

616-061.28-07-071.1

### HODNOCENÍ TLAKOVÝCH A TEPELNÝCH ÚČINKŮ ATOMOVÉHO VÝBUCHU V OKOLÍ ZASAŽENÉHO JAKO SOUČÁST ANAMNÉZY PŘI DIAGNÓZE NEMOCI Z OZÁŘENÍ V POLI

Podplukovník MUDr. Vlastimil HÁJEK, Vojenská nemocnice SNP v Ružomberku

Budoucí válka by byla nepochybně válkou jadernou, pro kterou je na obou stranách připraven dostatečný počet atomové munice [pro rok 1961 byl odhad 35 000 Mt štěpného materiálu pro každou stranu] (19, 35), která by byla použita od počátku konfliktu jak přímo na bojišti, tak daleko v zázemí. Náš potenciální protivník nemá a nebude mít ještě po několik let dosti strategických nosičů atomových střel [k 1. 1. 1962 měly USA 63 interkontinentálních střel, několik desítek nadzvukových bombardérů dalekého doletu, vedle 90 raket středního dosahu na pozemních základnách a 96 raket Polaris na ponorkách (20)]. I při dosažení plánovaného počtu balistických a interkontinentálních střel v druhé polovině tohoto desetiletí budou tyto schopny dopravit na cíl kolem 4000 Mt; většina jaderného potenciálu bude proto využita pro taktické a operační cíle. Pro tyto účely je nejvhodnější masové zasazení malých ráží, vybuchujících nad terémem. Pro tuto koncepci svědčí vývoj 1-5 kt náloží, zahájený v roce 1955 (6), přezbrojování dělostřeleckých raket jadrovými hlavicemi a rychle se rozšiřující výroba tzv. pěchotních atomových zbraní [Davy Crockett, Shillelagh (18)]. Většina dnes používaných letadel všech typů může nést malorážové atomové pumy. Proto musíme počítat v celé taktické a operační hloubce s neustálými výbuchy kt ráže, převážně malými vzdušnými. Protože u těchto ráží není dosah pronikavé radiace překryt ničivými tlakovými a hlavně tepelnými účinky výbuchu, jak je tomu ve stále větší míře u větších ráží, poroste význam nemoci z ozáření jako příčiny neschopnosti k dalšímu boji; její podíl na celkových zdravotnických ztrátách bude vyšší, než se zatím udává. Při soudobém vývoji krytí vojsk, při rostoucím počtu tanků a pancéřovaných vozidel v jednotkách, při vývoji ohnivzdorných materiálů a impregnací, při dosaženém stupni výcviku v protiatomové ochraně se počet čistě ozářených relativně ještě

zvýší, protože všechny tyto prostředky jsou velmi účinné proti tepelnému působení, částečně chrání proti tlakové vlně, velmi málo chrání proti ozáření. Tím se soudobé polní podmínky stále více a více liší od podmínek, jaké byly v Hirošimě a v Nagasaki a tím méně můžeme přenášet poznatky z těchto měst do dnešních úvah. V Japonsku bylo totiž 70 % populace nekryto vůbec a 13 % jen lehce (28). I nedostatečné krytí však uchránilo 80 % ukrytých od popálenin, ale jen necelou polovinu ochránilo také před ozářením (22). Krytí tedy zvyšuje počet čistých ozářených, snižuje počet popálených a mixtů s popáleninami.

Dalším zdrojem ozáření a tím i nemoci z ozáření bude vnější radiace gama z rozsáhlých zamořených prostorů, které budou muset vojska překonávat. Pro odlišnost problematiky tuto skupinu ozářených neuvažujeme, už proto, že zde dozimetrické údaje poskytnou mnohem lepší podporu diagnózy, než tomu bude u ozářených iniciálních radiací.

