

# RADIOTERAPIA

- Disciplina che utilizza radiazioni ionizzanti per la cura dei tumori
- Agisce localmente
- Utilizzata con intento curativo o sintomatico-palliativo
- Utilizzata sia da sola che in associazione alle altre modalità terapeutiche (Chirurgia, Terapia Sistemica)
- Utilizzata anche per il trattamento di forme benigne

La Radioterapia Oncologica è una **disciplina altamente tecnologica** che richiede l'impiego di **dotazioni estremamente complesse e sofisticate** per

- **localizzare il tumore**
- **generare radiazioni ionizzanti**
- **somministrare alte dosi di radiazioni al volume bersaglio, risparmiando i tessuti sani**

E' comunque anche e soprattutto una **disciplina clinica**; il radioterapista oncologo deve esattamente conoscere la storia naturale e le vie di diffusione delle neoplasie che tratta per poterle, se indicato, adeguatamente comprendere nel volume bersaglio.

**Conoscenze radiobiologiche**

Utilizzata sia da sola che in associazione alle altre modalità terapeutiche (Chirurgia, Terapia sistemica)

Il trattamento del paziente oncologico è un **trattamento multidisciplinare** che vede coinvolti:

**chirurgo**

**radioterapista oncologo**

**oncologo medico**

E' inoltre fondamentale il contributo di altri specialisti (**radiologo, medico nucleare, anatomo-patologo, fisioterapista, psiconcologo**).

Lo scopo della Radioterapia è quello di somministrare una dose precisamente misurata di radiazioni ad un volume tumorale definito, con un minimo danno ai tessuti sani circostanti per ottenere:

**Eradicazione del tumore**

**Miglioramento dei sintomi**

**Miglioramento della qualità di vita**

**Prolungamento della sopravvivenza.**

# RADIOTERAPIA

## FASCI ESTERNI

Linac, produttori sia fotoni x che elettroni di diverse energie

## BRACHITERAPIA

Interstiziale, endocavitaria, endoluminale, da contatto

## RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA

Gli effetti biologici della RT dipendono dalla distribuzione di dose, dal volume trattato, dal dose-rate, dal frazionamento, dalla durata del trattamento.

- Quando si effettua un trattamento radiante bisogna considerare:

Sede neoplasia

Volume neoplasia

Rapporti con organi a rischio



scelta tra EBRT o Brachiterapia, fotoni e elettroni,  
energia da utilizzare, arrangiamento dei campi,  
dosi

# RADIOTERAPIA A FASCI ESTERNI (EBRT)





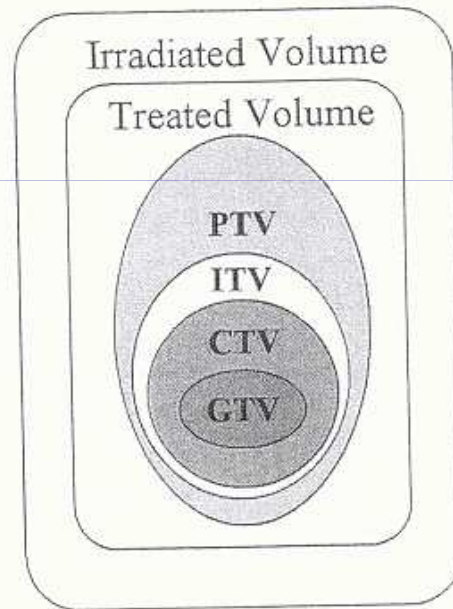
# OBIETTIVO

**ottenere la migliore distribuzione di dose  
nel volume bersaglio, risparmiando quanto  
più possibile i tessuti sani**

# EBRT

- I campi di irradiazione sono disegnati per poter trattare il volume bersaglio con un margine di sicurezza intorno, margine che tiene conto della ripetibilità del trattamento (posizionamento, movimento interno degli organi e penombra del fascio).
- I margini dovrebbero essere per quanto possibile piccoli, per minimizzare la dose ai tessuti sani e ridurre quindi il rischio di effetti collaterali.
- Nello stesso tempo devono essere sufficientemente ampi da coprire adeguatamente il volume bersaglio e, di conseguenza, non compromettere la probabilità di ottenere il controllo locale della malattia.

**Nel delineare i volumi bersaglio si devono seguire le raccomandazioni ICRU 50 e 62**



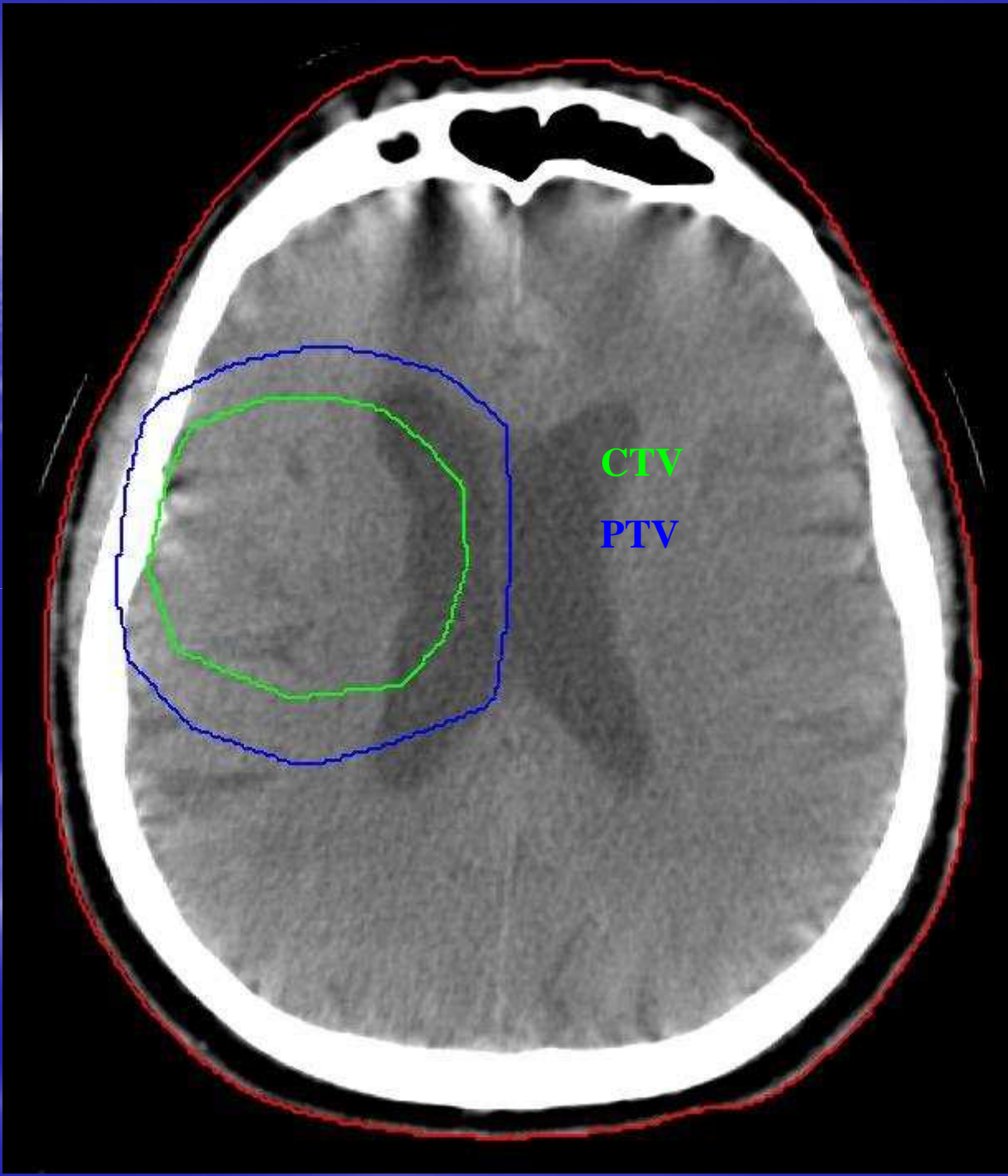
**FIGURE 8.13.** Schematic showing the different volumes used in three-dimensional treatment planning as defined by International Commission on Radiation Units and Measurements Reports 50 and 62.

- ✓ Il **Gross Tumor Volume (GTV)** corrisponde al volume di neoplasia palpabile o visibile, cioè dimostrabile.
- ✓ Il **Clinical Target Volume (CTV)** è il volume che contiene il GTV e l'estensione microscopica, subclinica di malattia, che deve essere trattata.
- ✓ Il **Planning Target Volume (PTV)** include il CTV con margini di sicurezza intorno. Viene definito per selezionare le appropriate dimensioni e gli appropriati arrangiamenti dei campi che consentono di assicurare che la dose prescritta sia somministrata al CTV.

Il margine di sicurezza intorno al CTV tiene conto delle incertezze legate al trattamento.

- ✓ **Internal Margin (IM):** è il margine da aggiungere al CTV per compensare i movimenti fisiologici e le modificazioni in dimensioni, forma e posizione del CTV durante la terapia
- ✓ **Set-up Margin (SM):** è il margine da considerare per compensare le incertezze relative al posizionamento

- ✓ Il **Treated Volume** è il volume compreso all'interno di un' isodose scelta e specificata dal radioterapista oncologo come quella appropriata per raggiungere lo scopo del trattamento
- ✓ L' **Irradiated Volume** corrisponde al volume che riceve una dose considerata significativa in relazione alla tolleranza dei tessuti



# Raggiungimento:

**Sistemi di immobilizzazione**

**Piano di trattamento utilizzando immagini TC (RT 3D conformazionale)**

**Elaborazione del piano di trattamento con Treatment planning systems computerizzati (TPS):**

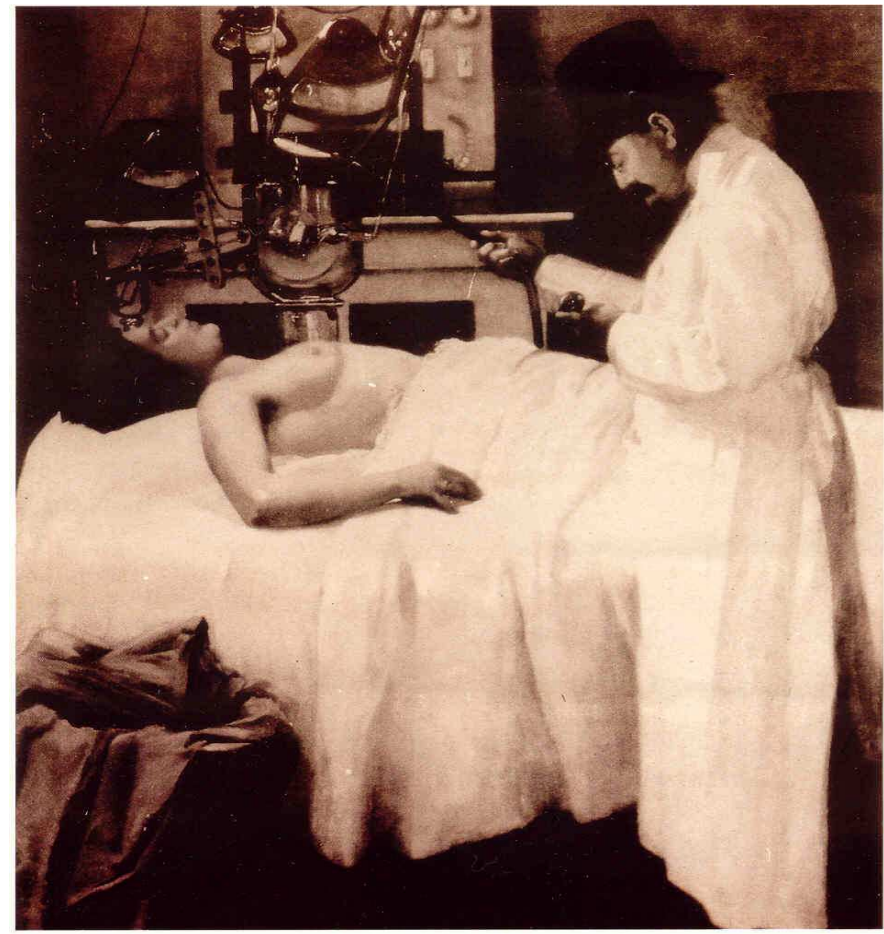
Istogrammi dose volume

Tumor Control Probability TCP

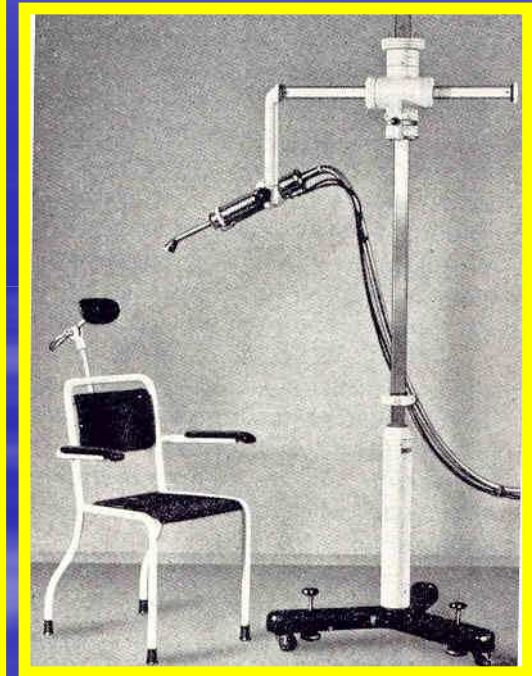
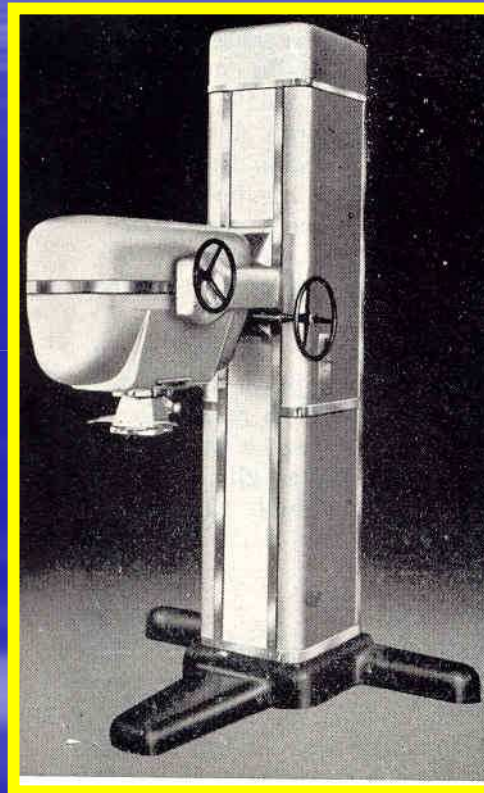
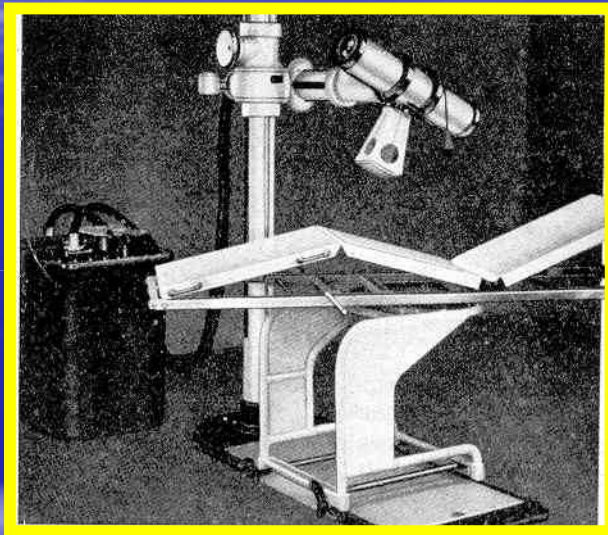
Normal Tissue Complications Probability NTCP

Constraints





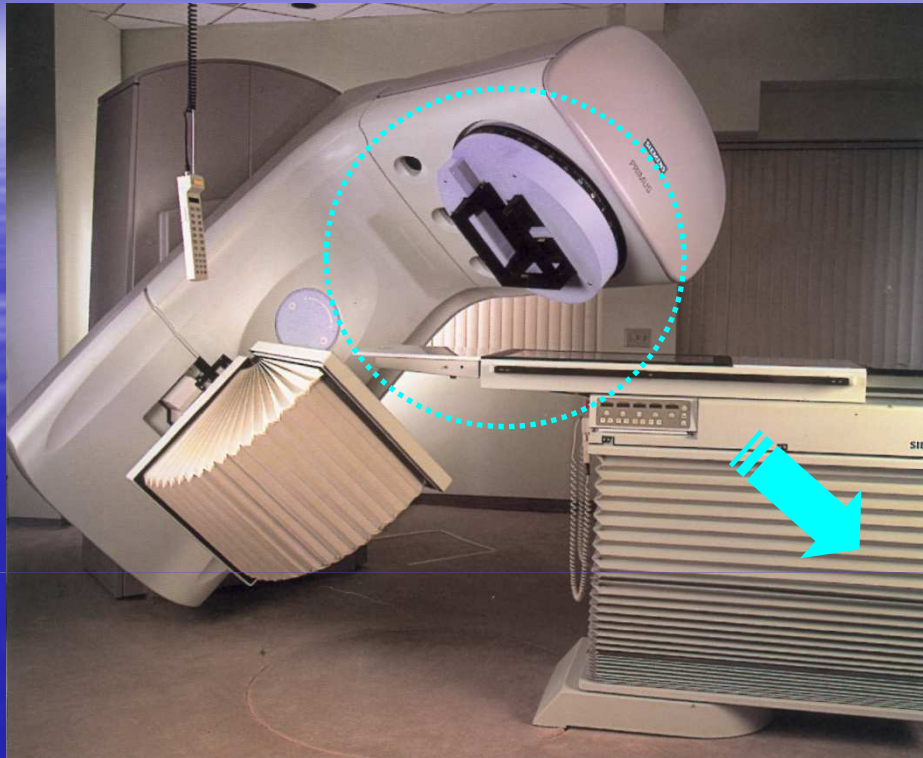
# Apparecchiature di Roentgenterapia



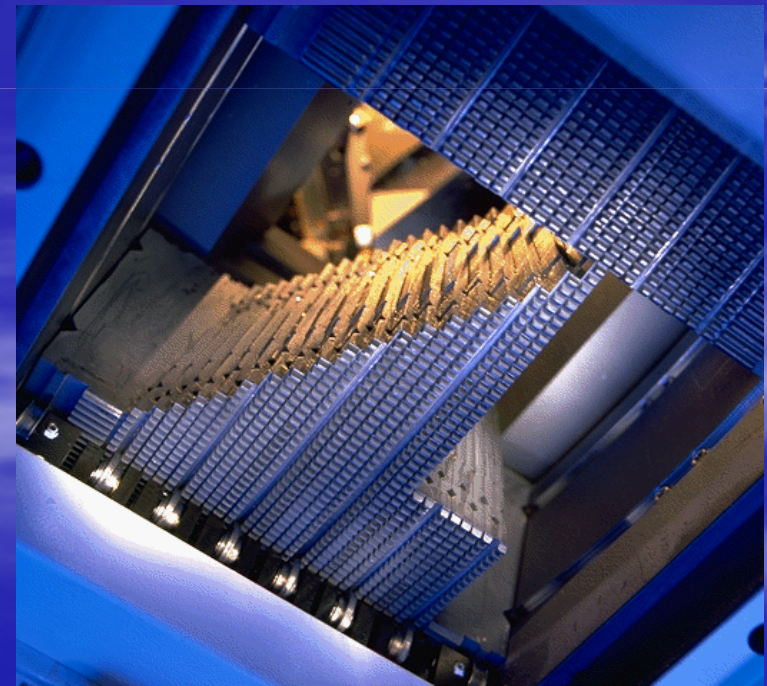
# Unità di Telecobaltoterapia



# Acceleratore Lineare: PRIMUS (Siemens)



**Collimatore a lamelle**



**SmartSim**

File Options Utilities View Patient: Breast Match, Plan: Plan\_0 Rev: R01.P01.D01 Trial\_1 Help

---

**Beams**

MED  
LAT

Add Beam  
Delete Beam...

Setup Geometry Modifiers

Iso **POL\_1** Control Point None

**Angles**

Couch 180  
7.0 270 0 90

Gantry 0  
Start 235.6 270 90  
Stop 235.6 180

Gantry Rotation Direction

Collimator (from above) 180  
358.0 270 90 0

**Jaws**

	X2	X1	Symmetric
X	8.97	0.00	No
Y	20.42	(Height)	Yes

Units: cm

Top Left: Axial CT slice at Z = 112.331. Beam paths are shown in red and green.

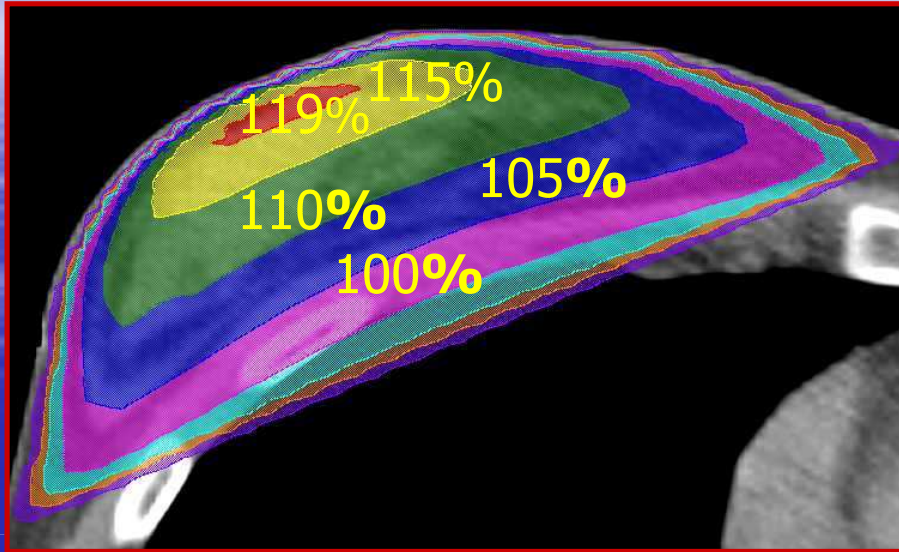
Top Right: 3D surface model of the patient's torso with a green beam field and red beam paths. A coordinate system box labeled 'RTA' is visible.

