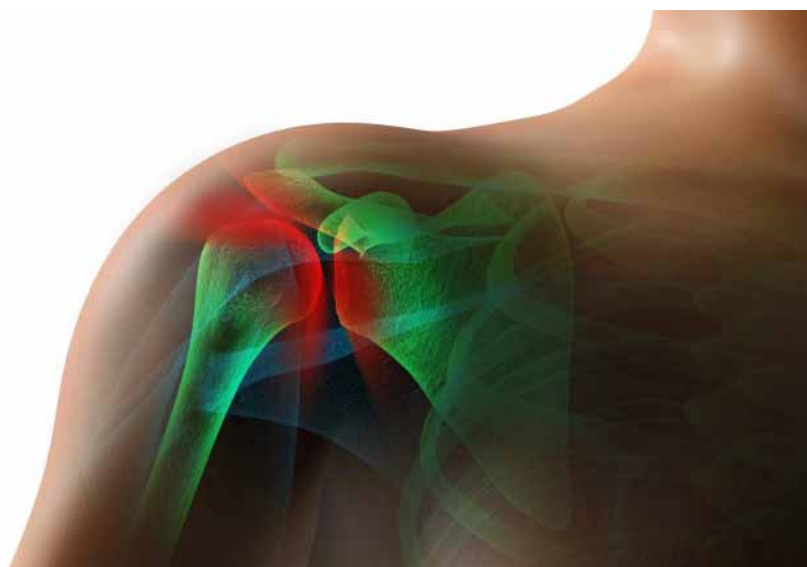




PRACTICUS

pro praktické lékaře zdarma • č.7/2022 • ročník 21



TÉMA:

Diferenciální diagnostika bolestí ramenního kloubu

INFO SVL

- 04 EDITORIAL
- 05 KONFERENCE NAD TEMŽÍ
doc. MUDr. Bohumil Seifert, Ph.D.
- 06 WONCA PREKONFERENCE 27.–28. 6. 2022, LONDÝN

ODBORNÝ ČLÁNEK

- 10 INHALAČNÍ ANTIASMATIKA, NEŽÁDOUCÍ ÚČINKY A LÉKOVÉ INTERAKCE (ANEBO CO SE DO DOPORUČENÝCH POSTUPŮ NEVEŠLO): 2. ČÁST
MUDr. Michal Prokeš, PharmDr. Josef Suchopár
- 16 VITAMÍN D A ONEMOCNĚNÍ COVID 19- AKTUÁLNÍ POZNATKY
prof. MUDr. Eliška Sovová, Ph.D., MBA
- 18 ORIENTAČNÍ MĚŘENÍ RADIOAKTIVNÍHO ZNEČISTĚNÍ V PODMÍNKÁCH ORDINACE
MUDr. Zdeněk Hess, Ph.D., MUDr. Jan Vachek
- 24 DIFERENCIÁLNÍ DIAGNOSTIKA BOLESTÍ RAMENNÍHO KLOUBU
Doc. MUDr. Jakub Kautzner, Ph.D., Prof. MUDr. Vojtěch Havlas, Ph.D.
- 28 SPOLUPRÁCE VŠEOBECNÉHO PRAKTICKÉHO LÉKAŘE A KLINICKÉHO FARMACEUTA
PharmDr. Kateřina Langmaierová

REAKCE NA ČLÁNEK

- 29 PERINATÁLNÍ DUŠEVNÍ ZDRAVÍ, ÚVAHY A SKUTEČNOSTI

KAZUISTIKY

- 30 MLADÝ NESPOLUPRACUJÍCÍ PACIENT S TĚŽKOU HYPERTENZÍ NA KOMBINACI 5 TŘÍD ANTIHYPERTENZIV - KAZUISTIKA
MUDr. Radmila Krausová
- 34 VČASNÉ ZAHÁJENÍ KOMBINAČNÍ TERAPIE HYPERTENZE A DYSLIPIDEMIE V ORDINACI PRAKTICKÉHO LÉKAŘE
MUDr. Jiří Machů

ZAMYŠLENÍ

- 34 NEJISTOTA LÉKAŘE A JEJÍ TOLERANCE
MUDr. Radkin Honzák, CSc.

