implantácii kardiostimulátorov,

koronárnych stentov, pri akútnom infarkte, ako aj pri náhradách aortálnych chlopní. Významný je aj podiel intervenčných výkonov v tráviacom trakte a v močových cestách.

U intervenčných rádiológov boli dlhodobo zaznamenávané najvyššie hodnoty priemerných efektívnych dávok žiarenia, nakoľko okrem technickej a časovej náročnosti musia byť títo pracovníci počas intervenčného výkonu priamo v tesnej blízkosti zdroja žiarenia. Pri zabezpečovaní ochrany zdravia pacientov i zdravotníckeho personálu je z tohto dôvodu potrebné poznať radiačnú záťaž pri jednotlivých výkonoch a objektívne stanoviť dávkové ekvivalenty na nechránené časti tela, predovšetkým na ruky a očné šošovky.

V predloženej súbornom prehľade prinášame súčasný komplexný pohľad na hodnotenie radiačnej záťaže očných šošoviek z hľadiska medicínskeho, fyzikálneho a z aspektu radiačnej ochrany zdravotníckeho personálu. Týmto problémom sa aktuálne zaoberajú odborníci na celom svete v dôsledku zníženia limitu ekvivalentnej dávky očných šošoviek, ku ktorému došlo najmä na základe zvýšeného počtu katarakt u intervenčných rádiológov.

Aktuálne stanoviská a odporúčania významných medzinárodných inštitúcií na zníženie limitu ekvivalentnej dávky na očné šošovky

Medzinárodná komisia pre rádiologickú ochranu (ICRP), ktorá určuje najnovšie trendy v radiačnej ochrane a aktuálne zmeny zodpovedajúce výsledkom výskumov v poslednom odporúčaní ICRP Publication 103 z roku 2007 (1), prijala zmenu v ponímaní deterministických účinkov a zaviedla priamo opisný termín „tkanivové reakcie“. Dôvodom, prečo sú deterministické účinky označené pojmom tkanivové reakcie, je, že tieto účinky sa nemusia prejaviť bezprostredne počas ožiarenia, ale môžu byť modifikované po ožiarení. Táto schopnosť modifikovať odpoveď tkanív a orgánov znamená, že termín „deterministické účinky“ nie je celkom presný, pretože kvantitatívne účinky nie sú nutne vopred určené. Komisia preskúmala najnovšie epidemiologické údaje, ktoré svedčia o prítomnosti tkanivových reakcií, najmä tých s veľmi neskorou manifestáciou, pri ktorých prahové dávky sú alebo by mohli byť nižšie, ako sa doteraz považovalo.

Za prahovú hodnotu absorbovanej dávky pre očnú šošovku sa teraz považuje 0,5 Gy (pričom doposiaľ predpokladaná hodnota bola 2 Gy). Pre zdravotnícky personál, ktorý je exponovaný IŽ pri výkone svojho zamestnania, Komisia odporúča znížiť limit ekvivalentnej dávky na 20 mSv za rok priemerne pre stanovené obdobie 5 rokov s tým, že počas roka by nemali prekročiť hodnotu 50 mSv. Komisia naďalej odporúča, aby bola optimalizácia ochrany použitá vo všetkých expozičných situáciách a pre všetky kategórie expozície. Ďalej tiež zdôrazňuje, že ochrana by mala byť optimalizovaná nielen pre celotelovú expozíciu, ale aj pre expozíciu špecifických tkanív, najmä pre očné šošovky.

Detailný opis tkanivových reakcií je uvedený v ďalšom odporúčaní ICRP *Statement on Tissue Reactions, Publication 118* z roku 2012 (2). Komisiou odporúčaný limit prijala aj Európska únia vydaním novej *Smernice Rady 2013/59/EURATOM* (3), ktorou sa stanovujú základné bezpečnostné normy ochrany pred nebezpečenstvami vznikajúcimi v dôsledku IŽ. Táto smernica sa v súčasnosti transformuje do národných legislatívnych úprav.

Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (IAEA) v nadväznosti na spomínané zmeny vydala usmernenie „*Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the Lens of the Eye*“ (4). V tomto materiáli sa detailne opisuje vznik radiačnej katarakty, pracovné činnosti a postupy, pri ktorých môže byť expozícia očných šošoviek IŽ významná. Ďalej sa opisuje aj proces optimalizácie a využitie OOPP (osobné ochranné pracovné pomôcky). Tejto problematike sa venuje aj BSS (Basic Safety Standards) IAEA „*Radiation Protection and Safety of Radiation Sources*“ (5).

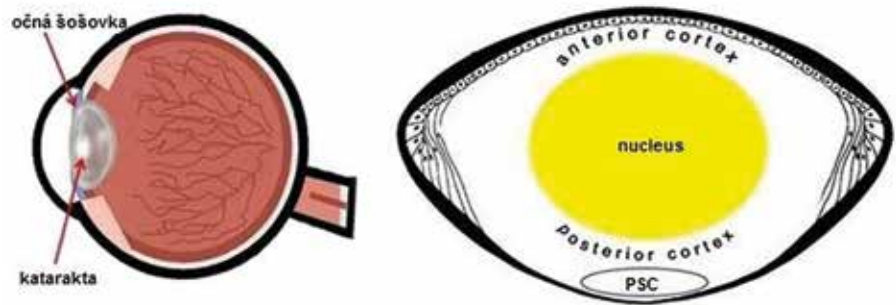
Dozimetriu spolu so spôsobom kalibrácie pre novozavedenú veličinu $H_p(3)$ – osobný dávkový ekvivalent pre očnú šošovku, uvádza najnovší ISO štandard – ISO/FDIS 15382 (6), s príslušnou modifikáciou vhodného dozimetra pre stanovenie $H_p(3)$.

Vznik radiačnej katarakty

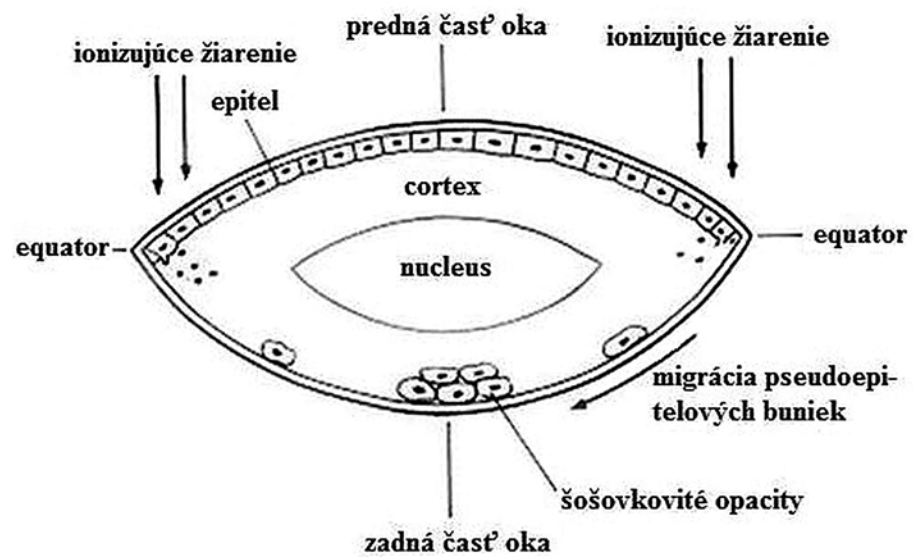
Orgán zraku – oko, patrí medzi najdôležitejšie zmyslové orgány človeka. IŽ v najväčšej miere poškodzuje očnú šošovku, ktorá sa skladá zo substantia lentis tvorenej vláknitými bielkovinami – kryštálínmi.

Katarakta je zápal šošovky, ktorá je za fyziologických podmienok priehľadná, čo postupne vedie k bezbolestnému zahmlievaniu videnia až k slepote. Je to najčastejšia príčina zhoršeného videnia až slepoty na svete.

