

MATLAB EXPO 2018

Te.Ne.Co.

Tele Neurochirurgia Cooperativa

Lorenzo Angeloni
Raffaele Ferrante

SenTech
Systems and Energy Technologies



Panoramica Progetto Teneco

Tele Neurochirurgia Cooperativa tra Hub remoto ad alta specializzazione ed equipe locale in operazioni fuori area o zone disagiate



Policlinico Militare di Roma "Celio"



Prof. Alberto Delitala
Dott. Natale Russo



Prof. Riccardo Caruso

Panoramica Progetto Teneco

2 Fasi

Dual-Use: civile-militare

Architettura Hub-Spoke

Teleconsulto

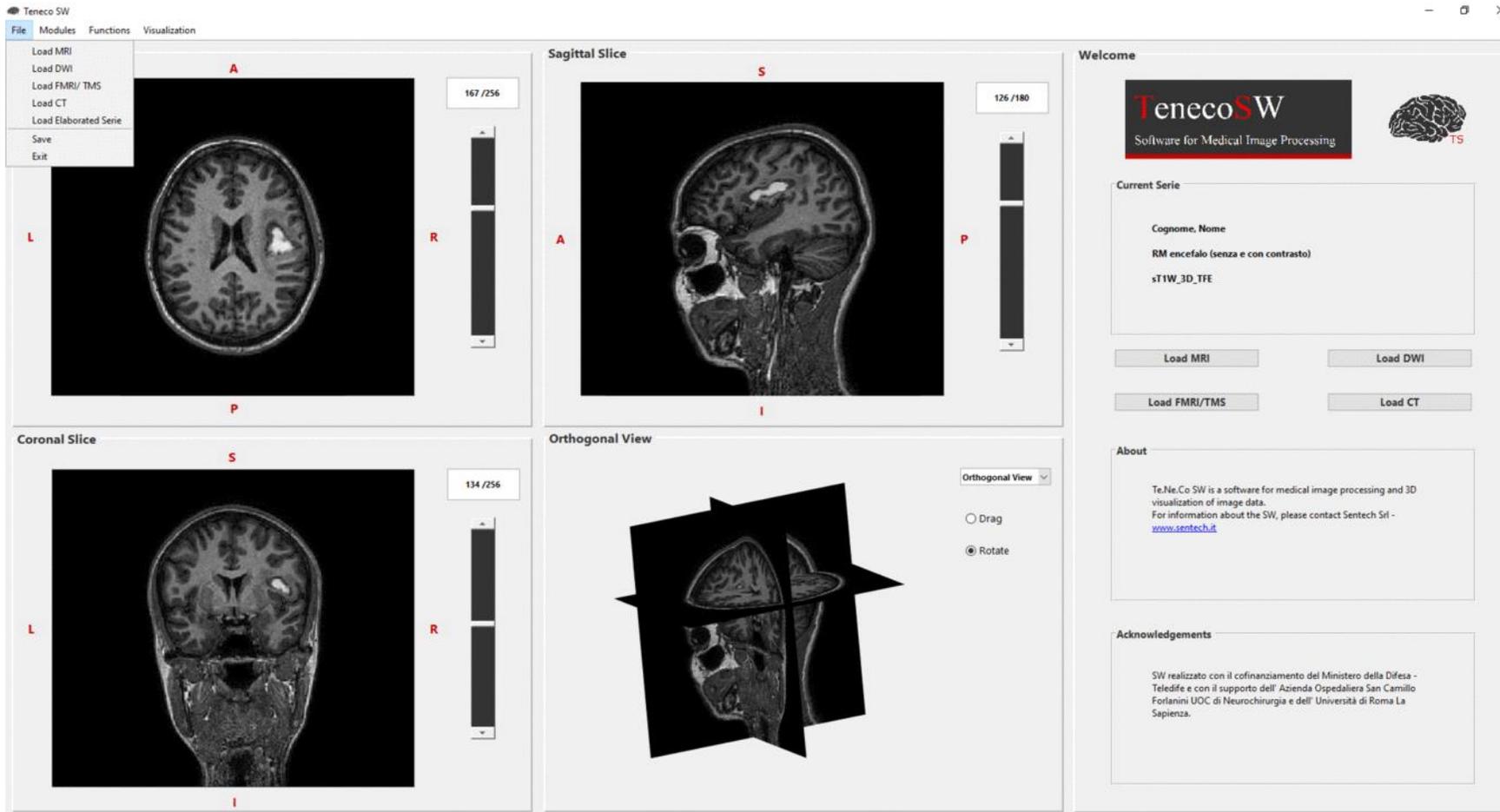
Telecooperazione sanitaria

Tele Neurochirurgia

- SW planning prechirurgico



SW Elaborazione Immagini: Interfaccia



Linguaggio: MATLAB

~16.000 righe codice

Input: serie DICOM

Output: serie DICOM elaborate

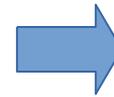
Perchè MATLAB?

- Tempo di sviluppo
- Funzioni Standard Dicom
- Visualizzazione 2D/3D
- Tool costruzione Interfacce grafiche
- Funzioni di registrazione di immagini/volumi
- Algoritmi basati su trasformazioni geometriche e operazioni matriciali

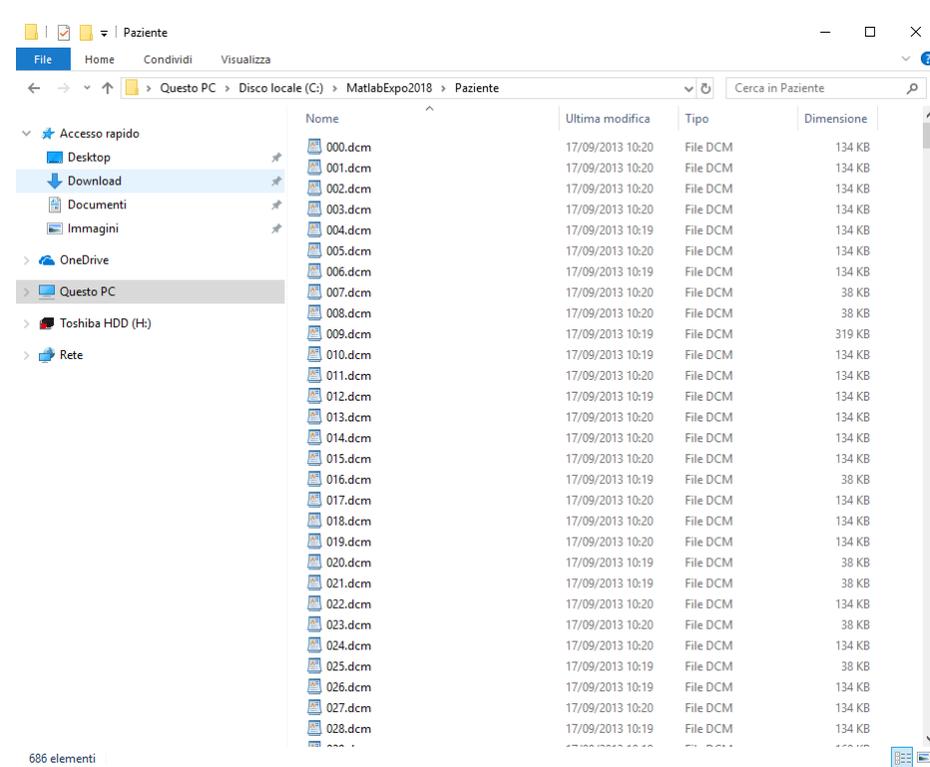
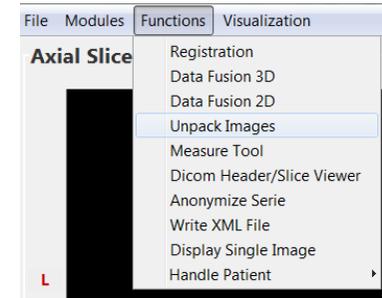
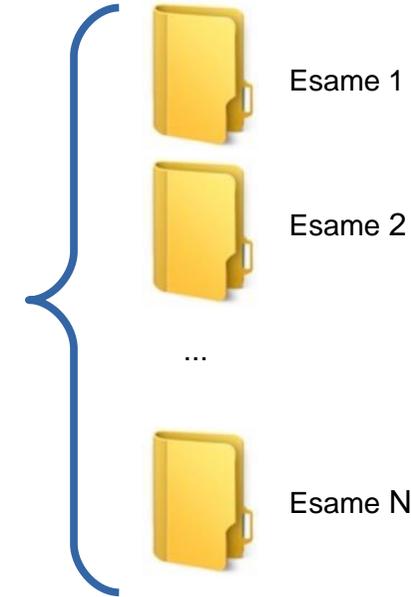
SW Elaborazione Immagini: Unpacking Images

Creazione automatica delle cartelle con gli esami effettuati

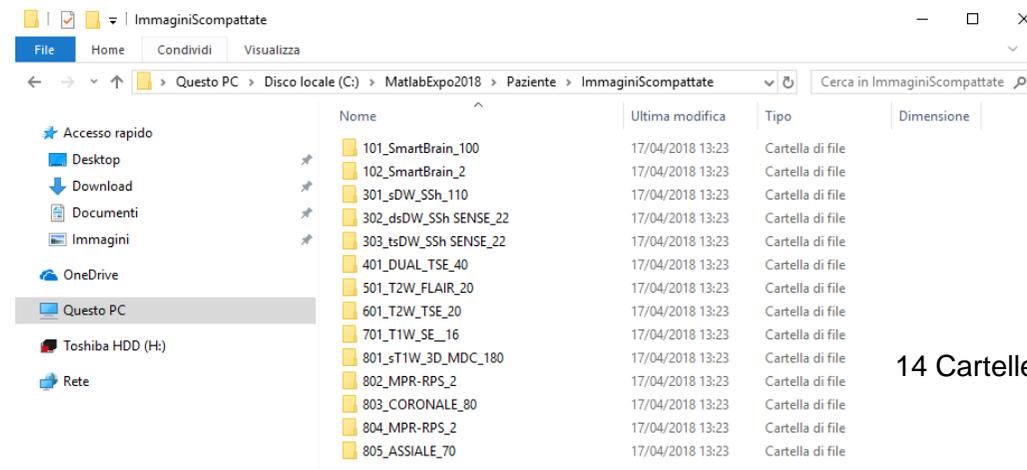
CD Paziente



Unpacking

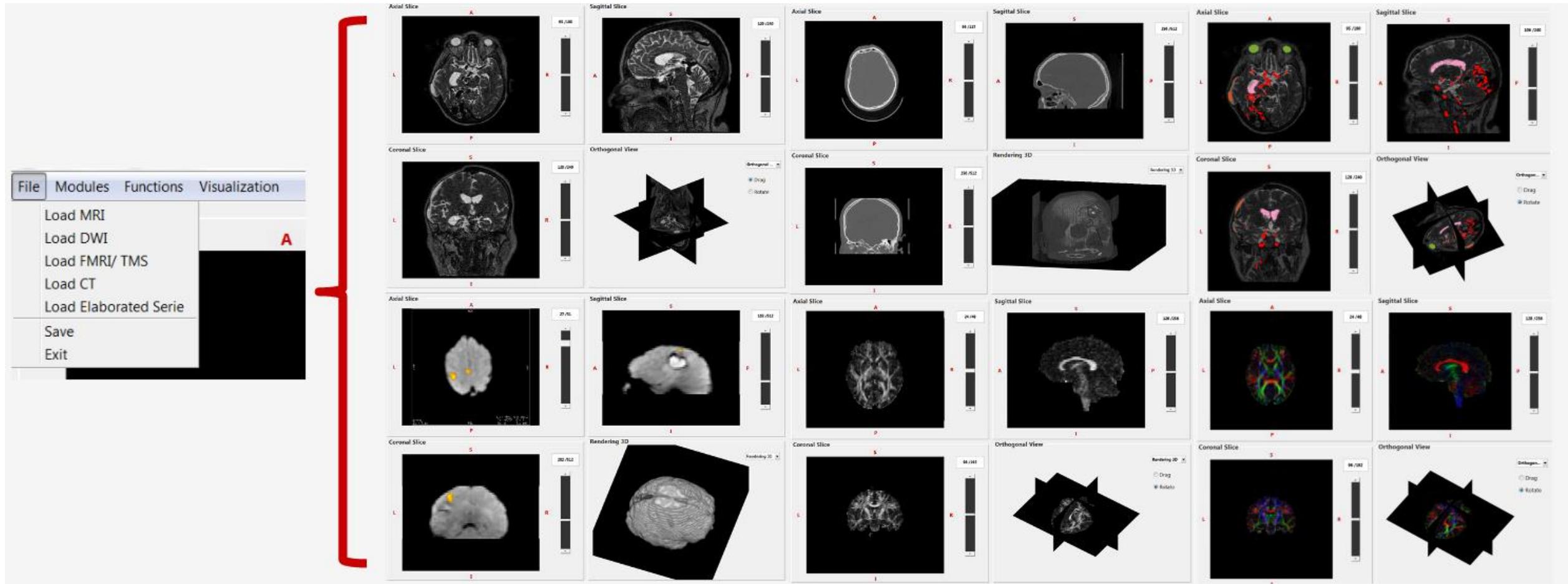


606 File Dicom



14 Cartelle

SW Elaborazione Immagini: importazione Serie DICOM



SW Elaborazione Immagini: Registrazione (1/2)