UPOUTÁVKA

- 35 NOVÁ KNIHA

AKTUALITY

- 36 NÁVRAT DO PRÁCE PO ONKOLOGICKÉ NEMOCI

Vydavatel:

Společnost všeobecného lékařství ČLS JEP

Adresa redakce:

Společnost všeobecného lékařství ČLS JEP
Sokolská 31, 120 00 Praha 2
tel.: 267 184 064
e-mail: practicus.svl@cls.cz
www.practicus.eu

Redakce:

Šéfredaktor:

MUDr. Stanislav Konšťacký, CSc.
konstacs@seznam.cz

Zástupci šéfredaktora:

MUDr. Dana Moravčíková
dana.moravcikova@medicina.cz

MUDr. Jana Vojtíšková
janav.doktor@volny.cz

Manažerka časopisu:

Hana Čížková
practicus.svl@cls.cz

Redakční rada: doc. MUDr. Svatopluk Býma, CSc., MUDr. Otto Herber, doc. MUDr. Bohumil Seifert, Ph.D., MUDr. Pavel Brejník, MUDr. Josef Štolfa, MUDr. Igor Karen, MUDr. Jozef Čupka, MPH, MUDr. David Halata, MUDr. Toman Horáček, MUDr. Kateřina Javorská, MUDr. Stanislav Konšťacký, CSc., MUDr. Jan Kovář, MUDr. Dana Moravčíková, MUDr. Cyril Mucha, MUDr. Josef Olšr, MUDr. Bohumil Skála, Ph.D., MUDr. Boris Šťastný, MUDr. Jana Vojtíšková, MUDr. Lenka Bilková, MUDr. Miloš Ponižil, MUDr. David Bergmann, MUDr. Rudolf Červený, Ph.D., MUDr. Šárka Drbalová, MUDr. Jiří Havránek, MUDr. Ambrož Homola, Ph.D., MUDr. Jiří Horák, MUDr. Vladimír Marek, MUDr. Petra Mestícká, MUDr. Astrid Matějková, MUDr. Helena Stárková, MUDr. Jan Šindelář

Spolupracovnice časopisu:

Andrea Vrbová

Náklad 6 000 ks. • • • Vychází 10x ročně.
Pro praktické lékaře v ČR zdarma.
Roční předplatné pro ostatní zájemce
800 Kč. • • • Přihlášky přijímá redakce.
Toto číslo bylo dáno do tisku 8. 9. 2022 MK ČR
E13477, ISSN 1213–8711.

Vydavatel a redakční rada upozorňují, že za obsah a jazykové zpracování inzerátů a reklam odpovídá výhradně inzerent. Redakce neodpovídá za správnost údajů uvedených autory v odborných článcích. Texty neprochází jazykovými korekturami. Přetisk a jakékoliv šíření je povoleno pouze se souhlasem vydavatele. © SVL ČLS JEP, 2022

Orientační měření radioaktivního znečištění v podmínkách ordinace



MUDr. Zdeněk Hess, Ph.D.

Česká společnost pro ultrazvuk v medicíně
Ordinace všeobecného praktického lékařství s. r. o.
Fakulta zdravotnických studií ZČU

MUDr. Jan Vachek

Klinika nefrologie 1. lékařské fakulty UK a Všeobecné
fakultní nemocnice v Praze

Vysvětlení termínů

Radioaktivita

Jev, při kterém dochází k přeměně jader prvků hmoty. Jádra, která jsou nestabilní, se samovolně rozpadají, a vznikají tak stabilnější prvky.

Izotopy

Atomy, které mají stejný počet protonů, ale rozdílný počet neutronů.

Radionuklid

Izotop, který se samovolně rozpadá a emituje ionizující záření.

Absorbovaná dávka

Množství ionizujícího záření absorbovaného v tkáni. Jednotkou je sievert (Sv).

Sievert (Sv)

Jednotka dávkového ekvivalentu ionizujícího záření. Vyjadřuje množství absorbované energie na jednotku hmotnosti.