Bottom Left: Beam's Eye View (BER) for the 'MED' beam. Shows the beam's path through the collimator and patient. Axes X1, X2, Y1, Y2 are labeled. A coordinate system box is visible.

Bottom Right: MED BRV Front/Back at Iso. Shows the beam's path through the patient's chest. A coordinate system box labeled 'ASTL' is visible.

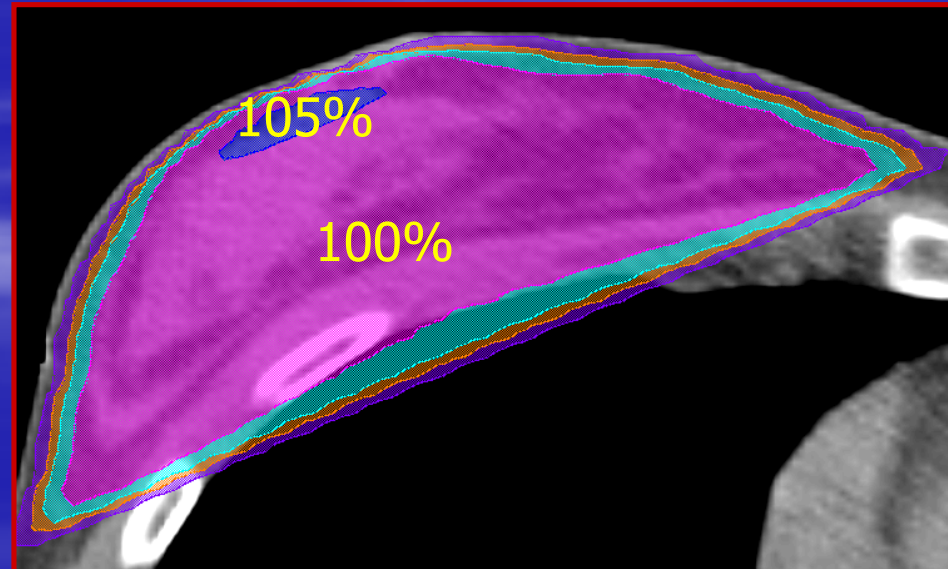
Bottom: Beam's Eye View IRR for "MED". Press Button 3 for image manipulation tools.

## Distribuzione di dose iniziale

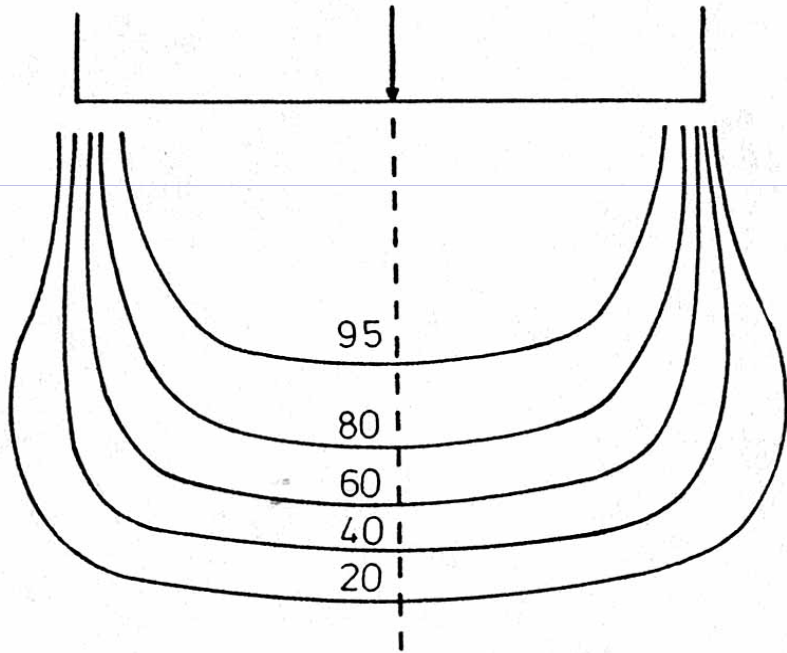


**Senza cunei**

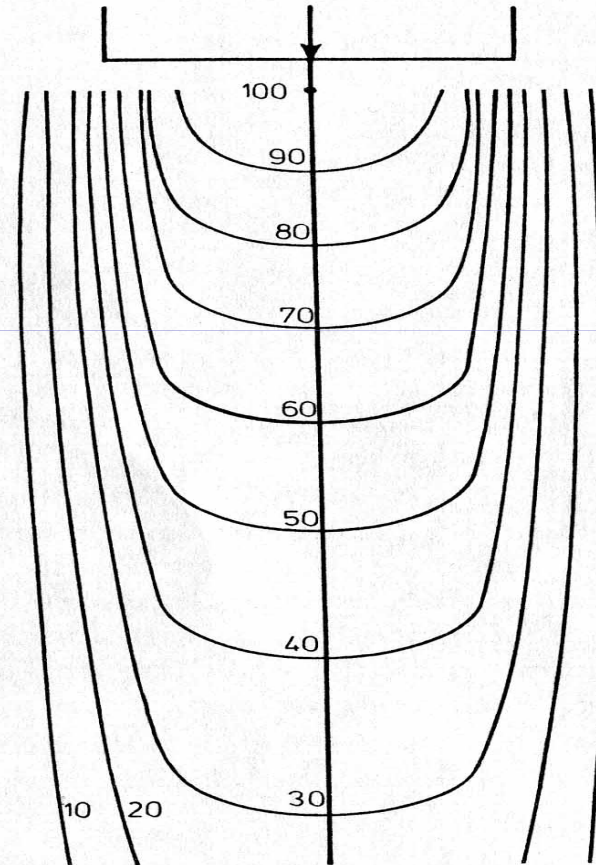
**Con cunei**



(a) 14 MeV electrons  
95 cm FSD  
8 cm ( × 16 cm )



(a) Telecobalt 80 cm SSD  
6 cm ( × 8 cm )



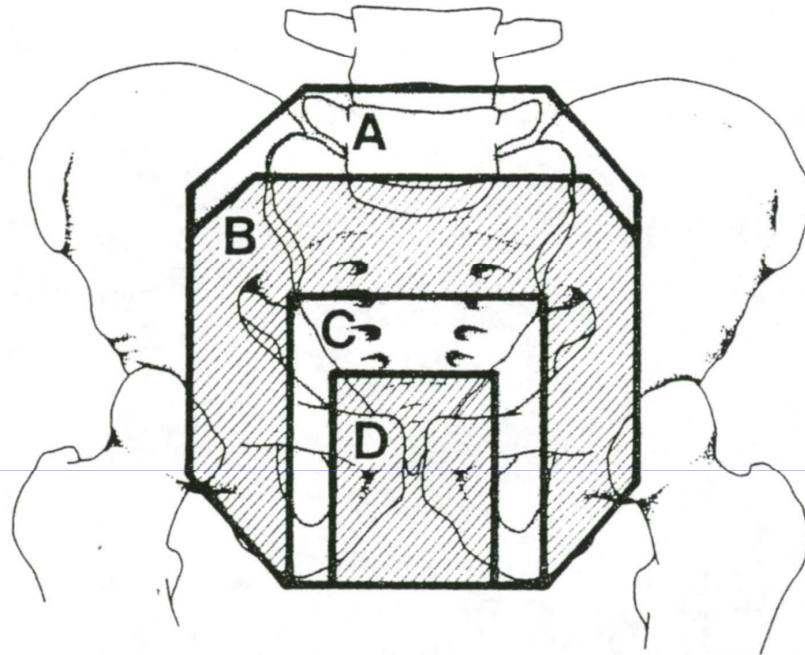
## Piani di trattamento in 2D

utilizzano simulatori convenzionali per disegnare le dimensioni campi di irradiazione

arrangiamenti del fascio standard, basati su reperi ossei visibili sulle radiografie

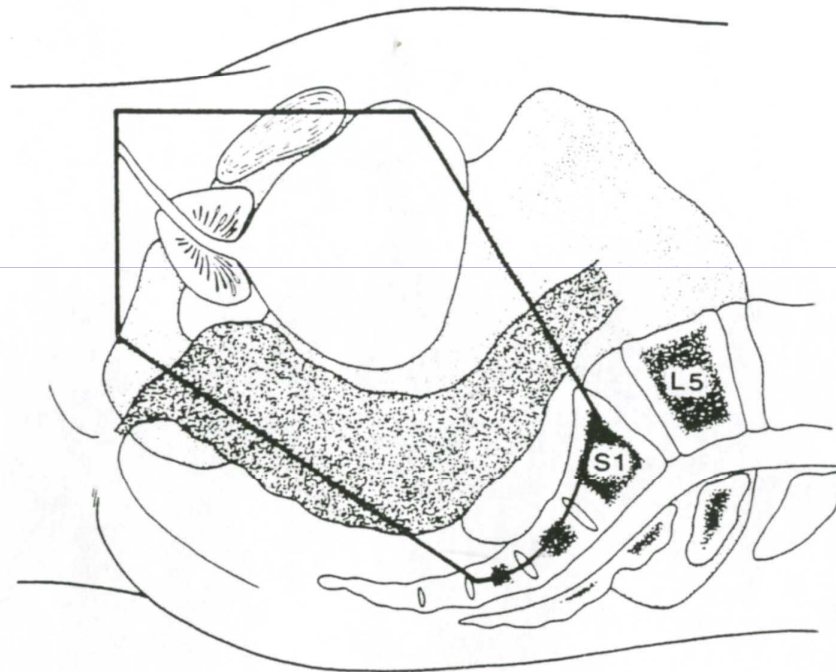


## CARCINOMA OF PROSTATE - PORTALS



**FIGURE 58.11.** Diagrams of the pelvis showing volumes used to irradiate the prostate and pelvic lymph nodes. Lower margin is at or 1 cm below ischial tuberosities. At the Mallinckrodt Institute of Radiology,  $15 \times 15$  cm portals at source-skin distance are used for stage A2 and B disease and for selected postoperative patients, whereas for stage C or D1 disease,  $18 \times 15$  cm portals are used to cover all common iliac lymph nodes up to the bifurcation of the common iliac lymph nodes. Sizes of reduced fields are larger (up to  $12 \times 14$  cm) when seminal vesicles or periprostatic tumor are irradiated compared with prostate boost only (up to  $10 \times 11$  cm).

PROSTATE  
LATERAL PELVIC FIELDS



**FIGURE 58.12.** Lateral portal used in box technique to irradiate pelvic tissues and prostate. The anterior margin is 0.5 to 1 cm posterior to projected cortex of pubic symphysis. Presacral lymph nodes are included down to S3; inferiorly, the posterior wall of rectum is spared.

# Piani di trattamento in 3D

- Si basano su approcci di simulazione image-guided per definire sia il volume bersaglio che le strutture critiche

- **RT 3D conformazionale** processo nel quale il piano di trattamento, basato su immagini TC, viene elaborato con lo scopo di:

**conformare precisamente la prescrizione di dose al volume bersaglio**

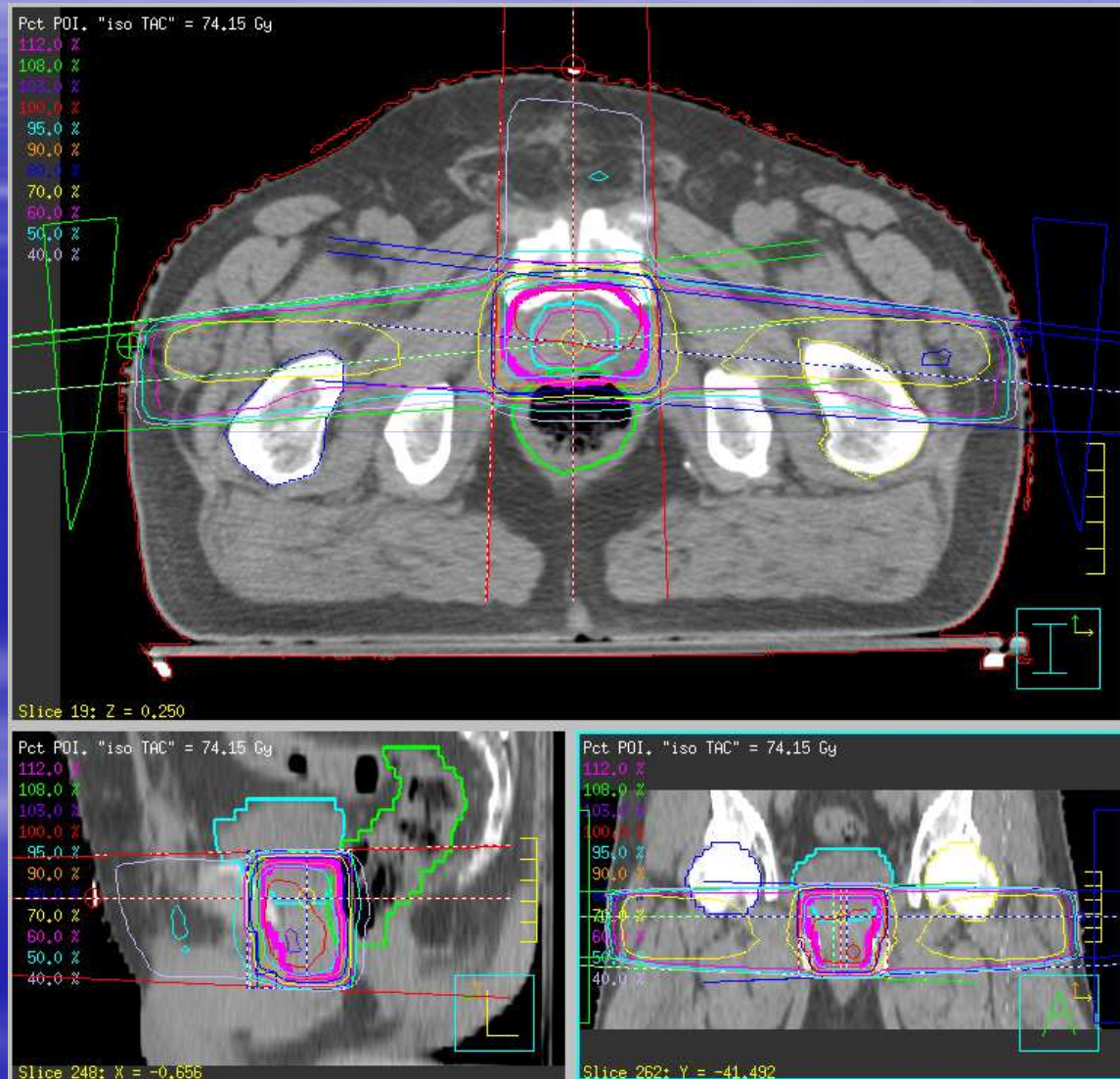
**ridurre o minimizzare la dose ai tessuti sani circostanti**

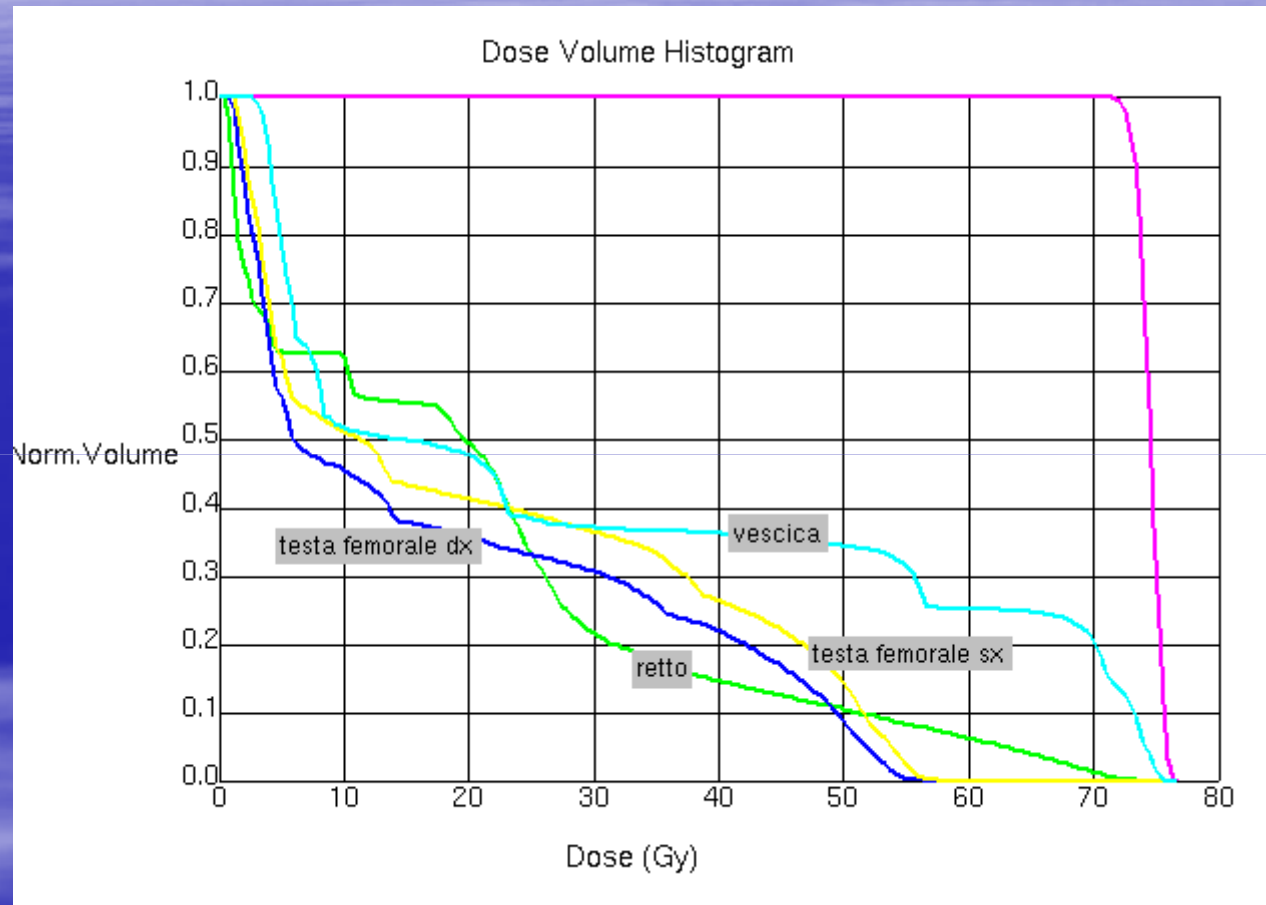
La differenza tra piani di trattamento in 2D e 3D  
consiste nel processo e negli strumenti impiegati

**MA**

**la distribuzione spaziale della dose è  
sempre tridimensionale,  
indipendentemente dalla modalità  
impiegata**

# 3D CONFORMAZIONALE





# RT 3D conformazionale

- Migliore distribuzione di dose nel volume bersaglio
- Riduzione della tossicità
- Incremento di dose



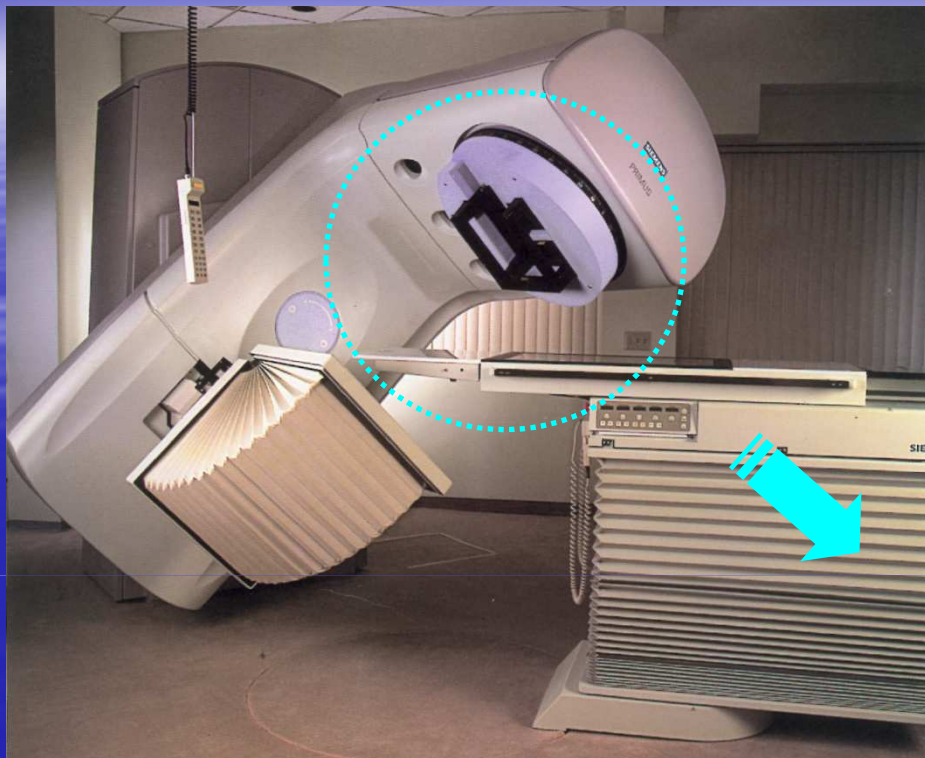
miglioramento ratio terapeutico

Ai fini di un corretta pianificazione ed esecuzione di un trattamento radiante 3D conformazionale sono necessari:

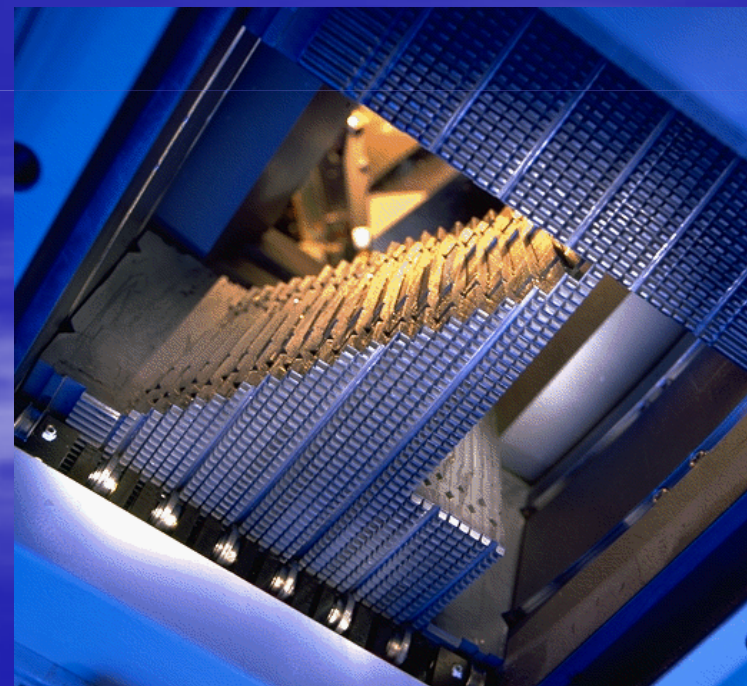
- ✓ **Imaging dettagliato** per poter generare precisamente il volume bersaglio in 3D
- ✓ **3D-TPS** per poter definire il numero di fasci, le dimensioni e la forma di ogni fascio, per coprire adeguatamente il volume bersaglio
- ✓ **Accurati algoritmi di calcolo 3D**
- ✓ **Collimatori multilamellari**



# Acceleratore Lineare: PRIMUS (Siemens)



Collimatore Multilamellare



# L' Imaging nella Definizione del Volume Bersaglio

Piani di trattamento basati su immagini **TC**

**Le informazioni TC sono importanti per due aspetti del piano di trattamento**

- 1. Delineare il GTV (o CTV)**
- 2. Applicare le correzioni per le disomogeneità dei tessuti**

# IMAGING IN RADIOTERAPIA

## PRIMA

- ✓ Diagnosi
- ✓ Stadiazione
- ✓ Definizione volume bersaglio
- ✓ Pianificazione del trattamento

## DURANTE

- ✓ Valutare risposta al trattamento



- ✓ Modifica del piano di trattamento

## DOPO

Valutare:

- ✓ Risposta al trattamento
- ✓ Recidiva
- ✓ Tossicità

# IMAGING IN RADIOTERAPIA

parallelismo tra l'evoluzione tecnologica in radioterapia e quella delle metodiche di imaging

# L' Imaging nella Definizione del Volume Bersaglio

Passi in avanti sono stati ottenuti con l'introduzione di:

**RM**  
**PET-TC** } **Fusione di immagini**

# Fusione di immagini

Utilizza immagini derivate da **modalità di imaging più sensibili e specifiche** rispetto alla TC per la diagnosi e per contornare il/i volume/i bersaglio



**Migliore prescrizione del trattamento rispetto alla sola TC**

**TC è l'unica modalità che consente di misurare la densità elettronica dei tessuti, necessaria per il calcolo della distribuzione di dose**

# RM NEI PIANI DI TRATTAMENTO

	TC	RM
<b>Segnale</b>	Numero atomico tessuti  Difficoltà nel visualizzare tumori la cui densità è poco differente da quello dei tessuti vicini	Comportamento dei protoni nel campo magnetico
<b>Artefatti da presenza di osso</b>	SI	NO

# RM NEI PIANI DI TRATTAMENTO

Migliore definizione rispetto alla TC:

Tumori encefalo

midollo spinale

rinofaringe



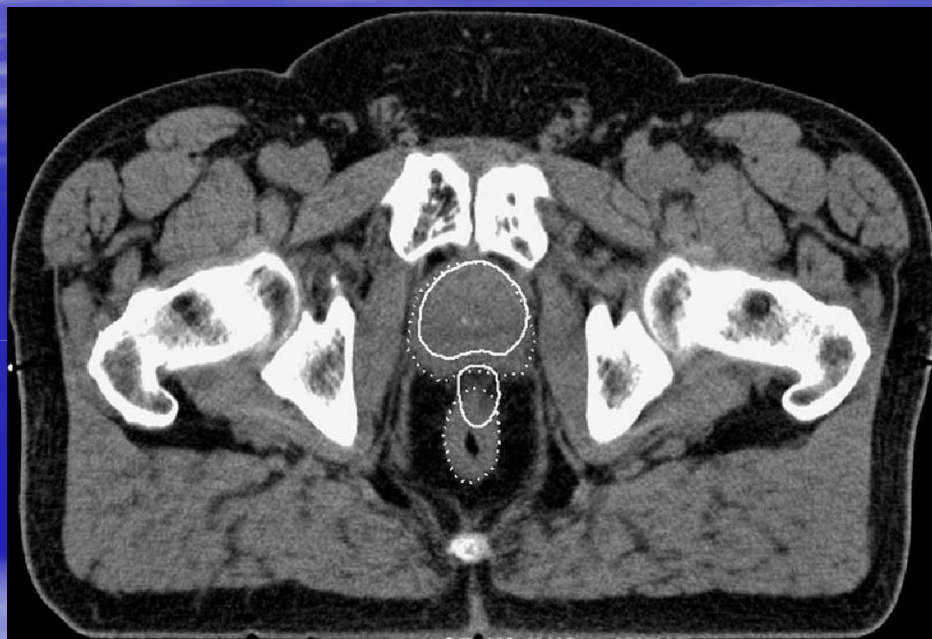
**Vicini a strutture ossee**

Tumore prostata: **migliore definizione del  
contorno della ghiandola**



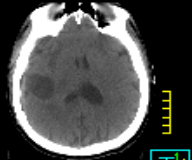
TC

RM



VOLUME TC	63.7 cc
RM	44.5 cc

Primary Image Set



Slide 21: Z = -0.055



# PET-TC NEI PIANI DI TRATTAMENTO

Consente di:

identificare le strutture anatomiche

ottenere immagini funzionali per delineare il  
**Biologic Target Volume (BTV)**



**Modifica dei volumi rispetto alla TC:** aumentare  
diminuire  
contorni diversi

# PET-TC NEI PIANI DI TRATTAMENTO

Tumori polmone  
pancreas  
testa-collo

Prevalentemente nei trattamenti IMRT

Studi prospettici con lunghi follow-up sono necessari per valutare se l'impiego della PET-TC nei piani di trattamento avrà un impatto su:

**controllo della neoplasia**  
**tossicità**  
**risultati clinici**

Continuous Crosshairs  
 Current Image Set  
 - Base Image

Isodose Line Display  
 Show All 1931.72  
 User Defined

<input type="checkbox"/>	10.0 %	2.79 Gy
<input type="checkbox"/>	20.0 %	15.58 Gy
<input type="checkbox"/>	30.0 %	23.38 Gy
<input type="checkbox"/>	40.0 %	31.17 Gy
<input type="checkbox"/>	50.0 %	38.96 Gy
<input type="checkbox"/>	60.0 %	46.75 Gy
<input type="checkbox"/>	70.0 %	54.55 Gy
<input type="checkbox"/>	80.0 %	62.34 Gy
<input type="checkbox"/>	90.0 %	70.13 Gy
<input type="checkbox"/>	77.0 %	60.00 Gy

Color 3D surfaces by dose  
 Dose Normalization  
 Normalize to:  Maximum Dose  Delivered Dose  
 Maximum accumulated dose is 77.92 Gy

Dose Calculation Status  
 CORVUS Total Dose

Measurement Tool  
 Coord. System: Patient  
 Relative To: para-aortic nodes  
 Ref. Dens. Density: 1.037 CT Number: 39  
 Clinical Volume: para-aortic nodes - target  
 Planning Volumes: tissue, para-aortic nodes - target  
 Material:  
 Dose: 43.35 Gy 80.9 %  
 Deliver to this Point  
 PA 0.0 mm AV 0.0 mm VS 0.0 mm  
 Distance: mm

Coronal 127 A  
 Sagittal 240 L  
 Axial 012 S

Statistics  
 Total Delivered Dose  CTV  PTV  
 Deliver para-aortic nodes 40.00 Gy 2.00 Gy per fraction  
 Total Accumulated Dose  
 Deliver 60.00 Gy at 77.0 % of maximum  
 (minimum dose to para-aortic nodes - target PTV, 23.71 Gy, is 33.0% of

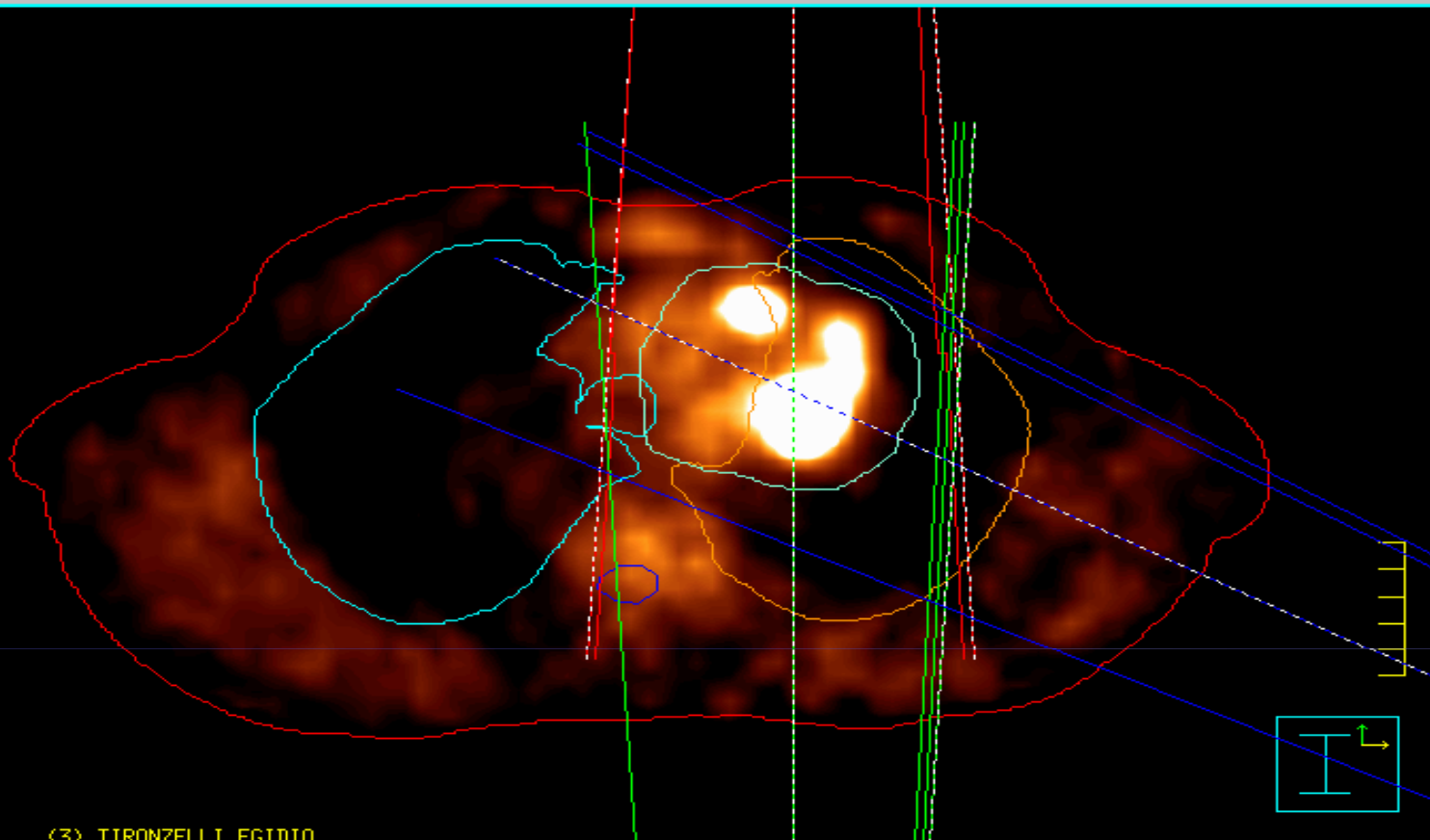
Target Name	Goal (Gy)	Vol Below (%)	Min (Gy)	Max (Gy)	Mean (Gy)
para-aortic nodes	60.00	4.33	41.76	77.00	62.34

Structure Name	Limit (Gy)	Vol Above (%)	Min (Gy)	Max (Gy)	Mean (Gy)
Non-Target Tissue	40.00	2.14	0.00	35.00	7.33
Tissue	40.00	2.30	0.00	35.00	7.00
Kidney (L)	30.00	4.87	2.00	30.00	7.68
Kidney (R)	30.00	5.00	1.77	30.00	10.63
Liver	30.00	12.46	0.00	30.00	7.37
Coil	40.00	25.17	0.00	47.64	23.60
Small Bowel	40.00	30.84	0.00	38.00	28.72
Stomach	40.00	0.00	0.00	35.00	3.63

# CARCINOMA POLMONARE

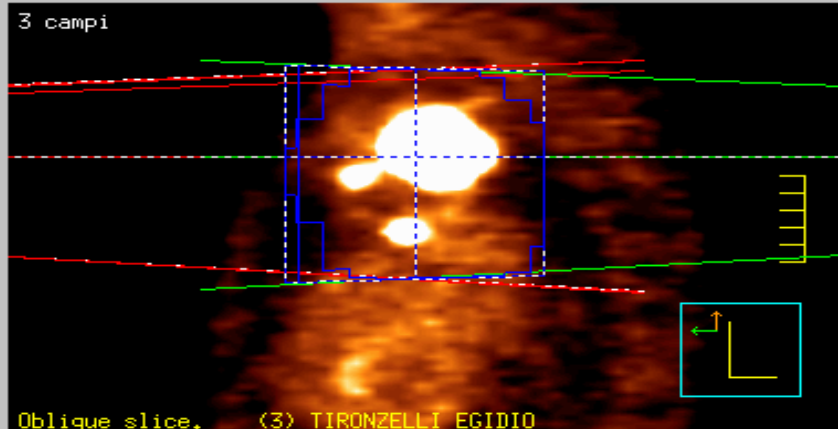


3 campi



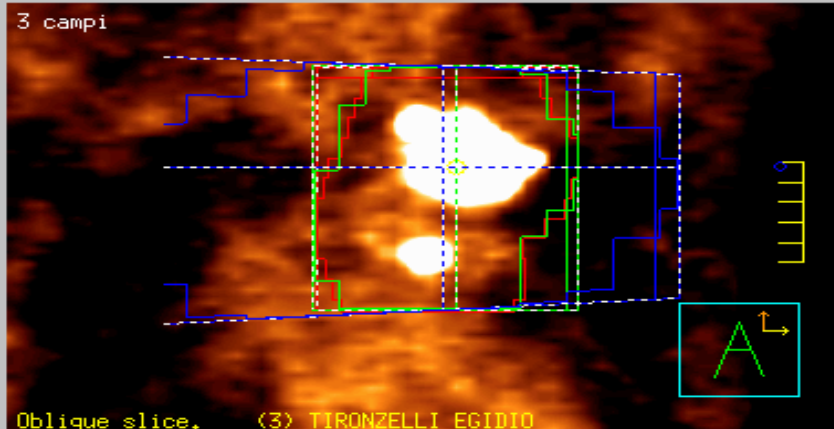
Oblique slice. (3) TIRONZELLI EGIDIO

3 campi



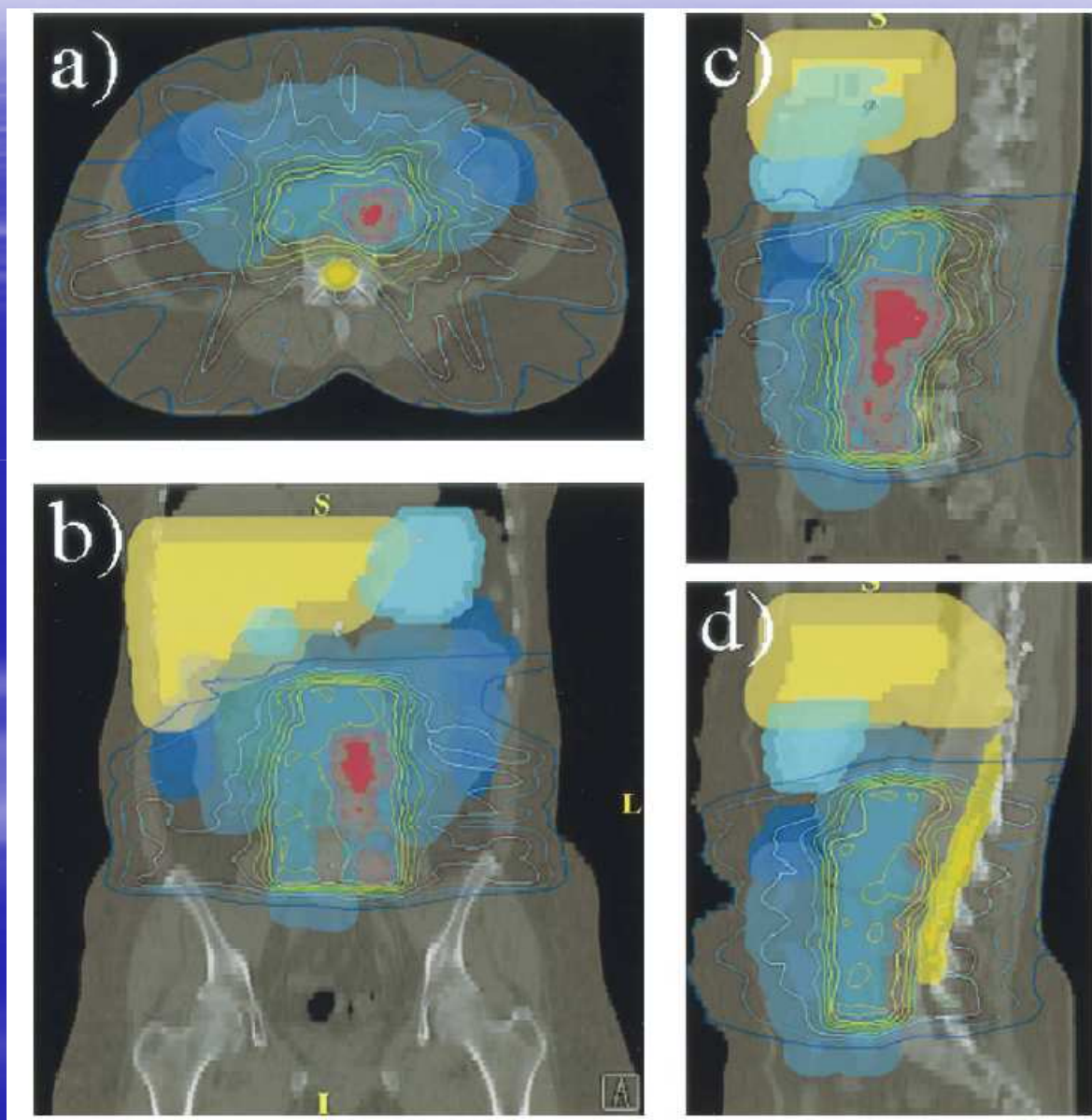
Oblique slice. (3) TIRONZELLI EGIDIO

3 campi



Oblique slice. (3) TIRONZELLI EGIDIO

# Carcinoma delle cervice uterina con metastasi lomboaortiche

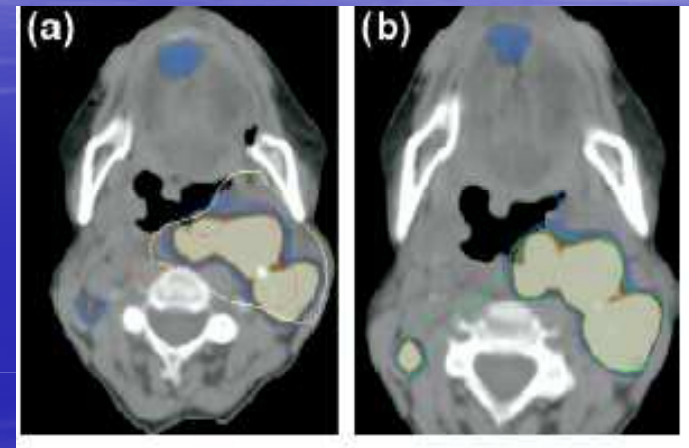
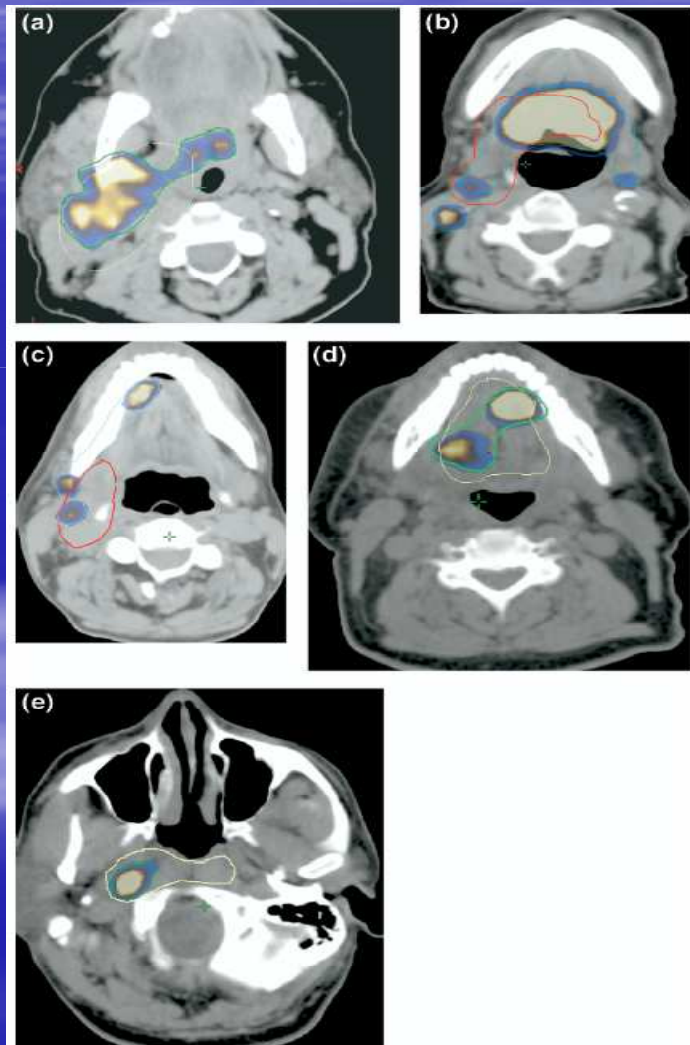




