

Radiační ochrana
DOPORUČENÍ

ZÁSADY TVORBY TRAUMATOLOGICKÝCH PLÁNŮ
JADERNÝCH ZAŘÍZENÍ A PRACOVÍŠŤ SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ

SÚJB
2008

RADIAČNÍ OCHRANA
DOPORUČENÍ

**ZÁSADY TVORBY TRAUMATOLOGICKÝCH PLÁNŮ
JADERNÝCH ZAŘÍZENÍ A PRACOVÍŠŤ SE ZDROJI IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ**

Vydal: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha 2008

Tisk: MORAVIATISK Vyškov spol. s r.o.

Účelová publikace bez jazykové úpravy

PŘEDMLUVA	2
1. ÚVODNÍ POZNÁMKY	5
2. LEGISLATIVNÍ RÁMEC HAVARIJNÍ PŘIPRAVENOSTI	8
2.1 ATOMOVÝ ZÁKON	8
2.2 VYHLÁŠKA Č. 307/2002 Sb. O RADIAČNÍ OCHRANĚ.....	9
2.3 VYHLÁŠKA Č. 318/2002 Sb. O PODROBNOSTECH K ZAJIŠTĚNÍ HAVARIJNÍ PŘIPRAVENOSTI, VE ZNĚNÍ POZDĚJŠÍCH PŘEDPISŮ	10
3. ÚKOLY LÉKAŘSKÉ PÉČE PŘI NEHODÁCH VEDOUCÍCH K BEZPROSTŘEDNÍM ZDRAVOTNÍM NÁSLEDKŮM	13
3.1 CHARAKTERISTIKA NEHOD PŘI PRÁCI SE ZDROJI IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ	13
3.2 POSTUP LÉKAŘE PŘI OŠETŘENÍ NADMĚRNĚ OZÁŘENÉ OSOBY	14
3.2.1 <i>Postup při lokálním zevním ozáření</i>	16
3.2.2 <i>Postup při ozáření celého těla nebo jeho větší části</i>	19
3.2.3 <i>Postup při vnitřní kontaminaci vdechnutím, případně požitím</i>	21
3.2.4 <i>Postup při vnitřní kontaminaci drobným penetrujícím poraněním</i>	27
3.2.5 <i>Postup při povrchové kontaminaci</i>	28
3.2.6 <i>Postup u konvenčních traumatologických případů spojených s kontaminací povrchu těla</i>	30
3.3 VYBAVENÍ POHOTOVOSTNÍHO STANOVISŤE PRO POSKYTOVÁNÍ PRVNÍ POMOCI PŘI KONTAMINACI RADIOAKTIVNÍMI LÁTKAMI	31
3.4 POKYNY PRO SBĚR STOLICE A MOČI (NÁVRH TEXTU LETÁČKU PRO PACIENTA)	32
4. POSTUPY DRŽITELE POVOLENÍ PŘI MIMOŘÁDNĚ UDÁLOSTI NA PRACOVISŤI A ZÁSADY ORGANIZAČNÍHO ZAJIŠTĚNÍ ZDRAVOTNICKÉ POMOCI	33
5. OPATŘENÍ K OCHRANĚ OBYVATELSTVA V PŘÍPADĚ HAVÁRIÍ VEDOUCÍCH K ÚNIKU RADIOAKTIVNÍCH LÁTEK DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	36
5.1 CESTY OZÁŘENÍ OBYVATEL PŘI ROZPTÝLENÍ RADIOAKTIVNÍCH LÁTEK DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.....	38
5.2 PŘEHLED OPATŘENÍ.....	39
5.3 ÚKOLY LÉKAŘE PŘI ZAJIŠŤOVÁNÍ OPATŘENÍ U OBYVATELSTVA.....	41
6. POUŽITÁ LITERATURA A ODKAZY NA ZDROJE DETAILNÍCH INFORMACÍ	43

Předmluva:

Zákon č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon“) ukládá v § 4 odst. 4 každému, kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření, povinnost dodržovat takovou úroveň jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a havarijní připravenosti, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout, a to při uvážení hospodářských a společenských hledisek.

Žadatel o vydání povolení podle § 9 odst. 1 zákona, vyjmenovaných v prováděcích předpisech k zákonu musí mj. předložit ke schválení Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost vnitřní havarijní plán, kde jsou držitelé povolení stanoveny podrobnosti k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť, kde se provádějí radiační činnosti. Významnou součástí vnitřního havarijního plánu jsou zásady zdravotnického zajištění při vzniku mimořádných událostí, tzv. traumatologický plán, který podle ust. § 16 vyhlášky č. 318/2002 Sb. o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti ve znění pozdějších předpisů mj. obsahuje:

- způsoby poskytnutí první pomoci zaměstnancům a dalším osobám postiženým mimořádnou událostí,
- způsoby zajištění zdravotnického ošetření zaměstnanců a dalších osob, postižených mimořádnou událostí,
- zajištění odborné, popřípadě specializované lékařské pomoci zaměstnancům a dalším osobám postiženým mimořádnou událostí,
- pro pracoviště, kde nelze vyloučit vnitřní kontaminaci osob radioaktivními látkami, stanovení místa uložení a způsobu distribuce antidot.

Toto „Doporučení“, které je již třetí revizí původního textu, si klade za cíl být nejenom vodítkem pro zpracování zdravotnické části vnitřních havarijních plánů, ale i stručnou příručkou pro lékaře a další zdravotnické pracovníky, kteří mohou být postaveni před úkol posoudit zdravotní ohrožení u nadměrně ozářených osob a rozhodovat o způsobech poskytování pomoci.

Protože v každé oblasti poznání se stále objevují nové informace, předpokládáme že „Doporučení“ bude dále zdokonalováno a upřesňováno a proto vítáme jakékoli připomínky a komentáře.



Ing. Karla Petrová
náměstkyně pro radiační ochranu

1. Úvodní poznámky

Pro zdravotnickou část havarijních plánů sestavovaných k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji záření se vžilo u nás během let označení traumatologický plán. Tuto terminologii nelze převzít leč s určitými rozpaky. Trauma znamená poranění, zpravidla se jím rozumí poranění mechanické – řezná či tržná rána, zlomenina kostí. Traumatologická oddělení nemocnic jsou zaměřena právě na tato poškození zdraví a léčení jejich celkových projevů – šoku. Pro zavedení pojmu traumatologický plán nelze nalézt oporu ani v naší současně platné nové legislativě radiační ochrany, ani v cizojazyčných dokumentech týkajících se zdravotnické pomoci při radiačních nehodách. Příslušné dokumenty jaderných elektráren jsou však jako traumatologické plány označovány a nezbyvá, než se vžitě praxi přizpůsobit. Traumatologické plány jaderných zařízení řeší tedy souborně systém zdravotnické pomoci při radiačních nehodách, zahrnují však i odkazy na postup při klasických (mechanických) poraněních a na opatření při náhlých netraumatických poruchách zdraví (srdečních příhodách aj.). V této publikaci se výklad omezuje na radiologickou problematiku zdravotnické pomoci při nehodách, protože pro opatření při jiných náhlých poruchách zdraví je k dispozici celá řada pomůcek a návodů, a tato oblast rychlé zdravotnické pomoci je lékařům i zdravotním sestrám bližší. Publikace si klade za cíl být nejenom vodítkem pro tvorbu havarijní dokumentace, ale i instruktivní příručkou pro lékaře a další zdravotnické pracovníky, kteří by mohli být postaveni před úkol posoudit zdravotní ohrožení u nadměrně ozářených osob a rozhodovat o způsobech poskytování pomoci.

Posouzení zdravotního ohrožení osob nadměrně ozářených při radiační nehodě a kvalifikované rozhodnutí o vhodném postupu při jejich ošetření je odborně náročným úkolem. Definitivní ošetření na specializovaném pracovišti vyžaduje spolupráci širokého okruhu odborníků, kteří přispívají k řešení úkolu z hlediska dozimetrie a monitorování, radiotoxikologie, radiobiologie, cytogenetiky a pokud jde o klinické obory z hlediska hematologie, popáleninové traumatologie, transfuzní problematiky aj. Za řízení tohoto týmu musí odpovídat klinicky erudovaný odborník, jehož průprava je zárukou správné interpretace a syntézy získaných informací a tedy i zárukou volby vhodných léčebných postupů.

Podobně jako v jiných lékařských oborech zajišťujících specializovanou pomoc při náhlých příhodách je efektivní využití náročného systému pomoci závislé na činnosti zdravotnických složek prvního styku, popřípadě zdravotnických zařízení nižšího typu. Předpokladem cílevědomosti této činnosti je informovanost zdravotnického terénu o existenci středisek specializované pomoci, o metodách, které jsou pro specializovanou pomoc k dispozici a o kritériích pro odesílání ozářených osob na specializovaná pracoviště. Opatření lékaře prvního styku se omezují na úkony nezbytně nutné a jsou vedena zejména snahou přispět k podchycení všech podkladů umožňujících v dalším hodnocení závažnosti nehody a prognózy.

Připravenost na poskytování lékařské péče při radiačních nehodách a haváriích může nepříznivě ovlivnit malá frekvence těchto událostí. Tím se tento systém pomoci značně liší od rychlé lékařské pomoci při kardiovaskulárních selháních nebo dopravních nehodách. Cíle instruktáže lékařů o pomoci při radiačních nehodách musí být této okolnosti přizpůsobeny. Za cíl si klademe především dva úkoly :

- fixovat v povědomí lékařů existenci institucionálního zajištění pomoci při radiačních nehodách,
- naučit lékaře, aby v souboru jejich příruček a informačních materiálů pro každodenní činnost (v osobní „databance“) našly trvalé místo i pokyny pro postup při radiační nehodě.

Jaké instruktážní materiály má lékař v tomto ohledu k dispozici?. V r. 1980 byl vydán Ústředním informačním střediskem pro jaderný program ve Zbraslavi překlad materiálu Mezinárodní agentury pro atomovou energii ve Vídni po názvem „Příručka lékařské první pomoci při radiačních nehodách“. Pro vedoucí pracovišť byly potom připraveny „Pokyny pro případ nehody při práci se zdroji ionizujícího záření“, vydané v roce 1986 Ústavem zdravotní výchovy v Praze. Stručné statě o zdravotnické problematice radiačních nehod nalezne čtenář také v knize kolektivu autorů Principy a praxe radiační ochrany (Praha, Azin CZ s.r.o., 2000). Některé části uvedených publikací už nejsou aktuální. Existující mezeru má vyplnit právě tato metodická pomůcka.

Osvědčilo se pojednávat o opatřeních při radiačních nehodách ze dvou hledisek a odlišovat

- nehody vznikající na pracovištích a vedoucí k manifestaci zdravotního poškození nebo k bezprostřednímu podezření na takový následek,
- nehody spojené s rozptýlením radioaktivních látek do prostředí a vyvolávající potřebu režimových opatření u obyvatelstva s cílem snížit ozáření na nejnižší dosažitelnou míru.

Respektování těchto hledisek může napomoci zajistit připravenost na poskytování pomoci při nehodách, určit rozsah a organizaci spoluprací, ovlivnit náplň instruktáže a výcviku. Toto členění je významné i v souvislosti s postoji veřejnosti.

Opatření při nehodách vedoucích k poškození zdraví jsou především záležitostí zdravotnictví. Je třeba odborně připravit a technicky vybavit lékaře první linie, územní nemocnice, specializovaná pracoviště. Lékař se obrací na spolupracující odborníky např. k zajištění dozimetrických dat, cytogenetického vyšetření, hodnocení vnitřní kontaminace. V každém státě se nehody tohoto typu ojediněle vyskytují, postihují zpravidla jednotlivce nebo velmi malý okruh osob. Veřejnost přijímá tyto situace obdobně jako jiné typy úrazů. Doporučuje se předem připravit specializovaná zdravotnická zařízení na přijetí malých počtů postižených osob a pro případ hromadného zasažení zajistit připravenost záložních prostředků, které by byly rozvinuty ad hoc.

Opatření při nehodách vyžadujících provedení režimových opatření (haváriích) jsou především záležitostí veřejné správy. Vyžadují totiž spolupráci řady orgánů a institucí zajišťujících veřejný pořádek, dopravu, spoje, meteorologické prognózování, vodní hospodářství, zemědělství a výživu, obchod. Zdravotnictví zde vystupuje jen jako jedna ze složek. K hlavním úkolům, a do jisté míry i problémům, patří včasné ohlášení a zhodnocení vzniklé situace, řízení a koordinace akcí, monitorování na rozsáhlém území, pružné spojení, rozhodování o opatřeních narušujících běžný způsob života a zvyklosti obyvatel, informování veřejnosti. Aktivace systému se procvičuje zejména na úrovni štábů, je ovšem třeba ověřovat akceschopnost přímo zasahujících složek.

Řada nehod a mimořádných situací, které se v průběhu mírového využívání jaderné energie zdrojů ionizujícího záření vyskytly, odpovídá buď jedné nebo druhé z uvedených situací. Při rozsáhlých haváriích typu katastrofy v Černobylu v roce 1986 nebo nehody v Goianii (Brazílie) v roce 1987 je však charakter následků takový, že vyžaduje u části postižených intenzivní léčbu chorobných projevů a u velkého počtu obyvatelstva režimová opatření.

O těchto dvou typech nehod bývalo dříve pojednáváno odděleně, v nové legislativě se však ustanovení o místně významných nehodách a rozsáhlejších haváriích prostupují a je z nich třeba aplikaci na ten který případ zdůvodnit.

2. Legislativní rámec havarijní připravenosti

K ujasnění základního přístupu radiační ochrany k řízení opatření při nehodách je třeba se seznámit s vymezením dvou zásadně odlišných expozičních situací, které určují zcela odlišnou filosofii opatření. Na straně jedné se rozeznávají **činnosti**, které spočívají v zavádění a provozování zdrojů, které mohou zvýšit ozáření lidí. V řízení ochrany se zde uplatňuje plánování ochrany a kontrolní mechanismy včetně požadavku nepřekročení limitů. O otázkách řízení ochrany za podmínky, kdy zdroje jsou pod kontrolou je pojednáno v jiné části této příručky.

Na straně druhé se rozeznávají **zásahy**, kde nestandardní situace charakterizovaná vyššími expozičními už existuje, plánování ochrany a nepřekročitelné limity nelze z principu aplikovat a lze uvažovat jen o nápravných opatřeních. Do oblasti zásahů patří právě opatření při radiačních nehodách. Řízení ochrany při nehodách se nemůže tedy opírat o uplatňování limitů a spočívá ve vážení přínosů a nákladů (nevýhod) uvažovaných nápravných opatření s tím, aby opatření nezpůsobila zlo a přinesla co nejvíce dobra.

2.1 Atomový zákon

Tato východiska jsou aplikována v základním legislativním dokumentu tj. v zákoně č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, i v jeho prováděcích předpisech, z nichž pro oblast našeho zájmu má zvláštní význam vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně a vyhláška č. 318/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů. o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu.

Atomový zákon definuje (§ 2) jako **radiační nehodu** událost, která má za následek nepřípustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřípustné ozáření osob. Jako **radiační havárii** označuje potom radiační nehodu, jejíž následky vyžadují naléhavá opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí. Jako havarijní plán se definuje soubor plánovaných opatření k likvidaci radiační nehody nebo radiační havárie a omezení jejich následků. Havarijní plán pro prostory jaderného zařízení nebo pracoviště se zdroji ionizujícího záření se nazývá **vnitřní havarijní plán**. Havarijní plán pro přepravu jaderných materiálů nebo zdrojů ionizujícího záření se nazývá **havarijní řád**. Havarijní plán pro oblast v okolí jaderného zařízení nebo pracoviště se zdroji ionizujícího záření, v níž se na základě výsledků rozborů možných následků radiační havárie uplatňují požadavky z hlediska havarijního plánování, se nazývá **vnější havarijní plán**.

V hlavě druhé věnované obecným podmínkám (§ 4) se ukládá, že opatření k odvrácení nebo snížení ozáření při radiační nehodě musí být prováděna vždy, pokud očekávané ozáření osob se blíží úrovním, při nichž dochází k bezprostřednímu poškození zdraví tímto ozářením, nebo dokud lze od těchto opatření očekávat více přínosů než škod. Zde se také stanovuje ***jakému ozáření směji být vystaveny osoby poskytující pomoc při nehodách***: ozáření osob podílejících se na zásazích v případě radiační nehody nesmí překročit desítinásobek limitů stanovených pro ozáření pracovníků se zdroji (tedy 200 mSv/rok; § 92 odst. 5 vyhlášky č. 307/2002 Sb.), pokud nejde o případy záchrany lidských životů či zabránění rozvoje radiační nehody s možnými rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky. Tyto osoby musí být o rizicích spojených se zásahem prokazatelně informovány.

