

Radioterapia a fasci esterni e Positron Emission Tomography

Introduzione alla
fisica applicata alla salute



**La fisica è da sempre in prima
linea per la lotta al cancro**



Il cancro

- Il **cancro** è una condizione patologica caratterizzata dalla **proliferazione incontrollata di cellule** con la capacità di infiltrarsi nei normali organi e tessuti, alterandone struttura e funzionamento.
- Il cancro può localizzarsi a distanza dalla malattia primitiva, causando malattia secondaria o **metastatica**.
- Suddivisione in **tumori solidi** e **tumori del sangue** (es. linfomi e leucemie).



Il cancro

- **Cause:** Mutazioni del DNA all'interno delle cellule.
- **Processo di sviluppo:**
 - Moltiplicazione anormale delle cellule.
 - Perdita di controllo sulla crescita cellulare.
 - Errori nella riparazione del DNA.
- **Origine delle mutazioni:** Presenti alla nascita o acquisite nel tempo.
- **Fattori di rischio:** Virus, infiammazioni, ormoni, raggi UV, sostanze chimiche e radiazioni.

Coinvolgimento sia di **mutazioni genetiche** che di **fattori ambientali**.

Il cancro

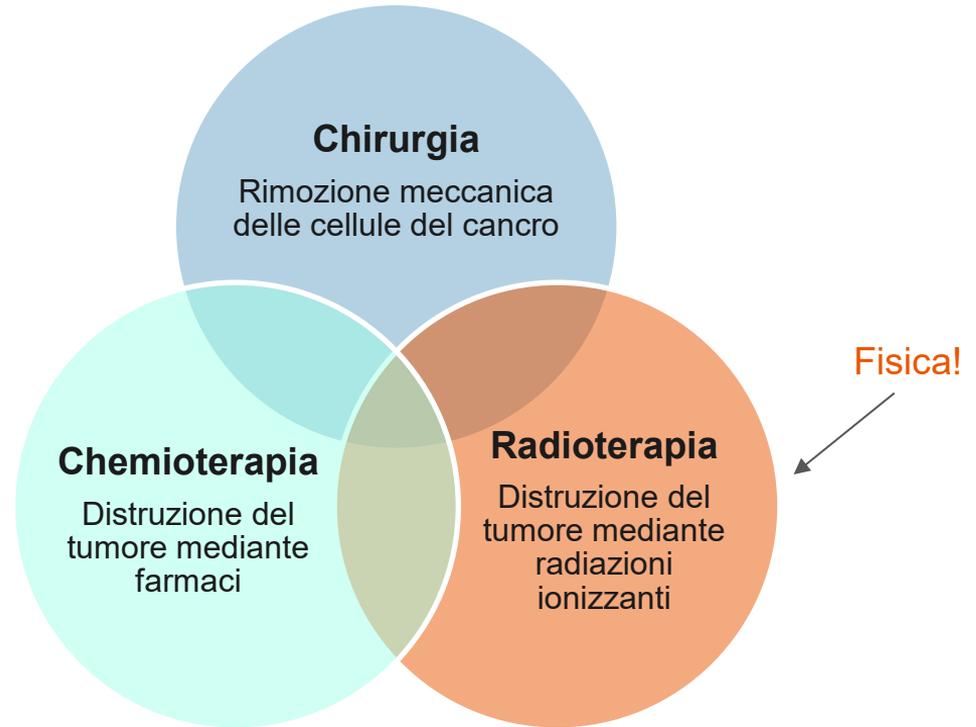
- Quasi **3 milioni** di nuovi casi stimati in Europa nel 2022 ([link](#))
- Aumenterà del **20%** nei prossimi anni
- La mortalità è intorno al **50%**

Come può aiutare la fisica?



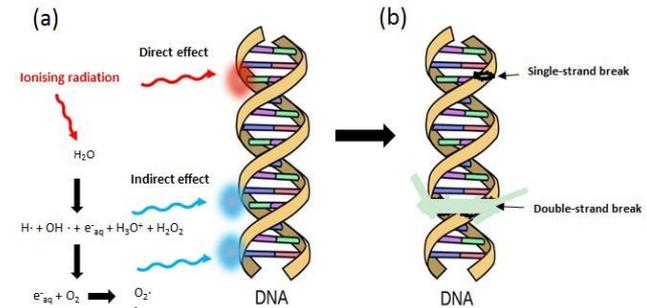


La cura del cancro



Cos'è la Radioterapia?

