

XXII CONGRESSO
AIRO

ROMA 2012

17-20 novembre
Ergife Palace Hotel



**BRAINLAB
SYMPOSIUM,
ROMA**

18 NOVEMBRE 2012

Implementazione della tecnica di trattamento HybridArc in radioterapia stereotassica

Lorenza Marino - Giusy Borzì

Enza Umina, Alfio Di Grazia

REM Radioterapia, Catania

Istituto Oncologico del Mediterraneo (IOM), Viagrande (CT)



- ❑ **La Radioterapia Stereotassica nelle metastasi polmonari**
- ❑ **Modalità di trattamento HybridArc**
- ❑ **Archi dinamici conformazionali *versus* HybridArc**
- ❑ **Rivalutazione dei piani con *l'algoritmo Monte Carlo***

La Radioterapia Stereotassica

La radioterapia stereotassica è una tecnica che prevede l'impiego di fasci di radiazioni ionizzanti per irradiare lesioni craniche (SRT brain) ed extracraniche (SRT body) di piccole dimensioni.

Essa consiste nella somministrazione di dosi elevate e ben conformate, la cui distribuzione è caratterizzata da una rapida caduta di dose nelle zone esterne al volume interessato consentendo di salvaguardare i tessuti sani circostanti.

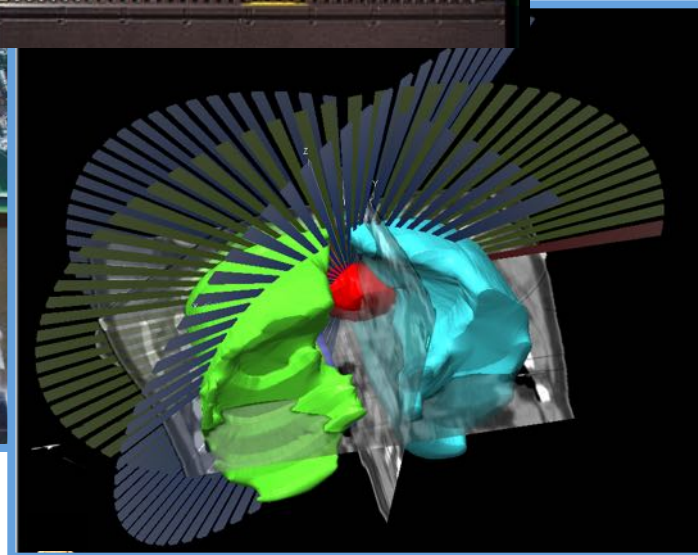
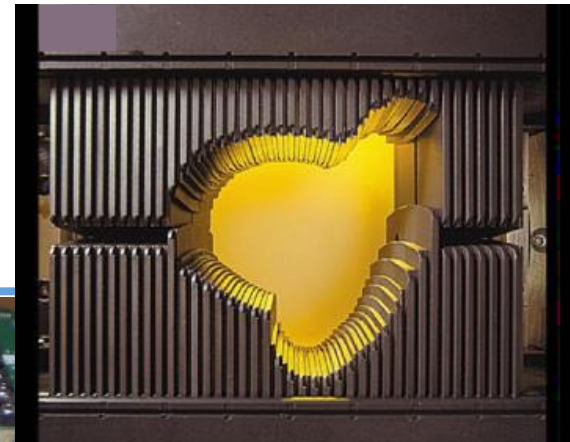
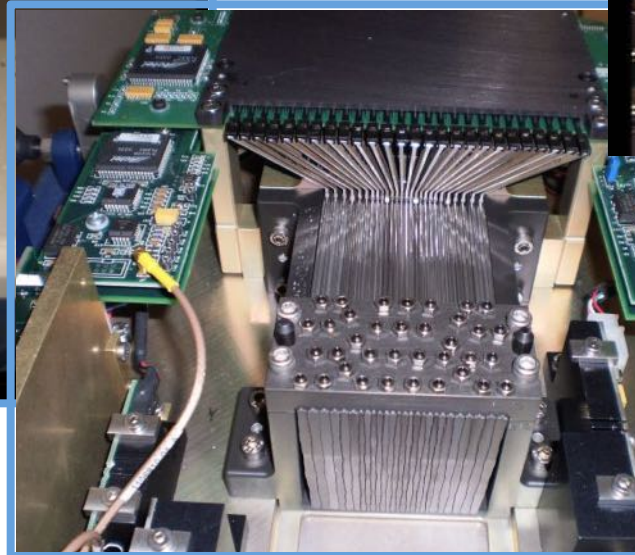
- ✓ perfetta identificazione dei contorni della lesione nelle immagini di pianificazione;
- ✓ adeguata immobilizzazione del paziente;
- ✓ corretta collocazione del volume da trattare nei 3 assi dello spazio (fiducials, body-frame, riflettori optoelettronici, etc.);
- ✓ adeguato controllo della organ motion respiratoria per la massima riduzione dei margini interni.

Archi dinamici conformazionali

BRAINLAB
SYMPOSIUM,
ROMA
18 NOVEMBRE 2012

La tecnica di trattamento utilizzata per i trattamenti stereotassici consiste in un minimo di 3 e un massimo di 5 archi dinamici conformazionali descritti attorno al paziente usando un collimatore micro-multilamellare.

Collimatore μ -MLC m3 BrainLab



Piano di cura stereotassico con DCAs

HybridArc: caratteristiche

- ❖ HybridArc (BrainLAB 2010) è una forma di IMAT (Intensity-Modulated Arc Therapy), tecnica caratterizzata dalla rotazione e collimazione dinamica del MLC, dal dose-rate costante e dalla velocità del gantry costante
- ❖ HybridArc combina archi dinamici conformazionali (eDCA, enhanced Dynamic Conformal Arcs) e trattamenti IMRT (Intensity-Modulated RadioTherapy) al fine di ottimizzare la distribuzione di dose
- ❖ I piani HybridArc possono essere realizzati per lesioni craniche ed extracraniche utilizzando l'opzione HybridArc disponibile in iPlan RT Dose 4.5
- ❖ E' possibile definire il numero di elementi (cioè il numero di archi), la lunghezza di ciascun arco e il numero di fasci IMRT per arco
- ❖ Gli angoli del gantry dei fasci IMRT sono automaticamente distribuiti dal software

Implementation of HybridArc treatment technique in preoperative radiotherapy of rectal cancer: dose patterns in target lesions and organs at risk as compared to helical Tomotherapy and RapidArc

Radiation Oncology 2012, 7:120 doi:10.1186/1748-717X-7-120

HybridArc is a feasible solution for preoperative RT with a simultaneous-integrated-boost in rectal cancer patients. It achieved similar PTV coverage with significant lower beam-on time, but less efficient in sparing small bowel and bladder compared to Tomotherapy and RapidArc. The added value of HybridArc is that the treatment modality can be implemented on every LINAC equipped with Dynamic-Conform-Arc and IMRT treatment techniques, while maintaining the same QA-schemes.

