

616—001.26—057[614.25]—084.898.5—085.535

**OSOBNÍ DOZIMETRIE NA RENTGENOLOGICKÉM PRACOVIŠTI**

Podplukovník MUDr. František SEDLÁČEK,  
rentgenologické oddělení Vojenské nemocnice SNP v Ružomberku  
(náčelník pplk. MUDr. Vlastimil Hájek)

Při průkazu expozice osob na rentgenologických pracovištích se donedávna vycházelo výlučně z následných biologických změn, především hematologických. Tato takzvaná biologická dozimetrie byla po celá desetiletí základní metodou v sledování eventuálních škod z ozáření a na některých pracovištích jí zůstává dodnes.

Postupně byla doplňována periodickými prohlídkami pracovišť, které umožňují odhalit závady v ochraně při provozu přístrojů. Při nich se proměřuje úroveň záření v okolí přístrojů, u ovladačů, v přilehlých místnostech, a to ve spojení s typickými úkony. Zvláště bedlivě jsou sledovány hodnoty rozptýleného záření při nejtěžších expozicích a nejnevýhodnějších pracovních podmínkách (práce s pojízdými přístroji apod.).

Z provedených měření je sice možno kalkulovat radiační zátěž obsluhujícího personálu, ovšem s velmi malou přesností. I při stejném zdroji a stejném přístroji se totiž mění pracovní podmínky případ od případu, podle rutiny pracovníka, komplikovanosti vyšetření a podobně. Intenzita záření je v okolí přístroje rozložena nerovnoměrně a obdržaná dávka se mění podle postavení vyšetřujícího lékaře, eventuálně změnou polohy pacienta během vyšetření. Naměřené hodnoty rozptýleného záření se udávají v mr za 1 hodinu, ovšem hodinu expoziční a nikoli pracovní. Nelze tedy kalkulovat výši dopadové dávky prostým součinem naměřených hodnot záření a pracovní doby, neboť skutečná doba expoziční je pouhým zlomkem doby pracovní a její délku je nutno vypočítat podle počtu a druhů vyšetření (12).

Osobní dozimetrie umožňuje měřit dávky udělené na povrch těla kontrolované osoby, respektive na určitém, reprezentativním místě, a činí tyto kalkulace zbytečnými. Je proto nezbytnou součástí preventivních opatření na rizikovém pracovišti (5) a umožňuje daleko lépe než kterákoli jiná metoda předcházet chorobným změnám z ozáření (20, 21).

Na diagnostickém rentgenologickém pracovišti je možno použít dozimetrie instrumentální nebo filmové, obě metody mají své výhody a nevýhody. Podle různých autorů (1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 14, 15, 16) uvádím v přehledu:

**Instrumentální dozimetrie**

## a) Výhody:

Dávky jsou hned patrné a odečitatelné kdykoli během činnosti;  
nabíjení dozimetrů je snadné;

není potřeba vyvolávání a dalšího zpracování.

## b) Nevýhody:

Je časově náročnější, k přesnosti měření je nutná každodenní evidence dávek a kontrola spádu dozimetru;  
chybí trvalý záznam;  
dozimetry jsou drahé a přitom choulostivé, snadno může dojít k jejich poškození;  
je možnost zkreslení výsledků úmyslnou expozicí, jindy pak snižováním dávek dobitím.

**Filmová dozimetrie**

## a) Výhody:

Poskytuje trvalý záznam a možnost kontrolního hodnocení;  
je odolná proti mechanickým vlivům;  
umožňuje utajení výsledků, je-li toho třeba.

## b) Nevýhody:

Vlnová závislost a potíže s kalibrací;  
nestejná citlivost filmů i stejné značky a stejného čísla emulze;  
možnost klamně expozice vlivem tepla a chemických látek;  
nutnost standardního vyvolávání;  
potíže s kvalitativní analýzou;  
při dlouhodobé expozici možnost oslabení latentního zčernání a tím podhodnocení dávky;  
hlavně však značné opoždění informace o obdržené dávce.

