

RADIAČNÁ OCHRANA V RÁDIOLÓGII

Najväčším príspevkom k radiačnej záťaži obyvateľstva z umelých zdrojov žiarenia je **radiačná záťaž** (► Príloha 1) v dôsledku využívania ionizujúceho žiarenia v medicíne. Podľa poslednej správy UNSCEAR (Vedecký výbor OSN pre účinky atómového žiarenia) z roku 2000, tento podiel predstavuje až 95% uvedenej záťaže. Ročne sa vo svete vykoná 2 miliardy rádiologických vyšetrení, 32 miliónov vyšetrení v nukleárnej medicíne a 5.5 milióna rádioterapeutických výkonov, pričom priemerná ročná efektívna dávka z lekárskeho ožiarenia predstavuje približne 0.8 mSv na obyvateľa. Pre porovnanie, ožiarenie z prírodných zdrojov žiarenia (primárne sa nachádzajúcich v zemskej kôre) prispieva k radiačnej záťaži jednotlivca efektívnou dávkou 2.2 mSv za rok. V posledných rokoch sa výrazne zvýšil najmä počet rádiodiagnostických vyšetrení v prepočte na 1000 obyvateľov. Kým v roku 1990 to bolo napr. v Nemecku 1080 vyšetrení, v Luxembursku 810 vyšetrení, vo Veľkej Británii 460 vyšetrení a na Slovensku 800 vyšetrení, v roku 2000 to bolo už 1655, 1515, 704, resp. 990 vyšetrení. Tieto počty predstavujú zvýšenie efektívnej dávky na jedného pacienta o 35% a kolektívnej dávky o 50%, pričom nárast počtu obyvateľov je iba 10%.

Súčasná radiačná ochrana vychádza zo základných princípov (odôvodnenie, optimalizácia, limitovanie), ktoré zabezpečujú prijateľnosť ožiarenia pacientov a zdravotníckeho personálu v rádiodiagnostike, v radiačnej onkológii a v nukleárnej medicíne. Dodržiavanie zásad radiačnej ochrany (RO) zabezpečí znížovanie rizika z používania zdrojov IŽ, zníženie radiačnej záťaže u pacientov a zdravotníckeho personálu a potrebnú kvalitu získaných diagnostických informácií pri minimálnom ožiarení pacienta.

UČEBNÉ CIELE

Študent má vedieť definovať pojmy ako efektívna dávka, kolektívna dávka, diagnostické referenčné úrovne. Mal by poznať základné ciele programu kvality v rádiológii. Má vedieť základné princípy ochrany pacienta a personálu pred IŽ v radiačnej onkológii.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Efektívna dávka, kolektívna dávka, diagnostické referenčné úrovne, dopadová dávka, plošná dávka

ZABEZPEČENIE RO V DIAGNOSTIKE

Rádiodiagnostika, ako časť rádiológie, si u nás i vo svete udržiava pozíciu vedúcej zobrazovacej techniky v medicíne. Jedná sa o využívanie ionizujúceho žiarenia pre získanie obrazu ľudských tkanív. Súčasný vývoj techniky zobrazovania umožňuje použitie metód od klasickej skiografie, cez počítačovú tomografiu, až po metódy substrakčnej angiografie, s využitím digitálneho spracovania obrazu. Percentuálne rozdelenie základných typov rádiodiagnostických vyšetrení je uvedený **na obr.2** (► Príloha 2). Na obr. 3. je uvedená **kolektívna dávka** (► Príloha 3) z jednotlivých vyšetrení. Napriek modernizácii týchto diagnostických postupov je však potrebné naďalej optimalizovať dávky obdržané pacientom a zavádzať programy zabezpečenia kvality za účelom znížovania ožiarenia a to pri zachovaní liečebného prínosu pri jednotlivých vyšetreniach.

Znížovanie radiačnej záťaže pacientov pri rádiodiagnostických vyšetreniach je jednou z najzávažnejších aktuálnych úloh radiačnej ochrany. Najdôležitejším predpokladom plnenia zásad radiačnej ochrany je:

- Odôvodnenie ožiarenia, ako prvý krok pri zabezpečení radiačnej ochrany pacienta. V súlade s týmto princípom žiadne röntgenové vyšetrenie pacienta sa nesmie vykonať bez odôvodnenej klinickej indikácie lekárom. Pri každom vyšetrení sa musí preukázať dostatočný čistý prínos pre pacienta v porovnaní so zdravotnou ujmu, ktorú ožiarenie môže pacientovi spôsobiť.