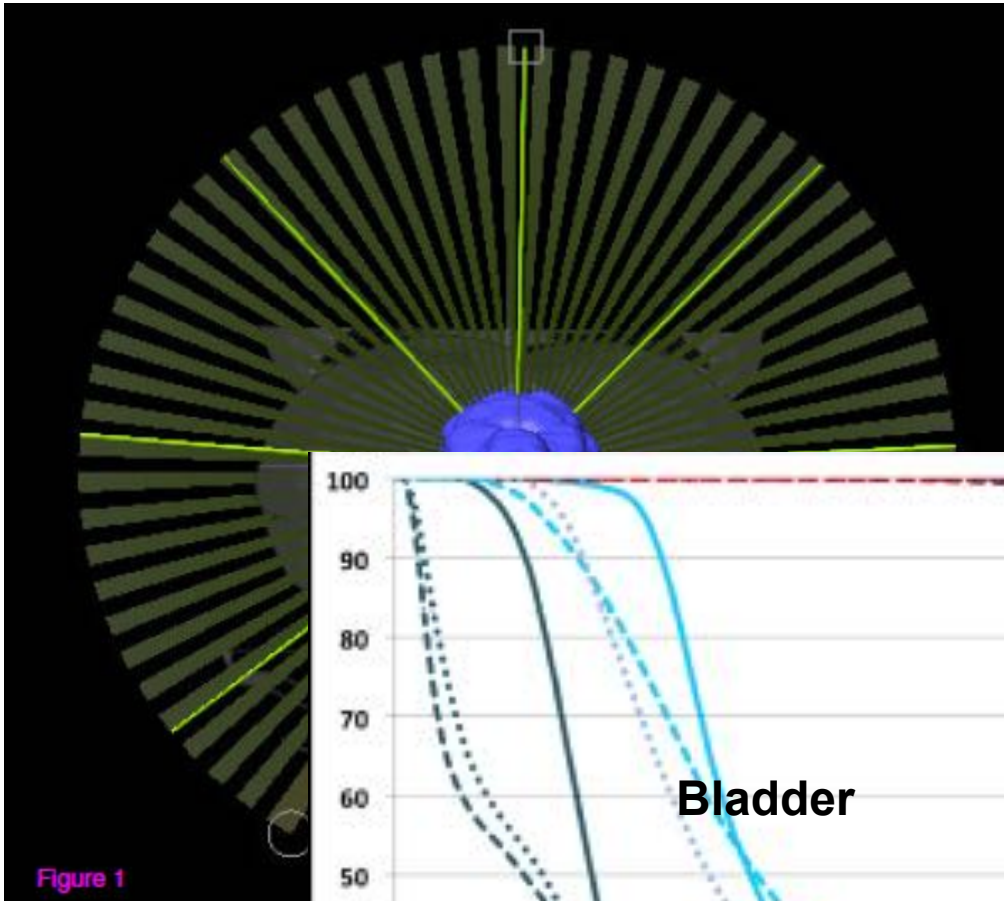
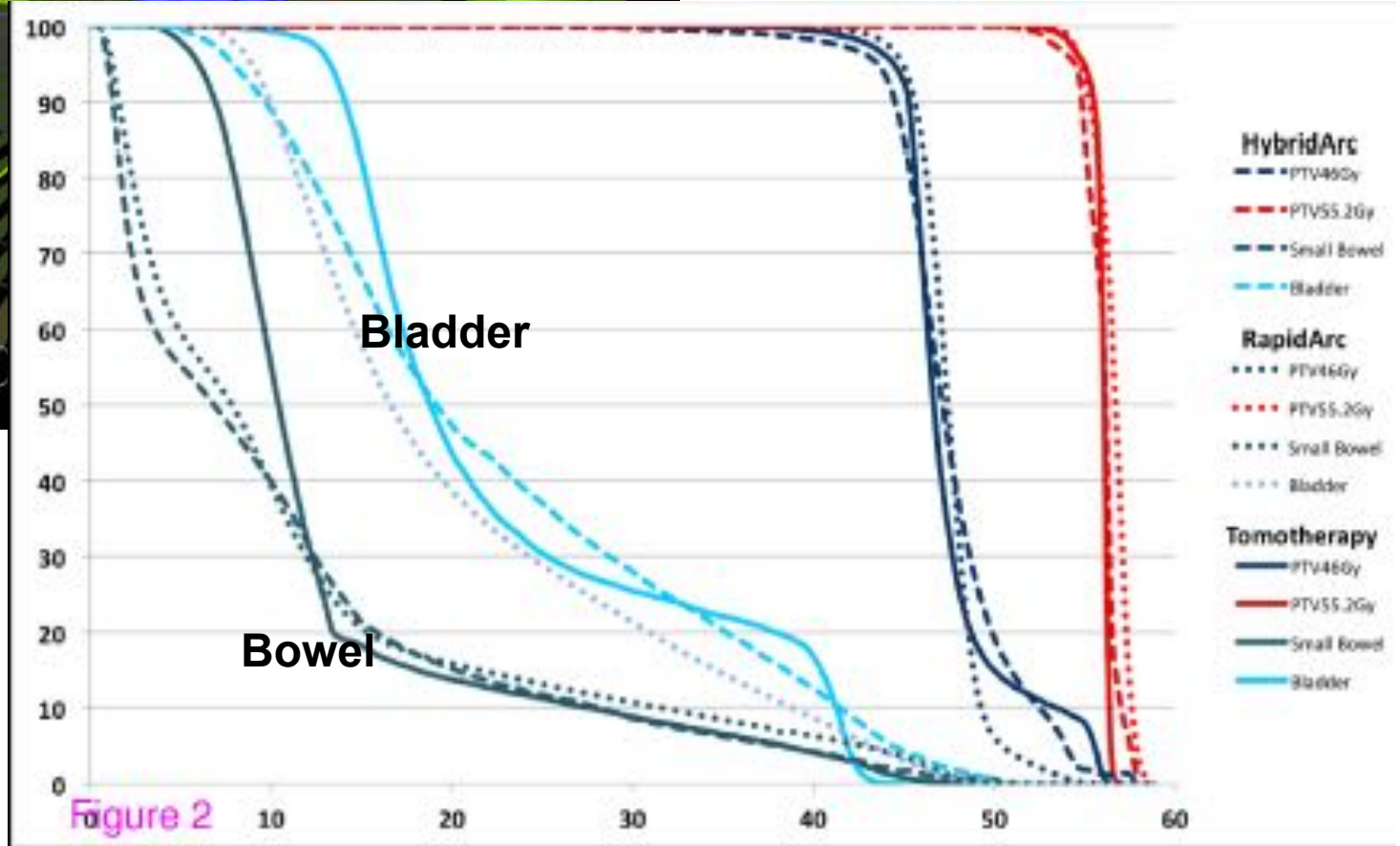


Figure 1



LA RADIOTERAPIA STEREOTASSICA NELLE METASTASI POLMONARI

BRAINLAB
SYMPOSIUM,
ROMA

18 NOVEMBRE 2012

Study Group	F/U Period Median (Range)	Outcomes	Toxicity	BED at Isocenter	BED at Margin
Lax, Blomgren	Median 8.2 mo (3.5–25)	94% crude control. Crude o/s 46%, mean survival 11.3 mo, estimated 2-yr LC = 83%	Not reported	Median 183 Gy	Median 112.5 Gy
Uematsu	Median 11 mo (3–31)	97% LC at 11 mo (data pooled with NSCLC cohort). Estimated 2-yr LC = 93.6%	Not reported	Range, 144–188 Gy	Not reported
Nagata	Median 19 mo (pooled with NSCLC)	67% crude local control	Pooled with NSCLC: only mild grade 1. No grade 3 or 4	105.6 Gy	Not reported
Onimaru	Median 18 mo (2–44)	48% 2-yr o/s, 69.6% 3-yr pooled LC for 48 Gy (n = 39), 100% 3-yr pooled LC for 60 Gy (n = 19)	One grade 5 esophageal necrosis in one patient, one other grade 2 chest pain, nil else	48 Gy/8 = 76.8 Gy early 60 Gy/8 = 105 Gy early	Not reported
Wulf	3 × 10 Gy median 17 mo 3 × 12.5 Gy median 13 mo	71% 2-yr LC at 3 × 10 Gy 92% 2-yr LC at 3 × 12.5 Gy o/s for both groups; 1 yr = 85%, 2 yr = 73%	Overall pneumonitis 3%	3 × 10 Gy: BED = 117.2 Gy 3 × 12–12.5 Gy: BED = 168.6	3 × 10 Gy: BED = 60 Gy 3 × 12–12.5 Gy: BED = 84.4 Gy
Song	Median (9– me 22.6				Not reported
Yoon	Median (4– Media				Overall mean = 58.6–118.8 Gy Mean for 48 Gy/4 fx = 92.7–118.8 Gy
Aoki	Median 17.7 mo (9.4–39.5)	95% crude LC (pooled with NSCLC), o/s at 2 yr 89.5%, estimated 2-yr LC = 93%	Nil grade 3 or 4 toxicities	86.4 Gy	Not reported
Milano, Okunieff	Median 18.7 mo (3.7–60.9)	3-yr actuarial LC 91.0 ± 13.2%, crude LC = 94%, estimated 2-yr LC = 92%, 2-yr o/s 50%	3/49 (6%) grade 2, 1/49 (2%) grade 3 pericardial effusion	Not reported	Minimum 56 Gy at PTV margin
Norihisa	Median 27 mo (10–80)	2-yr LC 90%, 2-yr o/s 84%	1/34 grade 3 toxicity, 6% (2/34) musculoskeletal, grade 2 pneumonitis in 12% (4/34)	132 Gy	Not reported
Brown	Median 18 mo (2–41)	77% crude o/s. Estimated 2-yr o/s = 72.5%, LC not reported, 84% response rate	One patient with grade 4 pneumonitis	6–110 Gy using α/β ratio of 20	Variable
Salazar	Median 44 mo (2–84)	86% crude LC, median o/s = 19 mo, 3-yr o/s 29%	Pooled toxicity with NSCLC: 19% overall, 7% grade 2, no grade 3 or 4	119.6 Gy	Not reported
Rusthoven	Median 15.4 mo (6–48)	2-yr LC 96%, 2-yr o/s 39%	10.5% grade 2, 7.9% grade 3, zero grade 4	Not reported	180 Gy

