



**A.I.R.O. GRUPPO DI STUDIO TESTA COLLO**

**27 maggio 2013, Isola Tiberina**



**WORKSHOP SU IMPOSTAZIONE RADIOTERAPICA NEI TUMORI  
DEL RINOFARINGE**



# **INTEGRAZIONE DELL'IMAGING MORFOLOGICO RM NEL CONTOURING DEI TUMORI DEL RINOFARINGE: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE NELL'UTILIZZAZIONE DEI SISTEMI PER LA FUSIONE D'IMMAGINI RM/TC**

**Paolo Antognoni**

**U.O. RADIOTERAPIA - AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA  
"OSPEDALE DI CIRCOLO E FONDAZIONE MACCHI"  
VARESE**

*L'Autore dichiara assenza di conflitto di interessi in merito  
agli argomenti trattati in questa presentazione*

# INTEGRAZIONE DELL'IMAGING MORFOLOGICO RM NEL CONTOURING DEI TUMORI DEL RINOFARINGE: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE NELL'UTILIZZAZIONE DEI SISTEMI PER LA FUSIONE D'IMMAGINI RM/TC

## INDICE DEGLI ARGOMENTI

- Ruolo della RM nella stadiazione dei tumori del rinofaringe
- Obiettivi dell'integrazione dell'imaging morfologico RM nel processo di delineazione dei GTV radioterapici per i tumori rinofaringei
- Processo di fusione immagini TC/RM: problematiche metodologiche e loro rilevanza nel contouring dei GTV radioterapici rinofaringei
- Ottimizzazione dell'utilizzo della fusione d'immagini TC/RM per la delineazione dei GTV rinofaringei e per il successivo treatment planning radioterapico: dati di letteratura ed esperienza personale

# ■ RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE



## RM in Rinofaringe: RISOLUZIONE SPAZIALE, MULTIPARAMETRICITA', MULTIPLANARIETA'

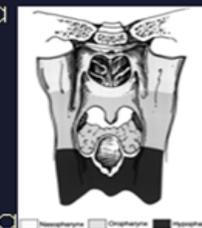


## MRI OF PHARYNGEAL SPACE: IMPROVED SPATIAL RESOLUTION AND SOFT TISSUE CONTRAST



### RM NELLO STUDIO DELLO SPAZIO MUCOSO-FARINGEO

- ELEVATA RISOLUZIONE SPAZIALE E DI CONTRASTO  
dettagliata discriminazione tra i differenti tessuti, tale da identificare strutture anatomiche anche molto fini (piccoli muscoli, fasce, nervi, vasi)
- MULTIPARAMETRICITA'  
impiego integrato di sequenze differenti per mettere in evidenza elementi diversi e complementari di anatomia e patologia
- MULTIPLANARIETA'



#### RM vs TC

- minor invasività biologica
- meno artefatti da protesi fisse, impianti o materiale dentaria
- costo più elevato
- maggior numero di esami inadeguati (claustrofobia o scarsa collaborazione)

# ■ RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE

## RM in Rinofaringe: METODICA DI IMAGING DI MAGGIOR ACCURATEZZA



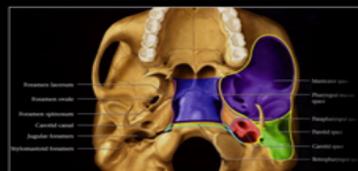
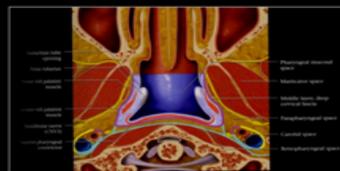
### RUOLO DELL'IMAGING NELLA MODERNA RADIOTERAPIA (IMRT/IGRT) DEI TUMORI DEL DISTRETTO HEAD & NECK



### CONTRIBUTO DELLE METODICHE DI IMAGING NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI TESTA-COLLO: RM

#### RINOFARINGE: PARAMETRO T

##### ANATOMIA TOPOGRAFICA



HANSSBERGER et al. AMRSYS, Q4 2006

##### AREE "CRITICHE"

Classe T del carcinoma della rinofaringe (AJCC 2002)

T1 Tumore confinato alla rinofaringe

T2 Tumore esteso a orofaringe e/o fossa nasale  
T2a non invasione parafaringea  
T2b invasione parafaringea

T3 Tumore che invade strutture ossee e/o seni paranasali

T4 Tumore con estensione endocranica e/o invasione nervi cranici, fossa infratemporale, ipofaringe, orbita

#### RINOFARINGE IMAGING MEDIANTE RM

#### Parametro T

- ✓ RM MAGGIOR ACCURATEZZA RISPETTO ALLA TC elevata risoluzione di contrasto

Precisa definizione del **volume tumorale**  
Esatta dimostrazione dell'**estensione** profonda o superficiale del tumore e definizione di suoi rapporti con:

- ✓ piani fasciali
- ✓ muscoli
- ✓ vasi
- ✓ nervi
- ✓ periostio



## ■ RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE

### MRI DIAGNOSTIC STUDY PROTOCOL FOR NASOPHARYNGEAL CANCER

#### RM in Rinofaringe: *PROTOCOLLI DI STUDIO DIAGNOSTICO DEDICATI*



#### TECNICA DI STUDIO RM

- apparecchio ad "alto campo" (1,5 T)
- pz supino (respirazione tranquilla, senza deglutire o tossire)
- bobina dedicata "HEAD and NECK" (in base alla regione di studio)



#### PROTOCOLLO

(miglior compromesso tra tempo di acquisizione e risoluzione spaziale)

STUDIO MULTIPLANARE-matrice elevata e strato sottile

SEQUENZE T2 (assiale, piani aggiuntivi)

(informazioni di "segnale"-contrasto)

SEQUENZE T1 assiale (informazioni "anatomiche"-morfologia)

MDC (gadolinio DTPA 0,2 mmol/Kg)

SEQUENZE T1 assiale (informazioni sul "CE")

e GE T1 **FAT SAT** volumetrica (VIBE) ("cospicuità" delle lesioni)

*orientamento: secondo CUI e palato duro (simmetria)*

## ■ RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE

RM in Rinofaringe: VALUTAZIONE ACCURATA DI...

ACCURACY OF MRI IN NPC STAGING:  
LOCAL EXTENT AND DIFFUSION PATHWAYS CHARACTERIZATION



### RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE LOCALE DEL CARCINOMA DELLA RINOFARINGE

Obiettivi specifici dello studio RM:

- estensione neoplastica in profondità (fascia faringo-basilare, spazi parafaringeo e masticatorio)
- infiltrazione del basicranio
- diffusione perineurale (branca mandibolare del Vnc) e/o perivascolare (seno cavernoso)



Le lesioni primitive nella maggior parte dei casi risultano iso-iperintense in T2 (generalmente SI inferiore al tessuto linfatico) e ipo-isointense in T1 con CE moderato-i margini tumorali generalmente son meglio identificabili in T2 e T1FS

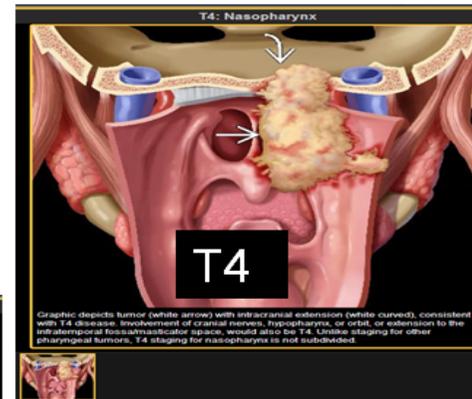
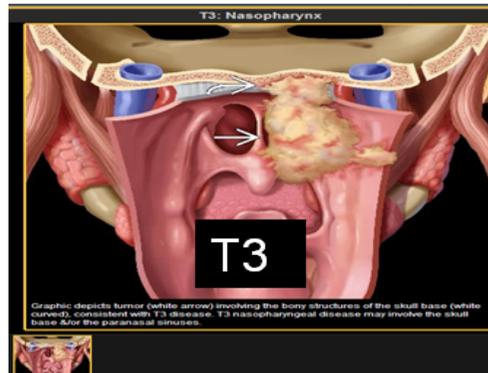
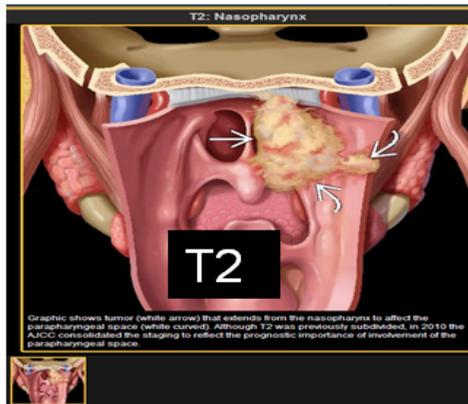
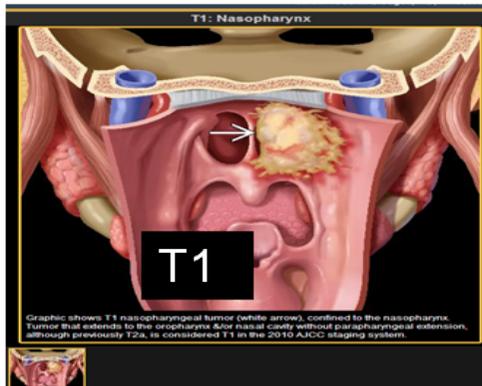
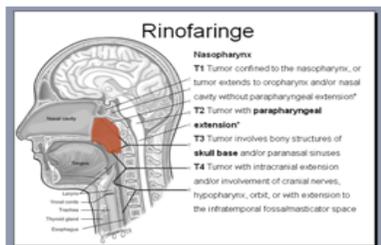


- *Infiltrazione in profondità*
- *Infiltrazione basicranio*
- *Diffusione perineurale*
- *Diffusione perivascolare*

# ■ RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE

## RM in Rinofaringe: CARATTERIZZAZIONE DELL' ESTENSIONE LOCALE (TNM 2010)

### NPC: LOCAL EXTENT



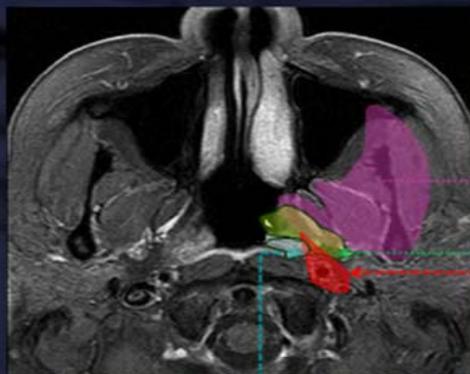
# ■ RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE

## RM in Rinofaringe: CARATTERIZZAZIONE DELL'INTERESSAMENTO DELLE VIE DI FUGA

### NPC: ROUTES OF SPREAD



### PATTERNS DI DIFFUSIONE



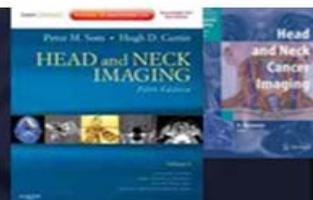
Spazio Masticatorio

Spazio Parafaringeo

Spazio Retro-sillideo o Carotideo

Spazio retro-faringeo

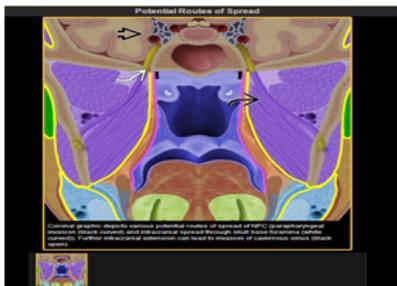
- Diffusione anteriore → Fossa nasale/Fossa pterigo-palatina/Mascella/Orbita/Etmoide
- Diffusione laterale → Fascia faringo-basilar/Spazio masticatorio/N. mandibolare/Forame ovale  
Seno cavernoso/Cavo di Meckel/Cistema prepontina/Spazio carotideo/IX, X, XI  
o cranici
- Diffusione posteriore → Spazio retro-faringeo/Forame giugulare/Canale  
ipoglosso/FCP/Ne ipoglosso
- Diffusione inferiore → Loggia tonsillare/Pilastrini tonsillari
- Diffusione superiore → Cilius/Sfenoide/Rocca petrosa/Forame lacero/FCM
- Vie di drenaggio linfatico → Spazio retro-faringeo/Fossa sovraclavare



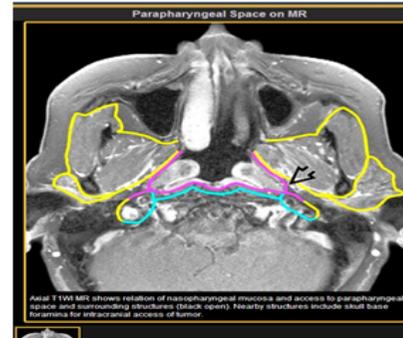
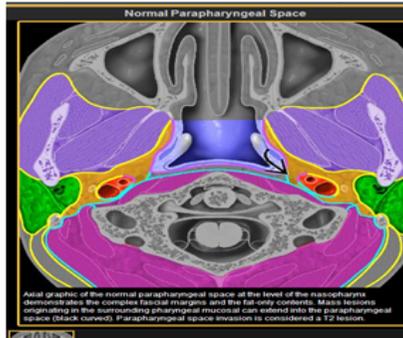
# ■ RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE

## RM in Rinofaringe: CARATTERIZZAZIONE DELL'INFILTRAZIONE PARAFARINGEA E DELLA VOLTA

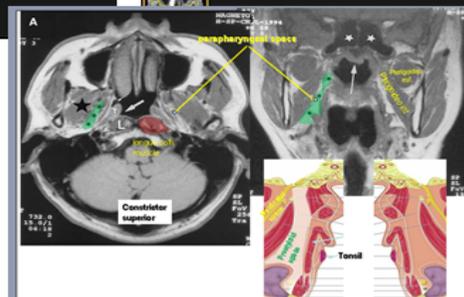
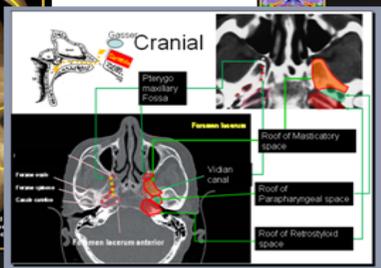
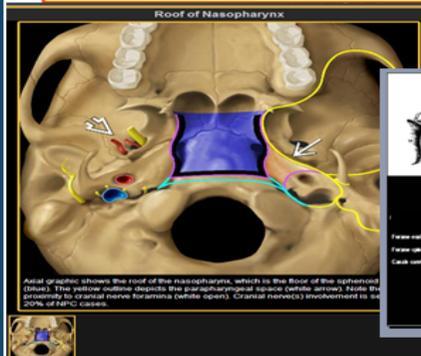
### NPC: ROUTES OF SPREAD AND MRI DETECTION



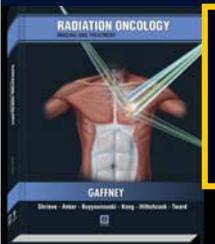
### PARAFARYNGEAL SPACE



### ROOF OF NASOPHARYNX



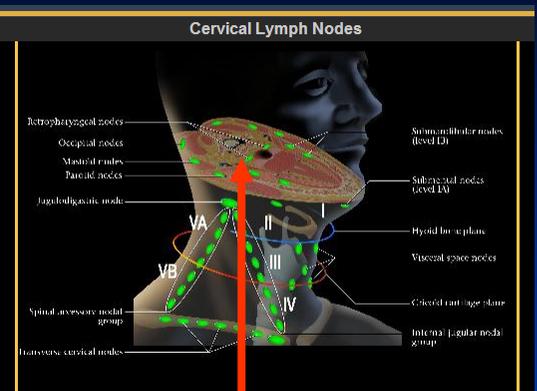
# RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE



**RISOLUZIONE SPAZIALE E DI CONTRASTO, MULTIPARAMETRICITA': CARATTERIZZAZIONE DI "T" / "N"**

**NPC: Stage II (T1 N1 M0)**

**NPC ad origine dalla fossa di Rosenmuller sx**



Axial T1WI non-contrast MR in a 77-year-old male presenting with left neck nasopharyngeal tumor isointense to muscle. Mass emanates from left Rosenmuller (white open). Due to poor renal function, contrast was not used.

