

Možnosti optimalizácie rizikových faktorov lekárov intervenčnej rádiológie

Mgr. Zuzana Bárdyová, PhD.¹, doc. RNDr. Martina Horváthová, PhD.¹, doc. RNDr. Denisa Nikodémová², MUDr. Tibor Balázs³, MUDr. Ivan Vulev, PhD., MPH, FCIRSE³, Ing. Robert Borka⁴

¹Katedra laboratórných vyšetrovacích metód v zdravotníctve, Trnavská univerzita v Trnave, FZaSP, Trnava

²Oddelenie radiačnej hygieny, Slovenská zdravotnícka univerzita, Bratislava

³Centrum intervenčnej neurorádiológie a endovaskulárnej liečby, Bratislava

⁴Cardioservice, s. r. o., Bratislava

Intervenčnú rádiológiu je možné charakterizovať ako špecifický odbor medicíny, v rámci ktorého sa väčšina diagnostických, ako aj terapeutických procedúr uskutočňuje prostredníctvom zobrazenia s využitím röntgenového žiarenia. Jedným z hlavných rizikových faktorov lekárov intervenčnej rádiológie je expozícia ionizujúcemu žiareniu (IŽ), ktorá je potenciálne asociovaná so vznikom deterministických alebo stochastických účinkov. Pri práci v katetrizačnej sále je intervenčný rádiológ exponovaný rozptýlenému žiareniu od pacienta a zdroja IŽ. Z tohto dôvodu musí povinne využívať osobné ochranné pracovné prostriedky (OOPP), ktoré s ohľadom na potrebný ekvivalent olova sú ochranou pred nepriaznivými účinkami ožiarovania, ale zároveň aj príčinou zvýšenej fyzickej záťaže a vzniku muskuloskeletálnych problémov vedúcich často k znemožneniu vykonávania svojej profesie v závislosti od pracovného zaťaženia a dĺžky praxe. Podľa publikovaných údajov odbornej literatúry predstavuje využívanie záster s ekvivalentom olova, po riziku z ožiarovania, druhý rizikový faktor vzniku zdravotných problémov. Vďaka vývoju OOPP sa v praxi začali využívať sofistikovanejšie spôsoby, ktoré zabezpečujú lekárovi nadpriemernú radiačnú ochranu, eliminujú fyzickú záťaž a poskytujú väčší komfort pri intervenčných výkonoch. Cieľom predloženej štúdie bolo zhodnotenie a porovnanie efektivity závesného ochranného systému typu Zero-Gravity s účinnosťou štandardných OOPP, posúdenie výhod a nevýhod oboch systémov z hľadiska radiačnej záťaže intervenčného rádiológa, ako aj možnosť manipulácie a voľnosti pohybu pri intervenčnom výkone.

Kľúčové slová: intervenčná rádiológia, záster s ekvivalentom olova, ortopedické problémy, optimalizácia

Possibilities of optimization of risk factors of interventional radiologist

Interventional radiology can be characterized as a specific medical discipline, where most of diagnostic and therapeutic procedures are performed under the X-ray imaging navigation. One of the major risk factors for interventional radiologist is exposure to ionizing radiation (IoR), potential associated with development of deterministic and stochastic side-effect to health. The interventional radiologist is exposed to IoR during the work in the cathlab by IoR scattered from the patient IoR from the source of direct IoR. This is the reason why interventional radiologists have to use personal protective equipment for the protection of health during working in the radiation field of IoR. It is also the main cause of increased physical load and development of musculoskeletal problems in this medical community. This makes more difficult to carry out their important profession. Simultaneously, the use of protective aprons with a lead equivalent is the significant risk factor for orthopedic problems. Thus development of personal protective equipment has put into daily practice more and more sophisticated ways of protection against IoR. Progress in this field provides to the physicians not only high radiation protection, but also eliminates physical load and provides higher comfort for performance of interventional procedures. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of the newest suspended radiation protection system against X-ray, named Zero-Gravity and to compare it with standard personal protective equipment. The second aim of the study was to assess advantages and disadvantages of both systems in terms of the radiological load for the interventional radiologists, as well as comfort, manipulation and free movements of operator during performance of interventional radiology procedures.