Důležité povinnosti ve vztahu k připravenosti na nehody ukládá § 17 atomového zákona držitelům povolení podle § 9 odst. 1 zákona, kde je mj. uvedena povinnost předložit ke schválení Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) dokumentaci, včetně vnitřního havarijního plánu, event. havarijního řádu. Držitelům povolení se také ukládá oznamovat SÚJB bezodkladně každou změnu nebo událost důležitou z hlediska jaderné bezpečnosti, radiační ochrany a havarijní připravenosti. Povinnosti držitelů povolení pro případ vzniku radiační nehody jsou uloženy v § 19. Zahrnují jak provádění potřebných měření, likvidaci následků nehody, ochranu zdraví osob zúčastněných na protiopatřeních i povinnost hlášení dotčeným orgánům.

2.2 Vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně

Tato vyhláška stanovuje důležité povinnosti držitelů povolení v části věnované *monitorování* (§§ 73–79). Na možnost mimořádné události mohou upozornit výsledky monitorování pracoviště, monitorování výpustí, popřípadě i monitorování okolí. V programu monitorování se stanovují referenční úrovně jako hodnoty, popř. kritéria rozhodná pro určité předem stanovené postupy nebo opatření. Z hlediska detekce nehod a podnětu pro zahájení protiopatření má význam zvláštní kategorie referenčních úrovní, tzv. ***úrovně zásahové***. U zásahových úrovní vymezených v programu monitorování se uvádí přesně o jaký zásah se v případě dosažení té které úrovně jedná a jakým postupem se o něm rozhoduje. Pokud jde o osobní monitorování jsou určeny zvláštní požadavky pro pracoviště, kde nelze při ztrátě kontroly nad zdrojem ionizujícího záření vyloučit radiační nehodu v důsledku jednorázového zevního ozáření. Na těchto pracovištích jsou pracovníci vybavováni ***operativními dozimetrii***, které překročení nastavené úrovně mohou přímo signalizovat. Může-li zdroj ionizujícího záření způsobit jednorázovým ozářením překročení základních limitů pro pracovníky se zdroji, musí monitorování umožnit stanovení dávek a jejich distribuci v těle pracovníků, včetně rekonstrukce nehody.

Pro odkrytí možné nehody a zahájení šetření je významná povinnost držitelů povolení (popřípadě osoby, která mu jako službu provádí osobní dozimetrii) ***hlásit*** do SÚJB překročení určených referenčních hodnot, a to neprodleně po jejich zjištění (§ 84): pokud jde o zevní ozáření překročení efektivní dávky 20 mSv nebo ekvivalentní dávky 150 mSv, pokud jde o vnitřní ozáření překročení efektivní dávky 6 mSv

V rámci těchto hlášení lze očekávat převážnou většinu takových, kde překročení bude nevelké a výsledkem šetření bude náprava méně významných odchylek provozu. Tímto systémem se však mohou zachytit i situace s několikanásobným překročením referenčních hodnot. Praxe směřuje k tomu, aby od pětinasobného překročení uvedených referenčních

hodnot se zahájilo okamžité prošetření situace s cílem odkrýt upřesněním dávek případy vyžadující okamžitou lékařskou pomoc.

Hlava třetí vyhlášky č. 307/2002 Sb. nese název *Zásahy při radiační mimořádné situaci* a je zaměřena spíše na opatření při radiačních haváriích. Na její ustanovení bude ještě poukázáno níže v příslušné souvislosti. Obecnější význam má tab. 6 (odpovídá tab.1, přílohy 8 vyhlášky), která stanovuje úrovně, při jejichž dosažení se očekává, že zásah bude proveden za jakýchkoliv okolností. Je to v podstatě přehled prahových dávek pro akutní účinky deterministického typu.

2.3 Vyhláška č. 318/2002 Sb. o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti, ve znění pozdějších předpisů

Tato vyhláška o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu definuje (§ 2) dva důležité pojmy:

Mimořádnou událostí se rozumí událost důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti nebo radiační ochrany, která vede nebo může vést k nepřipustnému ozáření zaměstnanců, popřípadě dalších osob nebo k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do prostor jaderného zařízení nebo pracoviště nebo do životního prostředí, případně ke vzniku radiační nehody nebo radiační havárie a tím ke vzniku radiační mimořádné situace

Zásahem se rozumí provádění opatření vedoucích k

- omezení příčin vzniku mimořádné události,
- zamezení a omezení rozvoje mimořádné události,
- zamezení a omezení úniku radioaktivních látek,
- získání kontroly nad zdrojem ionizujícího záření,

Část druhá této vyhlášky je uvedena vlastně jakousi osnovou postupu pro zajištění havarijní připravenosti a přípravu havarijních plánů (§ 3). K zajištění havarijní připravenosti se vytvářejí technicko-organizační a personální podmínky pro :

- zjišťování vzniku mimořádné události,
- posuzování závažnosti mimořádné události,
- vyhlášení mimořádné události.
- řízení a provádění zásahu,
- způsoby omezení ozáření zaměstnanců a dalších osob
- přípravu zaměstnanců a dalších osob a ověřování havarijní připravenosti.

Tato osnova je dobře použitelná i pro sestavování traumatologického plánu, tedy zdravotnické části havarijních plánů.

Jednotlivé položky jsou ve vyhlášce č. 318/2002 Sb. dále rozpracovány. Vodítkem pro posuzování závažnosti *mimořádné události je její zařazení do jednoho ze tří stupňů*:

1. stupeň – mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřipustnému ozáření zaměstnanců a dalších osob nebo k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek do prostor jaderného zařízení nebo pracovišť; událost 1. stupně může být radiační nehodou, má omezený, lokální charakter a k jejímu řešení jsou dostačující síly a

prostředky obsluhy nebo pracovní směny, a při přepravě nedojde k úniku radioaktivních látek do životního prostředí.

2. stupeň – mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřípustnému závažnému ozáření zaměstnanců a dalších osob nebo k nepřípustnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí, která nevyžaduje zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a životního prostředí; událost 2. stupně je radiační nehodou, její řešení vyžaduje aktivaci zasahujících osob držitele povolení a k jejímu zvládnutí jsou dostačující síly a prostředky držitele povolení, případně síly a prostředky smluvně zajištěné držitelem povolení,
3. stupeň – mimořádná událost, která vede nebo může vést k nepřípustnému závažnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí, vyžadujícímu zavádění neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a životního prostředí, stanovená ve vnějším havarijním plánu a v havarijním plánu kraje; událost 3. stupně je radiační havárií a její řešení vyžaduje kromě aktivace zasahujících osob držitele povolení a zasahujících osob dle vnějšího havarijního plánu, popřípadě havarijního plánu kraje zapojení dalších dotčených orgánů.

Vyhlášení mimořádné události zahrnuje varování ohrožených zaměstnanců a dalších osob, které se provádí při každé mimořádné události. Dále je uloženo oznámit každou mimořádnou událost bez zbytečného odkladu SÚJB, a to v případě mimořádné události 1. stupně do 24 hodin, 2. stupně do 4 hodin, 3. stupně neprodleně. Při uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí (2. a 3. stupeň) přistupuje povinnost hlášení místním orgánům prostřednictvím Hasičského záchranného sboru kraje. Při události 3. stupně se varuje neprodleně i obyvatelstvo v okolí jaderného zařízení nebo pracoviště se zdroji. Závazně je stanoven také obsah hlášení a další podrobnosti.

Dále jsou stanovena pravidla pro řízení a provádění zásahu (§§ 7–10). Při vzniku mimořádné události řídí zásah osoba určená držitelem povolení. Řízení a provádění zásahu se zaměřuje na činnosti k omezení rozvoje a minimalizaci následků mimořádné události a k získání kontroly nad zdrojem ionizujícího záření. Pomůckou k tomu jsou předem připravené zásahové postupy, zásahové instrukce a program monitorování pro mimořádné události. **Zásahové postupy** stanoví zásady řešení jednotlivých předvídatelných mimořádných událostí v časové posloupnosti, zahrnují organizační strukturu pro řízení a provedení zásahu, seznam zásahových instrukcí a zásady k omezení následků. **Zásahové instrukce** obsahují konkrétní popisy jednotlivých činností určených zaměstnancům a dalších osob. Zásah může také zahrnovat ukrytí nebo evakuaci ohrožených osob. K tomu je třeba stanovit únikové trasy, místa shromáždění osob, způsob vedení evidence osob na shromaždišti nebo v úkrytu a udržovat přítom komunikační spojení s osobami řídicími zásah.

Zásadám pro zdravotnické zajištění pro případy vzniku mimořádných událostí je věnována samostatná pozornost v § 13 vyhlášky 318/2002 Sb. ; zásady obsahují:

- určení zaměstnanců odpovědných za řízení a koordinaci zdravotnické části zásahu,
- způsoby vyhledávání zaměstnanců a dalších osob v místech jaderného zařízení nebo pracovišť zasažených a ohrožených mimořádnou událostí,
- způsoby poskytnutí první pomoci postiženým zaměstnancům a dalším osobám,
- způsoby zajištění zdravotnického ošetření postiženým zaměstnancům a dalším osobám,

- zajištění odborné, případně specializované lékařské pomoci postiženým zaměstnancům dalším osobám
- součinnost se zasahujícími osobami zajišťujícími řízení, provádění zásahu a monitorování radiační situace.

Dále je v tomto paragrafu stanoveno, že pro případy vzniku mimořádné události, kdy nelze vyloučit vnitřní kontaminaci osob radioaktivními látkami, musí být v rámci zdravotnického zajištění k dispozici potřebný počet antidot (tj. látek omezujících v důsledku svého působení ozáření z vnitřní kontaminace), včetně stanovení místa uložení a způsobů jejich distribuce.

K ověřování havarijní připravenosti slouží havarijní cvičení a prověřování funkčnosti technických prostředků, systémů a přístrojů potřebných pro řízení a provádění zásahů. Vyhláška č. 318/2002 Sb. stanoví podrobnosti k tomuto ověřování a určuje lhůty, ve kterých je třeba prověřování funkčnosti provádět.

3. Úkoly lékařské péče při nehodách vedoucích k bezprostředním zdravotním následkům

3.1 Charakteristika nehod při práci se zdroji ionizujícího záření

Za jakých okolností může být člověk ozářen dávkou ohrožující zdraví nebo život? Zdroje, které mohou způsobit při ztrátě kontroly vysoké příkony ekvivalentní dávky nebo mohou uvolnit radioaktivní látky o aktivitách způsobujících vysoké příjmy těchto látek, se vyskytují především na pracovištích a mohou postihovat osoby, které tyto zdroje záření obsluhují nebo s nimi manipulují. Ve styku s takovými zdroji záření je na pracovištích zpravidla omezený okruh osob, takže při nehodách tu bývá obvykle postiženo jen několik jednotlivců.

Jednotlivci z obyvatelstva mohou být ohroženi obdobně jen ve vzácných případech, kdy by se intenzivní zdroj záření, jakým je např. uzavřený zářič gama užívaný v průmyslové defektoskopii (při prověřování svárů) dostal mimo kontrolu pracovníků do veřejně přístupného prostoru a tam byl nalezen občanem, který by s ním dále nevhodně zacházel. Jednotlivci z obyvatelstva by mohli být ohroženi i v případě dopravní nehody vozidla přepravujícího radioaktivní materiál o vysoké specifické a celkové aktivitě (taková možnost nenastává při přepravě uranové rudy).

Lékař, který přijímá k ošetření pracovníka ozářeného při nehodě by měl být seznámen s opatřeními k prevenci nehod na pracovišti a s postupy uplatňovanými v případě, když taková situace nastane. Při dnešní úrovni opatření v ochraně před zářením a bezpečnosti práce je možno počítat s tím, že pracovník je na případné setkání s radiační nehodou přiměřeně připraven. Vedle všeobecných poznatků získaných v rámci základní kvalifikace je zpravidla seznámen s rozбором možných nehod zpracovaném v rámci **havarijního plánu pracoviště**. V tomto plánu nalezne pracovník také podrobné pokyny jak postupovat, zejména s ohledem na lokálně významné souvislosti. I když pro nehody platí, že určitá jejich část má nepředvídaný mechanismus a neobvyklé okolnosti vzniku, přece promyšlení postupu u předvídatelných nehod je dobrou přípravou pro správný postup i v situacích, které nebyly v havarijním plánu předpokládány. Součástí havarijního plánu je také jeho zdravotnická část, která obsahuje organizační postupy a metodické návody pro poskytování první pomoci, způsob zajištění lékařského ošetření a zásady případného odsunu na specializované pracoviště.

Praktickou pomůckou k identifikaci nehodové situace jsou **zásahové úrovně** vymezené v systému monitorování a promítnuté do havarijních plánů. Zásahové úrovně jsou stanoveny na pracovištích, kde nelze vyloučit ohrožení zdraví nadměrným ozářením nebo příjmem radioaktivní látky a kde musí být zajištěno měření veličin, ze kterých lze odvodit míru takového ohrožení.

Vzhledem k zevnímu ozáření je takovou veličinou např. kermový nebo dávkový příkon (nebo celková dosažená kerma či dávka), vzhledem k vnitřní kontaminaci vdechováním objemová aktivita radioaktivních látek ve vzduchu. Při dosažení zásahových úrovní těchto veličin se okamžitě uplatňují nápravná a ochranná opatření. Pro některé situace může být dosažení zásahových úrovní signalizováno akustickými nebo optickými varovnými systémy.

Zavedení zásahových úrovní nebo varovné signalizace nezabavuje pracovníky povinnosti posuzovat vznik nehodového stavu i na podkladě jiných ukazatelů nebo příznaků. Je třeba zdůraznit, že mezi radiační nehody je třeba zahrnout i situace, které nejsou provázeny nápadnými jevy charakteristickými pro nehodu (varovnou signalizací, roztříštěním obalu, náhlým selháním funkce regulačních prvků apod.). Úvodním podnětem může být např. zjištění nepřítomnosti zářiče v zařízení nebo jeho části, kde se jeho přítomnost předpokládá, zjištění kontaminace ochranného oděvu při výstupu z pracoviště apod. Zjištění méně dramatických nebo neurčitých příznaků nehody, vyššího ozáření osob nebo rozptýlení radioaktivních látek se nesmí podcenit, odklad rozhodnutí zahájit opatření není možný.

Po zjištění nehody je bezprostředním úkolem **zabránit dalšímu ozařování pracovníků a šíření radioaktivních látek** do okolí zdroje. Pracovník, který nehodu zjistil, je povinen okamžitě **informovat nadřízeného vedoucího**. V těchto prvních chvílích po nehodě se první pomoc zpravidla poskytuje jen u stavů, při nichž jsou ohroženy základní životní funkce, jak tomu může být u současného mechanického poranění spojeného s krvácením, blokádou dýchacích cest apod.

Po příchodu vedoucího pracovníka a pracovníka vybaveného dozimetrickými přístroji na místo nehody je prvním úkolem posoudit její závažnost na podkladě údajů, které jsou na místě k dispozici. Základní informací jsou technické **údaje o zdroji**, který byl nebo je mimo kontrolu a způsobil ozáření osob. U uzavřeného zářiče je zpravidla známo, o jaký radionuklid jde, jaká je aktivita zdroje v čase nehody, zda svazek byl vymezen (kolimován). Odtud lze při znalosti kermové konstanty gama odhadnout alespoň orientačně dávkové příkony v jednotlivých částech pole. Obdobně lze postupovat i u jiných zdrojů zevního ozáření. Při nehodách způsobujících vnitřní kontaminaci je třeba znát druh a množství zpracovávaných radionuklidů, jejich fyzikálně-chemickou charakteristiku a mechanismus, jímž došlo k rozptylu. Z těchto dat lze odhadnout možnou úroveň objemových aktivit, jichž bylo dosaženo v dýchací zóně pracovníků, a při znalosti doby pobytu v prostředí i přibližnou velikost příjmu kontaminující látky.

Podrobné vyhodnocení všech **údajů získávaných monitorováním** vyžaduje zpravidla delší dobu. Avšak odezvu některých přístrojů, pokud jsou k dispozici, je možno odečíst okamžitě a využít těchto dat ke zhodnocení situace. Vedle zmíněných varovných systémů indikujících dosažení určité dávky, kermového nebo dávkového příkonu nebo objemové aktivity mohou přispět ke kvantitativní orientaci o závažnosti nehody přímo vyhodnotitelné osobní dozimetrie, měřiče povrchové kontaminace aj.

Tato první etapa posouzení závažnosti nehody má končit potvrzením nebo vyloučením původního podezření, zda k nehodě došlo. To je významné zejména vzhledem k povinnosti ohlásit nehodu podle zásad uvedených výše. K tomu je třeba poznamenat, že kritérium pro hlášení nadexpoic z vnitřní kontaminace je stanoveno nižšími hodnotami efektivních a ekvivalentních dávek z toho důvodu, že nelze vyloučit i možnost řádové chyby při odhadu aktuálního příjmu radioaktivní látky pracovníkem.

