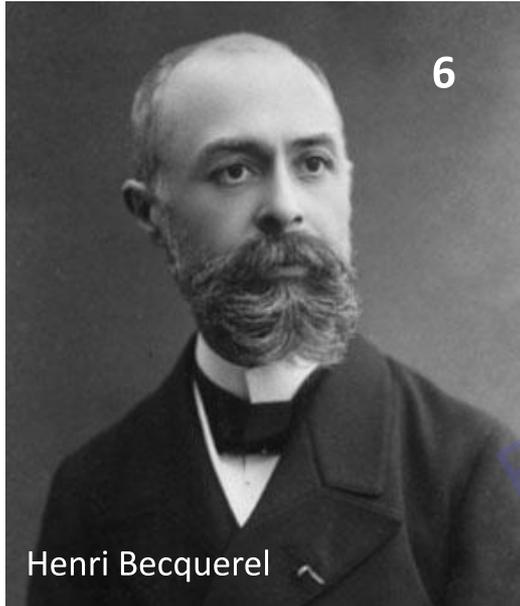


Le radiazioni



Henri Becquerel



Pierre Curie



Marie Curie



LE RADIAZIONI: radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, fonti, danni biologici

LE RADIAZIONI

INDICE

[Che cosa sono le radiazioni](#)

[Lo spettro elettromagnetico](#)

[Le radiazioni corpuscolate: particelle \$\alpha\$, particelle \$\beta\$,
radiazioni \$\gamma\$, neutroni](#)

[Le fonti delle radiazioni](#)

[Radiazioni ionizzanti: danni molecolari, danni cellulari, danni
biologici, dose equivalente, dose efficace, danni a tessuti e
organi, danni deterministici, radiodermite, sindrome acuta
da radiazioni, danni stocastici](#)

[Radiazioni non ionizzanti](#)

[Deinococcus radiodurans](#)

[Photo credits - Sitografia](#)

Che cosa sono le radiazioni

BioTechnologieSanitarie.it

Che cosa sono le radiazioni

In fisica, la radiazione è l'emissione o la trasmissione di energia sotto forma di onde o particelle attraverso lo spazio o attraverso un mezzo materiale. Quindi una radiazione non è altro che un'oscillazione che si propaga nello spazio, trasportando energia ma non materia.



Nebulosa Carina

Che cosa sono le radiazioni

Le radiazioni quindi possono essere suddivise per quanto riguarda la fisica in:

- radiazioni elettromagnetiche
- radiazioni corpuscolate
- radiazioni **meccaniche** (non sono trattate qui)

Dal punto di vista radiobiologico sono invece classificate come:

- radiazioni **ionizzanti**
- radiazioni **non ionizzanti**

Lo spettro elettromagnetico

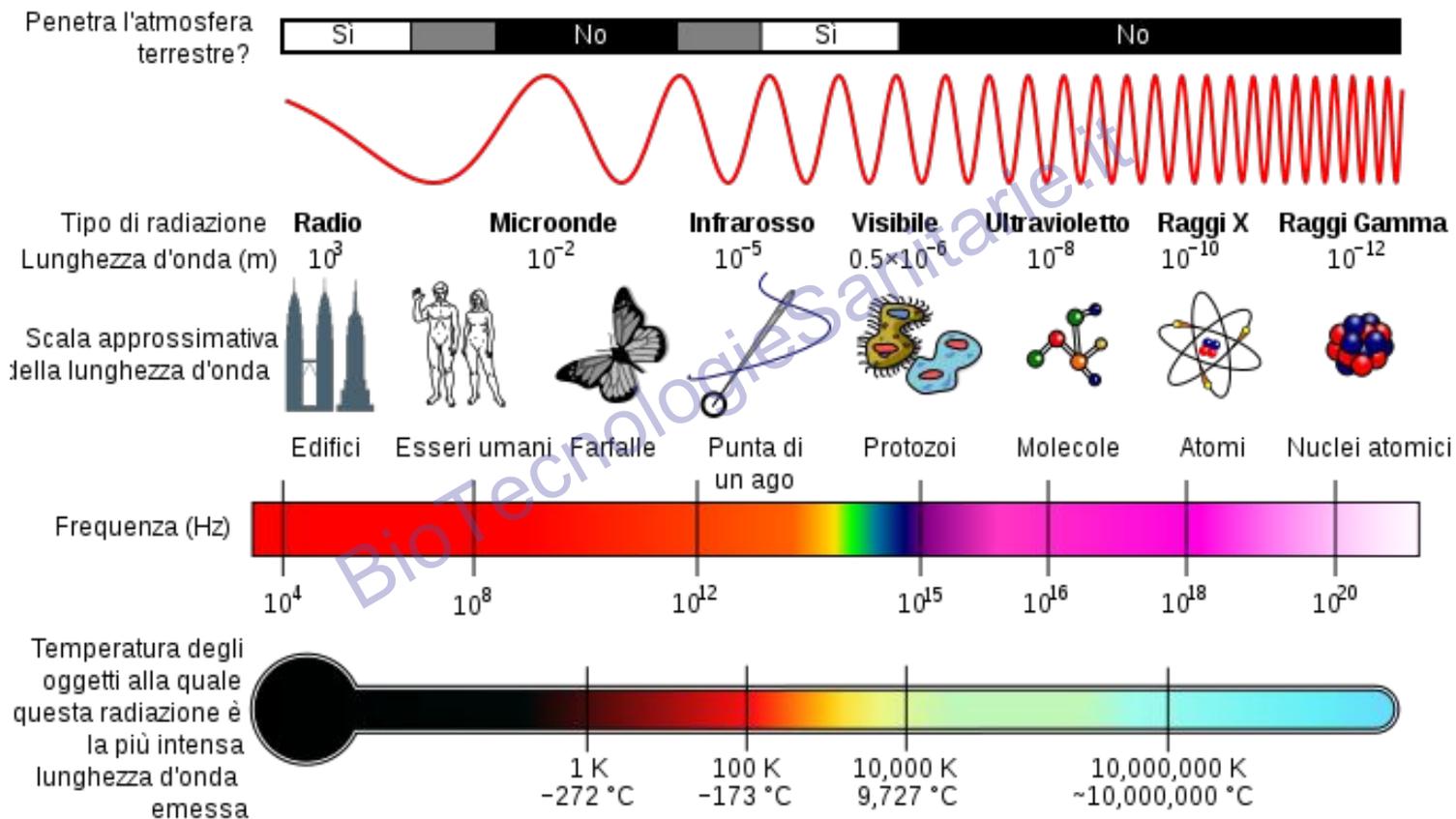
BioTecnologieSanitarie.it

Lo spettro elettromagnetico

L'insieme di tutte le frequenze delle radiazioni elettromagnetiche emesse dal sole prende il nome di spettro elettromagnetico.

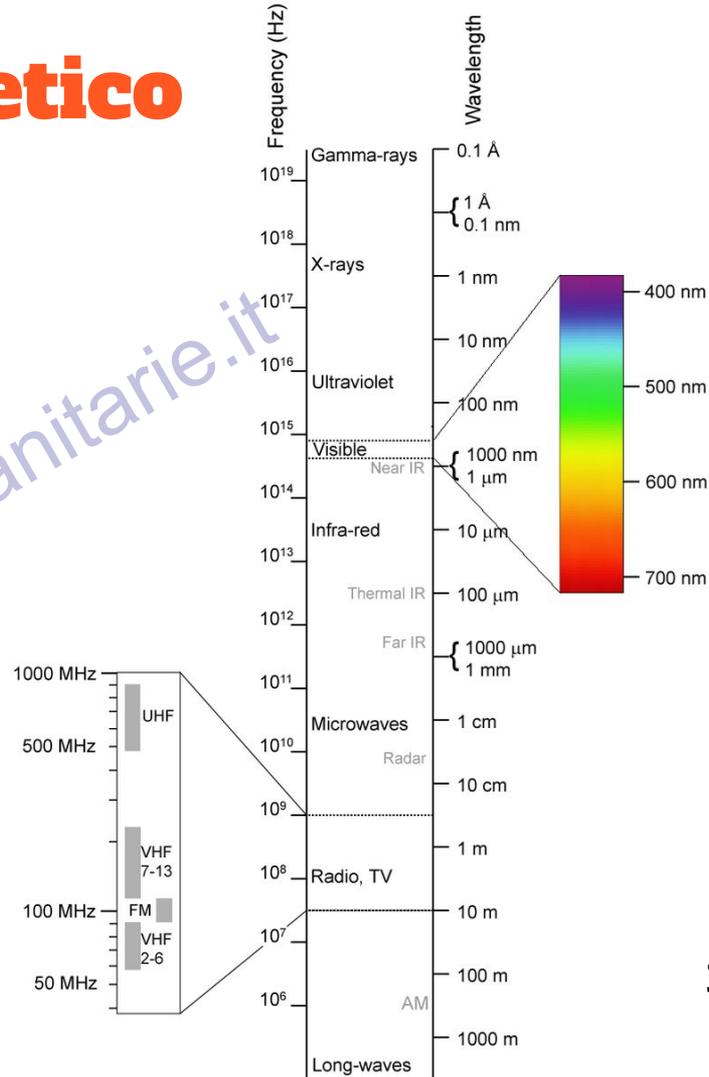
La slide successiva contiene un grafico esaustivo sulla lunghezza d'onda delle singole radiazioni con la scala approssimativa, la loro frequenza e il dato sulla penetrazione o meno dell'atmosfera terrestre.

