

# Problematiche tecniche nel planning del carcinoma polmonare non microcitoma

## I Volumi nella Stereotassi

F.Casamassima – U.O.Radiobiologia Clinica – Università Firenze

Taranto Gennaio 2006

## L'ICRU 50 e ICRU 62 hanno definito i volumi

**GTV** : Include il Tumore che può esser delineabile nell'Imaging impiegato per ilPlanning ( es. Tc – RM – PET)

**CTV** : Include il GTV + aree limitrofe potenzialmente infiltrate e le aree linfonodali di drenaggio (E' il contornamento della idea che il Radioterapista si è fatto sulla reale estensione del tumore)

**PTV** : Include il CTV + dei margini legati alle incertezze del set-up ed alla "Organ motion" inter ed intrafrazione

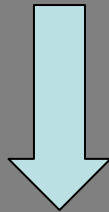
# PROBLEMATICHE RELATIVE ALLA DEFINIZIONE DEI **VOI**

- **GTV**: necessità di RM in alcune situazioni (Pancoast, T3 prossimale v/s T4)
- **CTV**: L'irradiazione profilattica linfonodale non ha un'importanza confermata. (sono però segnalate recidive 9% MSKCC, 6% Michigan Univ.)
- **PTV**: Necessità di immobilizzazione e contenimento dei movimenti respiratori

# RADIOTERAPIA CONFORMAZIONALE E STEREOTASSICA

- Non è possibile aumentare le dosi senza ridurre il volume irradiato

- Volumi “standard”:  $GTV + LN + 2cm$



- Volumi “involved field”:  $GTV + 2cm$

# RADIOTERAPIA CONFORMAZIONALE E STEREOTASSICA

- LA 3D CRT CONSENTE DI VALUTARE **IL VOLUME ( $\text{cm}^3$ ) DEL TARGET** E DI CONFRONTARLO CON LA DOSE SOMMINISTRATA.
- IL **VOLUME** HA MOSTRATO AVERE **VALORE PREDITTIVO SULLA SOPRAVVIVENZA** COME IL PARAMETRO N.
- **VOLUMI  $< 200 \text{ cm}^3$**  MOSTRANO INFLUENZA SU CONTROLLO LOCALE E SOPRAVVIVENZA CON L'AUMENTARE DELLA DOSE

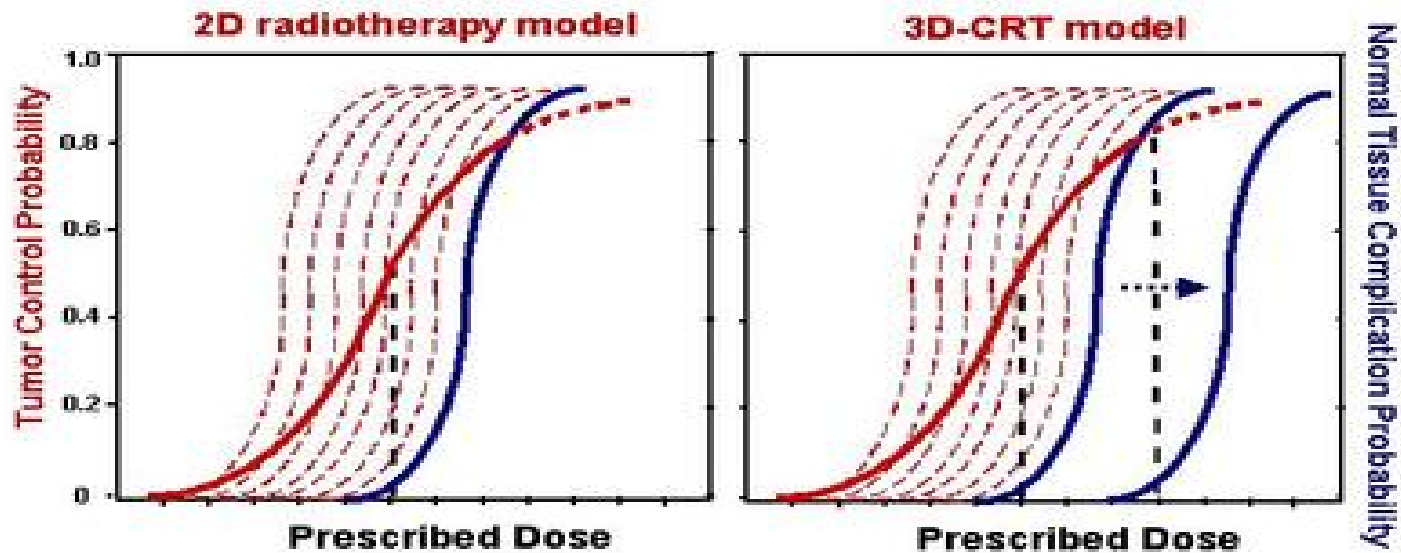
(Martel '97)

# IMPORTANZA DEL VOLUME IN RT STEREOTASSICA

- II GRADIENTE DI DOSE SI RIDUCE ALL'AUMENTARE DEL VOLUME DEL PTV
- IN UNA ANALISI UNIVARIATA IL VOLUME INFERIORE A 60cc HA MOSTRATO UNA SIGNIFICATIVITA' STATISTICA PER LA SOPRAVVIVENZA( $p=0,006$ )

# RAZIONALE PER LA SCELTA DI TECNICHE STEREOTASSICHE

## TCP/NTCP Model of Radiotherapy



UNA PRIMA SOLUZIONE E SPOSTARE A DEX LA CURVA NTCP

# RAZIONALE PER LA SCELTA DI TECNICHE STEREOTASSICHE

QUESTO OBIETTIVO PUO' ESSER RAGGIUNTO




•RIDUCENDO IL VOLUME DEL TARGET

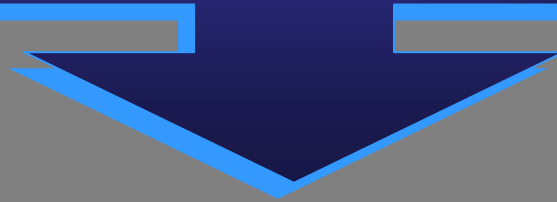
•DIFFERENZIANDO LA DOSE AL TARGET DALLA DOSE  
AI TESSUTI SANI



# Per la diminuzione dei Volumi da irradiare occorre:

1. Ottimizzare il CTV attraverso una miglior conoscenza della estensione della malattia
2. Diminuire i margini esterni ed interni (CTV  PTV) attraverso:
  - Sistemi di immobilizzazione – riposizionamento
  - Sistemi di “Guida” al riposizionamento
  - Controllo della “Organ motion”

# Procedimenti per l'ottimizzazione del trattamento radiante



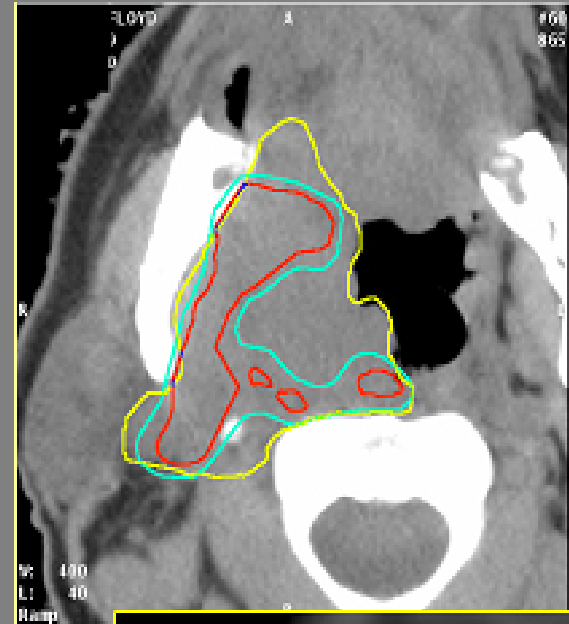
- **Definizione del CTV/PTV**
- **Definizione degli OAR**
- **Definizione della distribuzione della dose e dei limiti dose-volume**
- **Definizione del frazionamento adattato alle caratteristiche cliniche e biologiche del tumore e degli OAR**

# **L'OTTIMIZZAZIONE DEL CONTORNAMENTO DEL CTV PUO' AVVALERSI DI UNA CARATTERIZZAZIONE BIOLOGICA**

- °° Informazioni metaboliche**
- °° Informazioni sulla vascolarizzazione**
- °° Informazioni sulla attivita' mitotica**
- °° Caratterizzazione tissutale**

# PET “TARGET VOLUME” IMAGING

- una miglior delineazione del target può modificare i volumi da trattare
- la reale estensione della malattia può sconfinare dalla struttura anatomica di appartenenza
- Una definizione “biologica” del target può identificare subvolumi che richiedono dosi diverse



Cu60 ATSM PET per aree ipossiche

# RADIOTERAPIA CONFORMAZIONALE STEREOTASSICA

## Caratterizzazione Biologica:

Fusione di immagini fdg PET con TC spirale:

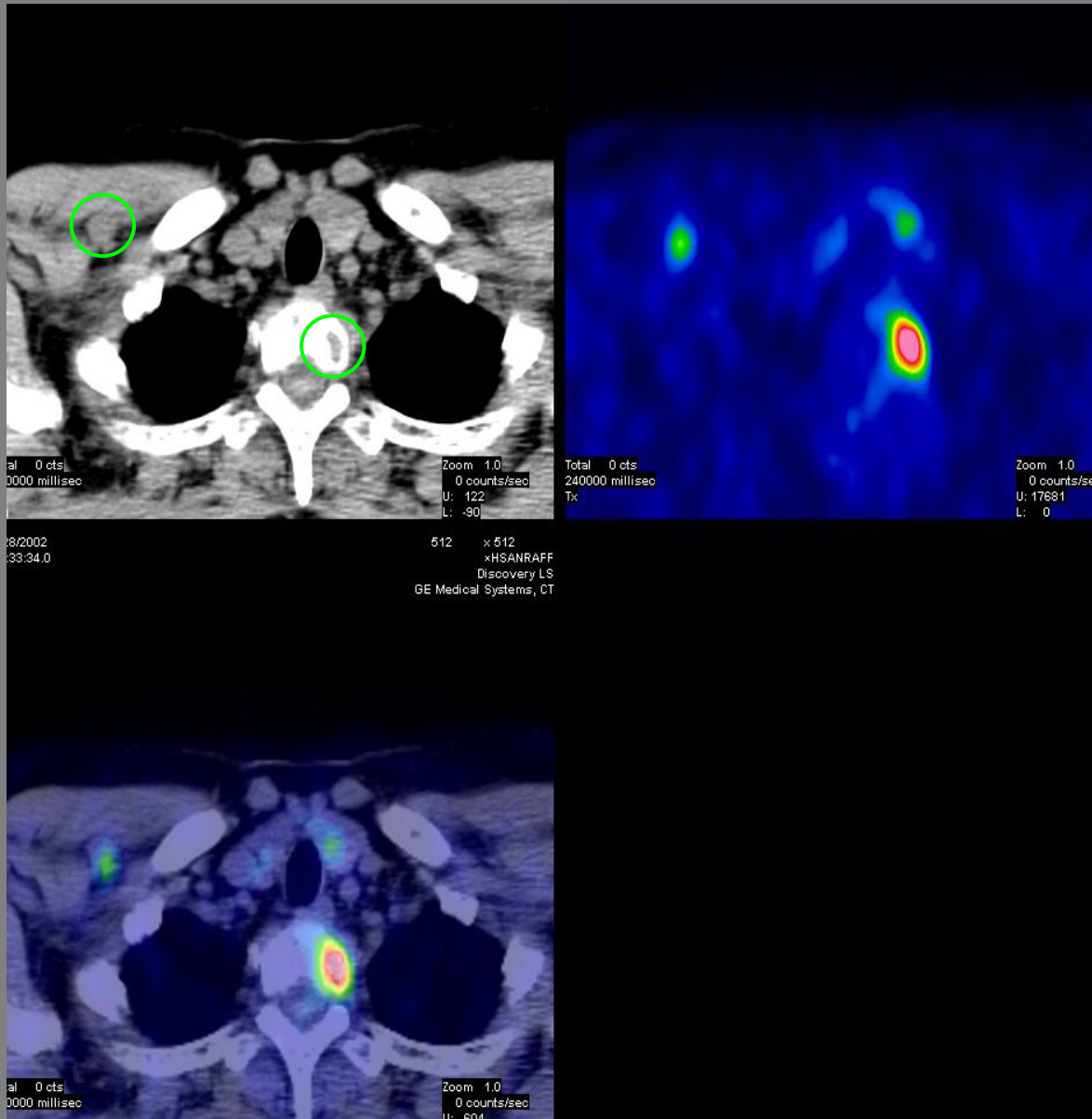
- Aumento significativo PTV : 7/32 Paz.
- Diminuzione “ “ PTV : 8/32 Paz.
- Possibilità di identificare il grado di regressione per Boost

(Junker et al. 2002)

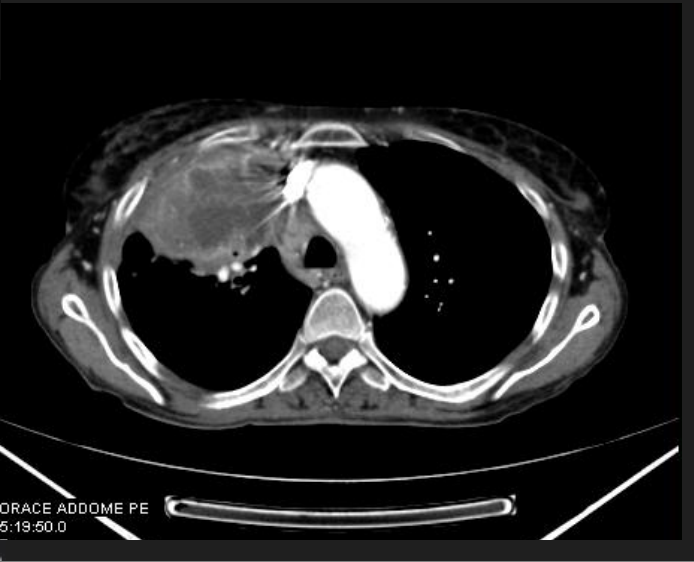
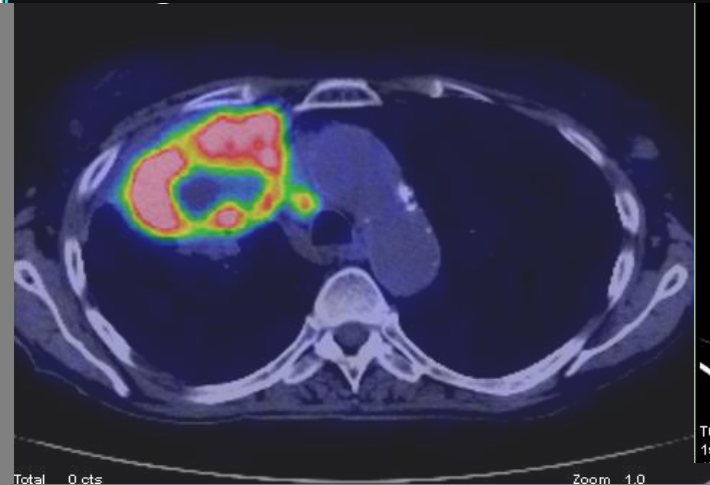
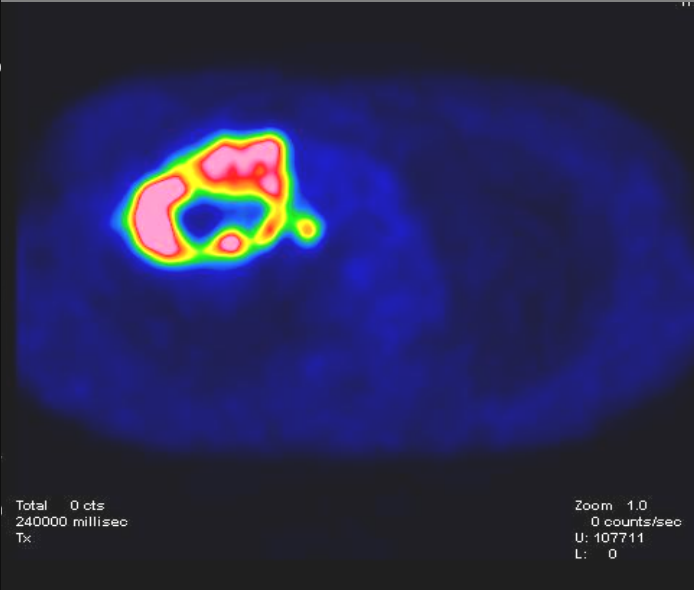
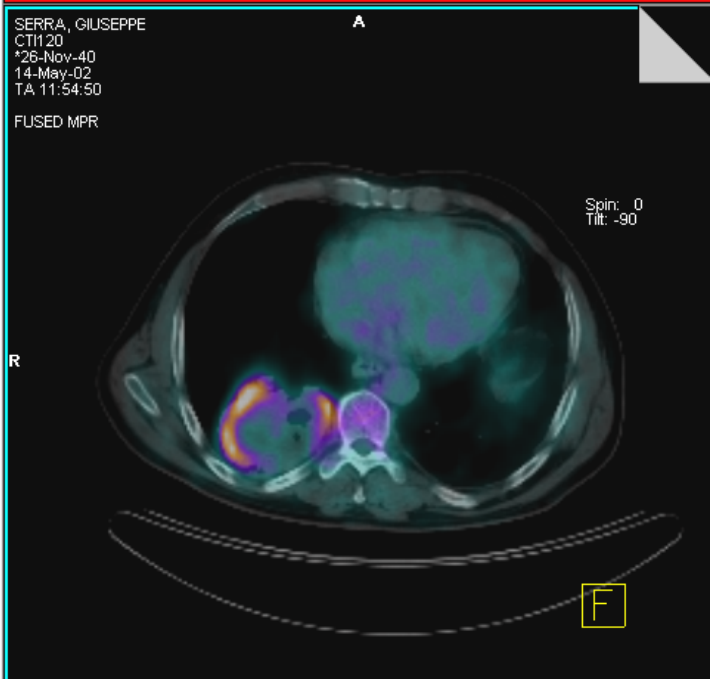
# L'UTILIZZAZIONE DELLE INFORMAZIONI PET IN RADIOTERAPIA RICHIEDE