3.2 Postup lékaře při ošetření nadměrně ozářené osoby

Už v průběhu prvních minut po nehodě může lékař na podkladě údajů o zdroji, který ozáření způsobil, o mechanismu nehody a s využitím předběžné informace od vedoucího pracovníka nebo pracovníka pověřeného dohledem nad radiační ochranou rozhodnout, jaký je hlavní směr ohrožení postižených osob a podle toho řídit další opatření a formulovat požadavky na upřesnění dozimetrických podkladů. K hlavním typům ohrožení patří:

- zevní lokální ozáření ohrožující především kůži,
- zevní ozáření celého těla nebo jeho větší části,
- vnitřní kontaminace vdechnutím, popřípadě požitím,
- vnitřní kontaminace drobným penetrujícím poraněním,
- povrchová kontaminace,
- traumatologické případy spojené s ozářením nebo kontaminací.

Určitou orientaci o podmínkách nadměrného ozáření a o typech postižení uvádí i tab.1, převzatá z (4).

Tab. 1 Přehled typických provozních situací vedoucích k radiačním nehodám (podle 4)

Obor aplikace	Zdroj, radionuklid	Ozářená část těla	Počet zdravotně poškozených
Průmysl			
sterilizace	^{60}Co , ^{137}Cs	celé tělo, ruce	1–3
defektoskopie	^{192}Ir , ^{137}Cs	ruce, jiné části těla	1–10
měřiče	^{192}Ir , ^{137}Cs	ruce, jiné části těla	1–2
Zdravotnictví			
diagnostika	rentgenka	ruce, obličej	1–10
terapie	^{60}Co , ^{137}Cs	celé tělo, ruce	1–10
	urychlovače	jiné části těla	víc jen v extrémně vzácných případech
Výzkum	široké spektrum zdrojů, včetně reaktorů	ruce, obličej, jiné části těla	1–3, víc jen u reaktorů
Odložené zářiče	^{60}Co , ^{137}Cs a jiné	ruce, jiné části těla	1–20 víc jen v extrémně vzácných případech
Jaderné reaktory	^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{210}Pu	celé tělo, štítná žláza, plíce	1–500 zdravotní poškození jen u velmi malého procenta všech akcidentálně ozářených osob

Úkolem lékaře je odebrat radiační anamnézu. Tím se míní anamnézu týkající se druhu ozáření, místo, na kterém se dotyčný nacházel, v jaké pozici byl dotyčný ke zdroji záření, jaké druhy ochranných prostředků použil (úkryt, ochranný oděv) a zda byl dekontaminován před příchodem do zdravotnického zařízení.

Prodromální příznaky a příznaky samotné klinické manifestace jednotlivých forem akutní nemoci z ozáření nám slouží k hrubému odhadu absorbované dávky záření. Je nutné vylučovat i jiné příčiny těchto příznaků, například psychogenně indukované zvracení, průjem následkem bakteriální kolitidy aj. Intenzitu a projevy příznaků lze použít s relativně vysokou přesností na skupiny stejně ozářených pacientů, u jednotlivců může docházet i k velkým odchylkám.

O činnosti lékaře při ošetřování postižených osob bude pojednáno podle těchto bodů. Není přitom třeba podrobněji rozebírat návaznost lékařského ošetření na první pomoc na pracovišti. Pokyny pro tuto první pomoc neukládají provádět nějaké aktivní zásahy, s výjimkou případů povrchové a vnitřní kontaminace, jak se k tomu na příslušném místě vrátíme. U většiny nehod nečiní zařazení postižených osob do některého z uvedených typů obtíže. Charakter a rozsah nehod může být velmi různorodý a některé případy mohou být zařazeny zároveň pod více záhlaví.

K významnému rysu všech nehod se zdroji záření patří téměř pravidelná **emotivní reakce postiženého**, která je nápadně odlišná od psychologické odezvy na jiné náhlé příhody ohrožující zdraví. Důvodem je zejména okolnost, že závažnost radiační nehody nebývá bezprostředně zřejmá, příznaky se objevují až podelší době latence a dozimetrické výsledky nejsou aktuálně k dispozici v podobě umožňující stanovení prognózy. Emotivní reakce má často charakter panického strachu, kterému podléhají i odborníci znalí problematiky ionizujícího záření. Emoce mohou nepříznivě zasahovat do organizace pomoci a nelze odhlédnout ani od vlivu stresových reakcí na vyvolání některých klinických projevů. Nepříznivý je i paradoxní typ psychologické reakce, charakterizovaný ignorováním rizika a postojem falešného hrdinství. Ošetřující lékař si musí uvědomit existenci interferujících psychologických faktorů a s nadhledem autority „lékařského pláště“ přesvědčit pacienta jistotou svého počínání o to, že vše potřebné z hlediska péče o zdraví bude zajištěno. Je zřejmé, že emotivní postoje jsou zvláště významné u skupinových postižení.

Mezi akutní psychologické účinky řadíme apatii a reakce strachu. Apatii rozumíme stav duševní strnulosti nebo otupělosti se sníženým projevem emocí, zkrácenou pozornost, nerozhodnost a projevy úzkosti. Reakce strachu se projevuje neorganizovaným chováním, pocitem bezmocnosti, výraznou úzkostlivostí přecházející někdy až v paralyzující úzkost, proměnlivostí nálad a nekontrolovanými epizodami pláče.

Podmnožinou akutních psychologických účinků je akutní stresová odpověď vznikající následkem poškození kvality života a vyskytuje se jako bezprostřední reakce na stresový podnět. Projevuje se zvýšeným neklidem, úzkostí, neustálým připomínáním stresové události, vyhýbání se dalším stresovým událostem, případně i rozštěpením osobnosti. Mezi rizikové skupiny akutní stresové reakce patří sami poškození, jejich rodina a přátelé, děti, záchranáři a lékařský personál.

Pozdními projevy psychologických účinků jsou zejména nejruznější psychosomatické stavy a post-traumatický stresový syndrom.

Principy psychologické léčby zůstávají navození pocitu blízkosti, kdy pacient nesmí nabýt dojmu, že je opuštěn. Dalším principem je okamžitost léčby zabraňující dalšímu rozvoji nemoci. Posledním principem je usměrňování očekávání, kdy nereálná očekávání pacienta musí být konfrontována s realitou.

Velmi důležité a účinné je předcházet výskytu psychologických účinků formou preventivního nácviku zátěžové situace. Každý nácvik musí co nejvíce odpovídat realitě následné stresové události včetně navození autentických podmínek.

Tab. 1 Přehled typických provozních situací vedoucích k radiačním nehodám (podle 4)

Obor aplikace	Zdroj, radionuklid	Ozářená část těla	Počet zdravotně poškozených
Průmysl			
sterilizace	^{60}Co , ^{137}Cs	celé tělo, ruce	1–3
defektoskopie	^{192}Ir , ^{137}Cs	ruce, jiné části těla	1–10
měřiče	^{192}Ir , ^{137}Cs	ruce, jiné části těla	1–2
Zdravotnictví			
diagnostika	rentgenka	ruce, obličej	1–10
terapie	^{60}Co , ^{137}Cs	celé tělo, ruce	1–10
	urychlovače	jiné části těla	víc jen v extrémně vzácných případech
Výzkum	široké spektrum zdrojů, včetně reaktorů	ruce, obličej, jiné části těla	1–3, víc jen u reaktorů
Odložené zářiče	^{60}Co , ^{137}Cs a jiné	ruce, jiné části těla	1–20 víc jen v extrémně vzácných případech
Jaderné reaktory	^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{210}Pu	celé tělo, štítná žláza, plíce	1–500 zdravotní poškození jen u velmi malého procenta všech akcidentálně ozářených osob

3.2.1 Postup při lokálním zevním ozáření

Okolnosti expozice

Nejčastější případ lokálního ozáření se týká ohraničené plochy kůže. Může být způsobeno zdrojem zevního záření nebo vzácněji kontaminací povrchu těla radioaktivními látkami, a to nejspíše zářiči beta. Prototypem jsou nehody u pracovníků manipulujících s uzavřenými zářiči gama o velké aktivitě, které se užívají v průmyslové defektoskopii, léčebných ozařovačích aj. Za kontrolovaných podmínek jsou vlastní zářiče chráněny mohutným stíněním a manipuluje se s nimi dálkovým ovládním. Technické selhání může vést k vypadnutí zářiče z krytu nebo jeho zablokování v nestíněné poloze. Pracovník se v těchto situacích může přiblížit k zářiči na krátkou vzdálenost (zpravidla rukama) nevědomě, nebo po zjištění technické závady při záměrném úsilí uvést zářič znovu pod kontrolu. Vyskytla se řada případů, že zářič tohoto typu ztracený mimo pracoviště byl nalezen nepoučeným občanem a způsobil u něho poškození kůže i jiné projevy. Lokalizované ozáření je možné také u zdrojů vysílajících v pracovní poloze úzce vymezený (kolimovaný) svazek záření o velkém dávkovém příkonu, jako tomu může být u některých urychlovačů částic.

Nekontrolované vsunutí ruky do tohoto svazku při neregulárním pracovním postupu vede k poškození kůže, při vsunutí hlavy do svazku je ohroženo především oko.

Akutní poškození kůže v důsledku působení zářičů beta deponovaných na povrchu se vyskytuje při masivní kontaminaci. Tak po pokusném výbuchu na Bikini v roce 1954 se u japonských rybářů, zasažených spadem radioaktivního „popelu“ na lodi Fukurjú Maru, vyvinuly kožní léze na rukou, hlavě a nechráněných částech krku. Také u obětí katastrofy v Černobylu v roce 1986 se na rozvoji kožních změn podílela vedle složky termické a pronikavého záření také kontaminace beta.

Dozimetrické posouzení

Lékař usiluje o získání údajů o lokální dávce ionizujícího záření, kterou porovnává s „erytémovou dávkou“ (ED) pro příslušný druh záření. Erytémová dávka je jednorázová dávka, která vyvolává do 30 dnů zřetelný pozdní erytém u 80% ozářených osob. Nejnižší ED okolo 3 Gy platí pro fotonové záření o energiích 50–100 keV, stoupá při 200–400 keV asi na dvojnásobek a při energiích kolem 1 MeV asi na trojnásobek. Zároveň lékař pátrá po přesnějším vymezení plochy, která byla ozářena, a odhaduje ve vztahu k energii částic pravděpodobnou hloubku ozáření kožních a podkožních struktur.

Získání rozumného odhadu dávky na kůži bývá spojeno s velkými obtížemi. Souvisí to s tím, že geometrický faktor (vzdálenost od ideálního bodového zdroje) lze obtížně rekonstruovat, což platí i pro případy přímého dotyku uzavřeného zářiče. Lokálně nošené (prstenové) dozimetry jsou jen výjimečně k dispozici a odhad z měření ve větších vzdálenostech (z údajů tužkového a po vyvolání z filmového dozimetru) je velmi neurčitý.

Pokud nešlo o přímý kontakt, lze při ozáření z uzavřeného zdroje gama odhadnout obdrženu ekvivalentní dávku jednoduše ze vzorce $H = \Gamma \cdot A \cdot t / r^2$, kde H je ekvivalentní dávka v mSv, A aktivita zdroje v GBq, r vzdálenost od zdroje v m, t doba pobytu v této vzdálenosti v hod. Γ je převodní konstanta, její rozměr je $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{GBq} \cdot \text{h})$, a nabývá pro nejvýznamnější zářiče gama těchto hodnot: $^{60}\text{Co} - 0,308$; $^{137}\text{Cs} - 0,0768$; $^{192}\text{Ir} - 0,109$; $^{226}\text{Ra} - 0,201$. Je třeba zdůraznit, že ve vzorci je zahrnut zákon reciprokého čtverce vzdálenosti, tj. pravidlo, že dávka klesá nepřímě úměrně se čtvercem vzdálenosti od zdroje. Výpočetní postup neumožňuje přesné závěry při přímém kontaktu se zdrojem, a to ani v případě, kdy se postupuje náročnější metodou a místo bodového zdroje se zavede reálnější model skutečného tvaru zářiče.

Při podezření na účast zevní kontaminace při ozáření kůže je třeba měřit vhodným způsobem kontaminaci povrchu těla buď přímo, nebo měřením tampónů, jimiž byly pořízeny otěry. Není-li radiouklidové složení známo, je namístě provést příslušnými metodami jejich identifikaci.

Obtíže spojené s odhadem dávky na kůži vedou nejednou k tomu, že nejlepší dávkový odhad vyplyne ze zpětného posouzení klinického obrazu a průběhu rozvoje, popřípadě hojení vzniklé kožní léze. Určitým vodítkem k touto posouzení mohou být i údaje v tab.2.

Tab. 2 Klinické projevy na kůži ruky po expozici řídce ionizujícím záření (upraveno podle 4)

Období nástupu klinických projevů v akutní fázi					Doba rozvoje oddálených účinků (dny)	Pozdní účinky	Odhad dávkového rozpětí (Gy)
Primární erytém	Druhotný erytém	Puchýře	Erose, vředy	Nekróza			
žádný nebo 12–24 h	12–20 d				30–35 suché olupování	nevyskytují se	3–10
6–12 h	6–14 d	8–15 d			40–50 mokvající plochy epitelizace	žádné nebo mírná atrofie	20–30 (prsty) 18–25 (celá ruka)
4–6 h	3–7 d	5–10 d	10–18 d		50–70 epitelizace	atrofie, depigmentace, teleangiektasie	35–80 (prsty) 30–70 (celá ruka)
1–2 h	0–4 d	3–5 d	6–7 d	6–10 d	60–80 tvorba jizev nebo indikace k chirurgickému zákroku	atrofie, depigmentace, teleangiektasie, druhotný vřed, popřípadě trvale narušená funkce ruky	> 80

Biologická odezva a klinický obraz

Akutní radiační dermatitida se vyznačuje několikadenním obdobím latence. Uznává se existence tzv. časného erytému, který jako prchavé jemné zarudnutí kůže může být zjištěn v prvních 24–48 hodinách po ozáření, ale v praxi nelze o tento příznak opřít další rozhodování. U podezřelého případu je třeba pozornost lékaře zaměřit na projevy nastupující za 1–2 týdny po ozáření. V tomto období je třeba zvat pacienta častěji na kontroly, pátrat po zarudnutí kůže a známkách epilace. Pokud je dostupná termografie, lze opakovaným měřením kožních teplot přispět k posouzení závažnosti ozáření. Po vzniku erytému je třeba sledovat další vývoj, neboť z počátku se neodhadne závažnost postižení s možností rozvoje bul a nekrotizací. Tam, kde lokální dávka je na hranicích biologické odezvy, je třeba sledování postiženého okrsku prodloužit na dobu 4–6 týdnů. V takových případech lze v této době nalézt i bez předchozího erytému pozdní hyperpigmentaci, folikulární hyperkeratózu aj. Někteří lékaři indikují i při prostém lokálním ozáření vyšetření chromosomových aberací. Pokud je ozářena malá plocha kůže a gradient ozáření je strmý (tj. další části těla nejsou ozářeny), nemůže toto vyšetření nijak přispět k posouzení závažnosti kožního poškození a k rozhodnutí o dalším ošetření.

Je třeba myslet také na situace, kdy se lékař setká s poškozením kůže zářením buď v časném stadiu, nebo v období zahojených jizev, a pacient neuvádí souvislost s ozářením. Stalo se tak opakovaně za různých okolností, z nichž třeba uvést záměrnou disimulaci pracovníka, nevědomost o kontaktu se zdrojem (případy nálezů zářičů obyvatelů a kriminální případy poškození druhé osoby). Lékaře s větším rozhledem upozorní na tuto možnost torpidnost lézí nebo jejich lokalizace. Jinou kategorií jsou kožní reakce po léčbě zářením, které jsou doménou radioterapeutů, pokud jde o jejich prevenci, zjišťování, léčení i následné sledování.

První pomoc

Z uvedeného je zřejmé, že podezření na možný rozvoj kožních změn nevyžaduje okamžitý aktivní zásah. Postiženému je však třeba důrazně uložit přerušeni práce se zdroji záření, ale i styk s chemickými nebo mechanickými dráždidly, a to i mimo pracovní prostředí.

Někteří dermatologové doporučují jako opatření první pomoci lokální aplikaci kortikoidů. Podle jiných zkušeností se dává přednost zásadám popáleninové traumatologie, lokálně aktivně nezasahujeme a v období prvních příznaků doporučujeme překrytí sterilním obvazem.

Lékařská pomoc

Jakmile se projeví zřetelná kožní reakce, odesílá se postižený do péče Kliniky popálenin Fakultní nemocnice v Praze na Královských Vinohradech.. (Organizační zásady pro spolupráci se specializovanými zdravotnickými institucemi jsou uvedeny níže). Indikace k odeslání na oddělení popálenin jsou u radiačních postižení odlišné od popálenin termických. Od počátku je třeba sledovat i ohraničené zarudnutí, neboť u radiačních lézí nelze a priori odhadnout plošný rozsah a hloubku postižení, která – zejména při ozáření gama – bývá značně větší než u popálenin tepelných. Vedle toho ozáření se týká často rukou, tedy funkčně významných částí těla. Vzhledem k tomu, že radiační kožní léze nejsou časté, nezatěžují tyto ojedinělé případy kapacitu popáleninových oddělení. Naopak soustředění těchto případů umožňuje získat během doby zkušenosti v této speciální oblasti. Ve prospěch tohoto pojetí mluví i velké zkušenosti pracovníků kliniky popálenin s psychologickou péčí o postižené. Tato klinika pravidelně zajišťuje i žádoucí průběžnou fotodokumentaci vývoje kožních změn.