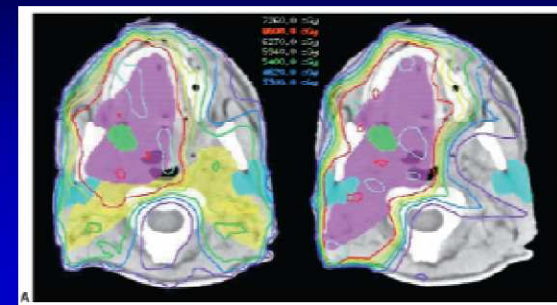
L'impiego della PET-TC e della radioterapia ad intensità modulata consentono di somministrare dosi elevate ai linfonodi patologici



# Neoplasie del distretto testa-collo



**GTV: CT v PET-CT**  
Use of PET-CT may reduce GTV/CTV

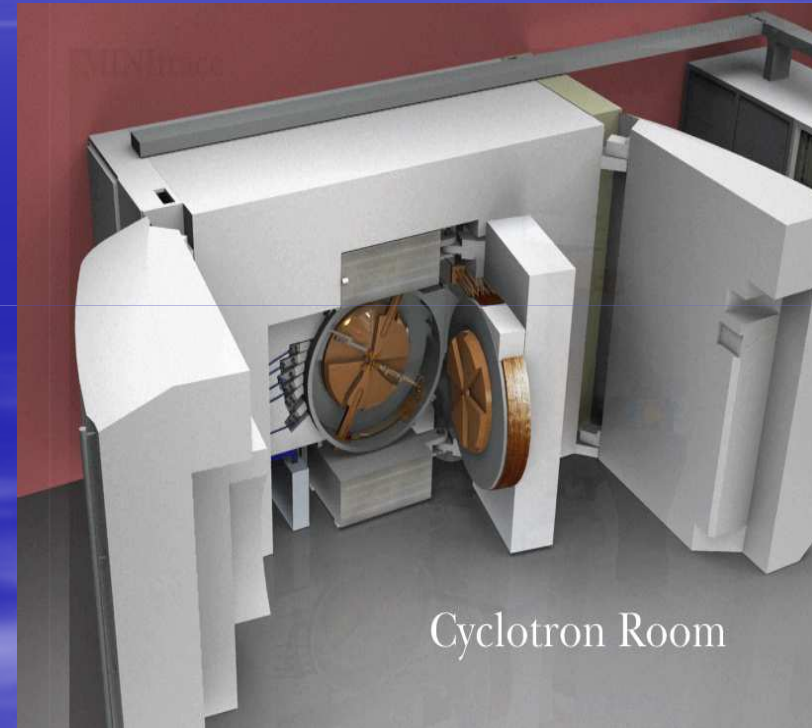


From Schwartz, Ford, Rajendran, et al., Head & Neck 27(6): 478-487, 2005.

## PET/TC



## Ciclotrone



# Nuovi Traccianti: Ipossia

Tessuti ipossici sono meno radiosensibili

**$^{18}\text{F}$ -MISO:** tumori prostata  
testa-collo  
NSCLL  
gliomi



**incremento di dose ?**

# INCREMENTO DI DOSE

- Limite tossicità ai tessuti sani

- RT ad intensità modulata

- RT stereotassica

- Radiochirurgia

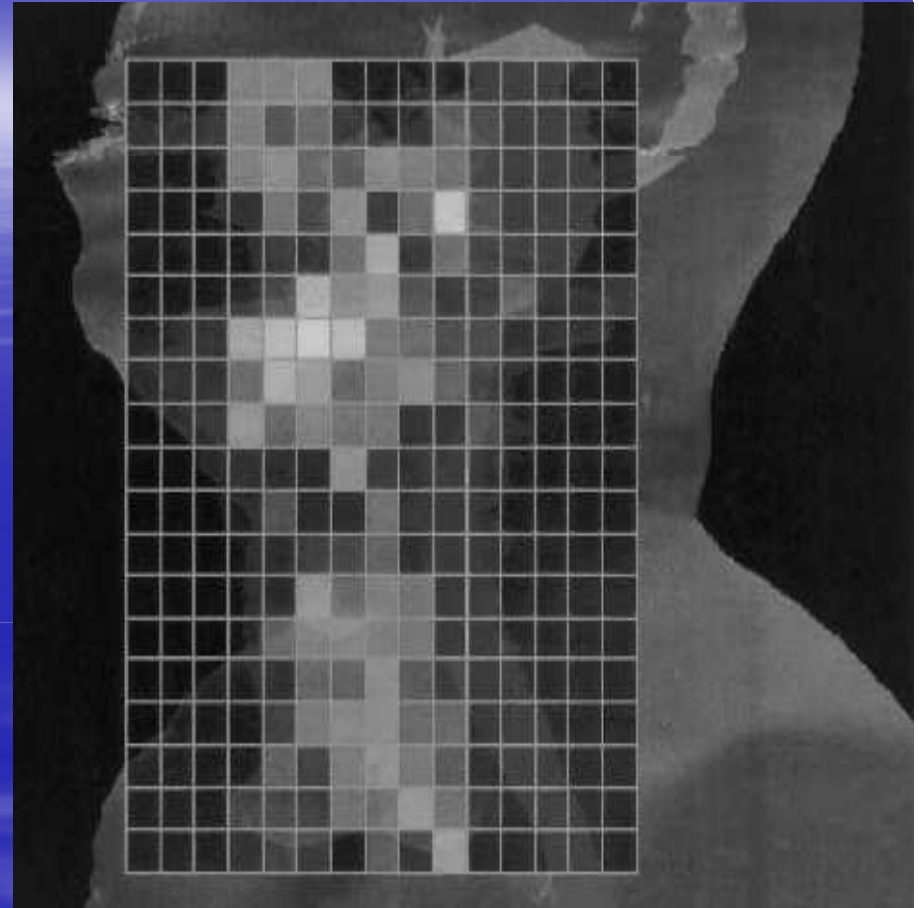
- Radioterapia intraoperatoria

- Brachiterapia



**TECNICHE  
SPECIALI  
INNOVATIVE**

# RADIOTERAPIA AD INTENSITA' MODULATA IMRT



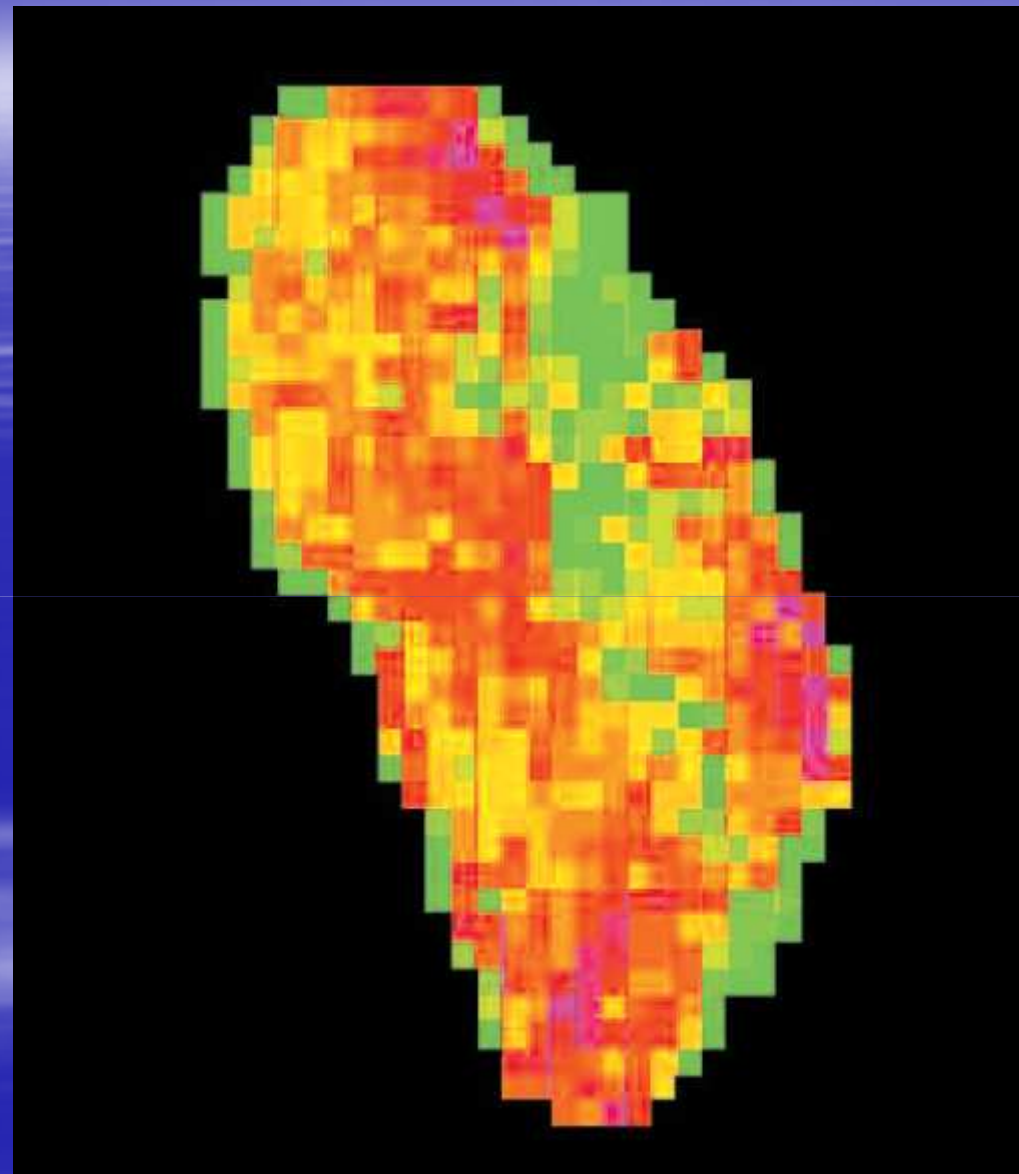
IMRT è una avanzata forma di RT conformazionale in grado di conformare alte dosi al tumore con risparmio dei tessuti normali.

Impiega multipli fasci, ognuno dei quali suddiviso in numerosi fascetti, di diversa intensità.

Questo permette una modulazione fine della intensità di dose che è "depositata" in ogni punto specifico ad un livello differente.

# IMRT

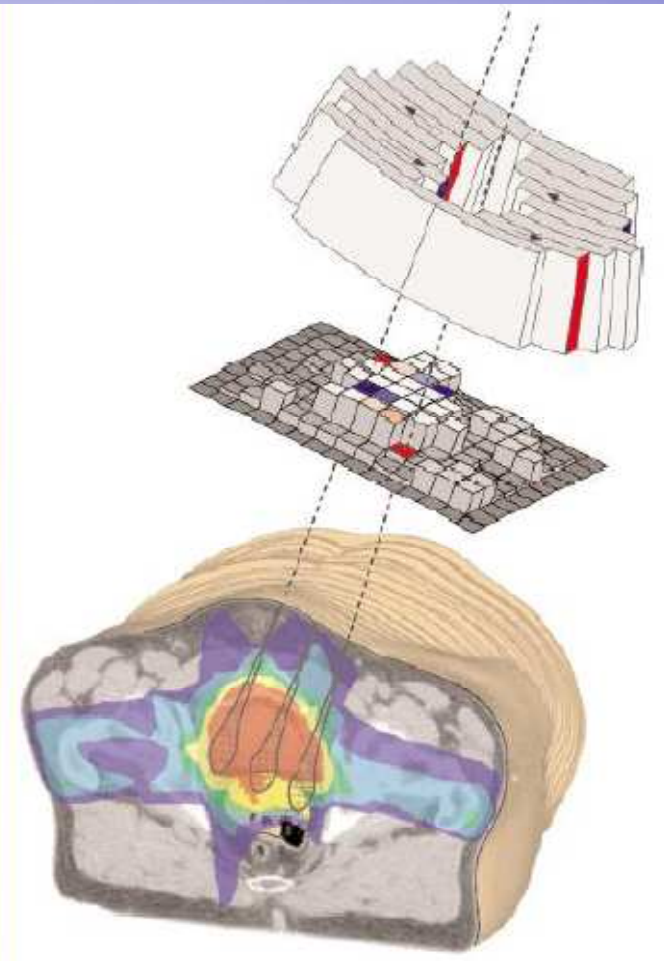
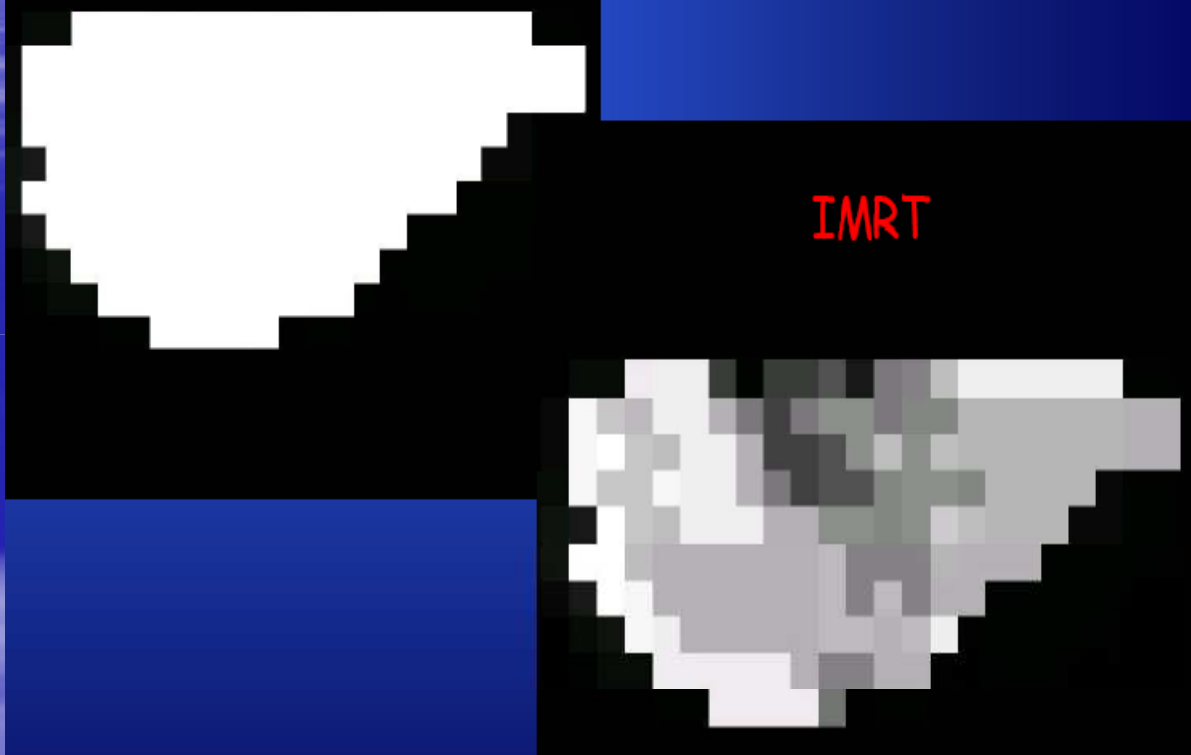
- Negli Acceleratori Lineari dedicati alla IMRT l'intensità del fascio di radiazioni è modulata in modo da poter ottimizzare la distribuzione di dose nel volume bersaglio
- L'intensità del fascio è calcolata con algoritmi specifici
- In questo approccio vengono selezionati i parametri desiderati, relativi alla distribuzione di dose nel volume bersaglio e ai limiti di dose agli organi a rischio (**inverse treatment planning**)





# Fascio modulato in intensità

conformazionale



# IMRT: Intensity Modulation Radiation Therapy

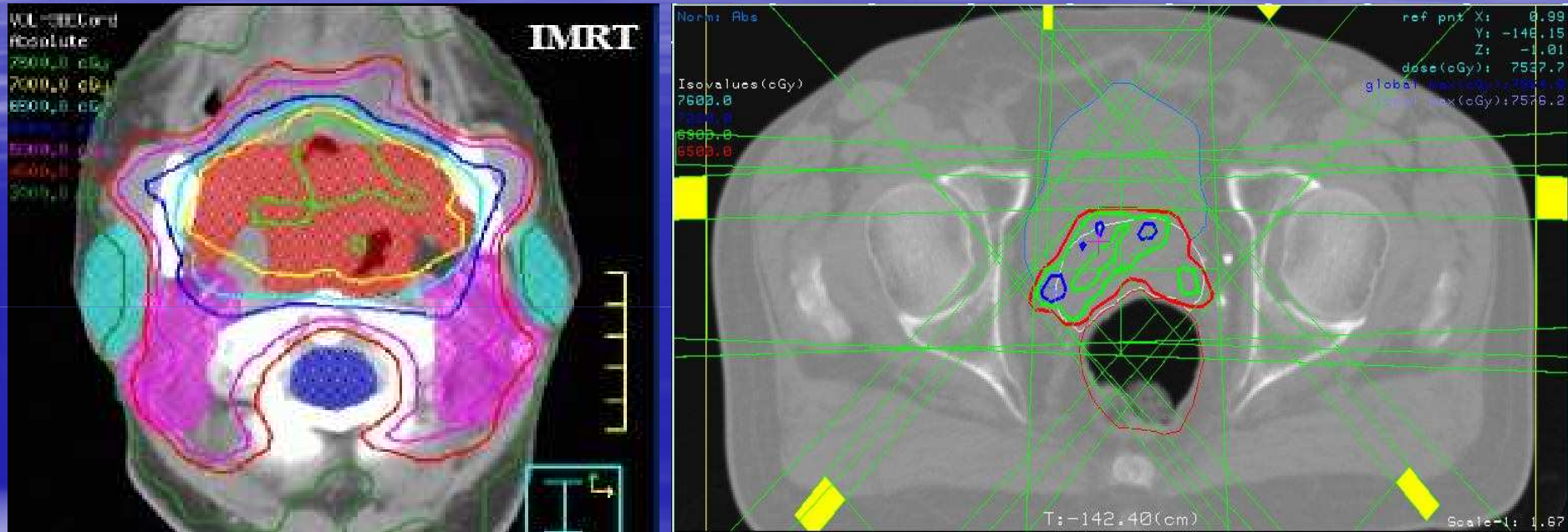
## INDICAZIONI:

1. Volume bersaglio con morfologia irregolare e in prossimità di organo a rischio (OAR).
2. Volume di interesse in prossimità di strutture precedentemente irradiate.
3. Necessità di dose escalation.

