

# STEREOTASSI CON ACCELERATORE

Maria Grazia Brambilla  
S.C. Fisica Sanitaria  
Niguarda Ca' Granda Hospital  
MILANO - ITALY



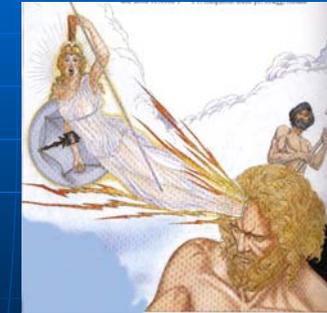
Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## DA DOVE VIENE IL TERMINE ?

In greco ....

... qualcosa che si organizza nello spazio

DISPOSITIVO TRIDIMENSIONALE



CHIRURGIA NON PROPRIO STEREOTASSICA



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## MA COSA SIGNIFICA ALLORA TRATTAMENTO STEREOTASSICO ?

- TRATTAMENTO: azione tesa a risolvere o contenere un problema di salute
- STEREOTASSICO: intervento che utilizza un sistema di coordinate tridimensionale per localizzare piccoli bersagli nel corpo

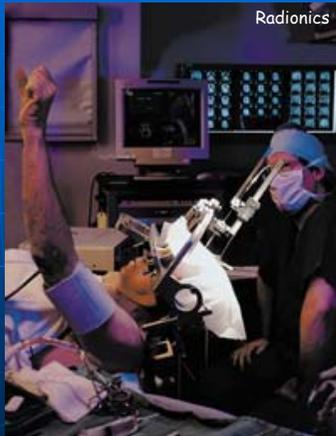
finalizzato a  
biopsie, stimolazione, impianti, ablazione,  
IRRADIAZIONE

... un sistema di coordinate tridimensionale ...



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

... finalizzato a ...



## COSA RIESCO A FARE ?

Trattamenti multi o monofrazionati  
**concentrati**  
su bersagli piccoli  
di forma semplice  
o complessa

... **MA CONVIENE ?**

## I DUE VANTAGGI DELLA RT STEREOTASSICA

- 1. possibilità di somministrare  
**elevate dosi**  
a volumi bersaglio  
**piccoli, ma spazialmente ben definiti**
- 2. presenza di elevati gradienti di dose tra volume  
bersaglio e tessuti sani circostanti  
(by Colombo F. et al. 1985)



E' IL PARADIGMA MORALE E TECNOLOGICO DELLA  
RADIOTERAPIA

## CHE DIFFERENZE TRA RADIOTERAPIA E RADIOCHIRURGIA STEREOTASSICA ?

- **RADIOCHIRURGIA STEREOTASSICA**  
frazione singola, alti dose e gradiente,  
sistemi immobilizzazione invasivi,  
elevata accuratezza
- **RADIOTERAPIA STEREOTASSICA**  
frazioni multiple, alti dose e gradiente,  
sistemi immobilizzazione pressoché  
convenzionali, accuratezza inferiore

## ALLORA ...

- **SRS: elevata dose sul volume bersaglio**  
**SCOPO: eliminazione cellule del bersaglio - obliterazione (LA RADIOBIOLOGIA E' DIVERSA !)**  
**TRAMITE: concentrazione geometrica della dose (bersagli piccoli e risparmio tessuti sani)**
- **SRT: elevata dose sul volume bersaglio**  
**SCOPO: eliminazione cellule del bersaglio**  
**TRAMITE: concentrazione geometrica della dose e diversa risposta radiobiologica dei tessuti (bersagli possono essere meno piccoli)**



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## CENNI STORICI

- Leksell: RX 200-300 kV: poco penetranti e scarsa caduta di dose fuori bersaglio
- 1948: fasci di fotoni di alta energia e introduzione di concetto di trattamento stereotassico (localizzazione con elevata accuratezza balistica)
- 1952: Leksell concepisce e sviluppa l'idea: un'apparecchiatura **PER IL NEUROCHIRURGO**
- 1968: prima installazione
- Prende piede, perfezionando il progetto ed estendendo le possibilità di applicazione



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## CENNI STORICI

- Termine anni '80 e inizio anni '90: adattamento linac per trattamenti SRS e SRT:  
Colombo e Chierago (Vicenza)  
Betti (Buenos Aires)  
Winston e Lutz (Harvard)  
Friedman e Bova (Florida)  
Burini (Bergamo)



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## CENNI STORICI

- Metà anni '90: X-knife (Varian): acceleratore dedicato con tolleranze più strette per movimenti isocentrici, possibilità di rotazione completa rispetto a supporto paziente
- 1994: Varian 600SR; collimatore micro multilamellare BrainLabs (Novalis); IMRT
- Poco dopo, Cyber-Knife (Adler)



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## LA STORIA: IL GRUPPO DI COLOMBO-CHIEREGO

- **CON COSA ?** a new stereotactic head frame by which the intracranial target is fixed to the rotational isocenter of a 4-MV linear accelerator
- **IN CHE MODO E' DEFINITO IL CAMPO?** The collimator openings are selected according to the volume and the three-dimensional configuration of the target, and the radiation dose is based on the radiosensitivity of the lesion
- **QUAL E' LA GEOMETRIA D'IRRADIAZIONE ?** After the patient is fixed to the frame, the radiation source and the patient are rotated so that the target is irradiated through infinite portals distributed over the convexity of the skull.
- **COSA OTTENGO ?** It is thereby possible to obtain very high radiation doses centered into the target with a stepped dose gradient.

Colombo, F.; Benedetti, A.; Pozza, F.; Avanzo-R.C.; Marchetti, C.; Chierogo, G.; Zanardo, A. External stereotactic irradiation by linear accelerator. *Neurosurgery*. **16**:154–159; 1985.

