

355:686-073.75

MODERNÍ PROSTŘEDKY POLNÍ RENTGENOVÉ DIAGNOSTIKYPodplukovník MUDr. Vlastimil HÁJEK, podplukovník MUDr. Horymír Přikryl
vojenská nemocnice Ružomberok

Objevu rentgenových paprsků bylo velmi brzy využito pro účely vojenského zdravotnictví. V květnu 1896 byly odeslány dva primitivní rentgenové přístroje z Anglie do Egypta, kde byly použity v bojích proti mahdistům. Roku 1900 vyšla první monografie o válečném použití rentgenového přístroje, ve které kapitán W. C. Borden shrnul zkušenosti z americko-španělských bojů na Kubě (1898).

V posledním desetiletí byly vyrobeny velmi výkonné pojízdné přístroje, které však stále zůstávají závislé na přívodu elektrického proudu. Příkladem pro tuto skupinu přístrojů jsou pojízdné komorové rentgenové přístroje se zesilovačem obrazu pro chirurgické účely, které se vyrábějí v mnoha zemích. Běžně se užívají v mírové traumatologii, ortopedii a peroperační radiografii. Zesílený štítový obraz je možno sledovat v nezatemněné místnosti neadaptovaným okem. Ve vhodných obalech mohou být transportovány na velkou vzdálenost. Váha zařízení rozloženého do čtyř beden je necelých 300 kg. Další výhodou je poměrně vysoká výkonnost, které umožňuje zhotovit všechny potřebné projekce, a to i v omezených prostorových podmínkách. Nevýhodou však je závislost na zdroj elektrického proudu. Proto se traumatologie civilní i vojenská ohlíží po nových zdrojích záření, které by nebyly závislé na zdroji elektřiny, a staly se tak skutečně transportabilní a použitelné kdekoli a kdykoli.

Po úspěchu rádiové terapie byly v prvních le-

tech našeho století zkoušeny přírodní beta a gama zářiče jako náhražka za rentgenové paprsky v diagnostice. Postavení reaktorů umožnilo výrobu potřebného množství umělých radioaktivních látek. V prvních poválečných letech dosáhl tak širokého využití radioaktivní kobalt pro průmyslovou defektoskopii, později iridium 192. Pro diagnostické účely jsou však oba prvky nevhodné. Radioizotop vhodný pro diagnostické účely musí mít totiž tyto vlastnosti:

1. možnost masové produkce,
2. nejvyšší specifickou aktivitu preparátu,
3. radiace gama pokud možno homogenní s energií v rozmezí 40 až 100 keV,
4. přiměřeně dlouhý poločas, zajišťující nejúčelnější využití zdroje. Z několika set radioaktivních izotopů, které jsou dnes známy, vyhovuje těmto požadavkům jen několik:

Cesium, Cs 134 (T-3,3 roky, E_{γ} do 0,7 MeV) má už jen historický význam jako první k těmto účelům použitý izotop.

Thulium, Tm 170 (T-129 dní, E_{γ} 84 keV).