Lo spettro elettromagnetico



Lo spettro elettromagnetico

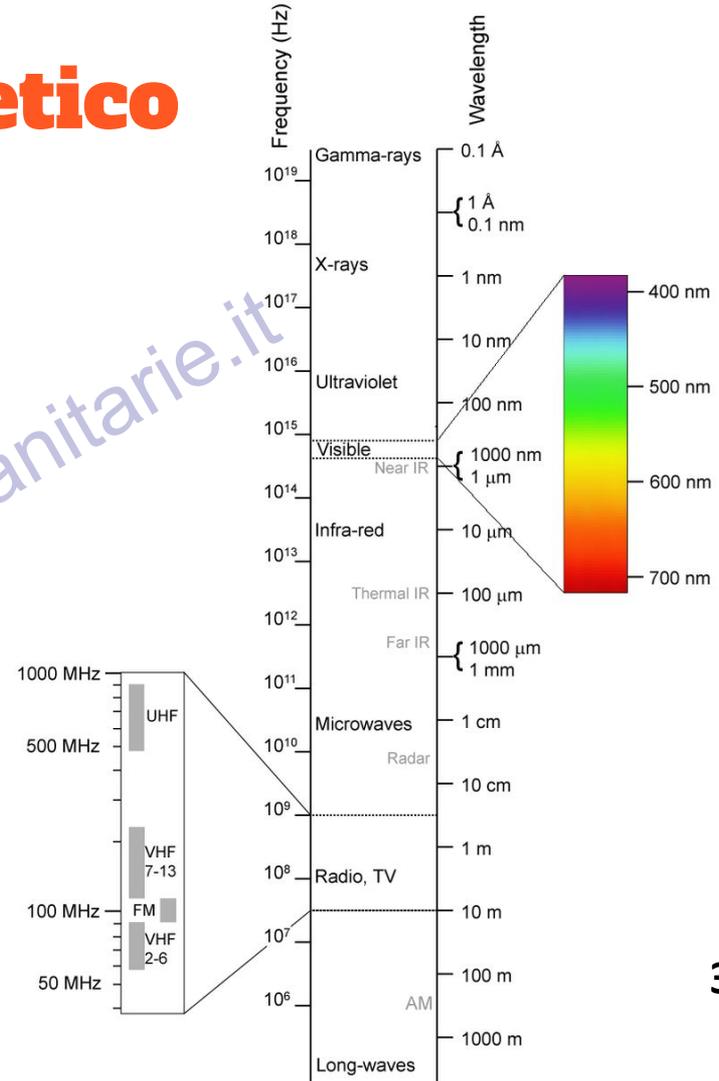
Di lato potete vedere un altro modo per rappresentare lo spettro elettromagnetico. Solo una parte molto limitata contiene **radiazioni visibili dall'occhio umano** e in pratica quelle di lunghezza d'onda compresa tra 400 e 700 nm.



Lo spettro elettromagnetico

Le onde di maggiore lunghezza dal visibile alle onde radio sono poco penetranti e quindi non pericolose.

Viceversa per le radiazioni dall'ultravioletto in poi.



Le radiazioni corpuscolate: particelle α e β , radiazioni γ , i neutroni

Radiazioni corpuscolate

Alle radiazioni corpuscolate appartengono le particelle α e β , i protoni, i neutroni ...

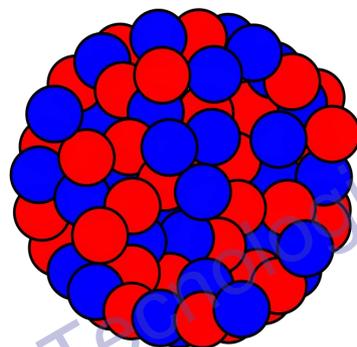
Sono emesse da isotopi radioattivi.

Per la loro natura sono considerate entità subatomiche in movimento, di massa e carica ben definiti.

Radiazioni corpuscolate

Ma non sempre è facile distinguerle dalle radiazioni elettromagnetiche data la loro doppia natura ondulatoria e corpuscolare.

Radioactivité naturelle



Uranium 238

Décomposition spontanée



alpha



gamma



neutron



proton



béta (électron ou posi

Radiazioni corpuscolate

Ricordiamo brevemente cosa sono gli isotopi radioattivi.

Le caratteristiche chimiche di un elemento dipendono dagli orbitali elettronici più esterni e quindi dal numero di protoni del nucleo.

Vi sono però elementi che pur a parità di protoni possono avere nel nucleo un numero diverso di neutroni.

Radiazioni corpuscolate

Uno dei casi più noti è il carbonio.

Il carbonio ha 6 elettroni e un nucleo con 6 protoni e 6 neutroni.

Ma si conoscono 15 isotopi tra quelli presenti in natura e artificiali (dal ${}^8\text{C}$ al ${}^{22}\text{C}$).

Il **carbonio-14** è il più noto per il suo uso nella datazione radioattiva di reperti fossili. Questo isotopo ha nel nucleo 6 protoni e 8 neutroni

Radiazioni corpuscolate

I nuclei di alcuni isotopi sono instabili come quello del carbonio-14 e, dopo un tempo variabile (tempo di dimezzamento, da qualche milionesimo di secondo a miliardi di anni), tendono a passare ad una struttura più stabile dal punto di vista energetico, cioè a cambiare completamente configurazione.

La **radioattività** è il processo di disintegrazione spontanea dei nuclei

Radiazioni corpuscolate

In questa fase vengono emesse particelle α e β , raggi γ ed elettroni di conversione.

Il carbonio-14 ha un'emivita di 5700 anni e decade ad azoto.



5

Radiazioni corpuscolate

Ricordiamo qualche definizione di base.

Ogni specie atomica è definita da:

Z = numero di protoni (numero atomico)

N = numero di neutroni

A = $Z + N$ (numero di massa)

Radiazioni corpuscolate

Nuclide è la singola specie nucleare caratterizzata da un numero N e da un numero Z.

Radionuclide è un nuclide instabile che decade emettendo energia sotto forma di radiazioni.

L'unità di misura nel Sistema Internazionale dell'attività di un radionuclide è il becquerel (Bq)

1 Bq = 1 decadimento per secondo

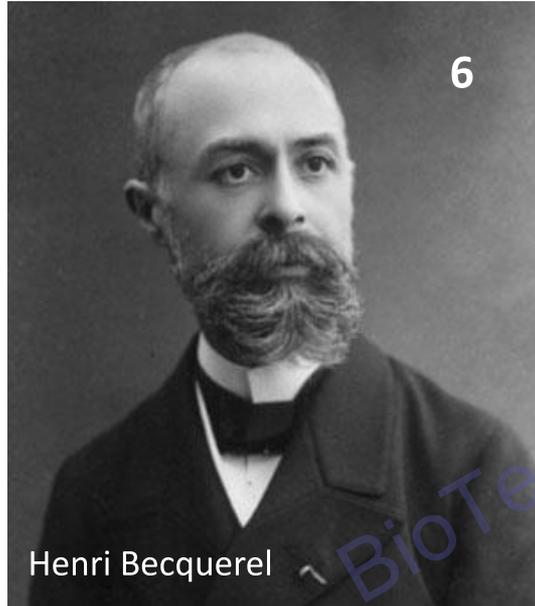
Radiazioni corpuscolate

Il termine becquerel è stato scelto come omaggio al fisico francese che nel 1903 fu insignito del premio Nobel per la fisica insieme ai coniugi Curie per i loro studi pionieristici sulla radioattività.

Marie Curie ottenne anche il Nobel nel 1911 per la chimica.

La diapositiva successiva raccoglie le foto dei tre scienziati.

Radiazioni corpuscolate



M. Curie contrasse l'anemia aplastica, quasi sicuramente per le continue manipolazioni di materiale radioattivo

Radiazioni o particelle α

BioTecnologieSanitarie.it

Radiazioni o particelle α

Le **particelle o radiazioni alfa** sono in pratica nuclei di elio con due neutroni e due protoni. ${}^4\text{He}^{++}$

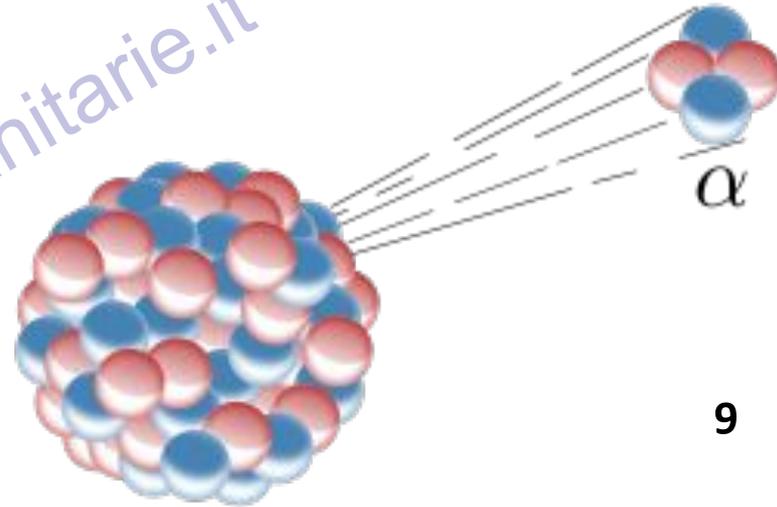
Tipicamente emesse dai radionuclidi degli elementi pesanti.

Prendiamo ad esempio il **radio** (Ra). Il suo isotopo 226 (tempo di dimezzamento 1600 anni) emette questo tipo di particelle durante il suo decadimento trasformandosi nell'isotopo 222 del Radon (Rn-222).

Radiazioni o particelle α

In pratica sono radiazioni corpuscolari altamente ionizzanti ma con basso potere di penetrazione.

Possono essere facilmente assorbite dagli strati più esterni della pelle e non producono danni seri a meno che la sorgente non venga ingerita (avvelenamento da radiazione).



**Radiazioni o
particelle β**

BioTecnologieSanitarie.it

Radiazioni o particelle β

Le **particelle o radiazioni beta** sono di due tipi.

Primo tipo. Ritorniamo all'esempio del carbonio-14.

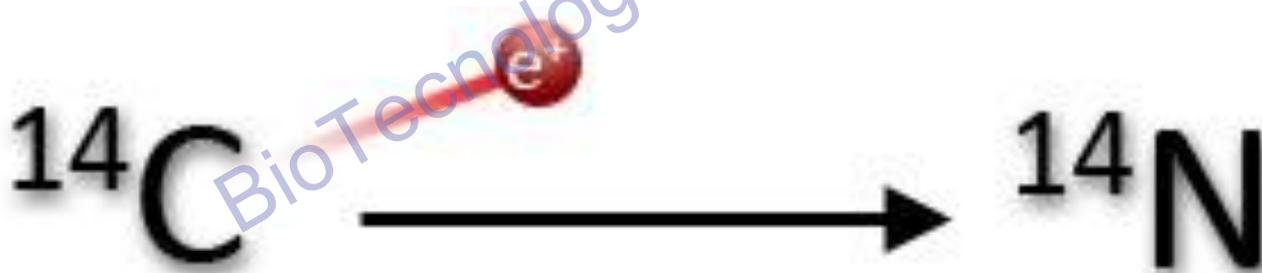
	Carbonio-14	Azoto-14
Numero atomico	6 protoni	7 protoni
	8 neutroni	7 neutroni

+ elettrone
beta

Radiazioni o particelle β

In altre parole, un neutrone si trasforma in protone con carica positiva e in un elettrone che viene espulso.