**Vlastní zkušenosti**

Od 1. 8. 1964 sledujeme profesionální ozáření příslušníků našeho oddělení filmovou dozimetrií, kterou nám zajišťuje Ústav pro výzkum, výrobu a využití radioizotopů v Praze. Každý pracovník je vybaven kazetou, ve které je sada filtrů, umožňující kvalitativní analýzu záření. Kazeta i filmy jsou očíslovány, aby nedošlo k jejich záměně, a nosí se na levé horní kapse pláště. Výměnu filmů provádí koncem měsíce pověřený lékař, který také organizuje veškerý styk s uvedeným ústavem.

Současně byly vydány lékařům a laborantovi pracujícímu při radiofotografii dozimetrie tužkové. Používáme kapesních samoodečítacích dozimetrů typu D 0,2, vyráběných družstvem Mechanika v Praze, s rozsahem měření do 200 mr. Odečítání a nabíjení dozimetrů bylo prováděno 2krát do měsíce pomocí síťového usměrňovače typu SND, vyráběného týmž družstvem. Dozimetry kapesní byly nošeny na stejném místě jako filmové.

Před zahájením dozimetrického sledování byli všichni pracovníci oddělení poučeni o významu filmové dozimetrie, způsobu nošení a zacházení s dozimetrem. Nejdůležitější závěry pak byly zpracovány v pravidla osobní dozimetrie, obsahující zejména tyto body (13):

1. Dozimetr se nosí po celou dobu pobytu na oddělení, je nepřenosný na druhou osobu a po práci se odkládá spolu s pláštěm mimo provozovnu.
2. Je citlivý na teplo a vlhko; neopatrné zacházení nebo porušování obalu znehodnocuje celou akci.
3. Úmyslné ozáření dozimetru je snadno prokazatelné, dá se odlišit od profesionální expozice a je výrazem malé odpovědnosti vůči povolání a oddělení a důkazem nevážného postoje k prováděnému měření.
5. Všechny nerutinní výkony, které by mohly vést ke zvýšení expozice, je nutno hlásit vedoucímu osobní dozimetrie.
5. Nošení dozimetru nezabývá povinnosti a nutnosti dodržovat všechna bezpečnostní opatření na pracovišti.

Pravidla a současně převzetí kazety dozimetru potvrdili všichni příslušníci oddělení svým podpisem — toto zdánlivě administrativní opatření jsme považovali za nezbytné k tomu, aby byla akce správně pochopena a doceněna. Tohoto cíle jsme dosáhli, jak ukazuje naše více než jednorozční zkušenost: projevy nekázně v nošení dozimetru byly ojedinělé, k poškození nebo úmyslnému ozáření nedošlo ani v jednom případě.

Pro usnadnění detailního rozboru získaných výsledků byla po dobu jednoho roku vedena přísná registrace všech výkonů provedených příslušníky oddělení, zvláště pro jednotlivé přístroje, s údaji o charakteru práce, pracovní době a expozičních hodnotách, vyjádřených v mAs atd. Tyto záznamy nám umožnily získat dokonalý přehled o profilu práce všech příslušníků, zjistit (u lékařů ihned, u laborantů s jednoměsíčním zpožděním) všechny druhy dávkově náročných prací, eventuálně nedbalost v dodržování základních ochranných opatření.

Vedení těchto detailních záznamů nelze pro značnou časovou náročnost doporučit v běžném provozu a není pro osobní dozimetrii nezbytné. Evidenci naměřených dávek lze vést zcela jednoduše.