Obrázok 1. Umiestnenie očnej šošovky (vľavo) a časti očnej šošovky (vpravo) (Zdroj: IAEA, Radiation and cataract: Staff protection, 2015)



Obrázok 2. Katarakta v zadnej subkapsulárnej oblasti spôsobená IŽ (Zdroj: Radiation Effects Research Foundation: Radiation cataract (lens opacity), 2015)



Primárne môžeme kataraktu deliť na vrodenú (je stacionárna) a na získanú, vznikajúcu v súvislosti so starnutím, následkom chorobných procesov a exogénnych vplyvov.

Existujú tri prevažujúce formy katarakty v závislosti od ich anatomického umiestnenia v očnej šošovke:

- kortikálna,
- nukleárna a
- zadná subkapsulárna (PSC – posterior sub-capsular) (obrázok 1).

Najčastejšie vyskytujúcou sa formou katarakty v súvislosti s IŽ je zadná subkapsulárna katarakta (PSC) a v menšej miere aj kortikálna katarakta. Hoci sa v minulosti predpokladalo, že pre radiačné poškodenie šošovky je najcharakteristickejšia subkapsulárna katarakta, novšie údaje ukazujú, že radiačne podmienené opacity – zatienenia, môžu byť rovnako prítomné i v kortexe šošovky. Čo sa týka nukleárnej katarakty, tá, na rozdiel od vyššie uvedených, nesúvisí s radiačnou expozíciou. Je typická pre vekom podmienenú kataraktu (4).

Kataraktogénne radiačné poškodenie začína na prednej ploche, kde deliace sa bunky z čierneho kryštálického proteínového vlákna migrujú smerom k zadnému pólu šošovky, do zadného subkapsulárneho regiónu. Vznik katarakty spôsobenej IŽ opisuje obrázok 2. Na vnútornej strane puzdra vidíme priehľadnú vrstvu epitelových buniek. Táto vrstva udržuje funkciu šošovky pomalým rastom smerom k stredu, dosiahnutým prostredníctvom bunkového delenia po obvod (nazývanom equator) šošovky. Vzhľadom na to, že IŽ je obzvlášť škodlivé pre deliace sa bunky, exponované bunky pri obvodě šošovky sú najviac náchylné na poškodenie. Následne tieto poškodené bunky putujú z prednej časti do zadnej, čím vznikajú opacity – zatienenie šošovky (7).

Dosiaľ sa predpokladalo, že IŽ indukovaná katarakta sa prejaví až po prekročení prahovej dávky 1 – 2 Gy (akútna expozícia) a 5 – 6 Gy pri chronickom ožiarení. Prehliadalo sa, že obdobie latencie vzrastá s klesajúcou dávkou. Neskoršie analýzy ukázali, že ak vôbec existuje prahová dávka na vznik radiačnej katarakty, bude 10-násobne nižšia ako pôvodný predpoklad. Zmeny

vo forme opacít na očnej šošovke boli pozorované už pri ekvivalentnej dávke 200 mSv. Štúdie, ktoré sa zameriavali na štúdium patologických zmien na očnej šošovke uskutočnené na zvieratách potvrdili:

- zníženie frekvencie bunkových delení v epitelii,
- nadmerné delenie buniek s početným vznikom abnormálnych buniek,
- zvýšenie objemu epitelových buniek a vlákien očných šošoviek,
- rozpad organizačnej štruktúry v tej časti epitelu, v ktorej sa začína tvorba vlákien,
- akumuláciu atypických vlákien.

Tieto výsledky boli retrospektívne potvrdené v skupinách:

- ľudí ožiarených počas výbuchov jadrových bômb v Hirošime a Nagasaki,
- likvidátorov radiačnej havárie v Černobyle,
- pilotov a astronautov,
- technologov jadroveenergetických zariadení,
- pacientov s opakovanými CT vyšetreniami v oblasti hlavy.

V skupine 8 607 likvidátorov radiačnej havárie v Černobyle vyšetrených 12 rokov po havárii boli zistené opacity u 2 211 pracovníkov (32,7 %) a rozvinutá katarakta sa vyskytovala u 1 982 pracovníkov (23,2 %). 90 % sledovaných osôb bolo mladších ako 55 rokov (8).

