

ONCOLOGIA RADIOTERAPICA

PROGETTO CLINICO E SCIENTIFICO

**TRATTAMENTO
DI PAZIENTI ONCOLOGICI**

**STUDIO DELLE BASI
BIOLOGICHE E FISICHE**

**ADDESTRAMENTO
DI FIGURE PROFESSIONALI**

RADIOTERAPIA

**SPECIALIZZAZIONE CLINICA CHE
UTILIZZA LE RADIAZIONI IONIZZANTI
NEL TRATTAMENTO DELLE
NEOPLASIE MALIGNI
(PIU' RARARAMENTE DI LESIONI
BENIGNE)**

www.fisiokinesiterapia.biz

RADIOTERAPIA-PROCEDIMENTI

- VALUTAZIONE DELLA ESTENSIONE DEL TUMORE
DIAGNOSTICA PER IMMAGINI → STADIAZIONE**
- CONOSCENZA DELLE CARATTERISTICHE
PATOLOGICHE DEL TUMORE CON
LE AREE POTENZIALI DI DIFFUSIONE
(ESTENSIONE DEI CAMPI)**
- DEFINIZIONE DELLO SCOPO DELLA TERAPIA**
- SCELTA DELLA MODALITA' DI TRATTAMENTO**

RADIOTERAPIA-PROCEDIMENTI

**DEFINIZIONE DELLO SCOPO =
OBIETTIVO**

RT CURATIVA O RADICALE

RT PALLIATIVA

RT SINTOMATICA

RADIOTERAPIA-PROCEDIMENTI

OBIETTIVO

RT RADICALE O CURATIVA

LO SCOPO DELLA RT CURATIVA E' DI OTTENERE IL CONTROLLO LOCO-REGIONALE DEL TUMORE SENZA COMPLICANZE OVVERO DISTRUGGERE TUTTE LE CELLULE CLONOGENICHE TUMORALI SENZA CAUSARE UN DANNO GRAVE AI TESSUTI NORMALI CIRCOSTANTI

RADIOTERAPIA-PROCEDIMENTI

RT PALLIATIVA

- RIDURRE OD ELIMINARE IL SINTOMO
 - PREVENIRE PROBLEMI INCOMBENTI (tipo rischio di fratture)
 - MIGLIORARE LA QUALITA' DELLA VITA
 - POSSIBILMENTE ALLUNGARE LA VITA
- “TRATTAMENTO”** ANTINEOPLASTICO CHE MIRA A RIDURRE LA MASSA NEOPLASTICA E NON **“TERAPIA SPECIFICA DEL DOLORE”** CHE NON ALTERA LA NEOPLASIA

RADIOTERAPIA-PROCEDIMENTI

RT SINTOMATICA

- **RIDURRE OD ELIMINARE IL SINTOMO
AVENDO COME TARGET IL TUMORE**

**SIA PER LA RT PALLIATIVA CHE PER LA
SINTOMATICA E' ESSENZIALE CHE LA
MORBIDITA' DEL TRATTAMENTO NON
ECCEDA QUELLA DELLA MALATTIA
STESSA**

RADIOTERAPIA-PROCEDIMENTI

RADIOTERAPIA- MODALITA' DI IMPIEGO

- RT ESCLUSIVA**
- RT ASSOCIATA ALLA CHIRURGIA
(ADIUVANTE→PRE E POST)**
- RT ASSOCIATA ALLA
CHEMIOTERAPIA (CONCOMITANTE
E SEQUENZIALE)**
- RT ASSOCIATA AD ENTRAMBE**
- RT ASSOCIATA AD ULTERIORI
MODALITA' ONCOLOGICHE**

RADIOTERAPIA-PROCEDIMENTI

SCELTA DELLA DOSE

- FRAZIONAMENTO**
- TEMPO DI TRATTAMENTO ED
INTENSITA' DI DOSE**
- DOSE TOTALE**

RADIOTERAPIA-PROCEDIMENTI

SCELTA DELLA DOSE

- LOCALIZZAZIONE ANATOMICA**
- TIPO ISTOLOGICO**
- STADIO (Volume tumorale)**
- CARATTERISTICHE BIOLOGICHE DELLA NEOPLASIA**
- STRUTTURE ANATOMICHE PRESENTI NELLA REGIONE**

RADIOTERAPIA-STAFF NEL REPARTO

-MEDICI RADIOTERAPISTI

-FISICI SANITARI

-T.S.R.M. DI RADIOTERAPIA

-TECNICI DOSIMETRISTI

**-PERSONALE INFERMIERISTICO
ED AUSILIARIO**

FUNZIONI DELLO STAFF

RUOLO CHIAVE RUOLO DI SUPPORTO

-VALUTAZIONE CLINICA

MEDICO RT

-

-DECISIONE TERAPEUTICA

MEDICO RT

-

-LOCALIZZAZIONE VOLUME BERSAGLIO

VOLUME TUMORALE

MEDICO RT

TSRM-DOSIMETRISTA

ORGANI CRITICI

MEDICO RT

TSRM-DOSIMETRISTA

CONTORNI DEL PAZIENTE

DOSIMETRISTA

TSRM

FUNZIONI DELLO STAFF

RUOLO CHIAVE RUOLO DI SUPPORTO

-PIANI DI TRATTAMENTO

**CONTROLLO
COMPUTERIZZATO
DEI DATI DEL FASCIO**

FISICO

-

CALCOLO DEI FASCI

FISICO

DOSIMETRISTA

**COSTITUZIONE BLOCCHI
SCHERMANTI-METODI DI
IMMOBILIZZAZIONE**

TSRM-DOSIMETRISTA MEDICO RT

**SCELTA DEI PIANI DI
TRATTAMENTO ED
ANALISI DELLE
ALTERNATIVE**

MEDICO RT-FISICO

-

CALCOLO DELLA DOSE

DOSIMETRISTA

FISICO

FUNZIONI DELLO STAFF

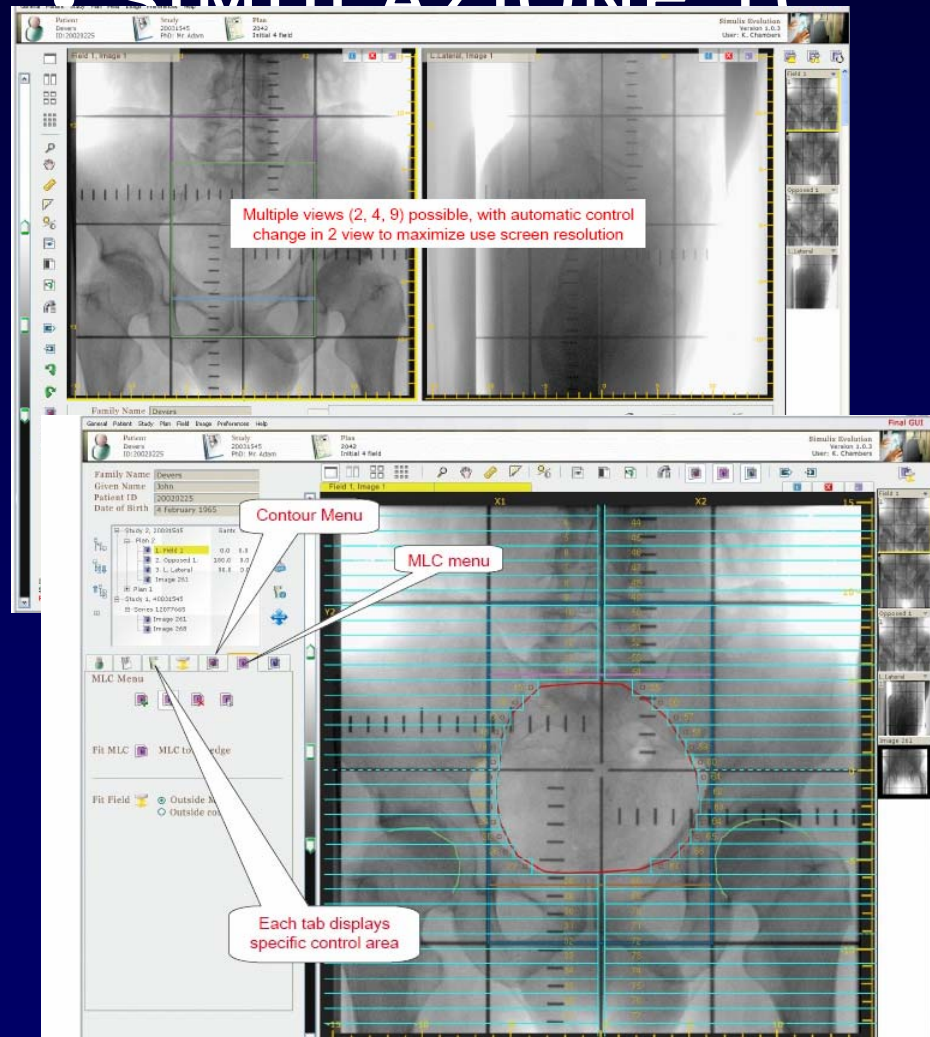
	RUOLO CHIAVE	RUOLO DI SUPPORTO
-SIMULAZIONE/VERIFICA PIANI DI TRATTAMENTO	MEDICO RT TSRM	FISICO
-TRATTAMENTO		
SET UP PRIMO GIORNO	MEDICO RT	-
FILM DI VERIFICA	MEDICO RT TSRM	-
CONTROLLI DOSIMETRICI REVISIONI DELLA CARTELLA RADIOTERAPICA	FISICO MEDICO RT	TSRM
POSIZIONAMENTO- TRATTAMENTO	TSRM	FISICO
-VALUTAZIONE PERIODICA TOLLERANZA RISPOSTA	MEDICO RT	INFERMIERA
-FOLLOW UP	MEDICO RT	INFERMIERA

FUNZIONI DELLO STAFF

LA SIMULAZIONE DEI TRATTAMENTI

• SIMULAZIONE TRADIZIONALE

• SIMULAZIONE TC



FUNZIONI DELLO STAFF

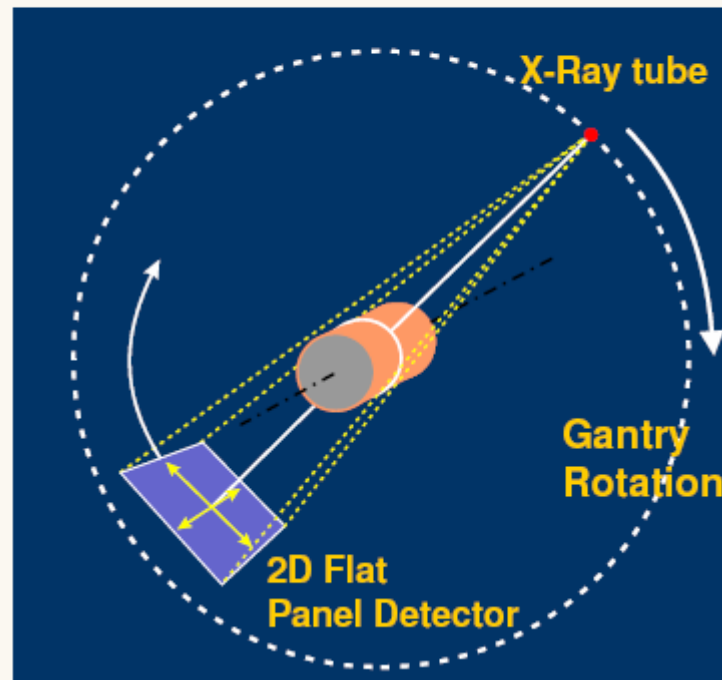
LA SIMULAZIONE DEI TRATTAMENTI

• SIMULAZIONE TC = CONE BEAM CT

CBCT: Principio di funzionamento

Cone Beam CT utilizza il sistema di imaging basato su Flat Panel :

- Acquisizione di una prima immagine (posizionamento)
- Acquisizione di un volume invece di una singola slice (circa 1 min.)
- Ricostruzione delle sezioni CT (circa 4 min.)
- Visualizzazione delle immagini del campo e delle sezioni CT sullo stesso isocentro



FUNZIONI DELLO STAFF

LA SIMULAZIONE DEI TRATTAMENTI

• SIMULAZIONE TC = CONE BEAM CT

CBCT: Qual é la differenza con la CT ?

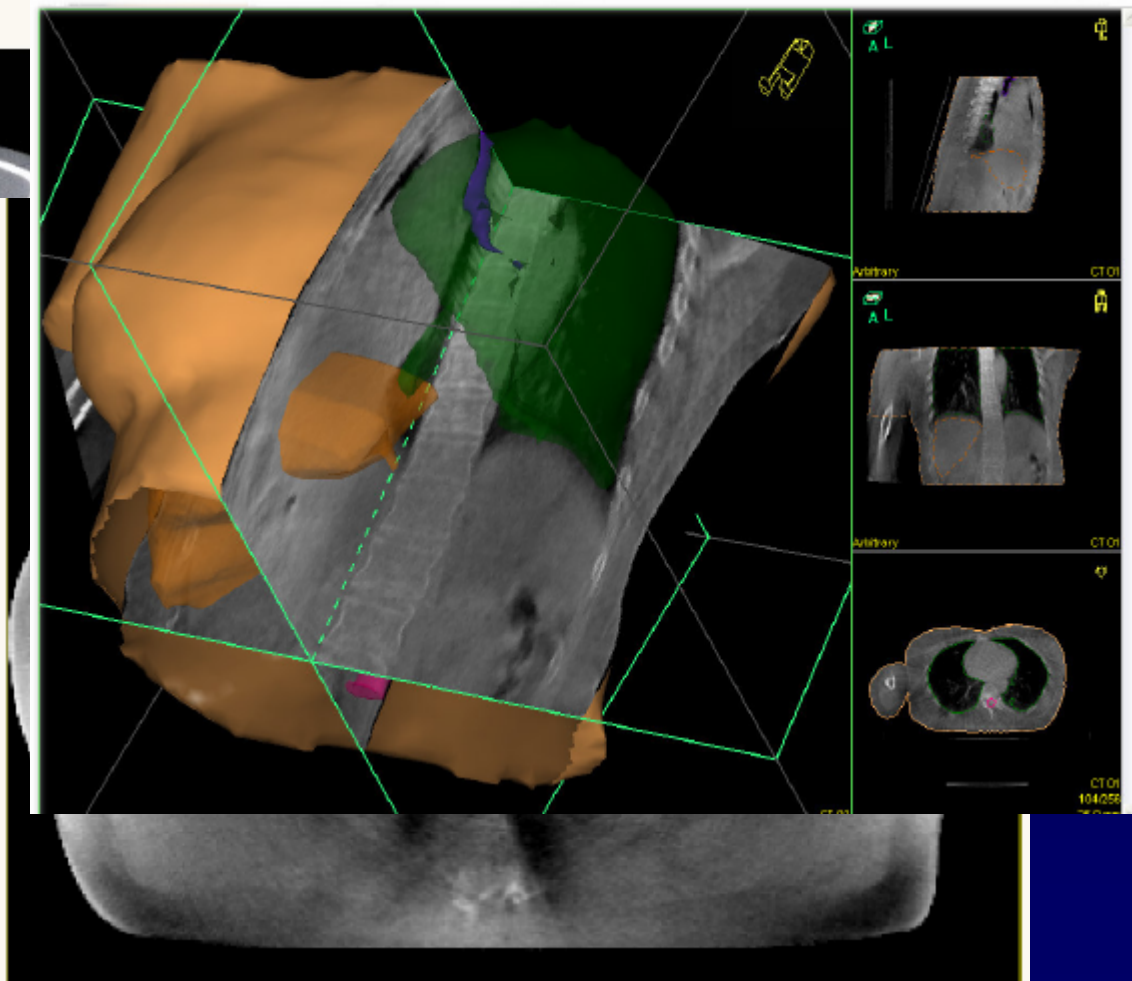
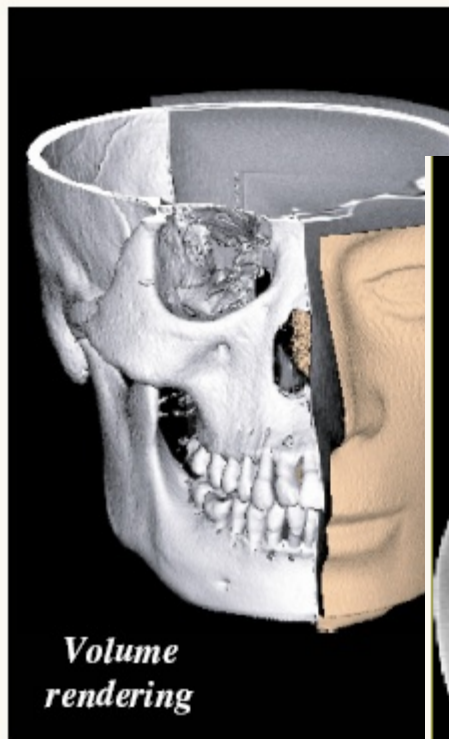
- Volume CT lavora in voxels
 - 3D voxels da 0.5mm larghezza, profondita' e altezza
 - Informazione reale in tutte le dimensioni
- Simulazione Virtuale
 - non e' solo "Virtuale", ma e' reale perche' si pianificano campi "reali" nella posizione reale di trattamento
- Correlazione del volume CT con immagini dei campi
- Dettagli 3D
 - segmentazione su immagini di volume, usando simultaneamente viste sagittali, coronali e transassiali del tumore
- Export per calcolo di dose
 - Definizione del target con alta precisione via DICOM RT
 - Riduzione delle slices da 400 a 100

FUNZIONI DELLO STAFF

LA SIMULAZIONE DEI TRATTAMENTI

• SIMULAZIONE TC = CONE BEAM CT

Cone Beam CT: ris Immagini cliniche : 3D Contouring



RADIOCURABILITA'

**SRADICARE IL TUMORE LOCOREGIONALMENTE
(NON SEMPRE SIGNIFICA GUARIGIONE)**

RADIOSENSIBILITA'

**GRADO E VELOCITA' DI RISPOSTA ALLE
RADIAZIONI**

***NON SONO CONCETTI CORRELABILI**

DIFFERENTE RADIOSENSIBILITA' DEI TUMORI UMANI

> IPOSSIA

< RADIOSENSIBILITA'

**> PRODUZIONE
DI CELLULE
CLONOGENICHE**

> RADIOSENSIBILITA'

**> RIPARAZIONE DEL
DANNO DA RADIAZIONI**

< RADIOSENSIBILITA'

**RADIOSENSIBILITA' INTRINSECA
DELLE CELLULE TUMORALI**

RAPPORTO TERAPEUTICO (GAIN)

**LA DOSE OTTIMALE AL TUMORE
E' QUELLA CHE DETERMINA**

- **MASSIMA PROBABILITA' DI CONTROLLO
DEL TUMORE**
- **MINIMA (RAGIONEVOLMENTE ACCETTABILE)
INCIDENZA DI SEQUELE DELLA TERAPIA**

TECNICHE RADIOTERAPICHE

RADIOTERAPIA CON FASCI ESTERNI

RADIOTERAPIA CON FOTONI

IMPIANTO	RADIAZIONE	ENERGIA
RONTGEN TERAPIA	RAGGI X	
DI CONTATTO (PLESIOTER.)		40-50 Kv
SUPERFICIALE		50-150 Kv
ORTOVOLTAGGIO		150-500 Kv
TELEFOTONOTERAPIA		
COBALTOTERAPIA	RAGGI Γ	1.17-1.33 Mev
EMIVITA 5.26 ANNI 50% DOSE a 10 CM.		
CESIOTERAPIA	RAGGI Γ	0.662 Mev
EMIVITA 30 ANNI 50% DOSE a 7CM.		
ACCELERATORE LINEARE	FOTONI X	4-25 Mv

TECNICHE RADIOTERAPICHE

RADIOTERAPIA CON FASCI ESTERNI

RADIOTERAPIA CON LEPTONI

IMPIANTO	RADIAZIONE	ENERGIA
ACCELERATORE LINEARE (MICROTRONE)	ELETTRONI	4-25 Mev

RADIOTERAPIA CON ADRONI

IMPIANTO	RADIAZIONE	ENERGIA
ACCELERATORE AL DEUTERIO O AL TRITIO	NEUTRONI	14 Mev
CICLOTRONE E SINCROTRONE	NEUTRONI PROTONI	30 Mev 60-250 Mev
SINCROCICLOTRONE	PROTONI	1000 Mev

TECNICHE RADIOTERAPICHE

BRACHITERAPIA

(βραχυς = da vicino)

TECNICHE RADIOTERAPICHE

BRACHITERAPIA

**SORGENTI RADIOATTIVE ALL'INTERNO O A
BREVE DISTANZA DAL FOCOLAIO TUMORALE**

DIFFERENTE DISTRIBUZIONE DELLA DOSE

FASCI ESTERNI

DOSE OMOGENEA NEL CAMPO

BRACHITERAPIA

**RAPIDA CADUTA DELLA DOSE
SORGENTE -PERIFERIA**

TECNICHE RADIOTERAPICHE

BRACHITERAPIA

- **VANTAGGIO FISICO-DOSIMETRICO RISPETTO ALLA RADIOTERAPIA CON FASCI ESTERNI**

ALTO “ GRADIENTE DI DOSE”: RAPIDA CADUTA DELLA DOSE ATTORNO ALLE SORGENTI RADIOATTIVE

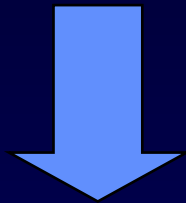
DISPERSIONE QUADRATICA INVERSA: LA RADIAZIONE DECRESCe CON LA LEGGE DEL QUADRATO DELLA DISTANZA DALLA SORGENTE

- **DOSE ELEVATA AD UN VOLUME PICCOLO TUMORALE**
- **RISPARMIARE I TESSUTI SANI CIRCOSTANTI**

TECNICHE RADIOTERAPICHE

BRACHITERAPIA

ELEVATO GRADIENTE DI DOSE



- **POSIZIONAMENTO ESTREMAMENTE CORRETTO DELLE SORGENTI NEL TUMORE PER:**
 - 1. RICOPRIRE CON DOSE ADEGUATA IL BERSAGLIO**
 - 2. EVITARE DANNI AI TESSUTI SANI CIRCOSTANTI**

NO ERRORI

BRACHITERAPIA

METODICHE

INTERSTIZIALE

**-INFISSIONE DI AGHI O CATETERI FLESSIBILI
DENTRO IL TUMORE**

-FILI O SEMI DI SOSTANZE RADIOATTIVE

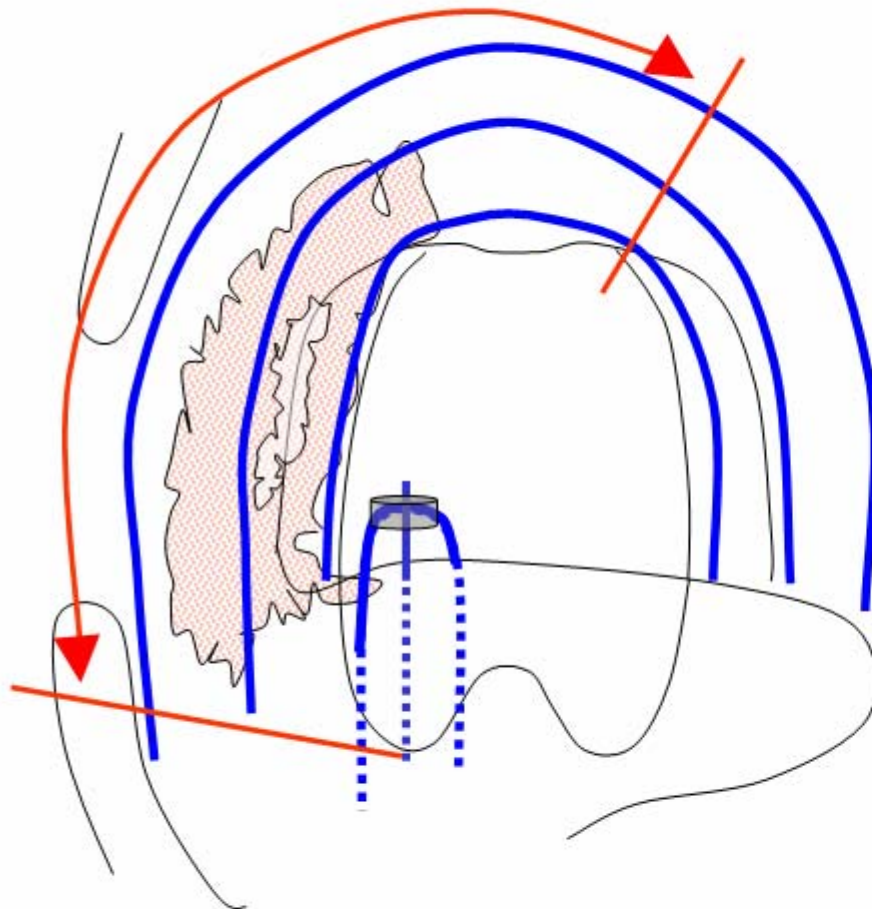
**SEDI: LINGUA, LABBRO, VULVA, MAMMELLA
PROSTATA.....**

APPARECCHI MODELLATI (A CONTATTO)

-CALCHI IN PLASTICA ED ACRILICO (TEMPLET)

