



CORSO BASE DI RISONANZA MAGNETICA

**PROTOCOLLI NEURO: SCELTA DELLE
SEQUENZE E PARAMETRI DI STUDI**

Ermanno Notarianni



TC



PRONTO SOCCORSO →



Primo inquadramento diagnostico

- ☐ ampia disponibilità nei PS
- ☐ esame rapido
- ☐ non controindicazioni assolute

RISONANZA MAGNETICA

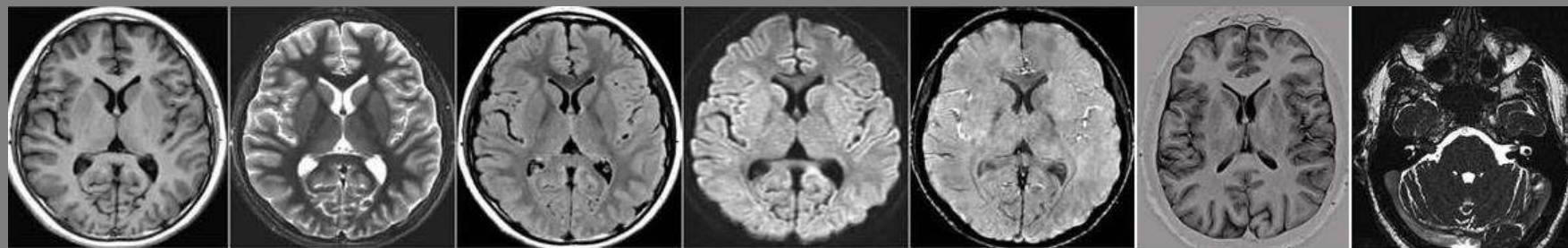
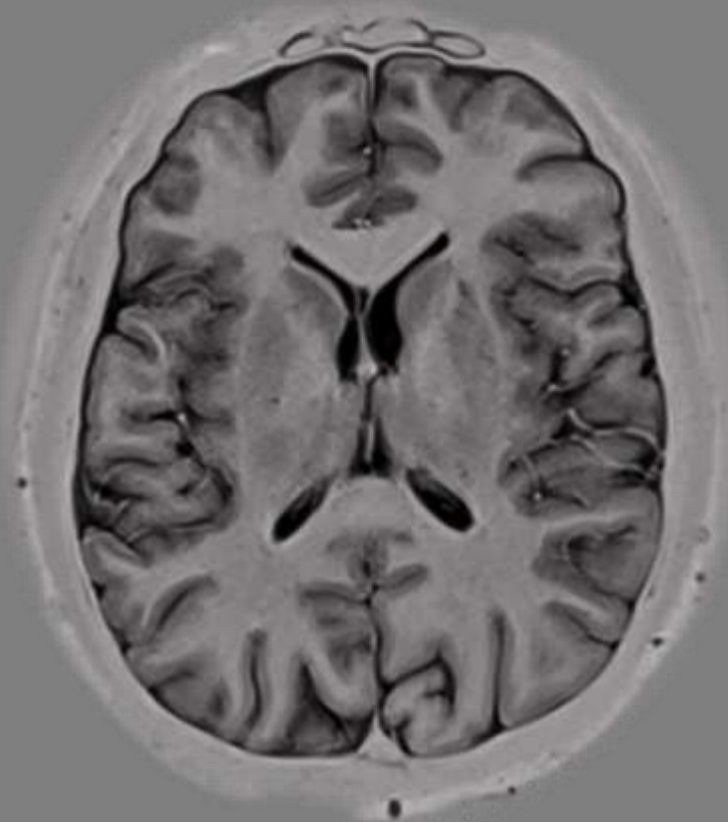
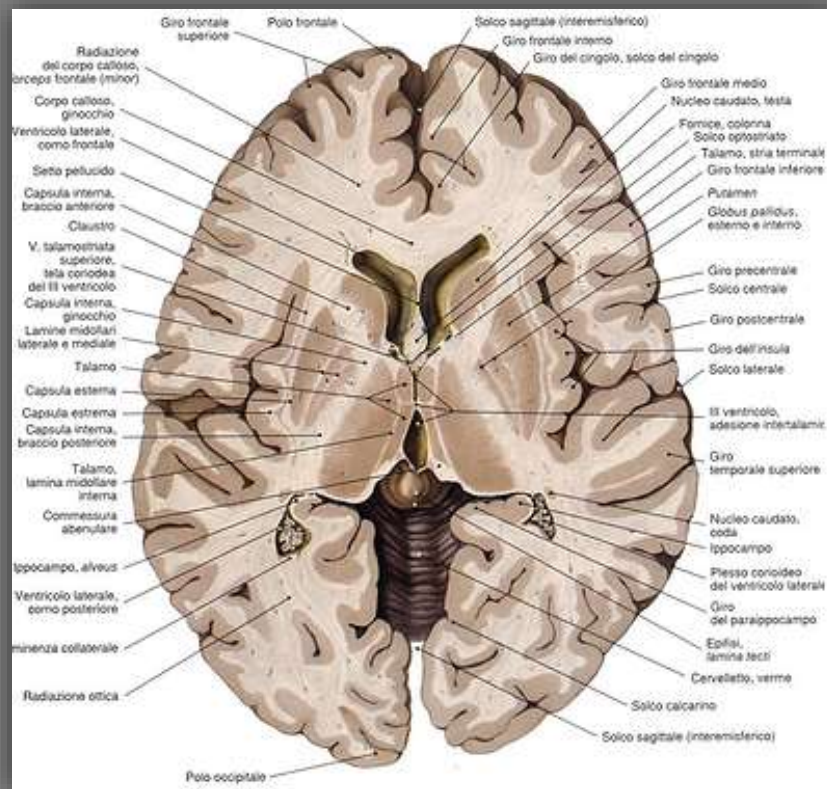
La risonanza magnetica è la modalità migliore per visualizzare i cambiamenti anatomici e può ulteriormente supportare la diagnosi con studi funzionali di II e III livello