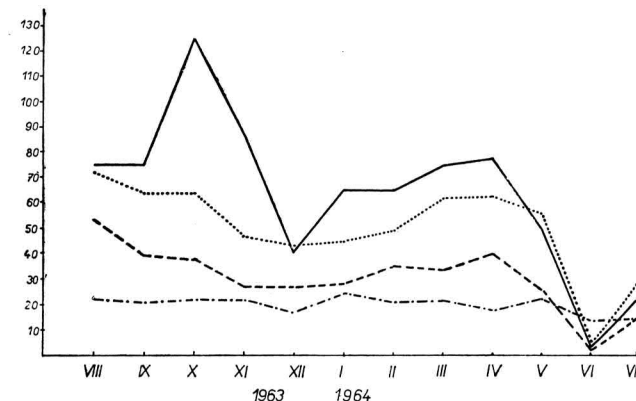
Spolu s dozimetrickou kontrolou se nadále prováděly pravidelné prohlídky zdravotního stavu a základní vyšetření laboratorní v požadovaných intervalech.

Výsledky našeho měření uvádíme reprezentativní analýzou hodnot zjištěných u nejvíce exponovaného lékaře a nejvíce exponované laborantky. V grafech 1—3 je vyjádřen vztah mezi naměřenou dávkou profesionálního ozáření a faktory majícími vliv na výši této dávky: počtem odpracovaných dní, hodin strávených přímo v provozovně, výkonů a expozičním časem v mAhodinách.

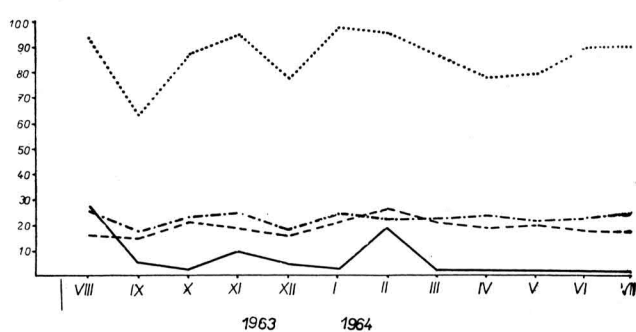
Graf 1

Vztah hodnot ozáření, naměřených filmovou dozimetrií (————) k počtu odpracovaných dnů (— · — · — ·), hodin strávených přímo v provozovně (.....) a počtu mAhodin (— — — — —) :

1a) u nejvíce exponovaného lékaře



1b) u nejvíce exponované laborantky



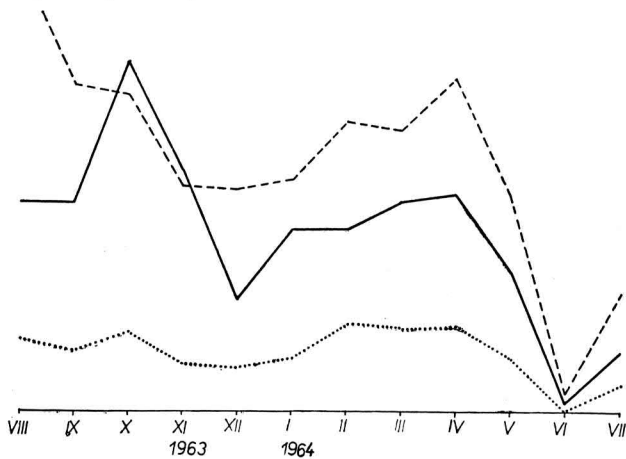
Z našich zkušeností za jeden rok vyplývá:

1. Není žádná souvislost mezi počtem odpracovaných dnů a výší profesionálního ozáření, proto posuzování rizikovitosti podle počtu odpracovaných dnů není správné.
2. Ani počet hodin strávených přímo v provozovně není pro výši dávky směrodatný, v průběhu roku nacházíme hodnoty zcela protichůdné. U laborantů, kteří v provozovně strávili podstatně více hodin než lékaři (ti věnovali část pracovní doby popisu snímků), představují naměřené hodnoty zlomek dávek zjišťovaných u lékařů (graf 1a, b).
3. Taktéž počet výkonů, jimiž jsme si zvykli měřit zatížení pracovníka, neříká nic o zátěži radiační (graf 3). Je to dáno odlišnou náplní nejen výkonu lékaře a laboranta, ale i různých lékařských výkonů. Výška dávky záření je především úměrná délce trvání výkonu, a proto
4. nejlepším ukazatelem množství profesionálního ozáření zdá se expoziční doba v mAhodinách, ačkoliv ani tu nenacházíme přesný vzájemný poměr obou hodnot. Na výši ozáření se totiž podílí hlavní měrou několik zvláště zatěžujících výkonů, zatím co jiné, byť i početnější, jsou méně významné (graf 2).