## LA STORIA: IL GRUPPO DI WINSTON-LUTZ

- **CON COSA ?** A Brown-Roberts-Wells stereotactic apparatus and a 6-MeV linear accelerator equipped with a special collimator (12.5 to 30 mm in diameter) have been adapted
- **IN CHE MODO E' DEFINITO IL CAMPO ?** The 20-mm collimator allows treatment of a nearly spherical volume of 2.1 ml.
- **QUAL E' LA GEOMETRIA D'IRRADIAZIONE ?** ... an arcing beam of photon radiation with the turntable (couch) in each of four positions
- **COSA OTTENGO ?** ...delivering prescribed high doses of radiation to precisely located volumes of approximately 0.6 to 10.0 ml within the brain...  
Outside the treatment field, the dosage declines to 80% of the dose prescribed for the periphery of the lesion over a distance of 1.8 mm and to 50% over the next 3.4 mm...

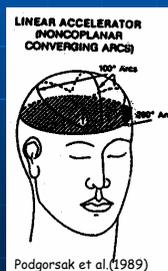
Winston, K.R.; Lutz, W. Linear accelerator as a neurosurgical tool for stereotactic radiosurgery. *Neurosurgery*. **22**:454–464; 1988.

## BENE O MALE SI TRATTAVA DI ...

Tecniche basate su archi non complanari standard realizzate per simulare la distribuzione di sorgenti fisse della Gamma Knife.



ELEKTA



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## POI SUCCESSE CHE ...

Più tardi, introduzione di archi personalizzati per miglioramento di prestazione e velocità dei TPS.

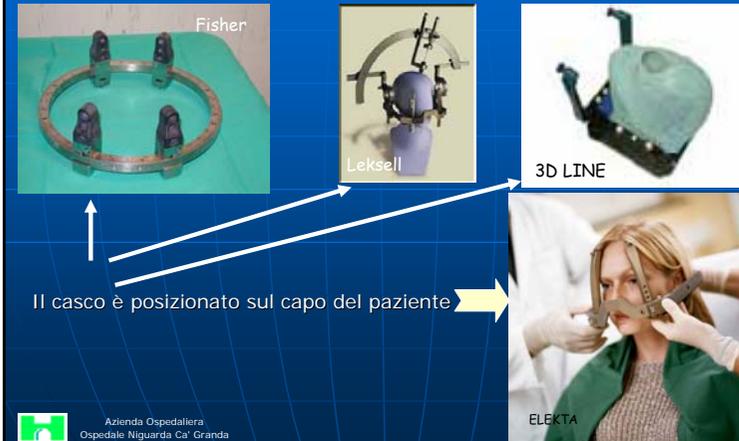


Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## COSA MI SERVE ?

- Dispositivi di localizzazione per individuare posizione e rapporti relativi della lesione con strutture circostanti
- Divengono anche dispositivi di immobilizzazione
- Dispositivi di collimazione

## DISPOSITIVI DI LOCALIZZAZIONE/IMMOBILIZZAZIONE



## DISPOSITIVI DI LOCALIZZAZIONE/IMMOBILIZZAZIONE



## IL CASCO STEREOTASSICO E' FATTO COSI'

- Sistema di coordinate rigido
- Base in Al agganciata a un supporto speciale sul tavolo porta-paziente per imaging o trattamento
- Supporti per viti, maschere termoconformabili o morsi

### ATTENZIONE ALLA FINALITA' !

Casco invasivo per SRS  
Morsi in MRI  
Maschere in MRI funzionale  
Maschere e raggiungibilità cranio paziente

## AGGIUNGO IL LOCALIZZATORE

- Oggetto diverso a seconda di tipo di *imaging* necessario
- 3 piastre di PMMA a 90° agganciate alla base del casco
- Inserti:
  - CT + MRI: tubicini plastici contenenti materiali visibili nell'*imaging* corrispondente, disposti a Z o N con geometria nota
  - CT: inserti metallici disposti a Z o N con geometria nota
  - ANGIO: reperi metallici in varie posizioni note

COSÌ ARRIVO ALLE

COORDINATE STEREOTASSICHE

## SI PASSA ALL'IMAGING

### Quale *imaging* di riferimento ?

- **CT**: bene per il rispetto della geometria, ma ... ci sono spesso artefatti (viti, materiale per embolizzazioni)
- **ANGIO**: irrinunciabile nelle lesioni vascolari
- **MRI**: molto bene, ma ... ci sono deformazioni accentuate dal casco
- Approccio multimodale guidato dal tipo di patologia

## A COSA DEVO PRESTARE ATTENZIONE ?

- In ANGIO: alle distorsioni.  
**Serve correzione: usare griglie e protocolli correttivi**
- In MRI: alle deformazioni fisiologiche e a quelle indotte dalla presenza del casco.  
**Serve valutarle e chiedere eventuali modifiche sullo scanner (fantocci adeguati per le ricostruzioni)**
- Imaging multimodale e algoritmi di coregistrazione e fusione  
**Serve valutarne l'affidabilità**
- Prestare attenzione al formato delle immagini, ai trasferimenti e manipolazioni su di esse

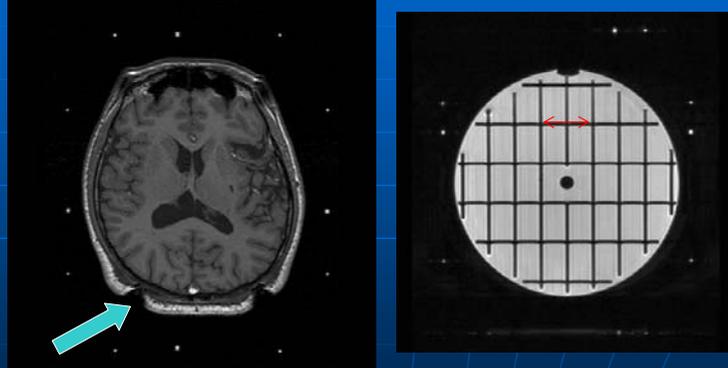
## Qualche esempio



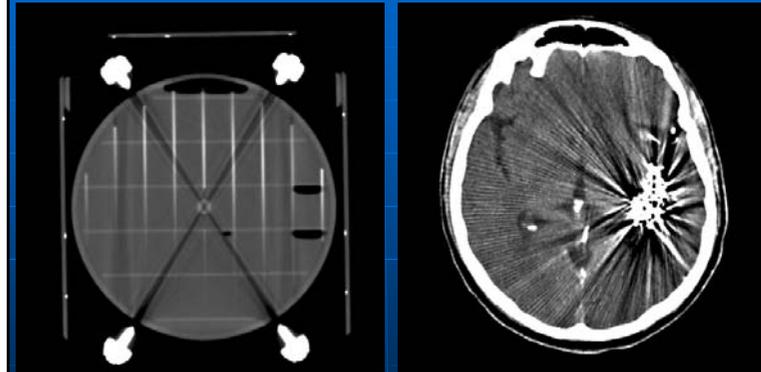
Angio: distorsione "pincushion" (Salmoiraghi et al.)

