

Radiační ochrana	
1	Účinky ionizačního záření
1. Vysvětlit, co určuje biologický účinek záření. 2. Vysvětlit, jaké veličiny se používají k popisu radiační zátěže, jejich definice, princip výpočtu, jednotky.	Hustě a řídce ionizující záření • hustě ionizující záření vytváří mnoho ionizací na krátké dráze, hlavně alfa záření, neutronové záření a protonové záření. • řídce ionizující záření vytváří méně ionizací na jednotku dráhy, rentgenové záření, gama záření a beta záření. • při stejné míře ozáření má hustě ionizující záření obvykle vyšší biologickou účinnost než záření řídce ionizující. • základem biologického účinku je množství energie předané na jednotku délky dráhy ve tkáni = linear energy transfer (LET) a citlivost tkáně. Jak se kvantifikuje míra ozáření? Absorbovaná dávka • absorbovaná dávka D vyjadřuje, kolik energie ionizující záření předalo jednotce hmotnosti látky. • jednotkou absorbované dávky je gray, Gy. • 1 Gy odpovídá 1 joulu energie absorbovanému v 1 kilogramu látky. • vyšší absorbovaná dávka obecně znamená vyšší biologický účinek. • samotná absorbovaná dávka ale nestačí k odhadu biologického rizika, protože záleží také na typu záření (viz výše) a radiosenzitivitě ozářené tkáně. • důsledek: 1 Gy alfa záření biologicky neodpovídá 1 Gy gama záření. Ekvivalentní dávka (korekce na typ záření) • ekvivalentní dávka H_T zohledňuje rozdílnou biologickou účinnost různých druhů záření. • jednotkou ekvivalentní dávky je sievert, Sv. • vypočítá se jako absorbovaná dávka v tkáni násobená radiačním váhovým faktorem. • radiační váhový faktor w_R je pro fotony, elektrony a beta záření 1. • radiační váhový faktor je vyšší pro částicové záření s vyšší biologickou účinností, například pro alfa záření 20 Efektivní dávka (korekce na radiosenzitivitu tkáně) • efektivní dávka E zohledňuje nejen typ záření, ale i radiosenzitivitu jednotlivých orgánů. • jednotkou efektivní dávky je také sievert, Sv, v praxi nejčastěji mSv. • celková efektivní dávka se počítá jako součet ekvivalentních dávek v jednotlivých tkáních násobených tkáňovými váhovými faktory. • tkáňový váhový faktor w_T vyjadřuje, jak významně daný orgán přispívá k celkovému stochastickému riziku. • vyšší radiosenzitivitu mají například kostní dřeň, plíce, žaludek a prsní žláza. • efektivní dávka umožňuje orientačně porovnávat radiační zátěž různých vyšetření. • efektivní dávka není přesná individuální dávka konkrétního pacienta; jde o modelovou veličinu pro odhad populačního rizika.

5. Popsat rizika a přístup k užití ionizujícího záření u těhotných pacientek. Jaký vliv má fáze těhotenství na radiační rizika.

Stochastické účinky

- typickým stochastickým účinkem je **vznik zhoubného nádoru**.
- stochastické účinky jsou pro potřeby radiační ochrany považovány za **bezprahové** – náhodné, mohou se rozvinout po minimálním ozáření.
- pravděpodobnost účinku roste s dávkou, ale závažnost konkrétního nádoru na dávce nezávisí.
- účinek má **dlouhou dobu latence**, často roky až desítky let.
- klinický obraz není specifický; nádor vyvolaný zářením nelze běžně odlišit od nádoru vzniklého z jiné příčiny.
- **riziko je vyšší u dětí**, protože mají rychleji se dělící tkáň a delší dobu života pro manifestaci pozdního účinku.
- riziko je vyšší u dívek a mladších žen než u chlapců a mužů.
- u dospělých nad 50 let je radiačně indukované celoživotní riziko výrazně nižší.
- odhad reálného rizika formou čísla je obtížný, zhruba:
při 1 mSv...1 nádor na 10 000 osob, tedy 0,01 %
- ef. dávka z jednoho vyš. na NM je cca 5–10 mSV
- nutné vztahovat k populačnímu riziku cca 30 % – třetina dospělých nějaký nádor rozvine, patrně bez ohledu na ozáření (vliv jiných faktorů)