Při vzniku bul a defektů indikuje odborník oddělení popálenin způsob lokálního ošetření a využívá podle potřeby vhodného biologického krytí. Pokud kožní defekty nejsou příliš hluboké, končí tato časná etapa jejich epitelizací. Výsledek hojení bývá ovšem nejistý, epitelový kryt bývá méněcenný a v průběhu času se mohou projevit důsledky zániku kapilární sítě v korigiu. Tak už po 1–2 letech se může v návaznosti na drobné porušení kontinuity pokožky rozvinout sekundární defekt. V této době přichází ke slovu plastický chirurg. Před rozhodnutím o léčebném postupu musí posoudit i stav hlubších struktur (cév, kostí). Přihlédne přitom k výsledkům dozimetrického hodnocení. Některé stavy se zvládnou tubulární plastikou, krajním výkonem je amputace postižené části a rekonstrukce zbytku ruky. Z hlediska prevence pozdních recidiv defektu je nutná dlouhodobá ochrana postižené části kůže před působením fyzikálních a chemických faktorů.

3.2.2 Postup při ozáření celého těla nebo jeho větší části

Okolnosti expozice

Významné celotělové ozáření může způsobit jen mohutný zdroj ionizujícího záření. Na prvním místě sem patří štěpitelný jaderný materiál v tzv. kritické geometrické konfiguraci, který řetězovou reakcí produkuje vysoké toky neutronů a fotonů gama. V mírových podmínkách může taková situace nastat při nekontrolované exkurzi výkonu jaderného reaktoru, nebo ojediněle při nevhodné manipulaci se štěpitelným materiálem (^{235}U , ^{239}Pu). Dále jsou popsány případy významného celotělového ozáření při ztrátě kontroly nad průmyslovými zářiči gama o velké aktivitě, zde zpravidla v kombinaci s lokálními projevy na té části těla, která byla nejbližší zářiči. Významnou celotělovou dávkou z vnitřní

kontaminace lze obdržet jen v extrémních situacích, jak tomu bylo u dvou obětí katastrofy v Černobylu a u čtyř obětí nehody v Goianii.

Dozimetrické posouzení

Při celotělovém ozáření je důležité rozložení dávky v těle. Je-li dávka celotělová, může mít různou míru uniformity, která se posuzuje podle poměru maximální a minimální dávky v ozařovaném objektu. Za uniformní se pokládá ozáření, kde poměr maximální a minimální dávky je menší než 1,15. Za reálných podmínek expozice při nehodě není celotělová dávka uniformní, v nestejně míře se uplatňuje geometrický faktor (nestejná vzdálenost jednotlivých částí těla od zdroje) i stínění konstrukčními prvky budov a zařízení. Vedle dávky ve středu organismu určujeme dávku maximální a minimální. Jemnější hodnocení směřuje ke konstrukci izodóz nebo stanovení dávek v jednotlivých orgánech. Rozložení dávek významně rozhoduje o biologické odezvě, je-li stíněn větší úsek těla, jsou důsledky ozáření mnohem méně nepříznivé.

Je také třeba přihlídnout k *druhu záření*, zejména jde o podíl neutronů a záření gama v případě ozáření z kritického souboru. Připomeňme si v této souvislosti, že vyšší biologickou účinnost neutronů prokazovanou v oblasti nižších dávek nelze aplikovat při ozáření dávkou vyšší. V úrovni nad 1 Gy se relativní biologická účinnost neutronů blíží jedné.

Z technického hlediska je dozimetrie u osob ohrožených nehodou zajištěna *havarijními dozimetrii*, které registrují s přiměřeně malou chybou i hodnoty v oblasti velkých dávek a mohou stanovit složku gama i neutrony. K vyhodnocení dávek při celotělovém ozáření se provádí také rekonstrukce nehody s měřením na fantomech. Zpracování výsledků dozimetrických údajů je časově náročné, první orientaci o výši dávek nelze očekávat do šesti hodin po nehodě.

Důležité je vědět, že dávky ozáření lze v některých případech určit také *proměřením materiálů*, které měl postižený v době ozáření při sobě. Pro odhad dávky neutronů jsou významné zejména zlaté předměty (zubní náhrady, prsteny) nebo biologické materiály obsahující síru (vlasy, nehty). Neutronovou aktivací se tyto materiály stanou zčásti radioaktivními. Množství radioaktivního sodíku aktivovaného neutrony v těle může být změřeno celotělovým počítačem. Další informaci o ozářených materiálech lze získat vyšetřením elektronové spinové resonance, pokud je příslušné zařízení dostupné. Pro hodnocení dávek gama je možné využít orientačně ozáření některých krystalických struktur s využitím principu luminiscence. Pokud se podaří vhodné předměty zajistit, je třeba poznamenat jejich umístění na těle v době nehody.

Biologická odezva a klinický obraz

Akutní nemoc z ozáření se rozvíjí po jednorázovém ozáření celého těla nebo jeho převážné části vyšší dávkou. V závislosti na dávce záření převládají v klinickém obraze příznaky poškození krvevorných orgánů, trávicího ústrojí nebo centrálního nervového systému.

Hematologická (dřeňová) forma akutní nemoci z ozáření se středně těžkým průběhem vzniká po celotělovém ozáření dávkou asi 3–4 Gy (měřenou ve volném prostoru). Hraniční příznaky jsou pozorovatelné již po dávce 0,7 Gy. se mohou objevit po dávce 1–2 Gy. Její průběh lze rozdělit na několik období. V prvním dnu po ozáření se projevují prodromální příznaky nespecifického charakteru jako jsou skleslost a bolesti hlavy; jejichž téměř pravidelnou složkou bývá zvracení. Právě doba nástupu obtíží po ozáření, četnost a doba

do odeznění zvracení je orientačním ukazatelem tíže budoucího rozvoje dřevové formy onemocnění. Další období 1–2 týdnů je v podstatě bez příznaků (období latence) a přechází potom do období vlastního onemocnění, charakterizovaného především projevy mikrobiálního rozsevu (sepsy) a krvácením, jejichž příčinou je pokles tvorby krevních elementů v ozářené kostní dřevě. Výraznou složkou klinického obrazu bývá i nazofaryngeální syndrom vyznačující se defekty sliznice dutiny ústní a hltanu. Podkladem této formy akutní nemoci z ozáření je likvidace významné frakce dělicích se prekurzorů krvetvorby a buněk retikuloendothelového systému.

Celotělové dávky kolem 10 Gy (popsáno již od 8 Gy) a vyšší modifikuje průběh onemocnění v tom smyslu, že časné příznaky jsou výraznější a že závažné obtíže vystoupí už 4.–6. dne po ozáření. Jsou charakterizovány minerálním rozvratem, krvavými průjmy, jindy příznaky zástavy střevní (ileu) či perforace – rozvíjí se **střevní forma** akutní nemoci z ozáření. Patogeneticky jde o nekrózu střevní výstelky s obnažením vnitřního povrchu střeva a o hrubou poruchu vodního a minerálního hospodářství. Pacienti umírají v důsledku porušené mikrobiální bariéry s následným průnikem střevní mikroflóry do stěny střevní vedoucí k perforaci stěny trávicí trubice na následky septického šoku. Po dávkách nad 30 Gy nastupují v řádu minut po ozáření výrazně akcentované prodromální příznaky jako jsou hypotenze, dezorientace, poruchy vědomí, zmatenost, při dávkách nad 100 Gy jsou typické tonicko-klonické křeče provázené bezvědomím a postižený umírá na **neurovaskulární formu** akutní nemoci z ozáření.

Lékař se při podezření na významné celotělové ozáření orientuje především na anamnestické pátrání po nevolnosti a zvracení a z pomocných vyšetření zajistí provedení periferního krevního obrazu. Není-li přítomné zvracení a neklesne-li do 48 hodin absolutní počet lymfocytů v periferní krvi pod 10^9 l^{-1} , nelze očekávat život ohrožující průběh akutního syndromu a je namístě soustředit pozornost na jemnější ukazatele biologické odezvy, zejména na výskyt chromosomových aberací. Rychlá orientace o možném rozvoji akutních projevů poškození zářením je možná také z údajů tab. 3.

Tab. 3 Rychlá orientace o možném rozvoji akutních projevů poškození zářením (upr. dle 4)

Celkové/lokální poškození, metody	Nálezy	Doba nástupu projevů	Odhad minimálního ozáření
Celotělové poškození			
Klinické příznaky	Nevolnost, zvracení	Do 24 hodin	~ 1
Krevní obraz	Absolutní počet lymfocytů < $10^9/\text{l}$	Během 24–72 hodin	~ 0,5
cytogenetika	dicentriky, ringy, fragmenty	během hodin	~ 0,2
Lokální poškození			
klinický nález	erytém	během dní až 2 týdnů	~ 3
	epilace	během 2-3 týdnů	~ 3

První pomoc

Pokud jde o specifické ošetření akutní nemoci z ozáření, nehrozí nebezpečí z prodlení. Je třeba zabezpečit postiženému režim k prevenci šoku (klid, teplo) a dle potřeby podat antiemetika nebo jinou symptomatickou léčbu, jejichž použití je třeba zaznamenat do dokumentace pacienta, protože změna klinického obrazu pak ztěžuje prvotní odhad absorbované dávky lékařem. Ve spolupráci s odborníky dozimetrie se zajišťují podklady významné pro stanovení dávky. Přítomnost případně zevní kontaminace povrchu těla lze

zpravidla odhadnout z okolností nehody. Přesto je účelné se řídit pravidlem, že o správnosti i negativního předpokladu o kontaminaci je třeba se přesvědčit měřením.

Lékařská pomoc

Potvrdí-li se podezření na možnost rozvoje akutní nemoci z ozáření, odesílá lékař nemocného na Oddělení klinické hematologie FN v Hradci Králové. (Organizační zásady pro spolupráci se zdravotnickými institucemi jsou uvedeny níže.) Před odesláním je účelné odebrat materiál na stanovení základních biochemických hodnot v krvi a moči, odebrat krev (za přidání heparinu) na vyšetření chromosomových aberací a pokud to nenaruší rychlost odsunu provést i opakovaně vyšetření periferního krevního obrazu s diferenciálním rozpočtem.

Dopravu k definitivnímu ošetření možno provést sanitkou nebo i letecky. V místě ošetření se nemocný umístí v podmínkách zajišťujících reverzní izolaci, např. v zařízení typu „life-island“. Proveďte se mikrobiologické vyšetření k identifikaci saprofytické flóry. Trávicí trubice se sterilizuje sulfonamidy, nystatinem či jinými vhodnými farmaky. Vlastní rozvoj příznaků lze očekávat podle velikosti dávky mezi 5. a 20. dnem. Proti projevům mikrobiální a plísňové infekce se bojuje cíleným podáváním antibiotik a antimykotik. Při krvácivosti se osvědčuje vedle plné krve i náplav destiček, podává se erytrocytová masa. O významu transfúze kostní dřeně byly získány nové poznatky ze skupiny třinácti osob takto léčených po katastrofě v Černobylu. Z této skupiny jen dva nemocní přežili, transplantát se u nich ovšem trvale neuchytil, u jiných dvou nemocných imunologická intolerance přispěla k úmrtí. Celkový postoj k indikacím transfúze kostní dřeně u akutního postiradiačního syndromu je na základě těchto zkušeností zdrženlivý. Při dalším hromadném výskytu akutní nemoci z ozáření v brazilské Goianii v roce 1987 bylo u osmi pacientů nově vyzkoušeno podávání hemopoetického stimulačního faktoru GM-CSF (granulocyte-macrophage colony stimulating factor) se sporným pozitivním efektem. V posledních letech je tato léčba pokládána za nadějnou a uvedený přípravek je komerčně dostupný např. pod názvem Leukomax firmy Sandoz. Dnes jsou k dispozici i další preparáty z rodu cytokinů, tak např. G-CSF jako Neupogen (Hoffman-La Roche) nebo erythropoietin pod názvem Eprex (Cilag).

3.2.3 Postup při vnitřní kontaminaci vdechnutím, případně požitím

Okolnosti expozice

Nehoda vedoucí k vnitřní kontaminaci je důsledkem nekontrolovaného rozptýlení radioaktivních látek do prostředí. Nejčastěji vzniká taková nehoda na pracovišti, kde se s radioaktivními látkami pracuje, vytvoří se radioaktivní aerosol, jehož vdechováním pronikají radionuklidy do organismu. Na počátku sledu událostí je často nápadná příhoda jako exploze nebo jiné roztříštění nádoby obsahující radionuklid, zahoření radioaktivního materiálu nebo nehoda při transportu. Je zřejmé, že do ovzduší přestupují nejsnáze radioaktivní látky ve formě plynů, par a prášků, práce s kapalinami a tím spíše s radioaktivními látkami ve formě pevného kovu je méně nebezpečná. Tam, kde se předpokládá možnost úniku radioaktivních látek do prostředí, má být zajištěno monitorování ovzduší pracovišť, jímž se zjišťuje objemová aktivita radionuklidu v ovzduší (Bq/m^3). V této veličině se zpravidla stanovují vyšetřovací úrovně a zásahové úrovně.

K rozptýlení radioaktivních látek do prostředí může přispět i selhání bariér, omezujících v pracovním prostředí průnik radioaktivních látek k člověku, tedy ztráta těsnosti

hermetických boxů, selhání vzduchotechniky místností apod. Ve výjimečných případech může k vnitřní kontaminaci dojít v důsledku ztráty těsnosti uzavřeného zářiče, jehož se využívá v různých technologiích pro záření jím emitované. Při těchto méně nápadných mechanismech může být podezření na vnitřní kontaminaci zaznamenáno např. při opouštění pracoviště, kdy se u pracovníka zjistí povrchová kontaminace rukou nebo částí oděvu.

Na pracovištích je v současné době málo pravděpodobná kontaminace ingescí. Měla kdysi svůj význam u pracovníků s radioaktivními svítícími barvami, a to nejen v důsledku pověstného „olizování“ štětců, ale i přenosem kontaminovanými rukama při jídle, kouření apod. Průnik radioaktivních látek do organismu je možný i poraněnou kůží, v prostředí tritiové vody i kůží neporušenou.

Vnitřní kontaminace u obyvatelstva může nastat zejména po haváriích vedoucí k rozptýlení radioaktivních látek do životního prostředí, event. v důsledku nějakého trestného činu (ojedinělým případem vnitřní kontaminace s akutními následky bylo použití ^{210}Po v případě otravy bývalého agenta Litviněnka). I v dnešní době musíme být připraveni na úmyslné zneužití radionuklidů, zejména pak ve formě kontaminace nápojů a potravin.

Dozimetrické posouzení

Pro posouzení závažnosti nehody je třeba odhadnout příjem radioaktivní látky. Příjem radioaktivní látky se stanoví ve veličině aktivity, tedy v jednotkách becquerel. Je to množství radioaktivní látky, které proniklo do organismu jakoukoliv cestou. Může se hovořit o příjmu vdechováním, požitím, ranou.

Příjem radioaktivní látky nelze stanovit přímo. Může se odhadnout výpočtem, jsou-li k dispozici podklady pro odhad objemové aktivity v ovzduší v době nehody, pro odhad doby pobytu v prostředí a předpoklady o minutové plicní ventilaci pracovníka (příjem je dán vynásobením vstupních hodnot např. v $[\text{Bq}/\text{m}^3] \times \text{min} \times [\text{m}^3/\text{min}]$). Podstatně přesněji se příjem odhadne buď z aktuální retence stanovené celotělovým měřením ve známé době t po nehodě, nebo z hodnot exkrece v moči a stolici v průběhu delší doby po nehodě. V některých případech není a priori známo radionuklidové složení kontaminantu a je třeba ho identifikovat, k čemuž přispívají především spektrometrické metody. Celotělové měření se může uplatnit u převážného počtu případů pouze u zářičů gama (u zářičů beta jen emitují-li částice o vysoké energii). Při kontaminaci zářiči alfa, jako je ^{239}Pu nebo ^{241}Am , je základem odhadu příjmu vyšetření stolice, moči. Stanovení plutonia a americia celotělovým měřením vyžaduje speciální vybavení a náročnou kalibraci.

