

XXXIII CONGRESSO NAZIONALE AIRO

# AIRO2023

**BOLOGNA,  
27-29 OTTOBRE 2023**

PALAZZO DEI CONGRESSI

Radioterapia Oncologica: l'evoluzione al servizio dei pazienti

## **Autocontouring: vantaggi e limiti**

**Dr. Gabriele Simontacchi**

*AOU Careggi - Firenze*



Associazione Italiana  
Radioterapia e Oncologia clinica

## DICHIARAZIONE

Relatore: **GABRIELE SIMON\TACCHI**

Come da nuova regolamentazione della Commissione Nazionale per la Formazione Continua del Ministero della Salute, è richiesta la trasparenza delle fonti di finanziamento e dei rapporti con soggetti portatori di interessi commerciali in campo sanitario.

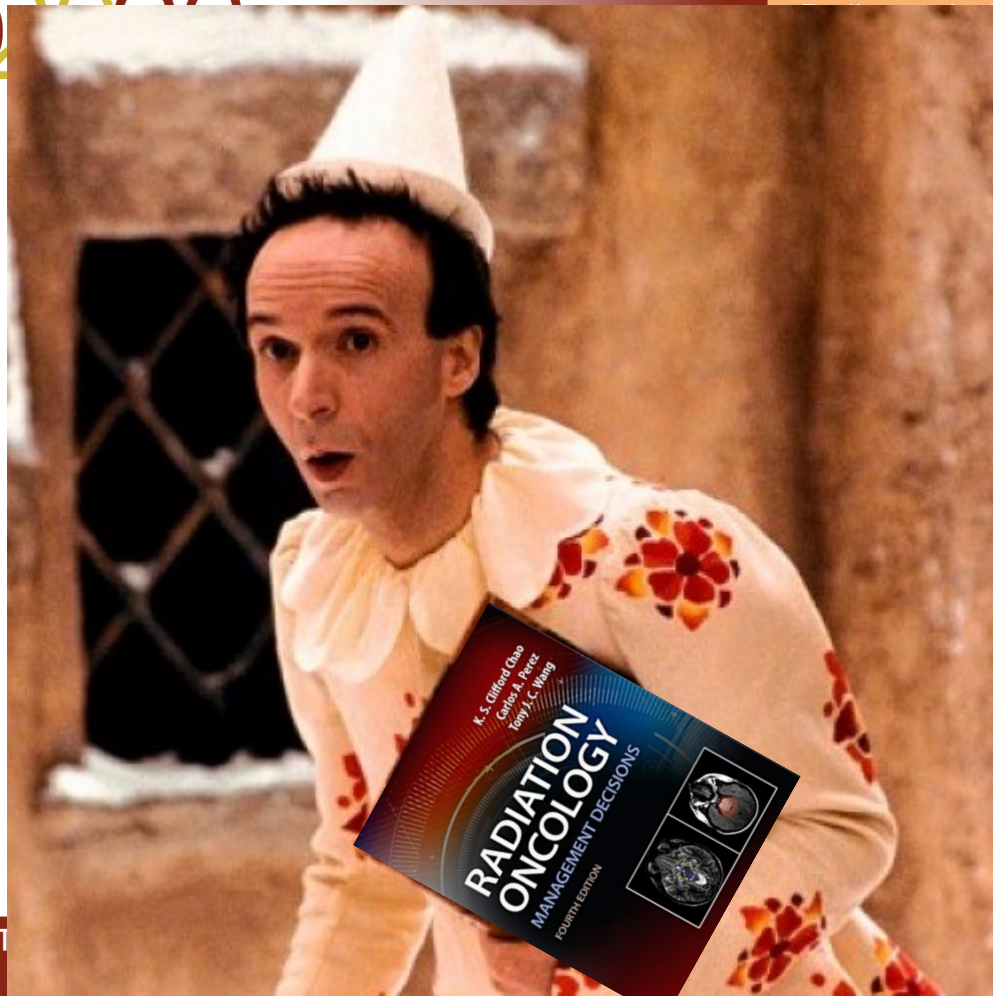
- Posizione di dipendente in aziende con interessi commerciali in campo sanitario **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Consulenza ad aziende con interessi commerciali in campo sanitario **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Fondi per la ricerca da aziende con interessi commerciali in campo sanitario **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Partecipazione ad Advisory Board **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Titolarità di brevetti in compartecipazione ad aziende con interessi commerciali in campo sanitario **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Partecipazioni azionarie in aziende con interessi commerciali in campo sanitario **(NIENTE DA DICHIARARE)**
- Altro **(NIENTE DA DICHIARARE)**



*«... C'era una volta un giovane laureato in Medicina che si era iscritto alla scuola di specializzazione in Radioterapia. Iniziò a frequentare il reparto, e i medici più esperti volevano insegnargli la materia...»*



*«... Caro giovane radiooncologo, devi studiare l'anatomia radiologica, i criteri di contornazione degli organi a rischio, dei volumi bersaglio, devi acquisire occhio ed esperienza nel contouring e devi imparare ad esercitare il tuo spirito critico...»*



## LUCIGNOLO:

*«...lascia perdere quei vecchi, il futuro è l'intelligenza artificiale e l'automazione dei processi! Lascia la contornazione ai tool di autosegmentazione, i piani di trattamento all'autoplanning, e andiamo a farci uno spritz con i fisici!...»*




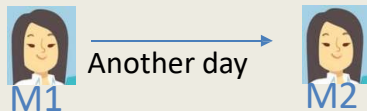
***Segmentazione di immagini CT in radioterapia  
= definizione di TARGET e ORGANI a RISCHIO per la pianificazione  
del trattamento radioterapico***





La **segmentazione manuale**, utilizza vari strumenti per definire esplicitamente i contorni delle strutture:

- è estremamente **laboriosa** (fino a molte ore!) 
- **E' relativamente poco riproducibile** (variabilità tra momenti diversi e tra operatori diversi)



**Intra-observer variability**



**Inter-observer variability**

Nonostante ciò, **resta** il metodo tuttora più diffuso e il **gold standard** per il contornamento



## Evoluzione dei metodi di auto-contouring in RT

### ➤ Metodi *semi-automatici*

basati sull'analisi del **contenuto informativo dell'immagine**, ad es.:

- Soglia di intensità
- Region growing
- Etc.



## Interactive Segmentation su immagini RMN di **metastasi encefalica**



Metodi basati anche sulla **conoscenza a priori** della forma e dell'aspetto delle strutture anatomiche:

- **Librerie di organi** (semi-automatico)



- **Atlanti** (automatico)



implementato in software commerciali, ma con successo limitato, a causa della scarsa accuratezza dei contorni prodotti per certe strutture critiche e della necessità di un lavoro preliminare di creazione e ottimizzazione dell'atlante

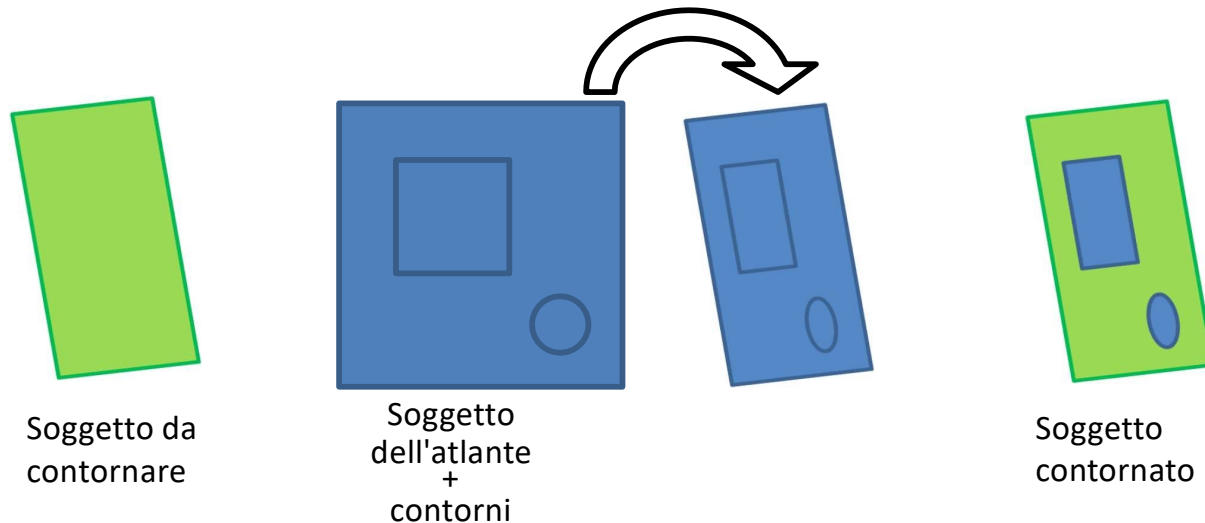
- **MACHINE LEARNING (DEEP LEARNING)** (automatico)