Niguarda

## Qualche esempio



## Qualche esempio



## COME ACQUISIRE ?

- Tutta la testa, calotta inclusa
- Per esempio:
  - strati da 2 mm per tutta la calotta fino alla lesione
  - strati anche più sottili sulla lesione
  - strati da 2 mm fino a 2 cm sotto la lesione
  - strati sino a 5 mm oltre
- Attenzione al TPS

## VERSO LA PIANIFICAZIONE ...

Caratterizzazione

**geometrica e dosimetrica** dell'unità di trattamento

- Devo impostare movimenti possibili e loro limiti nel TPS (angolo gantry, collimatori, tavolo-porta-paziente)
- Devo verificare il rispetto dei limiti (attenzione a stativo testa) e l'eventuale evidenziazione di collisioni gantry-tavolo porta-paziente
- Devo caratterizzare il collimatore addizionale usato in termini geometrici (aperture possibili, min. e max., trasmissione, posizionamento e velocità posizionamento lamelle, penombra, effetto *tongue&groove*)
- **ATTENZIONE!** Non tutti i TPS considerano completamente le caratteristiche dei collimatori addizionali

## VERSO LA PIANIFICAZIONE ...

Caratterizzazione  
geometrica e dosimetrica dell'unità di  
trattamento

### I PROBLEMI:

elevati gradienti di dose  
mancanza di equilibrio elettronico laterale

Devo usare un rivelatore:

di piccole dimensioni  
ed  
elevata risoluzione spaziale



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## VERSO LA PIANIFICAZIONE ...

Caratterizzazione  
geometrica e dosimetrica dell'unità di  
trattamento

### POSSIBILI RIVELATORI:

1. Camere a ionizzazione pin-point
2. Diodi
3. Camere a diamante
4. Pellicole radiografiche
5. Pellicole radiocromiche

### RIVELATORI ADDIZIONALI:

1. Termoluminescenti, MOSFET
2. Gel



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## I RIVELATORI



PTW-Freiburg



PTW-Freiburg



PTW-Freiburg



PTW-Freiburg



ISP



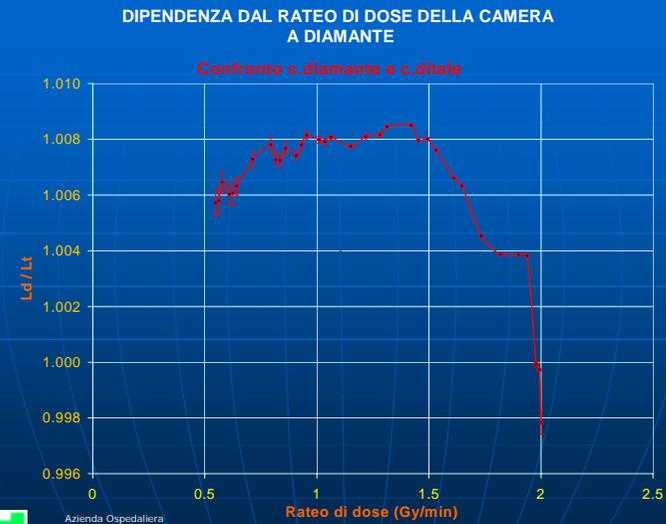
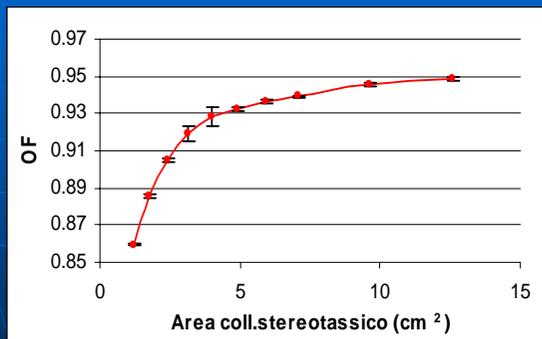
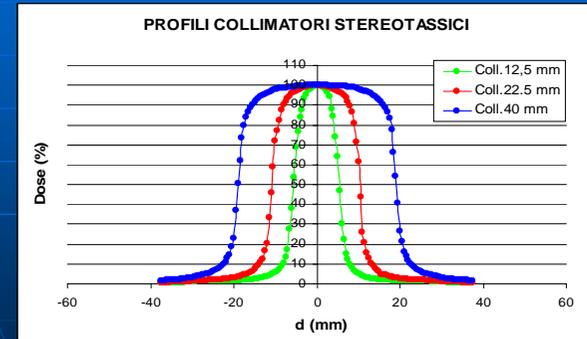
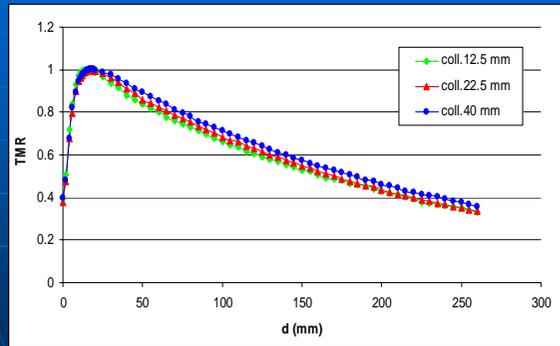
Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## COSA MISURARE ?

