

*Università degli Studi Di Milano - Laurea in Scienze Infermieristiche  
Polo Didattico "Ospedale Civile Legnano" - AA 2010-2011*

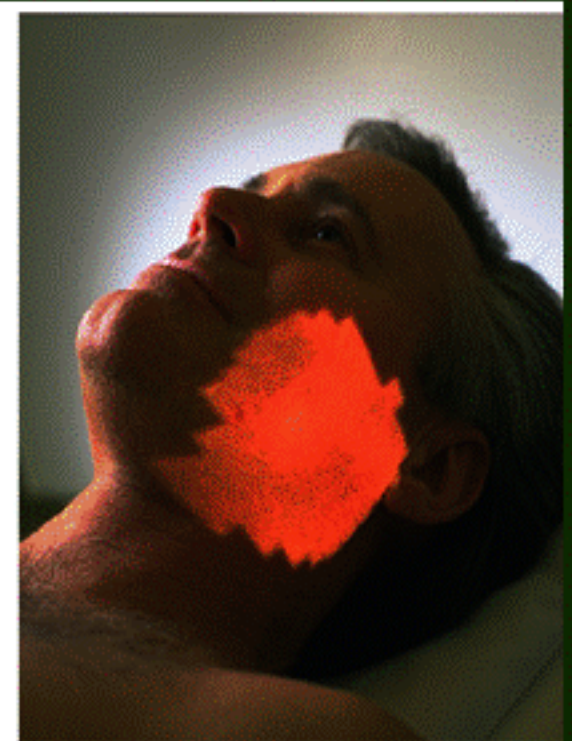
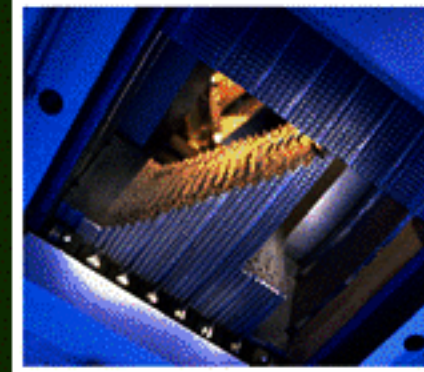
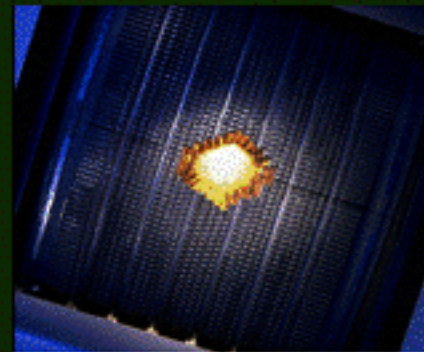
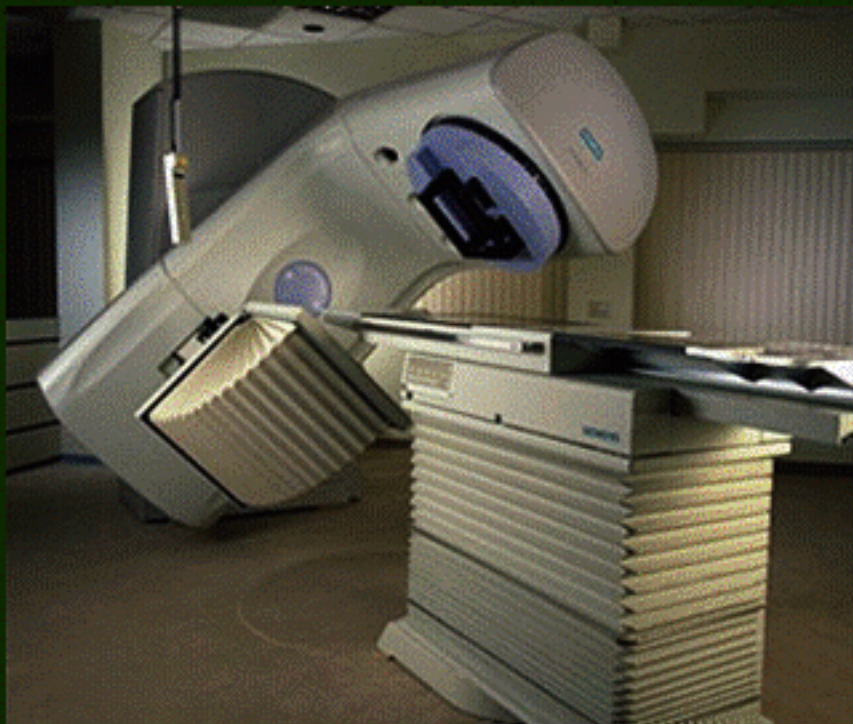
**Corso elettivo "Diagnostica per immagini e radiazioni ionizzanti in medicina"**

# LA RADIOTERAPIA

Dr. ALBERTO VIGNATI  
Medicina Nucleare Legnano

# LA RADIOTERAPIA

La radioterapia è quella branca della medicina specialistica che **impiega le radiazioni ionizzanti** per produrre un **effetto radiobiologico distruttivo** sul tessuto neoplastico (o comunque patologico).



Accanto alle applicazioni delle radiazioni non ionizzanti nella terapia ...