- Dodržiavanie indikačných kritérií pre zobrazovacie metódy, ktoré vydala Európska komisia. Tieto kritéria musia jednotlivé krajiny rozpracovať s ohľadom na ich možnosti (technika, organizácia práce, a pod.). Pri výbere indikačných kritérií môže pomôcť prehľad typických hodnôt **efektívnych dávok** (►Príloha 4), ktoré obdrží pacient pri lekárskom vyšetrení. Pri odôvodnení rádiologického vyšetrenia sa zohľadňuje diagnóza, výška ožiarenia pacienta, výsledný prospech pre pacienta, ako aj efektívnosť, prínos a riziká iných alternatívnych vyšetrovacích techník (USG, NMR). Indikujúci lekár je povinný zohľadniť pri indikácii nového vyšetrenia aj predchádzajúce rádiologické vyšetrenia.
- Optimalizácia ožiarenia v diagnostickej rádiológii vyžaduje zvoliť taký vyšetrovací postup, aby dávky žiarenia vo vyšetrovaných tkanivách a orgánoch, ako aj v nevyšetrovanej časti tela boli čo najnižšie, pričom zníženie týchto dávok nesmie obmedzovať kvalitu získavaných diagnostických informácií. Proces optimalizácie lekárskeho ožiarenia zahŕňa výber vhodného rádiologického zariadenia a optimálneho vyšetrovacieho postupu pre získanie požadovaných diagnostických informácií a hodnotenie veľkosti ožiarenia pacienta.
- Zabezpečenie kvality zobrazenia, definované v Odporúčaniach európskej komisie (EC 1996), je realizované prostredníctvom presnej indikácie vyšetrenia, pravidelnej kontroly kvality röntgenových zariadení, správneho nastavenia polohy pacienta, vymedzenia a ohraničenia primárneho zväzku rtg. žiarenia, použitia ochranného tienenia, správnej voľby prevádzkových parametrov rtg. prístrojov pri vyšetrení, používania kvalitných, citlivých receptorov obrazu, kvalitného spracovania a záznamu obrazu (vrátane softwaru), kvalitného zariadenia na prezentáciu výsledkov vyšetrení (DICOM a špeciálny monitor), komplexných záznamov o vyšetrení a analýzy opakovaných vyšetrení a ich príčin.

Diagnosticke referenčne úrovne

Ako dôležitý nástroj pre zabezpečenie optimalizácie ožiarenia jednotlivých pacientov v diagnostickej rádiológii sa ustanovujú v klinickej praxi diagnostické referenčné úrovne. **Diagnosticke referenčné úrovne (DRL)** sú definované ako **dopadové dávky** (►Príloha 5) pre jednotlivé vyšetrenia, alebo ako absorbovaná dávka vo vyšetrovanom orgáne, prípadne ako hodnota **plošnej dávky (DAP)** (►Príloha 6) udávanej zariadením na meranie veľkosti ožiarenia pacienta. DRL sú definované pre vyšetrenie štandardného dospelého pacienta pri použití štandardného vyšetrovacieho postupu. Trvalé prekračovanie diagnostických referenčných úrovní pre lekárske ožiarenie v klinickej praxi je neprípustné.

Diagnosticke referenčné úrovne boli stanovené pre jednotlivé typy vyšetrení na základe merania dávok pri veľkom počte pacientov. Za kritérium dávky pre dané vyšetrenie je požadovaná hodnota dávky, ktorá nie je prekročená pri 75% vyšetrených pacientov. Pri tom sa predpokladá, že ak je možné pri troch štvrtinách vyšetrených pacientov získať požadovanú diagnostickú informáciu pod touto úrovňou dávky, zvyšná štvrtina pacientov pravdepodobne obdržala zbytočne vysokú dávku. Takýmto spôsobom boli získané diagnostické referenčné úrovne, ktoré boli publikované v Európskej direktíve (EUR 16 260), a ktoré boli pre vybrané typy vyšetrení prebrané do Slovenskej legislatívy (Nariadenie vlády SR č.340/2006).

Hoci v našej legislatíve sú DRL definované pre tzv. štandardného pacienta (výška 175 cm, hmotnosť 70 kg), ako vstupné povrchové dávky pre jednotlivé skiagrafické vyšetrenia, ako príkon vstupnej povrchovej dávky pre skiaskopické vyšetrenia, alebo ako hodnota absorbovanej dávky meraná v štandardnom fantóme pre CT vyšetrenia, s ohľadom na možnosti priameho dozimetrického merania veľkosti ožiarenia pacientov v priebehu rádiologických vyšetrení, novšie publikácie a predpisy odporúčajú používať nové operačné veličiny pre DRL, ktoré je možné priamo merať počas jednotlivých rádiologických výkonov. V klinickej praxi sa odporúča okrem vstupnej povrchovej dávky (ESD) používať pre skiagrafické vyšetrenia súčin dávky a plochy (DAP), ktorý je priamo merateľný pomocou transparentných ionizačných komôr inštalovaných v röntgenových zariadeniach, tzv. DAP meter.