- DPP, TPR, TMR
- Profili
- Fattori di *output*
- Dose assoluta in condizioni di riferimento



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda



## LA PIANIFICAZIONE

- Differente a seconda della tecnica scelta
- Prescrizione: generalmente all'80% della dose massima (dose elevata entro il bersaglio)
- Attenzione alla modulistica paziente: modifiche della cartella clinica cartacea o elettronica convenzionale

## PERCHE' PRESCRIVERE ALL'80% ?

Table 1. Typical distance for dose reduction to one half of the prescription value\*

Prescription isodose (% of maximum)	Distance for dose fall off from prescription isodose to half of prescription isodose (mm)		
	10-mm collimator	24-mm collimator	35-mm collimator
95	3.6	5.7	8.3
90	3.1	4.5	6.2
80	2.5	3.8	5.7
70	2.5	3.9	6.5

## LE DIVERSE TECNICHE

- Archi multipli non complanari con
  - Collimatori conici addizionali
  - Micro MLC addizionali o integrati
- Campi multipli concentrici conformati
- Archi multipli non complanari dinamicamente conformati o modulati
- Campi multipli IMRT

## ARCHI MULTIPLI NON COMPLANARI (COLLIMATORI CONICI)

- COSE' UN COLLIMATORE CONICO ?**  
Dispositivo di collimazione aggiuntivo, focalizzato (meglio per penombra) o non, con aperture circolari
- DIMENSIONI:**  $\leq 40$  mm
- COME SI USA ?** Diverse posizioni del tavolo porta-paziente e diversi archi con il gantry
- QUANTE POSIZIONI DEL TAVOLO ?**  $> 3$
- QUANTI ARCHI ?**  $> 3$
- QUALE ESTENSIONE DELL'ARCO ?**  
Dipende da posizione ed estensione di target e dalla presenza di OAR
- COME FUNZIONA ?** Mentre il gantry ruota, il linac eroga dose per ciascuna posizione del tavolo



**ALLORA ... se la geometria del target è sferica ...**

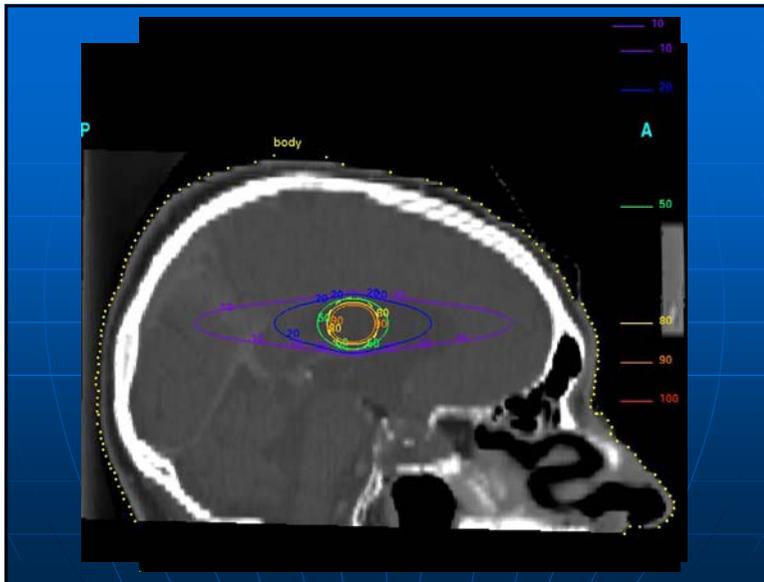
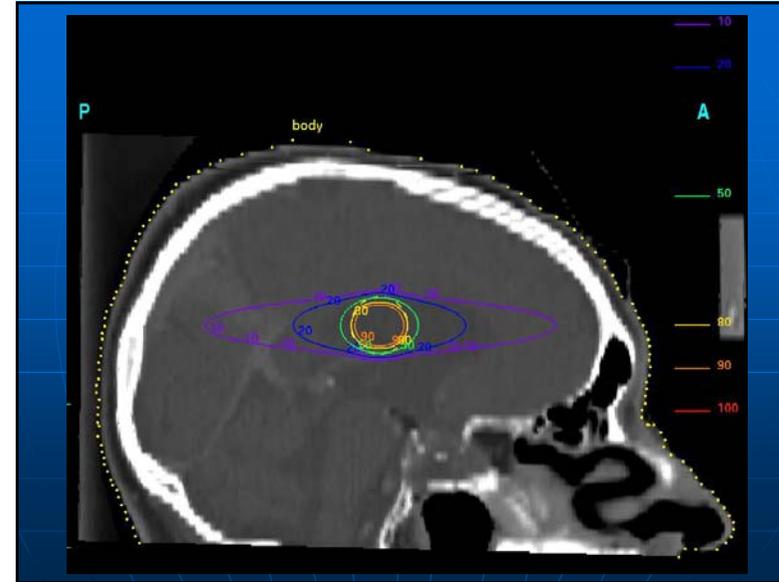
## ARCO SINGOLO

- Arco singolo = 360°
- Campo piccolo
- Tecnica semplice
- Gradiente di dose:
  - elevato in direzione perpendicolare al piano di rotazione
  - basso nel piano di rotazione: somma dei contributi IN e OUT
- Target centrali
- Arco singolo  $\leq 180^\circ$ :
  - non c'è somma di contributi
  - attenzione alla parte in cui avviene la pendolazione

LINEAR ACCELERATOR  
(SINGLE PLANE ROTATION)



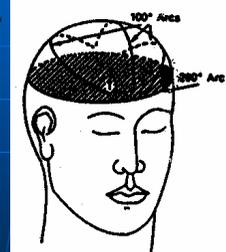
Podgorsak et al.(1989)



## ARCHI MULTIPLI NON COMPLANARI E CONVERGENTI

- Il gradiente di dose migliora
- Dimensione media dell'arco: 120°
- N. archi: min. 3 max. 9 -11