Význam vnitřní kontaminace není patrný z absolutní hodnoty příjmu radioaktivní látky, nýbrž z poměru aktuálně zjištěného příjmu k ročnímu limitu příjmu I_L . Roční limit příjmu je pojátkem k odhadu efektivní, popřípadě ekvivalentní dávky, kterou v důsledku příjmu obdrží postižený jedinec během následujících 50 let, tedy k odhadu úvazku efektivní popřípadě ekvivalentní dávky. Roční limit příjmu je totiž pro jednotlivé radionuklidy odvozen tak, aby zajišťoval současně jak nepřekročení dávkového úvazku odpovídajícího ročnímu limitu efektivní dávky, tak i nepřekročení limitu ekvivalentní dávky v jednotlivém orgánu. V tabulce 4 jsou uvedeny hodnoty I_L pro některé vybrané radionuklidy. Protože hodnoty I_L se liší podle cesty vstupu a rozpustnosti chemické formy, v níž je radionuklid v prostředí přítomen, je v tabulce zjednodušeně uvedena nejprísnější (nejnižší) hodnota I_L pro každý radionuklid.

Je třeba poznamenat, že nová legislativa netabeluje ve vyhlášce č. 307/2002 Sb. (na rozdíl od dřívějšího přístupu) roční limity příjmu radioaktivních látek, ale v tab. 3–7 přílohy 3 konverzní faktory diferencovaně pro jednotlivé radionuklidy, třídy transportability, cesty příjmu, popřípadě věk příjemce. Pomocí těchto konverzních faktorů lze pro limity vyjádřené efektivní nebo ekvivalentní dávkou vypočítat příslušné příjmy. Pro účely této statě se ponechávají dříve užívané veličiny I_L , které jsou i pro neodborníka velmi názorné a které umožňují jednoduchý orientační výpočet příjmu z údaje o koncentraci v ovzduší.

Při vnitřní kontaminaci inhalací je zpravidla přítomna i kontaminace povrchu těla. Zjištění kontaminace povrchu těla, zejména obličeje a okolí úst, může na vnitřní kontaminaci upozornit.

Tab. 4 Zjednodušená tabulka ročních limitů příjmu I_L některých vybraných radionuklidů

Radionuklid	Roční limit příjmu I_L (Bq)
^3H	3×10^9
^{14}C	9×10^7
^{32}P	1×10^7
^{35}S	2×10^8
^{59}Fe	1×10^7
^{60}Co	1×10^6
^{90}Sr	1×10^5
^{131}I	1×10^6
^{137}Cs	4×10^6
^{226}Ra	2×10^4
^{239}Pu	2×10^2
^{241}Am	2×10^2

Tabulka je zjednodušena tím, že je uvedena nejpřísnější hodnota z I_L specifikovaných v podrobných tabulkách podle cesty vstupu a podle rozpustnosti sloučeniny, v níž se radionuklid vyskytuje. Poučení z tabulky spočívá v tom, že ačkoliv se hodnoty I_L (Bq) liší až o sedm řádů, je jejich důsledek – pokud jde o způsobený úvazek efektivní popřípadě ekvivalentní dávky ekvivalentu (Sv) – srovnatelný. Dojde-li při nehodě k příjmu ve výši I_L nebo jeho malému překročení, nelze očekávat bezprostřední biologickou odezvu.

Důležitým orientačním vyšetřením je proměření vzorku nosního sekretu získaného vysmrknutím nebo nosním výtěrem. Uvádí se, že důkladným vysmrknutím se uvolní asi polovina kontaminantu retinovaného v nazofaryngeálním úseku, čehož lze využít k semikvantitativnímu odhadu. Pro standardní aerosol o velikosti částic $1 \mu\text{m}$ činí frakce deponovaná v nazofaryngu podle modelového předpokladu 0,3 příjmu, takže celkový příjem je asi pětinašobkem až desetinašobkem aktivity zjištěné ve vzorku získaném vysmrknutím.

Filmový osobní dozimetr a jiné typy dozimetrů registrujících zevní ozáření nemohou přispět k hodnocení vnitřní kontaminace. Při nehodě je však třeba rovněž i je neprodleně vyhodnotit, aby bylo možno posoudit případný příspěvek zevní dávky záření.

První pomoc

a) Pracovníci podezřelí z vnitřní kontaminace se soustředí na určeném místě v blízkosti nehody, popřípadě u nejbližšího hygienického uzávěru. Opatří se před tím dle možnosti přezůvkami k zamezení zbytečné kontaminace odsunové trasy. Alternativou je položení pruhu plastické fólie na podlahu. Na místě soustředění osob postižený pracovník odloží oděv za účasti pracovníka dozimetrické služby (pracovníka vybaveného měřičem

kontaminace). Nejprve si však postižený navlékne na ruce čisté gumové rukavice, aby se zabránilo druhotné kontaminaci rukou.

Postupuje se od částí oděvu nejvíce zamořených k částem čistým. Poslední se zpravidla snímá ochrana vlasů (čapka), případně obličejová maska (respirátor, pokud postižený byl takto vybaven. Odkládané části oděvu se ukládají do plastických sáčků (pytlů) a označují se jménem majitele a datem. Zachovávat a evidovat odložený materiál pro případ pozdějšího šetření je důležitou zásadou. Pokud při odkládání oděvu poskytují pomoc další osoby, musí použít osobních ochranných prostředků, tedy gumových rukavic, zástěr, přezůvek, případně respirátorů.

Po odložení zamořených částí oděvu se zpravidla proměřením nalezne kontaminace rukou, předloktí a často i krku, obličeje a vlasů. Nejprve se opláchnou nejvíce zamořené části těla, tj. zejména ruce a předloktí, vodou a omyjí s použitím tampónů a běžného saponátu nebo šampónu. Zásady dekontaminace kůže uvedeny podrobněji v části 3.2.5 na str. 27.

Před použitím sprchy k celkové očištění je třeba získat důkladným vysmrknutím do tampónu (papírového ubrousku) vzorek nosního sekretu, který se proměří. Při sprchování dbáme zejména na to, aby obličej byl opláchnut velkým množstvím vody při zavřených očích a ústech.

Při dekontaminaci většího počtu osob je nutné odlišit nedokonalou zevní dekontaminaci od vnitřní kontaminace. Proto by se mělo provést orientační dozimetrické vyšetření (přímo po ukončení zevní dekontaminace) měřením aktivity vykašlaných a vysmrkaných hlenů nebo stěrů dutiny nosní a ústní.

Pokud použijeme na zamořené plochy kůže měkkého kartáče, činíme tak velmi opatrně, aby se drobnými oděrkami či trhlinkami nezvýšila propustnost kůže. **Podle zkušeností dochází často k nerespektování tohoto pravidla a kůže po dekontaminaci bývá nepřiměřeně podrážděná.** Postup odmořování se dozimetricky sleduje. Po první fázi opláchnutí a osprchování podle uvedených zásad zpravidla již nehrozí bezprostřední uvolňování kontaminovaných částic kůže z povrchu těla do okolí. Po skončení první fáze dekontaminace se ošetřený pracovník opatří čistým pracovním oděvem. Provede se také nezbytný záznam o zjištěných skutečnostech. Důležité jsou údaje o rozsahu a stupni kontaminace jednotlivých částí těla, o účinnosti dekontaminace, evidence zajištěných vzorků (částí oděvu, tampónů).

b) Léky bránící vstřebávání radioaktivních látek a podporující jejich vylučování z těla je třeba podat bezprostředně po nehodě, aby jejich účinnost byla co nejvyšší. Za předpokladu, že lze zabránit druhotné radioaktivní kontaminaci požitím, je vhodné jejich podání ještě před provedením dekontaminace podle bodu a) nebo v jejím průběhu.

Některé základní úkony je třeba provést ještě před podáním léků. Patří k nim vyčištění nosu vysmrkáním nebo výplachem a důkladné vypláchnutí úst. Nespecifickým prostředkem je také podání projímadla, např. 1–2 lžic síranu hořečnatého (hořké soli) ve vlažné vodě. Jeho podání je zdůvodněno při kontaminaci požitím, kdy je namístě i pokus o vyvolání zvracení podrážděním zadní stěny hltanu. Podání projímadla při inhalační kontaminaci je namístě spíše jen u závažných případů. Protože podání projímadla zpravidla naruší úplnost sběru stolice, je možné od něho upustit u méně závažných inhalačních kontaminací, kde převládá zájem o přesné zhodnocení případné vnitřní kontaminace na podkladě exkrece analýzy.

Látky, které je možno použít „naslepo“, tj. bez nutnosti vyčkat rozhodnutí lékaře, postihují svým účinkem jenom některé skupiny radionuklidů, jak ukazuje schematický návod jejich použití.

Tab. 5: Nástin specifických léčebných opatření u vnitřní kontaminace některými radionuklidy

radionuklid	Specifická opatření
radioaktivní jód	podat jodid draselný (kalium jodat) v množství 130 mg (dnes jsou na trhu tablety po 65 mg) – zapít vodou
Cesium, rubidium, thalium	podat v tabl. 1 g berlínské modři pro lékařské použití (např. Radiogardase Cs firmy Heyl) a zapít vodou
Radium, Stroncium	požít 100 g aktivovaného síranu barnatého rozpuštěných v 250 ml vody nebo 10 mg alginátu sodného rozpuštěného v asi 250 ml vody
Směs štěpných produktů	Podáme kombinaci jodidu draselného, alginátu sodného a 3 hodiny poté necháme požít berlínskou modř

Z koncepce léčení „naslepo“ vyplývá požadavek uchovávání přípravků, jejichž použití na tom kterém pracovišti připadá v úvahu, přímo v dílenských lékárníčkách umístěných např. v hygienických uzávěrech.

Při podezření na vnitřní kontaminaci je bezpodmínečně nutné zajistit okamžitě sběr biologického materiálu k pozdějšímu stanovení druhu a množství kontaminující látky.

Důležité je nejprve včasné zajištění vzorku nosního sekretu (jak uvedeno výše) a sběr veškeré moči a stolice vyloučené od chvíle kontaminace. Postižený se poprvé vymočí co nejdříve po skončení povrchové dekontaminace, aby odevzdal první vzorek moči ještě neovlivněný důsledky nehody. Láhve s močí a polyetylenové sáčky se stolicí je třeba pečlivě popsat jménem pracovníka a datem s uvedením hodiny odběru (intervalu mezi odběry). Vzorky se urychleně zasílají do radiochemické laboratoře určené havarijním řádem. Je třeba zdůraznit, že sběr stolice je nepostradatelný k hodnocení vnitřní kontaminace nerozpustnými sloučeninami radioaktivních látek, Zejména zářičů alfa (přírodních radioaktivních látek, plutonia a dalších transuranů).

Lékařská pomoc

Úkolem lékaře je navázat na opatření první pomoci, pokud tato byla realizována už na pracovišti. Lékař vždy zkontroluje, zda se postupovalo správně a doplní to, co bylo opomenuto. Ujistí se zejména, že odložením kontaminovaného oděvu a očištěním těla je zabráněno dalšímu šíření kontaminace. Musí osobně **dohlédnout na sběr stolice a moči** a na správné označení vzorků.

Specifickým úkolem lékaře je upřesnit podávání prostředků **farmakologické profylaxe**. Je třeba rozhodnout např. o opakovaných dávkách profylaktik. O problematice KI je pojednáno na str. 36. Radiogardase Cs se podává vždy opakovaně, aby se vysrážením kontaminantu ve střevě zabránilo jeho reabsorpci a přerušil se tak jeho enterohepatální koloběh. Tato perorální léčba je tedy zdůvodněna i při inhalační kontaminaci a po poranění kontaminovaném radiocesiem. Základní dávka je 3krát denně 1 g, někteří autoři doporučují až 10 g denně.

Vedle základní sady přípravků doporučených pro první pomoc mohou být podávány z lékařské indikace další prostředky. Jejich podávání je reálné v případě, že na pracovišti se s daným kontaminantem pracuje a závodní zdravotnické středisko je specifickými

prostředky vybaveno. Při kontaminaci radioizotopy plutonia, americia, popřípadě dalších transuranů, které jsou všechny vysoce toxické (z hlediska pozdních účinků) je lékem volby sodnovápenatá sůl kyseliny dietylentriaminopentaoctové DTPA (Ditripentat firmy Heyl). Podává se co nejdříve po nehodě v dávce 1 g (1 ampule) v nitrožilní infúzi (popřípadě ve velmi pomalé nitrožilní injekci). DTPA je účinným prostředkem i při kontaminaci radiokobaltem, mobilizuje i olovo, zinek, mangan, železo a chróm. V návodech pro první pomoc při kontaminaci radioaktivními látkami se doporučují i jiné přípravky, tak, např. při kontaminaci poloniem, rtutí a olovem dimerkaptopropanol (u nás registrovaný Dimaval inj. firmy Heyl nebo Dimercaprol inj., firmy Boots), při kontaminaci železem nebo manganem desferioxiamin B (u nás registrovaný Desferal inj. firmy Ciba-Geigy). Při kontaminaci tritiem je třeba urychlit obrát vody v organismu nadměrným příivodem tekutin, popřípadě podáním diuretik. U kontaminace uranem se doporučuje podat okamžitě intravenózní infúzi fyziologického roztoku s hydrogenuhličitanem sodným (250 ml, 1,4%), neboť vzniklý komplex s uranylovým iontem je stálý a rychle se vylučuje močí. Při kontaminaci radionuklidy těžkých kovů je možností volby podání přípravku Metalcaptase (tablety po 300 mg, fy. Heyl) v dávkování 3krát denně jednu až dvě tablety případně možné zvážit i podání D-penicilaminu buď v denní nitrožilní dávce 1g nebo 0,9 g perorálně 4–6krát denně.

Významná je i metoda izotopové diluce. Postiženému se podá (nejlépe v infúzi) v netoxickém množství nadbytek iontů stabilního izotopu kontaminujícího radionuklidu. Dojde tak k podpoře vylučování radionuklidu a snížení jeho depozice v orgánech.

Každý závažný případ vnitřní kontaminace se odesílá k definitivnímu ošetření na specializované pracoviště, jímž je Klinika nemocí z povolání VFN a 1. LF UK, Na Bojišti 1 v Praze 2. Toto pracoviště spolupracuje se Státním ústavem radiační ochrany (SÚRO), který je vybaven celotělovým počítačem se speciálními detektory a má možnost radiochemického zpracování vzorků a jejich proměření. Při odesílání pacienta je důležité zajistit současné zaslání biologického materiálu nashromážděného v mezidobí. Podle výsledků provedených měření se rozhodne o případném dlouhodobém podávání přípravků k dekorporaci radionuklidů. Někteří zahraniční centra pomoci při radiačních nehodách jsou připravena i na provedení náročných procedur, k nimž patří např. opakovaná plicní laváž při závažné inhalační kontaminaci.

3.2.4 Postup při vnitřní kontaminaci drobným penetrujícím poraněním

Okolnosti expozice

Samostatnou skupinu tvoří kontaminovaná poranění nevelkým rozsahem, při nichž mohl proniknout do organismu radionuklid o aktivitě odpovídající významnému násobku ročního limitu efektivní nebo ekvivalentní dávky, i když hmotnost tohoto depozitu je nepatrná. Taková situace je příznačná pro penetrující poranění při práci s vysoce toxickými radioaktivními látkami, mezi něž patří plutonium, americium a jiné transurany. Poranění může nastat skleněnou střepinou při roztříštění ampulky, hrotnatým kovovým nástrojem apod. Kontaminace okolní kůže nemusí být přitom významná, např. při bodnutí přes gumovou rukavici. Z depozitu v kůži přeházejí potom transurany zejména do jater a kostí. V případě „nerozpustných“ sloučenin transuranů probíhá tento přesun po řadu let. Případy tohoto typu byly opakovaně popsány v zahraniční literatuře a o jedné nehodě byla podána zpráva i u nás (8).

Dozimetrické posouzení

^{239}Pu a ^{241}Am emitují především záření alfa. Vzhledem k velmi krátkému dosahu částic alfa v tkáni neproniká z depozitu v hlubších vrstvách kůže a v podkoží na povrch žádné záření alfa. K proměření deponované aktivity se využívá měkkých (nízkoenergetických) fotonů, jejichž emise provází přeměnu alfa. Externí měření těchto fotonů vyžaduje vhodný citlivý detektor a náročnou kalibraci. Informace o výši, popřípadě bližší lokalizaci depozitu je nezbytná k rozhodnutí o jeho chirurgickém odstranění. Dozimetrická asistence se předpokládá i v průběhu chirurgického výkonu.

O tom, v jaké míře se radioaktivní látka přesunula do jater a kostí, je třeba se přesvědčit celotělovým měřením založeným na detekci zmíněných nízkoenergetických fotonů. Nezbytný je také sběr stolice a moči. Po radiochemickém zpracování vzorků lze stanovit aktivitu měřením záření alfa. K radiochemickému stanovení je třeba zachovat všechny vzorky tkání získané při chirurgickém výkonu, aby bylo možno provést bilanci celkové aktivity v organismu.