Zabezpečenie kvality v rádiodiagnostike

Filozofiu radiačnej ochrany vo vzťahu k lekárskeým expozíciám výrazne ovplyvnila Smernica EU č. 97/43/EURATOM. Úlohy a odporúčania vyplývajúce z tejto Smernice sú už implementované do slovenskej legislatívy a formou Nariadenia vlády SR č. 340/2006 Z.z. „O ochrane zdravia osôb pred nepriaznivými účinkami ionizujúceho žiarenia pri lekárskeom ožiarení“ ukladá, okrem iného, ako povinnosť všetkým zdravotníckym zariadeniam, ktoré využívajú zdroje ionizujúceho žiarenia, zabezpečiť zavedenie štandardných vyšetrovacích, diagnostických postupov, programov zabezpečenia kvality a kontroly kvality, ako aj dodržiavanie diagnostických referenčných úrovní pre potreby optimalizácie ožiarenia. Nariadenie vlády tiež stanovuje požiadavky na výcvik a vzdelávanie zdravotníckeho personálu, ako aj na uskutočnenie pravidelných klinických auditov.

Pre zabezpečenie požadovanej kvality zobrazenia v rádiológii je nevyhnutné definovať objektívne kritériá kvality zobrazenia. Európska komisia vydala v roku 1996 odporúčanie o požiadavkách na zabezpečenie kvality zobrazenia v diagnostickej rádiológii. V tom istom roku bolo vydané aj odporúčanie pre zabezpečenie kvality zobrazenia v pediatrickej rádiológii a v roku 1999 Európska komisia vydala odporúčania pre zabezpečenie kvality zobrazenia pri CT vyšetreniach a v mamografii.

Európske odporúčania pre zabezpečenie kvality zobrazenia definujú princípy pre dobrú diagnostickú prax, ktoré predstavujú vhodný základ aj pre hodnotenie kvality zobrazenia rádiologických postupov:

Diagnostické referenčné úrovne (Tabuľka 2 v ►Príloha 7) stanovené v Slovenskej republike pre klasické skiagrafičné vyšetrenia sú definované ako vstupné povrchové dávky - ESD a sú v súlade so staršími medzinárodnými odporúčaniami MAAE a Európskej komisie (Tab.2, Tab.3. v ►Príloha 7). Na rozdiel od Slovenska, v iných vyspelých krajinách Európskej únie sú stanovené DRL nielen vo forme ESD ale aj v priamo merateľnej veličine súčinu dávky a plochy (DAP). Stanovenie DRL cez DAP umožňuje v klinickej praxi potom oveľa jednoduchšie a priamo kontrolovať dodržiavanie DRL na jednotlivých rádiologických pracoviskách.

Diagnostické referenčné úrovne pre CT vyšetrenia sú v SR definované ako dávka na jedno vyšetrenie meraná v štandardnom fantóme tela alebo hlavy. Pritom vo svete sa už bežne používa index dávky počítačovej tomografie (CTDI), alebo súčin dávky a dĺžky (DLP), ktoré sú moderné CT prístroje schopné stanoviť priamo počas vyšetrenia pacienta na CT.

Diagnostické referenčné úrovne pre intervenčné rádiologické vyšetrenia nie sú v Slovenskej republike zatiaľ definované vôbec.

Významným krokom v zavedení programov kvality v rádiológii bolo vydanie odporúčaní Svetovej zdravotníckej organizácie o zabezpečení kvality v diagnostickej rádiológii a v nukleárnej medicíne v roku 1982 a v rádioterapii v roku 1988. Svetová zdravotnícka organizácia WHO definovala základné ciele programu kvality v rádiológii nasledovne:

- získavanie čo najkomplexnejších diagnostických informácií a zavedenie štandardných vyšetrovacích postupov
- dosiahnutie najvyššej požadovanej kvality zobrazenia
- zabezpečenie kvality používanej prístrojovej techniky
- pravidelné skúšky kvality röntgenovej techniky
- kontrola kvality zobrazenia
- zavedenie systému odborného vzdelávania, školenia a výcviku zdravotníckeho personálu v zabezpečení kvality zobrazenia a v radiačnej ochrane.