**SEDI : NASO, ORECCHIO, CUTE, PELLE, GENGIVE,
OCCHIO**

Ant Pillar T2N0M0
Sole HDRIB 48Gy/8fr



BRACHITERAPI

A

INTERSTIZIALE



11 months

BRACHITERAPIA

METODICHE

ENDOCAVITARIA ED ENDOLUMINALE

**- CON APPARECCHI MODELLATI O CON
CATETERI DI PLASTICA COME GUIDA DELLE
SORGENTI**

**SEDI: UTERO, VAGINA, ALBERO BRONCHIALE,
ESOFAGO, URETRA, EPIFARINGE, ALBERO
BILIARE.**

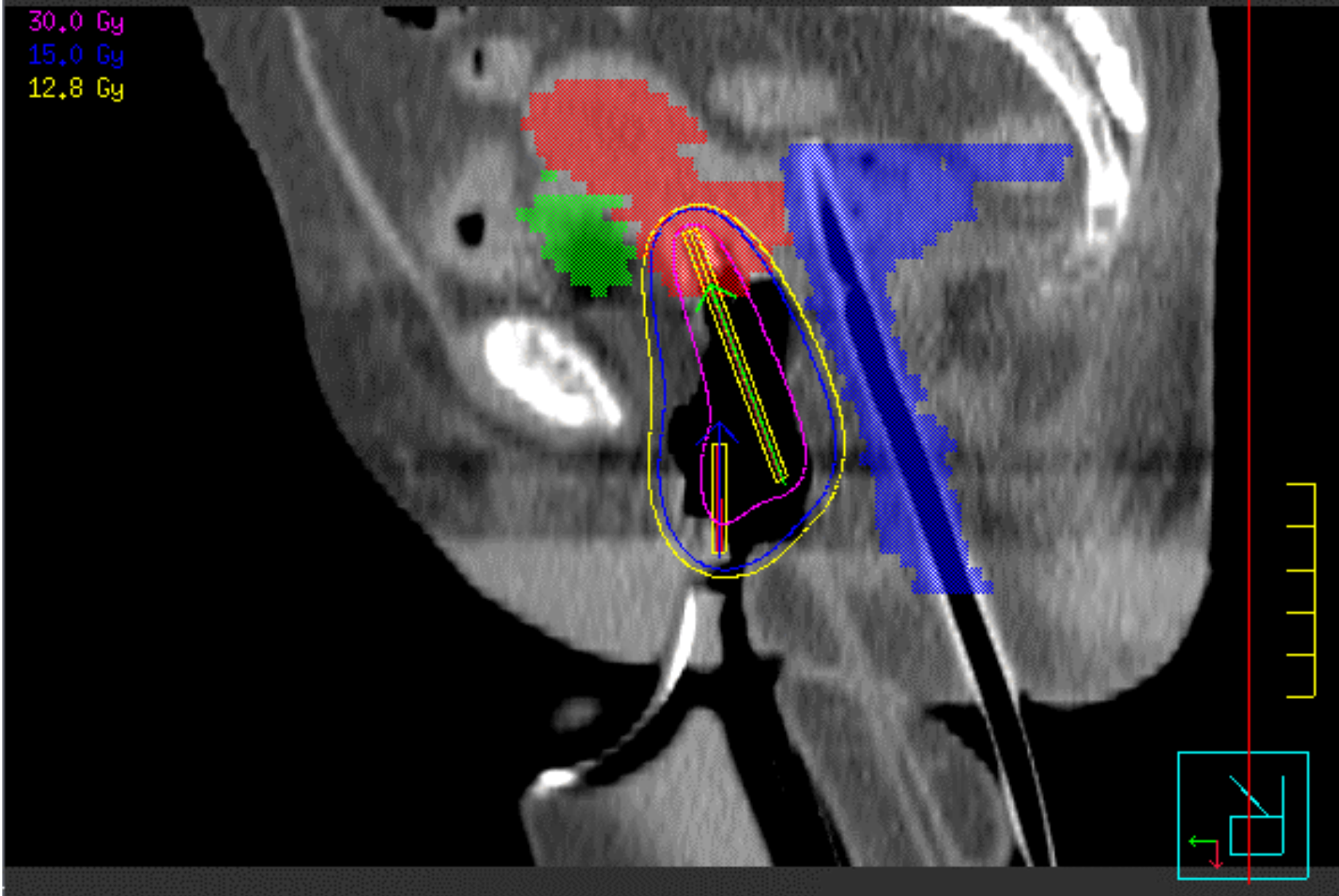
BRACHITERAPIA

Absolute

30.0 Gy

15.0 Gy

12.8 Gy



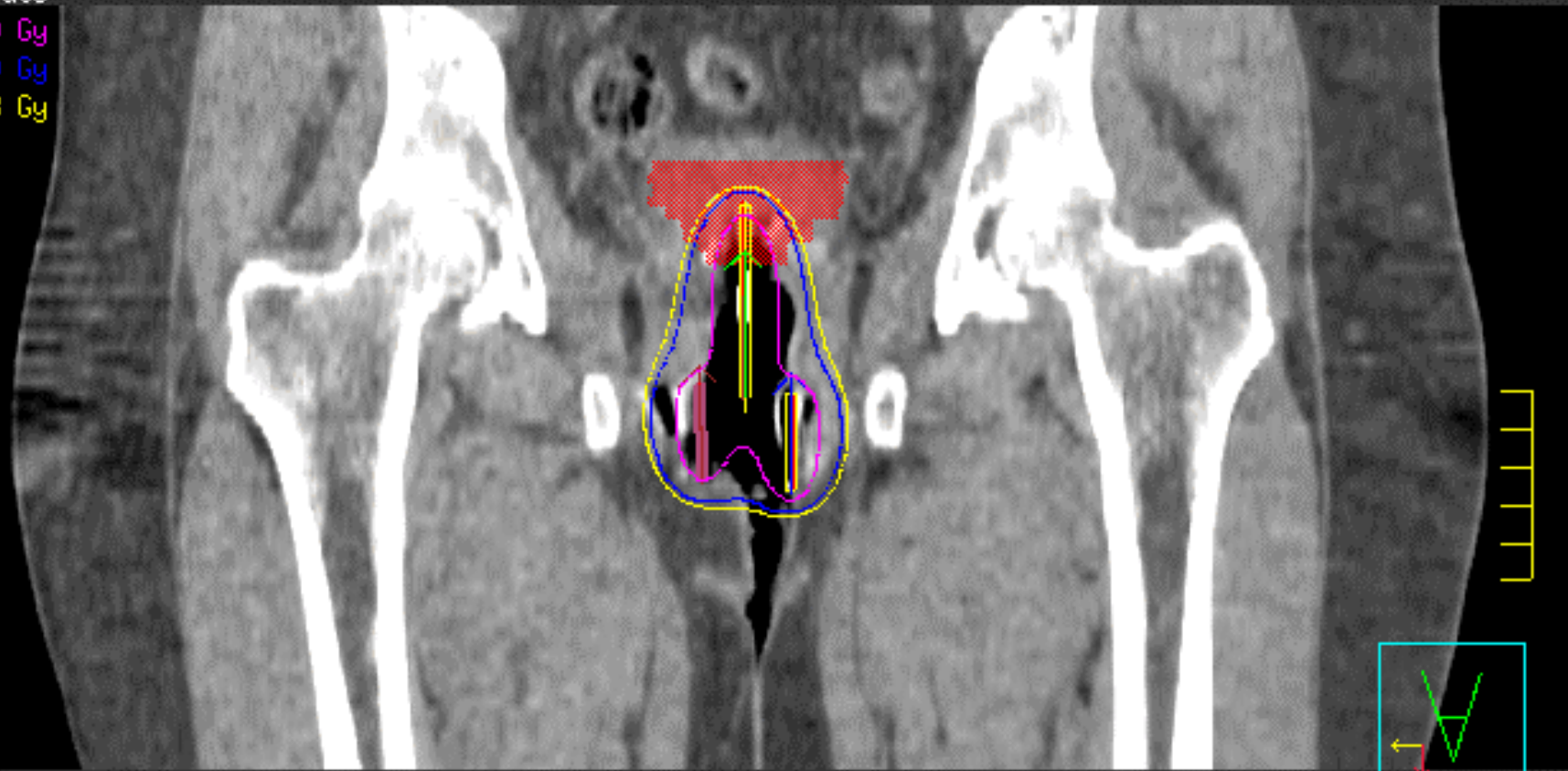
BRACHITERAPIA

Absolute

30.0 Gy

15.0 Gy

12.8 Gy



BRACHITERAPIA DELLA PROSTATA

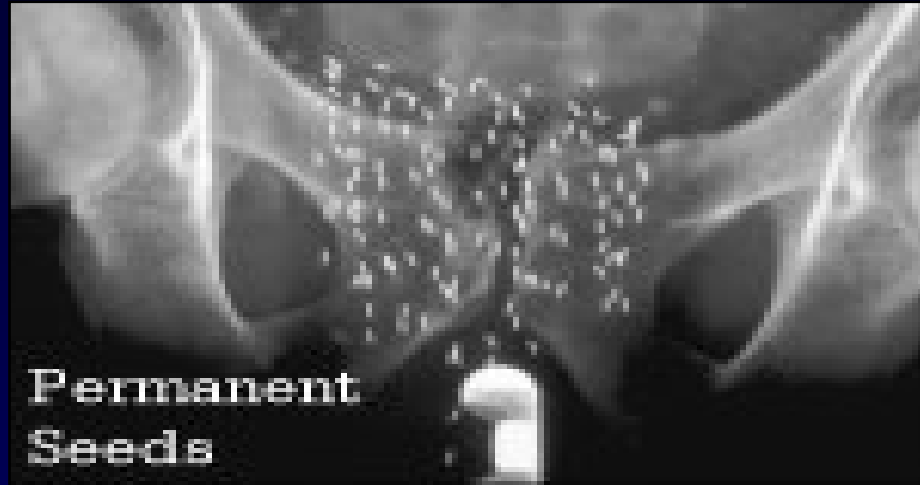
Presentation Contents

- **Prostate Cancer and its accepted treatments**
- **Comparison of Brachytherapy Types**
- **Solutions for HDR Brachytherapy**
- **Brachytherapy Procedure**

Prostate Cancer Treatments

- **Currently accepted methods of prostate cancer treatment, alone or in combination:**
 - **Surgery (prostatectomy)**
 - **External beam radiation therapy**
 - **Brachytherapy: seeds or temporary interstitial**
- **Brachytherapy: a radioactive source is placed within the target volume to kill disease**

Types of Brachytherapy



- **Permanent implantation** of low dose rate isotope seeds
- **High Dose Rate (HDR) temporary treatment** using an afterloader that remotely moves a source into a temporarily implanted applicator, i.e., a needle

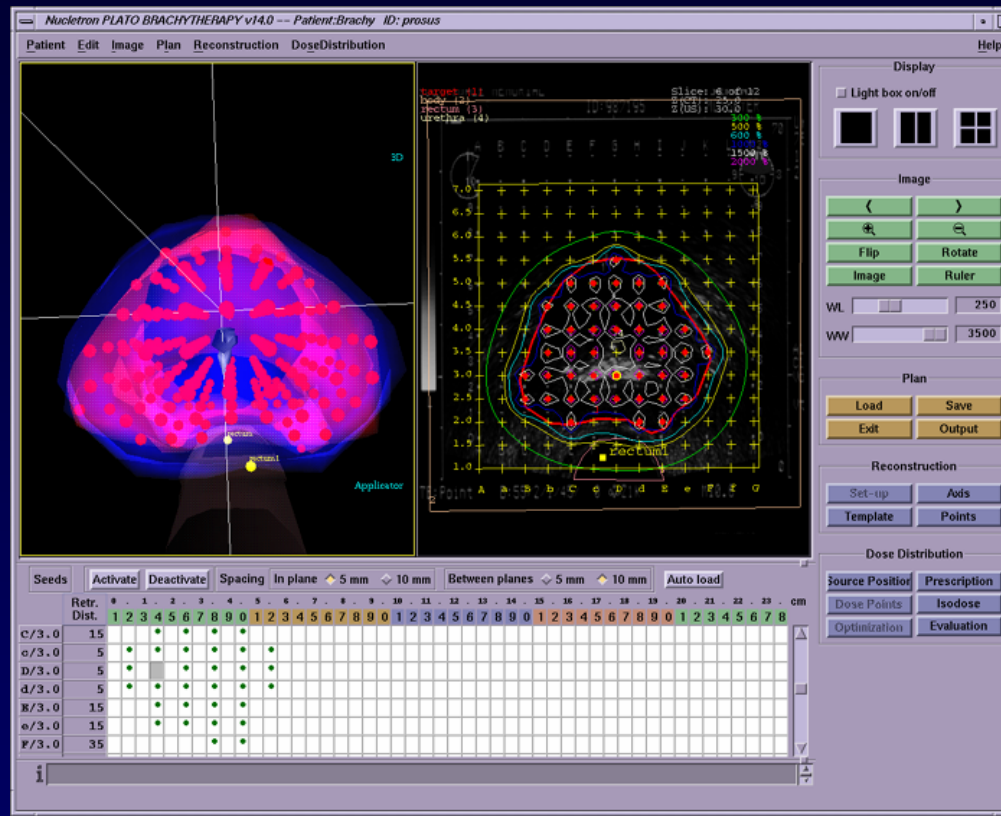
Brachytherapy + External Beam

- **Prostate brachytherapy and external beam radiation are often used in combination**
- **Advantages of adding brachytherapy to external beam:**
 - **More local control**
 - **Higher dose to the target volume with a lower risk to critical organs, i.e., urethra and rectum**

Surgery: Nerve Sparing Prostatectomy

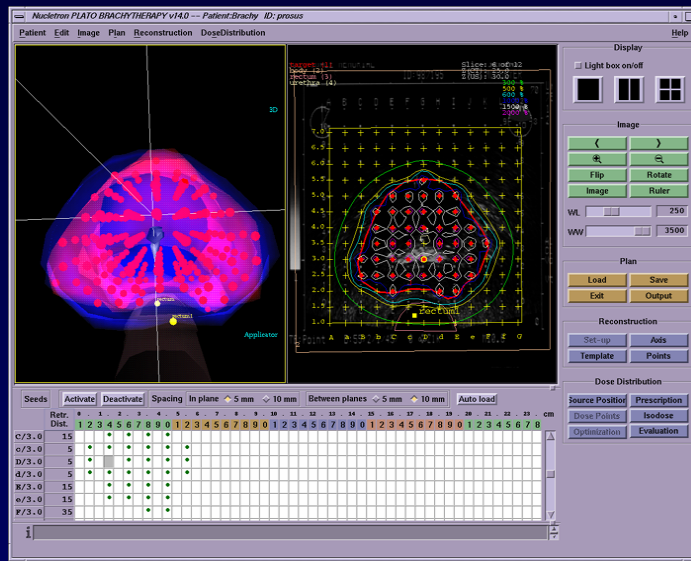
- 7-10 day hospitalization
- Weeks of recovery time
- Incontinence - 15%,
- Impotence - 60%

Brachytherapy: Permanent Seed Treatment



- Low Dose isotopes:
 - Iodine-125
 - Palladium-103
- Single procedure
- Non invasive
- Incontinence < 1% (in assenza di TURP pregressa)
- Impotence 20%-40%
- b-NED 79-87% a 10 aa
- DFS 98%
- Stenosi urinaria grave < 4%
- Proctite cronica < 1-2%

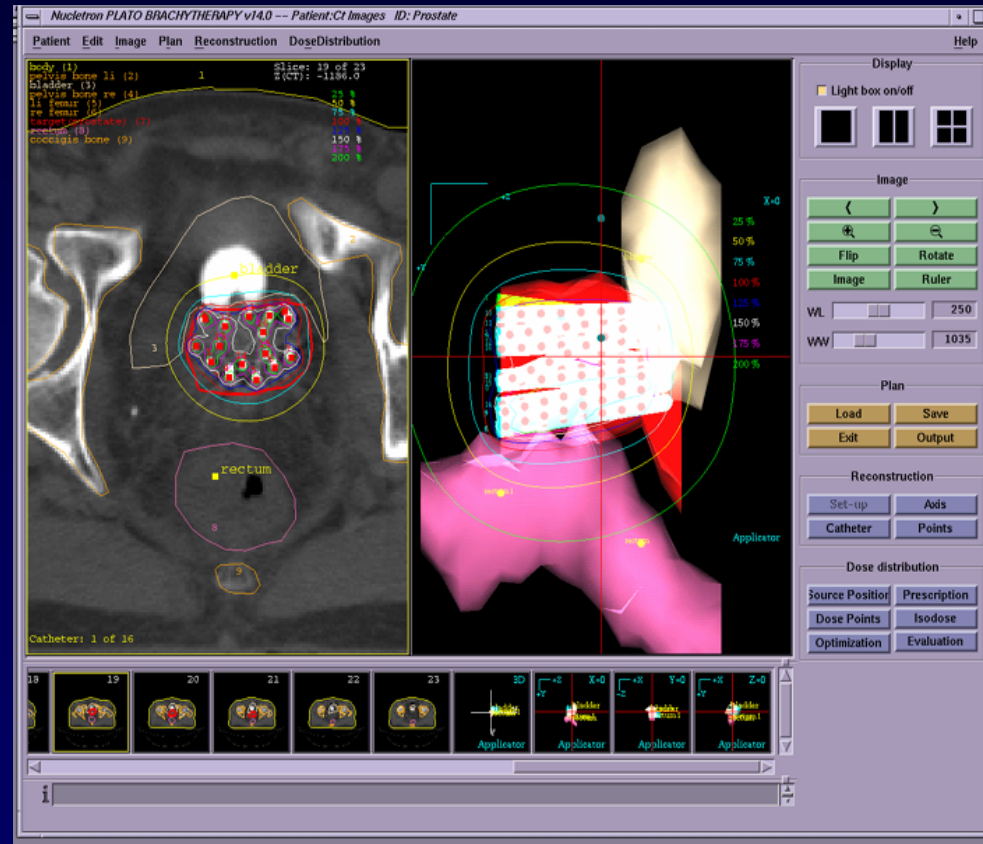
Brachytherapy: Permanent Seed Treatment



- Capsule o semi delle dimensioni di pochi mm contenenti le sorgenti
- Impianto sotto guida ecografica transrettale attraverso appositi aghi vettori infissi nel perineo
- Importanti sviluppi tecnologici:
 1. Guida ecografica
 2. Sorgenti g-emittenti bassa energia
 3. TPS veloci capaci di utilizzare le immagini ecografiche

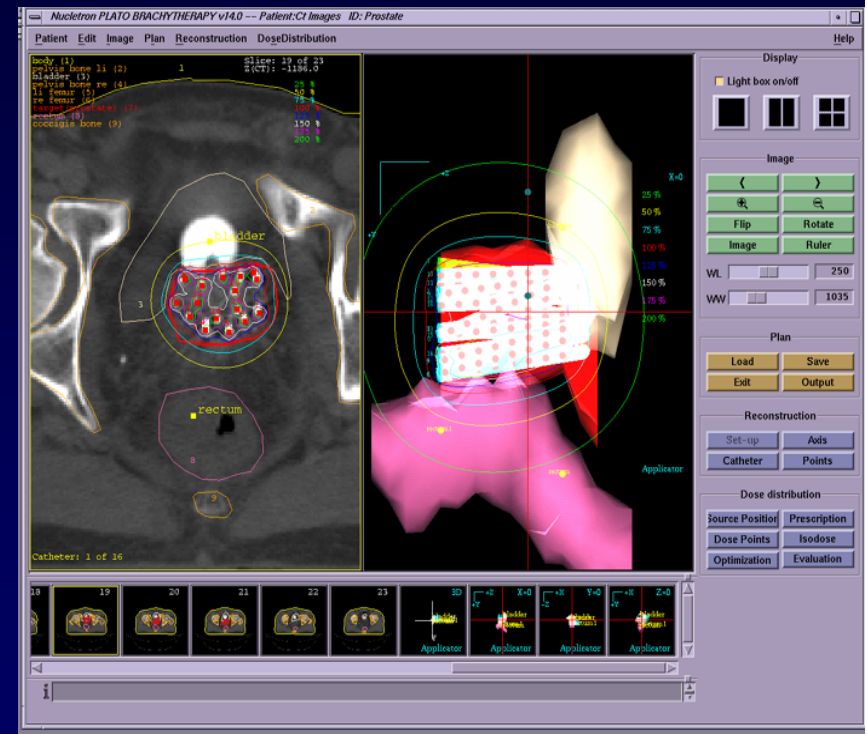
HDR Brachytherapy: Temporary Implant

- Non-invasive procedure
- One night hospitalization
- 3 fractions
- Immediate recovery
- Minimal side effects
- Ir-192



HDR Brachytherapy: Temporary Implant

- Possibilità di ottimizzare volumetricamente la distribuzione della dose
- Ir 192 avendo energia più elevata consente di coprire aree più estese come per es. quando esiste una microinfiltrazione capsulare

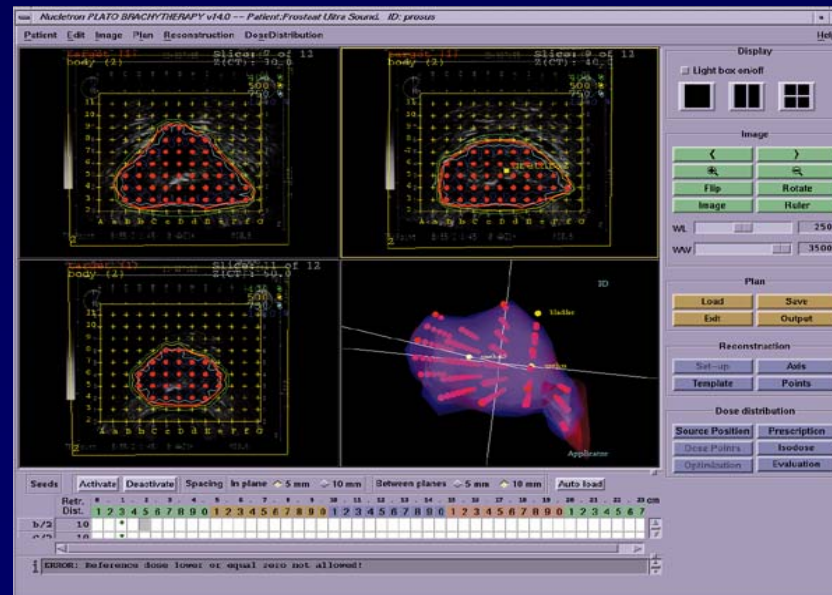


Seeds Pre-Planning (1)

- **Pz in posizione ginecologica**
- **Ecografo transrettale dedicato: dispositivo dotato di movimento “passo-passo” → immagini della prostata ogni 5 mm**
- **Contorni anatomici della prostata delineati su ogni scansione**
- **Esatto volume prostatico**
- **Presenza di eventuali calcificazioni od adenomi**
- **Verifica della possibilità tecnica dell'impianto**

Seeds Pre-Planning (2)

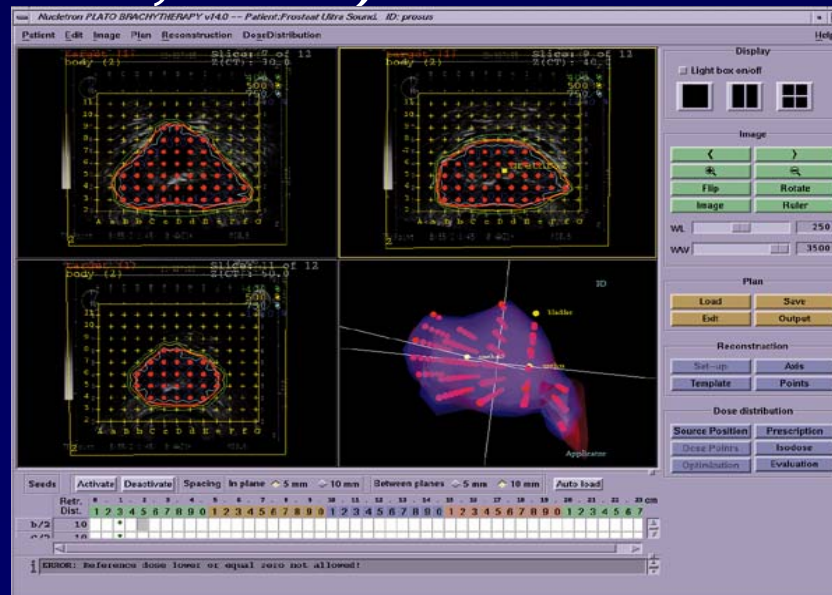
- “Virtual” Implant
 - Seed placement defined within the prostate contours
 - Dose distribution defines “perfect” seed location
 - Print-out of needle loading for implantation



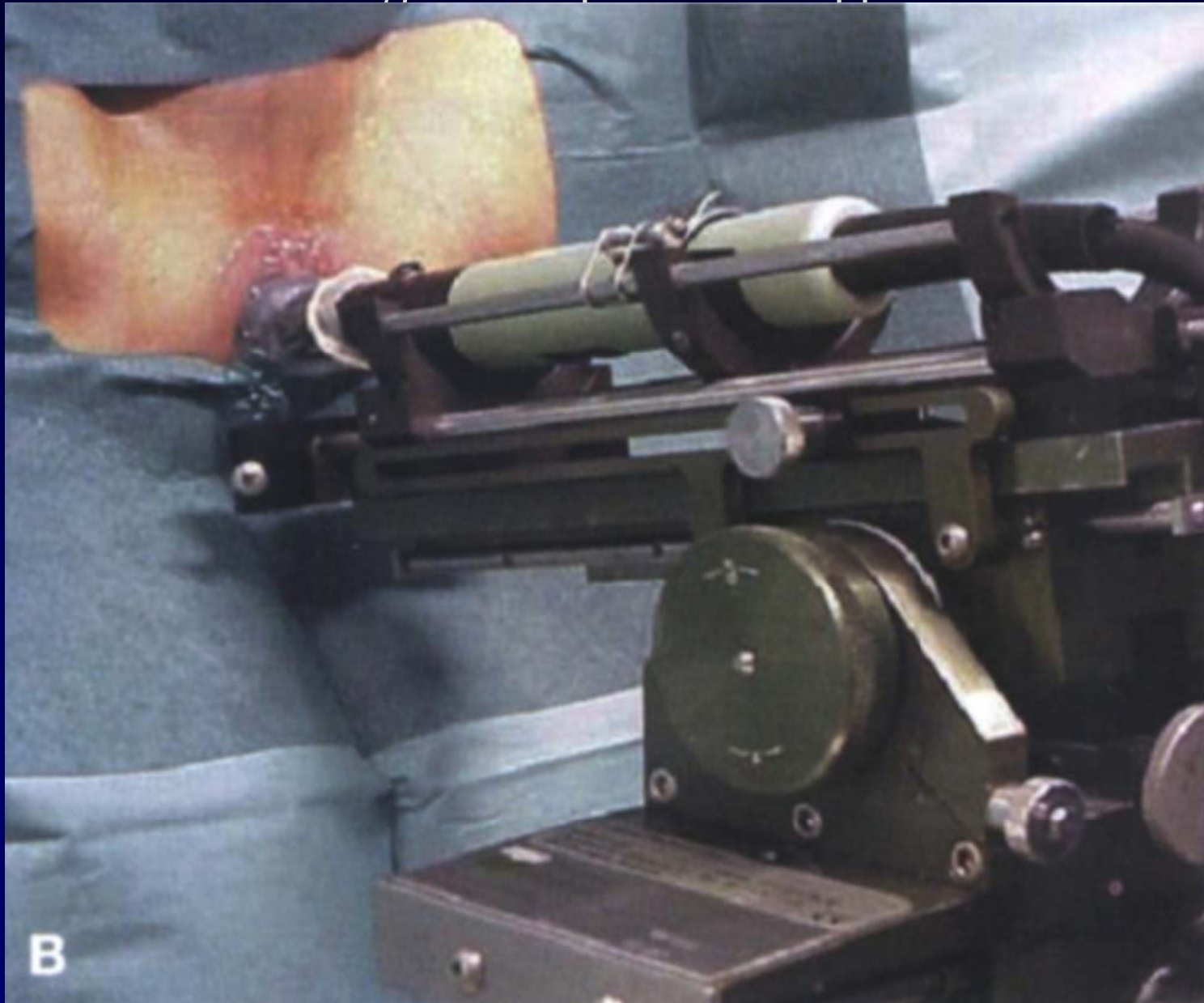
Seeds Pre-Planning (2)

Impianto “Virtuale”

