

Ionizující záření. Ochranné faktory. Legislativa.

Petr Nádeníček
FN Brno - Bohunice
přednosta prof. V. Válek

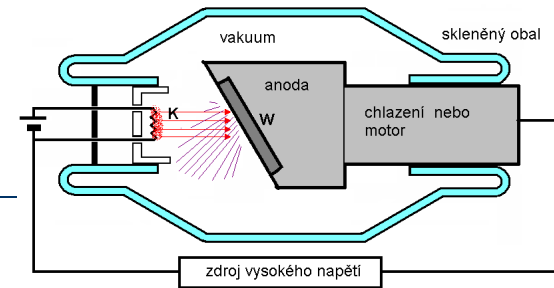


- Nejnižší dávky, které obdrželi lidé po bombardování Hirošimy a Nagasaki dosahovaly.

5 až 20 mSv

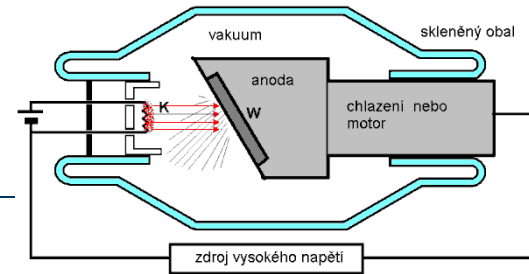
- U těchto lidí se zaznamenalo malé, ale zvýšené riziko úmrtí na rakovinu z ozáření.

Rtg záření



- **elektromagnetické** záření, krátké až velmi krátké vlnové délky
- **10 – 0,001 nm**
- **fotony**
- vzniká v elektronových **obalech** atomů
- **energie** závisí na vlnové délce – čím kratší vln. délka tím větší energie
- ionizuje **nepřímo**, prostřednictvím sekundárních el.
- záření - charakteristické, brzdné

Rentgenka



- katoda – **wolframové** vlákno, žhavicí proud, T až **2000 °C**
- katoda **emituje** e^- , el. pole mezi k. a a. urychluje e^- .
- stejnosměrné napětí 10 – 500 kV
- anoda – studená, měděný blok, terčík (Wofram, Molybden)
- emise **fotonů**
- **nízko**energetické záření– **měkká** složka
- **vysoko**energetické záření – **tvrdá** složka

Interakce rtg záření s látkou

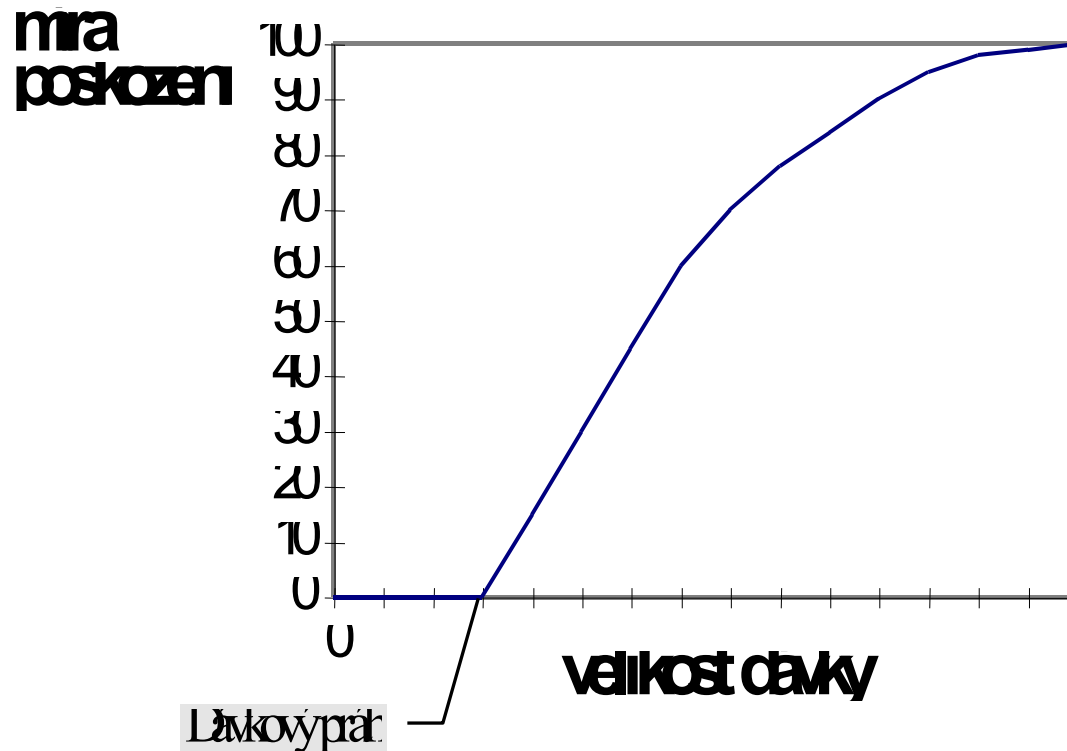
- rtg záření, gama záření
- fotoelektrický jev – fotoefekt
- **Comptonův rozptyl** (předá část energie, odchýlí se)
- tvorba elektron–pozitronových párů

