

C090

L'IRRADIAZIONE STEREOTASSICA DI LESIONI EPATICHE CON FOTONI E PROTONI: STUDIO FISI-CO-DOSIMETRICO

**F. Dionisi, G. Gandinelli, F. Fellin, M. Buglione, F. Barbera, L. Vinante, M. Schwarz, L. Spiazzi, M. Amichetti, S.M. Magrini (Trento, Brescia)**

UO Protonterapia, Dipartimento Oncologico, APSS, Trento

# INDICE

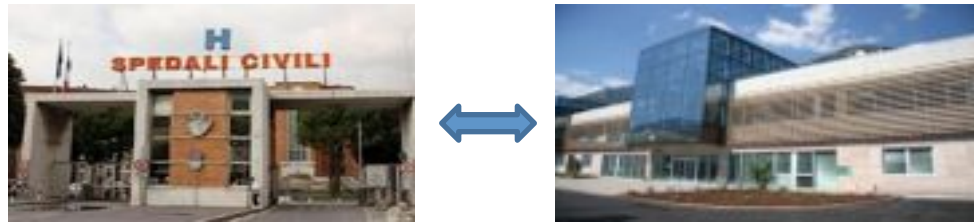
- Background
- Presentazione studio
- Risultati
- Discussione

# BACKGROUND



2012

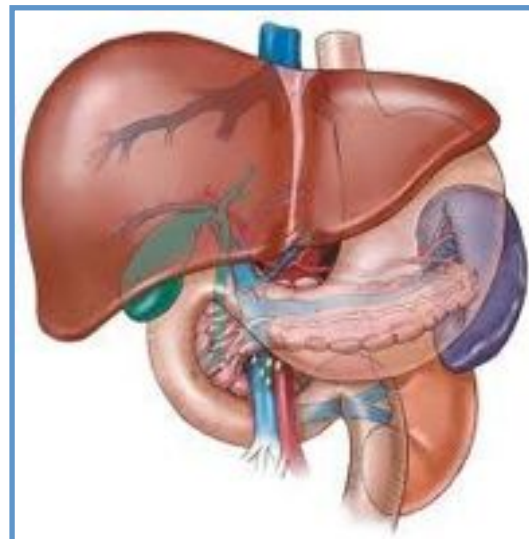
# BACKGROUND



## Obiettivo

**Overview: Where Does Radiation Therapy Fit in the Spectrum of Liver Cancer Local-Regional Therapies?**

Dawson Semin Rad Onc 2011





# BACKGROUND



Elaborazione di un protocollo clinico per il trattamento delle lesioni epatiche (primitive e metastatiche) con tecnica stereotassica

Implementazione del workflow di trattamento

- simulazione
- pianificazione
- trattamento
- verifica

Elaborazione di un protocollo di studio fisico dosimetrico per l'irradiazione di volumi epatici con tecnica stereotassica

## Presentazione studio



### PREMESSA

L'obiettivo che un trattamento ipofrazionato stereotassico si prefigge (alto gradiente di dose fra il volume bersaglio ed i tessuti sani) può essere raggiunto con diverse tecniche di irradiazione:

- Tecnica 3D statica con fasci multipli coplanari
- Tecnica 3D statica con fasci multipli non coplanari
- Tecnica 3D dinamica con archi conformati
- Tecnica ad intensità modulata (campi statici, volumetrica, Tomoterapia )
- Protonterapia

## Presentazione studio



## OBIETTIVI

Testare la capacità delle varie tecniche di irradiazione di somministrare un regime altamente ipofrazionato a volumi bersaglio epatici differenti per sede anatomica e dimensioni, nel rispetto di precisi vincoli di dose al bersaglio e agli organi a rischio circostanti

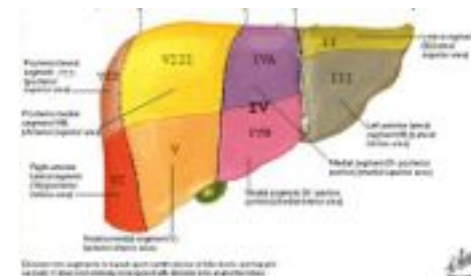
## IMPOSTAZIONE

Creazione su un set di immagini TC 4D di target epatici ipotetici (3,4,5 cm) in differenti posizioni anatomiche seguendo l'anatomia segmentaria epatica

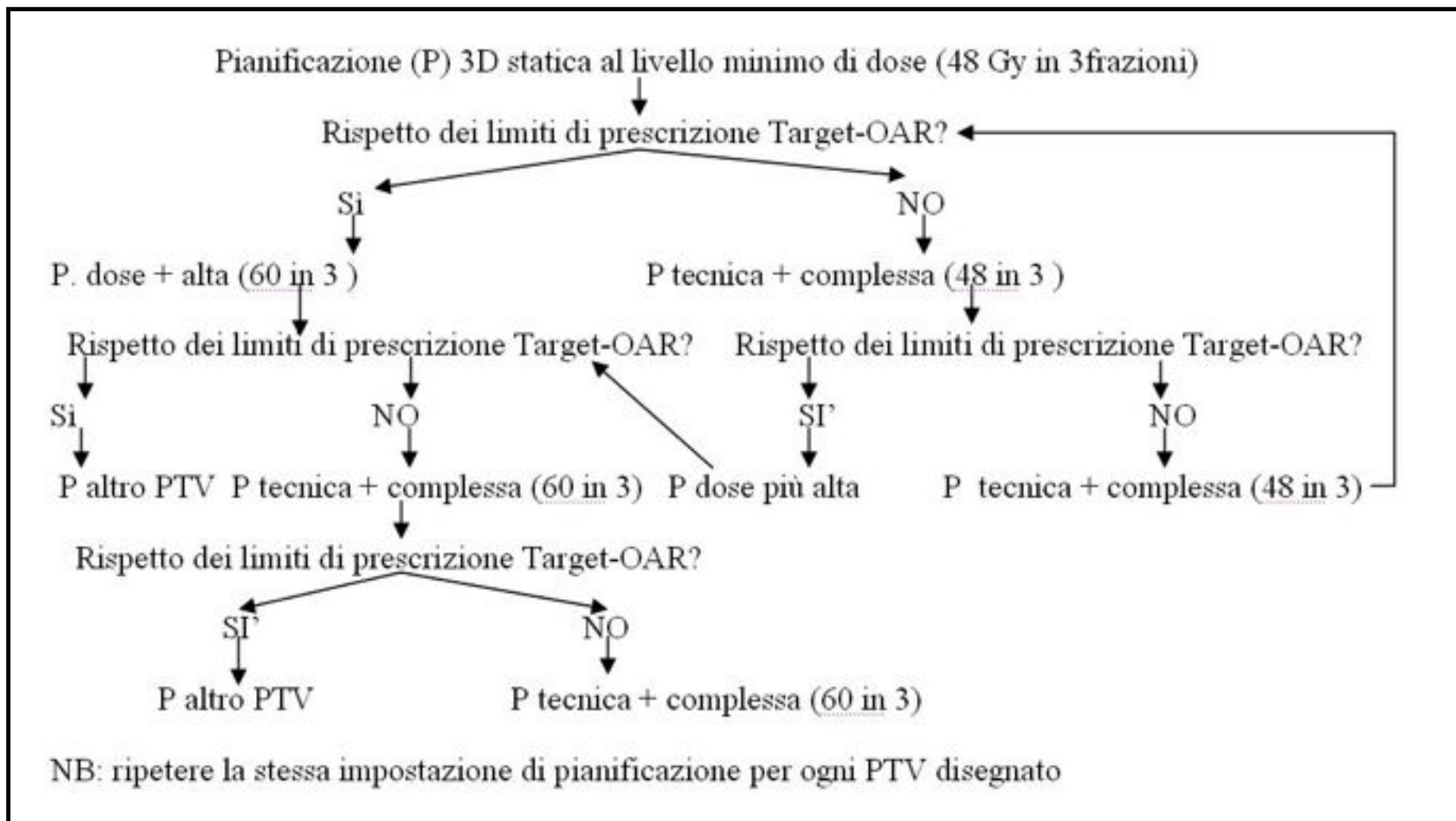
2 livelli di prescrizione:

Liv 1: 60 Gy in 3 frazioni da 20 Gy

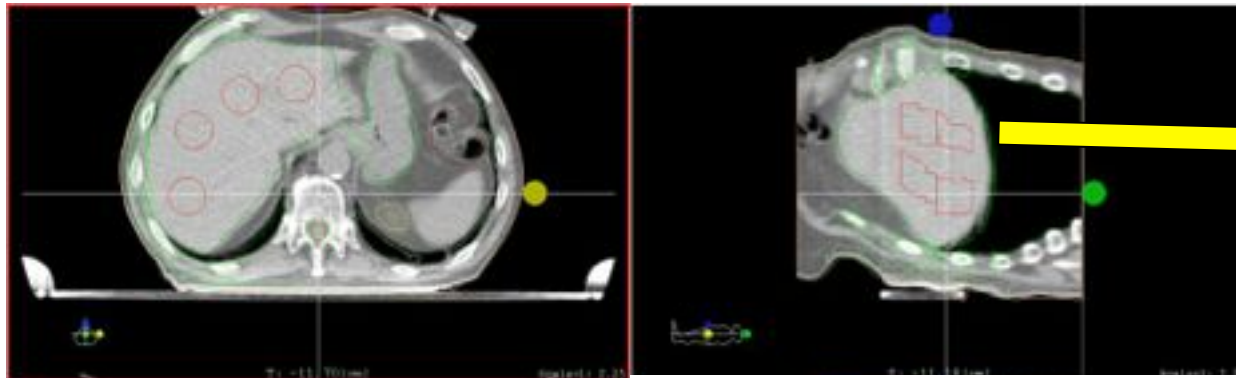
Liv 2: 48 Gy in 3 frazioni da 16 Gy



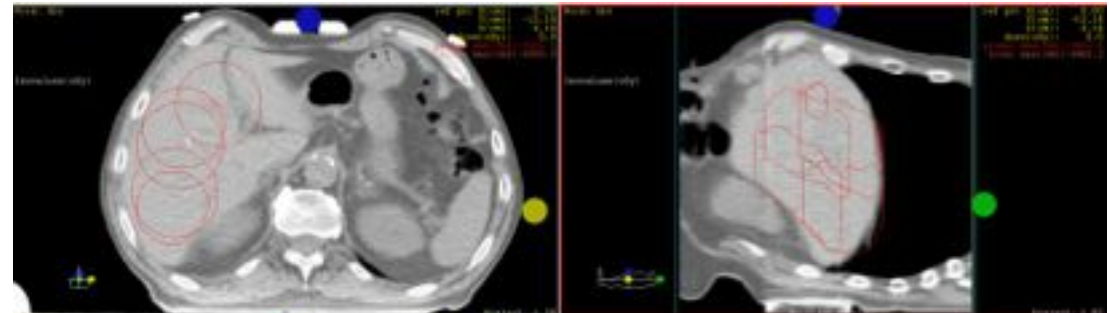
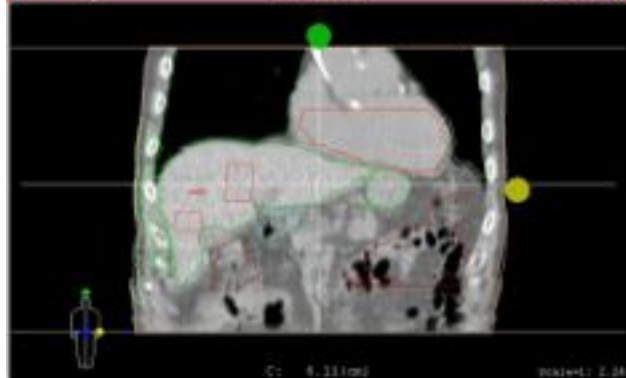
# Presentazione studio



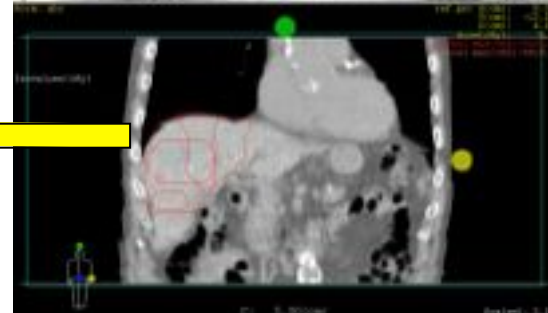
# Presentazione studio



Target 3 cm



Target 5 cm





# Presentazione studio

## Vincoli di dose



Parametri (target-OAR)	Soglia
PTV D99%	$\geq 60\text{Gy}$
PTV D1	$\leq 75\text{ Gy}$
D media Fegato-GTV	$\leq 15\text{Gy}$
V fegato - GTV D<15Gy	$\geq 700\text{ cc}$
Fegato -PTV v D $\geq 60\text{Gy}$	$<15\%\text{PTV}$
Midollo D(0,25 cc)	$\leq 18\text{Gy}$
Cuore D(1cc)	$\leq 30\text{Gy}$
Cuore D(15cc)	$\leq 24\text{Gy}$
Esofago D(1cc)	$\leq 21\text{Gy}$
Esofago D(5cc)	$\leq 17\text{Gy}$
Stomaco D(1cc)	$\leq 21\text{Gy}$
Stomaco D(10cc)	$\leq 16\text{Gy}$
Duodeno D(1cc)	$\leq 21\text{Gy}$
Cute (1cc)	$\leq 35\text{Gy}$
Cute (10cc)	$\leq 30\text{Gy}$
Grosso Intestino D(1cc)	$\leq 21\text{Gy}$
Grosso Intestino D(20cc)	$\leq 24\text{Gy}$
Reni V(15 Gy)	$\leq 50\%$
Parete Toracica V(30 Gy)	$\leq 30\text{cc}$

*Pan Int J Radiat Oncol Biol Phys 2010(76):S94-100*

*Benedict Med Phys 2010(37):4078-101*

*Hoyer <http://www.cirro.dk/research/intervention-protocols/intervention-protocol-06>*

*Grimm Med Phys 2011 (12):267-292*

## Presentazione studio



## Volumi di pianificazione

PTV3cmDupPost	80.391
PTV3cmInfAnt	75.222
PTV3cmInfPost	78.411
PTV3cmLatSx	70.101
PTV3cmMedSx	75.357
PTV3cmSupAnt	81.066
PTV4cmInfAnt	135.336
PTV4cmInfPost	139.602
PTV4cmMedSx	142.122
PTV4cmSupAnt	142.017
PTV4cmSupPost	139.980
PTV5cmInfAnt	197.184
PTV5cmInfPost	214.395
PTV5cmMedSx	216.705
PTV5cmSupAnt	203.046
PTV5cmSupPost	196.527

