

Convegno AIRO Lombardia
22 Giugno 2013

Il ruolo dell'*imaging* integrato: dalla definizione dei volumi di trattamento al set-up

Delia Ciardo

CartCasLab

Computer Aided RadioTherapy & Computer Aided Surgery



Integrazione delle immagini: quando come e perché

Come?

Quando?

- 1) Detection and diagnosis
- 2) Delineation of target and OAR
- 3) Determining biological attributes
- 4) Dose distribution design
- 5) Dose delivery assurance
- 6) Deciphering treatment response

(Carlo Greco, *Acta Oncologica*, May 2008)

CT, MRI, FDG-PET
e la loro integrazione

CT, MRI, FDG-PET
e la loro evoluzione 4D

PET con traccianti per l'ipossia
(Cu-ATSM, F-FMISO, I-IAZGP)

Theragnostic
imaging

2D kV, CBCT, MV-CT

FDG/FLT-PET, MRI
e la loro integrazione con
l'imaging pre-trattamento

IMAGE-BASED RT
IMAGE
GUIDED RT

Integrazione delle immagini: quando come e perché

Come?

Quando?

- 1) Detection and diagnosis
- 2) Delineation of target and OAR
- 3) Determining biological attributes
- 4) Dose distribution design
- 5) Dose delivery assurance
- 6) Deciphering treatment response

(Carlo Greco, *Acta Oncologica*, May 2008)

CT, MRI, FDG-PET
e la loro integrazione

CT, MRI, FDG-PET
e la loro evoluzione 4D

PET con traccianti per l'ipossia
(Cu-ATSM, F-FMISO, I-IAZGP)

Theragnostic
imaging

2D kV, CBCT, MV-CT

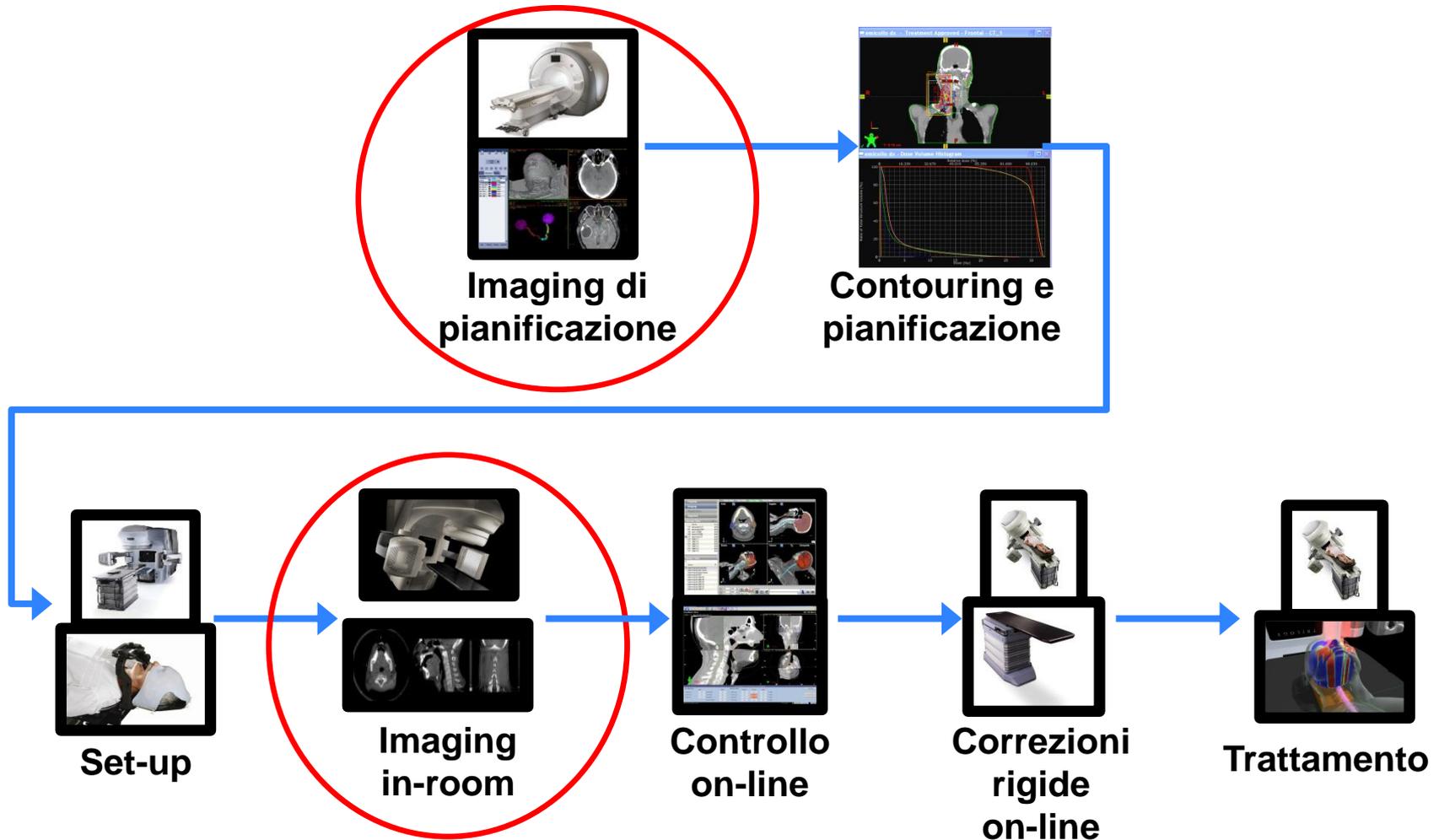
FDG/FLT-PET, MRI
e la loro integrazione con
l'imaging pre-trattamento

Perché?

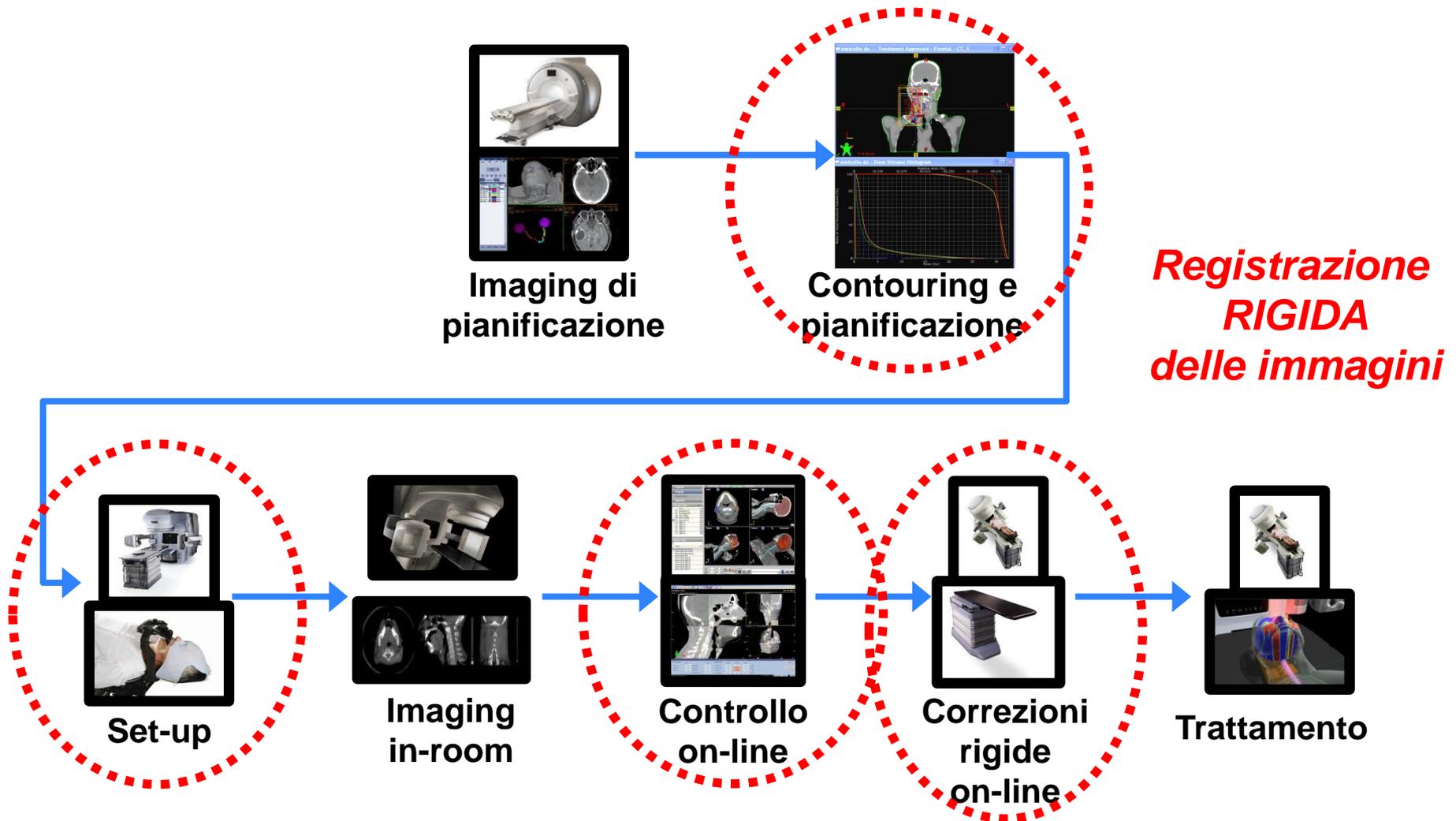
Evitare il “**GIGO EFFECT**” = Garbage In Garbage Out