Radiazione visibile (laser)



Applicazioni chirurgiche



Radiazione ultravioletta



Fotochemioterapia



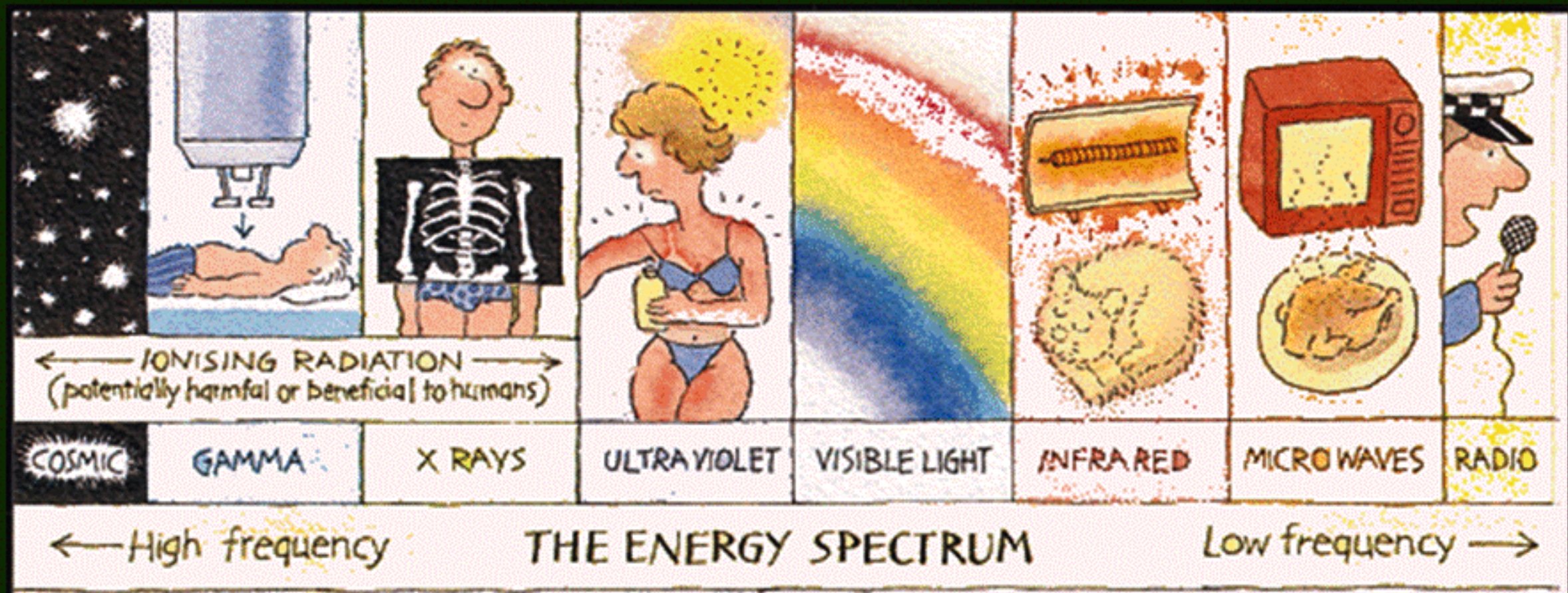
Radiofrequenze



Terapia "fisica"



... sono soprattutto le **radiazioni ionizzanti** ad avere ampie applicazioni in medicina



La correlazione fra la fisica delle radiazioni ionizzanti e la medicina e' praticamente concomitante con la loro scoperta



**1895** : Wilhelm Conrad Röntgen scopre i raggi X e la possibilità di ottenere delle radiografie



**1896** : il medico Victor Despeignes (a Lione) annuncia il primo trattamento del cancro con i raggi X.



**1898** : Pierre e Marie Curie scoprono il radium

**1905**: Viene riconosciuta a livello scientifico l'azione benefica del trattamento col radium dei tumori della pelle

# **RADIAZIONI IONIZZANTI**

**POSSIBILITA' DI DANNO CELLULARE**

**DA EVITARE**  
**IN RADIODIAGNOSTICA**  
(effetti stocastici)

**le più basse dosi di**  
**radiazioni ai tessuti**  
**(sani) che**  
**consentano di**  
**produrre immagini**  
**(<150KV)**

**VOLUTO**  
**IN RADIOTERAPIA**  
(effetti deterministici)

**alte dosi di**  
**radiazioni di alta**  
**energia (10MV)**  
**dirette contro cellule**  
**malate per ucciderle**

# RADIAZIONI IONIZZANTI IN TERAPIA



## **RADIOTERAPIA ESTERNA**

Fasci di radiazioni di alta energia prodotti all'esterno del pz e diretti verso l'area da trattare



## **BRACHITERAPIA**

Sorgenti radioattive sigillate introdotte in via permanente o temporanea all'interno del corpo



## **TERAPIA RADIOMETABOLICA**

Sorgenti radioattive non sigillate veicolate all'interno del corpo da farmaci o da anticorpi

- La radioterapia è rappresentata per la quasi totalità dalla **RADIOTERAPIA ONCOLOGICA**, modalità di cura dei tumori di tipo loco-regionale.  
(Anche la terapia chirurgica è locoregionale, mentre la chemioterapia e terapia sistemica)
- La radioterapia oncologica trova impiego nel:
  - trattamento del **tumore primitivo** e
  - delle sue provate o probabili **diffusioni contigue o linfatiche.**
- Circa il **60%** di tutti i pazienti affetti da cancro necessitano di una terapia radiante con finalità curative o palliative.