Fegato | 1155.858



# Risultati

48 Gy	
3 cm	IMRT o VMAT
4 cm	IMRT o VMAT o TOMO
5 cm	fotoni work in progress - Protoni Si

60 Gy	
3 cm	Tomotherapy-Protoni Si
4 cm	Fotoni work in progress – Protoni Si
5 cm	PROTONI





# Risultati

--- LAT SIN --- PTV 3cm --- 60 Gy ---

ORGANI A RICHIO	RIF.	3D	ARCHI CONFORM ATI	IMRT	VMAT	TOMO
PTV D99%	≥ 60Gy	60,22		48,64	60,38	60,00
PTV dose max	≤ 75Gy	75,82		71,79	75,24	67,50
D media Fegato-GTV	≤ 15Gy	16,21		19,86	15,91	14,30
Fegato-GTV ( 700cc)	≤ 15Gy	7,76		13,36	10,42	9,20
Fegato-GTV ( 15 Gy )	≥ 700cc	920,19		769,31	936,05	1020,00
Fegato-PTV ( 60 Gy )	≤ 15% VPTV	41,05		32,12	6,13	5,00
Midollo D(0,25 cc)	≤ 18Gy	30,26		2,14	9,06	13,70
Cuore D(1cc)	≤ 30Gy	30,04		43,26	26,60	21,00
Cuore D(15cc)	≤ 24Gy	18,16		19,44	16,56	12,50
Esofago D(1cc)	≤ 21Gy	21,26		25,86	13,62	19,30
Esofago D(5cc)	≤ 17Gy	1,52		1,98	1,68	1,60
Stomaco D(1cc)	≤ 21Gy	38,10		35,84	34,74	19,50
Stomaco D(10cc)	≤ 16Gy	32,00		24,34	18,98	13,80
Duodeno D(1cc)	≤ 21Gy	13,02		26,76	12,78	18,00
Cute (1cc)	≤ 35Gy	38,06		44,10	34,22	35,00
Cute (10cc)	≤ 30Gy	26,82		39,62	24,88	25,00
Grosso Intestino D(20cc)	≤ 24Gy	3,06		2,50	7,50	6,00
Rene D(50%)	≤ 15Gy	0,54		10,00	0,62	0,60
Reni D(35%)	≤ 15Gy	0,75		1,16	0,84	1,00
Parete Toracica V(30 Gy)	≤ 30cc	22,04		35,83	2,07	2,60
Parete Toracica D(30 cc)	≤ 30 Gy	7,97		3426,00	15,06	





Target	Volume PTV (cc)	Copertura PTV: V100 (%)	Dose principali OAR (Gy)				
			Fegato-GTV	Parete Toracica	Cute	Duodeno/IC*	Rene dx
3 cm lat sx	70,1	99	D media= 10,8 Vd<15 Gy = 904 cc	V30= 22 cc	D1cc= 33,5 D10cc= 29,2	D1cc= 11	V15= 0
3cm med sx	75,3	99,4	D media= 9,5 Vd<15 Gy = 903 cc	V30= 11 cc	D1cc= 32,3 D10cc= 26,4	D1cc= 5,1	V15= 0
3cm inf post	78,4	99,6	D media= 9,8 Vd<15 Gy = 904 cc	V30= 17 cc	D1cc= 30,7 D10cc= 26,4	D1cc= 0	V15= 25%
3 cm sup post	80,4	99,1	D media= 9,8 Vd<15 Gy = 903 cc	V30= 13,5 cc	D1cc= 30,6 D10cc= 25,7	D1cc= 0	V15= 4%
3cm sup ant	81	99,4	D media= 9,6 Vd<15 Gy = 912 cc	V30= 8,9 cc	D1cc= 28,2 D10cc= 24,9	D1cc= 0	V15= 0
3cm inf ant	75	99,2	D media= 9,2 Vd<15 Gy = 916 cc	V30= 22 cc	D1cc= 30,7 D10cc= 25,4	D1cc= 0	V15= 0
4 cm med sx	142,1	99,1	D media= 13,4 Vd<15 Gy = 807 cc	V30= 20 cc	D1cc= 34,2 D10cc= 28,9	D1cc= 10,5	V15= 0
4 cm inf post	139,6	99,4	D media= 13,3 Vd<15 Gy = 819 cc	V30= 22,8 cc	D1cc= 32 D10cc= 26,5	D1cc= 0	V15= 27,6%
4 cm sup post	139,9	99,2	D media= 13 Vd<15 Gy = 824 cc	V30= 20 cc	D1cc= 30,5 D10cc= 26,3	D1cc= 0 *D20 cc= 12	V15= 6,9%
4 cm sup ant	142	99,3	D media= 12,8 Vd<15 Gy = 830 cc	V30= 17,1 cc	D1cc= 31,6 D10cc= 27,3	D1cc= 0	V15= 0
4 cm inf ant	135,3	99	D media= 13,1 Vd<15 Gy = 807	V30= 28,5 cc	D1cc= 34,6 D10cc= 28,8	D1cc= 0	V15= 0
5 cm med sx	216,7	99	D media= 13 Vd<15 Gy = 805 cc	V30= 22,5 cc	D1cc= 34,2 D10cc= 28,9	D1cc= 14	V15= 0
5 cm inf post	214,4	99	D media= 15 Vd<15 Gy = 759 cc	V30= 28 cc	D1cc= 30,4 D10cc= 26,3	D1cc= 0	V15= 29,7%
5 cm sup post	196,5	99,3	D media= 14,4 Vd<15 Gy = 780 cc	V30= 25,1 cc	D1cc= 32,3 D10cc= 26,9	D1cc= 0	V15= 9,9%
5 cm sup ant	203	99,2	D media= 14,9 Vd<15 Gy = 758 cc	V30= 27,3 cc	D1cc= 34,5 D10cc= 29,8	D1cc= 0	V15= 0%
5 cm inf ant	197	99	D media= 14,9 Vd<15 Gy = 750 cc	V30= 29,8 cc	D1cc= 34,7 D10cc= 28,7	D1cc= 0	V15= 0



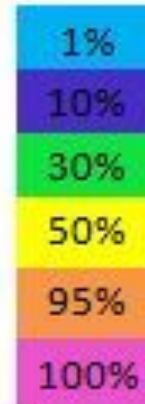
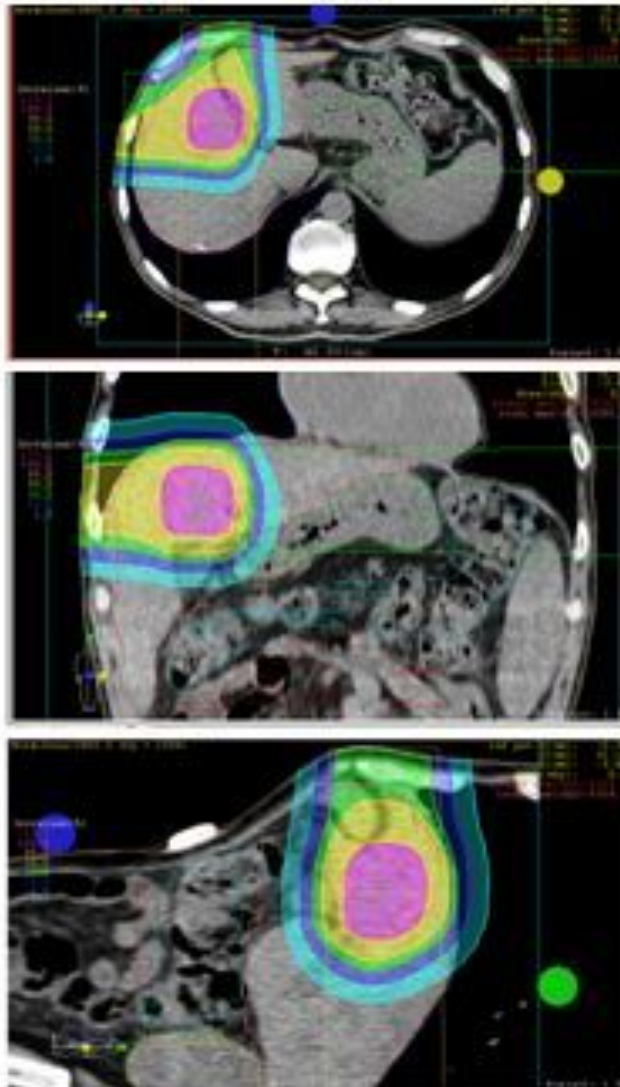
Azienda Provinciale  
per i Servizi Sanitari  
Provincia Autonoma di Trento



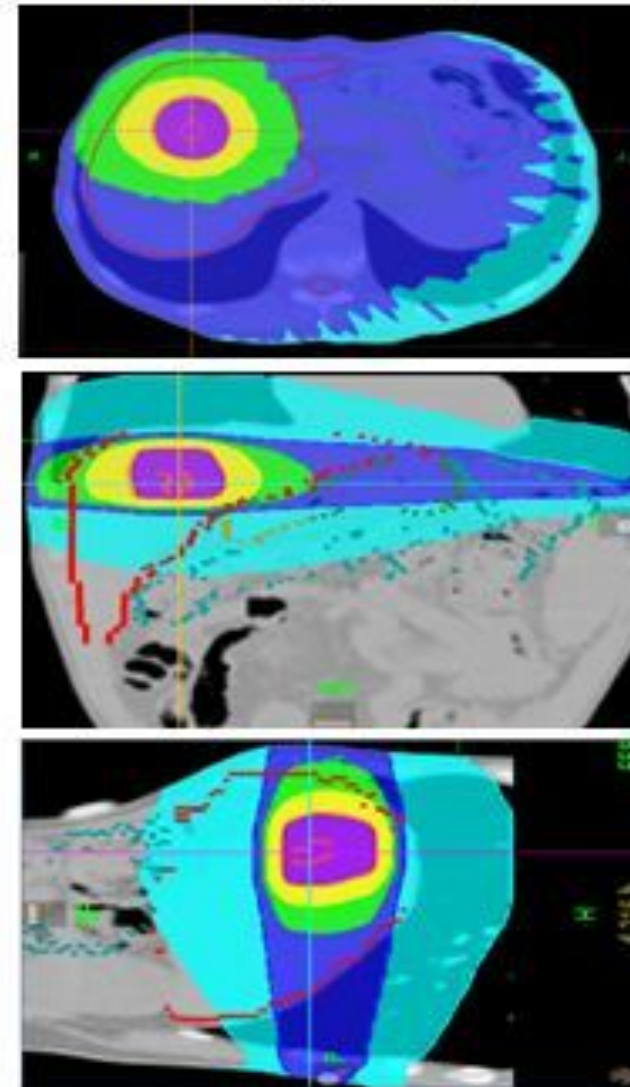




Proton therapy planning



Tomotherapy planning



# Discussione



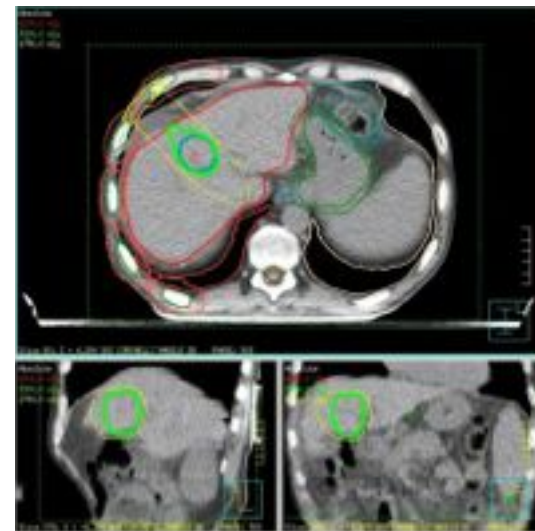
## SPUNTI

Lo studio è stato il viatico per l'introduzione della SBRT presso gli Spedali Civili di Brescia

Nella realtà clinica tutti i nostri pazienti hanno avuto caratteristiche che ne hanno permesso il trattamento con il previsto protocollo (20 Gy per 3 frazioni) mediante tecnica VMAT- IGRT

## CRITICITA'

UNICO SET DI IMMAGINI  
VOLUME EPATICO  
TARGET EPATICI  
MOVING TARGET CON PROTONI  
Active scanning



# Ringraziamenti



Prof. S. M. Magrini  
L. Spiazzi  
G. Gandinelli  
R. Avitabile  
M. Buglione  
F. Barbera  
P. Borghetti  
S. Pandini  
M. Maddalo  
S. Ciccarelli  
F. Foscarini

**ISTITUTO DEL RADIO**

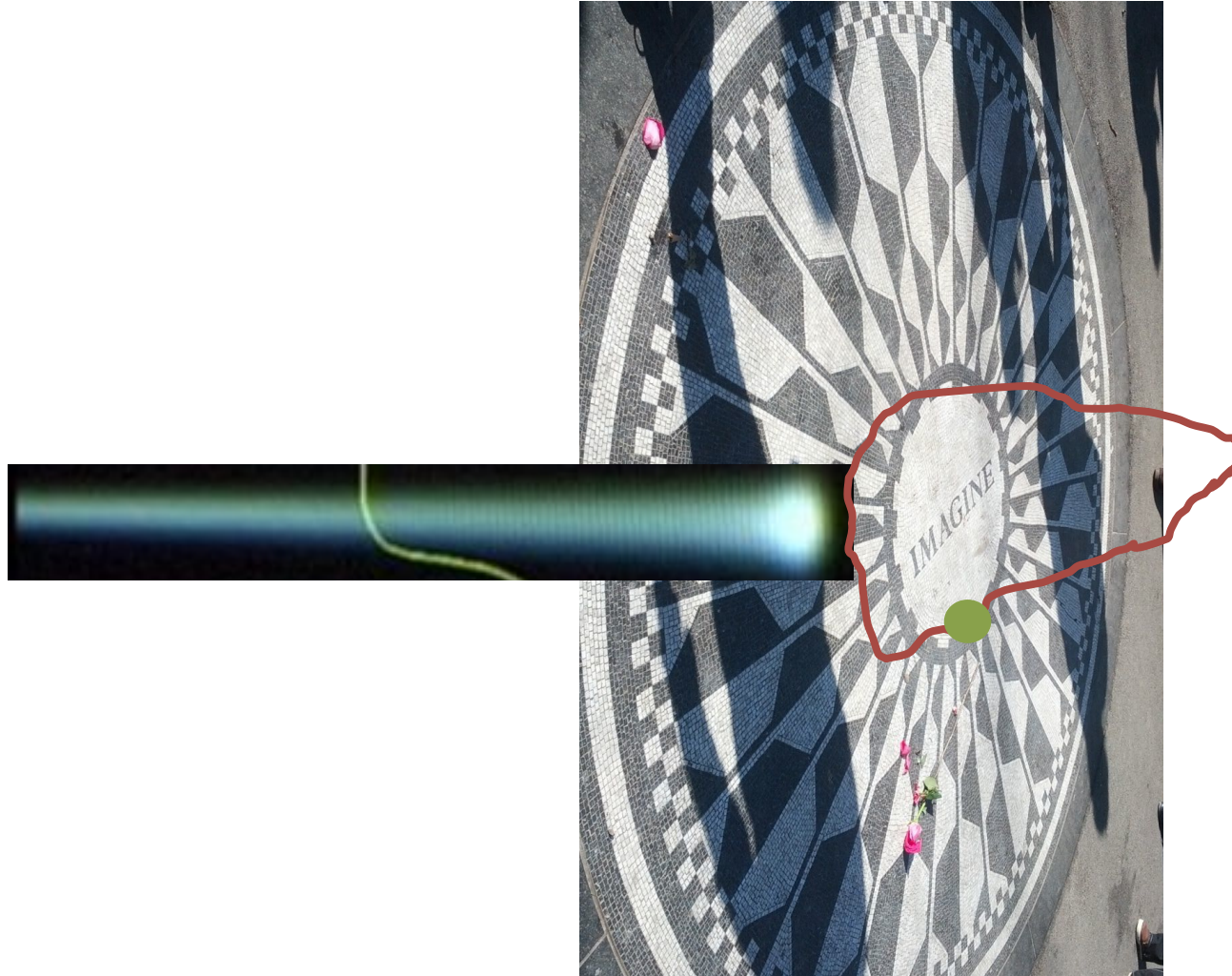
**TUTTO**



Dott. M. Amichetti  
M. Schwarz  
F. Fellin  
D. Amelio  
M. Cianchetti  
L. Widesott  
S Lorentini

**UO PROTONTERAPIA TUTTA**







Per discussione

Anatomia	Classificazione		
	Coinaud	Bismuth	Goldsmith and Woodburne
lobo caudato	I	I	lobo caudato
<i>Subsegmento:</i>			
superiore laterale sinistro	II	II	} segmento laterale sinistro
inferiore laterale sinistro	III	III	
mediale sinistro	IV	IVa IVb	} segmento anteriore destro
inferiore anteriore destro	V	V	
superiore anteriore destro	VIII	VIII	} segmento posteriore destro
inferiore posteriore destro	VI	VI	
superiore posteriore destro	VII	VII	

# Discussione



Lo studio è stato il viatico per l'introduzione della SBRT presso gli Spedali Civili di Brescia

Nella realtà clinica tutti i nostri pazienti hanno avuto caratteristiche che ne hanno permesso il trattamento con il previsto protocollo (20 Gy per 3 frazioni) mediante tecnica VMAT- IGRT

L'utilizzo di un sistema di compressione addominale ha consentito di ridurre l'espansione GTV – ITV permettendo di avere sempre, fino a oggi, situazioni molto più favorevoli del volume minimo previsto

# Discussione



Per quanto riguarda l'uso dei fotoni la tecnica di irraggiamento che si è mostrata più flessibile da permettere di erogare le dosi più alte compatibilmente con il rispetto dei constraints, è stata la Tomotherapy.

