

O Instytucie

Działalność
naukowaPrace
CIOP-PIB

Wydarzenia

Oferta

Edukacja
i szkoleniaSystem
BHPPrzepisy
BHPNarzędzia
on-lineBHP
Info

Tu jesteś: .. / BHP Info / BHP Info - serwisy

Promieniowanie jonizujące

- ▶ Zasady ochrony radiologicznej
- ▶ Źródła promieniowania jonizującego
- ▶ **Działanie promieniowania jonizującego na organizm ludzki**
- ▶ Kategorie narażenia zawodowego
- ▶ Ocena ryzyka zawodowego
- ▶ Przepisy prawne

▶ Listy serwisów BHP Info



PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

Działanie promieniowania jonizującego na organizm ludzki

Źródło: opracowania dr inż. Krzysztofa Pachockiego (Państwowy Zakład Higieny - Instytut Naukowo-Badawczy)

Wprowadzenie

Promieniowanie jonizujące to promieniowanie elektromagnetyczne (γ , X) lub cząstkowe (korpuskularne, np. α , β), które w czasie przenikania przez materię ma zdolność wytwarzania, bezpośrednio lub pośrednio, jonów (z wyłączeniem fotonów promieniowania ultrafioletowego). Pojęcie promieniowania wiąże się z wysyłaniem i przekazywaniem energii. Gdy więc mówi się, że ciało promieniuje, to znaczy, że wysyła (emituje) energię.

Źródłem promieniowania jonizującego mogą być:

- substancje (pierwiastki lub ich chemiczne związki), nazywane promieniotwórczymi lub radioaktywnymi, np. rad 226Ra,
- urządzenia, np. aparaty rentgenowskie.

Promieniotwórczość (radioaktywność) jest to zjawisko samorzutnego rozpadu jąder atomów niektórych izotopów, któremu towarzyszy wysyłanie promieniowania alfa, beta, gamma. Radioaktywne (promieniotwórcze) nuklidy często nazywane są radionuklidami. Jądro nowo powstałego pierwiastka może być stabilne lub również promieniotwórcze. W niektórych przypadkach tworzy się cały łańcuch radionuklidów, powstających jeden z drugiego (szereg promieniotwórczy). Cząstki alfa i beta oraz kwanty gamma są wyrzucane w czasie rozpadów z określoną energią, a rozkład tej energii jest nazywany widmem energetycznym. Promieniowanie rentgenowskie (X), podobnie jak promieniowanie gamma (γ), jest promieniowaniem elektromagnetycznym. Promieniowania te różnią się swoim pochodzeniem. Promieniowanie γ jest wytwarzane przez wzbudzone jądra atomów, natomiast promieniowanie rentgenowskie powstaje poza jądrem atomowym, w wyniku hamowania elektronów (promieniowanie hamowania).

Ważną cechą promieniowania jonizującego jest jego **przenikliwość**, czyli stopień pochłaniania go przez materię. Przenikliwość zależy m.in. od rodzaju promieniowania i jego energii. Rośnie wraz ze wzrostem energii. Zasięg promieniowania jonizującego w danym materiale określa grubość warstwy tego materiału, która całkowicie pochłania to promieniowanie.