Il numero di protoni cambia e si ottiene un altro elemento.



Radiazioni o particelle β

Secondo tipo. Facciamo l'esempio del carbonio-10

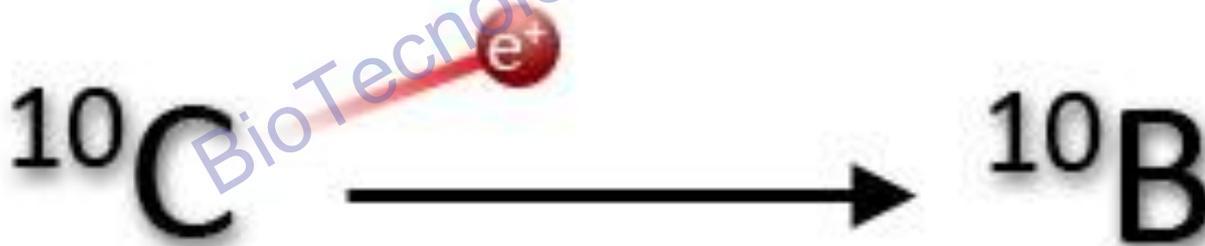
	Carbonio-10	Boro-10
Numero atomico	6 protoni	5 protoni
	4 neutroni	5 neutroni

+ positrone
(beta+)

Radiazioni o particelle β

Un *protone* si trasforma in un *neutrone* con carica neutra e in un *positrone* (antiparticella dell'elettrone con carica uguale e opposta) che viene espulso.

Il numero di protoni diminuisce e si ottiene un altro elemento.



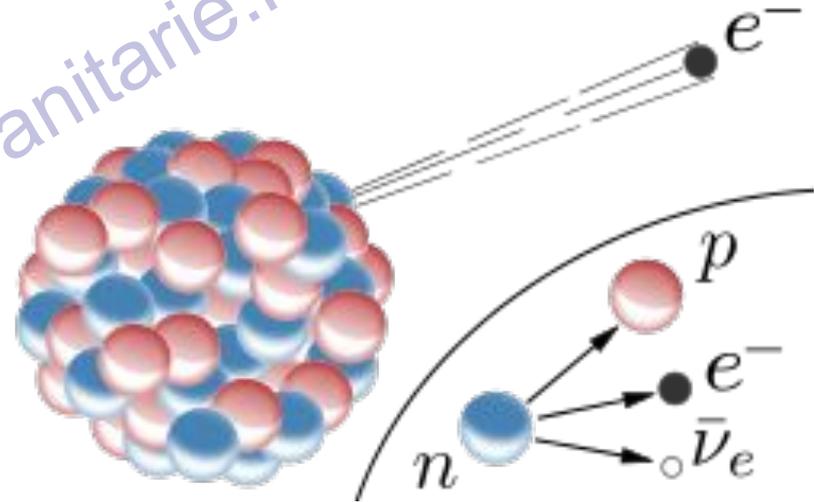
10

Radiazioni o particelle β

Ricapitolando, le particelle beta sono elettroni o positroni ad alta energia emessi da un nucleo in decadimento.

Il potere ionizzante è pari ad un decimo delle particelle alfa.

Vengono bloccate da pochi millimetri di alluminio.

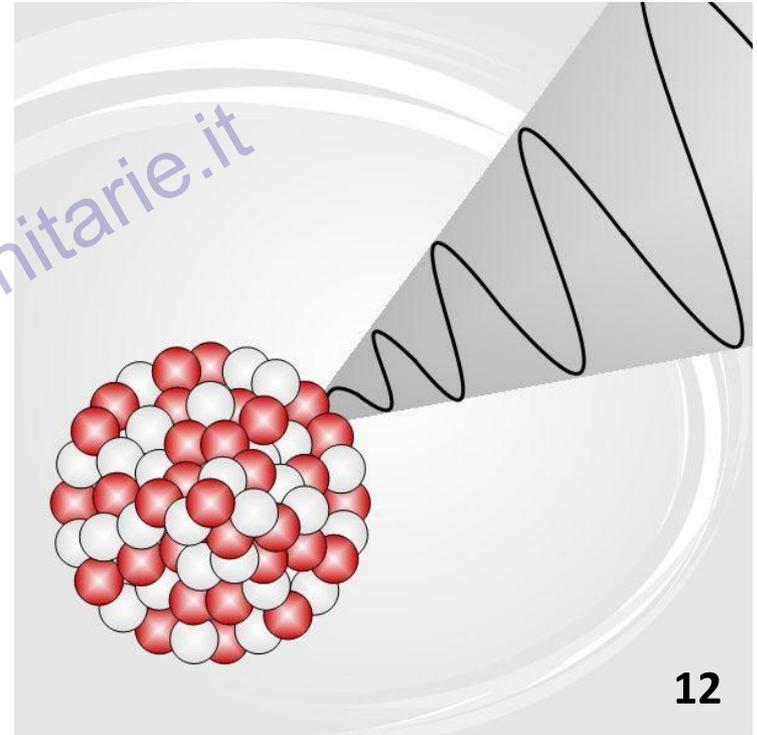


BioTecnologieSanitarie.it

Radiazioni γ

Radiazioni γ

Le **radiazioni gamma** sono radiazioni elettromagnetiche ad alta energia emesse da un nucleo instabile in fase di decadimento.



Radiazioni γ

Sono più penetranti delle particelle alfa e beta perché non hanno massa e quindi attraversano facilmente il corpo umano.

Per ridurre del 50% la loro intensità occorrono: 1 cm di piombo, 6 cm di cemento, 9 cm di materiale pressato.

Producono effetti analoghi a quelli dei raggi X: ustioni, mutazioni genetiche, cancro.

Radiazioni γ

Le caratteristiche esaminate rendono i raggi gamma interessanti per le loro proprietà sterilizzanti (apparecchiature mediche, confezioni alimentari ...).

Alcuni cultivar nascono perché sono state irradiate per produrre mutazioni genetiche e migliorare il loro genoma. Basti pensare al grano creso, al pompelmo rosa e a molte altre varietà di frutta e verdura.

Radiazioni γ

Sono usate in medicina nucleare per la tomografia ad emissione di positroni e nella radioterapia del cancro.

Per ulteriori dettagli leggete la didascalia della foto accanto



PET. Tecnica di medicina nucleare e diagnostica medica che dà informazioni fisiologiche a differenza della TC (tomografia computerizzata) e della RM (risonanza magnetica) che forniscono informazioni morfologiche

Radiazioni γ

Un esempio legato alla emissione di raggi gamma può essere il **Cs-137** che decade nel Ba-137 con l'emissione di particelle beta.

Il bario-137 viene a trovarsi in uno stadio eccitato detto metastabile.

Questo si trasforma nello stato stabile emettendo raggi gamma.

Radiazioni γ

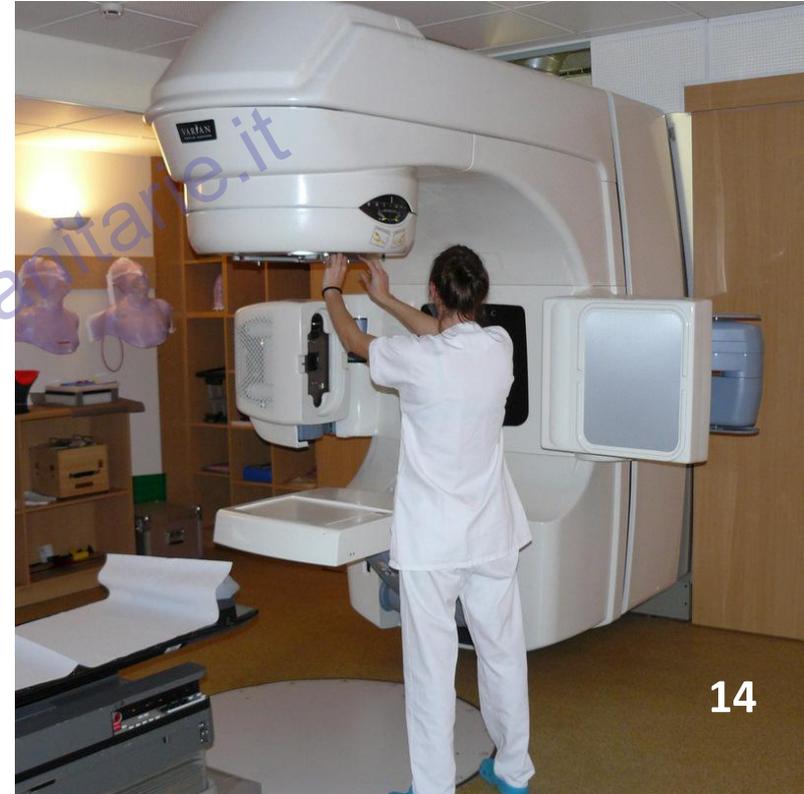
Il cesio-137 ha un'emivita di circa 30,17 anni ed è uno dei radionuclidi che si ritrovano dopo gli incidenti nucleari (vedi Černobyl').

In radioterapia gli si preferisce il cobalto-60. Il cesio-137 quindi si ritrova nell'ambiente.

Nel corpo umano non ha un'alta tossicità e ha un'emivita di circa 70 giorni. Si lega a tessuti ricchi di potassio (muscoli scheletrici e miocardio). Ma tutto dipende dalla dose.

Radiazioni γ

Vale la pena ricordare quanto sia importante la corretta manipolazione di ogni fonte di raggi gamma da cesio-137 ricordando l'incidente di Goiânia in Brasile. Un'apparecchiatura per la radioterapia fu rubata nel 1986 in un ospedale abbandonato.



14

Apparecchiatura per la radioterapia simile a quella rubata nell'episodio in Brasile

Radiazioni γ

Passò di mano in mano contaminando gravemente circa 250 persone e uccidendone 4.

Il tutto cominciò perché chi lo rubò osservò una luce blu dopo aver aperto la capsula.

Il contenuto della capsula attrasse l'attenzione di numerose altre persone che lo manipolarono in diverse modi arrivando a considerarlo soprannaturale in quanto emanava una luce iridescente.

