



**Università di Milano Bicocca**

DIPARTIMENTO DI MEDICINA E CHIRURGIA (SCHOOL OF MEDICINE AND SURGERY)

# **Brachiterapia**

**Dr. Panizza Denis**

Unità Operativa di Fisica Sanitaria

ASST Monza - Azienda Ospedaliera San Gerardo

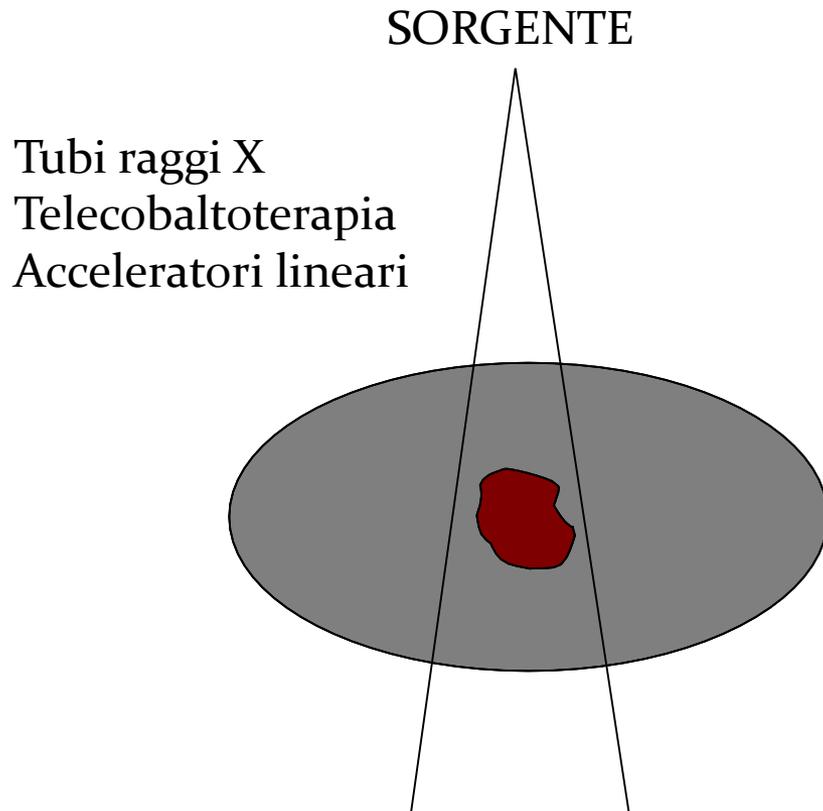
tel: +39 039 2333205

e-mail: [d.panizza@asst-monza.it](mailto:d.panizza@asst-monza.it) [denis.panizza@unimib.it](mailto:denis.panizza@unimib.it)

## Brachiterapia – introduzione

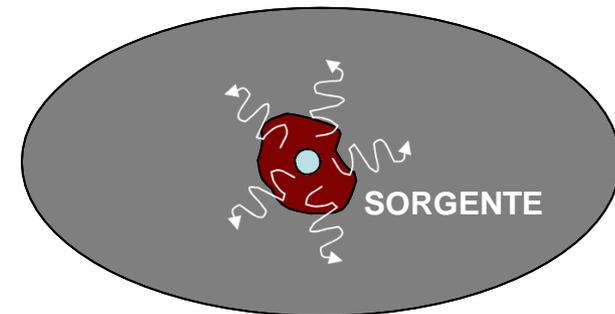
Il termine **BRACHITERAPIA (BRT)** deriva dalla parola greca *brachios* che significa *breve* e consiste in una particolare tecnica radioterapica che utilizza **sorgenti radioattive** infiltrate (mediante aghi, siringhe, tubicini, ecc.) direttamente nel tessuto neoplastico o nelle immediate vicinanze di esso.

## Radioterapia a fasci esterni



## BRT

Le sorgenti sono posizionate all'interno o in prossimità dei tessuti da irradiare



## Radioterapia a fasci esterni vs. brachiterapia

### Vantaggi della BRT rispetto ai fasci esterni:

- con questa tecnica è possibile somministrare **dosi elevate al tumore** con un **limitato irraggiamento dei tessuti sani circostanti**
- la distribuzione e il rateo di dose possono considerarsi omogenei all'interno del target.
- il principio fondamentale dell'utilità pratica della brachiterapia è che in vicinanza di una sorgente puntiforme la fluenza del campo di radiazione segue la *legge dell'inverso del quadrato della distanza*, quindi la dose cala molto rapidamente all'aumentare della distanza dalla sorgente (**alti gradienti di dose**)

### Svantaggi della BRT rispetto ai fasci esterni:

- appropriata solo per tumori ben localizzati e di dimensioni contenute
- **tecnica molto laboriosa**

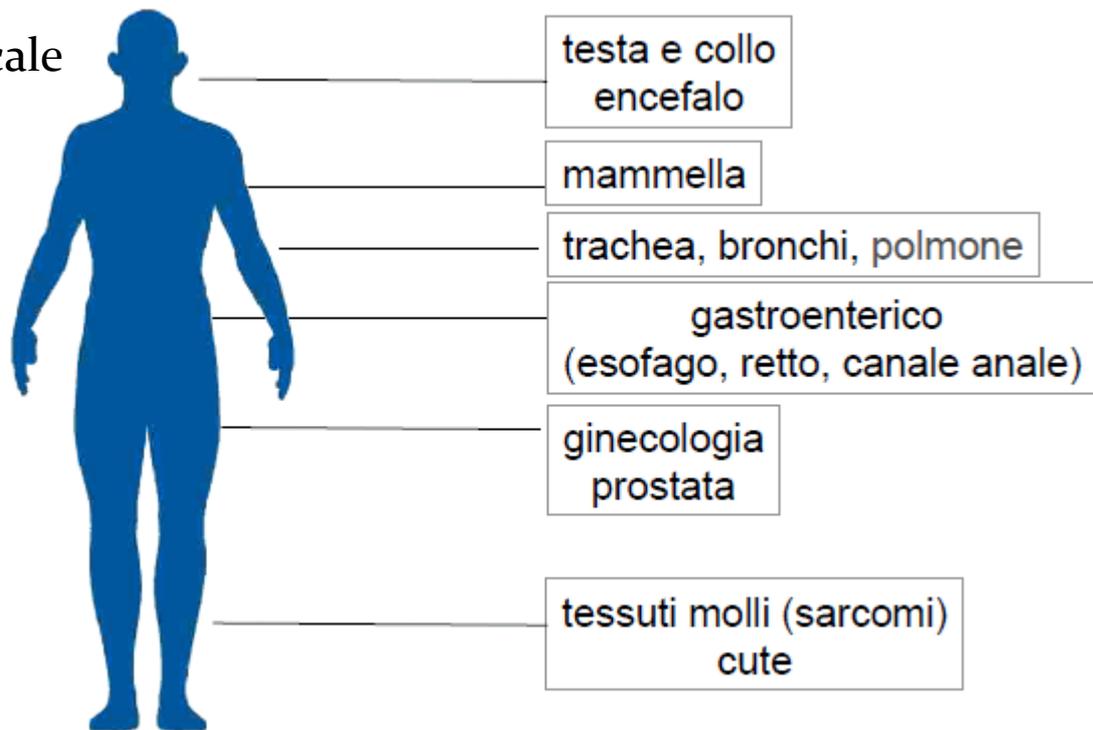
## Indicazioni della brachiterapia

- **Neoplasia:**

- accessibile
- di dimensioni contenute
- margini ben definiti
- tendenza alla crescita locale

- **Trattamento curativo:**

- adiuvante
- neo-adiuvante
- palliativo



## La storia

**1896** Henri Bequerel: radioattività naturale (uranio)

**1898** Marie and Pierre Curie: radio

**1901** Pierre Curie suggerisce all'Ospedale St. Luis di Parigi che piccoli tubi di radio possono essere inseriti nei tumori (nasce così la brachiterapia)

**1903** Alexander Graham Bell suggerisce la stessa cosa, in maniera indipendente, in una lettera all'editore di *Archive Roentgen Ray*

**1905** Robert Abbe all'Ospedale St. Luke di New York piazza cateteri in letti tumorali dopo chirurgia per poi inserire sorgenti rimovibili di uranio (creando così la tecnica *afterloading*)

## La storia



## Terapia con placche di radio



20.4] Radium plaques being applied in the Skin Department, St.

# La storia



## Tutti i benefici del radio

**Resorts.**  
**Radium Sulphur Springs** COLEGROVE, LOS ANGELES.

Take Baths in Liquid Sunshine.  
DRINK THE MOST CURATIVE MINERAL WATER IN CALIFORNIA.  
It is radio-active, germicidal and purifies your blood by destroying disease germs, thereby  
rejuvenating and increasing your Vital Force and circulation.

**THE RADIUM SULPHUR HOT BATHS**  
Quickly relieve and cure Rheumatism, Alcoholism, Stomach Troubles, Constipation, Chronic  
Colds, Heart, Liver, Kidney, Blood and Skin Troubles, Poor Circulation, Bright's Disease,  
Sciatica, Neuralgia, Paralysis, Locomotor Ataxia, Nervous Prostration, Diseases of the Spine  
and Nervous System, Female Troubles. The Beauty Baths for skin clear the complexion,  
makes the skin velvety, eyes bright, hair glossy, stops hair falling, grows new hair.

IT SPARKLES AND FOAMS LIKE CHAMPAGNE.  
Wonderful cures are no doubt due to germicidal and radio-active gaseous emanation from  
Radium Rays, deep in the mineralized earth, whence this water comes. Chronic and seem-  
ingly hopeless cases cured. Medical advice free. Send for booklet. Water by bottle or case.  
Take "Melrose Avenue" cars via Broadway direct to Springs. So fare.

**Radium Drinking Water.**

**Ampoule containing solution in which Radium Element is dissolved for intravenous injection.**

**Flat Glazed Radium Application.**

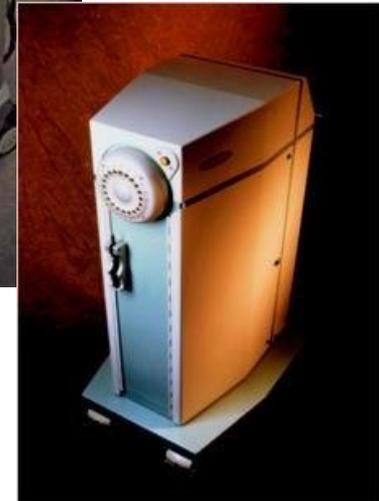
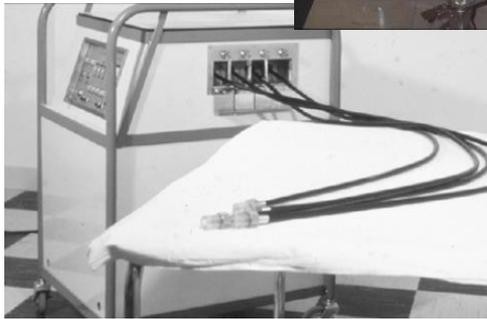
**Radium contained Tube of Glass and Metal outer Tube. Type D Applicator.**

Dal 1918 vengono create diverse scuole di brachiterapia dove vengono progressivamente poste le basi di questa tecnica radioterapica

## La storia

1958 viene adoperato per la prima volta l'iridio

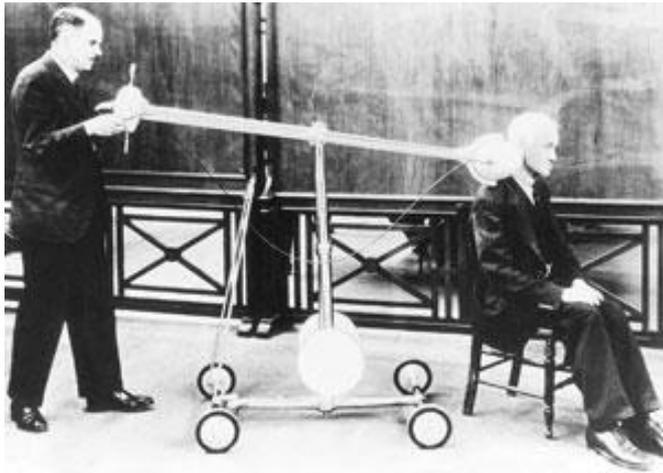
Dal 1965 sviluppo di sistemi per il caricamento delle sorgenti in remoto



## Trattamento brachiterapico

- Gli **aspetti importanti** di un qualunque trattamento di brachiterapia sono:
  1. l'uso di un **modello dosimetrico** adatto al calcolo del **tempo di trattamento** e della **distribuzione di dose**
  2. l'uso di una **sorgente calibrata** con la calibrazione tracciabile presso un laboratorio che si rifà ad uno standard primario
  3. **accurato posizionamento della sorgente** per prevenire errori di posizionamento

## Sorgenti di brachiterapia



- La maggior parte dei trattamenti di brachiterapia sono effettuati con **radionuclidi  $\gamma$ -emittenti**.
- Questi radionuclidi sono **ottenuti artificialmente** come prodotti di fissione o come risultato di reazioni di cattura neutronica.