- **PRECISE CORRELAZIONI ANATOMICHE**
- **IMPIEGO DEL TRACCIANTE PIU' IDONEO  
ALL'INFORMAZIONE BIOLOGICA RICHIESTA**

# IDENTIFICAZIONI DI SEDI PATOLOGICHE E CORRELAZIONI ANATOMICHE

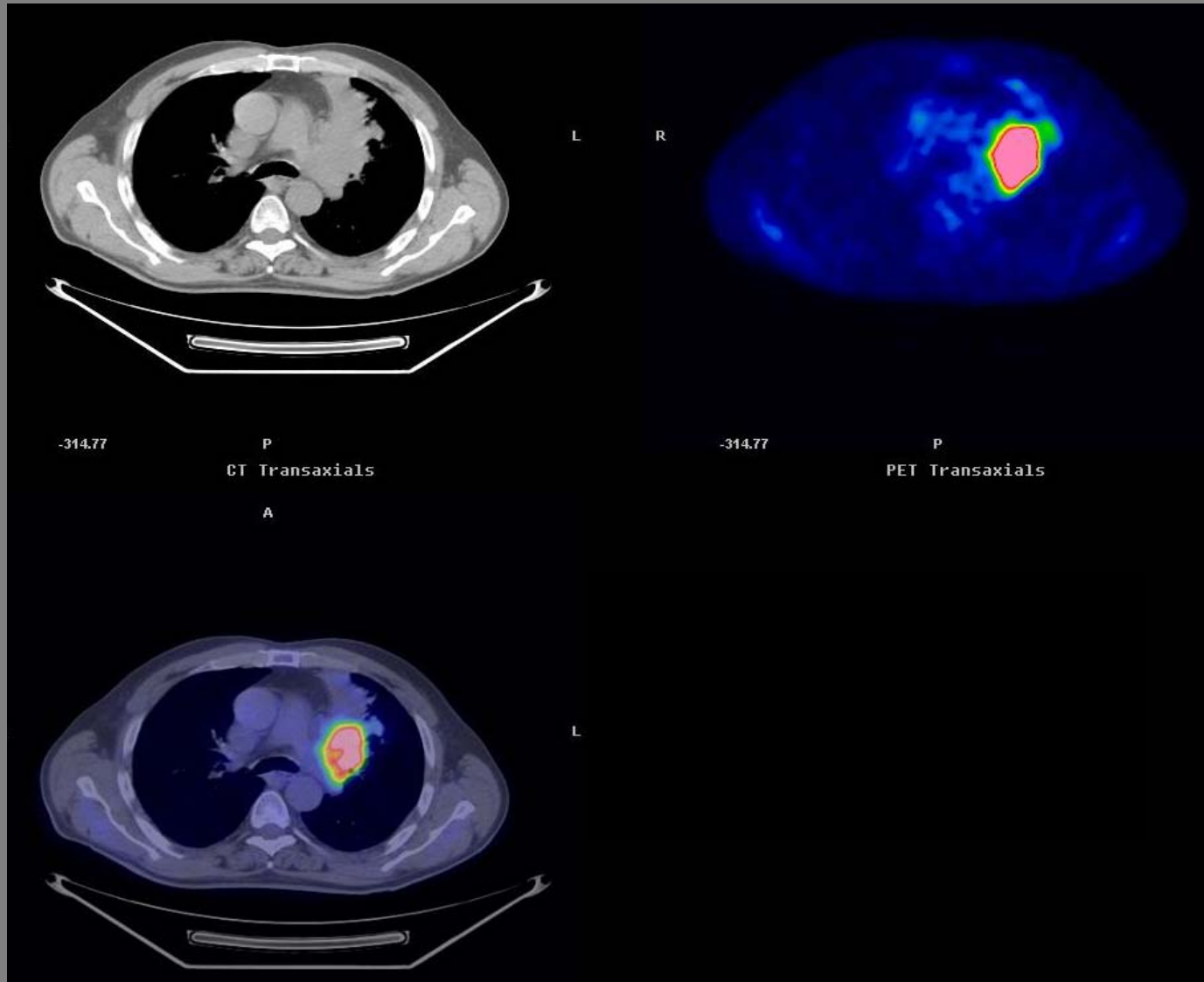


# CARATTERIZZAZIONE DEL "T" :COMPONENTE NECROTICA

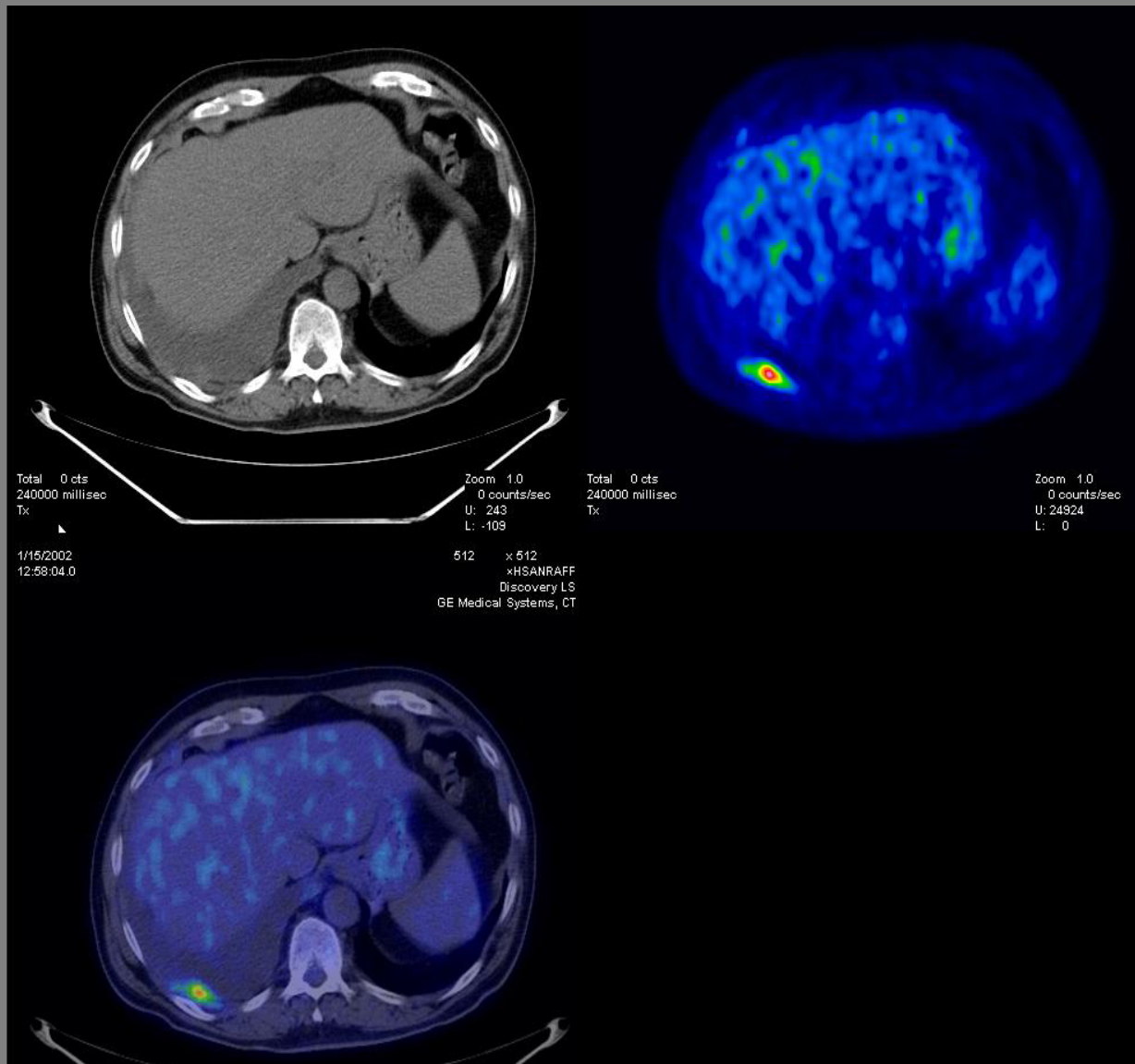




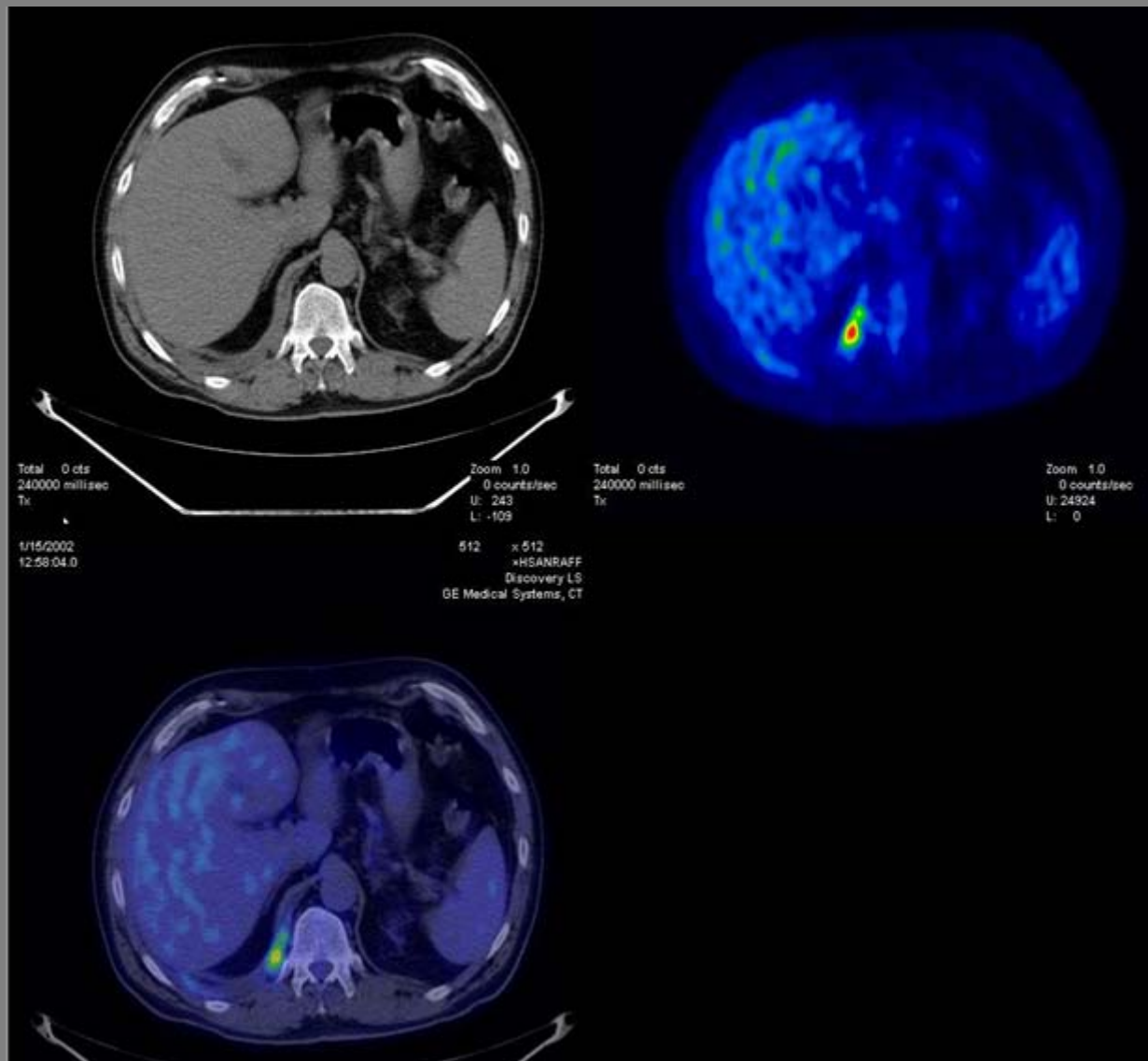
# PET per riconoscimento del "T" e componente atelectasica



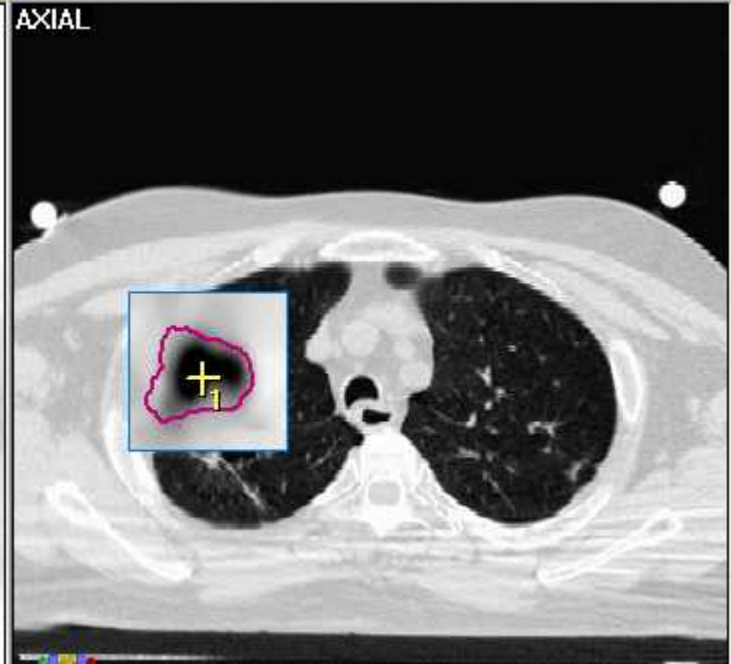