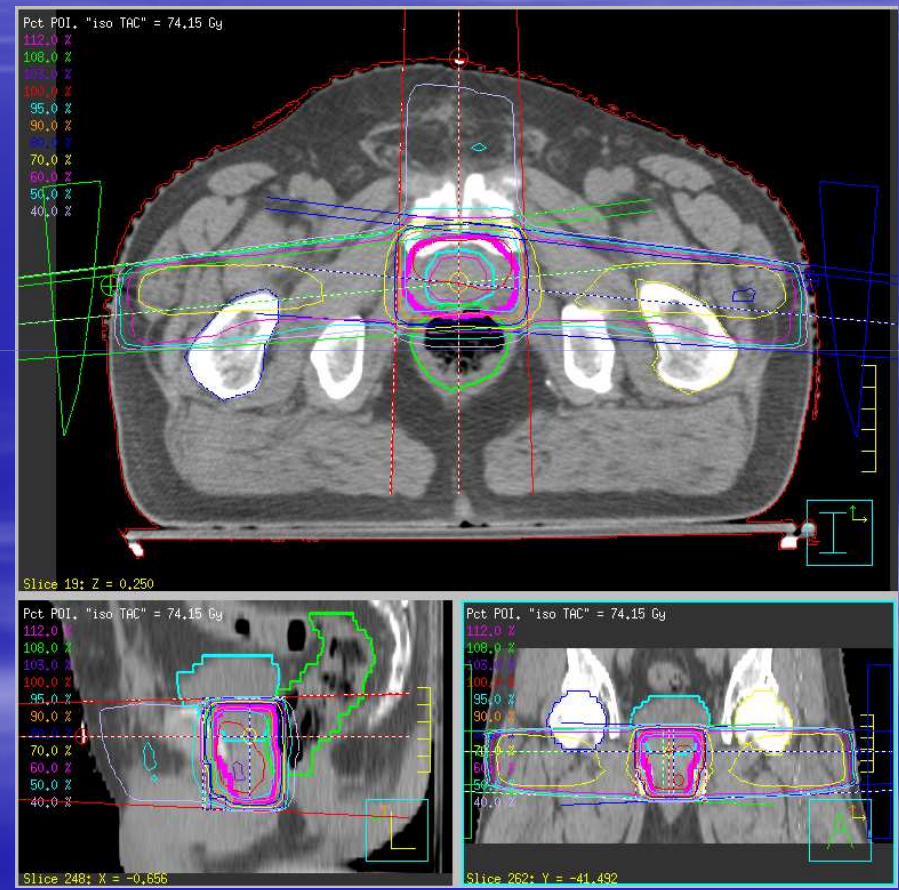
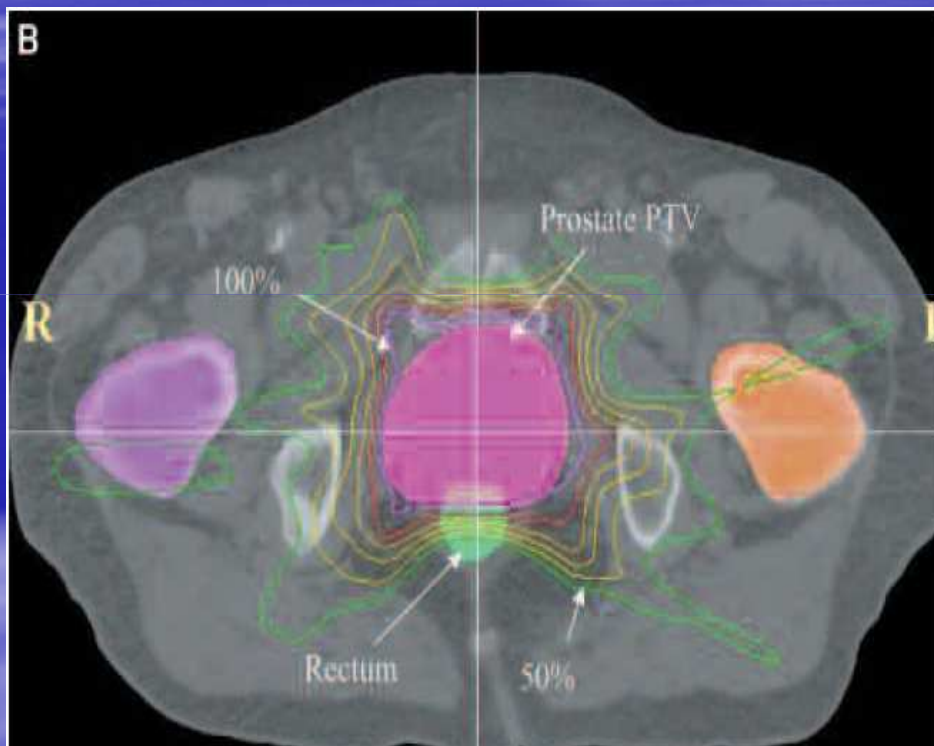
**“IMRT planning is clinically indicated when highly conformal dose planning is required”  
“Radiation Oncology User’s Guide”.**

**ASTRO, 2002**

# IMRT: Intensity Modulation Radiation Therapy



IMRT Surveys: l'utilizzo della IMRT è stato inizialmente lento e poi sempre più rapido. Nel 2002, il 32% dei radioterapisti utilizzava l' IMRT, nel 2004 la percentuale era salita al 74%.



## Vantaggio IMRT rispetto alla RT 3D-conformazionale:

- ✓ migliora la conformità di dose al volume bersaglio
- ✓ aumenta il differenziale di dose tra target e OR



### **Permette l'incremento di dose :**

miglior controllo locale  
ridotto rischio di effetti collaterali



**IPOFRAZIONAMENTO**

# TOSSICITA'

IMRT diversa distribuzione di dose rispetto ai trattamenti standard



Riduzione tossicità

## Potenziali nuove tossicità

Congiuntiviti in pazienti trattati per meningioma

## Secondi tumori

# TUMORI TESTA COLLO: NUOVE STRATEGIE

## OBIETTIVI

Aumentare l'efficacia del trattamento  
Ridurre gli effetti collaterali

- **Schemi di frazionamento non convenzionali**
- **Associazione di RT con radiosensibilizzanti, citotossici, terapie con target molecolare**
- **Nuove tecniche di irradiazione**

# MARCH

*Meta-Analysis of Radiotherapy in Carcinomas of Head and Neck  
Collaborative Group  
Bourhis J IJROBP, 2002*

**15 STUDI RANDOMIZZATI (1970-1998) (6515 pts)  
RT fraz. Convenzionale vs RT accelerata e iperfrazionata**

**RT NON CONVENZIONALE  
INCREMENTO IN SOPRAVVIVENZA  
3% (a 5 anni)  
(36% vs 39%,  $p=0.003$ )**



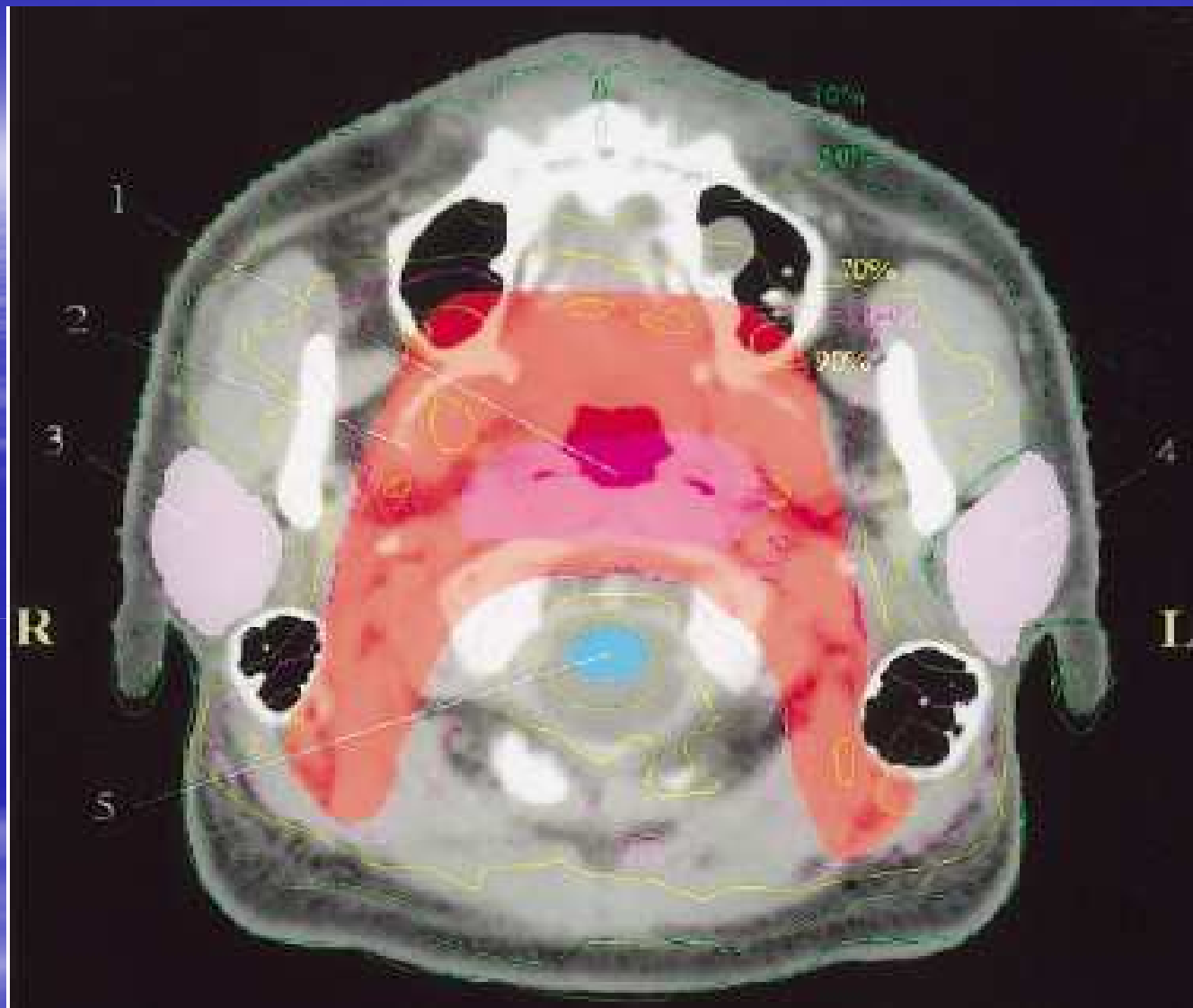
# MARCH

*Meta-Analysis of Radiotherapy in Carcinomas of Head and Neck  
Collaborative Group  
Bourhis J IJROBP, 2002*

**15 STUDI RANDOMIZZATI (1970-1998) (6515 pts)  
RT fraz. Convenzionale vs RT accelerata e iperfrazionata**

**RT NON CONVENZIONALE  
INCREMENTO IN CONTROLLO  
LOCALE**

**7% (a 5 anni)  
(46% vs 53%,  $p=0.0001$ )**



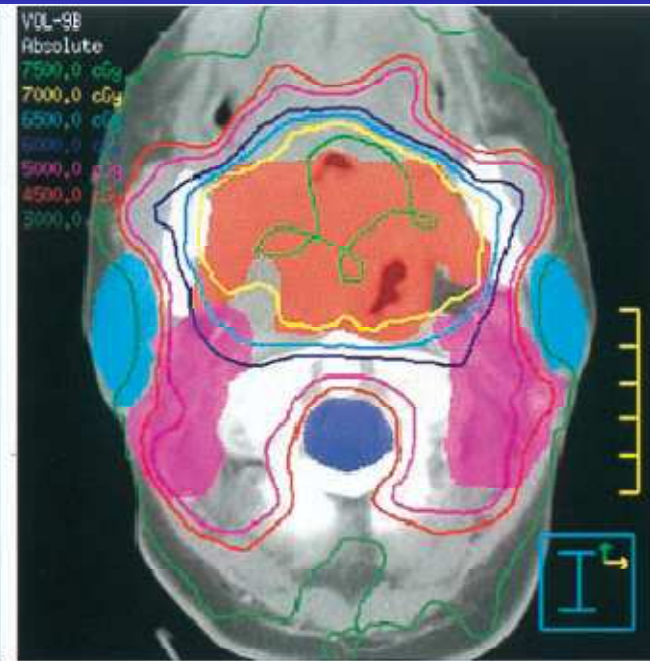
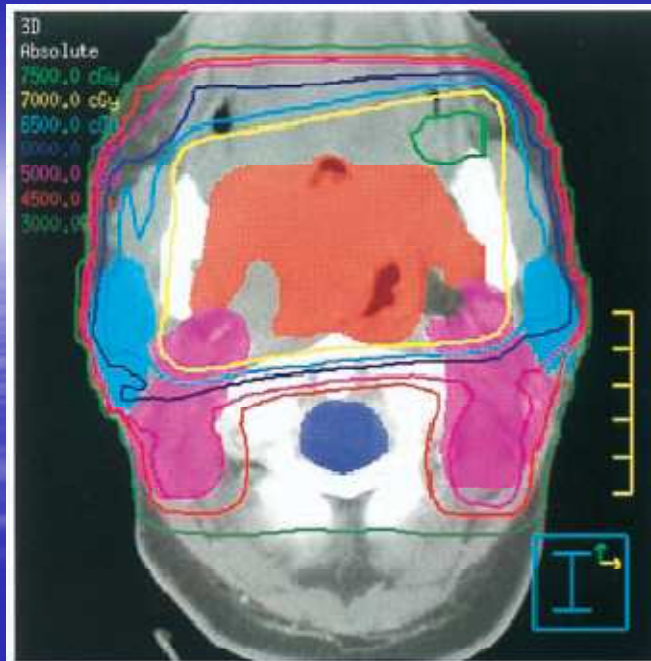
Isodosi con piano IMRT:

1: GTV; 2: PTV; 3: R parotide; 4: L parotide; 5: midollo spinale.

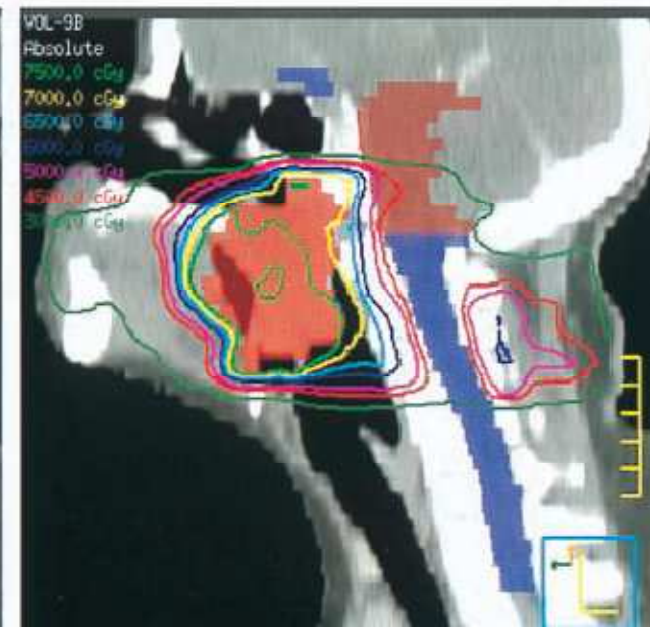
La maggior parte della gh parotide riceve 24.6 Gy (the 30%-isodose)

*Kwong, Cancer 2004*

3D-CRT



IMRT



7500

7000

6500

6000

5000

4500

3000

# **IMRT nel carcinoma mammario**

**1. particolari condizioni in cui la tecnica convenzionale non è in grado di offrire una buona copertura del target e/o rispetto degli OAR.**

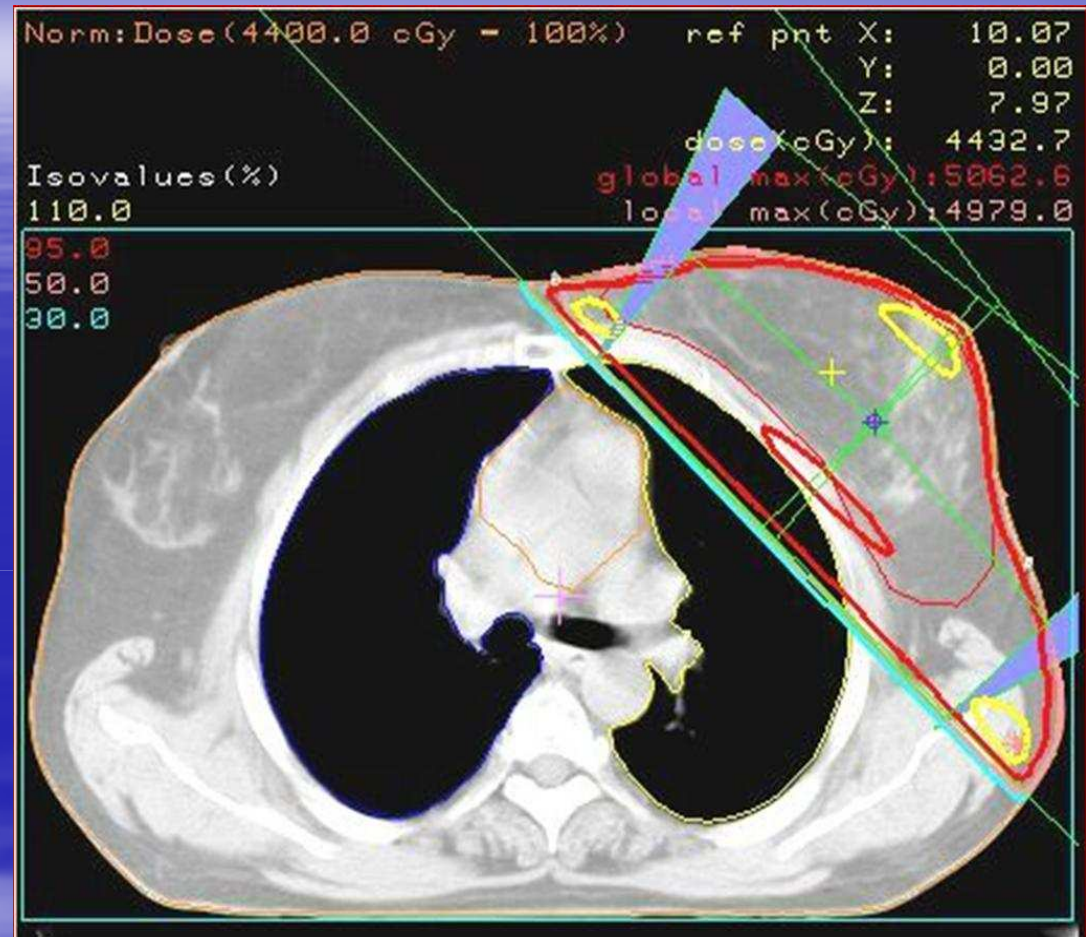
**2. irradiazione parziale della mammella**

Nella maggior parte dei casi....

## 3D-CRT



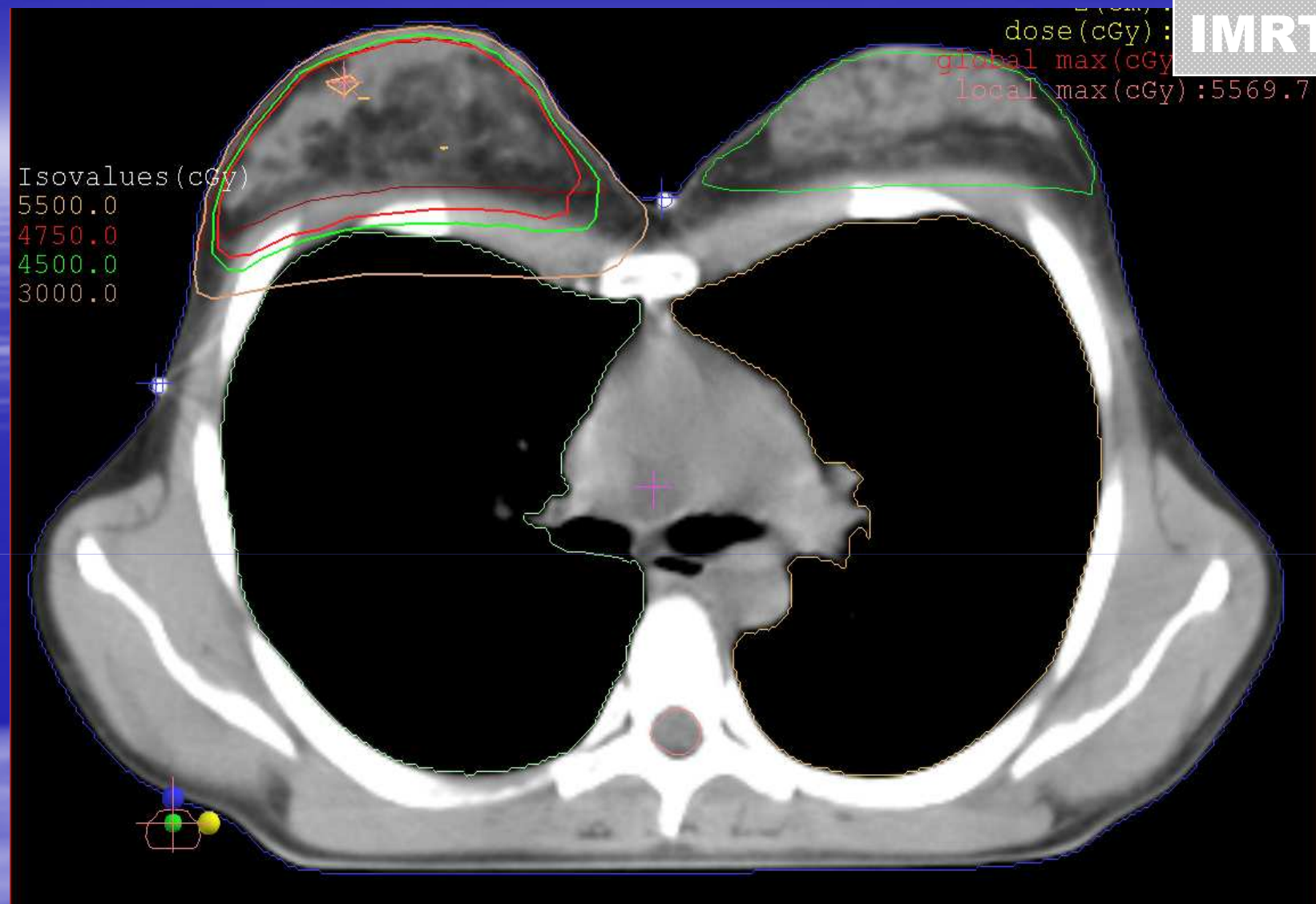
- buona copertura del target
- rispetto degli organi a rischio (OAR)