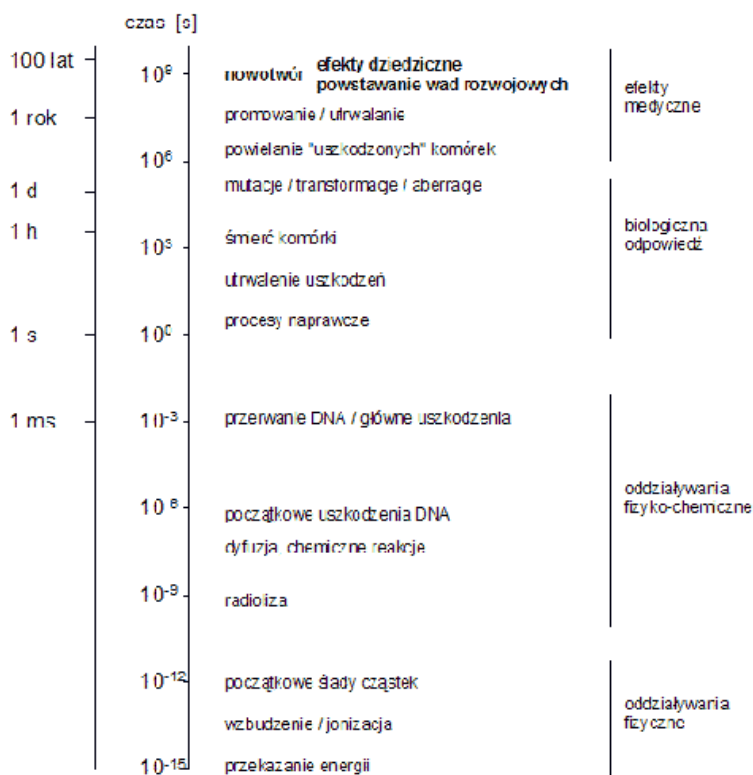
Promieniowanie α (strumień szybko poruszających się jąder helu) jest bardzo mało przenikliwe. W powietrzu jego maksymalny zasięg nie przekracza kilku centymetrów (do 10 cm), a w tkance – ułamków milimetra. Z trudem przenika przez pojedynczą kartkę zwykłego papieru.

Promieniowanie β (strumień szybko poruszających się elektronów lub pozytonów), które składa się z cząstek mniejszych i mających mniejszy ładunek elektryczny niż cząstki α , wywołuje mniejszą jonizację, w związku z czym jego zasięg jest znacznie większy – w powietrzu blisko 60 razy większy niż promieniowania α o tej samej energii – może dochodzić nawet do kilku metrów. Promieniowanie to może również przenikać przez kilkumilimetrową osłonę metalową.

Promieniowanie γ lub X (promieniowanie elektromagnetyczne) jest bardzo przenikliwe i może przedostawać się nawet przez grube warstwy betonu czy stali. Tak więc trudno jest określić jego zasięg w materii. Dlatego zazwyczaj podaje się grubość warstwy materii, jaka jest potrzebna aby osłabić np. dwukrotnie natężenie tego promieniowania (tzw. warstwa połówkowa).

Skutki działania promieniowania jonizującego na organizm człowieka

Początkiem zmian popromiennych w materiale biologicznym jest pochłonięcie przez żywą tkankę energii promieniowania, która między innymi powoduje jonizację lub wzbudzenia atomów i cząsteczek, wywołujących następnie łańcuch wtórnych reakcji biologicznych. Jonizacja i wzbudzenia atomów wchodzących w skład żywej materii stanowią pierwsze ogniwo łańcucha przemian prowadzących do biologicznego efektu działania promieniowania. Można wyróżnić, w skali czasu, kilka faz (stadiów), następujących kolejno jedna po drugiej, oddziaływania promieniowania jonizującego na organizm żywy, np. oddziaływania fizycznego, fizyko-chemicznego, odpowiedzi biologicznej, efektów medycznych (rys. 1).



źródło: UNSCEAR 2000

Rys.1. Fazy oddziaływania promieniowania jonizującego z materią żywą (źródło: UNSCEAR 2000)

Najbardziej wrażliwą na promieniowanie częścią komórki jest jej materiał genetyczny DNA. Uszkodzenia DNA, o ile nie zostaną bezbłędnie naprawione, mogą prowadzić do transformacji nowotworowej lub śmierci komórki.

Wpływ promieniowania na żywą tkankę zależy od wielu czynników i z tego względu ma bardzo skomplikowany charakter. Reakcja organizmu po napromienieniu jest przede wszystkim uwarunkowana dwoma parametrami, a mianowicie przenikalnością promieniowania oraz względną skutecznością biologiczną. Kolejne parametry to: wielkość dawki i jej natężenie, rodzaj ekspozycji (jednorazowa czy frakcjonowana, tj. rozłożona w czasie) oraz właściwości związane bezpośrednio z napromienionym obiektem, takie jak: obszar ciała poddany ekspozycji, wiek i płeć, wrażliwość osobnicza i gatunkowa, temperatura, czynności metabolizmu i równowaga hormonalna oraz nawodnienie i utlenienie napromienionego materiału biologicznego. Wrażliwość komórek na promieniowanie jest tym większa, im większa jest aktywność proliferacyjna i im mniejsze jest zróżnicowanie tkanki.