(David Jaffray, *Nature Reviews Clinical Oncology*, Nov 2012)

Workflow di un trattamento IGRT



Workflow di un trattamento IGRT



Ma il paziente non è un corpo rigido...

- Deformazioni tra le immagini di pianificazione
 - Diverso posizionamento
 - Diverso riempimento degli organi cavi
 - Variazioni di peso

- Deformazioni inter-frazione
 - *Shrinking* del tumore
 - Variazioni anatomiche degli OAR
 - Perdita di peso
 - Diverso posizionamento

- Deformazioni intra-frazione
 - Fenomeni fisiologici (es. respiro, deglutizione)
 - Movimenti imprevisti

...quindi c'è bisogno di qualcosa di più di una semplice registrazione rigida!

Definizione dei volumi

Studio Linfomi: background clinico

- Patologia: Linfoma Hodgkin e non-Hodgkin
- Standard terapeutico: CT + RT
- Nuovo trend terapeutico: riduzione dell'*entità* dei trattamenti

Volume
↓

- 1) TLI/TNI: Total Lymphoid/Nodal Irradiation
- 2) EFRT: Extended Field Radiation Therapy
- 3) Mantle Field Radiation
- 4) IFRT: Involved Field Radiation Therapy
- 5) INRT: Involved Node Radiation therapy



Precisione
richiesta nella
definizione dei
PTV

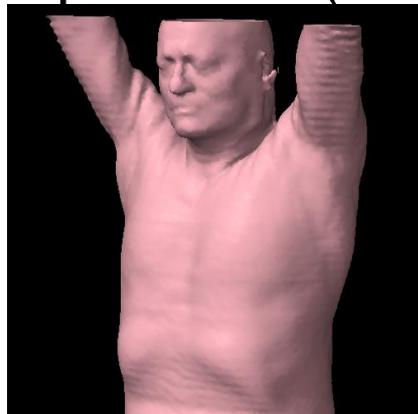
Integrazione di immagini
PET pre- e post-chemioterapia con la CTsim

Imaging CT/PET @ IEO

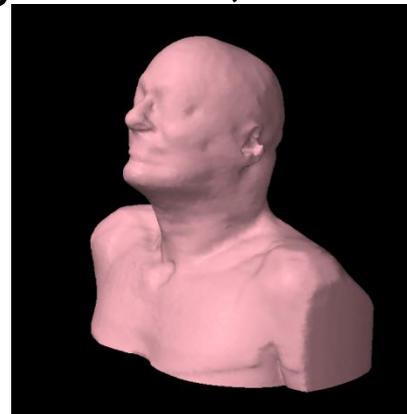
- CT-PET pre-chemioterapia → diagnosi
- CT-PET post-chemioterapia → risposta al trattamento
- CT simulazione pre-radioterapia

Problemi:

- ✓ Differente set-up (e.g. braccia su – braccia giù)
- ✓ Differenti protocolli di scansione
- ✓ Modifiche del paziente (dimagrimento, *shrinkage* dei linfonodi)



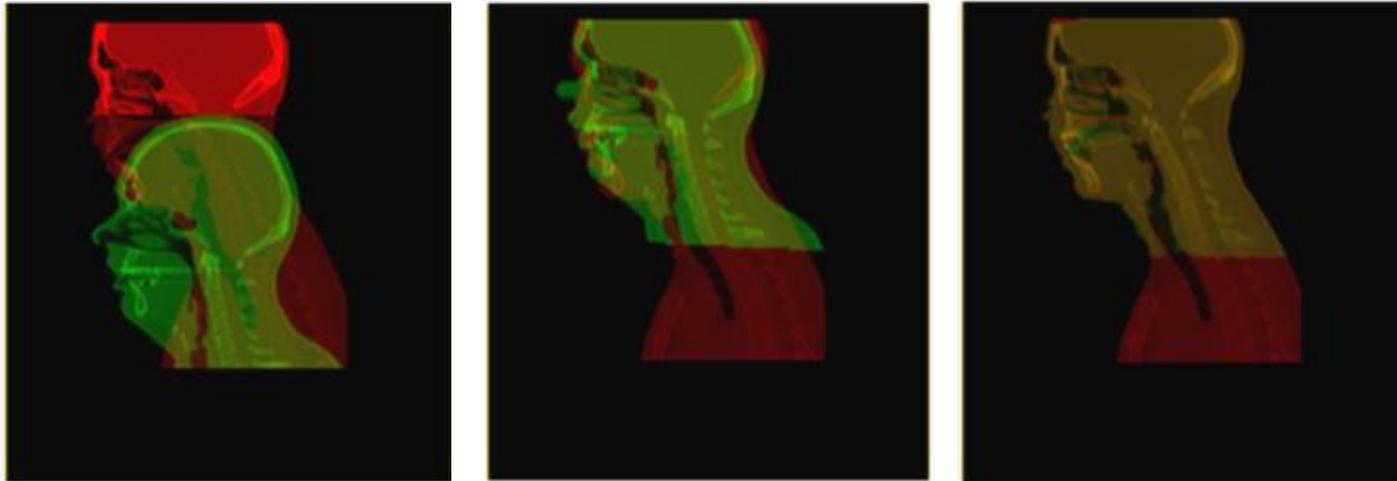
CT-PET



CT sim

Studio “Linfomi” - Metodo

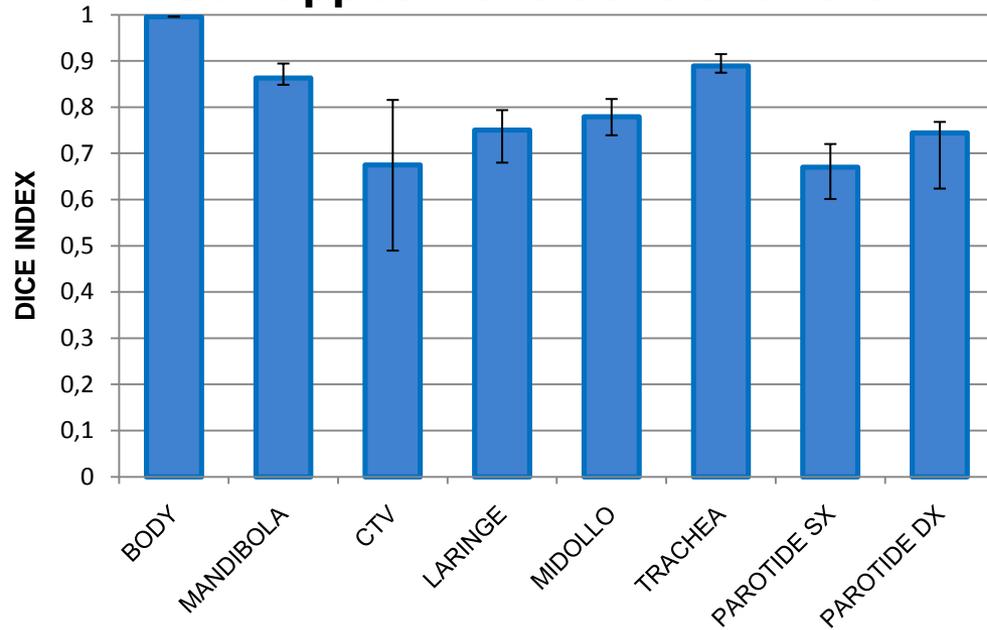
- 16 pazienti (10 HL, 6 NHL) $\left\{ \begin{array}{l} \text{CT-PET pre-chemio} \\ \text{CT simulazione} \end{array} \right.$
- Registrazione rigida + Registrazione non-rigida