OCHRANA PRED ŽIARENÍM V RADIAČNEJ ONKOLÓGII

Približne jedna tretina populácie, u ktorej sa v priebehu života identifikuje nádorové ochorenie, sa podrobuje liečbe, pričom cca 18 % liečby sa uskutočňuje aplikáciou vysokých dávok žiarenia, 22% chirurgickými zákrokmi a 5% chemoterapiou. Rádioterapia preto hrá významnú úlohu v liečbe karcinómov s cieľom zničiť všetky nádorové bunky a účinne deštruovať nádor. Okolo 95% terapeutických ožiarení sa realizuje formou ožiarenia pomocou zdrojov vonkajšieho žiarenia.

Najvýznamnejšie vysokoenergetické zdroje určené pre ožarovanie sú lineárne urýchľovače v rozsahu energií (4 – 25) MV a gama žiarenie ^{60}Co . Tieto zariadenia sú zvyčajne tak prispôsobené, že nezávisle od smeru zväzku žiarenia centrálna os zväzku vždy prechádza jediným bodom v priestore, tzv. izocentrom. Polohovaním pacienta tak, aby izocentrum koincidovalo s nádorovým tkanivom, sa dávka žiarenia prichádzajúca z rôznych smerov v nádore sčítava a umožňuje koncentrovať vysokú dávku v nádore a pritom ušetriť okolité zdravé tkanivo od poškodenia.

Práve zvýšená možnosť nežiaduceho poškodenia zdravého tkaniva s narastajúcou dávkou je limitujúcim faktorom dávky, aplikovanej do nádorového tkaniva. Zvýšenie účinku žiarenia sa dosahuje rozdelením celkovej dávky na denné frakcie, nakoľko normálne tkanivo má lepšie regeneračné schopnosti pri nízkych dávkach žiarenia. Typické 5-35 denné frakcie sa aplikujú pri celkovej dávke 20 Gy až 75 Gy. Zhruba (15-20) % ožiarení sa uskutočňuje pri nízkych energiách röntgenového žiarenia (50 - 300 keV) alebo elektrónmi z lineárnych urýchľovačov pri energiách (3-25) MeV.

Aplikácia frakčnej dávky, rádovo niekoľko Gray, trvá približne 1 minútu a nedovoľuje prítomnosť zdravotníckeho personálu v ožarovacej miestnosti počas liečby. Z tohto dôvodu sa vyžaduje dostatočné odtienenie stien a adekvátne ochrana tak pre pracovníkov, ako aj pre jednotlivcov z obyvateľstva.

Zjednodušené princípy ochrany personálu možno zhrnúť nasledovne:

- zariadenie musí spĺňať legislatívne požiadavky ochrany pred žiarením a vážiť mieru ochrany vo vzťahu k reálnym nákladom na ochranné opatrenia,
- pri uvádzaní rádioterapeutického pracoviska, musí byť súčasťou preberacieho protokolu aj monitorovanie životného prostredia v bezprostrednom okolí zariadenia.
- pre priestory susediace s ožarovacími miestnosťami musia byť stanovené akčné úrovne dávok žiarenia.

Rutinná prevádzka terapeutického zariadenia si vyžaduje dvojstupňové monitorovanie príkonov dávkového ekvivalentu:

- monitorovanie prostredia vo všetkých priestoroch patriacich k zariadeniu
- pravidelné monitorovanie osôb, ktoré pracujú priamo pri ožarovacom zariadení.

Pravidelné monitorovanie pracovníkov, zúčastnených na liečbe pacientov ionizujúcim žiarením, je žiaduce s ohľadom na potenciálne vysoké dávky žiarenia v prípade mimoriadnej udalosti, alebo nehody, spojenej so zlyhaním automatických regulačných prvkov, alebo zlyhaním ľudského faktora.

Systém manažmentu kvality v radiačnej onkológii je zložitý a vyžaduje „Usmernenia pre procedurálny postup zabezpečovania kvality“, odlišný pre jednotlivé typy terapeutických zariadení (urýchľovače, rádionuklidové ožarovače, brachyterapiu, a i.) a tiež pravidelné audity kvality. Programy zabezpečenia kvality sa opierajú o overené medzinárodné protokoly, ktoré podrobne určujú:

- prístrojové vybavenie a pomocné zariadenia pre pravidelnú kontrolu sledovaných parametrov kvality,
- prípustné tolerančné hodnoty,
- frekvenciu kontrol jednotlivých parametrov.