Key words: interventional radiology, protective lead apron, orthopedic problems, optimization

Vask. med., 2018,10(2-3):86-89

Úvod

Zavedenie fluoroskopie do praktickej rádiológie viedlo k dramatickému nárastu uskutočňovania diagnostických a terapeutických výkonov a aj skráteniu hospitalizácie. Pre zdravotníckych pracovníkov má však za následok aj vyššie fyzické požiadavky, ako aj narastajúcu expozíciu IŽ (1, 2). Na rozdiel od pacien-

tov, ktorí sú exponovaní IŽ len počas výkonu, intervenční rádiológovia sú expozíciám IŽ vystavení opakovane, počas všetkých uskutočňovaných procedúr, čo môže významne vplyvať na kvalitu ich zdravia. Hlavným rizikom expozície IŽ je vznik deterministických alebo stochastických účinkov. Medzi najvýznamnejšie deterministické účinky intervenčných

rádiológov sa radí vznik radiačne podmienenej katarakty. Podľa ICRP a NCRP radiačná katarakta patrí k tzv. tkanivovým reakciám, ktoré sa vyskytujú len po prekročení prahovej dávky. Avšak viaceré štúdie, ako napríklad výsledky medzinárodného projektu ORAMED, dokázali, že očná šošovka je oveľa rádiosenzitívnejšia, na základe čoho sa prahová dáv-

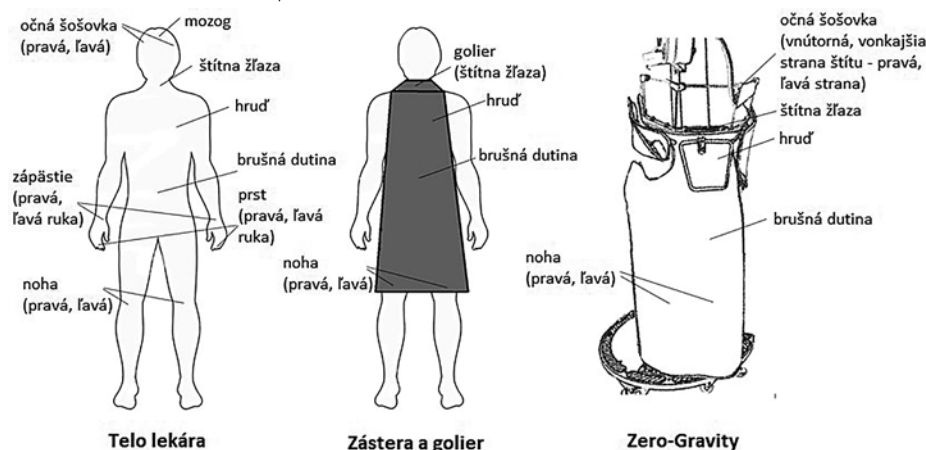
ka očnej šošovky znížila (3, 4). Naopak, najvýznamnejším stochastickým účinkom je vznik sekundárne indukovaných tumorov a možnosť poškodenia zdravia v ďalšej generácii. Problémom intervenčnej rádiológie sa stávajú sekundárne indukované tumory mozgu, pričom väčšina tumorov sa klasifikuje na ľavej strane, ktorá je bližšie k zdroju IŽ počas intervenčných výkonov, a tumory štítnej žľazy. Okrem iného, IŽ negatívne vplyva aj na kardiovaskulárny (makrovaskulárne, mikrovaskulárne abnormality) alebo reprodukčný systém (2, 5).

K minimalizovaniu spomínaných rizík sa využívajú ťažké OOPP s ekvivalentom olova, ktoré môžu súvisieť s ortopedickými problémami rádiológov a takisto byť príčinou únavy a nepohodlia počas časovo náročných procedúr (6). Zároveň niektoré časti tela a orgány aj napriek využívaniu OOPP zostávajú prakticky nechránené (ruky, nohy, očné šošovky, mozog) (7). Medzi štandardné OOPP intervenčných rádiológov patrí ochranná zástera, golier a okuliare, opatrené príslušným ekvivalentom olova (Pb) (8). Dôsledkom snahy o minimalizovanie hmotnosti záster a s cieľom zabezpečenia požadovanej radiačnej ochrany za súčasného komfortu lekára boli vyvinuté viaceré ochranné systémy, ako napr. mobilná kabína CATHPAX®AF alebo závesný ochranný systém Zero-Gravity (ZG). Cieľom predloženej štúdie bolo zhodnotenie a porovnanie efektivity ZG s účinnosťou štandardných OOPP, zhodnotiť výhody a nevýhody oboch systémov z hľadiska radiačnej záťaže intervenčného rádiológa, ako aj manipulácie a voľnosti pohybu pri intervenčných výkonoch.