Il collimatore utilizzato è 1cm con pitch 0,1 . I tempi di irraggiamento per i volumi 3 cm a 60 Gy sono variati tra 53 e 59 minuti.

Questa durata di trattamento, seppure non dissimile da quella tipica di alcune tecniche stereotassiche può essere incompatibile con il mantenimento del set up da parte del paziente.

L'eventuale utilizzo della tecnica moving jaws disponibile per i nuovi modelli di Tomotherapy può potenzialmente permettere di ridurre in modo significativo questo tempo.

# Presentazione studio



## Risultati

--- SUP ANT --- PTV 3cm --- 60Gy ---							
ORGANI A RICHIO	RIF.	3D	ARCHI CONFORM ATI	IMRT	VMAT	VMAT 54GY	Tomato
PTV D99%	≥ 60Gy	55,36		60,60	60,28	54,00	60,00
PTV dose max	≤ 75Gy	78,12		72,45	77,15	65,89	72,20
D media Fegato-GTV	≤ 15Gy	17,98		22,70	17,54	15,74	15,00
Fegato-GTV ( 700cc)	≤ 15Gy	13,24		18,86	12,42	11,19	9,50
Fegato-GTV ( 15 Gy )	≥ 700cc	786,05		549,99	847,54	930,86	970,00
Fegato-PTV ( 60 Gy )	≤ 15% VPTV	62,96		129,89	52,32	6,17	2,30
Midollo D(0,25 cc)	≤ 18Gy	0,58		10,88	5,32	5,26	8,00
Cuore D(1cc)	≤ 30Gy	11,18		5,70	3,80	3,50	21,20
Cuore D(15cc)	≤ 24Gy	8,86		4,16	2,70	2,51	13,20
Esofago D(1cc)	≤ 21Gy	8,36		5,20	7,68	7,26	7,80
Esofago D(5cc)	≤ 17Gy	0,72		2,00	1,30	1,20	1,60
Stomaco D(1cc)	≤ 21Gy	12,68		11,20	9,48	8,62	25,00
Stomaco D(10cc)	≤ 16Gy	10,76		10,20	8,42	7,84	14,00
Duodeno D(1cc)	≤ 21Gy	13,66		7,76	6,36	6,10	11,60
Cute (1cc)	≤ 35Gy	37,44		33,52	31,70	30,32	29,00
Cute (10cc)	≤ 30Gy	25,38		26,12	24,96	22,76	24,00
Grosso Intestino D(20cc)	≤ 24Gy			2,56	3,60	3,52	
Rene D(50%)	≤ 15Gy	0,58		1,94	1,14	1,03	0,50
Reni D(35%)	≤ 15Gy	0,40		2,12	1,70	1,59	0,90
Parete Toracica V(30 Gy)	≤ 30cc	24,57		23,65	21,94	14,16	14,50
Parete Toracica D(30 cc)	≤ 30 Gy	27,06		27,48	27,50	24,80	





# Presentazione studio



## Risultati

--- SUP POST --- PTV 3cm --- 60 Gy ---

ORGANI A RICHIO	RIF.	3D	ARCHI CONFORM ATI	IMRT	VMAT	TOMO
PTV D99%	≥ 60Gy	60,10		60,30	60,08	60,00
PTV dose max	≤ 75Gy	70,12		76,94	77,87	63,00
D media Fegato-GTV	≤ 15Gy	16,90		20,22	16,60	15,00
Fegato-GTV ( 700cc)	≤ 15Gy	9,50		16,00	10,30	10,50
Fegato-GTV ( 15 Gy )	≥ 700cc	813,65		656,85	1143,88	1000,00
Fegato-PTV ( 60 Gy )	≤ 15% VPTV	80,27		42,76	1,03	6,40
Midollo D(0,25 cc)	≤ 18Gy	19,58		29,22	7,64	8,60
Cuore D(1cc)	≤ 30Gy	7,26		22,06	6,82	6,50
Cuore D(15cc)	≤ 24Gy	6,12		13,28	4,47	5,30
Esofago D(1cc)	≤ 21Gy	8,70		12,86	9,92	6,90
Esofago D(5cc)	≤ 17Gy	1,10		2,50	1,08	1,10
Stomaco D(1cc)	≤ 21Gy	8,52		24,04	12,62	7,50
Stomaco D(10cc)	≤ 16Gy	6,56		20,48	10,28	6,80
Duodeno D(1cc)	≤ 21Gy	7,48		12,88	19,98	6,20
Cute (1cc)	≤ 35Gy	45,38		51,91	34,80	4,70
Cute (10cc)	≤ 30Gy	32,52		38,35	22,06	27,00
Grosso Intestino D(20cc)	≤ 24Gy			6,06	3,60	23,60
Rene D(50%)	≤ 15Gy	1,38		2,28	0,40	0,70
Reni D(35%)	≤ 15Gy	1,10		2,34	2,66	1,50
Parete Toracica V(30 Gy)	≤ 30cc	30,64		33,18	22,82	27,00
Parete Toracica D(30 cc)	≤ 30 Gy	30,38		33,17	13,81	27,50



# Presentazione studio



## Risultati

--- MED SIN --- PTV 3cm --- 60 Gy ---

ORGANI A RICHIO	RIF.	3D	ARCHI CONFORM ATI	IMRT	VMAT	TOMO
PTV D99%	≥ 60Gy	60,50		57,40	60,08	60,00
PTV dose max	≤ 75Gy	77,16		76,95	77,87	63,50
D media Fegato-GTV	≤ 15Gy	20,03		21,24	16,60	15,00
Fegato-GTV ( 700cc)	≤ 15Gy	14,68		15,09	10,32	11,30
Fegato-GTV ( 15 Gy )	≥ 700cc	708,49		700,57	881,89	870,00
Fegato-PTV ( 60 Gy )	≤ 15% VPTV	29,33		38,36	7,37	5,00
Midollo D(0,25 cc)	≤ 18Gy	1,00		4,22	7,66	10,10
Cuore D(1cc)	≤ 30Gy	6,88		18,02	6,82	8,00
Cuore D(15cc)	≤ 24Gy	3,42		12,92	4,74	6,00
Esofago D(1cc)	≤ 21Gy	11,74		14,28	9,92	7,70
Esofago D(5cc)	≤ 17Gy	0,92		1,90	1,08	0,50
Stomaco D(1cc)	≤ 21Gy	26,60		24,88	12,62	14,80
Stomaco D(10cc)	≤ 16Gy	24,24		20,76	10,28	12,90
Duodeno D(1cc)	≤ 21Gy	29,68		22,82	20,08	18,50
Cute (1cc)	≤ 35Gy	29,10		44,48	34,80	26,50
Cute (10cc)	≤ 30Gy	26,34		28,00	22,06	20,00
Grosso Intestino D(20cc)	≤ 24Gy	3,98		17,02	3,68	0,70
Rene D(50%)	≤ 15Gy	0,62		1,50	0,98	0,90
Reni D(35%)	≤ 15Gy	1,36		7,48	2,74	2,10
Parete Toracica V(30 Gy)	≤ 30cc	4,00		30,18	22,73	4,50
Parete Toracica D(30 cc)	≤ 30 Gy	21,28		30,62	13,58	



# Presentazione studio



## Risultati

--- LAT SIN --- PTV 3cm --- 60 Gy ---

ORGANI A RICHIO	RIF.	3D	ARCHI CONFORM ATI	IMRT	VMAT	TOMO
PTV D99%	≥ 60Gy	60,22		48,64	60,38	60,00
PTV dose max	≤ 75Gy	75,82		71,79	75,24	67,50
D media Fegato-GTV	≤ 15Gy	16,21		19,86	15,91	14,30
Fegato-GTV ( 700cc)	≤ 15Gy	7,76		13,36	10,42	9,20
Fegato-GTV ( 15 Gy )	≥ 700cc	920,19		769,31	936,05	1020,00
Fegato-PTV ( 60 Gy )	≤ 15% VPTV	41,05		32,12	6,13	5,00
Midollo D(0,25 cc)	≤ 18Gy	30,26		2,14	9,06	13,70
Cuore D(1cc)	≤ 30Gy	30,04		43,26	26,60	21,00
Cuore D(15cc)	≤ 24Gy	18,16		19,44	16,56	12,50
Esofago D(1cc)	≤ 21Gy	21,26		25,86	13,62	19,30
Esofago D(5cc)	≤ 17Gy	1,52		1,98	1,68	1,60
Stomaco D(1cc)	≤ 21Gy	38,10		35,84	34,74	19,50
Stomaco D(10cc)	≤ 16Gy	32,00		24,34	18,98	13,80
Duodeno D(1cc)	≤ 21Gy	13,02		26,76	12,78	18,00
Cute (1cc)	≤ 35Gy	38,06		44,10	34,22	35,00
Cute (10cc)	≤ 30Gy	26,82		39,62	24,88	25,00
Grosso Intestino D(20cc)	≤ 24Gy	3,06		2,50	7,50	6,00
Rene D(50%)	≤ 15Gy	0,54		10,00	0,62	0,60
Reni D(35%)	≤ 15Gy	0,75		1,16	0,84	1,00
Parete Toracica V(30 Gy)	≤ 30cc	22,04		35,83	2,07	2,60
Parete Toracica D(30 cc)	≤ 30 Gy	7,97		3426,00	15,06	



# Presentazione studio



## Risultati

--- INF ANT --- PTV 3cm --- 60 Gy ---

ORGANI A RICHIO	RIF.	3D	ARCHI CONFORM ATI	IMRT	VMAT	TOMO
PTV D99%	≥ 60Gy	60,54		60,19	60,10	60,30
PTV dose max	≤ 75Gy	76,90		80,44	80,68	63,80
D media Fegato-GTV	≤ 15Gy	15,27		13,70	13,51	14,10
Fegato-GTV ( 700cc)	≤ 15Gy	2,22		6,60	6,40	7,00
Fegato-GTV ( 15 Gy )	≥ 700cc	957,60		1020,57	1058,18	955,00
Fegato-PTV ( 60 Gy )	≤ 15% VPTV	25,43		11,72	10,11	10,00
Midollo D(0,25 cc)	≤ 18Gy	0,40		15,22	11,14	9,90
Cuore D(1cc)	≤ 30Gy	0,70		1,80	1,48	0,90
Cuore D(15cc)	≤ 24Gy	0,54		0,64	0,87	0,70
Esofago D(1cc)	≤ 21Gy	0,58		0,72	1,02	0,90
Esofago D(5cc)	≤ 17Gy	0,30		0,54	0,58	0,70
Stomaco D(1cc)	≤ 21Gy	13,58		12,50	13,84	10,80
Stomaco D(10cc)	≤ 16Gy	11,20		8,34	10,48	8,80
Duodeno D(1cc)	≤ 21Gy	18,20		19,34	26,22	18,20
Cute (1cc)	≤ 35Gy	39,43		44,04	42,02	35,00
Cute (10cc)	≤ 30Gy	30,53		30,44	31,44	23,50
Grosso Intestino D(20cc)	≤ 24Gy			13,60	8,80	12,30
Rene D(50%)	≤ 15Gy	1,26		5,12	8,97	7,30
Reni D(35%)	≤ 15Gy	0,94		3,30	7,75	9,00
Parete Toracica V(30 Gy)	≤ 30cc	57,07		34,47	37,54	23,50
Parete Toracica D(30 cc)	≤ 30 Gy	39,00		36,16	37,86	27,60



# Presentazione studio



## Risultati

INF POST PTV 3cm 60 Gy						
ORGANI A RICHIO	RIF.	3D	ARCHI CONFORMATI	IMRT	VMAT	TOMO
PTV D99%	≥ 60Gy	60,60		60,70	61,84	60,20
PTV dose max	≤ 75Gy	77,78		74,67	75,65	64,00
D media Fegato-GTV	≤ 15Gy	16,75		17,26	14,58	14,86
Fegato-GTV ( 700cc)	≤ 15Gy	5,36		8,60	6,72	10,00
Fegato-GTV ( 15 Gy )	≥ 700cc	959,54		874,69	958,25	910,00
Fegato-PTV ( 60 Gy )	≤ 15% VPTV	78,40		39,20	10,52	11,00
Midollo D(0,25 cc)	≤ 18Gy	8,28		17,28	11,20	11,30
Cuore D(1cc)	≤ 30Gy	0,78		1,00	0,90	0,80
Cuore D(15cc)	≤ 24Gy	0,57		0,82	0,62	0,80
Esofago D(1cc)	≤ 21Gy	0,82		1,18	0,92	0,50
Esofago D(5cc)	≤ 17Gy	0,42		0,84	0,58	0,50
Stomaco D(1cc)	≤ 21Gy	11,90		10,28	7,52	10,00
Stomaco D(10cc)	≤ 16Gy	8,22		9,08	6,20	8,70
Duodeno D(1cc)	≤ 21Gy	15,16		9,01	12,86	14,60
Cute (1cc)	≤ 35Gy	40,88		45,02	39,92	31,00
Cute (10cc)	≤ 30Gy	33,78		40,26	27,84	26,00
Grosso Intestino D(20cc)	≤ 24Gy	10,80		9,04	7,10	7,30
Rene D(50%)	≤ 15Gy	10,94		11,60	14,16	1,10
Reni D(35%)	≤ 15Gy	5,14		20,96	6,66	2,40
Parete Toracica V(30 Gy)	≤ 30cc	41,46		44,30	29,67	26,00
Parete Toracica D(30 cc)	≤ 30 Gy	83,50		57,90	29,84	