Ochrana pacienta je predovšetkým zabezpečovaná presnou aplikáciou predpísanej dávky, aplikovanej do nádorového objemu, so správnym časovým rozvrhom a so správnou geometriou a dozimetrickou presnosťou. Detailné rozpracovanie programu zabezpečenia kvality musí obsahovať celý reťazec dozimetrických a klinických krokov, vedúcich k úspešnému plánovaniu a liečbe. Prítom sa očakáva, že nepresnosť aplikácie predpísanej dávky počas celého liečebného procesu neprekročí 5 %.

Pracovisko radiačnej onkológie musí mať pripravený aj havarijný plán a postup v prípade výskytu mimoriadnej udalosti. Takýto plán musí obsahovať:

- zoznam predvídateľných nehôd a opatrenia na ich likvidáciu,

- zodpovednosť príslušného dozerajúceho pracovníka, resp. kvalifikovaného experta a kontakty,
- základné inštrukcie vyvesené na viditeľnom mieste na pracovisku,
- výcvik a prípravu personálu pre prípad havárie,
- inštrukcie pre detailný záznam potrebný pre rekonštrukciu udalosti.

Personál musí predovšetkým zamedziť neopodstatnené ožiarenie pacienta a zdravotníckeho personálu, ako aj jednotlivcov z obyvateľstva.

LITERATÚRA

UNSCEAR 2000: Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vol.1: Sources, New York 2000. ISBN 92-1-142238-8

EUR 16 260: EC 1996: European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images EUR 16260, Luxembourg, 1996. ISBN 92-827-7284-5

NV SR č. 340/2006 Z.z. „O ochrane zdravia osôb pred nepriaznivými účinkami ionizujúceho žiarenia pri lekárskom ožiarení“

KONTROLNÉ OTÁZKY

1. Čím sa zaoberá rádiodiagnostika?
2. Aké základné typy rádiodiagnostických vyšetrení poznáte?
3. Čo je základná úloha RO pri rádiodiagnostických vyšetreniach?
4. Aké sú najdôležitejšie predpoklady plnenia zásad radiačnej ochrany v rádiológii?
5. Čo to znamená – „odôvodnenie ožiarenia“ pacienta?
6. Aké kritériá sa musia plniť pri zobrazovacích metódach v rádiodiagnostike?
7. Ako sa dosahuje optimalizácia v RO?
8. Ako sa zabezpečuje kvalita zobrazenia v rádiodiagnostike?
9. Ako sú definované diagnostické referenčné úrovne?
10. Aké sú základné ciele programu kvality v rádiológii podľa Svetovej zdravotníckej organizácie?
11. Ako sa zabezpečuje ochrana pacienta pred nežiadúcimi účinkami IŽ v radiačnej onkológii?
12. Čo musí obsahovať havarijný plán na pracoviskách radiačnej onkológie?

SÚHRN

Rádiodiagnostika - časť rádiológii, využívajúca ionizujúce žiarenia pre získanie obrazu ľudských tkanív.

Predpoklady plnenia zásad RO v rádiodiagnostike:: odôvodnenie ožiarenia, dodržiavanie indikačných kritérií pre zobrazovacie metódy, optimalizácia ožiarenia, zabezpečenie kvality zobrazenia

Diagnostické referenčné úrovne (DRL) - sú definované ako dopadové dávky pre jednotlivé vyšetrenia, alebo ako absorbovaná dávka vo vyšetrovanom orgáne, resp. ako hodnota plošnej dávky (DAP) udávanej zariadením na meranie veľkosti ožiarenia pacienta.

Základné ciele programu kvality v rádiológii: získavanie čo najkomplexnejších diagnostických informácií a zavedenie štandardných vyšetrovacích postupov, dosiahnutie najvyššej požadovanej kvality zobrazenia, zabezpečenie kvality používanej prístrojovej techniky, pravidelné skúšky kvality röntgenovej techniky, kontrola kvality zobrazenia, zavedenie systému odborného vzdelávania.

