GRANT journal
ISSN 1805-062X, 1805-0638 (online)
Vol. 12, issue 02
EUROPEAN GRANT PROJECTS | RESULTS | RESEARCH & DEVELOPMENT | SCIENCE

Intervenčná rádiológia a endovaskulárna liečba periférneho artériového ochorenia dolných končatín

Radoslava Berdisová[1]
Zuzana Bárdyová[2]
Martina Horváthová[3]

[1] Trnavská Univerzita v Trnave, Fakulta zdravotníctva a sociálnej prace, Univerzitné nám. 1, 917 01 Trnava, berdisova.r@gmail.com
[2] Trnavská Univerzita v Trnave, Fakulta zdravotníctva a sociálnej prace, Univerzitné nám. 1, 917 01 Trnava, zuzana.bardyova@truni.sk
[3] Trnavská Univerzita v Trnave, Fakulta zdravotníctva a sociálnej prace, Univerzitné nám. 1, 917 01 Trnava, martina.horvathova@truni.sk

Grant: KEGA 002TTU-4/2023
Název grantu: Nové metódy výučby radiačnej ochrany študentov zdravotníckych odborov
Oborové zameranie: Lekárske vedy

© GRANT Journal, MAGNANIMITAS Assn.

Abstrakt Endovaskulárna liečba má nezastupiteľnú úlohu v liečbe pacientov s periférnym artériovým ochorením dolnej končatiny. Naším cieľom bolo stanovenie radiačnej záťaže pacientov podstupujúcich digitálnu subtrakčnú angiografiu a perkutánnu vaskulárnu intervenciu dolnej končatiny. Na popis veľkosti radiačnej záťaže sme použili základné veličiny ako fluoroskopický čas (FT), súčin kermy a plochy (KAP), maximálnu vstupnú povrchovú dávku (MSED) a kumulatívnu dávku (KD). V porovnaní s prahovými hodnotami, pri ktorých existuje zvýšené riziko vzniku tkanivových reakcií (FT > 60 min; MSED > 3000 mGy; KAP > 50000 μGy.m^2; KD > 5000 mGy), bola maximálna hodnota FT v našej výskumnej vzorke o 43% nižšia, MSED o 81 % nižšia, KAP o 63 % nižšia a hodnota KD o 79 % nižšia ako je prahová hodnota.

Klíčová slova: fluoroskopia, intervencia, radiačná ochrana, radiačná záťaž, rádiológia

1. ÚVOD

Periférne artériové ochorenia (PAO) dolných končatín (DK) sú závažné ochorenia, ktorých podstatou je zúženie, prekážka alebo obštrukcia veľkých systémových ciev v mozgovom alebo v koronárnom obehu. Endovaskulárna liečba predstavuje menej rizikovú alternatívu otvorenej operácie hlavne u pacientov s viacerými komorbiditami (Conte, 2018; Ma, 2019; Stacy, 2021). Hoci sú výhody intervenčných výkonov veľmi dobre známe, žiaľ sú známe aj riziká, ktoré sú v priamom spojení s jednotlivými zákrokmi. Intervenčný postup a ožiarenie ionizujúcim žiarením (IŽ) môže vyvolať potenciálne stochastické a deterministické účinky (Dance, 2014; Donald, 2010).

V prípade stochastických účinkov hovoríme o pravdepodobnosti výskytu daného účinku IŽ. Predpokladá sa, že na rozdiel od deterministických účinkov, stochastické účinky nemajú prahovú dávku. Medzi hlavné stochastické účinky patrí vznik rakoviny a rôzne poškodenia na úrovni DNA. Stochastické účinky radíme výlučne do skupiny neskorých účinkoch, keďže ku ich vzniku dochádza až niekoľko rokov po ožiarení (Dance, 2014; Lomax, 2013, Fazel, 2009).

Deterministické účinky sú zapríčinené dôsledkom straty resp. poškodenia buniek, ktoré vzniklo pri ožiarení. Pri strate a poškodení len niekoľkých buniek, funkcia väčšiny orgánov alebo tkanív nie je priamo ovplyvnená. Naopak, v prípade veľkej straty buniek dochádza už k pozorovateľnému poškodeniu, ktorého dôsledkom môže byť aj strata funkcie jednotlivých orgánov. Sčervenanie, svrbenie, vyrážky a ulcerácie patria k hlavným príznakom tkanivových reakcií radiačnej dermatitídy. Skorá kožná reakcia, ako dôsledok deterministických účinkov, sa môže vyskytnúť niekoľko hodín alebo dní po expozícií, prípadne sa môže objaviť aj po dlhšom čase od expozície. Deterministický účinok (alopécia, katarakta, dermatitída a iné) sa líši a je závislý od veľkosti dávky IŽ, pričom ide o prahovo závislý typ účinku.