První pomoc

Vyžaduje-li to situace, posoudí se možnost současné vnitřní kontaminace inhalační cestou a v kladném případě se provádějí příslušná opatření. Vstřebávání radioaktivní látky se omezuje podporou krvácení, popřípadě podvázáním končetiny. Lékař se může pokusit o odstranění cizích těles a o výplach rány sterilními a antiseptickými roztoky, popřípadě dekontaminačním roztokem (DTPA). V nitrožilní infúzi (popř. velmi pomalé nitrožilní injekci) se podá 1 g Ditripentatu Heyl.

Lékařská pomoc

Definitivní ošetření spočívá ve vyříznutí poraněné tkáně za účelem odstranění depozitu radioaktivní látky. Odborník v dozimetrii, vybavený vhodnými přístroji, přispívá měřením nad ranou a měřením odstraněných částic tkáně k rozhodování o dalším postupu operace. Je výhodné provádět operaci pod clonou DTPA.

3.2.5 Postup při povrchové kontaminaci

Okolnosti expozice

Kontaminace povrchu těla může být doprovodným jevem nehod vedoucích k vnitřní kontaminaci prostřednictvím mechanismů uvažovaných na straně 19. Při některých provozních poruchách (např. při poruše těsnosti rukavic při práci v rukavicové skříně) může být kontaminace rukou v popředí zájmu a na její odstranění – po vyloučení vnitřní kontaminace – je třeba soustředit hlavní pozornost. Potřeba dekontaminace kůže vzniká i při běžném provozu v rámci požadavku, aby kontaminace kůže – pokud se jí nepodařilo předejít – byla odstraňována co nejdříve, tj. na nejnižší dosažitelnou úroveň.

Dozimetrické posouzení

K měření kontaminace povrchu těla je k dispozici řada komerčních přístrojů, jimiž je třeba průběžně sledovat účinnost povrchové dekontaminace. Je třeba vědět, že pro zjišťování kontaminace zářiči alfa a nízkoenergetickými zářiči beta (^3H , ^{14}C) nelze použít běžnou sondu beta-gama. Vedle toho v průběhu dekontaminace při zamoření zářiči alfa musí být kůže před každým měřením důkladně vysušena (např. horkovzdušným vysoušečem, fénem). Při měření je třeba pátrat po „horkých místech“ s využitím hliníkových fólií

s okénky 16 cm², 9 cm², 4 cm², 1 cm². Nezapomenout na proměření okolí nosu, úst, očí, uší. Rozsah a stupeň kontaminace je třeba zaznamenat, nejlépe schematicky zakreslit.

První pomoc, lékařské ošetření

a) Nejprve se opláchnou vodou nejvíce zamořené části těla, tj. zejména ruce a předloktí, a myjí se s použitím tampónů, běžných saponátů (typu např. Jaru), šampónu nebo dekontaminačního mýdla (s kyselým pH). Obyčejné alkalické mýdlo není pro dekontaminaci vhodné.

- Tampóny se uchovávají pro dozimetrickou kontrolu. Při sprchování se dbá zejména na to, aby obličej byl opláchnut velkým množstvím vody při zavřených očích a ústech.
- Zamořené části těla se omývají teplou vodou, běžným saponátem, šampónem nebo dekontaminačním mýdlem (2–3 min.), opláchnou se vodou a osuší se papírovým ručníkem, případně horkovzdušným vysoušečem. Proveďte se dozimetrická kontrola a podle potřeby se postup opakuje, případně s použitím měkkého kartáče tak, aby nebyla porušena celistvost kůže (např. aby nevznikly oděrky).
- Je-li třeba v dekontaminaci pokračovat a je-li znám kontaminant, oplachuje se zamořené místo neutrálním roztokem netoxického stabilního izotopického nosiče, např. chloridu strontnatého, jodidu draselného.
- Při kontaminaci plutoniem, transurany, vzácnými zeminami a směsí štěpných produktů je vhodné použít 1% roztok kyseliny dietylentriaminopentaoctové (DTPA), o pH 3–5, při kontaminaci uranem roztok hydrogenuhličitanu sodného, při kontaminaci stronciem rhodizonát draselný nebo sodný, při kontaminaci těžkými kovy 1% roztok kyseliny etyléndiaminotetraoctové (EDTA) o pH 7–8.
- Z dalších prostředků lze k dekontaminaci použít 1% roztok kyseliny citrónové. Tampón napojený tímto roztokem se přiloží na kontaminované místo na dobu 2–3 minut. Roztok nesmí přijít do kontaktu se sliznicí. Místo se pak opláchnou vodou.
- Radikálnějším prostředkem je nasycený roztok manganistanu draselného (KMnO₄) smíšený s roztokem kyseliny sírové (H₂SO₄) o koncentraci 0,1 mol/l. Po skončené dekontaminaci lze provést odbarvení kůže disiřičitanem didraselným (metasulfitem draselným K₂S₂O₅) 18 g do 400 ml vody. Zabránit kontaktu s oční spojivkou a sliznicí.
- Dekontaminace se přeruší, mohla-li by být dalším úsilím o dekontaminaci porušena celistvost pokožky, bylo-li zamoření sníženo pod mez citlivosti měřicí metody, bylo-li dosaženo hodnot stanovených pro dané pracoviště jako přijatelná úroveň plošné aktivity pro povrch těla*) a nevedou-li opakované dekontaminační postupy k dalšímu snižování kontaminace.

Po skončení dekontaminace se aplikuje vhodná ochranná mast (pleťový krém).

Pro ošetření povrchové kontaminace některých částí těla platí zvláštní zásady :

- Vlasatá část hlavy a vousy se dekontaminují šamponováním. Ostříhání se provede jen v nevyhnutelném případě.

*) Není-li stanoveno jinak, lze užít hodnoty uvedené v tab. 1 a 2, přílohy 2, vyhl.č. 307/2002 Sb. Podle třídy toxicity se tyto směrné hodnoty liší. 3 kBq/m². Pro třídu nejtoxičtejších radionuklidů 1 platí 3 kBq/m². Pro každou vyšší třídu směrná hodnota o řád stoupá až do 30 000 kBq/m² pro třídu 5 (tritium, ³⁵S aj.)

- Nehty je třeba šetrně ostříhat. Povrchový film nehtové ploténky je v případě potřeby možno jemně seškrábnout nožem.
- Při kontaminaci okolí nosu je třeba zajistit vedle dekontaminace kůže také odběr nosního sekretu buď vysmrkáním, nebo nosním výtěrem. Další očistu je možno provést i výplachem nosu. Protože kontaminace nosu znamená vždy podezření z vnitřní kontaminace, postupuje se dále podle zásad odstavce „Postup při vnitřní kontaminaci vdechnutím, popřípadě požitím“.
- Také kontaminaci okolí úst je třeba pokládat za příznak možné vnitřní kontaminace. Vedle důkladného výplachu úst je třeba vyčistit chrup zubním kartáčkem a pastou.
- Při kontaminaci v okolí oka je třeba po dekontaminaci kůže v okolí vypláchnout spojivkový vak nadměrným množstvím vody.

Nepodaří-li se provést dekontaminaci kůže vlhkými postupy, je vhodné přikrýt zasažený okresek kůže obvazem. Na ruce lze navléknout bílé nitěné rukavice, přes ně gumové rukavice a ponechat několik hodin (přes noc). Zpravidla se tím dále uvolní část ulpívajících radioaktivních látek. Kůži zbavenou ochlupení lze také překryt leukoplastí. Její odstranění po několika hodinách může vést k odstranění části zbytkové kontaminace. Tento postup může být opakován. Zrohovatělé okrsky kůže dlaňové plochy rukou a plosek nohou mohou být zbaveny části zbytkové kontaminace jemným šetrným obroušením nepoškozujícím kontinuitu kůže.

Pro efektivní provedení dekontaminace většího počtu postižených je třeba ustanovit „dekontaminační linku“, která obsahuje přesně definované úkony:

1. V první fázi se vyčleňují kontaminované a nekontaminované osoby. Kontaminovaní postupují do další fáze. Nekontaminovaní jsou z dalších postupů vyloučeni. Toto zjištění se provádí klasickým radiometrem. Hranicí pro provedení dekontaminace je přesažení zásahové úrovně. V případě počtu kontaminovaných osob vyšších, než je kapacita dekontaminačního místa, je hranice pro provedení dekontaminace pragmatickým způsobem upravena.
2. Dále jsou kontaminované osoby svlečeny a dvojnásobně osprchovány za použití detergentů.
3. Poté se opět provádí radiometrická kontrola vlastního dekontaminačního postupu. Je zcela nezbytné, aby jí prováděl nejzkušenější dozimetrista, jelikož musí odlišit vnitřně kontaminované od neúspěšně zevně dekontaminovaných osob. Přítomnost vnitřní kontaminace lze osvětlit přímo měřením stěru z dutiny ústní nebo nosní.
4. V případě pozitivního nálezu, jsou indikovány výplachy dutiny ústní a nosní, hltanu a spojivkového vaku.
5. Následně jsou vnitřně kontaminovaní odesíláni na Klinikum nemocí z povolání, Na Bojišti 1, Praha 2 (viz str. 35).

3.2.6 Postup u konvenčních traumatologických případů spojených s kontaminací povrchu těla

Do této skupiny patří taková postižení vzniklá nehodou na pracovištích se zdroji ionizujícího záření, kdy naléhavost ošetření a zdravotnické pomoci je určována poruchou zdraví v důsledku působení faktoru termických, mechanických, chemických apod. První pomoc na pracovišti se poskytuje podle obecných zásad pomoci při úrazech s důrazem na

udržení životně důležitých funkcí. Další odsun bývá zajišťován prostředky rychlé zdravotnické pomoci a definitivní ošetření se poskytuje často na odděleních a klinikách, které nemají zkušenosti s hodnocením radiačního rizika a s opatřeními při kontaminaci. Vždy má přednost udržení základních životních funkcí před dekontaminací pacienta

Pokud postižení přicházejí z pracovišť se zdroji záření nebo z jaderných zařízení, mohlo by nesprávné hodnocení radiačního rizika a z toho vyplývající nejistota a váhavý postup ohrozit život postiženého, nebo způsobit nezdůvodněný odklad ošetření. Je proto třeba řídit se těmito zásadami:

a) Ošetření osob, které byly vystaveny zevnímu ozáření, např. rentgenovému nebo gama, a to i v úrovních vyvolávajících obavy z časných zdravotních důsledků, není spojeno s naprosto žádným rizikem pro ošetřující personál. Zevní ozáření svazkem neutronů může za určitých podmínek indukovat v těle radioaktivitu. Tohoto jevu lze využít diagnosticky, neznamená však ohrožení ošetřujících.

b) Za určitých okolností jsou k ošetření náhlých poruch zdraví odesílány osoby, u nichž je zároveň přítomna kontaminace povrchu těla nebo oděvu radioaktivními látkami a u nichž pro naléhavost stavu nebo z jiných důvodů nebyla provedena dekontaminace před předáním k odsunu. Jsou-li **ohroženy základní životní funkce**, provádí se neodkladné ošetření, popřípadě odsun a následné ošetření před zahájením dekontaminace. K ochraně před šířením kontaminace se užívá improvizovaných prostředků (plastických folií aj.). **Nelze očekávat takové ozáření ošetřujících, které by mohlo zdůvodnit odmítnutí neodkladného ošetření těchto pacientů.** Dle možností se přitom využívá informací a pokynů vyplývajících z výsledků dozimetrie. Po skončení ošetření je třeba ovšem vždy provést následnou dozimetrickou kontrolu dopravního prostředku a prostorů, kde se ošetření poskytovalo, a provést jejich očistu. Je proto účelné při dopravě i během ošetření překrýt improvizovanými prostředky plochy, s nimiž přijdou kontaminované části těla a oděvu do styku.

c) **U konvenčních traumatologických případů (mechanických, termických aj.)**, spojených s kontaminací povrchu těla, kde konečné ošetření není bezprostředně naléhavé (např. u zlomeniny), je účelné postupovat diferencovaně. Zásadně platí, že tyto případy se předávají k definitivnímu ošetření po provedení dekontaminace, takže během odsunu ani ošetření nejsou potřebná žádná omezení z hlediska ochrany ošetřujících zdravotníků. Je třeba zdůraznit požadavek šetrného postupu u postiženého a možnost aplikace utišujících prostředků a analgetik. U otevřených poranění na pracovištích s radioaktivními látkami, i když nebyly způsobeny předměty a nástroji hrubě kontaminovanými, je třeba prozkoumat možnost podle zásad uvedených v oddíle „Postup při vnitřní kontaminaci vdechnutím, popřípadě požitím“.

3.3 Vybavení pohotovostního stanoviště pro poskytování první pomoci při kontaminaci radioaktivními látkami

Přenosné dozimetrické přístroje pro měření beta-gama a alfa-beta kontaminace. Přenosný magnetofon pro záznam výpovědí a usnadnění dokumentace. (Jiné pomůcky k audiovizuální dokumentaci se neuskładňují, ale zajistí se jejich dostupnost v případě nehody).

Ochranné oděvy pro osoby poskytující první pomoc a provádějící dekontaminaci: pláště, kombinézy, ochranné zástěry, čepice, respirátory, ochranné obličejové štítky, rukavice nitěné i gumové (chirurgické i technické, některé delší), návleky na obuv, galoše.

Obvazový materiál, pomůcky k ošetření: tampóny, obvazy, leukoplast, Esmarchovo obinadlo (k podvazu končetiny), nůžky, pinzeta, Péanovy klíštky, holící strojek, oční kapátko, pohárky k výplachu úst.

Drobné pomůcky : zápisníky, tužky, fixy, samolepicí štítky, lepicí páska, čistící páska, čistící prostředky včetně saponátových přípravků.

Zásoba čistých pracovních oděvů a příkrývek pro postižené.

Nádoby, pytle a fólie na kontaminovaný materiál, filtrační papír, papírové ručníky, nádoby a sáčky na biologický materiál a na jiné vzorky, roztok kyseliny chlorovodíkové (HCl) v koncentraci 1 mol/l jako přísada ke sbírané moči.

Je na zvážení každého zdravotnického střediska mít ve výbavě profylaktické farmaceutické přípravky. Tyto mohou být podávány při podezření na vnitřní kontaminaci. Pokud příslušné zdravotnické středisko zabezpečí urychlený transport kontaminovaných na Klinikum nemocí z povolání VFN a 1. LF UK, Na Bojišti 1, Praha 2, není nutné vyžadovat vybavení zdravotníka prvního kontaktu všemi níže uvedenými přípravky a jejich analogy. Vybavení těmito prostředky záleží na typu a rozsahu prací s radioaktivními látkami. Níže jsou uvedené příklady přípravků, jež lze zvážit:

- Aktivovaný síran barnatý, například přípravek MICROPAGUE (Braun, D), tabl.;
- Diuretika pro rychlou eliminaci radionuklidů, například FUROSEMID FORTE (Zentiva, CZ), tabl. à 40 mg;
- D-penicilamin jako chelátotvorné činidlo pro zejména kovové radionuklidy, například prostředek METALCAPTASE (Heyl, D), tabl. à 300 mg;
- Alginát sodný, například přípravek GAVISCON (Reckitt Benckiser Healthcare, UK);
- Chelátotvorný prostředek pro dvoumocné radionuklidy, například DITRIPENTAT-DTPA (Heyl, D), amp. 5x5 ml;
- Berlínská modř vážící cesium a thalium, například RADIOGARDASE-CS (Heyl, D), caps.;
- Kompetitivní inhibitor vychytávání radiojódů štítnou žlázou, například JODID DRASELNÝ (VÚLM, SR) Tabl..

Je také vhodné mít ve výbavě projímadlo k urychlení střevní pasáže v případě požití radionuklidů.

Dekontaminační prostředky (roztoky je třeba periodicky obměňovat): běžný detergent (např. Jar), šampon na vlasy, dekontaminační (kyselé) mýdlo, tampóny, měkké kartáčky, zubní kartáček, zubní pasta

- 1% roztok kyseliny citrónové,
- tekuté abrazivní mýdlo, např. Neodekont (fy Decomkov)
- nasycený roztok manganistanu draselného (KMnO_4),
- roztok kyseliny sírové (H_2SO_4) v koncentraci 0,1 mol/l
- disiričitan didraselný (metabisulfit $\text{K}_4\text{S}_2\text{O}_5$), navážky po 18 g naedit před použitím 400 ml vody.

V provozech s možností závažné kontaminace je vhodné připravit ještě roztoky ke specifickému použití podle charakteru radioaktivní látky, s níž se pracuje:

- roztoky stabilních izotopických nosičů jednotlivých radionuklidů;
- při práci se stronciem: rhodizonát draselný nebo sodný;
- při práci s uranem: hydrogenuhličitan sodný k přípravě roztoku;
- při práci s těžkými kovy: 1% roztok kys. etyléndiaminotetraoctové (EDTA) o pH 7–8;
- při práci s transurany a směsí štěpných produktů: 1% roztok kyseliny dietyléntriaminopentaoctové (DTPA) o pH 3–5.