Napromieniowany organizm może nie wykazywać żadnych wykrywalnych objawów przez bardzo długi okres czasu po ekspozycji. Wiadomo, że skutki tego rodzaju napromieniowań mogą istnieć w formie utajonej i rozwijać się stopniowo. Mogą ujawniać się nawet po kilkudziesięciu latach.

Biologiczne następstwa działania promieniowania jonizującego dzieli się na dwie kategorie:

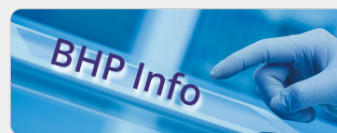
– **skutki deterministyczne** (niestochastyczne), czyli takie, których zarówno częstość, jak i stopień ciężkości ulegają wzrostowi wraz z dawką promieniowania. Można określić dla nich dawkę progową. Należą do nich np. wszystkie dobrze znane powikłania w radioterapii

– **skutki stochastyczne**, czyli te, których częstość występowania ulega jedynie zwiększeniu wraz ze wzrostem dawki. Są to zjawiska probabilistyczne. Nie istnieje dla nich dawka progowa. Należą do nich np. nowotwory złośliwe.

Tak więc, jedną z podstawowych cech odróżniających skutki stochastyczne od niestochastycznych (deterministycznych) jest konieczność przekroczenia, w celu wywołania tych ostatnich, określonej dawki, zwanej dawką progową. W odniesieniu do skutków stochastycznych nie postuluje się określonego progu dawki. Stąd zapobieganie następstwom niestochastycznym jest stosunkowo proste, gdyż dawki progowe dla następstw o istotnym znaczeniu patofizjologicznym są duże, rzędu od kilku do kilkudziesięciu Gy (grejów), zwłaszcza przy małej mocy dawki lub jej frakcjonowaniu. Inaczej przedstawia się sprawa w odniesieniu do skutków stochastycznych. Brak progu oznacza, że każdej dawce, nawet bardzo małej, towarzyszy zwiększone prawdopodobieństwo indukcji zmian. W tym przypadku pojawienie się następstw ekspozycji na promieniowanie może być rozpatrywane wyłącznie w kategoriach probabilistycznych – oceny ryzyka.

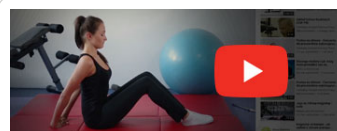
Jedynym wiarygodnym sposobem uzyskania informacji o zależności między dawką promieniowania a ryzykiem wystąpienia nowotworu u człowieka, są obserwacje oraz badania epidemiologiczne grup ludzi poddanych i nie poddanych działaniu promieniowania.

Jednocześnie należy podkreślić, iż nowotwory złośliwe wywołane przez promieniowanie jonizujące nie różnią się żadnymi cechami klinicznymi i morfologicznymi od tych, które obserwuje się w populacji nie poddanej ekspozycji na to promieniowanie. Nie udało się wykazać



Ostatnio udostępnione tematy w BHP-Info:

- INTERGON - ocena ryzyka rozwoju dolegliwości m-s
- MOBBING w pracy
- BHP pracy platformowej
- Symulatory VR w BHP
- Quady w pracy - narażenie kierowcy na drgania
- Montaż w przemyśle lotniczym
- Osłony w meblarstwie
- Praca zdalna przy komputerze
- Kleszcze i borelioza w pracy
- Praca mobilna
- Warunki Pracy w Polsce i w UE 2018
- Zarządzanie BHP wg normy PN-ISO 45001
- Depresja w pracy
- Konflikty w pracy
- SMOG - Ochrona przed SMOGiem
- Zagrożenie wybuchem i pożarem
- Ochrona radiologiczna w rentgenodiagnostyce
- BHP w inteligentnym środowisku pracy 4.0
- Wypadki w szkole
- Wypadki przy pracy rolniczej
- Diabetyk w pracy
- Ocena drabin - wymagania norm (2017)
- Ergonomia stanowisk komputerowych
- Zarządzanie wiekiem pracowników - wiedza i praktyka
- Profilaktyka przewlekłej niewydolności żylnych nóg
- Bezpieczne przenoszenie ładunków
- BHP - Elektrownie wiatrowe
- BHP w służbach mundurowych
- Odzież ostrzegawcza
- Ochrona przed upadkiem z wysokości
- BHP w energetyce słonecznej
- BHP operatora maszyn ręcznych z napędem elektrycznym



BÓL KRĘGOSŁUPA? POZBĄDŹ SIĘ GO!