La **risonanza magnetica dell'encefalo** è una metodica di diagnostica per immagini utilizzata per evidenziare **patologie di varia natura che coinvolgono il sistema nervoso centrale**

Tra le principali patologie possiamo annoverare **cefalee, deficit neurologici improvvisi (ictus), tumori primitivi e secondari, patologie neurodegenerative come demenze, sclerosi multipla e altre patologie di natura infettiva, tossica e metabolica come encefalite, meningite....**

Studio dei grandi vasi e delle malformazioni vascolari come **aneurismi e malformazioni artero-venose (MAV)**



T1

T2

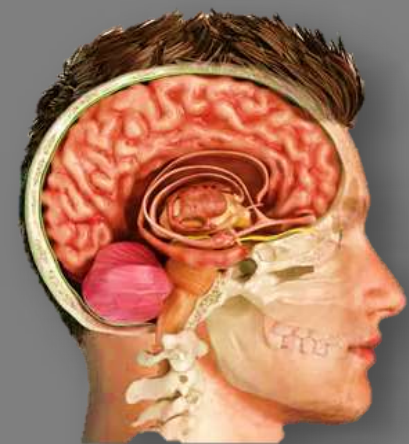
FLAIR

DWI

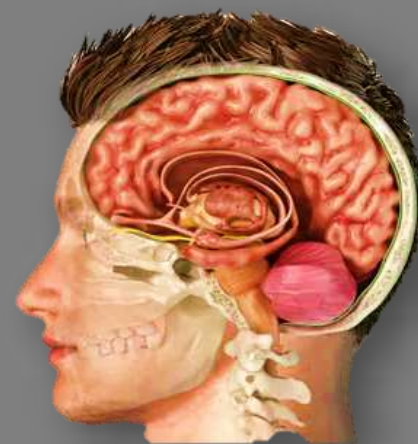
SWI

IR

CISS



L'ESAME RM NON È STANDARDIZZABILE..



Il TSRM per poter scegliere il protocollo d'esame RM appropriato, impostare e/o modificare i parametri tecnici estrinseci ed ottenere delle immagini subottimali, **deve conoscere l'anatomia umana !!!**

ENCEFALO

- L'encefalo è costituito da:

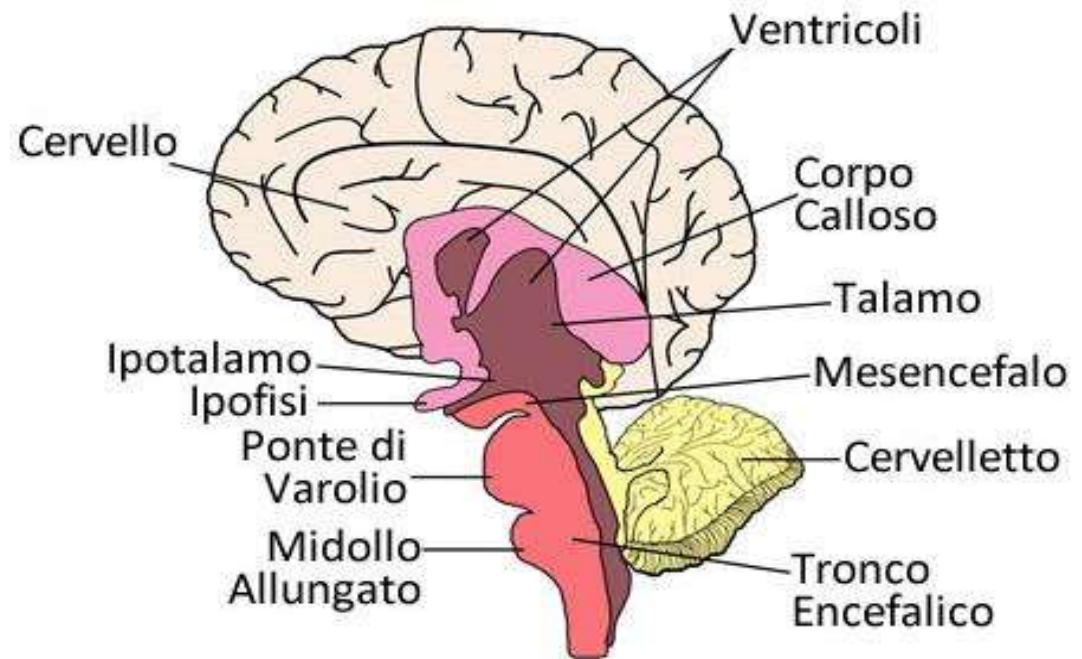
- **Tronco encefalico**

- Bulbo
- Ponte
- mesencefalo

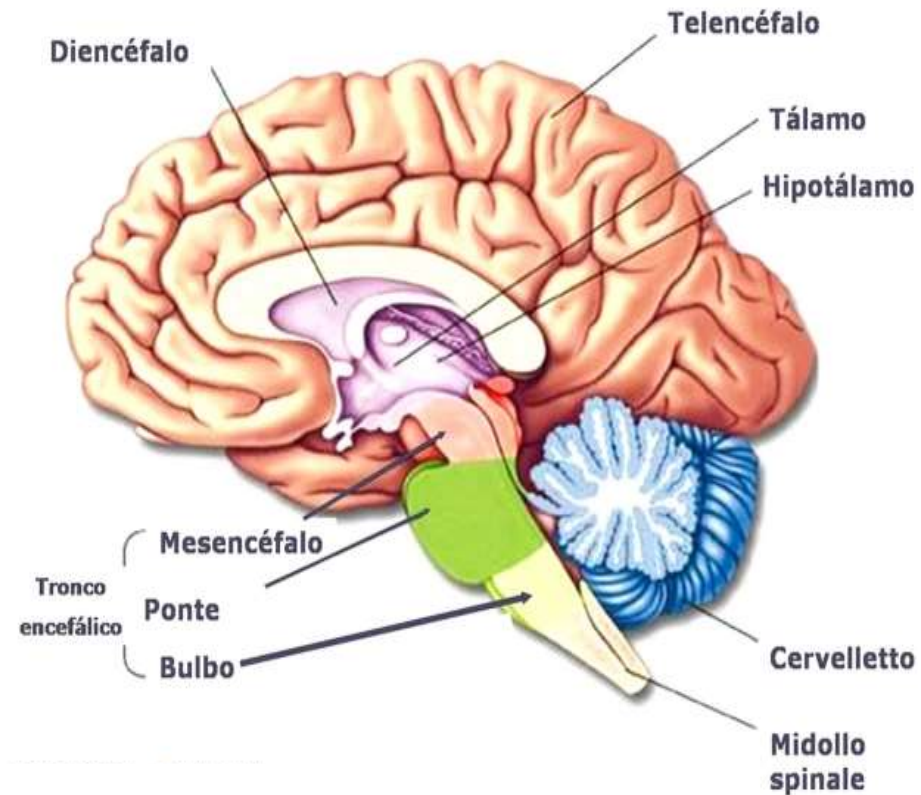
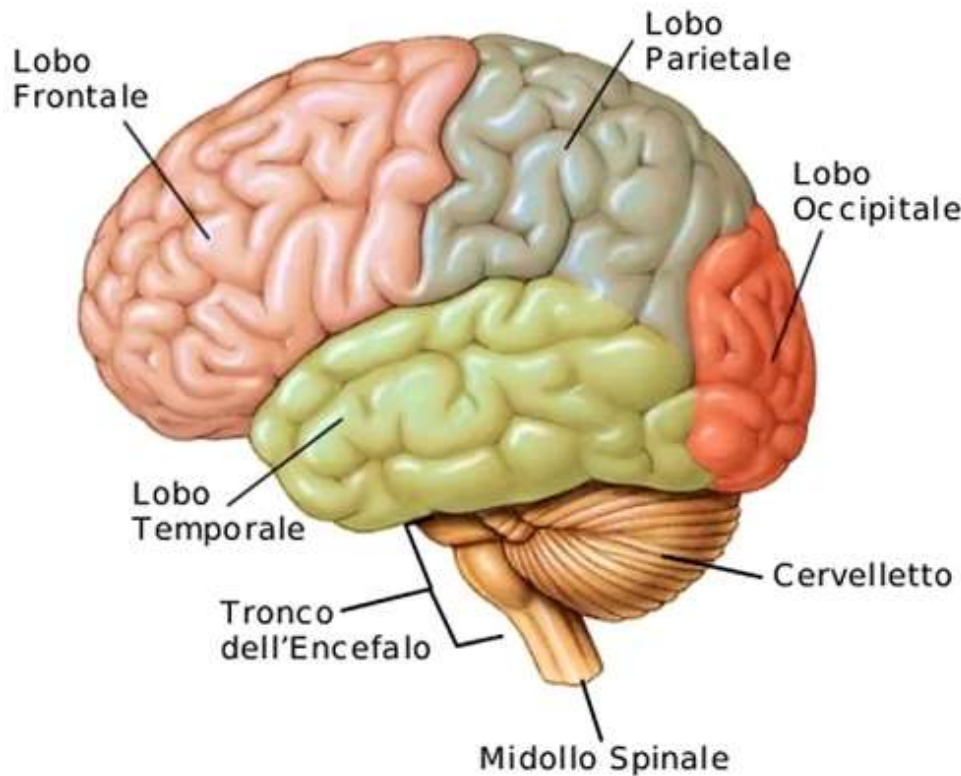
- **cervelletto**