3.4 Pokyny pro sběr stolice a moči (návrh textu letáčku pro pacienta)

Informace získané sběrem moči a stolice mohou být rozhodující pro posouzení stupně vnitřní kontaminace. Uvědomělá spolupráce postiženého je při tom nezbytná, neboť jen úplný a pečlivě dokumentovaný sběr po dobu několika dní může poskytnout maximum informací.

Sběr moči

První vzorek se získává co nejdříve po nehodě, a to tak, aby nedošlo ke zkreslení výsledků vlivem druhotné kontaminace vzorku. K tomu může přispět použití čistých gumových rukavic při vymočení.

Moč se sbírá do skleněných nebo polyetylénových lahví. Dle možností se do každé láhve vlije předem 10 ml kyseliny chlorovodíkové (HCl) v koncentraci 1 mol/l k zábraně sorpce kontaminantu na stěnu nádoby. Každá láhev se označí zřetelně a nezaměnitelně jménem, datem a hodinou odběru.

Ve sběru se pokračuje v prvních 24 hodinách po nehodě tak, že se sbírá všechna moč v 6-ti hodinových intervalech, později se slučují všechny dávky moči za 24 hodin. Vzorky moči se předávají do laboratoře po ranním vymočení.

Pokud není pro období víkendu stanoveno jinak, odevzdávají se tři řádně označené celodenní objemy moči do laboratoře v pondělí ráno.

Sběr stolice

Sběr stolice může být v některých případech (u nerozpustných forem radionuklidů emitujících částice alfa) jediným zdrojem informace o závažnosti vnitřní kontaminace. Je proto třeba splnit požadavky na úplný sběr stolice během několika dní (72–96 hodin) po nehodě, i když to přináší postiženému nepohodlí. Sběr se provádí zpravidla do nádob (krabic) s vloženým polyetylénovým sáčkem, při tom je důležité pokaždé zachytit celou stolicí. Nádoby se stolicí (každou dávku zvlášť) označené jménem, datem a hodinou vyprázdnění se odevzdávají do laboratoře příští den ráno. Během víkendu je výhodné uskladnit nádoby se stolicí v chladicím zařízení a odevzdat je k vyšetření v pondělí ráno.

4. Postupy držitele povolení při mimořádné události na pracovišti a zásady organizačního zajištění zdravotnické pomoci

System zdravotnické pomoci při nehodách a mimořádných událostech se zdroji záření vyžaduje zpracování rozhodovacího schématu, jímž se oddělí případy, jejichž závažnost nezdůvodňuje aktivaci složek pomoci mimo vlastní pracoviště a případů ostatních, které je třeba hlásit Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost a kde může nastat potřeba provádět opatření ve spolupráci s dalšími složkami. Vodítkem pro takové rozhodování může být schéma 1. V případech omezených na opatření na úrovni držitele povolení k nakládání se zdroji záření je držitel povolení povinen ve smyslu § 19, zákona č. 18/1997 Sb. plnit přiměřeně úkoly uložené tímto ustanovením, popřípadě ustanoveními o monitorování na pracovištích vymezených v §§ 75–77 vyhlášky č. 307/2002 Sb. V těchto případech není zpravidla zdůvodněno vyhledat pomoc lékaře. Na větších zařízeních (jaderných elektrárnách apod.) kde je k dispozici zařízení závodní zdravotní péče však může být účelné i v jednodušších případech informovat a konzultovat lékaře např. při odstraňování povrchové kontaminace kůže odolávající běžným postupům.

Schéma č. 1

Postupy držitele povolení při mimořádné události na pracovišti

referenční úrovně: zevní: $E < 20 \text{ mSv}$, $H_T < 150 \text{ mSv}$

vnitřní: $E < 6 \text{ mSv}$

překročení referenčních úrovní lze vyloučit

- *opatření u zdroje, zajištění monitorování*
- *v případě rozptýlení radionuklidů dekontaminace povrchů*
- *vyhodnocení a závěry v souhrnném hlášení SÚJB do jednoho měsíce*

překročení referenčních úrovní možné

- *opatření u zdroje, zajištění monitorování*
- *v případě rozptýlení radioaktivních látek dekontaminace, podání profylaktických prostředků, sběr biologického materiálu*
- *zajištění zdravotnické pomoci:*
pracovníci závodní zdravotní péče (první pomoc, dekontaminace, sběr biologického materiálu)
územní zdravotnické zařízení, nemocnice (zpravidla při konvenčních traumatech bez potřeby specifických postupů)
sřediska speciální zdravotní péče - dle Věstníku MZ ČR, částka 12, ročník 2003 (zpr. po konzultaci se SÚJB nebo SÚRO)
- *podání hlášení SÚJB, zaslání zprávy o vyhodnocení příčin a přijatých závěrech SÚJB (§ 84 vyhl. č. 307/2002 Sb., § 17 vyhl. č. 318/2002 Sb.)*

Přesáhne-li odhad dávek obdržených účastníky nehody hodnoty stanovené pro hlášení SÚJB, držitel povolení postupuje přiměřeně podle bodů uvedených na schématu č. 1. Mohou nastat také případy, kdy hlášení držitele složkám SÚJB nebude založeno na překročení dávkových kritérií, ale kdy se držitel bude řídit poměrně neurčitým ustanovením písm. j) § 17 zákona č. 18/1997, které ukládá oznamovat bezodkladně složkám SÚJB každou změnu nebo událost důležitou z hlediska jaderné bezpečnosti, radiační ochrany apod.

Ve schématu 1 je uvedeno mj. vodítko pro případné usměrnění postižených osob k lékařskému ošetření. Protože v těchto případech je podáno hlášení SÚJB, je možno okolnosti spojené s odesláním k lékařskému vyšetření konzultovat s tímto orgánem.

Z hlediska lékařské pomoci je třeba zejména včas identifikovat stavy ohrožující zdraví deterministickými projevy poškození záření. Vodítkem k tomu může být tab. 5., použitá sice ve vyhlášce č. 307/2002 Sb. v jiné souvislosti, ale dobře aplikovatelná i při ozáření jednotlivců, neboť dávky uvedené v tabulce představují – i když spíše konzervativně – dolní hranici prahových dávek pro nejvýznamnější deterministické účinky. Osoby, u kterých by obdržené dávky činily významný zlomek těchto hodnot, jsou plně indikovány k odeslání do specializovaného zařízení.

Tab. 6:

(tab. 1 příl. 8 vyhlášky č. 307/2002 Sb.): Úrovně, při jejichž překročení se očekává, že zásah bude proveden za jakýchkoliv okolností

Orgán , tkáň	Předpokládaná(očekávaná) efektivní nebo ekvivalentní dávka ^{a)} [Gy]
Celé tělo	1 ^{b)}
Plíce	6
Kůže	3
Štítná žláza	5
Gonády	1

^{a)} Hodnota, o které se předpokládá, že bude obdržena v průběhu méně než dvou dnů

^{b)} Možnost bezprostředního poškození plodu při předpokládaných dávkách větších než zhruba 0,1 Gy se musí vzít v úvahu při zdůvodňování a optimalizaci aktuální zásahové úrovně pro neodkladná opatření.

Na schématu č. 2 je uvedena oblast koordinační, popřípadě konzultační funkce SÚJB ve spolupráci se Státním ústavem radiační ochrany (SÚRO). Pro informaci držitelů povolení je na schématu č. 3 uveden přehled zdravotnických pracovišť, které byly Věstníkem MZ částka 12/2003 určeny jako místa poskytující specializovanou lékařskou pomoc při radiačních nehodách (viz také § 46, odst. (2) zákona č. 18/1997 Sb.).

Schéma č. 2

Koordinační a konzultační funkce SÚJB ve spolupráci se SÚRO se po přijetí hlášení o radiační nehodě zaměřuje na:

- **stanovení obdržených ekvivalentních dávek popřípadě příjmů radioaktivních látek**
- **prognóza ohrožení deterministickými projevy**
- **spolupráce se specializovanými zdravotnickými zařízeními**

Byly vysvětleny zásady pro odesílání osob postižených při nehodách k lékařskému vyšetření. Jde nyní o to, **jak zdravotnickou pomoc podle těchto zásad organizačně zajistit**. Tento úkol je přitom třeba řešit s přihlédnutím k tomu, že neplatí nadále dřívějších podmínky, kdy zdravotnická zařízení byla spravována výlučně státem. Ambulantní lékařská péče je poskytována soukromými zdravotnickými zařízeními a také řada lůžkových zařízení je privatizována. Občan má právo svobodné volby lékaře.

Zajištění zdravotnické pomoci pro případ nehody musí odpovídat této situaci. Ucelený systém opatření lze očekávat zřejmě jen ve velkých jaderných zařízeních, k nimž patří především jaderné elektrárny. Tam je výkon závodní zdravotní péče zajištěn smluvně mezi vedením závodu a příslušným subjektem. Přiměřeně je přitom řešena i lékařská pohotovost pro období nočních směn. K úkolům pracovníků závodní zdravotní péče patří i účast na přípravě traumatologických plánů a na nácviku pomoci při nehodách. Jejich kvalifikaci k těmto specifickým činnostem je třeba udržovat cyklickou odbornou přípravou.

Schéma č. 3

Přehled Středisek speciální zdravotní péče (SSZP) poskytujících podle Věstníku MZ částka 12/2003 speciální lékařskou pomoc osobám ozářeným při radiačních nehodách

- **SSZP při Klinice popáleninové medicíny FN Královské Vinohrady , Šrobárova 50, 100 34 Praha 10, - při podezření na lokální ozáření, ohrožující pacienta rozvojem akutní kožní reakce.**
- **SSZP při Klinice nemocí z povolání VFN a 1. LF UK , Na bojišti 1, 120 00 Praha 2. - při podezření na vnitřní kontaminaci radioaktivními látkami a při indikaci diagnostické hospitalizace (např. při celotělovém ozáření dávkou pod 1 Gy) .**
- **SSZP při Oddělení klinické hematologie II. interní kliniky FN v Hradci Králové, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové, při podezření na zevní ozáření celotělovou dávkou převyšující 1 Gy**
- **SSZP při Thomayerově FN, Oddělení lékařské genetiky, Vídeňská 800, 140 59 Praha 4 – Krč, provedení a vyhodnocení cytogenetických vyšetření lymfocytů periferní krve ozářených osob a určení ekvivalentu celotělové dávky ionizujícího záření**

Konvenční traumatologické případy jsou odesílány především do zařízení okresního nebo regionálního významu. Je ovšem účelné zajistit vhodnou instruktáží zdravotníků jejich připravenost na ošetřování případů odesílaných z jaderného zařízení. Lékaři a jejich spolupracovníci by měli být poučeni jak postupovat např. u kostní zlomeniny, když pacient upozorní na možnost kontaminace částí těla nebo oděvu radioaktivní látkou, která z jakýchkoliv důvodů nebyla odstraněna před odsunem do nemocnice. V této souvislosti je třeba upozornit na pravidlo, že život ohrožující výkony se ošetřují bez ohledu na možnou povrchovou kontaminaci pacienta, neboť nelze očekávat takové ozáření ošetřujících osob, které by zdůvodnilo odmítnutí neodkladného ošetření. Instruktáž by měla mj. přispět k racionálnímu pohledu na rizika ozáření a zbavit personál případných nezdůvodněných obav týkajících se ošetřování pracovníků jaderné elektrárny.

V havarijních plánech jaderných elektráren je pamatováno i na vážné případy, kdy ozáření při nehodě může bezprostředně ohrozit život nebo zdraví. Pro tyto situace mohou jaderné elektrárny uzavírat dohody s pracovišti poskytujícími specializovanou lékařskou pomoc při radiačních nehodách (schéma 3).

Zabezpečení stanovených úkolů na jednotlivých stupních pomoci se děje především prostřednictvím traumatologických plánů. Důležité je pravidelné proškolení pracovníků včetně praktického nácviku zvládnutí úkolů v mimořádných situacích. Taková havarijní cvičení se provádějí podle povahy pracoviště jednou až dvakrát do roka a účastní se jich také zdravotničtí pracovníci

Výše uvedená opatření k zajištění lékařské pomoci platná pro velká jaderná zařízení nelze aplikovat na malá pracoviště, která mají nevelký počet pracovníků, popřípadě kde radiační nehoda vyžadující konzultaci lékaře je málo pravděpodobná. U větší části těchto pracovišť nelze očekávat uzavírání dohod či smluvních vztahu se zdravotnickými zařízeními. Přitom se bere v úvahu, že ošetření v územním zdravotnickém zařízení, popřípadě na specializovaném pracovišti není zásadně podmíněno smluvním vztahem a pacient nebude odmítnut. Protože v těchto případech půjde vždy o nehodu spojenou s povinností hlášení některé složce SÚJB, lze využít možnost konzultace s odborníky tohoto úřadu.

Je třeba také upozornit na možnost, že lékař se při své běžné léčebné činnosti setká s klinickým obrazem (např. lokálním poškozením kůže) vyvolávajícím v rámci diferenciální diagnózy podezření na radiační etiologii, nebo že o pomoc po nehodě požádá postižený za okolností, kdy není zřejmé zda nehoda byla ohlášena. V těchto situacích je ošetřující lékař povinen ohlásit své zjištění ohledně podezření na nehodu či mimořádnou událost některé ze složek SÚJB, která zahájí potřebné šetření.

5. Opatření k ochraně obyvatelstva v případě havárií vedoucích k úniku radioaktivních látek do životního prostředí

Do roku 1986 byla otázka havárií reaktorů jaderných elektráren s významnými důsledky pro okolí pokládána více méně za akademickou na základě závěrů bezpečnostních analýz, ukazujících na velmi malou pravděpodobnost nehod velkého rozsahu. Zásadní přehodnocení postoje odborníků i veřejnosti vyplynulo z katastrofy v Černobylu, kdy bylo radioaktivní kontaminací závažně postiženo široké okolí havarované elektrárny a kdy bylo třeba přikročit k opatřením náročným organizačně i ekonomicky.

Poté v roce 1987 došlo v brazilském městě Goiánii k jiné závažné havárii. Nepoučení sběrači kovového šrotu manipulovali s opuštěným radioterapeutickým zářičem ^{137}Cs o aktivitě něco přes 50 TBq. Obsah kovové kapsle ve formě práškovitého chloridu cesia se rozptýlil po celé městské čtvrti. Muselo být proměřeno přes 112 000 lidí, 20 obětí postižených akutní nemocí z ozáření bylo hospitalizováno, 4 lidé zemřeli. Obě tyto události ukázaly, že je třeba reálně počítat s možností ohrožení obyvatel radioaktivními látkami rozptýlenými do životního prostředí, a že takový únik může nastat z různých zdrojů a za nepředvídaných okolností.

V řadě států, zejména těch, kde pracují jaderné elektrárny, jsou zpracována opatření pro případ havárií postihujících obyvatelstvo. Taková opatření jsou připravena i pro naše podmínky a jsou zakotvena v nové legislativě, jak je uvedeno výše. K porozumění smyslu opatření omezujících důsledky nehody je třeba nejprve objasnit mechanismy, kterými je zprostředkováno ozáření lidí v těchto havarijních situacích.

5.1 Cesty ozáření obyvatel při rozptýlení radioaktivních látek do životního prostředí

Důležité cesty expozice lidí při nehodě postihující okolí jaderného energetického zařízení jsou :

- zevní ozáření z poškozeného zařízení (tato složka může mít význam jen v bezprostředním okolí havarovaného reaktoru),

- zevní ozáření z mraku uvolněného radioaktivního materiálu (především pronikavé záření gama), inhalace radioaktivních látek z ovzduší s možností následného vstřebávání do těla (radioaktivní látky ve formě plynů, par, aerosolů),
- zevní ozáření z deponie radioaktivních látek na zemi (především pronikavé záření gama),
- kontaminace povrchu těla a oděvu (především působení záření beta),
- požití potravy a vody kontaminované radioaktivními látkami.

Únik radioaktivních látek předpokládá **porušení celistvosti bariér** bránících pronikání štěpných produktů z palivových článků. Takovou bariérou jsou už kovové povlaky palivových elementů, konstrukce potrubí a armatur primárního okruhu a dále speciální systémy lokalizace, k nimž patří soustava hermetických boxů a popřípadě plnotlaká ochranná obálka (kontejnment). Při poruše těsnosti bariér v průběhu havárie pronikají do prostředí radioaktivní látky v závislosti na jejich **těkavosti**. K unikajícím radioaktivním látkám tak patří především radioaktivní vzácné plyny (s relativně krátkým poločasem přeměny), které se významně podílejí na ozáření lidí z radioaktivního mraku. Mezi další radionuklidy snadno přecházející do prostředí patří radioizotopy jódu a cesia. Z radioizotopů jódu je nejvýznamnější ^{131}I , který má poločas přeměny 8,05 dne, takže jeho setrvávání v prostředí je poměrně krátkodobé. Do organismu proniká především z radioaktivního mraku inhalační cestou a po vstřebávání do vnitřního prostředí se akumuluje ve štítné žláze. Působí také zevní ozáření z mraku a z deponie na zemi. Významná je i jeho přítomnost ve složkách potravy, např. prostřednictvím řetězce píse-skot-mléko-člověk. Z izotopů cesia je významné ^{137}Cs s poločasem 11 000 dní a ^{134}Cs s poločasem 750 dní. Tyto radioizotopy se uplatňují zevním ozářením gama z deponie na zemi a ozařováním z ingesce kontaminovaných potravin. Vzhledem k dlouhému poločasu přeměny se ^{137}Cs vyskytuje ve složkách potravy i řadu let po průniku do prostředí.