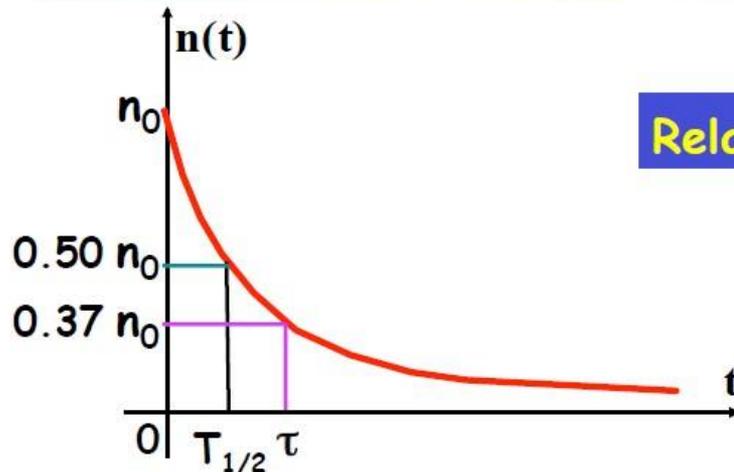
## Ripasso

**Attività (A)** - Numero di decadimenti radioattivi al secondo. Esprime la «velocità del decadimento»

u.d.m. nel S.I. **becquerel (Bq)**:  $1 \text{ Bq} = 1 \text{ decadimento/s}$

u.d.m. **curie**: attività di 1g di  $^{226}\text{Ra}$ :  $1 \text{ Ci} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

**Vita media  $\tau$**  = tempo dopo il quale rimangono il **37 %** dei nuclei ( $=1/e$ )  
**Periodo di dimezzamento  $T_{1/2}$**  = tempo dopo il quale rimangono il **50 %** dei nuclei



**Relazione tra  $\tau$  e  $T_{1/2}$ :**

$$T_{1/2} = 0.693 \tau$$

$$T_{1/2} < \tau$$

## Caratteristiche delle sorgenti

- Per la scelta del radioisotopo occorre tenere in considerazione:
  - ✓ il **tempo di dimezzamento**: maggiore tempo di dimezzamento, minore sarà la frequenza di sostituzione delle sorgenti
  - ✓ l'**energia dei fotoni emessi** ( $< \text{MeV}$ ): maggiore è l'energia della radiazione emessa, maggiore problemi radioprotezionistici
  - ✓ l'**attività specifica**: minore è l'attività specifica delle sorgenti, maggiori sono le dimensioni e i volumi delle sorgenti e maggiore è il tempo di trattamento
  - ✓ il costo
  - ✓ la forma fisica

## Radionuclidi per brachiterapia

Più di una dozzina di radionuclidi sono stati storicamente impiegati come sorgenti sigillate in brachiterapia.

- Le più comunemente oggi impiegate sono:



- Le meno impiegate sono:



- L'uso del  $^{226}\text{Ra}$  e del  $^{222}\text{Rn}$  è cessato a causa dei problemi di sicurezza legati al loro impiego (in particolare, il radon è un gas radioattivo).

TABLE 13.V. SOME CHARACTERISTICS OF ISOTOPES USED IN BRACHYTHERAPY

Isotope	Average <sup>(a)</sup> photon energy (MeV)	Half-life	<i>HVL</i> in lead (mm)	$\Gamma_{AKR}$ <sup>(b,d)</sup> $\left( \frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{GBq} \cdot \text{h}} \right)$	$\Lambda$ <sup>(c,d)</sup> $\left( \frac{\text{cGy} \cdot \text{h}^{-1}}{\text{cGy} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{h}^{-1}} \right)$
Co-60	1.25	5.26 yr	11	309	1.11
Cs-137	0.66	30 yr	6.5	77.3	1.11
Au-198	0.41	2.7 d	2.5	56.2	1.13
Ir-192	0.38	73.8 d	3	108	1.12
I-125	0.028	60 d	0.02	-	-
Pd-103	0.021	17 d	0.01	-	-

(a) These are only approximate values, depending on source make and filtration

(b)  $\Gamma_{AKR}$  is the air-kerma rate constant

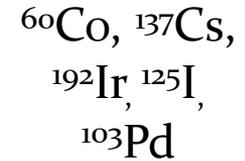
(c)  $\Lambda$  is the dose rate constant.

(d) Using generic values of the air-kerma rate constant or dose rate constant for low energy photon source may lead to substantial errors in the dose calculations. They are therefore not given here for iodine-125 and palladium-103.

## Radiazione emessa

### Fotoni

Emissione di raggi  $\gamma$  a seguito di decadimenti  $\gamma$  ed eventualmente raggi X caratteristici



### Elettroni

Emissione di elettroni a seguito di decadimenti  $\beta$



### Neutroni

Emissione di neutroni a seguito di fissioni nucleari spontanee



## Geometria e forma delle sorgenti

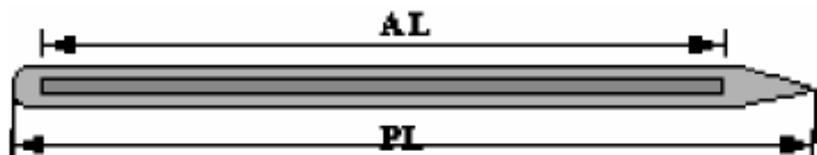
Le sorgenti per brachiterapia sono disponibili in diverse forme:

- ✓ sorgenti puntiformi (sferiche e di dimensioni trascurabili, a emissione isotropa)
- ✓ semi (a simmetria cilindrica, hanno dimensioni effettive  $< 0.5\text{cm}$ )
- ✓ pellets (di piccole dimensioni, a simmetria generalmente cilindrica ed emissione non isotropa)
- ✓ sorgenti lineari (di diametro geometricamente trascurabile)
- ✓ sorgenti planari



**Sorgenti rigide** (sfere, semi,...) oppure **deformabili** (fili,...)

## Geometria e forma delle sorgenti



Needle

AL: lunghezza attiva



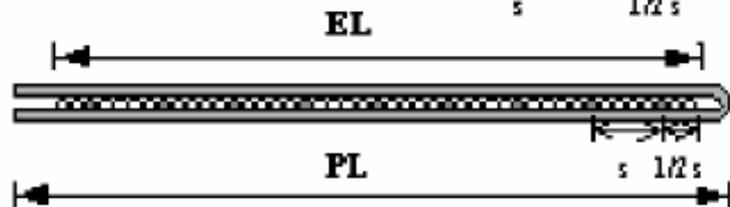
Wire

PL: lunghezza fisica



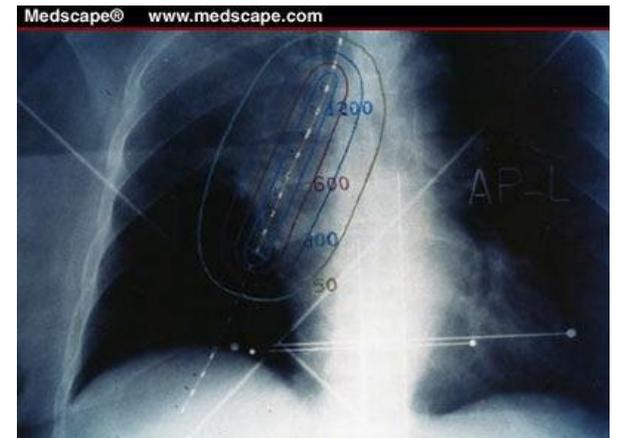
Seed Ribbon

EL: lunghezza attiva  
equivalente



Source Train

s: distanza tra i centri  
delle sorgenti



## Sorgenti sigillate

Le sorgenti sono impiegate sotto forma di **sorgenti sigillate**, generalmente con **doppia capsula** ai fini di :

- fornire un'adeguata schermatura dalle radiazioni  $\alpha$  e  $\beta$  emesse dalla sorgente
- confinare il materiale radioattivo
- prevenire la dispersione di materiale radioattivo
- fornire caratteristiche di rigidità alla sorgente

## Applicatore

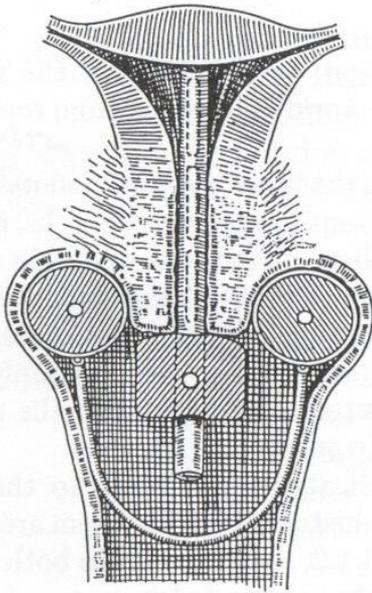
- dispositivo inerte che ha la funzione di alloggiare la sostanza radioattiva nella posizione richiesta per ogni trattamento.
- la forma dipende dalla sede del tumore.