LC 67%-96% at 2 years
OS 53.7% at 2 years



Stereotactic body radiation therapy for lung metastases

Umberto Ricardi^a, Andrea Riccardo Filippi^{a,*}, Alessia Guarneri^a, Riccardo Ragona^b,
Cristina Mantovani^a, Francesca Giglioli^b, Angela Botticella^a, Patrizia Ciammella^c,
Cristina Iftode^a, Lucio Buffoni^d, Enrico Ruffini^e, Giorgio Vittorio Scagliotti^f

^a Radiation Oncology Department, University Hospital S. Giovanni Battista di Torino, Via Genova 3, 10126, Torino, Italy

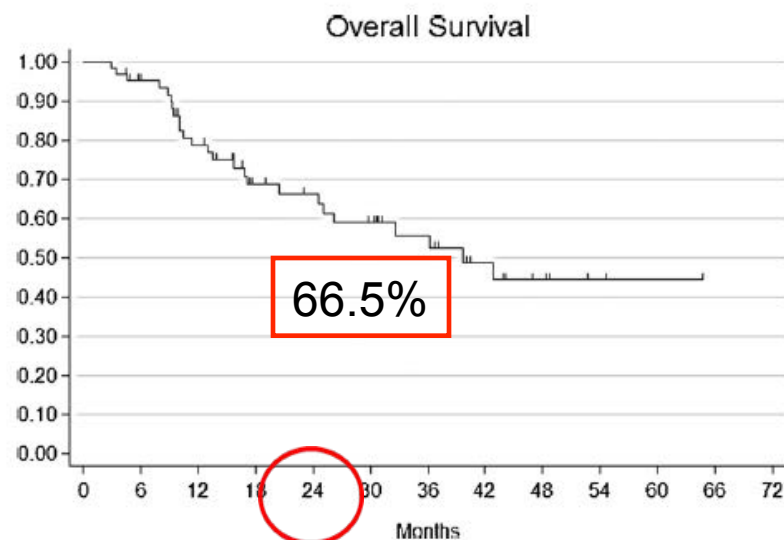
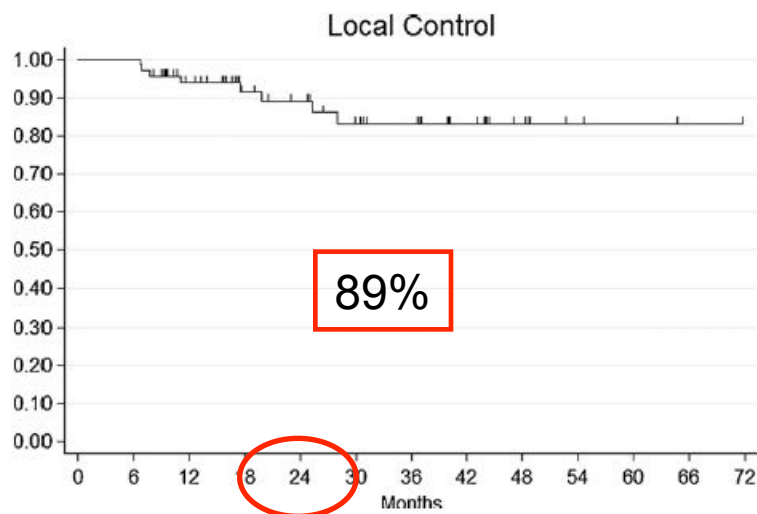
^b Medical Physics, University Hospital S. Giovanni Battista di Torino, Via Genova 3, 10126 Torino, Italy

^c Radiation Oncology Department, Arcispedale S.M. Nuova Hospital, Viale Risorgimento 80, 42123 Reggio Emilia, Italy

^d Medical Oncology Department, University Hospital S. Giovanni Battista di Torino, Via Genova 3, 10126 Torino, Italy

^e Thoracic Surgery Department, University Hospital S. Giovanni Battista di Torino, Via Genova 3, 10126 Torino, Italy

^f Thoracic Oncology Department, University Hospital S. Luigi, Regione Gonzole 10, 10043 Orbassano, Italy





HybridArc application in the treatment of lung metastasis

L. Marino¹, G.R. Borzi¹, V. Umina¹, A.M. Di Grazia¹
1.rem radioterapia. Catania



BRAINLAB
SYMPOSIUM,
ROMA

18 NOVEMBRE 2012

Purpose

The aim of this work is to evaluate the possibility of the application of HybridArc (HA) technique (BrainLAB 2010) for stereotactic body radiotherapy (SBRT). The HA technique is a combination of enhanced Dynamic Conformal Arcs (eDCAs) and Intensity-Modulated RadioTherapy (IMRT) treatments: a number of IMRT beams are added to each eDCA in order to further optimize the target dose conformity while minimizing exposure to normal tissue and dose to organs at risk (OARs).

Materials and Methods

HA plans were made using the HybridArc option in IPlan RT Dose 4.5. This modality allows to insert a treatment group with eDCAs and IMRT beams distributed per arc.

In order to evaluate the dosimetric merits of the application of this technique to SBRT treatments, patients with the PTV in the vicinity of the OARs, who might have had a clinical advantage of using this treatment modality, were chosen. For these patients, two different treatment plans were processed: one with Dynamic Conformal Arcs (DCAs) and the second with HA. To demonstrate the quality of HA delivery for the stereotactic treatments considered here, dose-volume histogram (DVH) analysis for DCA technique was presented together with HA.

For dosimetric verification it was used a two-dimensional ion chamber array (MatrixX, IBA Dosimetry).

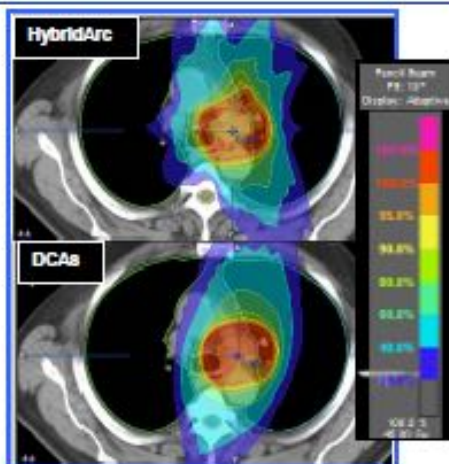
Comparison of the dose distributions measured through MatrixX with those calculated in IPlan RT Dose for all HA plans was performed using a gamma analysis with 3% dose difference and 3 mm distance-to-agreement criteria.

Results

From 26.10.2011 to 23.05.2012 a total of 11 patients with lung metastasis were analyzed.

The comparison of DVHs shows that HA stereotactic treatments are excellent compared to those made with DCAs, probably due to the presence of IMRT beams that better conform the dose to PTV, ensuring consistently greater sparing of OARs. In particular, we found that the HA treatments produced better target dose homogeneity and substantial saving of surrounding organs. In fact, in all cases we investigated, dose to spinal cord was considerably lower with HA compared to DCAs treatments. Comparison of MatrixX measurements to dose calculation with Pencil Beam (PB) algorithm gives good agreement both for HA plans and for DCA treatments. However gamma criterion fails in the low-dose regions, especially at larger distances from the target. This is probably due to the 10° discretization in dose calculation that characterizes the PB algorithm. We reasonably believe that especially in the case of inhomogeneities, such as lung or air cavities, dose calculation performed by the Monte Carlo algorithm would provide better results.

CASE	PRIMITIVE CANCER	DOSE PRESCRIPTION
1	LUNG CANCER	15 Gy x 3
2	LUNG CANCER	15 Gy x 3
3	LUNG CANCER	15 Gy x 3
4	LUNG CANCER	15 Gy x 3
5	LUNG CANCER	15 Gy x 3
6	LUNG CANCER </td <td>15 Gy x 3</td>	15 Gy x 3
7	LUNG CANCER	15 Gy x 3
8	LUNG CANCER	13 Gy x 3
9	BLADDER CANCER	15 Gy x 3
10	BREAST CANCER	13 Gy x 3
11	UTERINE CANCER	15 Gy x 3

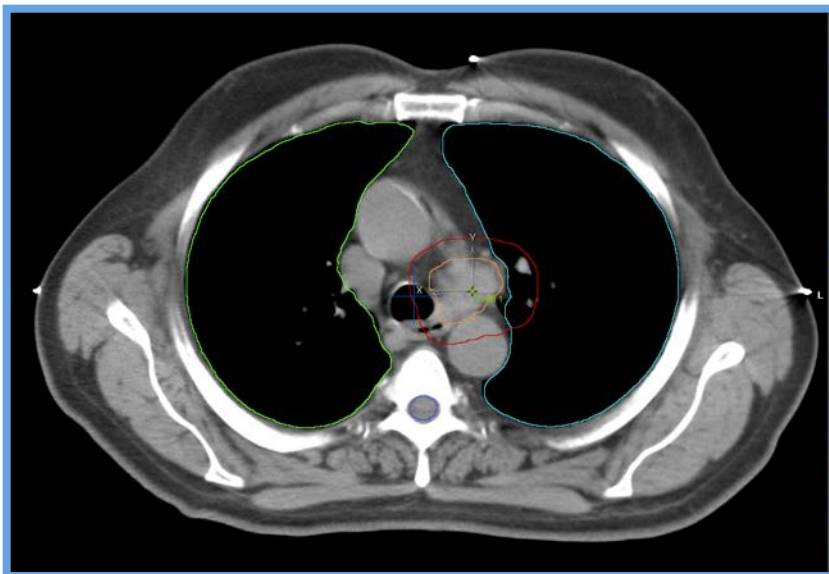


Conclusions

In this work, HA is investigated to be able to safely apply in clinical practice. HA technique is demonstrated to be technically feasible; it offers a new and efficient means for SBRT treatments. Further studies such as optimization of the treatment technique and Monte Carlo dosimetric implementation are currently under way at our center.

