

Ionizující a neionizující záření Zdravotní účinky

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc.

Ústav preventivního lékařství

12. října 2009

◀ ▶ ↻ 🔍

Typy ionizujícího záření

Mezi ionizující typy záření patří záření částicová (alespoň běžné typy, jako jsou proudy jader hélia (α záření), elektronů (β záření), pozitronů (β^+ záření), neutronů, protonů atd.) a elektromagnetická záření s vlnovou délkou kratší než má ultrafialové světlo.

Typy neionizujícího záření

Mezi neionizující záření patří elektromagnetická záření o vyšší vlnové délce.

◀ ▶ ↻ 🔍

Rozdělení a základní pojmy

Podle typu částic

korpuskulární jedná se o proud částic o definované hmotnosti a rychlosti

elektromagnetické jedná se o proud fotonů, popsatelných jako elektromagnetické záření určité vlnové délky a intenzity

Podle působení na hmotu

ionizující vytváří v ozařované hmotě elektricky nabitě částice – ionty

neionizující elektricky nabitě částice nejsou vytvářeny

◀ ▶ ↻ 🔍

Neionizující záření

UV záření

Rozlišujeme UV-A (320 – 400 nm), UV-B (280 – 320 nm) a UV-C (pod 280 nm). UV záření lze považovat za dolní hranici (vzhledem k vlnové délce) neionizujícího záření, protože při vyšších intenzitách už jeho vlivem nastává tvorba O_3 ve vzduchu a volných radikálů v některých materiálech. UV-C (které se kolem nás vyskytuje pouze výjimečně) se dá považovat už za velice slabě ionizující.

Zdroje UV záření

- ▶ předměty zahřáté na vysokou teplotu, např. elektrický oblouk, Slunce.
- ▶ různé typy výbojek

UV-A a UV-B jsou součástí slunečního záření a i při zamračeném obloze pronikají až na zemský povrch. UV-C je atmosférou filtrováno s vysokou účinností.

◀ ▶ ↻ 🔍

Účinky UV záření

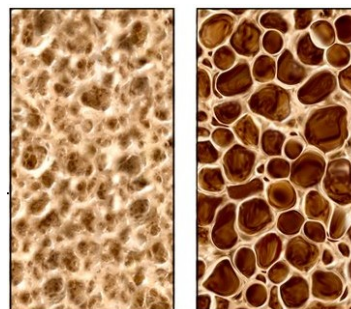
- ▶ baktericidní účinky
- ▶ z cholesterolu kolující v krvi provitamin D
- ▶ příznivý vliv na některé kožní infekce i některá neinfekční onemocnění kůže (např. lupénka)
- ▶ iritace kůže až zánět a nekróza (důsledek – pigmentace dle fototypu)
- ▶ rakovina kůže melanom + karcinomy
- ▶ poškození spojivky a sítnice

Na produkci vitamínu D plně postačuje denně cca 1 hodina v lehkém oděvu v polostínu zejména v jižnějších zemích v časném dopolední nebo pozdním odpolední, vyšší expozice žádný další pozitivní efekt nepřináší.

◀ ▶ ↻ 🔍

Osteoporóza

Porovnání zdravé a osteoporotické kosti



Zdroj: <http://www.osel.cz/> článek 2582

◀ ▶ ↻ 🔍

Příčiny osteoporózy

- ▶ Nedostatečný přívod vápníku (= potrava) – mimo oblast našeho oboru
- ▶ Nedostatečné vstřebávání vápníku ve střevě – z části patří sem, protože hlavní faktor, vitamin D, je produkován v souvislosti s UV zářením.

◀ ▶ ↻ 🔍

Vitamin D

Význam

Řízení hladiny Ca v těle

Hladina Ca v krvi je řízena třemi systémy:

vitamin D Zvyšuje hladinu Ca prostupem Ca (a fosfátů) přes střevní stěnu, při nedostatku v potravě mobilizuje Ca z kostí, současně zadržuje vylučování Ca a fosfátů ledvinami

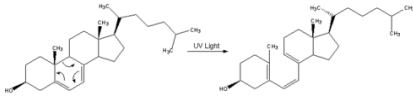
parathormon Způsobuje to, co předchází s výjimkou ovlivnění vstřebávání Ca střevní stěnou, je produkován příštítnými tělísky

thyreocalcitonin Je antagonistou vitamínu D, normálně je „pojistkou“ proti vysoké hladině Ca, která narušuje činnost nervových a svalových buněk, je produkován vmezeřenými buňkami štítné žlázy