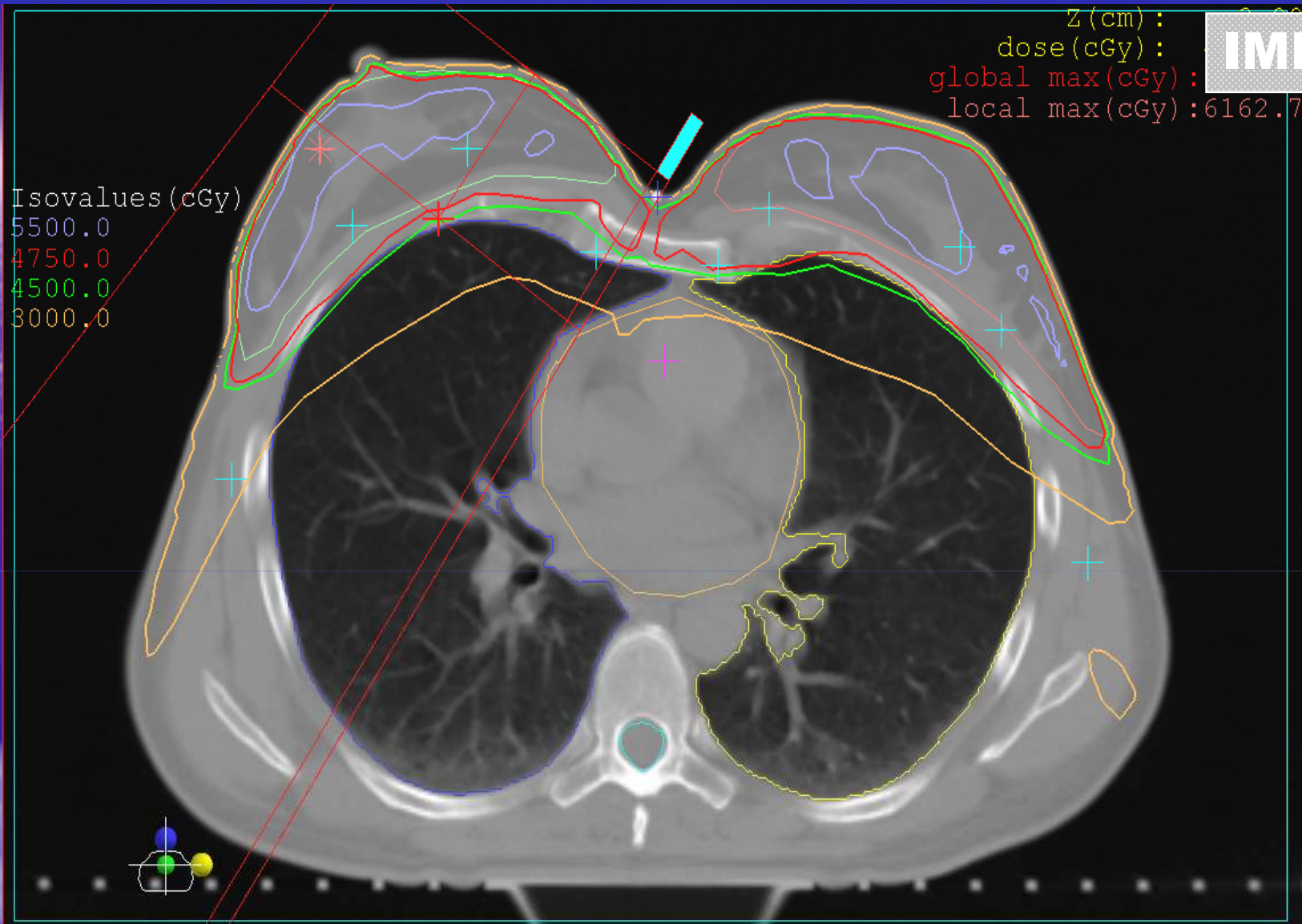
**IMRT**

dose (cGy) :  
global max (cGy)  
local max (cGy) : 5569.7

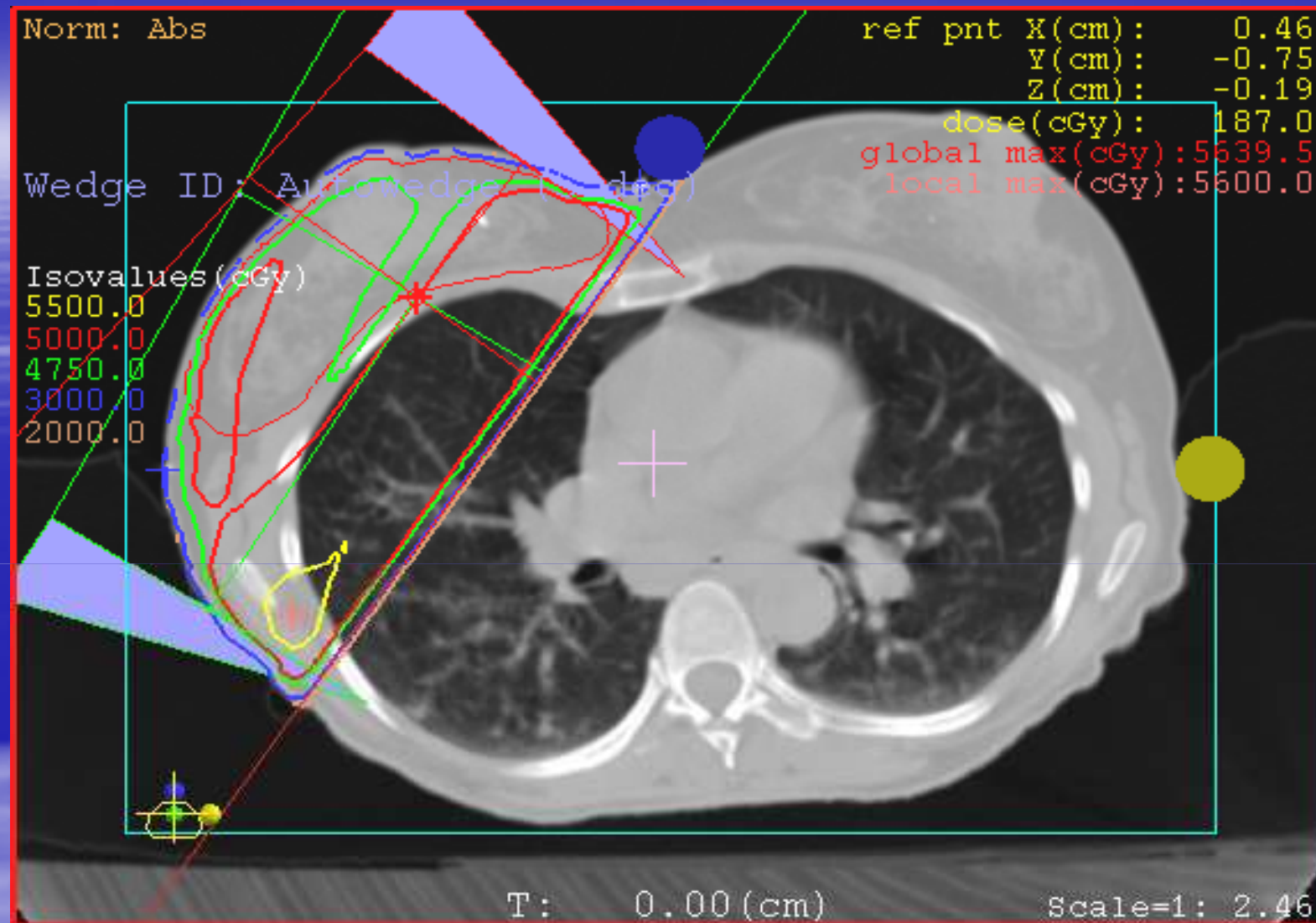
Isovalues (cGy)  
5500.0  
4750.0  
4500.0  
3000.0



**Petto escavato**



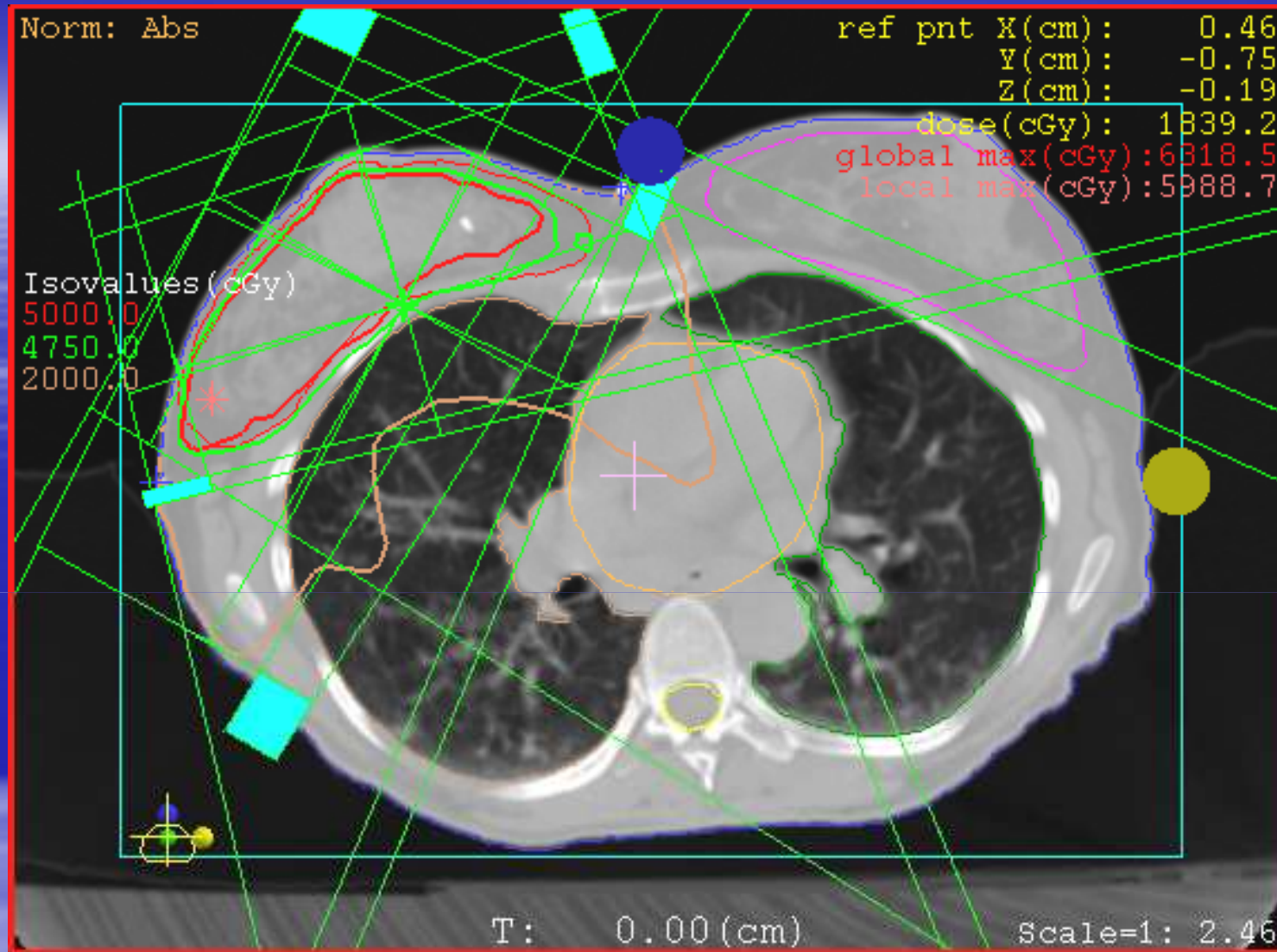
Carcinoma mammario bilaterale in pectus excavatum



Inaccettabile volume polmonare in paziente trattata con campi tangenti



IMRT



## Stessa paziente trattata con tecnica IMRT

[rosso= 50 Gy isodose (100% prescribed dose isodose);  
Verde chairo= 47,5 Gy isodose (95% prescribed dose isodose)]

# RITRATTAMENTI

La RT è una modalità terapeutica efficace nel trattamento del dolore da metastasi ossee e nella prevenzione delle complicazioni.

Una risposta completa o parziale al trattamento si osserva nel 70–78% dei pazienti trattati a 6 mesi dalla RT.

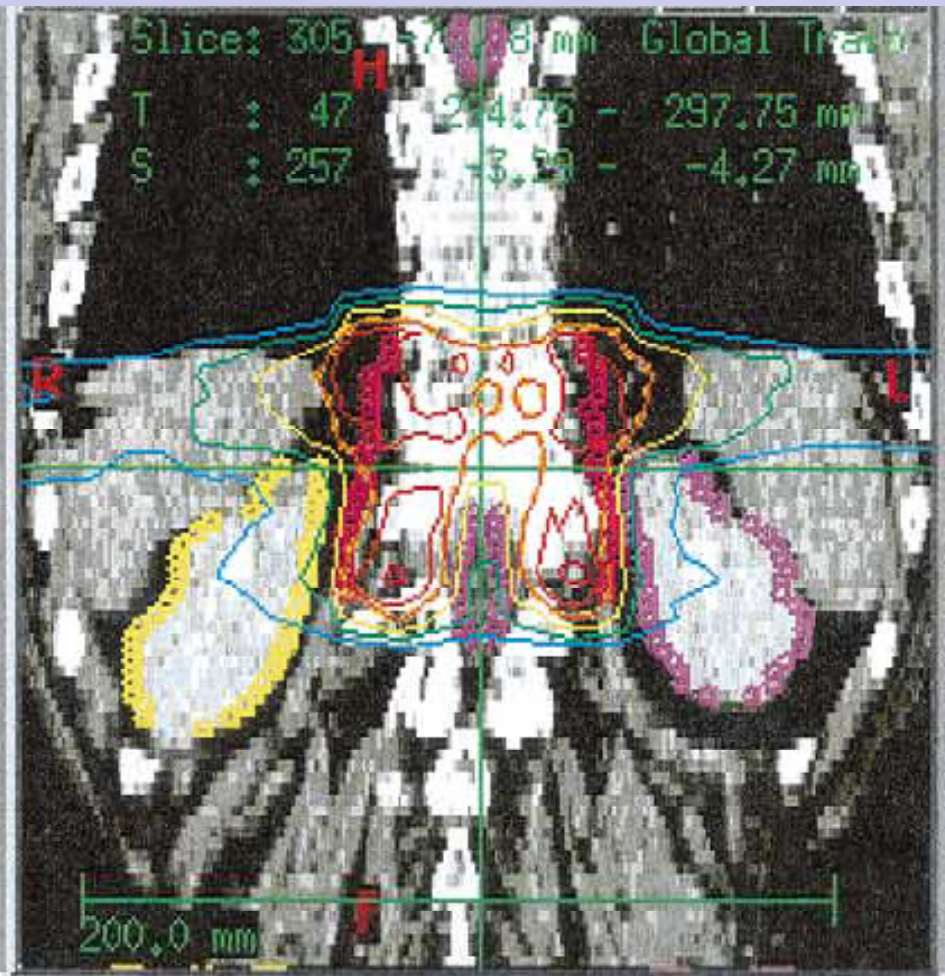
Molti pazienti tuttavia sviluppano una ricorrenza dei sintomi quali dolore o deficit neurologici, tra le 14 e le 47 settimane dopo il trattamento.



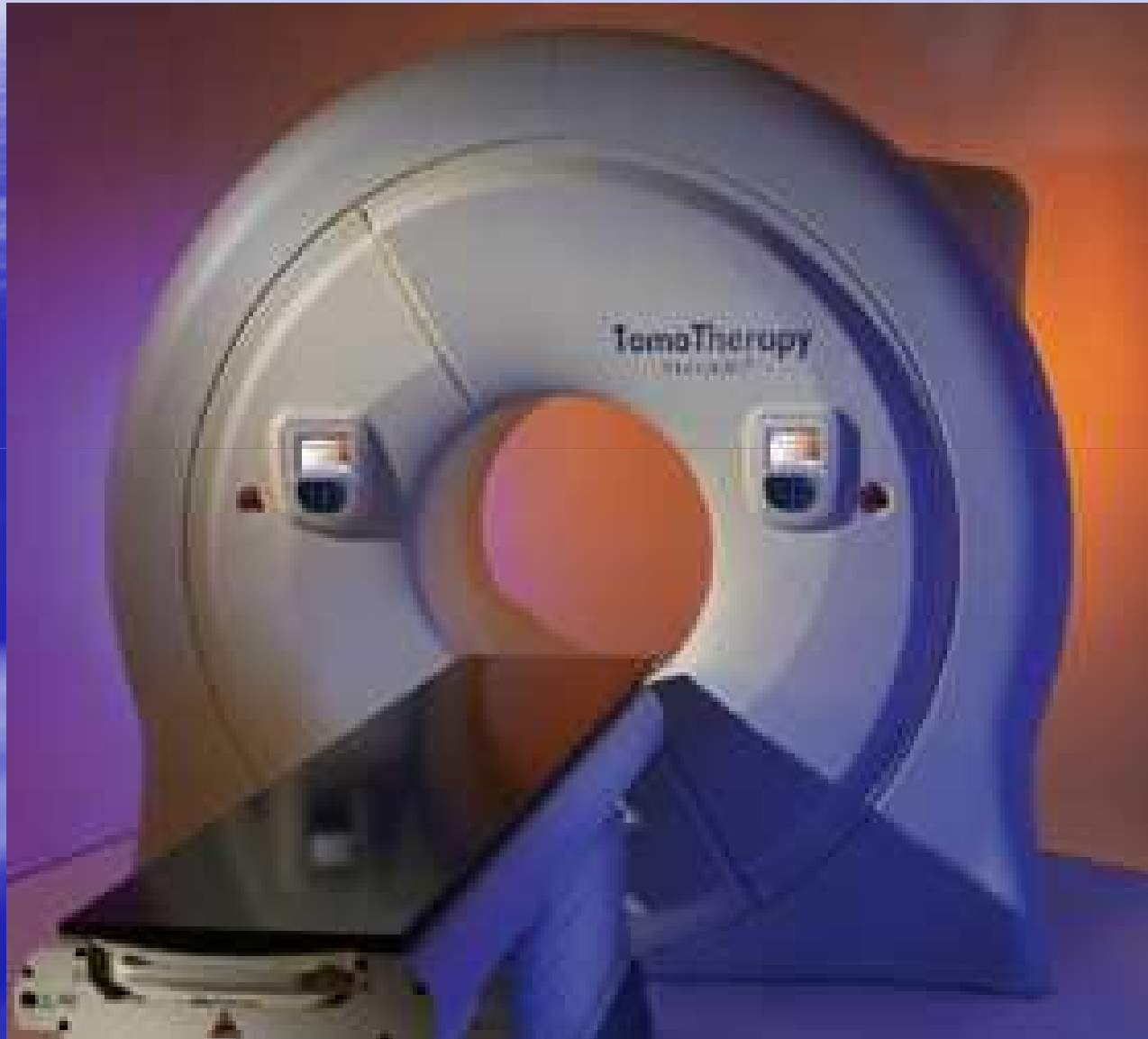
## IMRT



*Zabel, Clin Persp 2005*



# TOMOTERAPIA



Il fascio ad intensità modulata è indirizzato in maniera elicoidale, consentendo un'irradiazione a 360° intorno al paziente

**NO**

**Sistema composto da:**

acceleratore lineare che ruota di 360°

tomografo con raggi x di alta energia

sistema di modulazione del fascio radiante

- pericolo di collisione
- filtro a cuneo
- angolo gantry, collimatore, lettino
- comando pensile
- profilo o coordinate del MLC
- motorino del MLC
- dimensione campo/collimatori
- campo luminoso
- campo elettroni
- cono per elettroni