CARATTERISTICHE DEI PAZIENTI

25 pazienti con metastasi polmonari



Età (anni)	
Mediana	69
Range	46 - 82
Tumore primitivo	
NSCLC adenocarcinoma	7 (28%)
NSCLC squamoso	6 (24%)
Mammella	1 (4%)
Vescica	2 (8%)
Endometrio	1 (4%)
Colon-Retto	6 (24%)
Pancreas	1 (4%)
Parotide	1 (4%)
Chemioterapia	
Si	14 (56%)
No	11 (44%)
ITV (cm³)	
Mediana	8.272
Range	0.844 - 35.412
Frazionamenti RT (Gy)	
20 Gy x 1 fraz	5 (20%)
15 Gy x 3 fraz	13 (52%)
13 Gy x 3 fraz	7 (28%)

HybridArc: modalità di trattamento

1. Acquisizione delle scansioni TC del paziente

2. Trasferimento delle immagini su iPlan RT

3. Contornazione target e organi a rischio (OAR)

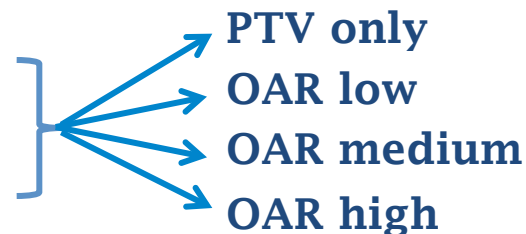
4. Pianificazione del trattamento HybridArc

INVERSE PLANNING

- Definizione della prescrizione di dose al PTV
- Definizione dei constraints di dose agli OAR
- Ottimizzazione del piano HybridArc

OTTIMIZZAZIONE

- Ottimizzazione dell'apertura dei eDCA
- Ottimizzazione dei fasci IMRT



5. Visualizzazione delle distribuzioni di dose

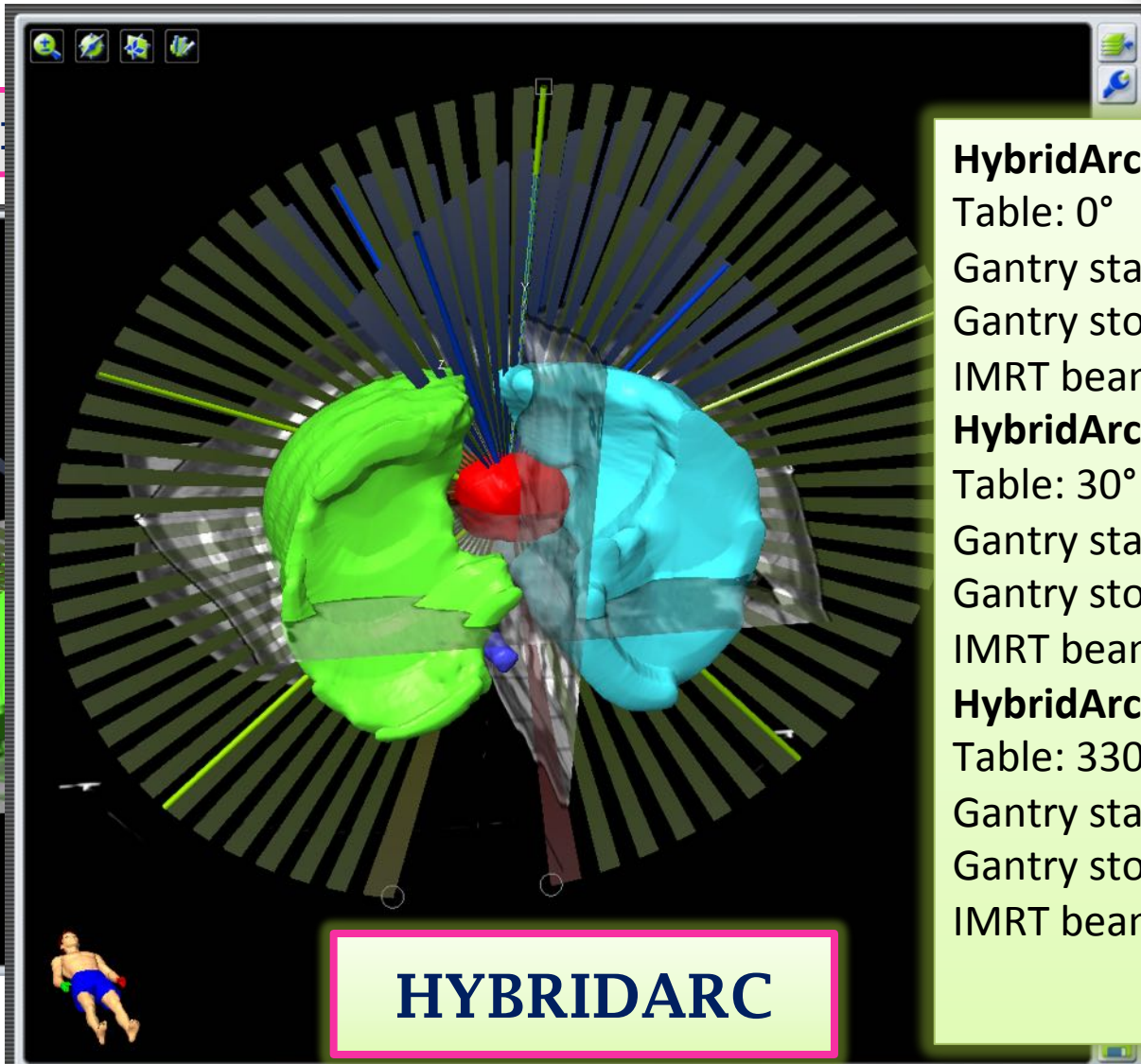
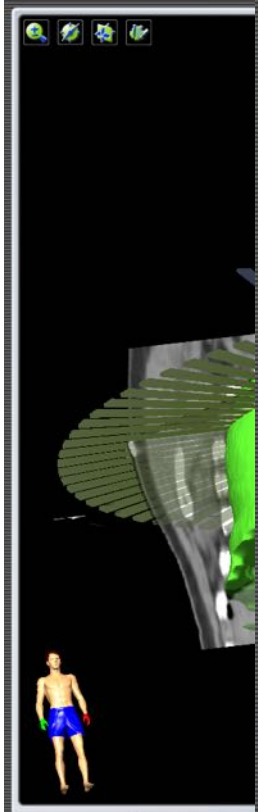
6. Visualizzazione degli istogrammi dose-volume