- **cervello**

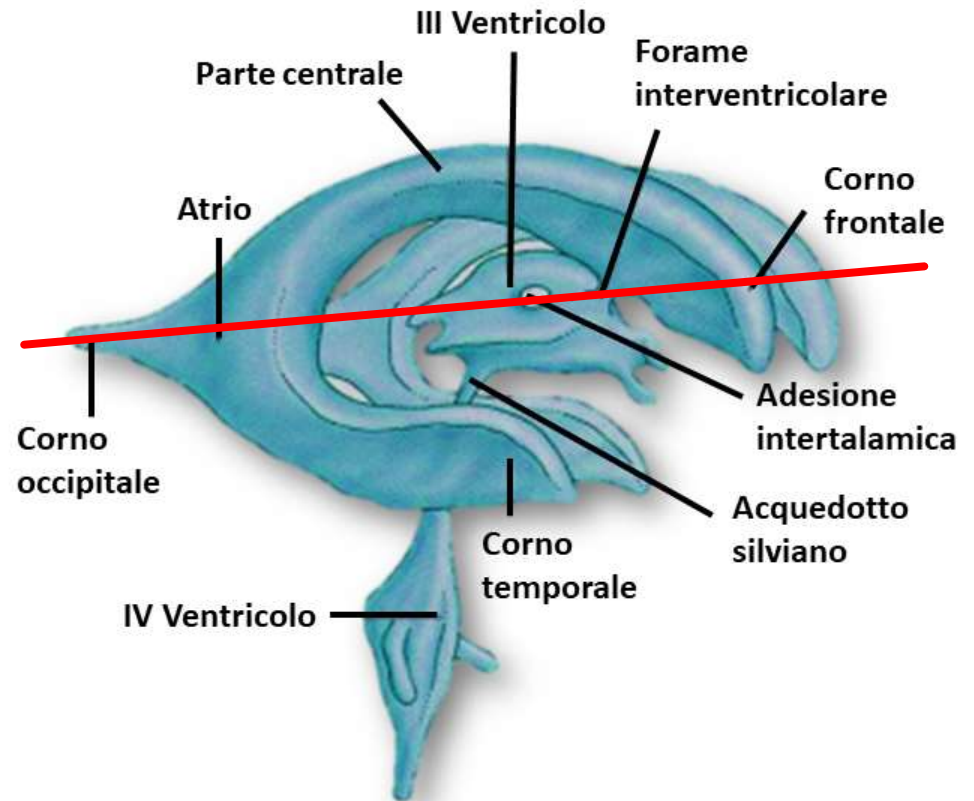
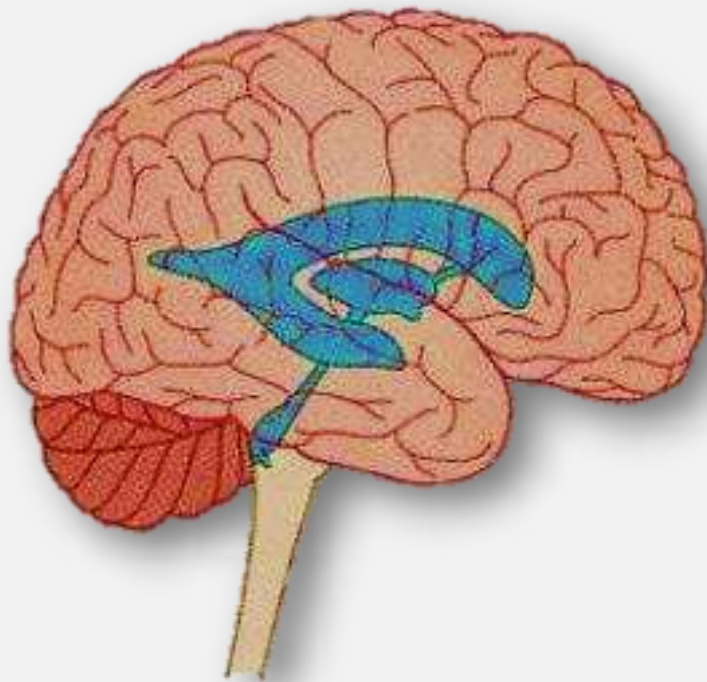
- Diencefalo
 - (epi), (meta) ipotalamo
 - talamo
- Telencefalo
 - Nuclei della base
 - Corteccia cerebrale
 - Centro semiovale