Nemoc z ozáření bude proto dosti častou. Musíme ji včas poznat, včas odhadnout bojeschopnost zasažených jednotek, jak v době napadení, tak hlavně v době pozdější, protože bojeschopnost ozářených je bezprostředně ovlivněna jen u vysokých, nadsmrtných dávek, v prvním údobí netrpí ani komplikované úkony a duševní činnost, nezbytná u většiny moderních vojenských odborností (26, 40). Průkaz dávky má však také ohromný morální význam, ukáže-li, že voják nebyl ozářen vůbec, anebo jen bezvýznamně (3).

Diagnóza nemoci z ozáření, určení jejího stupně a prognózy není snadné; už proto, že se nemůžeme opřít o své mírové zkušenosti, jako je tomu při hodnocení jiných onemocnění nebo poranění. Učebnice a pomůcky (např. 33) udávají, že je potřebí zhodnotit anamnestické údaje, záznam dávky a klinické údaje. Protože stupeň nemoci z ozáření závisí zhruba na velikosti dávky

záření, která se dá změřit dozimetrem nebo i vyčíslit ze známých parametrů výbuchu a vzdálenosti zasaženého, zdálo by se, že tento údaj sám o sobě bude mít základní význam. Není tomu tak: dozimetrie ionizujícího záření má sice více než 50letou tradici, ale zde je velmi obtížná pro smíšený charakter okamžitého záření. Pro Hirošimu a Nagasaki není hotova dodnes (1), údaje japonské a americké se od sebe podstatně liší (31). Přitom je známa výška výbuchu, ráže a poloha epicentra pro obě města, údaje, které v poli nebudeme mít k dispozici vůbec, nebo jen přibližně a pozdě. Dosavadní osobní dozimetry měří dávku radiace gama, pro neutrony jsou prakticky necitlivé. A právě u malých ráží má současné neutronové ozáření velký význam a skutečnou dávku bychom pak podle dozimetru podcenili. Dozimetr může být mimo to kryt a jeho nositel exponován a naopak. Není ještě shody o tom, zda má mít přednost dozimetrie individuální nebo kolektivní, zda mají být přístroje samoodečítací nebo slepé (2, 21).

Individuální citlivost organismu, podle různých autorů více nebo méně významná (7, 16, 17, 40), ovlivní odpověď zasaženého v rozličné míře i při stejně veliké dopadající dávce. Proto se za základ diagnózy považuje vyhodnocení klinického stavu ozářeného a jeho laboratorní vyšetření. Laboratorní metody jsou stále citlivější a jejich automatizace umožní rychlou informaci a vyšetření velkého počtu nemocných (10, 11, 12, 32). Základem zůstává vyšetření hematologické, i když se stále skepticky poukazuje na to, že změny zde nejsou specifické, hlavně v krátké době po ozáření a pro kritické rozsahy ozáření, jak ukazují rozborů krevních změn osob ozářených při posledních reaktorových nehodách (13). Pro rychlou orientaci byla sestavena schémata, která z anamnézy, základních, dobře poznatelných potíží a ze základních laboratorních vyšetření umožní rozdělení osob do určitých skupin, podle naléhavosti jejich stavu a umožní vyloučit osoby, které zvláštní péče nevyžadují (7, 8, 9, 15, 16, 25, 26, 34).

Málo pozornosti se věnuje anamnéze, i když má důležité místo v celkovém diagnostickém přístupu. Většina výše uvedených schémat je určena pro mírovou praxi, kde jsou anamnestické požadavky zcela odlišné.