- Propagazione del BTv e degli OARs della CT-PET sulla CTsim
- Validazione della registrazione:
 - ✓ Sovrapposizione delle strutture
 - ✓ Immagini differenza
 - ✓ Valutazione visiva

Risultati

Sovrapposizione delle strutture



Differenza delle immagini
 Errore sistematico: 3.89 HU
 Errore random: 74.81 HU

	PT01	PT02	PT03	PT04	PT05	PT06	PT07	PT08	PT09	PT10	PT11	PT12	PT13	PT14	PT15	PT16
MD #1	4	4	4	5	2	5	5	2	2	3	4	1	5	1	5	5
MD #2	4	4	4	4	4	5	4	5	3	4	4	5	4	3	3	4
MD #3	5	4	4	4	3	4	4	3	1	4	4	4	4	3	5	4

Risultati

CT-PET

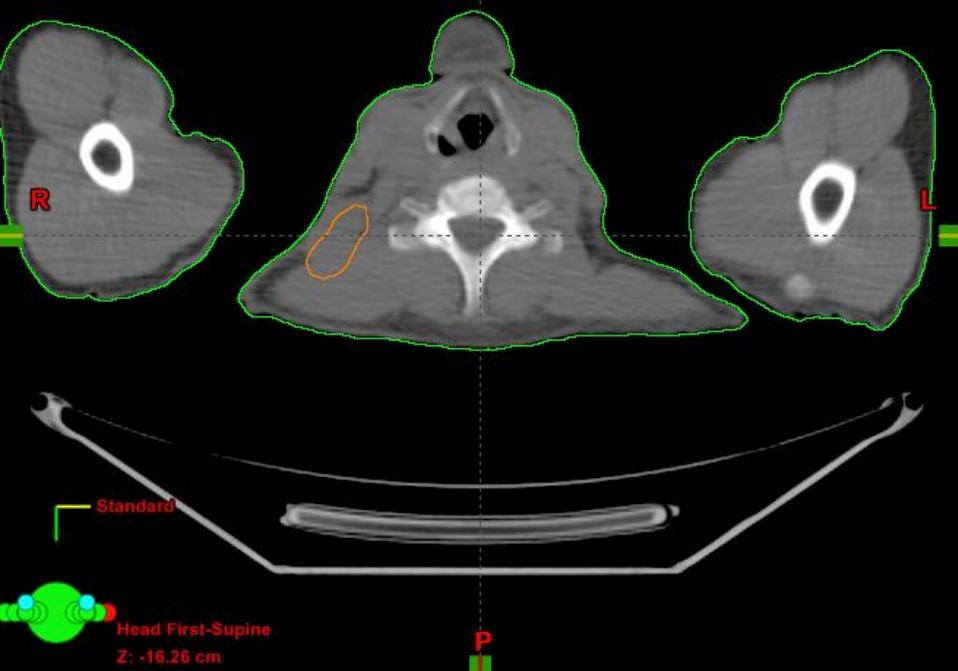


Registrazione rigida

Registrazione non-rigida



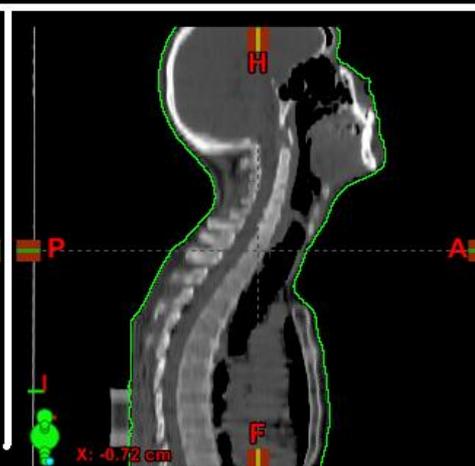
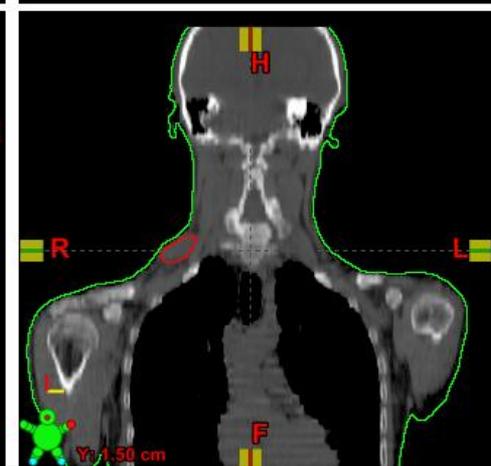
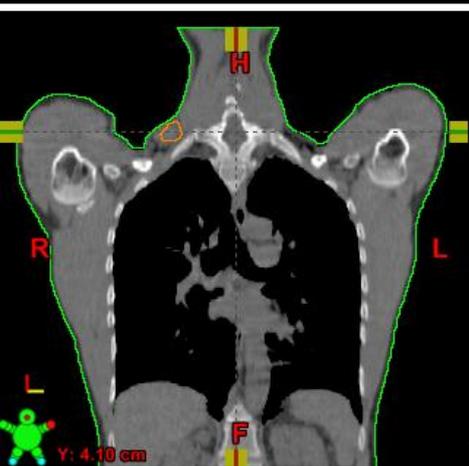
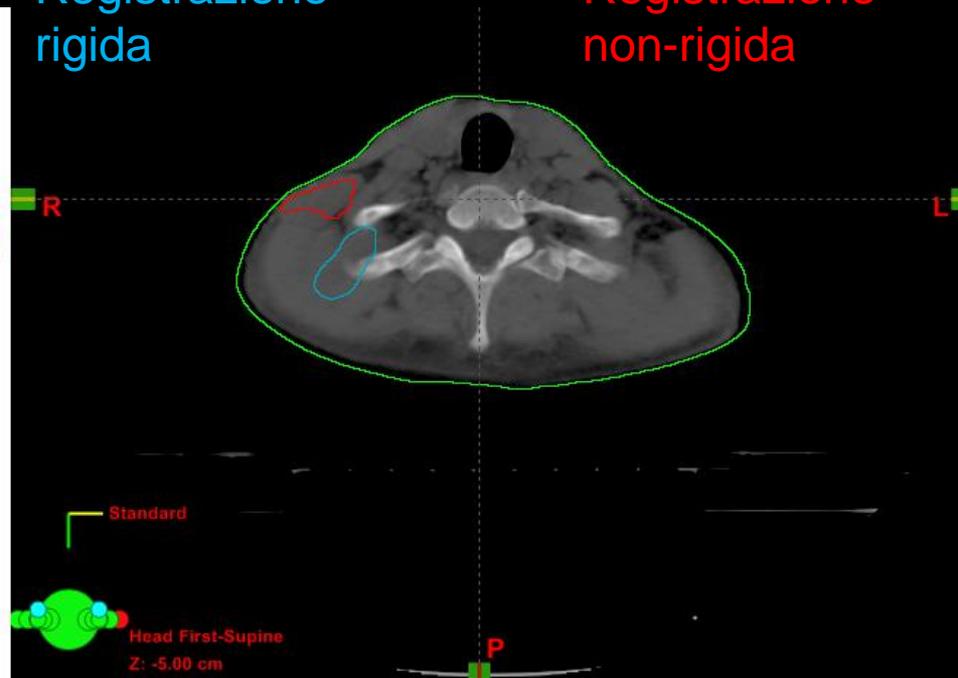
CT-PET



CT simulazione

Registrazione rigida

Registrazione non-rigida



Controllo del set-up

IGRT H&N @IEO

Protocollo #1	Clinac 600 e 2100	Mammella 3D M+
Protocollo #2	Clinac 600 e 2100	Testa-collo 3D torace 3D Addome/pelvi 3D Linfomi 3D Mammella+sovracaveare 3D
Protocollo #3	Trilogy	Testa-collo IMRT Torace IMRT Addome/pelvi IMRT Linfomi IMRT
Protocollo #4	Trilogy, Vero, CyberKnife, Tomotherapy	Prostata+/- Pelvi 2.7Gy/dì Gineco-LA Specifiche reirradiazioni e casi selezionati Tutti pz Vero, CBK, Tomo

IGRT H&N @ IEO

PROTOCOLLO #2

- Verifica set-up: **CBCT, kV-kV o EPID in doppia esposizione**
- Verifica del set-up nelle **prime 3 sedute**. Calcolo della media M degli spostamenti.
- Se $M \geq 4$ mm si applica e si verifica anche alla 4^a seduta.
- **Rotazione Table: si accetta se $\leq 2^\circ$** , altrimenti si corregge.