Radiazioni γ

Nel frattempo chi lo aveva toccato direttamente per primo, l'autore del furto, accusò vertigini, nausea e osservò la formazione di una bruciatura sulla mano delle stesse dimensioni e forma dell'apertura della capsula. Dopo qualche tempo fu costretto all'amputazione dell'intero braccio.

Adulti e bambini furono coinvolti direttamente o indirettamente causando una catena di avvelenamenti e di problemi sanitari di vario livello.

Radiazioni γ

La vicenda cominciò il 13 settembre 1987 e finì il 29 settembre quando fu convocato un fisico dell'AIEA (Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica) che, con un contatore a scintillazione NUCLEBRAS, evidenziò trattarsi di un caso di radioattività.

Per i morti, tutti bambini e giovani, fu fatale l'esposizione ad una forte dose di raggi gamma.

Il decesso arrivò nel giro di pochi giorni.

**Radiazioni
corpuscolate:
i neutroni**

BioTecnologieSanitarie.it

Radiazioni corpuscolate: neutroni

Le sorgenti più importanti di neutroni sono le reazioni di fissione nucleare per la produzione di energia nei reattori nucleari.

Possono percorrere nell'aria dai 3 ai 300 metri e vanno molto in profondità.

Molto complesso schermarli. Sono necessarie schermature multistrato con la parte interna di ferro e la parte esterna di materiali leggeri.

Le fonti delle radiazioni

BioTechnologySanitarie.it

Le fonti delle radiazioni

Le fonti delle radiazioni possono essere di origine naturale e artificiale.

Fonti naturali:

- radiazioni di origine cosmica (onde radio, microonde, ultravioletti, raggi X e gamma ...) e loro interazione con atmosfera
- radiazioni dal suolo, dalle rocce, di gas del sottosuolo (radioattività di base), delle acque (trizio che può causare danni biologici). Nel suolo bisogna ricordare gli isotopi dell'uranio (^{238}U , ^{234}U , ^{235}U) che nel loro decadimento liberano **radon**

Le fonti delle radiazioni

Il **radon** è un gas nobile e radioattivo che si forma dal decadimento del radio generato a sua volta dal decadimento dell'uranio.

Se inspirato è molto pericoloso.



Test per la ricerca del radon nelle abitazioni

Le fonti delle radiazioni

L'isotopo più stabile (^{222}R) è usato in radioterapia ed ha un tempo di dimezzamento di 3,8 giorni.

Si accumula all'interno delle abitazioni ed è una delle principali cause del tumore al polmone (3000 morti in Italia/anno) .



Test per la ricerca del radon nelle abitazioni

Le fonti delle radiazioni

Queste invece le **fonti artificiali di radiazioni** dovute ad attività umane:

- corrente elettrica ed elettrodomestici
- fallout di esplosioni nucleari (^{137}Cs e ^{90}Sr)
- scorie radioattive delle centrali nucleari
- raggi X e radiofarmaci impiegati in medicina e radioterapia per le neoplasie

Le fonti delle radiazioni

Tutte le attività umane che provocano la produzione di radioattività sono normate.

Il dispositivo normativo di riferimento è il

Decreto Legislativo n. 230 del 17 marzo 1995

**Radiazioni ionizzanti:
danni molecolari, cellulari, biologici,
dose equivalente e dose efficace,
danni a tessuti e organi, danni
deterministici - radiodermite,
sindrome acuta da radiazioni - danni
stocastici**

Radiazioni ionizzanti

L'altra classificazione delle radiazioni che ci interessa dal punto di vista biologico è tra:

- **radiazioni ionizzanti**, che trasportano più di 10 eV, energia sufficiente per ionizzare atomi e molecole e rompere i legami chimici
- **radiazioni non ionizzanti**



Simbolo internazionale per i tipi e i livelli di radiazioni non sicure per gli uomini senza schermatura

Radiazioni ionizzanti

Ovviamente le radiazioni corpuscolate appena esaminate rientrano nella categoria delle radiazioni ionizzanti esattamente come le radiazioni ultraviolette di alta frequenza e i raggi X dello spettro elettromagnetico.

C'è da precisare che le radiazioni gamma, X e i neutroni sono considerate ionizzanti indirettamente perché producono ioni in modo indiretto.

Danni molecolari

BioTecnologie Sanitarie.it

Danni molecolari

Le radiazioni ionizzanti hanno un **effetto diretto sul DNA** (eliminazione di basi azotate) oppure producono un **danno indiretto** perché agiscono prima su altre molecole in rapporto con il DNA.

Infatti una delle conseguenze delle radiazioni ionizzanti è la formazione di radicali liberi.

Danni molecolari

I radicali liberi sono molecole altamente instabili in cui l'energia di ionizzazione ha strappato un elettrone nell'ultimo orbitale.

L'instabilità si traduce nell'interagire con molecole centrali nella vita della cellula, per esempio DNA e proteine, per cedere l'elettrone spaiato e acquistarne un altro.

BioTecnologieSanitarie.it

Danni cellulari

Danni cellulari

I danni sulla cellula si possono avere a vari livelli:

- membrane plasmatiche
- citoplasma
- nucleo

BioTechnologieSanitarie.it

Danni cellulari

Le membrane plasmatiche subiscono attacchi a diversi livelli:

- ❖ processi di perossidazione dei lipidi
- ❖ ossidazione dei gruppi-SH delle proteine

Con conseguente modificazione della permeabilità e morte della cellula.

Ma perché la cellula muore?

Danni cellulari

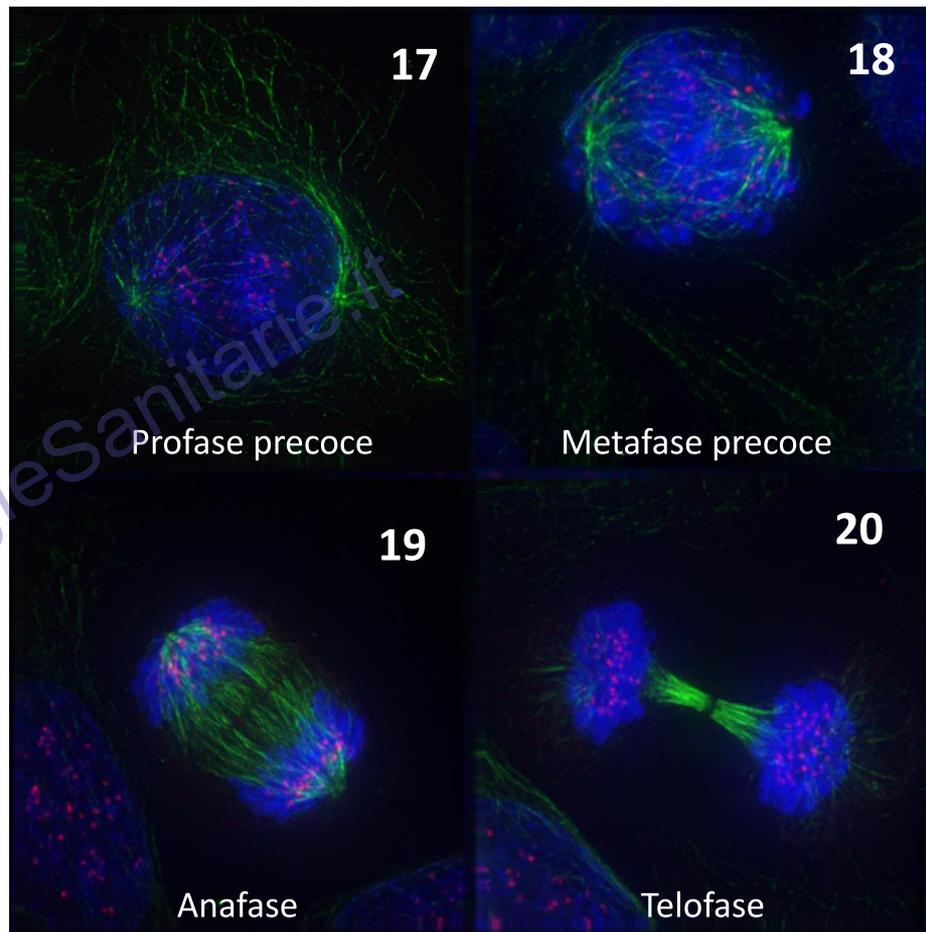
Le risposte possono essere molteplici.

- La cellula che dovrebbe riprodursi attivamente (come le cellule emopoietiche del midollo osseo) perde questa possibilità.
- Oppure interviene l'apoptosi, cioè la morte programmata. In questo caso il DNA si ammassa e questo è il segnale di una disfunzione che richiama i macrofagi che fagocitano la cellula. L'apoptosi è un fenomeno che interviene sia nell'embrione che nell'adulto.

Danni cellulari

La fase più critica del ciclo vitale di una cellula, cioè il momento in cui è più sensibile, è sicuramente la mitosi e la meiosi.

Infatti le varie strutture cellulari sono o disgregate o localizzate in posizione diversa.



Le varie fasi della mitosi

BioTechnologieSanitarie.it

Danni biologici

Danni biologici

Le radiazioni ionizzanti possono avere sui soggetti colpiti effetti più o meno gravi che dipendono dalla loro natura, dalla dose, dal tempo di esposizione ...

Come si misura la dose assorbita? Si usa il **gray** (Joule/kg) il cui simbolo è Gy

5 - 6 Gy —→ sopravvivenza impossibile, morte nel 100% per diarrea emorragica grave e disidratazione o danni al SNC.

2 - 4,5 Gy —→ mortalità molto elevata per danni al sistema emopoietico (emorragie, anemia, infezioni), all'apparato digerente (vomito, diarrea, perdita di peso), lesioni cutanee, sterilità, danni fetali.

1 - 2 Gy —→ mortalità bassa e danni attenuati. Per valori inferiori ad 1, i danni sono reversibili e la mortalità è nulla.

Ricapitolando gli effetti delle radiazioni ionizzanti ...

- **Cambiamenti nel DNA** che in molti casi possono essere riparati dai sistemi di riparazione; quando ciò non avviene si verifica una mutazione.
- Se la **mutazione colpisce una cellula somatica** può indurre un processo di cancerogenesi nello stesso individuo.
- Se la **mutazione colpisce una cellula della linea germinale** è ereditata dalla generazione successiva e non interessa direttamente l'individuo (*effetti stocastici*, compreso il 2)
- Cambiamenti cellulari con eventuale **morte della cellula**. Se le cellule coinvolte sono numerose è chiaro che il danno sarà evidente a livello di tessuti o organi con esiti anche fatali (*effetti deterministici* dovuti a dosi elevate).