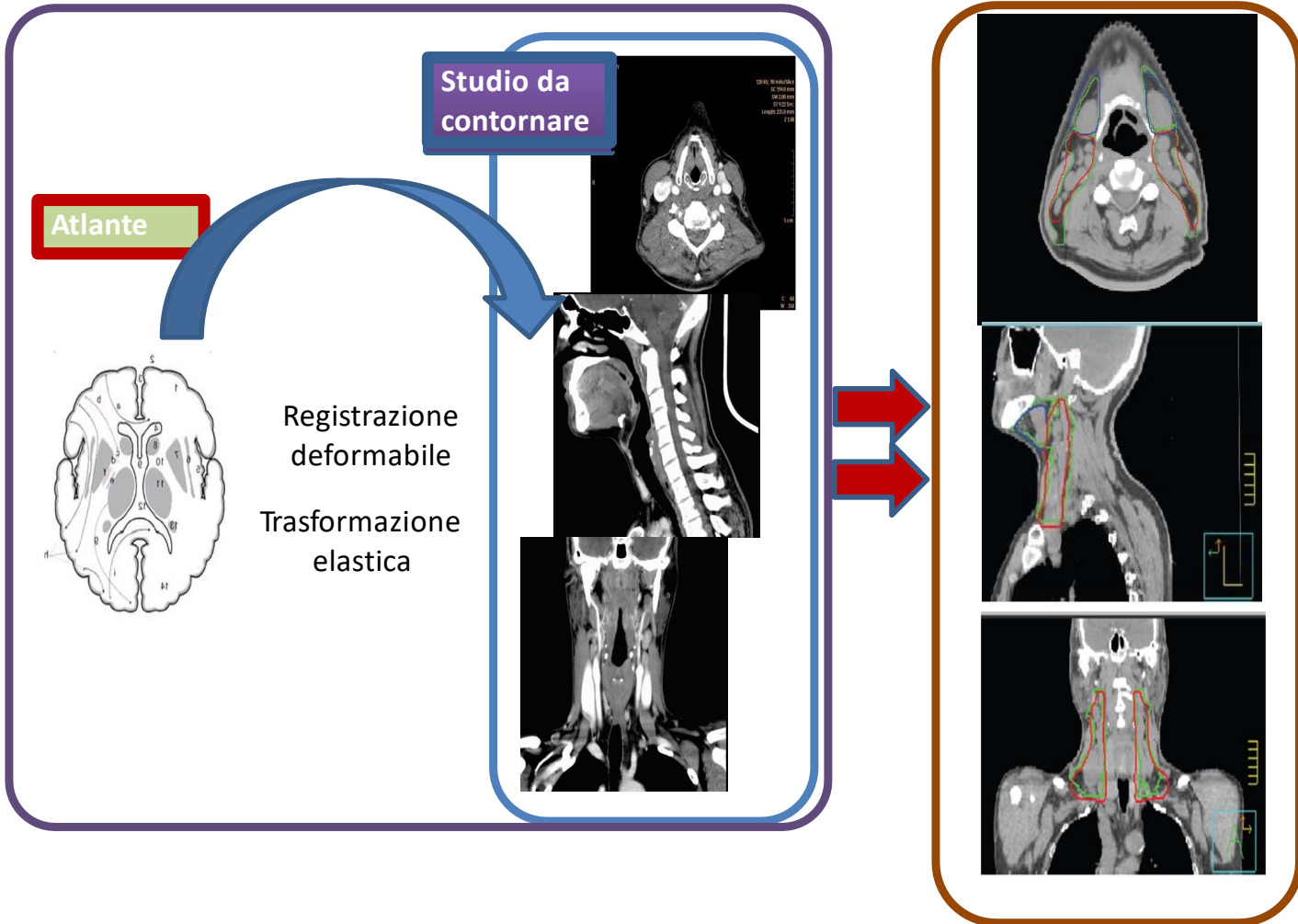
la sua performance è la migliore tra tutti i metodi, talvolta confrontabile con quella umana

## Segmentazione automatica basata su atlanti principio di funzionamento

Registrazione elastica del soggetto dell'atlante per adattarlo alla geometria del soggetto da contornare

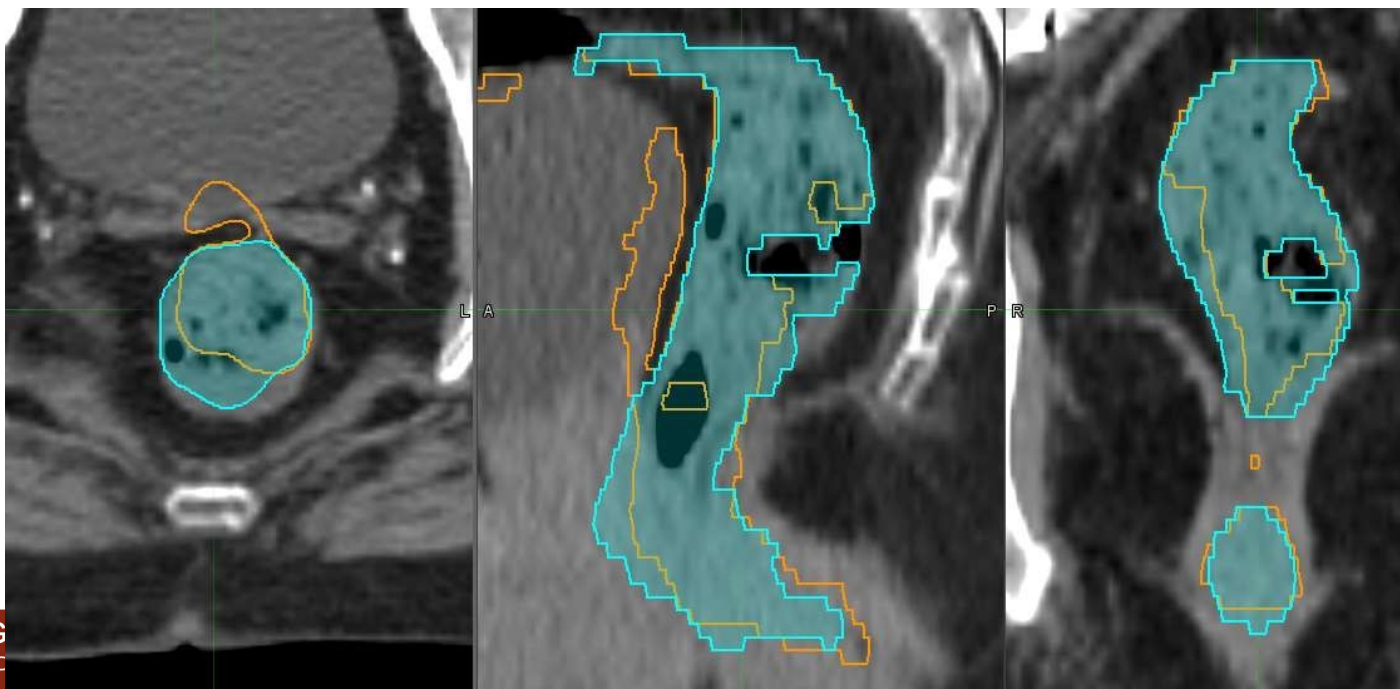


- Si registrano le immagini dell'atlante (con deformazione elastica) sulle immagini del soggetto da contornare.
- Applicando la stessa trasformazione ai contorni, si ottiene una "proposta" di contorni per il soggetto da contornare



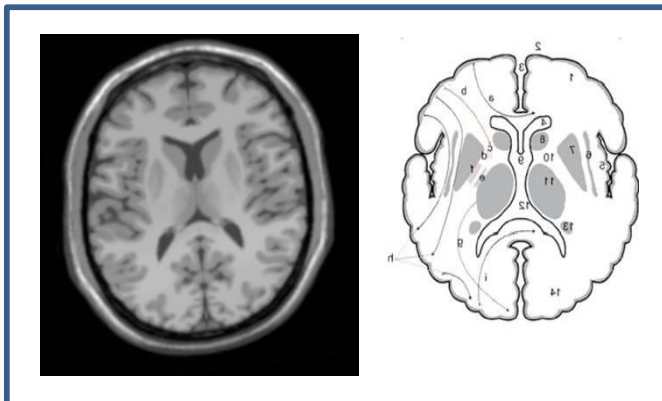
Studio contornato

L'accuratezza dei contorni automatici è peggiore in distretti con **alta variabilità anatomica** e **scarso contrasto** tra le varie regioni. Anche la **presenza variabile di aria** è un fattore limitante.



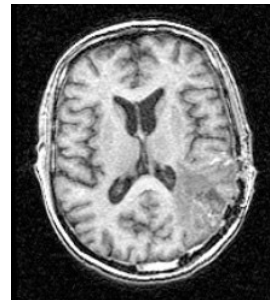
# Atlante a singolo soggetto

Soggetto dell'atlante + contorni



Trasformazione elastica

Soggetto da contornare



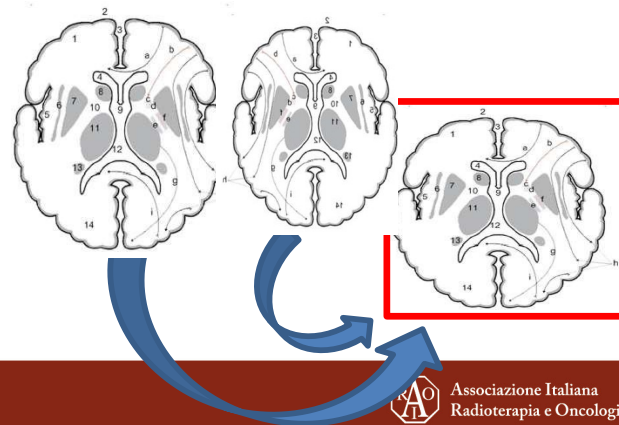
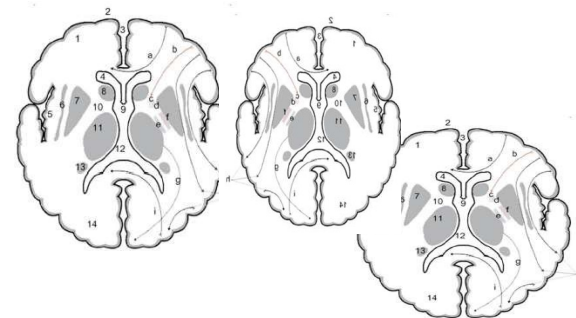
L'atlante può essere singolo all'origine: una serie CT e una serie di contorni. Questo approccio non è generalmente efficace in quanto è inficiato dalle differenze anatomiche tra il soggetto dell'atlante ed il soggetto da contornare

Questo approccio trova applicazione nel caso dell'adaptive radiotherapy o di situazioni di re-contour (ad es. per dimagrimento del paziente): l'atlante è costituito dalla CT di centraggio e dai contorni iniziali.