Tkanivové reakcie ako deterministický účinok IŽ predstavujú pomerne závažnú komplikáciu intervenčnej rádiológie, nakoľko sa nemusia objaviť bezprostredne po výkone. Pravdepodobnosť vzniku radiačnej dermatitídy sa zvyšuje s prekročením prahovej hodnoty dávky žiarenia. V roku 2009 Spoločnosť intervenčnej rádiológie (SIR) stanovila odporúčania týkajúce sa manažmentu dávky IŽ pri intervenčných postupoch, v ktorých definovala významné prahové hodnoty dávok. Keďže dávka IŽ obdŕžaná počas intervenčného výkonu sa štandardne hodnotí pomocou fluoroskopického času (FT), KAP (resp. DAP), kumulatívnej dávky (KD) a maximálnej dávky na kožu (MSED), odporúčania sa zameriavajú práve na tieto veličiny. V rámci týchto odporúčaní sa za významné prekročenie prahovej dávky považuje ktorýkoľvek z nasledujúcich prípadov: MESD > 3 000 mGy, KD > 5 000 mGy, KAP > 500 Gy.cm^2, FT > 60 min (Bundy, 2020; Goldsweig, 2019).

Všeobecne sa fluoroskopické výkony realizujú pri čo najnižšej možnej radiačnej záťaži pacienta. Vďaka inovatívnemu charakteru intervenčnej rádiológie však dochádza k uskutočňovaniu čoraz zložitejších a časovo náročnejších výkonov, čoho výsledkom môžu byť relatívne vysoké expozície pacienta, spájané s potenciálnym vznikom tkanivových reakcií. Preto je nevyhnutné, aby boli dávky IŽ kontinuálne monitorované a s cieľom predchádzať nežiaducim tkanivovým reakciám sa v prípade prekročenia prahových hodnôt odporúča klinické sledovanie pacienta aj naďalej po zákroku (SKVIR, 2021; Li, 2020).

Z daného vyplýva aj cieľ našej štúdie, a to stanovenie radiačnej záťaže pacientov podstupujúcich výkony intervenčnej rádiológie, konkrétne digitálnu subtrakčnú angiografiu (DSA) a perkutánnu vaskulárnu

intervenciu (PVI) dolnej končatiny (DK). Ďalším cieľom je identifikovanie potenciálnych prípadov, u ktorých by mohli vzniknúť dôsledkom intervenčného výkonu nežiadúce tkanivové reakcie.

2. METODIKA

V rámci výskumnej činnosti sme vykonali retrospektívnu kohortovú štúdiu. Samotný výskum sme realizovali na vybranom pracovisku intervenčnej rádiológie na Slovensku. Naša štúdia bola vykonávaná v súlade so zákonom o ochrane osobných údajov.

Do štúdie bolo zaradených náhodným systematickým výberom 120 pacientov, pričom 50% výkonov predstavovali diagnostické výkony DSA DK (pomer mužov a žien 1:1) a 50% terapeutické výkony PVI DK (pomer mužov a žien 1:1). Priemerný vek pacientov bol 67 ± 13 rokov s priemernou hodnotou BMI 27,8 ± 5 kg/m^2.Všetky spomínané výkony boli vykonané na monoplane angiografickom systéme typu Artis with PURE® (Siemens).

Štatistická analýza bola vypracovaná za pomoci štatistického softvéru R-Project. Za účelom popisu jednotlivých veličín sme využívali štandardné miery centrálnej tendencie ako je aritmetický priemer, smerodajná odchýlka, medián, interkvartilový rozsah (tretí kvartil – prvý kvartil), maximálna a minimálna hodnota. V rámci analýzy dát a zisťovania signifikantnosti sa na stanovenie normality rozloženia dát používal Kolmogorovov-Smirnovov test, následne sa podľa distribúcie dát používal T-test (Gaussovo rozdelenie) alebo Wilcoxonov test (non-Gaussovo rozdelenie). Vzťah medzi jednotlivými veličinami sme hodnotili pomocou korelácie a Spearmanovho korelačného koeficientu. Výsledky sme považovali za signifikantné v prípade, že p hodnota bola nižšia ako 0,05.