- Fa uso di radiazioni ionizzanti per produrre danni al DNA delle cellule del cancro
- L'obiettivo è quello di uccidere o "tenere sotto controllo" le cellule del cancro salvaguardando le cellule sane
- Esistono diversi tipi di radioterapia;
 - Radioterapia convenzionale
 - elettroni
 - fotoni
 - Terapia con le particelle pesanti
 - adroni come protoni e neutroni
 - ioni pesanti, principalmente carbonio
 - Radioterapia metabolica
 - Brachiterapia



The Use of Biomaterials in Internal Radiation Therapy - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/a-Schematic-of-how-ionising-radiation-utilised-for-radiotherapy-can-damage-DNA_fig1_341324451 [accessed 4 Mar, 2022]



Un confronto faccia a faccia (1)

Radioterapia convenzionale

I fotoni

- non hanno massa né carica elettrica
- viaggiano sempre alla velocità della luce
non possono essere accelerati
- l'energia dipende dalla frequenza

Particle therapy

Gli ioni pesanti

- hanno una massa e sono carichi
- possono essere accelerati
- l'energia dipende dalla velocità



Un confronto faccia a faccia (2)

Radioterapia convenzionale

Come **produco** i fotoni?

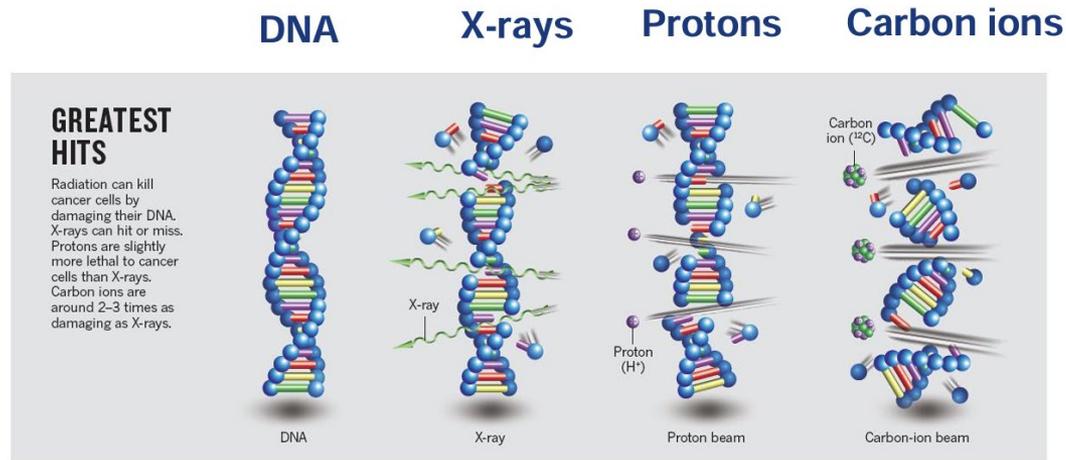
1. Accelero elettroni
2. Li faccio urtare contro un target
3. Bremsstrahlung
4. Fotoni di alta energia

Particle therapy

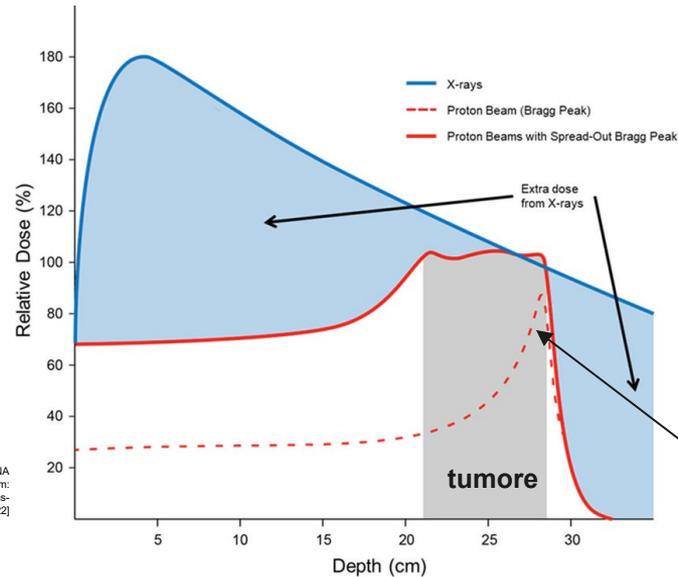
Come **produco** protoni e ioni di alta energia?