Esempio di piano HybridArc per SBRT

BRAINLAB
SYMPOSIUM,
ROMA

18 NOVEMBRE 2012

Archi di



HYBRIDARC

HybridArc 1

Table: 0°

Gantry start: 190°

Gantry stop: 170°

IMRT beams: 5

HybridArc 2

Table: 30°

Gantry start: 320°

Gantry stop: 40°

IMRT beams: 3

HybridArc 3

Table: 330°

Gantry start: 320°

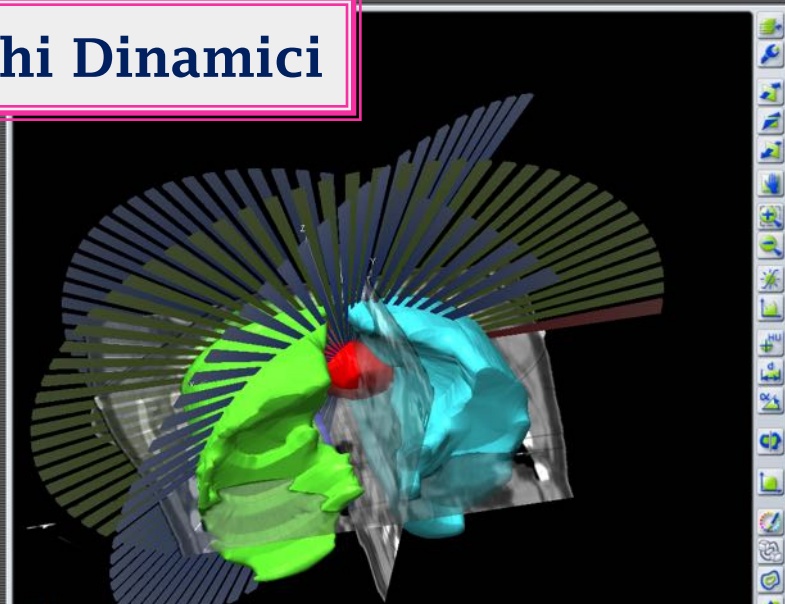
Gantry stop: 40°

IMRT beams: 3

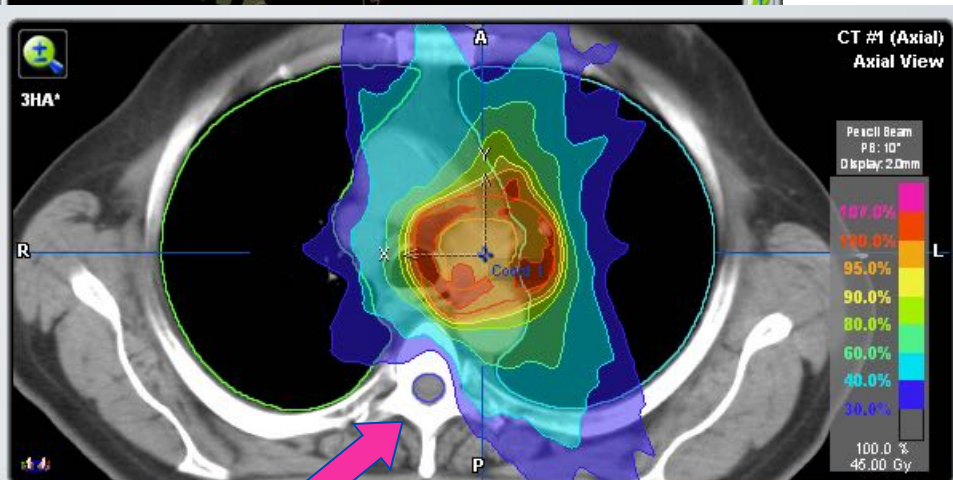
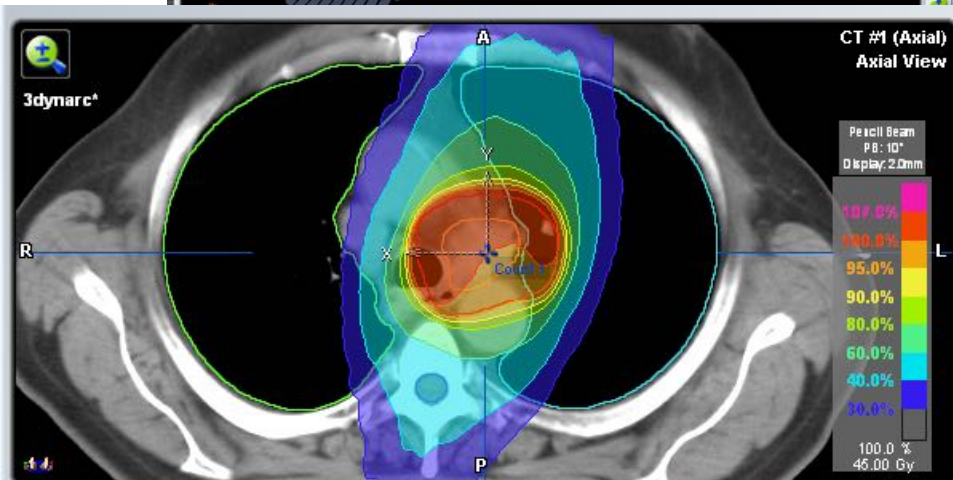
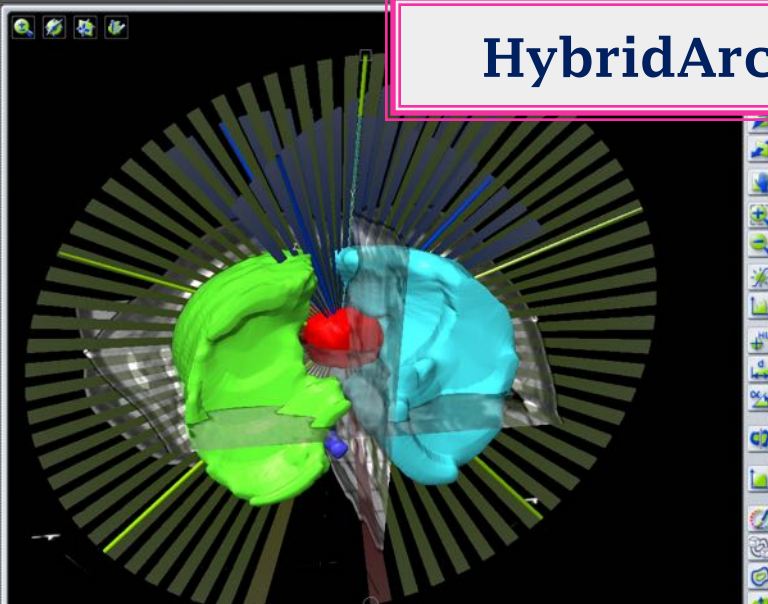
Due tecniche a confronto: DCAs vs HA

BRAINLAB
SYMPOSIUM,
ROMA
18 NOVEMBRE 2012

Archi Dinamici



HybridArc

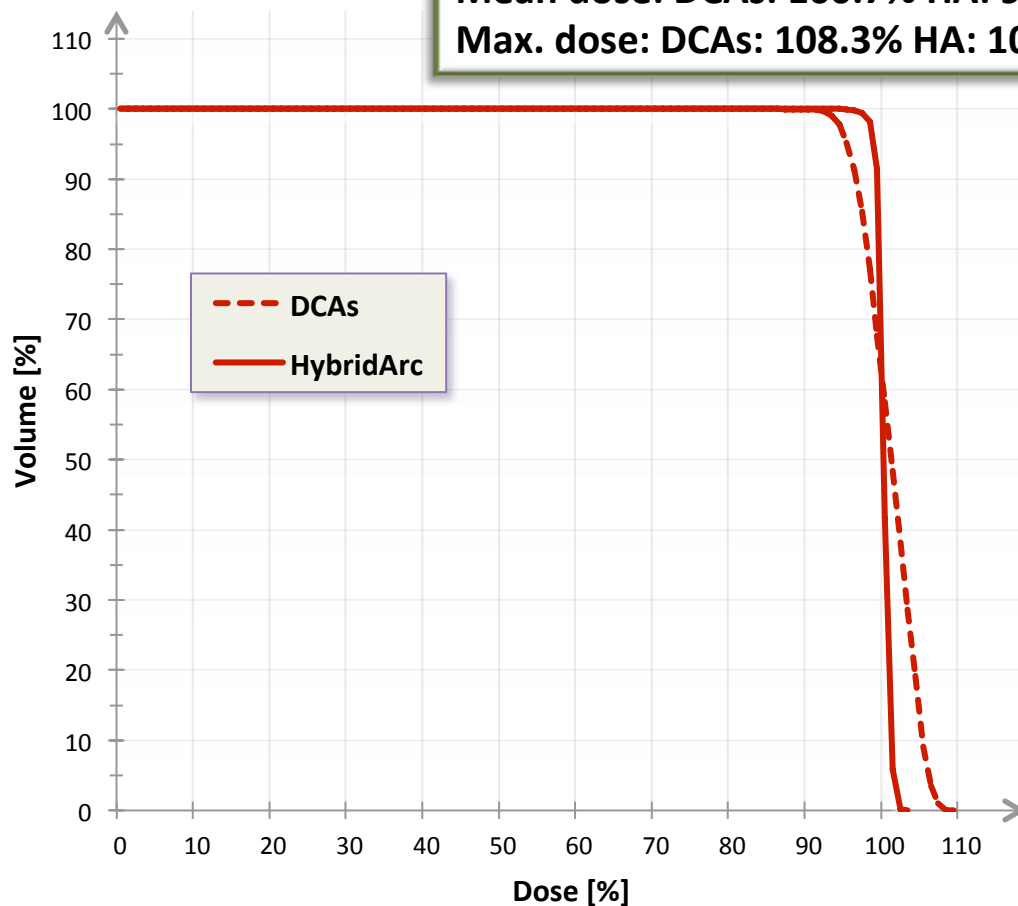


MIDOLLO totalmente schermato

Confronto tra piani rivali: DVH

PTV

Min. dose: DCAs: 83.7% HA: 93.0%
Mean dose: DCAs: 100.7% HA: 99.9%
Max. dose: DCAs: 108.3% HA: 102.5%