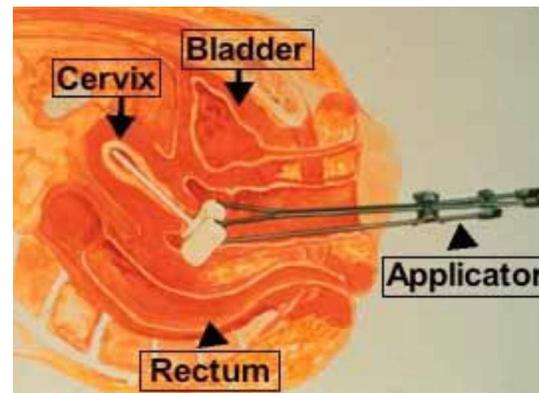
## Caratterizzazione degli impianti

- **Brachiterapia endocavitaria**

Le sorgenti sono inserite, direttamente o entro opportuni cateteri, in cavità naturali del corpo (*Esempio: BT ginecologica, portio, utero, canale vaginale ecc..*)



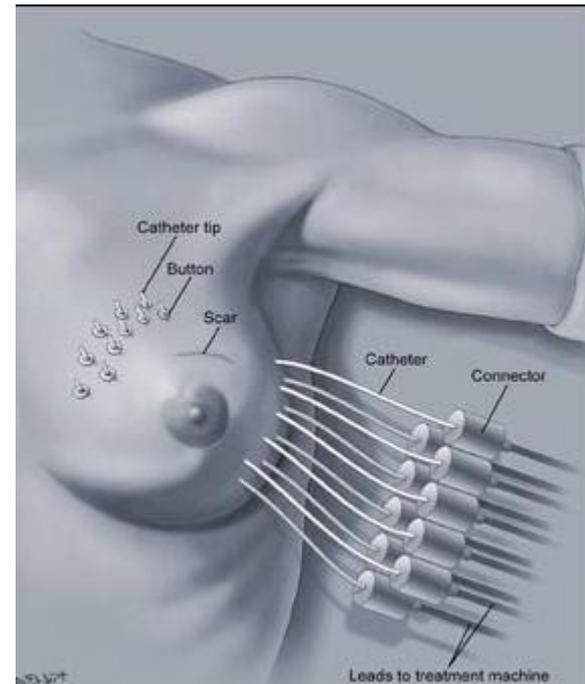
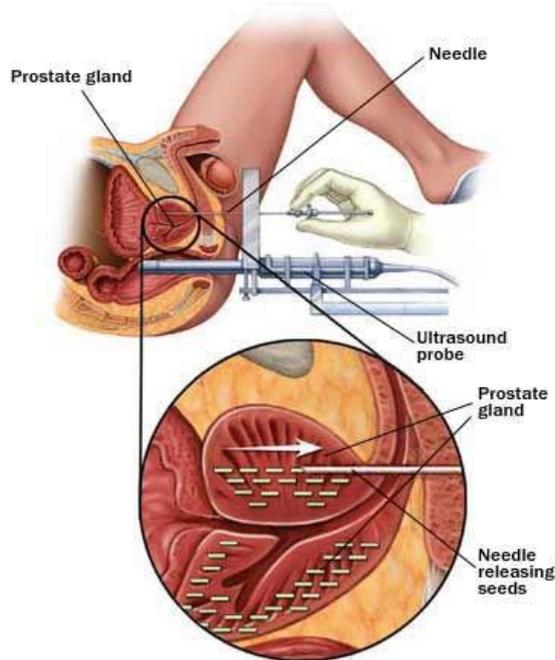
applicable body sites:



## Caratterizzazione degli impianti

- **Brachiterapia interstiziale**

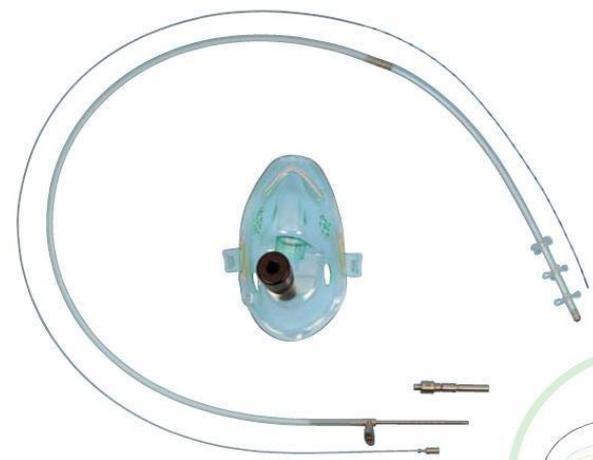
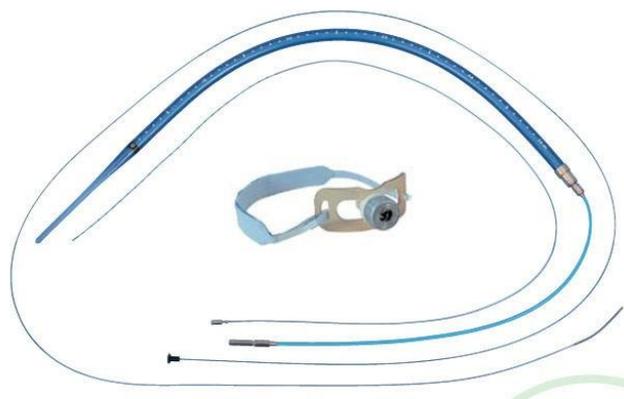
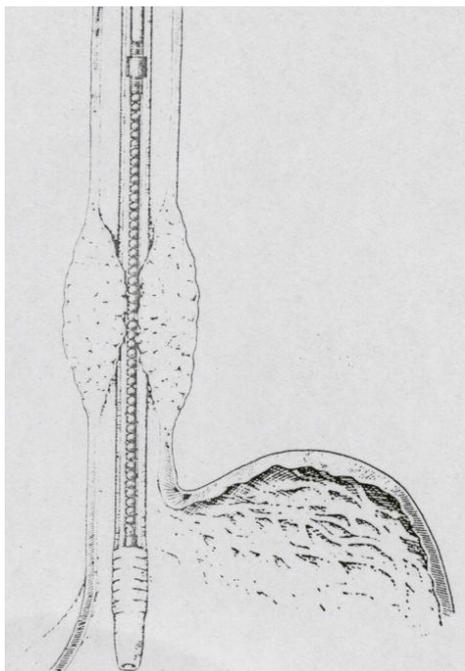
Le sorgenti sono inserite, direttamente o entro opportuni cateteri, nel tessuto da irradiare (*esempio: BRT su lingua e palato, mammella, prostata*)



## Caratterizzazione degli impianti

- **Brachiterapia endoluminale**

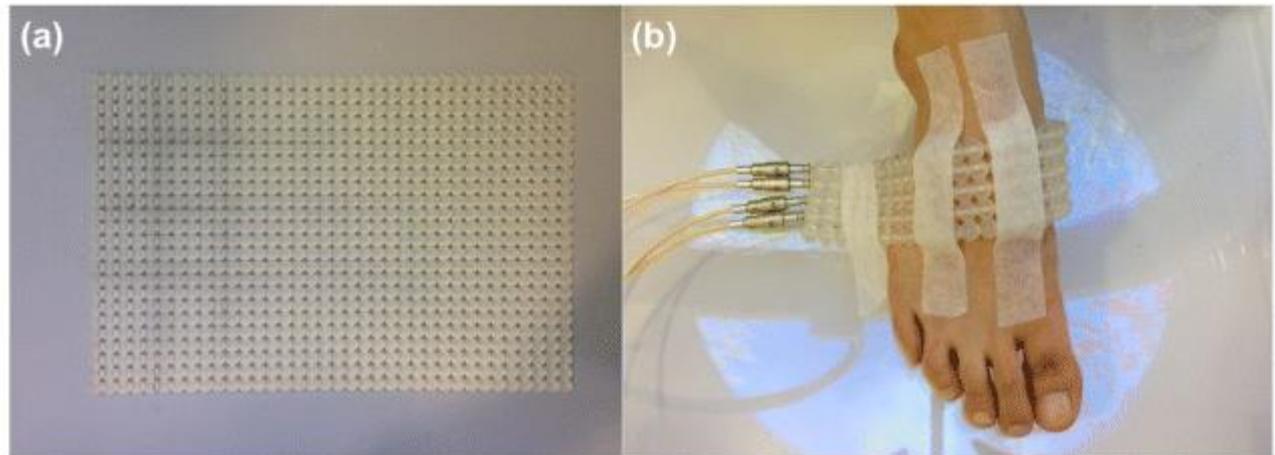
Le sorgenti sono inserite, entro opportuni cateteri, in canali *luminali* del corpo (esempio: *BRT* esofagea, bronchiale, endovasale)



## Caratterizzazione degli impianti

- **Brachiterapia superficiale**

Le sorgenti sono appoggiate sulla cute tramite applicatori esterni.



# Caratterizzazione degli impianti

## Impianti temporanei

- la dose è erogata entro un intervallo di tempo limitato rispetto al tempo di dimezzamento della sorgente
- le sorgenti sono rimosse quando è raggiunta la dose di prescrizione

## Impianti permanenti

- la dose è erogata nell'arco di tempo di vita della sorgente
- le sorgenti non vengono rimosse

## Classificazione: tipologie di caricamento

- **Brachiterapia pre-loading:** le sorgenti sono inserite (caricate) negli applicatori prima del loro posizionamento a livello del tumore;
- **Brachiterapia after-loading:** le sorgenti sono inserite manualmente dall'operatore negli applicatori dopo il loro posizionamento a livello del tumore, previo controllo radiografico;
- **Brachiterapia remote after-loading:** il trasferimento diretto e automatico delle sorgenti radioattive all'interno degli applicatori avviene mediante appositi sistemi (proiettori) comandati a distanza.



Il caricamento e lo scaricamento manuale delle sorgenti espone gli operatori alla radiazione

## Classificazione: rateo di dose

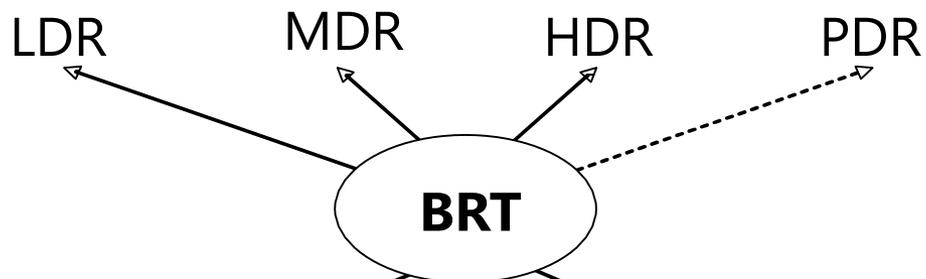
- In funzione del rateo di dose emesso dalla sorgente si distinguono:

RATEO DI DOSE	BRACHITERAPIA
0.4 – 2 Gy/h	<b>Low Dose Rate (LDR)</b>
2 – 12 Gy/h	<b>Medium Dose Rate (MDR)</b>
> 12 Gy/h	<b>High Dose Rate (HDR)</b>

- **Pulse Dose Rate (PDR)** - la sorgente, con dose rate compreso tra 0.5 – 3 Gy/h, viene inserita nel paziente in tante piccole frazioni da 10-20min con brevi intervalli (circa 1 ora)
- **Permanent Low Dose Rate (pLDR)** – la sorgente, con rateo di dose iniziale inferiore a 0.4 Gy/h, viene impiantata permanentemente nel paziente

## Schema generico trattamenti brachiterapia

**Rateo di dose:**



**Frazionamento:**

frazione singola      più frazioni

**Impianto:**

permanente      temporaneo

## Pianificazione del trattamento di BRT

- Evoluzione della metodica di trattamento nel tempo:
  1. inserimento diretto dei preparati radiferi (“*stai lontano e fai presto*”)
  2. after loading manuale con posizionamento dei preparati più accurato (anni ‘60)
  3. remote after loading: nessuna esposizione per gli operatori (anni ‘70)
  4. progressivo abbandono della metodica LDR verso quella HDR

## Pianificazione del trattamento di BRT: oggi

- Come prima fase **il radioterapista inserisce i cateteri o applicatori** nel paziente.
- Ogni catetere ha al suo interno le *dummy sources*: cavetti metallici con delle borchie radiopache poste alla distanza di 1 cm una dall'altra.
- Una volta acquisite le immagini, ad ogni puntino corrisponde una possibile posizione che può essere assunta dalla sorgente.



## Imaging per la localizzazione delle sorgenti

- **Simulatore di radioterapia**

- metodo delle due radiografie ortogonali

- **Apparato a raggi X portatile ad arco**

- due radiografie semi-ortogonali (box)

- **Imaging CT o RM**

È lo standard attuale: definisce in modo accurato sia l'impianto BT sia la **distribuzione di dose in 3D**, ottenendo così un trattamento personalizzato.

A differenza dei metodi precedenti dove la dose veniva calcolata in pochi punti fissi, è possibile valutare la dose oltre al target anche agli organi a rischio.