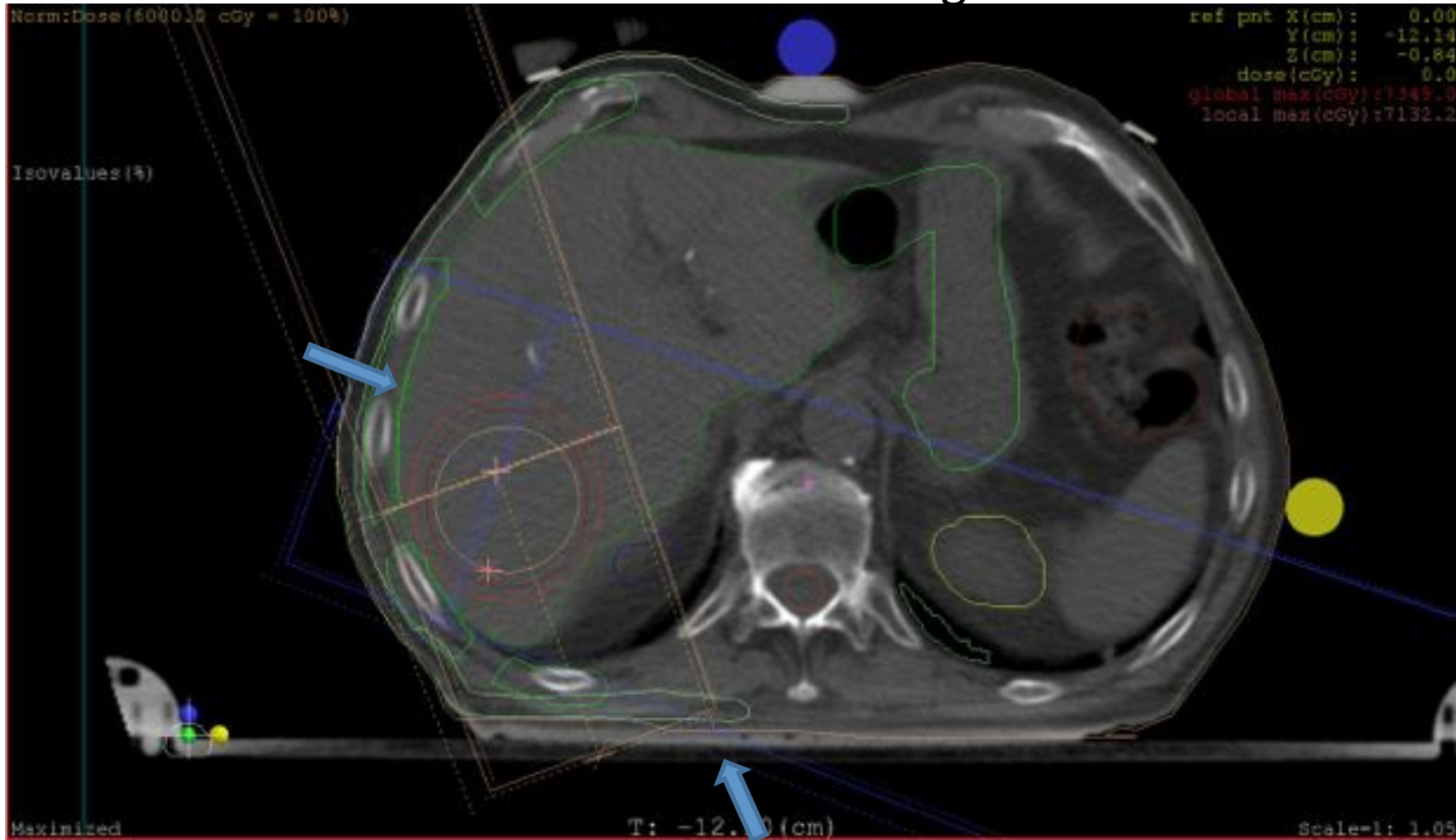


# Presentazione studio



# Risultati

## Beam arrangement



160°, 290°

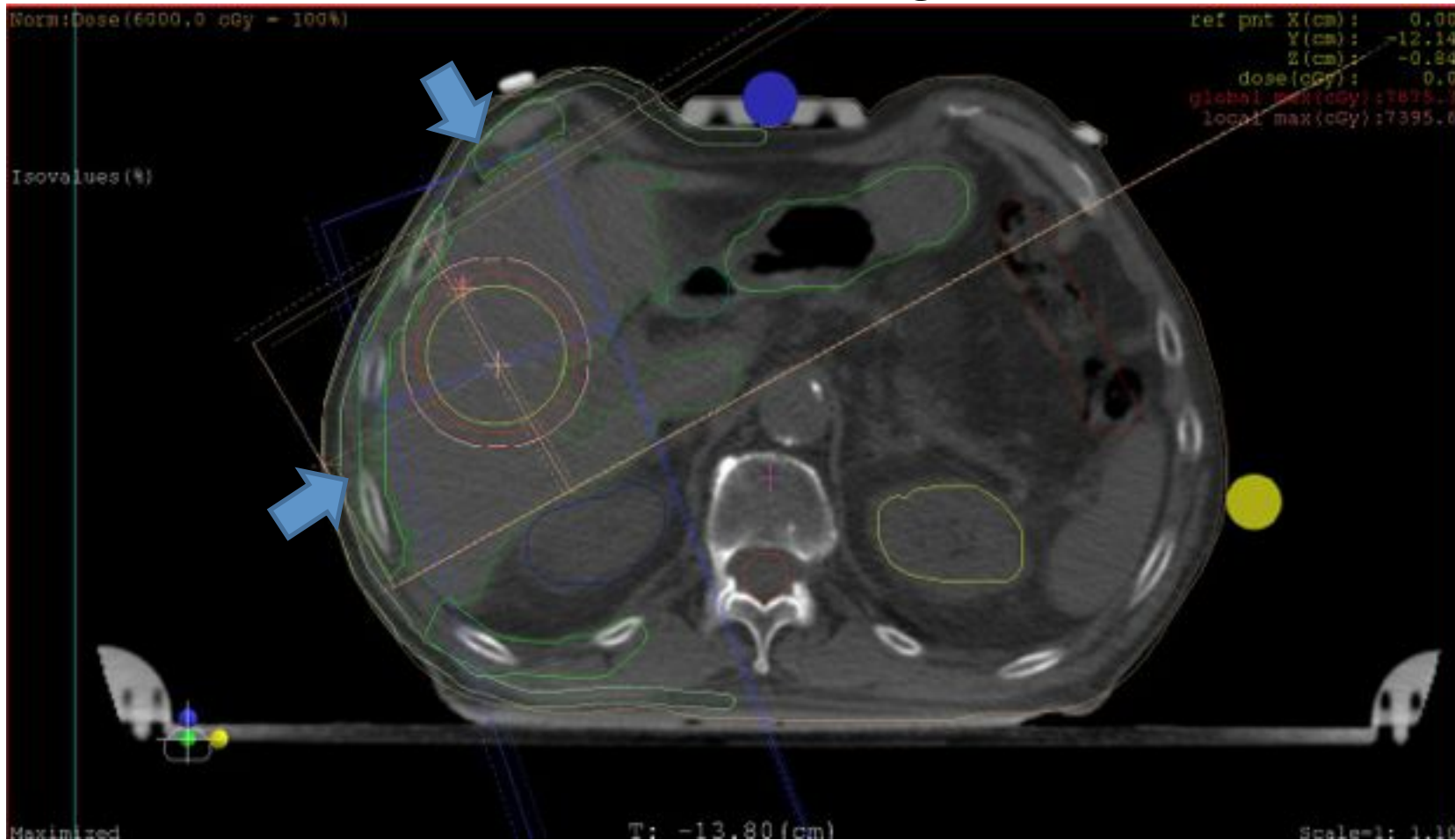


# Presentazione studio



## Risultati

### Beam arrangement

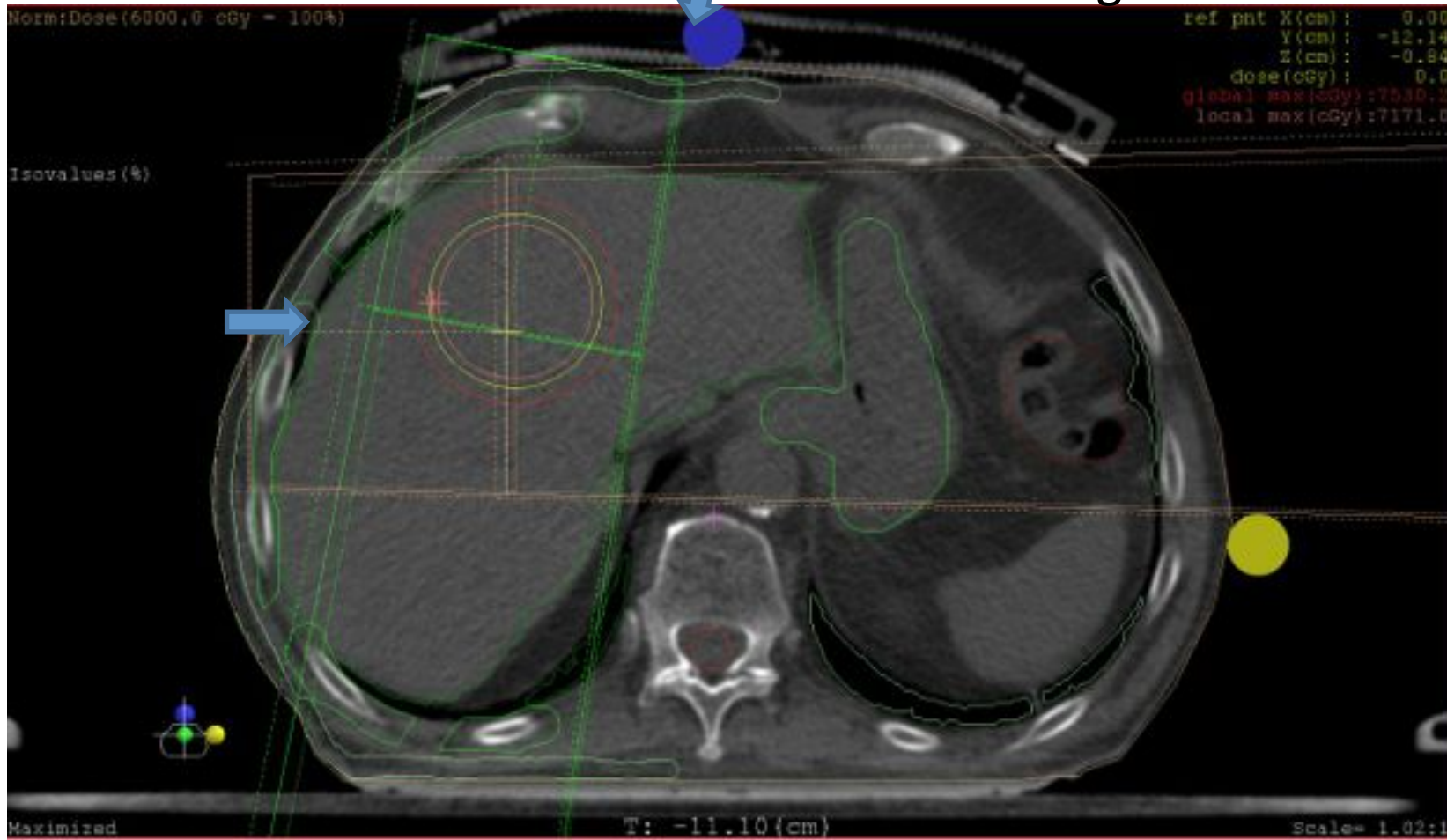


# Presentazione studio



# Risultati

## Beam arrangement

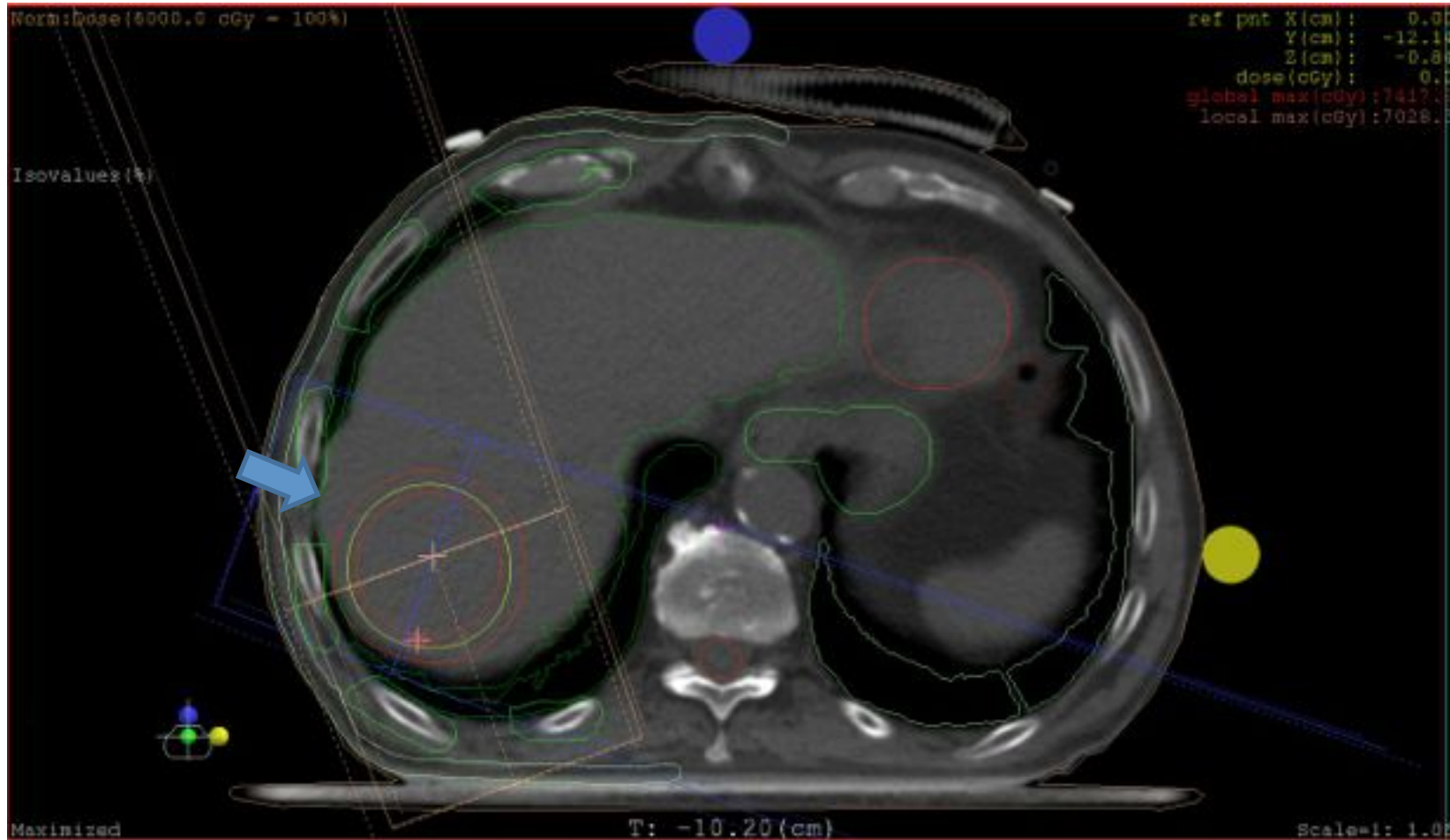


# Presentazione studio



## Risultati

### Beam arrangement



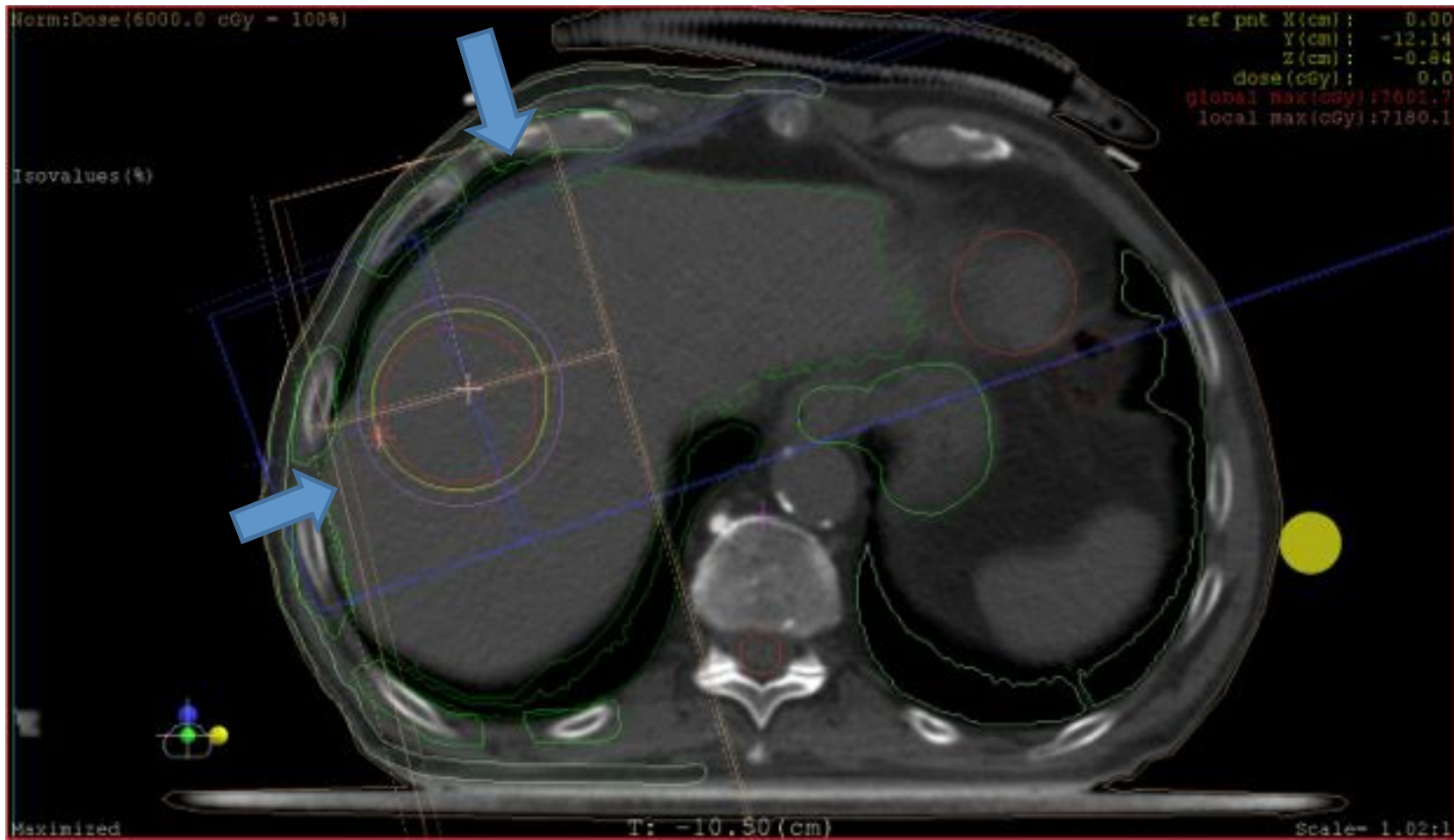