PROTOCOLLO #3

- Verifica set-up: **CBCT o kV-kV**.
- Verifica del set-up nelle **prime 3 sedute**. Se i valori delle verifiche sono discordanti (con valore > 4 mm) si procede con **ulteriori 2 verifiche**.
- 4^a seduta: se $M \geq 3$ mm si applica e si verifica.
- **Rotazione Table: si accetta se $\leq 1^\circ$** , altrimenti si corregge.

- Si prosegue con **2 controlli settimanali**: se shift ≥ 3 mm, si controlla il posizionamento del paziente verificando le possibili cause.
- 3^a settimana: si effettuano 2 verifiche. Se shift ≥ 3 mm nella stessa direzione della precedente, si ripete la procedura della 1^o settimana verificando le possibili cause.

Studio “kV versus CBCT”

Dataset:

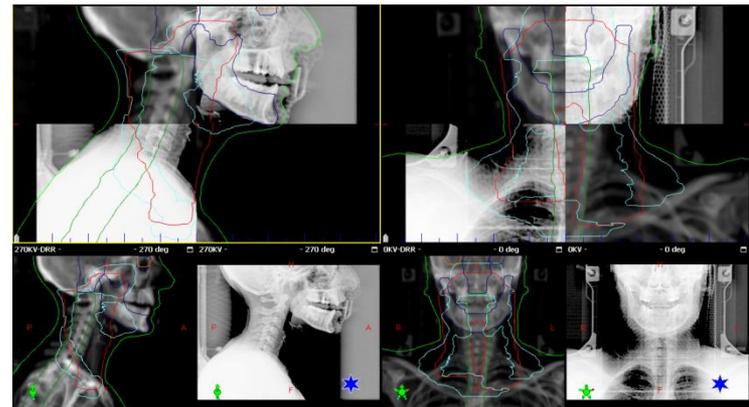
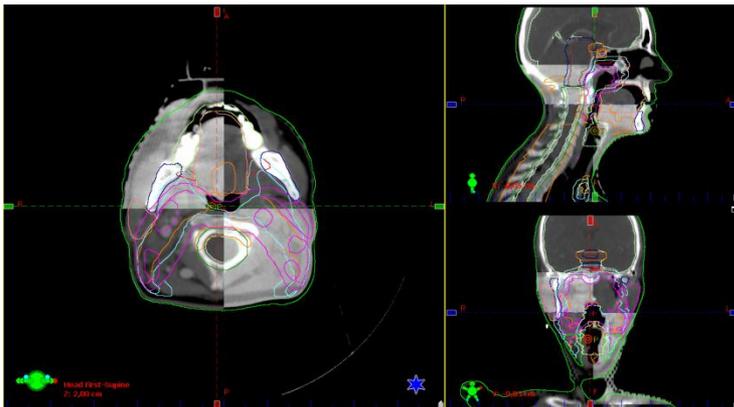
29 pazienti; a 0/40/50 Gy:

- acquisizione CBCT → correzione automatica e manuale
- acquisizione kV-kV → correzione automatica e manuale

OBIETTIVO:

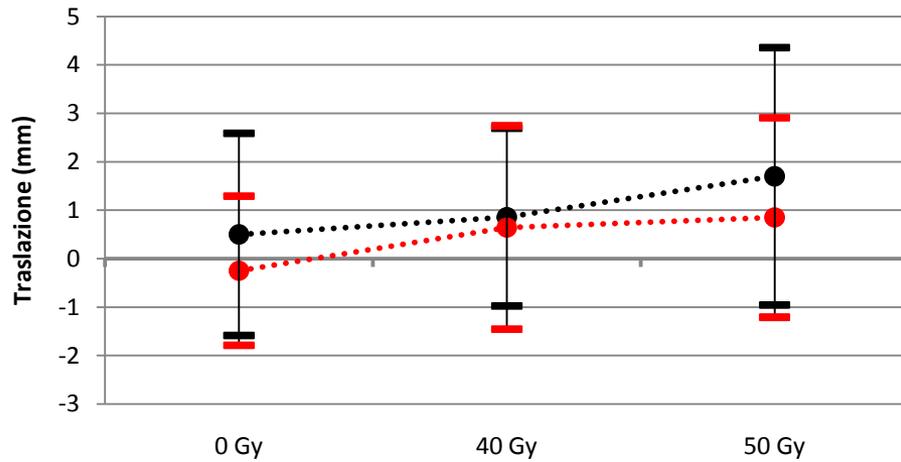
Confronto tra due tecnologie: 2D kV vs. 3D CBCT

1. differenze nel tempo?
2. differenze tra correzione automatica e manuale?
3. differenze dosimetriche?

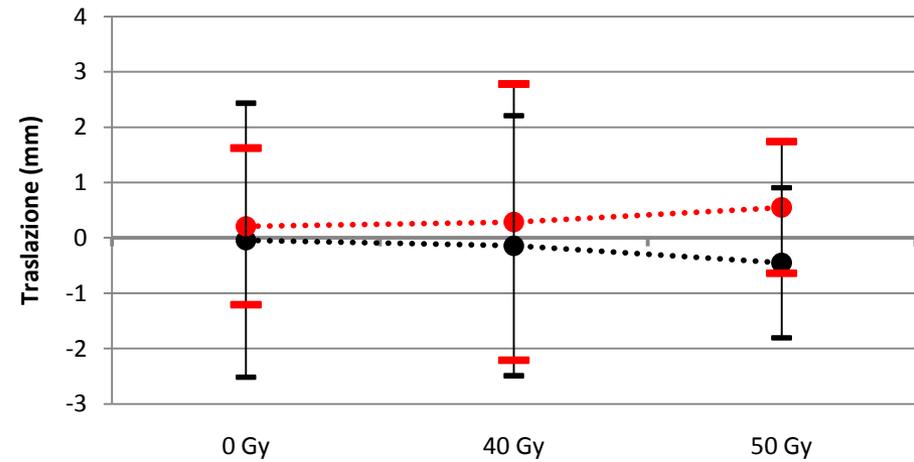


Punto 1: TIME TREND?