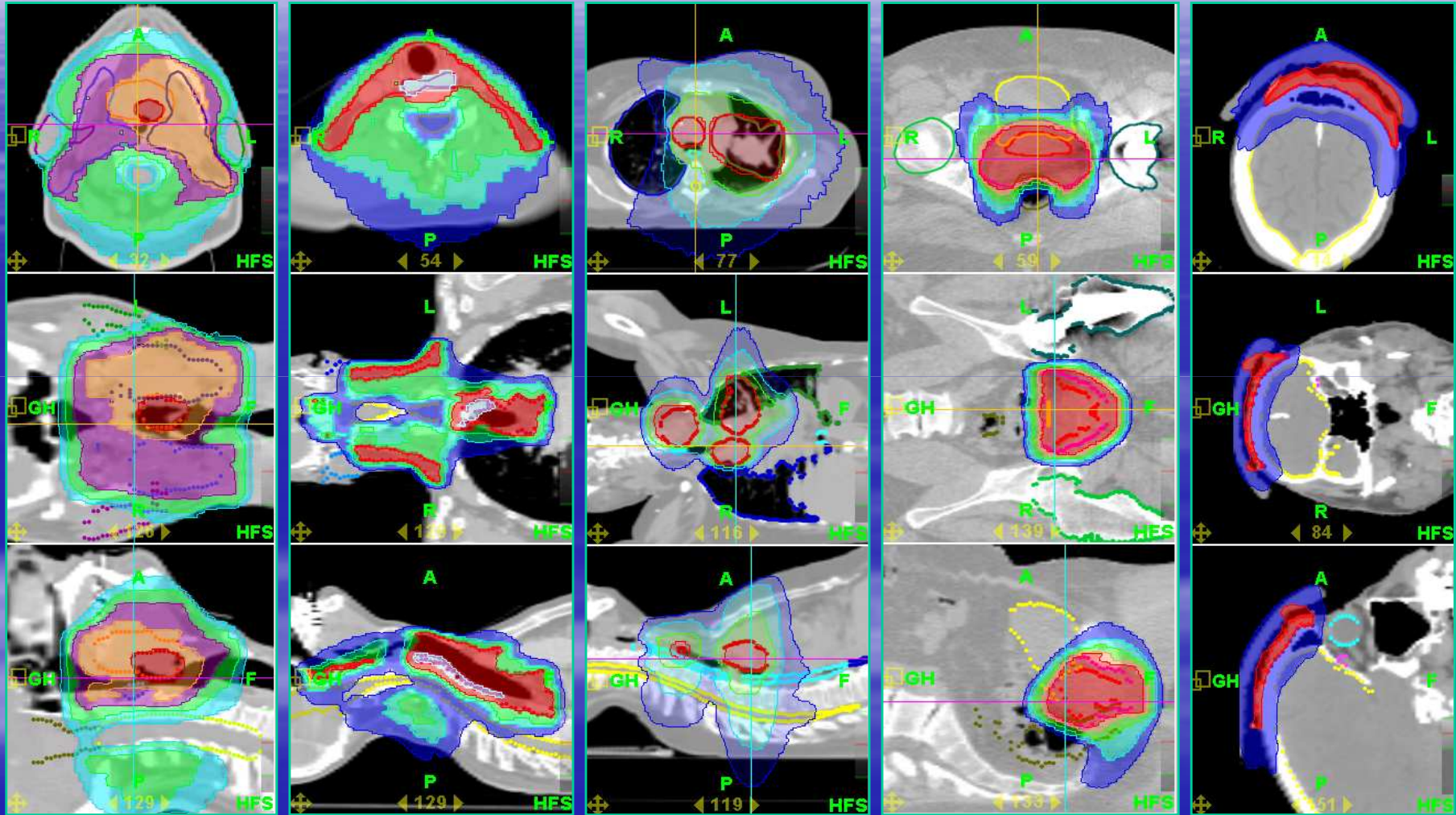
# Esempi di Trattamenti

Testa Collo

Polmone

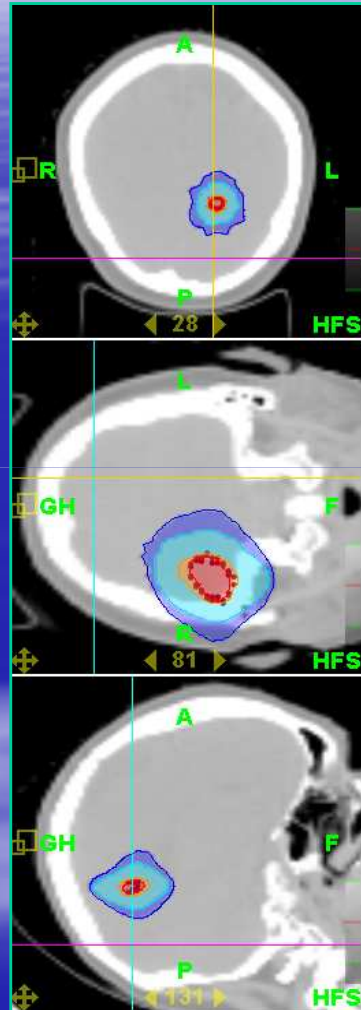
Prostata

Superficiale

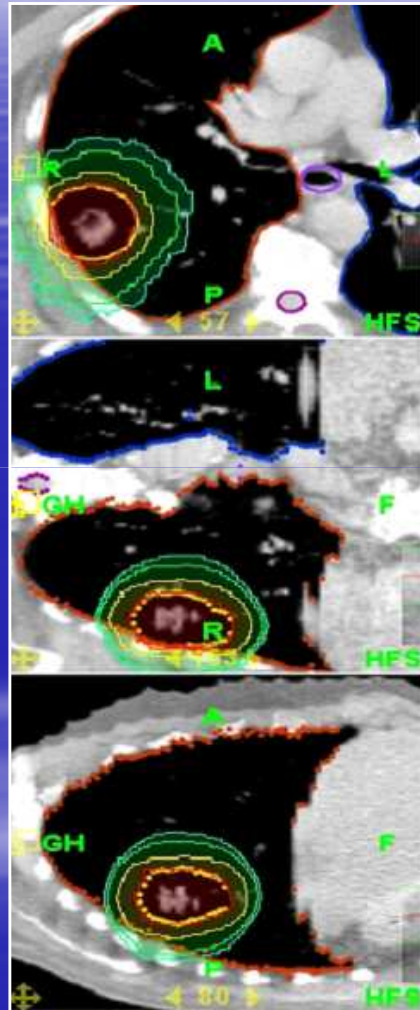


# Esempi di Trattamenti

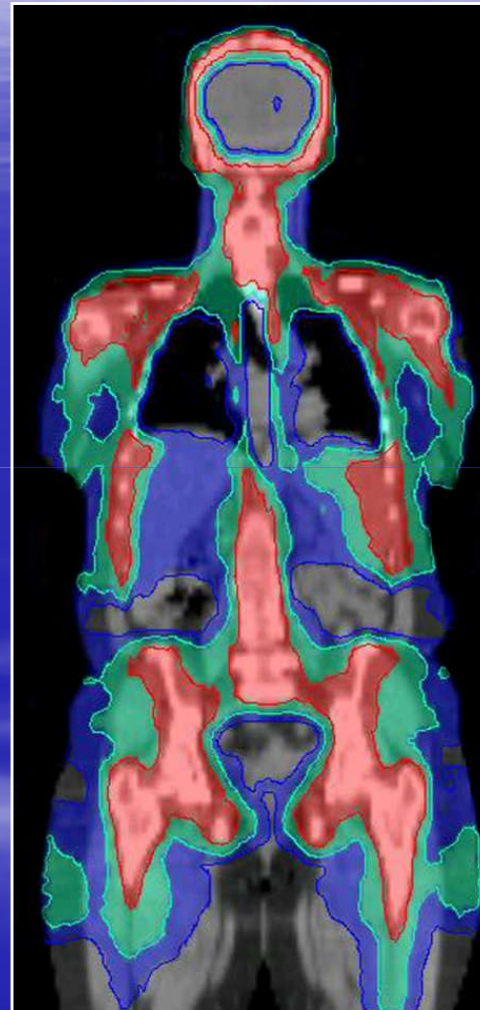
SRS/SRT



SBRT



TBI/TMI



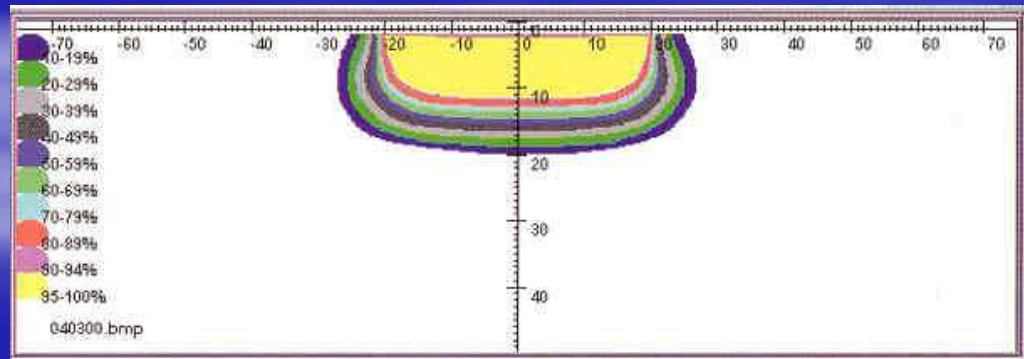
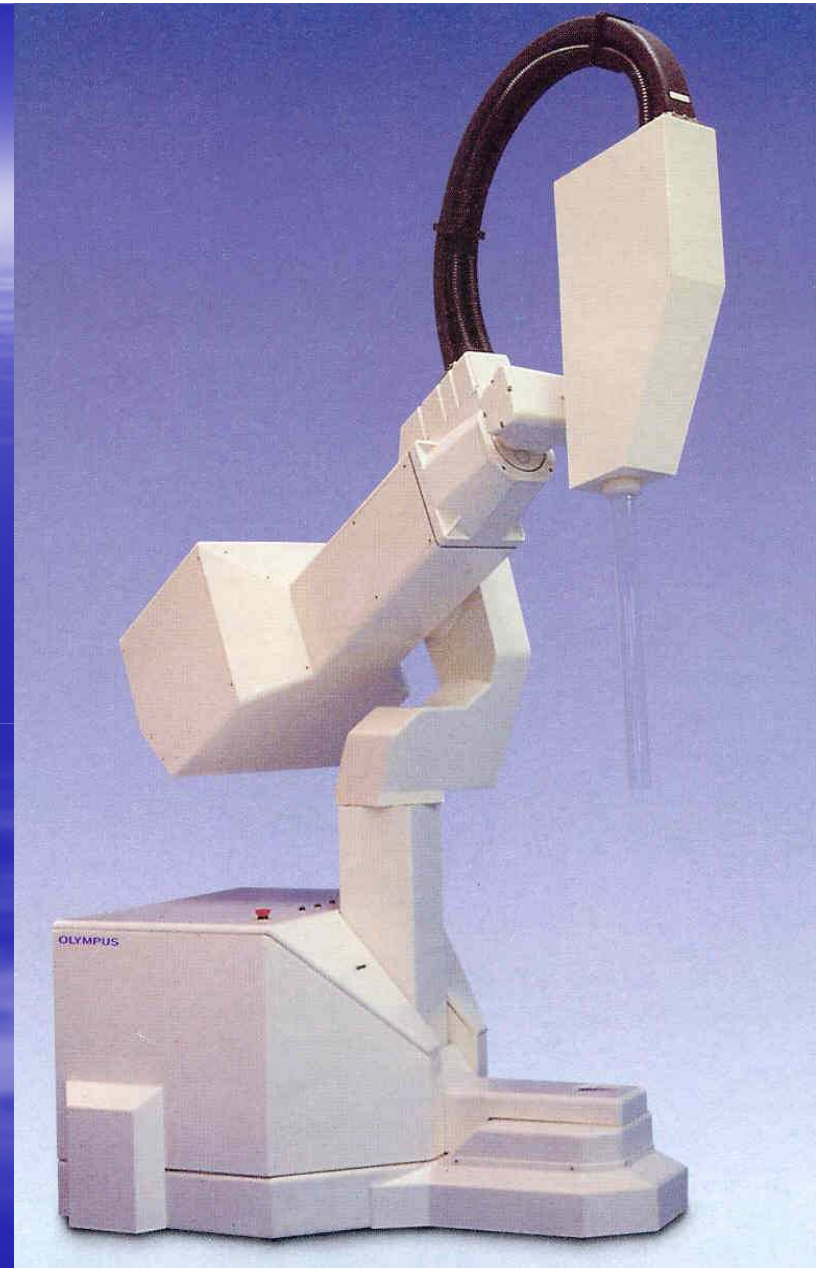
Craniospinale





# IORT

**LA RADIOTERAPIA  
INTRAOPERATORIA CONSENTE DI  
EROGARE UNA DOSE UNICA,  
ELEVATA , DI RADIOTERAPIA IN  
UN'AREA ANATOMICA ESPOSTA  
DIRETTAMENTE DURANTE  
L'INTERVENTO CHIRURGICO**



# Trattamento IORT



# INDICAZIONI ALLA IORT

- Neoplasie del retto localmente avanzato
- Recidive delle neoplasie del retto
- Sarcomi parti molli
- Neoplasie del pancreas operabili

# RADIOTERAPIA STEREOTASSICA

- Tecnica di irradiazione che somministra la dose prescritta in un volume bersaglio di piccole dimensioni localizzato in maniera stereotassica.
- La localizzazione stereotassica viene ottenuta grazie all'impiego di un frames, un sistema di coordinate fisso 3D, posto al di sopra della lesione/i da trattare.
- La RT stereotassica ha avuto un grande sviluppo solo negli ultimi anni, grazie all'introduzione delle metodiche computerizzate di imaging.

Per quanto riguarda il frazionamento della dose, la radioterapia stereotassica è divisa in due categorie: la *radiochirurgia stereotassica*, e la *radioterapia stereotassica*.

Nella **radiochirurgia**, una dose elevata (tra 12 e 30 Gy), viene somministrata in un'unica frazione.

Nella **radioterapia stereotassica**, invece, la dose totale viene somministrata secondo un trattamento frazionato, che porta alla suddivisione della dose in più sedute.

Fondamentale, in radioterapia stereotassica, è la precisione.

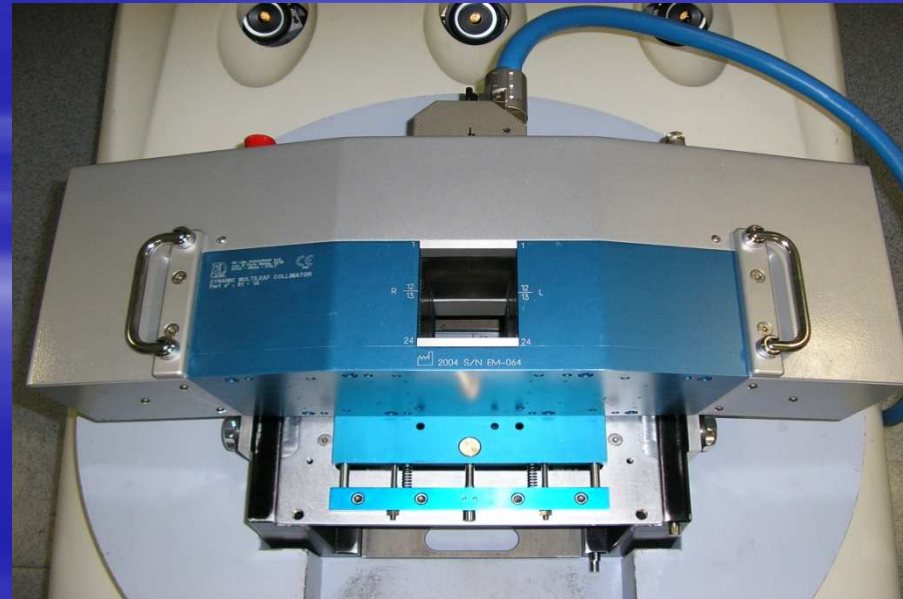
Per ottenerla, si basa su importanti dispositivi ausiliari, quali:

- *il sistema del casco stereotassico*
- *il frame*

} Definiscono un sistema di coordinate fisso per un'accurata localizzazione ed irradiazione del volume target;

- *il collimatore multilamellare dinamico,*

che consente di effettuare una conformazione dinamica dei raggi X durante i trattamenti radioterapici.



# STEREOTASSIA

PRESUPPOSTO DELLA METODICA E' CHE LA PORZIONE DI CORPO UMANO NEL CUI INTERNO ESISTE LA LESIONE ED IL "FRAME" (cornice che genera le coordinate Cartesiane) FORMINO UNA UNITA' INDISSOLUBILE CHE ESCLUDA OGNI MOBILITA' RECIPROCA

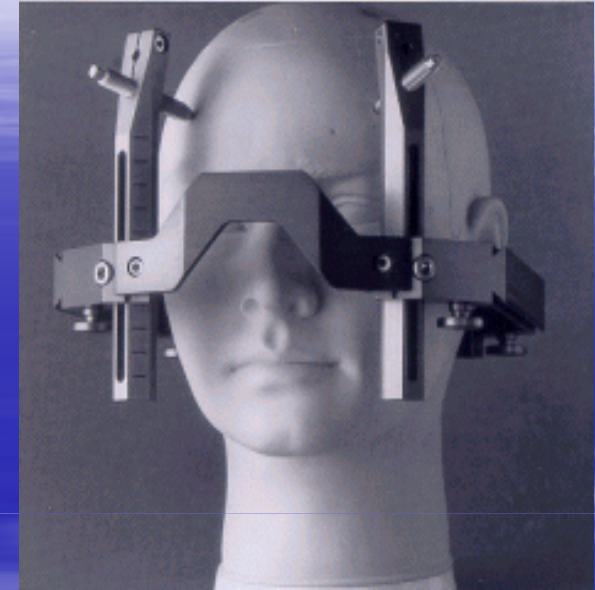
PER L'ENCEFALO QUESTO E' OTTENIBILE ATTRAVERSO LA FISSAZIONE CRUENTA CON VITI ANCORATE AL TAVOLATO CRANICO DEL CASCO STEREOTASSICO: **Radiochirurgia – SRS (12-25 Gy in frazione unica)**





# Casco stereotassico

Il casco stereotassico invasivo è un'apparecchiatura rigida a forma di un cubo cavo, che viene assicurato alla testa del paziente con delle viti

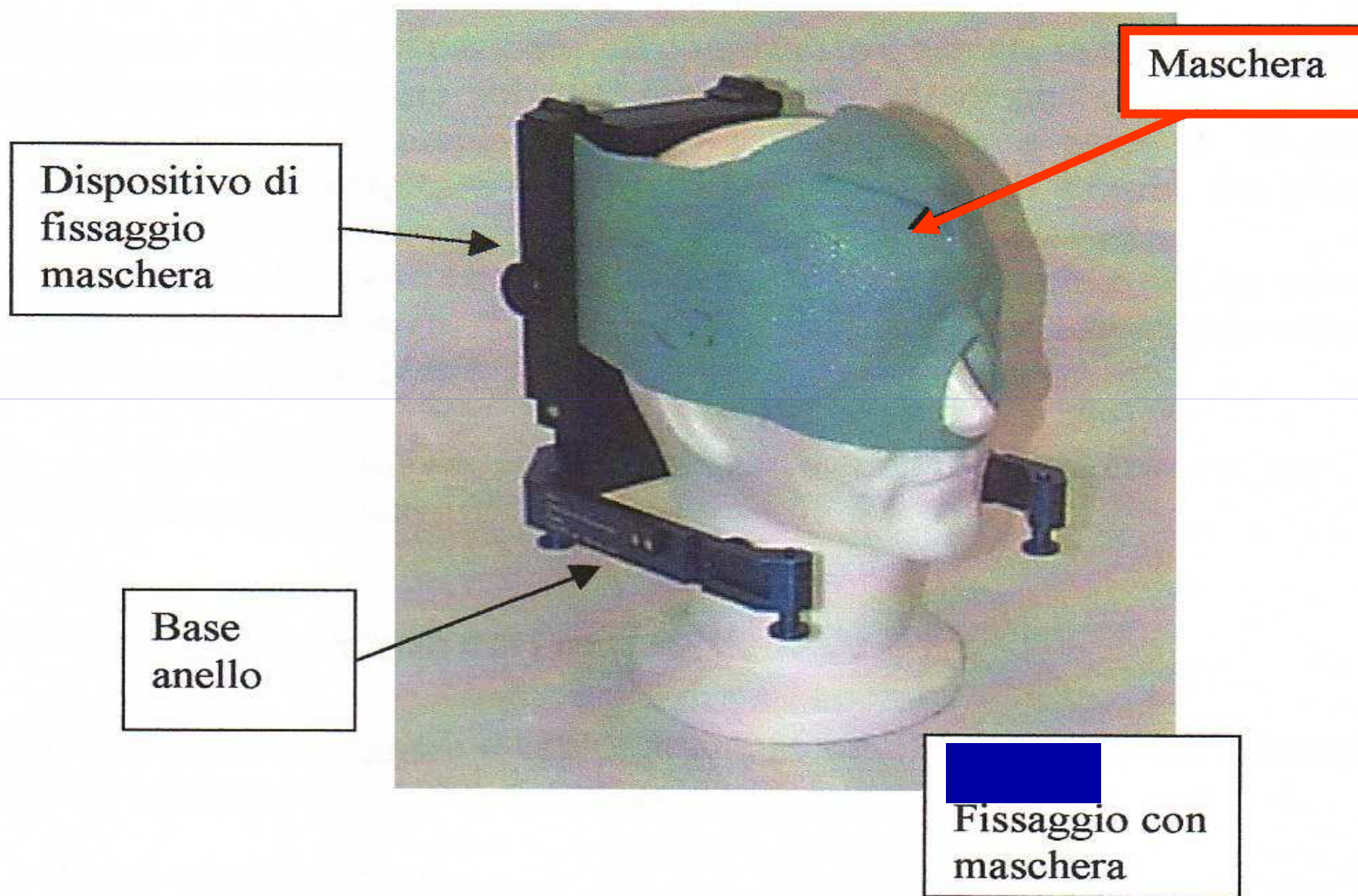


Il casco stereotassico riposizionabile, ha come obiettivo il dispensare dalla invasività del fissaggio del casco al corpo del paziente. Necessità di utilizzare la maschera termoplastica per immobilizzare la testa del paziente.