Dose equivalente

BioTechnologySanitarie.it

Dose equivalente

La **radiosensibilità di un tessuto** è direttamente proporzionale alla sua attività proliferativa ed *inversamente proporzionale al grado di differenziazione*.

Quindi tra i tessuti più radiosensibili ci sono sicuramente la cute, il midollo osseo, le ovaie e i testicoli.

Tra i meno radiosensibili il sistema nervoso, i muscoli, i reni e il fegato.

Dose equivalente

I vari tessuti, organi e apparati del corpo umano, quindi, non assorbono le radiazioni in modo omogeneo e questo fatto è importante per gli effetti stocastici.

Ma c'è una grandezza fisica che misura gli effetti biologici e i danni su un determinato organismo, organo o tessuto? Sì.

Si chiama **dose equivalente** (H_T) e si misura in **sievert** (Sv).

Dose equivalente

1 Sv, al contrario di 1 Gy, produce sempre gli stessi danni biologici indipendentemente dal tipo di radiazione assorbita.

È come dire, in altre parole, che, a parità di dose assorbita, ogni tipo di radiazione ha una sua pericolosità per quanto riguarda il danno biologico provocato direttamente (non viene presa in considerazione l'attività indiretta). Stiamo parlando di mutazione del DNA o di morte della cellula.

BioTechnologieSanitarie.it

Dose efficace

Dose efficace

Per completare il discorso c'è da introdurre la **dose efficace** (DE) che è il fattore di rischio stocastico di generare un cancro o avere mutazioni in un organismo che ha assorbito bassi livelli di radiazioni ionizzanti.

La DE rappresenta la somma ponderata delle dosi equivalenti ai vari tessuti e organi.

Si misura in sievert come la dose equivalente.

Dose efficace

La dose efficace quindi mette in relazione la dose di radiazione assorbita con il rischio stocastico. È assume una importanza notevole per il personale sanitario che è esposto a radiazioni in diversi reparti:

- radiologia e radioterapia
- medicina nucleare
- ortopedia (sala gessi e sala operatoria)
- endoscopia digestiva e urologica
- anestesia
- emodinamica cardiovascolare

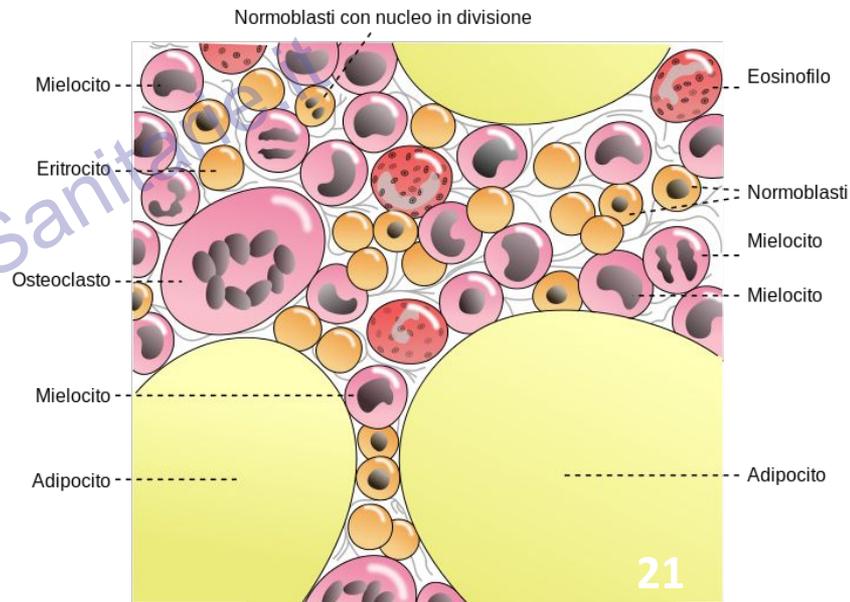
Danni a tessuti e organi

BioTechnologieSanitarie.it

Danni a tessuti e organi

Vediamo ora gli effetti biologici su alcuni tessuti.

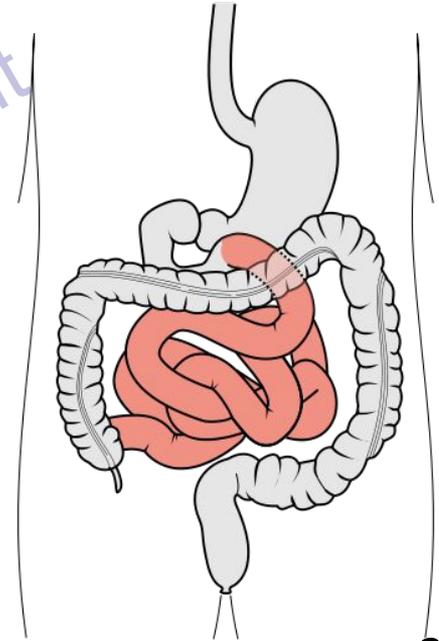
Il **midollo osseo** è il tessuto umano più colpito ma che, una volta sospeso l'irraggiamento, riesce a reagire positivamente. Si nota dapprima una diminuzione di globuli bianchi (leucopenia), di piastrine anche con emorragie e di globuli rossi (anemia).



Cellule del midollo osseo

Danni a tessuti e organi

Il **sistema digerente** è suddiviso in una zona meno radiosensibile (stomaco) e una più radiosensibile (intestino). Le cellule dell'intestino tenue cominciano a produrre muco che insieme alle cellule morte possono dare origine ad occlusioni che, data la carenza di linfociti, possono infettarsi facilmente.

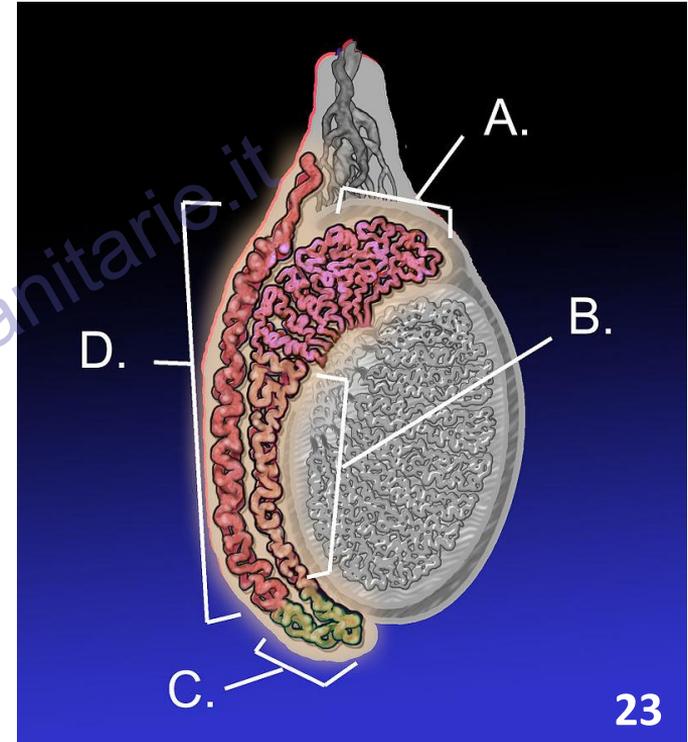


22

Intestino tenue

Danni a tessuti e organi

Nell'**apparato genitale** il danno può essere somatico con conseguente sterilità quanto genetico con trasmissione alla prole della mutazione. Le femmine sono più sensibili dei maschi.

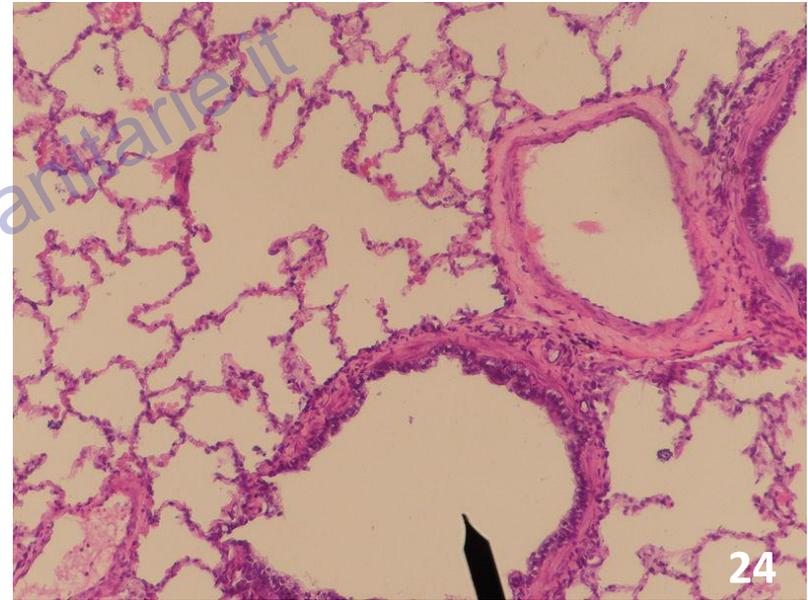


Testicolo ed epididimo.

Nel disegno sono ben evidenziati i tre tratti dell'epididimo con testa, corpo e coda e poi il dotto deferente

Danni a tessuti e organi

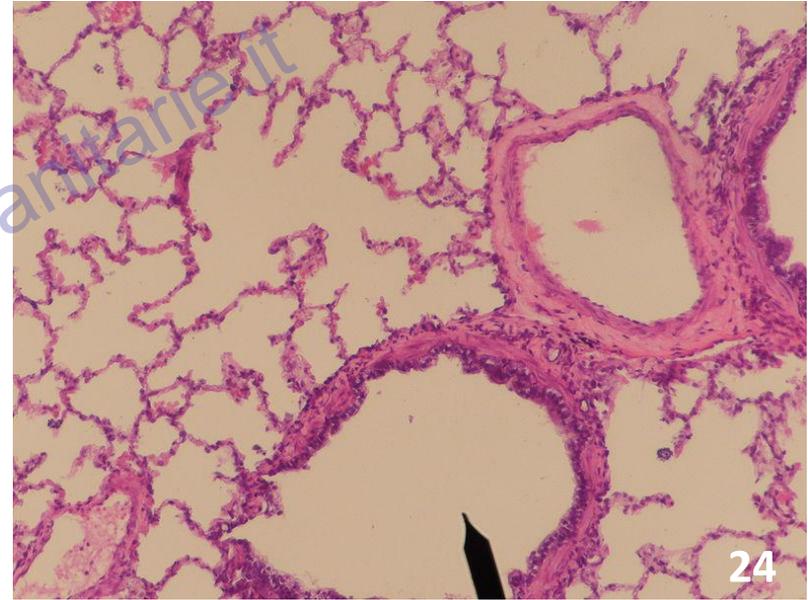
Il **polmone** soffre particolarmente per l'irraggiamento in quanto le particelle radioattive si vanno a depositare negli alveoli. Quindi è sempre meglio indossare maschere protettive quando si agisce in aree contaminate.