Becquerel (Bq)

Jednotka aktivity zdroje radioaktivního záření. Jeden becquerel znamená rozpad jednoho jádra za jednu sekundu.

Dozimetr

Přístroj, který měří absorbovanou dávku ionizujícího záření.

Geiger-Mullerova (GM) trubice

Hlavní součást velké části dozimetru. Jedná se o uzavře-

ný prostor vyplněný plynem mezi dvěma elektrodami, které jsou pod elektrickým napětím. Pokud do tohoto prostoru vniká ionizující záření, dochází k ionizaci plynu v GM trubici a vznikají elektrické výboje mezi elektrodami. Četnost těchto výbojů je přímo úměrná měřené radioaktivitě.

Poločas rozpadu

Doba, za kterou se rozpadne polovina jader nestabilního prvku.

Úvod

Události prvních měsíců roku 2022 změnily náš pohled na problematiku možného ohrožení ionizujícím zářením. To, co se zdálo dříve nepravděpodobným, se nyní stává reálně hrozícím nebezpečím. Ostřelování jaderných elektráren, hrozba použití jaderných zbraní, stoupající chaos ve světě obecně, to vše jde ruku v ruce s neúctou k lidskému zdraví a životnímu prostředí. Tyto okolnosti jsou jedním z důvodů, proč si připomenout, co o ionizujícím záření víme z hlediska potřeb běžné denní praxe. V tomto článku se budeme věnovat především tomu, jak jej detekovat a jak jej měřit v podmínkách běžné ordinace.

Co je ionizující záření

Je to takové záření, které ve hmotě, kterou bylo pohlce- no, vytváří ionty, a tím i změny v její struktuře. Např. u biologických organismů dochází k poškození DNA, RNA, bílkovin apod. Jedná se zejména o záření rentgenové, neutronové, alfa, beta a gama paprsky (Shah DJ) (tab. 1). Ionizující záření se využívá v průmyslu i medicínské diagnostice, to však nebude předmětem tohoto článku. Zajímají nás události nežádoucí, kdy dojde k úniku látek vytvářejících ionizující záření do životního prostředí. Nejznámější druhy ionizujícího záření jsou: rentgenové, alfa, beta a gama.

S rentgenovým zářením se setkáme nejčastěji v medicíně a průmyslu. Tomu je však věnováno dostatečné množství literatury, tedy jej zde připomínáme pouze okrajově.

Záření alfa má velmi malý dosah a lze jej odstínit i kouskem papíru, jeho význam spočívá především v situaci, kdy se zářiče, které jej produkují, dostanou do těla, například v potravě. Stejně tak beta záření, které je možno odstínit i celkem tenkou hliníkovou deskou. Větší penetraci a dosah má záření gama.

Přírodní radioaktivní pozadí

Radioaktivita je běžnou součástí prostředí, ve kterém žijeme. Jeho zdrojem je kosmické záření, které dopadá do zemské atmosféry, dále podloží v místě, kde se

nacházíme, i naše vlastní tělo, které obsahuje izotop draslíku 40 K (Clewer, B. J.). Ten nás „zásobuje“ radioaktivitou o intenzitě 55 Bq na kg tkáně.

Umělé zdroje radioaktivity v našem okolí

Kromě lékařských a průmyslových aplikací, kde je nutné dodržovat přísná bezpečnostní pravidla, se může se zdroji ionizujícího záření (většinou slabého) vzácně setkat i v našem okolí. Některé, dnes již starožitné, hodinky obsahují radioaktivní svítící prvky číselníku (zářičem je zde nejčastěji 226Radium). Staré svařovací elektrody, punčošky pro plynové lampy a wolframová elektroda magnetronu z mikrovlnné trouby mohou obsahovat stopové množství 232Thoria. Detektory kouře, umístěné většinou na stropě, většinou obsahují 241Americium (jedná se o téměř výhradní alfa zářič - tudíž čidlo umístěné na stropě nás nijak neohrožuje). Někdy se setkáme s uranovým sklem, ze kterého se kdysi vyráběly šperky. Mezi historickými předměty se můžeme setkat s nádobami s uranovou glazurou, jehož radioaktivita již může být poměrně významná. Taktéž bych poradil, pokud máte doma sbírku minerálů, proměřit ji dozimetrem, jelikož smolnec (chemicky oxid uraničitý) bývá u některých sběratelů oblíbeným exemplářem. Samotný smolnec nevykazuje většinou příliš silné radioaktivní záření. Součástí těchto minerálů však často bývá 88radium, které je silně radioaktivní. Směs wolframu a thoria je také součástí celé řady starých elektronek a doutnavek.