10 – 0,001 nm

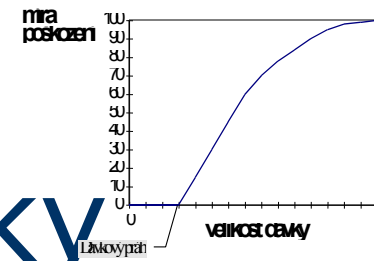
Biologické účinky IZ

- Stochastické
- deterministické

Deterministické účinky

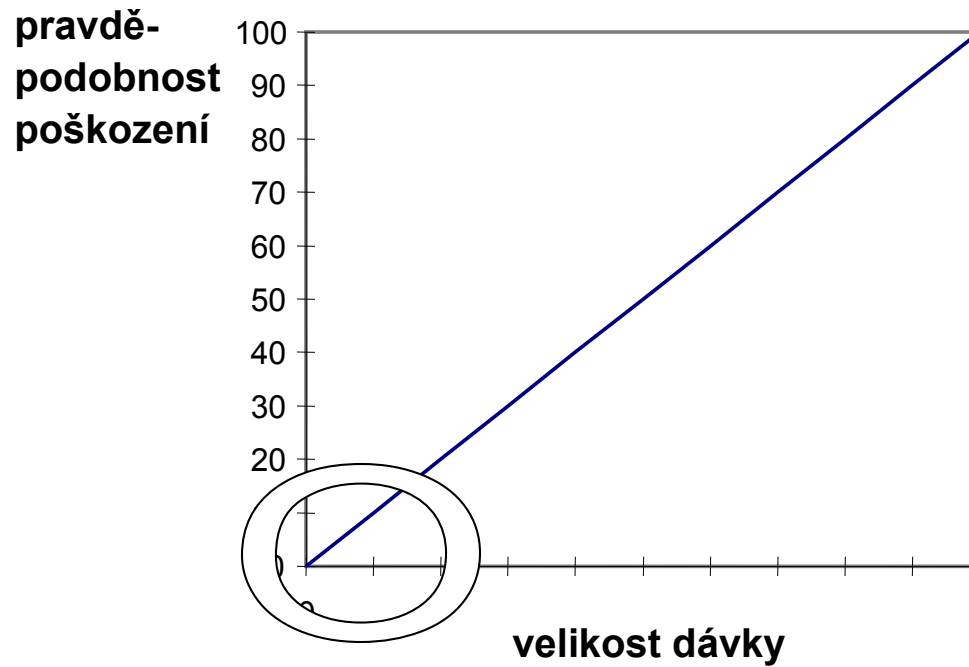


Deterministické účinky



- **prahové**
- po překročení prahové D vzrůstá míra poškození s velikostí D v daném orgánu
- v důsledku poškození části ozářených bb.
- **lokální účinky**
- klinicky lze prokázat, bylo-li poškození způsobeno ionizujícím zářením.
- **akutní nemoc z ozáření**, poškození kůže, poškození oční čočky, D_{ekv} (Sv)

