

Účinky ionizujícího záření

Účinky ionizujícího záření jsou buď deterministické – vzniknou vždy, když je překročen jejich práh, nebo stochastické – s dávkou ionizujícího záření se zvyšuje pravděpodobnost, že se účinky projeví.

Deterministické účinky ionizujícího záření

Jedná se o biologické účinky ionizujícího záření, které se projevují po překročení tzv. *prahové dávky*. Ta není u všech orgánů stejná, náchylnost buněk k poškození zářením popisuje pojem *radiosenzitivita*. Další účinky ionizujícího záření se nazývají stochastické (způsobující nádorová onemocnění, nebo dědičné genetické změny), pro které prahová dávka neexistuje, i když jejich riziko též progresivně stoupá s dávkou.^[1]

Charakteristika deterministických účinků

Charakteristické účinky jsou prahové, jisté a nenáhodné. Vznikají po expozici prahové dávky pro určitou tkáň. Křivka závislosti odpovědi na dávce má sigmoidní tvar, takže pravděpodobnost vzniku postižení se zvyšující dávkou výrazně stoupá. Projevy poškození vznikají krátce po obdržení prahové dávky (tzv. časně účinky). Výjimku tvoří radiační katarakta a chronická radiodermatitida, které se vyvíjí po opakované dávce záření. Nejcitlivější na ionizující záření jsou kmenové buňky, lymfatická tkáň, kostní dřeň, epitel střeva a mužský pohlavní epitel.

Klinické koreláty

Mezi onemocnění související s deterministickými účinky ionizujícího záření patří akutní radiační syndrom, radiační dermatitida, radiační katarakta, poruchy fertility a poškození zárodku a plodu.

Akutní radiační syndrom (nemoc z ozáření)

Vzniká po celotělovém, jednorázovém ozáření dávkou více než **1 Gy** (rtg, gama, neutronové). Klinický obraz se projevuje ve čtyřech fázích:

1. **stádium časných prodromálních příznaků** – výsledek aktivace regulačních mechanismů (autonomní systém), hlavní příznak je zvracení, pak nechutenství, nauzea, salivace, průjem, apatie, pocení, cefalea, hypotenze;
2. **stádium bezpříznakové** – ustoupení klinických symptomů;
3. **stádium manifestace onemocnění** (kritické stádium);
4. **stádium rekonvalescence**.

Obecně platí, že čím je dávka vyšší, tím se fáze střídají rychleji (kromě stádia rekonvalescence, které se v případě přežití prodlužuje).



Mezinárodní symbol pro radioaktivitu

Formy nemoci z ozáření

▪ Lehká forma nemoci z ozáření

Lehká forma nastává po dávce **1-2 Gy**. Prodromy za 3 hodiny či později, doba latence trvá **20-30 dní**. Přichází celková únava, slabost, rekonvalescence trvá několik týdnů. Dochází k poklesu leukocytů a trombocytů v periferní krvi

▪ Hematologická (dřeňová) forma

Dřeňová forma nastává po dávce **2-6 Gy**. Dochází k významnému poklesu prekurzorů krevních buněk. Její průběh je středně těžký až těžký. Časně prodromy (1-3 h po expozici). **Latence je v rozmezí 7-28 dní**. Vzniká těžší lymfopenie, významná granulocytopenie a trombocytopenie. Kritické stádium přichází pokud se dostaví vysoká horečka, infekce, sepsa nebo krvácení. Dokonce se může rozvinout radiační pneumonitida.

▪ GIT forma

GIT forma nastává po dávce **6-10 a více Gy**. Její průběh je velmi těžký až smrtelný. Dochází k nekróze buněk střevní výstelky. Dostavují se časně příznaky do 30 minut po expozici (zvracení, těžký průjem, alterace vědomí). Objevuje se velmi těžká lymfopenie. Kritické stádium se projevuje vysokými horečkami, těžkými průjmy, krvácivými projevy, zvracením, hematemézou, rozvratem vnitřního prostředí, závratěmi, hypotenzí.

▪ Neuropsychická forma

Neuropsychická forma nastává po dávkách **30-50 Gy**. Její průběh je smrtelný, časně symptomy do 10 minut, bezpříznakové období chybí. Dominuje edém mozku, srdeční selhání. Smrt se dostaví do několika hodin.

Vyšetřovací metody

Dělá se krevní obraz, kde nejdřív klesají lymfocyty (1-2 Gy – pokles o 50 % za 48 h). Neutrofily zpočátku stoupnou, pak klesají. Cytogenetická analýza chromozomálních aberací v lymfocytech z krve.

Léčba

- **Lehké formy** – sledujeme, léčba symptomatická.
- **Těžší formy** – profylaxe – ATB, antimykotika, antivirotika.
- **Neuropsychická forma** – paliativní léčba.

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Nemoc z ozáření.*

Radiační dermatitida

Akutní radiační dermatitida

Po jednorázovém lokálním (i celotělovém) ozáření, nebo kontaminaci kůže beta zářiči. Velikost dávky je asi **3-9 Gy**. Nejcitlivější je kůže vpředu na krku, v loketní a podkolenní jamce.