**Isointensità con la muscolatura in T1**



Axial T2WI MR in the same patient shows left nasopharyngeal mass (white open), which appears hyperintense to muscle. Biopsy revealed NPC, WHO type II. Tumor limited to nasopharynx is a T1 lesion.

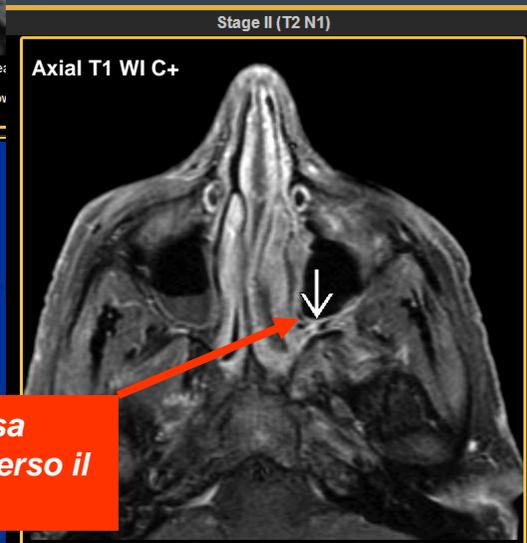
**Iperintensità con la muscolatura in T2**



T1WI C+ MR shows an exophytic left nasopharyngeal mass (white open) in a 17-year-old with a T2 N1, WHO type III nasopharyngeal carcinoma who presented with left ear fullness. There is a prominent but not necrotic left retropharyngeal node (white arrow). Nodal enlargement is typical in this age group.

**Massa esofitica rinofaringea sx**

**Adenopatia retrofaringea**



Axial T1WI C+ MR in the same patient shows the mass extending through the sphenopalatine foramen into the pterygopalatine fossa (white arrow).

**Infiltrazione della fossa pterigopalatina attraverso il forame sfenopalatino**

# ■ RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE

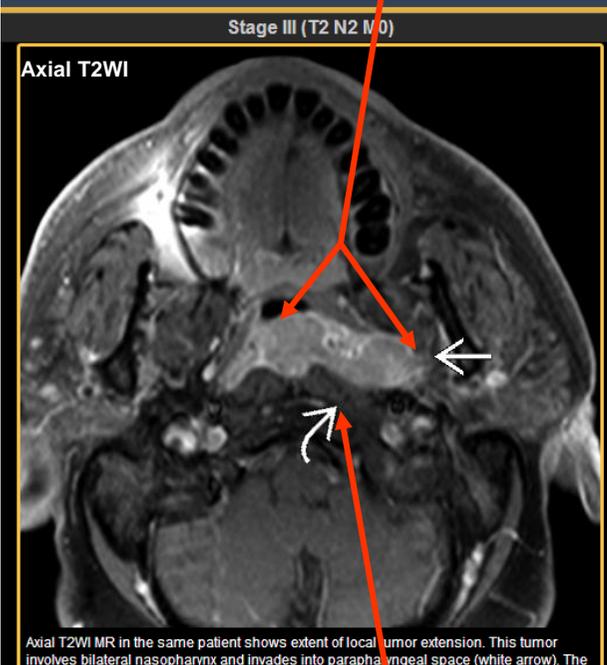
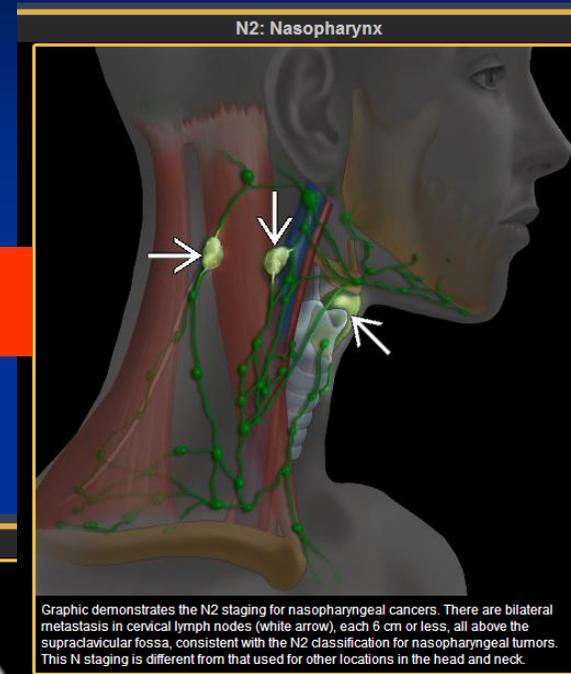


**RISOLUZIONE SPAZIALE E DI CONTRASTO, MULTIPARAMETRICITA': CARATTERIZZAZIONE DI "T" / "N"**

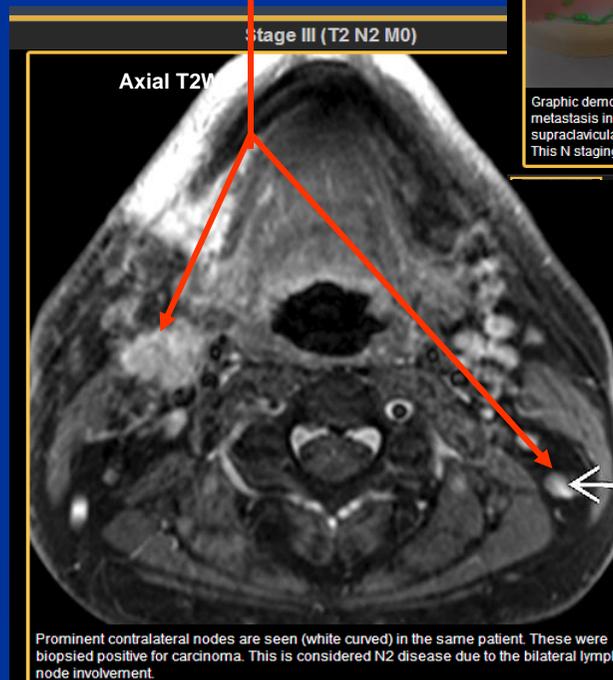
**NPC: Stage III (T2 N2 M0)**

**Invasione bilaterale del rinofaringe con infiltrazione spazio parafaringeo**

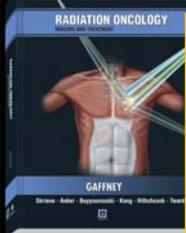
**Coinvolgimento linfonodale bilaterale: N2**



**Rispettato lo spazio retrofaringeo dietro il muscolo costrittore**



# RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE



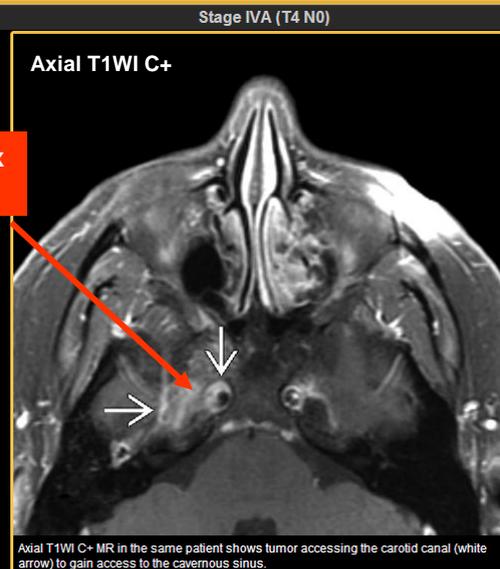
**RISOLUZIONE SPAZIALE E DI CONTRASTO, MULTIPARAMETRICITA', MULTIPLANARIETA':  
CARATTERIZZAZIONE VIE DI FUGA**

**NPC: Stage IVA (T4 N0 M0)**

**Infiltrazione del seno cavernoso dx attraverso il canale carotideo**

**Massa infiltrante rinofaringea dx**

**Invasione diretta spazio retro faringeo dx**



Axial T1WI C+ MR in the same patient shows tumor accessing the carotid canal (white arrow) to gain access to the cavernous sinus.

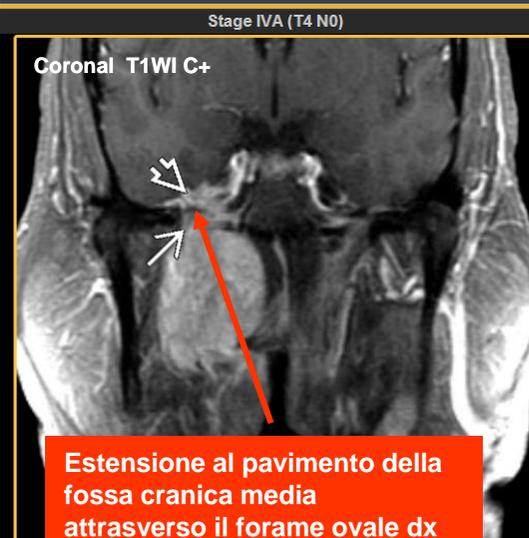


**Estensione intracranica della voluminosa massa rinofaringea**

Sagittal T1WI C+ MR in the same patient shows intracranial tumor extension (white arrow) of bulky nasopharyngeal tumor (white open), hence the T4 designation.



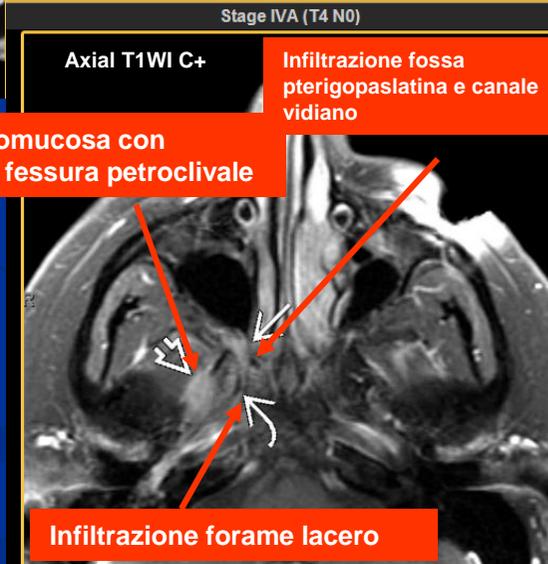
Axial T1WI C+ MR in a 38 year old presenting with otalgia and headaches shows an extensive submucosal mass of right nasopharynx (white curved). Biopsy showed adenoid cystic carcinoma. There is direct invasion of the right retropharyngeal space (white open). This patient did not have lymphadenopathy, a typical finding for adenoid cystic cancer.



**Estensione al pavimento della fossa cranica media attraverso il forame ovale dx**

Coronal T1WI C+ MR in the same patient shows the tumor extending through right foramen ovale (white arrow) into the floor of the middle cranial fossa and inferior aspect of Meckel cave (white open).

**Diffusione sottomucosa con invasione della fessura petroclivale**



**Infiltrazione forame lacero**

Axial T1WI C+ MR in the same patient shows submucosal spread along several routes. Tumor invades right petroclival fissure (white open) and infiltrates pterygopalatine fossa, vidian canal (white arrow), and foramen lacerum (white curved).

