

614.715[:54.02]-073:616.441.—008.9[:546.15.02]

**PRŮKAZ AKTIVITY RADIOJÓDU VE ŠTÍTNÉ ŽLÁZE JAKO PROSTŘEDEK
ZEVNÍ DETEKCE VNITŘNÍHO ZAMOŘENÍ ŠTĚPNÝMI PRODUKTY**

Podplukovník MUDr. Vlastimil HÁJEK, vojenská nemocnice Ružomberok

V celosvětové jaderné válce musíme počítat s rozsáhlými plochami, které budou zamořeny následkem spadu radioaktivního materiálu, štěpného nebo indukovaného. „Čisté“ vodíkové bomby by toto riziko částečně zmenšily, mají však omezené použití, hlavně pro protiraketovou obranu nad vlastním územím [5, 62]; „nečisté“ bomby jsou vojensky výhodnější: radioaktivní zamoření oslabuje a poškozuje živou sílu protivníka, ztěžuje jeho manévry a přitom nepotřebuje ke svému šíření a působení žádných dalších prostředků.

Zamoření může být vyvoláno přímo radioaktivními produkty, získanými hlavně z reaktorového odpadu a upravenými do vhodné, použitelné formy [72]. Tvrdí se však, že jejich separace, skladování a distribuce by byly spojeny s takovými obtížemi [68], že je výhodnější využít štěpného materiálu z pozemních výbuchů atomových zbraní k zesílení jejich účinku. Intenzitu zamoření lze zvýšit lepším využitím vznikajících štěpných neutronů; jsou proto popisovány „kobaltové“ a „sodíkové“ bomby, které zamoří okolí radioaktivním kobaltem nebo sodíkem, vzniklým indukci v obalu nálože, tvořeném stabilními izotopy těchto prvků. Použití sodíku je teoreticky výhodnější pro velkou intenzitu zamoření a poměrnou krátkodobost [11].

Štěpný pochod v atomové náloži je dostatečně znám, dynamika šíření radioaktivního materiálu v mraku a ve stopě však už méně. Hlavní úlohu hraje síla a směr větru, stejně důležitý je i tvar a velikost částic, vypadávajících na zemský povrch. Jejich vlastnosti, dále absolutní a specifická aktivita závisejí na ráži, materiálu pumy a na složení okolní půdy [5, 47, 76]. Vzájemný

poměr jednotlivých izotopů se liší v čase i prostoru pro rozdílnost poločasů a fyzikálních vlastností samotných nuklidů a jejich prekursorů (radioaktivní izotopy jódu jsou typické pro blízký a čerstvý spad [28], Sr 90 je typem dalekého a pozdního [9, 40, 48]). Komplikovanost poměrů ukazuje pokus sledující osudy radiojodu v závislosti na stupni oxydace štěpného materiálu — jód se může buďto uvolnit sublimací, nebo naopak je fixován na zbytky náplně; to přirozeně ovlivní jeho distribuci [43]. Stejně se mění biologický význam a nebezpečí radioaktivního spadu: velké částice, vypadávající nejdříve, představují malé riziko pro inhalaci. Kritický rozměr, mezi 0,5 až 5 mikrony, který usnadňuje jejich alveolární retenci, se dostává do přízemních vrstev až po stovce hodin [68]. Rozpusťnost spadu se také liší: bližší je méně rozpustný než vzdálený.

Radioaktivní zamoření prostoru a prostředí je biologicky škodlivé. Pro nekryté osoby je hlavním nebezpečím vnější ozáření gama; masový termojaderný úder by následným zamořením a vnějším ozářením zahubil milióny osob daleko od cílových oblastí [25]. Vnější ozáření beta, nerozlučně spjaté se spadem, je méně významné, i když riziko kontaktních poškození kůže není zcela doceněno, ač bylo pozorováno u mnoha osob, zdržujících se v zamořených prostorech (japonští rybáři, obyvatelé Rongelapu — 16). Pobyt v zamořeném prostoru přináší nebezpečí vnitřního zamoření. Tomuto se věnuje největší pozornost už proto, že naše prostředky k ovlivnění již vzniklého vnitřního zamoření a k oslabení jeho nebezpečných časných i pozdních následků jsou ještě málo účinné. Mechanismus