Traslazione AP

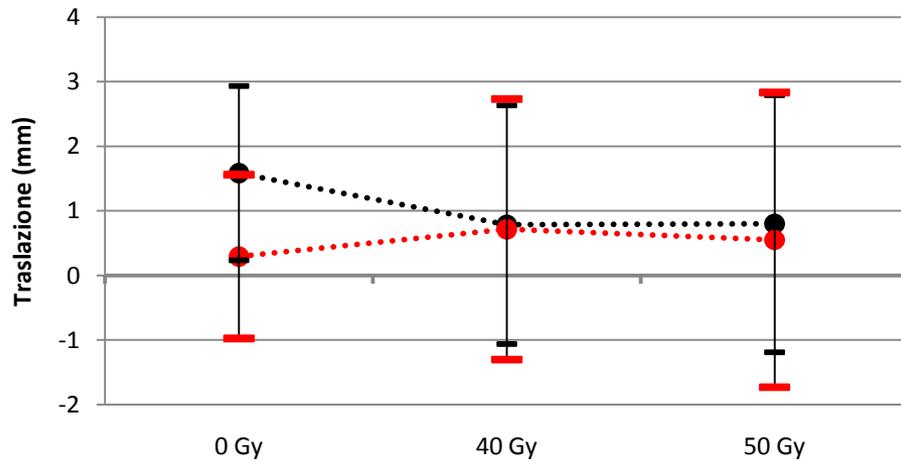


Traslazione LL

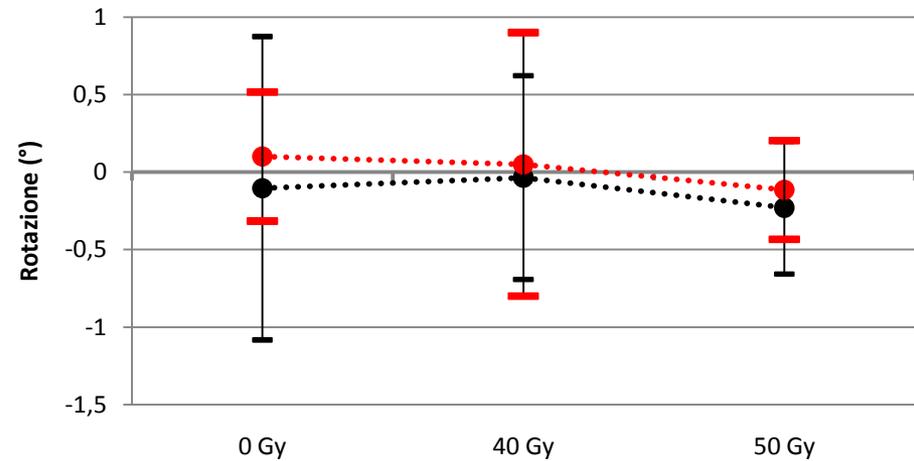


CBCT
kV

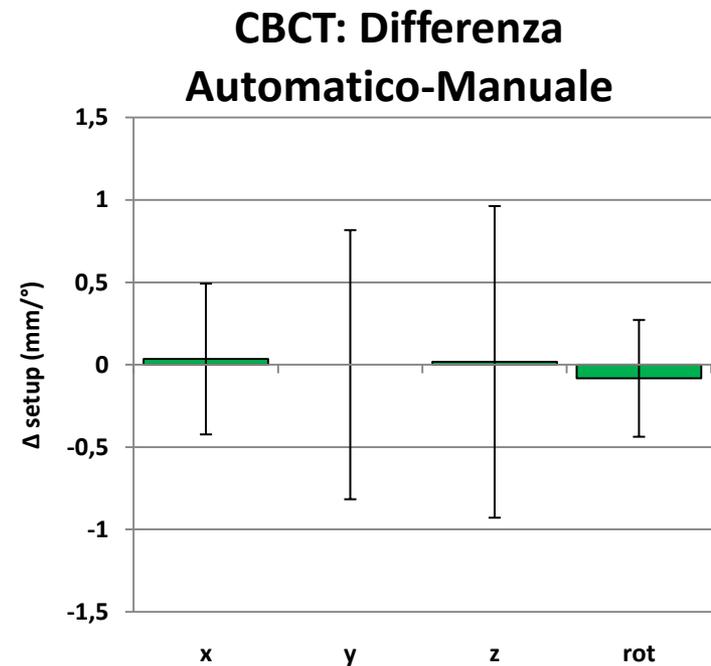
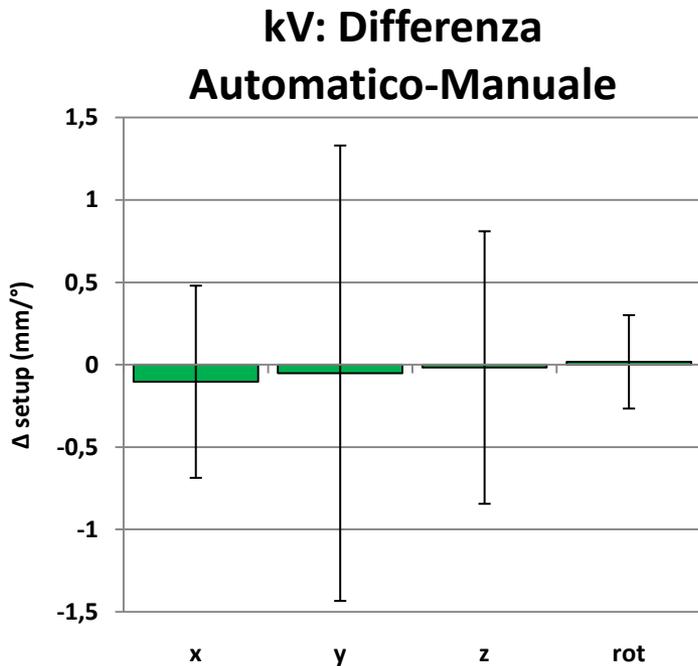
Traslazione SI



Rotazione



Punto 2: DIFFERENZE AUTO/MANUALE?



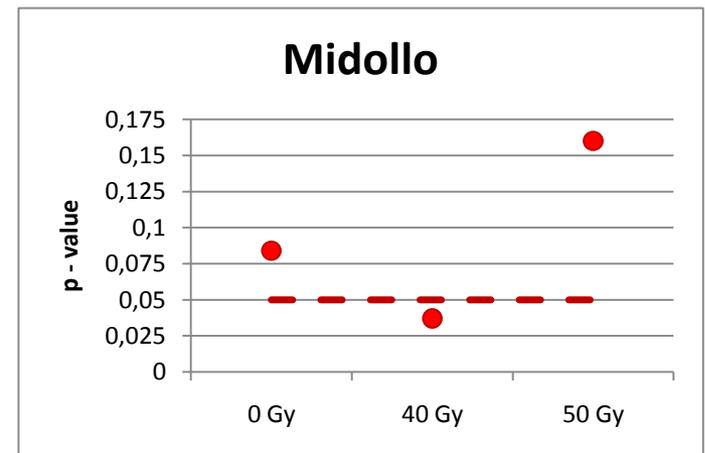
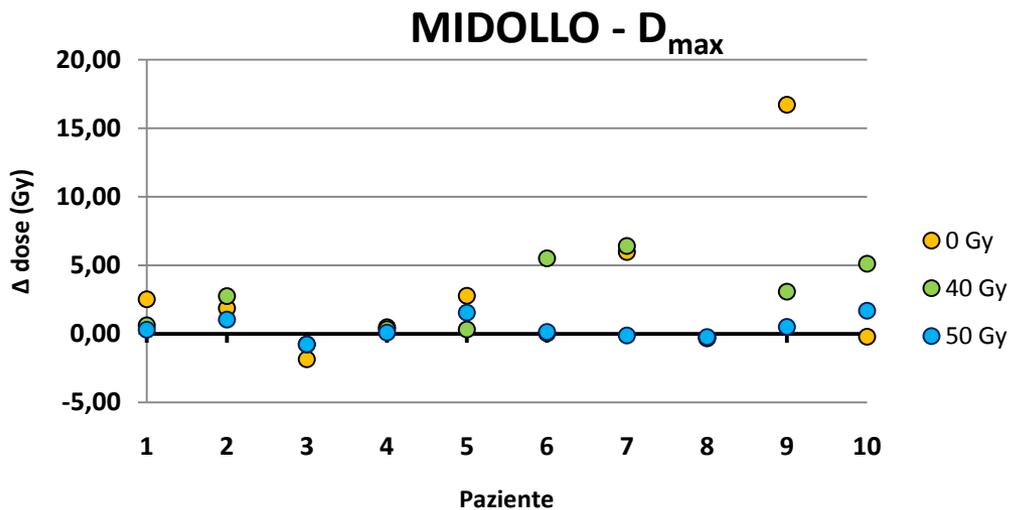
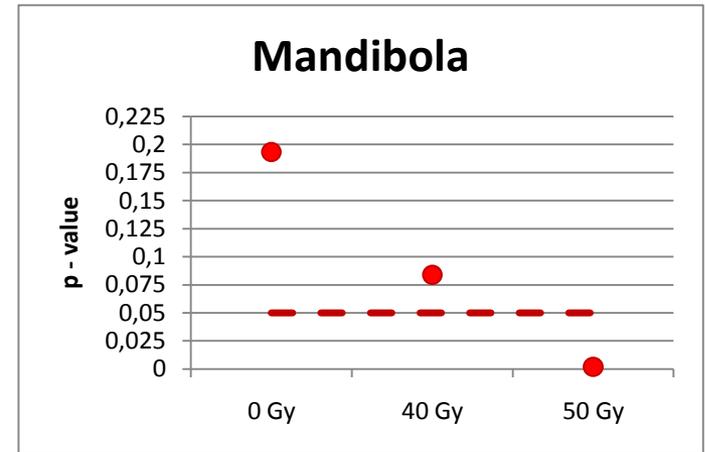
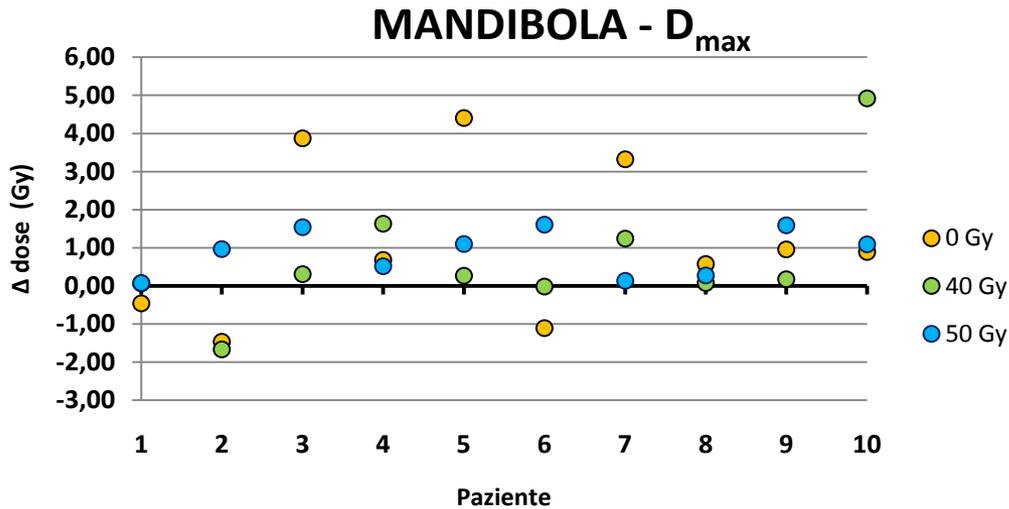
T-Test

