

# 17. Biologické účinky ionizujícího záření

- jsou studovány od počátku 20. století od doby, kdy bylo zjištěno, že záření (i rtg) poškozuje kůži
- obecně lze konstatovat, že účinky jsou nepříznivé, v některých případech je však i pozitivní
- vliv záření je rozdílný podle druhu organismu



## Působení ionizujícího záření na buňku:

(buňka je chápána jako vodný roztok solí a nízkomolekulárních látek, v němž jsou dispergovány látky makromolekulární)

### Přímý účinek

- je dán přímým zásahem makromolekuly ionizující částicí nebo sekundárním elektronem při ozařování  $\gamma$  nebo rtg zářením
- zvláště nebezpečný je zásah nukleových kyselin v jádře, kde dochází k jejich degradaci

### Nepřímý účinek

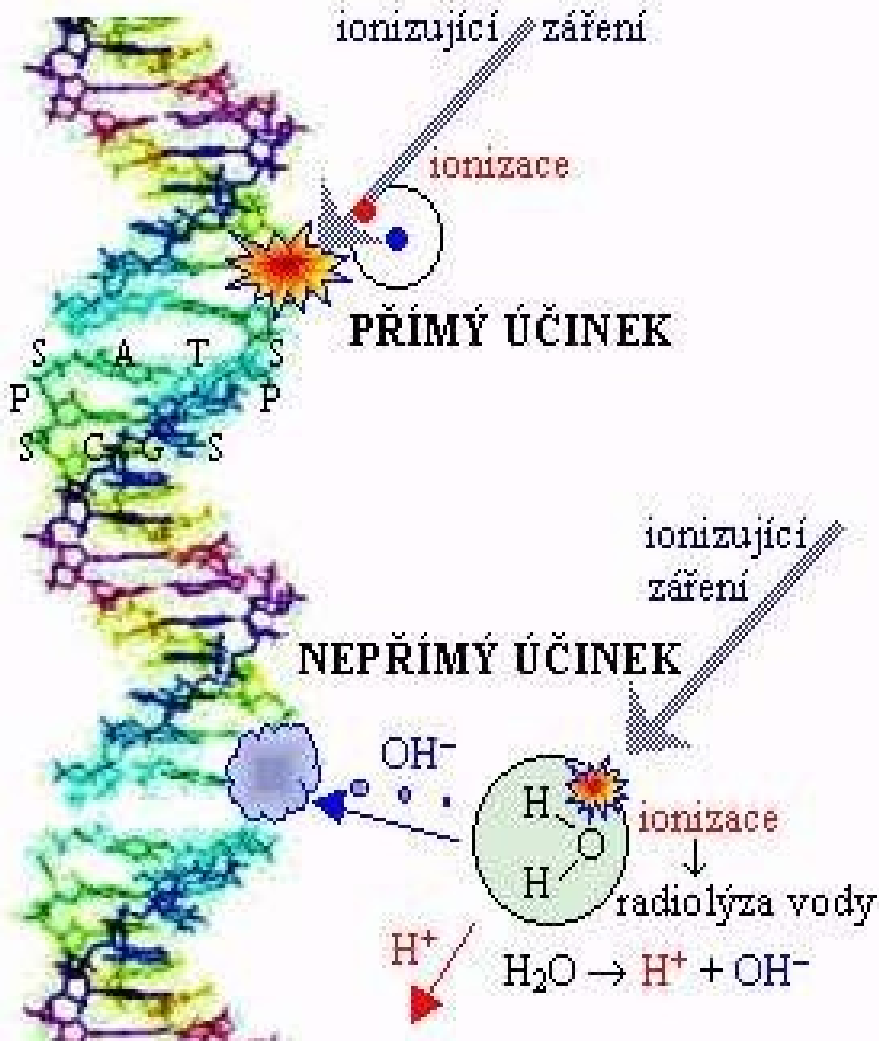
- je dán především radiolýzou vody a chápou se tak účinky produktů této radiolýzy na obsah buňky