Lo scopo della registrazione è quello di allineare i pixel/voxel di diverse tipologie di immagini mediche

2D

$u(x)$ $v_o(x)$ $v(x)$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & e_{13} \\ e_{21} & e_{22} & e_{23} \\ e_{31} & e_{32} & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Translation	
Scale	
Shear	
Rotation	

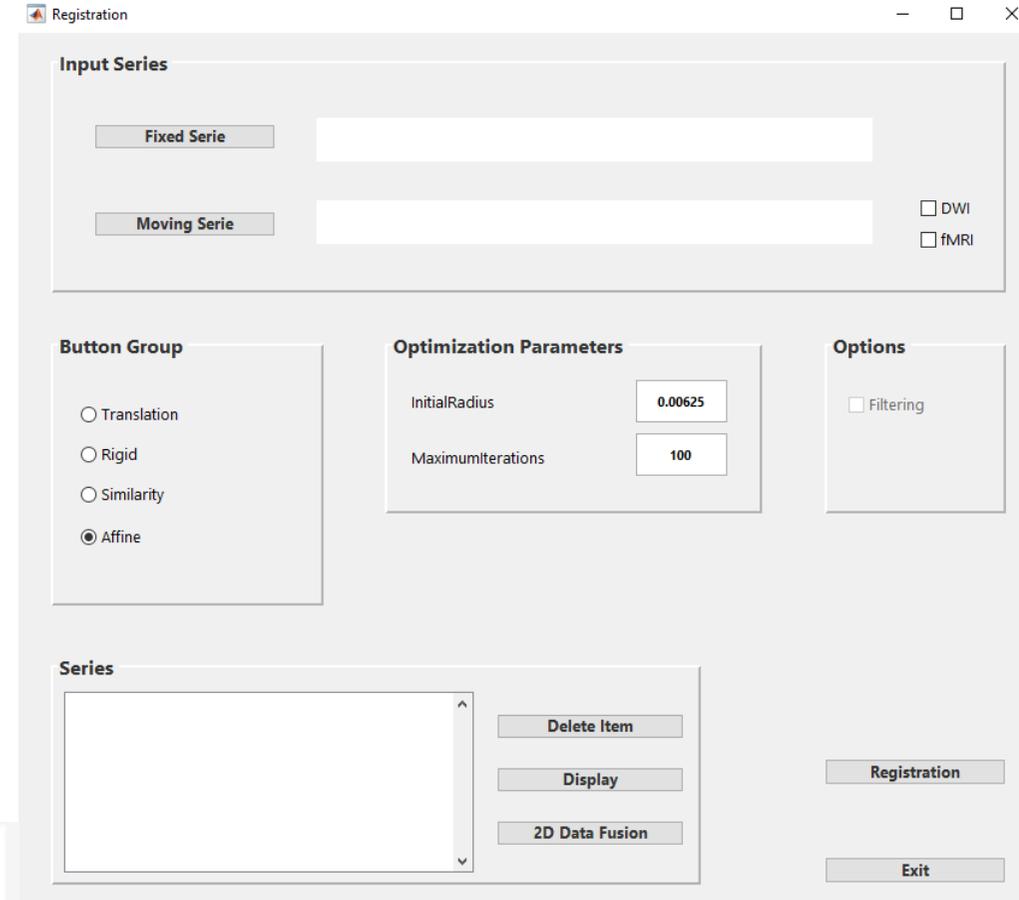
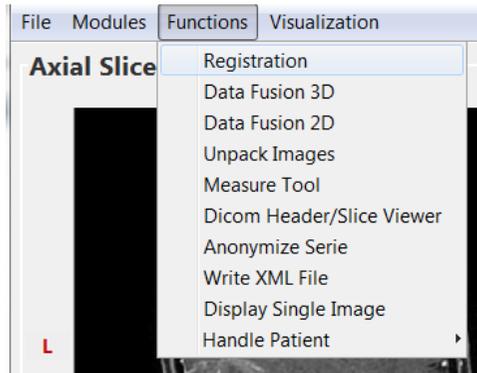
3D

MRI fMRI

X Y X, T(Y)

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & e_{13} & e_{14} \\ e_{21} & e_{22} & e_{23} & e_{24} \\ e_{31} & e_{32} & e_{33} & e_{34} \\ e_{41} & e_{42} & e_{43} & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

SW Elaborazione Immagini: Registrazione (2/2)



Input:

- Coppia di serie Dicom
- Algoritmo di registrazione

'Translation': traslazione
 'Rigid': Una trasformazione rigida può rappresentare il movimento di un oggetto solido (traslazioni + rotazioni)
 'Similarity': traslazioni + rotazioni + scalamenti
 'Affine': In generale la trasformazione affine risulta una composizione di rotazioni, traslazioni, dilatazioni, e shears (skews)

- Parametri Ottimizzatore MATLAB

InitialRadius: proprietà dell'ottimizzatore che controlla lo step-size iniziale usato per raffinare la trasformazione geometrica
 MaximumIterations: (valore di default 100) proprietà che indica all'ottimizzatore il numero massimo di iterazioni da poter effettuare.

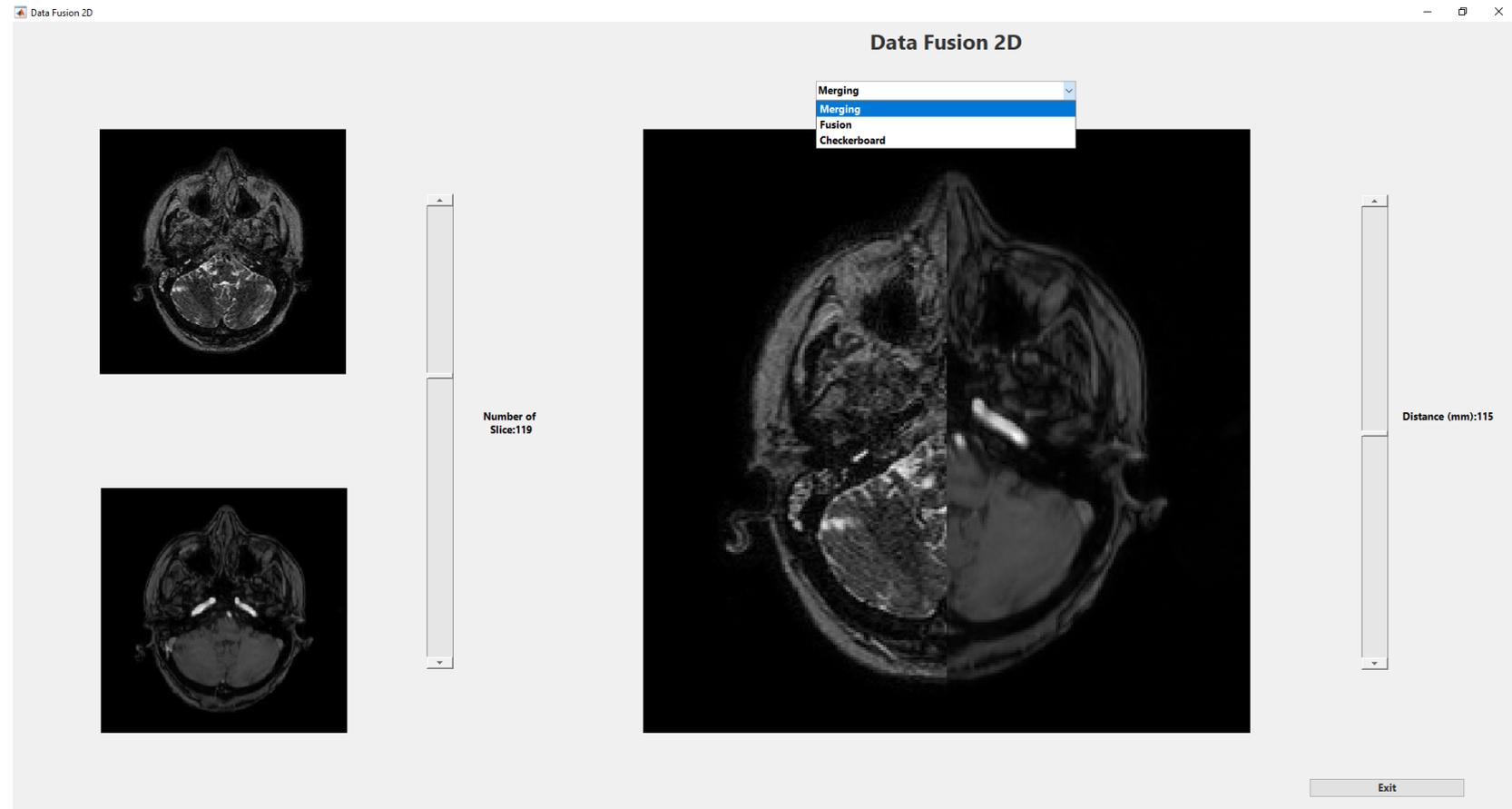
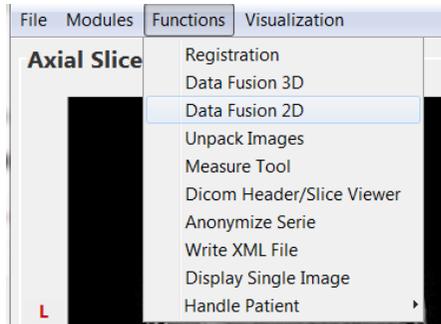
Output:

- Volume registrato

SW Elaborazione Immagini: Data Fusion 2D (1/2)

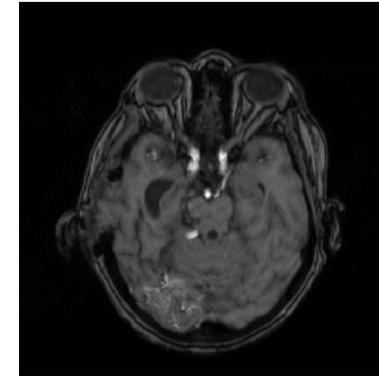
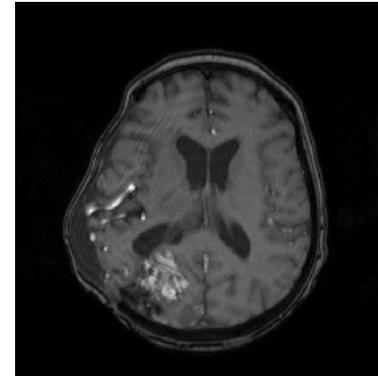
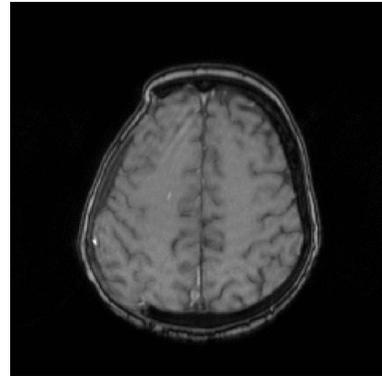
Integrazione di più immagini (caso 2D) in una immagine di sintesi in modo tale da poter correlare e fondere informazioni diverse ottenute con tecniche di acquisizione differenti