$$h_0 : \Delta_{\text{Auto-Man}} = 0$$



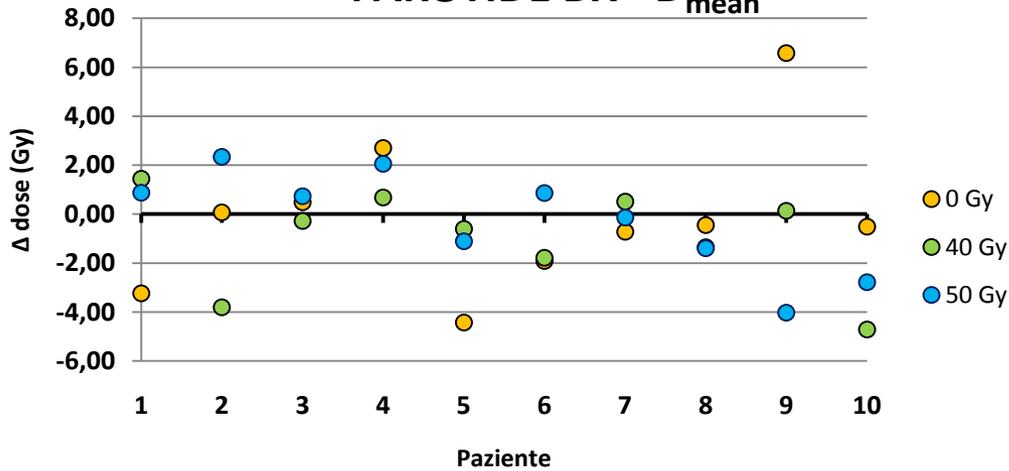
Mai significativo

Punto 3: ANALISI DOSIMETRICA (1)

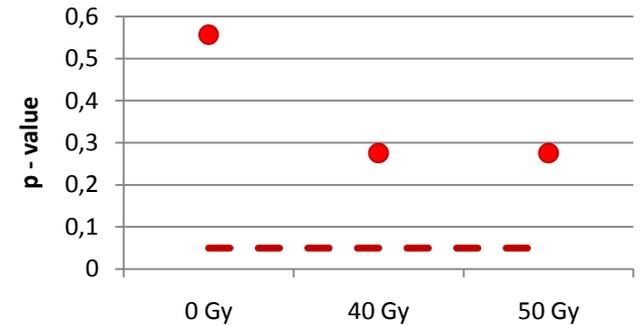


Punto 3: ANALISI DOSIMETRICA (2)

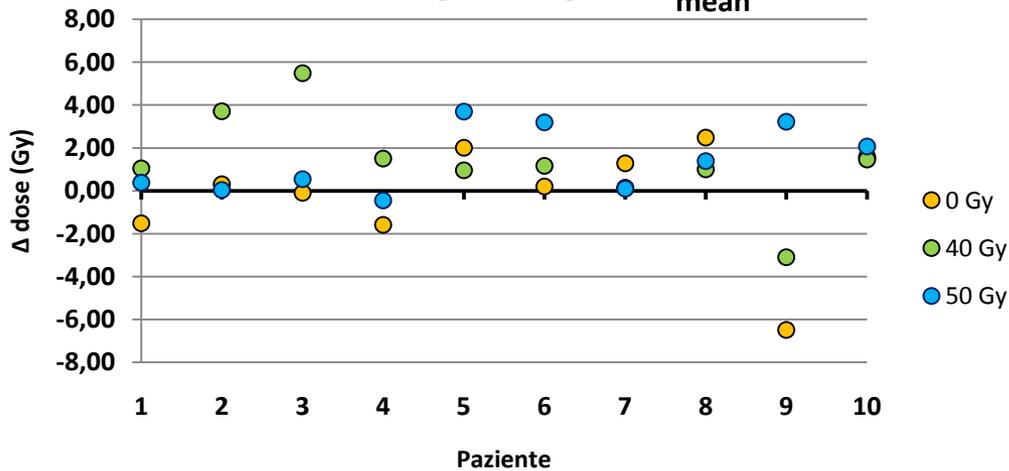
PAROTIDE DX - D_{mean}



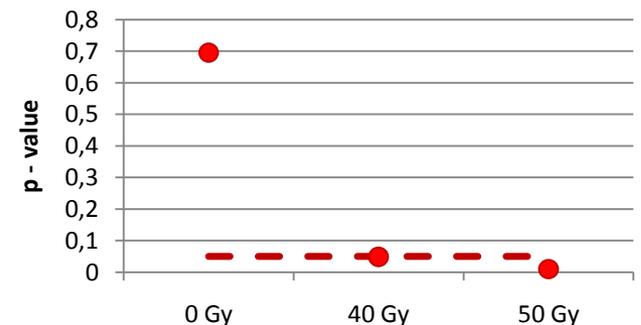
Parotide DX



PAROTIDE SX - D_{mean}



Parotide SX



Controllo del set-up

Adaptive Radiotherapy nel H&N

Problema

Dati:

- Variazioni del volume del tumore e dei linfonodi
- Diminuzione del volume delle parotidi e *shift* mediale
- Dimagrimento del paziente
- Compromissione della ripetibilità del posizionamento
- IMRT: elevati gradienti di dose