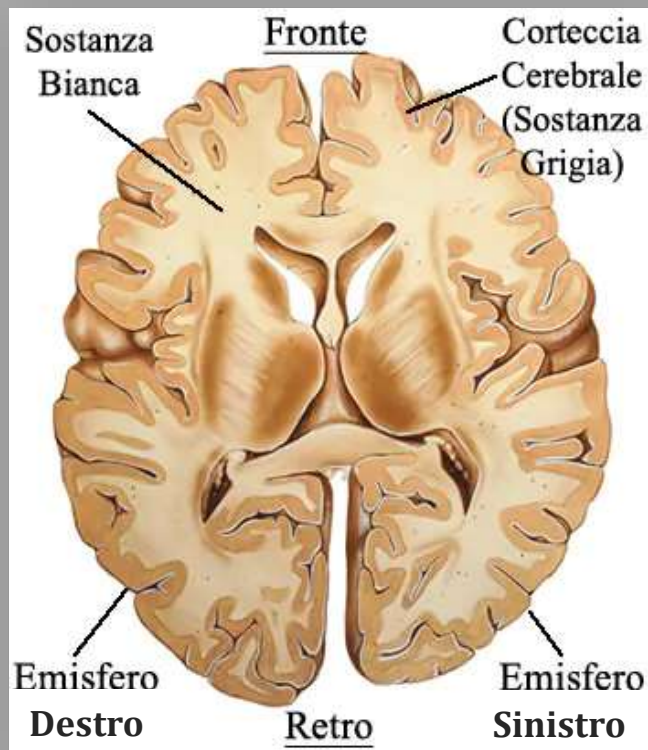
ENCEFALO



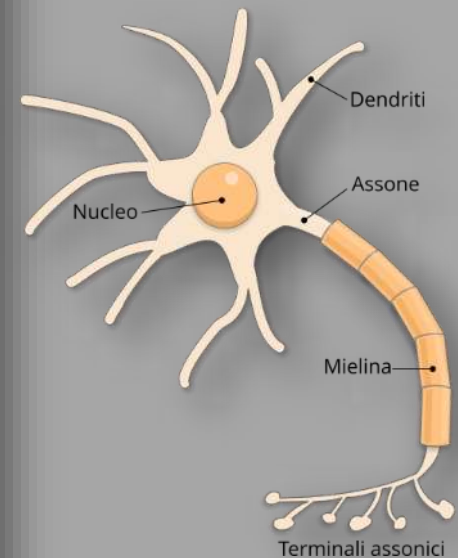
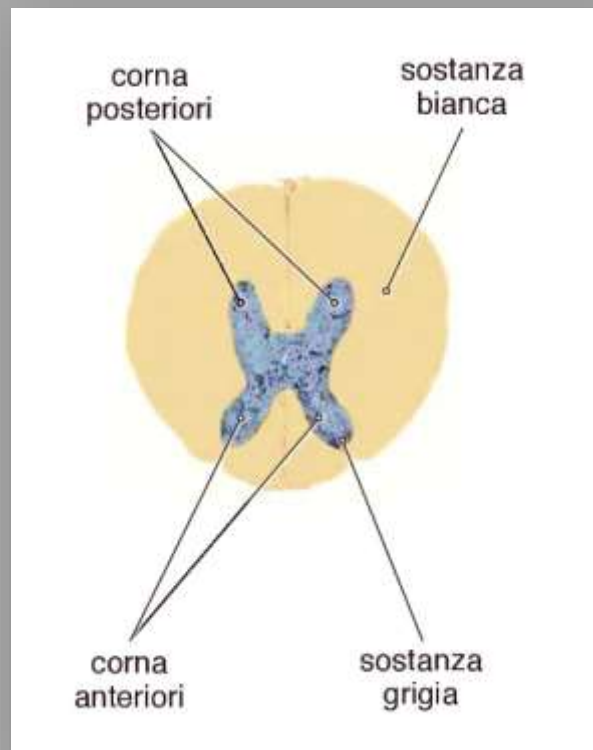
Il sistema ventricolare



ENCEFALO



MIDOLLO SPINALE



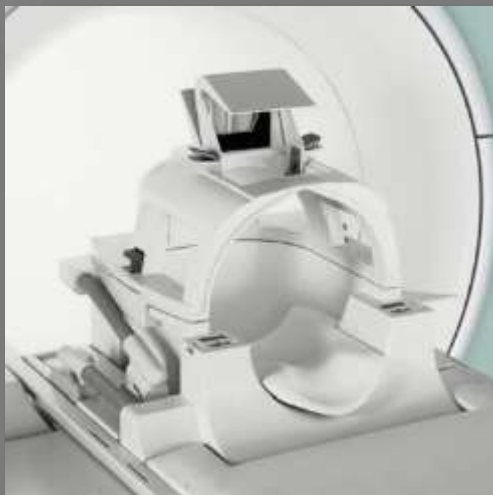
La **sostanza grigia** include i nuclei dei neuroni, i dendriti e le fibre nervose non mielinizzate.