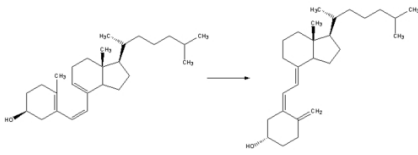
◀ ▶ ↻ 🔍

Vitamin D

Biosyntéza 1



přeměna: 7-dehydrocholesterol → provitamin D3

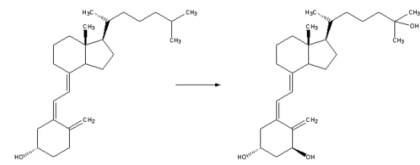


přeměna: provitamin D3 → cholecalciferol

Navigation icons

Vitamin D

Biosyntéza 2



přeměna: cholecalciferol → calcitriol

Děje se ve dvou fázích, v první fázi přibude -OH skupina v radikálu (vpravo nahoře na obr.), děje se na endoplasmatickém retikulu jaterních buněk a výsledný produkt koluje v krvi a je v zásobách, ve druhé přibude -OH skupina vpravo dole, děje se v ledvinách a výsledný je biologicky aktivní. (vzorce wikipedia)

Navigation icons

Vitamin D

Výskyt

Zdroje kalciferolu

rybí tuk klasicky se jedná o potravinářsky vyčištěný tuk mořských ryb, ale v zásadě fungují i masné druhy ryb, včetně sladkovodních

játra všech požívatelných druhů živočichů

vejce s ohledem na velikost žloutku, v bílku není

mléko a tučné mléčné výrobky, chybí v netučných

Rostliny

Skutečný kalciferol se vyskytuje v houbách (některých). V zelených rostlinách se může vyskytovat v oleji **ergokalciferol**, rovněž přeměnitelný na calcitriol.

Navigation icons

Epidemiologie

Opalování = dobrovolná expozice UV záření

Jaké opalování je správné

Pro syntézu potřebné denní dávky vitamínu D v letním období v mírných zeměpisných šířkách u bělochů postačuje cca 60 minut denně v lehkém oděvu a polostínu, v časných dopoledních nebo pozdních odpoledních hodinách. Vyšší syntéza není potřebná, nevyužije se.

Problémy s opalováním

Problémy mohou mít afroameričané a podobná plemena, žijící v mírných a subpolárních zeměpisných šířkách – nemají dostatečnou syntézu v kůži, musejí brát suplementy. Problém je u malých dětí narozených pozdě na podzim, které se přes zimu neopalují a mohou vyčerpat zásoby z prenatálního období – řeší se jednorázovou suplementací dětí narozených v určitém období roku.

Navigation icons

Opalování

Solária

Takto to začíná



Zdroj: [http://www.osel.cz/clanek 3393](http://www.osel.cz/clanek-3393)

Tohle následuje



Náhodou šťastný konec



Navigation icons

Viditelné světlo

Vynecháváme

Bude předmětem další přednášky

Navigation icons

Infračervené záření

Opět rozeznáváme pásma IR-A (760 – 1400 nm), IR-B (1400 – 3000 nm) a IR-C (nad 3000 nm)

Pozor: Rozložení je symetrické kolem viditelného světla. Je to tedy seřazeno podle vlnové délky následovně: UVC – UVB – UVA – viditelné světlo – IRA – IRB – IRC.

Jeho zdrojem jsou zahřáté předměty, IR-A a IR-B jsou složkou slunečního záření, dopadajícího na povrch Země.

Navigation icons

Infračervené záření

Účinek na zdraví

- ▶ Při vysokých intenzitách tepelný efekt až akutní popáleniny
- ▶ Zákal oční čočky. Vyskytoval se především u pracovníků, vystavených sálání z pecí nebo horkého materiálu *sklářská katarakta*.
- ▶ Úžeh vzniká celkovým přehřátím organismu viditelným i IR zářením. Podílí rovněž teplota vzduchu, relativní vlhkost a proudění vzduchu, tedy celý tzv. *termický komplex*. Vzniká celkové přehřátí organismu, doprovázené nevolností a zvracením.
- ▶ Úpal je zapříčiněn především přehřátím hlavy, přičemž dlouhodobá složka IR-B může pronikat skrze povrchové struktury a dráždit mozkové obaly. Příznaky jsou podobné úžehu, více v popředí je však nevolnost a silné bolesti hlavy.