- Uso un campo elettrico e magnetico opportunamente modellato
- Uso un acceleratore lineare o circolare
- Maggiore è la massa della particella più energia bisogna fornire.

Un confronto faccia a faccia (3)



Un confronto faccia a faccia (4)



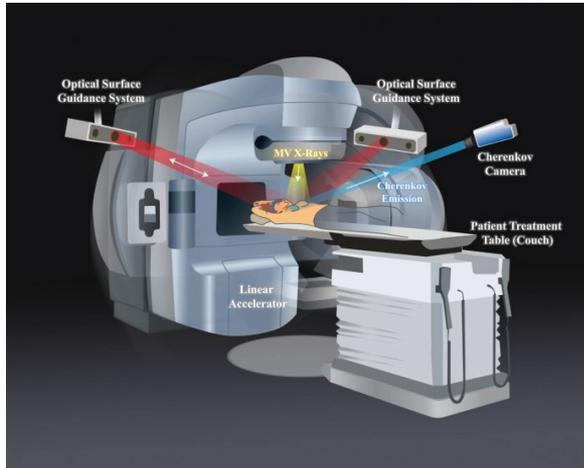
Il deposito di energia (**dose**) avviene in modo molto diverso

Picco di **Bragg**

The relative biological effectiveness of proton irradiation in dependence of DNA damage repair - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Differential-depth-dose-distributions-of-photons-versus-protons-Photon-beams-have-the_fig1_337043513 [accessed 4 Mar. 2022]

Un confronto faccia a faccia (5)

Radioterapia convenzionale



Particle therapy



<http://www.cern.nymus3d.nl/maps>



Le sfide della cura

Idealmente bisognerebbe trattare

- Il tumore
- Tutto il tumore
- Solo il tumore

Gli obiettivi del trattamento sono quindi, **distruggere il tumore** e **proteggere i tessuti sani**.

Per fare ciò è importante «**vedere**» in modo da sapere dove è localizzato e evitare nel trattamento di colpire cellule sane.

La diagnostica!



Diagnostica per immagini

Le tecniche di imaging che fanno uso di **radiazioni ionizzanti** si possono dividere in due categorie in base all'**origine della radiazione**

Radiazione «atomica» - i raggi X

- Radiografia convenzionale
- Computed tomography (aka: TAC)

Utilizza fasci di radiazione esterni

Radiazione «nucleare» - i raggi γ

- Single Photon Emission Tomography (SPECT)
- **Positron Emission Tomography (PET)**

La radiazione proviene dall'interno del corpo del paziente

Evoluzione della diagnostica a raggi X

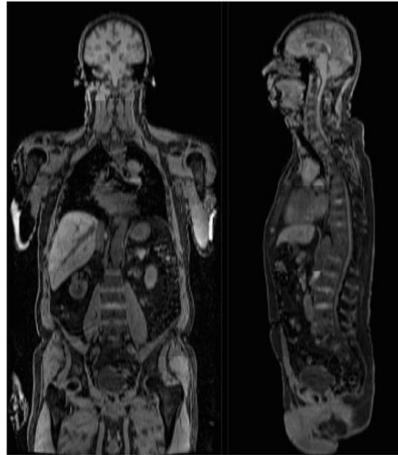
Prima radiografia
(1895)



3D Cone Beam CT
(2015)