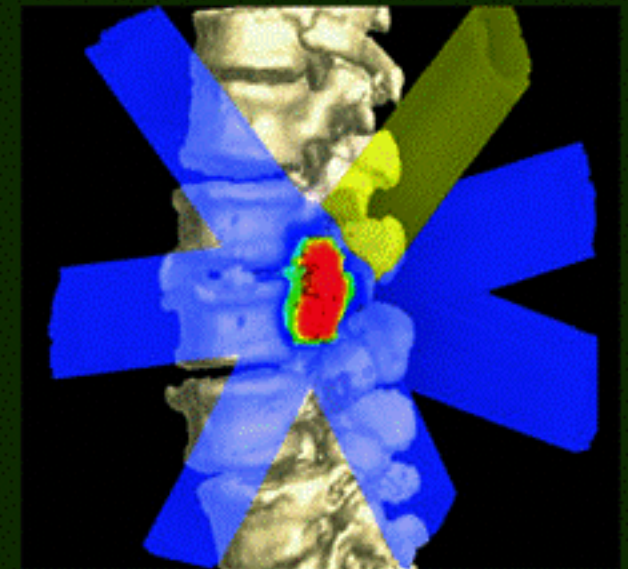


- Lo **scopo** di un trattamento radiante è l'uccisione di tutte le cellule neoplastiche (o patologiche) presenti nell'area irradiata (**volume bersaglio**)
- Nel contempo il trattamento deve **risparmiare** i tessuti sani vicini.
- Questo **EFFETTO DIFFERENZIALE** si ottiene agendo:
  - 1) **sullo spazio**, cioè limitando con precisione la zona da trattare (bersaglio)
  - 2) **sul tempo**, cioè sfruttando il fatto che cellule sane e cellule neoplastiche rispondono hanno una diversa risposta radiobiologica.

# COME DELIMITARE CON PRECISIONE IL BERSAGLIO DELLE RADIAZIONI?

## *In radioterapia esterna:*

- fasci collimati di radiazioni
- Il bersaglio viene colpito da più angolazioni:
  - il bersaglio riceve TUTTE le radiazioni,
  - i tessuti sani attraversati ricevono radiazioni solo da un angolo
- Determinazione computerizzata del volume-bersaglio: **simulatore**



## *In brachiterapia:*

- Sorgenti sigillate puntiformi poste nel tumore o vicinissimo

## *In terapia radiometabolica:*

- Il radioisotopo è assorbito solo dalle cellule-bersaglio:
  - per la sua natura chimica (iodio-131)
  - perché legato a molecole biochimicamente attive
  - perché legato ad anticorpi specifici

# COME OTTENERE UN EFFETTO DIFFERENZIALE AGENDO SUL FATTORE "TEMPO" ?

*per mezzo del*

FRAZIONAMENTO DELLA DOSE *(in radioterapia esterna)*

- Le cellule tumorali e quelle sane hanno una diversa risposta alle radiazioni:
  - Le **cellule tumorali** (che hanno metabolismo accelerato) vanno incontro a morte mitotica, necrosi e apoptosi
  - Le **cellule sane** attivano meccanismi di riparazione e ripopolamento
- Irradiazioni intermittenti (di solito a 24 ore di distanza) permettono ai tessuti sani di riparare il danno da radiazioni, mentre i tessuti tumorali non ne sono capaci !

# **ITER RADIOTERAPICO**

- Visita di inquadramento clinico del paziente
- Scelta della radioterapia
- Studio del frazionamento radiante
- Preparazione del sistema di posizionamento fisso del paziente
- Localizzazione del volume bersaglio
- Piano di trattamento computerizzato

# IL REPARTO DI RADIOTERAPIA

## *Il Medico Radioterapista*

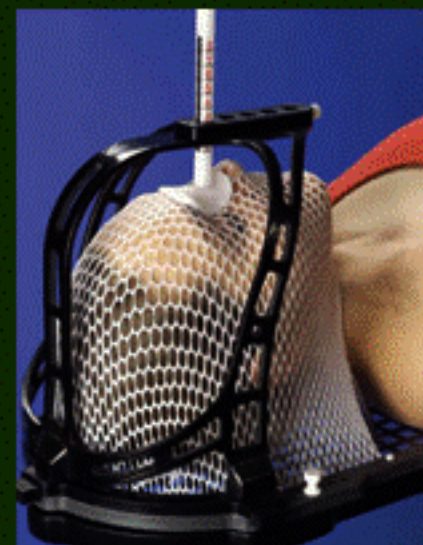
- giudica l'indicazione alla radioterapia e tipo di trattamento
- decide volume corporeo da irradiare, dose e frazionamento
- segue clinicamente il paziente

## *Il Fisico Sanitario*

- Predisporre il piano di trattamento individuale
- Garantisce il controllo delle apparecchiature

## *Il Tecnico (TSRM)*

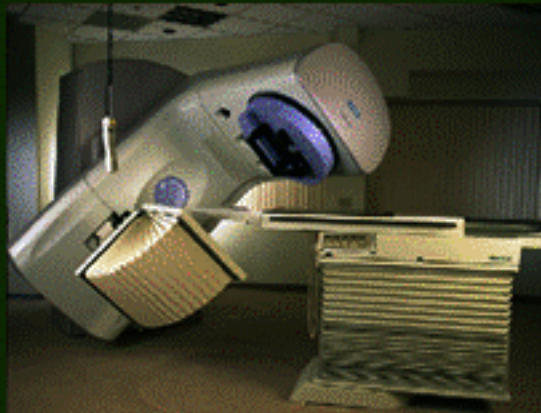
- Esegue i trattamenti sui pazienti
- Si occupa del centraggio radiografico delle lesioni da trattare, delle schermature e dei dispositivi di posizionamento fissi



## *L'Infermiere*

- Assiste il pz radiotrattato
- terapia associata (chemioterapia)
- terapia medica di supporto (antiemetici, fattori di crescita...)
- Prelievi, medicazioni di radiodermiti...

# RADIAZIONI IONIZZANTI IN TERAPIA



## RADIOTERAPIA ESTERNA

Fasci di radiazioni di alta energia prodotti all'esterno del pz e diretti verso l'area da trattare



## BRACHITERAPIA

Sorgenti radioattive sigillate introdotte in via permanente o temporanea all'interno del corpo



## TERAPIA RADIOMETABOLICA

Sorgenti radioattive non sigillate veicolate all'interno del corpo da farmaci o da anticorpi

# **RADIOTERAPIA ESTERNA CON FASCI COLLIMATI**

Consiste nell'irradiazione del paziente con sorgenti di radiazioni esterne (normalmente  $X$ ,  $\gamma$ , elettroni, in alcuni centri di ricerca protoni o ioni).