Riziko vzniku zhoubných nádorů na základě expozice ionizujícímu záření

Záření má na biologický organismus účinky deterministické (vznikají bezprostředně po ozáření) jako je zarudnutí v místě expozice, popálení apod., dále stochastické (projeví se s časovým odstupem). Mezi stochastické účinky řadíme vznik zhoubných bujení a genetické mutace. Riziko vzniku maligního bujení je přímo úměrné celkové dávce absorbovaného záření, tzn. sčítají se dávky absorbované během celého života. I když čistě matematicky tato závislost není zcela lineární, je z tohoto důvodu zcela racionální se jakékoliv zvýšené expozici ionizujícímu záření vyhnout, kdykoliv je to možné (Pennington CW).

Expozice ionizujícím zářením

Cesta, kterou se poškozující ionizující záření dostává k buňkám živého organismu, záleží na jeho zdroji. Expozice může být krátkodobá (různé havárie) a dlouhodobá. Může být i nepozorovaná (radon v budově, která nebyla na jeho přítomnost testována).

Přímé ozáření

Tato cesta je typická pro gama a rentgenové paprsky. Jako extrémní příklad zde uvedeme jaderný výbuch, ale historicky je známo mnoho případů ozáření ze zdroje nacházejícího se v blízkosti člověka. Silné ozáření je spojeno např. s poškozením kostní dřevě a vznikem anémie. Základní poučka zní, že intenzita jakéhokoliv záření klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje. Pokud je tedy možno ve vzdálenosti jeden metr

od zářiče absorbovat dávku 1000 uSv za hodinu, ve vzdálenosti 2 metry to bude 250 uSv za hodinu a ve vzdálenosti 4 metry to bude 111 uSv/hodinu. Z toho vyplývá, že neúčinnější ochranou proti škodlivému vyzařování je dostatečná vzdálenost od zdroje. Jako druhá možnost přichází v úvahu stínění. V případě gama a i rentgenového záření je možnou ochranou vrstva olova, případně silnější vrstva betonu.

Pozření zářiče v kontaminované potravě

Zde jsou nejpravděpodobnějším nebezpečím radioizotopy emitující alfa a gama záření. To mohou emitovat mikročástice nacházející se ve znečištěném prostředí. Nedávné studie ukazují, že radioaktivita vyzařovaná z těchto částic je asociována se systémovým zánětem, vysokým krevním tlakem a zhoršením plicních parametrů (Nyhan MM, et al, Li W, Vieira CLZ). Všechny dlouhodobé účinky vnitřní kontaminace zářičem ze znečištěného životního prostředí ještě zdaleka nejsou známy (Kreuzer M). Některé studie např. ukazují, že vnitřní expozice mikročástic emitujících beta záření zvyšuje riziko ventrikulárních arytmií u pacientů s kardiovaskulárním onemocněním (Peralta AA). Hovoří se i o souvislosti s gestačním diabetem a další řadou onemocnění (Papatheodorou S). Jeden můj zahraniční kolega z nejmenované země mi nedávno vyprávěl o tom, že u nich je zcela běžně prováděna kontrola zvenčí přineseného nákupu potravin (a nejen potravin) dozimetrem. Poměrně běžné je prý i umísťování zářičů do něčí blízkosti (např. do oděvu, do křesla) v rámci vyřizování účtů mezi nepřáteli nebo konkurenty. Doufejme, že tato „móda“ nedorazí do naší, zatím poklidné země.