Těhotenství, plod a lékařské ozáření

- embryo a plod jsou citlivé k ionizujícímu záření, protože probíhá rychlé dělení buněk a diferenciace tkání, rozhodující je dávka do dělohy / plodu a fáze vývoje.
- pro poškození plodu je práh přibližně 0,1 Gy, tedy 100 mGy.
- běžná diagnostická vyšetření v nukleární medicíně a radiodiagnostice obvykle této hodnoty nedosahují.
- překročení 100 mGy může nastat spíše při radioterapii v oblasti pánve nebo při některých dlouhých intervenčních výkonech.

Vývojové fáze

- **v prvních dvou týdnech** po početí platí princip „všechno nebo nic“, embryo v této fázi buď zanikne, nebo pokračuje ve vývoji bez malformace způsobené ozářením.
- **v období 3.–8. týdne** probíhá hlavní organogeneze a při překročení prahu hrozí malformace.
- **v období 2.–6. měsíce** je riziko vývojových poruch a mentálního postižení při vyšších dávkách.
- ozáření plodu in utero zároveň zvyšuje stochastické riziko nádorů a leukemie v dětství nebo dospělosti.
- u těhotné pacientky je nutné posoudit, zda vyšetření skutečně změní klinický postup. Pokud je vyšetření nezbytné, nemá být automaticky odmítáno jen kvůli graviditě.
- volí se metoda a protokol s co nejnižší dávkou pro plod při zachování diagnostické výtěžnosti.
- zvažuje se odložení vyšetření, náhrada metodou bez ionizujícího záření nebo úprava aktivity / protokolu.
- u nukleární medicíny je důležitá hydratace jako podpora eliminace radiofarmaka, pokud je radiofarmakum vylučováno močí.
- po nechtěném ozáření v graviditě (netušené těhotenství při vyšetření) je

	nutné dávku kvalifikovaně odhadnout, konzultovat genetika a pacientce riziko vysvětlit v absolutních číslech, ne jen obecně.
Shrnutí	Ionizující záření poškozuje tkáně především ionizací a poškozením DNA. Biologický účinek závisí nejen na absorbované dávce, ale také na typu záření a radiosenzitivitě ozářené tkáně. Proto se kromě absorbované dávky v Gy používá ekvivalentní a efektivní dávka v Sv. Deterministické účinky mají dávkový práh a při diagnostických výkonech v nukleární medicíně se neočekávají; hlavním posuzovaným rizikem jsou stochastické účinky, zejména vznik nádorů, ke kterému může dojít s delší latencí. Zvláštní pozornost vyžadují děti, mladé ženy a těhotné pacientky, u nichž je nutné pečlivě zdůvodnit vyšetření, minimalizovat dávku a při nechtěném ozáření vysvětlit riziko v absolutních číslech.