## Atlanti a soggetti multipli

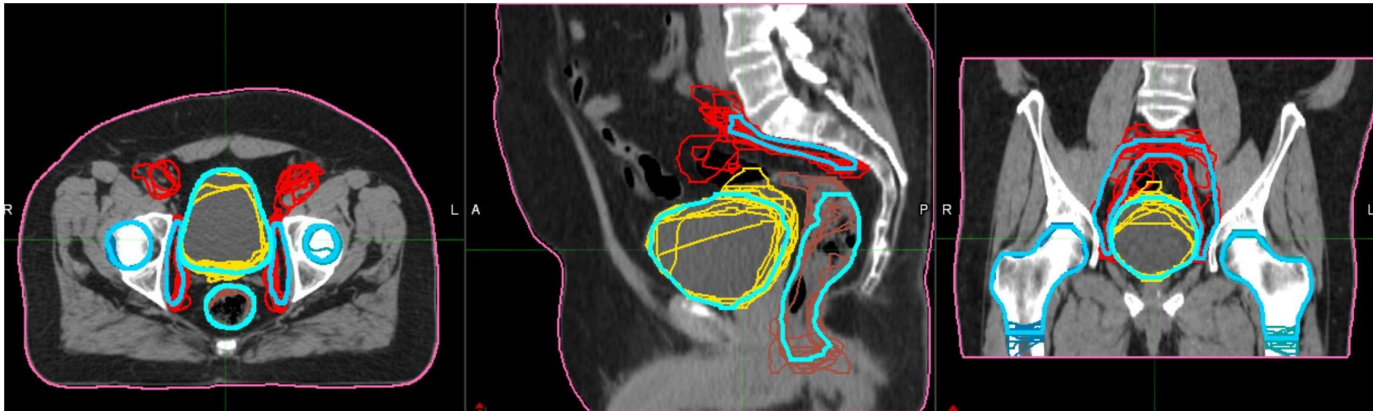
- Atlanti ricavati dall'analisi un grande numero di studi:
- Medici esperti contornano manualmente una serie di studi di un certo distretto
- Si ottiene così un atlante di riferimento multi-studio

- Gli studi dell'atlante vengono coregistrati fra loro
- Si sceglie uno studio qualunque come riferimento iniziale, sul quale si registrano tutti gli altri.





# Atlante multi-soggetto: "finalizzazione"



Il contorno celeste più spesso, per ogni struttura, è il contorno finale

## Intelligenza artificiale, machine learning e deep learning: applicazioni per la segmentazione di immagini

## Intelligenza artificiale (IA), machine learning (ML) e deep learning (DL)

Intelligenza artificiale (IA)

Machine learning (ML)

Deep Learning (DL)

# Intelligenza artificiale (IA), machine learning (ML) e deep learning (DL)

## Intelligenza artificiale (IA)

è il ramo della computer science che studia lo sviluppo di **sistemi hardware e software** dotati di capacità tipiche dell'essere umano ed in grado di perseguire autonomamente una finalità definita prendendo delle decisioni che, fino a quel momento, erano solitamente affidate agli esseri umani.

## Machine learning (ML)

### Intelligenza artificiale (IA)

#### Machine learning (ML)

E' un tipo di IA che ha come scopo la generazione di un **classificatore**, il cui compito è stabilire in che rapporto si trovano i dati forniti rispetto ai risultati che noi proponiamo.

**Ha la capacità di migliorare le proprie performances in relazione a un dato compito, in base all'addestramento**

Può essere basato su metodi classici come rette, polinomiali, clustering o su complesse funzioni statistiche, oppure (ma non necessariamente) sul deep learning

## Deep learning (DL)

Intelligenza artificiale (IA)

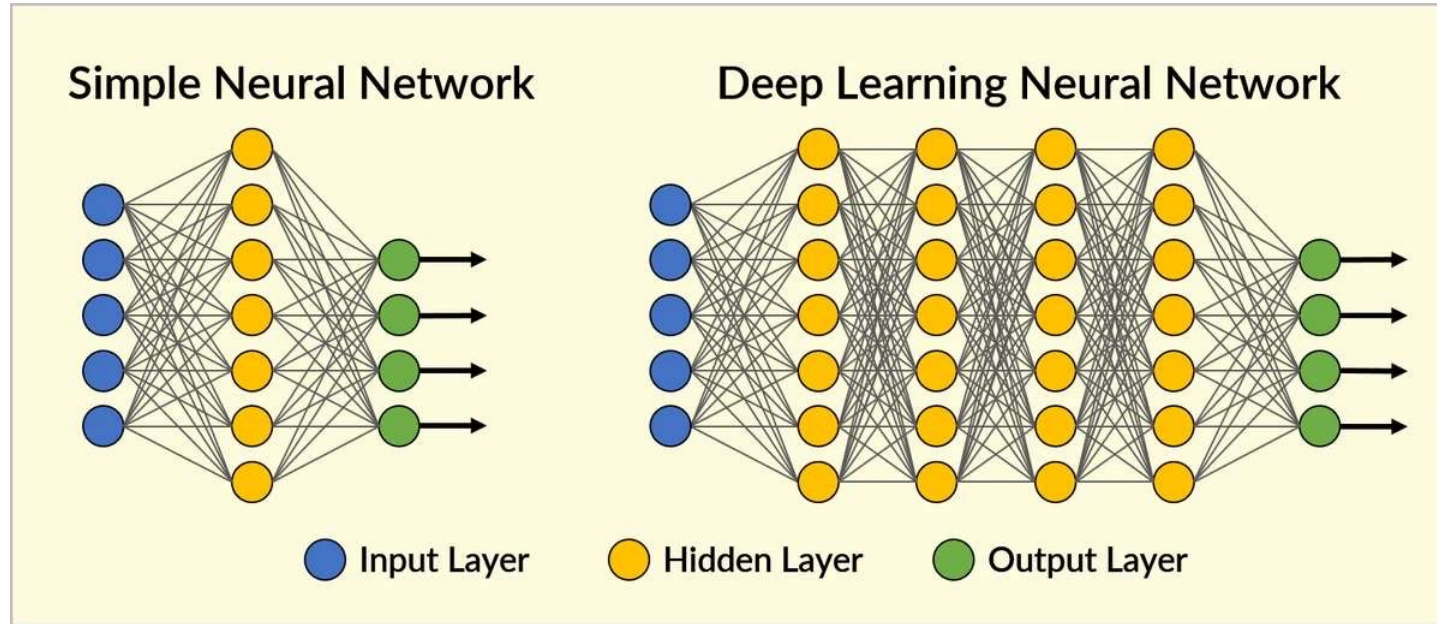
Machine learning (ML)

Deep Learning (DL)

Un particolare tipo di machine learning che viene basato su reti neurali a vari livelli di profondità

Il software riesce ad AUTO-ADDESTRARSI su compiti specifici (come il riconoscimento vocale o di immagini) sottoponendo una gran mole di dati a una rete neurale multi-livello profonda

# DEEP LEARNING



Le reti neurali hanno una complessa struttura che va ottimizzata per lo scopo specifico e necessita la definizione e il tuning di pesi per ogni “strato” della rete.

**Per quel che ci interessa per l’auto-contouring in radioterapia:**

**INPUT = studio CT da contornare**

**OUTPUT = Serie di contorni (strutture anatomiche e/o volumi target)**

Il principale limite del machine learning è la necessità di un **adeguato addestramento** della rete neurale, che solitamente richiede un **campione di TRAINING**, ovvero di studi segmentati da operatori esperti, di notevoli dimensioni, dell'ordine di centinaia o migliaia di pazienti.





## *Validazione di algoritmi per il contouring automatico*



- Per valutare l'accuratezza di un contorno generato automaticamente lo si confronta con un **gold standard manuale**, elaborato da medici esperti seguendo le linee guida.
- Attualmente non c'è accordo su quale metrica / combinazione di metriche si debba utilizzare per il confronto dei contorni.
- Ci sono anche pochi dati circa il livello minimo di accordo da ritenere accettabile.