# ■ RUOLO DELLA RM NELLA STADIAZIONE DEI TUMORI DEL RINOFARINGE

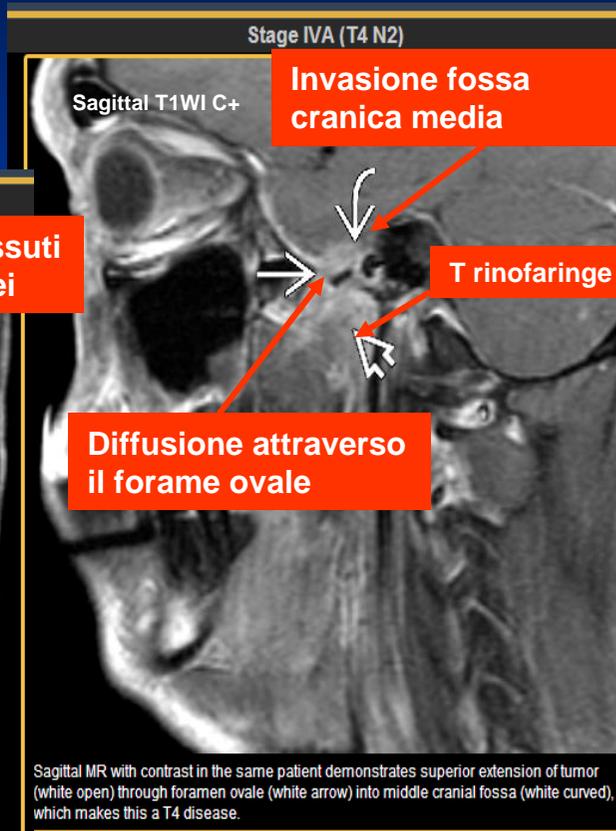
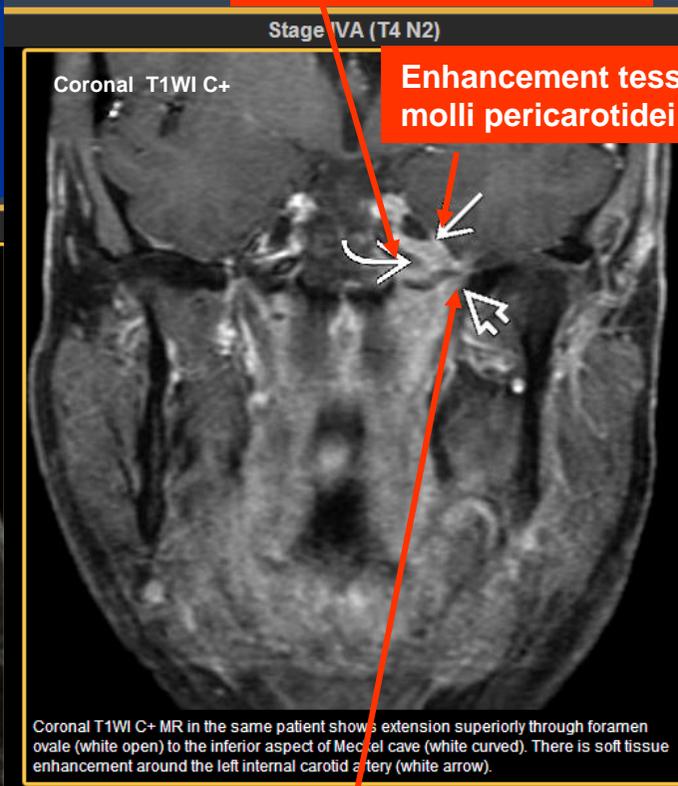
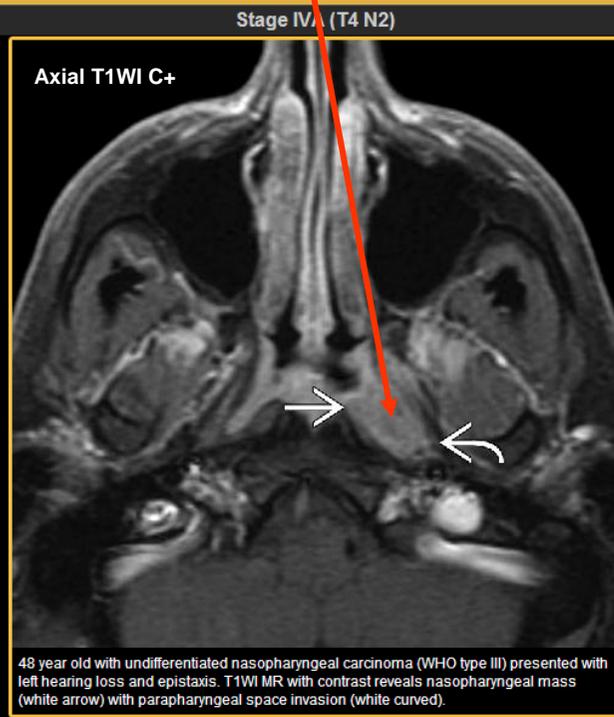


**RISOLUZIONE SPAZIALE E DI CONTRASTO, MULTIPARAMETRICITA', MULTIPLANARIETA':  
CARATTERIZZAZIONE VIE DI FUGA**

NPC: Stage IVA (T4 N2 M0)

**Massa rinofaringea sx con invasione spazio parafaringeo**

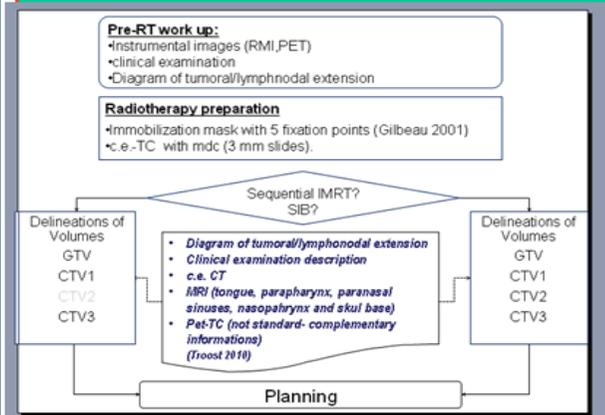
**Infiltrazione porzione inf. cavo di Meckel**



**Diffusione superiore attraverso il forame ovale**

# ■ OBIETTIVI DELL'INTEGRAZIONE DELL'IMAGING MORFOLOGICO RM NEL PROCESSO DI DELINEAZIONE DEI GTV RADIOTERAPICI PER I TUMORI RINOFARINGEI

## GTV CONTOURING AND THE IMRT PROCESS IN HEAD & NECK TUMORS

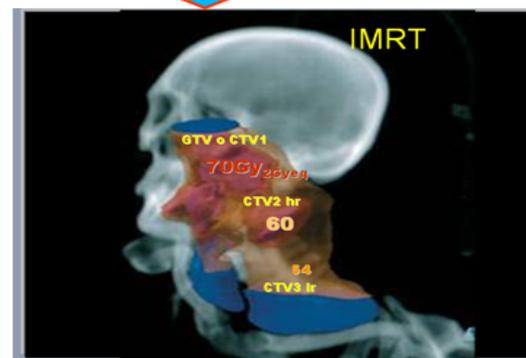
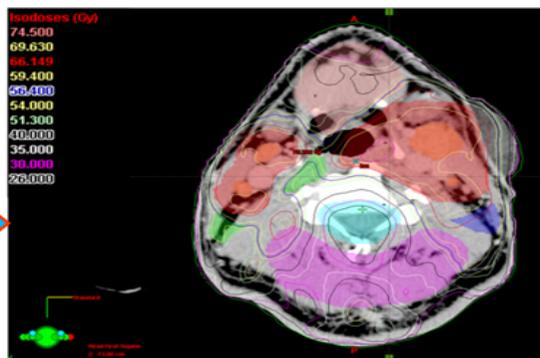


**IMRT(SIB) high-dose gradients require the highest precision in GTV delineation!**

**IMRT isodose plan using simultaneously integrated boost (SIB): "DOSE PAINTING" example.**

Radiation Oncology 2006, 1:7

<http://www.ro-journal.com/content/1/1/7>



# ■ OBIETTIVI DELL'INTEGRAZIONE DELL'IMAGING MORFOLOGICO RM NEL PROCESSO DI DELINEAZIONE DEI GTV RADIOTERAPICI PER I TUMORI RINOFARINGEI

## GTV CONTOURING AND THE IMRT PROCESS IN HEAD & NECK TUMORS



Info  
ORIGINAL ARTICLE  
IMRT dose fractionation for head and neck cancer: Variation in current approaches will make standardisation difficult  
KEAN V, HOY, JACK F, FOWLER, ANDREW J, SYKES, BING X, YAP, LIP W, LEE, & NICK J, SLEVIN\*

Lack of confidence in the accurate localization of GTV translates into a larger high dose volume (CTV).

SIB fully utilizes the potential of IMRT by tailoring the dose to each tissue volume according to risk.

There is undoubtedly a wide variation in margins applied around GTV to form the CTV... reflecting the **lack of research into what defines an optimal GTV margin**...

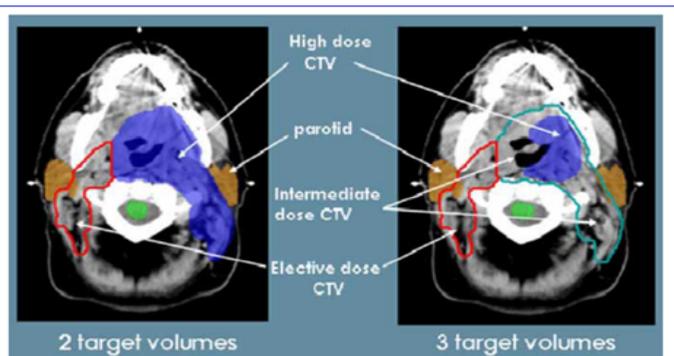


Figure 2. Two vs Three target volume delineation.

Some respondents believe that entire tissue volumes bounded by natural barriers or compartments such as fascial planes should be treated, while others may employ a **larger margin** to avoid local recurrence... → **HIGHER TOXICITY!**

## ■ OBIETTIVI DELL'INTEGRAZIONE DELL'IMAGING MORFOLOGICO RM NEL PROCESSO DI DELINEAZIONE DEI GTV RADIOTERAPICI PER I TUMORI RINOFARINGEI

### GTV CONTOURING AND THE IMRT PROCESS IN HEAD & NECK TUMORS FROM CT TO CT/MR TARGET DELINEATION



CT scan has become the reference imaging modality for treatment planning purposes for both technical and logistic reasons:

-widely available

-no geometric distortions

-inherent information on the electronic density mapping, which is used by the algorithms for dose calculation.

**BUT:**

-contrast between muscular structures and tumors is not always striking

-images from CT scan are very much influenced by the presence of teeth fillings due to a beam hardening artifact.



NEED FOR IMPROVING ANATOMICAL TARGET  
DELINEATION: CT/MRI COREGISTRATION and FUSION

# ■ OBIETTIVI DELL'INTEGRAZIONE DELL'IMAGING MORFOLOGICO RM NEL PROCESSO DI DELINEAZIONE DEI GTV RADIOTERAPICI PER I TUMORI RINOFARINGEI

CLINICAL INVESTIGATION

**INFLUENCE OF MRI ON TARGET VOLUME DELINEATION AND IMRT PLANNING IN NASOPHARYNGEAL CARCINOMA**

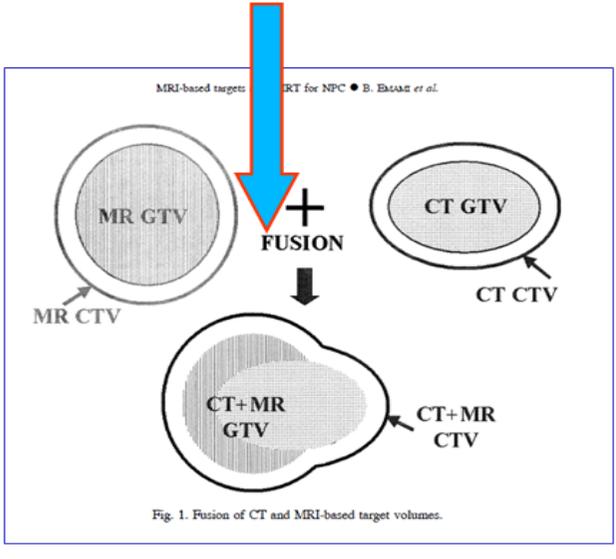
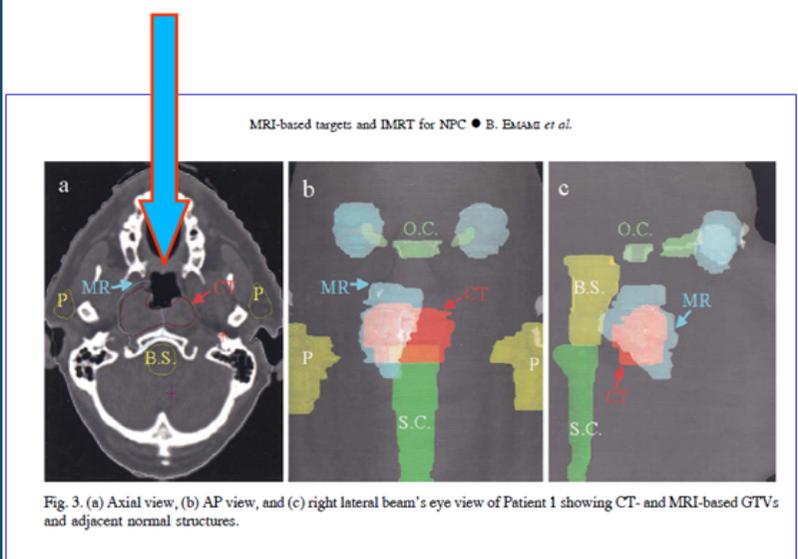
Estroff E, et al. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2011;80:1045-1052.

**REASONS FOR CT/MR IMAGE FUSION FOR TARGET DELINEATION IN NASOPHARYNGEAL CANCER IMRT**

AIOR - COCC - IHNS  
ASSOCIAZIONE ITALIANA  
ONCOLOGIA CERVICO-CEFFALICA

**The fusion of MRI and CT images is recommended in treatment planning for NPC, because it significantly reduces the possibility of missing parts of the tumor volume. When an IMRT technique was considered, both target coverage and sparing of critical structures were significantly improved.**

## IMAGE FUSION-DERIVED TARGET VOLUME: CT+MR GTV/CTV



# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

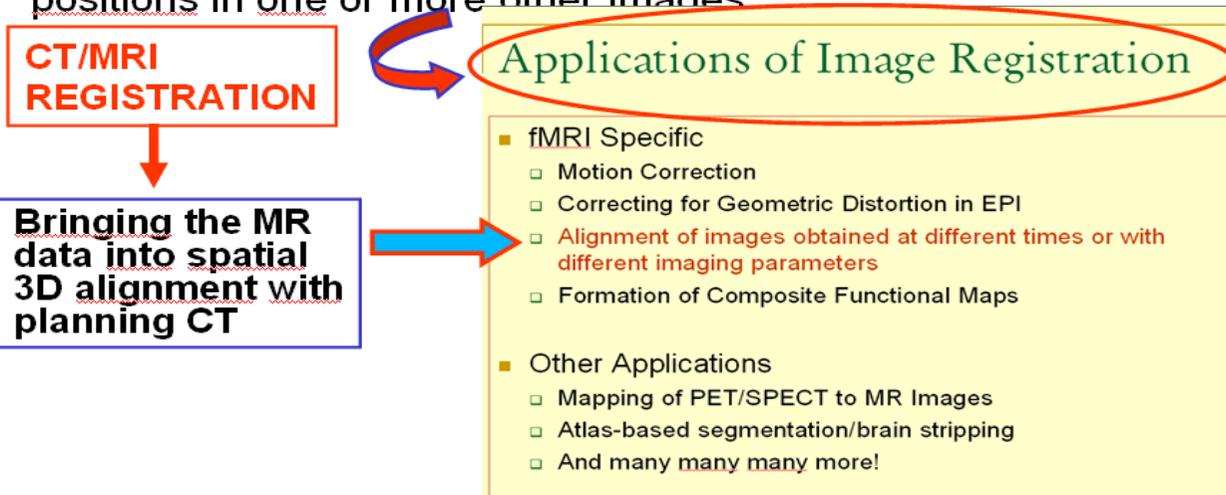
New developments in MRI for target volume delineation in radiotherapy  
 75110402, macr, macr, and T1, 0204, macr

## CT/MR IMAGE FUSION: THE IMAGE REGISTRATION AND DATA FUSION PROCESS



■ **Image Registration** is the process of estimating an optimal transformation between two images: also known as “Spatial Normalization”

Image registration is about determining a spatial transformation or mapping that relates positions in one image, to corresponding positions in one or more other images:



### Applications of Image Registration

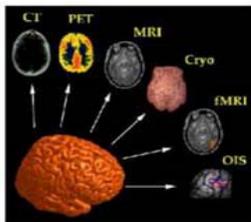
- fMRI Specific
  - Motion Correction
  - Correcting for Geometric Distortion in EPI
  - Alignment of images obtained at different times or with different imaging parameters
  - Formation of Composite Functional Maps
- Other Applications
  - Mapping of PET/SPECT to MR Images
  - Atlas-based segmentation/brain stripping
  - And many many more!

# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

## Fusione delle Immagini in Radioterapia

Riccardo Ragona Università di Torino

- Introduzione
- Trasformazioni
- Algoritmi
- Visualizzazione
- Validazione
- Applicazioni
- Conclusioni



## Perche la Fusione delle Immagini ?

CT

MRI

PET

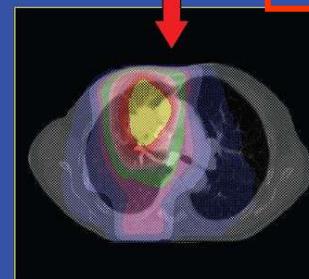
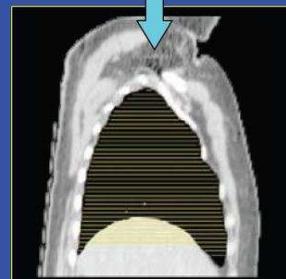
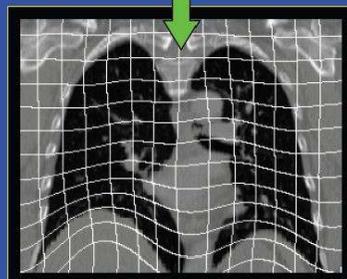
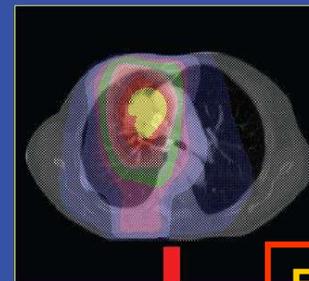
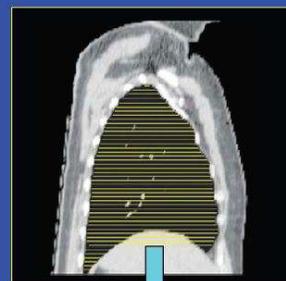
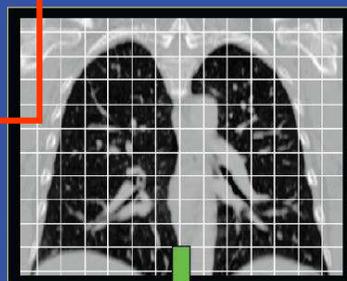


Risoluzione spaziale

Contrasto tessuti molli

Attività metabolica

Bringing the MR data into spatial 3D alignment with planning CT



E' un problema 3D !

Image

Anatomy

Dose

# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

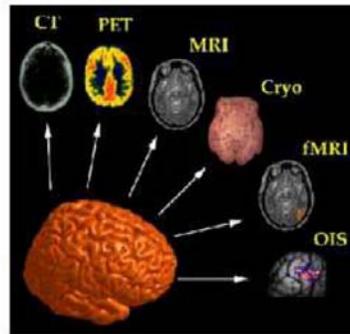
Fusione delle Immagini in Radioterapia  
 Riccardo Reggiani Università di Torino

- Introduzione
- Trasformazioni
- Algoritmi
- Visualizzazione
- Validazione
- Applicazioni
- Conclusioni



## Tipologia delle Immagini

- Immagini Mono-Modalità  
 Prodotte dalla stessa modalità di imaging  
 ( MR : T1 versus T2 ??)
- Immagini Multi-Modalità  
 Prodotte da differenti modalità di imaging



## Tipologia della Fusione

- Mono-Modalità
- Multi-Modalità
- Da Modello a Paziente
- Da Paziente a Modello

## Tipologia delle Immagini

Classe	Anatomica	Funzionale
3D	CT, MR, US ...	PET, SPECT, fMRI ....
2D	CR, DRR, EPID ...	Scintigrafia Planare

# ■ FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

LA REGISTRAZIONE DELLE IMMAGINI E' REQUISITO FONDAMENTALE PER LA FUSIONE DELLE IMMAGINI

## Confronto delle Immagini : Terminologia

Fusione delle Immagini in Radioterapia  
Ricerca Regina Elena di Roma

- Introduzione
- Trasformazioni
- Algoritmi
- Visualizzazione
- Validazione
- Applicazioni
- Conclusioni



### • (Co-)Registrazione delle Immagini

1. Processo che crea una relazione fra due datasets
2. Comporta una trasformazione di coordinate di un dataset

### • Fusione delle Immagini

1. Sintesi di due o più segnali appartenenti a differenti datasets in un singolo dataset

## ■ FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI



La **Registrazione** deve tener conto delle :

- Differenze nella geometria di acquisizione  
Orientamento, ingrandimento e spessore Slice
- Differenze nella posizione del paziente  
Lettino, setup e movimenti del Paziente
- Deformazioni dell'anatomia
  - resezione/deformazione/crescita Tumore
  - differente riempimento retto/vescica/...
  - movimento organi: prostata, fegato, polmone ...

Lo scopo della fusione delle immagini in Radioterapia è **per ora** anatomico-morfologico...



**...Bringing the MR data into spatial 3D alignment with planning CT!**

# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

## REGISTRAZIONE IMMAGINI TC/RM: IL PROBLEMA DELLA DISTORSIONE



### Image Registration

Before image co-registration it is important to ensure that the MR data are suitable: the problem of **image distortion**.

### SYSTEM-RELATED DISTORTION:

Imperfections of the magnet, its operating system and imaging sequences

### USE OF PHANTOMS FOR DISTORTION QUANTIFICATION

V S Khoo and D L Joon

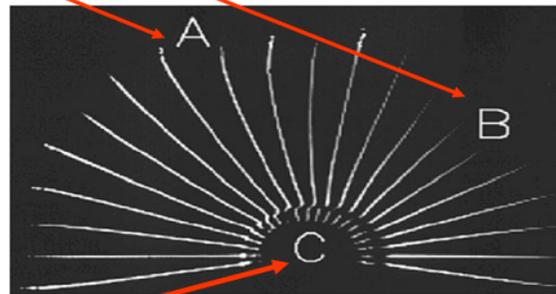


Figure 7. An illustration of various forms of distortion in MRI using a phantom consisting of a coplanar array of water-filled tubes embedded within a circular solid plastic (PMMA) block. System distortion effects are seen in the apparent curvature of the tubes at A and their disappearance at B, which was due to warping distortion of the imaging plane. Magnetic susceptibility differences due to the presence of the plastic support block at C give rise to object-induced distortions in the form of discontinuities at the point where each tube enters the support block [10]. (Reproduced with permission from Elsevier).

### OBJECT-INDUCED DISTORTION:

Distortions arising when any object is placed within a magnetic field

Prima di utilizzare la co-registrazione di immagini TC/RM è consigliabile **verificare** e **quantificare** in fantoccio gli effetti della **distorsione delle immagini**, fenomeno tipico dell'imaging RM

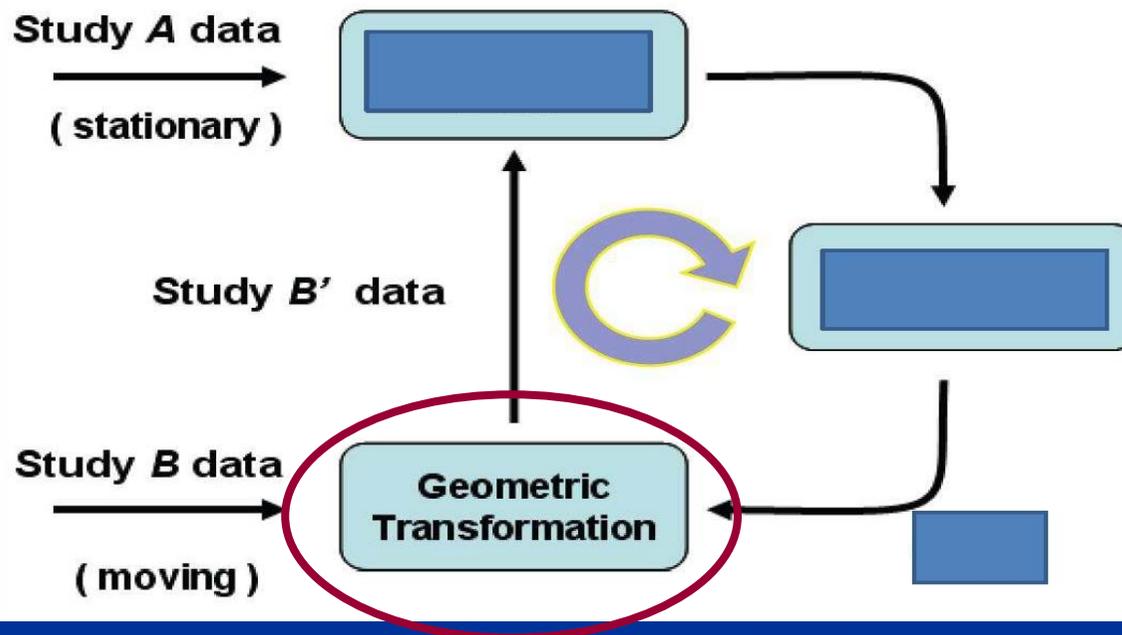
# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI



## TRASFORMAZIONI GEOMETRICHE

Transformations between studies that are not explicitly registered to each other can be easily derived by combining the appropriate transforms and inverse transforms between the different datasets and the planning CT.

### Registrazione di 2 datasets di immagini



# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

## MODELLI DI TRASFORMAZIONE GEOMETRICA

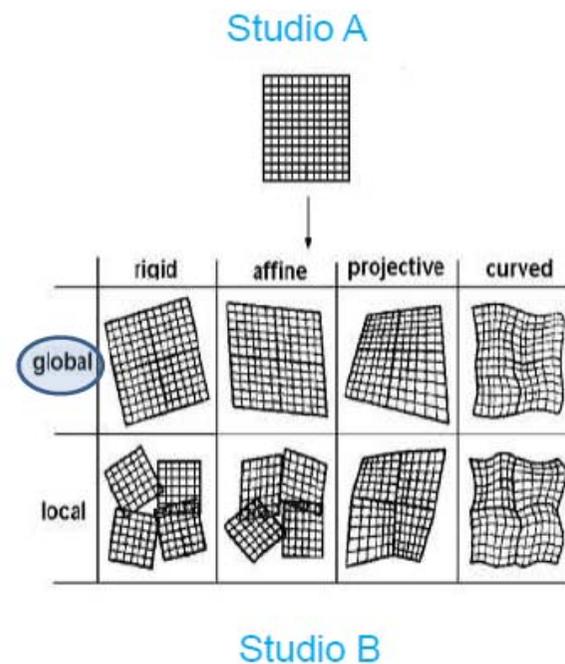
Fusione delle Immagini in Radioterapia  
Microscopio Digitale Università di Torino

- Introduzione
- Trasformazioni
- Algoritmi
- Visualizzazione
- Validazione
- Applicazioni
- Conclusioni



### Trasformazione geometrica

- Rigida
  - traslazione , rotazione e scala
- Affine
  - Anche shearing (linee parallele)
- Proiettiva
  - Il parallelismo delle linee può non essere preservato
- Deformabile
  - Mapping fra linee e curve



# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

## METRICA ED ALGORITMI DI REGISTRAZIONE

### Registration Metrics

Fusione delle Immagini in Radioterapia

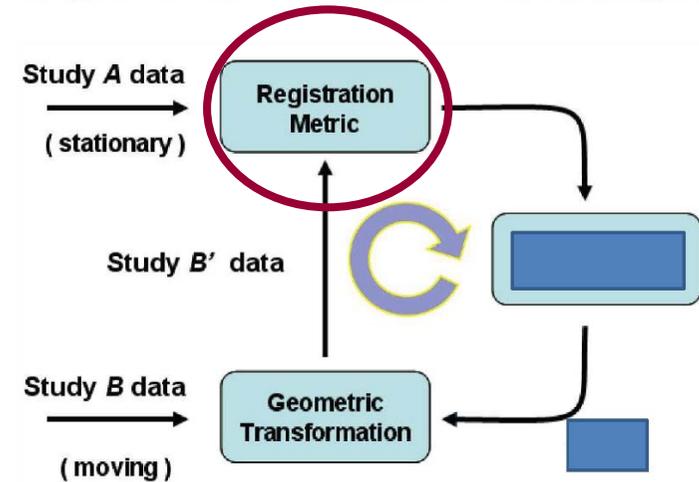
- Introduzione
- Trasformazioni
- Algoritmi
- Visualizzazione
- Validazione
- Applicazioni
- Conclusioni



- E' una funzione scalare che contiene informazioni di entrambi i datasets
- Tipicamente occorre determinare il suo valore minimo (massimo)



### Registrazione di 2 datasets di immagini



### Registration Metrics

Metodi usati per costruire una Metrica :

- Landmark based
- Edge based
- Voxel intensity based
- Information theory based

G  
e  
o  
m  
e  
t  
r  
y



Geometria



Intensità

# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

Fusione delle Immagini in Radioterapia

- Introduzione
- Trasformazioni
- Algoritmi
- Visualizzazione
- Validazione
- Applicazioni
- Conclusioni



## Mutual Information

- Teoria dell'*Information* :  
Poichè sia MR sia TC descrivono entrambe la medesima anatomia, deve esistere una mutual information fra i due datasets di immagini
- Non richiede nessun modello di relazione *a priori*
- La massima *Information* la si ha quando i due datasets sono correttamente registrati

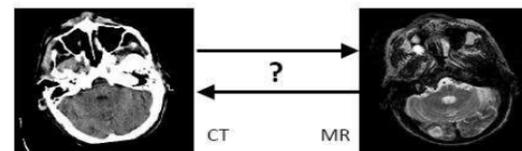
## METRICA DI REGISTRAZIONE BASATA SULLA TEORIA DELLA "MUTUAL INFORMATION"

### Teoria basata sull'*Information*

- Scopo della teoria è la ricerca della geometria nella quale è massima la quantità di *Information* condivisa fra le due immagini

#### – Joint Entropy

- *Joint Entropy* : misura la quantità di *Information* nei due datasets combinati



### Entropia come misura della *Information*

- La proposta di Shannon (Shannon's Entropy 1948)

$$H = \sum_i p_i \cdot \log \frac{1}{p_i}$$

- L'*Information* dipende linearmente dalla probabilità  $p_i$  che un evento si verifichi
- Il secondo termine comporta che l'*Information* sia inversamente proporzionale alla probabilità che si verifichi