## BRT remote after loading

- Inizialmente i trattamenti di brachiterapia venivano effettuati **manipolando sorgenti radioattive** (per esempio aghi di radio) che venivano impiantati durante una procedura chirurgica. Questo comportava una dose rilevante per il medico e gli altri operatori.
- L'avvento delle tecniche di after-loading ha ridotto in modo consistente, ma non eliminato, le dosi agli operatori. Invece di lavorare direttamente con il materiale radioattivo, il medico **prima impianta o inserisce gli applicatori**. Una volta ottenuto l'assetto corretto, viene inserito e fissato il materiale radioattivo (per esempio fili di iridio).
- Nella tecnica “**remote after-loading**” gli applicatori o cateteri sono collegati ad una unità, che comanda il movimento delle sorgenti con un sistema pneumatico o con un filo. Le sorgenti possono essere richiamate nel contenitore schermato ogni volta che gli operatori debbano prestare assistenza al paziente.

## BRT remote after loading

Le sorgenti vengono poste da *apparecchiature programmabili* in cateteri preposizionati. Non è più necessario alcun intervento diretto sulle sorgenti a meno di emergenze. Esistono due tipi fondamentali di apparecchiature per afterloading remoto:

- *apparecchiature a sorgenti fisse*

usano un certo numero di sorgenti, tutte uguali, che vengono posizionate (meccanismo pneumatico ad aria compressa, liquido o altro) in posizioni programmate entro gli applicatori e lì mantenute per tutto il tempo necessario

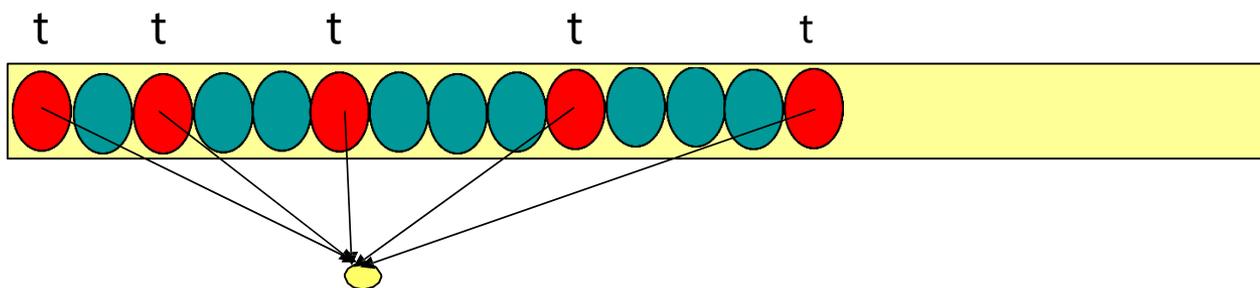
- *apparecchiature a sorgente mobile*

adottano una sola sorgente di attività superiore che viene fatta muovere negli applicatori e tenuta meccanicamente in ogni posizione programmata per il tempo necessario (tecnica detta *stepping source*)

## Caricamento delle sorgenti

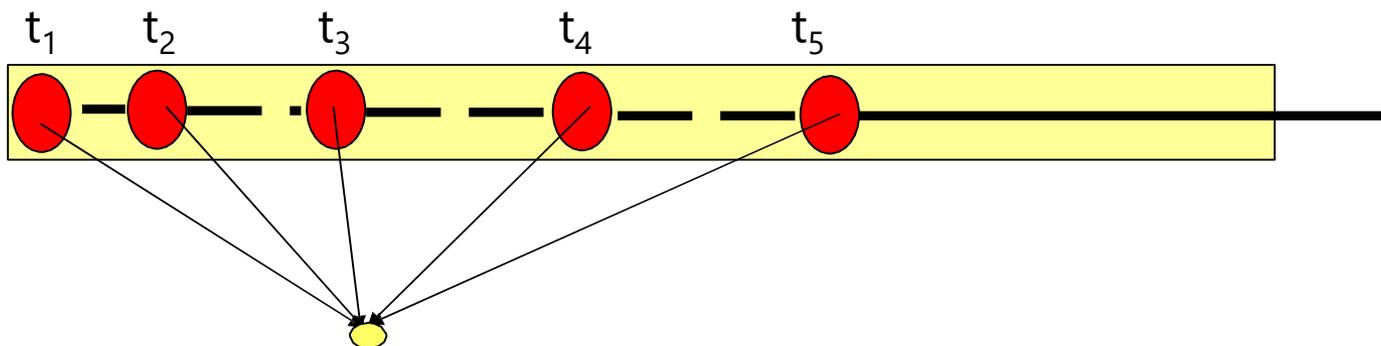
*apparecchiature a sorgenti fisse:*

tutte le sorgenti escono fuori contemporaneamente per il medesimo tempo  $t$



*apparecchiature con una sorgente mobile:*

la sorgente staziona in punti diversi per tempi eventualmente diversi



## Caricamento delle sorgenti

### *Apparecchiature a sorgenti fisse*

- molte sorgenti uguali
- è sufficiente bassa attività
- tempo di stazionamento uguale per tutte le sorgenti di un catetere
- posizionamento pneumatico (aria compressa, liquido o altro)

→ **LDR**

### *Apparecchiature a sorgente mobile*

- un'unica sorgente
- necessaria attività superiore
- tempo di stazionamento modificabile da posizione a posizione
- posizionamento meccanico (cavo o altro)

→ **HDR**

## Sorgente per BT remote after-loading

- I tre più **comuni radionuclidi** impiegati negli apparecchi remote afterloading sono:



- L' **$^{192}\text{Ir}$  (iridio-192)** è il più diffusamente impiegato a causa dell'energia media dei raggi gamma emessi (400 keV) e la sua alta attività specifica (336 TBq/g). Lo svantaggio che presenta è il tempo di dimezzamento relativamente breve (73.8 d).
- I sistemi remote afterloading LDR (Low Dose Rate) e HDR (High Dose Rate) sono usati per trattamenti endocavitari, interstiziali e intraluminali.

## Sistemi per remote after loading

### Remote afterloading

1970-

Cobalt RALSTON

Diameter 3 mm



1990-

Ir-192 RALS

Diameter 1.1 mm



2000-

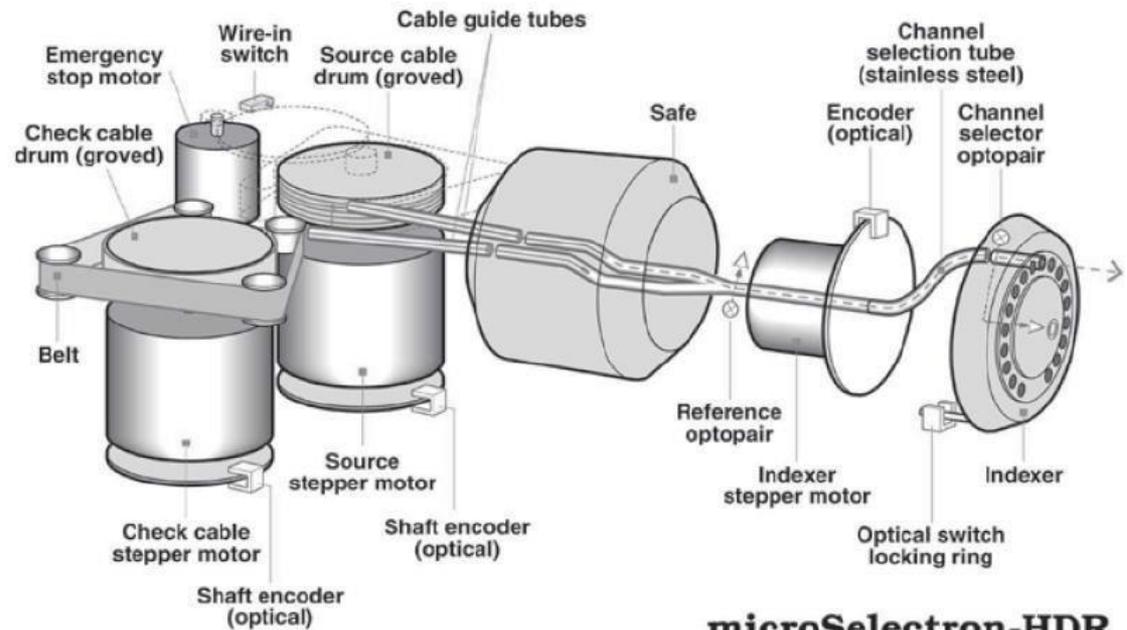
Cobalt RALS

Diameter 1.1 mm



## MicroSelectron – HDR (Nucletron)

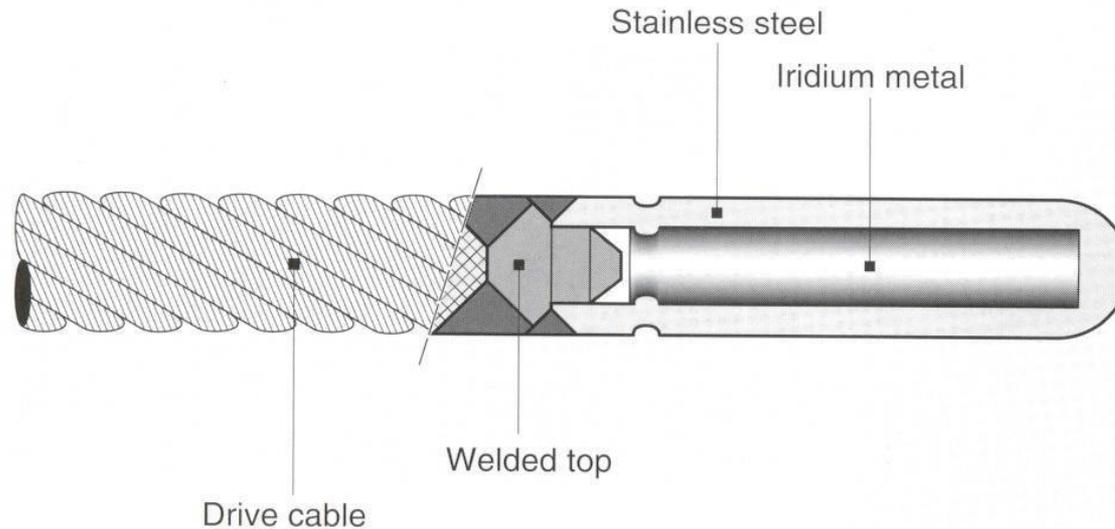
- L'apparecchiatura è costituita da un contenitore schermante in cui è alloggiata una sorgente radioattiva di **iridio-192** e da un sistema per estrarre la sorgente e incanalarla negli applicatori.



**microSelectron-HDR**

## Sorgente

- Singola sorgente di  $^{192}\text{Ir}$  contenuta in una capsula di acciaio
- La capsula in acciaio ha particolari caratteristiche di resistenza al fuoco (resistenza a  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  per 1 h; shock termico da  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Difficile asportabilità della sorgente dal contenitore.