# Presentazione studio



## Risultati

### Beam arrangement



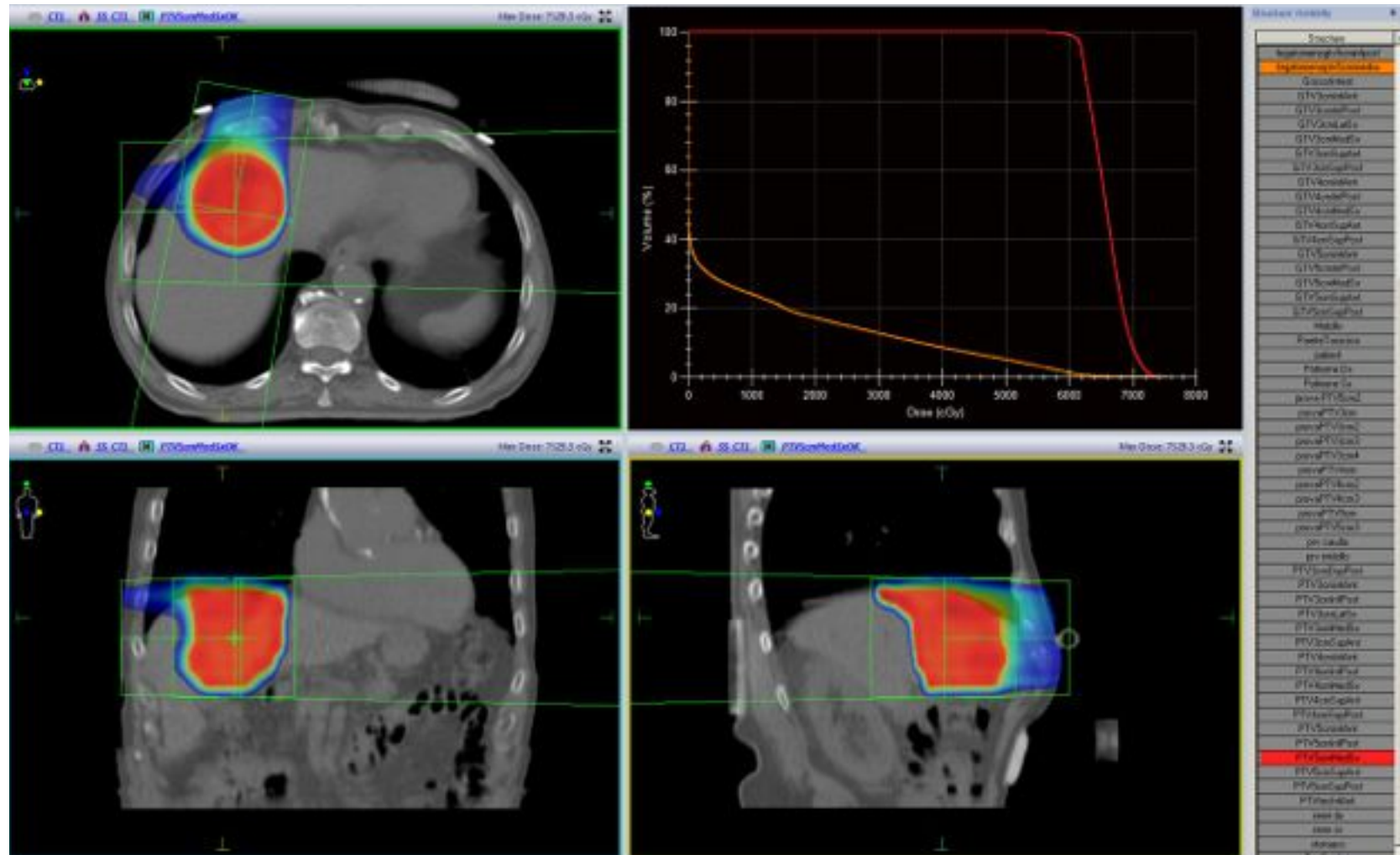


# Presentazione studio



## Risultati

## 5 cm protoni





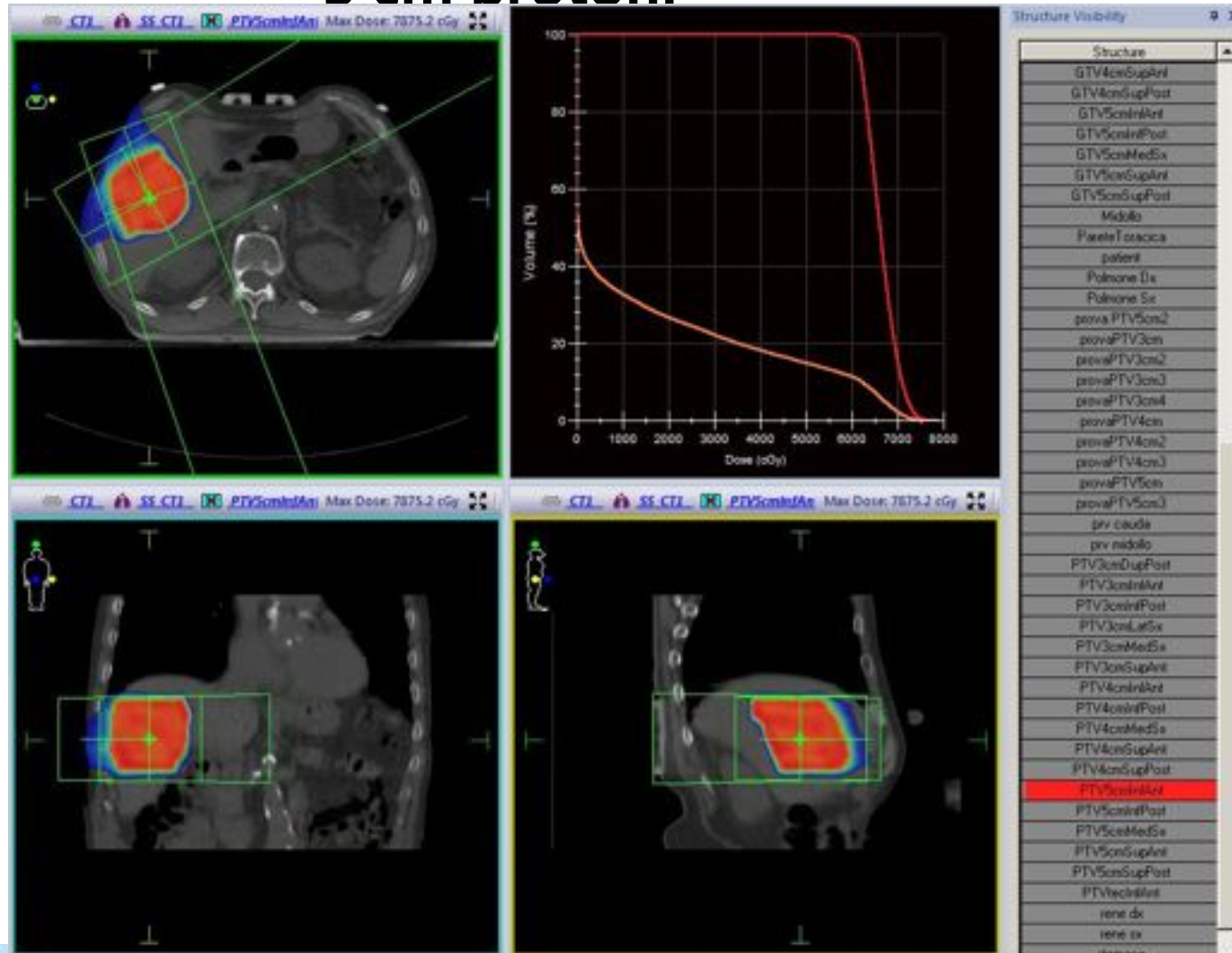


# Presentazione studio



## Risultati

### 5 cm protoni

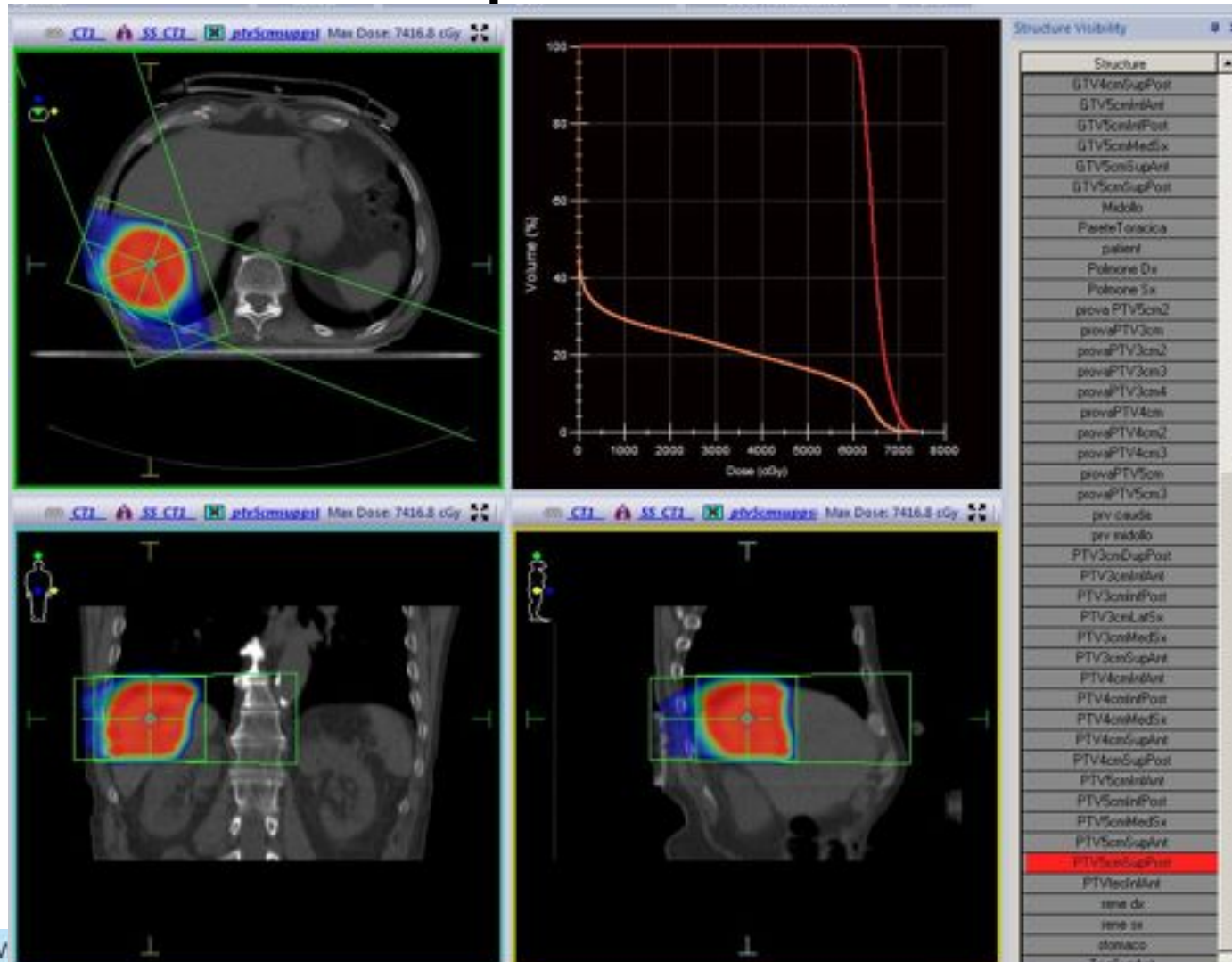


# Presentazione studio



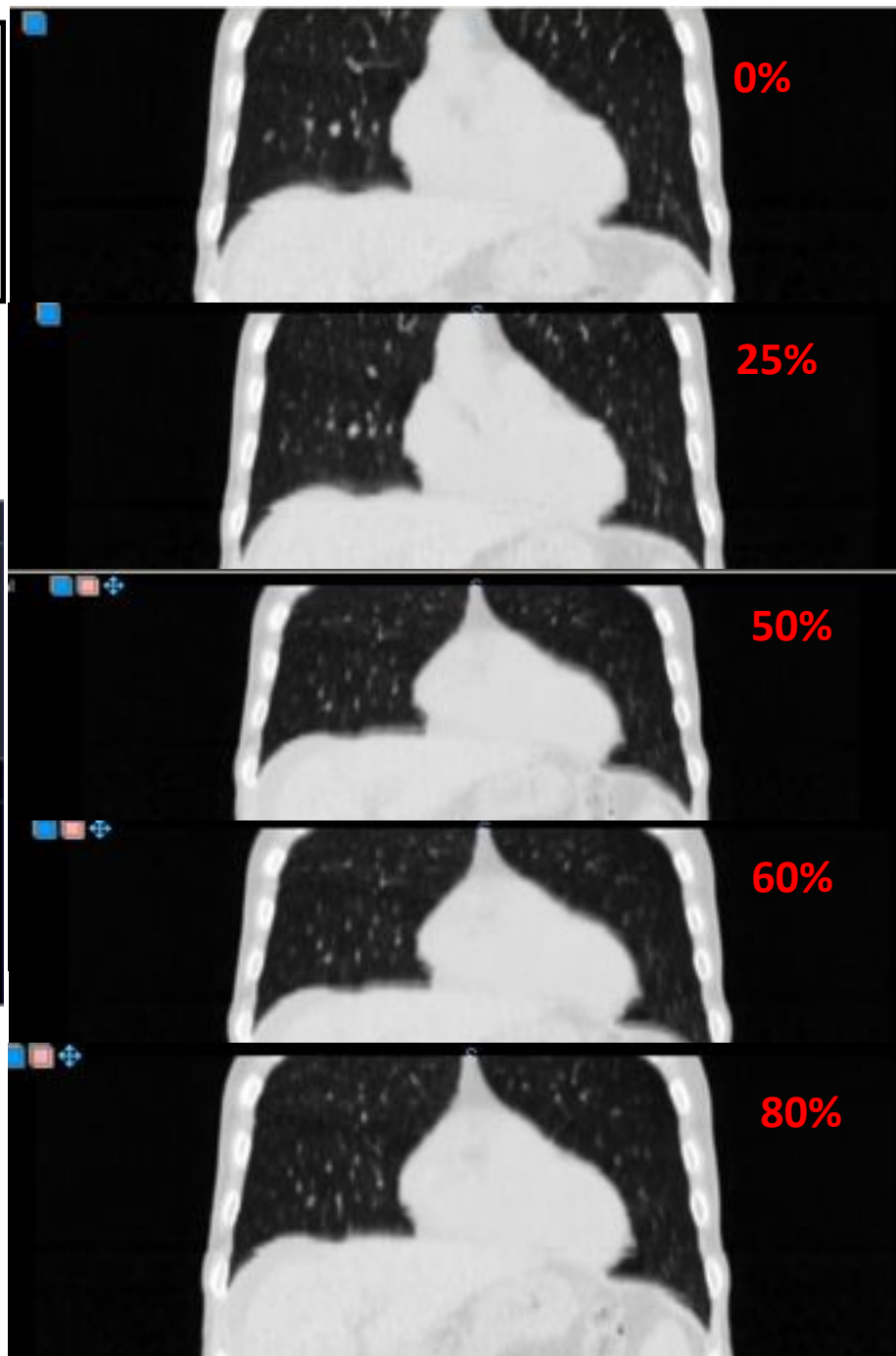
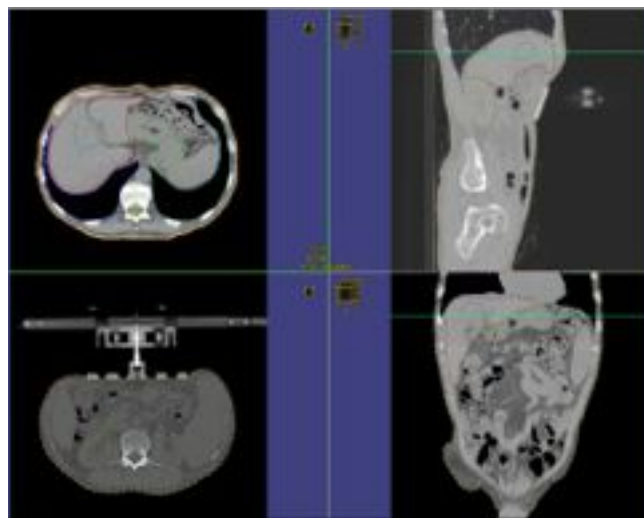
# Risultati