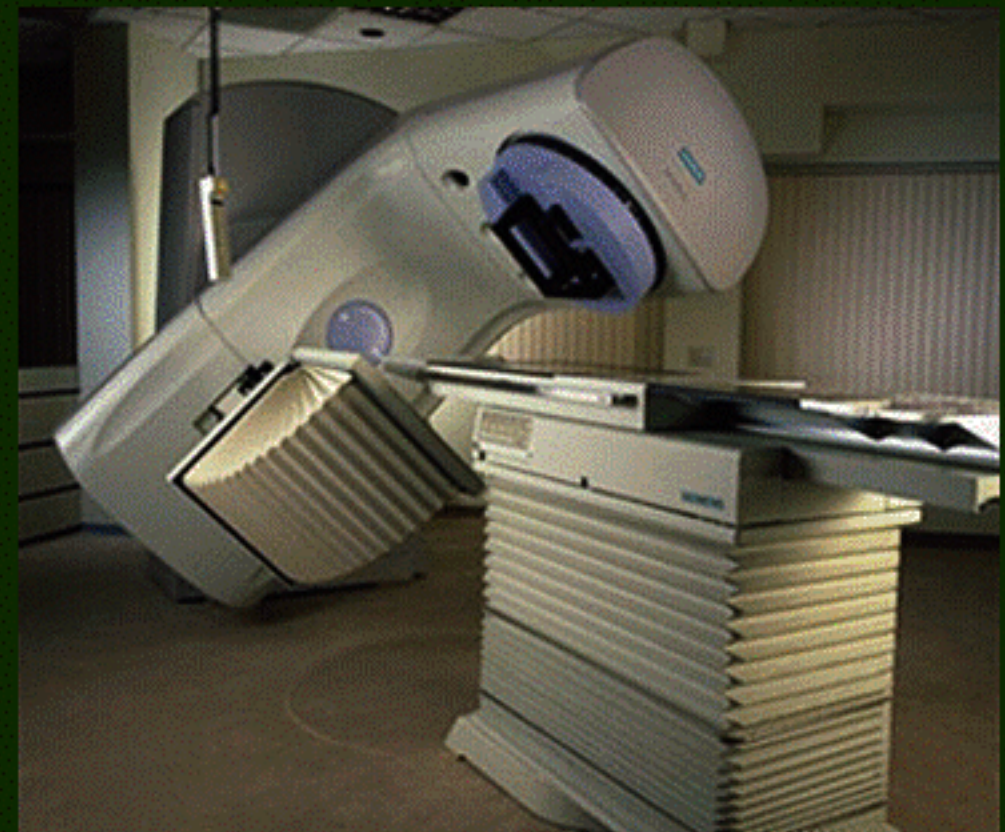
Il fascio prodotto, collimato, viene diretto verso il focolaio tumorale, con molteplici angolazioni.

Ne sono esempi le terapie effettuate con

- **ACCELERATORE LINEARE** ( $X$  di energia fino a 25 MeV, elettroni di alta energia),
- **COBALTOTERAPIA** (gamma di energia circa 1 MeV)
- **ROENTGENTERAPIA** ( $X$  di energia fino a circa 300 keV).

# ACCELERATORE LINEARE (LINAC)

- **Apparecchio radiante** che emette radiazioni elettromagnetiche (raggi X fino a 25 MeV) e corpuscolari (elettroni) di energia regolabile in base alla profondità del tumore da irradiare.
- **Indicato** sia per la cura dei tumori superficiali (cute) che relativamente profondi (torace, addome-pelvi).
- **Il trattamento convenzionale** consiste nella somministrazione di una dose unica di radioterapia (2 Gy) per 5 sedute ogni settimana per un totale di 25-35 sedute in 5-7 settimane.
- **La dose totale** di radioterapia e il numero totale delle sedute può variare a seconda del ruolo radicale, adiuvante o palliativo del trattamento.





# TELECOBALTOTERAPIA

- Impiegata estesamente da oltre 30 anni, oggi obsoleta
- Utilizza le radiazioni gamma emesse dal decadimento dell'isotopo radioattivo Cobalto-60.
- Indicata preferibilmente per lesioni tumorali poco profonde (neoplasia della testa e collo, tumori mammari).



La ricerca medica e tecnologica tendono ad un obiettivo semplice quanto forse inarrivabile:

## **IRRADIARE MASSIMAMENTE IL VOLUME-BERSAGLIO SENZA IRRADIARE I TESSUTI VICINI**

- **diverse procedure mediche:**

- frazionamenti non convenzionali ecc
- terapie integrate

- **innovazioni tecnologiche:**

3D-CRT, IMRT, IGRT, tomoterapia, gamma-knife, ecc.

# **METODICHE SPECIALI IN RADIOTERAPIA**

Frazionamenti non convenzionali mediante multiple sedute giornaliere.

Frazionamento accelerato di RT (2 o più sedute in meno di 6 settimane)

Iperfrazionamento (2 o più sedute in più di 7 settimane).

Ipofrazionamento (t. palliativa).

Total Body Irradiation.

Total Skin Electron Irradiation.

# METODICHE SPECIALI IN RADIOTERAPIA

Se il numero assoluto di cellule tumorali è troppo alto, l'azione della radioterapia può essere inefficace e sono pertanto indicate **integrazioni** con la chirurgia e/o chemioterapia.