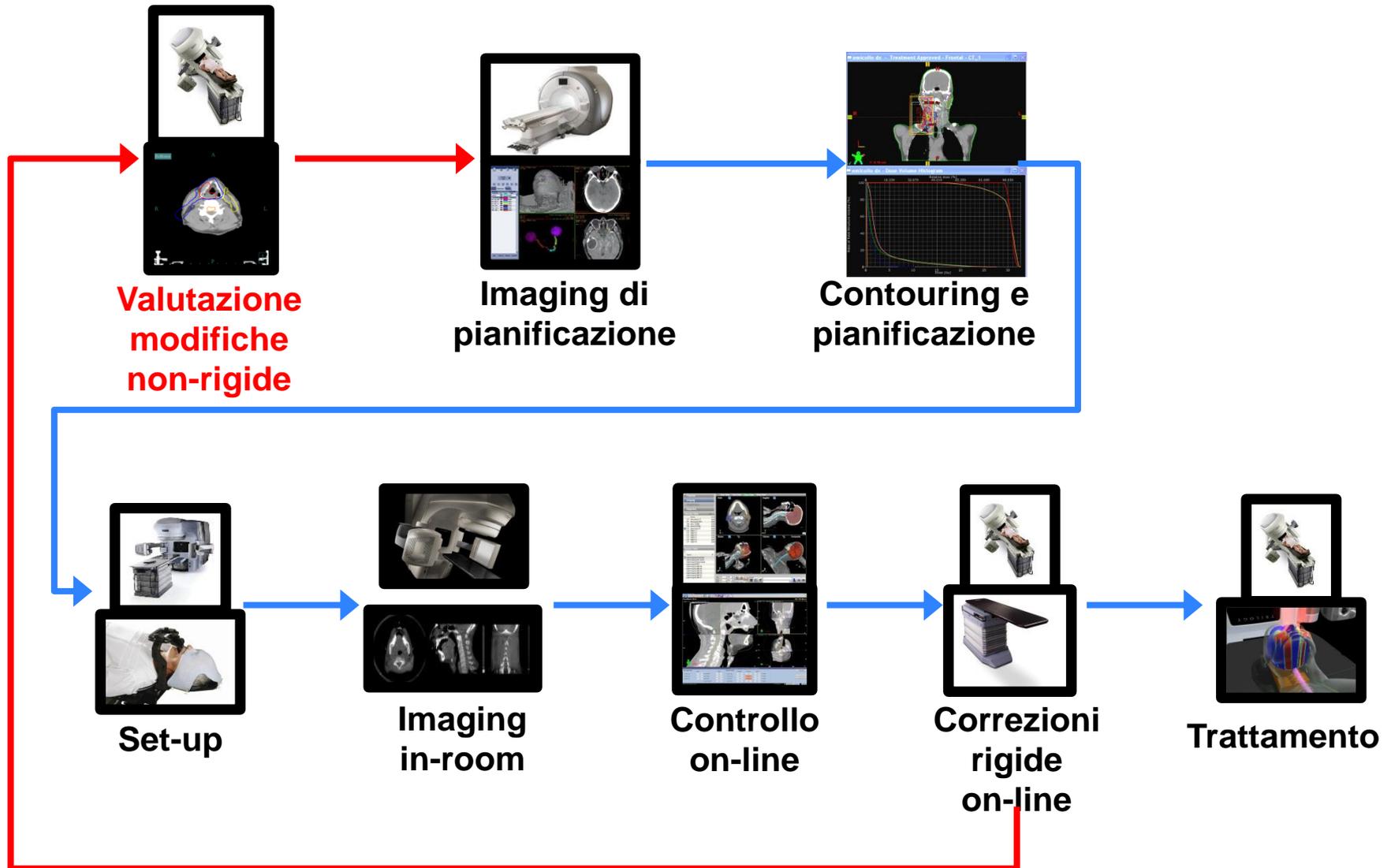
Suolgimento:

Ottimizzazione e “riadattamento” del piano di trattamento e della sua erogazione sulla base di variazioni anatomiche, geometriche, biologiche in maniera paziente-dipendente.

Risultato:

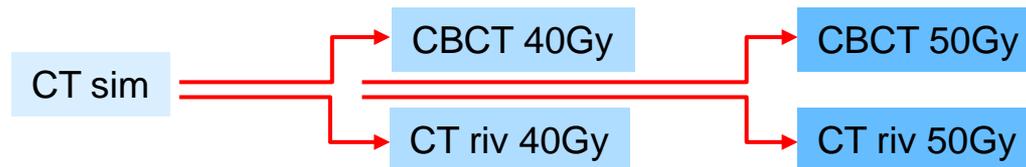
- Aumento dell'accuratezza del delivery
- Aumento della dose al target
- Diminuzione della dose agli OAR
- Scongiurato il rischio di GIGO EFFECT!

Workflow di un trattamento IGRT



Adaptive Radiotherapy @ IEO

Situazione attuale:



Physics Contribution

Automatic Segmentation and Online *virtual*CT in Head-and-Neck Adaptive Radiation Therapy

Marta Peroni, PhD,^{*} Delia Ciardo, MSc,[†] Maria Francesca Spadea, PhD,[‡]
Marco Riboldi, PhD,^{*,§} Stefania Comi, MSc,[†] Daniela Alterio, MD,[†]
Guido Baroni, PhD,^{*,§} and Roberto Orecchia, MD^{†,¶,||}

^{*}Department of Bioengineering, Politecnico di Milano, Milano, Italy; [†]Advanced Radiotherapy Center, European Institute of Oncology, Milano, Italy; [‡]Department of Experimental and Clinical Medicine, Università degli Studi Magna Graecia, Catanzaro, Italy; [§]Bioengineering Unit and ^{||}Medical Department, Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica, Pavia, Italy; and [¶]Università degli Studi di Milano, Milano, Italy

Received Oct 25, 2011, and in revised form Apr 2, 2012. Accepted for publication Apr 2, 2012

International Journal of
Radiation Oncology
biology • physics

www.redjournal.org

Obiettivo:

- ✓ Eliminare la necessità di una CT di rivalutazione (a 40/50 Gy)
- ✓ Sviluppare e validare una strategia per generare una *virtual* CT on-line utilizzabile in un processo di ART.

Materiali & Metodi

DATASET:

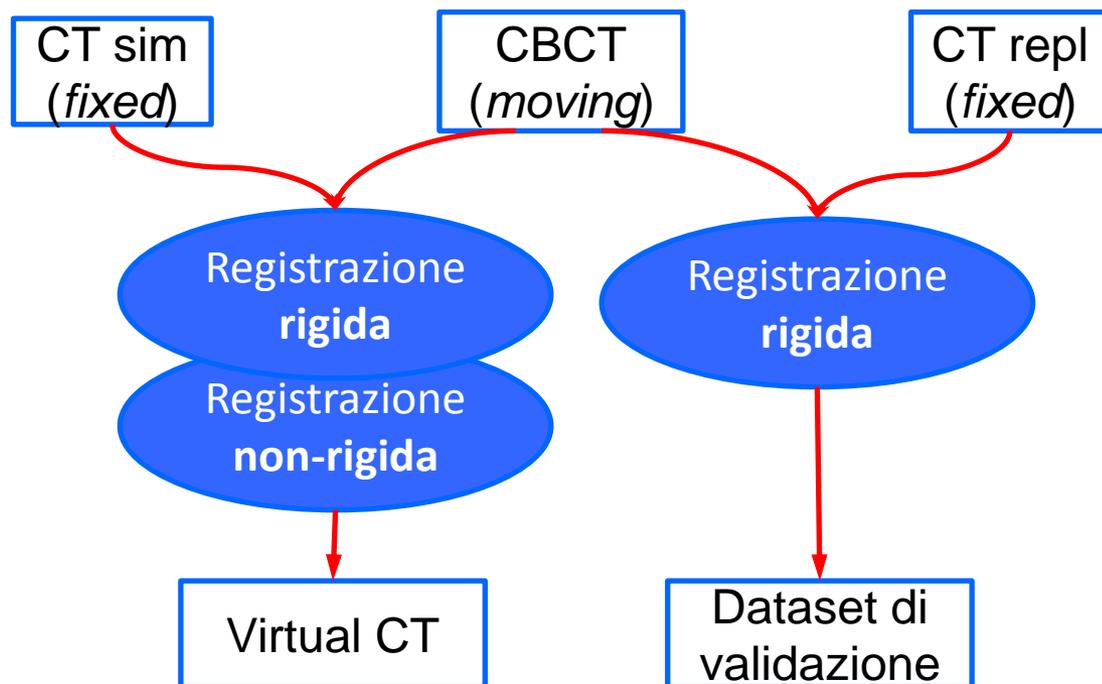
- 20 pazienti Head&Neck trattati in IEO con IMRT
- CT sim, CBCT di set-up a 40/50 Gy, CT di ri-pianificazione a 40/50 Gy

METODO:

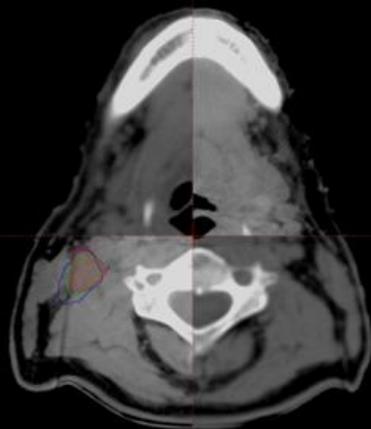
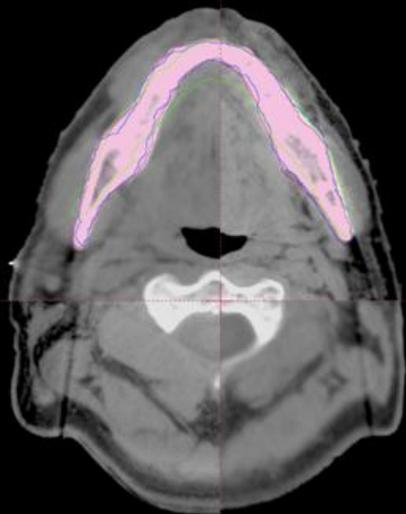
- ✓ Pre-processing delle immagini
- ✓ Registrazione multi stage (rigida + non rigida) tra la CTsim e le CBCT
- ✓ Validazione: registrazione rigida tra la CBCT e la CT di replanning