Tab. 1

Skupina	Vnější ozáření v r	Násobek dávky		Kontaktní poškození beta	Vnitřní depozice u c		Násobek	
		nouzové	hospita- lizační		kalkulo- vaná	skutečná	mírové koncentrace	nouzové
Rongelap (podle 64)	175	3,5	1	lehké až střední	J 131 15 Cs 137 15 Sr 89 1 Ba-La 140 3 vzácné zeminy 1	6,4 ¹⁾ 0,1 0,15 2,7 1,2	10 0,001 0,07 2,7 0,12	3 0,0003 0,025 0,9 0,04
Fukurjú Maru (podle 60, 74, 75)	160 — 600	3 — 12	1 LD 75	střední	J 131 30 Sr 89 12 Sr 90 vzácné zeminy 2	5 ²⁾ 0,25 ³⁾ 0,4	8 0,25 -0,5 0,04	2,5 0,1 0,01
Pokusné zvíře, materiál z termonu- kleárního mraku (40)	odpovídalo by několik set r		LD 100	—	J 131 50 J 133 50 Sr 89 3 Ba-La 140 3	11 43 4,4 4,6	2,0 ⁴⁾ 4,6	0,7 1,5
Simulova- ný spad 65 hodin starý (12)	1700		více než LD 100		J 131 60	10	15	5

¹⁾ — hodnoty získané celotělovým měřením a sledování aktivity moče a stolice

²⁾ — odhad podle vnějšího měření

³⁾ — podle obsahu v popelu při pitvě

⁴⁾ — přípustné dávky pro člověka

Tabulka 1: Poměr mezi vnějším a vnitřním nebezpečím při pobytu v zamořeném prostředí. Kalkulované hodnoty pro inhalační nebezpečí jsou vyšší než skutečné. Ve všech skupinách výrazná převaha koncentrace radiojodu ve štítné žláze proti ostatním orgánům.

vnitřního zamoření a jeho závislost na vnějším prostředí byla proto sledována na mnohých pokusech, kdy byla zvířata vystavena buď přímo radioaktivnímu spadu v okolí pozemního výbuchu (48), nebo byla exponována směsí štěpných produktů v simulovaném prašném nebo kapalném spadu (12, 23, 48). Výsledky ukazují, že se v těle ukládá jen malý podíl celkové radioaktivity, že ukládání je pomalé a že vnější ozáření gama vede ke smrti zvířat dříve, než by mohla vnitřní depozice dosáhnout nebezpečné úrovně. Nečekaně rozsáhlé zamoření po termonukleárním výbuchu na Bikini v roce 1954 ukázalo obdobné poměry i u člověka: jak posádka lodi Fukurjú Maru, tak skupina domorodců z ostrova Rongelapu nebyla podstatně ohrožena vnitřním zamořením, ačkoli se proti němu nijak nechránila a vnější ozáření dosáhlo u první skupiny hodnot středně letálních, u druhé hospitalizačních.

Mezi faktory, které snižují biologické nebezpečí z blízkého, časného radioaktivního spadu, patří poměrně malá rozpustnost celé řady štěpných produktů, které jsou nejčastěji ve formě kyslíčků (23); v Nevadě i Pacifiku k tomu navíc přispívá nerozpustnost křemičitého substrátu v místě výbuchu. Štěpný materiál z výbuchů na vápenité půdě australské atomové

střelnice byl však z větší části rozpustný, včetně biologicky závažných izotopů (40). Bude proto nutné, přes výše uvedená omezení, vždy počítat s rizikem vnitřního zamoření a všemi prostředky mu předcházet. Pro zamoření již vzniklé je nutné především vypracovat metodu pro jeho včasný průkaz základními přístroji radiačního průzkumu, a to už na předních etapách jako základu úspěšného léčení. Průkaz vnitřního zamoření není vždy snadný. Anamnéza nedává zpravidla potřebné údaje už proto, že přítomnost radioaktivního zamoření uniká lidským smyslům. Klinická vyšetření ukáží velmi málo, změny jsou pozdní, protrahované, nespecifické. Jediná zpráva o laboratorním testu průkazu vnitřního zamoření udává, že lze sledováním změn rezistence trombocytů prokázat přítomnost radioaktivního materiálu v těle už za 6 hodin po podání, i když nepřesáhlo jediné procento přípustné koncentrace (73). Jinak je průkaz zcela v rukou dozimetrie.

Dozimetrie vnitřního zamoření může být orientační, průkazná a kvantitativní. Vnější detekce, zevní, prováděná na povrchu celého těla, se řadí do skupiny první a příkládá se jí malý význam (64). GM trubice radiometru je málo citlivá na záření gama a záření beta je vycitáno v těle. Mimo to rušivě působí doprovodné zamoření

těla. Zlepšením orientačního vyšetřování je měření aktivity výtěrů a otěrů, hlavně z nosní sliznice, protože zde dochází s vychytaným prachem k značné koncentraci radioaktivního materiálu. Přesnější metody, průzkumné a kvantitativní, si vyžadují odběr vzorků, přesné aparatury, školených pracovníků; mimo to dodají výsledky se značným časovým zpožděním.