## 5 cm protoni



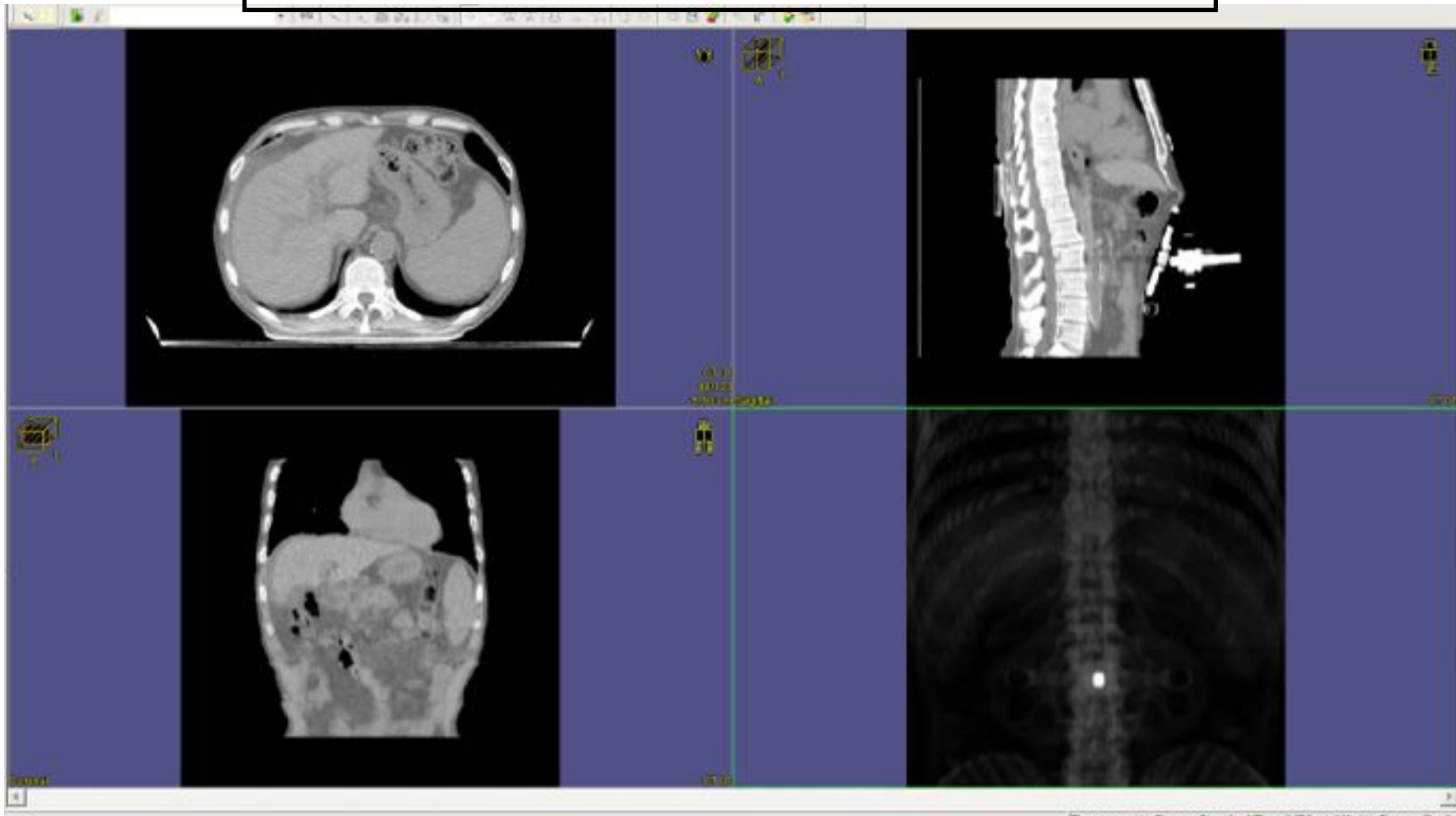
Step 1:

Esecuzione di una TC 4D di simulazione (5 fasi, no mdc)





### Step 3: scelta della fase CT di pianificazione



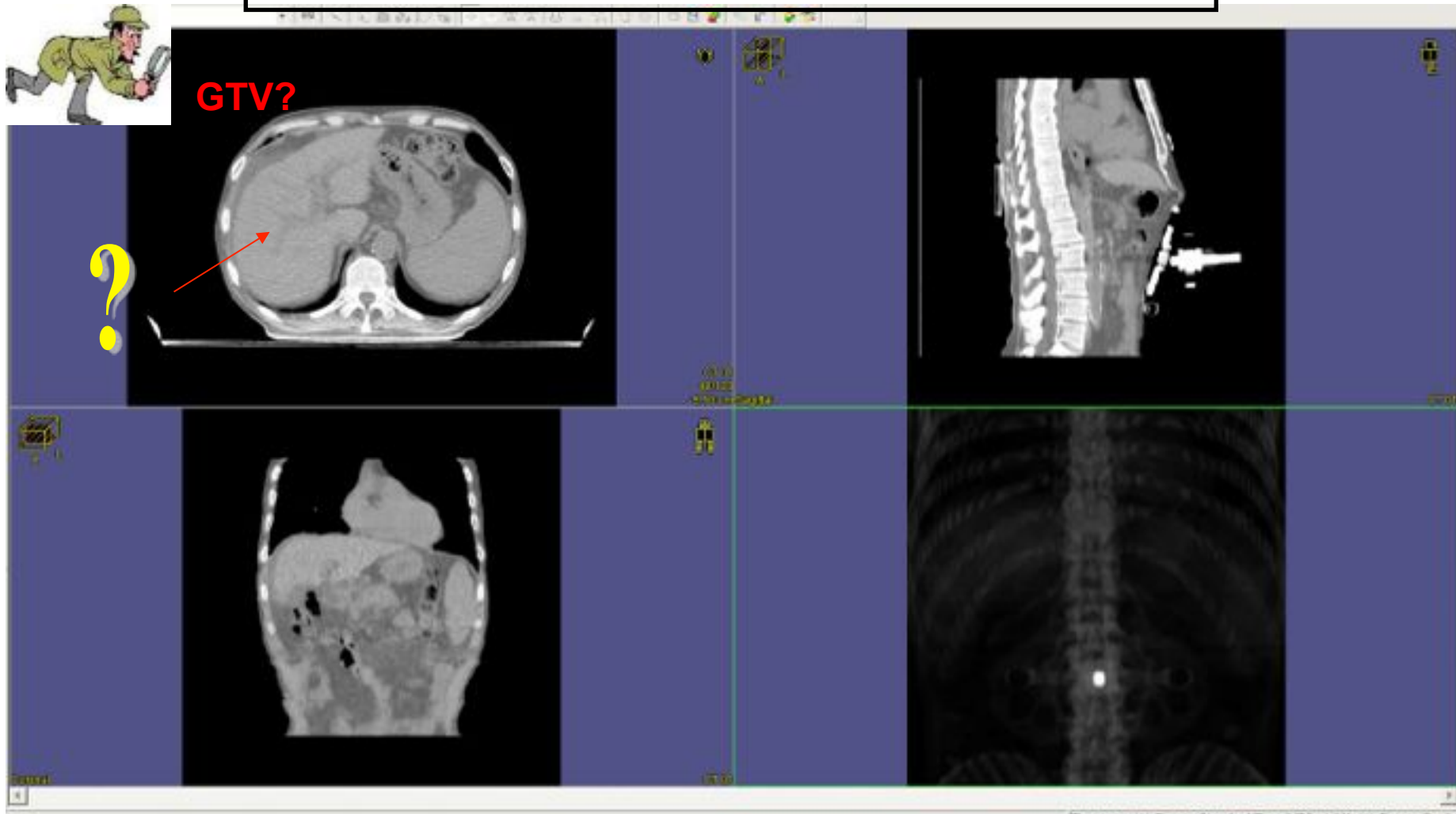
Coincidente con la fase di acquisizione diagnostica (espirazione)

NB: valutazione accurata qualità TC 4D (esclusione artefatti)