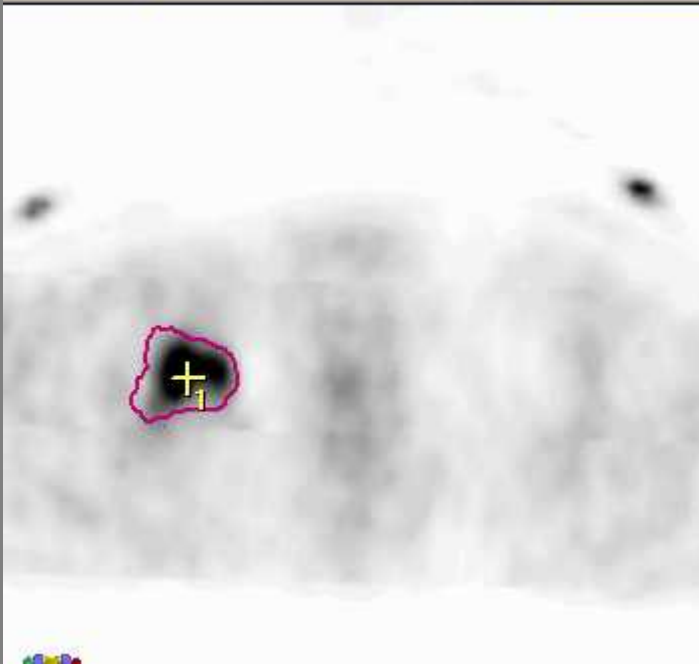
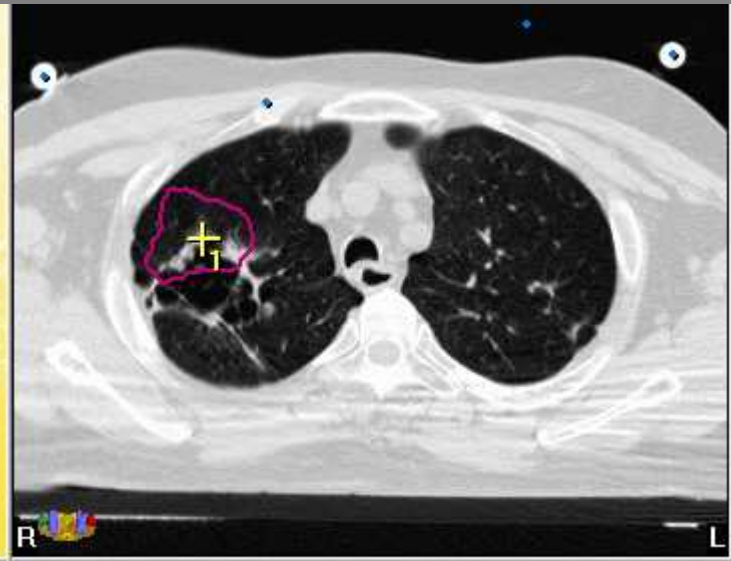
# IDENTIFICAZIONE DEL "T" IN SEDI NASCOSTE



# IDENTIFICAZIONE DEL "T" IN SEDI NASCOSTE



IL "T" Può ESTENDERSI  
MOLTO ALDI FUORI DELLA  
APPARENTE STRUTTURA  
ANATOMICA DI  
APPARTENENZA  
VISUALIZZATA CON  
IMAGING TC

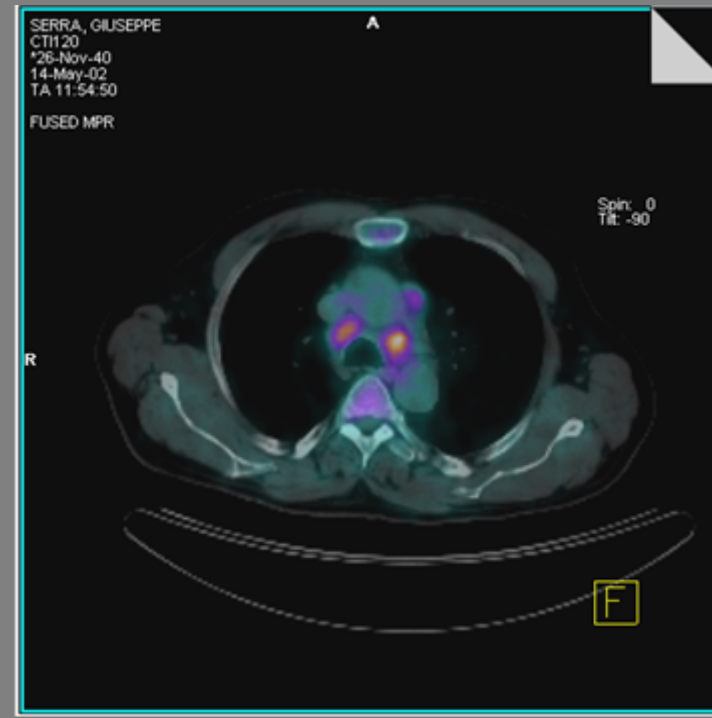
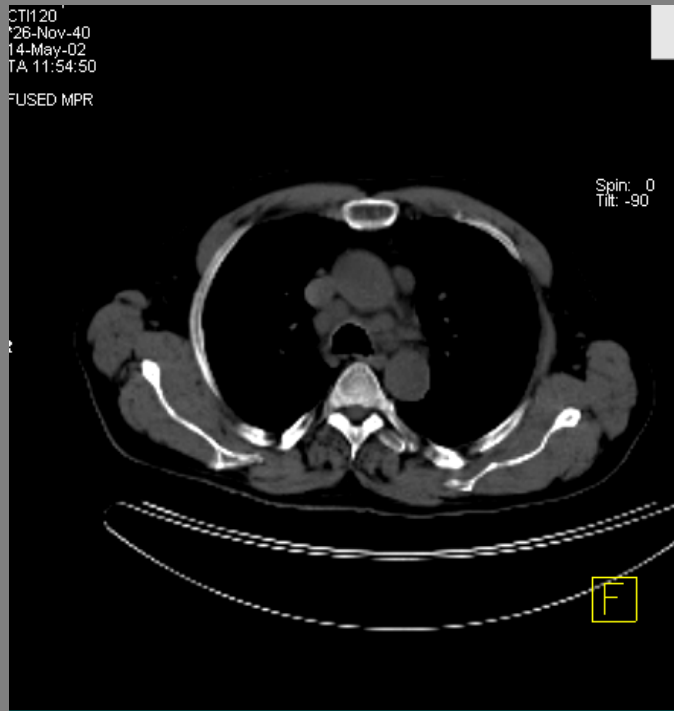