Validazione Registrazione

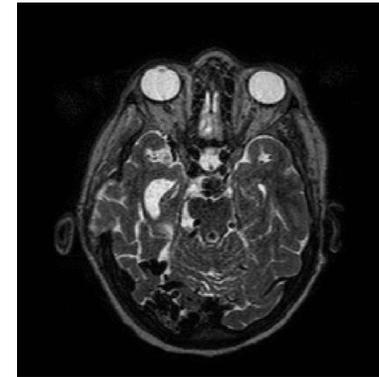
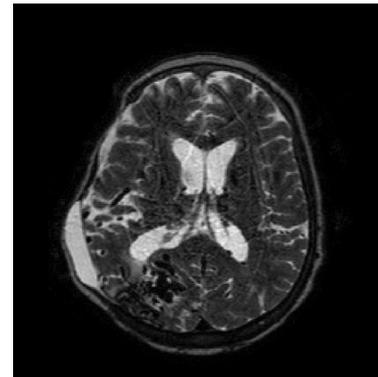
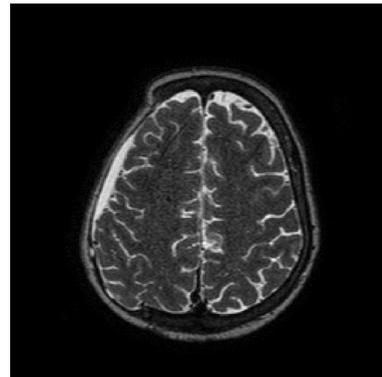


SW Elaborazione Immagini: Data Fusion 2D (2/2)

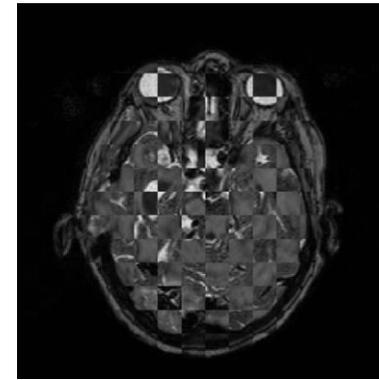
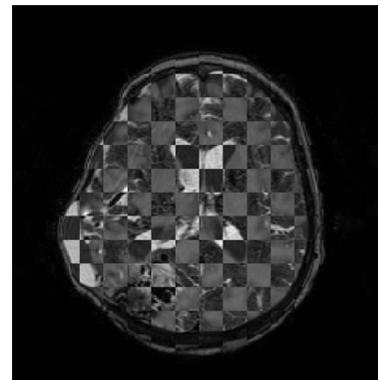
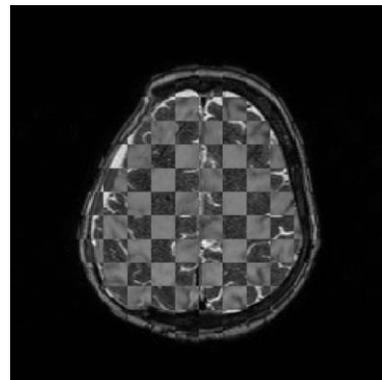
Fusion Mode



Merging Mode



Checkerboard Mode



SW Elaborazione Immagini: Segmentazione e Rendering 3D (1/6)

Selezione di un'area omogenea all'interno dell'immagine sulla base di un certo criterio di appartenenza dei pixel ad una regione

Algoritmi basati su thresholding + seeding + ROI

Ricostruzione 3D (info geometriche header Dicom)

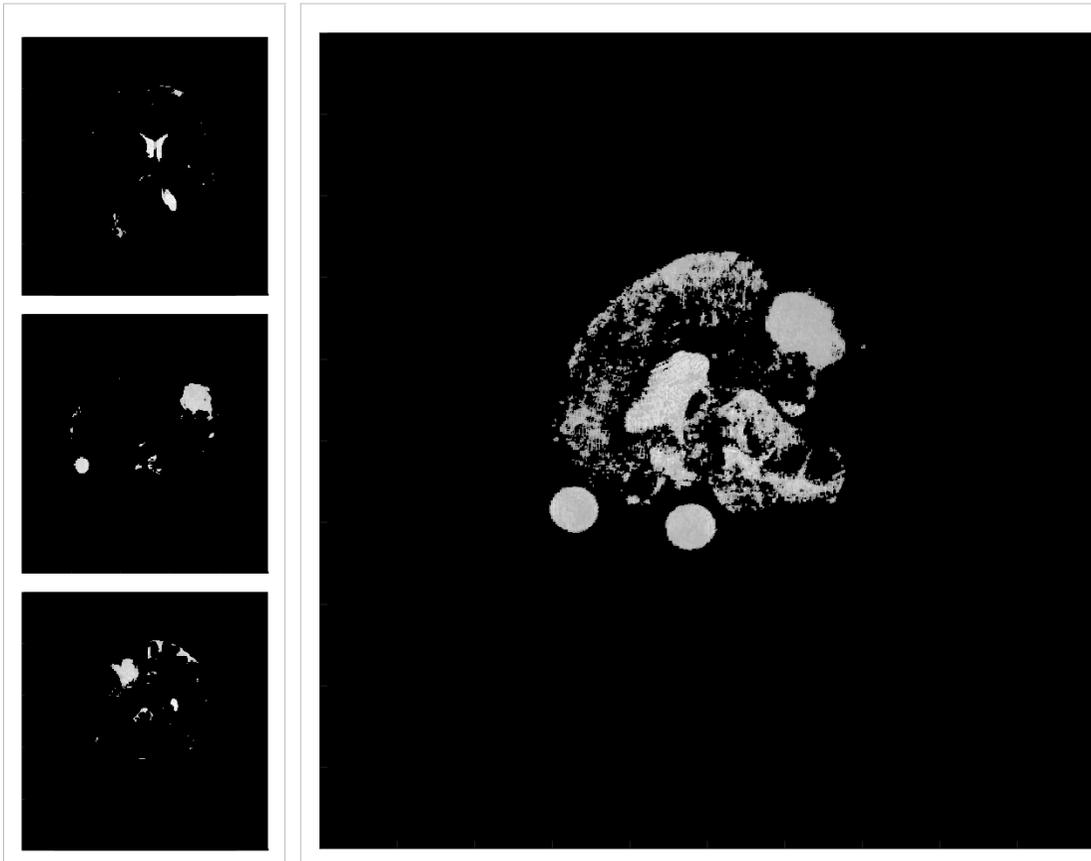


Rendering 3D corretto

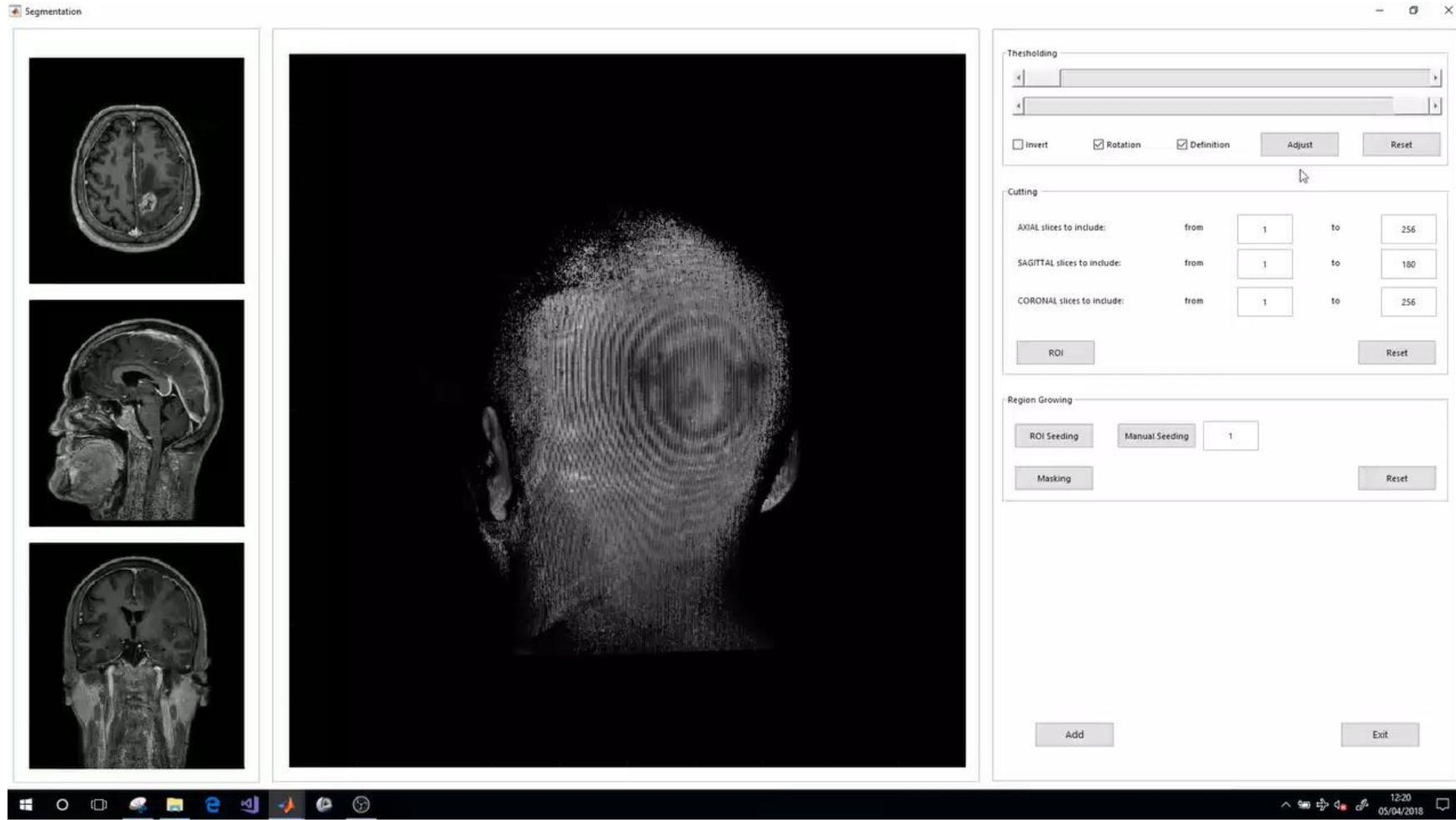


Rendering 3D errato

Segmentation

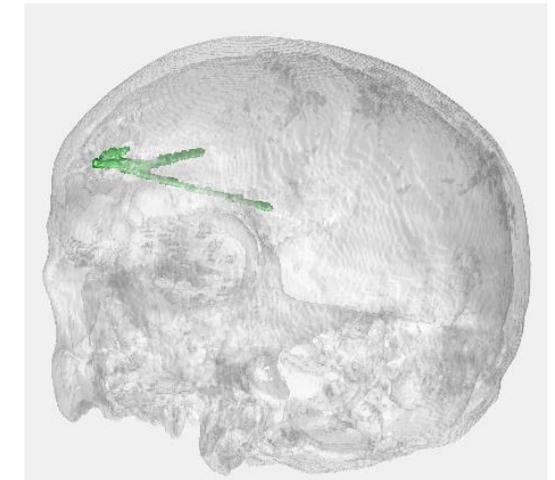
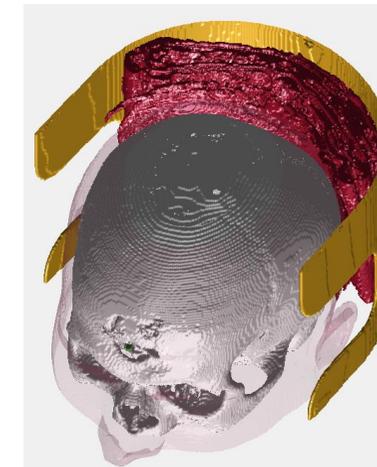
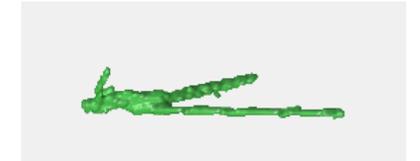
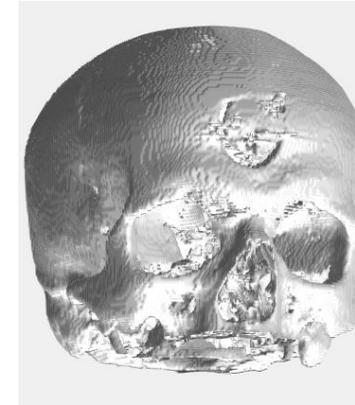
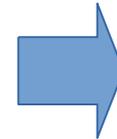
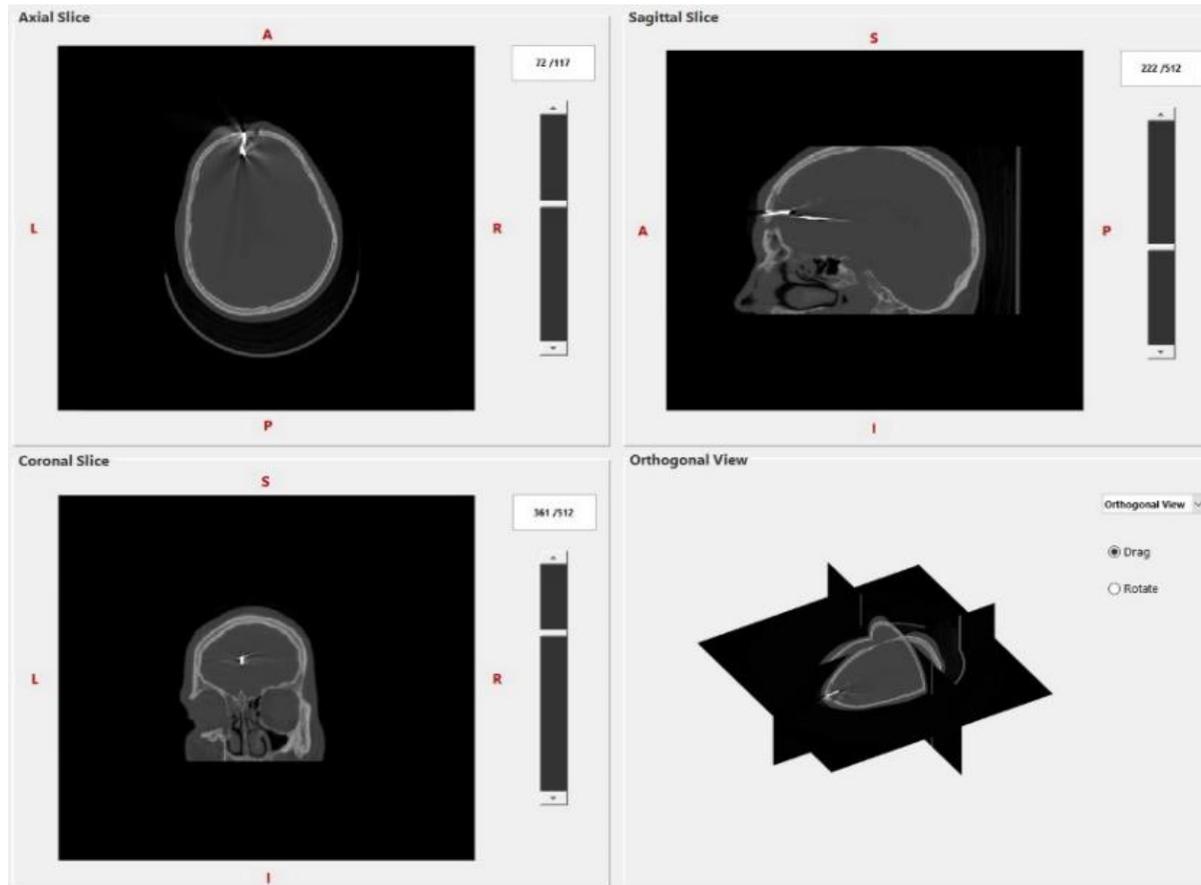