Opzione. Acquisire una TC in breath hold (espirazione) per la pianificazione



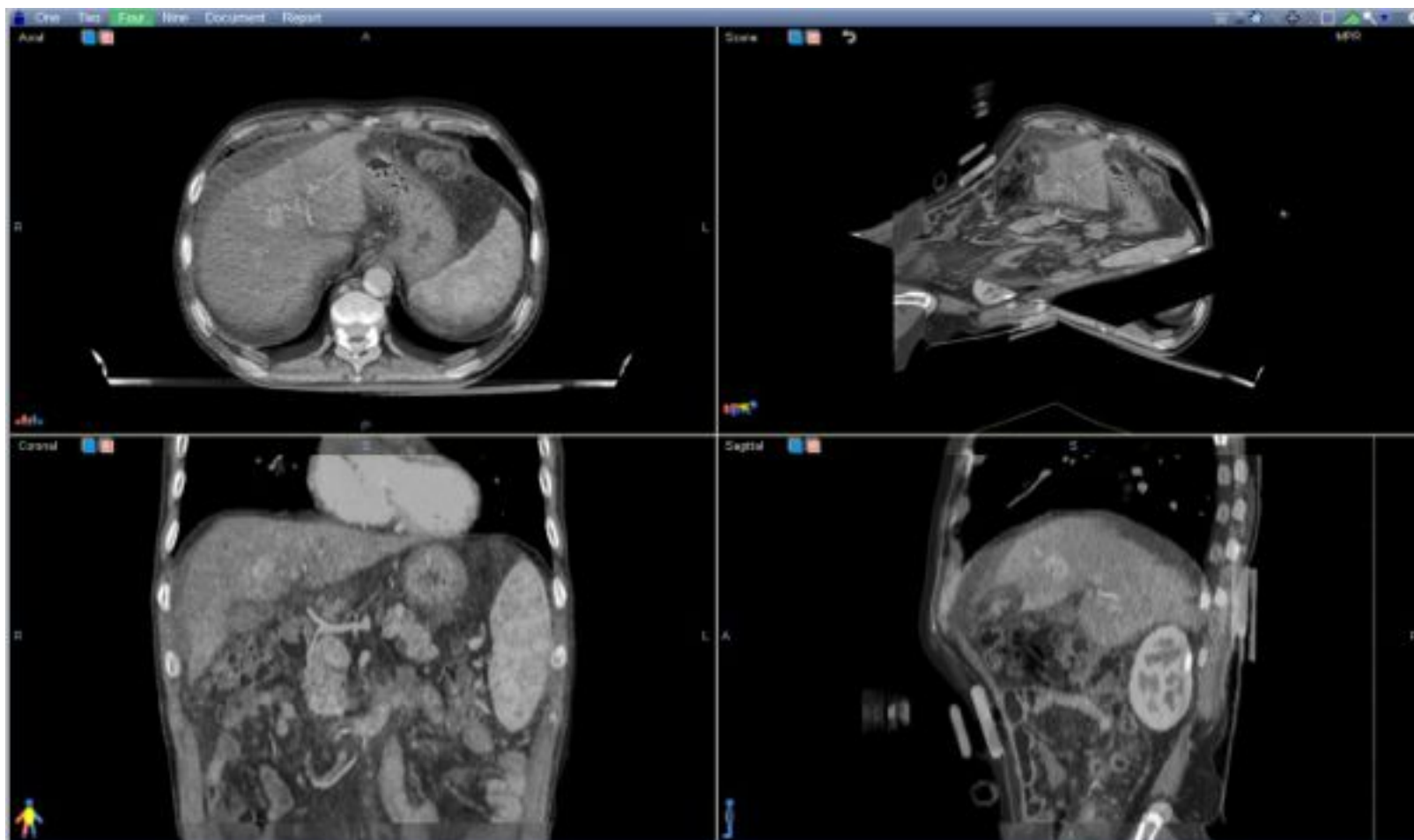
## Step 4: definizione del target



Problema: impossibile definire il target in assenza di mdc



Step 4 Opzione: registrazione TC simulazione- TC diagnostica



A.O. SPEDALI CIVILI di BRESCIA  
Presidio Ospedaliero  
**SPEDALI CIVILI**



Azienda Provinciale  
per i Servizi Sanitari  
Provincia Autonoma di Trento

## Step 4: registrazione rigida

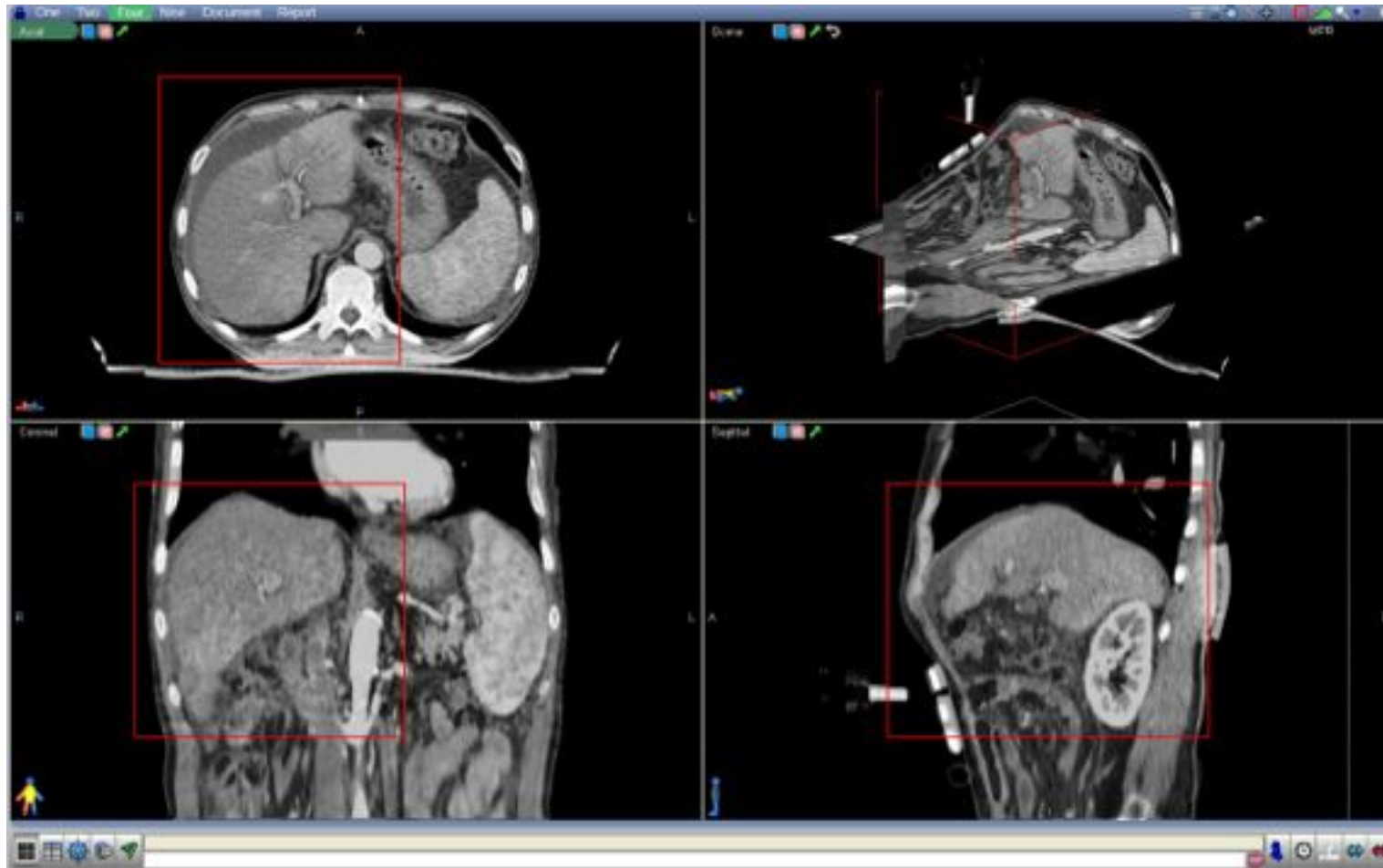


Stessa posizione, stessa fase respiratoria



Migliore risultato della registrazione

Step 5: registrazione deformabile  
(clipboard su fegato)



Software. **VELOCITY™**

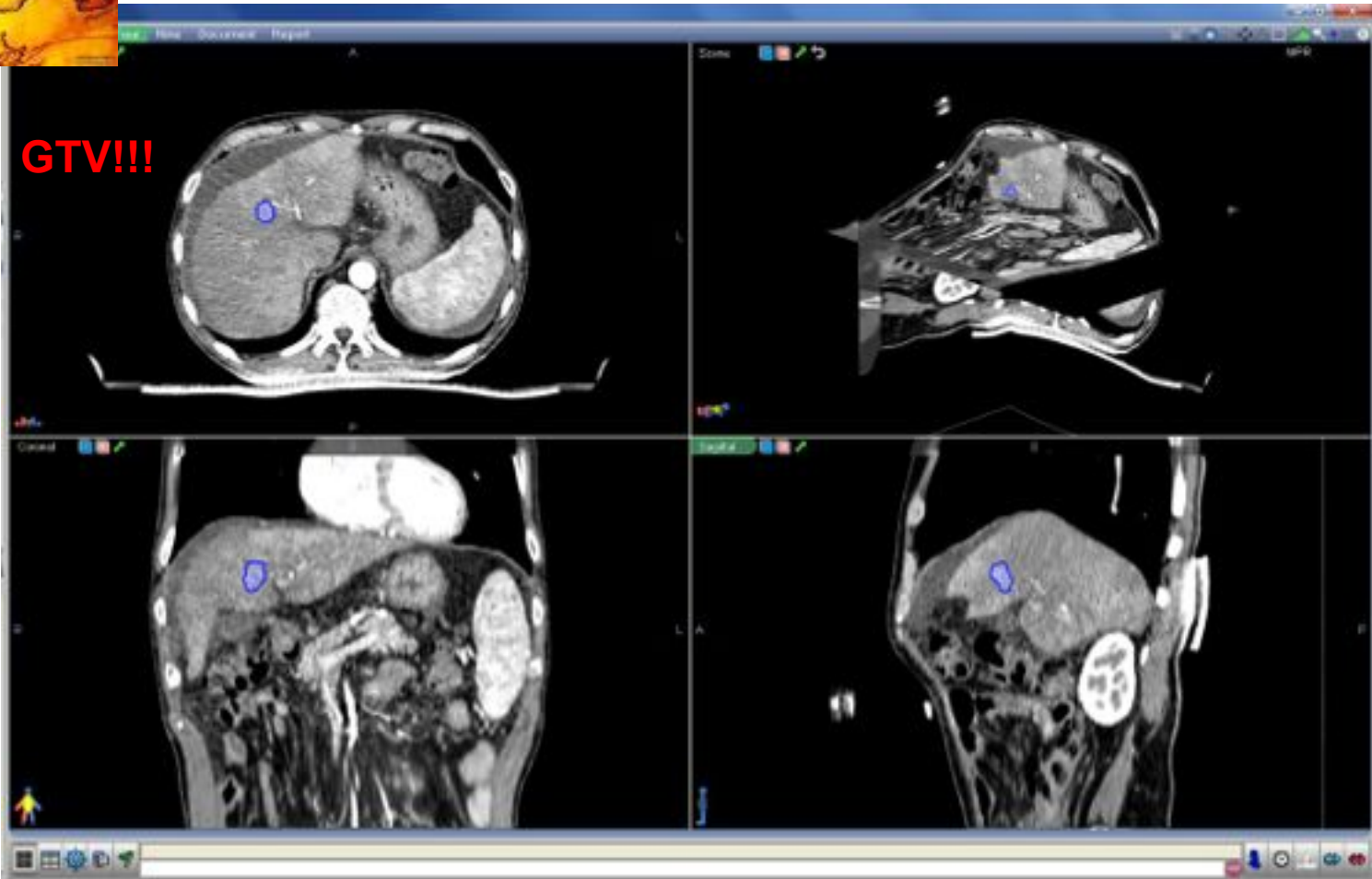


A.O. SPEDALI CIVILI di BRESCIA  
Presidio Ospedaliero  
**SPEDALI CIVILI**



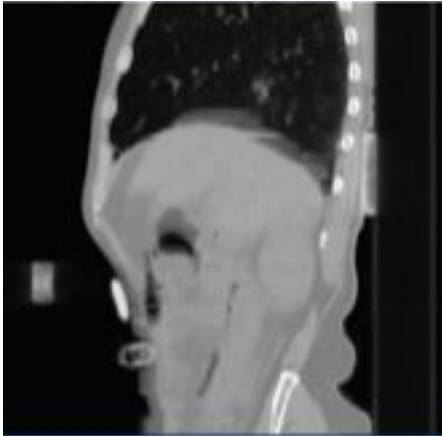
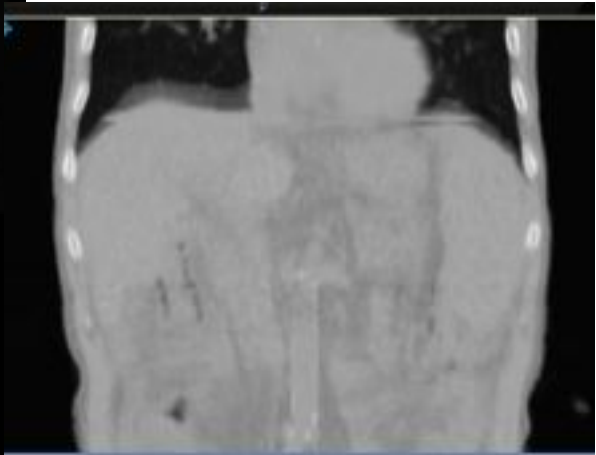
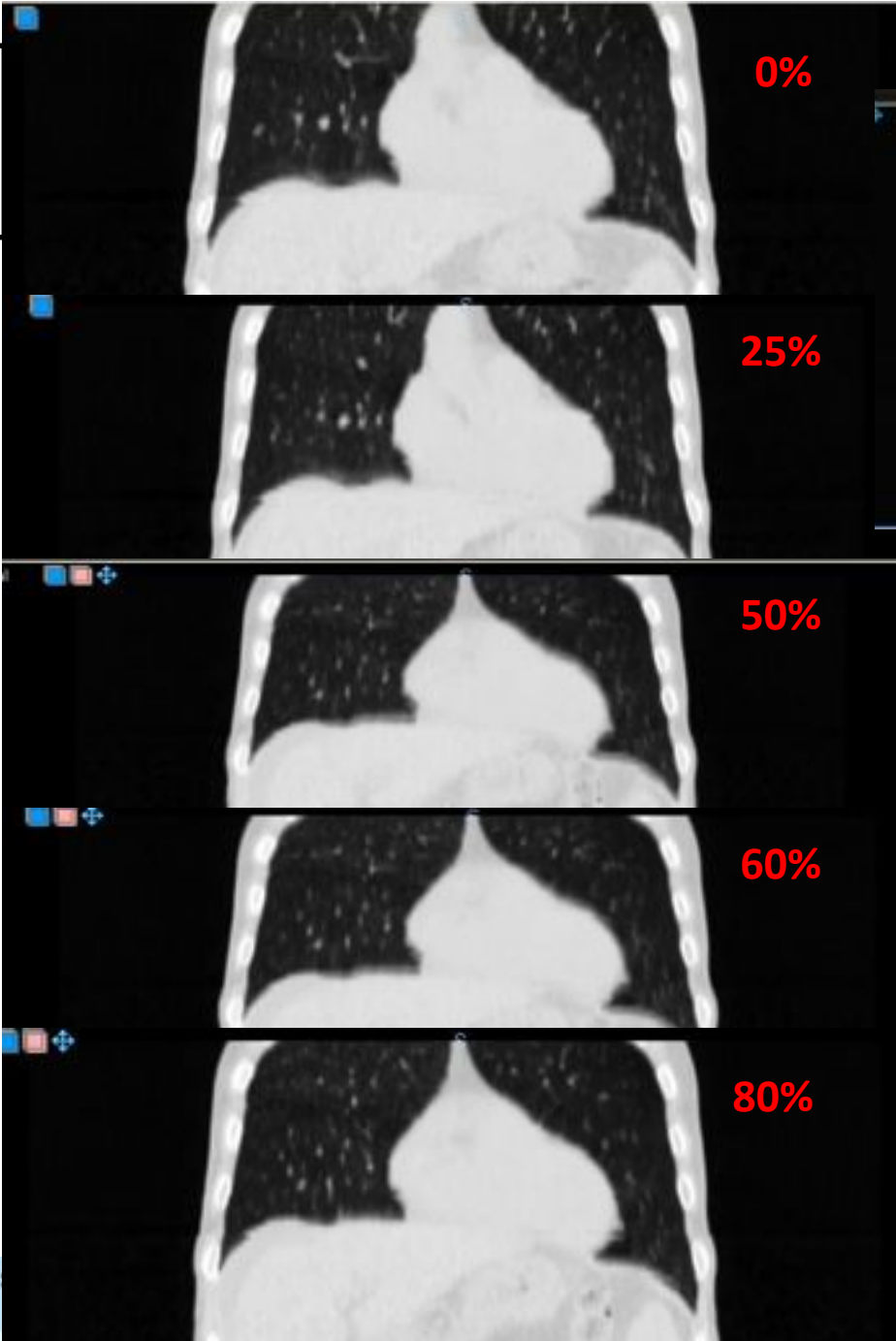
Azienda Provinciale  
per i Servizi Sanitari  
Provincia Autonoma di Trento

Step 6: Contornamento GTV



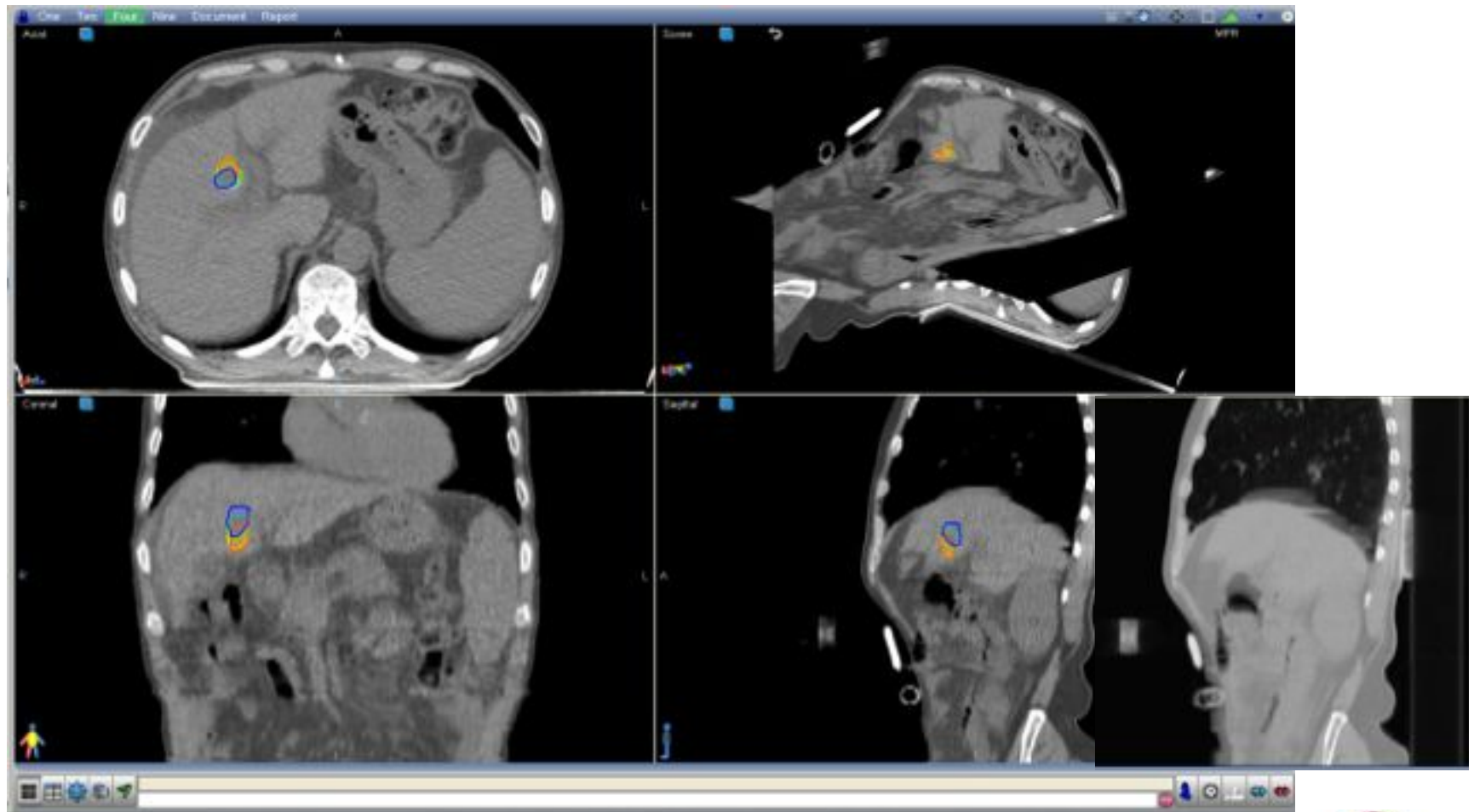
OK su fasi coregistrate, ma... come tener conto della respirazione?