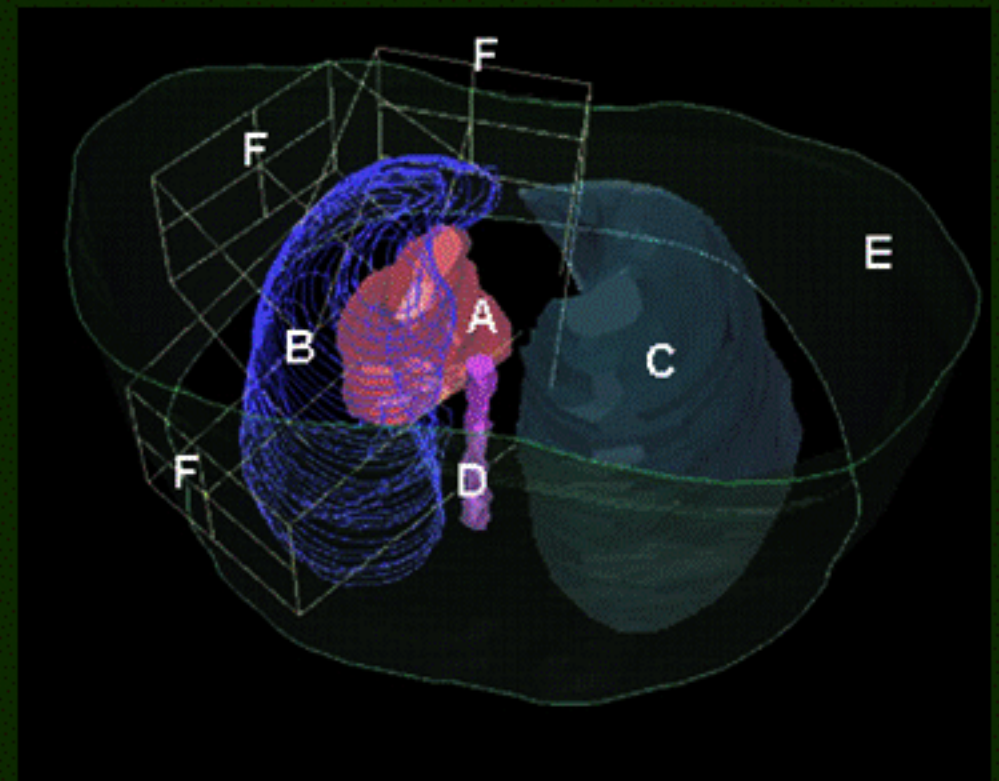
La radioterapia è inoltre validamente impiegata, negli stadi più avanzati della malattia oncologica, per la **palliazione** di sintomi come il dolore o il sanguinamento o legati a compressioni od ostruzioni.

# METODICHE SPECIALI IN RADIOTERAPIA

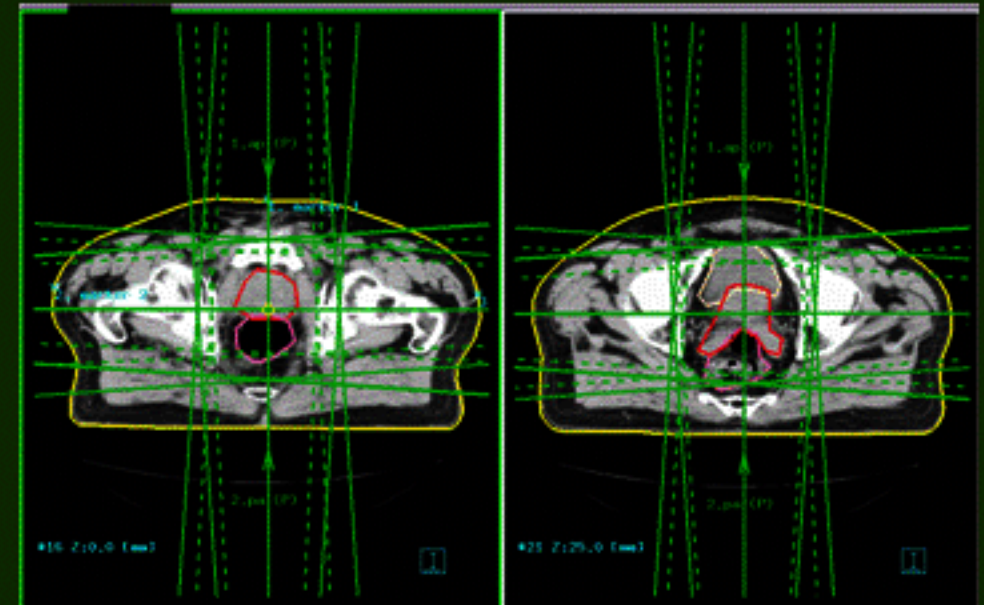
- **RT esclusiva (cura):**
  - Tumori testa e collo, cervice uterina, cute, prostata, m. di Hodgkin
- **RT in associazione alla chirurgia (cura)**
  - Ca mammella, retto, testa-collo, sarcomi, testicolo, polmone
- **RT in associazione alla chemioterapia (cura)**
  - Linfomi, Ca vescica, testa e collo, ano.
- **RT con finalità palliativa:**
  - Ca polmone, esofago, metastasi ossee, metastasi cerebrali..