Určitým zlepšením orientační dozimetrie, máme-li stále na zřeteli polní podmínky a základní dozimetrické vybavení, je cílená vnější detekce: v oblasti pupku (nahromadění radioaktivního materiálu ve střevech, hlavně nerozpustného), nad játry nebo nad močovým měchýřem (nahromadění rozpustného materiálu, vyloučeného z oběhu ledvinami). Pro kapacitu těchto orgánů nebude specifická aktivita dostatečně vysoká; rozptýl a oslabení záření při průchodu tělem a obtížné poměry geometrické ovlivní celkové výsledky, reprodukovatelnost a standardizaci měření.

Vhodným orgánem je však štítná žláza. Na jedné straně je takřka ideálně uložena pro potřebu vnější detekce; v několika málo hodinách koncentruje plazmatický jód na 50 a 500násobek (44), jako prakticky jediný orgán v těle (až na nevýznamné výjimky, např. slinné žlázy — 39). Na druhé straně vzniká při štěpném pochodu řada izotopů jódu s poměrně vysokým výtěžkem; izotopů, které mají přiměřeně dlouhý poločas, produkují dostatečně energetické záření gama, dobře přístupné vnějšímu měření, a vyskytují se ve vysoce rozpustné formě, takže jejich vstřebávání činí 50—100 % podaného množství (40, 42) — jedině Cs 137 je ze štěpných nuklidů na stejné úrovni (64). Ukládání radiojódu ve štítné žláze je studováno již 25 let (22), mechanismus a dynamika tohoto děje jsou již dobře známy (24 a další). Z naměřených hodnot nad štítnou žlázou je možno určit obsah jódu v žláze a z toho jeho celkové podané množství. Podle vzájemného rozložení štěpných produktů ve spadu určitého stáří lze pak odhadnout i tělesný obsah jiných, významných radioaktivních produktů, které v té době pro svou koncentraci, uložení a kvalitu záření unikají vnějšímu i vnitřnímu průkazu. Je tedy možné prokázat měřením záření gama nad štítnou žlázou vnitřní zamoření štěpnou radioaktivitou, zasažené osoby oddělit a podrobit je včasnému léčení.

Rozprava

Výsledky z pokusů a vyšetřování zamořených osob vskutku ukazují, že se štítná žláza stává při vnitřním zamoření štěpnou směsí místem význačné aktivity, která je prokazatelná již zevnímu měření in vivo:

a) U pokusných zvířat vystavených skutečnému nebo umělému radioaktivnímu spadu byla při prvních měřeních nejvyšší aktivita v oblasti štítné žlázy, zatím co v jiných orgánech byla nízká (12, 40, 48).

b) U domorodců, zamořených 1. 3. 1954 na Rongelapu, byla prokázána významná depozice

aktivního materiálu jen ve štítné žláze (6, 4 μ C, které udělilo celoživotní dávku na žlázu asi 150 rep) — (5, 15, 48, 68).

c) Japonští rybáři, zamoření ve stejnou dobu, měli rovněž vysokou aktivitu nad štítnou žlázou, a to o 2 až 3 řády vyšší než v jiných orgánech, i když měření zde bylo prováděno po více než 14 dnech od zamoření (48, 60, 74, 75).

d) V blízkosti atomových střelnic byla prokázána aktivita nad štítnými žlázami skotu již v letech 1953 a 1954 (20, 21).

e) Radiojód je součástí celosvětového spadu z pokusných jaderných výbuchů; ve štítných žlázách zvířat i lidí dosahuje takové koncentrace, že se dá vhodnými přístroji spolehlivě měřit zevně. Taková měření byla prováděna na celém světě: v USA (6, 13, 25), V. Británii (61, 70, 71, 77), Itálii (10), Egyptě (27), Austrálii (20) i Japonsku (60). Po zastavení pokusů rychle mizí z prostředí.

f) Radioaktivní jód se považuje za hlavní riziko při reaktorových nehodách, proto se jeho přítomnost pravidelně sleduje v biosféře okolí (4, 8, 28, 30, 41, 67). Průkaz radiojódu v mléce upozornil na unikání štěpného materiálu ve Windscale 1957 (25).

Všechna tato pozorování potvrzují význam radiojódu v čerstvém spadu, vysokou specifickou aktivitu štítné žlázy po expozici organismu směsí štěpných produktů, poměrně menší zamoření jiných důležitých orgánů, nezávislost na způsobu podání, resp. vniknutí do těla (většinou převládalo požití jak v pokusech, tak u obětí v Pacifiku (68), rovněž depozice z celosvětového spadu se děje hlavně orální cestou) jen 7 % je přímo z inhalace zamořené atmosféry (21).