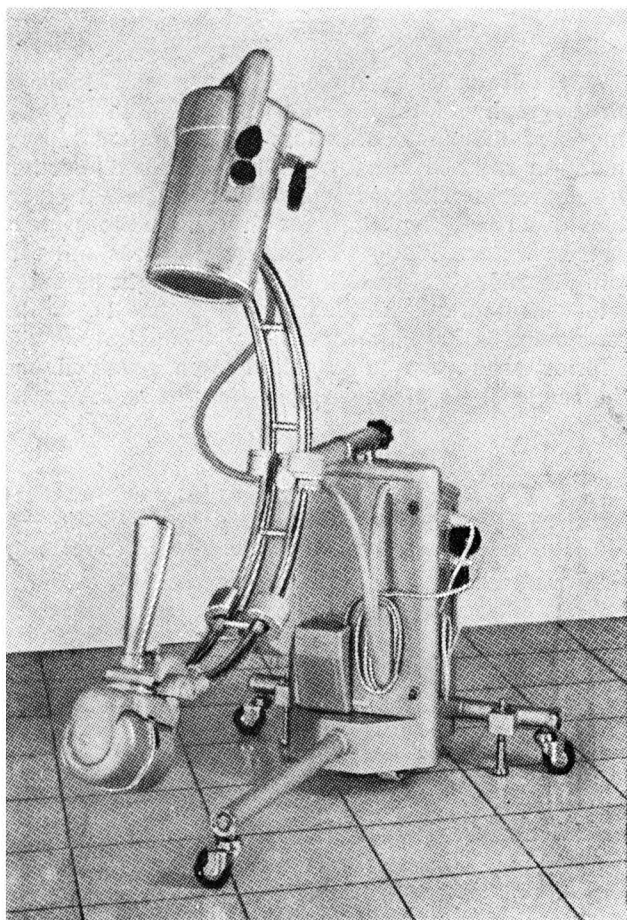
Xenon, Xe 133 (T-5,27 dní, E_{γ} 81 keV).

Cer, Ce 141, (T-33 dny, E_{γ} 87 keV).

Americium, AM 241 (T-470 let, E_{γ} 60 keV).

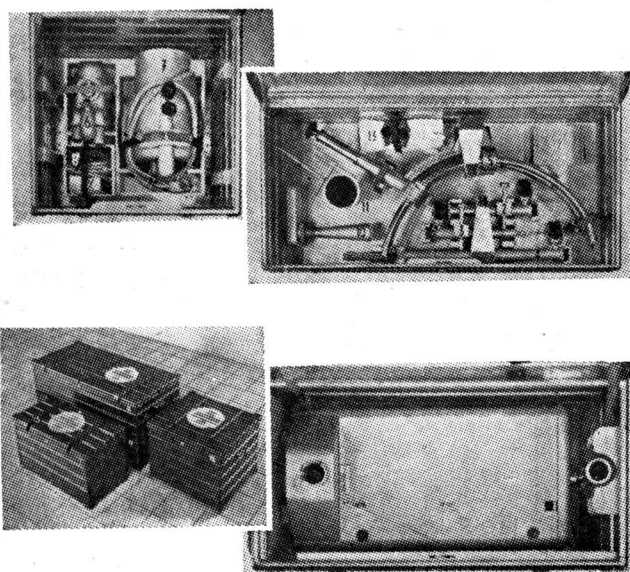
U beta zářičů využíváme brzděné záření rentgenového, vznikajícího při dopadu částice beta na terč z těžkého kovu; je to obdoba vzniku rentgenového záření v rentgence. Jako vhodné zdroje beta záření byly zkoušeny:

Nikl, Ni 63, (T-85 roků, E_{β} 0,067 MeV).



Obr. 1a

Pojízdný komorový přístroj se zesilovačem obrazu, připravený k použití. Zesilovač je na horním konci ramene: před jeho vstupní okénko je možné upevnit držák na normální kazety a provádět běžné snímkování.



Obr. 1b

Přístroj v transportním uspořádání. V doplňkové čtvrté bedně je složen vyšetřovací stůl a stativ.

(podle firemní literatury fy Philips, Holandsko)

Stroncium, Sr 90 (T22 let, $E\beta$ 0,5 MeV).

Prometheum, Pm 147 (T-2,6 roku, $E\beta$ 0,223 MeV).