Stochastické účinky



Stochastické účinky

- **bezprahové**
- s rostoucí D_{ef} roste **pravděpodobnost**
- účinek nezávisí na velikosti dávky
- nevznikají bezprostředně po ozáření (až po několika letech)
- maligní bujení + genetické účinky
- ke vzniku nádoru nemusí dojít v ozářeném místě,
- D_{ef} (Sv)

Radiosenzitivita

- aktivní kostní dřeň, lymfoidní orgány, gonády, GIT
- kůže, epit. výstelky (jícen, žaludek, m.m.), oční čočka
- cévy, rostoucí chrupavka, rostoucí kost
- zralá chrupavka, zralá kost, dýchací ústrojí, endokrinní systém
- svaly, CNS

50 mSv - pravděpodobnost úmrtí

- roční práce v „**bezpečném průmysl. odvětví**“
- celotělové dávky **50 mSv**
- vykouření **10 balíčků cigaret**
- 15 let prožitých s **kuřákem**
- vypití **50 lahví vína**
- výletu na **kole** o délce 1500 km
- procestování 45 000 km **autem**
- **v celém výčtu platí pravděpodobnost úmrtí 1·10000**



Ing. Dana Drábová,
předsedkyně Státního úřadu
pro jadernou bezpečnost

1 mSv - efektivní dávka

- několik let – zevní ozáření z přírod. zdrojů
- několik let – vnitř. oz. z K v těle
- < 1 rok – vnitř. oz. z Ra v budovách
- několik měsíců – zev. oz. ve velkých nadmořských výškách
- stovky hodin – zev. oz při dálkových letech
- dvojnásobek průměrného oz. při vyš. na rtg
- 1 mSv - roční limit ozáření pro jednotlivce z obyvatelstva!

Limity

Pracovníci s IZ

- D_{ef} za 5 let **100** mSv
- D_{ef} za rok **50** mSv
- D_{ekv} v oční čočce za rok **150** mSv
- D_{ekv} v 1 cm² kůže za rok **500** mSv
- D_{ekv} na končetiny za rok **500** mSv

Učni a studenti

- **6** mSv
- **50** mSv
- **150** mSv
- **150** mSv

Těhotné ženy po celou graviditu **1** mSv.

D_{ef} – rtg vyšetření

Wyšetřovací metoda	Typické efektivní dávky (mSv)	Ekvivalentní počet snímků při rtg vyšetření plic	Přibližná doba, za kterou by člověk obdržel ekvivalentní dávku ozáření z přírodních zdrojů ²⁾
rentgenologická vyšetření			
Končetiny a klouby (kromě kyčlí)	< 0.01	< 0.5	< 1.5 dne
Zuby ³⁾	0.02	1	3 dny
Plice (jeden PA snímek)	0.02	1	3 dny
Lebka	0.07	3.5	11 dní
Mamografie (screening) ⁴⁾	0.1	5	15 dnů
Kyčel	0.3	15	7 týdnů
Pánev	0.7	35	4 měsíce
Hrudní páteř	0.7	35	4 měsíce
Břicho	1.0	50	6 měsíců
Bederní páteř	1.3	65	7 měsíců
Polykací akt	1.5	75	8 měsíců
CT hlavy	2.3	115	1 rok
IVU	2.5	125	14 měsíců
Vyšetření žaludku	3	150	16 měsíců
Střevní pasáž	3	150	16 měsíců
Irigoskopie	7	350	3.2 roku
CT hrudníku	8	400	3.6 roku
CT břicha nabo pánve	10	500	4.5 roku

Plod

- < 2 týdny – „vše nebo nic“, prahová D 250 mGy
 - 3.–8. týden – období **organogeneze**, nebezpečí vzniku malform., prahová D 100 mGy
 - 8.–15. týden – **mentální retardace**, prahová D 100 mGy
 - >15. týden – relativní **odolnost** - stejná jako narozené dítě
- **Největší radiosenzitivita v 1. třetině gravidity!**

Věc: Zhodnocení ozáření plodu

V Praze dne ...