Znečištění radionuklidy při havárii jaderné elektrárny V jaderném reaktoru vzniká několik stovek radionuklidů, které mají poločas rozpadu od zlomků sekund do stovek let. Pokud dojde k uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí, jedná se o tzv. mimořádnou událost 3. stupně, ve stupnici jaderných událostí (INES) o havárii 5. stupně.

Pokud k havárii dojde v České republice, je aktivován systém jednotného varování obyvatelstva. Akustické varování proběhne kolísavým zvukem sirény trvajícím 140 sekund, který může být 3x opakován. Další varování probíhá prostřednictvím televize a rádia. V případě vzniku havárie jaderné elektrárny je třeba vyhnout se kontaktu i s kontaminovaným vzduchem, tzn. zavřít a utěsnit okna, vypnout klimatizaci, uhasit kamna nebo krb a utěsnit komín.

V časných fázích havárie dochází k ozáření z oblaku, záření je typu gama a jedná se o zevní ozáření. Teprve když dojde k úniku radioizotopů 131jód a dalších halogenů (zejm. xenonu a kryptonu), může dojít ke kontaminaci potravin a při jejich konzumaci dochází k vnitřnímu ozáření (zde se uplatňuje i záření alfa a beta - podle druhu radionuklidu). Pokud dojde k explozi, kdy je do ovzduší rozprášena část paliva, dostávají se do ovzduší ve formě aerosolu 132telur a 134cesium a 137cesium. Do životního prostředí se dostávají dále i 90stroncium a 103ruthenium. Radionuklidy cesia a jódu

jsou velmi dobře vstřebatelné a ke kontaminaci organismu dochází snadno. Radioaktivní 90stroncium může odtékat do vodních toků, být pohlceno planktonem a kontaminovat rybí maso. Je nebezpečné hlavně tím, že má podobné vazebné vlastnosti jako vápník a může se poměrně snadno stát součástí kostního metabolismu. Většina je sice vyloučena do 3 měsíců, ale část tohoto radioaktivního nuklidu zůstává v kostech trvale i se svojí radioaktivitou. Dalším nebezpečím je pak izotop jodu, ^{131}I , který je vychytáván štítnou žlázou.

Radon

Radon (^{222}Rn a ^{220}Rn) je silně radioaktivní nereaktivní plyn, který není lidskými smysly rozpoznatelný, je bezbarvý a bez zápachu. Je považován za druhou nejvýznamnější příčinu vzniku karcinomu plic (WHO). Pravděpodobná je i asociace s celou řadou dalších onemocnění. Je inhalován do plic, kde se spontánně rozpadá. Rozpadající se radon emituje alfa (při rozpadu na krátce trvající $^{218}\text{Polonium}$ a $^{214}\text{Polonium}$), beta i gama záření.

Radioaktivita prostředí, ve kterém je přítomen radon, se udává v becquerelech (Bq). Význam má především jeho výskyt v budovách, kdy jsou případné radioaktivitě vystaveni obyvatelé. Při orientačním naměření vyšších hodnot (nad 100 Bq) lze doporučit přesnější profesionální měření a ev. v případě vysoké expozice provedení izolačních opatření v konkrétní budově. Záření z radonu zvyšuje riziko vzniku maligních onemocnění a započítává se do celkové dávky, které je organismus během života vystaven. Je diskutována rovněž souvislost mezi expozicí radonu a výskytem leukemie v dětském věku (Tong J), dále souvislost s karcinomem plic (Darby S) (Pavia M).

Princip detekce ionizujícího záření

Radioaktivní záření lze detekovat i do jisté míry měřit pomocí Geiger-Müllerovy trubice, což je komora naplněná plynem, kde po absorbování určité dávky záření proběhne výboj mezi dvěma elektrodami. Frekvence těchto výbojů se měří a odpovídá radiační aktivitě. Přesnější a mnohem dražší měření je možné pomocí scintilačních krystalů. To nám kromě základní informace u intenzitě radioaktivity jako takové může poskytnout i spektrogram záření, pomocí kterého lze zjistit druh zářiče.