Klinický obraz

Objevuje se přechodný časný erytém – po lokálním ozáření vzniká vlivem uvolnění histaminu otok kůže (po dávkách 3-80 Gy).

1. **radiační dermatitis I. stupně** (erytematózní) – dávky 3-10 Gy
 - erytém – zánětlivý exsudát v kůru, přechodné vypadávání vlasů a ochlupení (nad **6 Gy** je epilace trvalá).
2. **radiační dermatitis II. stupně** (deskvamativní) – po 12-25 Gy
 - vzniká časný erytém, po 2-3 týdnech latence se objeví puchýře, přidá se obvykle infekce, začne mokvání;
 - během následujících týdnů se pokožka obnovuje.
3. **radiační dermatitis III. stupně** (nekrotická forma) – dávky nad 30 Gy, postihují hlubší vrstvy
 - vznikají cévní změny, nekrózy, vředy, dlouho se hojí, nová kůže je atrofická.



Ruce postiženého rentgenologa (začátek 20.století)

Léčba je v rukou profesionální dermatologie a plastické chirurgie (popáleninová klinika Vinohrady)

Chronická radiační dermatitida

Vzniká po opakovaných zevních expozicích, kdy celková lokální dávka dosáhne **30-50 Gy**. Dříve to bylo časté u rentgenologů na rukou.

Klinický obraz

1. **forma atrofická** – kůže suchá, tenká, hladká, bez ochlupení, četné teleangiektázie, nehty lomivé.
2. **forma hypertrofická** – kůže hyperpigmentovaná, zhrubělá, ložiska hyperkeratózy (mohou z nich vznikat nádory – hlavně spinaliom).

Další postižení

▪ Radiační katarakta

Vzniká po jednorázové expozici dávkou **1,5-2 Gy**, doba latence je min. **6 měsíců**. Klinicky závažný zákal se vyvíjí několik let nebo po opakované expozice oka. Typicky přítomny tečkovité nebo síťovité opacity na zadním pólu čočky.

▪ Poruchy fertility

Muži jsou k záření vnímavější – přechodná oligospermie už po dávkách 0,1-0,3 Gy. Dávka nad **3 Gy** může vést už k trvalé aspermii a pokles nastává až po **6-8 týdnech** po expozici. Diagnostika spočívá ve vyšetření spermioqramu. U **žen** stoupá vnímavost věkem, dávky nad 3 Gy způsobí sterilitu, vzniká pak předčasné klimakterium.

▪ Účinky v těhotenství

Ozáření v období prvních dvou týdnů vede k časnému abortu nebo naopak dítě přežije a je zcela zdravé (buď všechno nebo nic). **4.-8. týden** je období organogeneze, kdy mohou vznikat malformace (kritická dávka je **50mGy**). **8.-15. týden** je vyhrazen pro zrání CNS. V tomto období dochází po ozáření ke snížení inteligence, mentální retardaci (prahová dávka je **120-200 mSv**).

 *Podrobnější informace naleznete na stránkách Teratogeny, Vrozené vady.*

Stochastické účinky ionizujícího záření

Stochastické účinky ionizujícího záření jsou takové účinky, o kterých nevíme s jistotou, že se po ozáření projeví, projevují se pouze s **určitou pravděpodobností**. Patří sem zvýšení rizika nádorových a dědičných onemocnění. U dávek ionizujícího záření pod 100 mSv je závislost přídatného rizika ne zcela jasná (předpokládají se různé pravděpodobnosti modely zvýšení rizika – lineární, lineárně-kvadratický, prahový, model zvýšeného rizika), od dávek nad 100 mSv je zvýšení rizika lineárně závislé na dávce. ^[2]

Přídatné riziko nádorových onemocnění

Od dávek přesahujících 100 mSv se lineárně zvyšuje riziko fatální rakoviny. Nominální koeficient vzniku fatální rakoviny je $5 \cdot 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$. Tento koeficient je však závislý na pohlaví a věku. ^[2]

Přídatné riziko dědičných onemocnění

Nepodařilo se prokázat přídatné riziko na u první generace potomků. Avšak metodologie prováděných studií může být chybná, proto výzkum stále probíhá. ^[2]

Odkazy

Související články

- Ionizující záření
- Radioterapie

Externí odkazy

- European Society of Radiology (<https://www.myesr.org/article/1792>)

Reference

- SMEDLEY, Julia, Finlay DICK a Steven SADHRA. *Oxford Handbook of Occupational Health*. - vydání. OUP Oxford, 2013. 915 s. ISBN 9780199651627.
- HORÁKOVÁ, Ivana. *Základy radioační ochrany obecné* [přednáška k předmětu Mimořádný specializační e-kurz – Radiační ochrana, obor Radiační ochrana pro indikující lékaře, Radiační hygiena Institut postgraduální vzdělávání ve zdravotnictví]. Praha. 2020-04-15. Dostupné také z <<https://moodle.creativeconnections.cz/course/view.php?id=94>>.