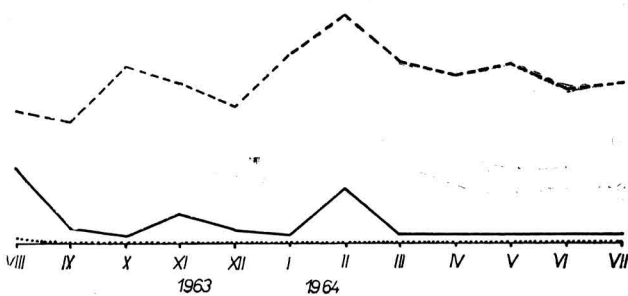
Graf 2

Závislost naměřených hodnot ozáření (————) na počtu mAhodin (-----):

2a) u nejvíce exponovaného lékaře



2b) u nejvíce exponované laborantky  
Podíl zvláště zatěžujících výkonů je vyznačen (.....)



5. Naměřené hodnoty jsou podstatně nižší než maximální přípustná dávka profesionálního ozáření, u většiny laborantů představují jen její nepatrný zlomek (graf 4).
6. Dávky naměřené tužkovým dozimetrem jsou vždy vyšší než dávky udávané filmovým dozimetrem, jejich poměr u lékařů je 1,6 — 2,2 : 1 (graf 4).
7. Dozimetrie, hlavně tužková, nám pomohla i přesněji určit zvláště zatěžující výkony jak u lékařů, tak i u laborantů. Pro lékaře představují nejvyšší zatížení všechna vyšetření prováděná na sklopené stěně, především perimyelografie, při níž kolísaly hodnoty od 20 — 100 mr (!), splenoportografie s dávkami 10 — 30 mr, irigoskopie s dávkami 5 — 20 mr na jedno vyšetření. Značný podíl na těchto hodnotách má i skutečnost, že při těchto vyšetřeních odstraňujeme ochranný závěs ze štítu. Jediným zdrojem ozáření laborantů v našich podmínkách je obsluha pojezdného rtg. přístroje, zvláště tehdy, pokud nepoužívají celé délky kabelu spínače a zdržují se během expozice v blízkosti pacienta.
8. V průběhu sledování jsme zjišťovali pokles dávek při stejných druzích vyšetření, a to

nejen u lékařů, ale i u laborantů. Tak se snížily dávky při irigoskopii asi o 1/2, při perimyelografii dokonce až o 80 %.