SW Elaborazione Immagini: Segmentazione e Rendering 3D (2/6)

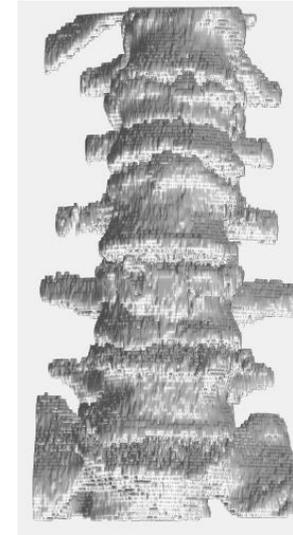
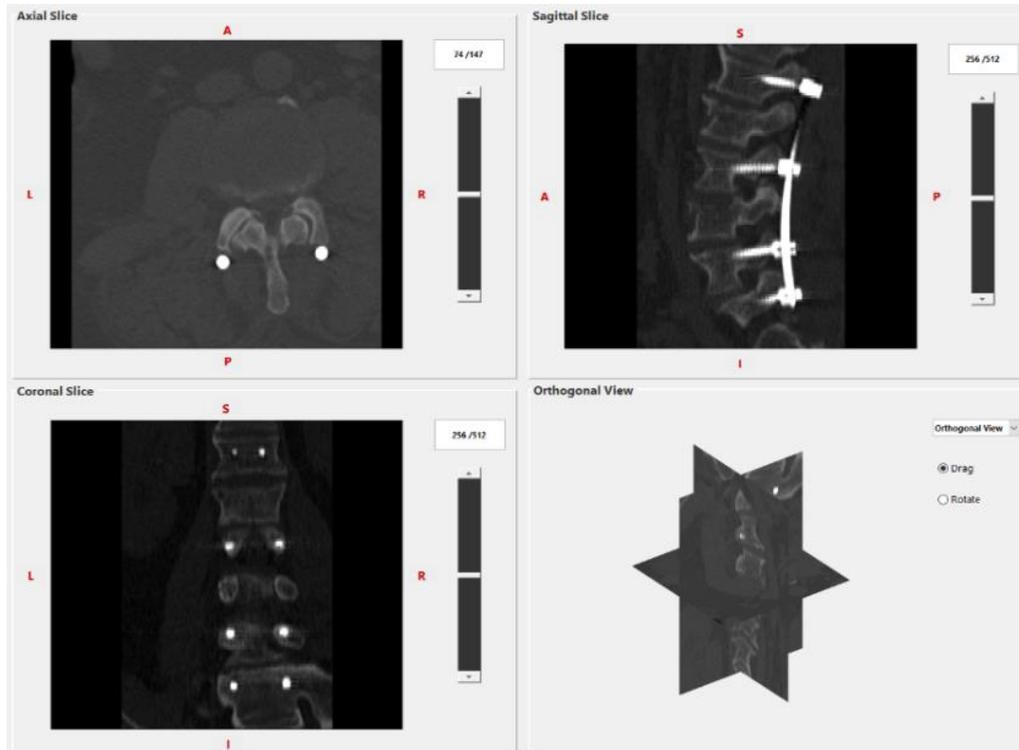


SW Elaborazione Immagini: Segmentazione e Rendering 3D (3/6)

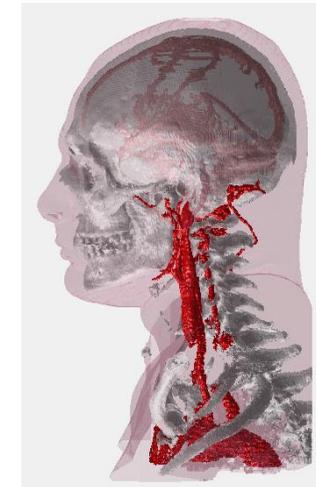
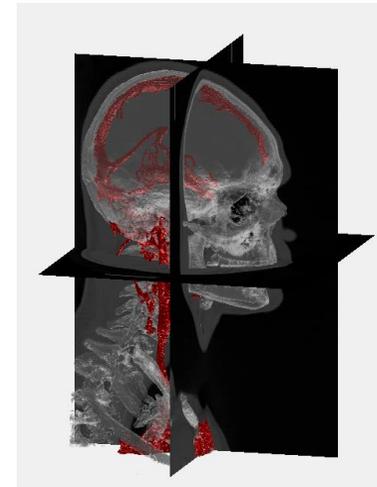
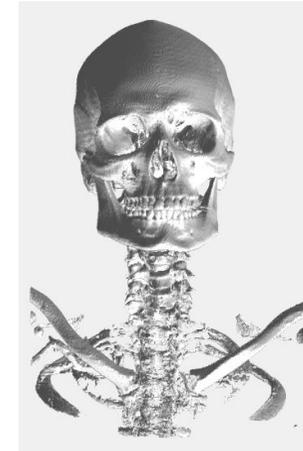
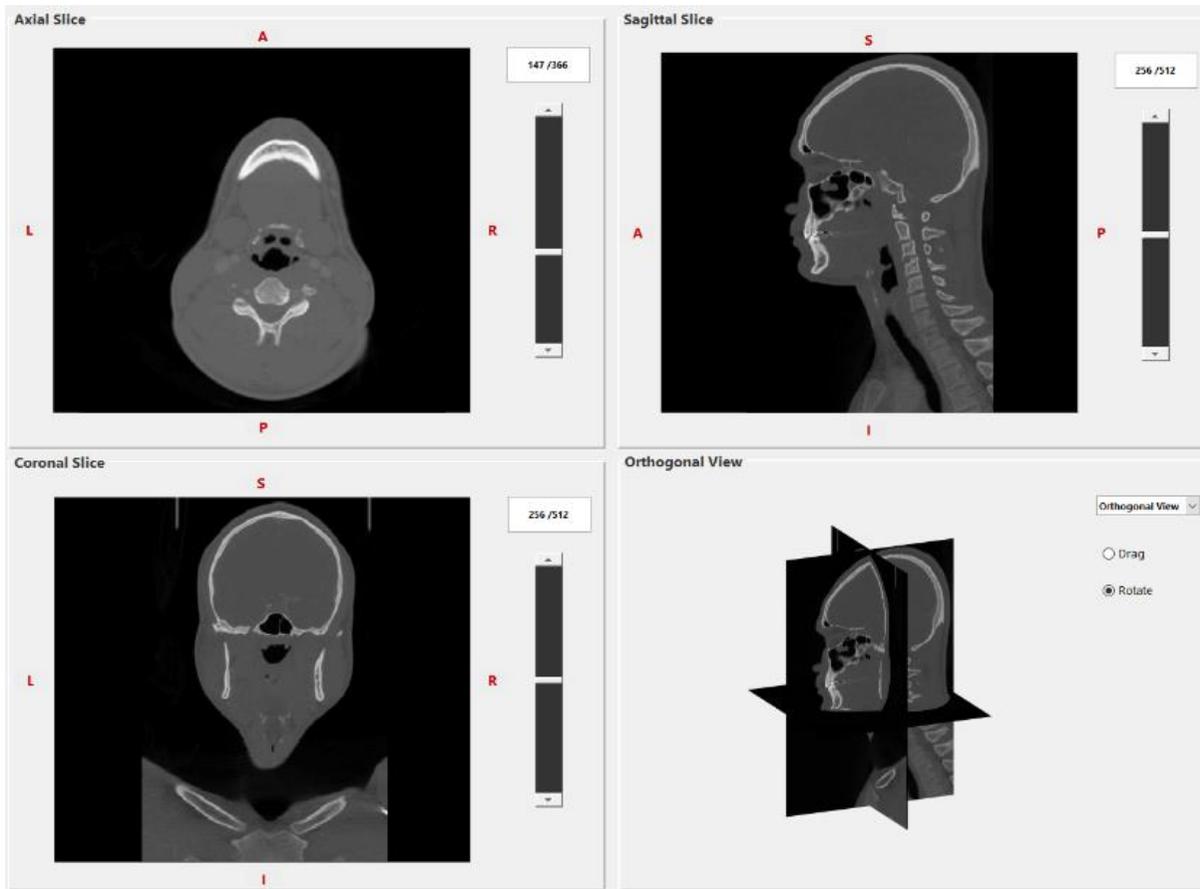
Esempi:



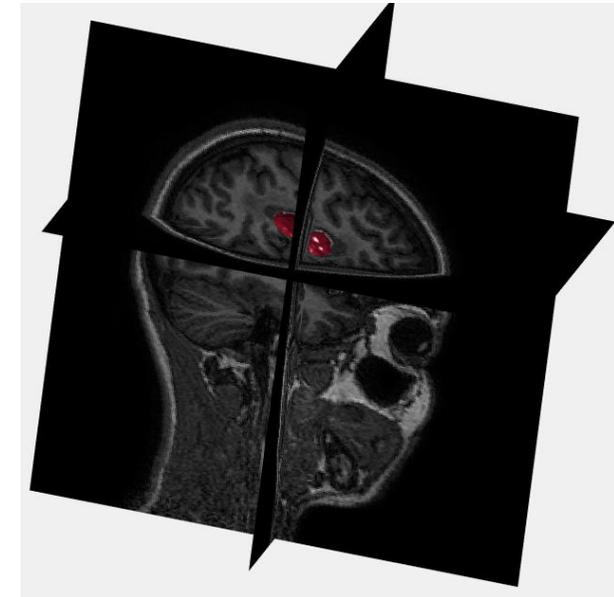
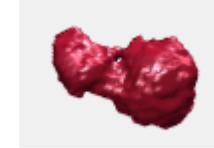
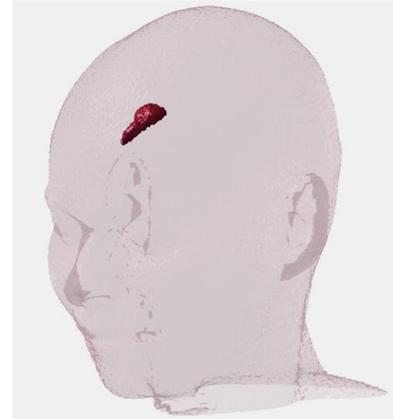
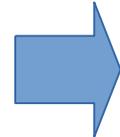
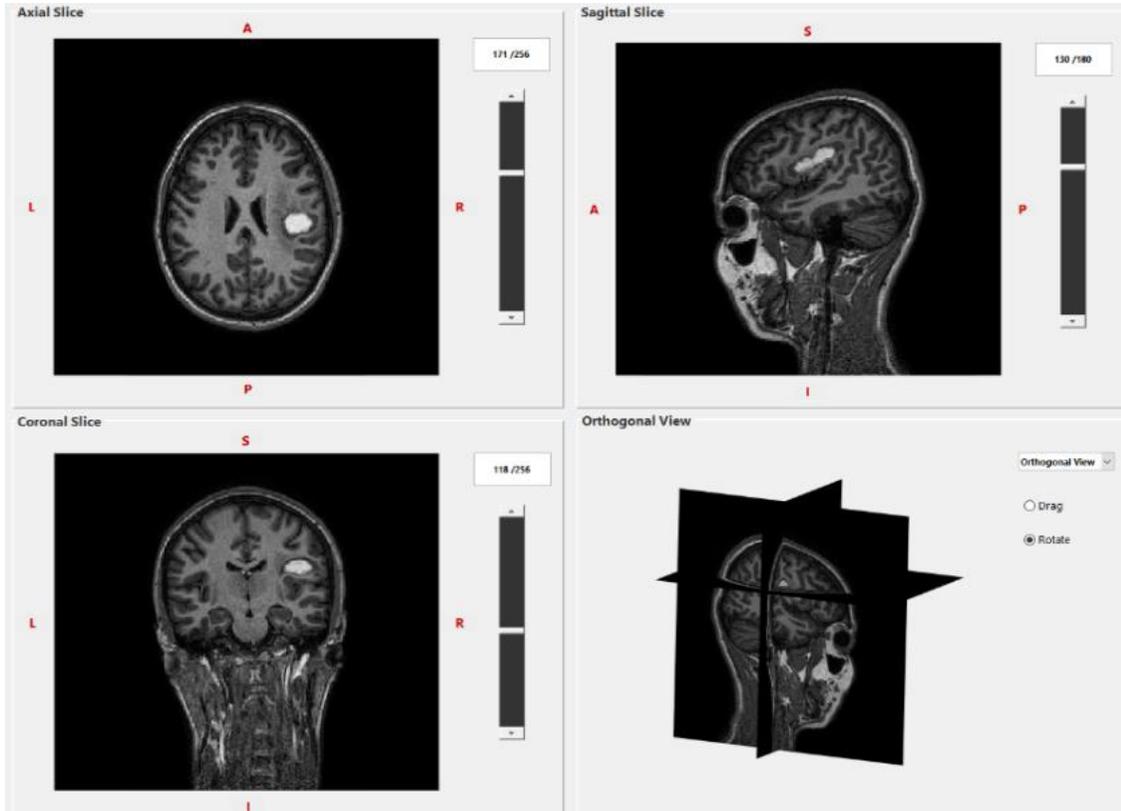
SW Elaborazione Immagini: Segmentazione e Rendering 3D (4/6)



SW Elaborazione Immagini: Segmentazione e Rendering 3D (5/6)



SW Elaborazione Immagini: Segmentazione e Rendering 3D (6/6)



SW Elaborazione Immagini: Trattografia

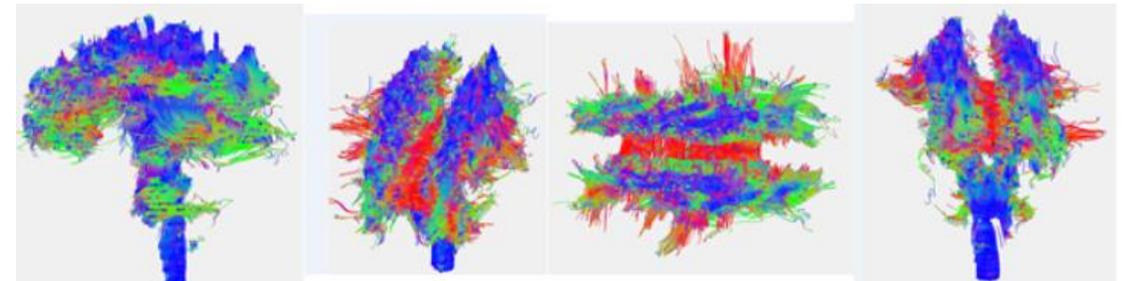
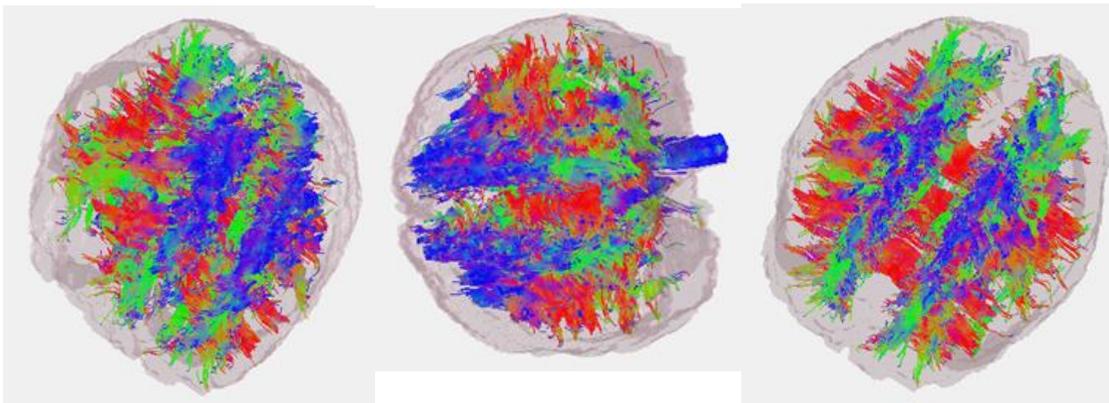
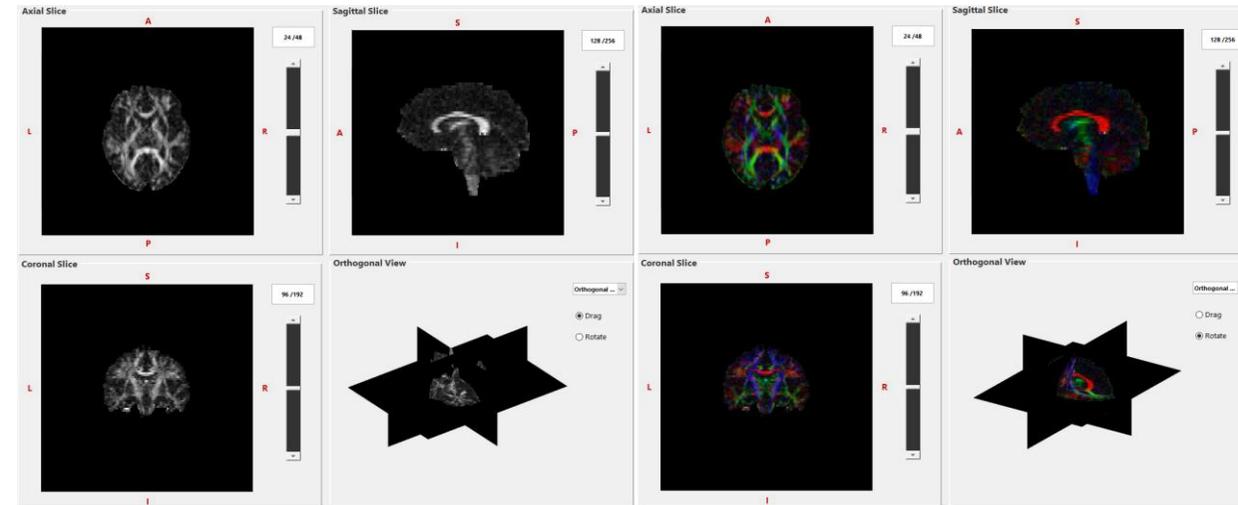
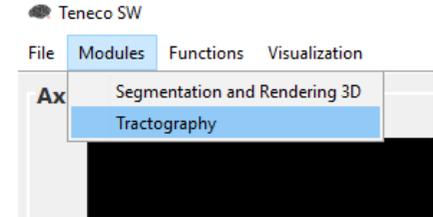
Tracciamento delle fibre che costituiscono la materia bianca all'interno dell'encefalo

Input: immagini DWI (Bassa Risoluzione)

Output:

- Calcolo FA (Anisotropia Frazionale)
- Algoritmo Tracking

$$FA = \frac{\sqrt{3} \sqrt{(\lambda_1 - \bar{\lambda})^2 + (\lambda_2 - \bar{\lambda})^2 + (\lambda_3 - \bar{\lambda})^2}}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2}}$$



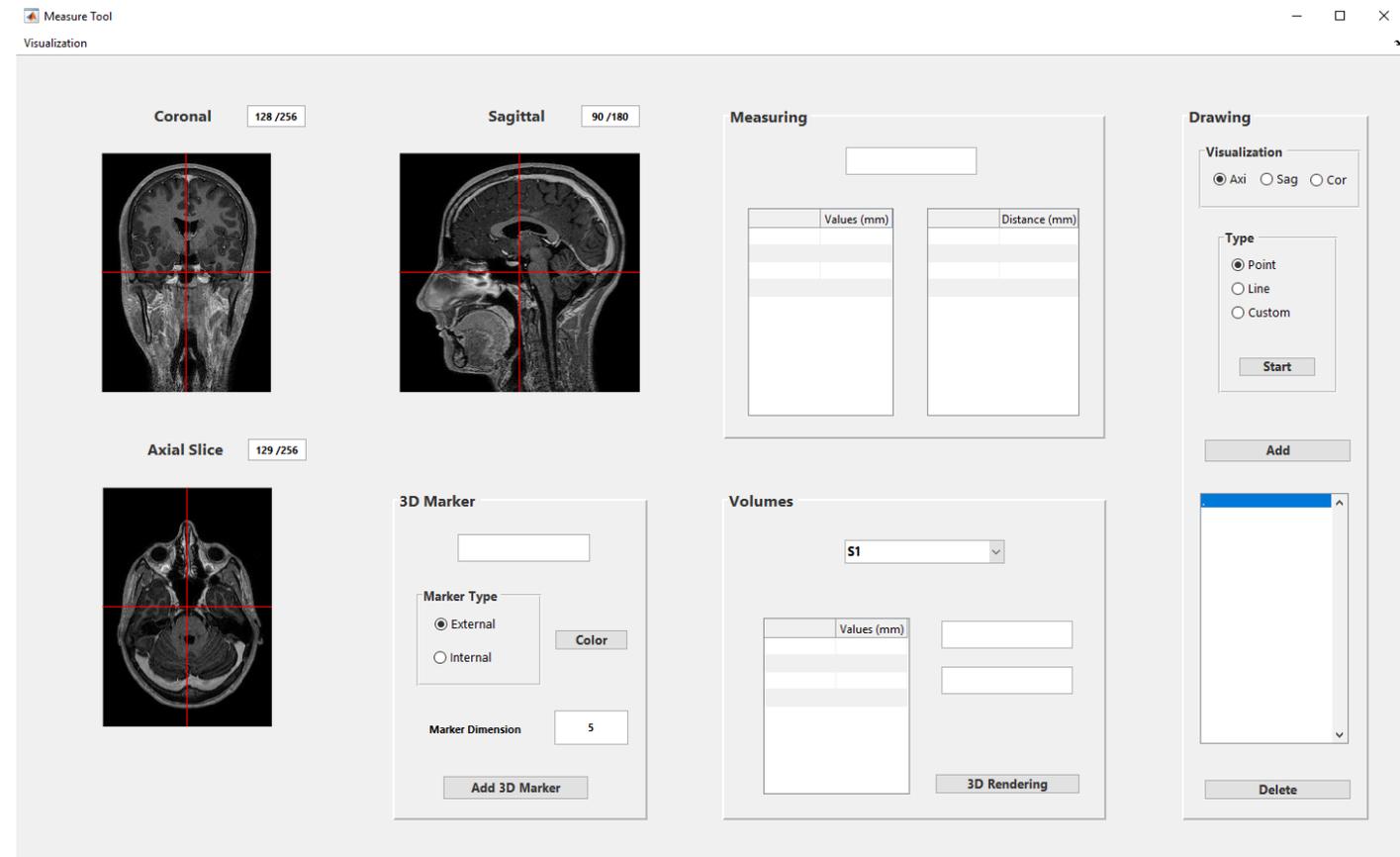
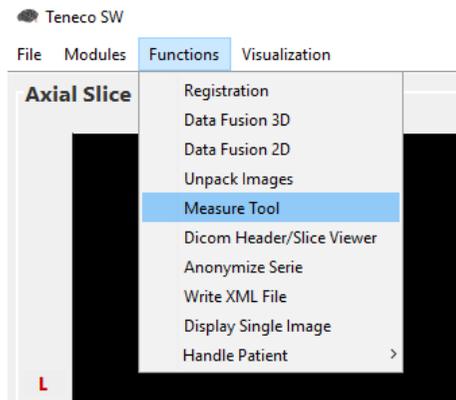
SW Elaborazione Immagini: Measure Tool (1/2)