# SIMULATORE

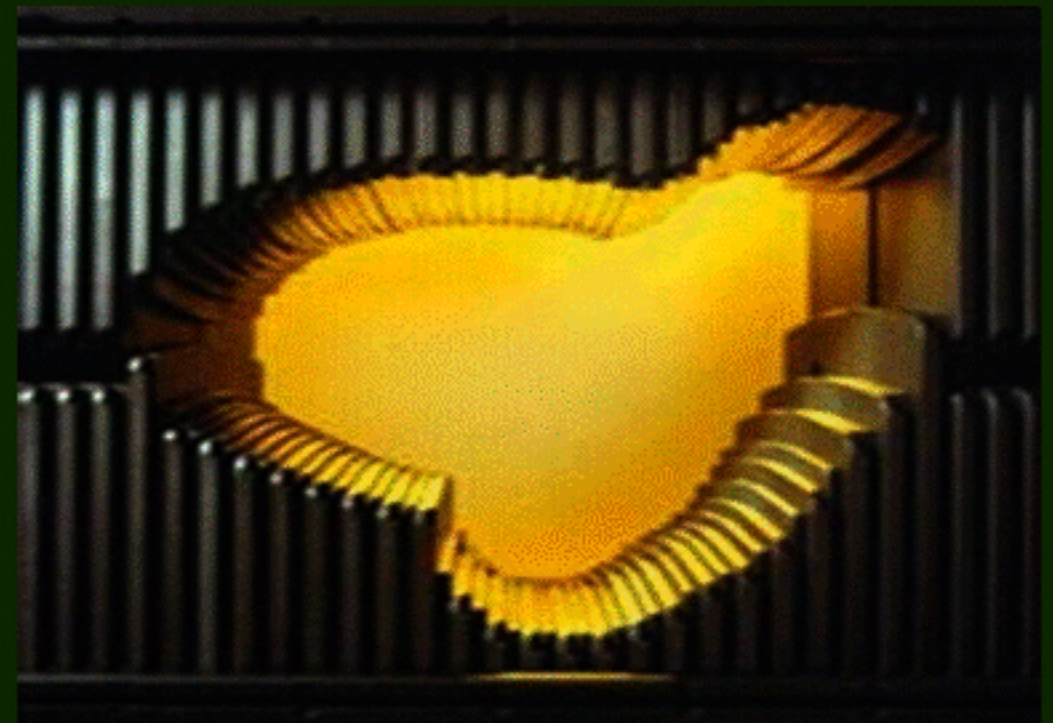
- Apparecchio di radiodiagnostica costruito similmente all'acceleratore lineare che consente di avere immagini radiografiche del paziente in condizioni geometriche identiche a quelle previste per l'irradiazione terapeutica.
- Permette di verificare il trattamento prima della sua esecuzione (**simulazione**).
- Un'evoluzione di questo apparecchio è il **simulatore TAC** che localizza e ricostruisce tridimensionalmente la parte anatomica da irradiare, con le sue caratteristiche di densità



Realizzare il piano di trattamento, cioè scegliere l'energia del fascio radiante più adeguata e la migliore geometria dei campi di irradiazione necessaria a dare la dose prescritta dal medico schermando se possibile i tessuti sani



Verificare durante il trattamento se la dose pianificata corrisponde a quella effettivamente erogata e se il posizionamento del paziente si mantiene corretto.



# TECNICHE SPECIALI IN RADIOTERAPIA

- La **radioterapia conformazionale tridimensionale** (3D-conformal radiotherapy, **3D-CRT**) utilizza fasci di radiazioni adattati alla forma del volume bersaglio
- La **radioterapia ad intensità modulata** (intensity modulated radiotherapy, **IMRT**) permette di irradiare con assoluta precisione e con dosi più elevate anche volumi bersaglio di forma complessa o localizzati vicini strutture critiche



RT convenzionale

3D-CRT

IMRT



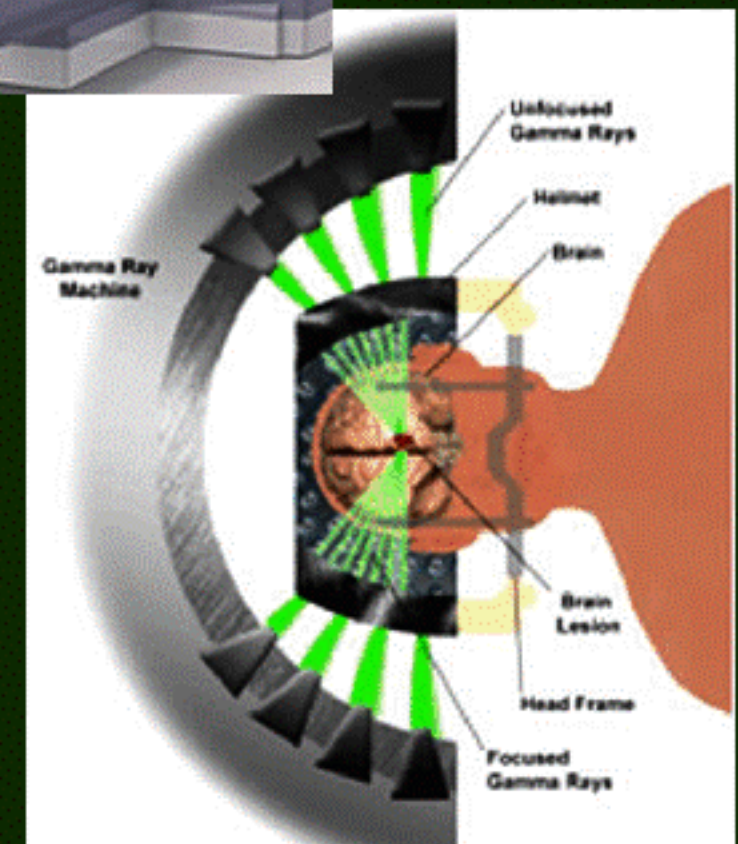
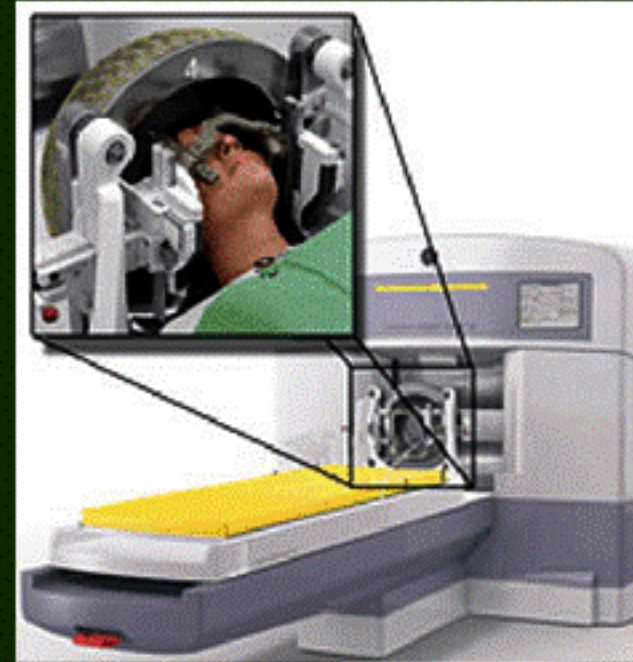
# TECNICHE SPECIALI IN RADIOTERAPIA