# Účinek záření na molekulární úrovni



## Molekula DNA



- projevuje se především ve změně struktury DNA
- negativně to ovlivňuje tvorbu enzymů včetně těch, které řídí tvorbu samotné DNA
- chybně syntetizované enzymy nemohou správně vykonávat svou funkci, jsou pro buňku cizí a působí toxicky
- vyšší dávky způsobují změny v propustnosti membrán
- vliv záření se tedy projeví jako poruchy dělení buňky, poruchy ve struktuře chromozomů, příp. dojde po několika děleních ke smrti buňky
- vliv ionizujícího záření je tím výraznější, čím větší schopnost má buňka rozmnožovat se a čím je méně diferencovaná
- organismy jsou proto nejcitlivější vůči záření v raném stadiu svého vývoje (dělení vajíčka)
- buňky, které se nerozmnožují, vydrží podstatně vyšší dávky
- extrémně vysoké dávky záření ( $> 10^3$  Gy) vedou již během ozařování ke štěpení vnitrobuněčných bílkovin (molekulární smrt)

## Biologické účinky ovlivňuje

- **dávka záření** (celková energie sdělená organismu) – buňky však mají schopnost poškození enzymaticky opravit. Tyto opravné mechanismy se však mohou uplatnit tehdy, není-li přísun energie do organismu příliš rychlý  $\Rightarrow$  rozhoduje rychlost ozařování tzv.
- **dávkový příkon**, tj. rychlost s jakou je energie hmotě předávána. Prakticky to znamená, že při určité dávce je poškození organismu menší, je-li tato dávka rozdělena rovnoměrně na delší dobu nebo je rozdělena do několika menších dávek s časovými prodlevami (**frakcionace dávky** – využívá se při terapeutickém ozařování) – udává se v Gy/s, apod.
- **druh ionizujícího záření** (rozdílná lineární ionizace)
- poškození je tím závažnější, čím je větší lineární ionizace.



## Dávkový ekvivalent H

jednotkou je **Sv (Sievert)**  $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$

je definován jako součin jakostního faktoru Q (souvisí s lineárním přenosem energie a zpravidla tato hodnota není známa) a dávky v uvažovaném bodě tkáně

$$H = Q \cdot D$$

**Q** je bezrozměrný koeficient, **D** je fyzikální dávka (v Gy)



# Ekvivalentní dávka $H_T$

se používá pro praktické hodnocení vlivu druhu záření



$$H_T = W_R D_T$$

$D_T$  je dávka záření v orgánu nebo tkáni

$W_R$  je **radiační váhový faktor**

Jednotkou je  $J \cdot kg^{-1}$   
= Sv (Sievert)

druh záření	$W_R$
fotony a elektrony všech energií	1
neutrony o energii 10 keV	5
neutrony o energii 10–100 keV	10
neutrony o energii 0,1–2 MeV	20
neutrony o energii 2–20 MeV	10
záření $\alpha$	20

⇒ **srovnávacím zářením je záření o  $W_R = 1$ , tj. fotony a elektrony**

např. pro ozáření zářením  $\alpha$  ( $W_R = 20$ ) plyne, že je-li velikost ozáření fyzikálně 1 Gy, pak účinek tohoto ozáření je stejný jakoby byl objekt ozářen gama zářením o dávce 20 Gy

**Příkon dávkového ekvivalentu**, resp. ekvivalentní dávky ( $Sv \cdot s^{-1}$ ) –  
přírůstek dávky za časovou jednotku

**Dávkový úvazek** (resp. úvazek ekvivalentní dávky) se definuje jako celková dávka, kterou člověk obdrží za delší časové období (zpravidla 50 let u dospělých, za 70 let u dětí).

**Pravděpodobnost poškození orgánů** při stejné dávce je různá ⇒  
zavádí se proto **tkáňový váhový faktor  $w_T$**

<b>Orgán</b>	<b><math>w_T</math></b>
gonády	0,20
žaludek, červená kostní dřeň, tlusté střevo	0,12
štítná žláza, játra	0,05
kůže	0,01



## **Efektivní dávka**

= součet ekvivalentních dávek vážených s ohledem na radiační citlivost orgánů pro všechny ozářené orgány a tkáně.