Anamnéza pro polní diagnózu nemoci z ozáření má obsahovat několik zásadních údajů:

1. Okolnosti expozice pronikavého záření (výbuch, zamořený terén, vnitřní zamoření).

2. Při výbuchu: údaje o epicentru, ráži a výšce výbuchu (nebudou asi k dispozici).

3. Krytí zasažené osoby v době výbuchu.

4. Možnost současného radioaktivního zamoření vnitřního a vnějšího.

5. Změny v prostředí, v kterém byl zasažený nalezen, doprovodné účinky světelného a tepelného záření a tlakové vlny. Ty jsou velmi markantní a dobře hodnotitelné. Jsou přímo spjaty s činnostmi zachraňovacích a uvolňovacích oddílů

v ohnisku napadení, jakou je hašení požárů, odstraňování závalů, jsou přímo spjaty se samotným zasaženým, uhašením jeho hořícího oděvu, vyproštěním z převrženého vozidla nebo poškozeného zákopu.

Při výbuchu pumy malé ráže, v rozmezí mezi 1 a 10 kt, roste účinek tlaku, světelného záření a radiace zhruba paralelně. To znamená, že bez ohledu na ráži bude s určitým projevem tepelného nebo tlakového působení spojena určitá dávka záření. Zjevné tlakové nebo tepelné škody nám pomohou odhadnout nijak se neprojevující dávku ozáření. Přesnost takového odhadu není vysoká, podléhá mnoha vlivům (viz níže), může však stačit k prvnímu třídění zasažených: pro náročnost a komplikovanost laboratorních metod, jaké používáme při stanovení dg. nemoci z ozáření, bude účelné tříditi zasažené i co do pořadí k samotnému laboratornímu vyšetření. Hrubý odhad navrhovanou metodou, vyhodnocením tlakových a tepelných účinků, umožní přednostní vyšetření osob, u nichž včasné stanovení diagnózy má rozhodující význam pro úspěch léčby a včasný návrat zpět k bojujícím jednotkám. Nezatíží zdravotnickou službu nadměrným počtem osob, u nichž bude cílem vyšetření jen vyloučit ozáření, popřípadě umožní jejich vyšetření až v druhém pořadí. Takové třídění je možné již v ohnisku napadení.

Podle různých pramenů (36 a jiných) byla zpracována tabulka ukazující vztah tlakových a tepelných účinků k dávce smíšeného záření gama a neutronů, reprezentované hraničními hodnotami 50, 200 a 700 rem, jaká bude udělena nekrytým osobám a osobám s různým stupněm krytí.

Jak nám tabulka (viz str. 211) může pomoci při odhadu dávky a při třídění zasažených osob:

1. U nekrytých osob nebude nikdy ozáření rozhodujícím faktorem. Ještě nevýznamná dávka ozáření je spojena s popáleninou prvního stupně; čím blíže k epicentru, tím bude tepelný účinek rozhodnější pro celkový léčebný postup.

2. U osob krytých jen proti tepelnému záření lze očekávat nemoc z ozáření různého stupně tam, kde dojde k opálení nátěrů, ohoření plachet a pneumatik, dále v prostorech vývrátů, kde došlo ke vznícení suché trávy, klesť, jehličí, ohoření kůry stromů. Vznícení plachet a stanů, převrácení vozidel, rozsáhlé závaly v lesích jsou spojeny s velkými dávkami ozáření. Část poranění bude kombinovaných, kde o dalším postupu rozhodne přidružené poranění nebo popálení.

3. Osoby lehce kryté (faktor oslabení radiace 2) — osádky obrněných transportérů v lehkých stavbách, v hustých lesích, budou postiženy významnou dávkou ozáření až v oblastech rozsáhlých lesních devastací a zničení lehkých staveb. Pokud budou vozidla pojízdná, můžeme počítat jen s malým ozářením osádek. Naopak nepojízdnost, převrácení a těžké škody jsou spojeny s vysokým ozářením.