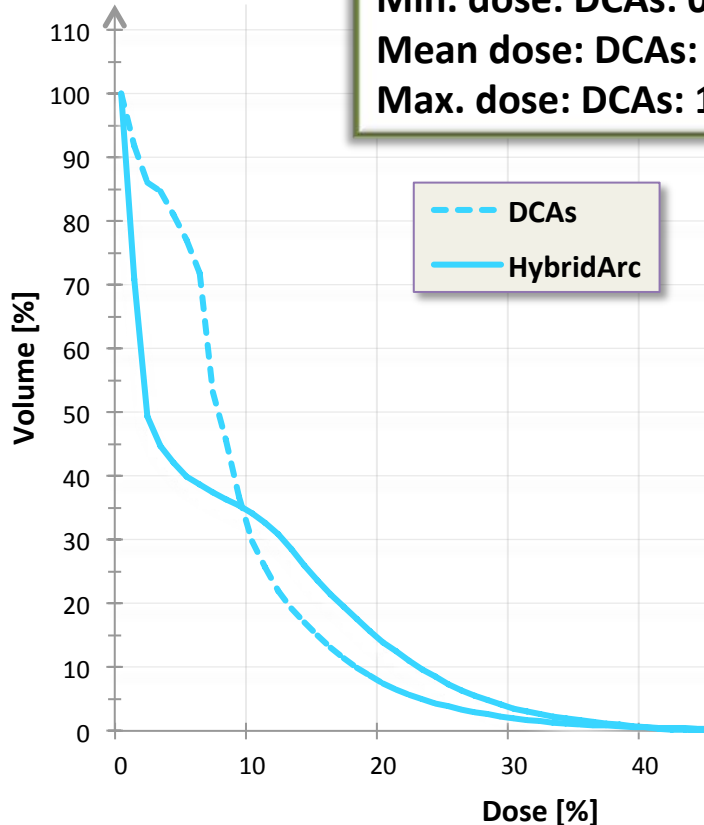


**Migliore copertura
del target e
maggiore
omogeneità della
distribuzione della
dose per la tecnica
HybridArc**

Confronto tra piani rivali: DVH

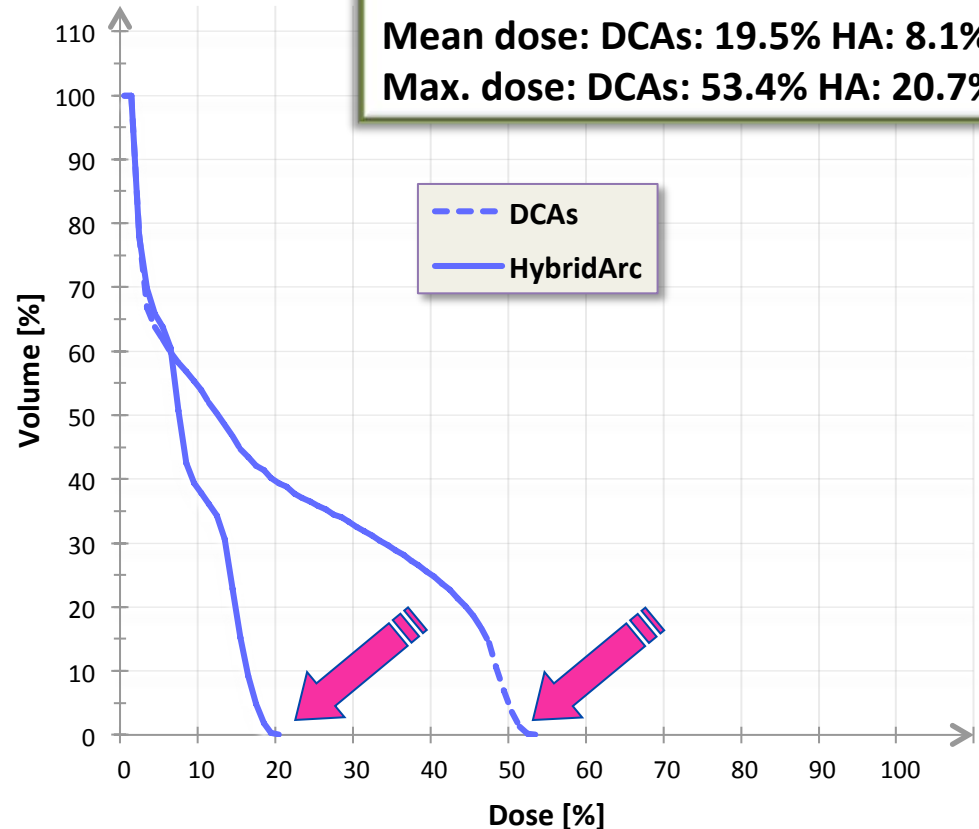
Polmone

Min. dose: DCAs: 0.6% HA: 0.6%
Mean dose: DCAs: 15.7% HA: 16.6%
Max. dose: DCAs: 105.8% HA: 102.5%



Midollo

Min. dose: DCAs: 1.1% HA: 1.1%
Mean dose: DCAs: 19.5% HA: 8.1%
Max. dose: DCAs: 53.4% HA: 20.7%



**Sostanziale risparmio
del midollo: 33% di
dose massima in meno**

DCAs vs HybridArc

PARAMETRI DI CONFRONTO

PTV

Indice di conformità: $CI = 1 + \frac{V_{normal}}{V_{target}}$

Dose media (%)

Dose massima (%)

Omogeneità della distribuzione di dose: $D_{5\%} - D_{95\%}$ (Gy)

OAR

Midollo → Dose massima (< 15 Gy)

Polmone → Dose media (< 10-12 Gy)

Polmone → V_{10Gy} (< 30-35%)

Polmone → V_{5Gy} (< 30%)

Cuore → Dose media (< 3 Gy)

DCAs vs HybridArc

PARAMETRI DI CONFRONTO

Parametro	DCAs	HybridArc
Indice di conformità	1.21 ± 0.13	1.05 ± 0.04
Dose media PTV (%)	99.6 ± 0.8	100.0 ± 0.6
Dose max PTV (%)	106.4 ± 2.7	102.7 ± 1.6
PTV ($D_{5\%}$ - $D_{95\%}$) (Gy)	4.2 ± 1.9	1.3 ± 1.0
Dose media polmone (Gy)	5.0 ± 2.8	5.0 ± 2.9
V_{10Gy} polmone (%)	15.5 ± 9.9	16.2 ± 10.6
V_{5Gy} polmone (%)	26.3 ± 14.3	26.1 ± 14.1
Dose media cuore (Gy)	1.5 ± 1.6	1.4 ± 1.4
Dose max midollo (Gy)	7.0 ± 5.3	5.2 ± 2.8
Efficienza Unità Monitor (UM/Gy)	116 ± 13	218 ± 66

...verso il Monte Carlo

BRAINLAB
SYMPOSIUM,
ROMA
18 NOVEMBRE 2012

Scopo della **SBRT**

Conformare la dose di prescrizione al PTV

Minimizzare la dose all'esterno del PTV

Ottimizzazione piano SBRT

Minimizzare la dose agli organi a rischio

Minimizzare la dose ai tessuti sani intorno al PTV

Necessità di TPS

PIU' ACCURATI e veloci

basati sul MONTE CARLO

Effetti della disomogeneità dei tessuti

Scatter laterale degli elettroni nei tessuti a bassa ρ

Precisione nel calcolo della dose per piccoli campi

Algoritmo Monte Carlo (XVMC) in iPlan

- ❖ L'algoritmo Monte Carlo (MC) presente in iPlan si basa sull'algoritmo di dose X-ray Voxel Monte Carlo (XVMC) sviluppato da Kawrakow e Fippel
- ❖ Il sistema di calcolo della dose è caratterizzato da 3 componenti:
 - modello della sorgente virtuale
 - modello del fascio attraverso i sistemi di collimazione (jaws e MLC)
 - trasporto all'interno del paziente
- ❖ Opzioni di calcolo a disposizione dell'utente:
 - RISOLUZIONE SPAZIALE:
definisce la dimensione della griglia di calcolo della dose (2 mm)
 - VARIANZA MEDIA:
è legata all'incertezza statistica del calcolo (2%)
 - TIPO DI DOSE:
permette di scegliere tra dose rilasciata al mezzo (D_m) e in acqua (D_w)
 - MODELLO DI MLC:
consente di simulare l'MLC attraverso le modalità "Precise" o "Fast", per tener conto delle caratteristiche delle lamelle (spessore, distanza, estremità arrotondata ecc.)