Sezione di polmone in cui si distinguono due bronchi e numerosi alveoli

Danni a tessuti e organi

Tra le sostanze radioattive più comuni presenti nell'ambiente c'è il radon che viene facilmente inalato e che è responsabile del cancro polmonare.

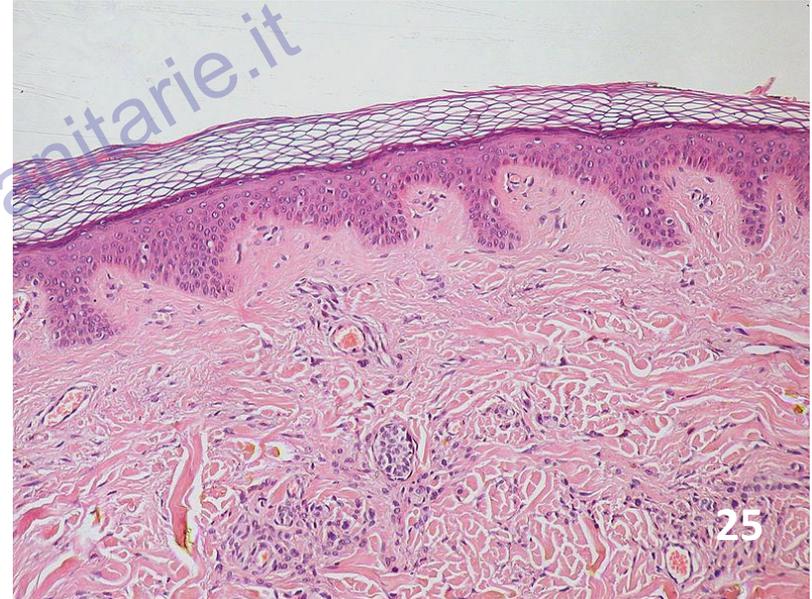


Sezione di polmone in cui si distinguono due bronchi e numerosi alveoli

Danni a tessuti e organi

La **pelle** è la più esposta alle radiazioni ma ha un comportamento diverso a seconda del tipo da cui viene colpita.

Infatti è meno radiosensibile ai raggi gamma rispetto alle particelle alfa e beta.



Sezione della pelle con epidermide e derma

Danni a tessuti e organi

Ma c'è anche da tenere presente che i meccanismi di riparazione sono i più concentrati.

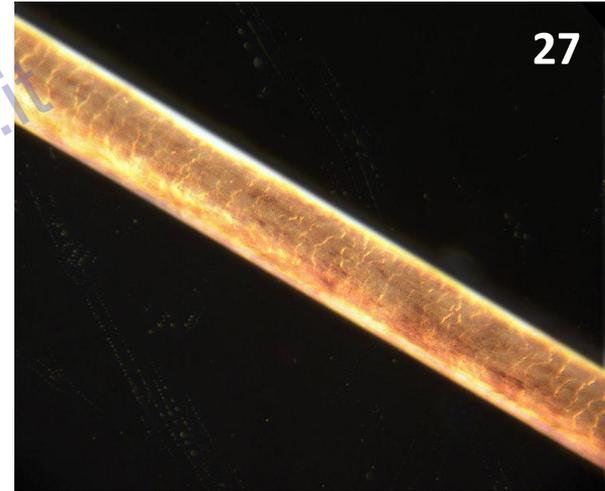
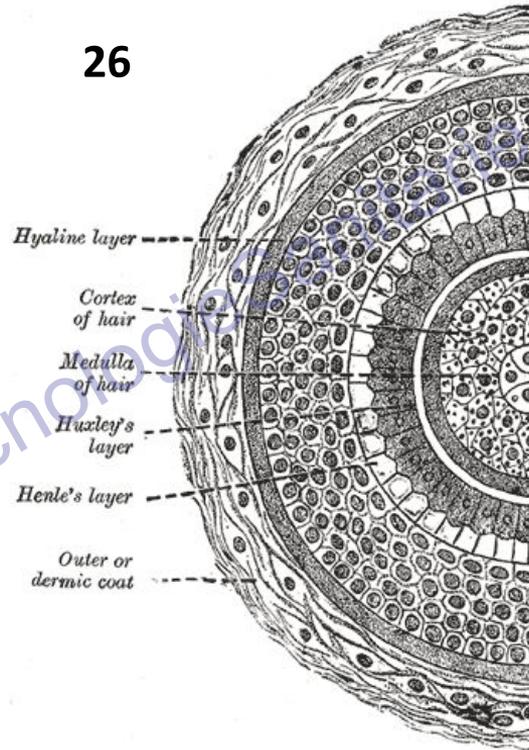
Il danno può limitarsi ad un semplice eritema se il livello è basso. In caso contrario si può sviluppare una neoplasia epiteliale.



Sezione della pelle con epidermide e derma

Danni a tessuti e organi

I **capelli** arrestano la loro crescita e, a seconda della quantità di radiazione assorbita, possono anche cadere quelli presenti. Finita l'esposizione, quando ricrescono, possono avere aspetto diverso.



In alto. Capello umano: ingrandimento 200X

A sinistra. Disegno della sezione trasversale di un capello (1918)

Danni deterministici

BioTecnologie Sanitarie.it

Danni deterministici

Ricapitoliamo ora le caratteristiche dei danni deterministici

- Superata una dose soglia, sono direttamente correlati alla irradiazione; quindi sono conseguenti a dosi elevate e singole
- Vengono inattivate le strutture e funzioni centrali della cellula con conseguente morte (tranne che nella cataratta) ma non tutte le cellule reagiscono nello stesso modo. Molte sono sensibili all'irraggiamento e subiscono apoptosi ma altre, come i fibroblasti, non sempre.
- Si manifestano subito dopo l'irradiazione
- La loro gravità cresce al crescere della dose assorbita

Vale la pena tornare sulla [slide 62](#) per ricordare le dosi Gy assorbite e le relative conseguenze.

Danni deterministici

Tra i danni deterministici si possono ricordare:

- la [radiodermite](#)
- la cataratta
- la [sindrome acuta da radiazioni](#)
- l'anemia ipogenerativa
- la piastrinopenia
- la leucopenia
- l'infertilità temporanea o permanente
- l'opacità del cristallino
- emorragie delle mucose e del tratto intestinale
- perdita di peli e capelli

BiotechnologieSanitarie.it

BioTecnologieSanitarie.it

Radiodermite

Radiodermite

La **radiodermite** è una lesione cutanea conseguente ad una esposizione a radiazioni ionizzanti.

L'esposizione può essere:

- ❖ accidentale
- ❖ legata a terapie come la distruzione di cellule neoplastiche
- ❖ professionale

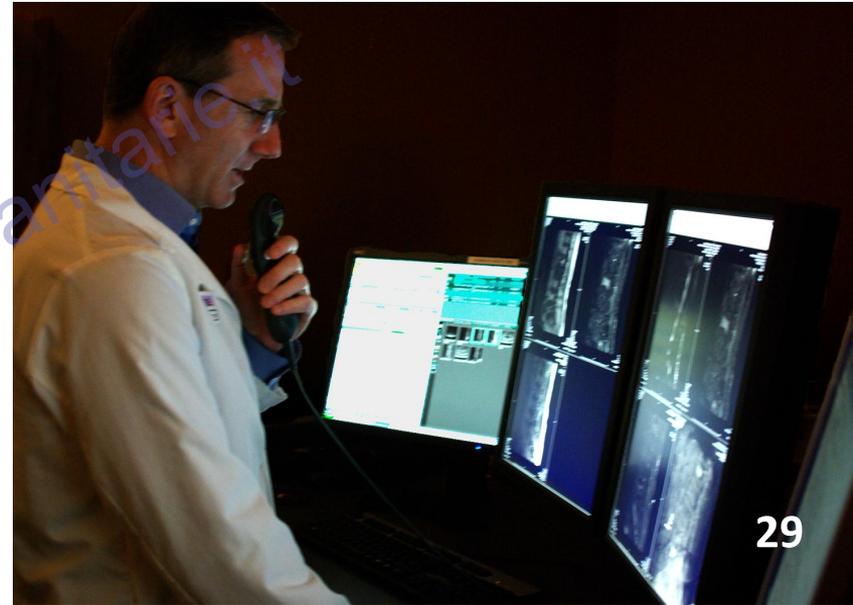


Radiodermite acuta da esposizione a radiazioni ionizzanti in corso di terapia prolungata

Radiodermite

Quindi l'infiammazione che ne deriva può essere acuta o cronica.

La **radiodermite cronica** è un rischio professionale, proprio dei radiologi, non più molto elevato data la normativa che oggi disciplina l'uso delle radiazioni.