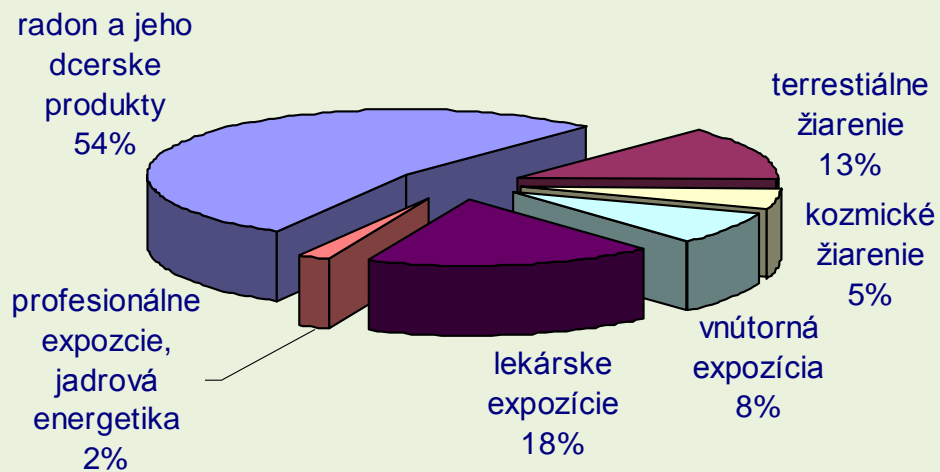
Programy **zabezpečenia kvality** v radiačnej onkológii určujú: prístrojové vybavenie pre pravidelnú kontrolu parametrov kvality, prípustné tolerančné hodnoty, frekvenciu kontrol jednotlivých parametrov.

Havarijný plán na pracoviskách radiačnej onkológie musí obsahovať: zoznam predvídateľných nehôd a opatrenia na ich likvidáciu, zodpovednosť príslušného dozerajúceho pracovníka, resp. kvalifikovaného experta a kontakty, základné inštrukcie vyvesené na viditeľnom mieste na pracovisku, výcvik a prípravu personálu pre prípad havárie, inštrukcie pre detailný záznam potrebný pre rekonštrukciu udalosti.



Návrat z acrobat readera -  (zatvorením okna)

CELKOVÁ RADIČNÁ ZÁŤAŽ OBYVATEĽSTVA

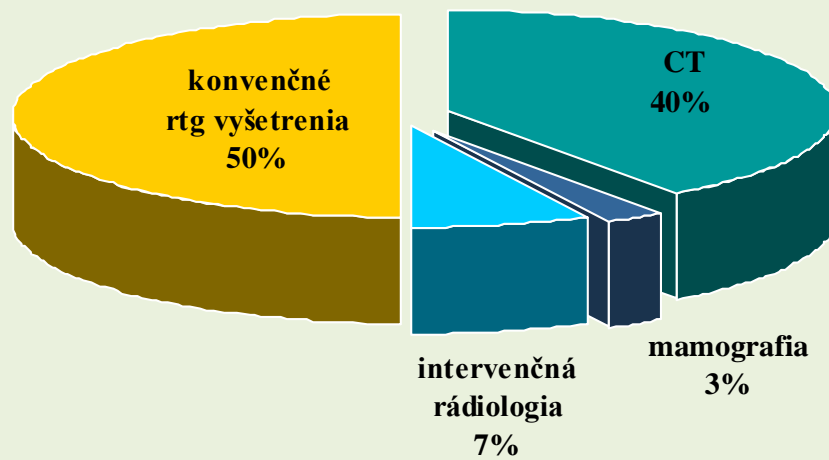


Obr. 1. Príspevok z jednotlivých zdrojov ionizujúceho žiarenia k celkovej radiačnej záťaži obyvateľstva (UNSCEAR 2000)