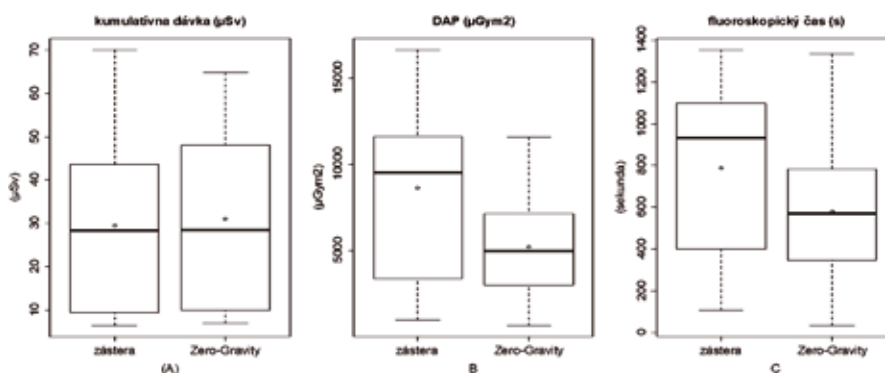
Metodika a súbor pacientov

V roku 2018 bola na vybranom pracovisku intervenčnej rádiológie v SR uskutočnená priezovná štúdia. Na štúdiu sa zúčastnil jeden intervenčný rádiológ endovaskulárneho programu, na ktorom boli realizované všetky merania. Všetky výkony boli realizované za pomoci prístroja typu Artis with PURE® od spoločnosti Siemens. Monitorovanie radiačnej záťaže lekára bolo realizované v priebehu dvoch týždňov, počas dvoch etáp. Počas prvej etapy bolo uskutočnených 10 vý-

Obrázok 1. Umiestnenie TLD počas monitorovania



Obrázok 2. (A) Porovnanie kumulatívnej dávky v priestore (B) Porovnanie DAP (C) Porovnanie fluoroskopického času počas 1. a 2. fázy výskumu



konov, pričom intervenčný rádiológ využíval štandardné OOPP (zástera, golier a okuliare s ekvivalentom olova). Počas druhej etapy bolo vykonaných taktiež 10 výkonov, ale intervenčný rádiológ využíval systém Zero-Gravity (ZG). Počas využívania ZG intervenčný rádiológ využíval duplicitný spôsob tienenia očnej šošovky a štítnej žľazy prostredníctvom okuliarov a goliera s ekvivalentom olova.