Jak fungují kapesní přístroje pro detekci ionizujícího záření

Po zapnutí je třeba u většiny přístrojů počkat nějaký časový úsek (desítky sekund) než displej zobrazí relevantní hodnotu. Hodnota, která se objeví ihned, většinou není správná, protože měření probíhá po určitou dobu a jsou zobrazeny vlastně výsledky měření za určitý časový úsek. Výsledkem je hodnota sievert (resp. mikrosievert) za hodinu. Řada komerčně dodávaných výrobků má funkci měření absorbované dávky od začátku zapnutí. V tom případě budeme informováni o souhrnné dávce, které jsme byli za časový úsek vystaveni.

Po zapnutí většina přístrojů vydává akustické signály. Ty jsou většinou dány výbojem mezi elektrodami GM trubice. Populární „praskání“ měřícího přístroje při detekci radioaktivity je jenom filmovým efektem, protože pokud měříme skutečně zvýšenou hodnotu radioaktivity, praskání se rychle slévá v táhlý monotónní zvuk. Mnoho komerčně dostupných dozimetrů má již grafický displej s výstupem na časovou osu, někdy zobrazuje příslušný komentář k úrovni radiace, resp. barvou označuje normální a abnormální hodnoty. Měření se provádí prakticky tak, že za dodržení bezpečnostních opatření přiblížíme přístroj ke zdroji, o kterém si myslíme, že mohl být zdrojem záření. Zdroje se v žádném případě nedotýkáme, a pokud se tak stane, pečlivě si umyjeme ruce.

Jaké je dostupné vybavení při měření ionizujícího záření v podmínkách ordinace

Dostupné přístroje se na dnešním trhu dají pořídit v jednotkách tisíců korun. V době psaní tohoto článku jsou po celém světě vyprodány, předpokládáme však, že se to změní. Sám doporučuji zařízení vybavené LCD displejem, který ihned zobrazuje naměřené hodnoty. Existují i jiná měřící zařízení, která nemají vlastní displej (typicky jsou to nové přístroje vybavené scintilačním krystalem) a je nutné je propojit s mobilním telefonem nebo s počítačem. Pro orientační účely nám dostupný kapesní přístroj udělá dobrou službu.

Souhrn

Nebezpečí expozice ionizujícímu záření bohužel stoupá s rozšiřováním technologií i celkového chaosu ve světě. Znalost této problematiky můžeme zařadit mezi základní informační vybavenost lékaře. Orientační měření radioaktivity v ordinaci je možné pomocí dostupných přístrojů. Pro naše účely postačí dozimetry na principu Geiger-Müllerovy trubice. Všichni si přejme, aby nukleární technologie byly nadále využívány jen pro mírové účely a případných nehod bylo co nejméně.

Obr. 1: Měřící přístroje s Geiger-Müllerovou trubicí.

Obr. 2: Jugoslávský detektor radioaktivity s Geiger-Müllerovou trubicí umístěnou mimo přístroj. Je vybaven dobíjecím akumulátorem a podsvíceným analogovým displejem. Konkrétně tento je kalibrován v Českém metrologickém ústavu.

Obr. 3: Přístroj na orientační měření koncentrace radonu ve vzduchu. Tento přístroj je třeba umístit zapnutý nejméně 24 hodin do uzavřené nevětrané místnosti. Přesnější měření radonu je lepší svěřit specializované firmě, která však může o měření vystavit i úředně uznatelný certifikát. Vlevo je přístroj napájený třemi AAA bateriemi, vpravo napájený ze sítě.

Obr. 4: Geiger-Müllerova trubice uvnitř dozimetru.

Naskenováním QR kódů se spustí videa ukazující ovládání jednotlivých přístrojů.

Poznámky

- U radionuklidů jsme uvedli pouze nejčastější izotopy. Ve skutečnosti je izotopové složení pestřejší.
- Zobrazené přístroje jsou majetkem autora článku.