La **sostanza bianca** è costituita da fibre mieliniche, ovvero ricoperte da mielina una sostanza isolante fatta di lipidi e proteine, dal tipico colore biancastro

NEL POSIZIONARE IL PAZIENTE, RASSICURATE IL PAZIENTE!!



BOBINE



Per ciascun tipo di bobina esistono molte varianti paragonabili ai diversi tipi di lente di una macchina fotografica

**Testa-collo 8-64 canali
utilizzabili in combinazione
con Body 18
Spine 32**



HAR

AFR

AFR

Exam

Viewing

Filming

3D

Neuro 3D

BOLD

TA: 4.32 PM: Fdx PAT: Off Voxel size: 0.9x0.9x4.0 mm Rel. SNR: 1.00 :tirB

Guidance **Parameters**

Slices are aligned by **AutoAlign** at the level of the corpus callosum and along a line through the genu (anterior) and the splenium (posterior).
Note that if you change slice positions manually, it might be impossible to reproduce these exact slice positions for subsequent protocols and follow-up examinations.

Dot

1 AAHScout

2 t1_blade_sag_dark-fluid

3 t2_blade_tra_p2

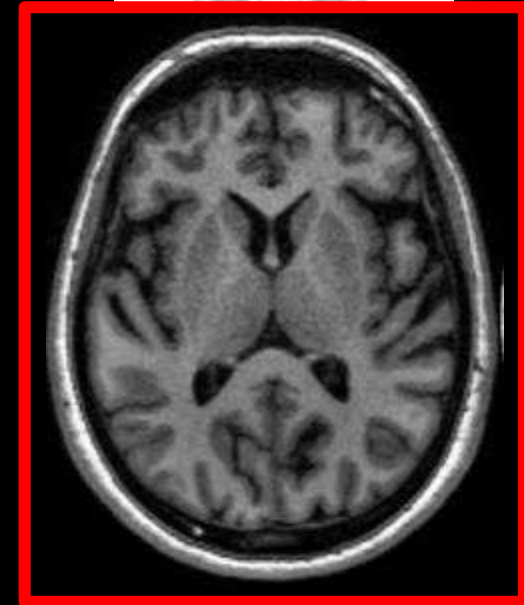
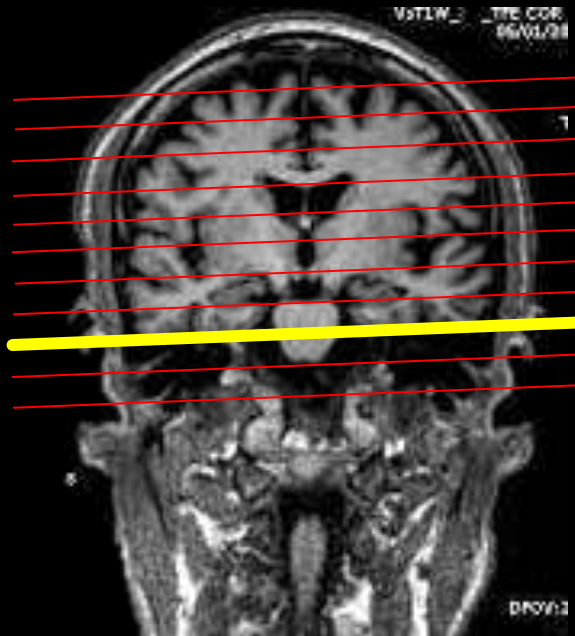
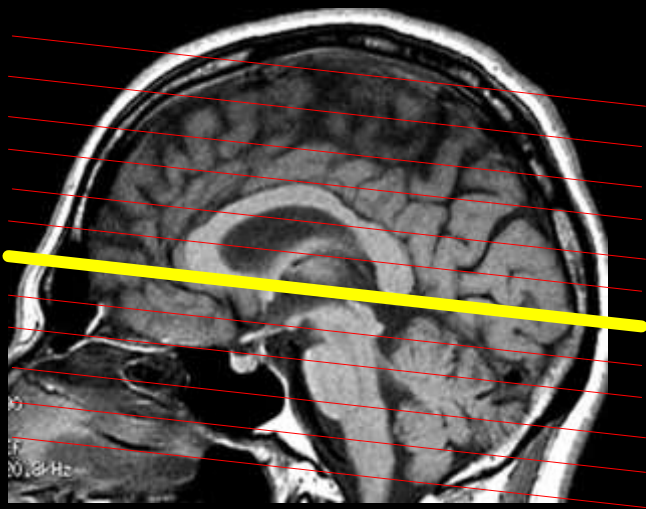
4 t2_blade_tra_dark-fluid