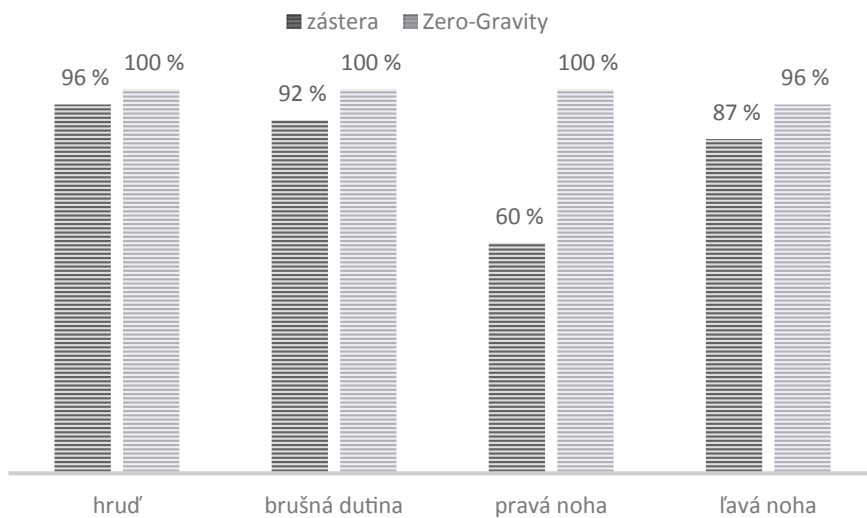
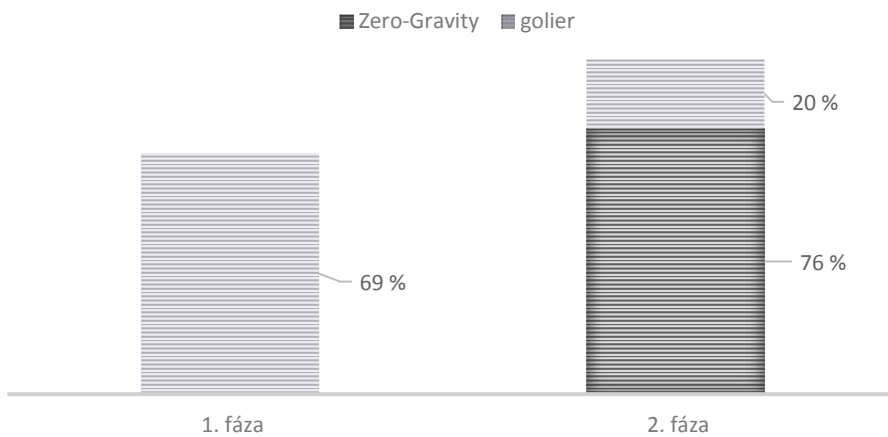
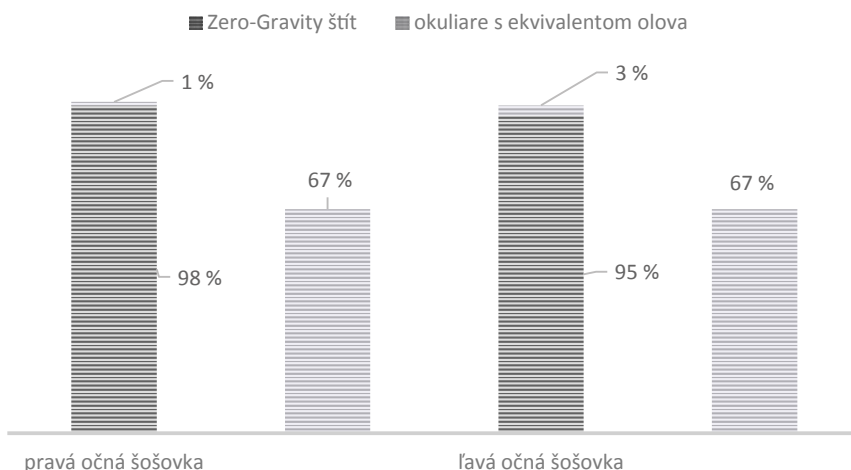
Na zhodnotenie radiačnej záťaže lekára, počas práce so ZG alebo pri použití bežne dostupných OOPP, boli využité tkanivo-ekvivalentné termoluminescenčné dozimetre. Pomocou týchto dozimetrov sa stanovila vstupná povrchová dávka, v mieste dopadu zväzku žiarenia do tela lekára. Termoluminescenčné dozimetre Harshaw TLD-100 a Harshaw TLD-100H boli pred samotnými expozíciami nalepené na dermu, operačný odev a využívané OOPP (obrázok 1). Pri súčasnom využití systému ZG a goliera s ekvivalentom olova bola radiačná záťaž zaznamenaná zvlášť na systéme ZG, golieri a derme lekára. Taktiež pri využívaní ZG a okuliarov s ekvivalentom olova bola radiačná záťaž zaznamenaná

na systéme ZG, okuliaroch a v blízkosti očnej šošovky lekára.

Vyhodnotenie TLD sa uskutočňovalo na prístroji Harshaw TLD 3500 a kalibrácia TLD na kalibračnom zdroji ¹³⁷₅₅Cs. Následne bola na základe odpovede TLD vypočítaná vstupná povrchová dávka. Celkový príkon dávkového ekvivalentu získaný pracovníkom počas oboch etáp monitorovania bol zaznamenaný pomocou dozimetra typu Gamma Scout.