Významnou štúdiou, ktorá dokázala, že očná šošovka je oveľa citlivejšia na IŽ, ako sa doteraz predpokladalo, bola práca Vana et al. (9). Hlavným cieľom tejto štúdie bolo odhadnúť dávky žiarenia na oči a prevalenciu opacít na očnej šošovke v skupine intervenčných lekárov a ostatných zdravotníckych pracovníkov. Konkrétne išlo o 58 lekárov a 69 sestier a rádiologických asistentov. S nimi bola porovnávaná vhodná kontrolná neexponovaná skupina. Dávky na oči boli odvodené z konkrétnych meraní priamo v katetrizačných laboratóriách, v ktorých títo zdravotníci pracovali, a z dotazníkov, ktoré sa týkali radiačnej záťaže, typu výkonu a používania ochranných prostriedkov. Zakalenie šošovky bolo vyšetrené oftalmologickou štrbinovou lampou.

Zadná subkapsulárna katarakta vyvolaná IŽ sa vyskytovala u 50 % intervenčných kardiológov a u 41 % zdravotných sestier a rádiologických asistentov, pričom obdobné zmeny na šošovkách v kontrolnej skupine sa vyskytovali iba u < 10 %.

Vyššie spomínaná štúdia vyvrátila staršiu predstavu o tom, že IŽ vyvolaná katarakta je výsledkom len výhradne veľmi vysokých dávok dodaných počas krátkeho času. Naopak, lekári,

ktorí každý deň vykonávajú endovaskulárne výkony, sú v najväčšom riziku. Tento fakt potvrdila aj ďalšia štúdia (10), v ktorej bolo vyšetrených 59 intervenčných lekárov, z ktorých sa u 22 vyskytli malé zadné subkapsulárne zatienenia. V porovnaní s vekom súvisiacou stratou priepustnosti svetla cez šošovku došlo u tejto skupiny lekárov k nárastu ako frekvencie, tak aj závažnosti zatienení s prídávajúcimi rokmi praxe (11). Po istom čase realizátori tejto štúdie začali prijímať nespočetné množstvo telefonátov od intervenčných rádiológov a kardiológov, ktorí sa chceli informovať o svojich vlastných nevysvetliteľných opacitách šošoviek. Pozitívnou skutočnosťou bol však následný nárast v používaní ochranných okuliarov s príslušným ekvivalentom olova a vznik celého radu nových odľahčených a módnejších okuliarov, ktoré zaplavili trh. Súčasne táto štúdia poskytuje relevantné údaje týkajúce sa všetkých intervenčných lekárov vrátane intervenčných rádiológov, kardiológov, cievnych chirurgov, ortopédov, rádiologických asistentov a sestier. Všetky tieto povolania predstavujú rizikovú skupinu pre vznik radiačne podmienenej katarakty. Navyše sa ukázalo, že nadmerné dávky môžu byť dosiahnuté aj pri rutinných intervenčných výkonoch (12). O limitoch na expozíciu očí a o jej monitorovaní v každodennej praxi sa stále vedú diskusie. Bez ohľadu na to, by malo byť vo vlastnom záujme všetkých lekárov exponovaných IŽ, aby túto situáciu brali vážne, nosili osobné monitorovacie zariadenia a používali ochranné pomôcky (10).

Dozimetria očných šošoviek

Osobné monitorovanie zdravotníckych pracovníkov sa obvykle vykonáva osobnými dozimetrami nosenými na tele. Najvhodnejší spôsob hodnotenia ekvivalentných dávok žiarenia u intervenčných kardiológov je stálou výzvou odborníkov v radiačnej ochrane. Pri ich výbere záleží na:

- umiestnení dozimetra (pod/nad zásterou, v blízkosti očí, v oblasti štítnej žľazy, na končatinách),
- type dozimetra (pasívne a aktívne),
- jeho citlivosti a energetickej závislosti,
- zbere a analýze nameraných údajov.