# PROBLEMATICHE RELATIVE ALLA RIDUZIONE DEI VOLUMI

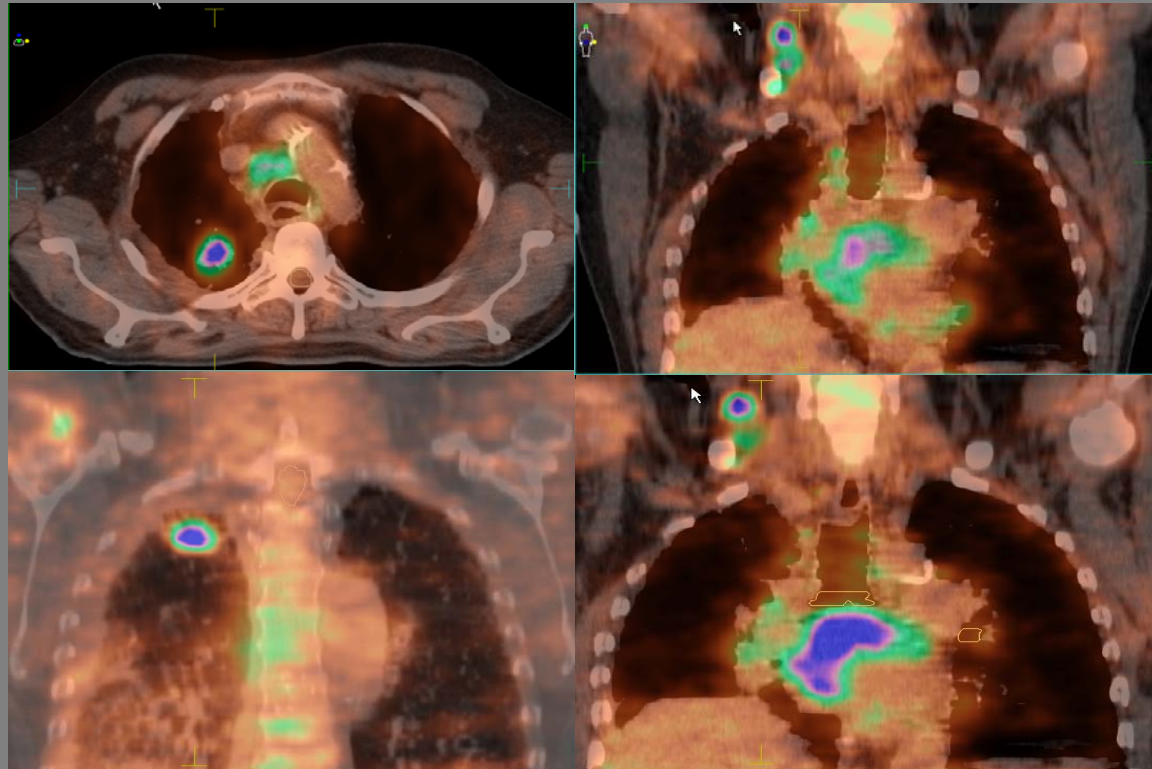
IL **CTV** Linfonodale può avvalersi per la  
sua definizione di fusione Immagini  
TC/PET

# CARATTERIZZAZIONE LINFONODALE

## PARAMETRO "N"



## VALUTAZIONE DELL'OPPORTUNITA' DI INCLUSIONE DEL "N" NEL VOLUME DA TRATTARE NEL CA POLMONARE



Courtesy J. Bradley, M.D.

**PET**



**STEREOTASSI**



**SRS**



**SRT**





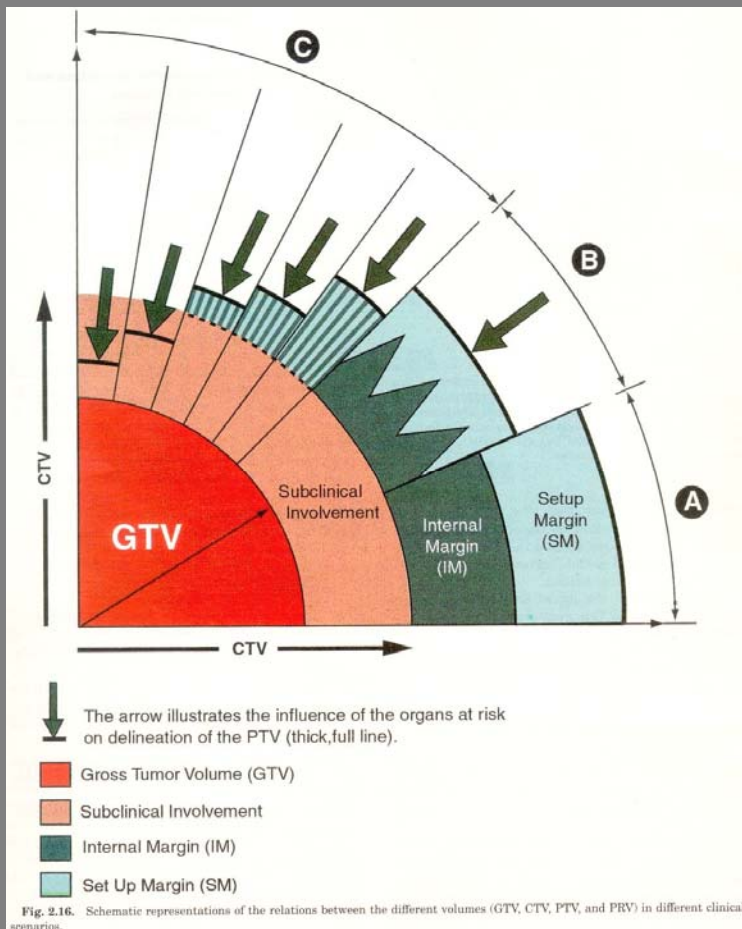
- IN RADIOCHIRURGIA L'UTILIZZO DELLA FUSIONE PET – TC PUO' AIUTARE NELLA SCELTA DELLA ISODOSE DI RIFERIMENTO
- NEI TRATTAMENTI IMRT GUIDARE IL “DOSE PAINTING”
- DETERMINARE LA NECESSITA' DI INCLUSIONE DEL “N” NEL CTV

# RAZIONALE PER LA SCELTA DI TECNICHE STEREOTASSICHE

## RIDUZIONE DEL VOLUME DEL TARGET

INTERNAL MARGIN  
+  
SET-UP MARGIN

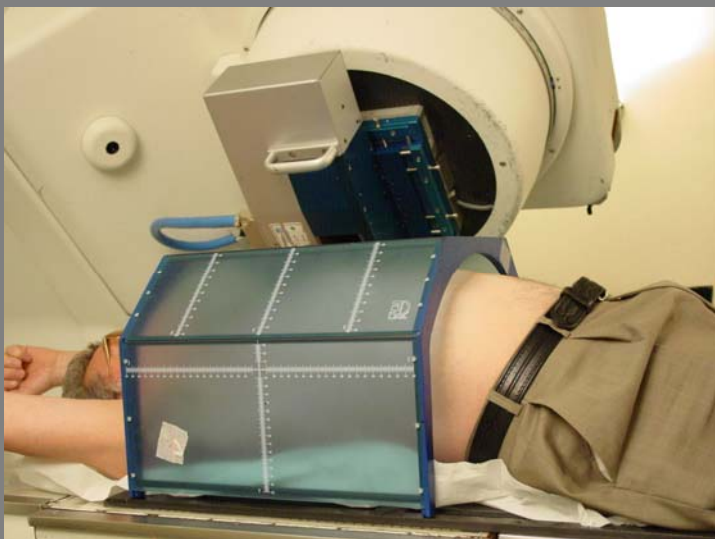
IMPORTANZA NELL'AUMENTO DI  
VOLUME DAL GTV AL PTV