## Source cable

- La capsula è collegata a un filo metallico che ne permette la movimentazione.

microSelectron HDR V2 + V3							
Part number	Source material	Source strength	Source capsule diameter	Source capsule length	Cable Length	Tail color	Serial Number
105.002	Solid Ir-192	10.0 Ci / 370.0 GBq	Ø 0.9 mm	4.5 mm	2022 mm	Orange	D36XNNNN



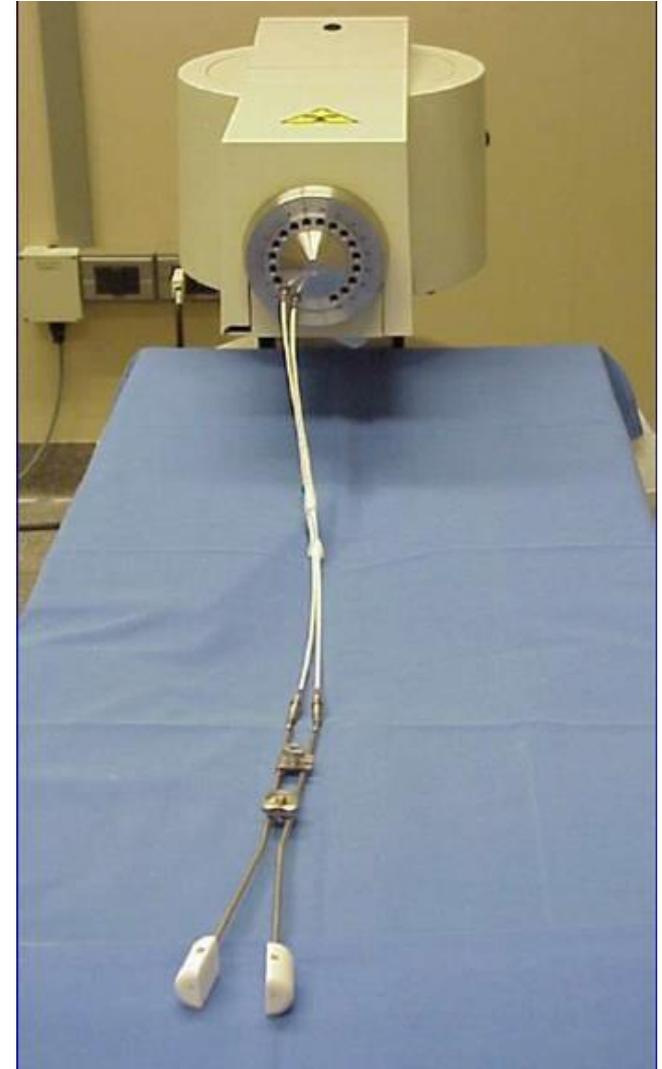
Part number: 105.002 - 106.002 - 108.003 - 108.004  
microSelectron PDR HDR V2 + V3  
Source capsule diameter: Ø 0.9 mm



Figure 2: Source cable: microSelectron HDR V2 + V3

## Collegamento applicatori

- Ogni applicatore è collegato a uno dei canali della testata e la sorgente transita automaticamente in ognuno di essi.



## Fasi trattamento BT remote after-loading

1. Inserimento degli applicatori, senza le sorgenti, o con sorgenti fittizie, all'interno del paziente
2. Verifica del corretto posizionamento degli applicatori mediante imaging
3. Studio del piano di trattamento, calcolo della distribuzione di dose
4. Caricamento delle sorgenti. Le sorgenti vengono inserite automaticamente all'interno degli applicatori, eliminando l'esposizione dell'operatore
5. Ritiro delle sorgenti. Alla fine del trattamento, le sorgenti automaticamente ritornano all'interno del contenitore schermato

## Controlli di qualità in BRT HDR

- In brachiterapia i controlli di qualità riguardano la calibrazione delle sorgenti, i dispositivi di remote after loading e gli applicatori, oltre al controllo sui sistemi di pianificazione del trattamento.
- Ogni 4-6 mesi la sorgente viene cambiata e la ditta fornisce un certificato di taratura, è quindi necessario verificare che l'attività specificata nel relativo certificato sia quella misurata correggendo per il decadimento della sorgente tra la data del controllo e quella del certificata. Per la misura si utilizza una camera a pozzetto collegata ad un elettrometro.
- Oltre all'attività, occorre verificare che la posizione assunta dalla sorgente corrisponda a quella prestabilita attraverso l'uso di pellicole radiografiche o radiocromiche

## Controlli di qualità in BRT HDR

- È necessario poi il controllo del timer che regola lo stazionamento della sorgente; questo sono molto importanti poiché il tempo è la grandezza direttamente proporzionale alla dose in BRT.
- Infine si controllano gli applicatori che devono essere integri e bisogna verificare che le posizioni delle sorgenti all'interno siano coincidenti con quelle delle dummy sources utilizzate nella simulazione del trattamento

Tipo di controllo	Tolleranza	Frequenza suggerita
- Collegamenti di luci e allarmi alla porta di accesso alla sala trattamenti	- Funzionamento	giornaliera
- Controllo della consolle dei comandi	- Funzionamento	
- Controllo visivo del collegamento delle guide delle sorgenti	- Evitare nodi dei cavi e assicurare gli agganci tra tubi ed applicatori	
- Verifica della sequenza delle sorgenti da utilizzare	- Autoradiografie	
- Posizione della sorgente	1 mm	settimanale
- Riproducibilità del caricamento della sorgente e delle sorgenti fantoccio (usate come spaziatori o come simulatori della sorgente)	1 mm	
- Taratura	3%	Ad ogni cambio della sorgente o ogni trimestre
- Accuratezza del tempo di trattamento	1%	
- Accuratezza della posizione della sorgente dovuta alla guida ed ai connettori	1 mm	
- Integrità degli applicatori	- se necessario utilizzare radiografie	
- Algoritmo di calcolo dosimetrico per ogni tipo di sorgente utilizzata	3% 1 mm	annuale
- Simulazione di situazioni di emergenza	Funzionamento	
- Verifica della documentazione relativa alla sorgente		

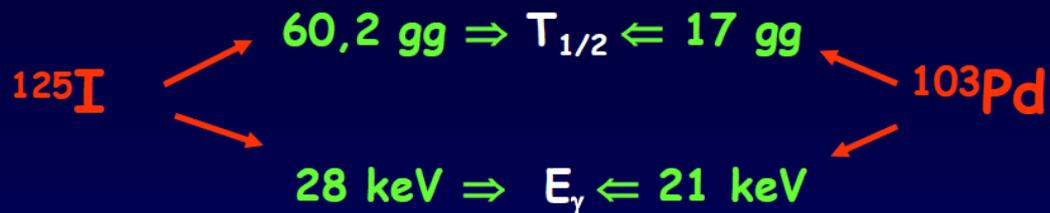
## **BRT con impianti permanenti: *prostata***

- Posizionamento di semi radioattivi nella prostata utilizzando tecniche di **brachiterapia interstiziale**

### **Vantaggi:**

- raggiungere dosi sempre più elevate
- minimizzare la dose al retto e alla vescica
- poca rilevanza dei movimenti della prostata
- tecnica scarsamente invasiva (Vs. prostatectomia)
- singolo trattamento – ricovero di breve durata (ambulatoriale)

## Modelli di semi in uso e caratteristiche geometriche



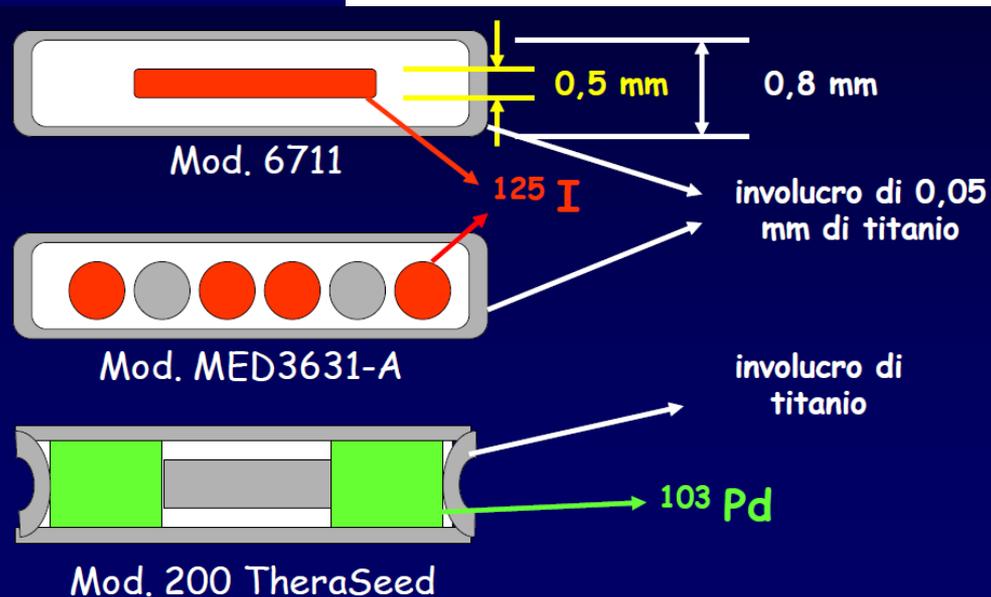
6711 - (Nycomed Amersham)

6702 - (Nycomed Amersham)

MED3631-A/M - (NAS)

MED3631-A/S - (NAS)

Model 200  
(TheraSeed®)

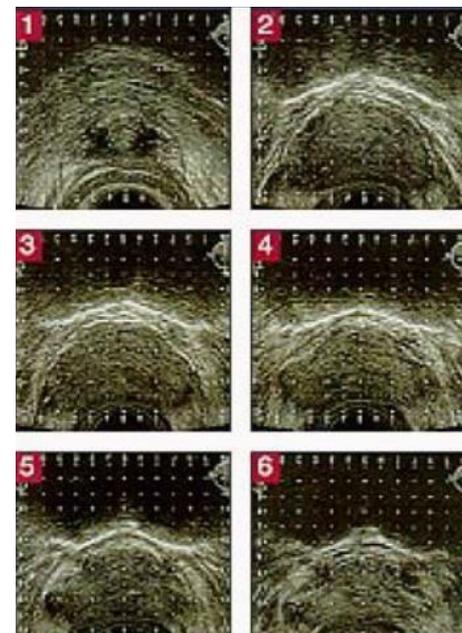
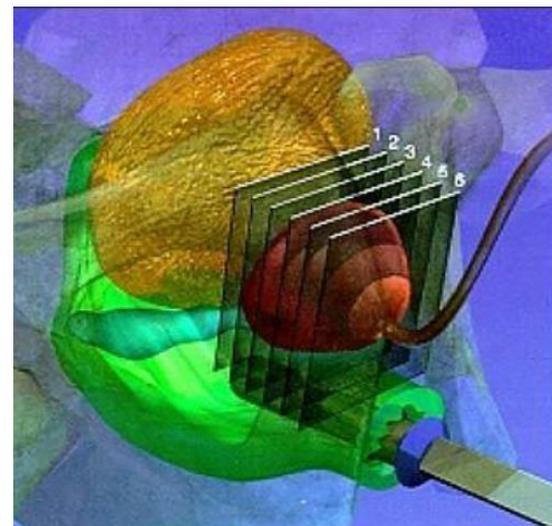


## Acquisizione delle immagini

### ECOGRAFO CON SONDA RETTALE (5 -7,5 MHz)

- sonda biplanare
- apparato "stepping unit" che permetta alla sonda di muoversi con incrementi di 0,5 cm
- visualizzazione sul monitor di una griglia elettronica (TEMPLATE)

SI OTTENGONO IMMAGINI ASSIALI CONSECUTIVE DALLA BASE ALL'APICE DELLA PROSTATA, CON INTERVALLO DI 0,5 cm



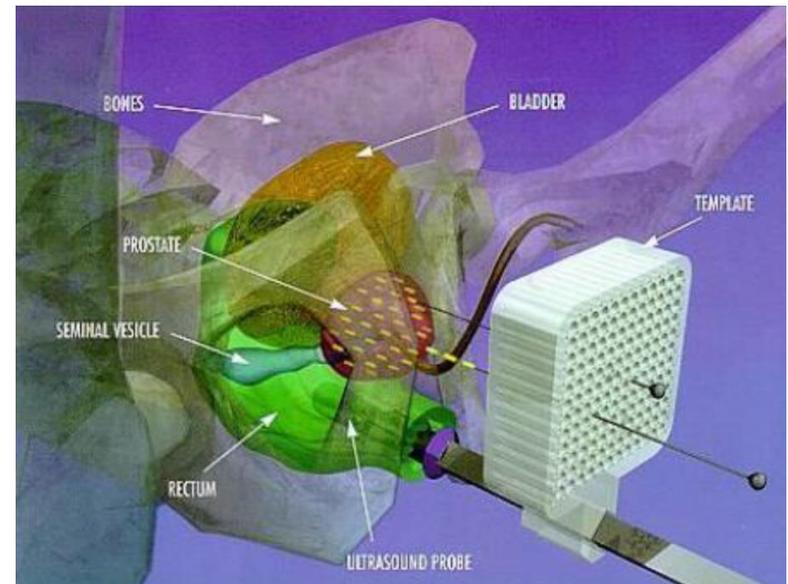
## Fasi dosimetrico - operative

- Studio volumetrico
- Studio dosimetrico (PRE-PLANNING)
- Impianto
- Analisi post - impianto