3. VÝSLEDKY

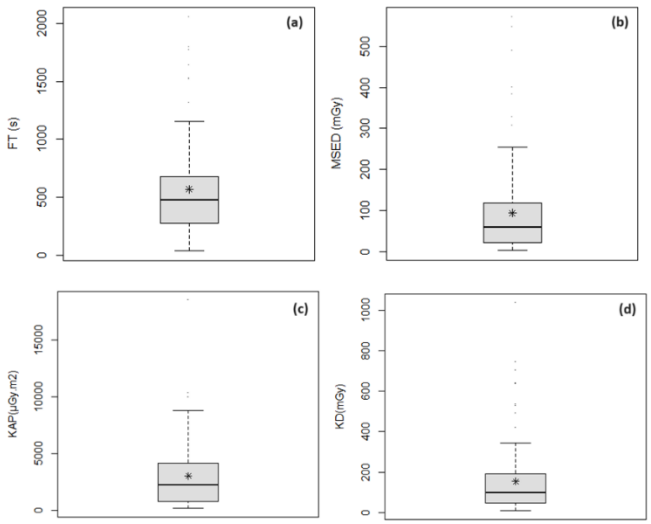
Stredná hodnota FT v súbore pacientov bola 7 min 51 sekúnd, s rozsahom hodnôt od 35 sekúnd až po 34 min a 16 sekúnd (graf 1a). Nepotvrdil sa signifikantný rozdiel v hodnotách FT medzi mužmi a ženami ($p > 0,05$), taktiež sa nepotvrdil signifikantný rozdiel vo FT pri výkonoch DSA DK a PVI DK. Ani pri jednom z výkonov sa neprekročila prahová hodnota FT pre vznik potenciálnych tkanivových reakcií, t. j. FT > 60 min (graf 2a). Stredná hodnota MSED v súbore bola 58,5 mGy s minimálnou hodnotou 3 mGy a maximálnou hodnotou 571 mGy (graf 1b). Potvrdil sa signifikantný rozdiel v hodnote MSED mužov a žien ($p < 0,05$). Stredná hodnota MSED žien bola o 39% vyššia ako mužov (muži vs. ženy: 48 mGy vs. 79 mGy). Pri výkonoch DSA DK a PVI DK sa nepreukázal signifikantný rozdiel v hodnotách MSED ($p > 0,05$). Ani pri jednom výkone PVI a DSA nebola prekročená prahová hodnota MSED viac ako 3000 mGy. V našom výskumnom súbore MSED dosahovala maximálne hodnotu 571 mGy, čo je o 81 % menej ako je prahová dávka MSED (graf 2b). Stredná hodnota KAP v súbore pacientov bola 2242,3 µGy.m^2, s rozsahom hodnôt od 180-18527 µGy.m^2 (graf 1c). Na základe dát sa potvrdil signifikantný rozdiel v závislosti od pohlavia ($p < 0,05$), avšak v závislosti od typu výkonu, t. j. medzi výkonmi DSA DK a PVI DK sa signifikantnosť nepreukázala ($p > 0,05$). Medián KAP žien v celom súbore bol o 42 % vyšší ako v skupine mužov (ženy vs. muži: 3077,2 µGy.m^2 vs. 1777 µGy.m^2). V rámci nášho sledovaného súboru nebola ani pri jednom pacientovi prekročená hodnota KAP viac ako 50 000 µGy.m^2. Maximálna hodnota KAP v našom výskumnom súbore bola 18 527 µGy.m^2, čo predstavuje o 63 % menšiu hodnotu ako prahová hodnota KAP, pri ktorej existuje zvýšené riziko vzniku tkanivových reakcií po intervenčnom výkone (graf 2c).

Stredná hodnota KD v súbore bola 97,5 mGy (rozsah 8,4 mGy – 1 038 mGy) (graf 1d). Tak ako pri MSED a KAP, taktiež pri KD sa potvrdil signifikantný rozdiel v hodnotách KD v skupine mužov a žien ($p < 0,05$). Medián KD žien v celom súbore bol o 34 % vyšší ako v skupine mužov (muži vs. ženy: 83,3 mGy vs. 125,6 mGy). V závislosti od typu výkonu (DSA vs. PVI) sa signifikantnosť nepotvrdila ($p > 0,05$). Tak ako pri ostatných veličinách, ani pri KD nebola prekročená prahová dávka KD > 5 000 mGy. Maximálna KD, t.j.1 038 mGy, bola o 79 % nižšia ako je prahová hodnota KD pre vznik tkanivových reakcií (graf 2d).