Obrázek 1



Obrázek 3



Obrázek 2



Obrázek 4



Po naskenování těchto QR kódů se spustí videa



QR1



QR2



QR3

Tabulka 1: Nejznámější druhy ionizujícího záření a jejich základní charakteristiky.

druh	složení	nejčastější zdroje	penetrace	odstínění	ohrožení
alfa	jádra helia (4H)	spontánní rozklad prvků (např. radium)	centimetry	list papíru	vnitřní kontaminace zářičem
beta	elektrony (ev. pozitrony)	spontánní rozklad prvků	ve vzduchu 8 m, ve vodě 1 cm	kovový plech > 1 mm	vnitřní kontaminace
gama	vysokoenergetické elektromagnetické záření	rozpad jader prvků	ve vzduchu stovky metrů	silná vrstva olova nebo betonu	ozáření
rentgenové	vysokoenergetické elektromagnetické záření	přírodní - z vesmíru umělé - RTG trubice	v závislosti na materiálu	olovo, wolfram, beton	ozáření

Tabulka 2: udává aktivitu radonu v závislosti na prostředí, ve kterém jej měříme.

prostředí	měřitelná aktivita v Bq
vzduch mimo pevninu	0,1–1
vzduch na pevnině	10
vzduch uvnitř budov	100
akceptovatelná hodnota vzduch uvnitř budov	do 200
vzduch v některých budovách v prostředí s vysokým výskytem uranu	1000
přípustná koncentrace radonu v uranových dolech	do 1220

Tabulka 3: Orientační hodnoty absorbované dávky. V prvním sloupci uvádíme pro názornost celou hodnotu v uSv

uSv	Sv	
0,1–0,3	0,0000001–0,0000003	Dávka, kterou lidské tělo absorbuje za 1 hod. v běžném prostředí.
10	0,00001	Dávka, kterou lidské tělo absorbuje za 24 hod. v běžném prostředí.
20	0,00002	Běžný předozadní RTG hrudníku.
100–200	0,0001	Několikahodinový let dopravním letadlem
7000	0,007	CT hrudníku
100 000 – 500 000	0,1–0,5	Výjimečně tolerovatelné dávky pro záchranáře při radiační havárii.

Literatura:

Shah DJ, Sachs RK, Wilson DJ. Radiation-induced cancer: a modern view. *Br J Radiol.* 2012 Dec;85(1020):e1166-73. doi: 10.1259/bjr/25026140. PMID: 23175483; PMCID: PMC3611719.

Pennington CW, Siegel JA. The Linear No-Threshold Model of Low-Dose Radiogenic Cancer: A Failed Fiction. *Dose Response.* 2019 Feb 7;17(1):1559325818824200. doi: 10.1177/1559325818824200. PMID: 30792613; PMCID: PMC6376521.

Clewer, B. J., Ryden, K. A., Dyer, A. C. R., Hands, A., & Jackson, D. (2019). A citizen science network for measurements of atmospheric ionizing radiation levels. *Space Weather*, 17, 877–893. <https://doi.org/10.1029/2019SW002190>

World Health Organization (WHO). WHO Handbook on Indoor Radon. ISBN 978-92-4-154767-3, 2009. Available on http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241547673_eng.pdf.

Tong J, Qin L, Cao Y, Li J, Zhang J, Nie J, An Y. Environmental radon exposure and childhood leukemia. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 2012;15:332-47.

Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, Hakama M, Heid I, Kreienbrock L, Kreuzer M, Lagarde F, Mäkeläinen I, Muirhead C, Oberaigner W, Pershagen G, Ruano-Ravina A, Ruosteenoja E, Rosario AS, Tirmarche M, Tomásek L, Whitley E, Wichmann HE, Doll R. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ.* 2005 Jan 29;330(7485):223. doi: 10.1136/bmj.38308.477650. 63. Epub 2004 Dec 21. PMID: 15613366; PMCID: PMC546066.

Pavia M, Bianco A, Pileggi C, Angelillo IF. Meta-analysis of residential exposure to radon gas and lung cancer. *Bull World Health Organ.* 2003;81(10):732-8. Epub 2003 Nov 25. PMID: 14758433; PMCID: PMC2572329.

Nyhan MM, Coull BA, Blomberg AJ, Vieira CLZ, Garshick E, Aba A, Vokonas P, Gold DR, Schwartz J, Koutrakis P. Associations Between Ambient Particle Radioactivity and Blood Pressure: The NAS (Normative Aging Study). *J Am Heart Assoc.* 2018 Mar 15;7(6):e008245. doi: 10.1161/JAHA.117.008245. PMID: 29545261; PMCID: PMC5907574.