## Impianto

Approccio trasperineale sotto la guida di un template e di un ecografo

Necessità di riprodurre il posizionamento del paziente nella fase di acquisizione delle immagini



## Tecniche di impianto

- Aghi pre-caricati con semi singoli
- Applicatore MICK (gun applicator)
- RAPID Strand™ - semi legati da filo di sutura assorbibile



- Nessuna perdita di semi
- I semi rimangono allineati
- Posizionamento dei semi più affidabile

Attualmente non disponibile per semi di  $^{103}\text{Pd}$



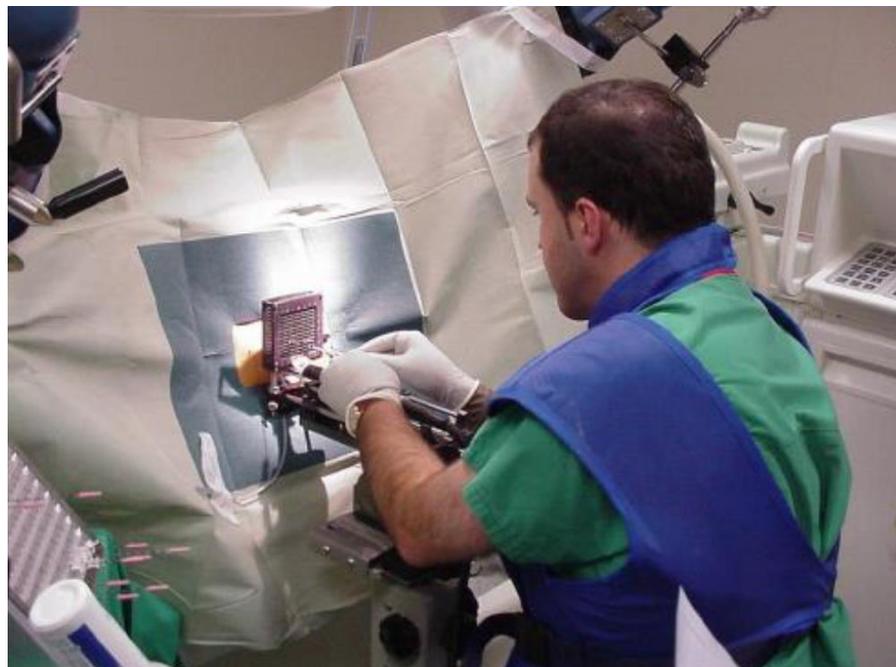
## Tecniche di impianto

Differenti tecniche possibili:

FLUOROSCOPIO

ECOGRAFO

**Ottenere un impianto il più possibile conforme allo studio pre-planning**



## **Problemi insiti nella procedura di impianto**

- **Errori di posizionamento delle sorgenti**
- **Migrazione dei semi**
- **Perdita dei semi**
- **Edema**

**Radioprotezione del paziente con impianto permanente:** a 1-2 anni dall'impianto la radioattività si esaurisce completamente ( $T_{1/2} = 74 \text{ gg}$ )

## BRT endovascolare

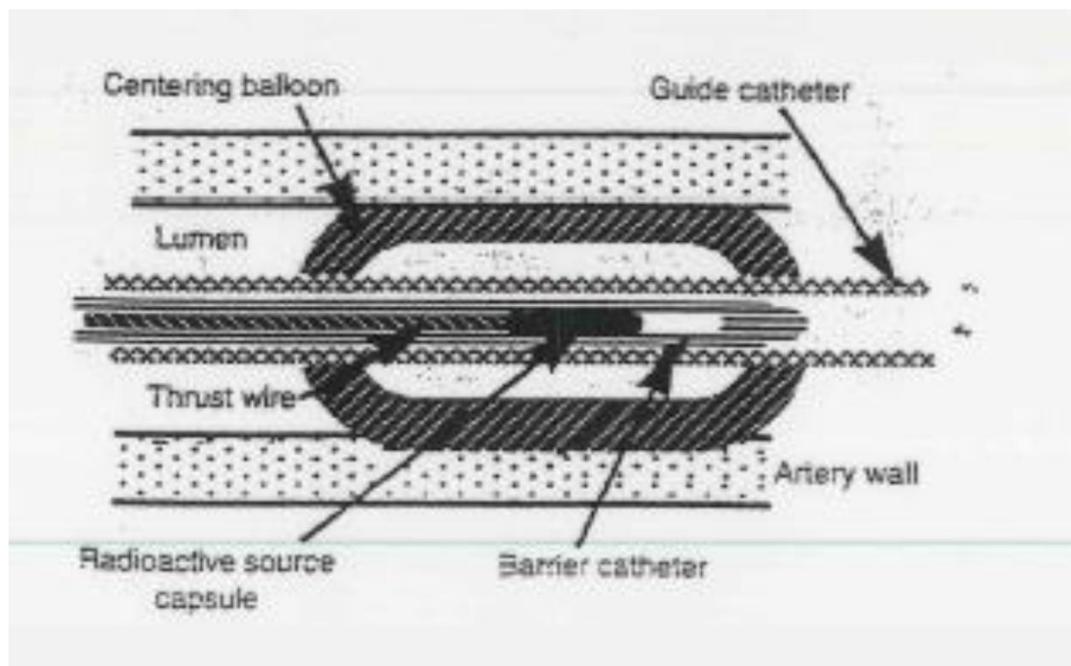
Trattamento delle ristenosi delle arterie (coronarie o periferiche – femorale, iliache) dopo angioplastica dilatativa transluminale:

- impianto di stent di acciaio inox o radioattivo ( $^{32}\text{P}$ )
- riempimento del palloncino per angioplastica con un liquido radioattivo beta-emittente ad elevata attività (cloruro di  $^{90}\text{Y}$ ) o gas ( $^{133}\text{Xe}$ )

La **brachiterapia endovascolare**, nonostante sia indicata per ridurre la proliferazione cellulare e quindi la possibilità di una ostruzione, è una tecnica comunque poco utilizzata perché ci sono trattamenti farmacologici alternativi che non richiedono l'uso di radiazioni ionizzanti (anticoagulanti, steroidi, ...).

## Aspetti fisici della BTR endovascolare

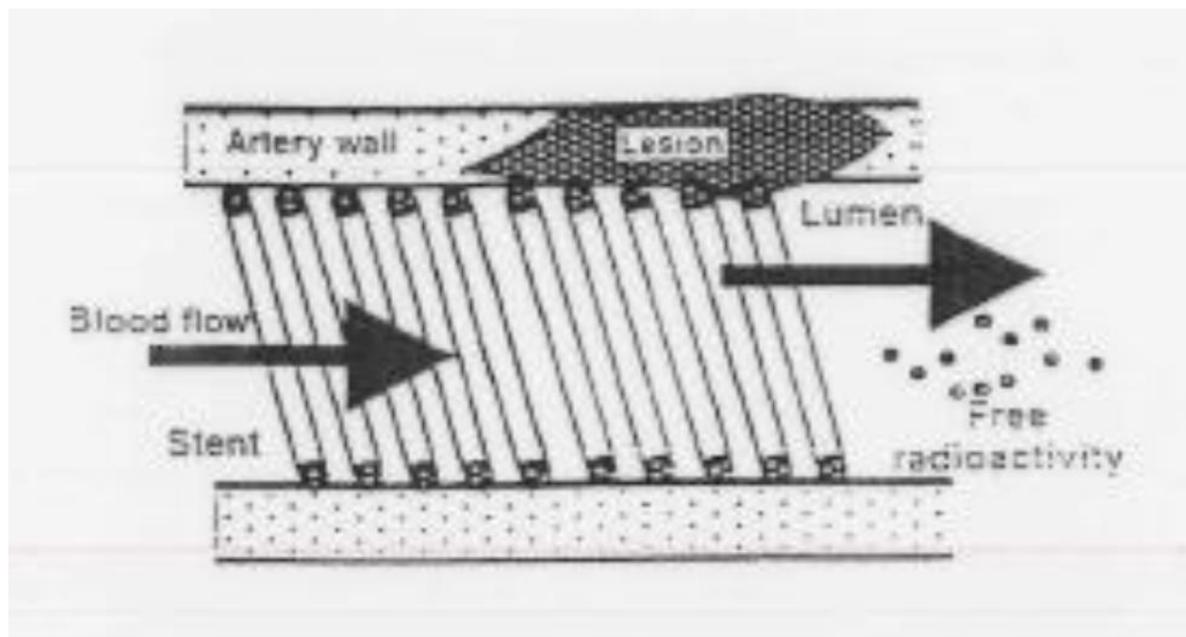
Impianti temporanei HDR con sorgenti  $\beta$  o  $\gamma$  (prescrizione della dose a pochi millimetri dall'asse). Le beta (percorso max nel tessuto di 1 cm) si utilizzano per vasi di piccole diametro in cui l'effetto delle placche può essere importante; mentre le gamma (che fanno un percorso  $>$  di 3cm) permettono di trattare vasi più grossi.



Catetere vettore dotato di un palloncino di centraggio che lo mantiene al centro dell'arteria da irradiare

## Aspetti fisici della BTR endovascolare

Impianti (stent) permanenti con sostanze radioattive LDR (contatto diretto con il tessuto bersaglio, disomogeneità della dose dovuta alla forma irregolare dello stent)



## PRINCIPALI RADIONUCLIDI IMPIEGATI

nuclide	emission	half-life	maximum energy	average energy	tenth layer value
$^{192}\text{Ir}$	$\gamma$	74 days	0,6 MeV	0,38 MeV	19 mm (lead)
$^{32}\text{P}$	$\beta$	14,3 days	1,7 MeV	0,6 MeV	1,8 mm
$^{90}\text{Y}$	$\beta$	64 hours	2,3 MeV	0,9 MeV	3,2 mm
$^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y} (^*)$	$\beta$	28 years	0,5 MeV	0,2 MeV	0,5 / 3,2 mm
$^{166}\text{Ho}$	$\beta$	27 hours	1,9 MeV	0,6 MeV	1,9 mm

### SORGENTI BETA:

- percorso max < 1 cm in tessuto
- 1 mm di placca riduce la dose fino al 30%

### SORGENTI GAMMA:

- percorso > 3 cm in tessuto
- 1 mm di placca non riduce significativamente la dose

## Dosimetria in brachiterapia

- **Definizione della geometria di un impianto**
- **Calcolo e specificazione della dose**

Dato un volume da trattare (CTV) viene definito il numero, la posizione, la spaziatura e l'attività delle sorgenti per impartire la dose prescritta con il rateo di dose desiderato (ovviamente in condizioni ideali).

In alcune situazioni esiste libertà assoluta di impianto; in altre esistono dei vincoli come ad es. quando non è possibile attraversare tessuti sensibili o in generale per la terapia endocavitaria

Dopo l'impianto si può verificare quanto il risultato si discosti dalle condizioni ideali.