ICRU Report 62

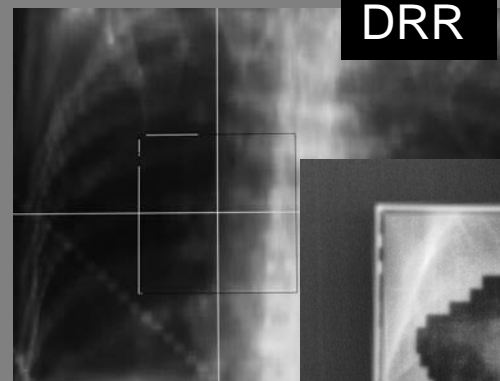
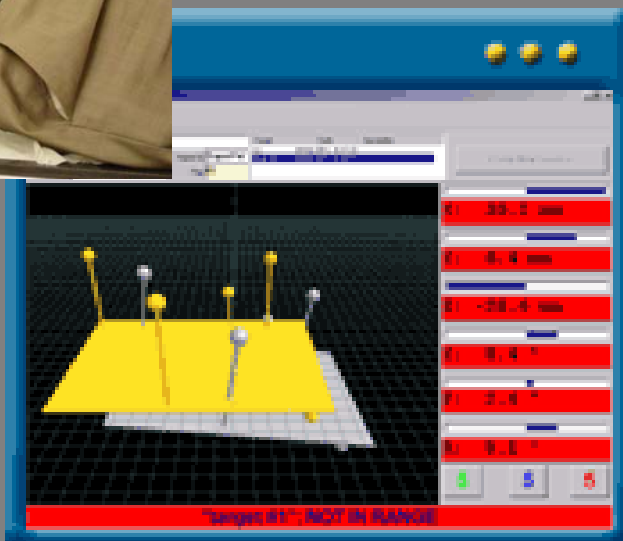
# RAZIONALE PER LA SCELTA DI TECNICHE STEREOTASSICHE

SISTEMI GUIDA STEREOTASSICI DEL RIPOSIZIONAMENTO E DI CONTROLLO DEL SET UP POSSONO RIDURRE SIGNIFICATIVAMENTE IL "SET-UP MARGIN"



BODY - FRAME  
↑

TRACKING  
OTTICO



DRR

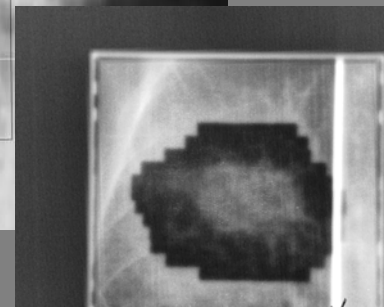


IMMAGINE PORTALE

FIDUCIAL TRACKING



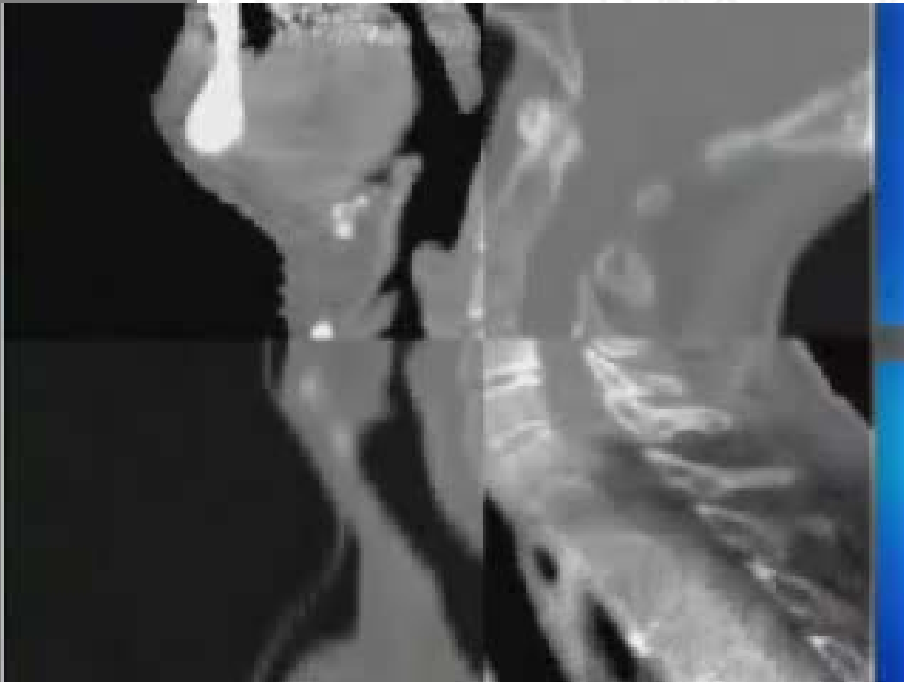
# Image Guided Radiation Therapy

Diagnostic-energy CT-Cone Beam



# Image Guided Radiation Therapy

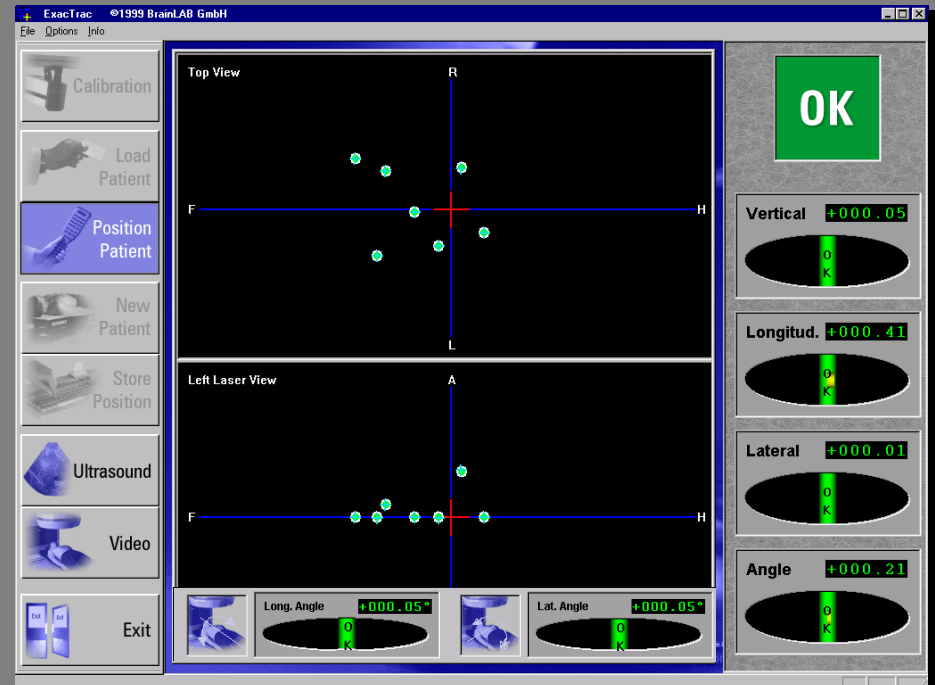
Diagnostic-energy CT-Cone Beam



# Tracking opto-elettronico a marker passivi

## Procedura clinica (ExacTrac, BrainLAB)

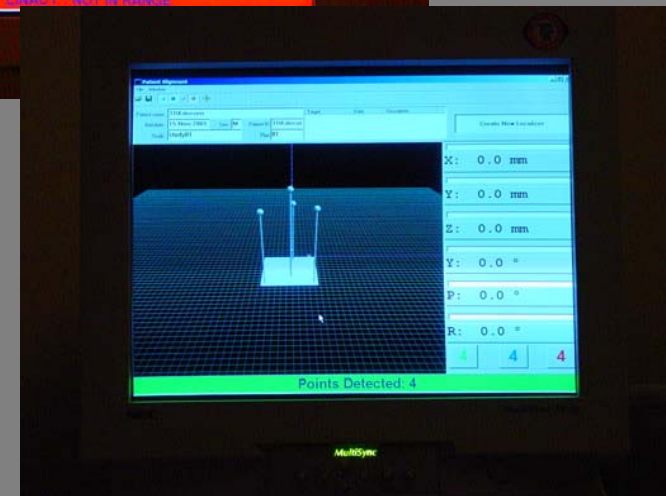
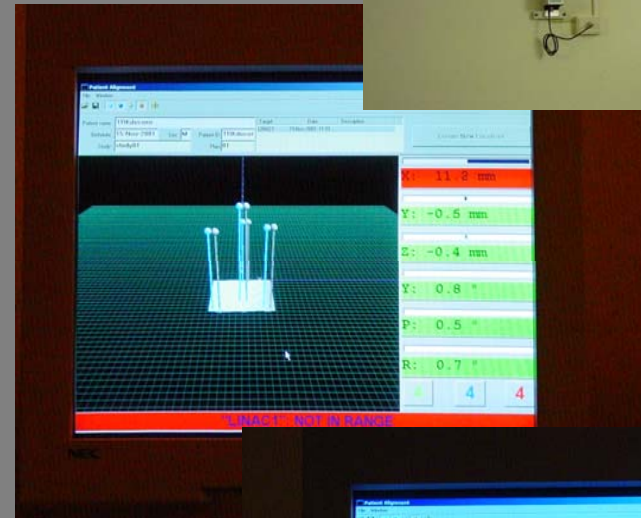
• Procedura di riposizionamento