Tool per posizionamento marker, linee 2D

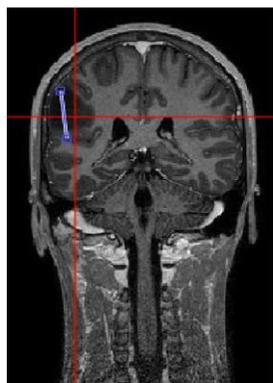
Calcolo distanze

Marker 3D

Calcolo Volumi



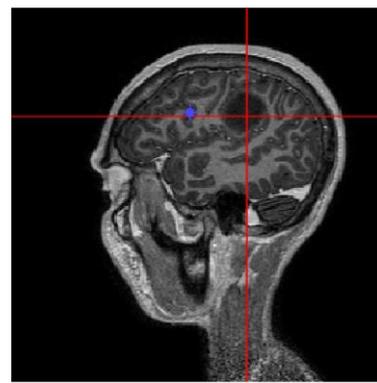
SW Elaborazione Immagini: Measure Tool (2/2)



Line1



Point1: Marker
2D



Point2: Marker
2D



S2



Volumes

S2

	Values (mm)
X Coordinate	49
Y Coordinate	25
Z Coordinate	45
Volume	227

Distance fromPoint2

21 mm

3D Rendering

Measuring

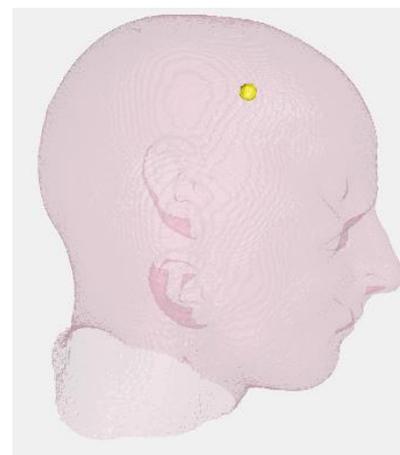
Line1

	Values (mm)
X Coordinate	51
Y Coordinate	27
Z Coordinate	42
Length	33

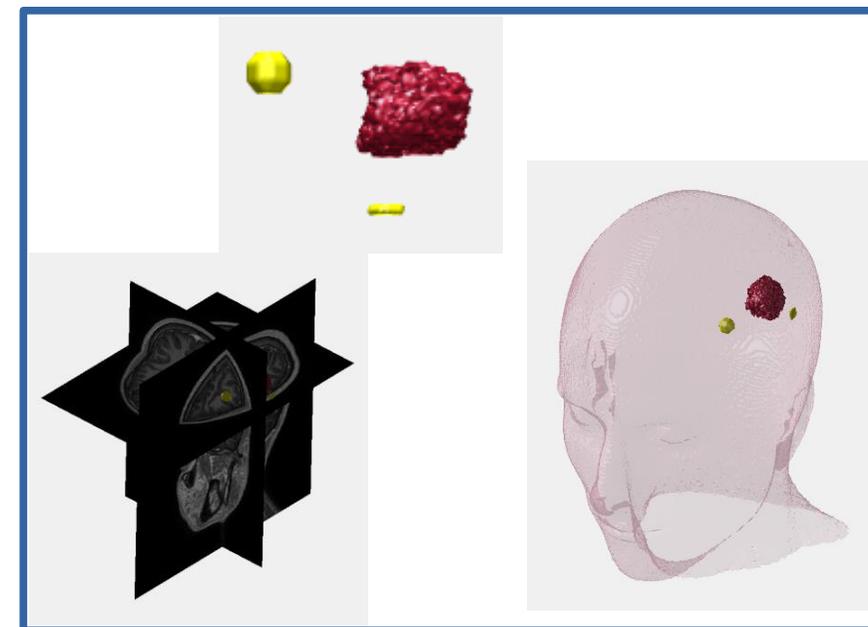
	Distance (mm)
Point1	40
Custom_1	4
Point2	19
Line1	0



Marker 3D

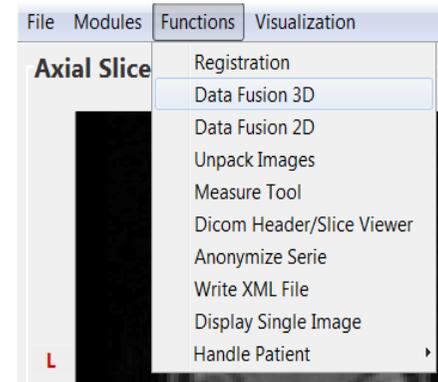
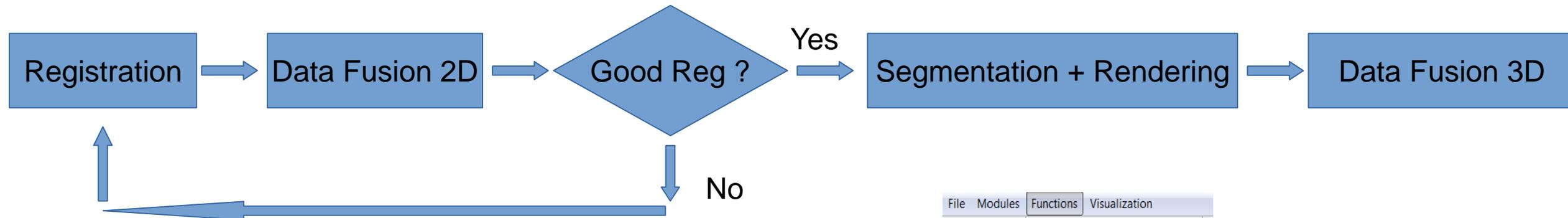


Marker 3D



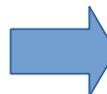
SW Elaborazione Immagini: Data Fusion 3D (1/3)

Integrazione di più volumi in una immagine 3D di sintesi in modo tale da poter correlare e fondere informazioni diverse ottenute con tecniche di acquisizione differenti

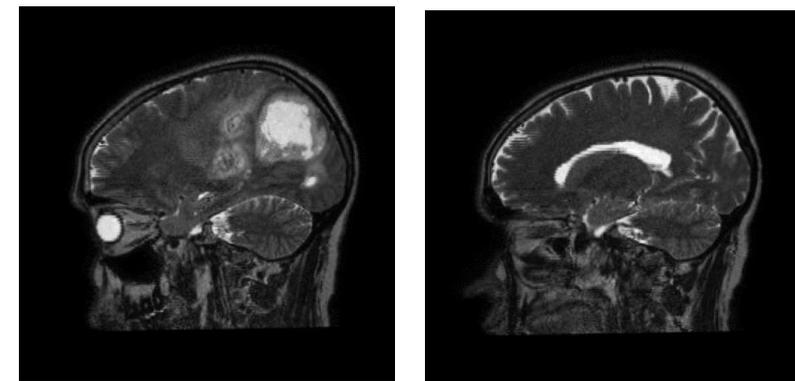


SW Elaborazione Immagini: Data Fusion 3D Case Study I (2/3)

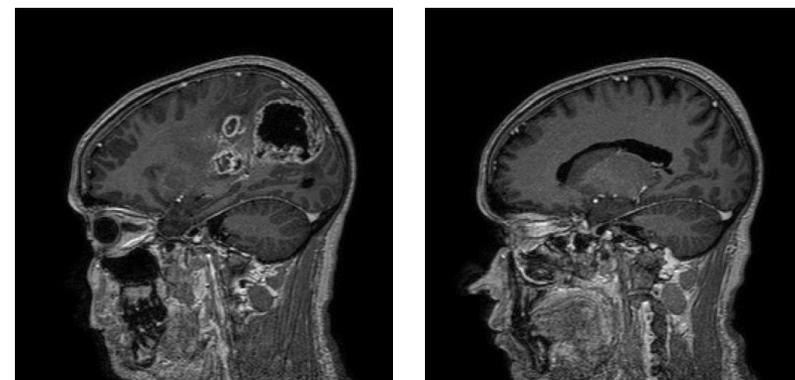
	Type	Volume Dims	Voxel Dims [mm]	Orientation
Reference Serie	T1	256 x 256 x 180	1 x 1 x 1	Sagittal
Target Serie	T2	240 x 240 x 190	0.96 x 0.96 x 1	Axial



Registration + Data Fusion 2D



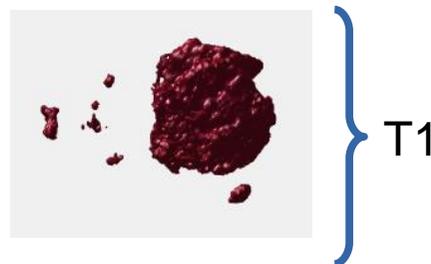
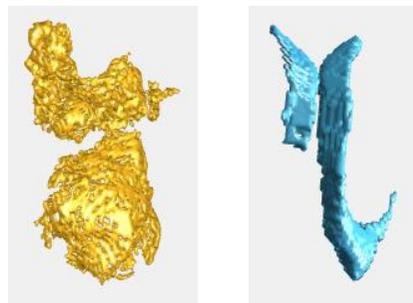
Fusion



Merging

Segmentation + Rendering

T2 registrata

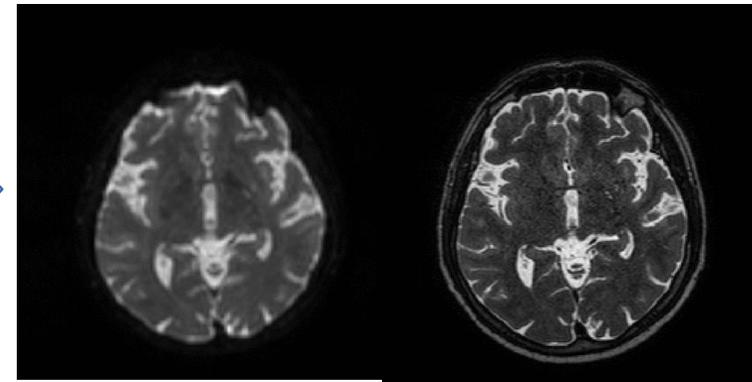


Data Fusion 3D

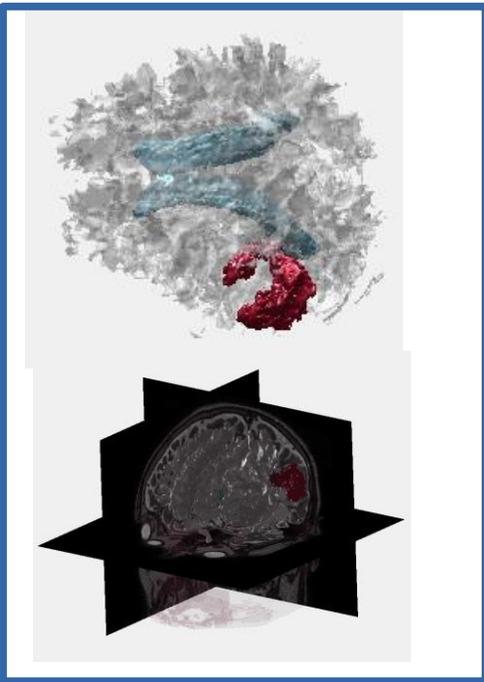


SW Elaborazione Immagini: Data Fusion 3D Case Study II (3/3)