11 minut dla zdrowego kręgosłupa, czyli jak zmniejszyć dolegliwości mięśniowo-szkieletowe i poprawić zdolność do pracy

indukcji przez omawiany czynnik wielu nowotworów złośliwych (np. raka szyjki i trzonu macicy, gruczołu krokowego, chłoniaków złośliwych, przewlekłej białaczki limfatycznej). Wiadomo, że najkrótszy okres utajenia (latencji) dla białaczek nie przekracza ok. 2 lat, a dla raka (guzów litych) 5 – 10 lat. Przeciętny współczynnik ryzyka zgonu z powodu nowotworu złośliwego wywołanego przez promieniowanie jonizujące w wyniku ekspozycji zawodowej w wieku 18 – 65 lat wynosi ok. $4 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ (tablica 1).

Tablica 1. Współczynniki ryzyka wystąpienia skutków stochastycznych

Narząd lub tkanka	Współczynnik ryzyka (10^{-2} Sv^{-1})	
	cała populacja	pracownicy
Pęcherz	0,29	0,24
Szpik kostny	1,04	0,83
Powierzchnia kości	0,07	0,06
Piersi	0,36	0,29
Okrężnica	1,03	0,82
Wątroba	0,16	0,13
Płuca	0,80	0,64
Przełyk	0,24	0,19
Jajniki	0,15	0,12
Skóra	0,04	0,03
Żołądek	1,00	0,80
Tarczycza	0,15	0,12
Pozostałe	0,59	0,47
Razem	5,92	4,74
Ryzyko ciężkich uszkodzeń genetycznych		
Gonady	1,33	0,80
Razem – skutki stochastyczne	7,3	5,6

Ocena ryzyka zmian dziedzicznych, które u człowieka mogą być wywołane przez napromienienie komórek rozrodczych, prowadzące do powstania mutacji dominujących, recesywnych i dziedziczonych w związku z picią, obecnie oparta jest wyłącznie na ekstrapolacji danych eksperymentalnych, uzyskanych z badań na zwierzętach. Ocenia się, że współczynnik ryzyka wywołania zmian dziedzicznych przez napromienienie jest w przybliżeniu o rząd wielkości mniejszy niż ryzyka wywołania nowotworów popromiennych (śmiertelnych i wyleczalnych) – $0,4 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$.

DAWKI GRANICZNE

osoby	Dawka skuteczna (efektywna) ⁽¹⁾ , [mSv]		Przy zachowaniu ograniczenia dla dawki skutecznej dodatkowe ograniczenie dla dawki równoważnej ⁽²⁾ (w ciągu roku kalendarzowego), [mSv]	
	w ciągu roku kalendarzowego	w ciągu roku kalendarzowego	dla soczewek oczu	dla skóry, jako średnia dla dowolnej powierzchni 1 cm^2 napromienionej części skóry oraz dla dłoni, przedramion, stóp i podudzi
Pracownicy oraz osoby przyuczane do zawodu w wieku powyżej 18 lat	20	50 z ograniczeniem do 100 w ciągu kolejnych 5 lat	150	500
Osoby przyuczane do zawodu w wieku 16 – 18 lat	6	-	50	150
Osoby z „ogółu ludności” oraz osoby przyuczane do zawodu w wieku poniżej 16 lat	1	może nastąpić przekroczenie 1 mSv pod warunkiem, że średnia z kolejnych 5 lat nie przekroczy 5 mSv	15	50 wartość średnia określona dla 1 cm^2 powierzchni skóry, brak limitu dla kończyn
Kobieta w ciąży Płód	Kobieta ciężarna nie może być zatrudniona w warunkach prowadzących do otrzymania przez płód dawki skutecznej przekraczającej 1 mSv. Karmiąca piersią nie może być narażona na skażenia wewnętrzne i zewnętrzne			