Uvedeným požiadavkám najviac vyhovuje nový typ dozimetrie (Ray Safe i2 systém – Unfors), ktorý zabezpečuje sledovanie okamžitých dávok v reálnom čase. S ohľadom na finančnú nenáročnosť sa však bežne využívajú TLD (termoluminiscenčné dozimetre), ktorých výhodou je okrem malých rozmerov aj nízka energetická závislosť a tkanivo-ekvivalentnosť

(13). Skutočná hodnota operačnej veličiny je určená ožiarením blízko bodu, kde je dozimeter nosený. Operačná veličina na osobné monitorovanie je osobný dávkový ekvivalent $H_p(d)$. Ide o dávkový ekvivalent v tkanive vo vhodnej hĺbke (d) pod špecifikovaným bodom na ľudskom tele. Špecifikovaný bod je obvykle daný miestom, kde je osobný dozimeter nosený. Na odhad efektívnej dávky je odporúčaná hĺbka $d = 10$ mm a na hodnotenie ekvivalentnej dávky v koži a na rukách a nohách hĺbka $d = 0,07$ mm. V prípade monitorovania dávky v očných šošovkách Medzinárodná komisia pre rádiologickú ochranu (ICRP) navrhla používať hĺbku $d = 3$ mm (1). S ohľadom na umiestnenie očných šošoviek v hĺbke 3 mm bolo potrebné zmeniť aj metodiku dozimetrie ekvivalentnej dávky očných šošoviek a pripraviť postup na hodnotenie veľkosti ožiarenia.

Keďže v intervenčnej rádiológii sa pracuje v poliach rozptýlených fotónov, v oblasti energií 40 – 150 kV, kde $H_p(10)$ nadhodnocuje a $H_p(0,07)$ podhodnocuje skutočnú hodnotu ožiarenia očných šošoviek, reálny odhad radiačnej záťaže očných šošoviek poskytuje najlepšie práve $H_p(3)$ – osobný dávkový ekvivalent pre očnú šošovku, priamo porovnateľný s novonavrhovaným limitom ICRP.

Na uvedené účely bol špeciálne navrhnutý dozimeter pre očnú šošovku – EYE-D™ s TLD čipom MCP-N (LiF: Mg, Cu, P). Detektory MCP-N sú extrémne citlivé, cca 40-krát citlivejšie ako iné v osobnej dozimetrii bežne používané detektory.

Významnou súčasťou monitorovania očných šošoviek je kalibrácia dozimetrov realizovaná na vhodnom fantóme (valcový fantóm hlavy s priemerom 20 cm s výškou 20 cm naplnený vodou). Na prevod odozvy použitých dozimetrov v referenčných poliach RTG žiarenia sa na určenie $H_p(3)$ využívajú konverzné koeficienty $H_p(3)/K_a$ (14).

Hodnotenie radiačnej záťaže očných šošoviek na slovenských pracoviskách intervenčnej rádiológie a kardiológie

Oddelenie radiačnej hygieny SZU v Bratislave už niekoľko rokov realizuje merania radiačnej záťaže očných šošoviek na slovenských pracoviskách intervenčnej rádiológie (IR). Štúdie radiačnej záťaže očných šošoviek iniciované SZU vychádzali zo skúseností a výsledkov európskeho výskumného projektu ORAMED (Optimization of Radiation Protection of Medical Staff – FP7 – No. 211361/EURATOM)