Vychytávání jódu štítnou žlázou je fyziologickým, pro život nezbytným dějem, který má své zákonitosti, důkladně sledované a poznané (56). Může být ovlivněno chorobnými změnami žlázy samé; příjem a rychlost ukládání však mohou být ovlivněny vnějšími i vnitřními vlivy i u osob s normální činností žlázy. Většina těchto vlivů však nepřichází v úvahu u zdravých osob mladého a středního věku, jakými jsou příslušníci bojových jednotek. Akumulace jódu je nezávislá na stáří v širokém rozmezí 19 až 40 let (26, 52, 53, 70). Strava chudá jódem zvyšuje příjem jódu žlázou a naopak (7, 44) — za válečných událostí, hlavně v našich podmínkách převládá strava chudá jódem. Značně ovlivní příjem jódu ve žláze podáním jódových preparátů, hlavně léčiv a kontrastních látek, vliv má i vnější použití jódové tinktury (44). Léčiv toho druhu však bude podáváno velmi málo, jódová tinktura se v traumatologii nahrazuje nejódovými preparáty. Vedle chorob samotné štítné žlázy mohou některá závažná onemocnění ovlivnit ukládání jódu ve žláze ve smyslu plus nebo minus (35); ani ta nebudou častá mezi bojujícími jednotkami. Určitý význam má výška ledvinného prahu; je-li vysoký, vede ke zvýšené akumulaci a naopak (51). Ukládání ve žláze je poměrně rychlé, za první hodinu dosahuje asi 10 % vstřebaného množství,

Tab. 2

Izotop	T	Energie MeV		Výtěžek %	Prekursor	Konečný produkt
		beta	gama			
I 131	8,05 d	0,61	0,364	2,9—4,8	Sn 131 (3,4 min) Sb 131 (23 min) Te 131 (24 min)	Xe 131
I 132	2,3 hod	1,53 1,16	0,67 0,78		Sn 132 (2,2 m) Sb 132 (2,1 m) Te 132 (77 h)	Xe 132
I 133	21 hod	1,4	0,53	5,0—6,9	Sb 133 (4,1 m) Te 133 (52 m)	Xe 133 (5,27 d) Cs 133
I 134	53 min	1,5	0,86 1,1	5,3—7,8	Te 134 (43 m)	Xe 134
I 135	6,7 hod	1,4	1,14 1,28	4,5—6,1		Xe 135 (9,2 h) Cs 135 ($2,6 \times 10^6$ let) Ba 135
Xe 133	5,27 d	0,35	0,08		J 133	Cs 133
Xe 135	9,2 hod	0,91	0,250		J 135	Ba 135

Tabulka 2: Základní fyzikální údaje o izotopech jódu a dceřiných izotopech xenonu. Rozdíly v procentech výtěžku jsou způsobeny tím, že se liší pro U 235, Pu 239 nebo U 238, dále podle energie štěpných neutronů. J 133, 134 a 135 má

největší význam v prvních hodinách, J 132 a Xe 135 v prvních dvou dnech. Průměrný poločas směsi radiojódů je první den 20 hodin, první dva dny 24 hodiny, za první týden 60 hodin.

(Podle 2, 3, 34, 36, 40, 63, 65, 69)

za 2 hodiny 25 %, za 6 až 24 hodiny 35 % (24, 38). Právě v prvních hodinách ukládání je rychlost akumulace stabilní, individuální variace se projevují až později (49). Můžeme proto pro účely polní diagnostiky považovat možné odchylky od fyziologických hodnot, působené výše uvedenými vnějšími i vnitřními vlivy, za méně významné a podstatně neovlivňující výsledek.

Rovněž dozimetrie jódu ve štítné žláze je dobře známa a standardizována; její přesnost je dostatečná, udává se, že naměřené hodnoty odpovídají skutečným v rozmezí 0,79 — 1,16 (50), což je velmi dobrá shoda. Scintilační detektory jsou 35—40× citlivější na gama záření než GM trubice (44), a proto se jejich užívání v izotopové diagnostice doporučuje (31); GM trubice, základ polního radiometru, se užívají nadále v mírové praxi a základní měření byla provedena právě jimi. Stačí jedna trubice (57); příznivé geometrie měření se dosáhne větší vzdáleností, kdy se vyloučí vliv velikosti, polohy a hloubky žlázy, doporučuje se odstup 20—30 cm (31), pro hrubý orientační průkaz stačí vzdálenost jednoho cm. Přesné kvantitativní hodnocení obsahu ztěžuje aktivita plazmy v cévách krku (19, 54); za válečných podmínek, při měření brzy po expozici by se tato okolnost dala využít k zesílení celkové intenzity záření.