- La **Radioterapia guidata dalle immagini** (Image Guided Radio Therapy, **IGRT**) è una avanzata tecnica di radioterapia che abbina, nello stesso apparecchio, una TAC ed un acceleratore lineare, consentendo perfetta individuazione del volume bersaglio.
- La più moderna è la **Tomoterapia elicoidale** “**Hi-Art** (Highly Adaptive RadioTherapy).” in cui le immagini TAC sono ottenute utilizzando come sorgente X lo stesso LINAC ma a bassa energia.



# TECNICHE SPECIALI IN RADIOTERAPIA

- **GAMMA KNIFE®** è una tecnica di radio-chirurgia stereotassica, cioè una procedura neurochirurgica non invasiva che indirizza sul bersaglio (tumore cerebrale inoperabile, malformazioni vascolari cerebrali) potenti dosi di radiazioni in un'unica seduta, senza ledere le cellule sane vicine.
- Utilizza una sorgente di raggi gamma (**Cobalto 60**) che vengono focalizzati, attraverso un "casco" con multipli fori, verso il tumore sottoponendolo ad un alta dose.



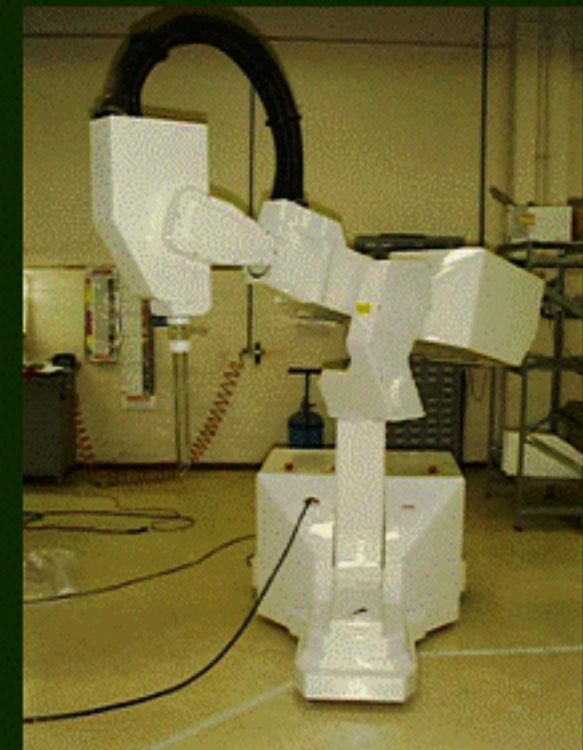
# TECNICHE SPECIALI IN RADIOTERAPIA

- La **terapia adronica**, detta anche **ADROTERAPIA**, è una forma particolare di radioterapia che utilizza, fasci di particelle pesanti, dette **adroni** tra i quali gli ioni carbonio ed i protoni, per trattare un'ampia gamma di patologie, prevalentemente ma non esclusivamente tumorali.
- Grazie alle particolari proprietà fisiche di tali particelle l'adroterapia è un trattamento più **preciso** perché consente di "colpire" il tumore in modo estremamente selettivo e quindi di "risparmiare" i tessuti sani che lo circondano. E anche più **efficace**, in quanto permette in alcuni casi di uccidere le cellule di quei tumori che mostrano una certa resistenza alle radiazioni convenzionali.
- L'adroterapia è un trattamento che per ora viene effettuato solo in poche strutture nel mondo perché necessita di macchinari tecnologicamente molto sofisticati e costosi.

# TECNICHE SPECIALI IN RADIOTERAPIA

## Radioterapia intraoperatoria

La radioterapia intraoperatoria o **IORT** (Intra Operative RadioTherapy), consiste nella possibilità di irradiazione il paziente **durante l'intervento chirurgico** somministrando una dose di radioterapia (elettroni di alta energia) sul tumore o sul letto tumorale postchirurgico



# RADIAZIONI IONIZZANTI IN TERAPIA

## RADIOTERAPIA ESTERNA

Fasci di radiazioni di alta energia prodotti all'esterno del pz e diretti verso l'area da trattare

## BRACHITERAPIA

Sorgenti radioattive sigillate introdotte in via permanente o temporanea all'interno del corpo

## TERAPIA RADIOMETABOLICA

Sorgenti radioattive non sigillate veicolate all'interno del corpo da farmaci o da anticorpi



# BRACHITERAPIA (Curieterapia)

- La brachiterapia consiste nel posizionamento nel corpo di sorgenti radioattive sigillate, poste **a contatto o all'interno di una lesione neoplastica**.
- E' indicata per il trattamento di tumori con estensione limitata e circoscritta situati in regioni anatomiche facilmente accessibili.
- Si parla di **brachiterapia interstiziale** se le sorgenti sono infisse nel tumore stesso (testa-collo, mammella, pelvi)
- Si parla di **brachiterapia endo-luminare** se le sorgenti sono poste in cavità naturali interessate dalla neoplasia (utero, vagina, retto, esofago, bronchi)



# APPARECCHIO PER BRACHITERAPIA

- Il dispositivo permette di introdurre nel corpo le sorgenti sigillate in condizioni di radioprotezione del paziente e dell'operatore.
- Con questa tecnica vengono somministrate dosi elevate al tumore con minima irradiazione e tossicità nei tessuti sani circostanti.