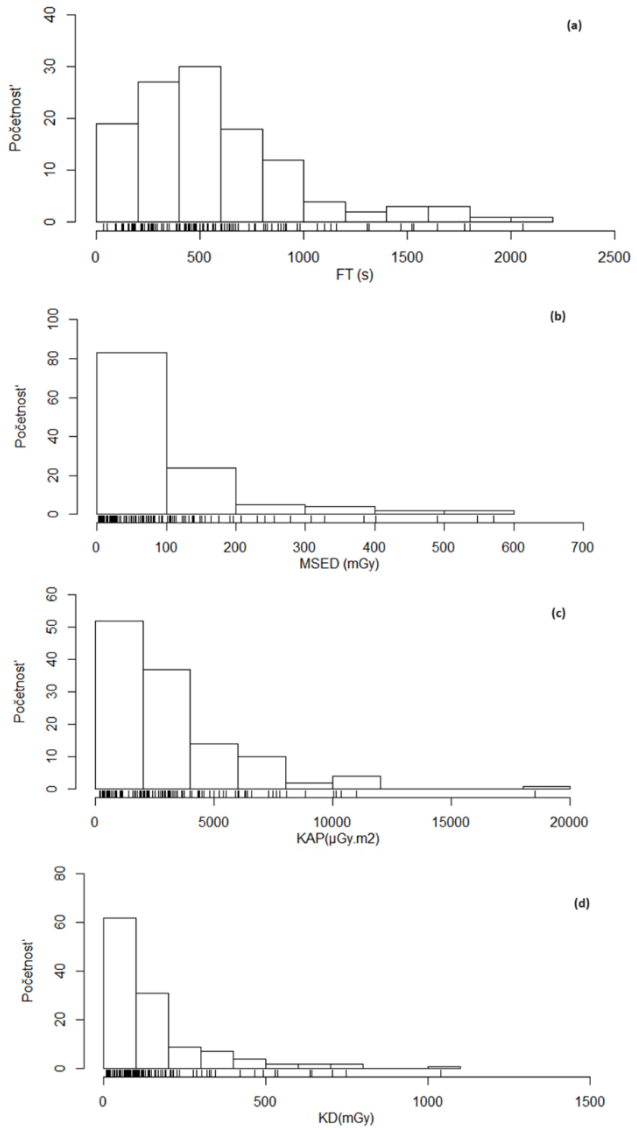
Na základe korelácie sa nepotvrdil vzťah medzi FT a BMI pacientov ($p > 0,05$). Potvrdila sa však slabá korelácia medzi MSED a BMI ($p < 0,05$; $R = 0,37$) a stredne silná korelácia medzi KAP a BMI ($p < 0,05$; $R = 0,4$). Korelácia medzi FT a MSED, ani medzi FT a KAP sa nepotvrdila ako signifikantná ($p > 0,05$). Naopak medzi KAP a MSED ($p < 0,05$; $R = 0,91$), ako aj medzi KAP a KD ($p < 0,05$; $R = 0,92$) sa potvrdila veľmi silná, pozitívna korelácia. V tabuľke 1 sa nachádza deskriptívny popis veličín FT, MSED, KAP a KD.

Tab. 1. Popis veličiny FT, MSED, KAP a KD vo výskumnom súbore pacientov

veličina		MUŽ	ŽENA	SPOLU
FT (s)	Ar.priemer ±SD	624,7±497,2	510,5±324,2	567,6±411,4
	Medián (IQR)	476 (764-282)	448,5 (661-273)	471 (675-274)
	Min - max	54-2056	35-1801	35-2056
MSED (mGy)	Ar.priemer ±SD	77,1±109,0	110,8±108,1	94±109,4
	Medián (IQR)	48 (76,5-21,5)	79 (148,8-28)	58,5 (116,3-22)
	Min - max	3 – 571	6-490	3-571
KAP (µGy.m^2)	Ar.priemer ±SD	2516±2459,3	3579,2±3206	3047,8±2894,8
	Medián (IQR)	1777 (3208-603)	3077,2 (4569-1421)	2242,3 (4115,4-802,6)
	Min - max	180-10150	305,1-18527	180-18527
KD (mGy)	Ar.priemer ±SD	121,1±149,5	186,5±189,7	153,8±173,2
	Medián (IQR)	83,3 (108,5-39,8)	125,6 (245-59,3)	97,5 (190,4-46,8)
	Min - max	10,1-746,1	8,4-1038	8,4-1038



Graf 1. Hodnotenie radiačnej záťaže pacientov pri intervenčných výkonoch PAO DK v súbore pacientov.