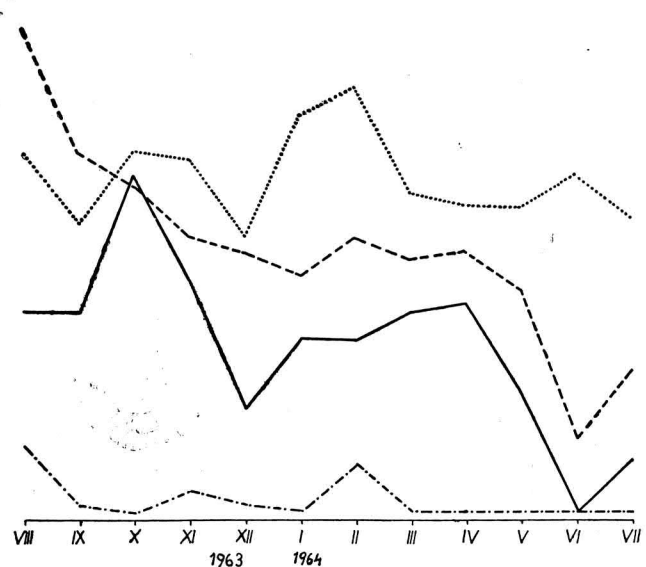
### Rozprava

Filmová dozimetrie patří k nejstarším metodám zjišťování ionizačního záření. K účelům osobní dozimetrie byla navržena již v roce 1914 (2) a do třicátých let je vlastně vedle biologické metody jedinou kontrolou ozáření pracovníků s ionizačním zářením. Postupným rozvojem ionizačních měřicích prostředků však je zatlačována do pozadí a nakonec odmítána. Teprve od padesátých let se stává opět masovou metodou, a to především zásluhou „Pracovního sdružení na ochranu proti záření“ (Arbeitsgemeinschaft für Strahlenschutz, Freiburg) (18, 19). V mnohých zemích je přijata jako základ právní evidence dávek (10) a doporučována buď jako samostatná metoda (1, 19), nebo v kombinaci s instrumentální dozimetrií (1, 9, 10, 11). Některé nevýhody, které se jí vytýkají, jako vlnová závislost, potíže s kalibrací a kvalitativní analýzou (1, 2, 3, 4, 5, 6, 15), lze odstranit použitím kombinace filtrů různých kovů a různé tloušťky (2, 4, 5); standardní metody při zpracování filmů jsou běžné a možno je dodržet i v primitivních podmínkách (14). Přesto byla tato metoda u nás donedávna považována za hrubě přibližnou, vhodnou sice pro depistáž, ne však pro přesná měření (16). Teprve v poslední době proniká i na naše pracoviště.



Filmová dozimetrie ÚVVVR umožňuje vhodnou kombinací filtrů v kazetě měřit rtg. záření v rozsahu 30 — 300 kV s přesností větší než  $\pm 25\%$ , což je pokládáno za postačující (5). Při

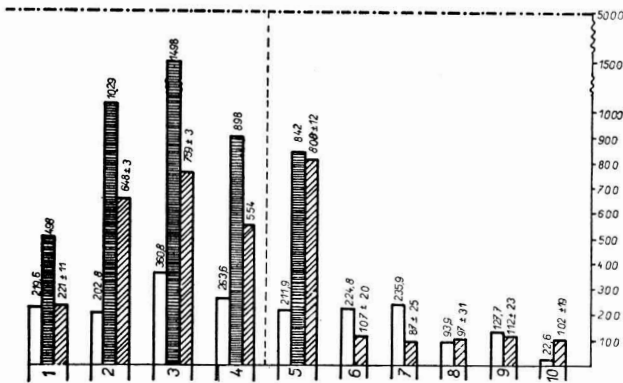
Graf 3

Poměr naměřených hodnot ozáření k počtu výkonů (————) údaje film. dozimetru lékaře  
(-----) údaje film. dozimetru laborantky  
(-----) počet výkonů u lékaře  
(.....) počet výkonů u laborantky



Graf 4

Přehled profesionálního ozáření příslušníků oddělení  
 1 — 4 lékaři oddělení  
           5 laborant rtg. autobusu  
 6 — 10 laborantky oddělení  
 počet mAhodin  
 údaje tužkového dozimetru  
 údaje filmového dozimetru  
 — — — — — maximální přípustná dávka profesionálního ozáření  
 Poznámka: U laborantky č. 10 jsou údaje zaznamenány za 11 měsíců



hodnotách nižších než 20 mr je přesnost nižší a u dávek pod 6 mr může být chyba ve stanovení až 100% (22), ovšem jde tu o dávky tak nízké, že uvedená chyba v hodnocení je nevýznamná.