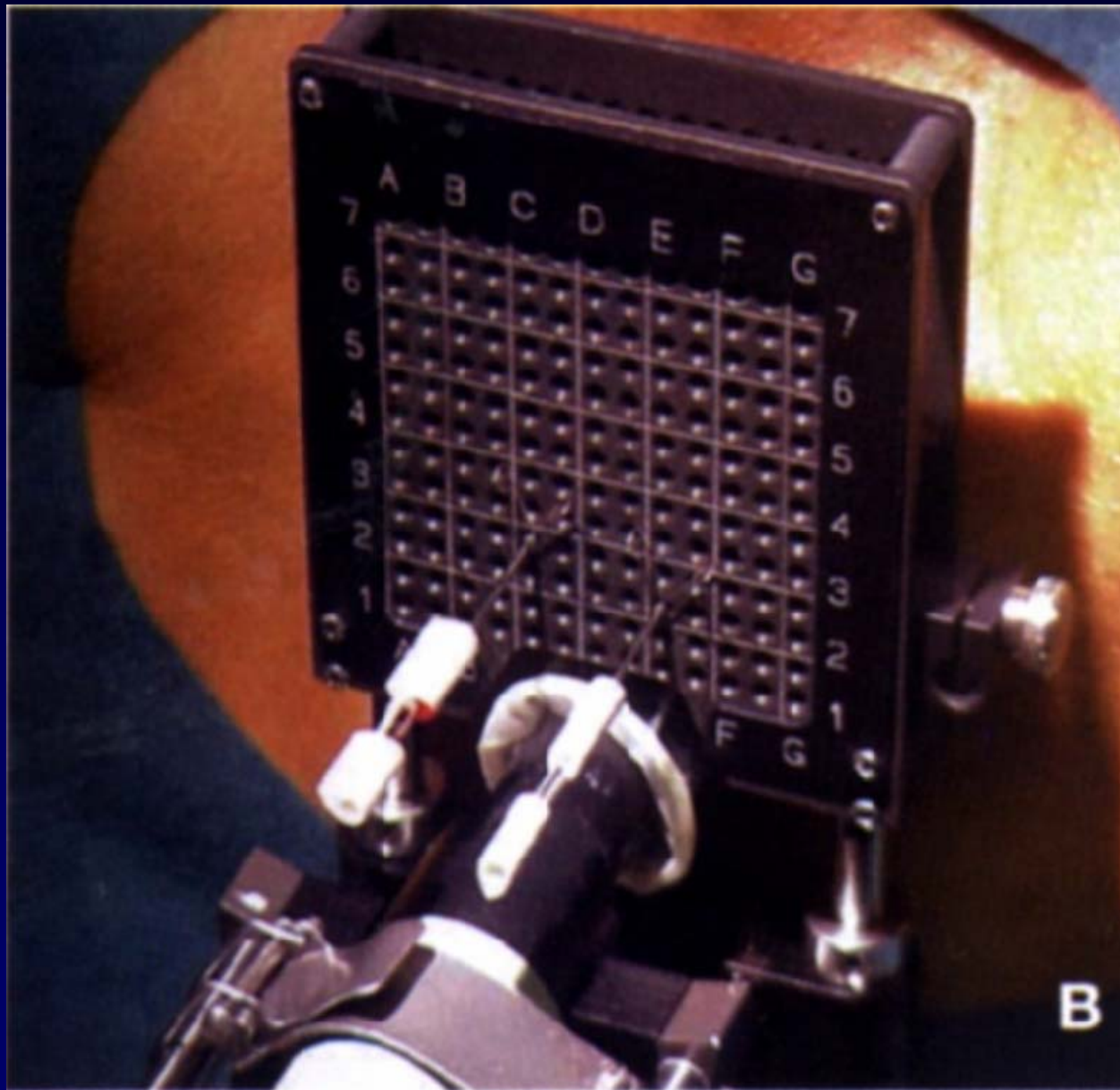
- Immagini successivamente elaborate per la realizzazione del piano di cura
 1. Calcolo del numero dei semi
 2. Posizione di ogni singolo seme all'interno della ghiandola mediante coordinate 3-D
 3. Ottimizzazione dose prostata e tessuti sani (uretra, vescica, retto)



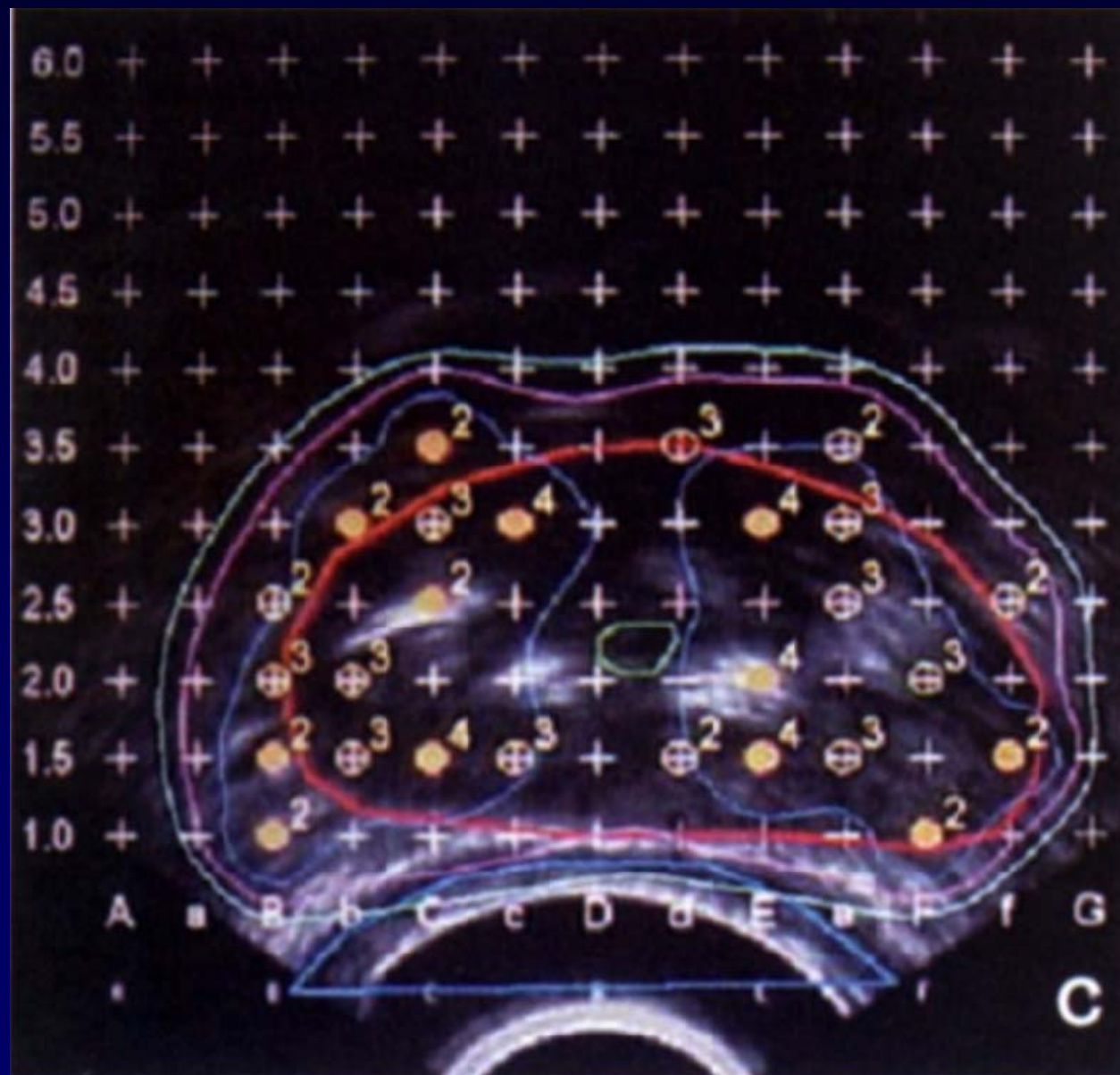
Permanent Seed Brachytherapy: supporto per la sonda ecografica biplanare “Stepper”



Permanent Seed Brachytherapy: template con aghi di ancoraggio



Permanent Seed Brachytherapy: Piano di cura

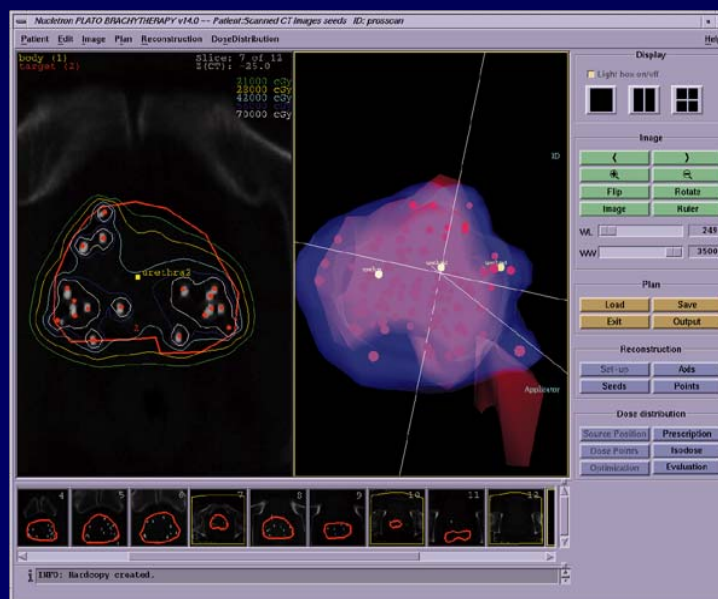


Permanent Seed Procedure

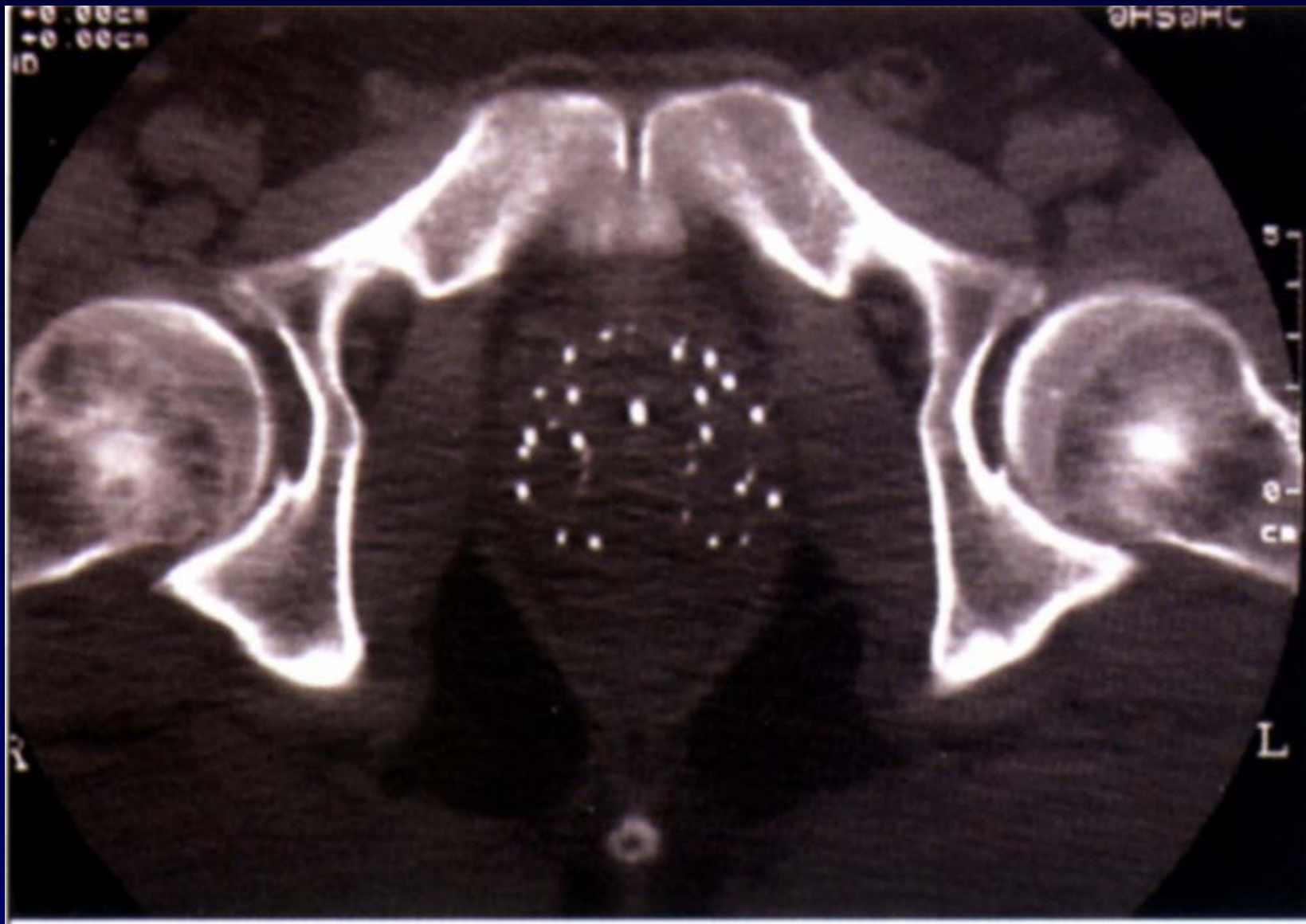
- Ogni singolo ago vettore viene caricato con 2-5 semi di Iodio 125 o Palladio 103
- Mediamente vengono infissi 25-30 aghi
- Mediamente si utilizzano circa 50-100 semi
- Il numero di aghi e semi dipende dal volume prostatico
- Per lo più anestesia spinale
- Durata della procedura circa 2 ore

Seeds Post-Planning

- **Post Planning: “Reality”**
 - Essential for determining the exact location of the seeds within the prostate
 - Treatment planning via CT images or radiographs
 - Follow-up radiographs after recovery period
 - Demonstrates actual location of seeds



Permanent Seed Brachytherapy: Immagine TC di un post-planning.
L'immagine radioopaca al centro è l'uretra mentre le opacità
circostanti sono i semi impiantati all'interno della prostata



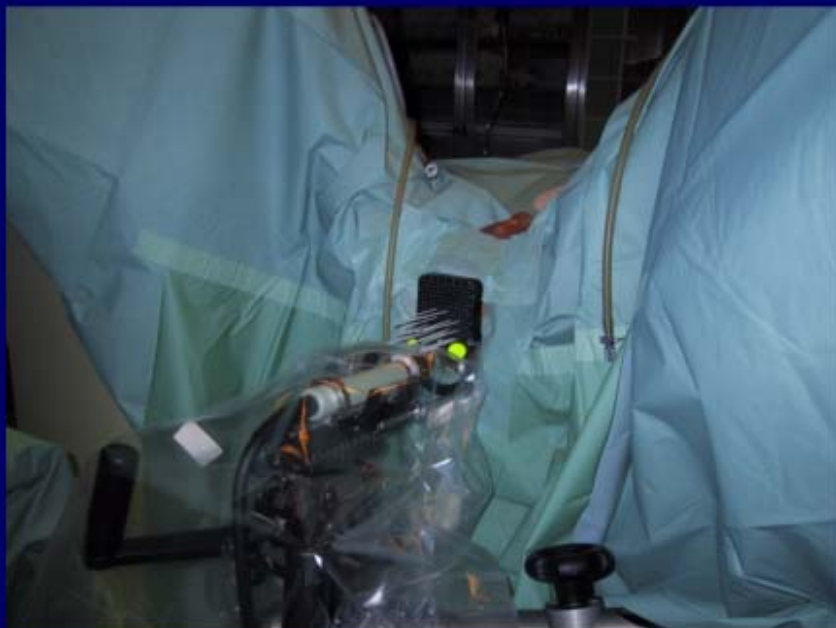
Permanent Seed Disadvantages

- **Difficulty in obtaining seeds, 4 to 6 week delivery**
- **Patient radioactive for 2-3 weeks following procedure**
- **Shifting of seeds as prostate swelling subsides**
- **Movement of seeds to other organs or through urine**

Prostate Implant with HDR

HDR-Brachytherapy: Immobilisation

Immobilisation for Implantation

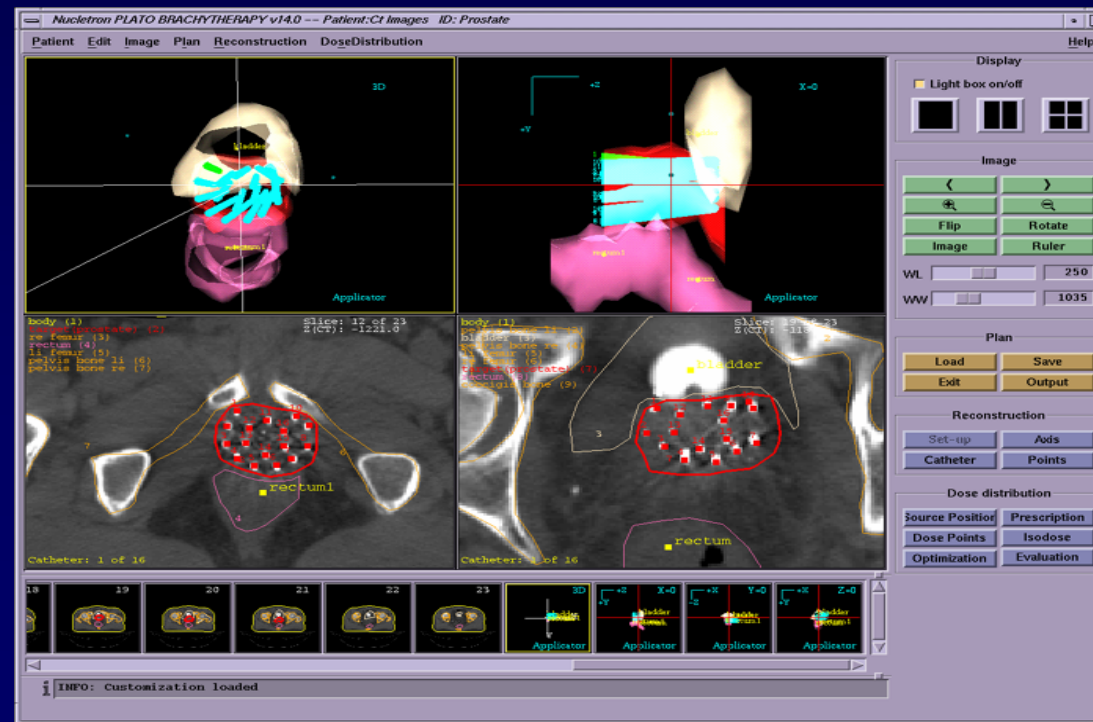


Immobilisation for CT Planning and Treatment



Prostate Implant with HDR

- No pre-planning necessary
- Template for needle guidance
 - Grid Style-similar to pre-planning
 - Free hand circular style, CET Template
- Patient has CT images or radiographs taken after needle placement



4 x 9,5 Gy => ???

$\alpha/\beta = 3,0$ Gy

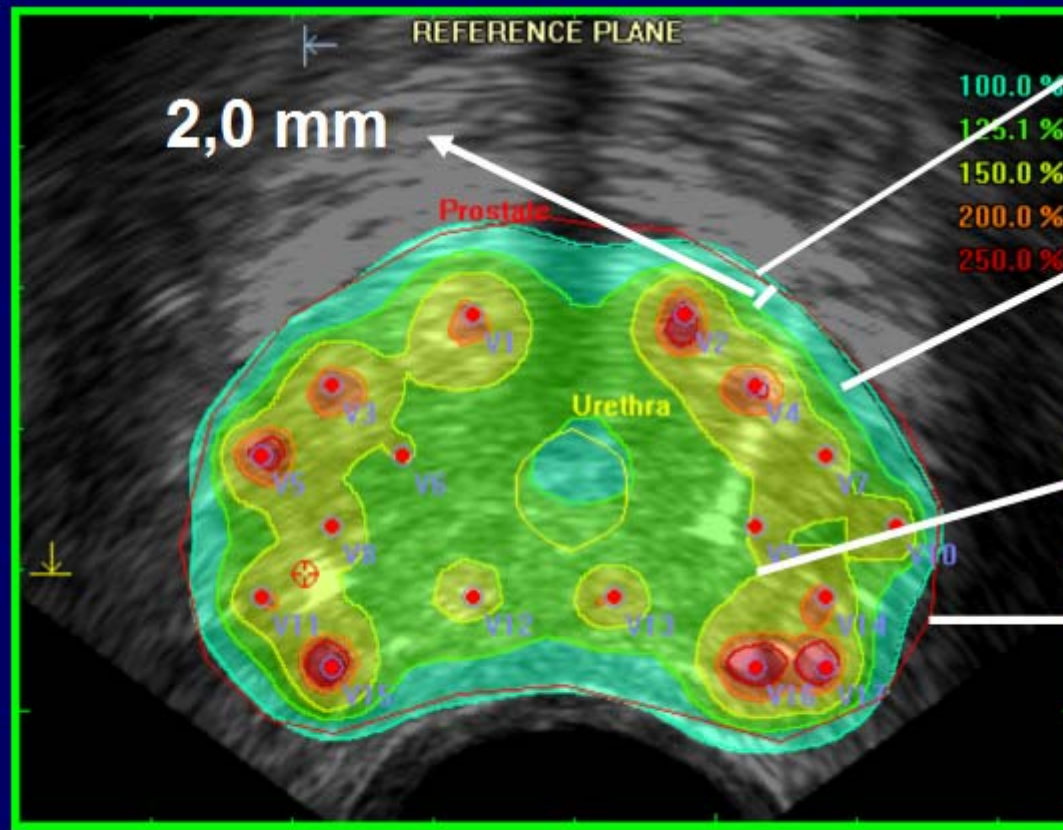
D_{2Gy}

95,0 Gy

141,0 Gy

197,0 Gy

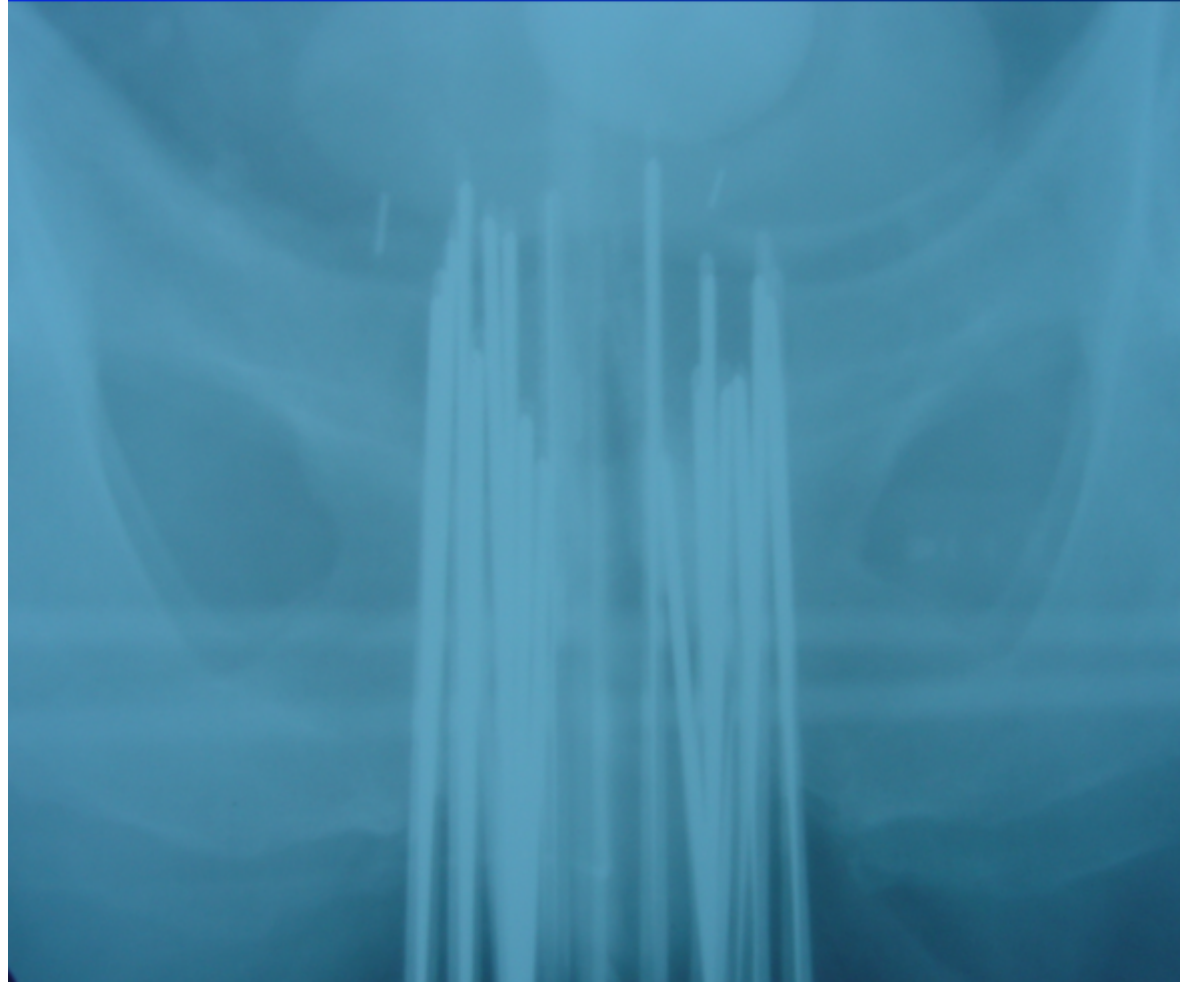
79,0 Gy



HDR Prostate Brachytherapy

QA interfacción

Fixation needles+esteroids

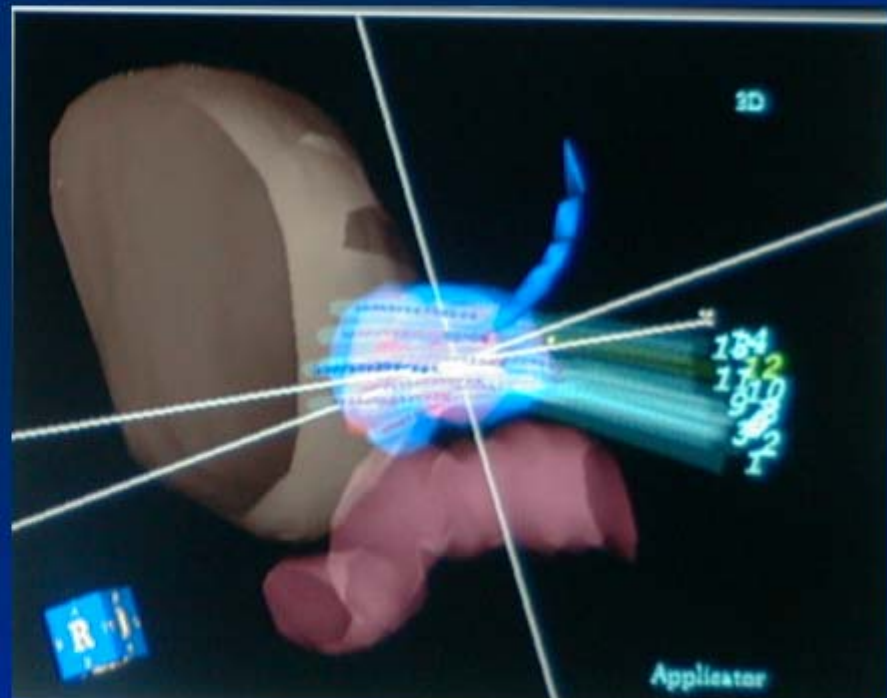


1 h before each fraction
If displacement > 3mm:
Repositioning + new plan

HDR Brachytherapy: dose constraints

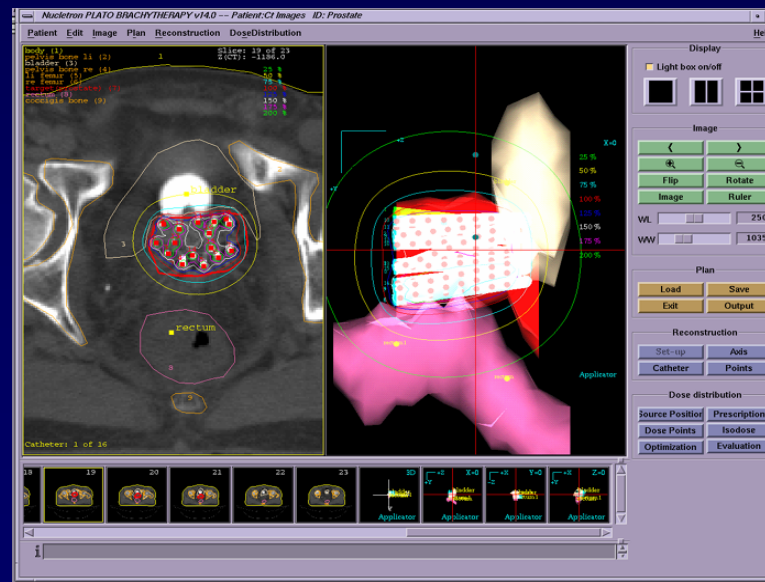
Urethra: 125%

Rectum: 85 %



Prostate Implant with HDR

- Volume based optimization from CT images
- 3 fraction technique most popular
 - **Day one:** Insertion followed by afternoon treatment
 - **Day two:** morning and afternoon treatment followed by needle removal