# Tracking opto-elettronico a marker passivi 3D-line

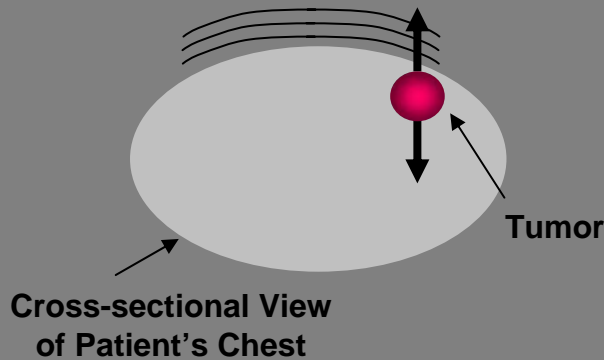
- Tracking in tempo reale
- Marcatori passivi
- Tre telecamere
- Riconoscimento automatico della posizione
- Precisione:  $< 1$  mm
- Possibilità di bloccare l'irradiazione
- Controllo collisioni MLC



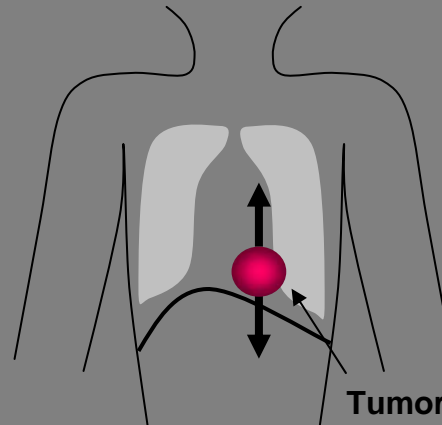
# RAZIONALE PER LA SCELTA DI TECNICHE STEREOTASSICHE

SISTEMI DI CONTROLLO DELL' "ORGAN MOTION" RESPIRATORIA  
(SIA DEL TARGET CHE DEGLI OAR)

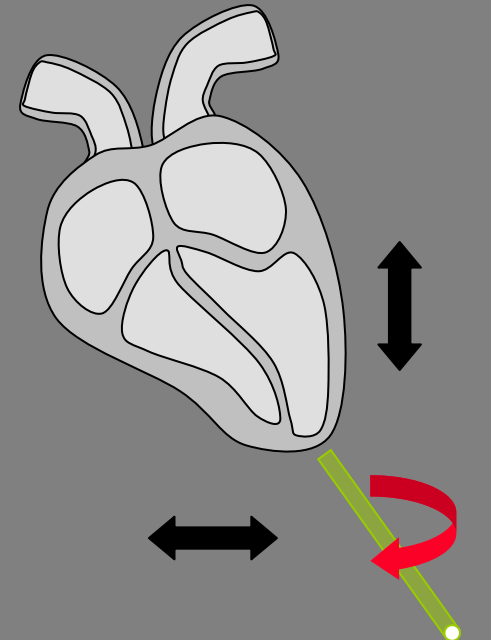
POSSONO RIDURRE SIGNIFICATIVAMENTE IL "INTERNAL MARGIN"



Some motion is mostly  
Anterior / Posterior



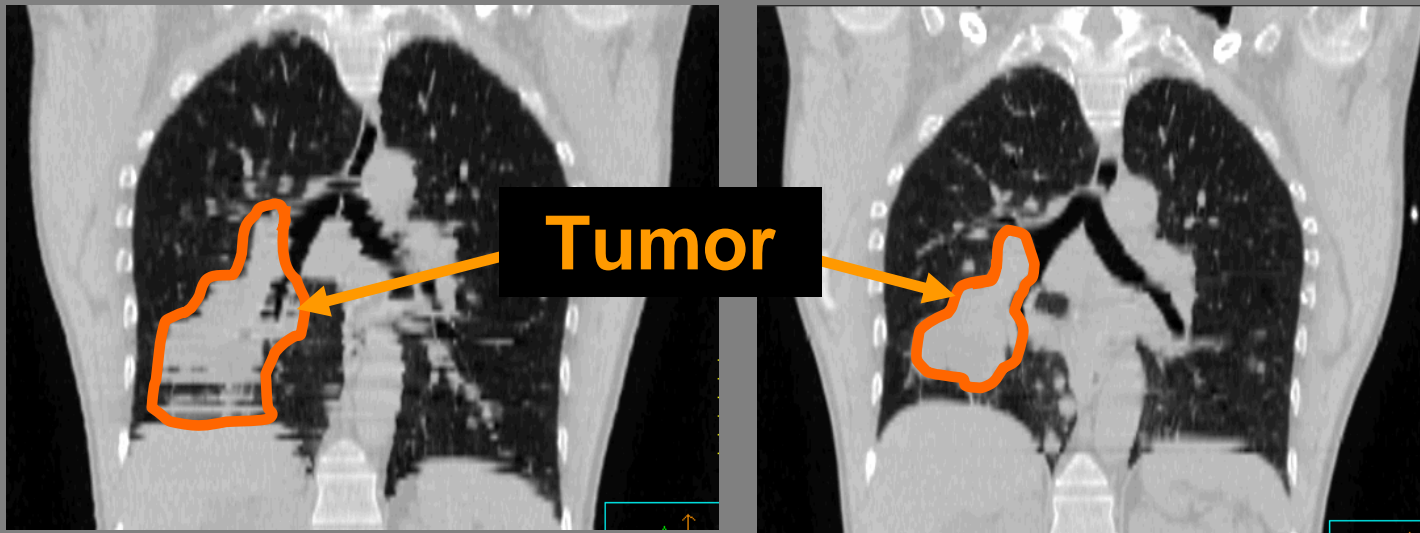
Some motion is mostly  
Superior / Inferior



All tumor motion is  
Complex



# L'ORGAN MOTION RESPIRATORIA MODIFICA I VOLUMI GIA' IN FASE DI ACQUISIZIONE TC

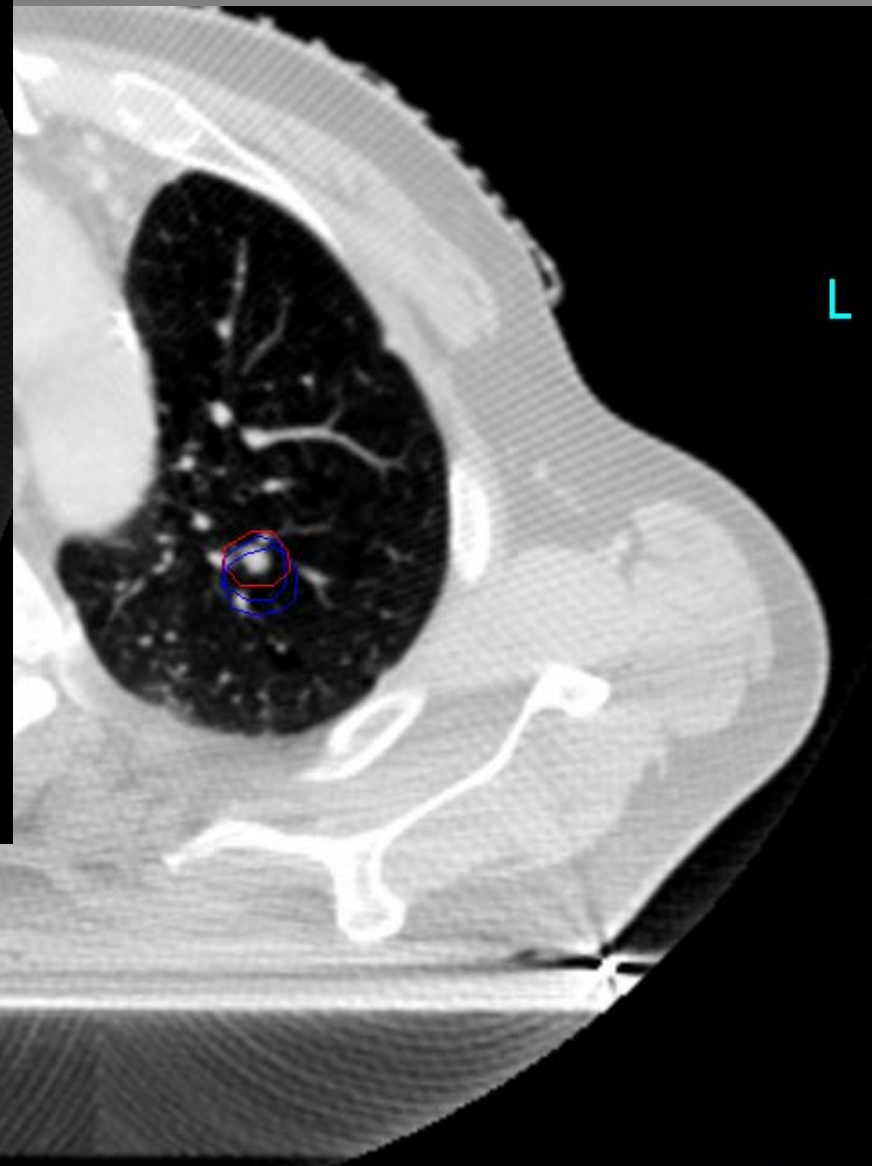
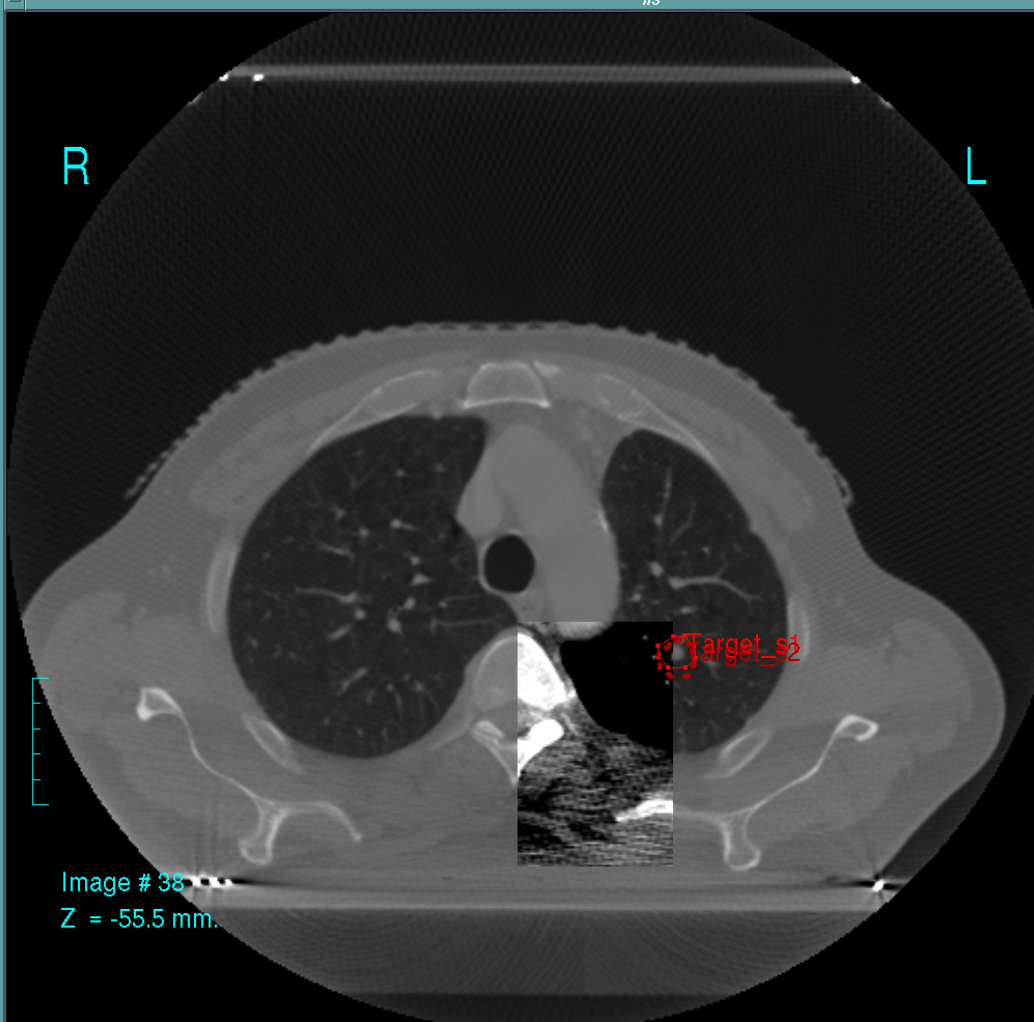