riešeného v rokoch 2008 – 2011. Projekt bol zameraný na zavedenie programov zabezpečenia kvality pri nových intervenčných metódach, a to jednak stanovením dávok končatín a očných šošoviek pomocou veličiny $H_p(0,07)$ pre stále narastajúci počet pracovníkov a intervenčných výkonov. Na stanovenie skutočne získanej dávky končatín a očných šošoviek zdravotníckych pracovníkov boli zhromaždené výsledky meraní zo 42 nemocníc v šiestich európskych krajinách pri 1 329 vybraných IR výkonoch. Vybrané boli 3 kardiologické: CA/PTCA, RFA, PM/ICD a 5 všeobecných intervenčných výkonov: DSA/PTA (dolné končatiny, karotídy, obličky), embolizácia a ERCP. V kohorte rádiológov sledovanej v ORAMED-e sa ukázalo, že znížený limit dávky očných šošoviek by prekročilo 24 % rádiológov a 3/10-iny limitu by dosiahlo až 45 % pracovníkov. Pre operačnú veličinu $H_p(3)$, ktorá vyhovuje reálnej expozícii IŽ na očné šošovky lepšie ako $H_p(0,07)$, boli v rámci tohto projektu navrhnuté špeciálne dozimetre a metóda kalibrácie na valcovom fantóme. Realizačným výstupom projektu ORAMED boli aj usmernenia zásad radiačnej ochrany pre personál a optimalizácia ožiarovania pacientov (15).

V nadväznosti na výsledky projektu ORAMED a účasťou SZU v európskom projekte EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) – WG12 prebehli a stále prebiehajú merania na Národnom ústave srdcových a cievnych chorôb, a. s. (NÚSCH, a. s.) – Oddelenie diagnostickej a intervenčnej rádiológie a Oddelenie arytmií a kardiostimulácie; na Oddelení intervenčnej kardiológie Kardiocentra Nitra, s. r. o, v Nemocnici Poprad, a. s. – Oddelenie diagnostickej a intervenčnej rádiológie a od júna tohto roku začali merania na viacerých oddeleniach Stredoslovenského ústavu srdcových a cievnych chorôb, a. s. (SÚSCCH, a. s.).

Metodicky je monitorovanie radiačnej záťaže očných šošoviek u zdravotníckych pracovníkov pri IR vyšetreniach uskutočňované s využitím špeciálnych dozimetrov pre očnú šošovku – EYE-D™ s TLD čipom MCP-N (LiF: Mg, Cu, P), umiestnených na čelenke, čo najbližšie k očným šošovkám. Výber sledovaných výkonov bol na každom pracovisku hodnotený podľa komplexnosti a frekvencie jednotlivých IR vyšetrení. Zamerali sme sa na výkony ako koronárna angiografia s následnými koronárnymi intervenciami, perkutánna vertebroplastika, perkutánna transhepatálna drenáž, stenting GIT-u, rádiovfrekvenčné katérové ablácie, implantácie kardiostimulátorov a implantovateľných defibrilátorov (ICD) a ďalšie.

Tabuľka 1. Ekvivalentné dávky IR kardiológov na očné šošovky na 1 výkon

	Ekvivalentná dávka na očné šošovky na 1 IR výkon (mSv/výkon)		Počet IK
	Arit. priemer	Medián	
Intervenční kardiológovia (spolu)	0,032	0,016	201
Elektrofyziológovia	0,045	0,019	37
Kvalifikovaní IK ¹	0,030	0,041	94
IK ¹ – začiatočníci	0,061	0,042	41

¹intervenčný kardiológ

Tabuľka 2. Nominálny odhad ekvivalentnej dávky IR rádiológov na očné šošovky

IR výkon	Nominálny odhad ekvivalentnej dávky na očné šošovky (mSv/výkon)
Embolizácia	0,80
Endoskopická retrográdna cholangiopankreatikografia (ERCP)	0,50
Biliárny stent/dren	0,30
Perkutánna vertebroplastika	0,10
Transjugulárny intrahepatálny portosystémový shunt (TIPS)	0,03
Cerebrálna angiografia	0,02

Tabuľka 3. Ekvivalentné dávky IR rádiológov na očné šošovky pri vybraných intervenčných výkonoch v SR

IR výkon	Ekvivalentná dávka na očné šošovky (mSv/výkon)
Koronárna angiografia	0,100
Perkutánna vertebroplastika	0,230
Perkutánna transhepatálna drenáž (PTD)	0,400
Stenting GIT-u	0,033
Rádiovfrekvenčné katérové ablácie (RFA)	0,005
Implantácie PM a ICD	0,024