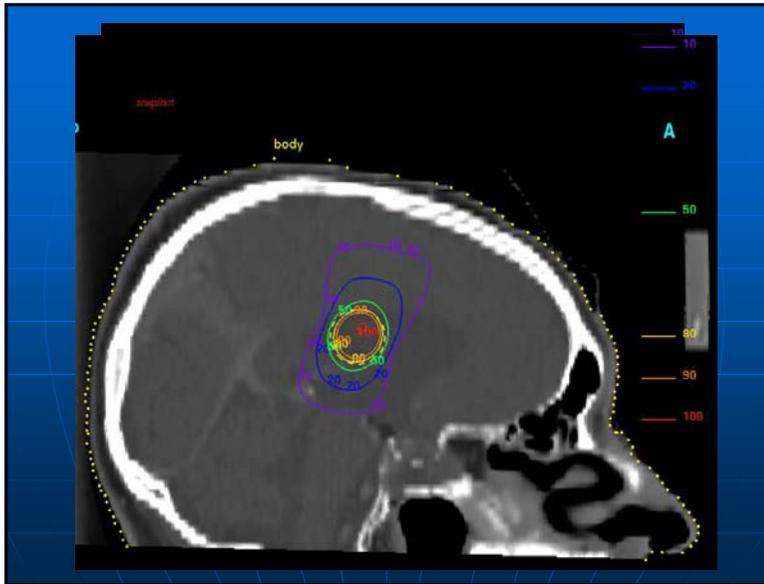
LINEAR ACCELERATOR  
(NONCOPLANAR  
CONVERGING ARCS)



Podgorsak et al.(1989)

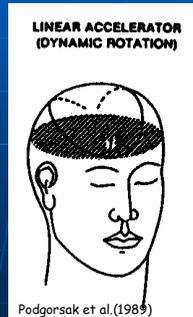


Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda



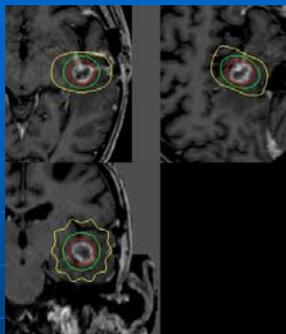
## TECNICHE DINAMICHE

- Rotazione simultanea di gantry e tavolo porta-paziente
- Rotazione del gantry: 30° - 300°
- Rotazione del tavolo: -75° - +75°
- No sovrapposizione IN+OUT



SARA' UN'UNITA' DEDICATA ?

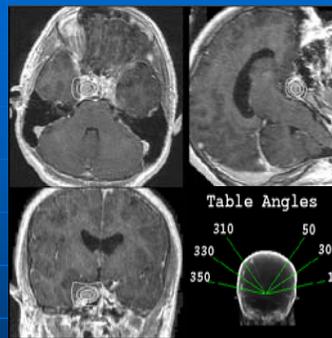
Metastasi singola



Diametro collimatore= 20 mm  
Isocentro singolo  
5 archi  
Dose = 20Gy all' 80% del max.

courtesy from VARIAN M.S.

Ipofisi



Diametro collimatore= 12mm  
Isocentro singolo  
6 archi  
Dose = 15Gy all' 80% del max.

## QUALCOSA DI DIVERSO ...

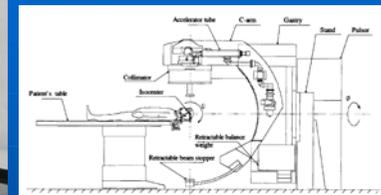


Table I. Characteristics of C-Arm Linac Radiosurgery System

X-ray energy (MV)	6 or 4
Dose rate	0.6–4.5 Gy/min and 0.4–6 cGy/deg variable in 0.1 Gy/min step
Gantry rotation	± 195° (0.2 rpm, 1.0 rpm)
Rotation of C-arm	0 – 60° (0.2 rpm, 0.5 rpm)
Accuracy of isocenter	±0.5 mm
Collimator size (cm, diameter)	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5

Tamaki et al. J.of Radiosurg. 2000  
Mitsubishi Electric Co. Ltd.

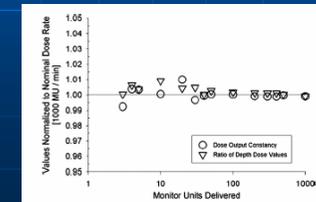
## UN'IDEA PER RISPARMIARE TEMPO

- O'Brien et al nel 1991 tolgono il filtro omogeneizzatore al loro Therac-6
- Bayouth et al ci riprovano nel 2007 con un Oncor Siemens

**ORRORE !**

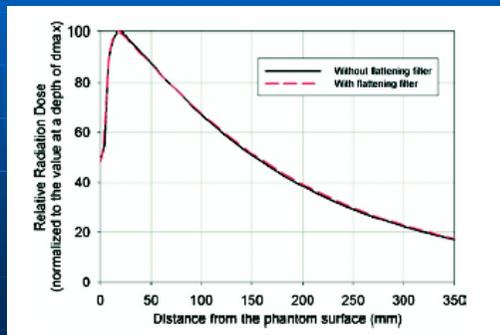
## Ma no, perché ...

- Arrivano a 1000UM/min calibrando il linac a DSP=100 cm con campo 10x10 cmxcm a 0.01Gy/UM a  $d_{max}$
- Non modificano il guadagno della camera monitor (ricombinazione)
- Linearità entro 1%



## Lo spettro non cambia

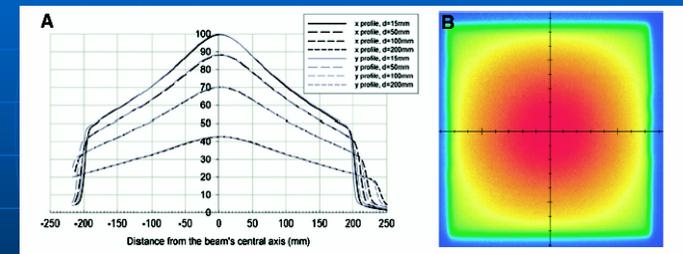
- Regolazione lieve del linac



## I profili cambiano...

Campo 40 x 40 cmxcm

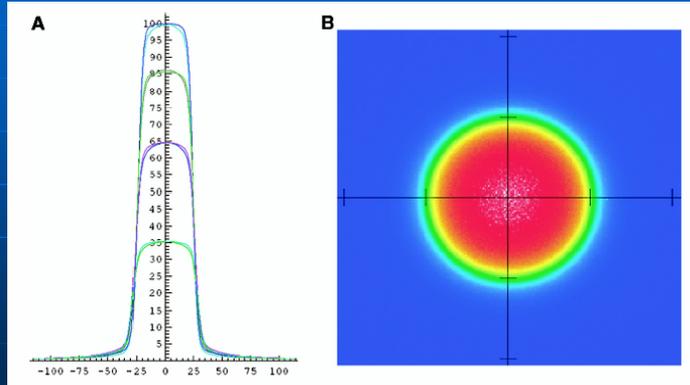
Campo 20 x 20 cmxcm



... ma ...