## Dice similarity coefficient (DSC)

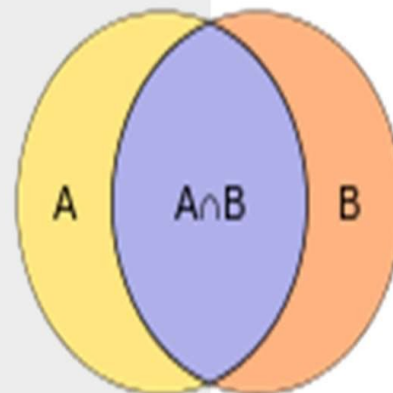
Misura del grado di sovrapposizione di due volumi

$$2x [\textit{Intersezione volumi}] / [\textit{somma volumi}] = [\textit{Intersezione volumi}] / [\textit{volume medio}]$$

$$DSC = \frac{2 \times |A \cap B|}{|A| + |B|}$$

- DSC = 0 → NESSUNA SOVRAPPOSIZIONE

- DSC = 1 → PERFETTA SOVRAPPOSIZIONE

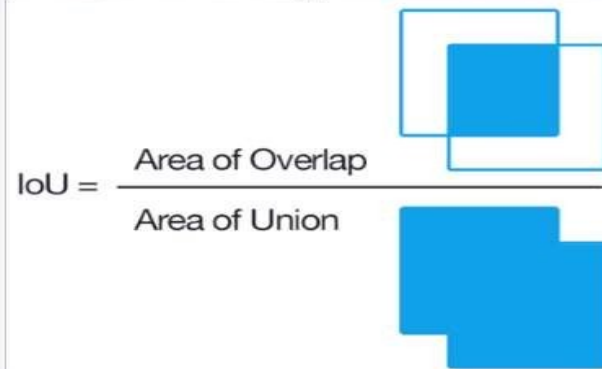
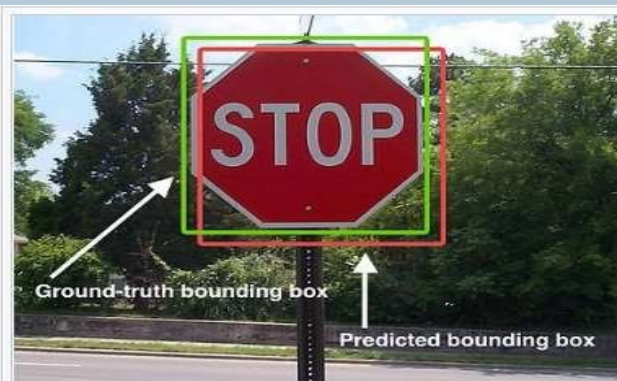


# AIRO2023

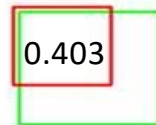
## Coefficiente di similarità di Jaccard

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} = \frac{|A \cap B|}{|A| + |B| - |A \cap B|}$$

$$0 \leq J(A, B) \leq 1$$



IoU: 0.4034



Poor

IoU: 0.7330



Good

IoU: 0.9264



Excellent

Intersection over Union as a similarity measure for object detection on images - an important task in computer vision.

## HAUSDORFF DISTANCE (HD)

Quantifica il grado di deviazione complessiva tra le superfici delle due regioni delineate

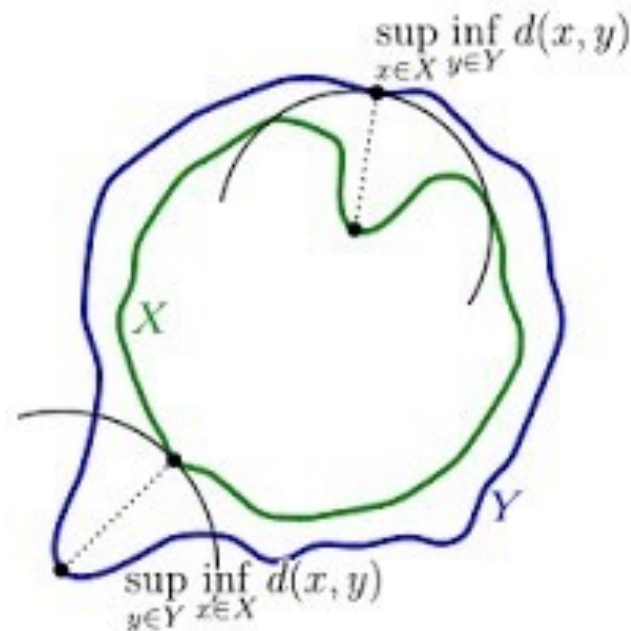
Funzione massimo - minimo

$$h(a; b) = \max_{a \in A} \{ \min_{b \in B} \{ d(a, b) \} \}$$

$$a \in A$$

$$b \in B$$

$$d(a, b) = mm$$

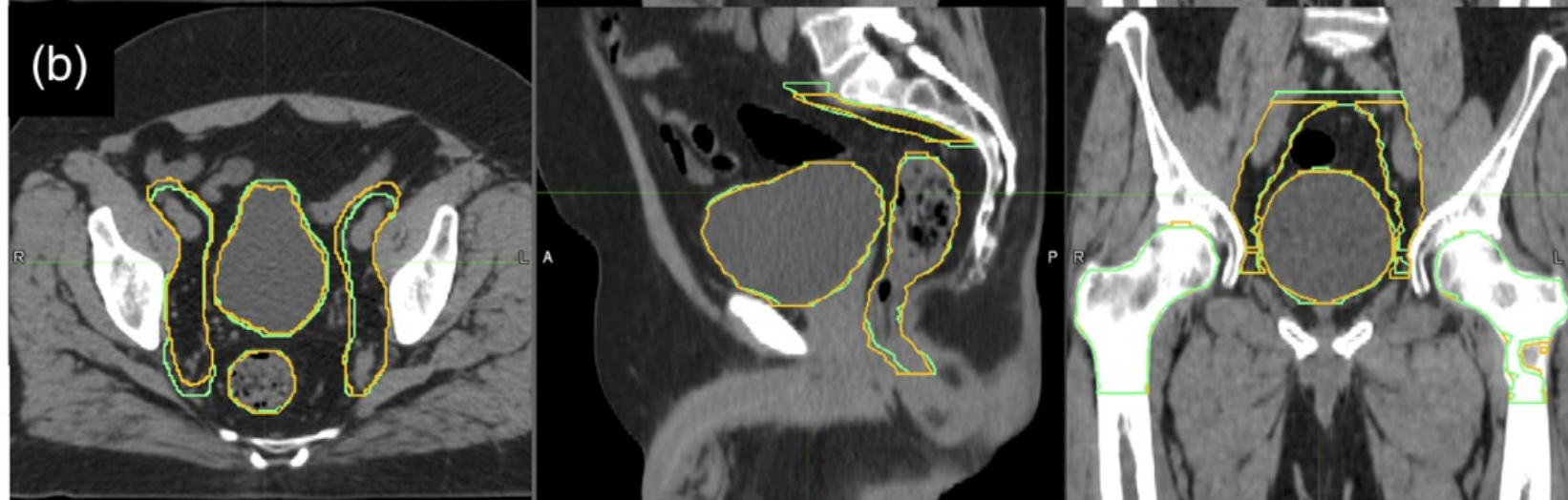
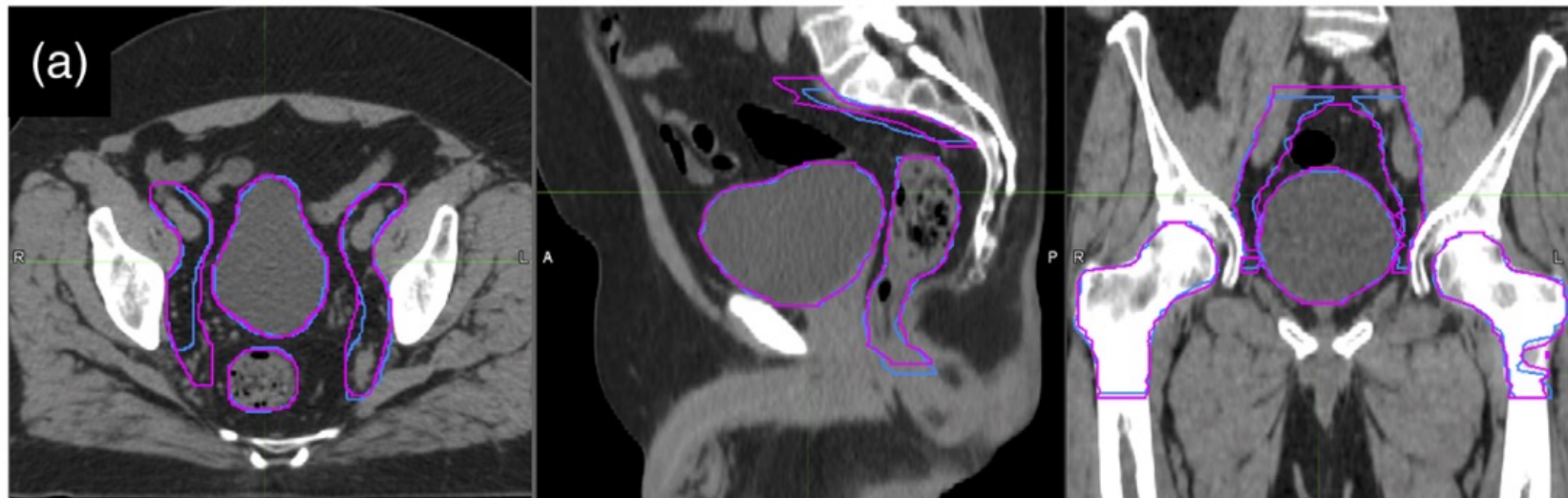