Valutazione dei risultati con:

- Sovrapposizione delle strutture (DICE)
- Distanza tra i contorni (RMSE)
- Distanza dei centri di massa (COM)

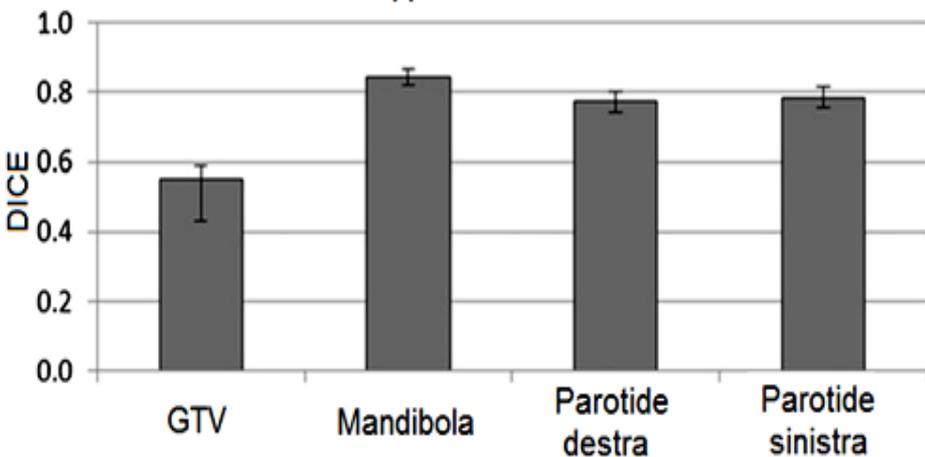


Risultati (1)

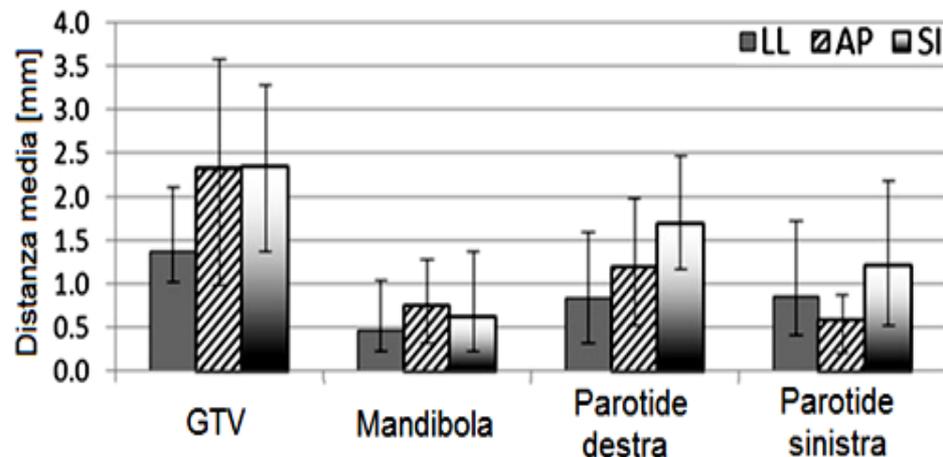


Rosso: Contorni manuali
Blu: Registrazione non-rigida
Verde: Registrazione Rigida

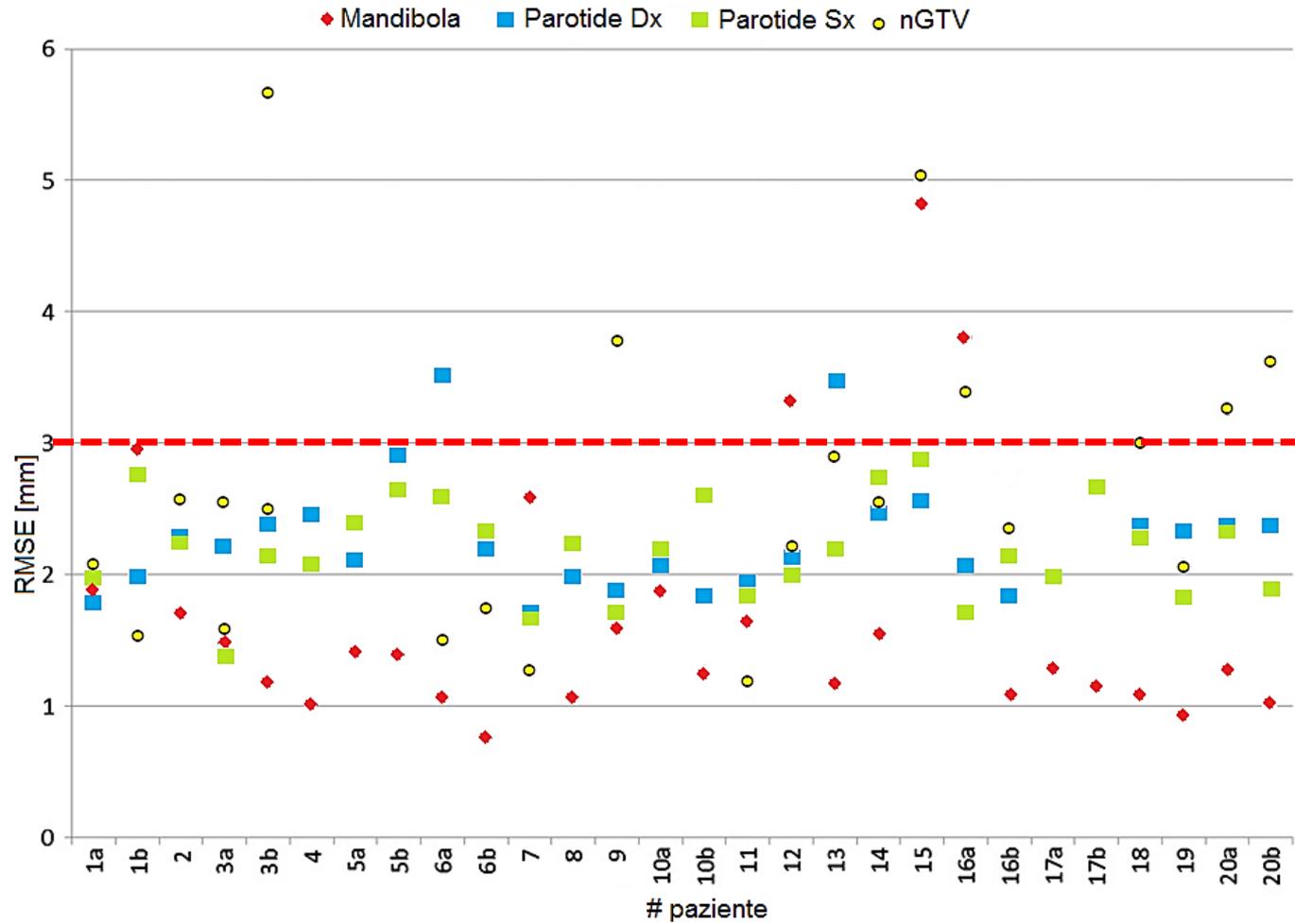
Sovrapposizione delle strutture



Distanza dei centri di massa



Risultati (2)



...sviluppi futuri

VALIDAZIONE DOSIMETRICA

- 1) Verifica dell'equivalenza tra TPS Varian e implementazione MonteCarlo



- 2) Verifica della validità dello schema proposto



Conclusioni

- Il concetto di *integrazione* dell'imaging è ormai connaturato alla Radioterapia moderna.
- **1^a applicazione**: aumento dell'accuratezza e della precisione del trattamento.
- **Sviluppi in atto**: integrazione della valutazione delle deformazioni non-rigide nel corso del trattamento.
- **Sviluppo futuro**: sfruttare la versatilità robotica e di calcolo, procedendo verso sistemi integrati con cui "accomodare" il trattamento alla risposta paziente-specifica.

Convegno AIRO Lombardia
22 Giugno 2013

Grazie per la
vostra attenzione!

CartCasLab

Computer Aided RadioTherapy & Computer Aided Surgery