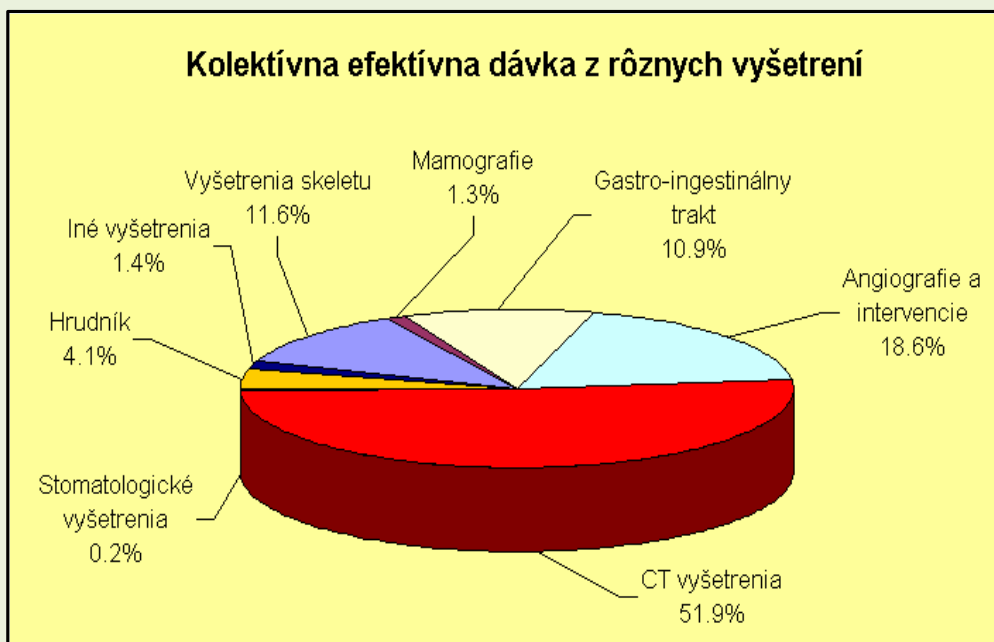
Návrat z prílohy pomocou: Alt + ←

RÁDIODIAGNOSTICKÉ VYŠETRENIA



Obr.2. Percentuálne rozdelenie základných typov rádiodiagnostických vyšetrení

KOLEKTÍVNA EFEKTÍVNA DÁVKA



Obr.3. Kolektívna efektívna dávka z jednotlivých rádiodiagnostických vyšetrení

EFEKTÍVNE DÁVKY V RÁDIODIAGNOSTIKE

Vyšetrenie	Typická ef. dávka (mSv)	Ekvivalentný počet snímok pri rtg. vyšetrení pľúc	Približný čas, za ktorý človek obdržal ef. dávku z prírodných zdrojov
Končatiny a kĺby	<0,01	<0,5	<1,5 dňa
Zuby	0,02	1	3 dni
Pľúca (PA snímka)	0,02	1	3 dni
Lebka	0,07	305	11 dní
Mamografia (skríning)	0,1	5	15 dní
Bedrový kĺb	0,3	15	7 týždňov
Panva	0,7	35	4 mesiace
Hrudná chrbtica	0,7	35	4mesiace
Brucho	1	50	6 mesiacov
Bedrová chrbtica	1,3	65	7 mesiacov
CT hlavy	2,3	115	1 rok
IVU	2,5	125	14 mesiacov
Vyšetrenie žalúdka	3	150	16 mesiacov
Črevná pasáž	3	150	16 mesiacov
Irigoskopia	7	350	3,2 roka
CT hrudníka	8	400	3,6 roka
CT brucha alebo panvy	10	500	4,5 roka

Tabuľka 1. Typické hodnoty efektívnych dávok, ktoré obdrží pacient pri lekárskom vyšetrení



Návrat z prílohy pomocou: Alt + ←

DOPADOVÁ DÁVKA

Dopadová dávka D_p röntgenového žiarenia je definovaná ako dávka absorbovaná vo vzduchu (bez spätného rozptylu žiarenia), meraná v definovanom bode na povrchu tela pacienta. Ak je známa výťažnosť röntgenového žiarenia pri daných expozičných parametroch, je možné dopadovú dávku stanoviť ako:

$$D = \Gamma_r \left(\frac{r}{FSD} \right)^2 Q$$

kde Γ_r je výťažnosť v definovanej vzdialenosti r od ohniska röntgenovej lampy (mGy/mA s), FSD je vzdialenosť ohnisko – koža a Q je elektrické množstvo (mAs).

Výťažnosť röntgenového žiarenia Γ u röntgenového žiariča je definovaná ako dávka vo vzduchu (bez spätného rozptylu) vo vzdialenosti r od ohniska röntgenovej lampy pri daných expozičných parametroch (napätie, elektrické množstvo), vztiahnutá na jednotkové zaťaženie röntgenovej lampy. Spravidla je definovaná vo vzdialenosti 1 m od ohniska röntgenovej lampy a udáva sa v mGy/mA s.

Ak nie je definovaná vzdialenosť ohnisko – koža (FSD), ale vzdialenosť ohnisko – film (FFD), je možné stanoviť FSD na základe korekcie na hrúbku pacienta (PT) ako:

$$FSD = FFD - PT$$

kde FSD je vzdialenosť ohnisko – koža (cm),

FFD je vzdialenosť ohnisko – röntgenový film (cm)

PT je hrúbka pacienta (cm). Hrúbka štandardného pacienta sa udáva 25 cm.