Výsledky

Počas štúdie lekár uskutočnil 20 výkonov PVI (perkutánnu vaskulárnu intervenciu), pričom počas oboch fáz bolo uskutočnených 10 výkonov. Medián (± interkvartilový rozsah) kumulatívnej dávky v priestore počas fázy 1 bol 28,31 (± 25,48) μSv a počas fázy 2 bol 25,51 (± 34,61) μSv. Tretí kvartil kumulatívnej dávky počas celého priebehu merania bol 44,77 μSv. Medián fluoroskopického času počas fázy 1 bol 15 min 32 s (± 6 min 25 s) a počas fázy 2 bol 9 min 30 s (± 6 min 28 s). Porovnanie kumulatívnej dávky, DAP (Dose Area Product: Súčin dávky a plošnej dávky) a fluoroskopického času

Obrázok 3. Porovnanie záchytu IŽ zásterou a Zero-Gravity**Obrázok 4.** Porovnanie záchytu IŽ prenikajúceho do oblasti štítnej žľazy golierom a Zero-Gravity s golierom**Obrázok 5.** Porovnanie záchytu IŽ prenikajúceho k očnej šošovke okuliarmi a Zero-Gravity s okuliarmi

v jednotlivých fázach merania je v box-plotoch na obrázku 2.

Počas fázy 1 bola vstupná povrchová dávka na prste pravej ruky 2,26 mGy/hod a na zápästí pravej ruky 1,7 mGy/hod. Vstupná povrchová dávka na prste ľavej ruky bola 5,30 mGy/

hod a zápästí ľavej ruky 3,91 mGy/hod. Naopak, počas fázy 2 bola vstupná povrchová dávka na prste pravej ruky 1,05 mGy/hod, zápästí pravej ruky 0,50 mGy/hod, na prste ľavej ruky 1,20 mGy/hod a zápästí ľavej ruky 0,72 mGy/hod. Väčšia vstupná povrchová dávka na ruky inter-

venčného rádiológa počas fázy 1 mohla byť spôsobená rozdielnou technickou náročnosťou výkonov. Počas fázy 1 bol realizovaný 1 ľahký, 2 stredne ťažké a 7 ťažkých výkonov. Počas fázy 2 boli realizované 4 ľahké, 1 stredne ťažký a 5 ťažkých výkonov. Kritériá na zaradenie výkonov do jednotlivých kategórií boli stanovené podľa TASC klasifikácie, pričom sa zohľadňovala technická náročnosť, potrebný čas na realizáciu výkonu, množstvo využitých katétrov a iného materiálu, ktorý bol potrebný na prekonanie danej prekážky v cievi a na jej rekonštrukciu.

Systém ZG zaznamenal takmer úplné odtienenie IŽ v oblasti hrudníka, brušnej dutiny a pravej nohy, pričom na telo lekára nepreniklo žiadne detegovateľné množstvo IŽ. Naopak, zástera zachytila 96 % IŽ v oblasti hrudníka, 92 % IŽ v oblasti brušnej dutiny a 60 % IŽ v oblasti pravej nohy (obrázok 3). Pomocou goliera sa zachytilo 69 % IŽ prenikajúceho do oblasti štítnej žľazy. Pri súčasnom využití ZG a goliera prenikli do oblasti štítnej žľazy lekára len 4 % IŽ, pričom systém ZG zachytil až 76 % IŽ (obrázok 4). Pomocou ochranného štítu na ZG a súčasného využitia okuliarov s ekvivalentom Pb bolo zachytených až 98 % IŽ dopadajúceho na ľavú očnú šošovku a 99 % IŽ na pravú očnú šošovku. Za použitia samotných okuliarov bolo zachytených 67 % IŽ (obrázok 5). Veľkosť vstupnej povrchovej dávky na oblasť mozgu počas fázy 1 bola 0,62 mGy a počas fázy 2 len 0,07 mGy, pričom oblasť mozgu bola počas fázy 2 čiastočne chránená štítom ZG.