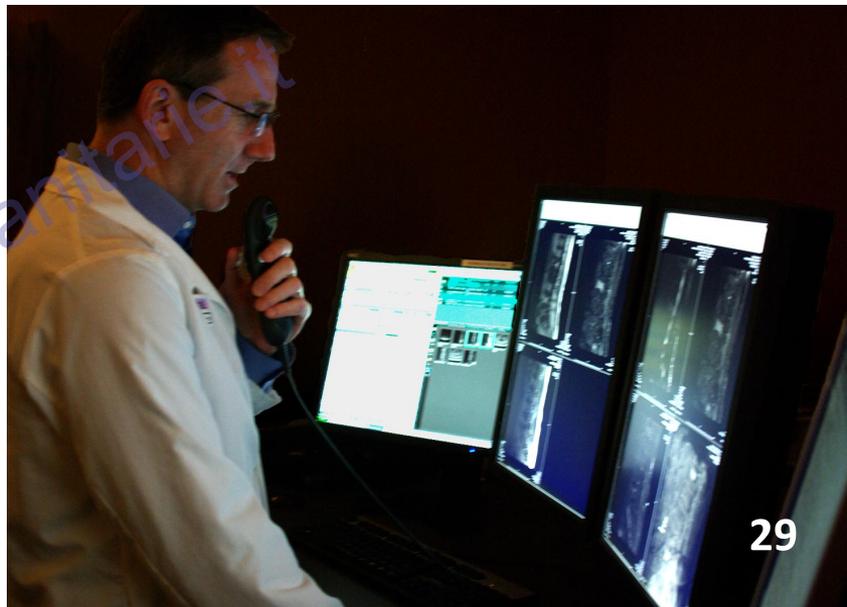


29

Radiologo al lavoro

Radiodermite

Qui rientriamo negli effetti stocastici in quanto può dare origine ad un epitelioma, cancro della pelle che coinvolge anche organi ghiandolari profondi.



Radiologo al lavoro

Radiodermite

La **radiodermite acuta** invece si verifica quando un individuo assorbe un'unica dose elevata di raggi X, ad esempio, oppure più dosi ravvicinate.



Gambe di un uomo esposto alle radiazioni ad Hiroshima

Radiodermite

La cute si arrossa, può presentare edemi e vescicole. Diventa sottile, iperpigmentata, pergamenacea con angiectasie (dilatazione dei capillari superficiali).

Al giorno d'oggi la radiodermite è indotta in modo consapevole con l'evidente intento di distruggere una neoplasia cutanea.



Gambe di un uomo esposto alle radiazioni ad Hiroshima

Sindrome acuta da radiazioni

BioTechnologySanitarie.it

Sindrome acuta da radiazioni

La sindrome acuta da radiazioni si manifesta dopo l'esposizione ad una forte dose di radiazioni ionizzanti ed è potenzialmente fatale essendo correlata ai Gray assorbiti.

Tipico il caso di un'esplosione nucleare.

L'argomento è stato già trattato in modo schematico nella [slide 62](#)



Aiko Ikemoto - 6 ottobre 1945
Bambina di 11 anni con perdita di capelli dopo l'esposizione alle radiazioni di Hiroshima

BioTecnologieSanitarie.it

Danni stocastici

Danni stocastici

I **danni stocastici** sono caratterizzati da elementi diversi rispetto ai danni deterministici.

- ❖ Non dipendono dalla dose assorbita
- ❖ I danni sono per lo più a carico del DNA con conseguenti mutazioni
- ❖ Non si manifestano subito
- ❖ Hanno effetto mutageno o cancerogeno.

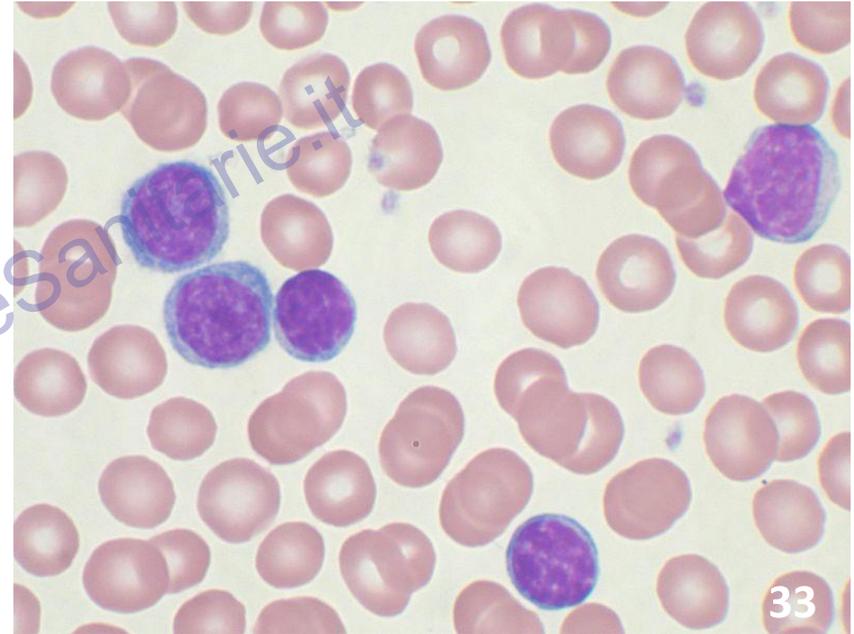


Simbolo che indica pericolo di radiazioni. Sostituisce quello più noto, in campo giallo, solo in particolari situazioni

Danni stocastici

Le forme di cancro più comune sono:

- ❖ leucemie
- ❖ tumori alla mammella
- ❖ tumori alla tiroide
- ❖ tumori al polmone
- ❖ tumori della pelle



Striscio di sangue periferico di paziente affetto da leucemia linfatica cronica (leucemia dell'anziano). I linfociti hanno il nucleo ipercromatico e con scarso citoplasma

Radiazioni non ionizzanti

BioTechnologiesSanitarie.it

Radiazioni non ionizzanti

Le **radiazioni non ionizzanti o NIR** si riferiscono a qualsiasi radiazione elettromagnetica che non ha l'energia sufficiente per ionizzare atomi e molecole, ovvero per rimuovere completamente un elettrone.



Simbolo di rischio di radiazione non ionizzante

Radiazioni non ionizzanti

L'elettrone, eccitato, viene trasferito ad un'orbita più esterna. Quando ritorna all'orbitale primitivo cede l'energia sotto forma di calore.

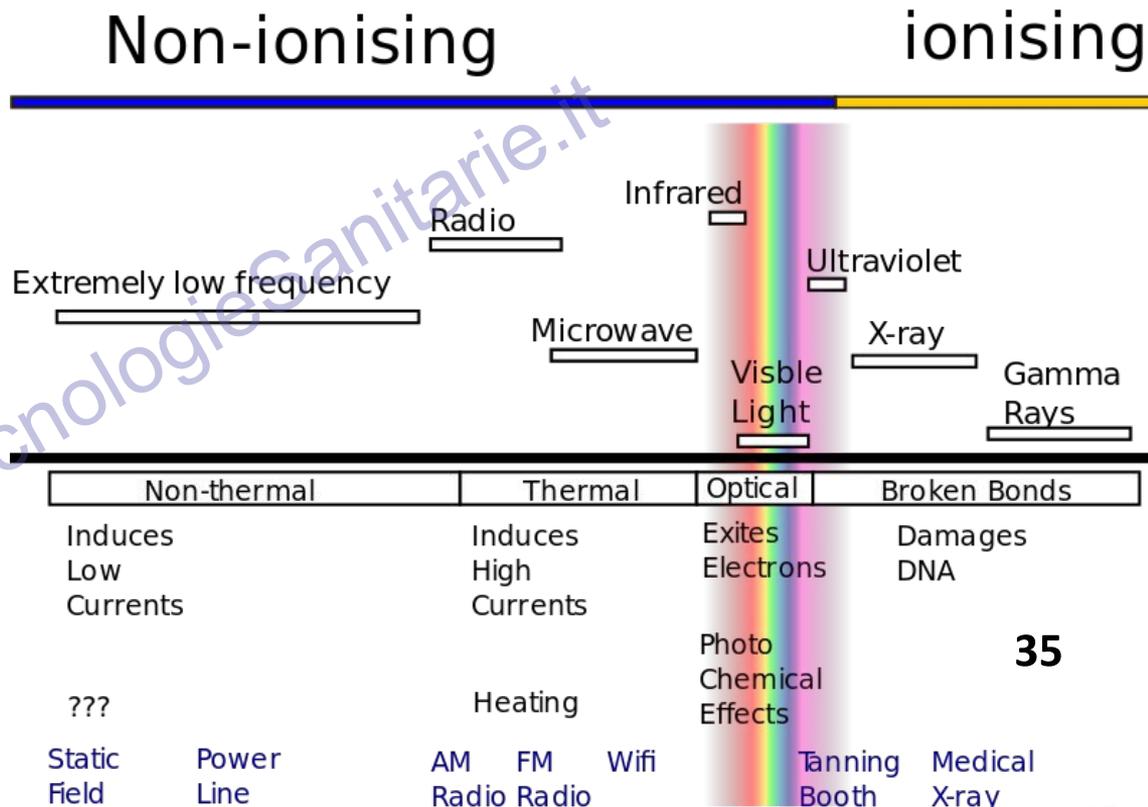
Non è detto che non abbia effetti biologici.



Simbolo di rischio di radiazione non ionizzante

Radiazioni non ionizzanti

L'immagine di lato evidenzia quali sono le radiazioni dello spettro elettromagnetico considerate non ionizzanti e quale è la loro fonte più usata. Nella slide successiva c'è una tabella ancora più esplicativa.



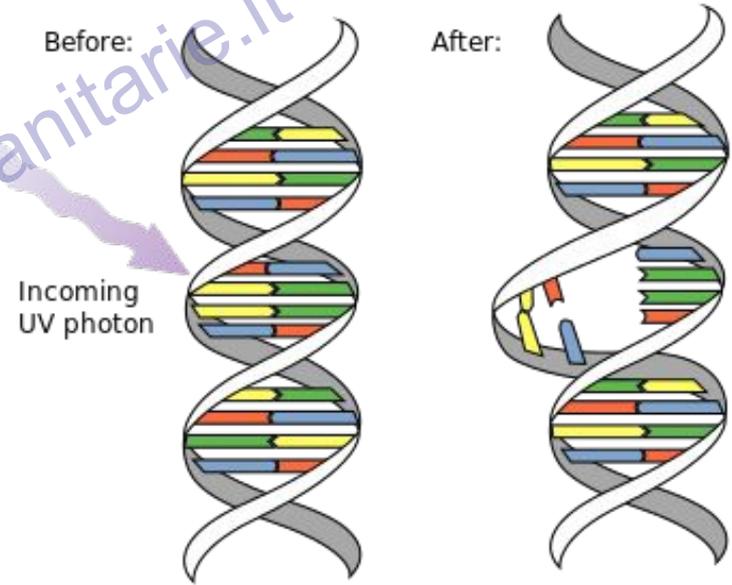
Radiazioni non ionizzanti

Sigla	Fonte	Lunghezza d'onda	Alcuni effetti biologici
UVA	Luce del sole Luce nera (lampade UV)	318-400 nm	Occhio: cataratta Pelle: eritema, pigmentazione
Luce visibile	Luce del sole, fuoco, LED, laser, lampadine	400-780 nm	Occhio: lesione della retina Pelle: invecchiamento cutaneo
IR	Luce solare, lampadine a incandescenza, laser	780 nm - 1 mm	Occhio: dalla lesione termica della retina alla ustione corneale, cataratta Riscaldamento della superficie del corpo
Microonde	Alcuni telefoni cellulari, forni a microonde, cordless, radar, wi-fi, rilevatori d movimento ...	1 mm - 33 cm	Riscaldamento dei tessuti
Radio frequency radiation	Telefoni cellulari, televisione, FM, AM, onde corte	33 cm - 3 km	Riscaldamento dei tessuti del corpo Aumento della temperatura corporea
RF a bassa frequenza	Linee elettriche	> 3 km	Dati controversi

Radiazioni non ionizzanti

Non è detto che non ci siano danni biologici come effetto dei raggi UV (non ionizzanti).

