

Radiobiologia

Oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią

Podczas przechodzenia promieniowania jonizującego przez warstwę ośrodka pochłaniającego jego energia zostaje zaabsorbowana

- Jonizacja

W przypadku gdy dostarczona energia jest dostatecznie duża, aby spowodować wybitcie elektronu z orbity i powstanie pary jonów, zachodzi proces jonizacji

- Wzbudzenie

Jeżeli energia promieniowania wystarcza jedynie do przemieszczenia elektronu na bardziej odległą orbitę, zachodzi proces wzbudzenia

Dawki promieniowania

- Ładunek elektryczny, jaki powstaje w powietrzu w wyniku jonizacji wywołanej promieniowaniem określa dawka ekspozycyjna (x)

- Jednostką dawki ekspozycyjnej jest kolumb na kilogram (C/kg)
Zwyczajowo używaną jednostką poza układem SI jest rentgen (R)

$$1R = 0,258 \times 10^{-3} \text{ C/kg}$$

Dawki promieniowania

- Wielkość średniej energii przekazanej materii przez promieniowanie jonizujące określa dawka pochłonięta (D)

Jednostką dawki pochłoniętej w układzie SI jest grej (Gy)

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

Dawki promieniowania

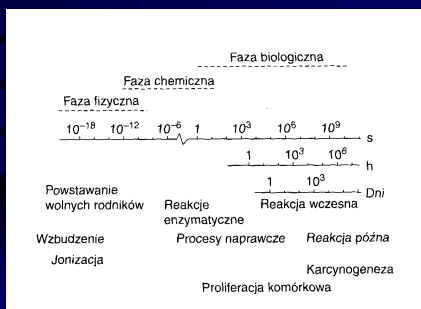
- Równoważnik dawki (H) – określa wpływ promieniowania na skutek biologiczny uwzględniając jego dawkę, rodzaj i energię

Jego jednostką w układzie SI jest siwert (Sv)

$$H = D \times Q$$

Q – współczynnik jakości promieniowania

Działanie promieniowania jonizującego na DNA komórkowe



Działanie promieniowania jonizującego na DNA komórkowe

- **Faza fizyczna**

tarcza
kaskada jonizacji

Działanie promieniowania jonizującego na DNA komórkowe

- **Faza chemiczna**

WOLNE RODNIKI - są fragmentami cząsteczek chemicznych powstałymi na skutek przzerwania wiązań chemicznych
- cechuje je krótki okres trwania (10^{-5} s) i wysoka reaktywność (reakcje zachodzą w czasie ok.. 1 ms ekspozycji na napromienianie)

+
RADIOLIZA WODY

↓
WOLNE RODNIKI ORGANICZNE – reagują z cząsteczkami DNA i białek komórkowych, doprowadzając do ich zniszczenia

Działanie promieniowania jonizującego na DNA komórkowe

- **Faza biologiczna**

reakcje enzymatyczne – naprawcze

śmierć komórki

kontynuowanie wzrostu i tworzenie wielojądrowych komórek olbrzymich, które następnie ulegają lizie (kliniczne objawy **wczesnej reakcji popromiennej** – skóra, błony śluzowe, tkanka krwiotwórcza)

Działanie promieniowania jonizującego na DNA komórkowe



Uszkodzenia popromienne polegają na:

- uszkodzeniu podwójnej nici DNA
- uszkodzeniu pojedynczej nici DNA
- uszkodzeniu zasad (purynowej lub pirymidynowej)
- powstawaniu krzyżowych połączeń białek jądrowych i DNA (w obrębie jednej lub dwóch nici)

Działanie promieniowania jonizującego na DNA komórkowe

Efekt końcowy

- powstawanie mutacji punktowych
- uszkodzenie chromosomu (aberracje chromosomalne)
- efekt letalny

Działanie promieniowania jonizującego na DNA komórkowe

Rozpoznanie i naprawa uszkodzeń DNA

- 1 Gy : 10^5 jonizacji na jedną komórkę
- uszkodzenia utajone
- apoptoza

Zależność biologicznych efektów promieniowania od podanej dawki

- liniowa
- wewnątrzkomórkowa wrażliwość na promieniowanie

Promieniowrażliwość tkanek

- Typ H : szpik i pochodne komórki krążące we krwi, naskórek, nabłonek układu pokarmowego, ukł.moczowego, jądra
- Typ F : komórki tkanki łącznej, nerwowej, mięszu wątroby i nerek