Má-li mít uvažovaná metoda cenu, musí být dostatečně citlivá: měřitelné hodnoty nad štítnou žlázou nemohou být spojeny s mnohem větším a závažnějším zamořením jinde v těle, v jiných

orgánech, zatím se nijak neprojevujícím. Nejen to: vzhledem k variacím ve složení spadu v jeho biologických osudech, ve stavu cílových orgánů a v odpovědi samotného organismu musí být dostatečně velká tolerance, dostatečně velká bezpečnostní mez, která umožní spolehlivě vyloučit při určité aktivitě nad štítnou žlázou kritické hodnoty jiných nuklidů, tedy nepovažovat zasaženého za radioaktivně zamořeného. Výsledky zatím ukazují, že se těmto podmínkám blížíme: spolehlivě prokazatelná aktivita štítné žlázy je spojena s přípustnou úrovní doprovodných štěpných produktů, současně vstřebaných a deponovaných jinde v těle, vnějšímu průkazu (vyjma za použití celotělových počítaců) nepřístupných.

V čerstvém spadu je radiojód doprovázen řadou jiných izotopů, některé z nich vznikají v řádově stejném množství. Zpravidla se jako nejčastější uvádí: Sr 89, Y 91, Zr-Nb 95, Mo 99, Te 129 a další (18, 40, 45, 64, 66). Pokud jsou zářiči gama, lze prokázat jejich přítomnost v těle vnějším měřením, nedosahují však v počátečních hodinách a většinou ani později dostatečné koncentrace v přístupném cílovém orgánu. Velká část jich přijde do těla v nerozpustné formě, projde tělem nevstřebána a působí zářením pouze po dobu svého průchodu střevem. Polní radiometer nezachytí jejich záření spolehlivě, radiojód však, s nimi současně vstřebaný, je akumulován v dostatečném množství ve štítné žláze, aby se produkované záření dalo prokázat a změřit.

Tab. 3

Izotop	T	Energie MeV		Výtěžek %	Prekursor	Konečný produkt	Cílový orgán
		beta	gama				
Sr 89	51 d	1,46	—	1,71—6,7	—	Y 89	kost 22 %
Y 91	58 d	1,54	—	2,8 —5,4	—	Zr 91	kost
Zr 95	65 d	0,40 0,36	0,72 0,76	5,0 —6,2	Y 95 (10 min)	Nb 95 (35 d) Mo 95	GI trakt
Mo 99	67 hod	1,23	0,74	2,7 —6,3	Zr 89 (33 s) Nb 99 (2,4 min)	Tc 99	kost 0,02 % GI trakt
Te 129	1,1 hod	1,47	0,027		Sb 129 (4,6 hod)	I 129	
Ba 140	12,8 d	1,02	0,030 1,60 ¹⁾	4,6 —6,35	Xe 140 (16 s) Cs 140 (66 s)	La 140 (40,2 h) Ce 140	kost GI trakt
Ce 141	32,5 d	0,43	0,146	5,1 —9,0	Xe 141 (1,7 s) Cs 141 (25 s) Ba 141 (18 min) La 141 (3,8 min)	Pr 141	GI trakt
Ce 143	33 hod	1,09 1,38 0,93 ¹⁾	0,058 0,29	5,3 —5,7	Ba 143 (13 s) La 143 (18 min)	Pr 143 (13,7 d) Nd 143	GI trakt
Ce 144	285 d	0,32	0,134	3,79—7,0	Xe 144 (sekundy)	Pr 144 (17,4 min) Nd 144	kost GI trakt
Nd 147	11,1 d	0,81	0,091 0,53	2,2 —2,7	Ce 147 (1,2 min) Pr 147 (12 min)	Pm 147 (2,6 r) Sm 147	
Sr 90	28 r	0,54 2,27 ¹⁾	—	2,2 —6,8	Kr 90 (33 s) Rb 90 (2,7 min)	Y 90 (64,3 h) Zr 90	kost 30 %
Cs 137	30 r	0,51	— 0,662 ¹⁾	6,15—6,8	I 137 (24,4 s) Xe 137 (3,9 min)	Ba 137 ^m (2,57 min) Ba 137	sval 36 %

Tabulka 3: Základní fyzické údaje o izotopech časného spadu a o biologicky významných nuklidech Sr 90 a Cs 137. (zpracováno podle 36, 65 a dalších)