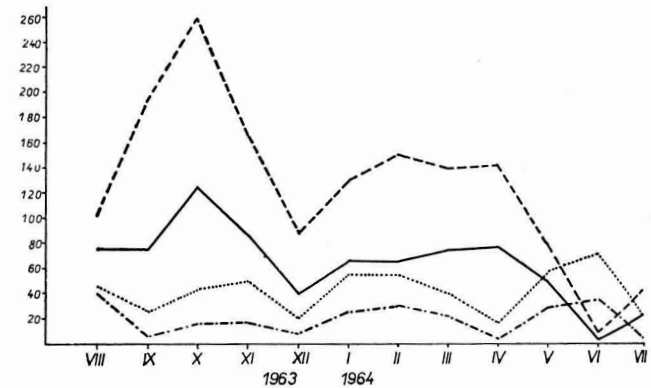
V našem sledování jsme zjistili odlišné údaje filmového a kapesního dozimetru, stejné zkušenosti nacházíme i v literatuře (11). Rozdíly v naměřených hodnotách však nejsou způsobeny jen nepřesností jedné nebo druhé metody, příčin je pravděpodobně několik:

1. Tužkový dozimetr vlivem odlišné geometrie může reagovat na záření z většího prostoru než filmový, u kterého se uplatňuje vliv úhlu dopadu.
2. Údaje tužkového dozimetru jsou ovlivněny i volným spádem, způsobeným jednak vlivem kosmického záření, jednak radioaktivitou vlastního materiálu apod., který podle údajů výrobce nemá být vyšší než 2 % měrného rozsahu za 24 hodin a podle našich zkušeností dosahuje hodnot kolem 1 mr denně.
3. U filmové dozimetrie se naproti tomu může projevit oslabení latentního obrazu (2), které činí 10 — 15 % za 2—3 týdny (10). O tolik jsou nižší i naměřené hodnoty.
4. U tužkového dozimetru se uplatňují i vlivy mechanické, určitá citlivost na drobné otřesy, jimž se při nošení nelze vyhnout.
5. Značný vliv bude mít i vzájemná orientace obou dozimetrů, mění se při práci na horizontálně sklopené stěně (ta představuje 25 % odpracovaných mAhodin lékaře), kdy volně visící filmový dozimetr zachycuje méně rozptýleného záření. Pro tento fakt svědčí i téměř shodné hodnoty naměřené oběma způsoby u rtg. laboranta pracujícího při radiofotografii, při jehož práci nedochází k těmto změnám polohy (graf 4, 5, 6).

Graf 5

Poměr údajů tužkového a filmového dozimetru u dvou lékařů oddělení

( ————— ) filmová dozimetrie lékaře č. 3  
 ( - - - - - ) tužková dozimetrie lékaře č. 3  
 ( - . - . - . ) filmová dozimetrie lékaře č. 1  
 ( ..... ) tužková dozimetrie lékaře č. 1



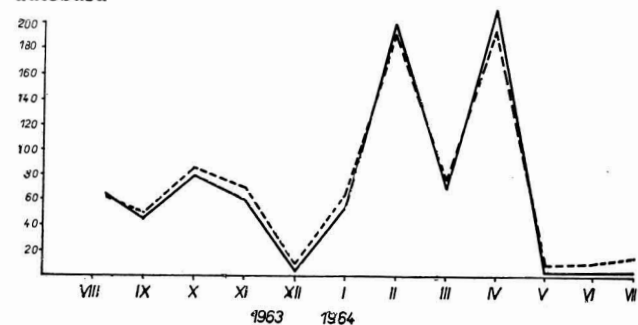
Uvážíme-li tyto vlivy, lze říci, že filmový dozimetr nám udává hodnoty minimální, kapesní pak hodnoty maximální a skutečná dávka leží mezi oběma údaji.

Hlavní otázkou je, jak dalece je možno považovat naměřené hodnoty za dávku celotělovou. U laborantů pravděpodobně ano, naproti tomu budou u lékařů některé části těla ozářeny více, jiné méně, jak ukazují měření Vojenského ústavu hygieny, epidemiologie a mikrobiologie, prováděná komůrkami u lékařů během rutinního provozu a na fantomu (tab. 7). Překvapující jsou naprosto odlišné výsledky získané měřením u téhož lékaře v roce 1963 a 1964. Příčinou je odlišná náplň v odpracovaných mAhodinách, čímž se opět potvrzuje, že jakákoli kalkulace z hodnot naměřených v okolí přístroje je nereálná. Nejbližše dozimetricky zjištěným hodnotám jsou dávky propočítané z měření v roce 1963. Podle provedených měření a kalkulací je nutno předpokládat vyšší zatížení některých částí těla (obě ruce, dolní končetiny a genitál), dávky v těchto oblastech jsou však i tak pod maximální přípustnou hodnotou 5 rem ročně podle naší normy (8, 17).