Conventional CT Image

Gated CT Image

Images Courtesy of Medical College of Virginia, Richmond VA

# CORREZIONE MOVIMENTI RESPIRATORI



**FUSIONE CONTORNI DEL TARGET IN 3 FASI RESPIRATORIE**

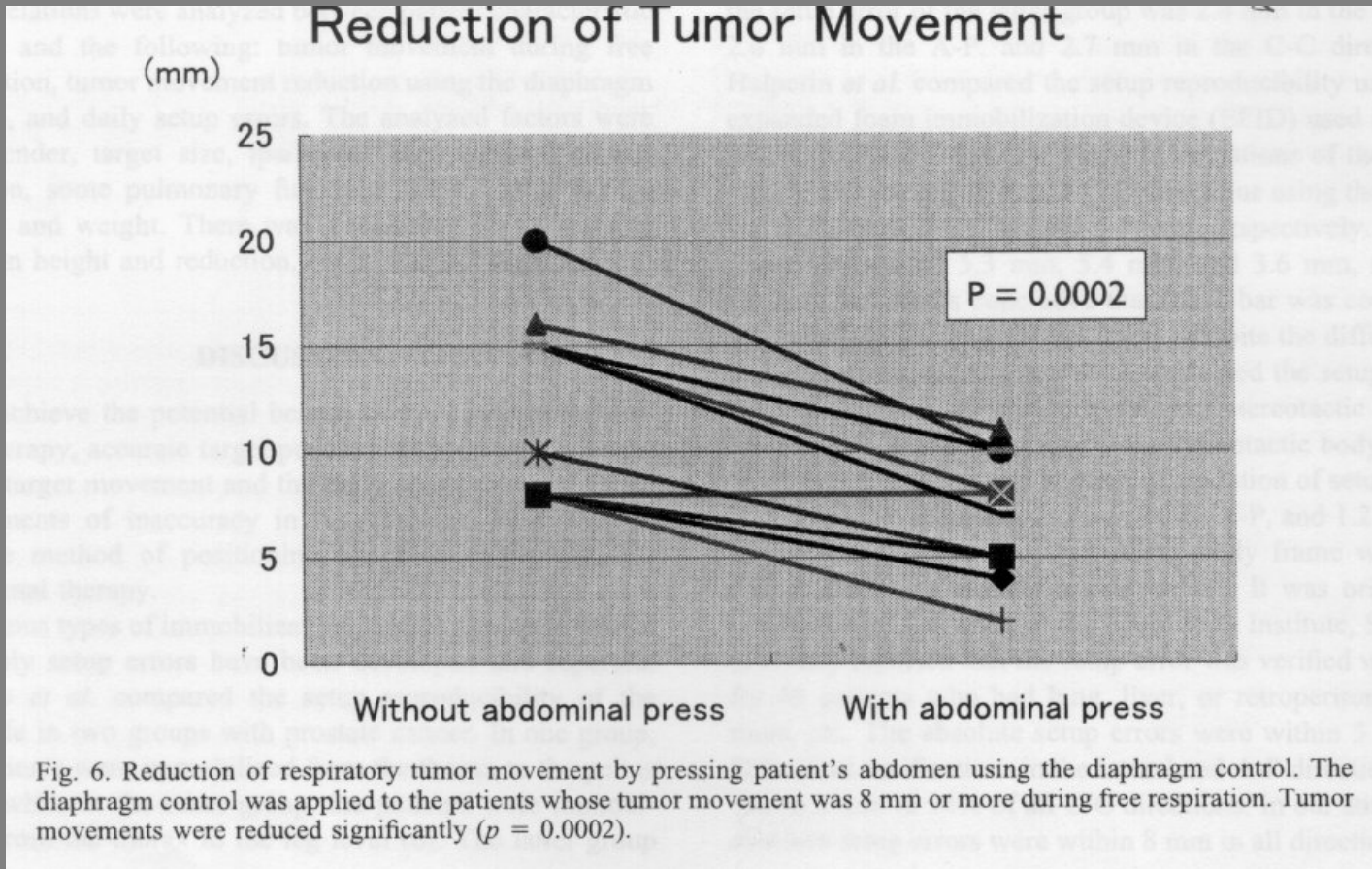
#38, Z=-55.5 mm

P

Ruler

SL=-55.5 mm

# CORREZIONE DEI MOVIMENTI RESPIRATORI:COMPRESSIONE ADDOMINALE



( Negoro, Y., IJROBP, 2001)

# GATING RESPIRATORIO

## Active Breathing Coordinator (ABC)



- Identificazione del punto nella fase di inspirazione in cui il paziente riesce a trattenere agevolmente il respiro per circa 15 secondi
- il paziente è istruito a trattenere il respiro e a interpretare i dati sul monitor del ABC
- scansioni TC acquisite con ABC attivato
- Irradiazione: il fascio è attivato quando il paziente raggiunge il prestabilito punto di *breath hold*

# Treating moving targets – with Cyberknife(Synchrony)

We evaluated the mean reduction of PTV allowed by Synchrony with respect to the join of targets in some significant clinical situations:

- **LIVER**

mean  
reduction  
**38%** (3 cases)

- **LUNG**

mean  
reduction  
**44%** (4 cases)

- **PANCREAS**

mean  
reduction  
**8.5%** (3 cases)

# Treating moving targets – with Cyberknife( Synchrony)

	Normal Tissue Complication Probability (NTCP)	
<i>OAR</i>	Join of targets	Synchrony
<i>Liver (liver treat.) – average</i>	23.1 %	14.5 %
<i>Lung – most significant reduction</i>	2.5 %	0.1 %

*NTCP for organs at risk was calculated using the Lyman model with correction for fractionation.*

# RADIOTERAPIA STEREOTASSICA

Per predire la **TOSSICITA'** necessari  
**INDICATORI BIOLOGICI**

- RTOG – UNC: **V20**
- MSKCC : **NTCP**
- Univ. MICHIGAN: **Vol.eff.- Dose media al  
polmone**



# CONCLUSIONI

Le tecniche radioterapiche che portano all'utilizzo di ipofrazionamenti spinti richiedono obbligatoriamente:

- Una riduzione del volume trattato
- L'impiego di sistemi che riducano al minimo i margini interni ed esterni
- Una attenta valutazione della dose/volume rilasciata agli organi critici