# RADIAZIONI IONIZZANTI IN TERAPIA

## RADIOTERAPIA ESTERNA

Fasci di radiazioni di alta energia prodotti all'esterno del pz e diretti verso l'area da trattare

## BRACHITERAPIA

Sorgenti radioattive sigillate introdotte in via permanente o temporanea all'interno del corpo

## TERAPIA RADIOMETABOLICA

Sorgenti radioattive non sigillate veicolate all'interno del corpo da farmaci o da anticorpi





# TERAPIA RADIOMETABOLICA

Si somministrano **radiofarmaci** che sono sorgenti radioattive **non sigillate**.

Essi raggiungono il bersaglio da trattare:

- perché si inseriscono in una precisa **via metabolica** (p.es. iodio-131 = cavallo di Troia)
- perché sono guidati da una **molecola specifica** (p.es. anticorpi monoclonali)



I radiofarmaci che vengono usati in terapia sono diversi rispetto a quelli usati in diagnostica:

- hanno attività maggiore
- emettono **radiazioni beta** che cedono la loro energia in uno spazio molto piccolo (<1 cm).

La differenza principale rispetto alla radioterapia è che, in questo caso, la radioattività viene **emessa** dal paziente

# TERAPIA RADIOMETABOLICA

A seconda delle caratteristiche di radiofarmaco, la terapia radiometabolica viene somministrata in regime ambulatoriale oppure in ricovero.

**Ambulatoriali:** Ipertiroidismo (Iodio-131)  
Dolore da mtx ossee (Samarco-153)

**Ricovero:** Carcinoma tiroideo (iodio-131)  
Policitemia vera (Fosforo-32)  
Tumori neuroendocrini  
Linfomi

Si tratta di un **RICOVERO PROTETTO:**

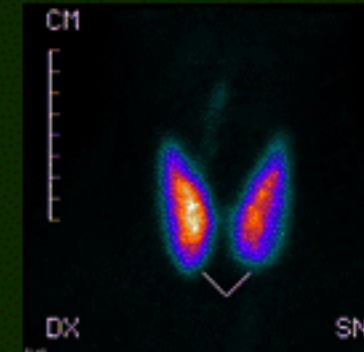
- Stanze schermate
- Sistema di raccolta delle deiezioni
- Stretta limitazione delle visite



# TERAPIA RADIOMETABOLICA DEGLI IPERTIROIDISMI CON I-131

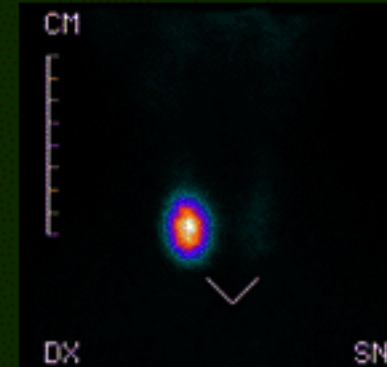
## Morbo di Basedow (recidivante)

iperfunzione di tutta la tiroide



## Adenoma tossico (autonomo)

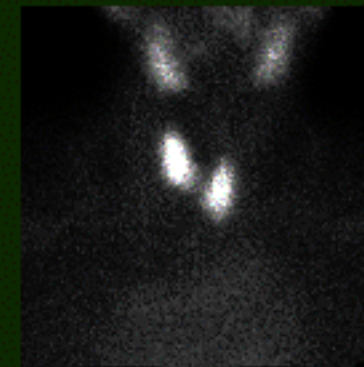
Tumore benigno iperfunzionante



## Gozzo multinodulare tossico

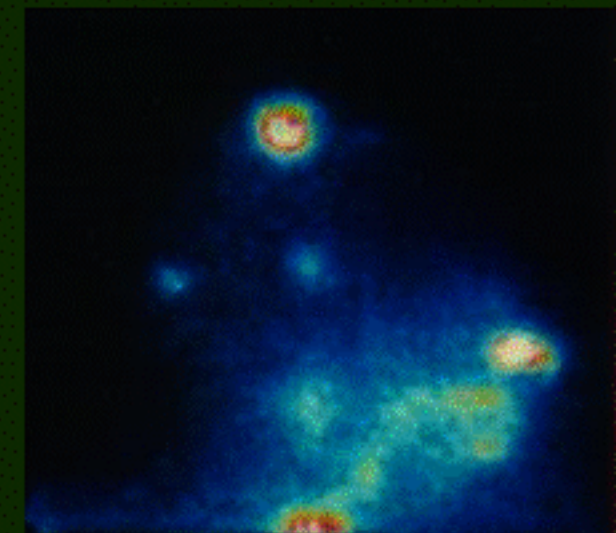
Ipertrofia tiroidea con noduli iperfunzionanti

(casi selezionati)



# TRATTAMENTO DEL CARCINOMA TIROIDEO DIFFERENZIATO CON I-131

- Ablazione del residuo post-operatorio (siderazione)
  - Pazienti a medio-alto rischio
- Recidiva locale o regionale
  - Dopo escissione della recidiva loco-regionale o in seconda istanza se non possibile l'exeresi chirurgica
  - Nei casi di lesioni di dimensioni modeste e sufficiente captazione del radioiodio (in alternativa a chirurgia)
- Metastasi a distanza



**TRATTAMENTO RADIOMETABOLICO  
PALLIATIVO DELLE METASTASI OSSEE  
DOLOROSE con radiofarmaci osteotropi  
(Samarium-153)**

I pazienti sono selezionati sulla base di una scintigrafia ossea recente che dimostri la presenza di multiple aree scheletriche ipercaptanti il radiofarmaco osteotropo