Dosimetric verification and clinical evaluation of a new commercially available Monte Carlo-based dose algorithm for application in stereotactic body radiation therapy (SBRT) treatment planning

Margarida Fragoso¹, Ning Wen, Sanath Kumar, Dezhi Liu, Samuel Ryu, Benjamin Movsas, Ajlouni Munther and Indrin J Chetty²

Henry Ford Health System, Detroit, MI, USA

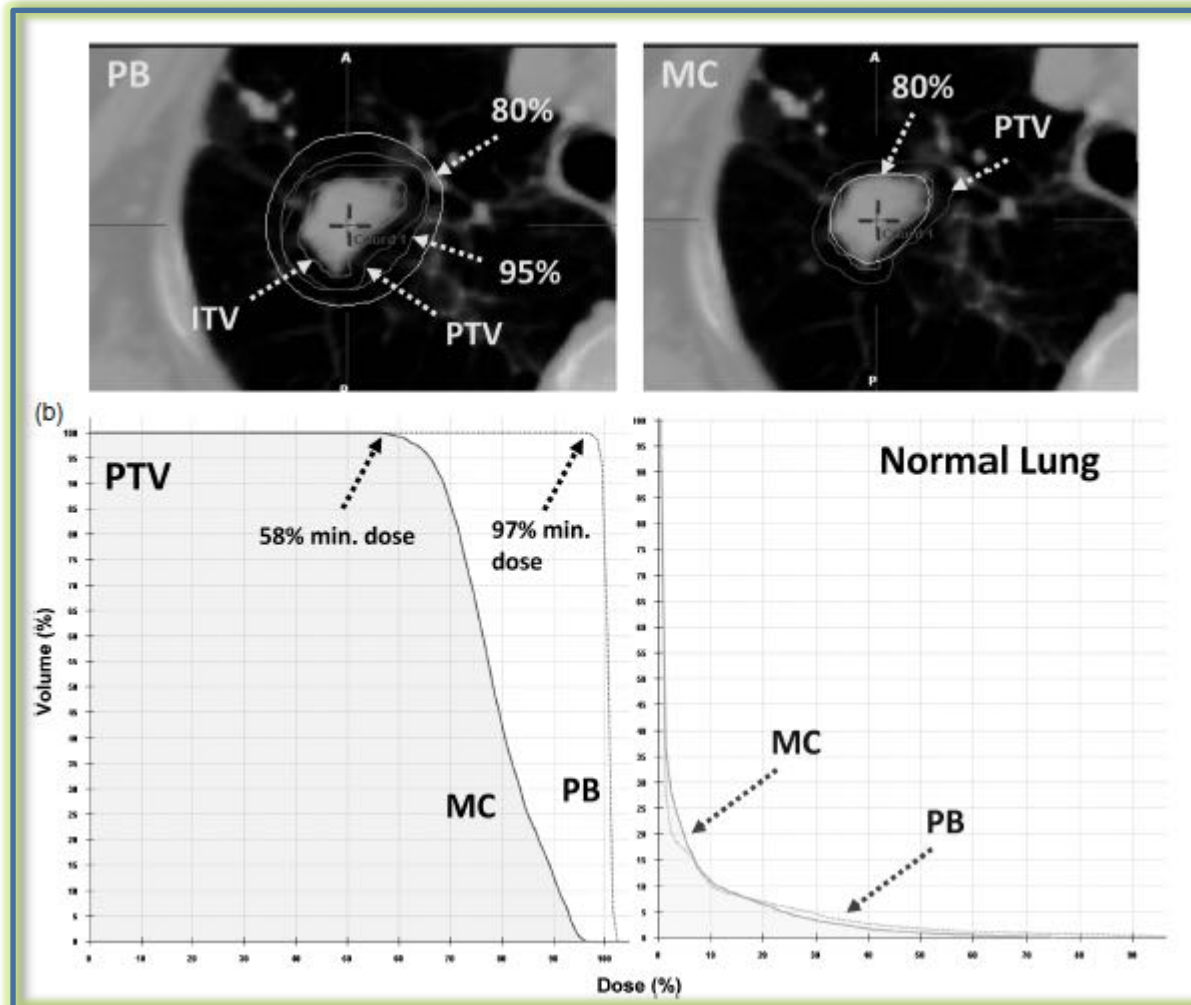
E-mail: ichetty1@hfhs.org

Received 1 February 2010, in final form 7 June 2010

Published 29 July 2010

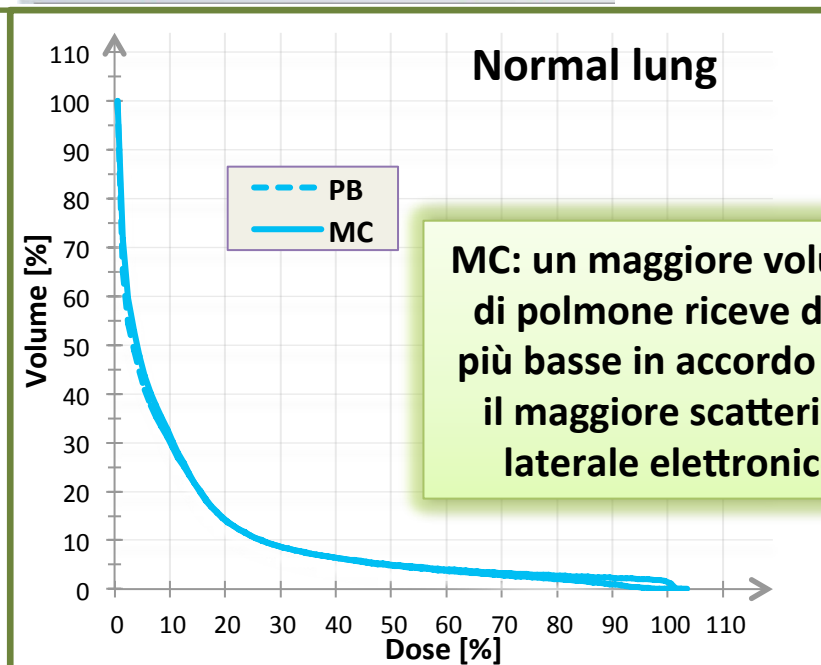
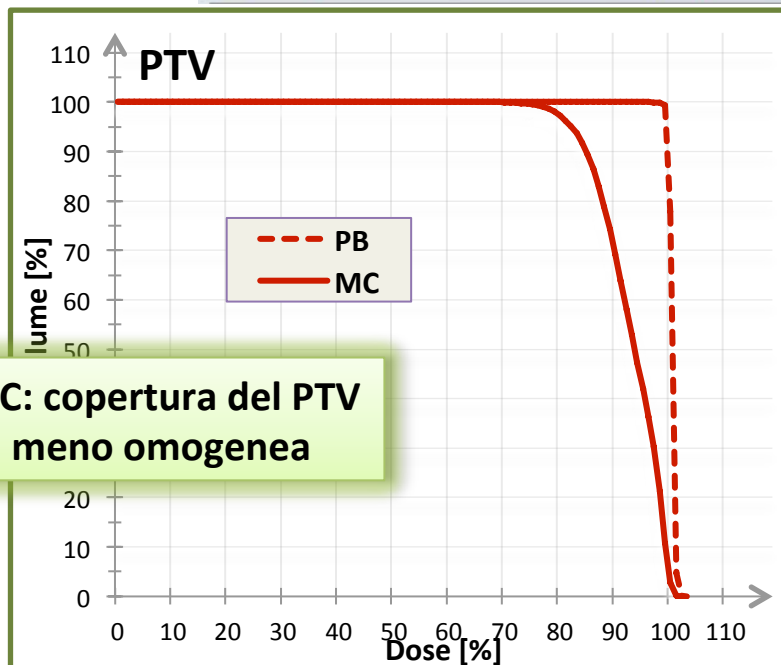
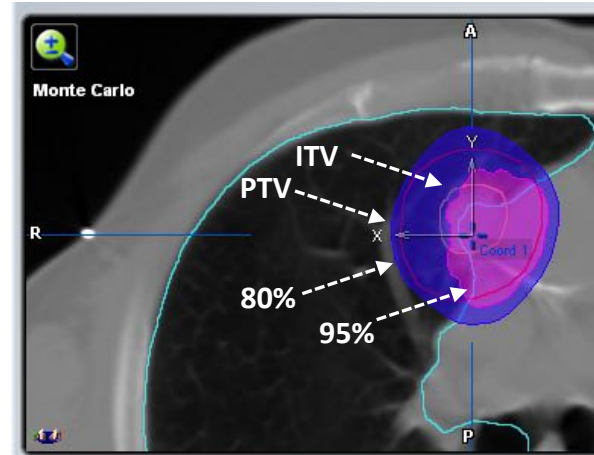
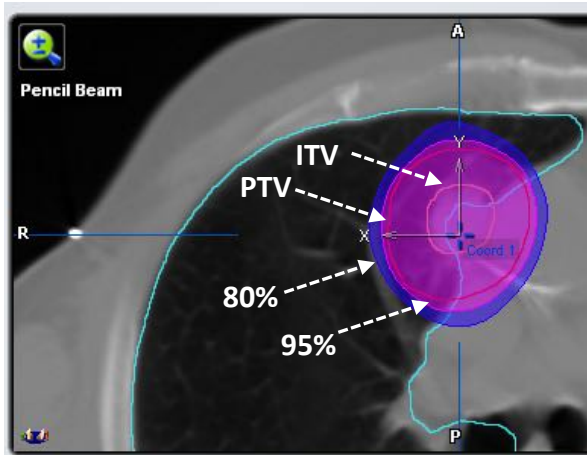
SCOPO DEL LAVORO è la descrizione, verifica dosimetrica e valutazione clinica del TPS iPlan basato sull'algoritmo Monte Carlo per il calcolo dei trattamenti SBRT.