Step 7: Margine per movimento d'organo

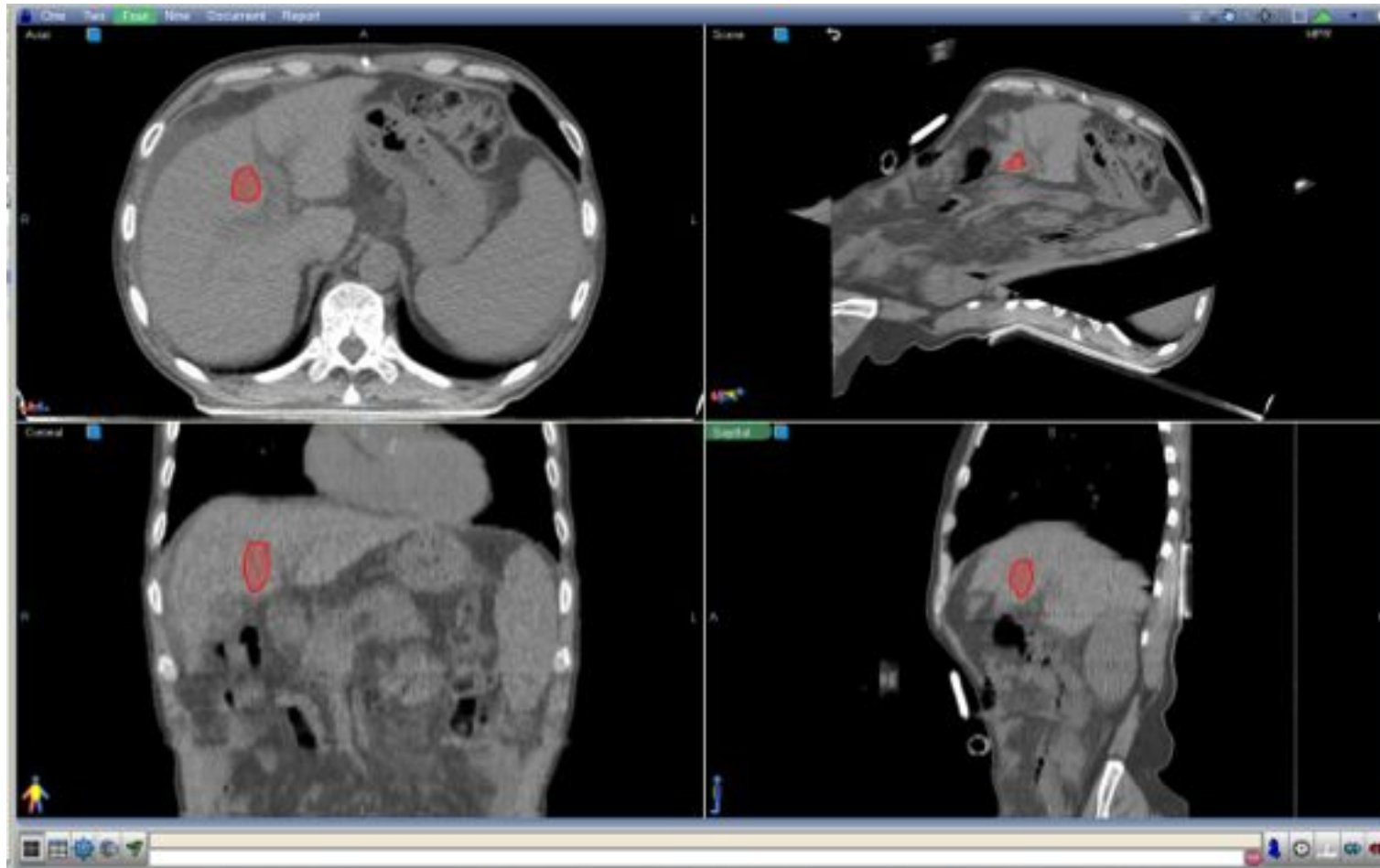




Step 7: creazione automatica di ITV da immagini TC 4D



## Step 8: TARGET



## Step 9: Pianificazione



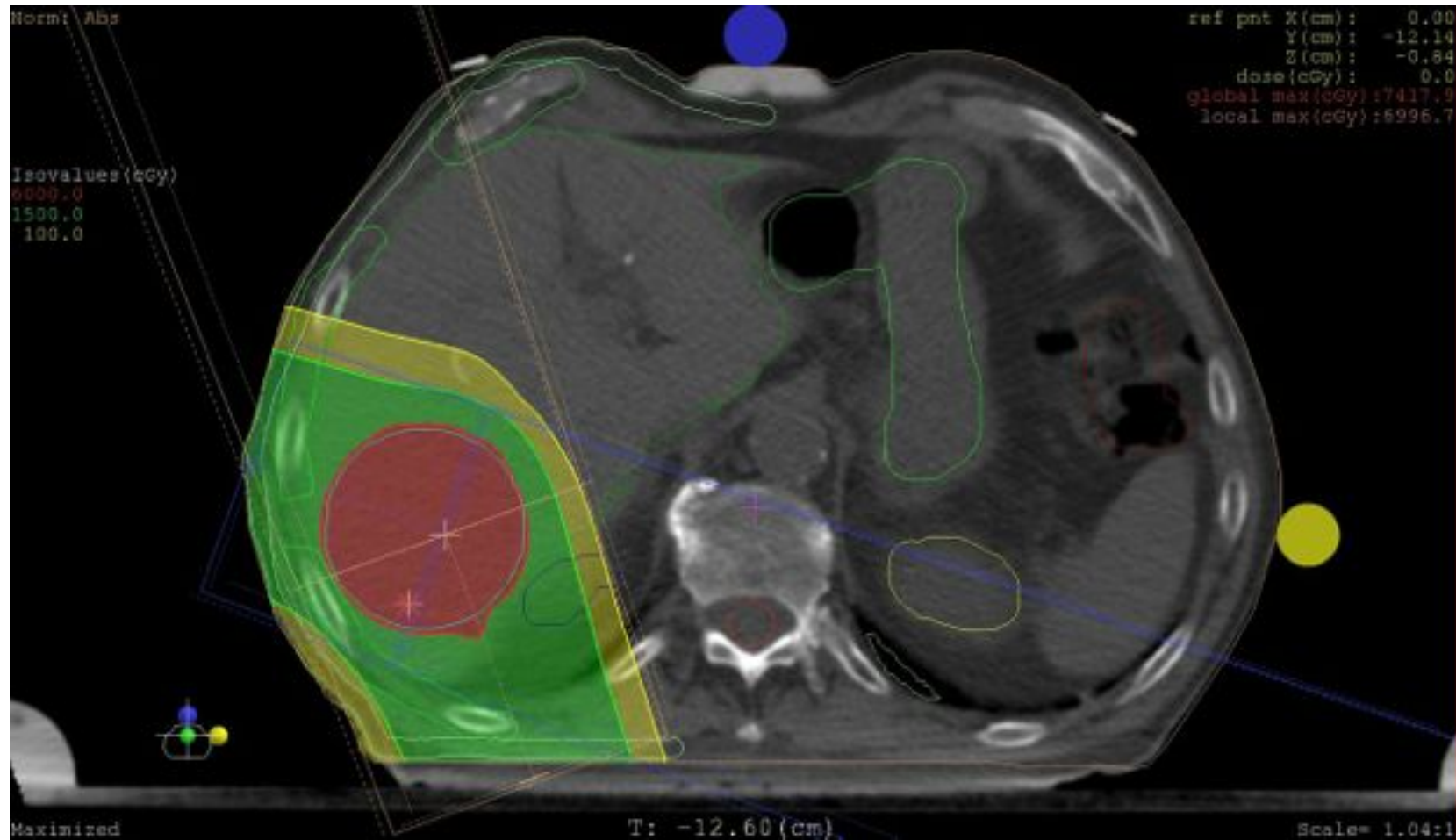
Prescrizione: 35 Gy in 5 frazioni al 95% PTV, trattamento a gg alterni,

Tecnica: VMAT, d media fegato: 6.5 Gy

# Presentazione studio



# Risultati

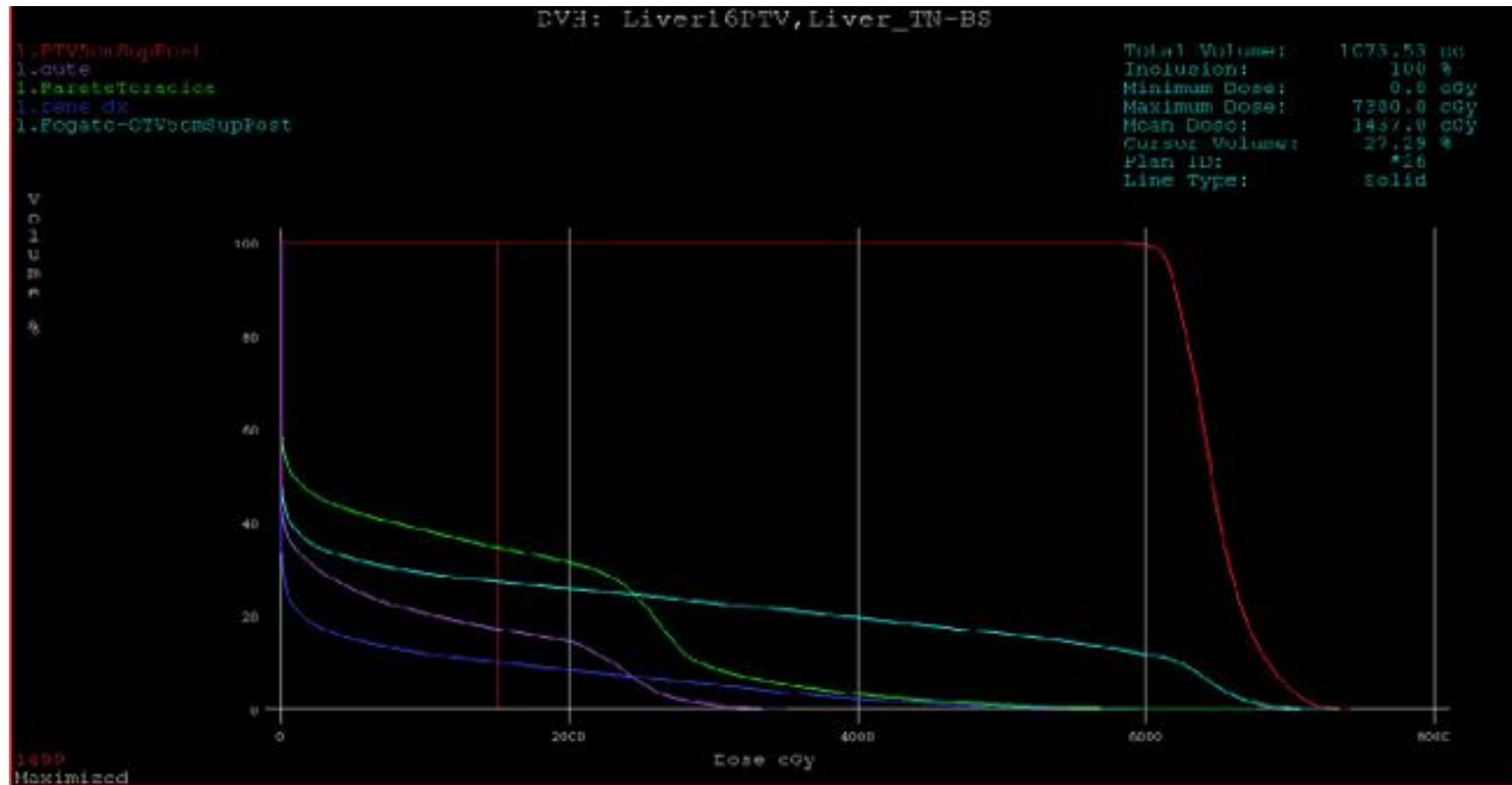




# Presentazione studio



## Risultati





# The Pursuit of Evidence.... Indications for PT

---

## Literature review

ASTRO Model Policies

PROTON BEAM THERAPY (PBT)

### Group 1

On the basis of the above medical necessity requirements and published clinical data, disease sites that frequently support the use of PBT include the following:

- Ocular tumors, including intraocular melanomas
- Tumors that approach or are located at the base of skull, including but not limited to:
  - Chordoma
  - Chondrosarcomas
- Primary or metastatic tumors of the spine where the spinal cord tolerance may be exceeded with conventional treatment or where the spinal cord has previously been irradiated
- Primary hepatocellular cancer treated in a hypofractionated regimen
- Primary or benign solid tumors in children treated with curative intent and occasional palliative treatment of childhood tumors when at least one of the four criteria noted above apply
- Patients with genetic syndromes making total volume of radiation minimization crucial such as but not limited to NF-1 patients and retinoblastoma patients

Approved May, 20, 2014

# The Pursuit of Evidence.... Indications for PT

---

## Literature review

### ASTRO Model Policies

#### PROTON BEAM THERAPY (PBT)

##### Group 2

While PBT is not a new technology, there is a need for continued clinical evidence development and comparative effectiveness analyses for the appropriate use of PBT for various disease sites. All other indications not listed in Group 1 are suitable for Coverage with Evidence Development (CED). Radiation therapy for patients treated under the CED paradigm should be covered by the insurance carrier as long as the patient is enrolled in either an IRB-approved clinical trial or in a multi-institutional patient registry adhering to Medicare requirements for CED<sup>2</sup>. At this time, no indications are deemed inappropriate for CED and therefore Group 2 includes various systems such as, but not limited to, the following:

- Head and neck malignancies
- Thoracic malignancies
- Abdominal malignancies
- Pelvic malignancies, including genitourinary, gynecologic and gastrointestinal carcinomas

In the treatment of prostate cancer, the use of PBT is evolving as the comparative efficacy evidence is still being developed. In order for an informed consensus on the role of PBT for prostate cancer to be reached, it is essential to collect further data, especially to understand how the effectiveness of proton therapy compares to other radiation therapy modalities such as IMRT and brachytherapy. There is a need for more well-designed registries and studies with sizable comparator cohorts to help accelerate data collection. Proton beam therapy for primary treatment of prostate cancer should only be performed within the context of a prospective clinical trial or registry<sup>5</sup>.

Approved May, 20, 2014

## PHYSICS CONTRIBUTION

### DOSE AS A FUNCTION OF LIVER VOLUME AND PLANNING TARGET VOLUME IN HELICAL TOMOTHERAPY, INTENSITY-MODULATED RADIATION THERAPY-BASED STEREOTACTIC BODY RADIATION THERAPY FOR HEPATIC METASTASIS

Table 1. Maximum tolerable dose (MTD) as determined for each planning target volume (PTV) of listed volume for each listed liver volume

GTV (cm)	PTV (cc)	Liver volume (cc)							
		750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625
		MTD (Gy)							
1	8	33	48	60	60	60	60	60	60
2	25		45	54	60	60	60	60	60
3	61		30	42	57	60	60	60	60
4	109			36	48	54	60	60	60
5	190				36	42	57	60	60
6	299					30	39	48	60

Structures were created and inverse plans run as per materials and methods. Gross tumor volume (GTV) size corresponding to each PTV expansion is included for reference. Data in **bold-face type** were included in the regression analysis.

Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 66, No. 2, pp. 620–625, 2006  
Copyright © 2006 Elsevier Inc.  
Printed in the USA. All rights reserved  
0360-3016/06/\$—see front matter



A.O. SPEDALI CIVILI di BRESCIA  
Presidio Ospedaliero  
**SPEDALI CIVILI**



*Azienda Provinciale  
per i Servizi Sanitari  
Provincia Autonoma di Trento*



A.O. SPEDALI CIVILI di BRESCIA  
Presidio Ospedaliero  
**SPEDALI CIVILI**



*Azienda Provinciale  
per i Servizi Sanitari  
Provincia Autonoma di Trento*





A.O. SPEDALI CIVILI di BRESCIA  
Presidio Ospedaliero  
**SPEDALI CIVILI**



*Azienda Provinciale  
per i Servizi Sanitari  
Provincia Autonoma di Trento*