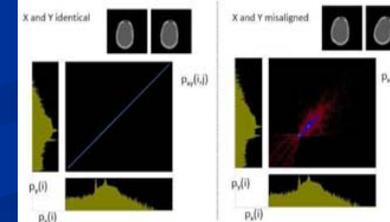
### Entropy & Image Registration

- La *Joint Entropy* è analogamente definita come:

$$H(A, B) = - \sum_{i,j} p(i, j) \cdot \log [p(i, j)]$$

- La dispersione nell'istogramma Joint deve essere minimizzata

### Joint Histogram



# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

## CARATTERISTICHE DELLA FUNZIONE "MUTUAL INFORMATION"

Fusione delle Immagini in Radioterapia  
Riccardo Ragona Università di Torino

- Introduzione
- Trasformazioni
- Algoritmi
- Visualizzazione
- Validazione
- Applicazioni
- Conclusioni



### Mutual Information

- La Mutual Information è proporzionale alle entropie dei singoli datasets
- Massimizzare la funzione Mutual Information è equivalente a minimizzare la Joint Entropy

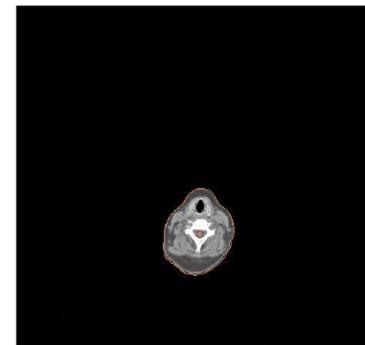
### Mutual Information (MI)

$$I(U, V_\theta) = H(U) + H(V_\theta) - H(U, V_\theta)$$

- $H$  : entropia
  - misura la quantità di *Information*
- $I$  : Mutual Information
  - una Metrica che misura la dipendenza statistica fra i due datasets di immagini

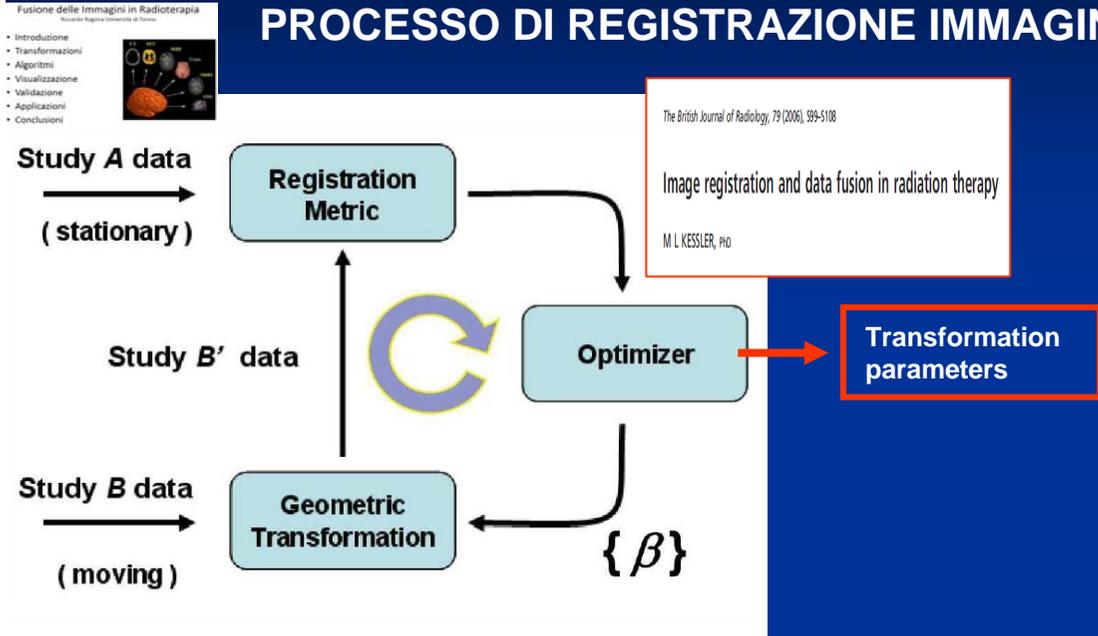
### Mutual Information

- E' indipendente dalla modalità con cui i datasets di immagini sono prodotti
- E' più efficace della Joint Entropy (immagini con background dominante)



# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

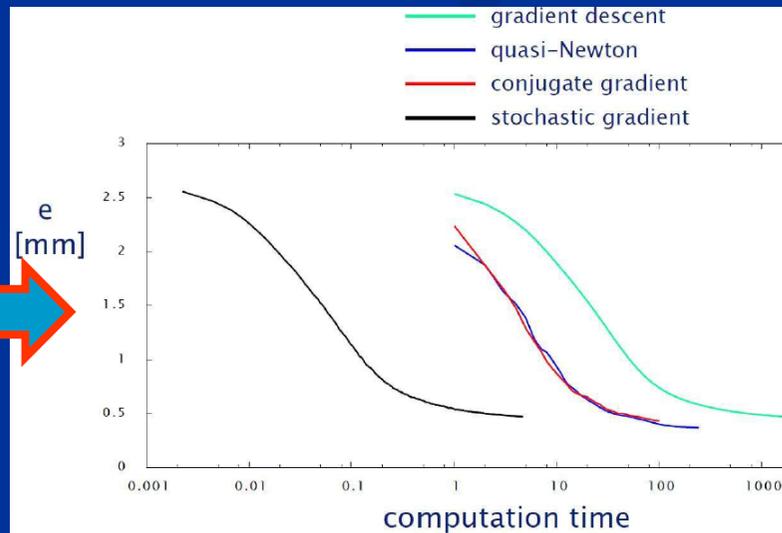
## PROCESSO DI REGISTRAZIONE IMMAGINI E FUSIONE DATI



### Algoritmi di Ottimizzazione

- Simplex
- Gradient Descent
- Quasi-Newton
- Conjugate gradient
- Stochastic gradient (Simulated Annealing)
- ....

### CONFRONTO TRA DIFFERENTI ALGORITMI DI OTTIMIZZAZIONE



# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

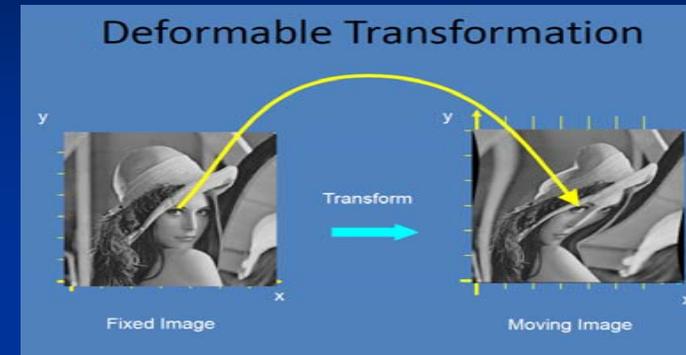
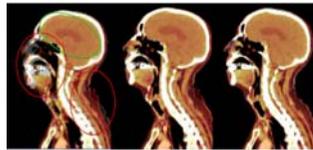
- Fusione delle Immagini in Radioterapia  
 Riccardo Napolitano, Università di Firenze
- Introduzione
  - Trasformazioni
  - Algoritmi
  - Visualizzazione
  - Validazione
  - Applicazioni
  - Conclusioni

## TRASFORMAZIONE GEOMETRICA NON-AFFINE (DEFORMABILE)

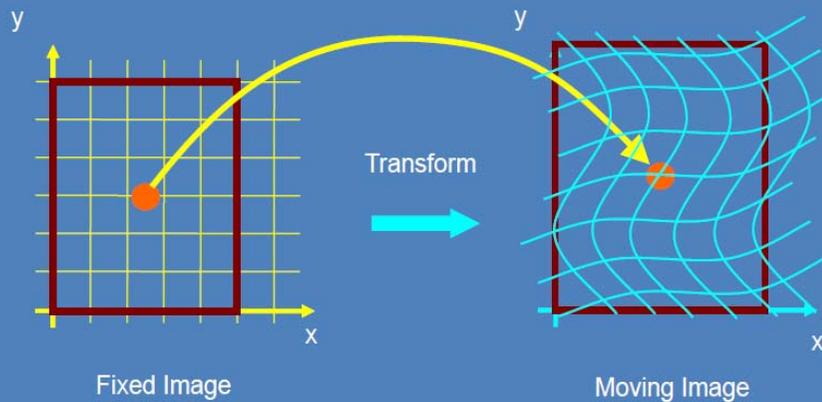
### • Non-Affine (Deformabile)

- Splines
- Demons
- Physics based
  - Elastic, Fluid , FEM etc.

Confronto fra Trasformazioni



## Deformable Transformation



## Registrazione Deformabile : Algoritmi

### Parametric

**BSpline** – Deformazione elastica di una griglia. L'ottimizzazione cerca la disposizione ottimale dei nodi (Knots).

### Free form

**Demons** – Matches delle intensità tramite lo studio dei gradienti.

**Finite Elements Models (FEM)** – Modellizza lo spostamento delle strutture usando modelli fisici.

# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

## REGISTRAZIONE DEFORMABILE: CARATTERISTICHE E INDICAZIONI



*The British Journal of Radiology*, 77 (2004), S140-S153 © 2004 The British Institute of Radiology  
DOI: 10.1259/bjr/25529214

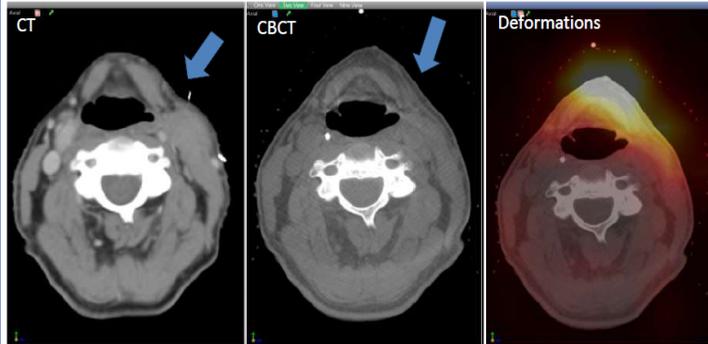
### Non-rigid image registration: theory and practice

W R CRUM, DPhil, T HARTKENS, PhD and D L G HILL, PhD

Division of Imaging Sciences, The Guy's, King's and St. Thomas' School of Medicine, London SE1 9RT, UK

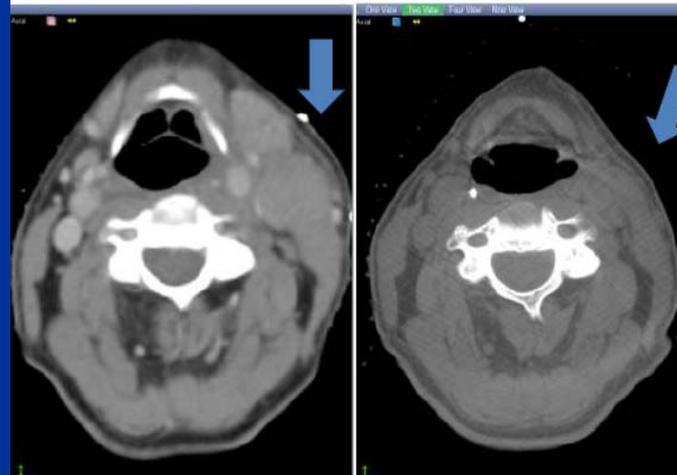
### Registrazione Deformabile Mono-Modalità

L'allineamento **Deformabile** è in accordo con le variazioni anatomiche



### QUANDO è necessaria una registrazione deformabile ?

Variazioni di volume del Tumore o dei tessuti molli sono ignorati dalla trasformazione **Affine**



Una trasformazione Rigida è richiesta prima di una trasformazione **Deformabile**

# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

## VALIDAZIONE DEI RISULTATI DELLA FUSIONE IMMAGINI: TECNICHE DI VISUALIZZAZIONE E MISURE IN FANTOCCIO

- Fusione delle Immagini in Radioterapia  
 Ricerca Regione Umbra di Terni
- Introduzione
  - Trasformazioni
  - Algoritmi
  - Visualizzazione
  - Validazione
  - Applicazioni
  - Conclusioni



The British Journal of Radiology, 79 (2006), 509-510H  
 Image registration and data fusion in radiation therapy  
 M. L. KESSLER, PhD

The British Journal of Radiology, 79 (2006), 509-510H  
 Image registration and data fusion in radiation therapy  
 M. L. KESSLER, PhD

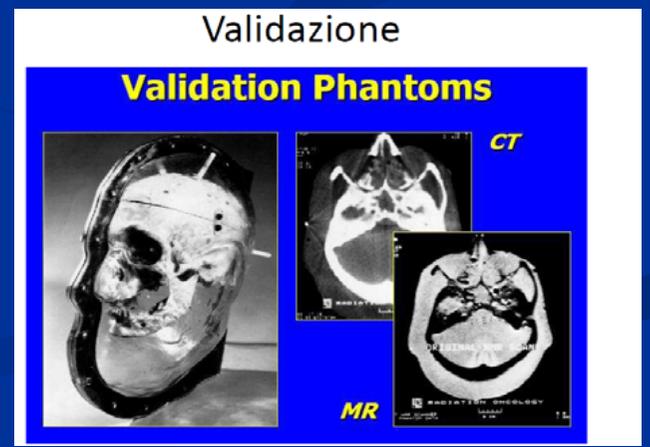
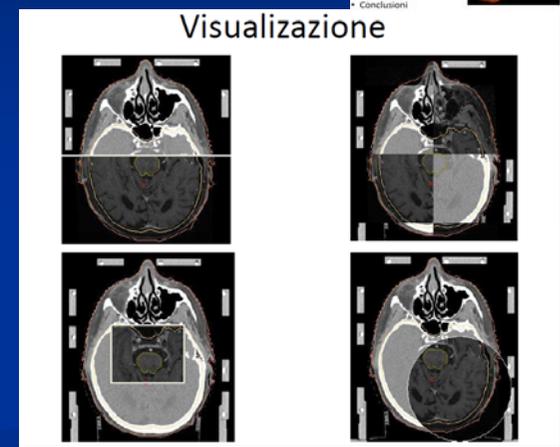
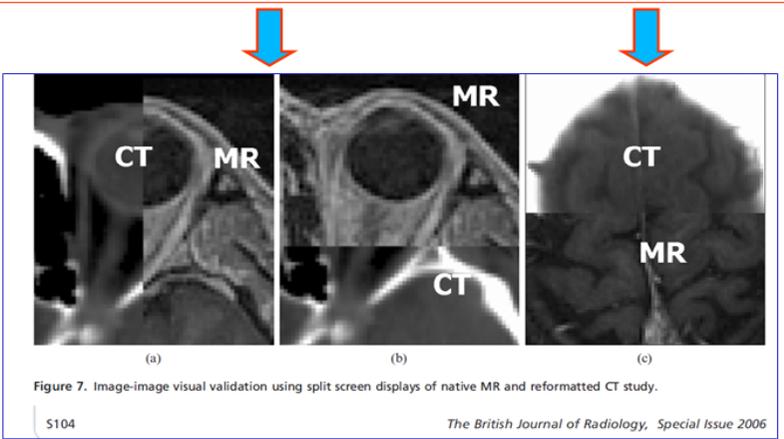
CT/MR IMAGE FUSION: THE IMAGE REGISTRATION AND DATA FUSION PROCESS



### Validation

It is important to validate the results of a registration before making clinical decisions based on the results.