Radiační ochrana	
3	Radiační ochrana
6. <i>Popsat cíl a význam radiační ochrany. Co je nutné zvažovat při indikaci vyš. metod a terapeutických modalit s ionizujícím zářením.</i> 7. <i>Vysvětlit zkratku ALARA, její význam a 3 hlavní principy relevantní pro medicínu.</i> 8. <i>Vysvětlit pojem zdůvodnění lékařského ozáření.</i> 9. <i>Vysvětlit pojem diagnostické referenční úrovně.</i> 10. <i>Vysvětlit pojem limity dávek, pro koho jsou určeny, jaké limity a jakým způsobem se sledují.</i>	Cíl radiační ochrany • cílem radiační ochrany je vyloučit deterministické účinky a zároveň snížit pravděpodobnost stochastických účinků na rozumně dosažitelnou úroveň. • radiační ochrana však nesmí znemožnit správně indikovanou diagnostiku nebo terapii, vždy se posuzuje poměr přínosu a rizika pro konkrétního pacienta. Dosáhnout ALARA (As Low As Reasonably Achievable) – základní principy 1. zdůvodnění znamená, že výkon s ionizujícím zářením má být proveden jen tehdy, když očekávaný přínos převáží riziko. 2. optimalizace znamená provést výkon tak, aby dávka byla co nejnižší rozumně dosažitelná při zachování výtěžnosti výkonu. 3. limity dávek – monitorace ozáření, které chrání pracovníky a obyvatele před nepřijatelným ozářením. 4. zabezpečení zdrojů znamená kontrolu, evidenci a fyzické zabezpečení radioaktivních látek a pracovišť...týká se spíše průmyslu. Zdůvodnění lékařského ozáření • lékařské ozáření je zdůvodněné tehdy, pokud je očekávaný zdravotní přínos pro pacienta větší než radiační riziko. • indikace má vycházet z klinické otázky, dostupných alternativ a předpokládaného dopadu výsledku na léčbu. • stejné vyšetření může být u jednoho pacienta plně odůvodněné a u jiného zbytečné. • zvláštní pozornost vyžadují děti, mladé ženy, těhotné pacientky a opakovaná vyšetření. Diagnostické referenční úrovně • diagnostické referenční úrovně slouží jako kontrolní nástroj pro všechny modality zahrnující ion. záření. Optimalizace v NM – obvyklé podávané aktivity, které by se neměly systematicky překračovat Limity dávek • limity dávek platí pro obyvatele, radiační pracovníky, studenty a některé zvláštní skupiny osob. • pro obecnou populaci se používá limit efektivní dávky 1 mSv za rok. • pro radiační pracovníky se používá limit efektivní dávky 20 mSv za rok. • pro oční čočku, kůži a ruce se používají samostatné limity ekvivalentní dávky. • pro pacienty při lékařském ozáření dávkové limity neexistují. Dozimetrie pracovníků • osobní dozimetrie slouží k odhadu efektivní dávky pracovníka. • osobní dozimetry se vyhodnocují v pravidelných monitorovacích cyklech.

11. <i>Vysvětlit pojem kontrolované pásmo.</i> 12. <i>Vysvětlit, jakým způsobem se lze obecně chránit proti účinkům záření.</i>	• prstové dozimetry slouží ke sledování ekvivalentní dávky na ruce. • prstová dozimetrie je důležitá zejména při přípravě a aplikaci radiofarmak. • elektronické dozimetry umožňují okamžitý odečet dávky nebo dávkového příkonu. Kontrolované pásmo • na pracovišti nukleární medicíny je vymezeno kontrolované pásmo, zahrnuje prostory s regulovaným přístupem. Prostory jsou označeny radiačním symbolem a příslušným upozorněním. • jde o prostory, kde se předpokládá při běžném provozu překročení limitů ozáření Ochrana pracovníků před vnějším ozářením • základními nástroji jsou • čas – minimalizovat kontakt s naaplikovaným pacientem a RF • vzdálenost – dávkový příkon klesá se čtvercem vzdálenosti od zdroje • stínění – v NM především v prostoru, zástěry apod. se na rozdíl od RDG obvykle nepoužívají Ochrana pracovníků před vnitřním ozářením • vnitřní ozáření vzniká po kontaminaci radionuklidem, například po požití, vdechnutí nebo průniku přes kůži. • v kontrolovaném pásmu se nejí, nepije a nekouří. • při manipulaci s radiofarmaky se používají rukavice. • příprava radiofarmak probíhá v určeném prostoru, obvykle ve stíněné digestoři. • kontaminace se kontroluje měřením pracovních ploch, rukou, oděvu a pomůcek. • při kontaminaci je důležité zabránit jejímu šíření a postupovat podle místních havarijních a dekontaminačních pravidel.
Shrnutí	Radiační ochrana má umožnit bezpečně provést správně indikované vyšetření nebo léčbu, ne jim bránit. Základním rámcem je ALARA: výkon musí být zdůvodněný, dávka optimalizovaná, ozáření pracovníků a obyvatel sledované a radioaktivní zdroje zabezpečené. U pacientů neplatí dávkové limity, rozhodující je poměr klinického přínosu a rizika. V praxi je nutné používat diagnostické referenční úrovně jako kontrolu optimalizace, sledovat pracovníky osobní a prstovou dozimetrií, vymežit kontrolované pásmo a chránit personál před zevním i vnitřním ozářením pomocí času, vzdálenosti, stínění, hygienických pravidel a kontroly kontaminace.