5 ep2d_diff_3scan_trace_p2

6 t1_blade_tra_dark-fluid

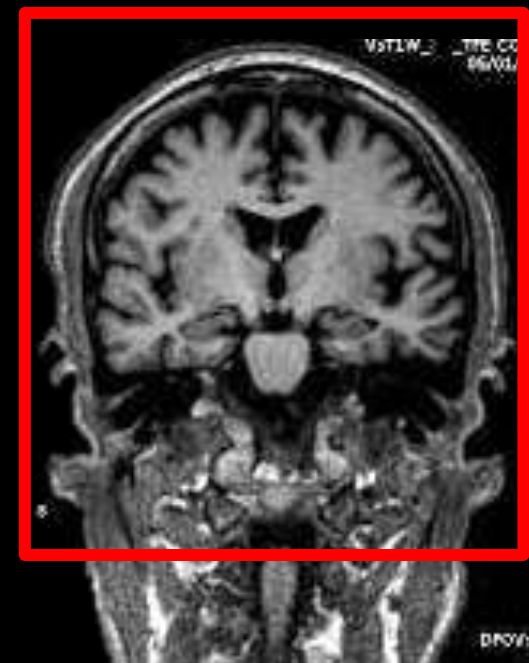
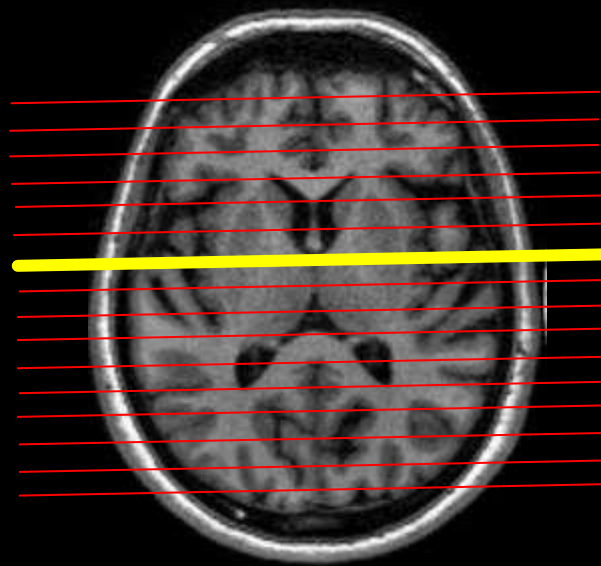
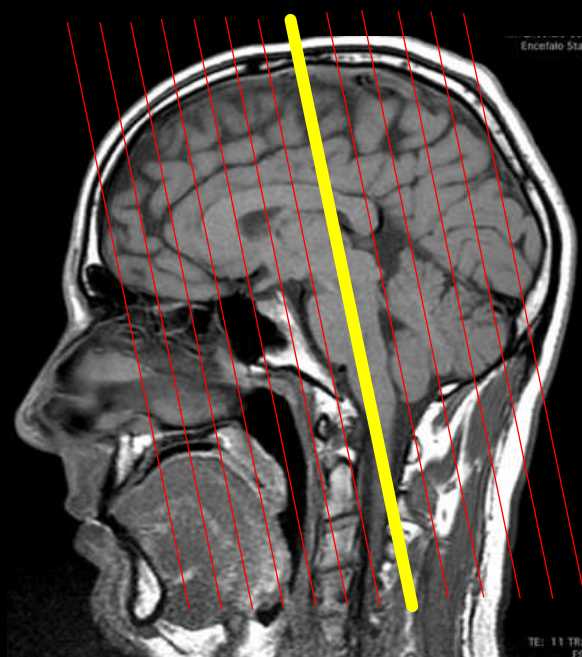
Σ 00:00