Predbežné výsledky zo slovenských pracovísk intervenčnej rádiológie a kardiológie

Dávkové ekvivalenty nielen pri intervenčných výkonoch sú závislé od mnohých faktorov, ktorými sú najmä geometria ožiarovania, používanie OOPP, komplexnosť výkonu, ako aj skúsenosti intervenčného rádiológa. Tieto skutočnosti sú dôvodom pre veľkú variabilitu v rozsahu získaných dávok pre jednotlivé typy intervenčných výkonov, ako aj problémy so zjednotením podkladov na zavedenie národných diagnostických referenčných úrovní. V tabuľke 1 sú uvedené výsledky zahraničných štúdií, ktoré porovnávajú dávkové ekvivalenty, merané priamo na očných šošovkách rádiológa, pri vybraných intervenčných výkonoch (16).

V tabuľke 2 sú uvedené nominálne hodnoty ekvivalentnej dávky na očné šošovky na 1 výkon z najvýznamnejších dostupných publikácií (17, 18, 19).

V tabuľke 3 sú znázornené výsledky meraní ekvivalentných dávok na očné šošovky pri piatich vybraných výkonoch v podmienkach

slovenských IR pracovísk. Tieto výsledky majú ilustratívny charakter s ohľadom na skutočnosť, že projekt EURADOS dosiaľ nie je ukončený.

Diskusia a záver

Intervenčné postupy naďalej poskytujú významný priestor na zlepšenie radiačnej ochrany. Implementáciou programov zabezpečenia kvality by mali intervenčné rádiologické pracoviská využívať základné princípy radiačnej ochrany, ktorými sú odôvodnenie, optimalizácia a usmerňovanie ožiarovania s dôrazom na školenia, akreditácie, plánovanie a riadenie kvality a auditu kvality.

Taktiež je nevyhnuté dôsledné využívanie OOPP, pri ktorých okrem používania ochranných olovených záster a ochranných golierov s ekvivalentom olova je najmä u intervenčných rádiológov žiaduce chrániť aj očné šošovky ako prevencia pred radiačnou kataraktou. Najvýznamnejšou OOPP v súvislosti so znížením radiačnej záťaže očných šošoviek sú ochranné okuliare s ekvivalentom olova. V práci Sandbloma (20) bolo porovnaných 12 typov komerčne dostupných

ochranných okuliarov s ekvivalentom olova $0,75 \pm 0,05$ mm. Ako najúčinnjší typ sa osvedčili okuliare s bočným tienením. Ochranné okuliare, ktoré sa bežne používajú v praxi, s ekvivalentom olova 0,5 mm, tiež poskytujú dostatočnú úroveň ochrany, pričom je dôležitá dobrá priliehavosť k povrchu hlavy. Prínosom pre ochranu očných šošoviek od rozptýleného žiarenia je stropný závesný štít, ktorý môže znížiť dávku na očné šošovky 2- až 7-násobne (15).

Keďže sledovaním radiačnej záťaže očných šošoviek u zdravotníckeho personálu pomocou špeciálnych očných dozimetrov, vyjadrenej veľičinou $H_p(3)$, sa zatiaľ v SR zaoberá Oddelenie radiačnej hygieny SZU, zatiaľ nie je možné porovnanie výsledkov so zahraničnou literatúrou, v ktorej neboli všetky relevantné výkony vyjadrené pre $H_p(3)$ – pozri tabuľku 2 a 3. Je preto potrebné rozšíriť typy sledovaných výkonov (ako aj veľkosť súboru monitorovaných pracovníkov) aj na tie, pre ktoré sú už údaje $H_p(3)$ známe zo zahraničných pracovísk.

Z našich výsledkov vyplýva, že ročné ekvivalentné dávky potenciálne môžu prekročiť novonavrhaný limit 20 mSv/ročne, pričom vo všetkých sledovaných situáciách boli vyššie dávky zaznamenané na ľavej strane lekára. S nárastom počtu IR výkonov a ich využitím v ďalších oblastiach medicíny preto zostáva otázka radiačnej záťaže očí stále aktuálna.