¹⁾ —záření krátkodobého dceřinného produktu

Závěr

Měření intenzity záření gama nad štítnou žlázou je dostatečně přesné a hlavně dostatečně citlivé pro průkaz vnitřního zamoření čerstvou štěpnou směsí. Koncentrace radiojódů ve štítné žláze je dostatečně vysoká k spolehlivému vnějšímu měření v době, kdy zamoření druhými štěpnými produkty je ještě hluboko pod přípustnou mírovou hodnotou: to poskytuje měřicí metodě dostatečnou šířku bezpečnosti, která je nutná pro značně variabilní složení spadu, pro různost jeho osudů v lidském organismu a pro nepřesnosti vlastní dozimetrie.

Je však zapotřebí:

1. kalibrovat polní radiometry na průměrnou energii gama zářičů — radioizotopů jódu; vyvíjet nové typy už se zřetelem k měření aktivity nad štítnou žlázou;
2. mírovou metodiku měření aktivity žlázy přepočítat na polní podmínky;

3. sledovat v pokuse vztahy mezi naměřenými hodnotami nad štítnou žlázou a skutečným jejím obsahem, mezi koncentrací jódu v štítné žláze a koncentrací závažných štěpných produktů v cílových nebo kritických orgánech;
4. a to v závislosti na stáří spadu, jeho fyzikální podobě, způsobu podání, jednorázovosti nebo frakcionovanosti;
5. vhodným uspořádáním měření vyloučit rušivý vliv vnějšího zamoření, hlavně na vlasaté části hlavy.

Přitom ovšem nespouštět z očí hlavní cíl, tj. včas prokázat vnitřní zamoření z čerstvého spadu základními prostředky; umožnit tak selekci osob pro pozdější, náročná kvantitativní a kvalitativní měření.

Souhrn

Je navržena a zdůvodněna cílená zevní detekce štítné žlázy jako vhodný způsob včasného průkazu

Tab. 4

Izotop	Obsah mikroc. v cílovém orgánu	Násobek přípust. dávky		Intenzita nad cílovým orgánem v mr/hod
		mírové	nouzové	
RaJ - směs	1	1,3	0,4	2,1 mr/hod γ
Sr 89	0,06	0,03	0,01	—
Sr 90	0,4	0,4	0,15	—
Y 91	0,01	0,003	0,001	—
Zr-Nb 95	0,001	0,0001	0,00003	neměřitelné
Cs 137	1,0	0,01	0,03	0,04 mr/hod γ
Ba-La 140	0,2	0,2	0,06	neměřitelné
Ca-Pr 144	0,02	0,02	0,006	neměřitelné
Směs nerozpustných štěpných produktů procházejících GI traktem				0,2 mr nad středem břicha (maximální hodnota)

Tab. 4: Depozice radioaktivního materiálu ze štěpné směsi v jednotlivých cílových orgánech základních časných štěpných produktů a biologicky závažných nuklidů. Dávková intenzita gama nad štítnou žlázou přesahuje

o řád citlivost polního radiometru v době, kdy není nikde dosažena mírová přípustná koncentrace radioaktivní látky. Pro všechny izotopy jsou uvažovány ideální podmínky vstřebání a depozice.

vnitřního zamoření štěpnými produkty z blízkého, čerstvého spadu. Je rozebrána spolehlivost navržené metody, která umožní základní rozdělení na vnitřně zamořené a nezamořené. Pro praktické využití v polních podmínkách je zapotřebí vyřešit řadu otázek: některé z nich jsou navrženy v závěru.

Резюме

Рекомендован новый способ раннего выявления внутреннего заражения организма свежевзникшими продуктами расщепления, а именно - прицельное наружное детектирование щитовидной железы. Скопление смеси радиойода здесь достигает по простотине короткого промежутка времени такой концентрации, что становится возможным надежно измерять интенсивность гамма-излучения над поверхностью щитовидной железы с помощью полевого радиометра даже при условии допустимой концентрации продуктов расщепления в критических органах, т. е. даже в тех случаях, когда эти продукты не обуславливают никакого наружного излучения и после которых в более поздние сроки в организме не наблюдаются ни клинические, ни лабораторные изменения.

Summary

A new way of early recognition of internal contamination with fission products of the fresh fallout, the direct external detection of the thyroid gland, is recommended. The accumulation of the radioactive iodine reaches in the gland in a short time such a concentration, enabling to measure the intensity of the gamma radiation over the surface of the thyroid gland with a field radiometer already under conditions when the accompanying fission products are still only in an permissible concentration in the

affected organs and are neither manifested by external radiation nor by clinical or laboratory changes even in the progressed stages.