Il più studiato è la formazione di dimeri tra due basi adiacenti di timina su un filamento di DNA che è raffigurato nel disegno di lato. Nella maggior parte dei casi intervengono dei sistemi di riparazione per correggere il danno.



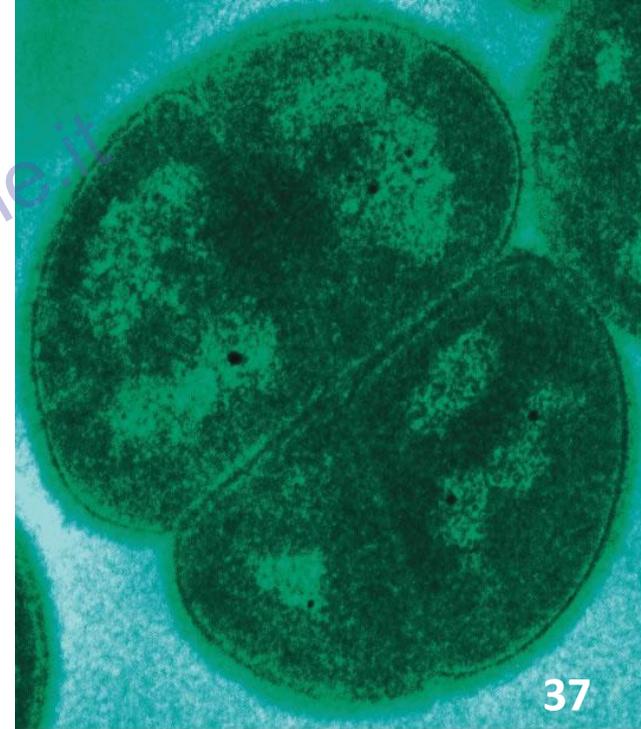
Deinococcus radiodurans

BioTechnologieSanitarie.it

Deinococcus radiodurans

Questa è una vera e propria curiosità.
Di lato vedete l'immagine al
microscopio elettronico di
Deinococcus radiodurans.

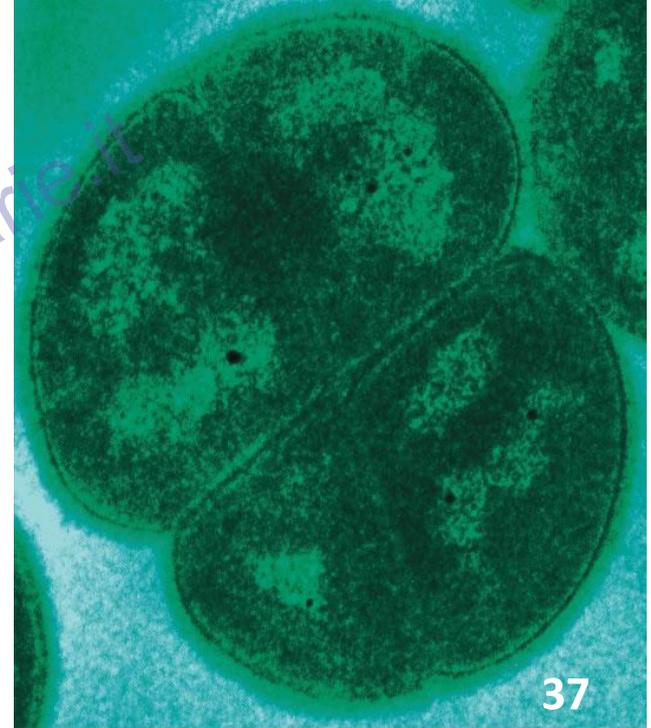
Si tratta di un batterio estremofilo in
grado di resistere a dosi di radiazioni
molto più elevate di quelle letali per
qualsiasi animale.



Il batterio D. radiodurans è nel Guinness
dei primati come la forma vivente più
resistente alle radiazioni al mondo

Deinococcus radiodurans

Ma non basta. Resiste anche a condizioni estreme di acidità, temperatura, disidratazione e vuoto. La cosa straordinaria è che riesce a ricostruire la struttura dei suoi cromosomi dopo che questi vengono distrutti dalle radiazioni. Potete benissimo immaginare quanto si stiano concentrando su di lui i ricercatori.



Il batterio D. radiodurans è nel Guinness dei primati come la forma vivente più resistente alle radiazioni al mondo 102

Photo credits

1 Foto nel Pubblico Dominio

2 Di Annuale. Original version in English by Inductiveload - Translation from English version, Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3898358>

3 By transferred by Penubag (talk · contribs) on 05:04, 15 May 2008 - taken from en.wikipedia

en:Image:Electromagnetic-Spectrum.svg and en:Image:Electromagnetic-Spectrum.png (deleted), CC BY-SA

2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4051422>

4 Immagine nel Pubblico Dominio

5 Di KeyboardSpellbounder - Opera propria, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15611327>

6 Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=294735>

7 Di sconosciuto - Christie's, [1], Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15472203>

8 Di Nobel Foundation - http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/pierre-curie-bio.html,

Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1745108>

9 Di Inductiveload - self-made Questo file grafico vettoriale è stato creato con Inkscape., Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2858666>

10 Di KeyboardSpellbounder - Opera propria, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15602573>

11 Di Inductiveload - self-made Questo file grafico vettoriale è stato creato con Inkscape., Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2859203>

Photo credits

- 12 CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1889504>
- 13 Di Jens Maus (<http://jens-maus.de/>) - Opera propria, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=404712>
- 14 Di Guy Lebègue - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14920587>
- 15 Di sconosciuto - <http://visualsonline.cancer.gov/details.cfm?imageid=2344>, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5459479>
- 16 By Cary Bass - Created by Cary Bass using Adobe Illustrator on January 19, 2006., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=522558>
- 17 By Roy van Heesbeen - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5143187>
- 18 By Roy van Heesbeen - Roy, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5143171>
- 19 By Roy van Heesbeen - Delta Vision Roy van Heesbeen, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5143107>
- 20 By Roy van Heesbeen - Roy, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5143202>
- 21 Di LoStrangolatore - Opera propria, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17918571>
- 22 Di Olek Remesz (wiki-pl: Orem, commons: Orem) - Opera propria, CC BY-SA 2.5-2.0-1.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2599144>
- 23 Di KDS444 - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19018077>
- 24 Di Jpogi di Wikipedia in inglese - Trasferito da en.wikipedia su Commons., Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8043927>

Photo credits

- 25 Di Kilbad - Opera propria, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5010588>
- 26 By Henry Vandyke Carter - Henry Gray (1918) Anatomy of the Human Body (See "Book" section below)Bartleby.com: Gray's Anatomy, Plate 945, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=566891>
- 27 By Jan Homann - eignes Bild, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1407026>
- 28 By LK Wagner, PhD; Vlietstra et a - <http://www.bijj.org/2007/2/e22/>, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20151798>
- 29 By w:User:Zackstarr - w:File:Radiologist in San Diego CA 2010.jpg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11834258>
- 30 By Otis Historical Archives of “National Museum of Health & Medicine” (OTIS Archive 1) - <http://www.flickr.com/photos/medicalmuseum/4866937274/>, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25394183>
- 31 Di Shunkichi Kikuchi (菊池俊吉), image from Hiroshima Peace Media Center - Transferred from fr.wikipedia, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8088895>
- 32 Di historicair 19:47, 25 February 2007 (UTC) - Image:Radiation warning symbol.jpg by User:Yann and User:AnonMoos . For original info see press-release <http://www.iaea.org/NewsCenter/News/2007/radiationsymbol.html> and PDF file <http://www.iaea.org/NewsCenter/News/PDF/newradsymbol.pdf>, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1717279>

Photo credits

- 33 Di VashiDonsk at the English language Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2111159>
- 34 Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=662277>
- 35 By Spazturtle - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45834629>
- 36 By derivative work: Mouagip (talk)DNA_UV_mutation.gif: NASA/David HerringThis vector graphics image was created with Adobe Illustrator. - DNA_UV_mutation.gif, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11367690>
- 37 Di Credit: TEM of D. radiodurans acquired in the laboratory of Michael Daly, Uniformed Services University, Bethesda, MD, USA. http://www.usuhs.mil/pat/deinococcus/index_20.htm - Copy at en:Image:Deinococcus.jpg, uploaded by en:user:Statkit1, taken from www.ornl.gov/ORNLReview/v34 The Oak Ridge National Laboratory (Higher version, current from: http://genome.gsc.riken.go.jp/hgmis/graphics/slides/images/YGG-00-0076_web.jpg), Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=157172>

Sitografia

<https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation>

<http://www.inquinamentoacustico.it/download/effetti%20degli%20ultrasuoni%20-%20fiorentino.pdf>

<http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/radioattivita-ambientale/radioattivita/tipi-di-radiazioni>

<http://www.enea.it/it/comunicare-la-ricerca/le-parole-dellenergia/fissione-nuclear-e/effetti-delle-radiazioni-sulla-salute>

https://en.wikipedia.org/wiki/Particle_radiation

<http://www.enea.it/it/comunicare-la-ricerca/le-parole-dellenergia/fissione-nuclear-e/la-radioprotezione-1/la-dose-efficace>

<https://tecnichedellaprevenzioneunipa.files.wordpress.com/2012/05/tecnici-dermopatie-da-radiazioni-ionizzanti.pdf>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11281201>

https://it.wikipedia.org/wiki/Deinococcus_radiodurans