# STEREOTASSIA

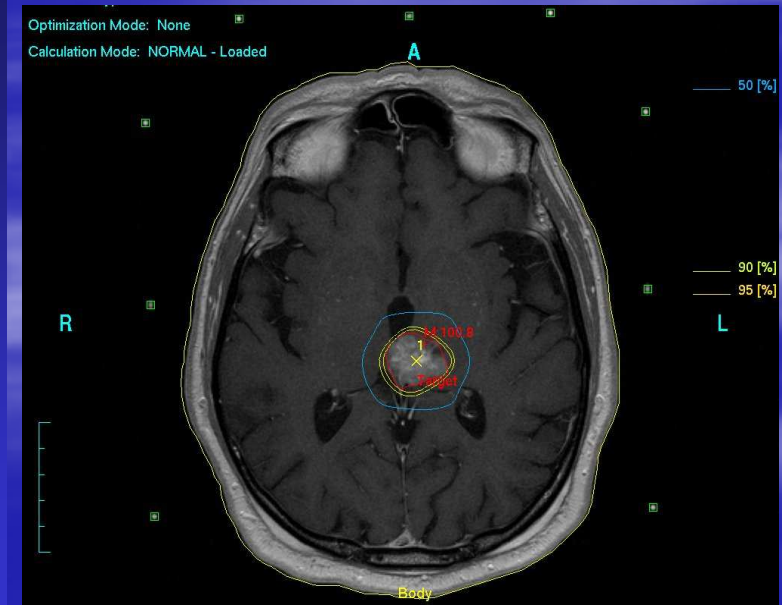
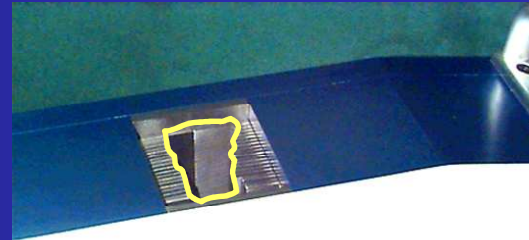
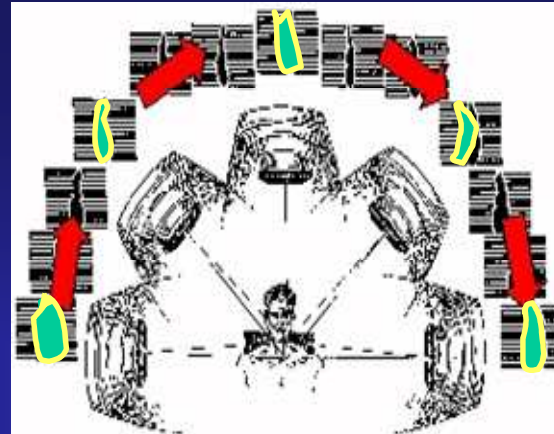
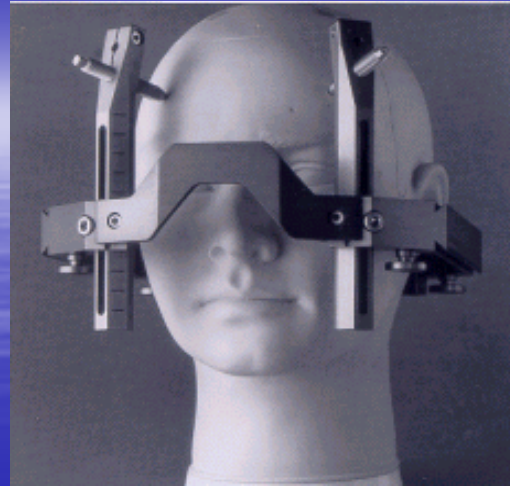
L'IMMOBILIZZAZIONE DEL PAZIENTE E'  
OTTENIBILE ANCHE CON L'USO DI MASCHERA  
e/o MORSO PERSONALIZZATI: **Radioterapia**  
**Stereotassica Frazionata – FSRT (3-30 frazioni)**

# Radioterapia stereotassica frazionata - FSRT





# RADIOTERAPIA STEREOTASSICA







Optimization Mode: None

Calculation Mode: NORMAL - Loaded

A

Brunetti

**Metastasi  
talamica sin.  
da NSCLC**

R

L

Body





Optimization Mode: None

Calculation Mode: NORMAL - Loaded

A

50 [%]

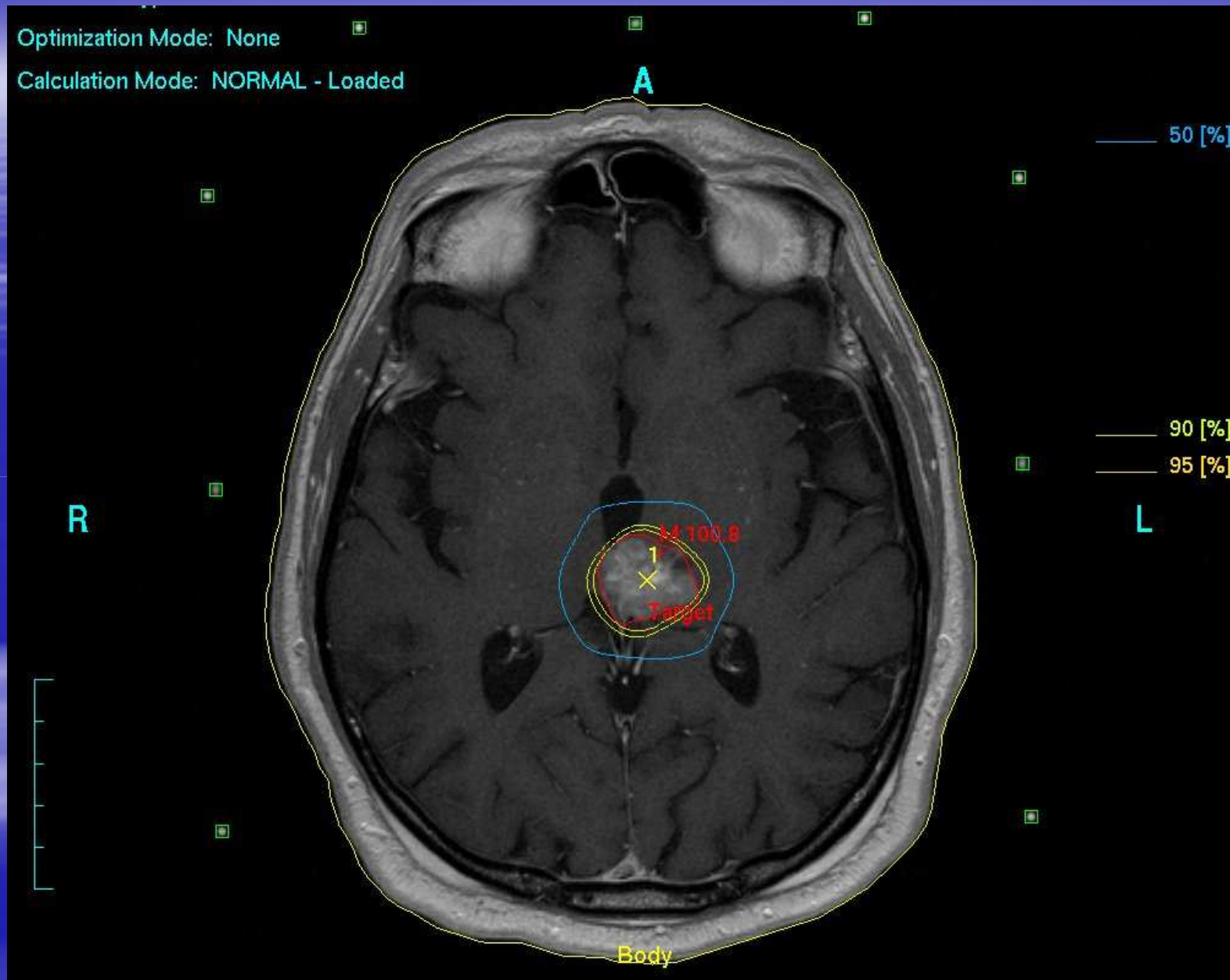
90 [%]

95 [%]

R

L

Body



Sc8/11



Met. da NSCLC

SRS 25 Gy

**RP** 80% dopo 2 mesi

L

W 2019

L 1010

# BRACHITERAPIA

- Una **dose elevata** è somministrata in un **periodo limitato di tempo** e in un **limitato numero di frazioni**.
- Le dosi ed il dose-rate impiegati potrebbero non essere tollerabili per i tessuti normali in un volume esteso quale quello comunemente usato in RT esterna.
- Questi possono essere invece utilizzati in brachiterapia per la **rapida caduta di dose intorno alle sorgenti** che consente di risparmiare le strutture sane circostanti il volume bersaglio
- Ovviamente il tumore deve essere accessibile ed i limiti tumorali ben definiti.

ICRU 38 divide i trattamenti brachiterapici in base al dose-rate in 3 categorie:

**basso dose-rate** (LDR) 0.4-2 Gy/h.

**medio dose-rate** (MDR) 2-12 Gy/h

**alto dose-rate** (HDR)  $\geq 12$  Gy/h

**Pulsed dose-rate** (PDR) che somministra la dose in un grande numero di piccole frazioni con brevi intervalli.

**Impianti permanenti**, che somministrano dosi estremamente elevate, (150 Gy), ad un dose-rate estremamente basso, in un tempo molto lungo, di mesi.

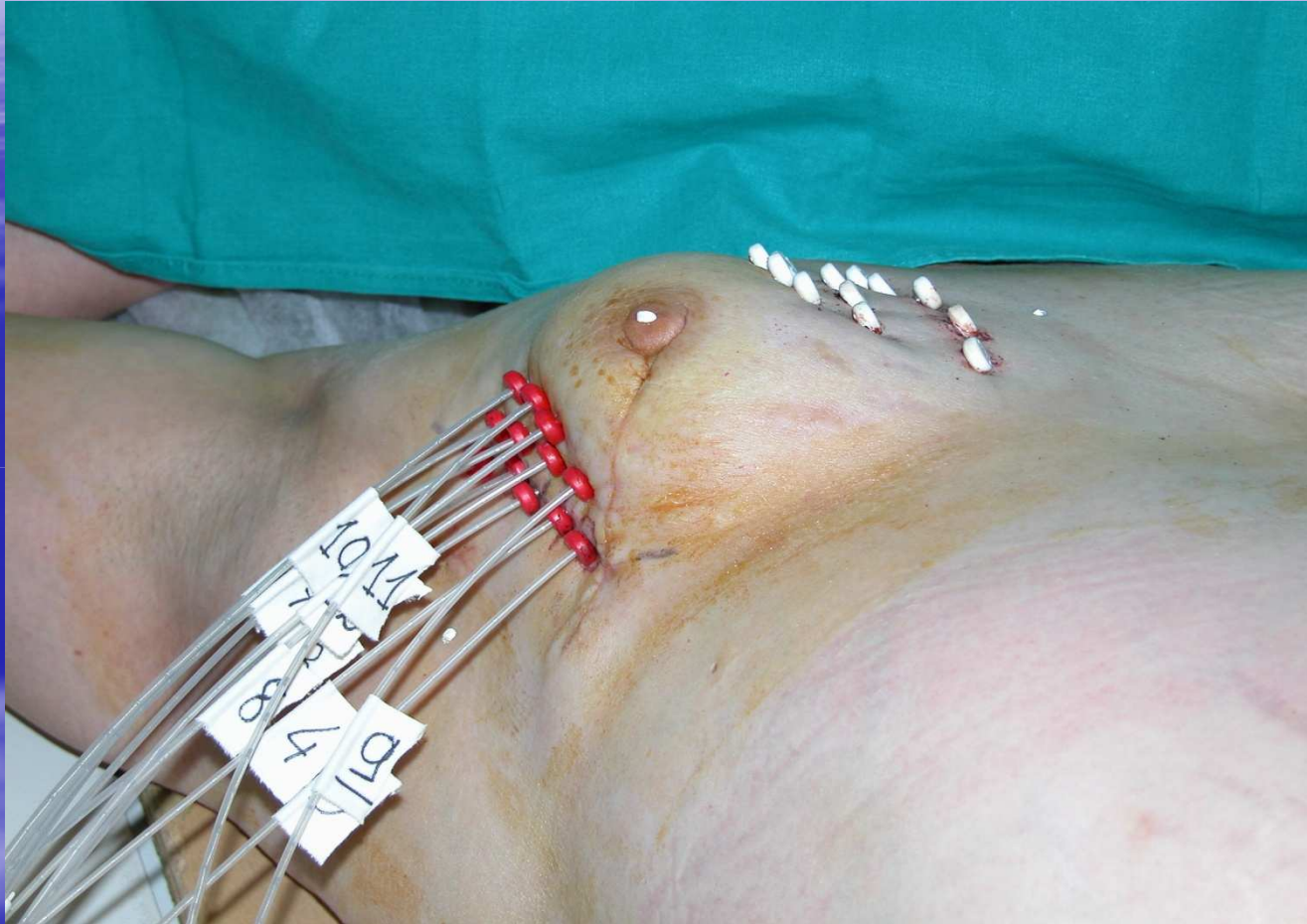
- In brachiterapia la distribuzione di dose è estremamente disomogenea. La dose è minima a distanza dalle sorgenti radioattive, ma dosi molto elevate sono somministrate nelle immediate vicinanze. Pertanto la dose media somministrata in un certo volume bersaglio è più alta rispetto a quella prescritta, che corrisponde alla dose prescritta alla periferia dell'impianto.
- È essenziale una perfetta geometria dell'impianto. Infatti, spostamenti anche di pochi millimetri delle sorgenti radioattive possono creare punti caldi o freddi.

# SORGENTI RADIOATTIVE UTILIZZATE IN BRACHITERAPIA

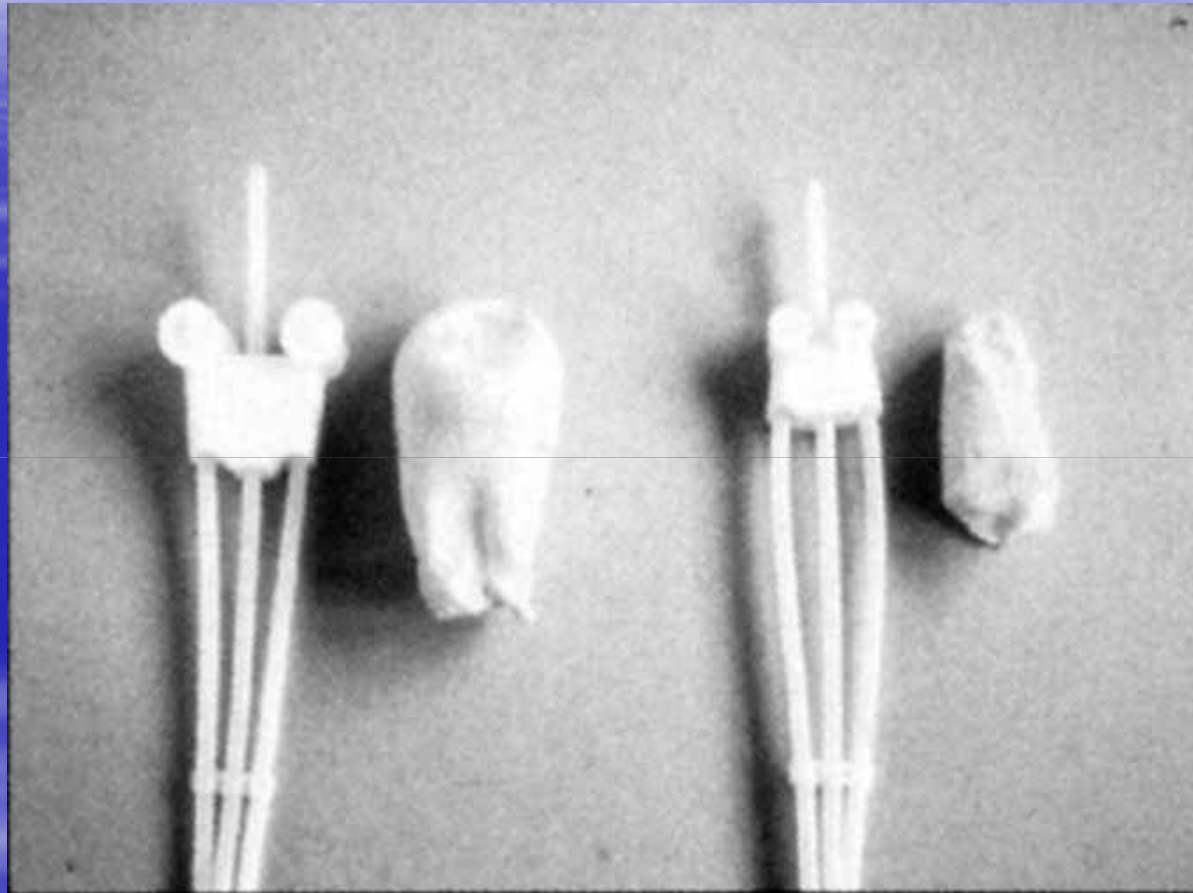
- LDR  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{137}\text{Cs}$       Trattamento per più giorni consecutivi
- HDR  $^{192}\text{Ir}$       Schemi ipofrazionati  $\pm$  accelerati
- PDR  $^{192}\text{Ir}$       Grande numero di piccole frazioni con brevi pause.
- Impianti Permanenti  $^{125}\text{I}$ ,  $^{103}\text{Pd}$



MICROSELECTRON HDR  $^{192}\text{Ir}$  REMOTE  
AFTERLOADING SYSTEM (NUCLEOTRON, THE  
NEDERLANDS)

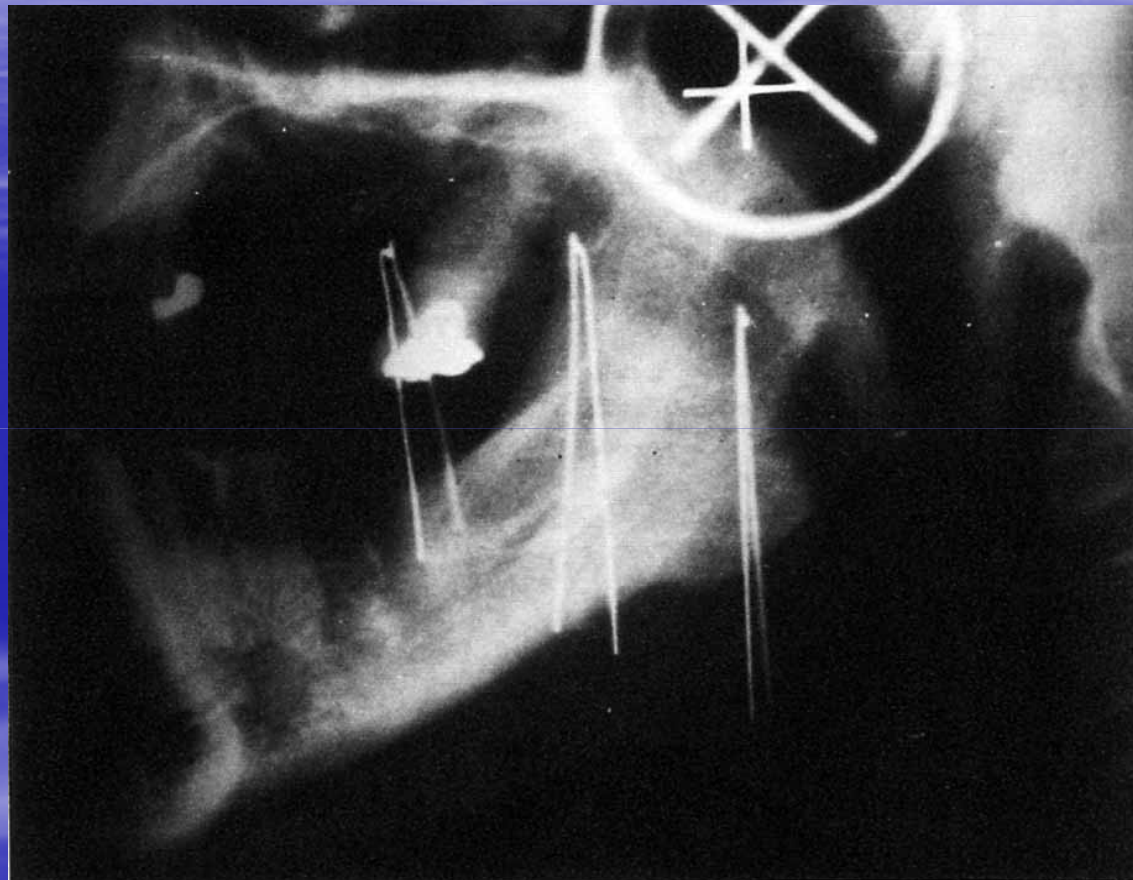


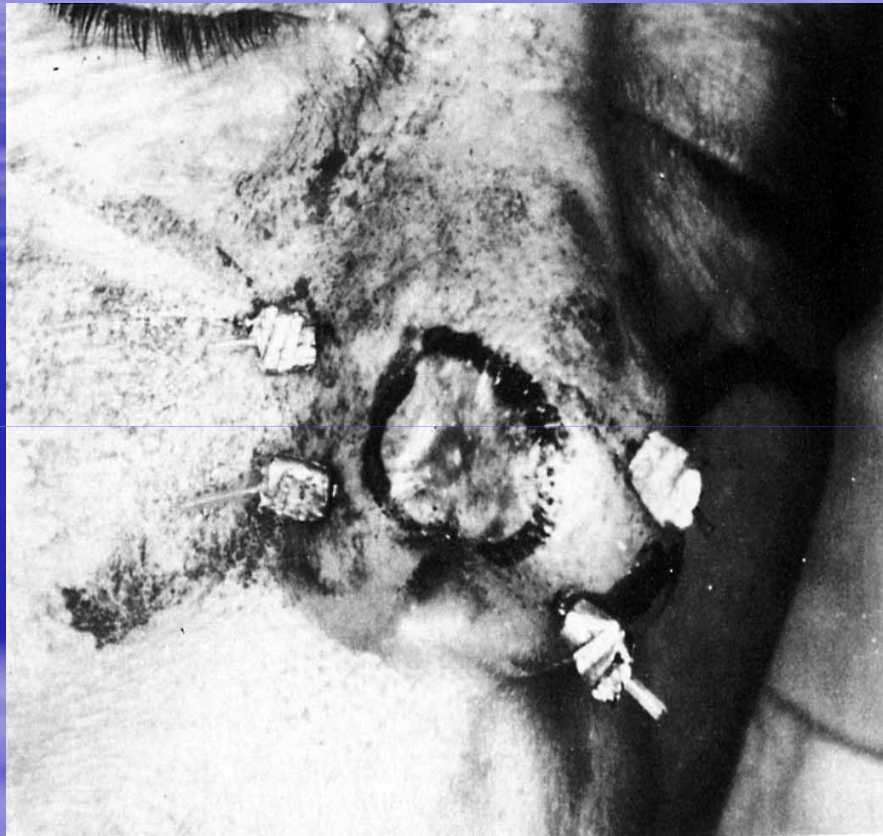




# Applicatori detti moulage







# BRACHITERAPIA LDR vs HDR

- Nel convertire schemi di brachiterapia LDR in HDR è necessario individuare la dose per frazione ed il numero di frazioni capaci di ottenere gli stessi risultati in termini di controllo della malattia e tossicità del trattamento.
- La conversione tra schemi LDR e HDR viene generalmente effettuata basandosi su modelli di bioeffec dose (BED); il modello più usato è quello  $\alpha/\beta$ .