Veľkosť poľa žiarenia na pacientovi, ak je známa veľkosť poľa žiarenia na röntgenovom filme a vzdialenosť ohnisko – koža, je možné vypočítať ako:

$$FS_{koža} = FS_{film} \cdot \frac{FSD}{FSD + PT}$$

kde FSD je vzdialenosť ohnisko – koža (cm),

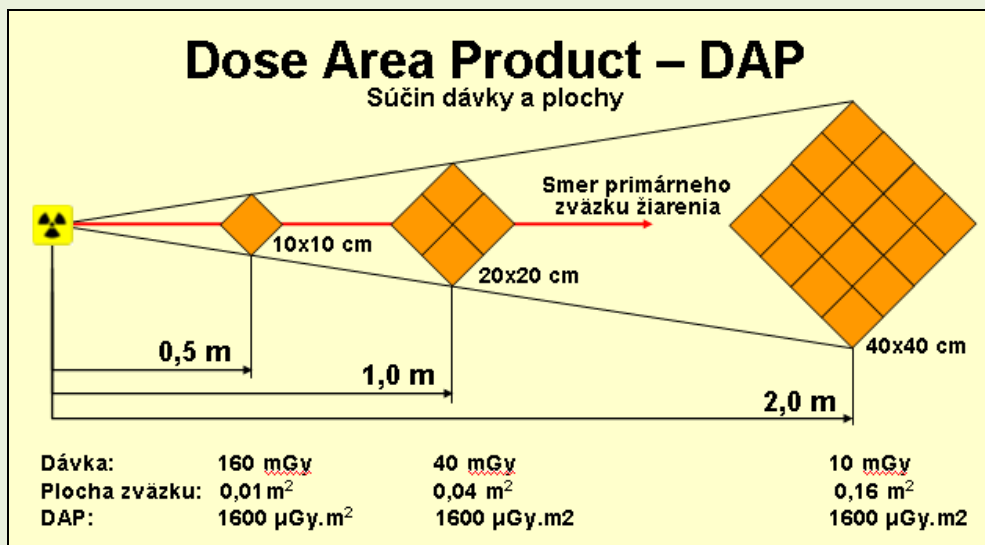
PT je hrúbka pacienta (cm),

$FS_{koža}$ je veľkosť poľa žiarenia na pacientovi (cm x cm)

FS_{film} je veľkosť poľa na röntgenovom filme (cm x cm).



PLOŠNÁ DÁVKA



Plošná dávka (dose area product - **DAP**) je súčin absorbovanej dávky vo vzduchu a plochy poľa X-žiarenia. Dávka je priemerovaná cez plochu poľa v rovine kolmej ku ose zväzku, a plocha zväzku je špecifikovaná v tej istej rovine. Plošná dávka sa meria bez spätného rozptylu v dôsledku zákona štvorca vzdialenosti, takže DAP je veličina nezávislá od vzdialenosti od röntgenovej trubice. Jednotkou je Gy cm², alebo Gy m². DAP lepšie vystihuje radiačné riziko ako vstupná povrchová dávka. Využitie DAP je významné najmä vtedy, ak poloha zväzku žiarenia k pacientovi sa mení počas vyšetrovania a možno ju prepočítať na energiu odovzdanú pacientovi v mJ, alebo priamo na efektívnu dávku, ak sú známe konverzné faktory.

SKIAGRAFICKÉ A CT VYŠETRENIA

Typ vyšetrenia	Slovensko	MAAE	EU
	ESD (mGy)	ESD (mGy)	ESD (mGy)
Bedrová chrbtica - AP	10,0	10,0	10,0
Bedrová chrbtica - LAT	30,0	30,0	30,0
Bedrová chrbtica - LSJ	40,0	40,0	40,0
Hrudná chrbtica - AP	7,0	7,0	7,0
Hrudná chrbtica - LAT	20,0	20,0	20,0
Hrudník - PA	0,4	0,4	0,3
Hrudník - LAT	1,5	1,5	1,5
Brucho - AP	10,0	10	10,0
Intravenózna urografia	10,0	10	10,0
Cholecystografia	10,0	10	10,0
Panva - AP	10,0	10	10,0
Bedrový zhyb - AP	10,0	10	10,0
Zuby - AP	5,0	7	-
Zuby - RVG	1,0	-	-
Lebka - AP	5,0	5	5
Lebka - LAT	3,0	3	3

Tabuľka 2. Diagnostické referenčné úrovne pre vybrané skiagrafické vyšetrenia

Typ vyšetrenia	Slovensko	MAAE
	Dávka (mGy)	Dávka (mGy)
Hrudník	35,0	35
Brucho	35,0	25
Hlava, mozog	50,0	50
Panva	-	-
Bedrová chrbtica	35,0	35

Tabuľka 3. Porovnanie diagnostických referenčných úrovní pre CT vyšetrenia



Návrat z prílohy pomocou: Alt + ←