## Calcolo della dose

- La dose in BT dipende dalla manualità del radioterapista

Due sistemi di dosimetria (Sistema di Parigi e Sistema di Manchester) definiscono le modalità di posizionamento degli applicatori e delle regole geometriche che, se seguite fedelmente, permettono di ottenere una distribuzione ottimale della dose al target

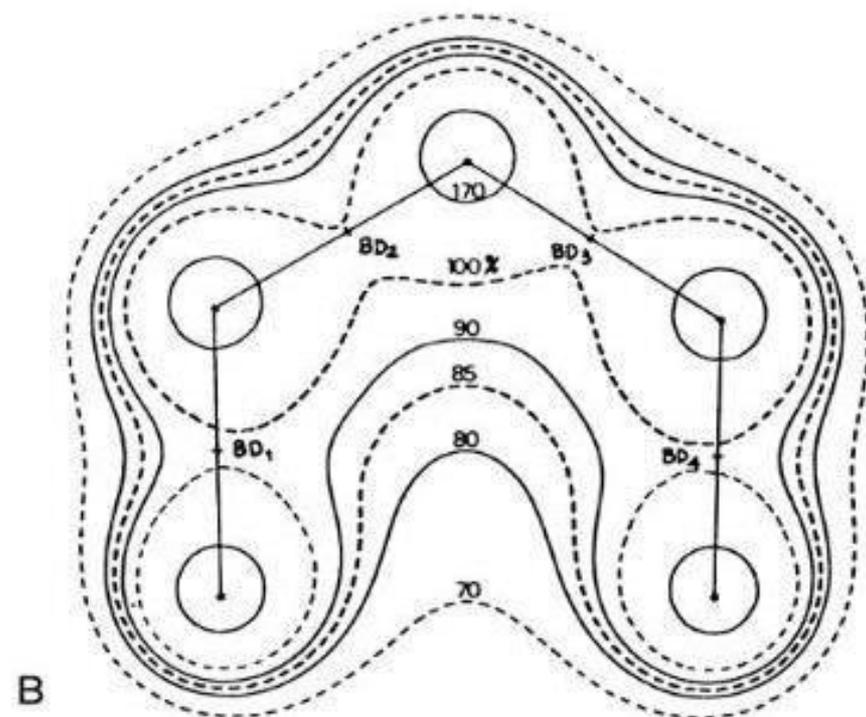
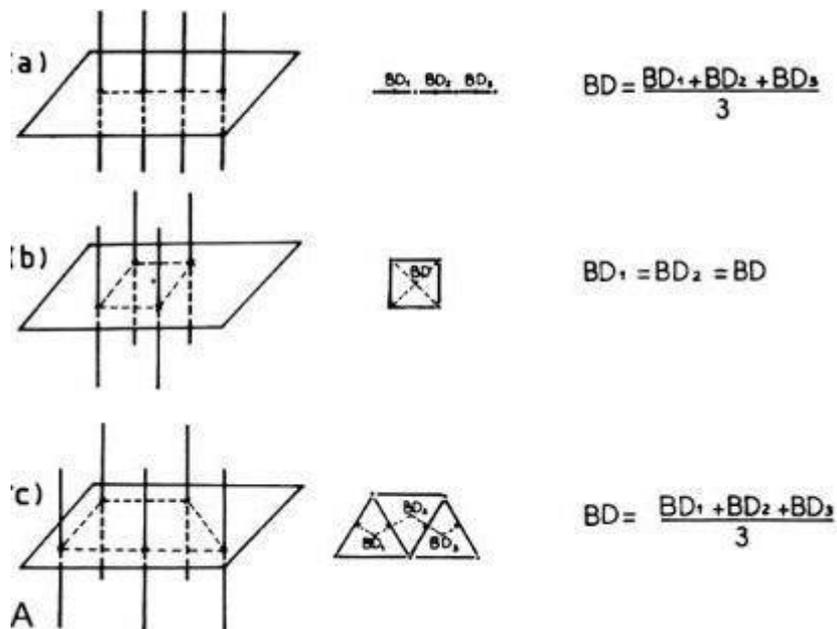
### a. Il sistema di Parigi

Utilizzato per impianti temporanei con lunghe sorgenti lineari di attività uniforme (fili di iridio-192), il sistema di Parigi prevede l'inserimento di applicatori equispaziati tra loro, lungo piani paralleli e senza curvature.

L'isodose di riferimento è l'85% della **basal dose** (BD), definita come la media della dose minima tra due sorgenti.

## a. Sistema di Parigi

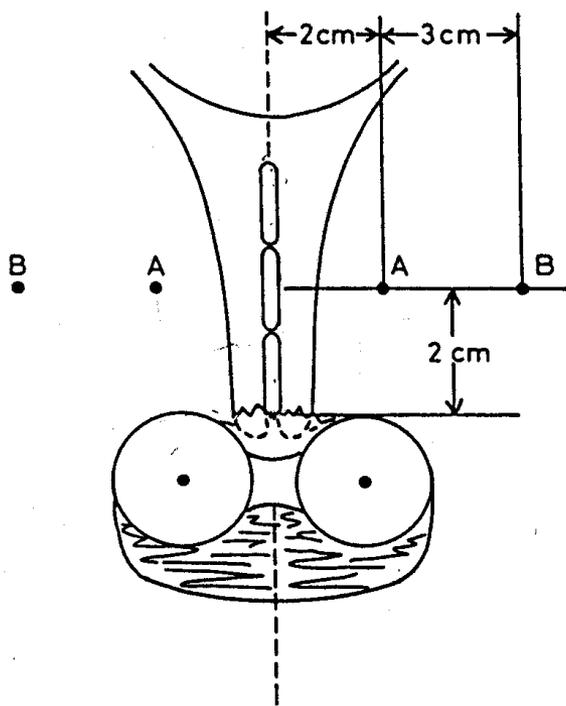
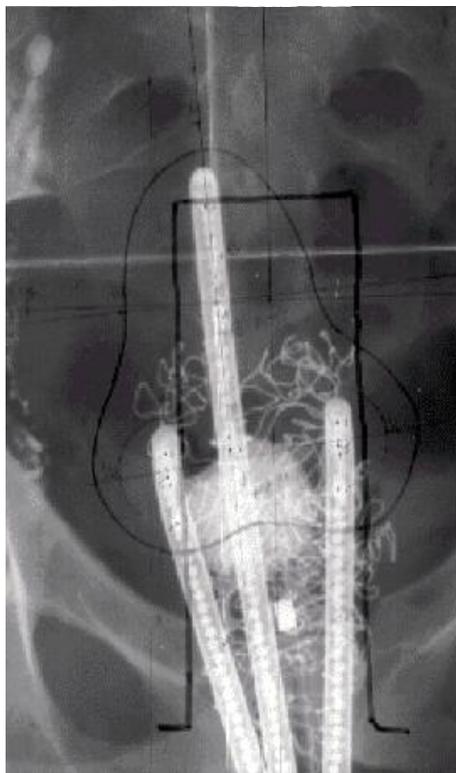
- La determinazione della **Basal Dose** dipende dalla geometria dell'impianto:



## b. Sistema di Manchester

- Invece del calcolo della dose in punti, prevede un bilanciamento tra copertura del target e sovradosi presenti.

Esempio: trattamento del tumore del collo dell'utero



Il posizionamento delle sorgenti secondo i criteri di questo metodo e la specifica della dose ai punti di riferimento “garantiscono” la correttezza ed adeguatezza della terapia.

## Calcolo del piano dosimetrico

### Fasi di calcolo dosimetrico-clinico (piano di trattamento)

1. ricostruzione dell'impianto
2. calcolo del rateo di dose o della dose totale
3. (eventuale) correzione radiobiologica
4. scelta finale della durata della terapia

## Calcolo del piano dosimetrico

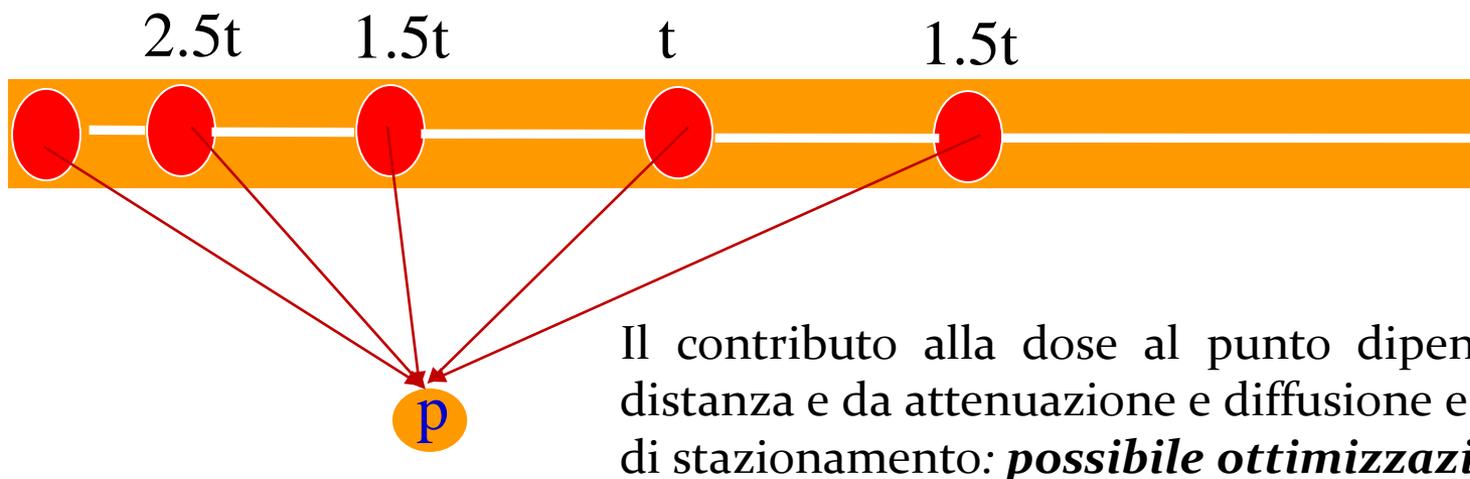
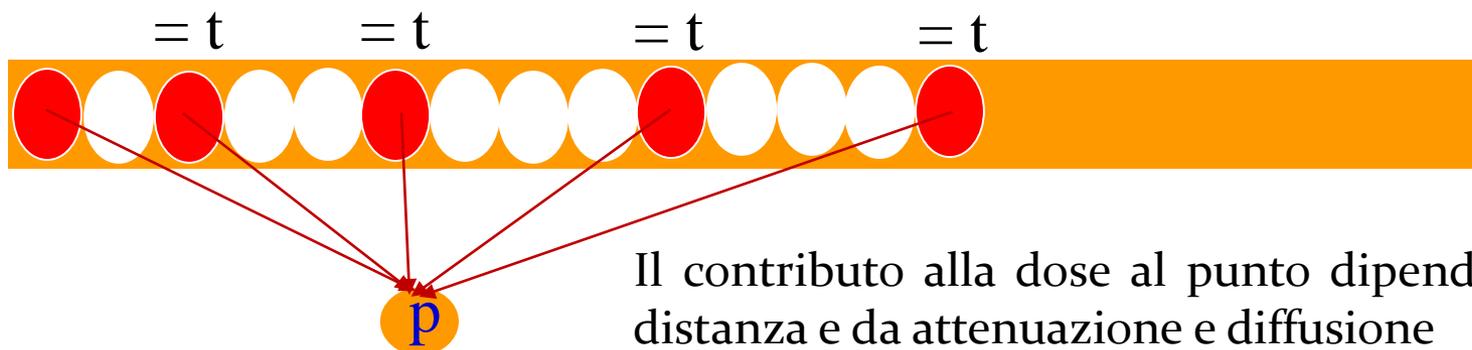
### Ricostruzione

Scopo della ricostruzione: definire tridimensionalmente le posizioni delle sorgenti o dei cateteri e di punti di interesse clinico.