CONCLUSIONI: significativo miglioramento nell'accuratezza del calcolo della dose per trattamenti SBRT usando l'algoritmo Monte Carlo rispetto all'algoritmo Pencil Beam.



- Riduzione di dose al PTV (curve di isodose)
- Eterogeneità di dose all'interno del PTV (DVH)
- Per lesioni di piccolo volume la copertura del PTV peggiora perché la dimensione dei campi è talmente piccola da non poter garantire le condizioni di equilibrio degli elettroni secondari (aumenta lo scattering laterale)

PB vs MC



Rivalutazione dei piani con Monte Carlo

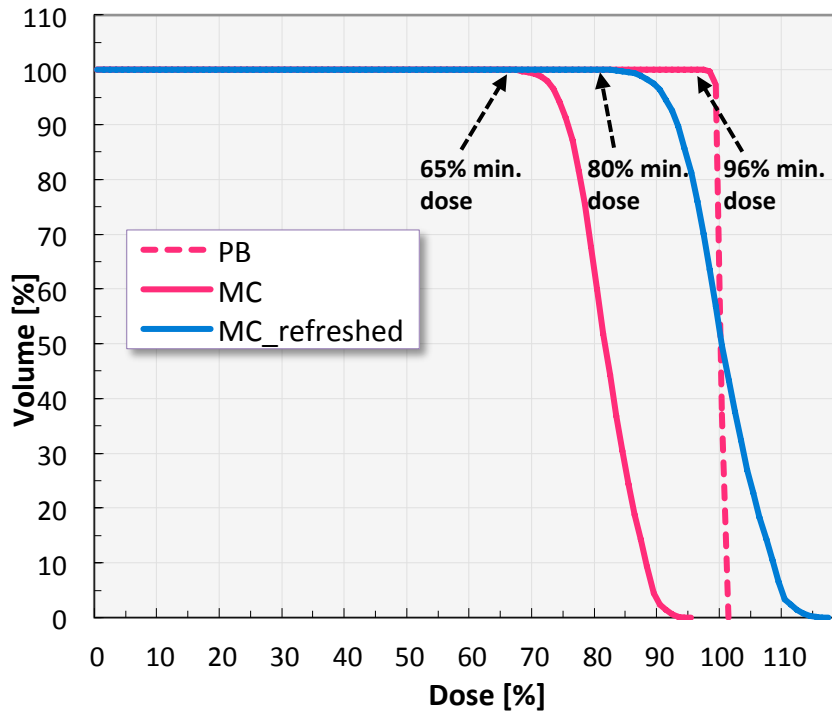
- ❖ Dose di prescrizione: 8 Gy x 5 frazioni
- ❖ Normalizzazione: TARGET MEAN (dose media al PTV = dose di prescrizione)
- ❖ Generazione di 3 piani per ciascuno dei 25 pazienti:
 1. PIANO CALCOLATO CON PB (PB)
 2. PIANO CALCOLATO CON MC, CON IDENTICI PARAMETRI (MC)
 3. PIANO RIOTTIMIZZATO CON MC (MC_refreshed)

	DCAs			HybridArc		
	PB	MC	MC_refreshed	PB	MC	MC_refreshed
MIN. DOSE (%)	84.1 ± 5.6	68.0 ± 8.4	74.0 ± 4.9	90.2 ± 9.9	71.2 ± 7.4	75.6 ± 5.1
MEAN DOSE (%)	99.8 ± 0.3	89.8 ± 5.4	99.5 ± 0.5	99.8 ± 0.5	92.2 ± 6.4	99.2 ± 0.8
MAX. DOSE (%)	106.6 ± 2.6	101.3 ± 5.9	112.2 ± 3.4	102.5 ± 1.5	98.5 ± 9.6	109.8 ± 3.6

PB vs MC: volume del tumore

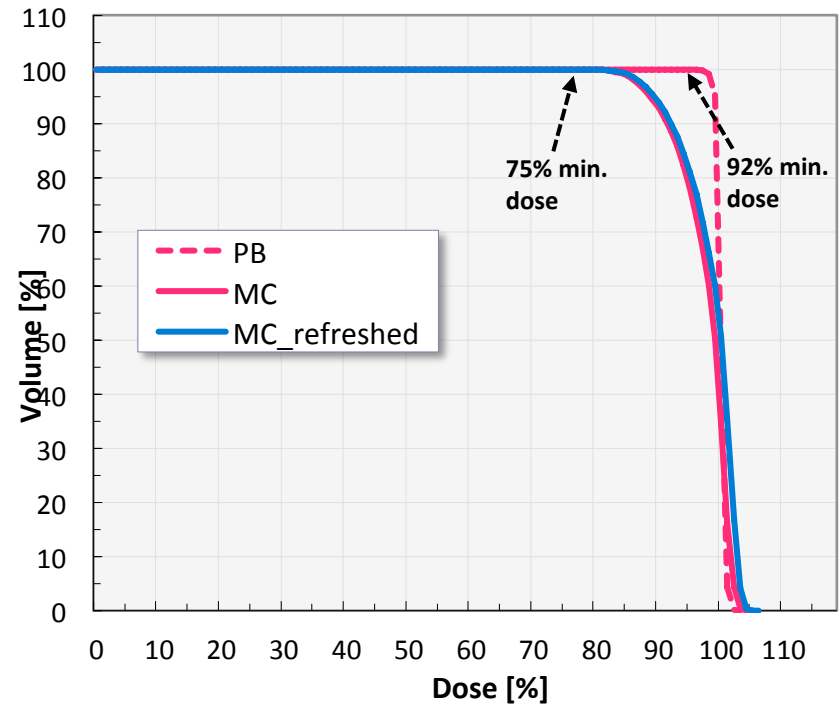
Piccolo volume

0.8 cm³



35.4 cm³

Grande volume



La dimensione del campo influenza fortemente l'impatto dello scattering elettronico sulla dose al target

Conclusioni

- ✓ **HybridArc** unisce i vantaggi dei trattamenti con archi dinamici conformazionali e quelli dei trattamenti IMRT
- ✓ HA è una tecnica sicura, accurata ed applicabile nella pratica clinica
- ✓ E' particolarmente indicata per i trattamenti stereotassici
- ✓ I piani HA risultano spesso migliori rispetto a quelli con archi dinamici conformazionali
- ✓ Alta conformazione ed omogeneità della dose al target
- ✓ Consistente risparmio degli organi a rischio (soprattutto il midollo)

Conclusioni

- ✓ L'algoritmo **Monte Carlo** tiene conto della disomogeneità dei tessuti e dello scattering laterale elettronico nei tessuti a bassa ρ
- ✓ Con il Pencil Beam abbiamo finora sottodosato?
E se abbiamo sottodosato qual'è la reale dose citocida?
- ✓ Qual è la reale copertura del target e la conseguente tossicità agli OAR?
- ✓ Necessità di studi clinici randomizzati
- ✓ Approfondimento dei meccanismi radiobiologici

Grazie per l'attenzione...

AIRO 2013



...arrivederci a Taormina!