Graf 2. Distribúcia hodnôt FT, KAP, KD a MSED vo výskumnom súbore pacientov.

4. DISKUSIA

Endovaskulárna liečba PAO DK má nezastupiteľnú úlohu v súčasnej medicíne. V našej štúdii sme analyzovali základné veličiny, ktoré popisujú dávky IŽ, pričom štandardne ide o FT, KAP, MSED a KD. Taktiež sme tieto veličiny hodnotili vzhľadom k potenciálnemu vzniku tkanivových reakcií, ktoré sa môžu vyvinúť po prekročení prahových hodnôt, ktoré sú stanovené odbornými spoločnosťami.

Vo všeobecnosti, endovaskulárny výkon DK (DSA s alebo bez PVI) sa podľa našej štúdie spája s relatívne nízkymi dávkami IŽ, ktoré je možné popísať následnými veličinami: priemerná hodnota FT je 567,6 ± 411,4 s, MSED 94 ± 109,4 mGy, KAP 3 047,8 ± 2 894,8 µGy.m^2 a KD 153,8 ± 173,2 mGy.

Endovaskulárny výkon DSA DK je možné z hľadiska analýzy radiačnej záťaže pacienta charakterizovať následnými hodnotami veličín: priemerná hodnota FT 554,3 ± 393,3 s, MSED 103,5 ± 135,4 mGy, KAP 3 172,8 ± 3 775,9 µGy.m^2, KD 173,4 ± 224,3 mGy. Endovaskulárny výkon DSA DK v spojení s PVI je možné z hľadiska analýzy radiačnej záťaže pacienta charakterizovať následnými hodnotami veličín: priemerná hodnota FT 574,2 ± 422,4 s, MSED 89,2 ± 94,4 mGy, KAP 2 985,2 ± 2 360,6 µGy.m^2, KD 144 ± 141,6 mGy.

Štúdie demonštrujú, že pri PVI sa radiačná záťaž pacienta môže zvýšiť až trojnásobne, čo sa v našej štúdii nepotvrdilo (Kettler, 2011; Goldsweig, 2019). Taktiež v štúdii doktora Boca z roku 2018, výsledky dokazujú, že pri vykonávaní diagnostickej DSA (bez stentovania) bol FT kratší ako v prípade terapeutického výkonu (DSA+PVI) ($p < 0,001$) (Boc, 2018).

V našom výskumnom súbore ani jedna z veličín (KAP, KD, MSED, FT) neprekročila spomínané prahové hodnoty. Z toho vypláva, že žiadny z intervenčných výkonov, ktorý bol zaradený do našej štúdie nepodliehal dodatočnému klinickému sledovaniu, kvôli podozreniu na vývoj nežiadúcich tkanivových reakcií. Naopak, maximálne hodnoty veličín boli výrazne nižšie.

Maximálna hodnota FT v našom súbore bola 34 min a 16 s, MSED 571 mGy, KAP 18 527 µGy.m^2 a KD 1 038 mGy. V porovnaní s prahovými hodnotami (FT > 60 min, KAP > 50 000 µGy.m^2, MSED > 3 000 mGy, KD > 5 000 mGy), pri ktorých existuje zvýšené riziko vzniku deterministického účinku po intervenčnom výkone, bol maximálny FT o 43 % nižší, KAP o 63 % nižší, MSED o 81 % nižšia a KD o 79 % nižšia.

Naopak, v americkej štúdii bola prahová hodnota KAP prekročená pri 7 % PVI. V 5 % prípadoch bola KAP v rozmedzí 500 – 1 000 Gy.cm^2 a v 2 % prípadoch dosahovala hodnotu nad 1 000 Gy.cm^2. Štúdia však demonštrovala, že výkony v aortoiliakálnej oblasti mali najvyššiu hodnotu KAP, naopak s nižšími hodnotami KAP boli spojené výkony v distálnejších oblastiach. Intervencie vykonané pod kolenom mali v priemere polovičnú hodnotu KAP ako v aortoiliakálnej oblasti (Goldsweig, 2019). Keďže v nami realizovanej štúdii nebola klasifikovaná lokalita vyskytujúcej sa lézie, nemožno dané údaje komplexnejšie porovnať.