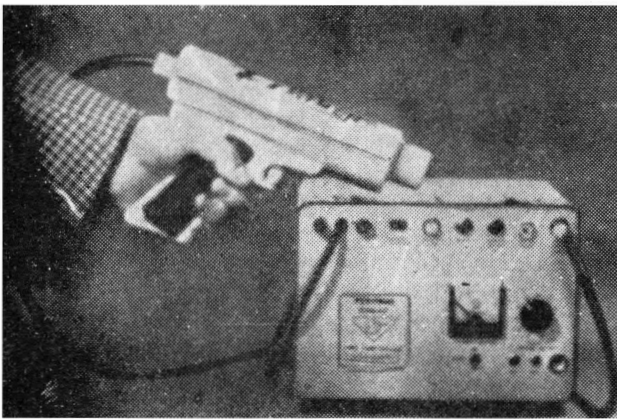
Thalium, Tl 204 (T-4 roky, $E\beta$ 0,765 MeV).

V roce 1955, po několika letech pokusů, byl v Army Medical Research Laboratory ve Fort Knox v USA vyvinut pro vojenské účely přenosný polní přístroj vážící kolem desíti kilogramů, upravený k transportu na zádech. Zdrojem záření bylo 40 curie Tm 170, stíněné 6 mm olova. Dosáhlo se expozičních časů 20—50 sekund při ohniskové vzdálenosti půl metru. Pokud jsou k dispozici další údaje, nepodařilo se rozšířit rozsah přístroje na jiné části těla než končetiny, a to ještě při špatné kvalitě obrazu. Vývoj těchto přístrojů pravděpodobně už nepokračuje, protože přes jednoduchost a nenákladnost neodpovídají potřebám soudobé rentgenové diagnostiky.

V roce 1960 byl pod patronátem americké armády vyvinut bateriový pulsní rentgenový přístroj, který je již vyráběn komerčně a který byl překvapením 10. mezinárodního radiologického kongresu v Montrealu v srpnu 1962. Nová konstrukce katody, která je sestavena z geometricky uspořádaných jehel, umožňuje již za studena ohromnou emisi elektronů, takže intenzita vznikajícího rentgenového záření převyšuje o šest a více řádů intenzitu dosaženou v nejjvýkonnějších dosavadních typech rentgenek. Zdrojem potřebného elektrického proudu je bateriové zařízení, které je zvětšenou obdobou bateriových zdrojů pro fotografické bleskové světlo. Tímto zařízením, nazývaným F-T, popřípadě názvem Fexitron, jde-li o celek s bateriovým zdrojem, byly překvapivě ostře a čitelně zobrazeny části lidského těla. Experimentální stabilní zařízení „prosvítí“ hlavě koltu 0,45 a zachytí v ní letící kulku. Polní typ váží kolem 30 kg, rentgenka se může držet v ruce, celek je přenosný jedním mužem. Jedinou nevýhodou je o 50 % vyšší cena než cena dosavadního klasického rentgenového přístroje (výrobky první série stojí zatím tři tisíce dolarů, což je ovšem cena ve srovnání s jinou vojenskou technikou nepatrná).

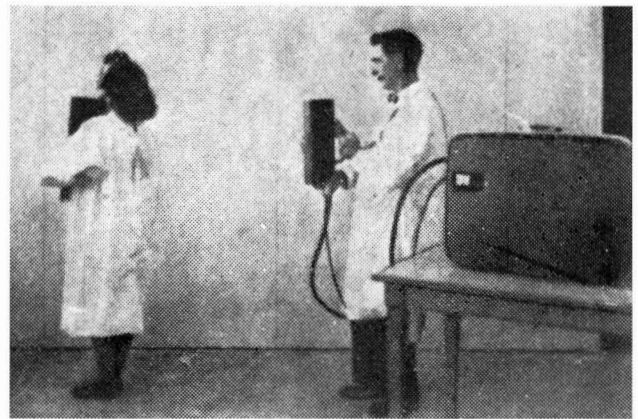
Stejně důležitou jako vlastnost a výkonnost přístroje je forma zachycení a záznamu vzniklého rentgenového obrazu. Nejjednodušší a nejlacinější je využít skioskopie, ta však váže stále jednoho lékaře, vyžaduje adaptaci oka a zatemněnou místnost a nedává trvalý dokument. To neodstraní ani štítový zesilovač obrazu. Přenos taktó zesíleného obrazu televize, popřípadě magnetický záznam, by byl příliš náročný a choullostivý v polních podmínkách. Dosavadní snímková technika, tzn. rentgenový paprsek—objekt—kazeta—film—temná komora—rentgenový snímek, použita u přenosného polního přístroje je anachronismem, zatěžujícím nezbytnou výstrojí temné komory a chemikáliemi v tekutém stavu. Proto se integrální součástí polního rentgenového přístroje stávají samovyvolávací kazety, radionozitivní materiál, popřípadě se obraz zachycuje nefotografickým principem.