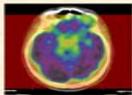
There are many possible visualization techniques to help to evaluate qualitatively the results of a registration.



# FUSIONE IMMAGINI TC/RM: PROBLEMATICHE METODOLOGICHE E LORO RILEVANZA NEL CONTOURING DEI GTV RINOFARINGEI

## PITFALLS IN IMAGE REGISTRATION FOR RADIOTHERAPY...

Fusione di immagini PET, CT, MR:  
dalla clinica alle applicazioni  
avanzate



Dott. Roberto Sghedoni  
Dott.ssa Federica Fioroni  
Servizio di Fisica Medica



SP-0003

Techniques and pitfalls in image registration for radiotherapy

W. Birkfellner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Medizinische Universität Wien, Center for Medical Physics and Bio-medical Engineering, Vienna, Austria

### Per concludere ...

La fusione di immagine è una tecnica che ha lo scopo di combinare visivamente le informazioni ottenute da metodiche di imaging differenti e complementari

La fusione di immagini si realizza attraverso la procedura di coregistrazione, che può essere attuata in diversi modi (anche a seconda del grado di accuratezza richiesto)

Le tecniche di registrazione rigida sono ormai consolidate. Sono in evoluzione e ricerca tecniche di registrazione non rigida.

Le principali applicazioni sono:

- fornire un dettaglio anatomico a immagini funzionali (es. PET+CT, tecniche avanzate di risonanza + CT + MR,...)
- arricchire l'imaging CT per la pianificazione di radioterapia (CT + RM + [RM avanzata] per cervello, prostata, pelvi,...)

Fusione delle Immagini in Radioterapia  
Riccardo Ragone Università di Torino

- Introduzione
- Trasformazioni
- Algoritmi
- Visualizzazione
- Validazione
- Applicazioni
- Conclusioni



### AAPM Task Group 132

#### Use of Image Registration and Data Fusion Algorithms and Techniques in Radiotherapy

- **Methods to assess the accuracy of image registration and fusion**
- **Issues related to acceptance testing and quality assurance for image registration and fusion**

# OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

## DATI E INDICAZIONI DELLA LETTERATURA



CT/MR IMAGE FUSION: THE IMAGE REGISTRATION AND DATA FUSION PROCESS

### Clinical Applications

### MRI for Radiotherapy Planning: Advantages & Disadvantages

Table 1. Advantages and disadvantages of MRI for radiotherapy planning (RTP)

Features	Advantages	Disadvantages
Patient	Non or minimally invasive procedure Few patient risks No radiation associated with imaging This may be advantageous to paediatric patients and pregnant women This may be a useful for follow-up scanning	Claustrophobia due to the smaller patient bore Contraindicated in patients with loose metal foreign bodies within the body, particularly the orbits or pacemakers
Imaging	Increased number of imaging parameters for more imaging flexibility Superior soft tissue imaging with excellent spatial resolution to provide better visualization for the following: determining the tumour/GTV extent and degree of tumour infiltration Understanding the surgical bed or altered anatomy secondary to surgery Distinguishing between post-treatment fibrosis or tumour recurrence Improved definition of normal soft tissue structures and tissue planes Avoidance of image artefact from metal prosthesis and large bony regions True multiplanar capability to image in any oblique plane and reduction of the "partial volume" imaging effect Increased accuracy, reliability and consistency of target definition to reduce both interobserver and intraobserver variability Providing functional and biological information for functional avoidance or biological targeting Ultra-fast volumetric and cine mode acquisitions to assess temporal-spatial variations in target positioning or deformation Can be registered with CT information for use in RTP systems	MR image distortion Systems Object induced distortions Lack of electron density information for dosimetry and needs additional steps to permit dose calculations Lack of cortical bone information to create digitally reconstructed radiographs (DRR) in radiotherapy May have longer scan times than CT with more potential for motion artefacts Need for specific training to comprehend and understand MR images for RTP use RTP systems can only import transverse MR images and cannot take full advantage of sagittal and coronal in-plane MR images Immobilization devices used in radiotherapy may not be MR compatible
Contrast agents	New contrast agents (i.e. USPIO) to define nodal status Less incidence of allergic reactions to gadolinium than iodine-based contrast agents	
Machine	New bore flange openings to reduce patient claustrophobia Open MR systems for easier patient access, tolerance and positioning for radiotherapy	Not as readily available and accessible as CT Smaller bore than CT (52 cm vs 82-85 cm) Curved table top

GTV, gross tumour volume; USPIO, ultrasmall paramagnetic iron oxide.

CT/MR IMAGE FUSION: THE IMAGE REGISTRATION AND DATA FUSION PROCESS

### Clinical Applications

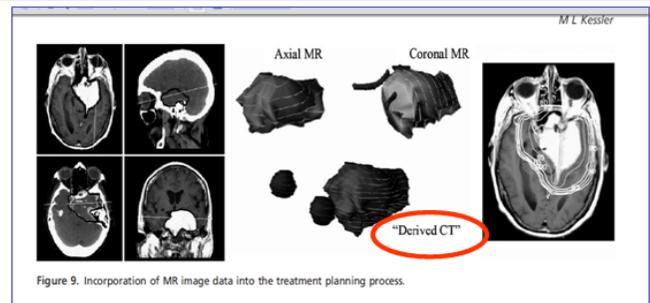
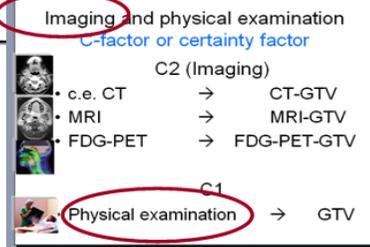
NEED OF OPTIMIZED STUDY PROTOCOLS DESIGNED IN CLOSE COOPERATION BETWEEN RADIATION ONCOLOGISTS, RADIOLOGISTS (AND THE HEAD & NECK CANCER TEAM)

USE OF MR AS A SECONDARY DATASET FOR TARGET AND NORMAL STRUCTURE DELINEATION

The "True" GTV

- In order to delineate the "true" GTV and avoid delineating inflammation and artifacts... **Imaging and physical examinations** are the basis...

Elstruch and Gregoire Semin Radiat Oncol 2009



The British Journal of Radiology, 79 (2006), 599-5108

Image registration and data fusion in radiation therapy

M L KESSLER, PhD

Magnetic resonance imaging for radiotherapy planning of brain cancer patients using immobilization and surface coils

S HANNEY, M GIGG and J FINDER

Department of Clinical Physics and Oncology, Beatson West of Scotland Cancer Centre, 855 Glasgow Road, Glasgow G12 0YN, UK

# ■ OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

## DATI E INDICAZIONI DELLA LETTERATURA

The British Journal of Radiology, 79 (2006), 512-515  
 New developments in MRI for target volume delineation in radiotherapy  
 T. S. KHOO, MACK, HO, and T. L. JOON, MACK  
 Royal Marsden Hospital, Institute of Cancer Research, Fulham Road, London SW3 6JJ, University of Manchester, Manchester, UK and \*Austin Health Radiation Oncology Centre, Heidelberg Repatriation Hospital, Victoria, Australia

The British Journal of Radiology, 79 (2006), 512-515  
 New developments in MRI for target volume delineation in radiotherapy  
 T. S. KHOO, MACK, HO, and T. L. JOON, MACK

**IMAGING PROTOCOLS FOR MULTI-MODALITY IMAGE CO-REGISTRATION: OPTIMIZING THE APPROPRIATE IMAGING ACQUISITION PARAMETERS.**



The British Journal of Radiology, 82 (2009), 497-503  
 A novel imaging technique for fusion of high-quality immobilised MR images of the head and neck with CT scans for radiotherapy target delineation  
 J. WEBSTER, M.G., E. KILGALLON, M.G., K. F. HO, HON., C. G. ROWBOTTOM, M.D., N. J. SLEVIN, MCHB and R. I. MACKAY, MD  
 North Western Medical Physics, Christie Hospital NHS Foundation Trust, Manchester, UK, \*Academic Department of Radiation Oncology, University of Manchester, UK, and †Department of Clinical Oncology, Christie Hospital NHS Foundation Trust, Manchester, UK

### Clinical Applications

- ①. What is the appropriate sequence to be used for the cancer type and anatomical region? For example, will it be  $T_1$ ,  $T_2$  weighted or a hybrid sequence, standard or ultra-fast acquisition, gated or volumetric, and contrast or not? This will depend on what imaging information is needed by the clinician.
- ②. What is the optimal FOV and relevant imaging volume?
- ③. What is the resolution needed?
- ④. What is the appropriate imaging slice orientation, slice thickness and slice gaps?
- ⑤. Is there a need for multislice and/or non-coplanar image reconstruction or oblique plane imaging?
- ⑥. What is the influence of various body coils or internal body MR probes on the MR images for co-registration?
- ⑦. What is the appropriate quality assurance program to ensure reliability of image quality and data transfer?

**RADIATION ONCOLOGIST & RADIOLOGIST**

**COOPERATIVE STUDY PROTOCOLS**

**HEAD & NECK CANCER MULTIDISCIPLINARY TEAM**



The British Journal of Radiology, 79 (2006), 509-510  
 Image registration and data fusion in radiation therapy  
 M. L. KESSLER, MD



# ■ OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

## DATI E INDICAZIONI DELLA LETTERATURA

The British Journal of Radiology, 82 (2009), 491-503

A novel imaging technique for fusion of high-quality immobilised MR images of the head and neck with CT scans for radiotherapy target delineation

G J WEBSTER, MSc,<sup>1</sup> J E KILGALLON, MSc,<sup>1</sup> K F HO, PhD,<sup>1</sup> C G ROWBOTTOM, PhD,<sup>1</sup> N J SLEVIN, MSc<sup>2</sup> and T I MACKAY, PhD

<sup>1</sup>North Western Medical Physics, Christie Hospital NHS Foundation Trust, Manchester, UK, <sup>2</sup>Academic Department of Radiation Oncology, University of Manchester, UK, and <sup>3</sup>Department of Clinical Oncology, Christie Hospital NHS Foundation Trust, Manchester, UK

The British Journal of Radiology, 82 (2009), 491-503

A novel imaging technique for fusion of high-quality immobilised MR images of the head and neck with CT scans for radiotherapy target delineation

G J WEBSTER, MSc,<sup>1</sup> J E KILGALLON, MSc,<sup>1</sup> K F HO, PhD,<sup>1</sup> C G ROWBOTTOM, PhD,<sup>1</sup> N J SLEVIN, MSc<sup>2</sup> and T I MACKAY, PhD

<sup>1</sup>North Western Medical Physics, Christie Hospital NHS Foundation Trust, Manchester, UK, <sup>2</sup>Academic Department of Radiation Oncology, University of Manchester, UK, and <sup>3</sup>Department of Clinical Oncology, Christie Hospital NHS Foundation Trust, Manchester, UK

### OPTIMIZING THE INTEGRATION OF MRI INTO RADIOTHERAPY TREATMENT PLANNING: STUDY PROTOCOLS FOR NPC/OROPHARYNX



#### Clinical Applications

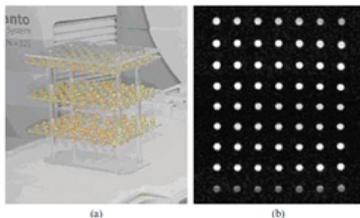
**SURFACE COILS** to optimise the reliability of fusion with CT images in terms of image quality and patient immobilisation.

Immobilised CT/MRI fusion for target delineation



Figure 1. Scan set-up in treatment position using immobilization shell and surface coil.

MR images were acquired using **quadrature coils** placed over the head and neck while the **patient was immobilised in the treatment position** using a **five-point thermoplastic shell**.



G J Webster, J E Kilgallon, K F Ho et al

#### LUCITE PHANTOMS for quantifying image distortion

Figure 2. (a) Linearly test object used for quantifying and mapping image distortion, and (b) simplified in-house phantom.

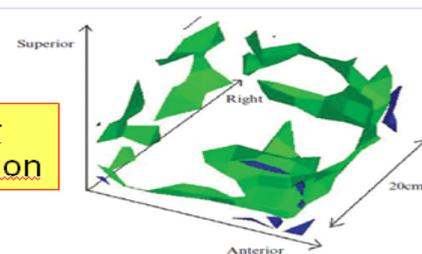


Figure 5. Distribution of distortion. The green region represents the distortion isocontour at 1 mm and the blue region represents the distortion isocontour at 2 mm.

# OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

## DATI E INDICAZIONI DELLA LETTERATURA: PROSPETTIVE FUTURE

### PROFFERED PAPERS: PHYSICS 1: IMAGING IN RADIOTHERAPY: TECHNICAL DEVELOPMENTS

OC-0057

Assessment of geometric distortions in diffusion weighted MR imaging in head and neck cancer

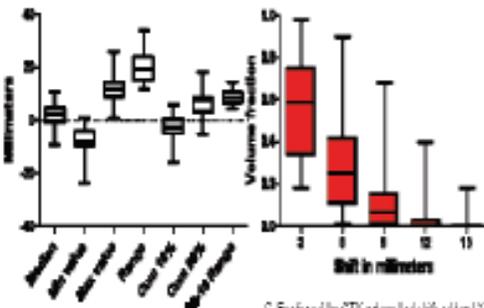
T. Schakel<sup>1</sup>, C.H.J. Terhaar<sup>1</sup>, J.M. Hoogduin<sup>2</sup>, M.E.P. Philippens<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMC Utrecht, Radiotherapy, Utrecht, The Netherlands

<sup>2</sup>UMC Utrecht, Radiology, Utrecht, The Netherlands



A: DW-EPI scan of GTV (red outline)



B: Displacement in DW-EPI with 100 mm/s

C: Fraction of the GTV affected by shifts of 1-11 mm/s for all patients

The displacement occurs only in the phase encoding direction of the DW-EPI scan, which was AP. Median displacement is relatively small because both positive and negative shifts were found. The median minimal and maximal displacements were around 1 cm but the extremes showed shifts of more than 2 cm (fig 1B). The distortions within the GTV can be estimated from the range in displacements. Within the GTV a median range of 2 cm was found with a maximum of 3.5 cm. If the extremes are ignored, still a median range of shifts of 1 cm was found (fig 1B). The median fraction of the GTV that showed a displacement of 6 millimeters (2 voxels) or more was 0.24 (fig 1C).