Písemnictví

1. Andrews, H. L.: Science 122, 453, 1955.
2. Ardenne, M. von: Tabellen z. angewandten Kernphysik. VEB Deutsch. Verlag d. Wissenschaften, Berlin 1956.
3. Barnes, D. E., Taylor, D.: Radiation Hazards and Protection. G. Newnes Lim. London 1958.
4. Beck, H. R., Dresel, H., Melching, H. J.: Leitfaden d. Strahlenschutz. G. Thieme Verlag, Stuttgart 1959.
5. Behrens, F. Ch.: Milit. Med. 123, 1, 1958.
6. Beirwaltes W. H., Crane, H. R., Wegst, A., Spafford, N., Carr, A. E.: J. Amer. Med. Assoc. 173, 1895, 1960.
7. Bishopric, G. A., Garrett, N. H., Nicholson, W. M.: J. Clin. Endocrin. 15, 592, 1955.
8. Boddy, K.: IAEA Symposium on Reactor Safety 1962. ref. Nucl. Sci. Abstr. 16, 2930, 1962.
9. Braestrup, C. B., Wyckoff, H. O.: Radiation Protection. Ch. C. Thomas Publ., Springfield 1958.
10. Cigna, A., Polvani, C.: Nature, 1123, 1962.
11. Clark, W. H.: Bull. Atom. Sci. 17, 356, 1961.
12. Cohn, S. H., Lane, W. B., Gong, J. K., Sherwin, J. C., Milne, W. S.: A. M. A. Arch. Ind. Health, 14, 333, 1956.
13. Comar, C. L.: Science, 126, 3262, 1957.
14. Conard, R. A.: Rad. Res., 7, 308, 1957.
15. Conard, R. A., Meyer, L. M., Sutow, W. W., Blumberg, B. S., Lowery, A., Cohn, S. H., Lewis, W. H., Hollingsworth, J. W., Lyon, H. W.: Nuclear-Med. 1, 314, 1960.
16. Coner, E. Ch.: Milit. Med. 126, 424, 1961.
17. Cronkite, E. P., Bond, V. P., Conard, R. A., Shulman, N. R., Farr, R. S., Cohn, S. H., Dunham, Ch. L., Browning, L. E.: J. Amer. Med. Ass. 159, 431, 1955.
18. Dunham, C. L.: J. Amer. Med. Ass. 183, 51, 1963.
19. Dutreix, J., Burrage, G. L.: Acta Radiol. 58, 65, 1962.
20. Dwyer, L. J., Martin, J. H., Titterton, E. W. v.: Radiation Biology, Butterworths Scient. Publ., London 1959.
21. Eisenbud, M., Mochizuki, Y., Goldin, A. S., Lauerer, G. R.: Science, 136, 371, 1962.
22. Ellinger, F.: Medical Radiation Biology. Ch. C. Thomas Publ., Springfield 1957.
23. Engström, A., Björnerstedt, R., Clemendson, C. J., Nelson, A.: Bone and Radiostrontium. Almqvist & Wiksell, 1958.
24. Fields, T., Seed, L.: Clinical Use of Radioisotopes. 2. vyd. The Year Book Publ., Inc. Chicago 1961.
25. Fowler, J. M.: Fallout. A study of Superbombs, Strontium 90 and Survival. Basic Books, Inc. New York 1960.
26. Gaffney, G. W., Gregerman, R. I., Shock, N. W.: J. Clin. Endocrin. 22, 784, 1962.
27. Halawani, A., Tamanami, M. Y.: J. Egypt. Med. Ass. 44, 263, 1961, ref. Nucl. Sci. Abstr. 16, 2617, 1962.
28. Hanson, W. C., Kornberg, H. A.: I. mezinár. konf. o využ. atom. energie, Ženeva 1955 P/281.