Na základě Vašeho dotazu e- mailem ze dne ... jsme provedli odhad dávky na plod u paní XY.

Bylo provedeno vyšetření plic PA projekce na velký formát 35x35 cm.

Parametry vyšetření 110kV/1,2 mAs, celková filtrace 2,5 mm Al, OK 150.

Stáří gravidity 3 měsíc.

Program NRPB-SR262 uvádí při zadaných parametrech, že **ekvivalentní dávka v děloze je pod hranicí rozlišitelnosti programu.**

Dle protokolu ZDS vstupní povrchová dávka pro vyšetření hrudníku je v mezích hodnot DRÚ daných přílohou vyhlášky č. 307/2002 Sb.

Závěr:

Dávka v děloze, resp. plodu z vyšetření plic na velký formát je zanedbatelná, není důvod se obávat nepříznivého ovlivnění zárodku.

Těšíme se na další spolupráci

MUDr. ...

Otázky

Moje žena nedávno podstoupila zubní rentgenové vyšetření a zjistili jsme, že v této době byla ve třetím týdnu těhotenství. Jak velké riziko je spojeno s tímto vyšetřením?

Při kompletním rentgenovém vyšetření zubů těhotné pacientky obdrží embryo dávku kolem 0,001 mGy. Ve srovnání s průměrnou hodnotou od přírodního pozadí činící 3 mGy je zátěž při takovém vyšetření menší, než zátěž od přírodního ozáření za jeden den. Nebyly prokázány případy, že by tak malé dávky představovaly nějaké riziko. To samozřejmě není přesvědčivý důkaz naprosté bezpečnosti, ale poskytuje ujištění, že pokud nějaké riziko vzniká, tak nesmírně malé.

Již tři měsíce pracuji s panoramatickým a intraorálním rentgenem na zubním pracovišti. Zmeškala jsem jeden menstruační cyklus a věřím, že jsem těhotná - přibližně pět až šest týdnů. Ráda bych věděla, jestli mému dítěti hrozí nějaké nebezpečí z ozáření, kterému jsem při práci vystavena.

Je velmi nepravděpodobné, že jste při svém profesionálním ozáření utrpěla nějakou újmu nebo se a své nenarozené dítě vystavila významnému riziku. Dostupná data ukazují, že typické dávky z profesionálního ozáření na zubním pracovišti činí kolem 0,7 mSv za rok. Pro srovnání - průměrná hodnota z přírodního ozáření, kterému je vystaven každý z nás, činí 3,5 mSv za rok. Limity pro pracovníky se zářením jsou 100 mSv v pěti po sobě následujících letech, přičemž v jednom roce nesmí být překročena hodnota 50 mSv. U těhotných žen se upravují podmínky práce natolik, aby plod v průběhu těhotenství neobdržel dávku větší než 1 mSv. Limity jsou voleny tak, aby vyloučily deterministické účinky a nevedly k významnému zvýšení pravděpodobnosti pozdních následků, jako je rakovina a genetické změny.

Vzhledem k vašemu těhotenství by jste měla dodržovat všechna opatření k minimalizaci vlastního ozáření. Při snímkování byste měla být od rentgenu oddělena stínicí vrstvou, nejlépe zdi. Není-li to na vašem pracovišti možné, stůjte při snímkování co nejdále od přístroje. Prodiskutujte se zaměstnavatelem používání osobního dozimetru s měsíčním odečtem obdržené dávky. Je třeba zdůraznit, že nemáte žádný důvod k panice. Nikdo nemůže stoprocentně říci, že své dítě nevystavíte naprosto žádnému riziku, nicméně neexistují data, tvrdící opak.