Imaging funzionale

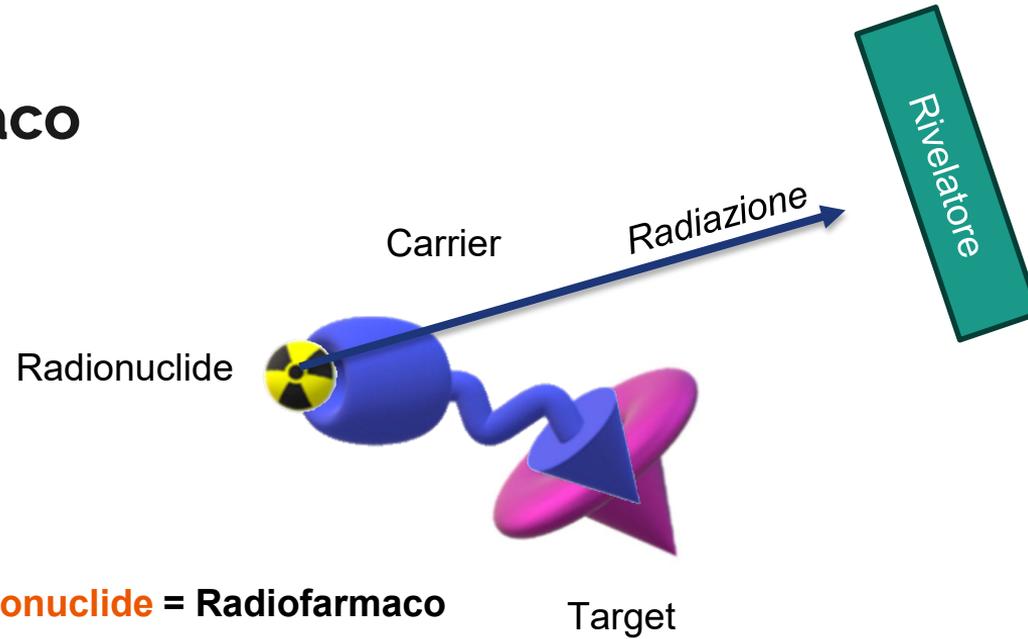


Con l'imaging a raggi X vedo
la **struttura** del paziente

E se volessi studiare la
funzionalità di un organo?