Advantages of HDR Prostate Implant

- Patient is not radioactive after treatment
- Completely volume based conformal brachytherapy
- Dose reduction to bladder, rectum and urethra
- No additional risk of incontinence or impotency
- No need delay procedure for source delivery

Example of HDR Prostate Protocol

- Different protocols are in use, e.g.¹:
- HDR Brachytherapy:
 - Two applicator implants consisting of needles positioned with a template
 - Temporary implant with 2 fractions per implant, given in 2 days
 - A total brachytherapy dose of 4 x 600 cGy
- External Beam Radiation:
 - Either before or after HDR treatment
 - 3600 cGy total in 20 fractions

1. Provided by CET Clinic, Oakland, CA, USA

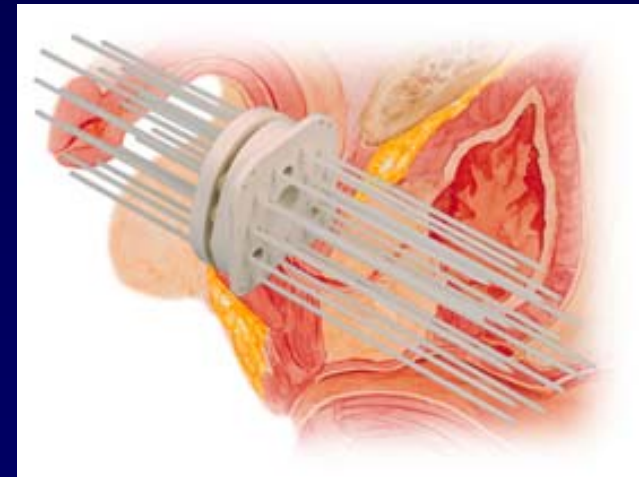
Nucletron's Prostate HDR



Brachytherapy
Planning System



microSelectron-HDR
remote afterloader



Template with
interstitial needles

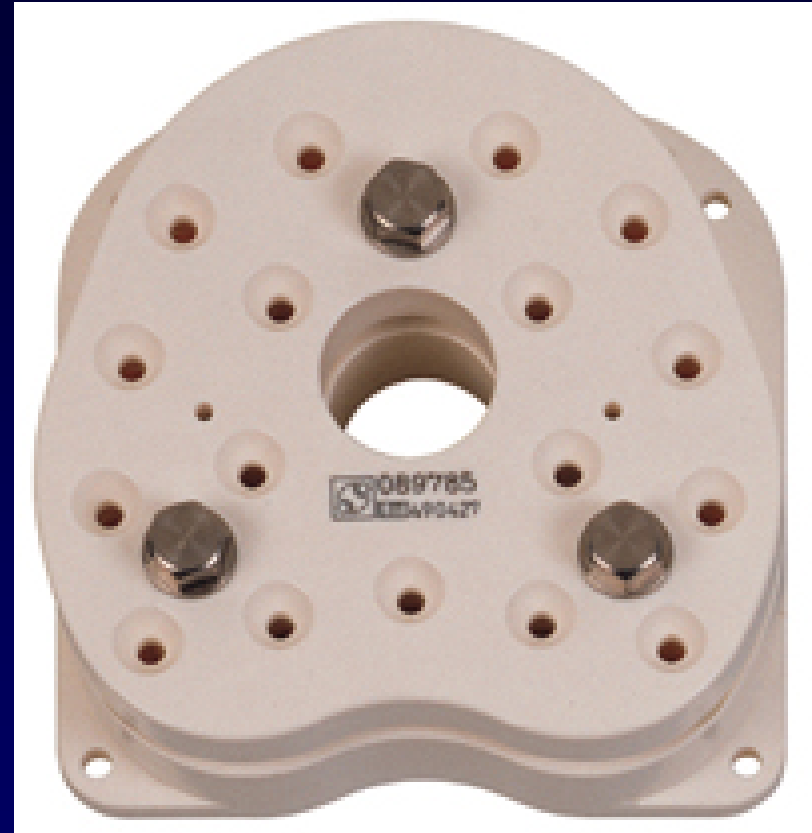
microSelectron-HDR Remote Afterloader



- Stores and handles an extremely small and flexible ^{192}Ir flexible source wire of 10 Ci
- Computer controlled source delivery in seconds, via 18 channels
- Exceptional safety and QA features
- Easy transfer tube connections to applicators for improved patient flow

CET Prostate Template

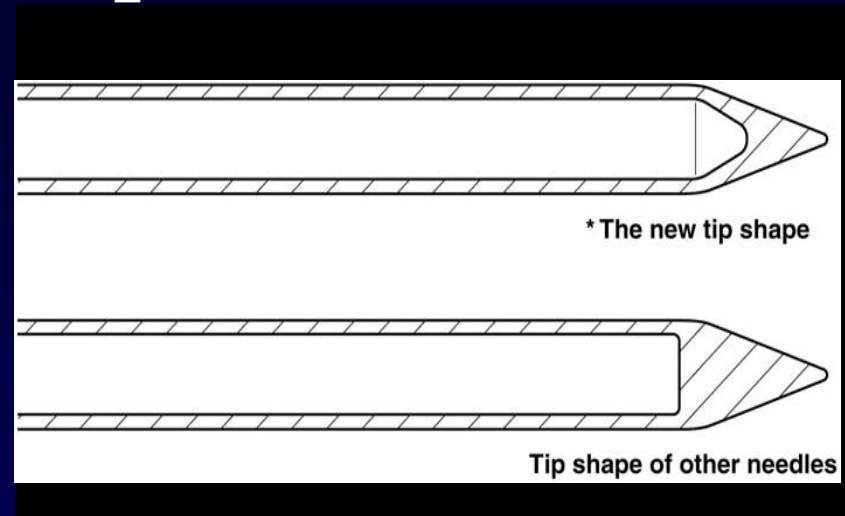
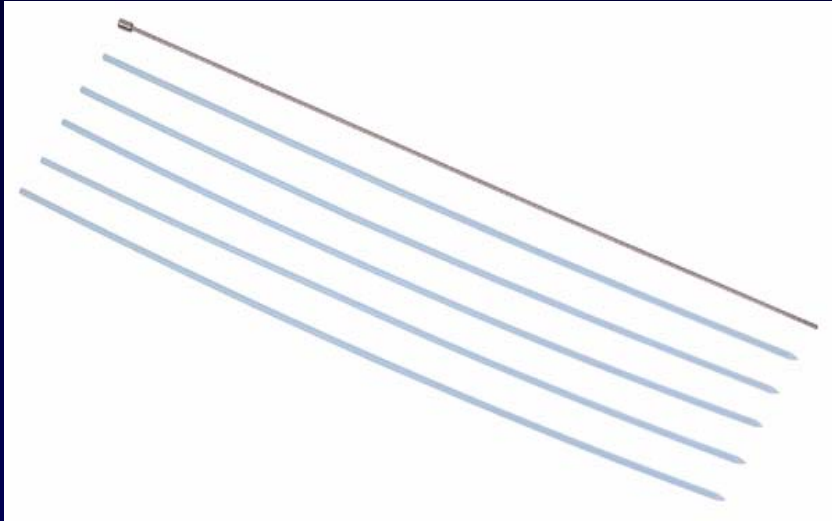
- For guiding and securing up to 17 needles
- Anatomically shaped to encompass the prostate volume
- Needle holes are positioned to increase target dose and to decrease urethra and rectal dose
- Can be steam autoclaved for fast turnaround
- Available for 4, 5 and 6F needles





- The template is used without fixation to a transrectal ultrasound device
- The base plate can be sutured to the perineum
- Consists of of base plate and cover plate with screws to connect these and pellets in between
- After needle placement tightening of the screws compresses the pellets, securing needles in place

“ProGuide Sharp” Needles

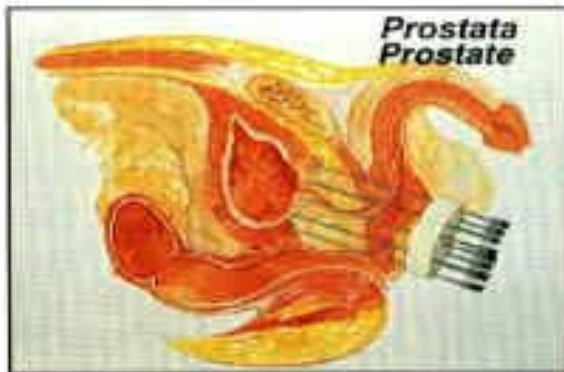


- Single use plastic needles with integrated sharp tip
- New “hollow” tip design allows for a more distal first source position
- A tungsten alloy obturator (twice as rigid as steel!) maintains needle stability and integrity
- Designed for single stick procedure
- X-ray markers and *new* CT-Marker available

Transrectal Ultrasound Guiding

- **Insertion of rectal ultrasound probe**
- **Prostate US imaging from base to apex**
- **Possibly: placement of CT marker seeds into the apex**

Needle Implantation

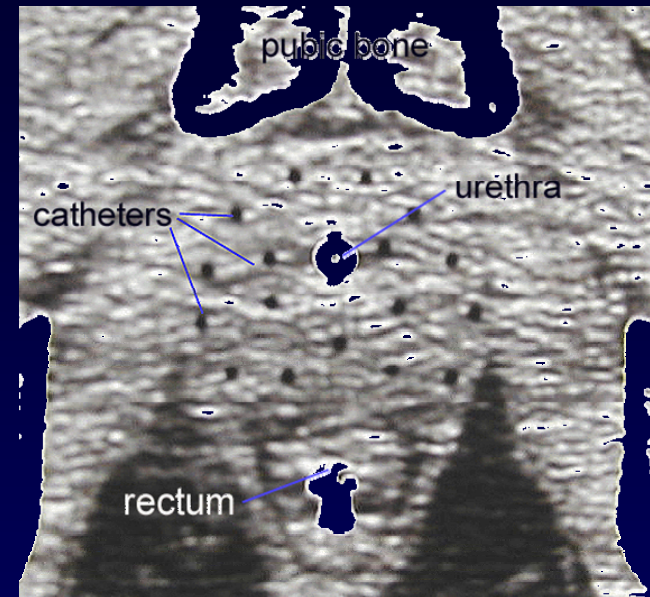
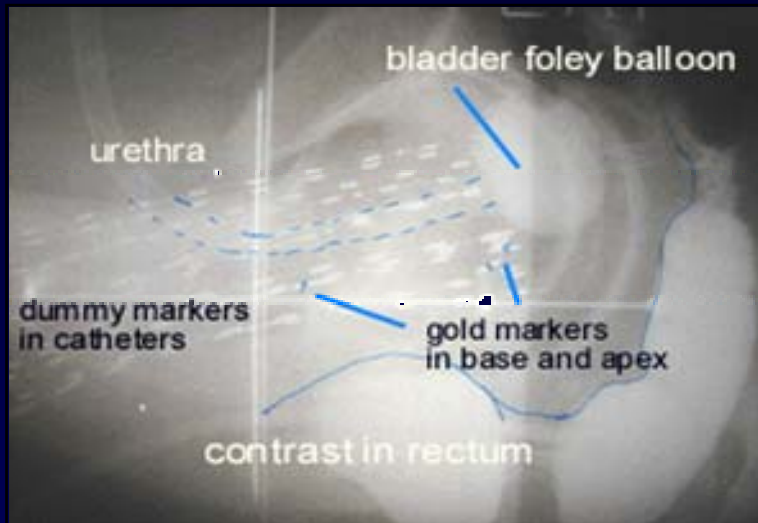


Infissione prostatica
transperineale con
multipli cateteri
nella brachiterapia
temporanea



Transperineal pro-
state insertion with
multiple catheters in
temporary brachy-
therapy

Planning Images



- Radiographic markers are inserted
- Radiographs or CT transverse images are made for implant localization
- 3-D Reconstructions are made and source positions are introduced using PLATO

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE DELLA RADIOTERAPIA

TIPO DI NEOPLASIA	DOSI CURATIVE
SEMINOMA	2000-3000 cGy
DISGERMINOMA	“
LEUCEMIA LINFATICA ACUTA	“
SEMINOMA (BULKY)	3000-4000 cGy
TUMORE DI WILMS	“
NEUROBLASTOMA	“
MORBO DI HODGKIN	4000-4500 cGy
LINFOMA	“
BASALIOMA (CUTE)	“

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE DELLA RADIOTERAPIA

TIPO DI NEOPLASIA

DOSI CURATIVE

LINFONODI No (N1?)

5000-6000 cGy

POST OPERATORIO

CANCRO A CELLULE SQUAMOSE

“

CERVICE UTERINA

“

TESTA E COLLO

“

MAMMELLA

“

MEDULLOBLASTOMA

“

RETINOBLASTOMA

“

TUMORE DI EWING

“

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE DELLA RADIOTERAPIA

TIPO DI NEOPLASIA

DOSI CURATIVE

LARINGE < 1 cm.

6000-6500 cGy

MAMMELLA (T1)

“

CAVITA' ORALE (1-4 CM.)

7000-7500 cGy

ORO-NASO-LARINGO-FARINGE

“

VESCICA

“

CERVICE-UTERO

“

POLMONE (<3 cm.)

“

METASTASI LINFONODALI (1-3 cm.)

“

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE DELLA RADIOTERAPIA

TIPO DI NEOPLASIA

DOSI CURATIVE

TESTA E COLLO (>4 cm.)

8000 cGy ed oltre

GLIOBLASTOMI

“

SARCOMI DELL' OSSO

“

MELANOMI

“

SARCOMI DELLE PARTI MOLLI

“

CANCRO DELLA TIROIDE

“

SVILUPPI IN CORSO E FUTURO DELLA RADIOTERAPIA

PIANI TRATTAMENTO BEV-3D

**COLLIMATORI MULTILAMELLARI
(MULTILEAF COLLIMATOR)
PRECISA GEOMETRIA DEI FASCI**

SVILUPPI IN CORSO E FUTURO DELLA RADIOTERAPIA

**UTILIZZO DI FASCI DI PARTICELLE
(NEUTRONI, PROTONI,
PARTICELLE PESANTI)**

**SVILUPPO DELLE INDAGINI PREDITTIVE
METODI PER DETERMINARE
LA RADIOSENSIBILITA'
-DEI TESSUTI SANI
-DELLA NEOPLASIA**

RADIOTERAPIA CONFORMAZIONALE 3D

CLASSICA

**FASCI COLLIMATI SUL VOLUME
BERSAGLIO E SUGLI ORGANI A RISCHIO
SECONDO IL PUNTO DI VISIONE DEL FASCIO (BEV)**

GENERALIZZATA

**PIENA LIBERTA' NELLA CONFIGURAZIONE DEL
FASCIO: ENERGIA, DIREZIONE, PROFILO**

**FASCI NON OMOGENEI SU VOLUMI BERSAGLIO
ETEROGENEI ED ASIMMETRICI=MODULAZIONE
DELL' INTENSITA' DEL FASCIO**

UTILIZZO DEI FASCI DI ELETTRONI IN RADIOTERAPIA

CARATTERISTICHE CLINICHE

**CEDONO GRAN PARTE DELLA LORO ENERGIA
NEI PRIMI CENTIMETRI DI PERCORSO CON UNA
SUCCESSIVA BRUSCA CADUTA**

**RISPARMIO DEI TESSUTI PROFONDI
“AL DI LA’ ” DEL PERCORSO PRATICO (RANGE)**

UTILIZZO DEI FASCI DI ELETTRONI IN RADIOTERAPIA

INDICAZIONI

- NEOPLASIE DELLA CUTE E DEL
LABBRO**
- CAVITA' ORALE-OROFARINGE**
- GHIANDOLE SALIVARI**
- LINFONODI CERVICALI**
- NEOPLASIE MAMMARIE**
- VULVA,VAGINA,URETRA**

CARCINOMA SPINOCELLULARE CUTE



CARCINOMA SPINOCELLULARE CUTE DURANTE EBRT CON ELETTRONI



CARCINOMA SPINOCELLULARE CUTE AL TERMINE EBRT



CARCINOMA SPINOCELLULARE DELLA CUTE 2 MESI DOPO EBRT CON ELETTRONI



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

TOTAL BODY IRRADIATION

**TERAPIA CITORIDUTTIVA AD ALTE DOSI
PRIMA DI TRAPIANTI DI MIDOLLO OSSEO O
CELLULE STAMINALI DI SANGUE PERIFERICO
(LEUCEMIE-LINFOMI)**

FUNZIONI

- DISTRUGGERE LE CELLULE TUMORALI**
- UCCIDERE LE CELLULE STAMINALI
EMOPOIETICHE E LE CELLULE IMMUNITARIE
DELL' OSPITE
(RIGETTO NEL TRAPIANTO ALLOGENICO)**

IORT RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA

IORT

**(La Radioterapia
Intraoperatoria)**

IORT RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA

IRRADIAZIONE DI NEOPLASIE PROFONDE “A CIELO APERTO” DURANTE LA SEDUTA OPERATORIA

TECNICHE

- 1. Trasferimento del malato dalla sala operatoria al bunker della Radioterapia**
- 2. Acceleratori lineari di elettroni dedicati e stabilmente posizionati in sala operatoria**
- 3. Apparecchi a raggi X miniaturizzati siti nella sala operatoria**
- 4. Brachiterapia HDR**

IORT RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA RAZIONALE

- Altro metodo per aumentare la dose al tumore rispetto ai tessuti sani
- Possibilità di rimuovere fisicamente dal campo di irradiazione i tessuti sani (intestino tenue, colon, stomaco, vescica etc) o escludendoli dal fascio diretto
- In alcune situazioni è possibile schermare con piombo o alluminio i tessuti sani profondi.
- Durante l'intervento con l'aiuto del chirurgo, è possibile delimitare con esattezza l'area a rischio di interessamento tumorale
- E' necessario solo un margine minimo per i movimenti del paz. o errori di set-up, visto che il campo esatto è visualizzato direttamente

• IORT RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA RAZIONALE

- Dose unica, elevata fra i 10-22 Gy, visto che viene erogata durante l'atto operatorio
- L'efficacia biologica di una dose unica non è completamente nota, ma si ipotizza che equivalga ad una dose frazionata convenzionale di circa 2-3 volte maggiore
- Una dose di 20 Gy in seduta unica dovrebbe quindi equivalere come capacità di uccidere le cellule ad una dose frazionata di circa minimo 40 Gy e massimo 60 Gy di una EBRT convenzionale
- Spesso combinazioni di EBRT di 45-50 Gy in frazioni di 1,8-2 Gy giornaliere + IORT di 10-20 Gy: alto controllo locale per molti tumori solidi con tendenza ad infiltrare

IORT RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA

INDICAZIONI PRINCIPALI

RESIDUI MACRO O MICROSCOPICI

IN CORSO DI INTERVENTO CHIRURGICO PER:

- CA GASTRICO**
- CA PANCREATICO**
- CA VIE BILIARI**
- CA RETTO**
- CA VESCICA**
- CA CERVICE UTERINA (RECIDIVE PELVICHE)**
- CA MAMMELLA**

RISULTATI FAVOREVOLI

SPECIE NEL CA GASTRICO E NEL CA RETTO

ASSOCIAZIONI CON RT CON FASCI ESTERNI E CHT

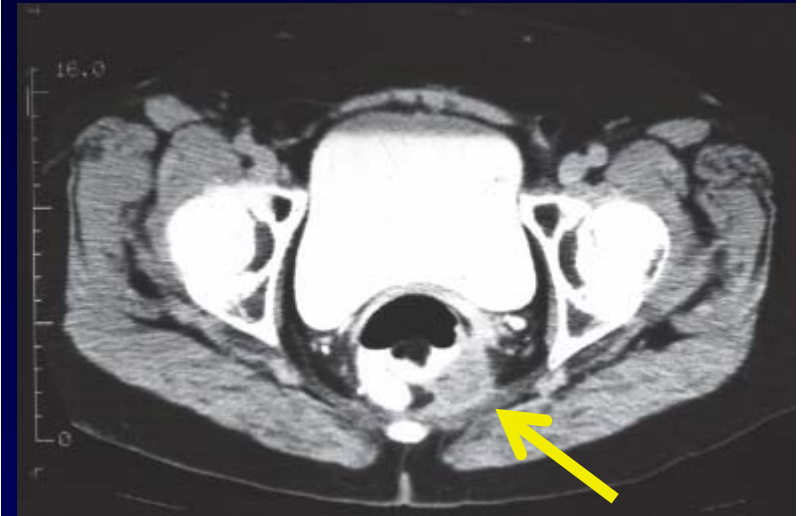
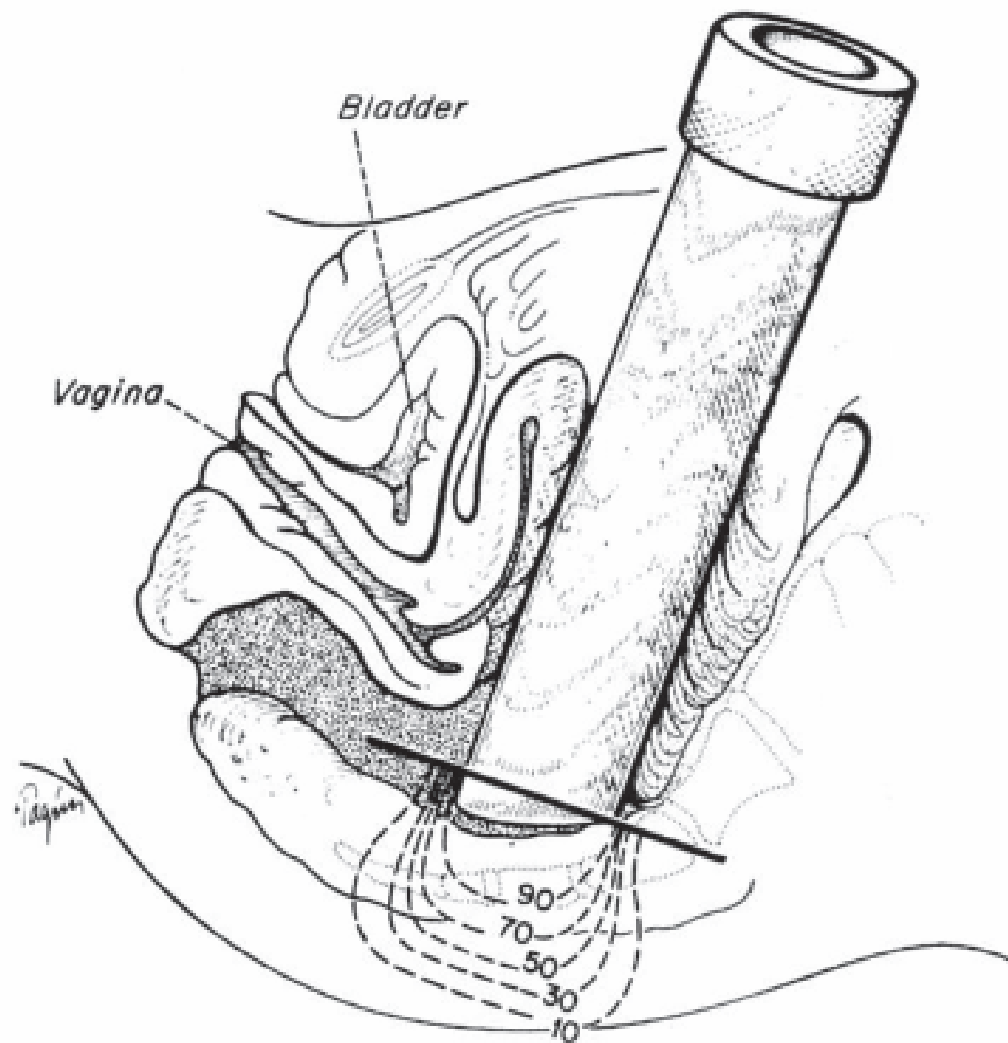
TEAM WORK



IORT CON ELETTRONI MAMMELLA DOPO QUA



IORT CON e⁻: un applicatore disposto sui tessuti presacrali. In nero la distribuzione delle isodosi



**Ca del retto che invade
la parete pelvica
laterale sinistra e
posteriore**

IORT LA MACCHINA ED I CONTROLLI DOSIMETRICI

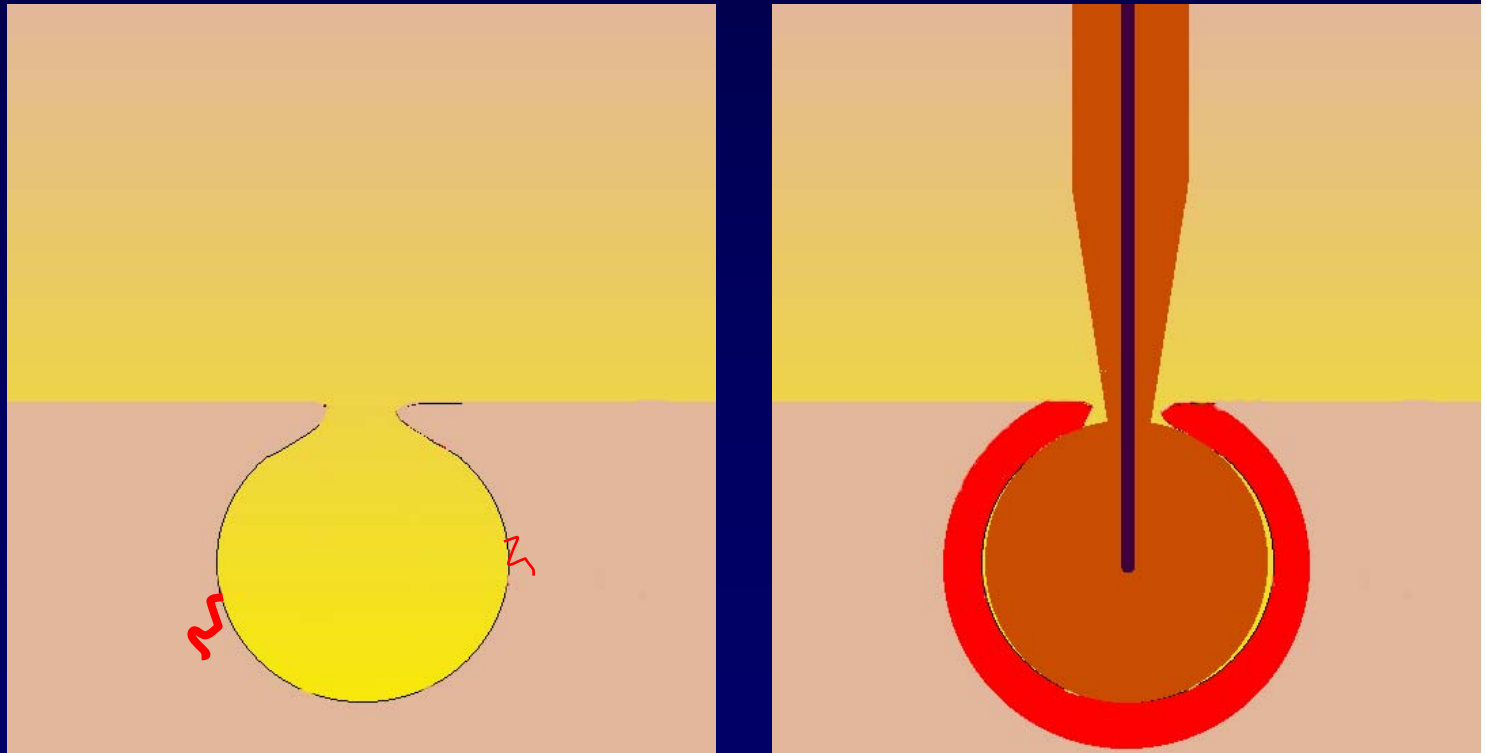


IORT CON MACCHINA DEDICATA A RAGGI X :