4. Podobné poměry platí pro osoby v tancích (faktor oslabení 5), s tím rozdílem, že tyto osoby

Tabulka 1

Tabulka k odhadu dávky záření na základě tepelných a tlakových účinků atomového výbuchu

Tepelné účinky	Tlakové účinky	Induk. aktiv.	Ozáření v rem			
			nekryté	krytí 2	krytí 5	krytí 10
Počátek vznícení snadno zápalných	Rozrušení cihlových budov		50	50		
Popáleniny II°	Zničení letadel		200		50	
Ohoření dřeva popáleniny III°	Vyvrácení stromů	0,025 r/h		200		50
Těžký textil plachty, potahy, deky	Zničení nákl. aut		700		200	
Požáry	Poškození transportérů tanků			700		200
	Poškození zákopů bez obložení				700	
	Poškození zákopů s obložení, vstupy, ventilace krytů	0,5 r/h				700

jsou mechanicky podstatně odolnější, zatímco ochranný faktor proti záření vzrostl méně. Proto musíme počítat s nemocí z ozáření u poškozených tanků, u nepojízdných s vysokými dávkami a u převržených a zničených s nadsmrtnými hodnotami smíšeného záření pro osádku.

5. Osoby kryté materiálem oslabujícím iniciální záření 10krát (sklepy budov, zákopy, lehké kryty) budou vážněji zasaženy tam, kde dojde k porušení struktur zařízení. Osoby zasypané v zákopech nebo krytech budou současně zasaženy vysokými nadsmrtnými dávkami.

### Rozprava

Chceme-li použít navrhované metody s dostatečnou přesností a spolehlivostí, musíme znát její hranice a možnosti klamných závěrů:

1. Základní předpoklad, paralelnost účinků pro výbuchy v rozmezí ráží 1–10 kt, je platný pro vzdušné výbuchy v optimální výšce. I v tomto rozmezí jsou určité úchytky: u malých ráží na dolní hranici budeme podceňovat dávku ozáření, na horní hranici přeceňovat. Protože v prvním případě půjde o malé počty zasažených a v druhém případě se již projeví oslabující faktory,

ovlivňující dosah tepelných a tlakových účinků, nebude chyba tak velká. Toto přecenění radiace u větších ráží bude naopak představovat určitou bezpečnostní mez.

2. Vliv zákonitostí tlakové vlny: tlakovým účinkům přikládáme v naší metodě velký význam, protože jsou velmi nápadné, ovlivní činnost záchranných čet a nezůstanou tedy nepovšimnuty. Faktorů, které ovlivní dosah tlakové vlny, je mnoho: v uvedených vzdálenostech, které mají pro nás význam, nebudou rozhodným způsobem zasahovat. Vyhraňovaný vliv terénu, který povede k oslabení tlakové vlny, oslabí i účinek radiace (odvrácený svah a podobně).

3. Vliv zákonitostí světelného záření: světelné záření se šíří stejně jako záření gama, rušivých vlivů, hlavně oslabujících, je zde více. S rostoucí ráží se prodlužuje doba, za kterou je vydána uvolněná energie světelná a tepelná, k dosažení stejného účinku je tedy zapotřebí většího impulsu. Rozdíly v uvažovaném rozmezí ráží jsou však malé (4, 29). Pro malé vzdálenosti od epicentra, jaké uvažujeme pro pumy malé ráže, se účinek záření podstatně neoslabí vlivem atmosférických podmínek, i když bude průzračnost kolísat ve velkém rozmezí (36, 39). Závažnější bude vliv relativní vlhkosti, popřípadě přízemního větru (5).

4. Vliv zákonitostí záření gama a výlehu neutronů. Vzájemný podíl obou druhů záření je určován konstrukcí nálože, ráží a vzdáleností od epicentra. Všeobecně platí, že čím větší dávka a čím menší ráže, tím je větší podíl neutronů. V našem rozmezí je rozdíl v závislosti na ráží něco přes 10 % pro dávku 200 rem, pro 700 rem něco pod 10 %. Tyto rozdíly se mohou projevit i na velikosti dávky rozptýleného záření, které umožňuje zasáhnout cíle částečně kryté. Tento rozptyl činí pro záření gama maximálně 15 %, pro neutrony 20 % vzdušné dávky (1), což je v mezích požadované přesnosti. Důležité je, že od 1 až po 10 kt je celková intenzita záření přímo úměrná ráží (36).