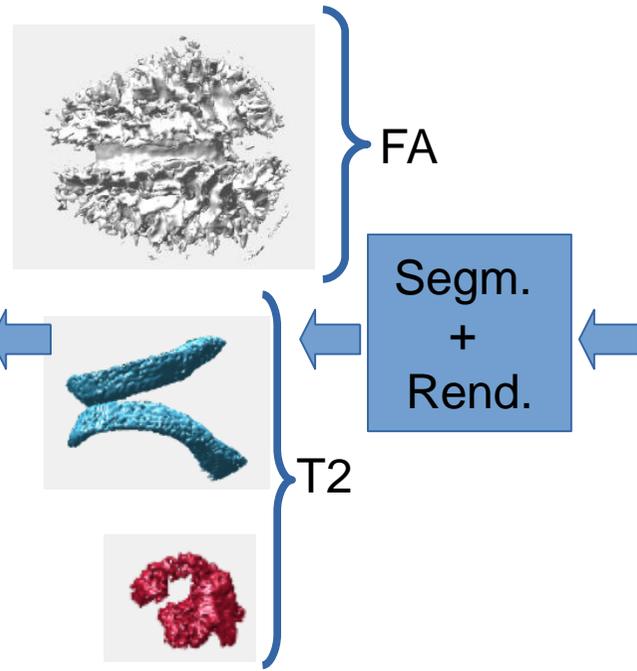
	Type	Volume Dims	Voxel Dims[mm]	Orientation
Reference Serie	T2	240 x 240 x 190	0.96 x 0.96 x 1	Axial
Target Serie	DWI (16 serie, 1 B0)	128 x 128 x 60	1.75 x 1.75 x 2	Axial



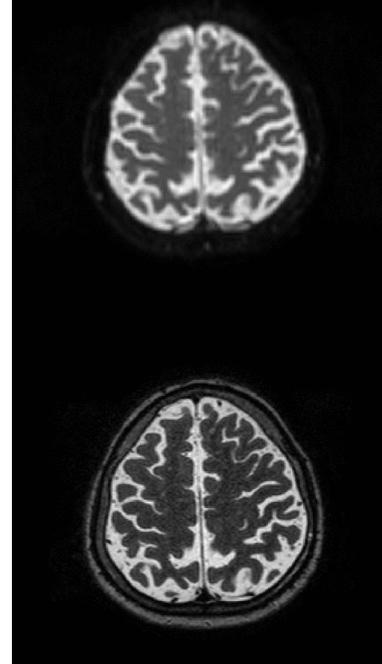
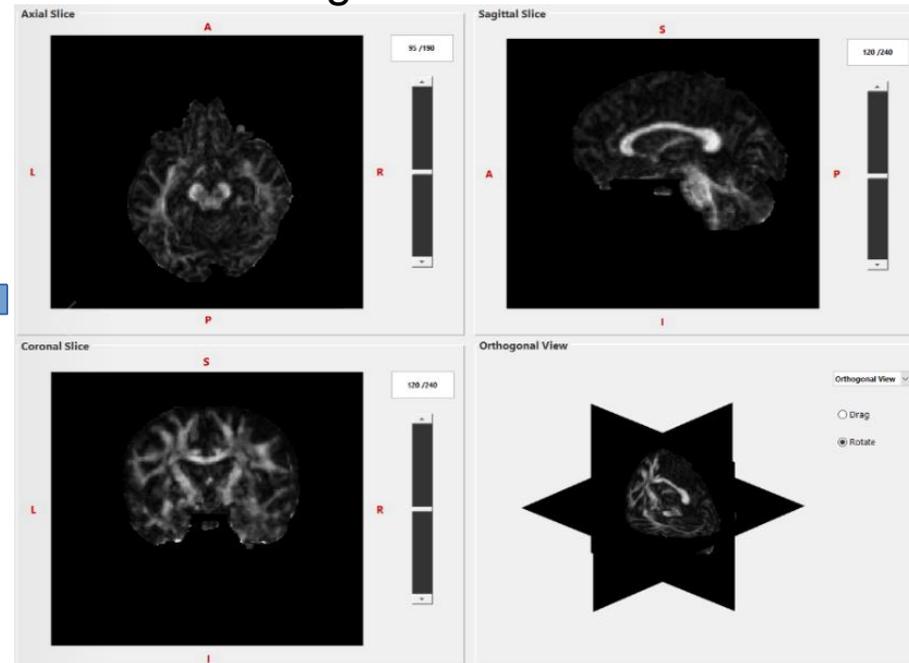
DATA FUSION 3D



MATLAB EXPO 2018

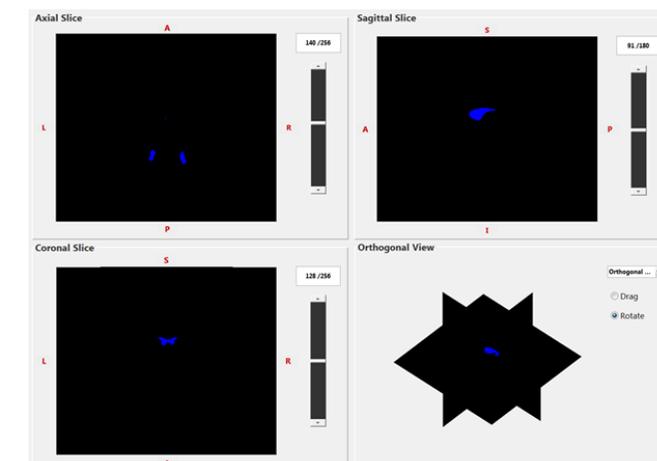
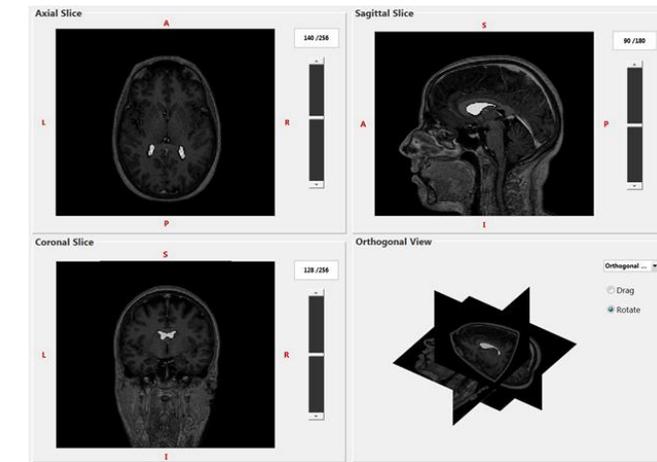
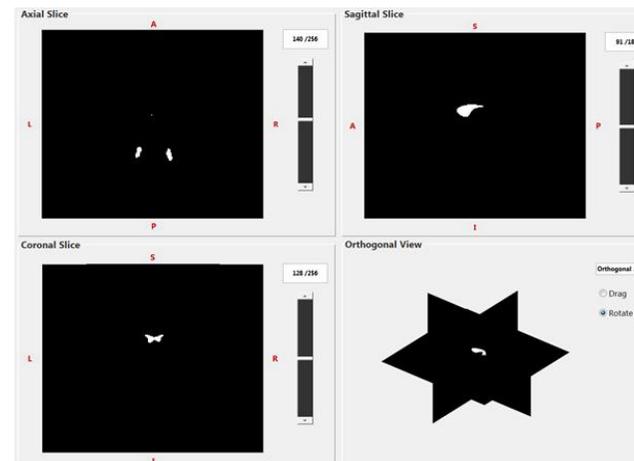
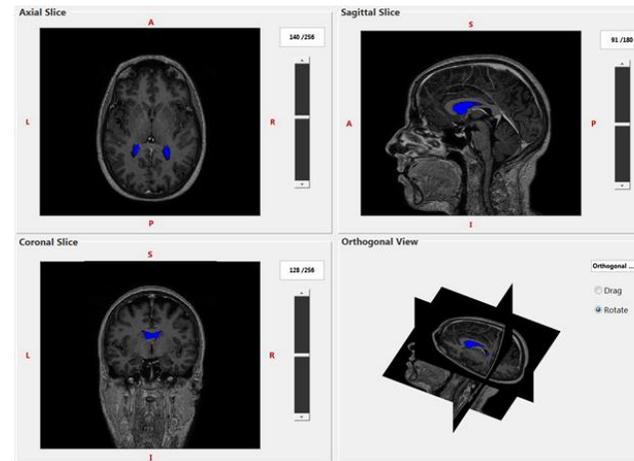
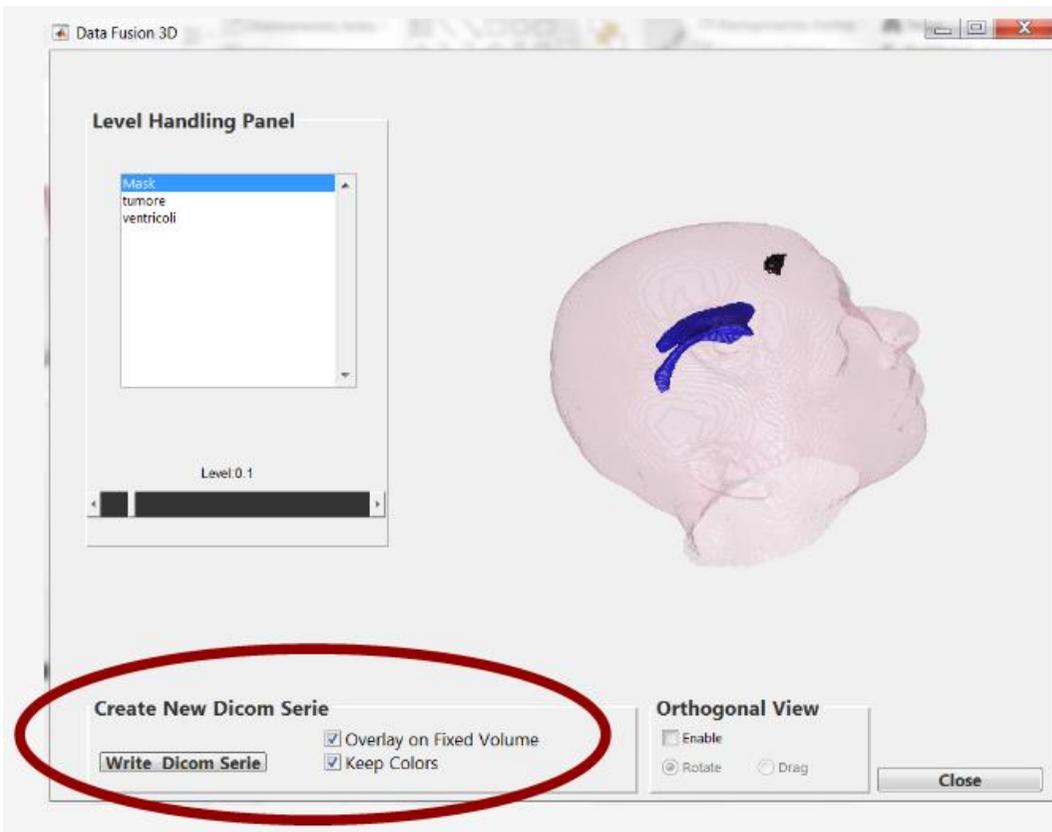


Algoritmo calcolo FA



SW Elaborazione Immagini: Creazione Nuova Serie Dicom (1/3)

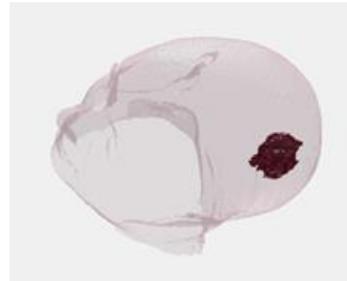
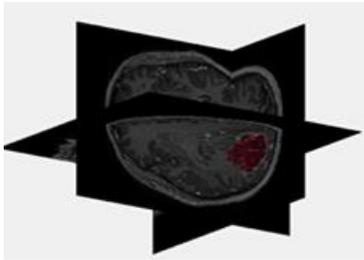
Creazione nuove serie Dicom compatibili con il neuronavigatore (sistema integrato di rendering)



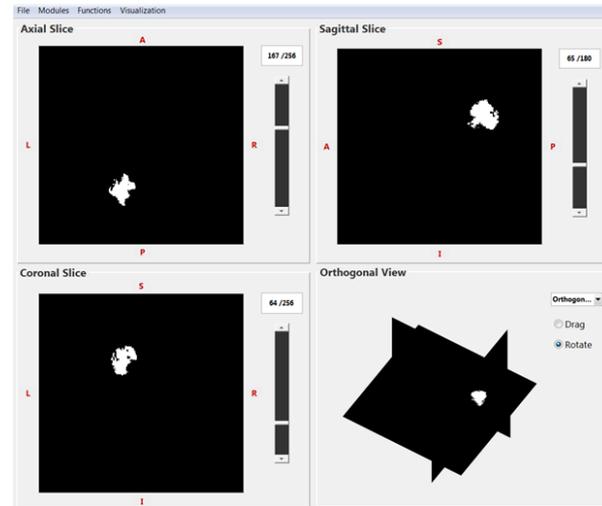
SW Elaborazione Immagini: Creazione Nuova Serie Dicom (2/3)