Lékařské ozáření

- zákon č. 18/97 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření - **atomový zákon**
- novela rozšiřuje pojem podle požadavků **Směrnice rady EU 97/43/Euroatom**
- ozáření pacientů v rámci jejich lékařského **vyšetření** (diagnostiky) nebo **léčby**
- ozáření fyzických osob v rámci léčebně **preventivní** péče, či ozáření fyzických osob dobrovolně se účastnících ozařování v rámci ověřování **nových medicínských n. biomed. poznatků**, anebo při použití metod, které dosud nebyly v klin. praxi zavedeny
- ozáření fyzických osob pro právní účely stanovené zvl. právním předpisem (**trestní řád**) n. pro **pojišťovací** účely

Optimalizace

1. Bylo to už vyšetřeno?

Lékař by měl vyvinout veškeré úsilí k získání dřívějších snímků, aby se omezilo opakování již provedených vyšetření (např. v jiné nemocnici, v ambulantní části zdravotnického zařízení, nebo na úseku traumatologie či naléhavých příjmů). V budoucích letech může v tomto ohledu pomoci přenos digitálních dat elektronickým spojením.

2. Potřebuji to skutečně?

Lékař by neměl zbytečně indikovat vyšetření, o němž lze předpokládat, že jeho výsledky neovlivní léčeni pacienta - například při degenerativním onemocnění páteře (které je tak „normální“ jako šediny od středního věku).

3. Potřebuji to nyní?

Lékař by neměl vyžadovat zbytečně často dané vyšetření - to je například dříve než se nemoc mohla dále rozvinout nebo ustoupit, nebo dříve než výsledky mohly mít vliv na léčení.

4. Je to nejlepší vyšetření?

Lékař by měl ještě před odesláním pacienta zvážit projednání způsobu vyšetření s příslušným specialistou z oboru klinické radiologie (radiodiagnostika, nukleární medicína), protože zobrazovací techniky se rychle vyvíjejí.

5. Vysvětlil jsem problém?

Lékař by si měl opatřit všechny příslušné klinické informace a stanovit si otázky, na které má zobrazovací vyšetření přinést odpověď. Toto opomenutí může vést k následné chybné volbě techniky (např. k vynechání některé zásadní projekce).

6. Neprovádí se příliš mnoho vyšetření?

Někteří klinici mají sklon spoléhat se na rentgenové vyšetření více než ti druzí. Někteří pacienti toto vyšetřování rádi podstupují.

Atomový zákon č. 18/1997/Sb.

- vyhláška č. 307/2002 Sb. - radiační ochrana
- č. 146/1997 Sb., ve znění vyhl. 315/2002 Sb. - požadavky na kvalifikaci, udělování oprávnění
- č.317/1997 Sb. - typové schvalování
- č. 214/1997 Sb. - zabezpečování jakosti

Vyhláška č.307/2002 Sb. - 1

- obsah:
- §§ 1-16 Úvod, definice, kategorizace zdrojů a pracovišť
- §§ 17-23 Optimalizace, limity
- §§ 24-35 Bezpečný provoz pracovišť, kontrolované pásmo
- §§36-45 Podrobnosti k povolování
- §§46-59 Radioaktivní odpady
- §§ 60-67 Požadavky na lékařské ozáření
- §§ 68-86 Testování, monitorování, evidence
- §§ 87-91 Zvýšené ozáření z přírodních zdrojů

Vyhláška č.307/2002 Sb. - 2

- §§ 92-103 Zásahy
- §§104-107 Přejíchná a závěrečná ustanovení
- 13 tabulkových příloh

Máme co zlepšovat?