# Clinical validation segmentation toc

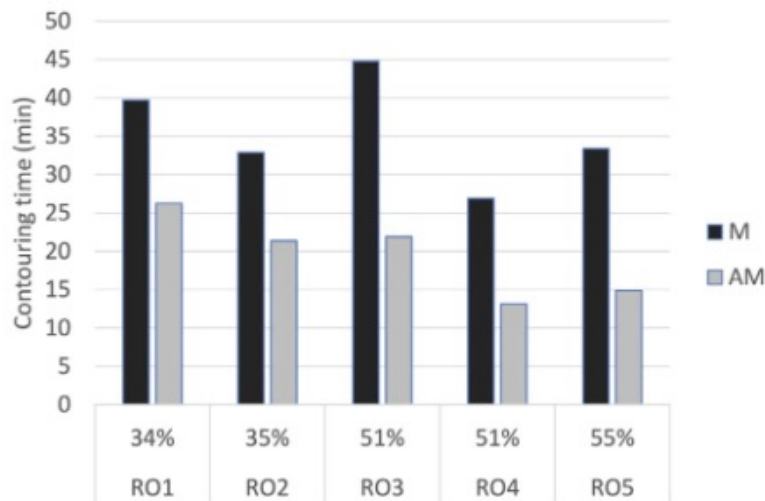
Marta Casati<sup>1</sup>  | Stefar  
Gabriele Simontacchi<sup>4</sup>   
Isacco Desideri<sup>2</sup>  | Ma  
Stefania Pallotta<sup>1,2</sup> 



gica:  
o dei pazienti



## RIDUZIONE TEMPI DI CONTORNAMENTO



**FIGURE 9**  $T_M$  and  $T_{AM}$  pelvis contouring time and percentage time savings, depending on radiation oncologist (RO). Values are averaged over six test subjects.  $T_M$ : average time for manual contours,  $T_{AM}$ : average time for editing automated contours

**TABLE 1**  $T_M$ ,  $T_{AM}$ , and percentage of time saving, for each structure and for the whole pelvis

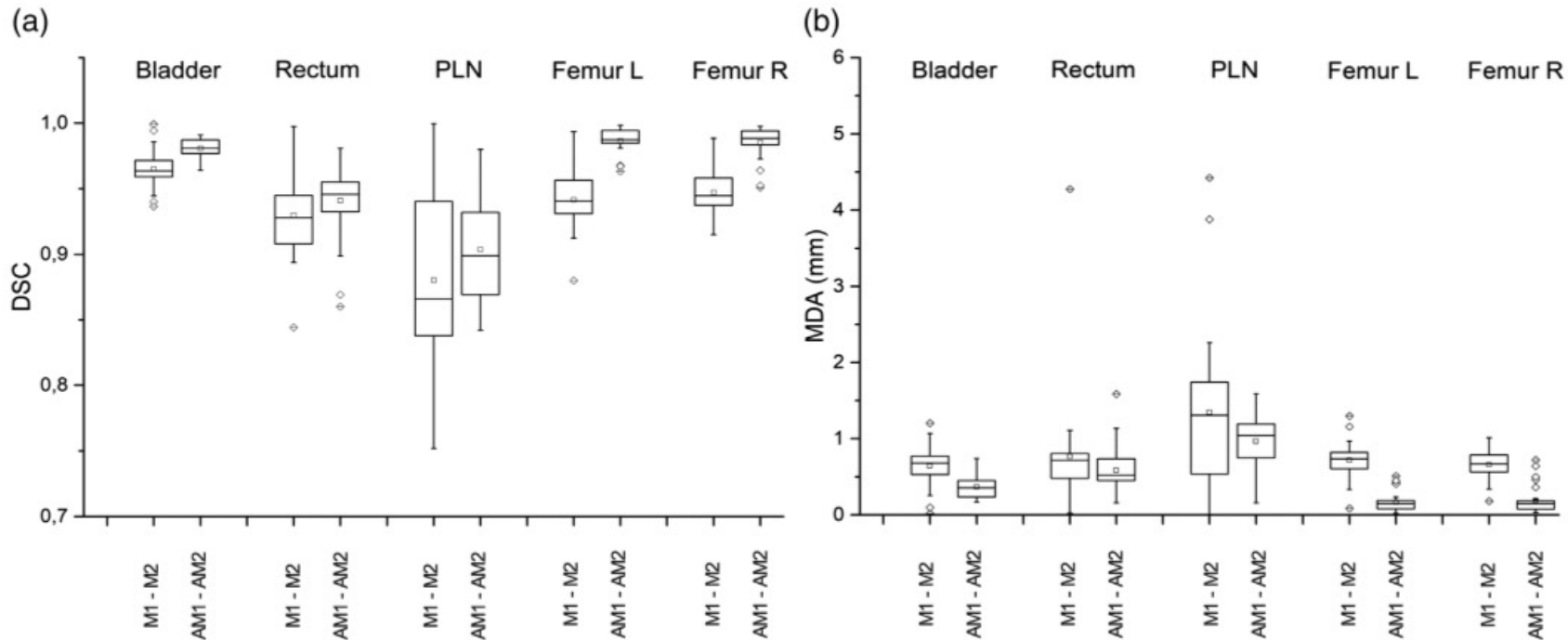
	$T_M$ (min)	$T_{AM}$ (min)	$ T_M - T_{AM} $ (min)	$ T_M - T_{AM} /T_M$
Rectum	4.0	2.7	1.3	32%
Bladder	4.2	2.6	1.6	39%
PLN	18.7	12	6.7	36%
Femoral heads	8.7	2.2	6.4	74%
Pelvis	35.5	19.5	16	45%

*Note:* Values are averaged over five radiation oncologists (ROs) and six test subjects.  $T_M$ : average time for manual contours,  $T_{AM}$ : average time for editing automated contours.

Abbreviation: PLN, pelvic lymph-node.

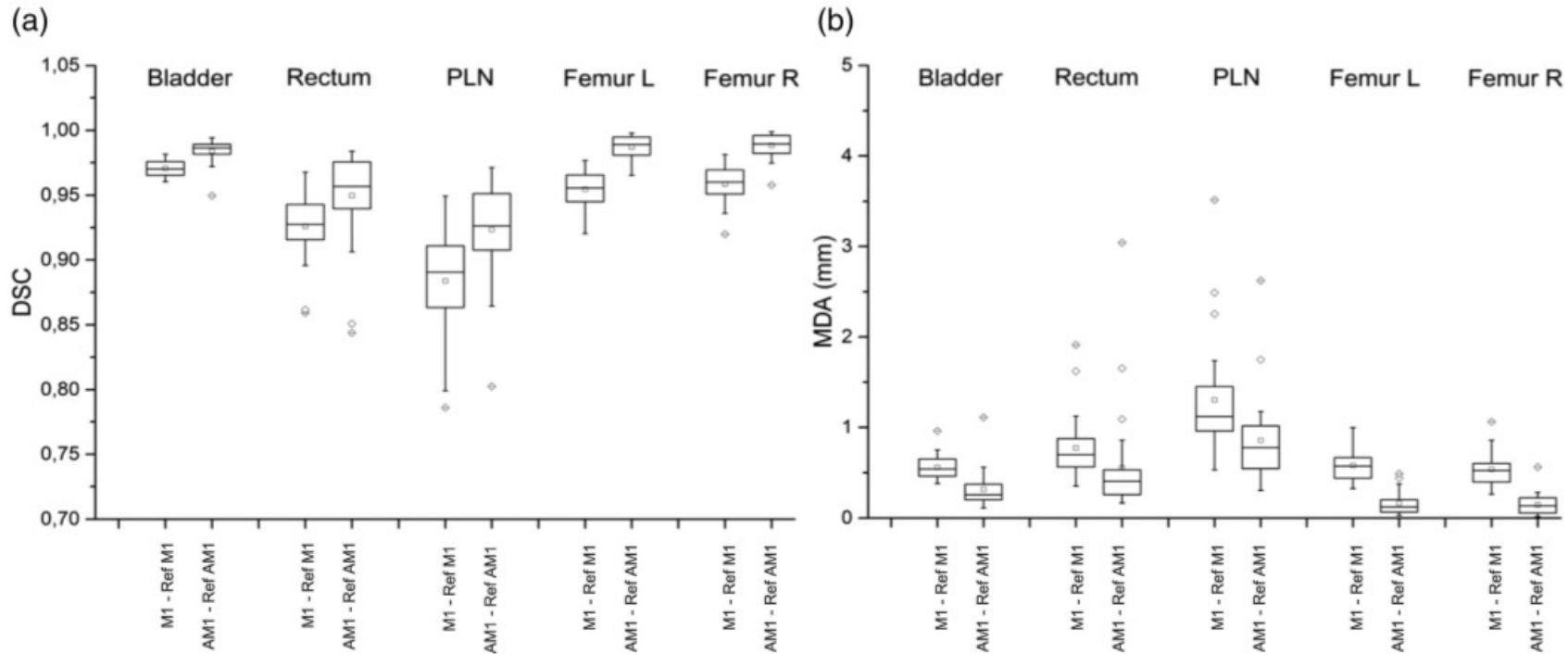


# RIDUZIONE VARIABILITA' INTRA-OSSERVATORE



**FIGURE 6** Intra-observer variability. Boxplots for each structure of 30 Dice similarity coefficient (DSC) (a) and 30 mean distance to agreement (MDA) (b) similarity indexes between contours at two time points (1 and 2), calculated for the five radiation oncologists (ROs) and the six test subjects (5 ROs  $\times$  6 test subjects = 30 indices for each boxplot). On the x-axis, manual and automatic procedures are indicated with the terms M1-M2 and AM1-AM2, respectively