Sistema a raggi-X miniaturizzato (Intrabeam)
per trattamenti radioterapici interstiziali ed **intracavitari**

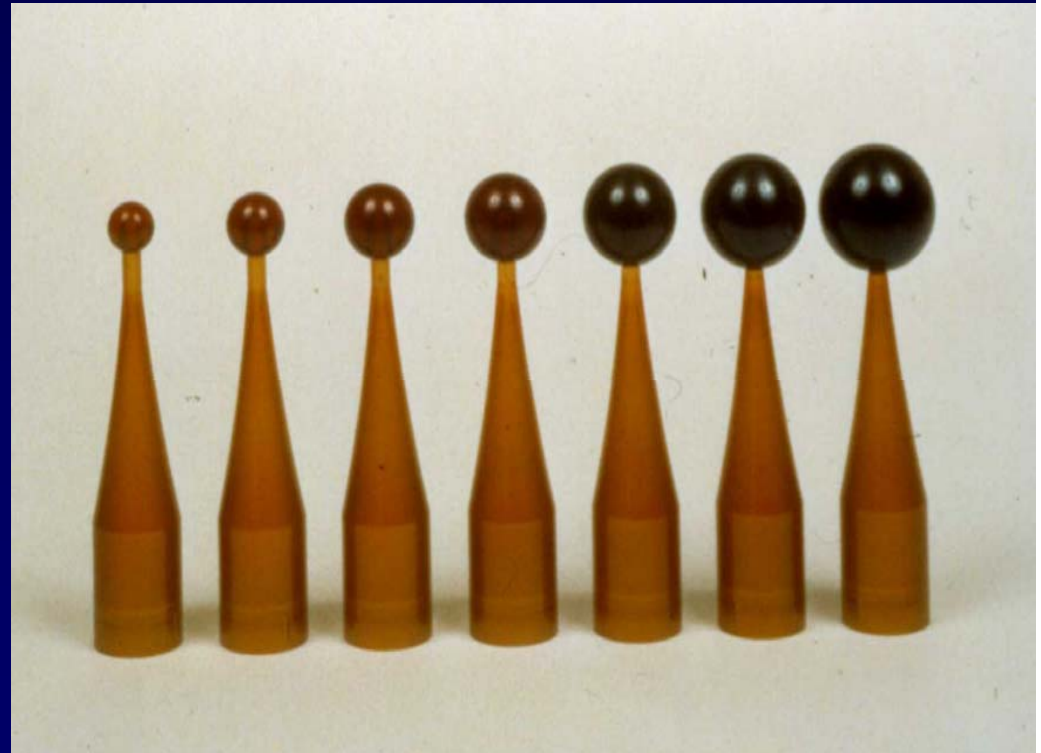
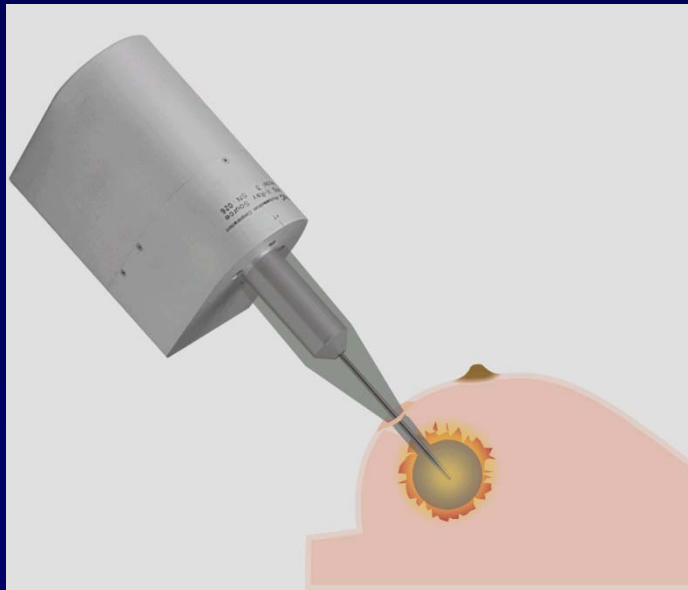
INTRACAVITARIA-->

Tecnica invasiva da applicare sul letto operatorio

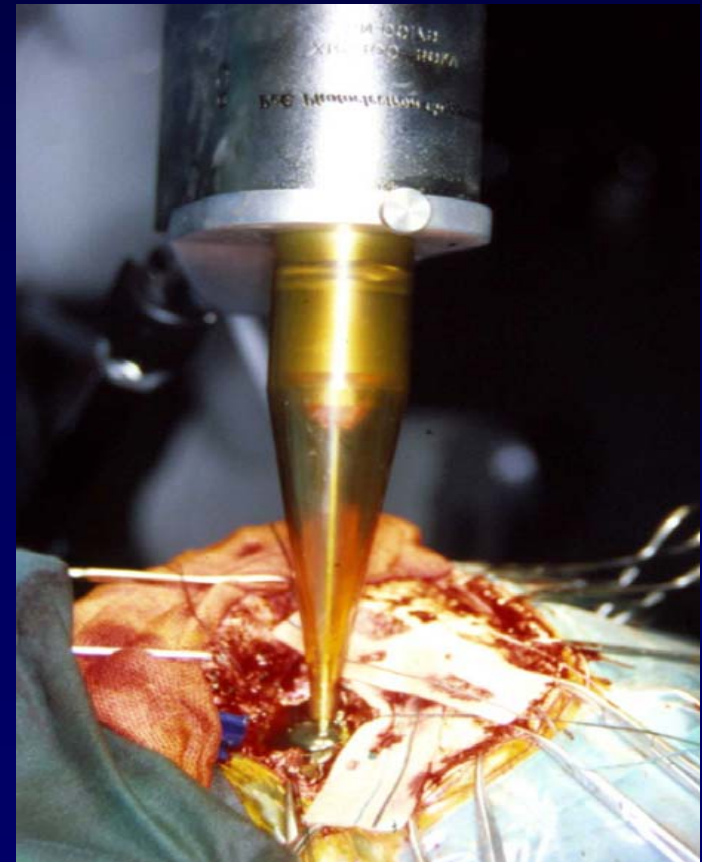
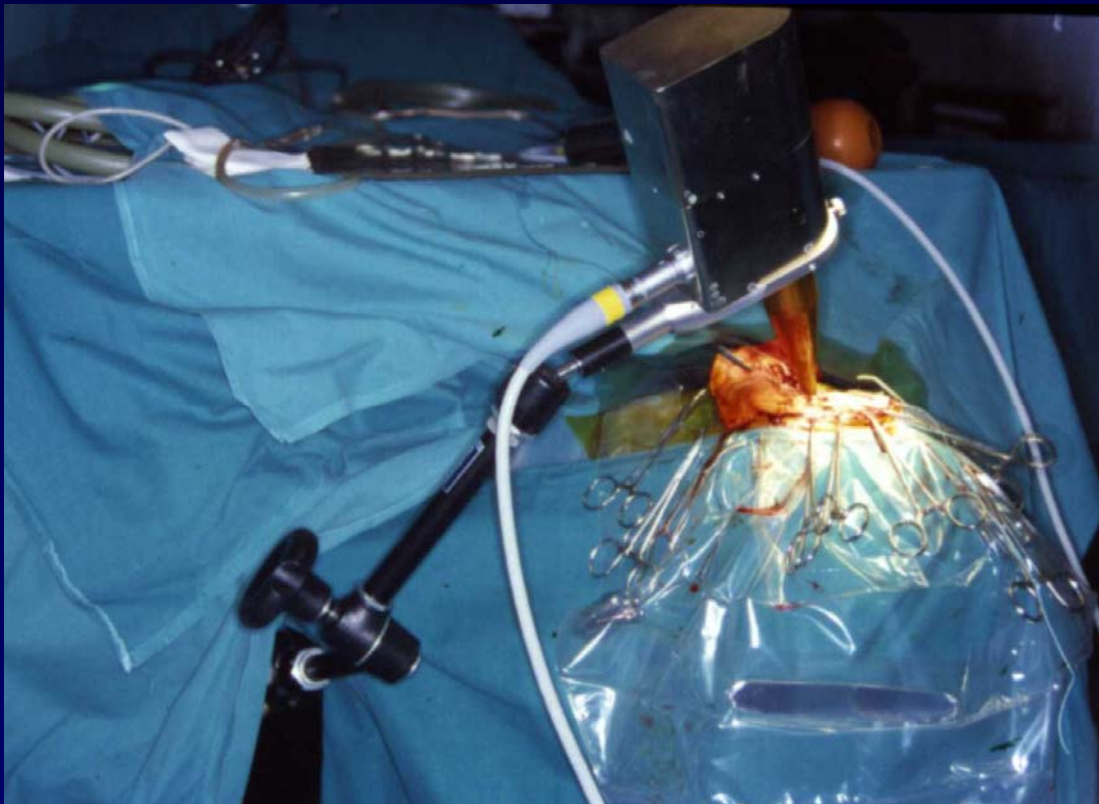


QUANDO SI APPLICA

INTRAOPERATORIA:
sterilizzazione dei letti tumorali
superfici sferiche o piane
diametro max 4 cm



QUANDO SI APPLICA
INTRAOPERATORIA: applicatore da 3.5 cm



QUANDO SI APPLICA
INTRAOPERATORIA: applicatore da 3 cm
(mammella)

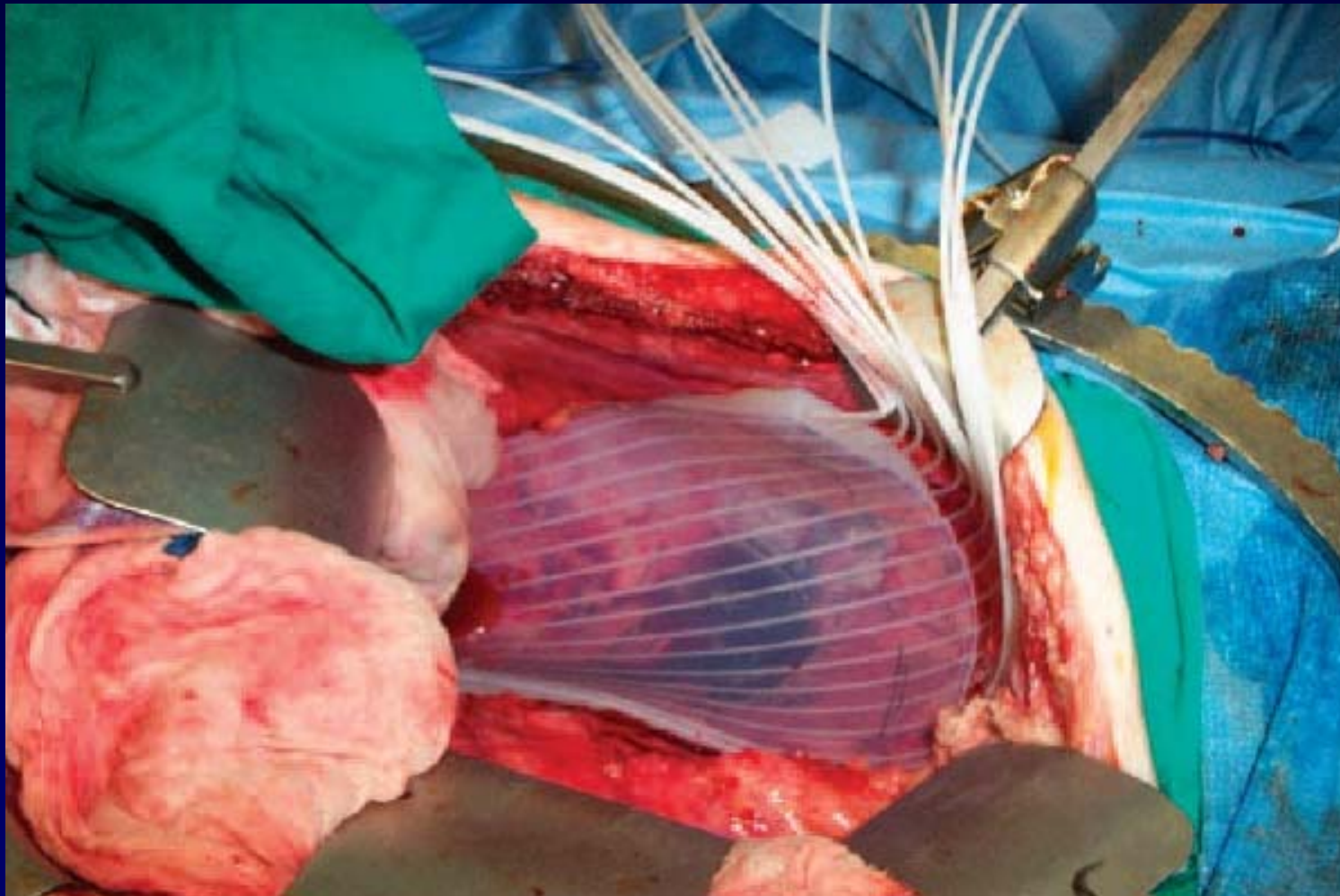


IORT con BRACHITERAPIA HDR: Tecnica del Remote AfterLoading con sorgenti di Ir¹⁹²



IORT con BRACHITERAPIA HDR: Tecnica del Remote AfterLoading con sorgenti di Ir¹⁹²

Applicatore flessibile (HAM) usato per brachiterapia HDR IORT per una terapia conformata su superfici curve quali gamba, pareti ampie nella pelvi, pareti addominali laterali, gabbia toracica



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

TOTAL SKIN IRRADIATION

LINFOMI CUTANEI A CELLULE T

HEMIBODY IRRADIATION

METASTASI OSSEE MULTIPLE

Radiochirurgia e RT Stereotassica frazionata

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

**RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA
STEREOTASSICA CON FASCI ESTERNI**

PICCOLI VOLUMI (1-30 cm³)

SINGOLA FRAZIONE (MAX 2)

**ESTREMA PRECISIONE DELLA
LOCALIZZAZIONE DEL BERSAGLIO(< 1mm.)**

**MINIMA (INSIGNIFICANTE) DOSE AL DI FUORI
DEL VOLUME TARGET**

**DISTRIBUZIONE 3D DEI FASCI: I FASCI
CONVERGONO SU UN PUNTO ENTRANDO DA
PUNTI DIVERSI**

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA CON FASCI ESTERNI

Radiochirurgia: una dose elevata, singola su un target piccolo, somministrata con estrema precisione e con mezzi di immobilizzazione cruenti (frame cranico), tramite campi multipli spesso non coplanari o archi multipli

Radioterapia stereotassica: radioterapia con accuratezza elevata somministrata in una o più frazioni e con sistemi di immobilizzazione non cruenti

Gamma Knife (60 Co), Acc. Lineari, Particelle Pesanti, Cyber-Knife

DOVE SI COLLOCA NEL QUADRO GENERALE

TRATTAMENTI RADIOCHIRURGIA CON ACCELERATORE CONVENZIONALE

vantaggi:

multidisciplinare

possibile utilizzo per terapie convenzionali

tessuti sani: dose bassa

Costo di acquisto dell'attrezzatura contenuto

svantaggi:

< Precisione nella distribuzione della dose al target (1-2 mm)

DOVE SI COLLOCA NEL QUADRO GENERALE

TRATTAMENTI RADIOCHIRURGIA

GAMMAKNIFE

vantaggi:

Estrema precisione di distribuzione della dose al target (< 1 mm)

tessuti sani: bassa

Costi di manutenzione

multidisciplinare

svantaggi:

Utilizzabile solo per RChirurgia

volumi piccoli e sferici (multisocentri)

COSTO INIZIALE-CAMBIO SORGENTI

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA

Brown - Robert -Weels (BRW)



Cosman - Robert -Weels (CRW) frame

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA



A head frame, that will be used to immobilize the patient, is placed on the head by a neurosurgeon. The neurosurgeon and the radiation oncologist decide on the exact frame position.

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA



The frame placement can cause some pain and discomfort. A local anesthetic is used at the insertion sites on the scalp. In addition, intravenous sedatives are used as needed.

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA



It takes about 15-20 minutes to place the frame.

The frame remains on the patient's head until the treatment is completed.

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA

Step 2: Obtain CT scan

After the frame is placed, a CT localizer is attached and a set of CT images is obtained.



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA

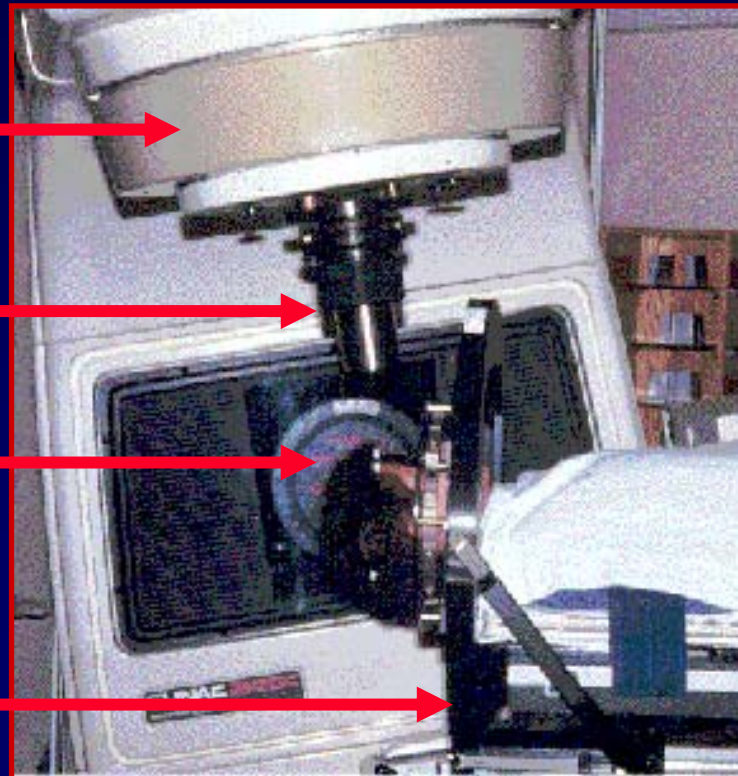
The treatment is delivered by rotating the gantry about the patient's head in a series of arcs. The treatment may take from 1 to 3 hours, depending on the complexity of the plan.

Linac (4-6 MV is used for SRS)

Circular cone, typically
5-40 mm diameter

Head-frame

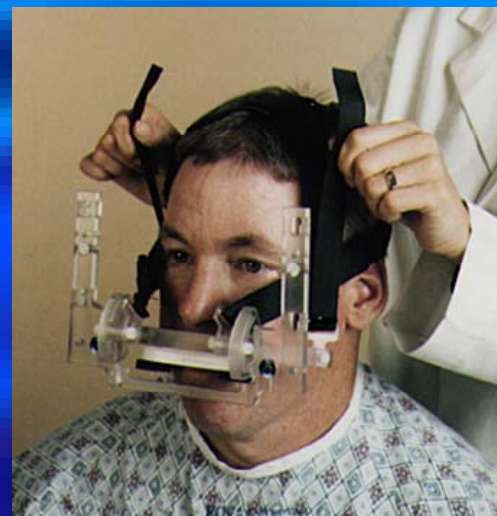
Floor-mount system for patient
immobilization (couch-mount is
more popular)



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

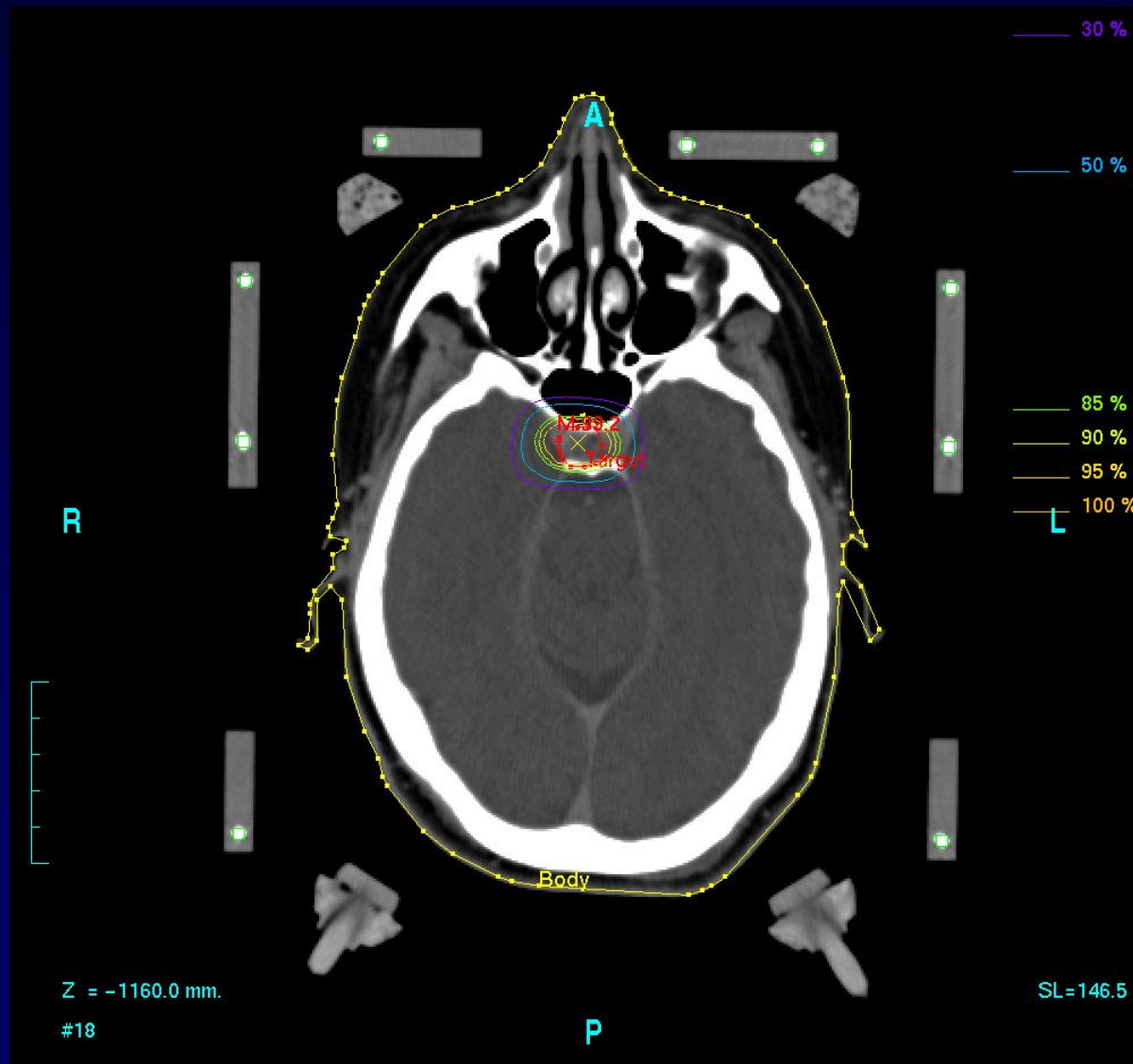
FRAME NON CRUENTO CON BITE

Head and Neck Localizer (HNL)



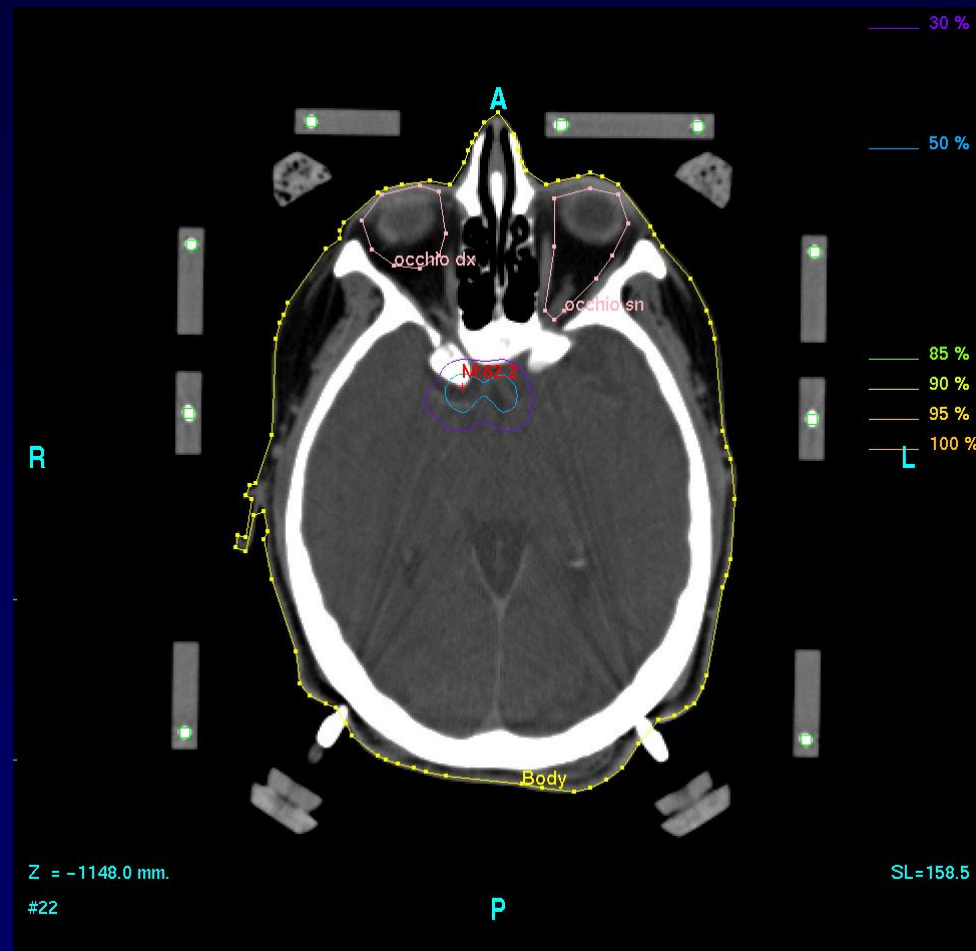
TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA



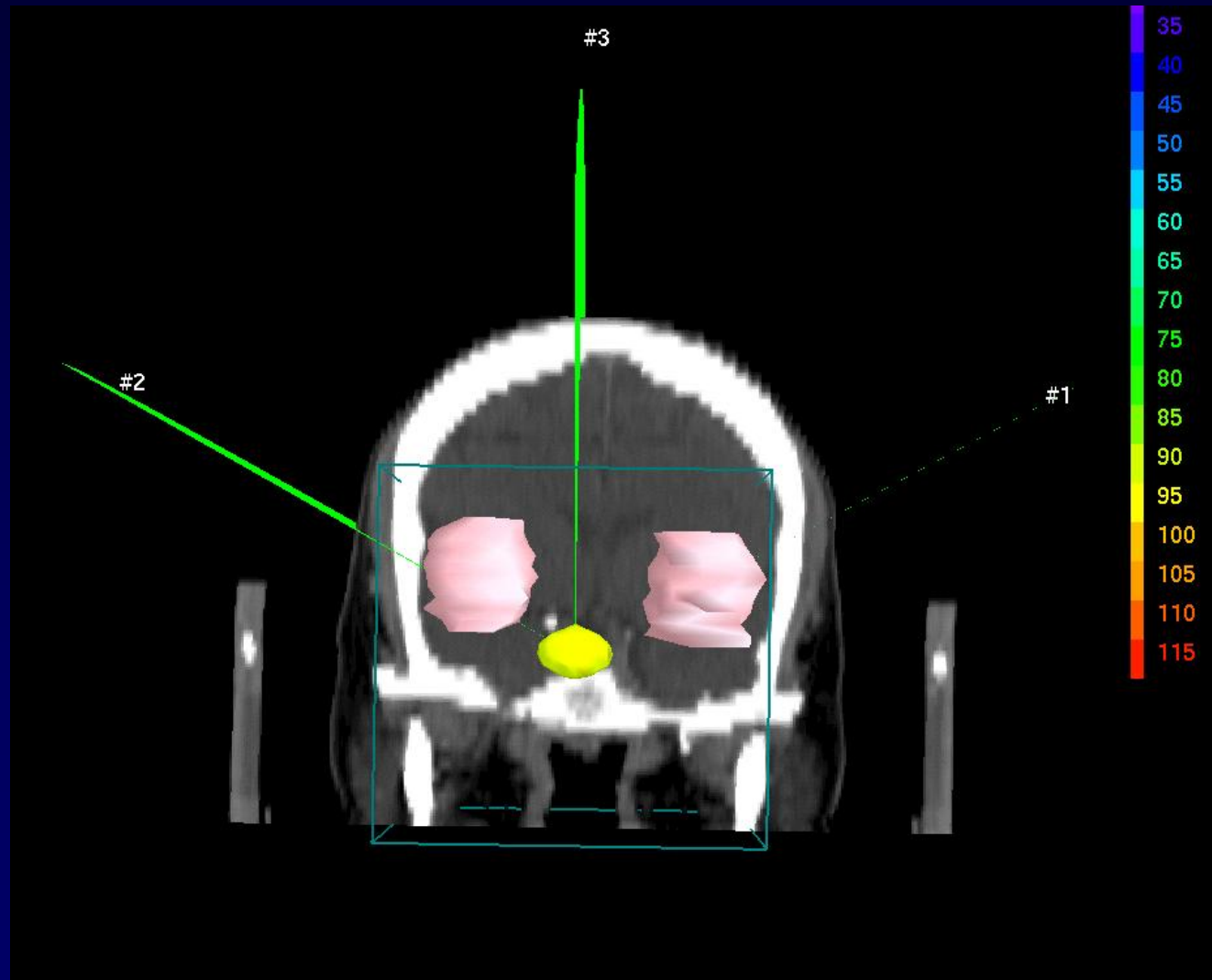
TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA



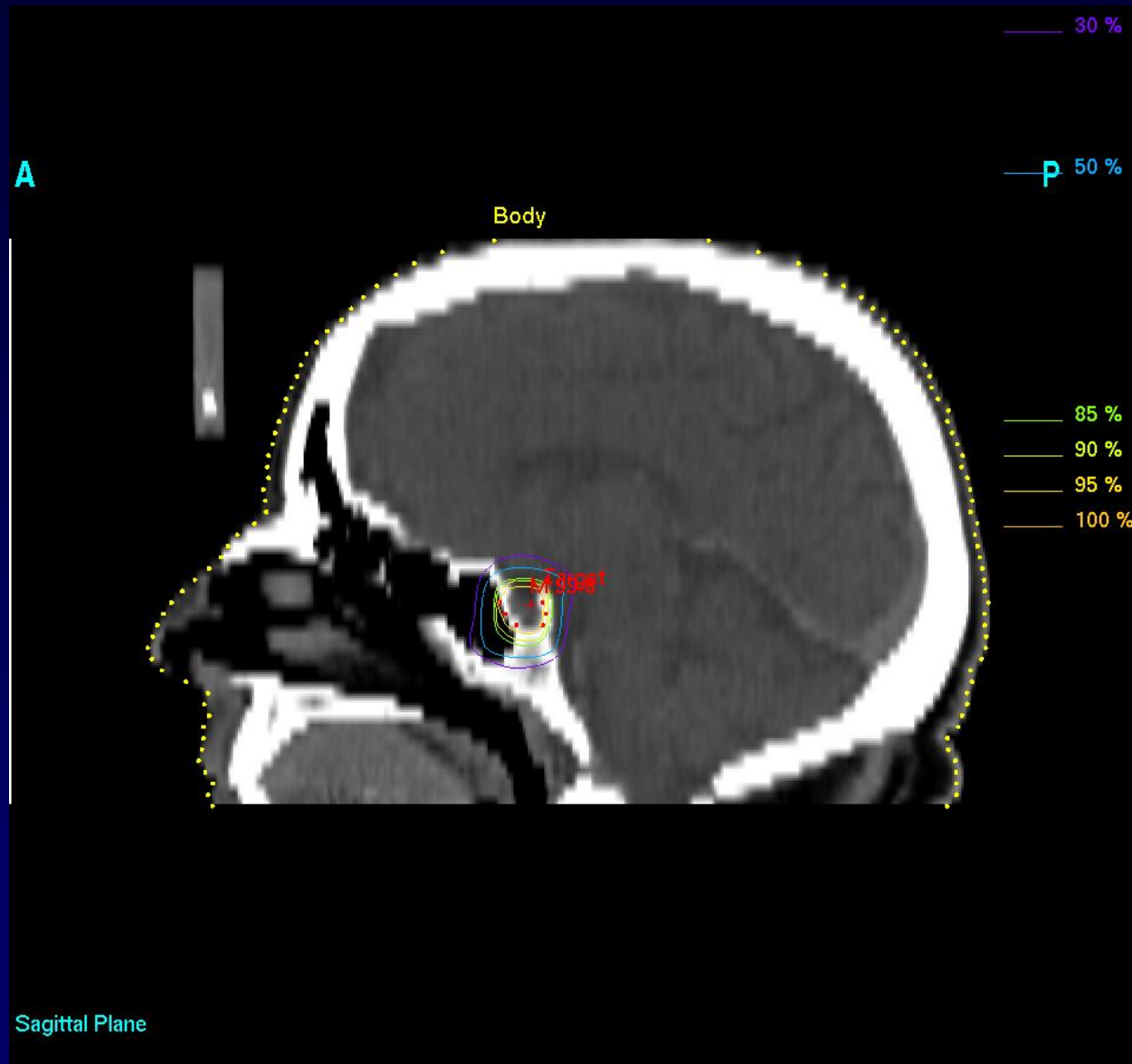
TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

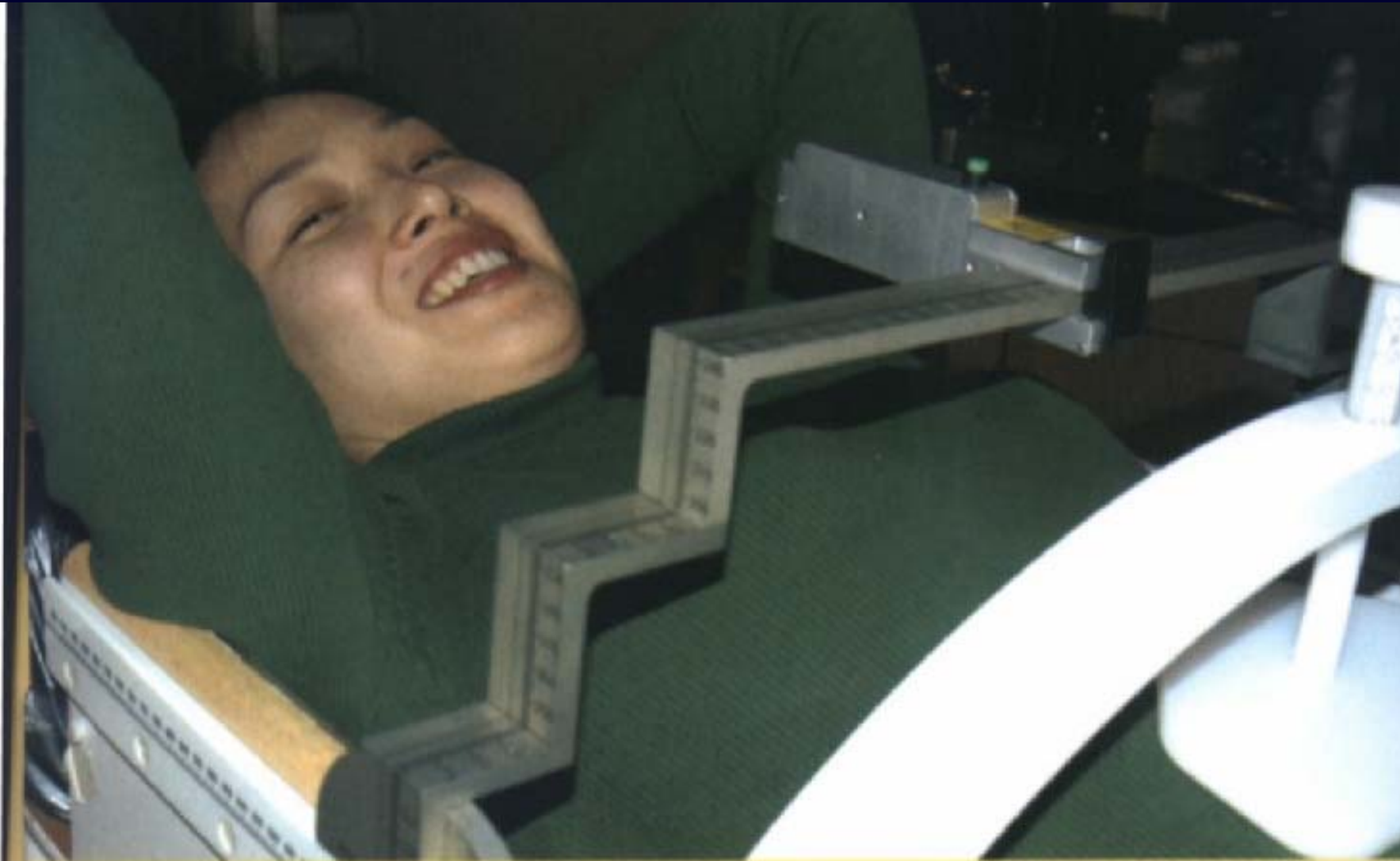
RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

BODY- RADIOSURGERY

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

SISTEMA DI IMMOBILIZZAZIONE E LOCALIZZ. 3 D

Body frame

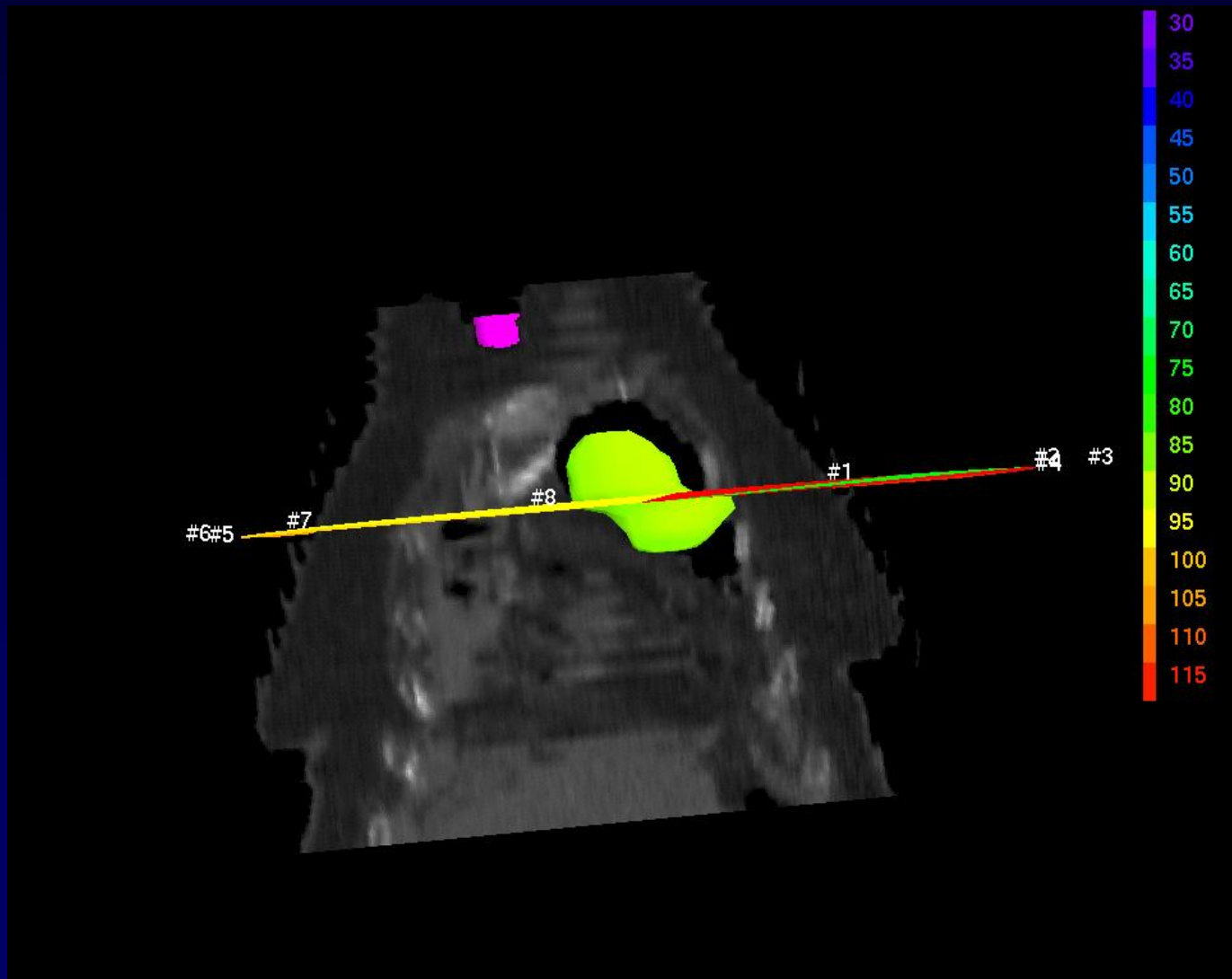


TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI RADIOCHIRURGIA E RT STEREOTASSICA



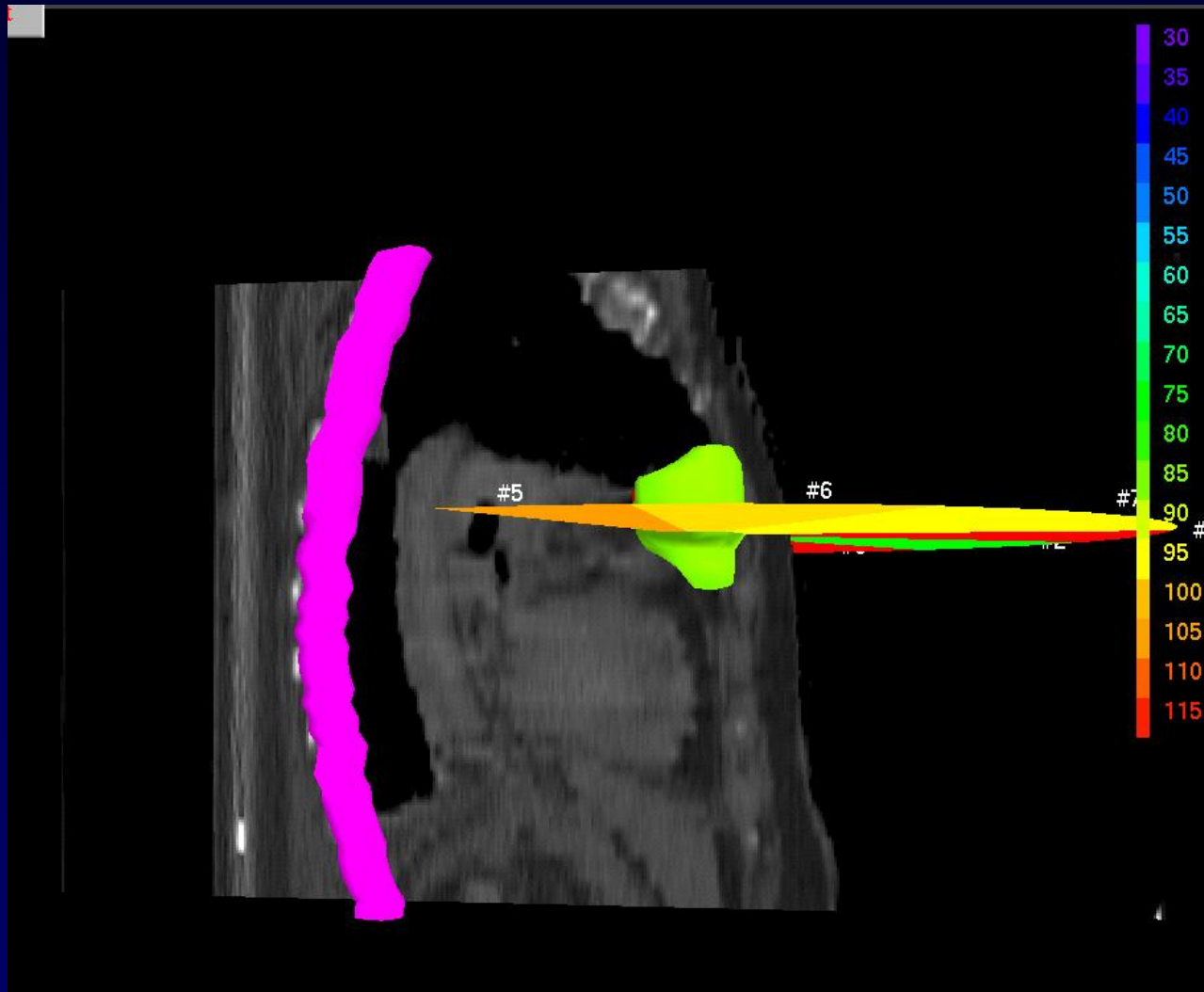
TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA - RADIOTERAPIA STEREOTASSICA



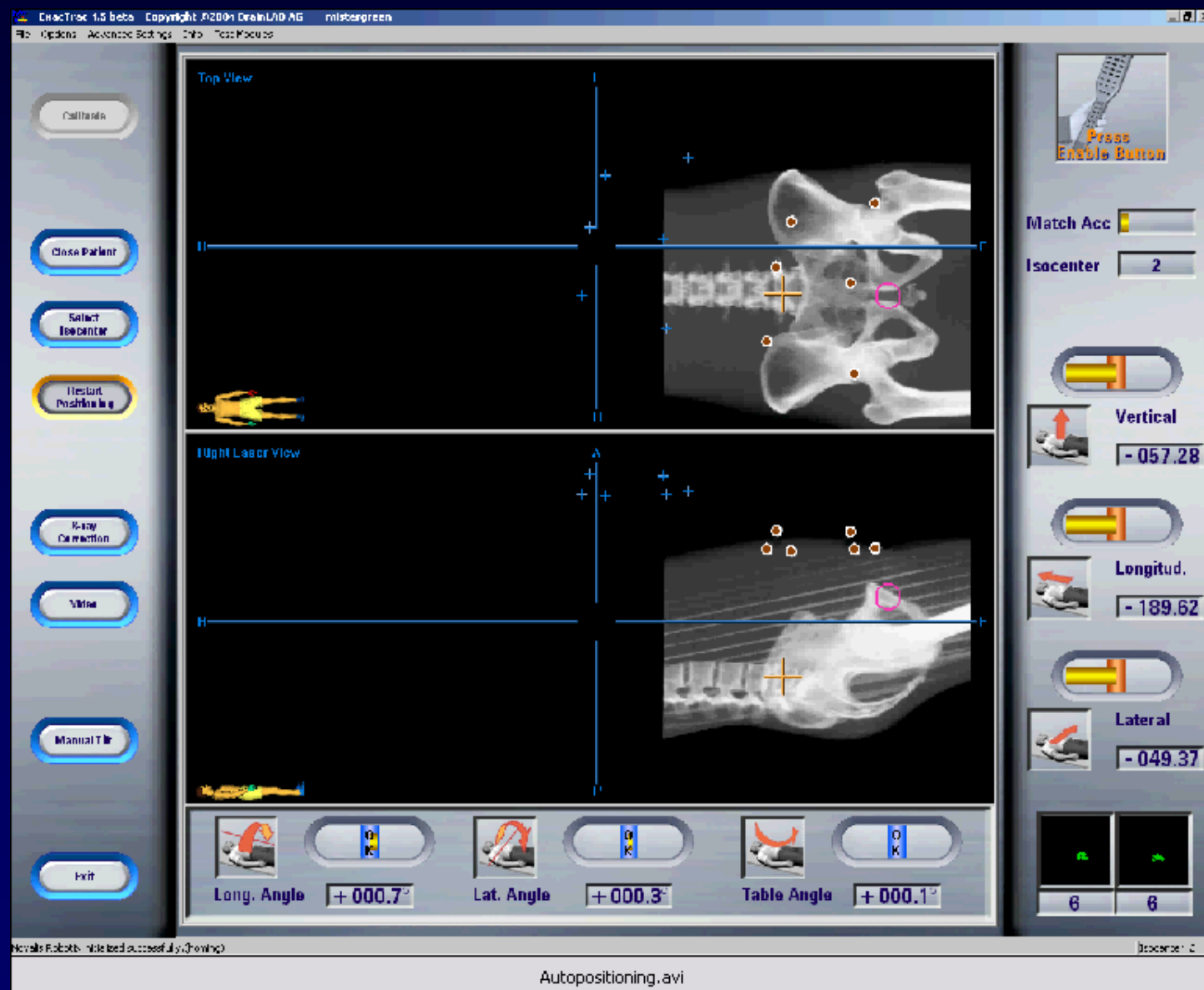
TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RADIOCHIRURGIA E RT STEREOTASSICA



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RT STEREOTASSICA BODY



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

FUSIONI DI IMMAGINI PER 3-D RT E IMRT

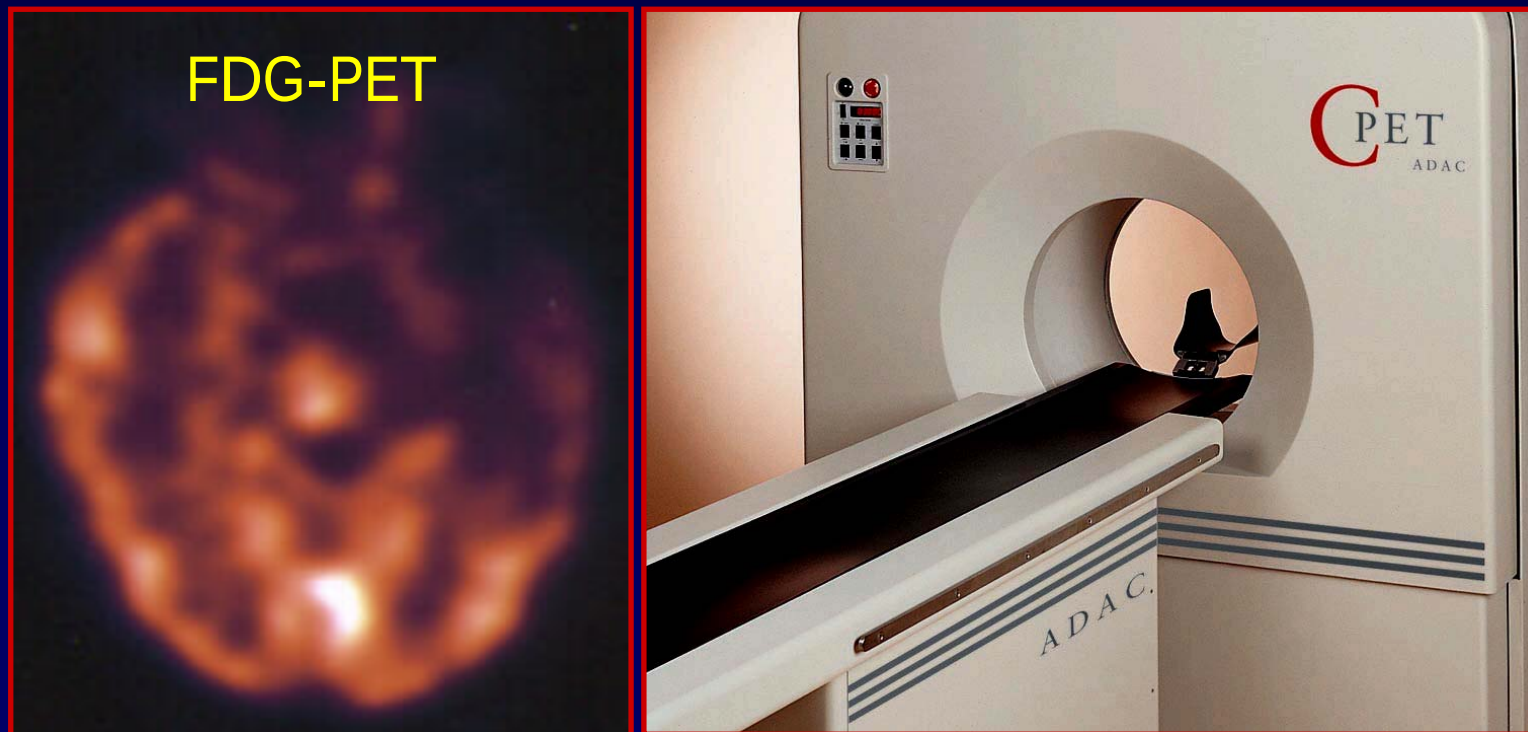
The screenshot displays a radiotherapy planning software interface with the following components:

- Beams Panel:** Includes a list with "Beam 1", "Add Beam", and "Delete Beam..." buttons.
- Setup Panel:** Features tabs for "Setup", "Geometry", and "Modifiers". The "Isocenter" is set to "POI_1".
- Angles Panel:** Contains settings for "Couch", "Gantry", and "Collimator (from above)". Each has a numerical input field and a circular diagram showing the rotation range.
 - Couch:** Angle is 180.0.
 - Gantry:** Start and Stop angles are both 202.4.
 - Collimator:** Angle is 180.0.
- Jaws Panel:** Includes input fields for "X (LAT)", "Y (I/O)", "X1 (RT)", "X2 (LT)", "Y2 (GAN)", and "V1 (PSA)", along with "Symmetric" checkboxes.
- Main View:** A large axial CT scan of a chest with a yellow target area and red dashed lines representing the beam's path.
- Bottom Left View:** A sagittal CT scan showing the target area and beam path.
- Bottom Right View:** A 3D visualization of the target area and beam path.
- Status Bar:** Displays "Slice 200: Y = -5.297" and "DEITZ, GEOFFREY".
- Footer:** A note that says "Press Button 3 for image manipulation tools."