Mnoho se očekávalo od xeroradiografie: je to



Obr. 2a

Pokusná souprava Fexitron na síť: v ruce je pistolovitě uspořádané snímkovací zařízení s rentgenkou. Celé zařízení váží 18 kg.

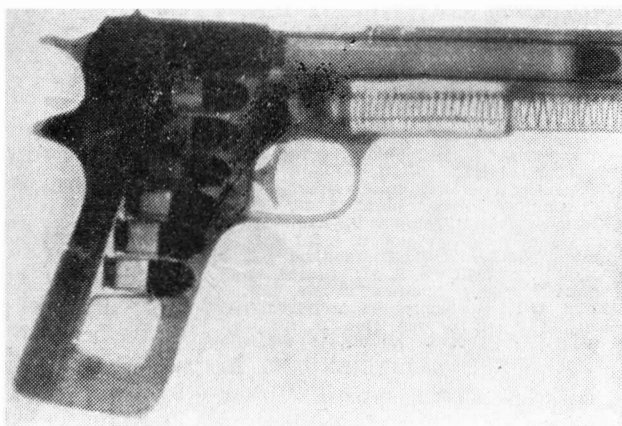


Obr. 2b

Polní přenosný prototyp: bateriový pulsní zdroj je na stole, rentgenku drží laborant v ruce.

fotoelektrický proces, popsáný v roce 1937, v rentgenové diagnostice poprvé aplikovaný v roce 1952. Základním principem je změna prostorového rozložení statického náboje na selénovém povlaku kovové desky, vyvolaná ozářením rtg. paprsky. Tento „elektrický“ obraz se stane viditelným po pokrytí desky jemným práškem opačně nabitým a odlišně zbarveným proti selénovému podkladu. Rozlišovací schopnost převyšuje mnohonásobně normální rentgenový film. Celý cyklus trvá asi dvě minuty. Obraz je možno přenést na papír, selénový povlak vydrží několik tisíc expozič. Nevýhodou při polním použití by byla křehkost snímacího zařízení a náročnost na čistotu při zpracování, nemá-li dojít k značnému zkráslení obrazu. Konečně by tato metoda nezaručovala trvalou dokumentaci, obraz musí být vymazán před dalším použitím.