■ **ANO**

Celostátní standardy

- Předpokládá se, že pokud **75 %** pracovišť je schopno úspěšně pracovat pod *touto* úrovní dávky, pak zbylých **25 % pracovišť by mělo zlepšit** svoji techniku či svoje vybavení tak, aby dosáhlo úrovně dávky srovnatelné s ostatními pracovišti.

Ochranné faktory a pomůcky

- vzdálenost
- čas
- stínění (alfa, beta, rtg)
 - ✓ zástěry, límce,
 - ✓ clony, krytí gonád, štítnice
- děti - fixační zařízení



Detekce IZ

- **filmové** – vysoká citlivost
 - ✓ trvalost záznamu
 - ✓ info o energii, směru, druhu z.
 - ✓ nízká cena
 - ✓ automatizace vyhodnocení
- scintilační
- ionizační
- polovodičové
- luminiscenční

Klasifikace zdrojů IZ -1

- Dle vyhlášky č.307/2002 Sb
- Záměrem je roztrždit zdroje podle potenciálního ohrožení zdraví a ŽP a tak zjednodušit předpisy a požadované administrativní procedury.
- Kritéria: dávkový příkon, aktivita, technické provedení, typické použití, předvídatelné poruchy.
- Nevýznamné - Žádné riziko. Bez povolení, bez ohlášení. Lze je vyhodit do komunálního odpadu.
Ionizační hlásič požárů. Lze používat volně.

Rozdělení zdrojů IZ - 2

- Drobné - některé kostní **denzitometry**. Práce s nimi je skoro bezpečná. Není potřeba povolení.
- Jednoduché - Nízké riziko radiační nehody. **Zubní** rtg, denzitometrie. Povolení práce.
- Významné - Vyšší riziko radiační nehody. **Radiodiagnostika, radioterapie**, urychlovače. Povolení pracoviště i práce.
- Velmi významné - Riziko radiační havárie. **Jaderné reaktory**. Postupné povolování.

Kategorizace pracovišť

- I. kategorie – denzitometrie, **zubní rtg (OPG)**
- II. kategorie – **radiodiagnostika**
- III. kategorie – urychlovače částic, uzavřený radionuklidový zářič (**radioterapie, brachyterapie**)
- IV. kategorie – jaderné zařízení, uložště radioaktivních odpadů

Pásma

- **Kontrolované** pásmo – se vymezuje tam, kde se očekává že by za běžného provozu nebo za předvídatelných odchylek od běžného provozu mohlo ozáření překročit **3/10 limitu** pro radiační pracovníky.
- **Sledované** pásmo – tam, kde se očekává za běžného provozu n. za předvídatelných odchylek od něj, že by ozáření mohlo překročit **obecné limity**.

Odůvodnění lékařského ozáření

- prospěch pacienta
- indikace ošetřujícího lékaře
- zvážení aplikujícího lékaře (radiologa)
- ✓ skríníng (mammografie, TBC)
- ✓ gravidita - pouze neodkladné indikace
či z porodní indikace

Odůvodnění lékařského ozáření

- vhodný postup, provozní parametry
- optimalizace zobrazení
- kritéria správného zobrazení
- ochranné pomůcky pro pacienta, doprovod a aplikujícího odborníka
- diagnostické referenční úrovně dle vyhlášky 307/2002 Sb.

Lékařská expozice IZ

- radiační zátěž pacientů léčených nebo vyšetřovaných pomocí IZ ve zdravotnických zařízeních
- záznam
- princip **zdůvodnění** a **optimalizace**

Principy radiační ochrany

1. Zdůvodnění
2. Optimalizace - ALARA
3. Nepřekročení limitů
4. Zajištění/bezpečnost zdroje

Děkuji za pozornost

Literatura

- IPVZ, Kurz radiační ochrany při nakládání se zdroji ionizujícího záření ve zdravotnictví.
- RENTGEN bulletin, 2001, 2002.