Campo 5 x 5 cmxcm

Cono 30 mm



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## IN TOTALE

- Guadagnano tempo
- Riducono dose al corpo intero al paziente: riduzione della fuga dalla testata (circa 40%)

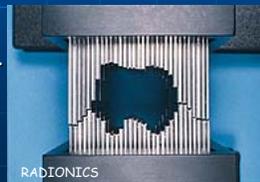
Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## ARCHI MULTIPLI NON COMPLANARI (MICRO MLC)



Usò gli stessi criteri dei coni, ma ...

SI POSIZIONA DA SE' !



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## NON CI POSSO FARE PROPRIO TUTTO, TUTTO

Target molto estesi e/o di forma irregolare

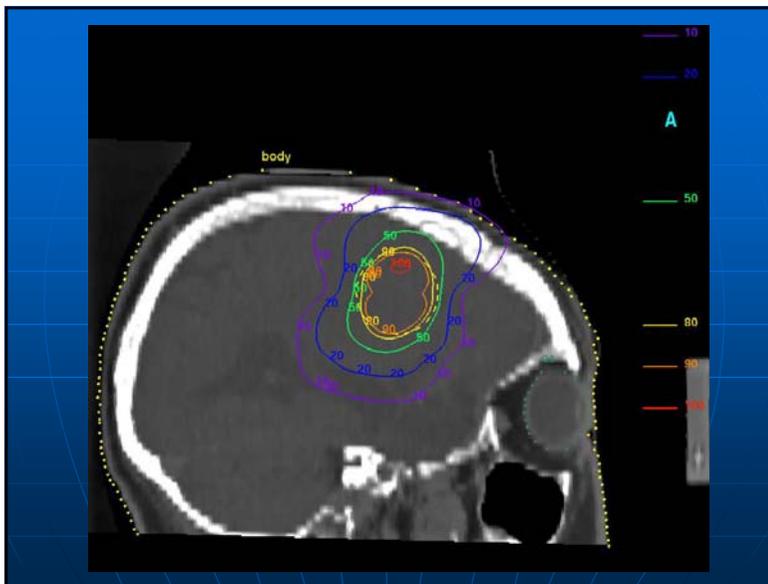
DEVO MODIFICARE QUALCOSA

Isocentri multipli

(Ellipsoidal Dose Distribution evaluation, Liao et al 2000)

- **Problema:** distribuzione di dose disomogenea
- **Soluzione:** pesi e collimatori differenti per i vari archi
- **Problema:** dosi elevate ai tessuti sani
- **Soluzione:** cambiare la tecnica !

Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda



## CAMPI ISOCENTRICI MULTIPLI CONFORMATI

- Campi multipli convergenti in un isocentro posto entro il target
- Ogni campo è conformato attorno al target con margini adeguati alla patologia tramite sistemi di collimazione addizionali
- Porte d'ingresso anche (meglio) non complanari
- Possibilità di isocentri multipli entro il target

 Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## ARCHI MULTIPLI NON COMPLANARI DINAMICAMENTE CONFORMATI

*COSA SIGNIFICA "DINAMICAMENTE CONFORMATO" ?* La forma del campo che si affaccia sul bersaglio è conformato con continuità lungo l'arco per tutto il trattamento

*COME REALIZZO LA CONFORMAZIONE DINAMICA ?* Con un micro-MLC (dimensioni della lamella all'isocentro  $\leq 4$  mm)

 Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## ARCHI MULTIPLI NON COMPLANARI DINAMICAMENTE CONFORMATI

*COME FUNZIONA LA TECNICA ?*

- Ogni arco è diviso in parecchi segmenti di ampiezza variabile
- Ogni segmento è conformato al bersaglio
- Il set-up del collimatore è variato con continuità per ottenere la conformazione

 Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## ARCHI MULTIPLI NON COMPLANARI DINAMICAMENTE MODULATI

### *COSA SIGNIFICA "DINAMICAMENTE MODULATO" ?*

La forma del campo che si affaccia sul bersaglio è modificata con continuità lungo l'arco senza la copertura completa del bersaglio per tutto il trattamento

### *COME REALIZZO LA MODULAZIONE ?*

Con un micro-MLC (dimensioni della lamella all'isocentro  $\leq 4\text{mm}$ ), archi con campi di diverse forme e diversi pesi entro l'arco (velocità di rotazione)



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## ARCHI MULTIPLI NON COMPLANARI DINAMICAMENTE MODULATI

### *PIU' IN DETTAGLIO:*

- Distribuzione di intensità a tutti gli angoli attorno al paziente ottenuta con **sovrapposizione di archi** multipli, ciascuno con un set di **aperture variabili**
- Ottimizzazione relativa dei pesi per ogni segmento sull'arco
- Possibilità di più di una rotazione attorno alle medesime posizioni evidente specialmente per archi estesi o forme complicate del bersaglio



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## ARCHI MULTIPLI NON COMPLANARI DINAMICAMENTE MODULATI

### *PROGETTO ORIGINARIO*

- Completo inverse planning

### *PROGETTO SEMPLIFICATO*

- Forward planning; riproduzione fluenza con un algoritmo di tipo "avoidance"
- Finalità dell'algoritmo: irradiazione piena del bersaglio, risparmio completo dell'organo (avoidance)