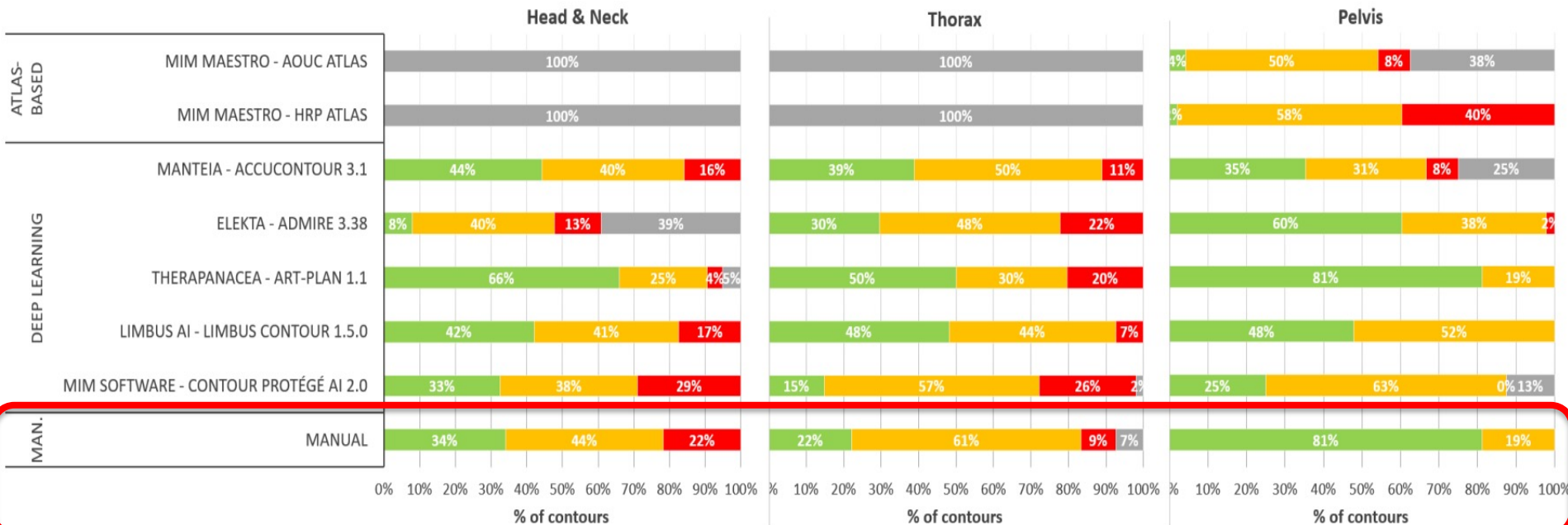
# RIDUZIONE VARIABILITA' INTER-OSSERVATORE



**FIGURE 7** Inter-observer variability. Boxplots of 30 Dice similarity coefficient (DSC) (a) and 30 mean distance to agreement (MDA) (b) similarity indexes for the five radiation oncologists (ROs) and the six test subjects were evaluated and placed side-by-side for manual (M1-Ref<sub>M1</sub>) and automated (AM1-Ref<sub>AM1</sub>) procedures and for each structure

# Confronto di prestazioni di vari software di auto-contouring di CT della pelvi attraverso valutazione visiva da parte di un radioterapista

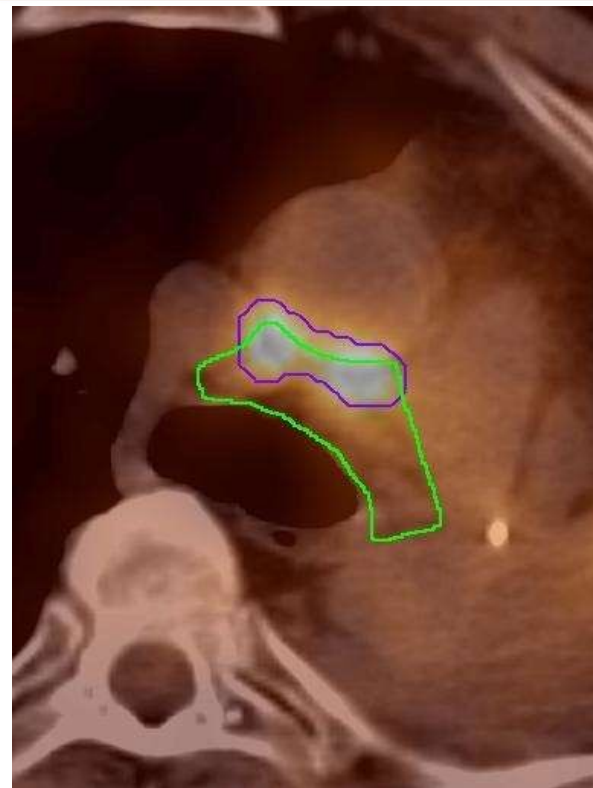
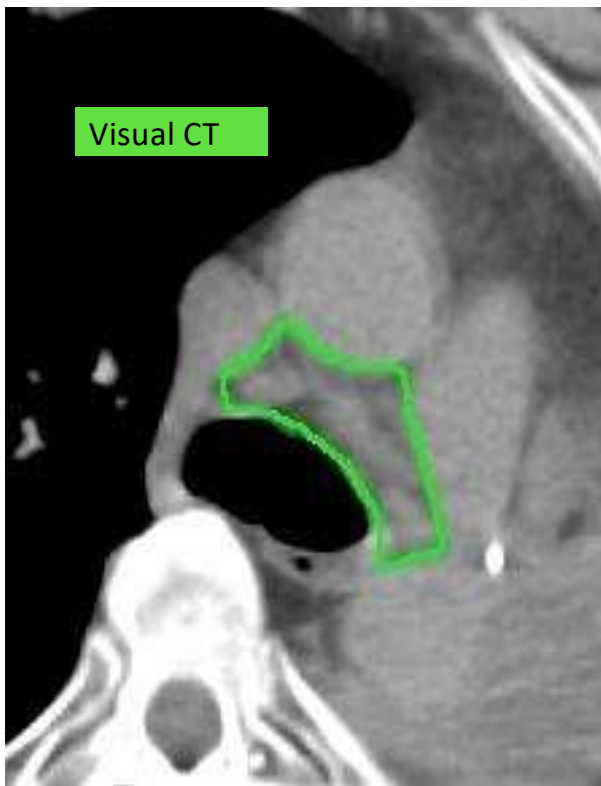
■ 0 = no corrections    ■ 1 = minor corrections    ■ 2 = further corrections needed    ■ n.a.

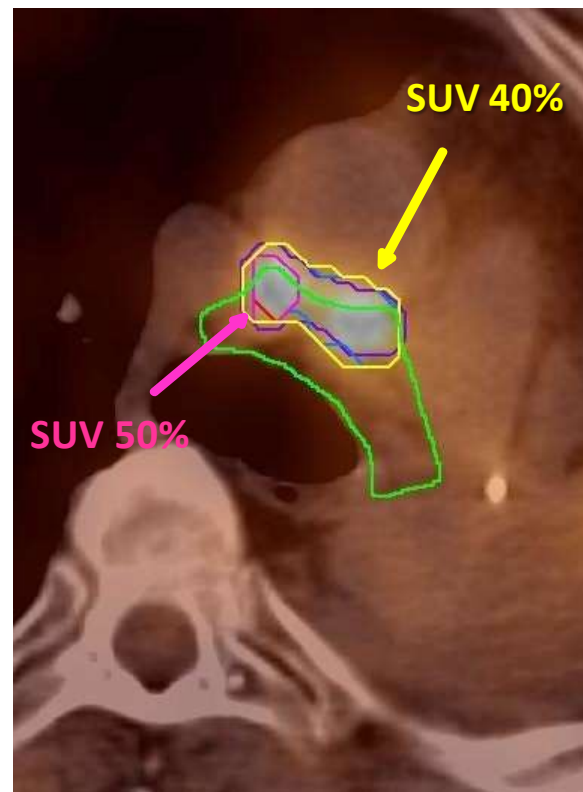
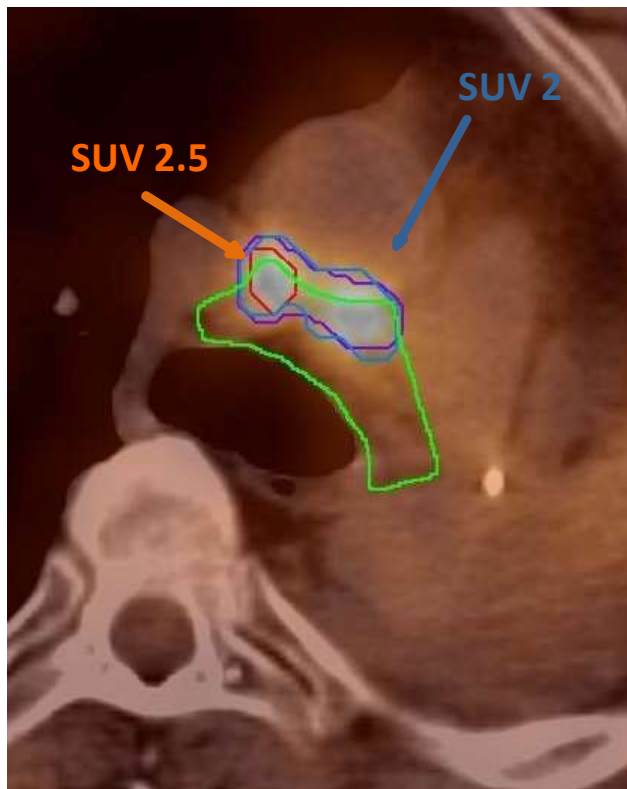


**Casati et al., Evaluation of three AI-based CT auto-contouring systems for head&neck, thorax and pelvis, ESTRO 2022 poster.**

Fusione della **PET come immagine secondaria** sulla CT di centraggio, che è utilizzata per la pianificazione del trattamento radioterapico.