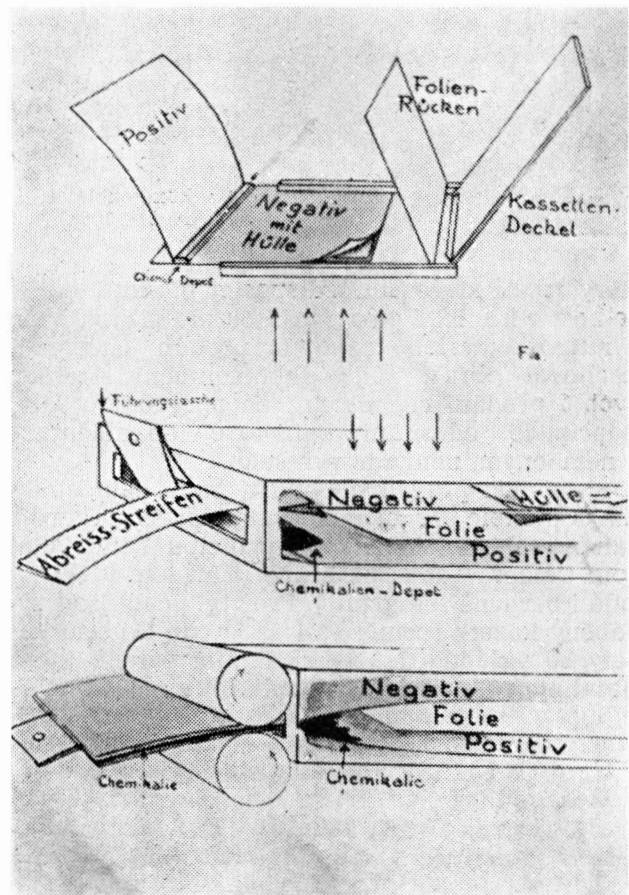
Anglická firma Thorn Electrical Industries Ltd. vyvinula v roce 1962 fluorescenční fosforovou vrstvu, nanesenou na kovovou desku nabitou proudem, která zviditelní obraz působený dopadajícími rentgenovými paprsky. Zatím malé roz-



Obr. 3

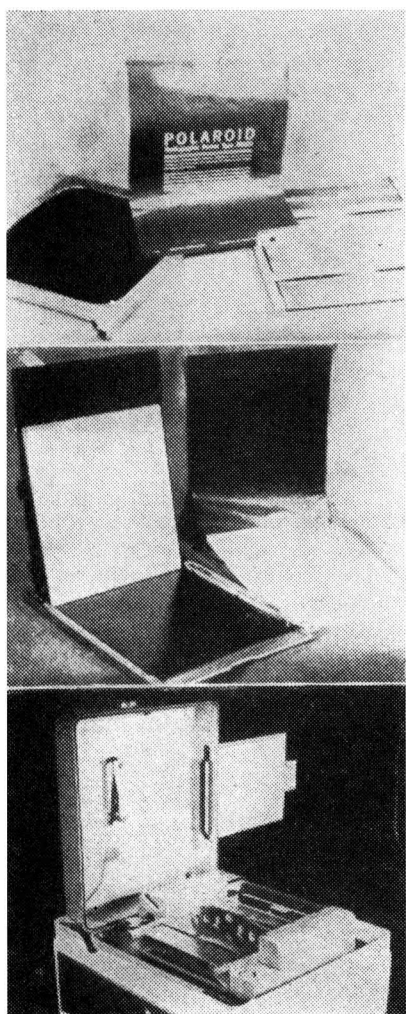
Rentgenový snímek pistole Colt, ráže 0,45" při výstřelu. 14 gramů těžká kulka je zachycena v letu těsně před opuštěním hlavně. Skelet ruky držící pistoli je nezřetelný pro vysoké napětí použitého záření. Expoziční data: vzdálenost ohnisko—objekt 370 cm, napětí 600 kV ve zdroji, 500 kV v rentgence, intenzita 1300 A(1), čas 0,2 milióntiny vteřiny.

(vše podle Olin, T., Carlsson, C.: Der Radiologe, 2, 451, 1962)



Obr. 4a

Princip samovyvolávací kazety Polaroid. Je jasně vidět depo chemikálií ve švu mezi pozitivem a negativem, na spodním obrázku pak jejich nanesení mezi filmy a rozetření pomocí válečků vyvolávacího přístroje.



Obr. 4b
Ukázka filmového balení, kazety a vyvolávacího přístroje soupravy Polaroid (podle Schulz, V.; Röntgenblätter, 15, 278, 1962).

měry desek, které jsou k dispozici, omezují použitelnost v klinické praxi; určitou překážkou bude i nutnost trvalého zapojení proudu, chceme-li zachovat obraz. Tedy dokumentační stránka, rychlé předání rtg. obrazů do operačního sálu, popřípadě odesílání snímkové dokumentace s nemocným, není zde vyřešeno.