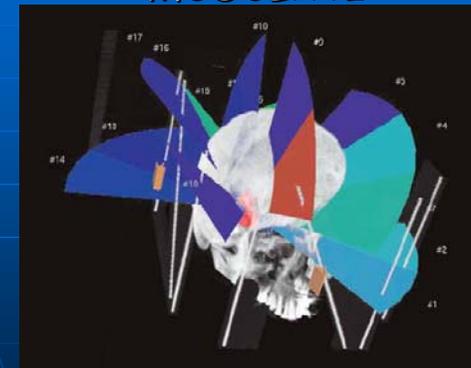
### *CI SI STA AVVICINANDO...*

- Inverse planning per ottimizzare pesi degli archi precedentemente definiti da operatore



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## ARCHI MULTIPLI NON COMPLANARI DINAMICAMENTE MODULATI



courtesy from 3D LINE



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## CAMPI MULTIPLI ISOCENTRICI CON MODULAZIONE DELLA FLUENZA

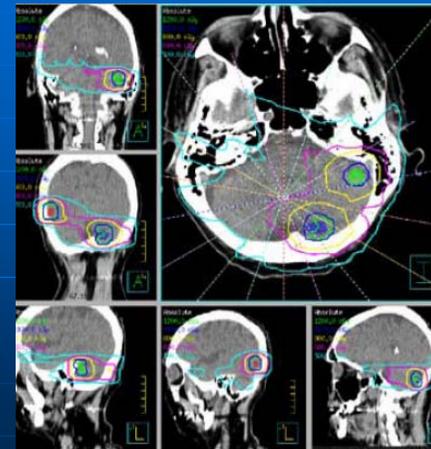
### COME FUNZIONA LA TECNICA ?

- Campi multipli centrati in un isocentro posto entro il bersaglio
- Ogni fascio è modulato durante l'erogazione della dose con le tecniche note (*step&shoot*, *sliding window* o eventualmente compensatori)
- Generalmente le porte d'ingresso non sono complanari
- Possibilità di isocentri multipli



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## METASTASI MULTIPLE



•Irradiazione stereotassica con IMRT *step&shoot* per il trattamento simultaneo di metastasi multiple cerebrali (due cerebellari e una temporale dx.)

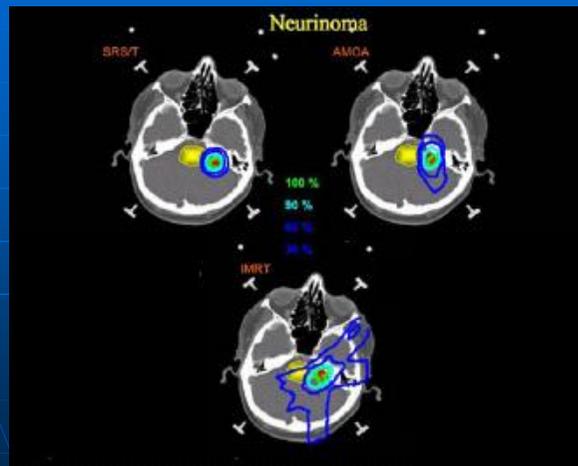
•9 campi

•12 Gy al 100 % in seduta unica

•Dose media all'occhio: 1Gy.  
•Dose media all'encefalo in toto: 1.3 Gy

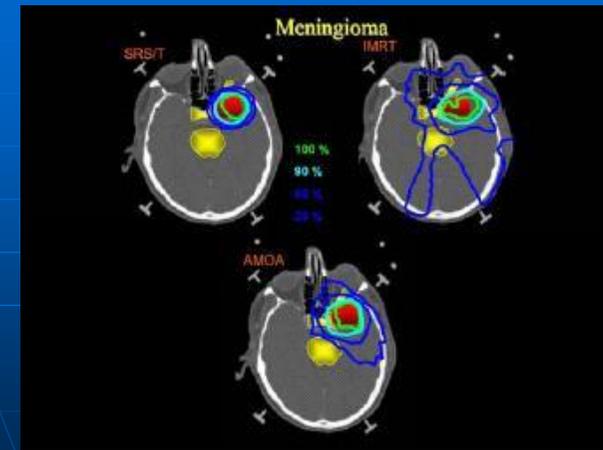
courtesy from Elekta

## TECNICHE A CONFRONTO



L. Cozzi et al. Radiotherapy and Oncology 80 (2006) 268-273

## TECNICHE A CONFRONTO



L. Cozzi et al. Radiotherapy and Oncology 80 (2006) 268-273

Solberg et al.  
IJROBP 2001

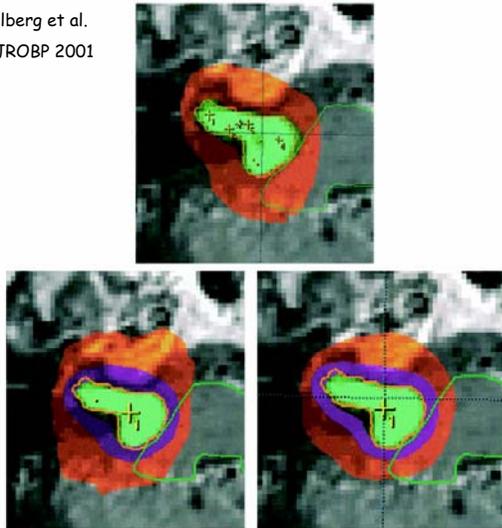
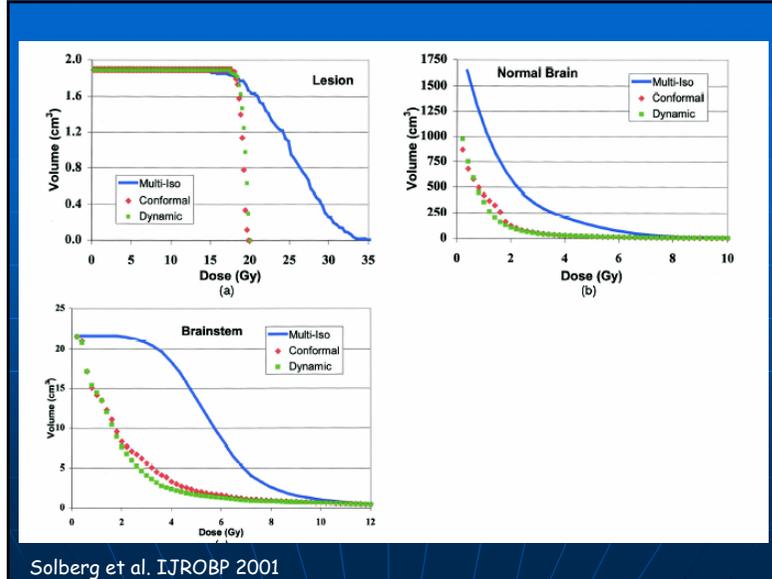