S nami korešpondujúce výsledky a tvrdenie, že výkony DSA a PVI DK sú z pohľadu radiačnej ochrany a vzniku tkanivových reakcií bezpečné priniesla bulharská štúdia. Výsledky spomínanej štúdie taktiež dokazujú, že prahové hodnoty FT, KAP a MSED v takmer všetkých prípadoch štúdie neboli prekročené, a práve preto riziko vzniku komplikácií spojených s ožiarením je minimálne (Lefterova, 2018). Ďalší príklad podobných výsledkov bol popísaný v štúdii doktora Boca z roku 2018 (Boc, 2018). Táto štúdia taktiež preukázala, že počas výkonov žiadna z nameraných KAP nepresiahla hodnotu 1 Gy, len u dvoch pacientov bola hodnota KAP hraničná a to 0,90 Gy. V 694 prípadoch bola hodnota KAP nižšia ako 0,10 Gy (65,3 %), u 355 (33,4 %) pacientov bola hodnota KAP v rozmedzí od 0,10-0,50 Gy a v 14 prípadoch (1,3 %) bola hodnota KAP v rozsahu od 0,51–0,90 Gy. Štúdia dokazuje zvýšenie FT a KAP v prípade pridania angioplastiky k diagnostickej angiografii. Tým, že štúdia potvrdila, že prahové hodnoty KAP a FT neboli prekročené, diagnostická DSA spoločne s terapeutickým výkonom PVI je bezpečná metóda, pri ktorej je vznik tkaninových reakcií minimálne pravdepodobný (Boc, 2018).

Ďalšia analýza bola venovaná vzťahu medzi jednotlivými veličinami a BMI pacienta. Zaujímavé je, že podľa našich výsledkov sa v celom súbore nepotvrdila závislosť medzi BMI pacienta a FT ($p > 0,05$). Naopak, z nášho výskumu vyplýva, že existuje významný vzťah medzi BMI pacienta a veličinami MSED ($R = 0,3$), KD ($R = 0,3$) a KAP ($R = 0,4$) ($p < 0,01$). Korešpondujúce výsledky priniesla bulharská štúdia, ktoré demonštrovala, že existuje silná

závislosť medzi KAP a BMI pacienta ($p < 0,01$) (Lefterova, 2018). Štúdia doktora Esmaeila z roku 2019 (Esmaeil, 2019) taktiež potvrdila, že pacienti s vyšším BMI boli vystavení vyššej dávke žiarenia počas výkonov, ktorých FT bol rovnaký (Esmaeil, 2019).

5. ZÁVER

Endovaskulárna liečba zaznamenala v posledných rokoch prudký rozvoj. Stala sa rovnocennou náhradou otvorenej operácie, ktorá bola riziková hlavne u pacientov s pridruženými ochoreniami. Vo všeobecnosti, endovaskulárny výkon DK (DSA s alebo bez PVI) sa podľa našej štúdie spája s relatívne nízkymi dávkami IŽ. Priemerná hodnota FT je 567,6 ± 411,4 s; MSED 94 ± 109,4 mGy; KAP 3 047,8 ± 2 894,8 μGy.m^2 a KD 153,8 ± 173,2 mGy. Podľa výsledkov našej štúdie, nebola ani v jednom prípade prekročená prahová hodnota a ani jedna z veličín nedosahovala také hodnoty, ktoré by mohli spôsobiť vznik tkanivových reakcií. Tak ako naša štúdia, aj iné zahraničné štúdie, demonštrujú že endovaskulárna liečba DK je z pohľadu radiačnej ochrany bezpečná a nedochádza pri nej ku prekročeniu prahových hodnôt, ktorých prekročenie by viedlo ku vzniku tkanivových reakcií po ožiarení.