Navigation icons

Infračervené záření

Účinek na zdraví

- ▶ Oba stavy mohou u disponovaných jedinců vyvolat epileptické nebo epileptiformní křeče.
Prevenčí obou:
 - ▶ vyhýbání se otevřenému prostranství na slunci
 - ▶ dostatečný pitný režim,
 - ▶ prevenci úpalu pak navíc dbání o nošení pokrývky hlavy
 - ▶ je nutno zvláště hlídat děti s epilepsií, chorobami ledvin a kardiovaskulárního systému, cukrovkou apod.!
- ▶ Chronické vlivy IR záření: Byly diskutovány možné vlivy extrémně dlouhých expozic stále stejných míst na kůži, nicméně riziko nádorů apod. je velice nízké.

◀ ▶ ↻ 🔍

Záření o vyšších vlnových délkách

- ▶ Mikrovlny a vlny používané v radiokomunikacích, mají účinky především tepelné (ohřev pokrmů v mikrovlnné troubě).
- ▶ Diskuse o negativním zdravotním účinku
 - ▶ riziko některých zhoubných nádorů mozku
 - ▶ ohřev a krvácení mozkové tkáně při intenzivní expozici
- ▶ Příznivé účinky:
 - ▶ nejšetnější možný ohřev potravy
 - ▶ dostupnost rychlé pomoci při úrazech a v nemoci
- ▶ Vyšší výskyt nádorů kolem vedení VN a VVN byly vysvětleny elektrostatickým koncentrováním iontů, nespojují s mikrovlnami

◀ ▶ ↻ 🔍

Ionizující záření

Patří mezi ně:

- ▶ elektromagnetické záření s vlnovou délkou kratší než UV-C,
 - ▶ rentgenové záření
 - ▶ γ záření
 - ▶ kosmické záření
- ▶ záření α (jádra atomů helia)
- ▶ záření β (proud elektronů, popř. jako β^+ proud pozitronů)
- ▶ neutronové záření

Některá částicová záření neionizují, např. neutrina, která volně bez interakce projdou hmotou celé planety, jiná jsou vysoce exotická.

◀ ▶ ↻ 🔍

Pronikavost záření

Aby záření uškodilo, musí:

- ▶ Proniknout do živé tkáně
- ▶ Tam alespoň částečně interagovat se hmotou a předat jí svou energii (nebo její část)

Málo pronikavá záření

Z neznámějších záření α .

Zastaví je jakákoli pevná hmota, i list papíru, i mrtvé buňky na povrchu kůže. Uplatní se jen za specifických okolností.

Vysoce pronikavá záření

Extrémem jsou neutrina.

Projdou hmotou, aniž by s ní interagovaly = nijak neuškodí.

Pronikavost „mezi“

Právě tato záření předají svou energii živé hmotě a jsou zdrojem rizika.

◀ ▶ ↻ 🔍

Zdroje ionizujícího záření

Přirozené zdroje ionizujícího záření

- ▶ Slunce a další podobné astronomické objekty
- ▶ Sekundární záření z Van Allenových pásů
- ▶ Exotické vesmírné objekty (γ záblesky apod.)
- ▶ Radioizotopy
 - ▶ Izotopy těžkých prvků na konci periodické soustavy – pozůstatky výbuchu supernovy před vznikem sluneční soustavy
 - ▶ Izotopy průběžně vznikající ve vysokých vrstvách atmosféry vlivem záření z vesmíru, např. ^{14}C , ^{40}K .

◀ ▶ ↻ 🔍

Zdroje ionizujícího záření

Umělé zdroje ionizujícího záření

- ▶ Uměle nakoncentrované přírodní radioizotopy
- ▶ Uměle vytvořené radioizotopy
- ▶ RTG zařízení
- ▶ Další technická zařízení, částicové urychlovače apod.
- ▶ γ -lasery

◀ ▶ ↻ 🔍

Charakteristika radioizotopů

Poločas rozpadu

je doba, za níž se rozpadne polovina atomů příslušného radioizotopu.

Aktivita

plyne z poločas rozpadu atomů příslušného izotopu a jejich množství obsaženém ve sledovaném materiálu. Vyjadřuje se jednotkou Becquerel [Bq], což je jeden rozpad za sekundu. Nejčastěji se však pracuje s *měrnou aktivitou*, která se vztahuje ke hmotnosti, popř. objemu (tedy $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ (v případě některých kapalin) nebo $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ (v případě některých plynů, včetně vzduchu)).