Fig. 5. Dose distributions for a left-sided acoustic neuroma planned using 8 isocenters (top), 19 conformal beams (left), and 5 arc dynamic area (right). The 7.2- and 18-Gy dose levels (20% and 50%) are shown on the multiple isocenter plan, while the conformal plans show the 4-, 10-, and 18-Gy dose levels (20%, 50%, and 90%).



Solberg et al. IJROBP 2001

## APPROCCIO ALLA PIANIFICAZIONE

- **Tecnica ad archi standard**
  - Software specifici
  - Algoritmi semplificati
  - No correzione disomogeneità (3%)
  - No correzione per contorno irregolare (campi piccoli)
  - Dose totale da campi multipli convergenti (dimensione del campo=diametro collimatore)

## APPROCCIO ALLA PIANIFICAZIONE

- **Tecnica ad archi multipli dinamicamente conformati**
  - Software specifici
  - Archi conformati al bersaglio e schermati su OAR
- **Tecnica ad archi multipli dinamicamente modulati**
  - Software specifici (AMOA: Arc Modulation Optimization Algorithm)
  - Pianificazione inversa (non ancora del tutto disponibile)
  - Archi conformati al bersaglio e schermati su OAR

## APPROCCIO ALLA PIANIFICAZIONE

- **Tecnica con bouquet di fasci conformati**
  - Algoritmi di calcolo della dose 3D convenzionali
  - Comunicazione con:
    - Taglia-sagome (blocchi)
    - Acceleratore (R & V)
- **Tecnica con bouquet di fasci IMRT**
  - Caratterizzazione completa geometrica e dosimetrica del MLC
  - Pianificazione inversa
  - Comunicazione con acceleratore

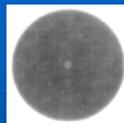
## ALL'ACCELERATORE, PRIMA DEL TRATTAMENTO ...

- **Verifica geometrica e dosimetrica del trattamento (Ho collisioni con lo stativo? Ci sono porte che passano per casco? Ho raggiunto i limiti di erogazione del linac?)**
- **Controlli della qualità sull'unità e il tavolo porta-paziente**
- **Particolare attenzione alle unità non dedicate**

## CONTROLLI DELLA QUALITA'

- Verifica del posizionamento dell'isocentro

(<1 mm)



Posizione della testata 0°	Variazione
45°	0 mm
90°	0.4 mm
135°	0.8 mm
180°	0.4 mm
225°	0.8 mm
270°	0.4 mm
315°	0.4 mm

- Verifica dell'allineamento collimatore stereotassico con l'asse del fascio



- Verifica del posizionamento del paziente

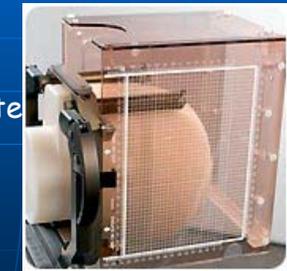
(< 3.7 mm)

PUNTO	DISTANZA
	punto sperimentale-punto teorico
1	2 mm
2	2.7 mm
3	1.5 mm

Tesi di laurea Dr.ssa Valeria Piazzi

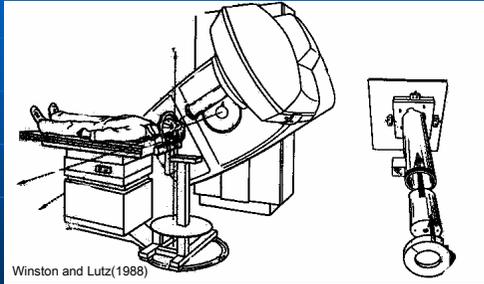
## TORNIAMO AL PAZIENTE ...

- Dopo l'imaging, rimozione del localizzatore
- Posizionamento del dispositivo per trasferimento coordinate stereotassiche
- Trasferimento delle coordinate stereotassiche pianificate (allineamento mediante laser)



ELEKTA

## SET-UP PAZIENTE



## SET-UP PAZIENTE

Camera array  
Optic marker array

Wagner et al.  
Med. Dosim. 2007

VERIFICA SET-UP  
PAZIENTE

VARIAN M.S.

Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## FINALMENTE IL TRATTAMENTO



## SI PUO' TRARRE QUALCHE CONCLUSIONE ?

*Non esiste LA tecnica migliore*

La tecnica migliore è quella adeguata al problema d'irradiazione specifico (paziente, lesione, condizioni al contorno)

## SI PUO' TRARRE QUALCHE CONCLUSIONE ?

### *Le esigenze cliniche*

Il problema dell'irradiazione è legato alla richiesta clinica (tipo di pazienti reclutati)



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## SI PUO' TRARRE QUALCHE CONCLUSIONE ?

### *Altre considerazioni*

La richiesta clinica deve essere reinterpretata anche attraverso parametri di tipo amministrativo, economico e finanziario

Ci sono i fondi ? C'è il personale ? E' possibile partire in isorisorse ? Ho fondi e modi per formare gli operatori ?



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

## E INFINE ...

Non è l'apparecchiatura  
(= *hardware*=ferraglia)

DA SOLA

a "fare" la tecnica

- E' necessario personale
- E' necessario personale esperto: investimenti in formazione e training
- E' necessario personale esperto che sia abituato o si abitui a lavorare in team



Azienda Ospedaliera  
Ospedale Niguarda Ca' Granda