Li W, Nyhan MM, Wilker EH, Vieira CL, et al. Recent exposure to particle radioactivity and biomarkers of oxidative stress and inflammation: The Framingham Heart Study. *Environment International.* 2018; 121:1210–6. [PubMed: 30376999]

Vieira CLZ, Koutrakis P, Huang S, Grady S, et al. Short-term effects of particle gamma radiation activities on pulmonary function in COPD patients. *Environmental Research.* 2019;175:221–7. [PubMed: 31146094]

Peralta AA, Link MS, Schwartz J, et al. Exposure to Air Pollution and Particle Radioactivity With the Risk of Ventricular Arrhythmias. *Circulation.* 2020;142(9):858-867. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.120.046321

Papatheodorou S, Gold DR, Blomberg AJ, Hacker M, Wylie BJ, Requia WJ, Oken E, Fleisch AF, Schwartz JD, Koutrakis P. Ambient particle radioactivity and gestational diabetes: A cohort study of more than one million pregnant women in Massachusetts, USA. *Sci Total Environ.* 2020 Sep 1;733:139340. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139340. Epub 2020 May 11. PMID: 32464573; PMCID: PMC7472683.

Kreuzer M, Auvinen A, Cardis E, Hall J, Jourdain JR, Laurier D, Little MP, Peters A, Raj K, Russell NS, Tapio S, Zhang W, Gomolka M. Low-dose ionising radiation and cardiovascular diseases—Strategies for molecular epidemiological studies in Europe. *Mutat Res Rev Mutat Res.* 2015 Apr-Jun;764:90-100. doi: 10.1016/j.mrrev.2015.03.002. Epub 2015 Apr 3. PMID: 26041268.

Další literatura:

Vogiannis EG, Nikolopoulos D. Radon sources and associated risk in terms of exposure and dose. *Front Public Health.* 2015 Jan 5;2:207. doi: 10.3389/fpubh.2014.00207. PMID: 25601905; PMCID: PMC4283434.

Brenner DJ, Doll R, Goodhead DT, Hall EJ, Land CE, Little JB, Lubin JH, Preston DL, Preston RJ, Puskin JS, Ron E, Sachs RK, Samet JM, Setlow RB, Zaider M. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2003 Nov 25;100(24):13761-6. doi: 10.1073/pnas.2235592100. Epub 2003 Nov 10. PMID: 14610281; PMCID: PMC283495.

Kim SH, Hwang WJ, Cho JS, Kang DR. Attributable risk of lung cancer deaths due to indoor radon exposure. *Ann Occup Environ Med.* 2016 Feb 26;28:8. doi: 10.1186/s40557-016-0093-4. PMID: 26925236; PMCID: PMC4768325.

Little MP, Azizova TV, Bazyka D, Bouffler SD, Cardis E, Chekin S, Chumak VV, Cucinotta FA, de Vathaire F, Hall P, Harrison JD, Hildebrandt G, Ivanov V, Kashcheev VV, Klymenko SV, Kreuzer M, Laurent O, Ozasa K, Schneider T, Tapio S, Taylor AM, Tzoulaki I, Vandoolaeghe WL, Wakeford R, Zablotska LB, Zhang W, Lipshultz SE. Systematic review and meta-analysis of circulatory disease from exposure to low-level ionizing radiation and estimates of potential population mortality risks. *Environ Health Perspect.* 2012 Nov;120(11):1503-11. doi: 10.1289/ehp.1204982. Epub 2012 Jun 22. PMID: 22728254; PMCID: PMC3556625.

Pavia M, Bianco A, Pileggi C, Angelillo IF. Meta-analysis of residential exposure to radon gas and lung cancer. *Bull World Health Organ.* 2003;81(10):732-8. Epub 2003 Nov 25. PMID: 14758433; PMCID: PMC2572329.

Fulltexty použité literatury jsou k dispozici k nahlédnutí u autora článku.