5. Vliv reziduální a indikované radiace v prostoru epicentra vzdušného výbuchu: podle kalkulací jsou hodnoty takového zdroje dodatečného ozáření malé vzhledem k iniciálním hodnotám. V tabulce udáváme hranici právě prokazatelného záření a hranici intenzity 0,5 r/hod po první hodinu po výbuchu ve vztahu k ostatním účinkům. Indukovaná aktivita pancéřů bude podstatně vyšší.

6. Oprávněnost rozdělení do skupin podle účinnosti krytí: oslabení bylo počítáno vzhledem ke gama záření i neutronům. Orientační charakter je ve shodě s celkovým zaměřením metody; nelze postihnout všechny možné varianty krytí, jsou opomínuty i úhel dopadu paprsků, orientace osob, vliv oken a otvorů a podobně.

7. Oprávněnost rozdělení do skupin podle dávky záření: metoda umožní velmi hrubý odhad dávek. Je proto výhodné určit pásma s význačným biologickým účinkem. 50 rem je přípustnou jednorázovou celotělovou dávkou, 200 rem hos-

pitalizační, 700 rem horní hranicí pro přežití. Rozsah 200—700 rem nám tedy představuje vlastní prostor nemoci z ozáření, osoby ozářené těmito dávkami musíme přednostně odeslat k podrobnějšímu vyšetření, přesnějšímu určení dávky, k pozorování, léčení a odsunu.

Cílem navrhované metody je právě určit co nejrychleji tuto skupinu, provést první vyřídění těchto osob. I když nebude dolní i horní hranice v této skupině určena přesně a dopustíme se omylů v zařazení některých zasažených, přece jen usnadníme stanovení konečné diagnózy a stupně ozáření. I u nejpodrobnějších a nejrozpracovanějších metod laboratorní diagnostiky nemoci z ozáření je velká nepřesnost, použijeme-li je v prvních dnech po ozáření a máme-li k dispozici jedno nebo několik málo vyšetření. I klinické projevy jsou nepřesné. Spolehlivá kombinace epilace a hemoragického syndromu se objeví až začátkem třetího týdne po ozáření. Přesné dělení uvnitř pásma 200—700 rem na jednotlivé stupně nemoci z ozáření nemá v našem případě smysl, protože vedle dávky zde rozhoduje individuální citlivost, celkový stav organismu v době ozáření, různorodost krytí a jiné vlivy, které nemůžeme předvídat, ani našimi jednoduchými prostředky zjistit.

### Závěr

Z rozboru současných možností protivníka vyplývá velká pravděpodobnost hromadných úderů malými rážemi atomových zbraní na bojišti i v přilehlém prostoru. Pohyblivost a nesouvislost fronty bude vyžadovat většinou vzdušné výbuchy. Za těchto podmínek je možné úspěšně využít pro odhad dávky a stanovení diagnózy nemoci z ozáření anamnestických údajů, týkajících se současných projevů tlakové vlny a světelného záření. Tyto změny jsou nápadné a likvidace ohňů a mechanických škod je součástí činnosti záchranných oddílů v ohnisku napadení. Podle odhadu pravděpodobné dávky na osoby

v tomto prostoru je možné již zde provést první třídění a přednostně odeslat osoby k dalšímu, podrobnějšímu a cílenému vyšetření, které bude tak uvolněno od vyšetřování a zákroků neúčelných, k jakým by nezbytně došlo bez předchozího třídění v ohnisku napadení.