Pro výběr a řízení opatření v případě úniku radioaktivních látek do okolí se rozlišují tři období průběhu havárie :

- časné,
- střední,
- pozdní (nápravné).

Časné období začíná zajištěním technické poruchy hrozící dalším rozvojem havárie a zahrnuje několik prvních hodin po začátku úniku. Rozhodování o protiopatřeních se opírá v té době pouze o data, která jsou v daném okamžiku dostupná na jaderném zařízení. Obyvatelstvo v nejbližším okolí zařízení je v časné fázi ohroženo především zevním ozářením z radioaktivního mraku a inhalací radioaktivních látek.

Středním (následným) obdobím se rozumí časový úsek od několika hodin do několika dní po začátku úniku radioaktivních látek. Předpokládá se, že během tohoto období skončí unikání radioaktivních látek do okolí a také deponie radioaktivních látek na zem. Hlavní ohrožení obyvatelstva spočívá v tomto období v zevním ozáření gama z deponie na zem a ve vnitřním ozáření způsobeném požitím kontaminované potravy a vody. Pro rozhodování o protiopatřeních působí ve středním období příznivě dvě okolnosti. Předně jsou k dispozici pevnější podklady pro vymezení zasaženého území a pro posouzení úrovně ozáření obyvatel v jednotlivých jeho částech na základě výsledků měření provedených v terénu podle plánu havarijního monitorování. Za druhé je v této době plně rozvinuta činnost skupin odborníků, kteří byli svoláni podle pokynů havarijního plánu.

V pozdním (nápravném) období se přijímá rozhodnutí o návratu k normálním životním podmínkám na zasaženém území.

5.2 Přehled opatření

V tabulce č. 2 je uveden přehled opatření a jejich použití ve vztahu k fázím radiační havárie. Jednotlivá opatření se přijímají tehdy, jestliže lze očekávat, že přinesou takovou úsporu dávek a s nimi spojených zdravotních škod, jež převýší významem nepříznivé důsledky zavedeného opatření.

Ukrytí obyvatel spočívá v pobytu uvnitř domů za současného uzavření nebo i přídatného utěsnění oken a dveří a při vypnutí případné ventilace (klimatizace). Podle okolností může být při ukrytí vhodná i ochrana dýchacích cest buď plynovou maskou s účinným filtrem, nebo improvizovaně vlhkou rouškou. Ukrytí sníží dávky ze zevního ozáření z oblaku 2 až 10krát (redukční faktor 0,5–0,1), podle charakteru stavby (dřevo, beton). Vůči zevnímu záření z deponovaných radioaktivních látek je stínění v domech ještě poněkud účinnější. Ukrytí není spojeno s významnými nepříznivými důsledky, pouze při delším pobytu vytváří nepohodu a zásobovací, zdravotní a jiné problémy, lze však kombinovat s krátkými vycházkami.

Ochrana povrchu těla má význam při pobytu na volném prostranství. K ochraně před povrchovým zamořením slouží plášť nebo pláštěnka, boty, rukavice a ochrana hlavy. Dýchací cesty lze chránit plynovou maskou nebo improvizovaně.

Tab. 7. Přehled opatření a jejich použitelnost v jednotlivých fázích radiační havárie

Opatření	Fáze		
	časná	střední	pozdní
1. Ukrytí v domech	++	+	-
2. Podání jodidu draselného	++	+	-
3. Ochrana dýchacích cest	++	-	-
4. Ochrana povrchu těla	+	+	-
5. Evakuace	++	+	-
6. Dekontaminace osob	+	+	+
7. Přesídlení (evakuace ve středním období)	-	++	-
8. Kontrola pohybu osob	++	++	+
9. Usměrnování konzumu potravin	+	++	++
Převedení výkrmu dobytka na skladovanou píci	++	++	++
11. Dekontaminace terénu	-	+	++

++ použitelná a popřípadě zásadní metoda

+ použitelná metoda

- nepoužitelná metoda nebo metoda omezeného významu

Evakuace může být nejúčinnější ochranou proti ozáření při průchodu oblaku, je-li provedena včas a správným způsobem. Narušuje ovšem nejvíce život evakuovaných a zatěžuje přijímací lokality. Při rozhodování o ní musí být uvažována řada okolností spojených s vlastní havárií (rozsah, možný vývoj), evakuovanou skupinou (počet, speciální

skupiny v dětských zařízeních, nemocnicích, věznicích apod.), dostupnost evakuačních cest, prostředků a času, dostupnost přijímacích míst, podmínky meteorologické. Nutno počítat též s možnou samoevakuací lidí jako reakcí na falešné nebo nedostatečné informace. Evakuace ve středním období se označuje jako přesídlení (translokace) obyvatelstva a týká se oblastí, kde byly zjištěny vysoké příkony záření gama z depozitu radioaktivních látek na terén. Nejde o opatření prováděná narychlo, jde však o přesídlení lidí i na delší období.

Vyhláška č. 307/2002 Sb. uvádí v tab. 2 přílohy č. 8 směrné hodnoty zásahových úrovní pro neodkladná opatření a v tab. 3 téže přílohy směrné hodnoty zásahových úrovní pro následná opatření. Jsou vyjádřeny efektivní nebo ekvivalentní dávkou, kterou by obyvatel obdržel, kdyby opatření nebylo provedeno. Dolní a horní meze vymezují pásmo pro rozhodování dle místních podmínek. Pod tímto pásmem není vhodné opatření provádět v jakýchkoliv podmínkách, nad ním je opatření indikováno v každém případě.

Zásahové úrovně vycházejí z následujícího pořadí cílů radiační ochrany za havarijní situace:

1. vyloučení závažných deterministických účinků,
2. omezení individuálního rizika (pravděpodobnosti) stochastických účinků, tj. snížení individuálních efektivních dávkových ekvivalentů,
3. omezení zdravotní újmy společnosti, tj. kolektivního efektivního dávkového ekvivalentu.

Opatření v tabulce 2 přílohy 8 citované vyhlášky jsou zaměřena na první dva cíle, hledisko omezení kolektivních dávek vystupuje do popředí v následném období a je ošetřeno v tab. 3 téže přílohy. V následném období přichází v úvahu i regulace konzumu potravin. Tabulka č. 4 přílohy č. 8 vyhlášky stanovuje nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin pro radiační mimořádné situace, tab. č. 5 téže přílohy stanovuje nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin po přetrvávající ozáření po černobylské havárii.

5.3 Úkoly lékaře při zajišťování opatření u obyvatelstva

Osobnost lékaře je velmi důležitým článkem při realizaci souboru opatření k ochraně obyvatelstva při radiační havárii, jak o nich bylo pojednáno v předchozí stati. Po vyhlášení příslušného stupně opatření se jednotlivé akce provedou na základě připravovaného organizačního schématu. V průběhu akcí však s velkou pravděpodobností vznikne potřeba konzultovat lékaře např. ve věci hygienického režimu v místech ukrytí, při evakuaci, při stravování aj. Při ošetřování úrazů a běžných onemocnění se k lékaři mohou dostavit osoby s povrchovou kontaminací. Lékař bude přitom přiměřeně aplikovat zásady ošetření kontaminovaných osob, jak jsme je uvedli na str. 19. Ze specifických postupů musí věnovat zvláštní pozornost jódové profylaxi (v případě kontaminace radiojódem), zejména také proto, že připravovaná opatření by upravovala jen podávání první dávky jodidu draselného s tím, že o případném opakovaném podávání by se rozhodlo dodatečně podle aktuální situace.

Jódová profylaxe je namířena proti působení radioaktivního jódu, který je významnou součástí radioaktivního mraku uvolňovaného z havarovaného reaktoru. Radioaktivní izotopy jódu, zejména ¹³¹I, přecházejí v případě vdechnutí nebo požití do vnitřního prostředí a jsou vychytávány štítnou žlázou, kde se mohou hromadit ve vysoké koncentraci a vést k jejímu poškození. To by mohlo být jednak deterministického typu a spočívalo by v poklesu funkce štítné žlázy v časném nebo i pozdním období, jednak stochastického

typu ve formě benigních uzlů nebo rakoviny. Stabilní jodid draselný **blokuje specificky ukládání radiojodu** do štítné žlázy a uplatňuje se přitom i svým mechanismem izotopického ředění jako neaktivní konkurent radiojodu, ale i dalšími farmakologickými účinky.

Podání 50–300 mg stabilního jódu poskytuje téměř 100% ochranu, uskuteční-li se 1 až 6 hodin před očekávanou dobou příjmu (čím dříve je podán, tím je účinnost vyšší). Podá-li se KI až po příjmu radioaktivního jódu, účinnost se snižuje s prodlužováním intervalu a dosáhne méně než 50% při podání profylaktické dávky až 6 hodin po příjmu kontaminantu. Je však třeba myslet na to, že šíření radioaktivního mraku z havarovaného reaktoru může pokračovat i několik dní a podání KI může být v takových případech zdůvodněno i řadu hodin po prvním kontaktu s radioaktivním mrakem.

Z uvedených časových závislostí vyplývá významný požadavek na **organizaci distribuce** jodidu draselného obyvatelstvu. Profylaktický prostředek je třeba podat co nejdříve, nejpozději 2 hodiny po předpokládané době inhalace, v krajním případě do 6 hodin. Tam, kde je to možné, např. při uložení dávky KI v domácnostech v přiměřeném okruhu kolem jaderné elektrárny nebo při dodatečné distribuci KI ve vzdálených místech při pomalém šíření mraku, je nejlépe požit KI ještě před dobou očekávaného jeho průchodu.

Podávání tablet KI se předpokládá při úniku radioaktivních látek způsobujícím významnou kontaminaci území. Je plánováno pro všechny obyvatele v tzv. zóně havarijního plánování, tj. v oblasti v okolí jaderného zařízení nebo pracoviště, kde se nachází zdroj ionizujícího záření, v níž se na základě výsledků rozborů možných následků radiační havárie uplatňují požadavky z hlediska havarijního plánování, a to v těchto dávkách :

dospělí včetně těhotných žen a kojících matek,
mladiství od 13 let 2 tabl po 65 mg (130 mg)
děti ve věku 3 - 12 let 1 tabl po 65 mg (65 mg)
děti v rozmezí 1 měsíce až 3 let 1/2 tabl po 65 mg
(32 mg)
novorozenci do 1 měsíce 1/4 tabl po 65 mg (16 mg)

U věkové kategorie nad 45 let se toto opatření neprovede u lidí s prokázanou přecitlivělostí na jódové přípravky a s poruchou štítné žlázy léčenou v minulosti nebo v současné době.

Ke kontraindikacím je třeba dále počítat některé vzácné patologické stavy spojené s přecitlivělostí na jód, jako je dermatitis herpetiformis a hyperkomplementemická vaskulitida.

Podávání jodidu draselného novorozencům nebo matkám ve třetím trimestru gravidity by mohlo vést u novorozence k hypofunkci štítné žlázy, kterou by bylo třeba zajistit substituční léčbou. Proto je namístě vyšetřit u novorozence ve vhodné době po provedené profylaxi hladinu TSH a T₄.

Při pokračujícím úniku budou občané vyzváni k požití třetí, popřípadě čtvrté tablety po 24 a 49 hodinách. U novorozenců se další dávky nepodávají, u těhotných žen a kojících matek se podávají celkem jen dvě dávky.

Po upřesnění cesty šíření radioaktivního mraku a dozimetrickém průzkumu by mohla vzniknout potřeba podat profylaktickou dávku KI u části obyvatel i na vymezených vzdálenějších místech. Pro tento účel se předpokládá zajištění potřebné rezervy tablet KI.

Vedle výše uvedených úkolů odborně technického charakteru spočívá na lékaři neobyčejně závažný úkol uplatnit se jako jedna z autorit, na kterou se obracejí obyvatelé se svými dotazy a obavami. Aby lékař nezklamal důvěru lidí a mohl přispět k usměrnění jejich emotivních reakcí, musí být především sám náležitě poučen a o správnosti svých postojů přesvědčen. Základem jeho úvah jsou zákonitosti o vztahu dávky a účinku a znalost

přístupů k hodnocení rizika. Pokud jde o způsob jednání s lidmi v těžkých životních situacích, má lékař dostatečné zkušenosti, aby na základě empatického přístupu dovedl vhodně volit slova a dokázal jednat na úrovni situace.

Nelze v této souvislosti nepřipomenout problémy, které po havárii v Černobylu vznikly v SSSR i v řadě zemí postižených kontaminací. V nejednom případě se ukázalo, že lékaři nejen nedokázali zhodnotit z hlediska ohrožení zdraví obyvatelstva vzniklou situaci, ale sami nevhodně působili v individuálním styku (v západních zemích i ve sdělovacích prostředcích) na obyvatelstvo a přispěli k neracionálním emotivním postojům. Zasvěcený odborník by dokázal vysvětlit, že i když jsou přijímána opatření k ochraně obyvatel, může jejich předpokládané ozáření odpovídat úrovni, která nevzbuzuje obavy z bezprostředního ohrožení. Obavy se týkaly v mnoha případech plodu těhotných žen. Dávky plodu do 50–100 mGy by neměly být spojovány s obavami o nepříznivý výsledek těhotenství a následky u novorozence. Při dodržení kritérií pro ukrytí a evakuaci obyvatelstva se neočekává překročení těchto hodnot.

6. Použitá literatura a odkazy na zdroje detailních informací

1. Assessment and Treatment of External and Internal Radionuclide Contamination, IAEA-TECDOC-869, Vienna, 1996
2. Der Strahlenunfall, Informationsschrift zur Behandlung von Strahlenverletzten, Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern, 1992
3. Der Strahlenunfall, Ein Leitfaden für Erstmaßnahmen, Fischer, Stuttgart, 1996
4. Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Safety Reports Series No 2, IAEA, Vienna, 1998
5. Guidebook for the treatment of accidental internal radionuclide contamination of workers (a joint publication of the Commission of the European Communities and US Department of Energy), Radiation Protection Dosimetry, Vo. 41, No. 1, 1992 (s přehledem specifických antidot)
6. Guidelines for Iodine Prophylaxis following Nuclear Accidents, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 1989
7. Handbook of Health Physics and Radiological Health, Shleien B. ed., Williams and Wilkins, Baltimore, 1998 (section 5 – Emergencies: podrobnosti k dozimetrii a dekontaminaci)
8. Klener, V. a spol.: Nehoda vedoucí cestou kožního vpichu k vnitřní kontaminace ²⁴¹Am, Pracov. Lék. 39, 1987 č. 9, s. 385–389
9. Kunz, E. a kol.: Příručka lékaře o ochraně před zářením, Avicenum, Praha 1990 (zejm. str. 119–152)
10. Lokale Strahlenfolgen und Strahlenschäden an der Haut, Institut für Strahlenschutz, Köln, 1987 (barevně ilustrovaná publikace o akutních kožních změnách)
11. Lloyd, D.: The role of biological dosimetry in a radiological accident in the UK, in Medical Response to Effects of Ionising Radiation, Crosby, W..A and Gittus, J.H. Editors, Elsevier, 1989 (mj. kalibrační křivka pro odhad dávek z chromosomálních aberací).
12. Management of persons accidentally contaminated with radionuclides, NCRP Report No.65, Bethesda, Maryland, 1979 (s přehledem specifických antidot)
13. Medical Handling of Accidentally Exposed Individuals, Safety Series No. 88, IAEA, Vienna, 1988
14. Médecins et risque nucléaire, Conduit pratique en cas d' accident , Faculté de Médecine de Grenoble, 1992
15. Medizinische Maßnahmen bei Strahlenunfällen, Klausurtagung der Strahlenschutzkommission, 11.–13. November, 1992, Fischer, Stuttgart, 1994
16. Planning the Medical Response to Radiological Accidents, Safety Reports Series No 4, IAEA, Vienna, 1998
17. Příručka lékařské první pomoci při radiačních nehodách, překlad Safety series č. 47, Ústřední informační středisko pro jaderný program, Zbraslav, 1980 (mj. tabelární

přehled nejvýznamnějších radionuklidů s fyzikálními a radiotoxikologickými parametry)

18. UNSCEAR Report 1988, Annex G.: Early Effects in Man of High Doses of Radiation, and Appendix: Acute Radiation Effects of Victims of the Chernobyl Nuclear Power Accident (data instruktivní pro hodnocení a prognózu akutního syndromu)
19. What the General Practitioner (M.D.) Should Know about Medical Handling of Overexposed Individuals, IAEA-TECDOC-366, Vienna 1986.