Zdroje

1. BOC, A. et al. 2018. Patients' radiation doses during percutaneous endovascular procedures in arteries of the lower limbs. In Vasa [online]. 2018, vol. 48, no. 2 [cit. 2022-02-02]. Dostupné na internete: <https://econtent.hogrefe.com/doi/full/10.1024/0301-1526/a000744>. ISSN 1664-2872.
2. BUNDY, J. et al. 2020. Fluoroscopically-guided interventions with radiation doses exceeding 5000 mGy reference point air kerma: a dosimetric analysis of 89,549 interventional radiology, neurointerventional radiology, vascular surgery, and neurosurgery encounters. In CVIR Endovascular [online]. 2020, vol. 3, no. 69 [cit. 2022-02-02]. Dostupné na internete < https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7509020/pdf/42155_2020_Article_159.pdf> ISSN 2520-8934.
3. CONTE, S. 2018. Peripheral Arterial Disease. In Heart, Lung and Circulation [online]. 2018, vol. 27, no. 4 [cit. 2021-10-27]. Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1443950617314592>. ISSN 1444-2892.
4. DANCE, D. et al. 2014. Diagnostic Radiology Physics. A Handbook for Teachers and Students. Vienna : IEAE, 2014. 710p. IBSN 978–92–0–131010–1.
5. DONALD, M. L. et al. 2010. Clinical Radiation Management for Fluoroscopically Guided Interventional Procedures. In Radiology. [online]. 2010, vol. 257, no. 2 [cit. 2019-12-12]. Dostupné na internete: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.10091269 >. ISSN 0033 – 8419.
6. ESMAEIL, M. et al. 2019. Assessing radiation exposure to patients during endovascular treatment of chronic venous obstruction. In Journal of Vascular Surgery: Venous and Lymphatic Disorders Radiology [online]. 2019, vol. 7, no. 3 [cit. 2022-02-02]. Dostupné na internete < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213333X18304888> ISSN 2213-3348.
7. FAZEL, R. et al. 2009. Exposure to Low-Dose Ionizing Radiation from Medical Imaging Procedures. In The NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE. ISSN 0028-4793, 2009, vol. 361, p. 849-857.
8. GOLDSWEIG, A. et al. 2019. Patient Radiation Dosage During Lower Extremity Endovascular Intervention. In JACC: Cardiovascular Interventions. [online]. 2019, vol. 12, no. 5 [cit. 2022-02-02]. Dostupné na internete: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1936879818322933> ISSN 1876-7605.
9. KETTLER, E. et al. 2011. Radiation exposure in endovascular procedures. In Journal of Vascular Surgery. [online]. 2011, vol. 53, no. 2 [cit. 2022-02-02]. Dostupné na internete: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0741521410017349> ISSN 2213-333X.
10. LEFTEROVA, D. et al. 2018. Patient doses in endovascular and hybrid revascularization of the lower extremities. In The British Journal of Radiology [online]. 2018, vol. 91, no. 1091 [cit. 2022-02-02]. Dostupné na internete < https://www.birpublications.org/doi/full/10.1259/bjr.20180176> ISSN 1748880X.
11. LI, X. et al. 2020. Radiation Effective Dose Above 100 mSv From Fluoroscopically Guided Intervention: Frequency and Patient Medical Condition. In AJR Journal Club [online]. 2020, vol. 205, no. 433–440 [cit. 2022-02-02]. Dostupné na internete <https://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/AJR.19.22227> ISSN L 0361–803X.
12. LOMAX, M. et al. 2013. Biological Consequences of Radiation-induced DNA Damage: Relevance to Radiotherapy. In Clinical oncology. [online]. 2013, vol. 25, no. 10 [cit. 2022-02-02]. Dostupné na internete: < https://www.clinicaloncology online.net/article/S0936-6555(13)00247-1/fulltext> ISSN 2766-9882.
13. MA, K. et al. 2019. A systematic review of diagnostic techniques to determine tissue perfusion in patients with peripheral arterial disease. In Expert Review of Medical Devices [online]. 2019, vol. 16, no. 8 [cit. 2022-02-02]. Dostupné na internete <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/17434440.2019.1644166?scroll=top&needAccess=true> ISSN 1743-4440.
14. SKVIR, 2021 [online]. [cit. 2021-10-27]. Dostupné na internete: <http://www.angio.sk/pre-pacientov/pre-pacientov/periferne-arteriove-ochorenia>.
15. STACY, M. 2021. 10 - Clinical imaging techniques for assessing vascular risk and complications in the lower extremities. In Diabetes and Cardiovascular Disease [online]. 2021, vol. 3, no. 21 [cit. 2022-02-02]. Dostupné na internete <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128174289000103> ISSN 2223-3652.