Osobní dozimetrie nám udává objektivní údaje

Graf 6

Poměr údajů tužkového ( ————— ) a filmového ( - - - - - ) dozimetru u laboranta rtg. autobusu



Tab. 7.

Porovnání výsledků dozimetrie s výsledky měření u lékařů během provozu v roce 1963 a 1964 a měření na fantomu. Kalkulace ročních dávek provedena podle počtu odpracovaných mAhodin u nejvíce exponovaného lékaře

Umístění komůrky		Měření u lékařů během provozu				Měření na fantomu za 1 mAhod.			Roční dávky při dozimetrii	
		1963		1964		vertikál. stěna	horizont. stěna	roční dávka	filmové	tužkové
		dávka za 1mAhod.	roční dávka	dávka za 1mAhod.	roční dávka					
Dávky v mr	Levé zápěstí	6,0	2 164	1,99	718	0,6	0	167	—	—
	Pravé zápěstí	3,5	1 263	—	—	0,4	7	689	—	—
	Hrudník	2,2	794	1,2	433	0,4	3,3	484	759	1 498
	Genitál	2,6	938	5,9	2 129	0,2	8	772	—	—
	Levý bércec	2,1	759	6,29	2 269	< 0,2	10	882	—	—
	Hlava	—	—	—	—	0,2	0	56	—	—

o dávce profesionálního ozáření, kromě toho má i velký význam výchovný. Upozorní neopatrné pracovníky na jejich riziko a vede je k zamyšlení nad nedostatky ve způsobu práce a k jejich odstranění (7). Proto došlo v průběhu sledovaného období k poklesu dávek při stejném profilu vyšetření, a to nejen u lékařů, ale i u laborantů. Zvláště patrný byl pokles dávek při nejnáročnějších vyšetřeních: při perimyelografii činily dávky zpočátku 80 — 100 mr na jedno vyšetření, v průběhu roku poklesly na 20 — 30 mr, při irigoskopii zjištěn pokles dávek z 10 — 20 mr na 5 — 10 mr. Tento zjev, nikterak náhodný a známý i z jiných pozorování (18, 19), je výsledkem správného hodnocení radiačního nebezpečí na pracovišti. Filmová dozimetrie však současně bojuje proti neodůvodněným obavám a přeceňování tohoto nebezpečí (10), které jsou příčinou malého zájmu mládeže o povolání rentgenového laboranta (19).

### Závěr

Naše zkušenosti s filmovou dozimetrií lze shrnout v těchto bodech:

1. Není žádná souvislost mezi počtem odpracovaných dní, hodin strávených přímo v provozovně a počtem výkonů na straně jedné a udělenou dávkou na straně druhé. Hodnocení rizikovitosti se tedy nemůže opírat o tyto údaje.
2. I sebelépe proměřené pracoviště neříká nic o individuální dávce, nebereme-li v úvahu tzv. expoziční dobu, u lékařů pak i pohyb v různé úrovni radiace během vyšetření. I pak jsou ovšem výsledky značně spekulativní a neodpovídají naměřeným hodnotám.
3. Lékaři na rentgenologickém pracovišti jsou exponováni mnohem více než ostatní personál, naměřené hodnoty však nepřesahují maximální přípustné dávky.
4. Není podstatný rozdíl v ochraně u různých typů přístrojů; jen několik málo výkonů (pro

lékaře perimyelografie, splenoportografie a irigoskopie, pro laboranta práce s pojezdovým přístrojem) je spojeno s vyšší dávkou ozáření, i tam však ji lze vhodnými opatřeními snížit.