S největší pravděpodobností bude nejúčelnějším doplňkem přenosného rentgenového přístroje samovyvolávací kazeta na principu Land Polaroid Camera (dnes už běžně užívaném v černobílém i barevné fotografii). Pro rtg. účely jsou vyráběny kazety rozměrů 24 × 30 cm. Do této kazety se vkládá film ve zvláštním balení, které obsahuje při švu depo chemikálií a normálně se

exponuje. Po expozici se vkládá do jednoduchého lehkého vyvolávacího zařízení. Tahem za papírový jazyk se chemikálie, které jsou pastovité konzistence, nanese mezi negativ a pozitiv a vyvolávací proces se tlakem válečků, mezi kterými film prochází, dokončí na celém povrchu negativu a současně se přenesou na pozitiv. Samotné vyvolávání trvá 10 vteřin, celý proces dvě minuty. Cena kompletního zařízení je ještě dosti vysoká (vyvolávací souprava a dvě kazety 5800 DM, cena jednoho filmového balení je 12 DM, tj. osminásobek normálního rentgenového filmu). Získané obrazy jsou pro polní účely dostatečně kvalitní, kromě toho se expoziční hodnoty snižují asi na polovinu, což má velkou cenu pro snížení celkových dávek na vyšetřované i na obsluhu.

Konečně se uvádí i možnost použití radiosenzitivních papírů, na kterých by rentgenové paprsky přímo bez vyvolání působily barevné změny odpovídající černobílému rozložení normálního rentgenového obrazu. Malá citlivost, malá odolnost proti jiným druhům energie a hlavně malá rozlišovací schopnost jsou zatím na závalu jejich širšího použití.

Závěr: Vojenské zdravotnictví dostává do rukou výkonné rtg. přístroje nezávislé na dodávce proudu; současně s nimi se stává vojenská rtg. diagnostika nezávislá na temné komoře, bez ztráty na kvalitě a trvanlivosti obrazové dokumentace. Zvláště při vysokém výskytu krytých poranění, jaká přináší jaderné výbuchy, bude tak klinická diagnóza upřesněna kvalitním rentgenovým nálezem. Je nesporné, že i civilní traumatologie a zdravotnictví v málo vyvinutých zemích může z těchto vojenských poznatků mnoho získat pro svou mírovou práci.

Poznámka

Bateriové rentgenové přístroje, které využívají vysokofrekvenčního proudu (myšlenka z roku 1897) z 24 V baterie, a které vysílají 800—1000 impulsů za vteřinu do normální rentgenky, vyrábí fa Generay v Itálii pod jménem Independent. Jedno nabití baterie stačí na zhotovení 1000 snímků, používané kV mezi 80—120. (Podle Hubacher O.: Radiol. Clin. Basel, 32, 437, 1963.)

Literatura

- Daggs, R. G.: I. mezinárodní konference o mírovém využití atomové energie, Ženeva 1955, P/165.
 Denis, G. E., De Luca, H. A.: Amer. J. Roentgenol. 72, 661, 1954.
 Hasterlik, R. J.: Nucleonics, 12, 37, 1954.
 Kereiakes, J. G., Krebs, A. T.: Radiology, 67, 419, 1956.
 Mayneord, W. V., Ireland, H. J. D.: Brit. J. Radiol. 29, 277, 1956.
 Olin, T., Carlsson, C.: Der Radiologe, 2, 451, 1962.
 Roach, J. F., Hilleboe, H. E.: J. Amer. Med. Ass. 157, 899, 1955.
 Schulz, V.: Röntgenblätter, 15, 278, 1962.
 Stehn, J. F.: Nucleonics, 18, 186, 1960.
 Stehn, J. F.: Milit. Med. 116, 227, 1955.
 Stehn, J. F.: J. A. M. A.: 183, 12, 1963.