Diskusia

Intervenčná rádiológia je unikátny a špeciálny odbor, ktorý zastrešuje vaskulárne a nevaskulárne procedúry. V súčasnosti väčšina intervenčných rádiológov vykonáva niekoľko procedúr denne, ktoré môžu trvať aj niekoľko hodín. Fyzické nároky intervenčných rádiológov sa výrazne líšia od požiadaviek, ktoré sa kladú na konvenčných rádiológov, najmä pre dlhé státie na nohách, nutnosť využívania hmotnostne ťažkých OOPP a vykonávanie technicky náročných procedúr (9). S využívaním OOPP však úzko súvisí vznik muskuloskeletálnych problémov, ktoré sú predmetom

diskúzií v mnohých štúdiách (2, 6, 9). Príkladom môže byť štúdia Goldsteina (6) (1 600 respondentov), ktorá uvádza, že až 62 % intervenčných rádiológov vykonávajúcu svoju profesiu viac ako 10 rokov a viac ako 24 % intervenčných rádiológov s praxou viac ako 20 rokov trpeli ortopedickými problémami. Až 42 % respondentov trpelo problémami chrbtice (70 % lumbosakrálne problémy, 30 % problémy krčnej chrbtice) a 28 % uviedlo problémy s bedrovými, kolennými kĺbmi a členkami. Príčina stúpajúcej prevalencie bolesti krku a chrbta medzi intervenčnými rádiológmi je však multifaktorová a pravdepodobne je výsledkom kombinácie chronického účinku nosenia ťažkých OOPP, státia na nohách dlhší čas a polohy tela, ktorá často nie je ergonomická (2, 9).

Vzhľadom na skutočnosť, že naša štúdia nebola zameraná na väčší počet pracovníkov intervenčnej rádiológie, bolo jej štatistické spracovanie významne obmedzené a zaťažené veľkou nepresnosťou, čo je nutné zohľadniť. Výsledky našej štúdie poukazujú na to, že zástera a golier s ekvivalentom olova (Pb = 0,5 mm) zachytávajú približne 60 % až 96 % dopadajúceho IŽ v závislosti od anatomickej časti tela. Najväčší prienik dopadajúceho IŽ bol na oblasť pravej nohy (40 % IŽ) a, naopak, najmenší prienik sa ukázal v anatomickej časti hrudníka, kde zástera zachytila až 96 % dopadajúceho IŽ. Na základe našich údajov môžeme predpokladať, že medián zachytu IŽ prostredníctvom zástery a goliera s ekvivalentom olova 0,5 mm je 87 %. Iná štúdia udáva, že zástera zmiernuje veľkosť expozície až o 95 % (9). Druhou možnosťou štandardných OOPP je tzv. odľahčená zástera s menším ekvivalentom olova, a to 0,25 mm, ktorú využívajú najmä inštrumentárne sestry. Podľa štúdií ochranné zástery s ekvivalentom olova 0,25 mm zachytávajú o 7 % – 15 % dopadajúceho IŽ menej v porovnaní so zásterami s ekvivalentom olova 0,5 mm (9).

Naše výsledky sú porovnateľné s výsledkami Savagea (10) a v ich kombinácii je možné konštatovať, že v prípade využívania ZG lekárom dochádza k zníženiu expozície na očnú šošovku o 94 % – 99 %, oblasti krku o 96 % – 100 %, ramien o 89 % – 98 %, nôh 93 % – 100 %

a celková expozícia intervenčného rádiológa sa znižuje o 87 % – 100 %. Taktiež štúdia Dragustina (8) potvrdila pri využití kabíny CATHPAX®AF takmer zanedbateľný prienik IŽ na telo lekára.

Medián zachytu dopadajúceho IŽ systémom ZG bol v našej štúdií 97 %, čo predstavuje o 10 % vyšší zachyt IŽ v porovnaní so štandardnými OOPP. Najväčší zachyt dopadajúceho IŽ systémom ZG bolo v anatomickej časti hrudníka, brušnej dutiny a pravej nohy, kde na telo nepreniklo žiadne detegovateľné žiarenie. Naopak, najväčší prienik IŽ bol v oblasti štítnej žľazy, kde preniklo cez ZG 24 % detegovateľného IŽ. Môžeme však konštatovať, že ZG ponúka vyšší stupeň radiačnej ochrany, pretože prostredníctvom samotného goliera s ekvivalentom olova preniklo na telo lekára 31 % IŽ. Výhoda ZG je, že lekár môže využiť možnosť duplicitnej ochrany. Za súčasného využitia ZG a goliera prienik dopadajúceho IŽ z 31 % klesá na 4 %. Taktiež pri využití ZG za súčasného využitia okuliarov s ekvivalentom olova klesá expozícia očnej šošovky na 1 % až 2 %. Okrem predpokladaného vyššieho zachytu dopadajúceho IŽ ZG ponúka nulovú hmotnostnú záťaž, čo predstavuje 100 % odľahčenie pohybového aparátu v porovnaní so štandardnými OOPP. Ďalšou výhodou ZG je krytie takmer celého tela intervenčného rádiológa okrem rúk, ktoré sú najviac exponované a čiastočné krytie mozgu. Zároveň ZG ponúka lekárovi dostatočnú pohyblivosť pri výkonoch.