29. Haubrich, R., Magnus, H., Specht, H.: Strahlentherapie, 119, 506, 1962.
30. Chamberlain, N., Chadwick, N.: Nucleonics, 11, 22, 1953.
31. IAEA: Acta Radiol., 58, 233, 1962.
32. ICRP: Radiology, 58, 431, 1951.
33. Jacobi, W.: Wissenschaftliche Grundlagen des Strahlenschutzes. G. Braun, Karlsruhe 1957.
34. Jammot, H., Joffe, H.: I. mezinár. konf. o mír. využ. atom. energie, Ženeva, 1955 P/369.
35. Kalužny, I.: Medic. Radiol. 7, 25, 1952.
36. Katcoff, S.: Nucleonics, 18, 201, 1960.
37. Keim, H.: Strahlentherapie, 108, 602, 1960.
38. Kirrs, J. P.: J. Clin. Endocrin. 11, 289, 1951.
39. Kurland, G. S., Freedberg, A. S.: J. Clin. Endocrin. 11, 843, 1951.
40. Loutit, J. F., Russell, R. S.: The Entry of Fission Products into Food Chains. Pergamon Press, Oxford 1961.
41. Martin, J. H.: Nature, 195, 1145, 1962.
42. Med. Res. Council: Brit. Med. J. 2, 576, 1961.
43. Megaw, W. J., Bridges, J. E.: Nature, 195, 448, 1962.
44. Mitchell, T. G., King, E. R.: A Manual of Nuclear Medicine. Ch. C. Thomas, Publ., Springfield 1961.
45. Miaké, Y.: I. mezinár. konf. o mír. využ. atom. energie, Ženeva 1955 P/1055.
46. Morgan, K. Z.: Acta Radiol. 41, 65, 1954.
47. Namuro, T., Fujita, A., Matsunami, T., Yoshikawa, K.: Nature, 196, 529, 1962.
48. NAS: Pathologic Effects of Atomic Radiation. Nat. Acad. Sci., Washington 1956.
49. Oddie, T. H.: Brit. J. Radiol. 22, 261, 1949.
50. Oddie, T. H., Scott, K. R.: Brit. J. Radiol. 22, 698, 1949.
51. Oddie, T. H., Meschan, I., Wortham, J. T.: J. Clin. Invest. 34, 1044, 1955.
52. Oddie, T. H., Thomas, I. D., Rundle, F. F., Myhill, I., Catt, B.: J. Clin. Endocrin. 20, 389, 1960.
53. Oliner, L., Kohlenbrecher, R. M., Fields, Th., Kunstadter, R. H.: J. Clin. Endocrin. 17, 61, 1957.
54. Orvis, A., Koenig, M. P., Owen, Ch. A.: J. Clin. Endocrin. 17, 968, 1957.
55. Ostrom, Th. R.: Milit. Med. 126, 767, 1961.
56. Pečený, J.: Jemná diagnostika funkčních poruch štítné žlázy. Thom. sbírka 401, SZN, Praha 1960.
57. Perlmutter, M., Weisenfeld, S., Mufson, M.: J. Clin. Endocrin. 11, 1012, 1951.
58. Rajewsky, B.: Strahlendosis u. Strahlenwirkung. G. Thieme Verlag, 2. vyd. Stuttgart 1956.
59. Rajewsky, B., Franke, Th., Groos, E., Heyder, J., Kaul, A., Lippert, W., Rajewsky, M. F.: Atompraxis, 8, 237, 1962.
60. Research in the Effects and Influences of the Nuclear Bomb Test Explosions. UENO, Tokio 1956.
61. Ribicoff, A.: J. Amer. Med. Ass. 177, 25, 1961.
62. Rotblat, J.: Bull. Atom. Sci. 14, 186, 1958.
63. Schinz, H. R., Wideroe, K.: Fortschr. Geb. Rtgstr. 97, 83, 1962.
64. Slouka, V.: v Nemoc z ozáření, Naše vojsko, Praha 1962.
65. Stehn, J. F.: Nucleonics, 18, 186, 1960.
66. Stewart, N. G., Crooks, R. N., Fisher, E. M. R.: The Radiological Dose to Persons in the UK Due to Debris From Nuclear Test Explosion. AERE Harwell, HP/R. 2017, 1956.
67. Thompson, R. C., Bair, W. J., Marks, S., Sullivan, M. F.: 2. mezinár. konf. o mír. využ. atom. energie, Ženeva 1958 P/2382.
68. USAEC: The Effects of Nuclear Weapons, 2. vyd. 1957.
69. Vennart, J., Minski, M.: Brit. J. Radiol. 35, 372, 1962.
70. Vennart, J.: Nature, 196, 741, 1962.
71. Wolff, A. H.: Publ. Health Rep. 75, 63, 1960.
72. Costéadot, A.: La Protection medicale de la population civile contre les attaques atomiques. Berger-Levrault, Paris 1957.
73. Damminger, K., Graul, E. H.: Atompraxis, 5, 421, 1959.
74. Jošijuki, K.: v Případ Bikini. NČSAV, Praha 1959.
75. Kazuo, N., Tošijuki, K.: tamtéž.
76. Larson, L. a spol.: Radioactive Fallout from Nuclear Weapons Test, Germantown, 1961. Ref. Nucl. Sci. Abstr. 16, 2922, 1962.
77. Peirson, D. H., Keane, J. R.: Nature, 196, 801, 1962.