◀ ▶ ↻ 🔍

Měření ionizujícího záření

Průběžné

Dopady částic (ale i fotonů o dostatečné energii) je možno měřit různými typy čidel. Velmi známý je *Geiger-Müllerův počítač*, jehož čidlo je tvořeno trubicí s velmi zředěným plynem, jehož vodivost se průletem částice ionizujícího záření na okamžik změní, což navazující elektronické obvody převedou „klasicky“ do charakteristického cvakání ve sluchátkách nebo reproduktorku, modernější pak počítají průlety částic a vztahují je k časové ose. Z principu není podobnými měřidly možné zjišťovat částice s velmi malou pronikavostí (především α), protože ty nemohou proletět stěnou trubice.

◀ ▶ ↻ 🔍

Měření ionizujícího záření

α -záření

Průběžně je možné měřit pouze v plynu a podmínkou je vysoká aktivita. Jinak jen povrchové záření z kapalin nebo pevných materiálů, přenesených do vakuované komory – měří se záblesky luminiforu ze ZnS – fotonásobič a příslušná elektronika.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Měření ionizujícího záření

Dozimetrie 1

Filmové dozimetry

Radiologických pracoviště, nošené na hrudníku. Jde o kousek speciálního fotografického filmu v obalu nepropouštějícím viditelné světlo. Části filmu jsou ještě překryty destičkami z kovu. Po expozici (týdny až měsíce, pokud nedojde např. k nehodě) je film vyvolán a vyhodnoceno zčernání fotografické emulze. Ze zčernání ploch krytých kovem je možno odhadnout pronikavost záření, jemuž byl pracovník vystaven, a z tohoto údaje dávkový ekvivalent pro hluboké tkáně.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Měření ionizujícího záření

Dozimetrie 2

Termoluminiscenční dozimetry

Lze umístit např. do prstenu a sledovat expozici rukou.

Dozimetry na α -záření

Plastový kotouček, po naleptání se zviditelní dopady α -částic.

Důležité upozornění:

Dozimetry nijak nevarují svého nositele o průběžně obdržované dávce!

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Jednotky měření radiace

Záření předává ozařované hmotě energii. Tuto energii nazýváme **dávka** a vyjadřujeme ji jednotkou Gray [Gy] (představuje jeden joule předaný kilogramu ozařované hmoty).

Výpočet dávky

Dávku lze relativně snadno propočítat pro homogenní tělesa pravidelných geometrických tvarů. Člověk tomu neodpovídá. Pro modelování slouží k propočtu dávek, které člověk získá z různých typů záření v různých režimech ozařování, se používají speciální loutky z umělé hmoty, napodobující vlastnosti lidských tkání, umožňující zasunout do jednotlivých částí „těla“ měřicí techniku, tzv. fantomy.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Biologický účinek

Jednotlivé typy záření mají různý biologický účinek. Proto se pro hodnocení ozáření živých objektů používá **dávkový ekvivalent**, jehož jednotka je Sievert [Sv], což je Gy násobený kvalitativním faktorem příslušného typu záření. Protože ve zdravotnictví se nejčastěji setkáváme s rentgenovým a γ zářením, které mají kvalitativní faktor 1, tudíž jsou dávka a dávkový ekvivalent numericky shodné, dochází někdy k jejich zaměňování.

Pro prognózování účinku je ještě nutno zohlednit různou citlivost ozářených tkání.

Existují dva typy účinků: *stochastické* a *nestochastické*.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Účinky nestochastické

Mají práh a s dávkou (respektive dávkovým ekvivalentem) narůstá mohutnost těchto účinků.

- ▶ Nemoc z ozáření (I. až III. stupeň)
- ▶ Místní nekróza tkáně („rentgenové vředy“)
- ▶ Katarakta
- ▶ Poškození gonád

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Nemoc z ozáření

První stupeň : kostní dřeně a orgánů produkujících imunokompetentní buňky. Dochází k úmrtí na sekundární infekce, anémie apod. Lehké formy je možné přežít pod krytím antibiotik, s krevními transfúzemi, speciální dietou apod. Tuto formu nemoci z ozáření vytváříme uměle u pacientů s leukémií.

Druhý a třetí stupeň nemoci z ozáření mají infaustní prognózu.

Druhý stupeň je charakterizován rozpadem sliznic trávicího ústrojí s následnými stavy podobnými těžkému průběhu cholery, dysenterie apod. Postižení umírají zpravidla do několika dnů od ozáření.