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

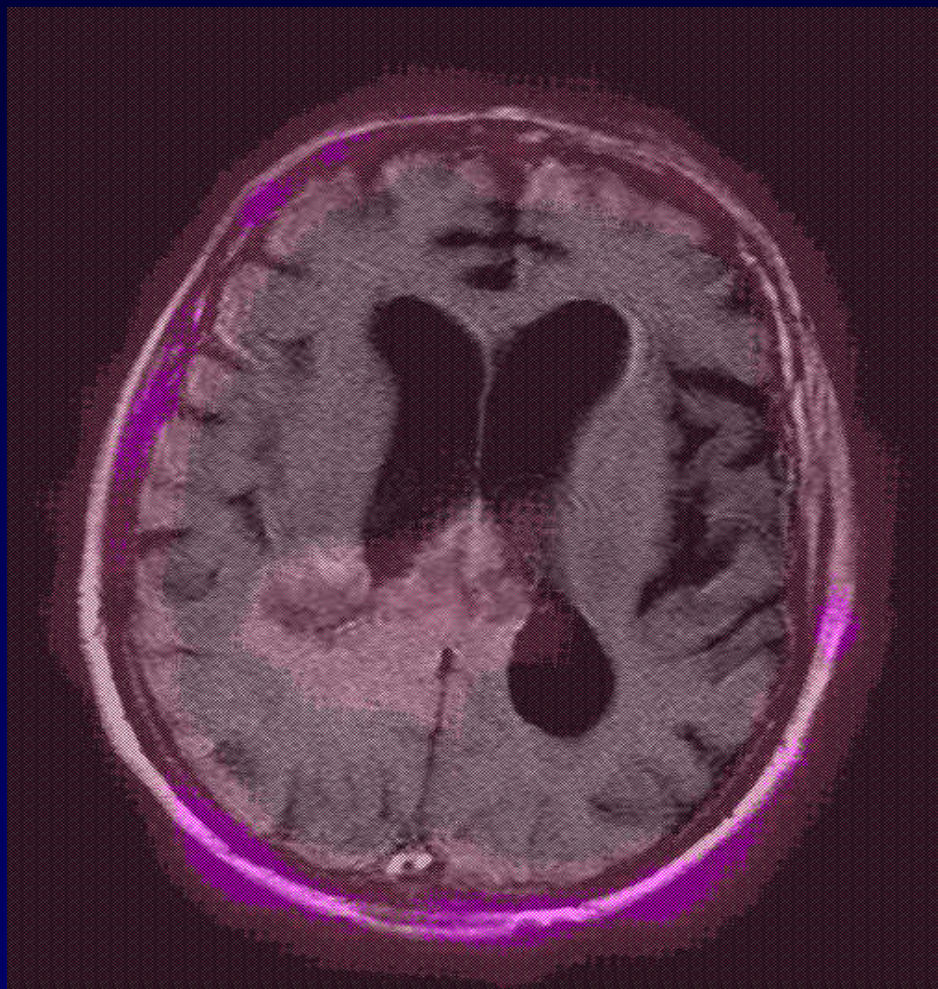
FUSIONI DI IMMAGINI PER 3-D RT E IMRT = PET + RM

Improve target volume localization using
metabolic images from dedicated TC-PET



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

**FUSIONI DI IMMAGINI PER 3-D RT E IMRT = PET +
RM**



TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

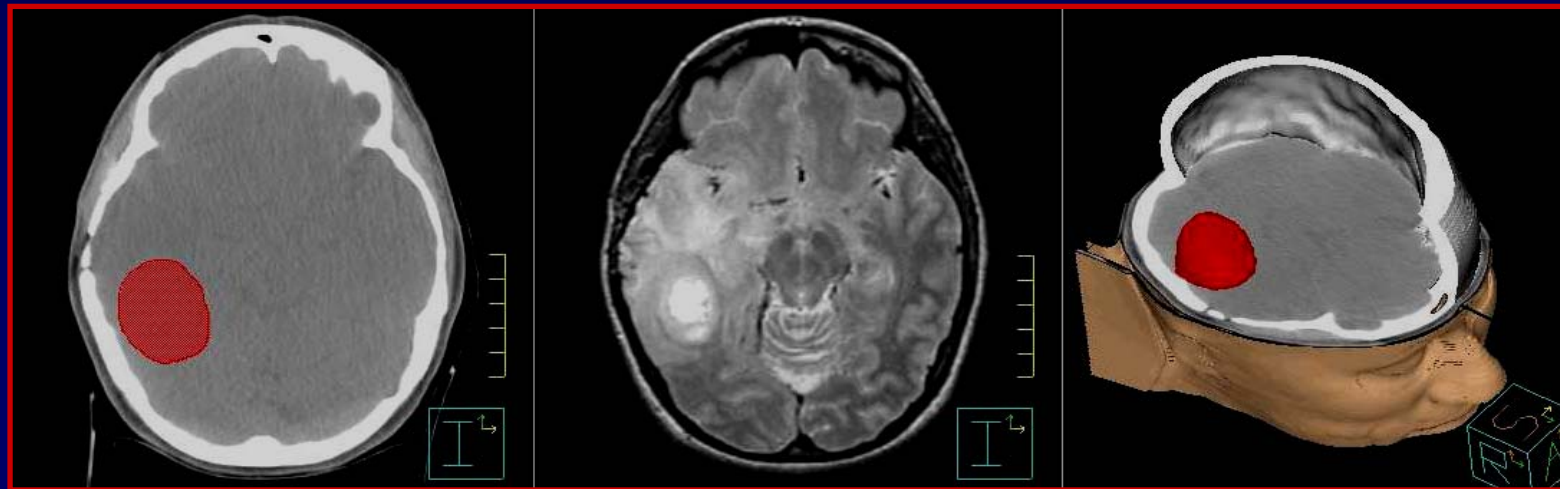
FUSIONI DI IMMAGINI PER 3-D RT E IMRT = TC + RM

Accurately localize and outline the target volume and critical organs using the primary CT data set and the most appropriate secondary image set

CT

MRI

3D View



IMRT→DEFINIZIONE

- CREARE DISTRIBUZIONI DI DOSE IN FUNZIONE DI REGIONI CLINICHE UTILIZZANDO VARIAZIONE DI FLUENZA ED INTENSITA' DI DOSE PER CIASCUN FASCIO. → **“SCULTURA E PITTURA DELLA DOSE”**
- ACCURATAZZA ED UNIFORMITA' DI DOSE AL BERSAGLIO
- RIDUZIONE DI DOSE AGLI ORGANI CRITICI

Obiettivi :

Dose escalation al volume bersaglio

Riduzione delle complicanze del trattamento

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RT A MODULAZIONE DI INTENSITA' IMRT

INDICAZIONI

- **MANOVRE AGGIUNTIVE PER RIDURRE I MARGINI DEL GTV, IL CTV, PTV NON HANNO PRODOTTO UNA ACCETTABILE DISTRIBUZIONE DI DOSE**
- **IL TARGET HA UNA FORMA CONCAVA E I TESSUTI SANI CRITICI SONO ALL'INTERNO DELLACONCAVITA'**
- **LA DOSE ESCALATION E' PROGRAMMATA PER DARE DOSI IN ECCESSO RISPETTO A QUELLE USATE CON LA RT CONVENZIONALE**

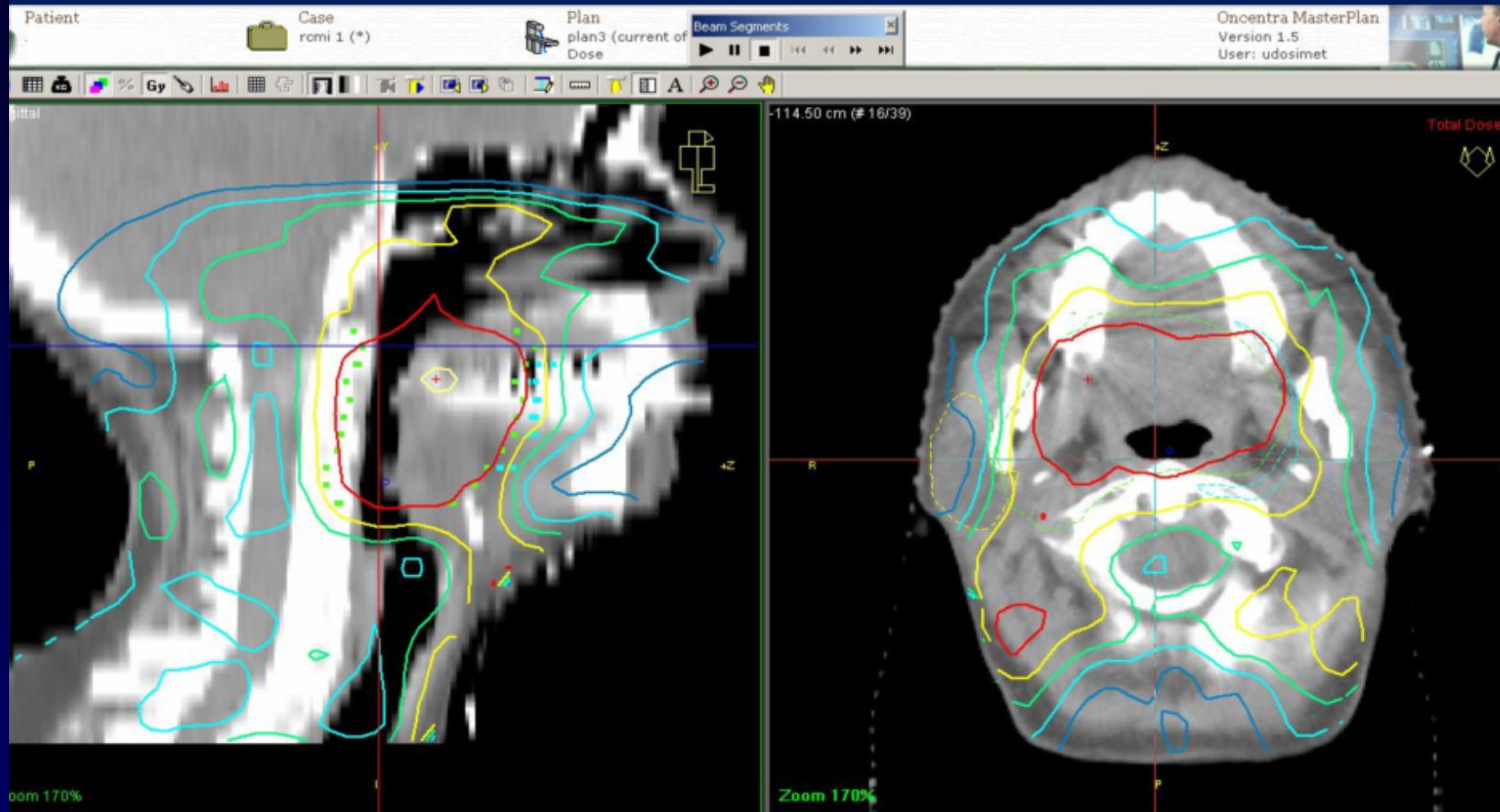
TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

RT A MODULAZIONE DI INTENSITA' IMRT

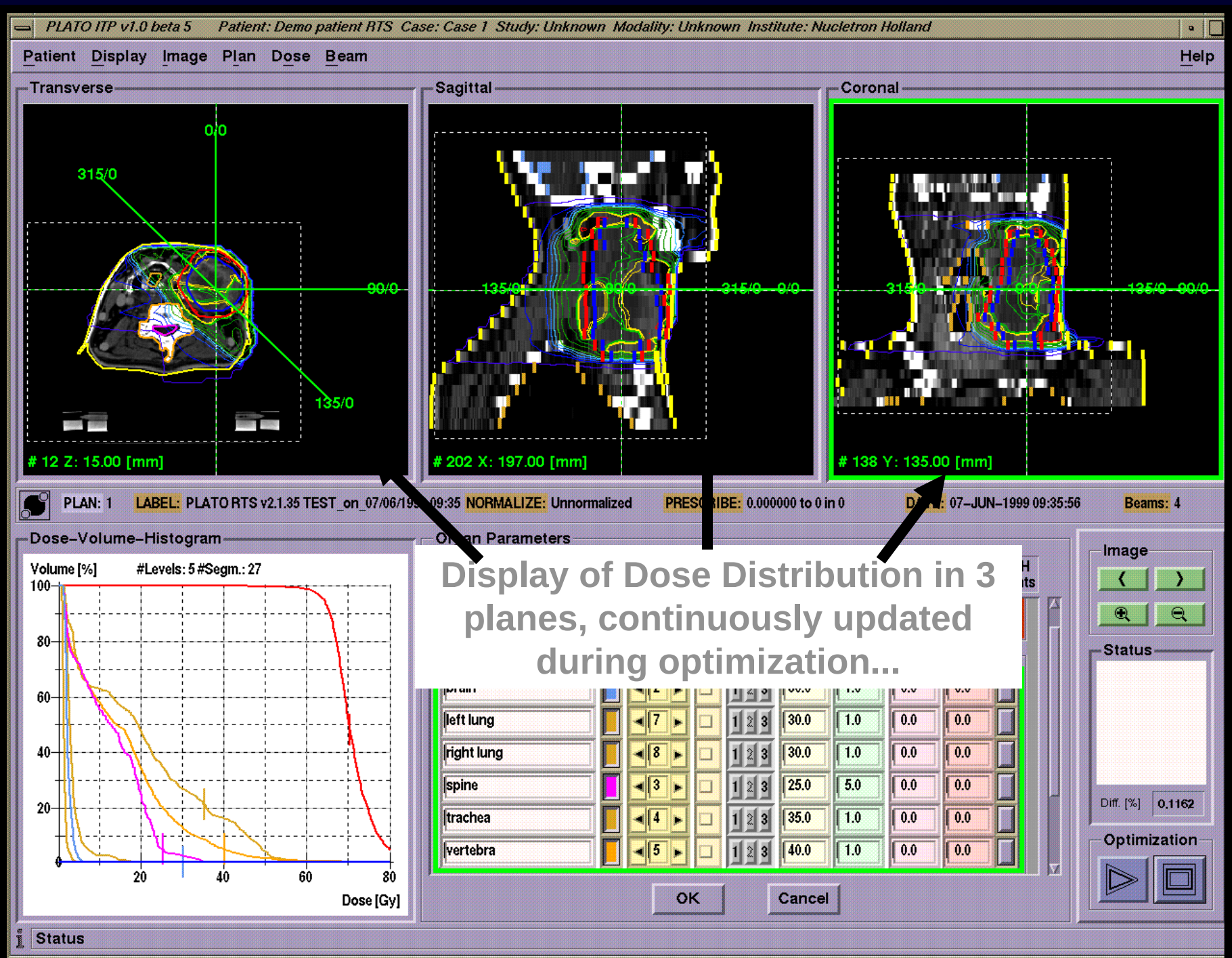
INDICAZIONI

- **IL VOLUME DEL TARGET E' DI FORMA IRREGOLARE**
- **IL TARGET E' VICINO A STRUTTURE CRITICHE CHE DEVONO ESSERE PROTETTE**
- **IL TARGET DEVE ESSERE COPERTO CON MARGINI STRETTI PER PROTEGGERE LE STRUTTURE ADIACENTI**
- **UN'AREA IMMEDIATAMENTE ADIACENTE E' STATA IRRADIATA E SONO NECESSARI CAMPI CONTIGUI CON**
ALTA PRECISIONE

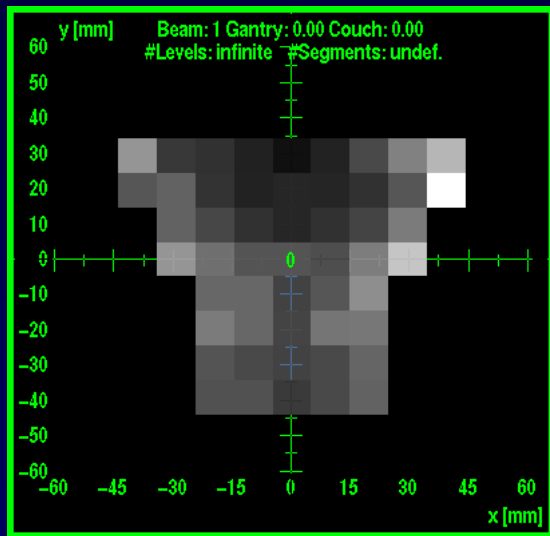
Example of dose distribution



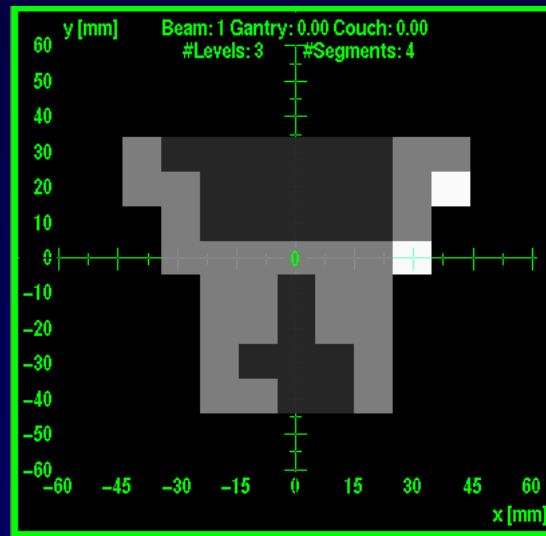
Label	Unit	Energy	FX (cm)	X1 (cm)	X2 (cm)	FY (cm)	Y1 (cm)	Y2 (cm)	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	Y Offset (cm)	Depth (cm)	SSD (cm)	Gantry (deg)	Arc Dir	Collimator (deg)	Couch (deg)	Wedge
1-205	PRIMUS	6.00 MV	11.00	N/A	N/A	17.00	-8.50	8.50	0.30	-118.50	-5.70	-4.00	7.66	92.34	205.00	N/A	0.00	0.00	N/A
2-255	PRIMUS	6.00 MV	11.00	N/A	N/A	18.00	-9.50	8.50	0.30	-118.50	-5.70	-4.00	5.34	94.66	255.00	N/A	0.00	0.00	N/A
3-325	PRIMUS	6.00 MV	11.00	N/A	N/A	17.00	-8.50	8.50	0.30	-118.50	-5.70	-4.00	6.08	93.92	325.00	N/A	0.00	0.00	N/A
4-0	PRIMUS	6.00 MV	11.00	N/A	N/A	17.00	-8.50	8.50	0.30	-118.50	-5.70	-4.00	7.91	92.09	0.00	N/A	0.00	0.00	N/A
5-45	PRIMUS	6.00 MV	13.00	N/A	N/A	17.00	-8.50	8.50	0.30	-118.50	-5.70	-4.00	5.10	94.90	45.00	N/A	0.00	0.00	N/A
6-105	PRIMUS	6.00 MV	11.00	N/A	N/A	18.00	-9.50	8.50	0.30	-118.50	-5.70	-4.00	5.47	94.53	105.00	N/A	0.00	0.00	N/A
7-155	PRIMUS	6.00 MV	7.00	N/A	N/A	17.00	-8.50	8.50	0.30	-118.50	-5.70	-4.00	7.64	92.36	155.00	N/A	0.00	0.00	N/A



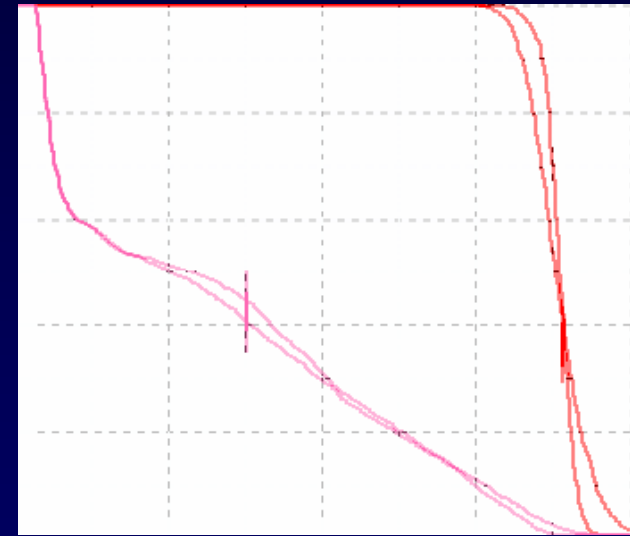
Influence of sequencer



Theoretical
intensity matrix:
unconstraint solution



Deliverable
intensity matrix:
with MLC / Linac constraints



DVH depends on
MLC / Linac constraints
(sequencer settings)

**TECNICHE
RADIOTERAPICHE
PARTICOLARI**

CYBER-KNIFE

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI: CYBER KNIFE

- SISTEMA ROBOTICO PER RADIOCHIRURGIA:



- L
 - S
 - S
 - P
 - P
 - E
 - R
 - V
 - D
 - P
 - F
- OTICO
NI CHE
LA
NALI E
ENTE E
O SOTTILI

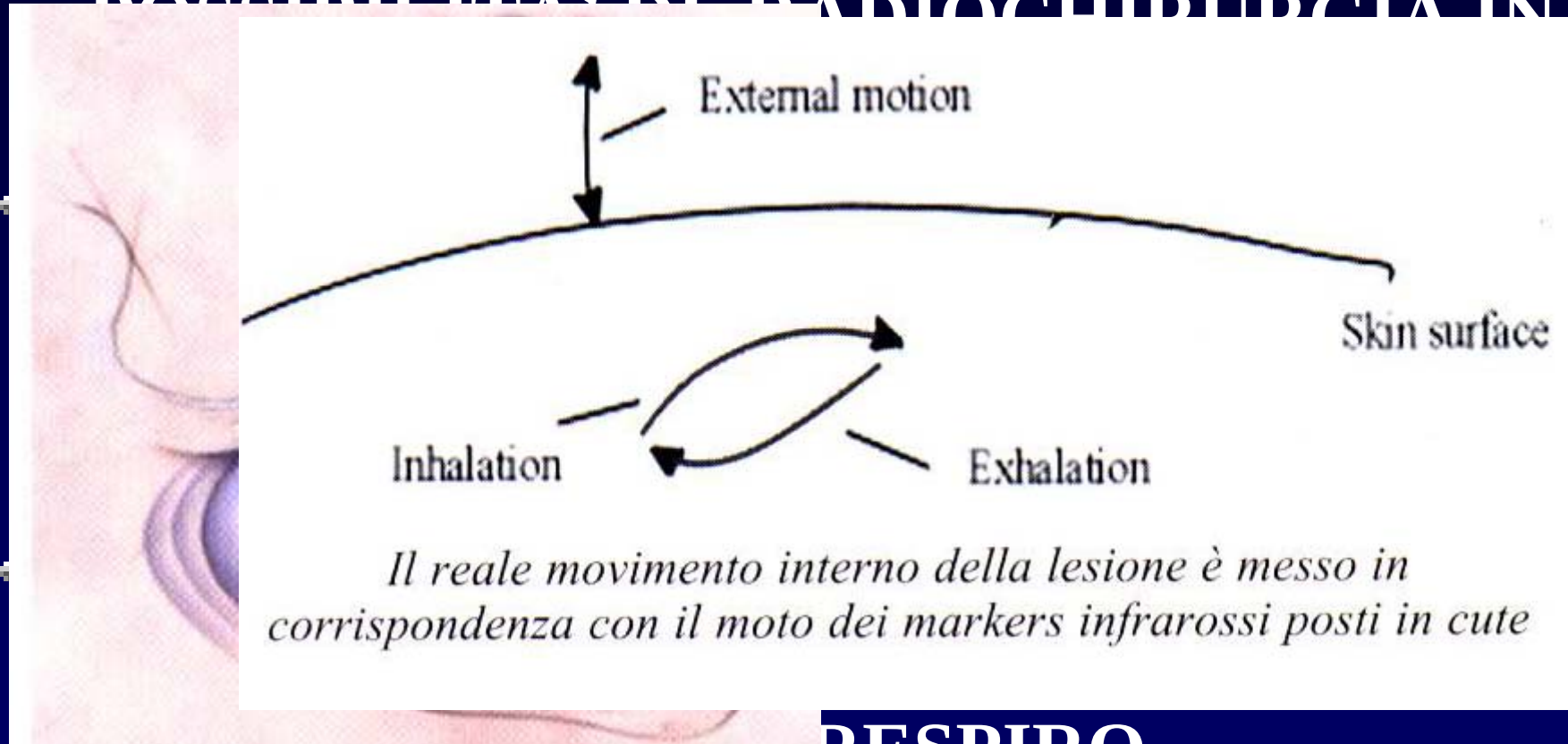
TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI: CYBER KNIFE

- SIDI
 - IM
 - VIDE
 - PA
 - DU
 - TR
 - AC
- 
- TE
DEL
A DEL
POSITIVI
- STEREOTASSICI DI
IMMOBILIZZAZIONE

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI: CYBER KNIFE

◆ DTS (Dinamic Tracking Software):

POSSIBILITÀ DI RADIOCURIA IN



MUOVANO CON IL RESPIRO

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI: CYBER KNIFE

IMMOBILIZZAZIONE

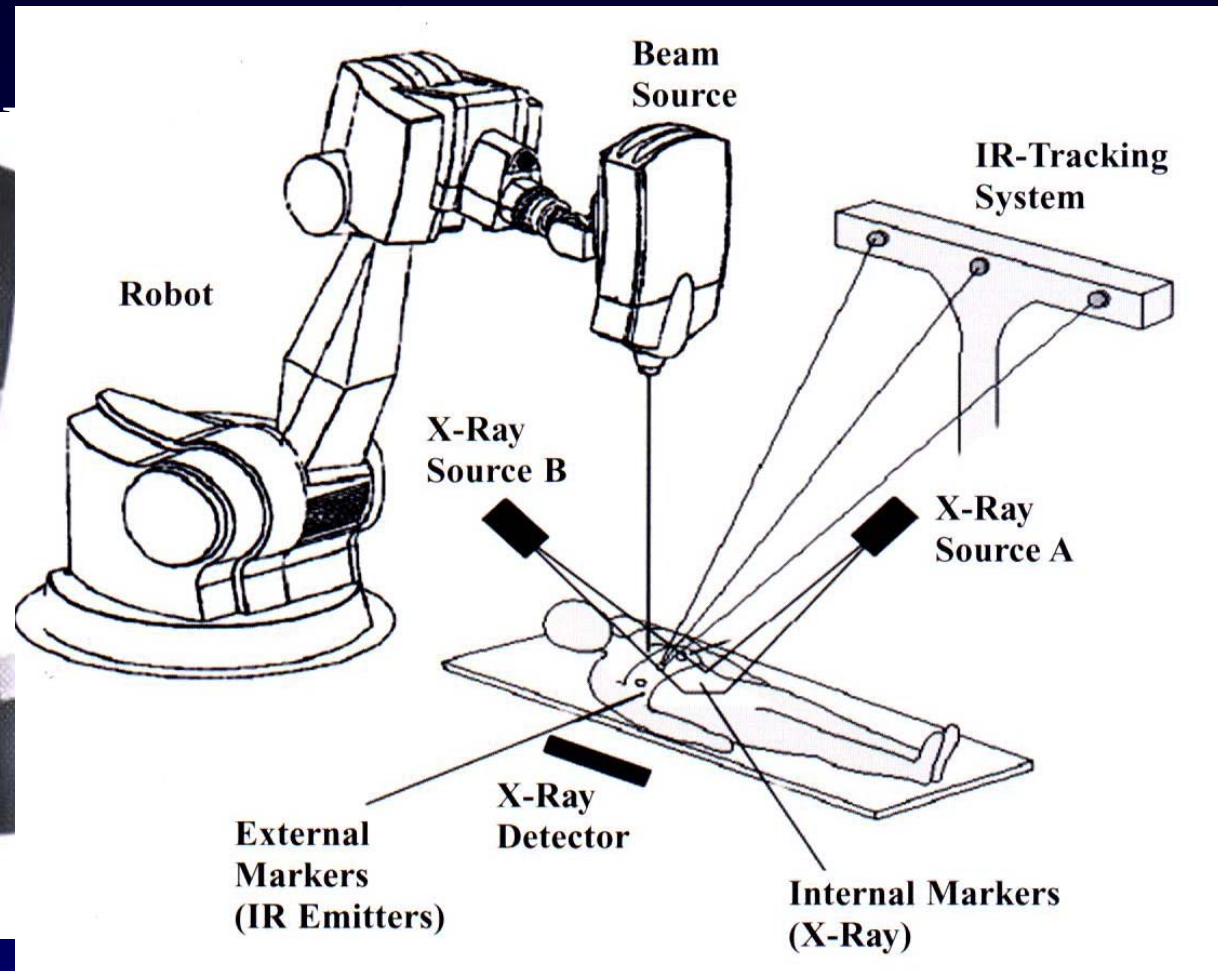
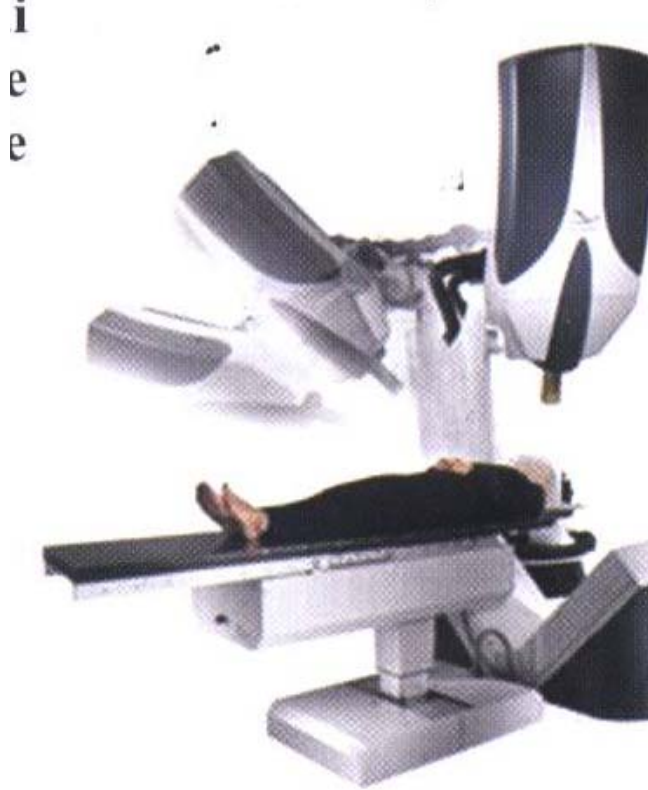
- **NON NECESSITA DI UN SISTEMA DI IMMOBILIZZAZIONE INVASIVO E CRUENTO COME IL CASCO STEREOTASSICO: BASTANO TERMOPLASTICA (CRANIO)**



1. LA STRUTTURA OSSEA

2. CASI EXTRACRANICI: REPERI FIDUCIARI IMPIANTABILI

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI: CYBER KNIFE



IMAGING

- **ACCURATEZZA < 1 mm (CRANIO) < 1,5 mm
NELLE LESIONI CHE SI MUOVONO CON IL
RESPIRO**

IGRT

(Image Guided
Radiation
Therapy)

New IGRT Technologies



- Response now easily assessed daily with in-room volumetric imaging

- Tomotherapy
- Varian Trilogy
- Elekta Synergy
- CT-on-Rails
- Etc....