Conclusions: Current DW-EPI images in the head and neck area show displacements and distortions up to several centimeters which severely restricts its usability for GTV delineation in RT treatment planning.

### Radiotherapy & Oncology

### PROFFERED PAPERS: PHYSICS 3: DEVELOPMENTS IN FUNCTIONAL IMAGING

OC-0147

Diffusion weighted MRI and corresponding histological characteristics

J. Driessen<sup>1</sup>, J. Caldas-Magalhaes<sup>2</sup>, F.A. Pameijer<sup>3</sup>, C.H. Terhaar<sup>2</sup>, L.M. Janssen<sup>1</sup>, W. Grolman<sup>1</sup>, M.E. Philippens<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UMC Utrecht, Otorhinolaryngology, Utrecht, The Netherlands

<sup>2</sup>UMC Utrecht, Radiotherapy, Utrecht, The Netherlands

<sup>3</sup>UMC Utrecht, Radiology, Utrecht, The Netherlands

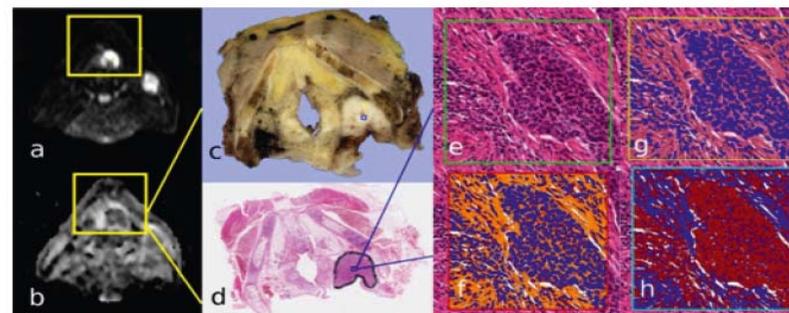


TABLE I. Microanatomical parameters and correlation with ADC

	CD (n=16)	% nuclei (n=12)	% cytoplasm (n=12)	% stroma (n=12)	N/C ratio (n=12)
Mean (range)	6406 (4806-8050)	43.1 (24.1-70.2)	19.6 (11.2-27.1)	39.6 (14.0-75.8)	2.4 (1.1-4.7)
Correlation ADC					
r (P value)	-0.57 (0.02)	-0.66 (0.02)	0.45 (0.15)	0.68 (0.02)	-0.78 (<0.01)
Correlation % nuclei					
r (P value)	-	1.000	-0.01 (0.97)	-0.97 (<0.01)	0.64 (0.03)

Conclusions: ADC was significantly correlated with cellularity, stromal component and the nuclear-to-cytoplasm ratio. These results give us insights into how ADC reflects the underlying microanatomical environment. The correlation between stromal component, a known predictor of local failure, and ADC might suggest that the poor prognostic value of a high pre-treatment ADC might partly be attributed to the tumor-stroma component.

Integrazione dell'imaging RM funzionale

# OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

## ESPERIENZA PERSONALE

### PROTOCOLLO DEDICATO PER DEFINIZIONE GTV RINOFARINGEE SU IMMAGINI TC/RM



EP-1125  
Optimization of CT/MR image fusion protocol for GTV contouring in head and neck cancer: results of a prospective study  
P. Antognoni<sup>1</sup>, A. Leonardi<sup>2</sup>, D. Dolino<sup>3</sup>, C. Mordacchini<sup>1</sup>, R. Luraghi<sup>1</sup>, M. Molteni<sup>1</sup>, L. Pozzi<sup>1</sup>, C. Fugazzola<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Ospedale di Circolo e Fondazione Macchi, Department of Radiotherapy, Varese, Italy  
<sup>2</sup>Ospedale di Circolo e Fondazione Macchi, Department of Radiology, Varese, Italy  
<sup>3</sup>Ospedale di Circolo e Fondazione Macchi, Department of Medical Physics, Varese, Italy  
<sup>4</sup>Ospedale di Circolo e Fondazione Macchi, Department of Radiology University of Insubria, Varese, Italy



OPTIMIZING THE INTEGRATION OF MRI INTO RADIOTHERAPY TREATMENT PLANNING:  
STUDY PROTOCOLS FOR NPC/OROPHARYNX



#### Clinical Applications

EXPERIENCE OF VARESE UNIVERSITY HOSPITAL  
(Dolino D., et al.; III Congresso Nazionale AIOCC, Milano)

INDIVIDUALIZED STUDY PROTOCOL: DIAGNOSTIC MR FOR STAGING + "SIMULATION" MR FOR GTV CONTOURING

#### DIAGNOSTIC MR: COIL AND SEQUENCES

**MATERIALI E METODI**  
**RM STADIAZIONE**

Tutti i pazienti sono stati successivamente sottoposti ad indagine RM di stadiazione (Achieva Philips Medical System, Best, the Netherlands, 1.5 Tesla)

Bobina "Head and Neck" (Neurovascular Gauss 18), di sola ricezione, "phased array" a 16 canali: rigida, costituita da una porzione posteriore fissa e una parte mobile (gabbia)

**DIAGNOSTIC SEQUENCES**

**HEAD & NECK COIL**

**PROTOCOLLO**  
T2 TSE assiale  
T1 TSE assiale  
T2 TSE coronale  
STR TSE assiale  
STR TSE coronale  
Iniezione di gad. (gadolinio)  
3D T1 SGE FS assiale (THRIVE)  
T1 TSE assiale

Tutte le sequenze sono state orientate secondo i CUI e il palato duro sulla base dell'immagine di localizer.  
**Studio Rinofaringe** dal seno cavernoso al palato duro  
**Studio Orofaringe** dalla volta dell'epifaringe al giugolo

#### "SIMULATION" MR: COIL AND SEQUENCES

**MATERIALI E METODI**  
**RM CENTRATURA**

Abbiamo utilizzato una bobina "phased array" di sola ricezione costituita da due elementi, di forma ellittica, a contatto con la regione anatomica di interesse (11x14cm), caratterizzata da elevato rapporto segnale-rumore e contrasto-rumore

**SEQUENZE AGGIUNTIVE "CENTRATURA"**  
T1 TSE assiale post. m.d.c.  
T2 TSE assiale

Le sequenze di semplice minor rilevato alle sequenze standard e mirate allo studio della sede da esaminare sono state ritenute:  
- nello stesso piano assiale alla TC simulata  
- orientamento, spessore e ang. corrispondenti a quelli della TC simulazione

**PHASED ARRAY COIL & "SIMULATION" SEQUENCES**



OPTIMIZING THE INTEGRATION OF MRI INTO RADIOTHERAPY TREATMENT PLANNING:  
STUDY PROTOCOLS FOR NPC/OROPHARYNX



#### Clinical Applications

EXPERIENCE OF VARESE UNIVERSITY HOSPITAL  
(Dolino D., et al.; III Congresso Nazionale AIOCC, Milano)

"Simulation MR": patient in treatment position, headrest without mask, alignment with MR lasers & skin markers, phased array coils.

**MATERIALI E METODI**  
**RM CENTRATURA**

Al fine dell'ottimizzazione della fusione multimodale delle immagini l'esame RM è stato completato, al termine dell'esame standard, mediante sequenze aggiuntive nel piano assiale acquisite nella posizione di trattamento

Le dimensioni del patty non hanno permesso l'impiego della macchina tomografica

**NO**

**MATERIALI E METODI**  
**RM CENTRATURA**

La verifica del posizionamento del paziente sulla RM è stata ottenuta facendo coincidere i marcatori cutanei riportati sul viso del paziente in corrispondenza dei rapidi metallici utilizzati per la TC simulazione, con quelli del crinetore luminoso dell'apparecchiatura

**RM-Centratura**      **TC-simulazione**

**YES**

**MATERIALI E METODI**  
**RM CENTRATURA**

E' stato possibile posizionare, per mantenere la stessa posizione di trattamento, solo il supporto in Plexiglass, lo stesso utilizzato per la TC-simulazione

**Supporto cervicale rigido**      **Bobina "Head and Neck"**

**YES**      **NO**

# OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

## ESPERIENZA PERSONALE

## RISULTATI DELL'APPLICAZIONE DI UN PROTOCOLLO DI STUDIO: QUANTIFICAZIONE DELLE DIFFERENZE TRA I SET DI IMMAGINI TC/RM IN FANTOCCIO E IN UNA SERIE DI 10 PAZIENTI



OPTIMIZING THE INTEGRATION OF MRI INTO RADIOTHERAPY TREATMENT PLANNING: STUDY PROTOCOLS FOR NPC/OROPHARYNX



### Clinical Applications

### EXPERIENCE OF VARESE UNIVERSITY HOSPITAL

(Dojdo D., et al., III Congresso Nazionale AIOCC, Milano)

CT/MR REGISTRATION ACCURACY IN PHANTOM

CT/MR REGISTRATION ACCURACY IN PATIENTS

**MATERIALI E METODI**  
**ACCURATEZZA DI REGISTRAZIONE CON FANTOCCIO**

**Fantoccio artigianale**  
- Cilindro in plexiglass (diametro 15 cm - h 17 cm), all'interno sono inserite bacchette in plexiglass (sezione 4 mm - h 9-13 cm) posizionate lungo gli assi distaccate di 2 cm  
- liquido di riempimento: soluzione 3mlM di CuSO4

Valute i termini di differenze tra le coordinate (nell'asse x, y, z) relative alla punta delle bacchette, identificate parallelamente sui due set di immagini TC-simulazione/ RM (T1 TSE; T2 TSE)

**MATERIALI E METODI**  
**REPERI ANATOMICI OSSEI**

**PUNTO 1** apice del dente epistafio  
**PUNTO 2** condilo mandibolare destro  
**PUNTO 3** condilo mandibolare sinistro  
**PUNTO 4** apice della spina mandibolare  
**PUNTO 5** spina occipitale

**VALIDAZIONE PRELIMINARE IN FANTOCCIO:** differenze tra le coordinate (nell'asse x, y, z) sui due set di immagini TC-simulazione/ RM (T1 TSE; T2 TSE)

**VALIDAZIONE CLINICA (10 PZ) CON 5 REPERI OSSEI:** condili mandibolari dx/sx, apice spina mandibolare, spina occipitale, apice dente epistafio



OPTIMIZING THE INTEGRATION OF MRI INTO RADIOTHERAPY TREATMENT PLANNING: STUDY PROTOCOLS FOR NPC/OROPHARYNX



### Clinical Applications

### EXPERIENCE OF VARESE UNIVERSITY HOSPITAL

(Dojdo D., et al., III Congresso Nazionale AIOCC, Milano)

### PHANTOM DATA (for both T1TSE/T2TSE sequences)

Mean of differences along the 3 spatial directions: <1mm in axial plane; <2mm in cranial-caudal plane.

**RISULTATI**  
**ACCURATEZZA DI REGISTRAZIONE CON FANTOCCIO**

**ANALISI**  
Per entrambe le sequenze RM l'accuratezza della procedura completa di registrazione di immagini è da considerarsi < 1mm nel piano trasversale < 2mm lungo l'asse cranio-caudale

Inoltre, sulla base dell'analisi delle differenze misurate in funzione della posizione della punta delle bacchette nel volume di esame, non sono stati evidenziati effetti di distorsione significativi nelle singole sequenze

**Phantom data**

### PATIENT DATA (N=10)

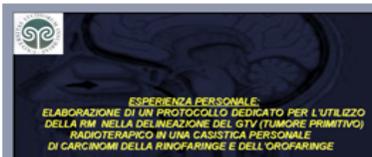
Mean of differences between CT/MR image sets: 4.4mm ± 2.9SD (all spatial directions; highest value in z direction); <3mm considering only x and y direction.

Patient data	differenze (mm)			distanza (mm)
	ΔX	ΔY	ΔZ	
Media	0,0	1,6	1,4	4,4
dev standard	2,4	2,5	3,4	2,9

# ■ OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

## ESPERIENZA PERSONALE

## CRITERI PER LA SCELTA DELLE SEQUENZE RM UTILI PER IL CONTOURING DEL GTV



OPTIMIZING THE INTEGRATION OF MRI INTO RADIOTHERAPY TREATMENT PLANNING: STUDY PROTOCOLS FOR NPC/OROPHARYNX



### Clinical Applications

### EXPERIENCE OF VARESE UNIVERSITY HOSPITAL

(Daino D., et al.; III Congresso Nazionale AIOCC, Milano)

CHOICE OF "SIMULATION" MR SEQUENCES: BETTER DEFINITION OF TUMOR MARGINS AND INFILTRATED NEARBY TISSUES

**MATERIALI E METODI**

**FUSIONE DELLE IMMAGINI TC-SIMULAZIONE/RM CENTRATURA**

RM DIAGNOSTICO STANDARD → La stadiazione loco-regionale

Solo una delle sequenze RM CENTRATURA (T1 e T2) disponibile è stata selezionata ai fini della FUSIONE multimodale TC-simulazione/ RM CENTRATURA

**CRITERI DI SCELTA** (sulla base di quanto analizzato nella RM di stadiazione)

- migliore accuratezza nella definizione dei margini tumorali (T)
- migliore accuratezza nella definizione delle strutture infiltrate per la delimitazione del GTV

■ OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

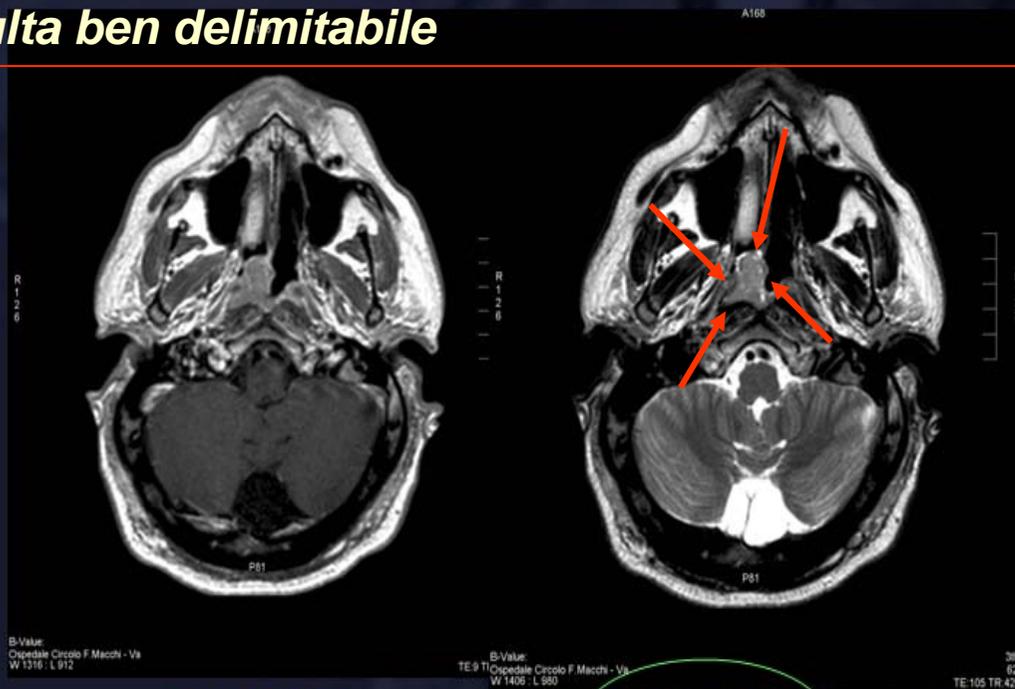
ESPERIENZA PERSONALE

Caso clinico N.1 →

CARCINOMA RINOFARINGE T1 N0 M0:  
sequenza ottimale T2 TSE

In T2 TSE: lieve iperintensità della neoplasia rispetto alla mucosa circostante da cui il tumore risulta ben delimitabile