5. Rozdíly mezi údaji filmového a kapesního dozimetru jsou způsobeny odlišnou geometrií, změnami polohy, spádem dozimetru, v menší míře pak odlišnou citlivostí a možnými mechanickými vlivy. Tyto rozdíly však nejsou podstatné pro celkové hodnocení dozimetrie.
6. Spolehlivost filmové metody je vysoká. Ani jednou jsme nezjistili podstatný rozpor mezi údaji tužkového a filmového dozimetru, popřípadě naměřené hodnoty u osoby, která nebyla v té době exponována. Dochází-li k těmto rozporům na jiných pracovištích, jak se někdy traduje, není vina na filmové dozimetrii ani na dozimetrické službě.
7. Personál rentgenologického pracoviště má sám zájem na dozimetrii, dozimetry nosí, sleduje dávky, nepokouší se o arteficiální superexpozice, hlavně pak má důvěru v ochranné prostředky a využívá jich. Toto psychologické působení v době všeobecné nouze o rtg. pracovníky považujeme za největší klad filmové dozimetrie.
8. Filmovou dozimetrií je možno doporučit na všechna rentgenologická pracoviště, její spolehlivost odpovídá rozpětí dávek a stupni rizika. Poskytuje spolehlivý obraz radiačního zatížení příslušníků oddělení. Skutečnost, že vyhodnocování údajů provádí jiný ústav, má kromě jiného i význam forenzní.
9. Naše zkušenosti lze použít i na jiných armádních pracovištích, kde se pracuje se zdroji záření, zkušenosti organizační i jako doklad pro spolehlivost metody.

### Souhrn

V práci jsou hodnoceny zkušenosti získané jednoročním používáním filmové dozimetrie na rentgenologickém pracovišti. Přesnost metody je srovnávána

s tužkovou dozimetrií a měřením prováděným namátkově v okolí přístrojů.

Filmová dozimetrie se osvědčila jako velmi vhodná a spolehlivá metoda osobní monitorace, kterou lze doporučit na všechna rentgenologická pracoviště.

#### Literatura

1. Abbat J. D., Lakey J. R. A., Mathias D. J.: Protection Against Radiation, Cassell, London I 1961.
2. Becker K.: Atompraxis 4, 168, 1958.
3. Becker K.: Fortschr. Röntgenstr. 95, 694, 839, 1961.
4. Běhounek F., Bohun A., Klumpar J.: Radiologická fyzika, ČSAV, Praha 1954.
5. Braestrup C. B., Wyckoff H. O.: Radiation Protection, Charles C. Thomas, Springfield 1958.
6. Czerwionka S. K. R.: Strahlenschutzmessung bei der Röntgen-diagnostik, Disertace, Würzburg 1960.
7. David A.: Prac. lék., 9, 332, 1957.
8. Dienstbier Z., Andrysek O.: Základy nukleární medicíny, SZN, Praha 1963.
9. Diskuse: Nucleonics, 17, 196, 1959.
10. Ehrlich M.: The Use of Film Badges for Personnel Monitoring, IAEA, Vienna 1962.
11. Fukuda M., Sugahara T., Hashimoto T.: Strahlentherapie 116, 638, 1961.
12. Hájek V.: Čs. rentgenol., 15, 37, 1961.
13. Hájek V.: Zdravot. pracovnice 14, 178, 1964.
14. Hájek V., Sedláček F.: Čs. rentgenol., 17, 206, 1963.
15. Hine G. J.: Amer. J. Roentgenol., 72, 293, 1954.
16. Kolektiv: Ionizující záření, SZN, Praha 1956.
17. Kolektiv: Nemoc z ozáření, NV, Praha 1962.
18. Liess G.: Zatížení, ohrožení zářením a ochrana v rentgenové diagnostice, český překlad V. Michal, SZN, Praha 1961.
19. Lindblom A. F.: Strahlentherapie, 124, 69, 1964.
20. Loutit J. F.: Brit. J. Radiol., 28, 647, 1955.
21. Mole R. H.: J. clin. Path. 7, 267, 1954.
22. Sdělení Ústavu pro výzkum, výrobu a využití radioizotopů, Praha.