### Literatura

1. Arakawa, E. T.: N. Engl. J. Med. 263, 488, 1960.
2. Barnes, D. E., Taylor, D.: Radiation Hazards and Protection. London, G. Newnes Lim., 1958.
3. Behrens, C. F.: Radiology, 56, 675, 1951.
4. Behrens, C. F.: Milit. med. 123, 1, 1958.
5. Bracciaventi, J., Debold, F.: Lab. Proj. 5064—3, 124, ref Nucl. Sci. Abstr. 15, 3177, 1960.
6. Costéadot, A.: La protection médicale contre les attaques atomiques. Berger-Levrault, Paris 1957.
7. Cronkite, E. P.: Radiology, 56, 661, 1951.
8. Cronkite, E. P., Jacobs, G. J., Dillard, G.: Amer. J. Roentgenol. 67, 796, 1952.
9. Cronkite, E. P., Bond, V. P.: Radiation Injury in Man. Th. C. Thomas, Springfield 1960.
10. Damminger, K., Graul, E. H.: Atompraxis, 4, 375, 1958.
11. Damminger, K., Graul, E. H.: Atompraxis, 5, 421, 1959.
12. Dietz, W., Damminger, K.: Atompraxis, 5, 53, 1959.
13. Fließner, T. M.: Strahlentherapie, 112, 543, 1960.
14. Furth, J., Upton, A. C., Christenberry, K. W., Benedict, W. H., Moshman, J.: Radiology, 63, 562, 1954.
15. Gerstner, B. H.: US Armed F. Med. J. 9, 313, 1958.
16. Graul, E. H.: Strahlensyndrom-Radioaktive Verseuchung. Koblenz, dr. Ebeling, 1957.
17. Hartgering, J. B.: Milit. Med. 123, 210, 1958.
18. Interavia, 16, 351, 1961.
19. Interavia, 16, 1503, 1961.
20. Interavia, 17, 50, 1962.
21. Jaeger, R.: v Wissenschaftliche Fragen des zivilen Bevölkerungsschutzes. Koblenz, dr. Ebeling, 1957.
22. Keim, H.: Strahlentherapie, 108, 594, 1960.
23. Kenton, J. E.: Nucleonics, 19, 67, 1961.
24. Lapp, R. E.: Bull. Atom. Sci. 17, 99, 1961.
25. Mitzscherling, R.: Arzt u. Atomschutz. Berlin, Verlag Min. f. Nat. Verteidigung, 1957.
26. Molčanov, N. J.: Voj. zdrav. listy, 31, 285, 1962.
27. Notes on Atomic Energy for Medical Officers. Philosophical Library, New York 1956.
28. Oughterson, A. W., Warren, S.: Medical Effects of the Atomic Bomb in Japan. McGraw-Hill Books, New York 1956.
29. Pearse, H. E., Kongsley, H. D.: Surg. Gyn. Obst. 98, 335, 1954.
30. Piel, G.: Science, 135, 648, 1962.
31. Rajewsky, B.: Strahlendosis u. Strahlenwirkung. 2. vyd. G. Thieme, Stuttgart 1956.
32. Rajewsky, B.: Wissenschaftliche Grundlagen d. Strahlenschutzes. G. Braun, Karlsruhe 1957.
33. Repetitorium vojenského lékaře. Naše vojsko, Praha 1963.
34. Saenger, E. L.: Am. J. Roentg. 8 4,715, 1960.
35. Smith, E. H.: Nuclear Weapon Casualties Effects on Personnel. Final Report, Contract AF 33(800)-39304, ref Nucl. Sci. Abstr. 16, 1725, 1957.
36. The Effects of Nuclear Weapons. 2. vyd. Washington 1957.
37. Upton, A. C., Kimball, A. W., Furth, J., Christenberry, K. W., Benedict, W. H.: Cancer Research, Suppl. 20, 1960.
38. Vogel, E. H.: Milit. Med. 126, 668, 1961.
39. Von Ardenne, M.: Tabellen d. angewandten Kernphysik. Berlin VEB Deutsch. Verlag d. Wissenschaften, 1956.
40. Zellmer, R. W.: Milit. Med. 126, 681, 1961.