Na základe výsledkov štúdie je možné konštatovať, že alternatívne možnosti ochranných záster predstavujú v oblasti intervenčnej rádiológie vhodnú perspektívu na zníženie radiačnej záťaže, za súčasného komfortu a možnosti minimalizácie vývoja ortopedických problémov v budúcnosti.

Záver

Využívanie OOPP je neodmysliteľnou a povinnou súčasťou výkonu intervenčných vyšetrení podľa zákona č. 87/2018 Z.z. o radiačnej ochrane a zmene a doplnení niektorých zákonov. Radiačná záťaž intervenčných zdravotníckych pracovníkov týchto profesií predstavuje najvyššie hodnoty osobných dávok do-

sahujúcich limitné hodnoty efektívnych dávok žiarenia, čo potvrdili výsledky projektu ORAMED v mnohých štátoch EÚ. Na základe predbežných výsledkov štúdie a odbornej literatúry je možné predpokladať, že systém Zero-Gravity predstavuje vhodný typ OOPP, vďaka ktorému je zabezpečený vysoký stupeň radiačnej ochrany, za súčasného komfortu intervenčného rádiológa, ako aj minimalizovanie zdravotných ťažkostí, ktoré sú asociované s využívaním záster s ekvivalentom olova.

Literatúra

- Quintero-Quintero A, Patino-Camargo G, et al. Calibration of a thermoluminescent dosimetry worn over lead apron in fluoroscopy guided procedures. *Journal of Radiological Protection*. 2018;38(2):549-564.
- Klein LW, Miller D, et al. Occupational Health Hazards in the Interventional Laboratory: Time for a Safer Environment. *Radiology*. 2009;250(2):538-544.
- Rajabi AB, Noohi F, et al. Ionizing Radiation-Induced Cataract in Interventional Cardiology Staff. *Research in Cardiovascular medicine*. 2015;4(1):e25148.
- Vanhaver F, Carinou E, et al. ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff. 2012. EURADOS. ISBN 978-3-943701-01-2.
- Kumar G, Rab TS. Radiation Safety for the Interventional Cardiologist - A Practical Approach to Protecting Ourselves From the Dangers of Ionizing Radiation. *Leters in Cardiology*. 2016. Dostupné na: <https://www.acc.org/latest-in-cardiology/articles/2015/12/31/10/12/radiation-safety-for-the-interventional-cardiologist>.
- Goldstein JA, Balter S, et al. Occupation Hazards of Interventional Cardiologists: Prevalence of Orthopedic Health Problems in Contemporary Practice. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2004;63(4):407-411.
- Nikodemová D, Brodecki M, et al. Staff extremity dose in interventional radiology. Results of the ORAMED measurement campaign. *Radiation Measurements*. 2011;46(11):210-215.
- Dragustin O, Weerasooriya R, et al. Evaluation of a radiation protection cabin for invasive electrophysiological procedures. *European Heart Journal*. 2007;28(2):183-189.
- Dixon RG, Khiatani V, et al. Society of Interventional Radiology: Occupational Back and Neck Pain and the Interventional Radiologist. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2017;28(2):195-199.
- Savage C, Seale, TM, et al. Evaluation of a Suspended Personal Radiation Protection System vs. Conventional Apron and Shields in Clinical Interventional Procedures. *Journal of Radiology*. 2013;3(3):143-151.

Mgr. Zuzana Bárdyová, PhD.

Katedra laboratórnych vyšetrovacích metód v zdravotníctve
Trnavská Univerzita
Univerzitné námestie 1, 918 43 Trnava
zuzana.bardyova@truni.sk