- Soglia per valore assoluto di SUV
- Soglia per valore di SUV relativo al  $SUV_{max}$





- Studi eseguiti in giorni diversi, in posizione diversa (posizione braccia?), su supporti spesso diversi (fusione non ottimale!)
- Movimenti respiratori (blurring!)
- SUV non è un valore assoluto, risente di molti fattori (glicemia, tempo dall'infusione, metabolismo delle singole lesioni, etc.)

**LA POTENZA E' NULLA SENZA CONTROLLO.**

Radioterapia Oncologica:  
l'evoluzione al servizio dei pazienti



***Annie Leibovitz, 1994***

Carl Lewis gara per Santo Spirito Truck Club

**SE VUOI GUIDARE GUIDA DAVVERO.**

**PIRELLI**

**BOLOGNA, 27-29 OTTOBRE 2023**  
PALAZZO DEI CONGRESSI

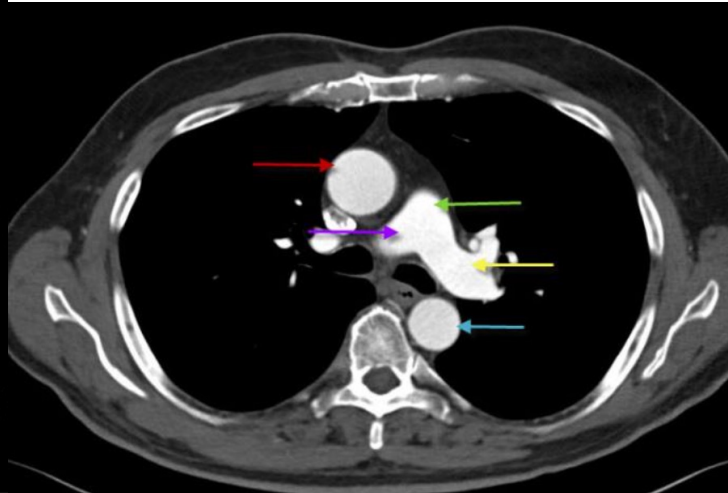


Associazione Italiana  
Radioterapia e Oncologia clinica

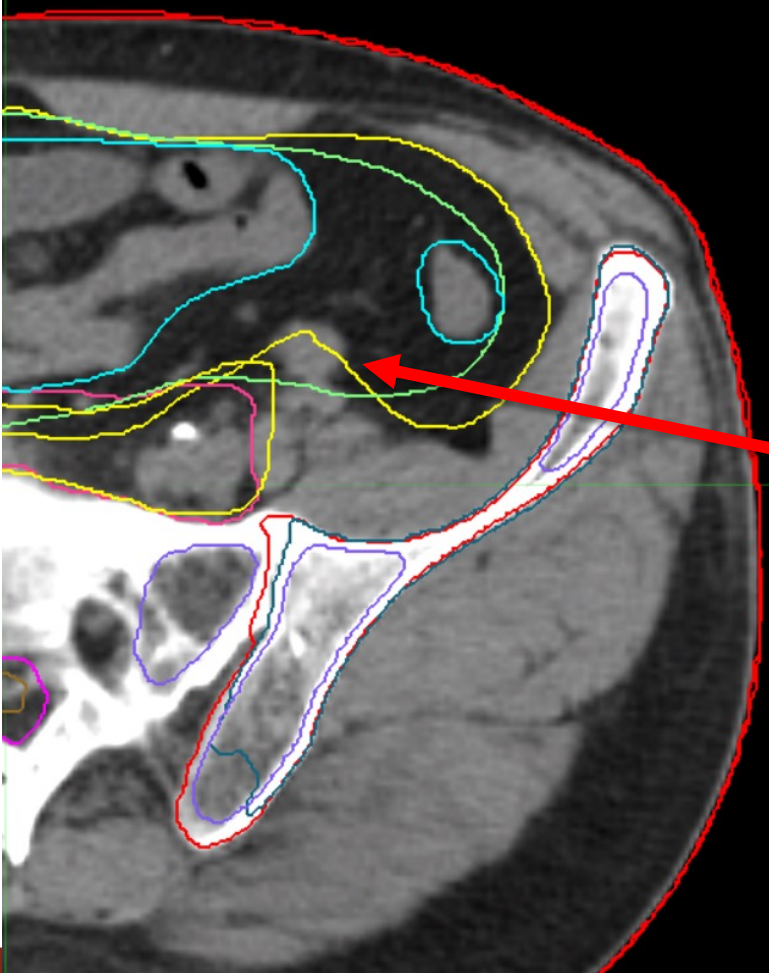




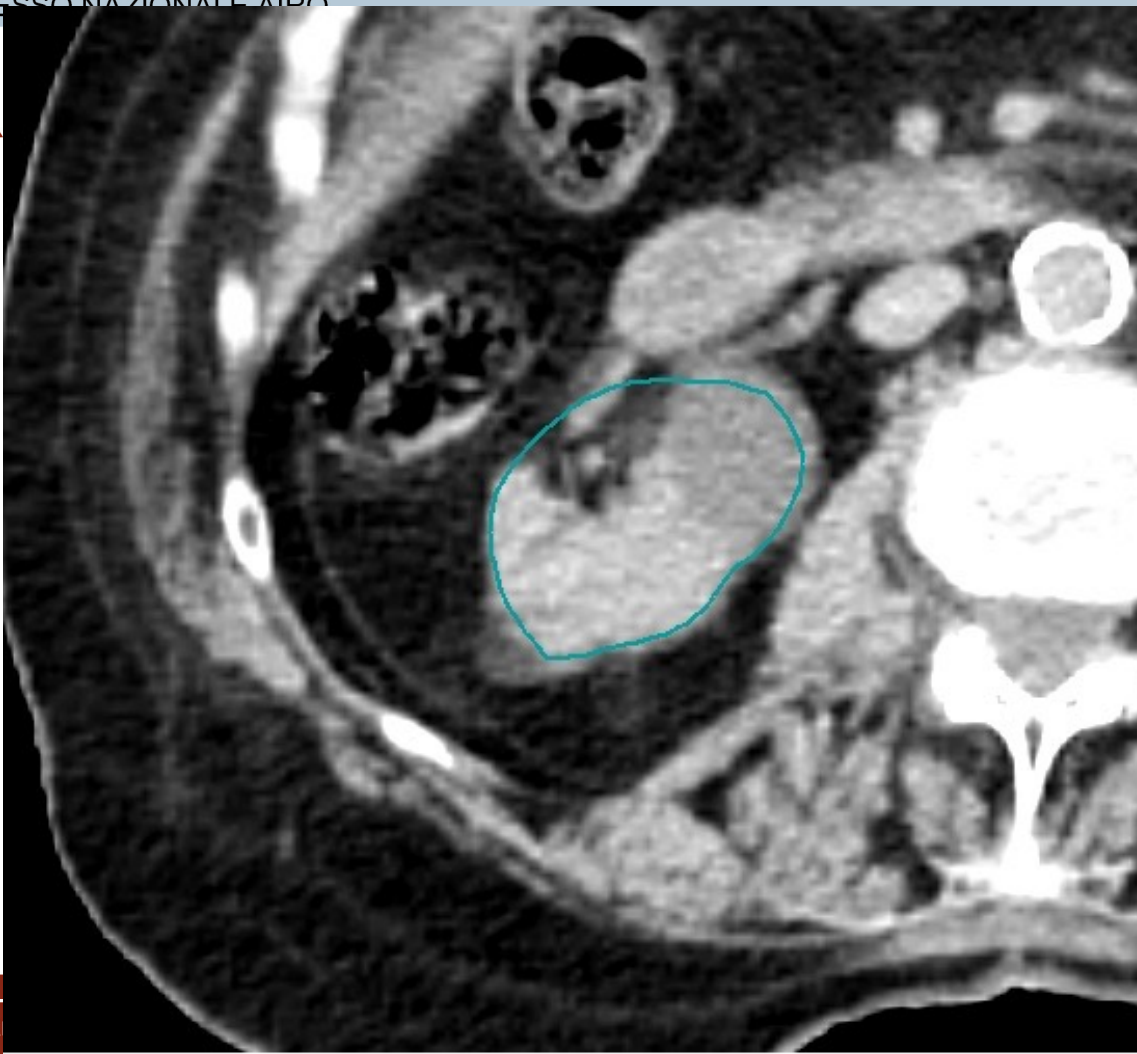
**Serve ottima conoscenza  
dell'anatomia radiologica!!!**



## VARIANTI ANATOMICHE



Arteria iliaca  
esterna sinistra



logica:  
vizio dei pazienti

**DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A RADIATION FOLIOLE EXPOSURE TO RADIATION FOLIOLE**



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

**Radiotherapy and Oncology**

journal homepage: [www.thegreenjournal.com](http://www.thegreenjournal.com)