T1 No Mo



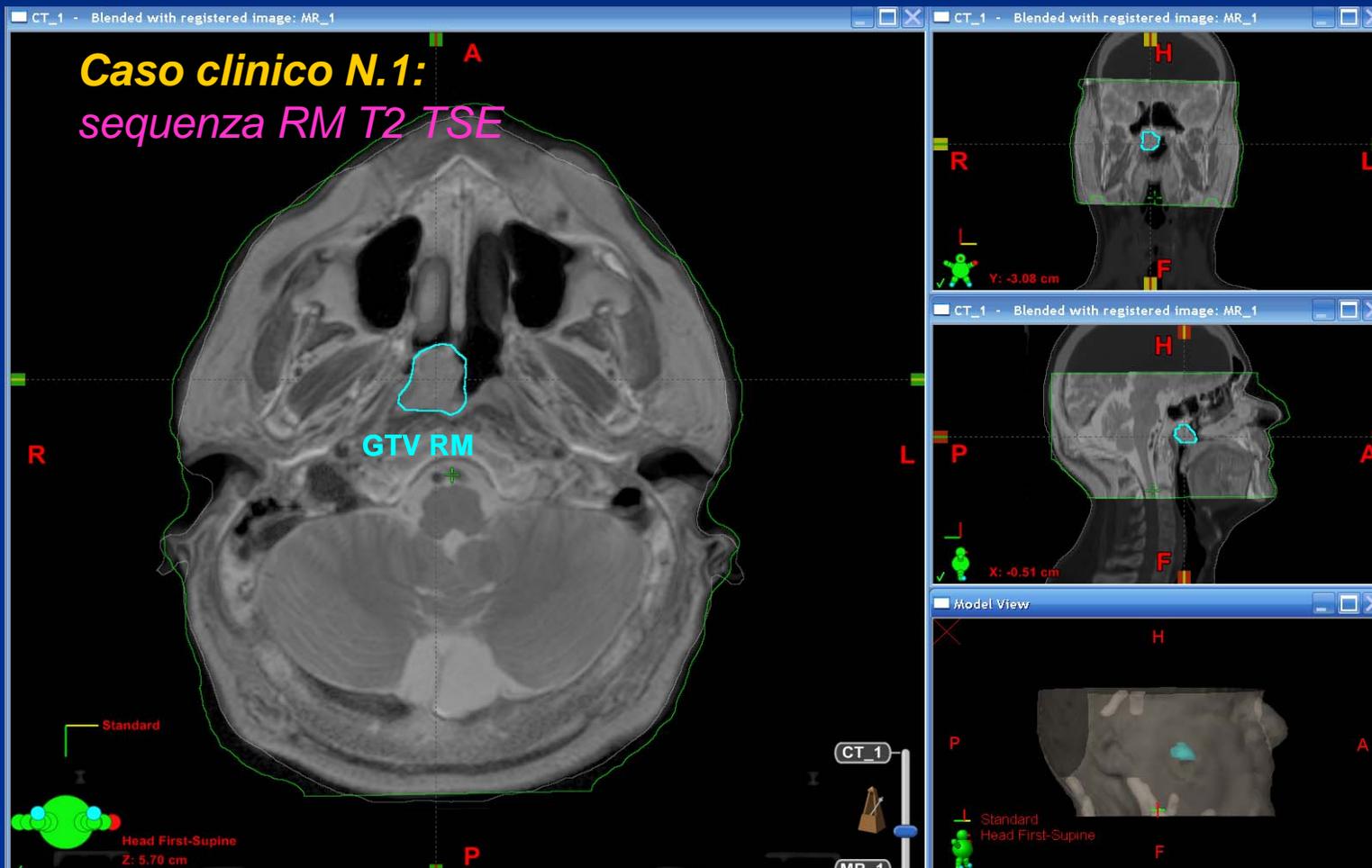
T1 TSE

T2 TSE

■ OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

ESPERIENZA PERSONALE

*Caso clinico N.1: risultato della fusione immagini con blend TC/RM T2 TSE "di centraggio"*

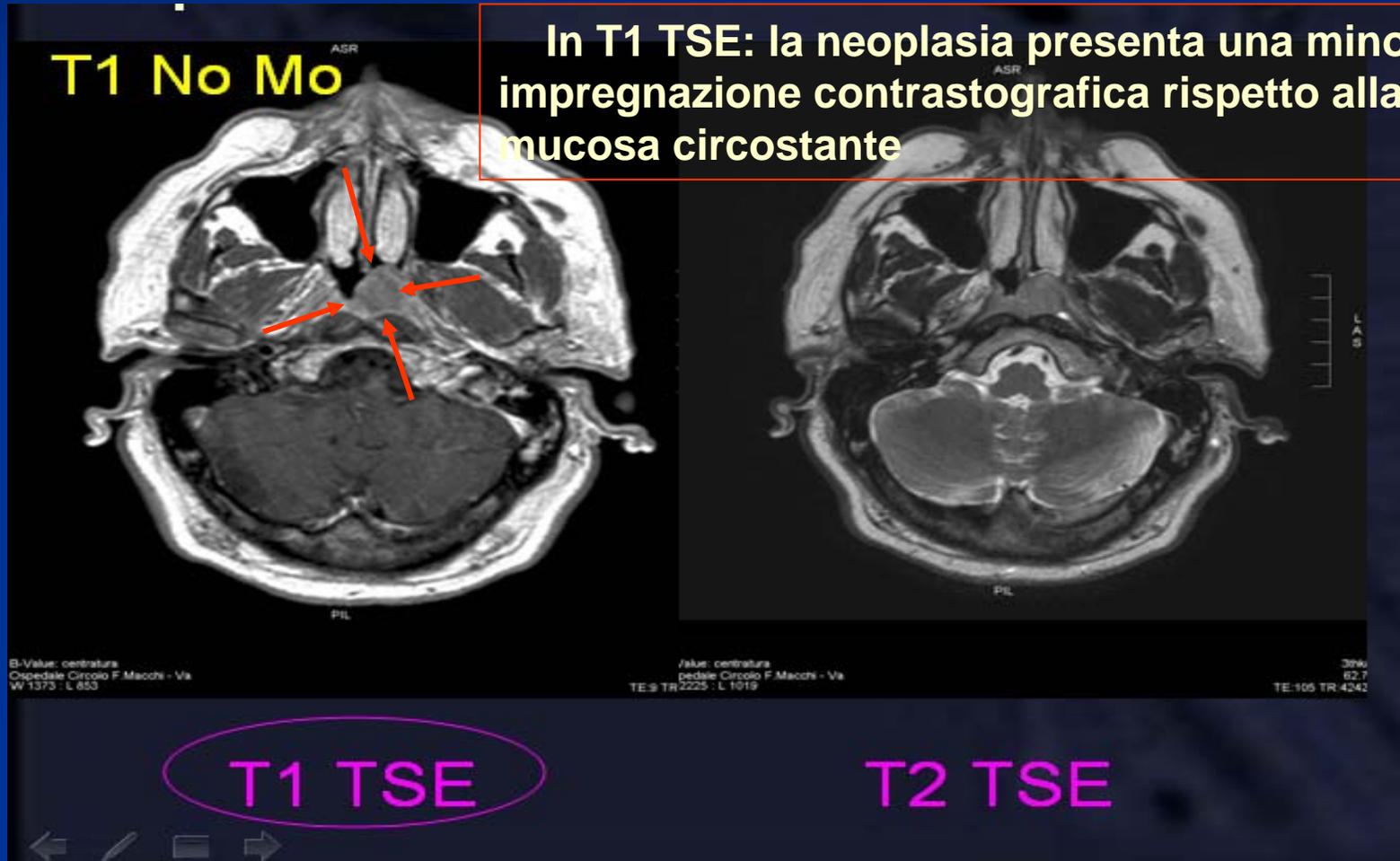


■ OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

ESPERIENZA PERSONALE

Caso clinico N.2 →

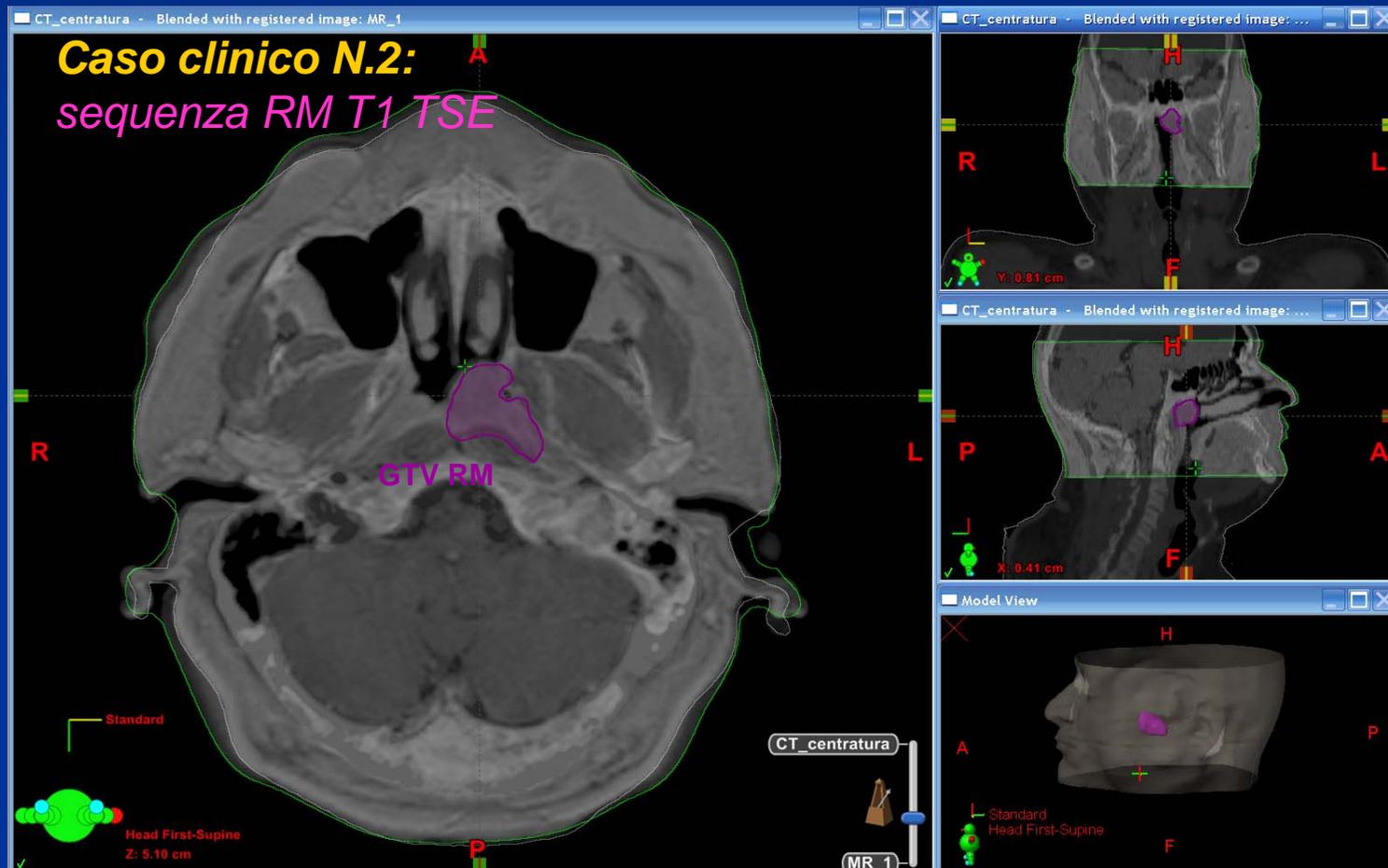
CARCINOMA RINOFARINGE T1 N0 M0:  
sequenza ottimale T1 TSE



■ OTTIMIZZAZIONE DELL'UTILIZZO DELLA FUSIONE D'IMMAGINI TC/RM PER LA DELINEAZIONE DEI GTV RINOFARINGEI: DATI DI LETTERATURA ED ESPERIENZA PERSONALE

ESPERIENZA PERSONALE

*Caso clinico N.2: risultato della fusione immagini con blend TC/RM T1 TSE "di centraggio"*



## INTEGRAZIONE DELL'IMAGING MORFOLOGICO RM NEL CONTOURING DEL GTV RINOFARINGEO

### CONCLUSIONI - 1

- L'integrazione dell'imaging morfologico RM nel processo di contouring migliora la definizione dei GTV rinofaringei ed è assolutamente raccomandata nella pianificazione IMRT dei tumori del rinofaringe.
- La procedura di co-registrazione e fusione immagini TC/RM per essere affidabile richiede specifici protocolli di esecuzione, per l'esame RM diagnostico e per quello utilizzato per la fusione, che devono essere elaborati in collaborazione tra radiologo e radioterapista.

## INTEGRAZIONE DELL'IMAGING MORFOLOGICO RM NEL CONTOURING DEL GTV RINOFARINGEO

### CONCLUSIONI - 2

- Il risultato della procedura di fusione immagini, prima dell'applicazione nella routine, dovrebbe sempre essere preliminarmente validato in fantoccio (per quantificare il fenomeno della distorsione) e successivamente *in vivo* in un numero adeguato di pazienti.
- Le sequenze RM ottimali da utilizzare per la fusione dovrebbero essere sempre valutate collegialmente dal radiologo che ha eseguito l'esame e dal radioterapista.



## The Insubria University Hospital of Varese Head & Neck Oncology Team



*Grazie per l'attenzione!*



A.I.R.O. GRUPPO DI STUDIO TESTA COLLO

27 maggio 2013, Isola Tiberina



WORKSHOP SU IMPOSTAZIONE RADIOTERAPICA NEI TUMORI  
DEL RINOFARINGE