Il radiofarmaco



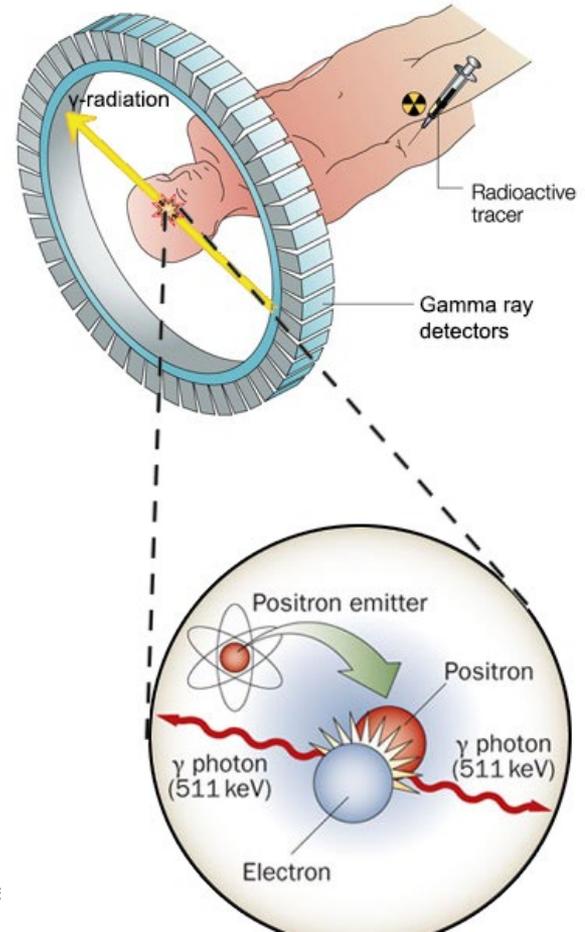


PET: *l'antimateria...*



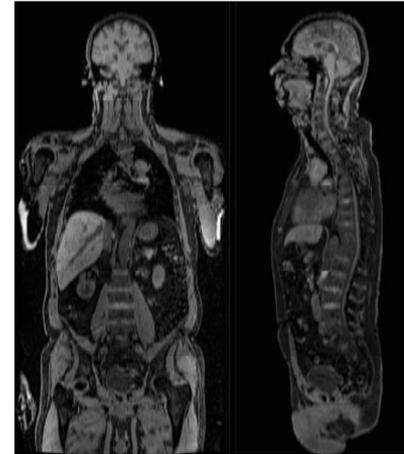
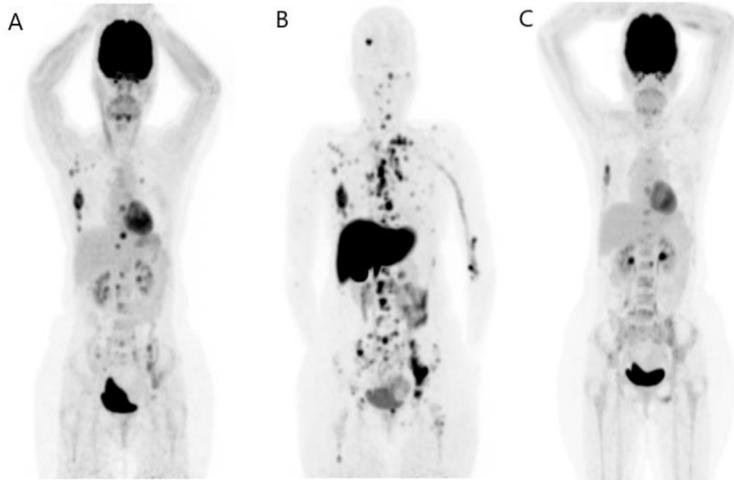
PET: l'*antimateria*... a uso clinico

- Nel caso della PET il radionuclide che si usa decade β^+
- Emette un «positrone» che è l'anti particella dell'elettrone
- Quando un positrone incontra un elettrone, si «annichiliscono» emettendo due fotoni a 180° tra loro
- Se posiziono tanti detector intorno al paziente posso ricostruire la posizione dove è avvenuto il decadimento e **trovare il tumore!**



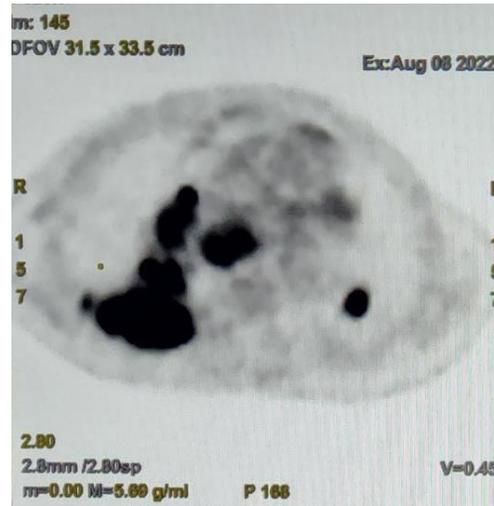


Le immagini PET



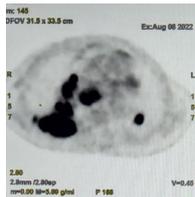
Notate qualche differenza rispetto a un'immagine TAC?

Dov'è il tumore?



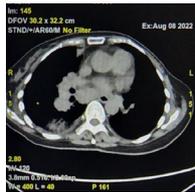
Vedo il tumore ma
non vedo la struttura

Dov'è il tumore?

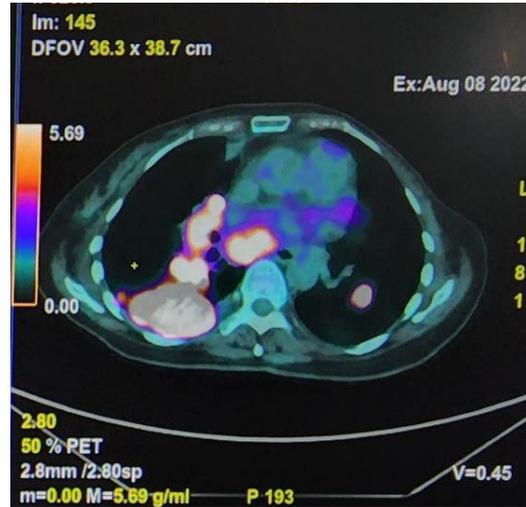
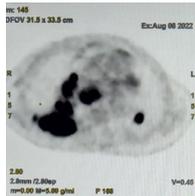


Vedo la struttura ma non riconosco il tumore

Dov'è il tumore?



+



Mediante **sovrapposizione delle immagini** posso conservare entrambe le informazioni!

ATTENZIONE
Antimateria in sala

Domande?