Literatúra

1. ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP*. 2007;37(2–4).
2. ICRP. ICRP Statement on Tissue Reactions/Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. *Ann. ICRP*. 2012;41(1–2).
3. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down Basic Safety Standards for Protection against the Dangers Arising from Exposure to Ionising Radiation and Repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. *OJ of the EU*. 2014;L13,57(1–73).
4. IAEA TECDOC 1731. *Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the Lens of the Eye*. Vienna: IAEA; 2013.
5. IAEA Safety Standards. *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*. Vienna: IAEA; 2014.
6. ISO/FDIS 15382. *Procedures for Monitoring the Dose to the Lens of the Eye, the Skin and the Extremities*. ISO/TC 85/SC 2. 2015.
7. Radiation Effects Research Foundation. *A Cooperative Japan-US Research Foundation. Radiation Cataract (Lens Opacity)* [online]. Available from: <http://www.rerf.jp/radefx/early_e/cataract.html>. Accessed January 15, 2014.
8. Worgul B, Kundiye Y, Sergiyenko N et al. Cataracts among Chernobyl Clean-up Workers: Implications Regarding Permissible Eye Exposures. *Rad Res*. 2007;167:233–243.
9. Vano E, Kleiman NJ, Duran A, Romano-Miller M, Rehani MM. Radiation-associated Lens Opacities in Catheterization Personnel: Results of a Survey and Direct Assessments. *J Vasc Interv Radiol*. 2013;24(2):197–204.
10. Haskal ZJ. Get Protected: the Eyes Have It. *J Vasc Interv Radiol*. 2013;24(2):205–6.
11. Junk AK, Haskal Z, Worgul BV. Cataract in Interventional Radiology – an Occupational Hazard? *Investig Ophthalmology Vis Sci*. 2004;45(5):388.
12. Vano E, Gonzalez L, Fernández JM, Haskal ZJ. Eye Lens Exposure to Radiation in Interventional Suites: Caution Is Warranted. *Radiology*. 2008;248(3):945–53.
13. Nikodemová D, Trečková V, Šalát D. *Riziko poškodenia očných šošoviek u kardiológov pri intervenčných rádiologických vyšetreniach. Zborník rozšírených abstraktov III. Fórum verejného zdravotníctva*. Bratislava: SZU; 2014: 44–46.
14. Behrens R. On the Operational Quantity $H_p(3)$ for Eye Lens Dosimetry. *J Radiol Prot*. 2012;32(4):455–64.
15. Vanhaverre F, Carinou E, Gualdrini G, Clairand I, Sans Merce M, Ginjaume M et al. *ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff*. Braunschweig, Germany: EURADOS; 2012.
16. IAEA TECDOC 1735. *The Information System on Occupational Exposure in Medicine, Industry and Research (ISEMIR): Interventional Cardiology*. Vienna: IAEA; 2014.
17. Vano E, Kleiman NJ, Duran A, Rehani MM, Echeverri D, Cabrera M. Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel. *Radiat Res*. 2010;174:490–495.
18. Ciraj-Bjelac O, Rehani MM, Sim HK, Liew HB, Vano E, Kleiman NJ. Risk for radiation-induced cataract for staff in interventional cardiology: is there reason for concern? *Catheter Cardiovasc Interv*. 2010;76:826–834.
19. Dauer LT, Thornton RH, Solomon SB, St Germain J. Unprotected operator eye lens doses in oncologic interventional radiology are clinically significant: estimation from patient kerma-area product data. *J Vasc Interv Radiol*. 2010;21:1859–1861.
20. Sandblom V. *Evaluation of Eye Lens Doses Received by Medical Staff Working in Interventional Radiology in Interventional Radiology at Sahlgrenska University Hospital*. Gothenburg, Sweden: University of Gothenburg; 2012.

Doc. RNDr. Denisa Nikodemová, PhD.

Oddelenie radiačnej hygieny
Fakulta verejného zdravotníctva SZU
Limbová 14, 833 03 Bratislava
denisa.nikodemova@szu.sk