Třetí stupeň je charakterizován narušením nervové činnosti, stavy zmatenosti až ztrátou vědomí. Smrt nastává do několika hodin, při vysokých intenzitách záření již v minutách.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Stochastické účinky

Vznikají náhodně, jejich intenzita není závislá na dávce; na dávce je závislá pravděpodobnost, že účinky nastanou.

- ▶ nádory u ozářených a jejich potomstva (prakticky se zohledňují dvě následující generace)
- ▶ vrozené vývojové vady u potomstva ozářených (opět ve více generacích).
- ▶ praktickým projevem může být porucha plodnosti

Horní mez stochastických účinků je dána nástupem nestochastických účinků. Pod touto mezí byla experimentálně prokázána lineární závislost mezi dávkou (dávkovým ekvivalentem) a jejími následky. Dolní mez je dána přirozenou radioaktivitou prostředí.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Hormeze

Znamená zvýšení vitality po malých dávkách záření (totéž i pro některé zdravé škodlivé chemikálie).

Byla prokázána u bakterií, jednobuněčných eukaryotů, rostlin a některých nižších živočichů. U vyšších živočichů prokázána nebyla, ač se po ní pátralo pokusy dnes z etických důvodů nepřijatelnými (40. a 50. léta min. stol.).

Lineární model

Zatím všeobecně přijímaný, umožňuje odhad poškození zdraví i při nerovnoměrném ozáření populace.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Radiační zátěž populace

Zdroje radiační zátěže se liší podle životních podmínek populace. Pro naši populaci (tu část, která nemá profesionální expozici ionizujícímu záření) platí, že přibližně třetina celoročního dávkového ekvivalentu je realizována z radonu, o další třetinu se dělí záření z okolí (radioizotopy ve stavebních materiálech, vzduchu, půdě apod.) a radioizotopy z našeho vlastního organismu (včetně zmínovaného C^{14}), o zbylou pak kosmické záření a umělé zdroje.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Radon

Zdroje

Izotopy rádia v uranové rudě. Pro uvolnění je nutno jejich rozptýlení v pórézní nebo krystalické hornině.

Charakteristika

Izotopy radonu mají poločas rozpadu od několika hodin do několika dní. Rozpadají se α rozpadem, vzniká z nich izotop s velmi krátkým poločasem rozpadu a následně opět α rozpadem izotop stabilnější. Z atomu radonu tedy, když se začne rozpadat, vyjdou dvě částice α .

Nebezpečnost

Hlavně výskyt ve vdechovaném vzduchu, jako inertní plyn se nechytá do filtrů. Vyvolává rakovinu plic.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Radon – rizika pro populaci

Výrony radonu z podloží

Velmi významné tehdy, jestliže jdou do nitra budov. Dochází k nejvyšším známým koncentracím radonu.

Výrony ze stavebního materiálu

Jen některé typy škvár kontaminovaných uranovou rudou.

Voda, plyn

Jen v případě kontaminace podzemních zdrojů.

Měření

Měří se aktivita vzduchu v $Bq \cdot m^{-3}$, protože Rn má více izotopů o různé aktivitě, tak jeho obsah (chemicky) riziko necharakterizuje.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Radon – redukce rizika

- ▶ Izolace budov
- ▶ Radonové studny
- ▶ Sledování Rn ve stavebních materiálech
- ▶ Sledování Rn v podzemních vodách
- ▶ Šarže zemního plynu s vyšším obsahem Rn jdou do průmyslových kotelen a vytopen

Podmínkou redukce rizika je jeho správná detekce.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Další preventabilní zdroje

Záření z Van Allenových pásů

Dávkový ekvivalent roste s nadmořskou výškou a se vzdáleností od rovníku.

Černobylské skvrny

Dodnes nebyla zveřejněna mapa černobylských skvrn, kde je vyšší kontaminace izotopů Sr a Cs, které mají vysokou afinitu k organismu.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Umělé zdroje

Havním zdrojem je RTG vyšetření, prevencí je náhrada za jiné typy vyšetření a technická opatření, aby při vyšetření byl pacient ozářen co nejméně.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Problematika radiofobie

Do značné míry je dána smyslovou nezjistitelností záření. Mnohdy vyvolávána záměrně z politických důvodů (Temelín). Někdy jsou vyvolávány fámy na základě jiných účinků než záření (např. projevy toxicity uranu).

Mnohdy vzniká jako reakce na zatajování a desinformace z oficiálních zdrojů (Černobyl).

Někdy se za „radiofobii“ označují zcela oprávněné obavy, např. z rizika útoku teroristů na sklad jaderného odpadu, opět z politických důvodů.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