Image Guided Delivery



5Ds of Image Guidance

- 1. Detection and diagnosis**
- 2. Delineation and target and OARs**
- 3. Determining biological attributes**
- 4. Dose distribution design**
- 5. Dose delivery assurance**

TECNICHE RADIOTERAPICHE PARTICOLARI

ADROTERAPIA



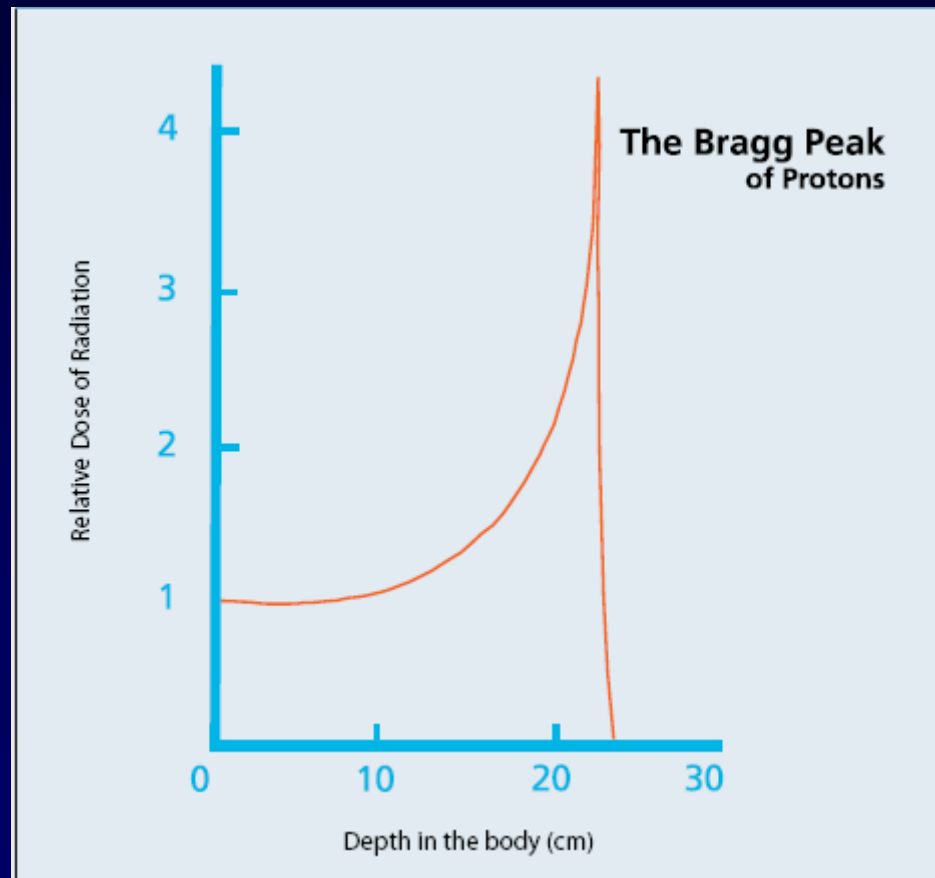
University of Florida Proton Therapy Institute

ADROTERAPIA = TERAPIA CON NEUTRONI PROTONI E IONI LEGGERI

- Le particelle cariche (protoni e ioni leggeri) hanno un range (percorso) definito nei tessuti
- La dose di entrata è medio-bassa
- La probabilità di interazione (produzione di ioni) aumenta con la perdita di velocità nell'attraversamento dei tessuti
- Il picco di dose si ha ad una profondità proporzionale alla energia di ciascuna particella
- Oltre il picco (picco di Bragg) → nessuna ulteriore deposizione di energia con dose che scende a zero
- La dose del picco può essere allargata fino ad ottenere un plateau di dose uniforme che copra precisamente il target risparmiando i tessuti sani

ADROTERAPIA

Curva di assorbimento in profondità di un fascio di protoni da 140 MV



ADROTERAPIA

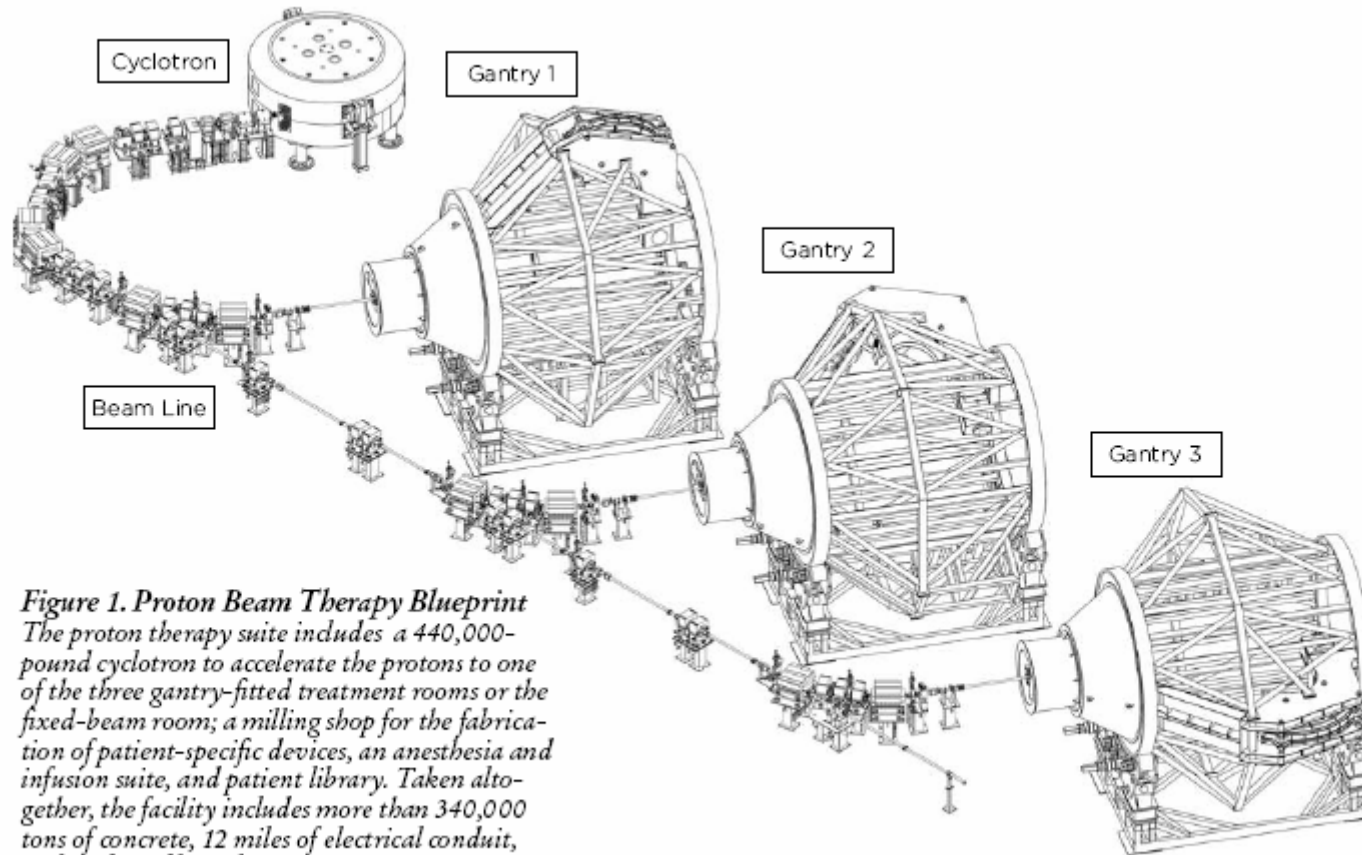


Figure 1. Proton Beam Therapy Blueprint
The proton therapy suite includes a 440,000-pound cyclotron to accelerate the protons to one of the three gantry-fitted treatment rooms or the fixed-beam room; a milling shop for the fabrication of patient-specific devices, an anesthesia and infusion suite, and patient library. Taken altogether, the facility includes more than 340,000 tons of concrete, 12 miles of electrical conduit, and 60 feet of beamline.

ADROTERAPIA: L'EFFICACIA BIOLOGICA RELATIVA (BED)

- RBE: rapporto fra la dose di radiazioni necessaria ad ottenere un certo effetto biologico con i fotoni e la dose di protoni o ioni richiesta per produrre lo stesso effetto
- *Per i protoni $BRE = 1,1$*
- *Per ioni carbonio $BRE = 3$*

Con i protoni è possibile ridurre la dose integrale al paziente rispetto ai fotoni

Gli ioni leggeri di carbonio sono in grado di offrire il meglio della adroterapia:

- a) *La distribuzione della dose ottimale*
- b) *La maggiore efficacia biologica*

ADROTERAPIA: L'EFFICACIA BIOLOGICA RELATIVA (EBR)

- Gli ioni leggeri con alto LET hanno effetti biologici maggiori rispetto ai raggi X o γ
- L'OER si riduce
- Il controllo tumorale aumenta

Il principale effetto biologico atteso con gli ioni Leggeri si pensa sia mediato dal danno sul DNA

- L'entità della morte cellulare dopo RT con particelle cariche può dipendere dalla rottura irreparabile della doppia catena del DNA

ADROTERAPIA: LA MISURA DELLA DOSE

La dose viene prescritta come Gy Equivalents (GyE) o Cobalt Gray Equivalent (CGE: Più usata con i protoni)

TERAPIA CON PROTONI: CONFRONTO vs RT CONVENZIONALE

- Il confronto si basa su:

1. Risultati clinici

2. Affidabilità dei controlli di qualità

3. Costi

4. Disponibilità

RISULTATI CLINICI

- Fino ad oggi sono stati trattati nel mondo circa 40000 pazienti ma per lo più in tumori rari
- La disponibilità limitata ha precluso trial di larga scala
- I dati disponibili suggeriscono tuttavia vantaggi clinici in molte neoplasie rispetto alla RT convenzionale

TERAPIA CON PROTONI: COME FUNZIONANO

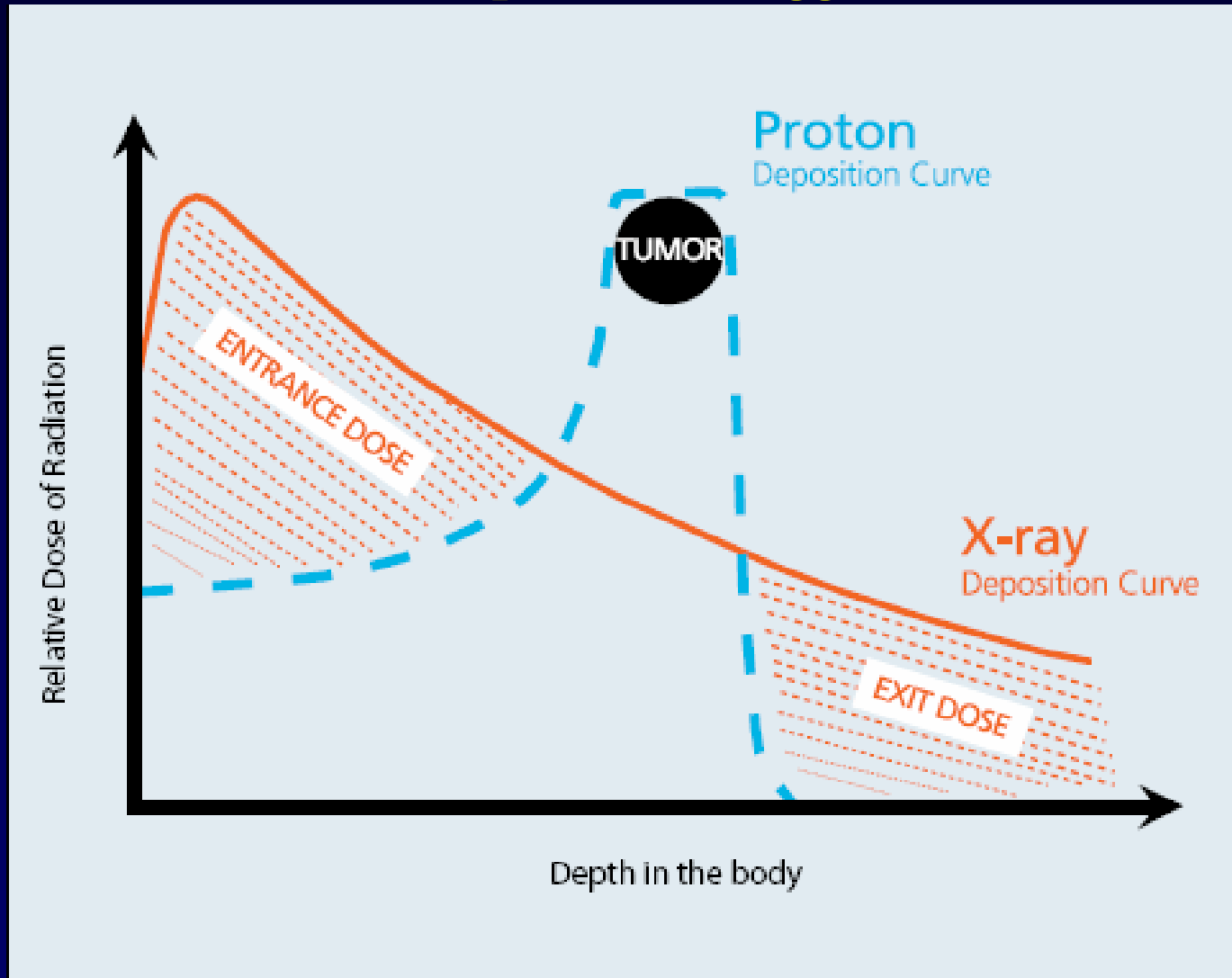
- **I PROTONI hanno un massa 1800 volte maggiore degli elettroni ed un carica positiva**
- **I NEUTRONI sono neutri ed hanno un massa leggermente più pesante dei protoni**
- **L'IDROGENO ha solo 1 protone ed 1 elettrone senza neutroni**
- **La RT agisce tramite la ionizzazione degli atomi, danno cellulare ed infine morte cellulare**
- **La ionizzazione avviene quando un elettrone è urtato dal protone: l'atomo diventa uno ione positivo avendo un elettrone orbitale in meno**
- **L'e⁻ espulso a sua volta può attaccarsi ad un altro atomo e trasformarlo in uno ione negativo**

TERAPIA CON PROTONI: COME FUNZIONANO

- **Questi processi interesano sia le cellule tumorali che i tessuti sani**
- **I raggi X hanno un pattern caratteristico di assorbimento dell'energia che è più intenso fra 1 e 5 cm oltre la superficie cutanea ma l'assorbimento continua con una parte della radiazione che esce dal paziente**
- **I protoni, avendo una massa, possono arrivare solo fino ad una profondità limitata: più velocità hanno più vanno in profondità**
- **Come entrano nel tessuto, i protoni collidono con gli atomi sporadicamente**

ADROTERAPIA

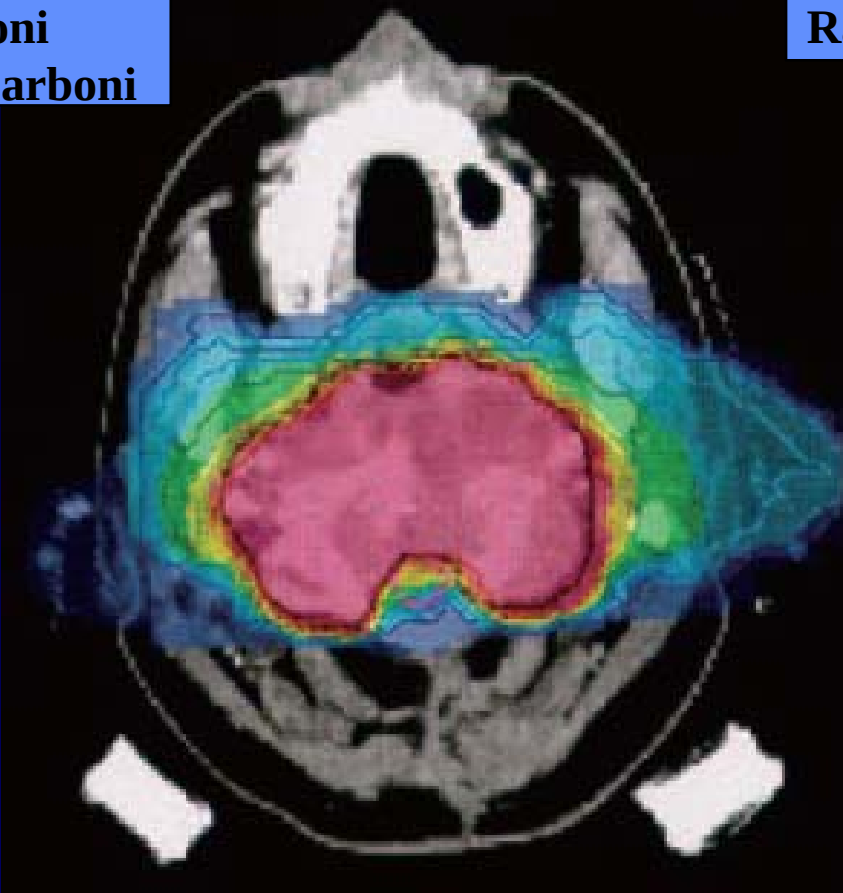
Confronto della distribuzione di dose in profondità fra protoni e raggi X



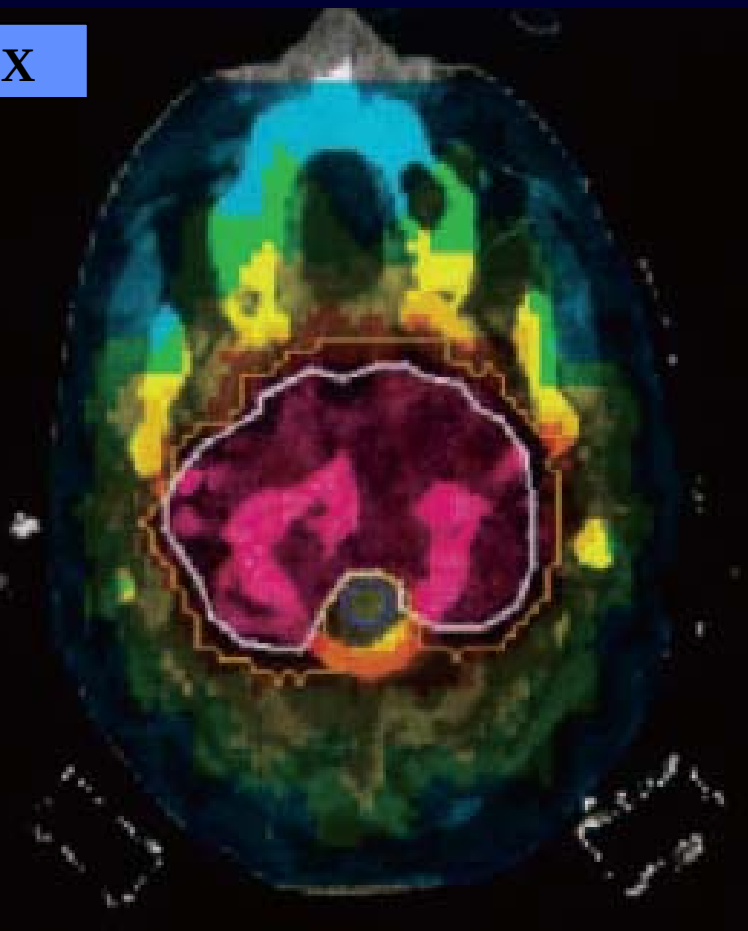
ADROTERAPIA: IONI CARBONIO

Ioni
Carboni

0



Raggi X



Confronto di un trattamento con 2 campi di ioni carbonio e 9 campi di raggi X (IMRT) La conformità sul target è buona ma con gli ioni carbonio la dose ai tessuti normali è nettamente inferiore

ACCELERATORI E FASCI PER LA TERAPIA CON IONI

Per raggiungere tumori profondi (più di 25 cm acqua equivalenti) le energie necessarie sono dell'ordine di 200 MeV per i protoni e 4800 MeV per gli ioni Carbonio

In media uno ione carbonio rilascia in ogni cellula una energia 24 volte maggiore di quella di un protone che è invece pari a quella dei fotoni.

Protoni energetici possono essere ottenuti con sincrotroni o ciclotroni del diametro di circa 6-7 metri

Per produrre Ioni Carbonio di 400 MeV/u servono sincrotroni di circa 20 m di diametro

TERAPIA CON PROTONI: CONFRONTO vs RT CONVENZIONALE

CONTROLLI DI QUALITÀ

- **I controlli di qualità hanno evidenziato che la terapia con protoni richiede**
 - 1. immagini ad alta risoluzione per il definire il target nelle 3D**
 - 2. Software TP computerizzati altamente sofisticati**
 - 3. Sistemi di immobilizzazione dei pazienti dedicati**
 - 4. Strategie per ridurre il movimento degli organi all'interno del corpo durante il trattamento**
 - 5. Precisione submillimetrica nel posizionamento del paziente e nella guida del fascio**

TERAPIA CON PROTONI: CONFRONTO vs RT CONVENZIONALE

I COSTI

- **Sono più elevati rispetto alla RT convenzionale a causa di**

- 1. attrezzatura richiesta**

- 2. personale tecnico necessario sia per il trattamento sia per la manutenzione**

Negli USA, rispetto al costo del capitale, viene stimato che un reparto di terapia con protoni capace di trattare fino a 150 pazienti al giorno, dovrebbe costare fino a 10 volte quello di un reparto di RT convenzionale di pari capacità.

TERAPIA CON PROTONI: COSTI

- **I reparti di terapia con protoni sono costruiti per durare al massimo 30 anni, quelli con AL convenzionale durano in media 7-10 anni.**
- **I costi operativi e del reparto di protoni sono più elevati a causa dell'elevato livello di esperti per la pianificazione dei trattamenti, le assicurazioni di qualità, il funzionamento della macchina e la manutenzione.**
- **A dispetto degli alti costi iniziali dei protoni, se si mantengono le promesse di una minore incidenza di recidive e di minore tossicità, nel lungo termine i costi potrebbe essere inferiori**

ADROTERAPIA: CONCLUSIONI

- **L'INTERESSE RECENTE DELL'INDUSTRIA PER LA TERAPIA CON GLI IONI INDICA IL LARGO POTENZIALE DI QUESTA STRATEGIA PER LA LOTTA AI TUMORI**
- **L'EUROPA HA AUMENTATO CONTRIBUITO NELLO SVILUPPO DI QUESTA TECNICA E I RISULTATI APPAIONO POSITIVI**
- **ENTRO POCHI ANNO MOLTI CENTRI OSPEDALIERI E NON SARANNO ATTIVI E DISPORRANNO DI UN RETE COORDINATA PER SCAMBI RECIPROCI E ATTIVITA' COMUNI**

ADROTERAPIA: CONCLUSIONI

- I DATI CLINICI ESISTENTI *NON SUGGERISCONO* CHE LA RAPIDA ESPANSIONE DELLA ADROTERAPIA COME MODALITA' PRINCIPALE DI TRATTAMENTO SIA APPROPRIATA
- *ULTERIORI RICERCHE CLINICHE* SUL RAPPORTO COSTO-EFFICACIA SONO NECESSARI
- LA FORMAZIONE DEL REGISTRO EUROPEO SULLA ADROTERAPIA OFFRIRA' UNA VIA DIRETTA PER DEFINIRE IL RUOLO DELLA ADROTERAPIA NELLA CURA DEI TUMORI