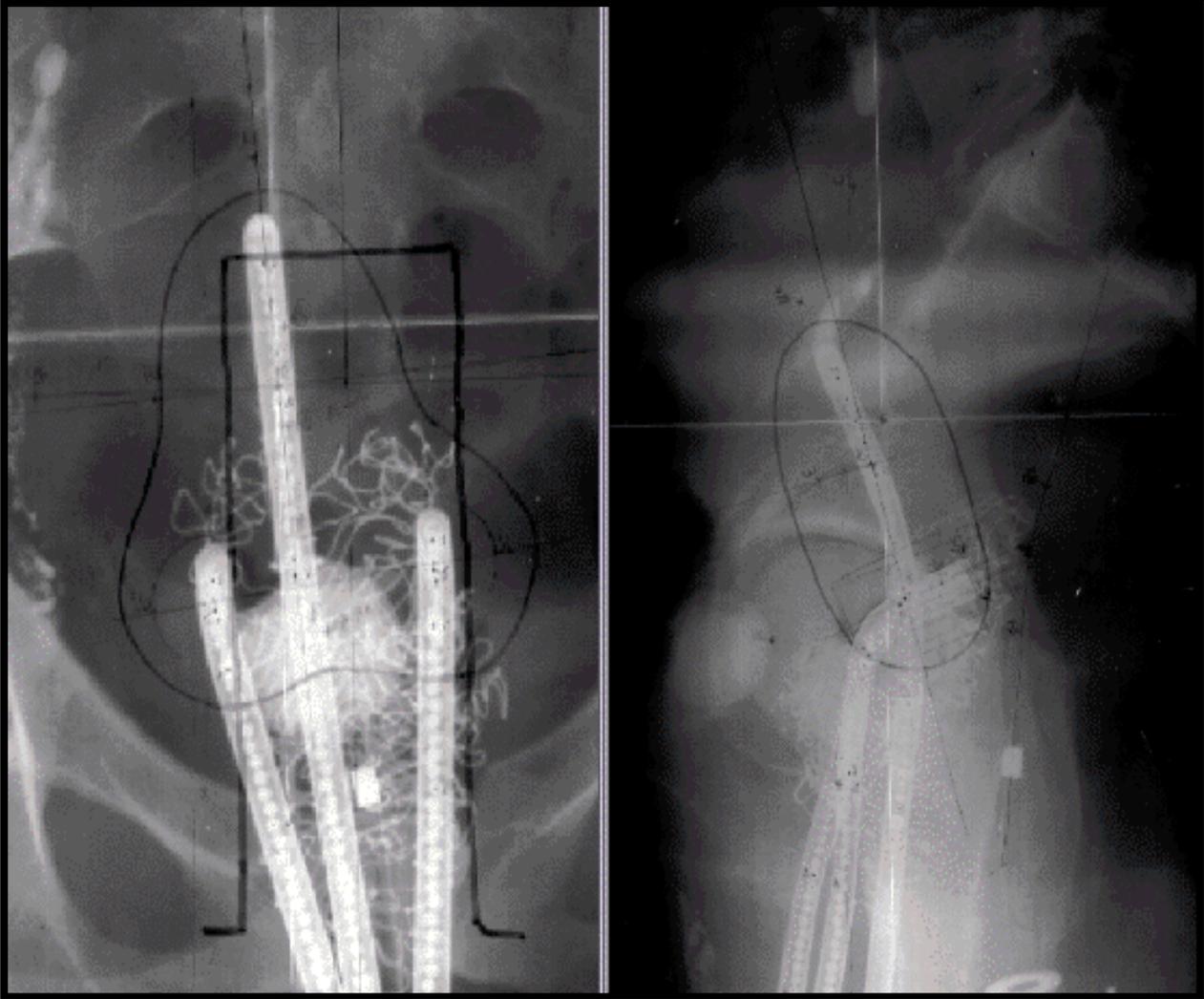
Può essere eseguita in varie metodiche:

- radioscopia (per riconoscere la posizione dei cateteri rispetto ad un riferimento – adatta per situazioni semplici)
- Radiografia (radiogrammi in proiezioni note)
- CT
- Ultrasuoni
- ecc..

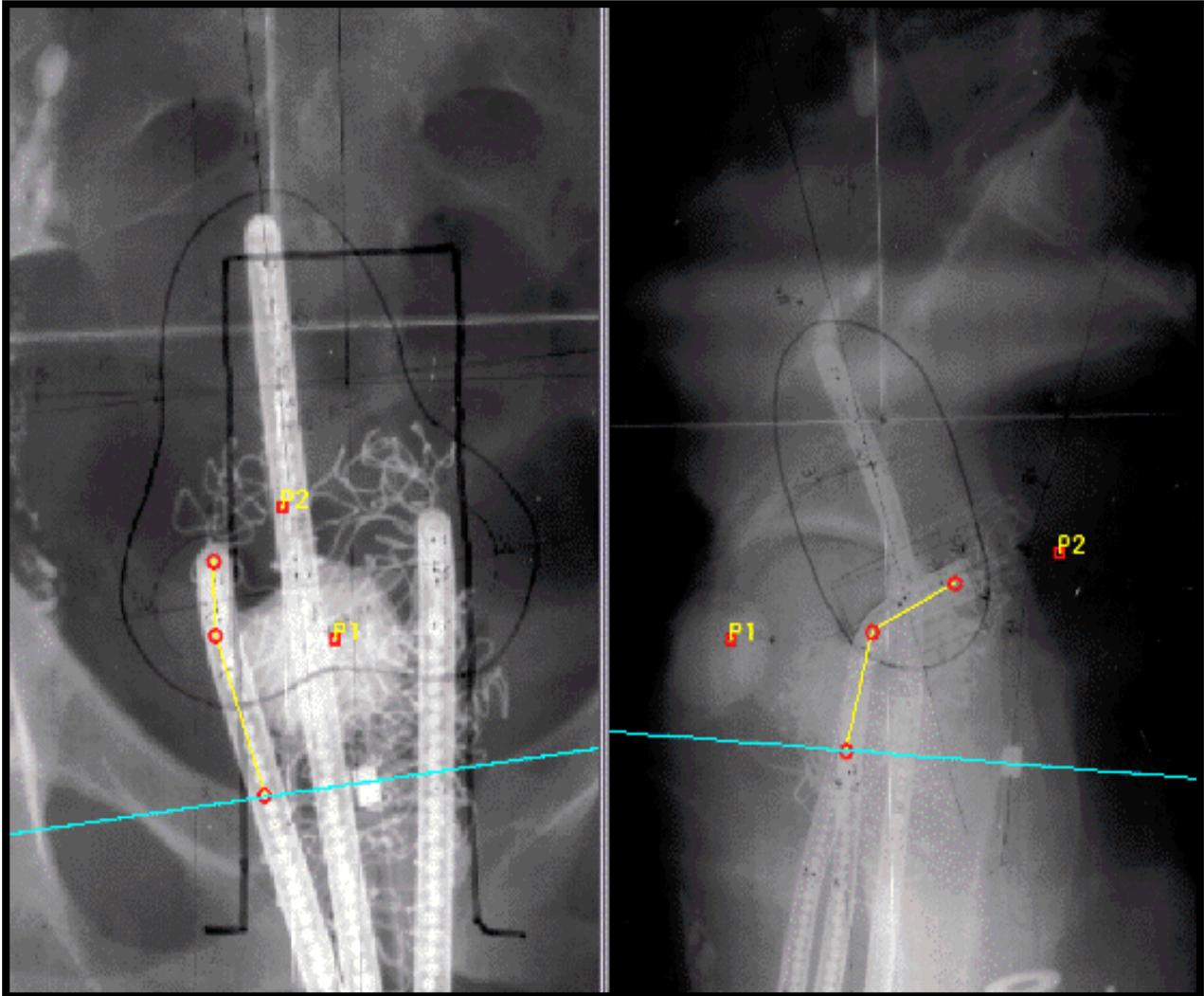
## Calcolo del piano dosimetrico



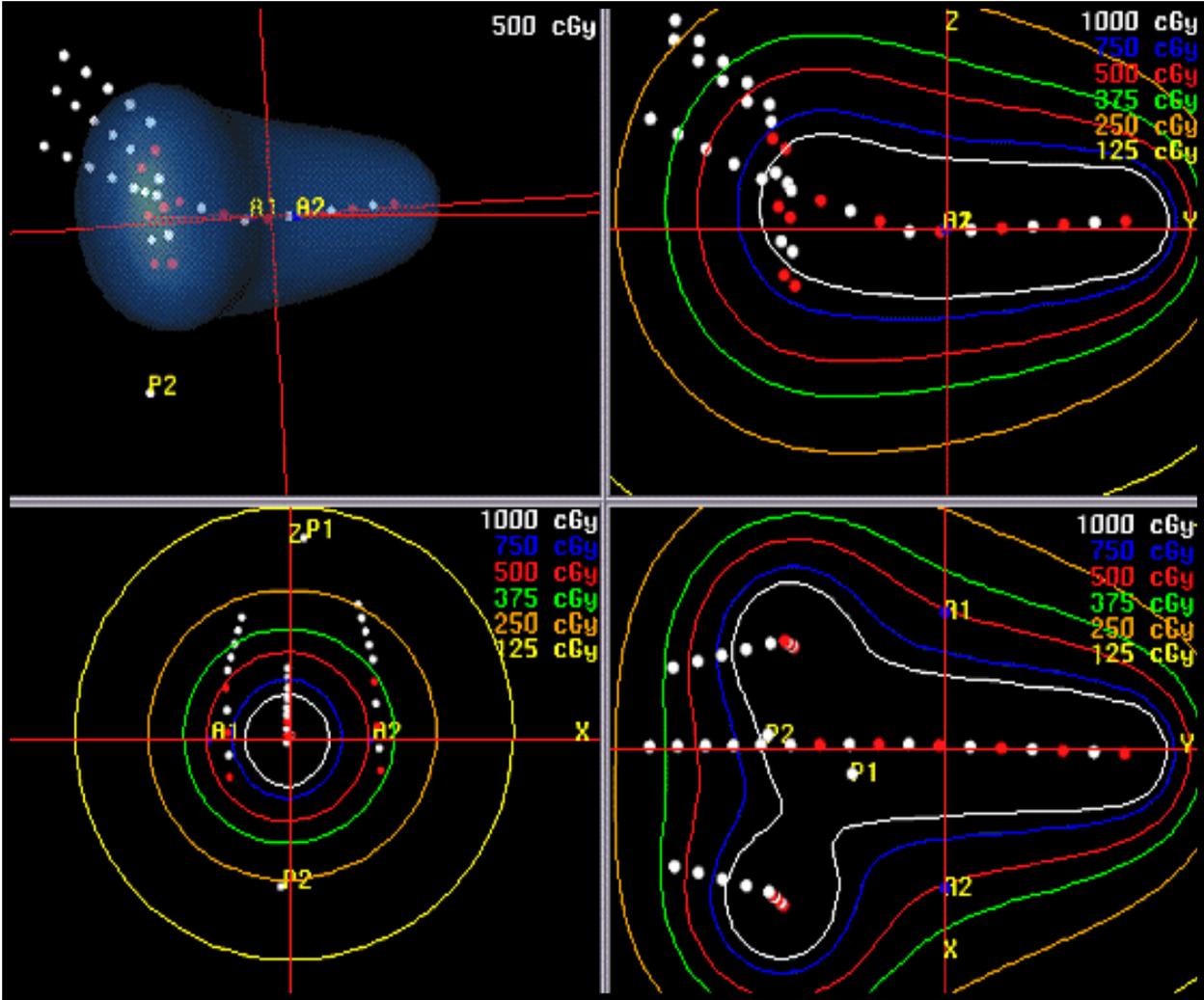
# Piano di trattamento



# Piano di trattamento



# Piano di trattamento



# Piano di trattamento