Esempio 1: Creazione nuova serie Dicom e loading su neuronavigatore Medtronic®

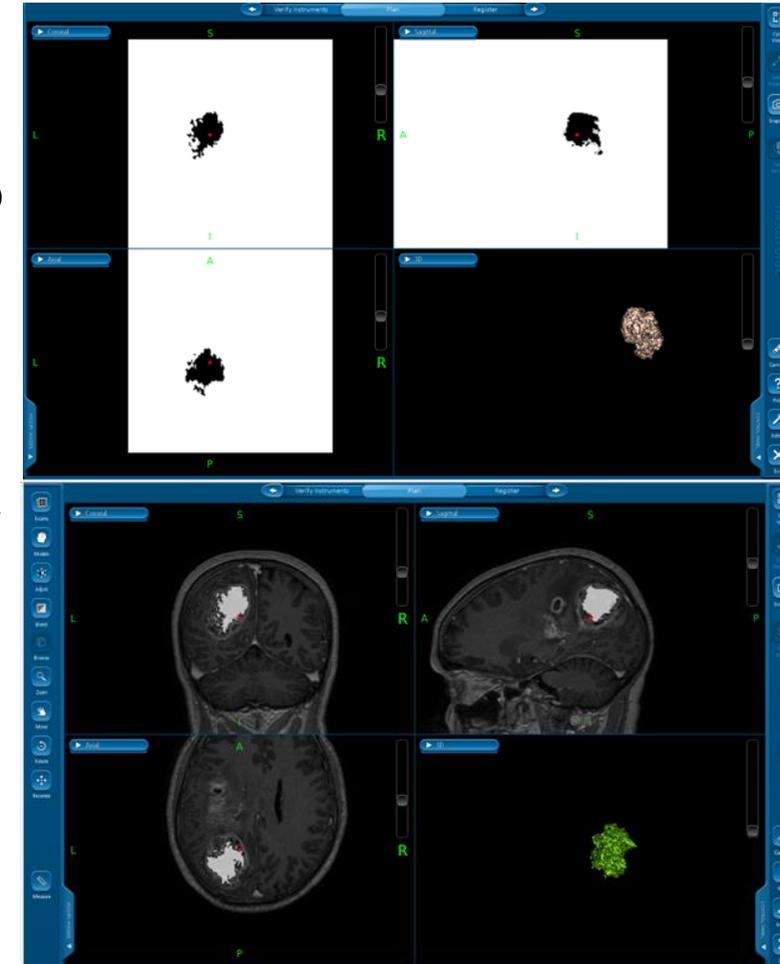
Data Fusion 3D su T1,
SW Sentech



Generazione
Serie Dicom
elaborata



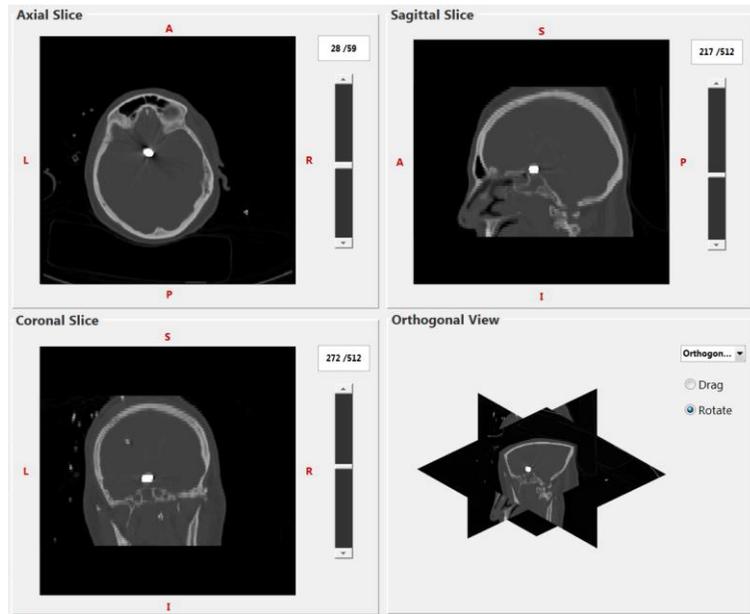
Caricamento
su
Medtronic®
Stealth
Station S7



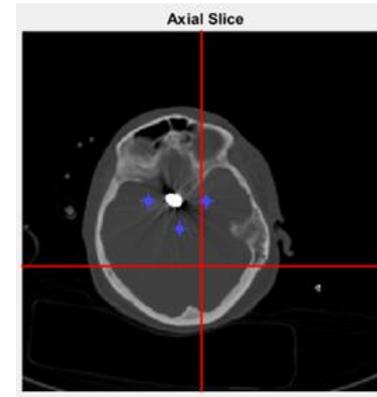
SW Elaborazione Immagini: Creazione Nuova Serie Dicom (3/3)

Esempio 2: Creazione nuova serie Dicom e loading su neuronavigatore Medtronic®

Generazione Serie Dicom elaborata



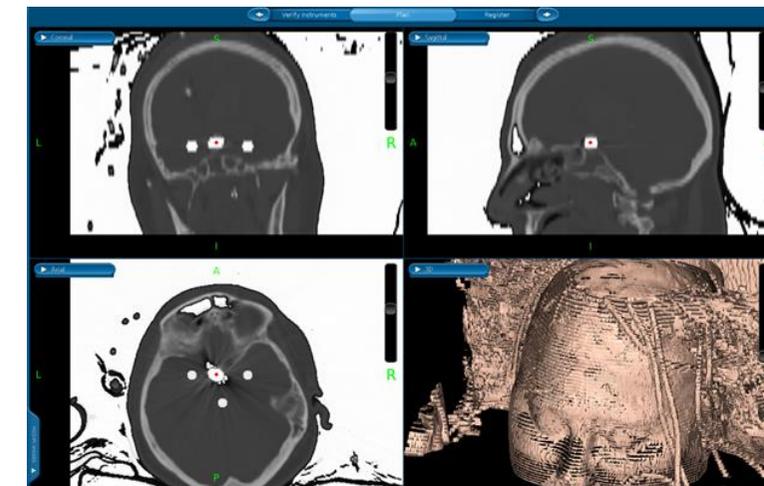
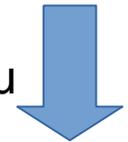
Measure Tool



Posizionamento marker

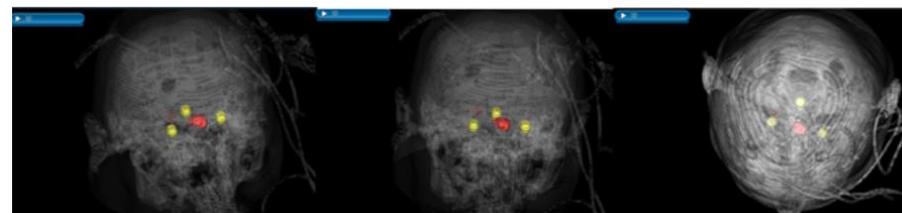


Caricamento su Medtronic®



SW Sentech

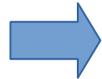
Neuronavigatore Medtronic® Stealth Station S7



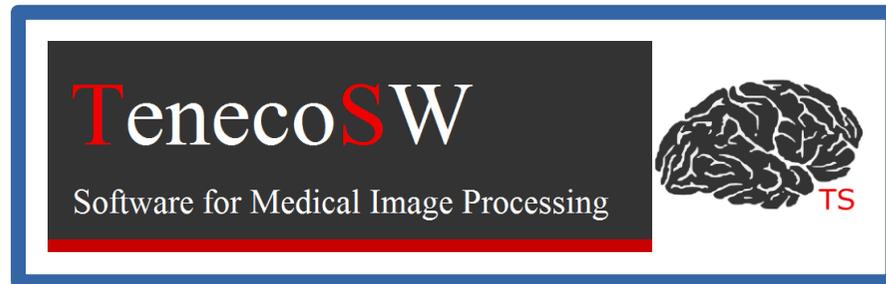
SW Elaborazione Immagini: Sistema Integrato di Rendering

Obiettivo Fase 1

CD Paziente



SW Sentech



Serie Dicom elaborate



Neuronavigatore



Te.Ne.Co.: Sviluppi Futuri

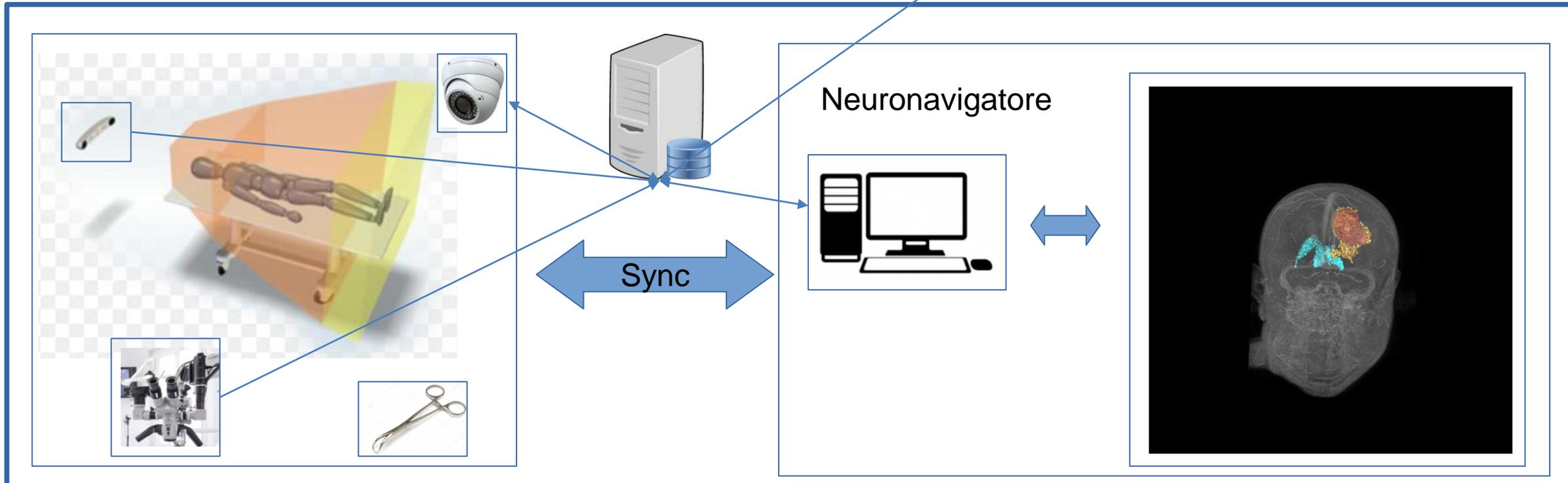
Fase 2

Implementazione di un neuronavigatore

Librerie C++ Vtk, Itk

Canale di comunicazione

HUB



Iniziative e Altri Progetti Scaturiti da Te.Ne.Co.

- La UOC di Neurochirurgia del San Camillo Forlanini ha presentato il Progetto al 65° Congresso Nazionale della Società Italiana di Neurochirurgia
- Tesi di Laurea Magistrale, Università Tor Vergata (DICII: Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ingegneria Informatica), “Sviluppo di un modello computazionale per la valutazione biomeccanica del brain-shift in trattamenti neurochirurgici cerebrali”
- Progetto Ricerca COBRAIN (in fase di valutazione presso Regione Lazio-Lazio Innova), “Metodi COmputazionali multiscala e multifisica per lo sviluppo di tecnologie integrate nella neurochirurgia del cervello in grado di risolvere il problema del BRAIN shift”, Università Tor Vergata (DICII)
- Progetto GCA(Gravi Cerebrolesioni Acquisite): ampliamento del SW sviluppato in MATLAB con nuove funzionalità (Atlas, Integrazione EEG)
- CRANIMA(“Impianti a base di compositi innovativi per applicazioni in CRANIoplastica: dall’elaborazione delle immagini tomografiche alla realizzazione del prototipo mediante Manifattura Additiva“): sviluppo del tool di ricostruzione e modellazione ossea.

SenTech

Systems and Energy Technologies



GRAZIE PER L'ATTENZIONE