MARY FENG, M.D.,\* JEAN M. MORAN, F

JUNE L. CHAN, M.D.,\* LAURA

RESHMA JAGSI, M.D., D. PHIL.,\*

JULIE SORIANO, M.D.,\* ROBIN

*Original Article*

ESTRO consensus guidelines

**ESTRO consensus guideline on target volume delineation for elective radiation therapy of early stage breast cancer**



Birgitte V. Offersen<sup>a,\*</sup>, Liesbeth J. Boersma<sup>b</sup>, Carine Kirkove<sup>c</sup>, Sandra Hol<sup>d</sup>, Marianne C. Aznar<sup>e</sup>, Albert Biete Sola<sup>f</sup>, Youlia M. Kirova<sup>g</sup>, Jean-Philippe Pignol<sup>h</sup>, Vincent Remouchamps<sup>i</sup>, Karolien Verhoeven<sup>j</sup>, Caroline Weltens<sup>j</sup>, Meritxell Arenas<sup>k</sup>, Dorota Gabrys<sup>l</sup>, Neil Kopek<sup>m</sup>, John Yarnold<sup>r</sup>, Philip Poortmans<sup>s</sup>

**An Atlas of the Pelvis**

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

**Radiotherapy and Oncology**

journal homepage: [www.thegreenjournal.com](http://www.thegreenjournal.com)



ELSEVIER



**Non-Hodgkin's Lymphoma: Field of Lymphoma**

Rectal cancer guidelines

**International consensus guidelines on Clinical Target Volume delineation in rectal cancer**



MD, PhD,<sup>‡</sup>  
Godefridus H. J. van den Broek, MD, PhD,<sup>¶</sup>  
Godefridus H. J. van den Broek, MD,<sup>††</sup>  
half of ILROG

Vincenzo Valentini<sup>a</sup>, Maria Antonietta Gambacorta<sup>a,\*</sup>, Brunella Barbaro<sup>b</sup>, Giuditta Chiloiro<sup>a</sup>, Claudio Coco<sup>c</sup>, Prajnan Das<sup>d</sup>, Francesco Fanfani<sup>e</sup>, Ines Joye<sup>f</sup>, Lisa Kachnic<sup>g</sup>, Philippe Maingon<sup>h</sup>, Corrie Marijnen<sup>i</sup>, Samuel Ngan<sup>j</sup>, Karin Haustermans<sup>f</sup>



Rectal cancer guidelines

## International consensus guidelines on Clinical Target Volume delineation in rectal cancer



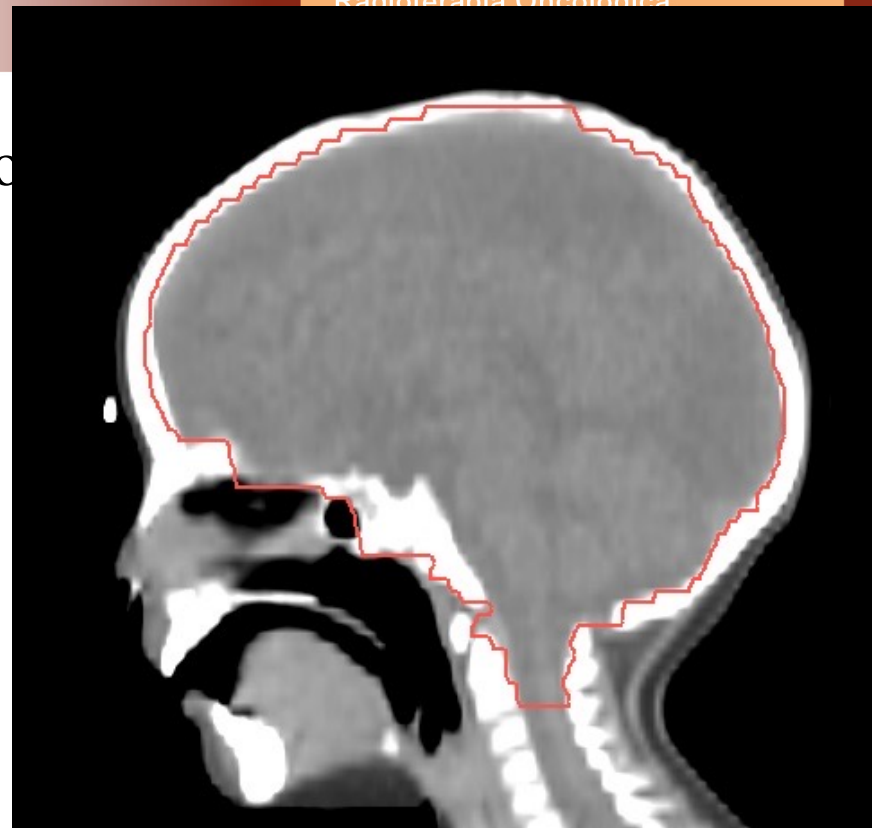
Vincenzo Valentini<sup>a</sup>, Maria Antonietta Gambacorta<sup>a,\*</sup>, Brunella Barbaro<sup>b</sup>, Giuditta Chiloiro<sup>a</sup>, Claudio Coco<sup>c</sup>, Prajnan Das<sup>d</sup>, Francesco Fanfani<sup>e</sup>, Ines Joye<sup>f</sup>, Lisa Kachnic<sup>g</sup>, Philippe Maingon<sup>h</sup>, Corrie Marijnen<sup>i</sup>, Samuel Ngan<sup>j</sup>, Karin Haustermans<sup>f</sup>

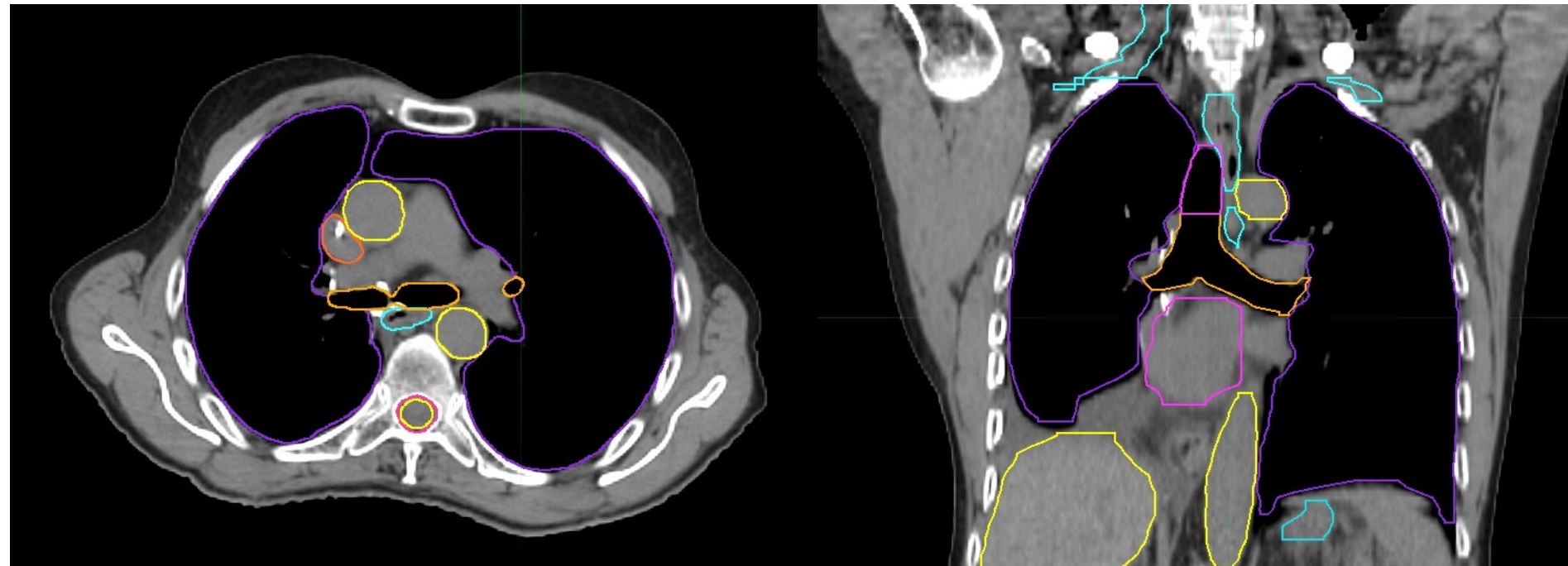
**Table 3**

Elective nodes subsites to include in the CTV according to the tumor stage and location.

	M	PS		LLN		EIN	IRF	IN	SC
		Pelvic	Abdominal	Post	Ant				
cT3	+	+	When LN+	+	+				
									+
cT4 (anterior pelvic organ)	+	+	When LN+	+	+			+	
cT4 (anal sphincter)	+	+	When LN+	+	+	+	+	+	+
cT3 with extra mesorectal node	+	+	When LN+	+	+	+			

M: mesorectum, PS: Presacral Space LLN: Lateral Lymph Nodes, EIN: External iliac Nodes, IRF: Ischiorectal Fossa, IN: Inguinal Nodes, SC: Sphincter Complex.





## CONCLUSIONI

- Contornazione è un processo talvolta noioso e ripetitivo... Ma necessita (e produce!) di grande competenza
- Tool di autosegmentazione posso portare ad una riduzione considerevole dei tempi di contornazione e della variabilità inter ed intraindividuale
- L'obiettivo è produrre contorni clinicamente affidabili ed utili, utilizzabili senza troppo lavoro
- Integrare nuove tecnologie in cui i clinici (con competenza non rimpiazzabile!!) rimangano al centro.
- Invece di rimuovere gli umani dall'equazione... l'automazione deve servire al clinico per applicare le sue capacità con maggiore efficienza! Semplificando routine e passaggi noiosi, facendo risparmiare tempo e lasciandolo per compiti più «alti»



Special thanks to:

-Dr. Marta Casati



# AIRO2023

Radioterapia Oncologica:  
l'evoluzione al servizio dei pazienti