Typy odczynów popromiennych w tkankach

Odczyn wczesny

- 2 – 4 tygodnie, tkanki typu H
- zależy głównie od czasu życia komórek dojrzałych

Odczyn późny

- miesiące – lata, tkanki typu F
- zależy od całkowitej dawki promieniowania

Skutki promieniowania

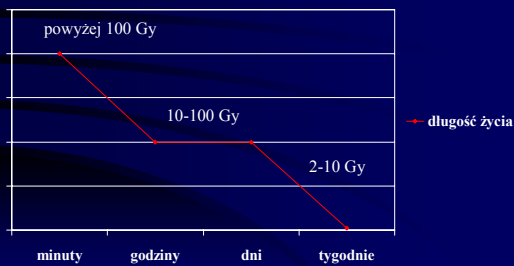
Wczesny odczyn popromienny

- ma przemijający charakter
- zależy od promienioczułości tkanek i wielkości napromienionego obszaru
- objawy: wymioty, brak łaknienia, biegunka, utrata włosów, pojawienie się wybroczyn

W przypadku napromienienia całego organizmu

- nasilenie i typ reakcji zależą od wielkości zaabsorbowanej dawki
- skrócenie czasu przeżycia

Czas przeżycia po jednorazowym napromienieniu całego organizmu



Skutki promieniowania

- Niskie dawki - uszkodzenie układu hematopoetycznego
- Dawki powyżej 10 Gy – zespół jelitowy
- Dawki powyżej 50 Gy – zespół mózgowo-naczyniowy

Skutki promieniowania dla organizmu w życiu wewnątrzmacicznym

- Napromienianie zapłodnionego jaja przed jego zagnieżdżeniem się w błonie śluzowej macicy doprowadza do:
 - obumarcia zygoty lub zarodka
 - nieprawidłowego zagnieżdżenia jaja (poronienie, ciąża pozamaciczna, dysfunkcja łożyska, wady rozwojowe)
- 2-6 tydzień ciąży
 - wady rozwojowe

Późne skutki promieniowania

Tkanka / narząd	Późna reakcja popromienna
Mózg	Objawy demielinizacji i leukoencefalopatii (zespół psychoorganiczny, padaczka), martwica
Różni kregowy	Objawy demielinizacji, martwica (częściowe lub całkowite porażenie)
Nerwy obwodowe	Demielinizacja, zwłóknienie, zanik (częściowe lub całkowite porażenie)
Skóra	Zanik, zwłóknienie, teleangiektazje, trwałe zbrązowienie, martwica
Błona śluzowa jamy ustnej i gardła	Zanik, suchość (uszkodzenie ślinianki), martwica
Przewód pokarmowy	Zanik błony śluzowej, zwłóknienie, owrzodzenie, martwica, przetoka
Płuco	Przewlekłe zapalenie, zwłóknienie
Serce	Zanik błony śluzowej, zwłóknienie mięśnia sercowego, zmniejszenie wydolności
Wątroba	Postępujące zwłóknienie, marskość
Nerki	Postępujące zwyrodnienie, zwłóknienie, zanik (białkomoc, nadciśnienie tętnicze, upośledzone zagęszczanie moczu)
Pęcherz moczowy	Zanik błony śluzowej, postępujące zwłóknienie, owrzodzenie, przetoki

Kancerogenne działanie promieniowania jonizującego

- Popromienne nowotwory złośliwe

Im młodszy wiek tym wyższe ryzyko wystąpienia indukowanego nowotworu (rak sutka i rak tarczycy)

Wpływ promieniowania ultradźwiękowego na człowieka

- Klasyczne USG: narażenie niewielkie
- Badania dopplerowskie: ?
zwłaszcza we wczesnych okresach ciąży

Wpływ pola magnetycznego na organizm ludzki

- Nie udowodniono żadnych istotnych, niekorzystnych oddziaływań wywołanych zjawiskami fizycznymi zachodzącymi w czasie badania MR

Uwaga na potencjalne zagrożenie – przedmioty w otoczeniu wrażliwe na pole magnetyczne

Wpływ radioizotopów na człowieka

Promieniowanie gamma wywołuje skutki:

- **deterministyczne** - są ściśle określone i przewidywalne w zależności od wysokości dawki podanej, występują powyżej określonej wartości progowej, nie występują w zakresie dawek stosowanych w celach diagnostycznych
- **stochastyczne** - występują losowo, nie są zależne od wysokości dawki, nie odnotowuje się dawki progowej (uszkodzenia somatyczne i genetyczne)