ORIENTAMENTO PIANI ASSIALI

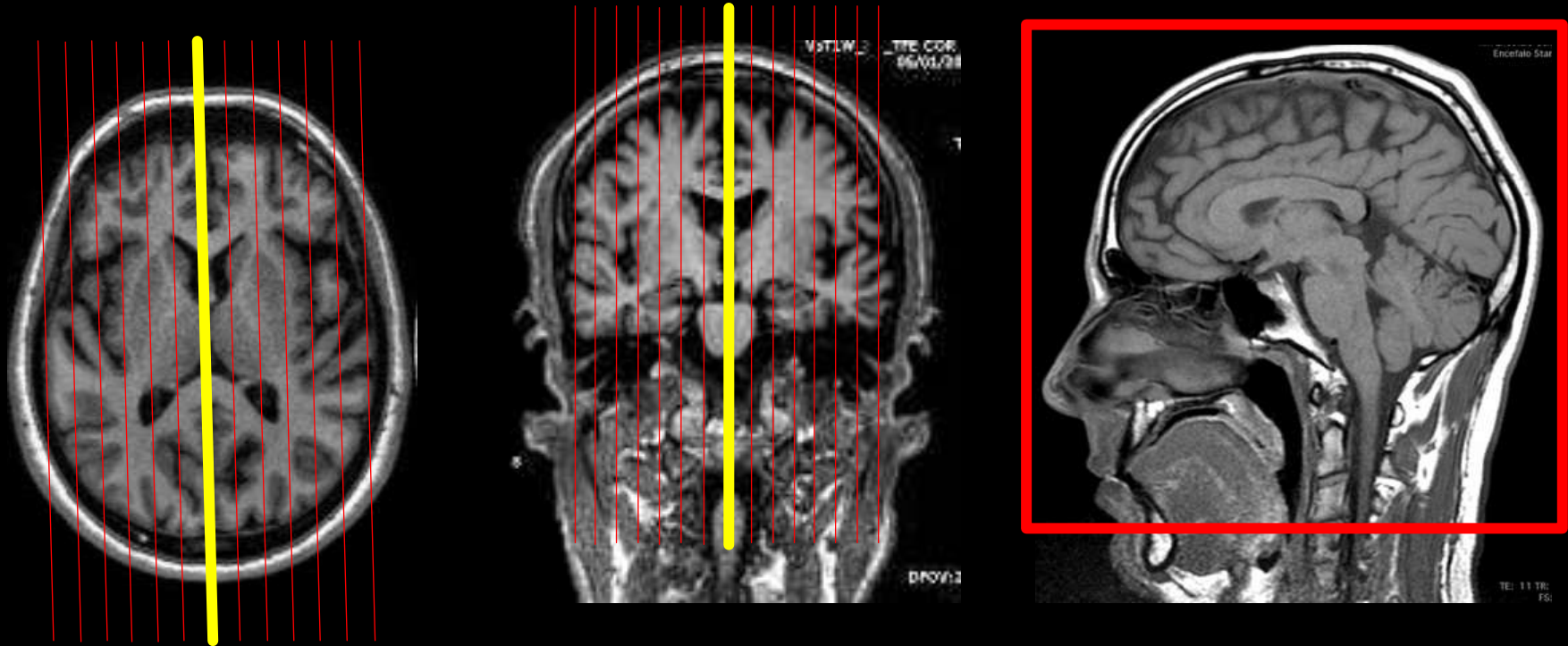


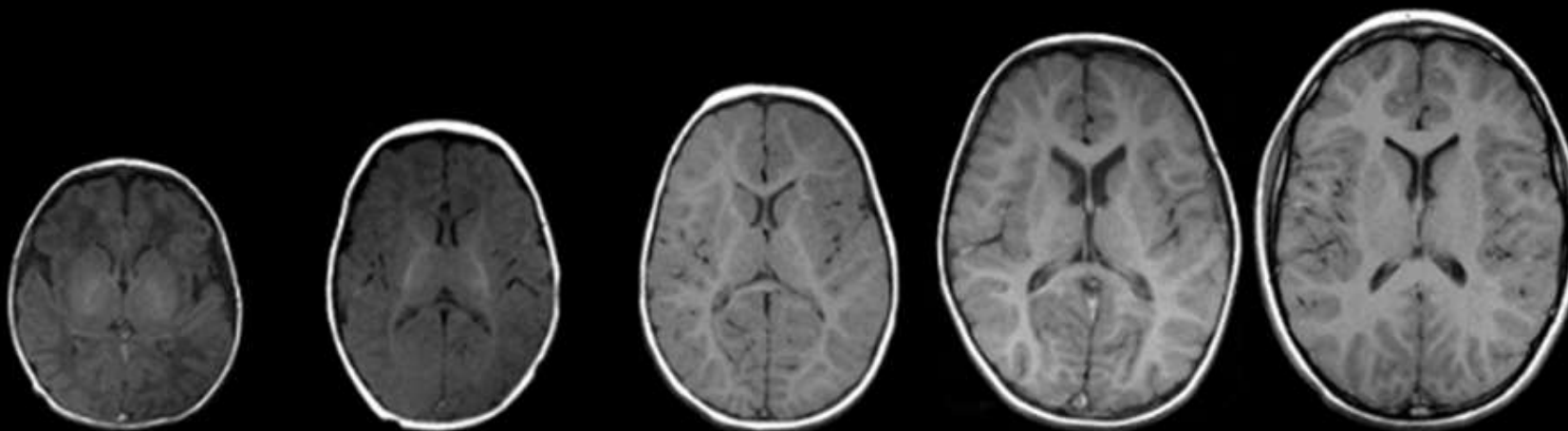
LINEA BICOMMESSURALE
DI TALAIRACH

ORIENTAMENTO PIANI CORONALI



ORIENTAMENTO PIANI SAGITTALI





1 settimana

3 mesi

1 anno

2 anni

10 anni

FOV  160 - 280 mm

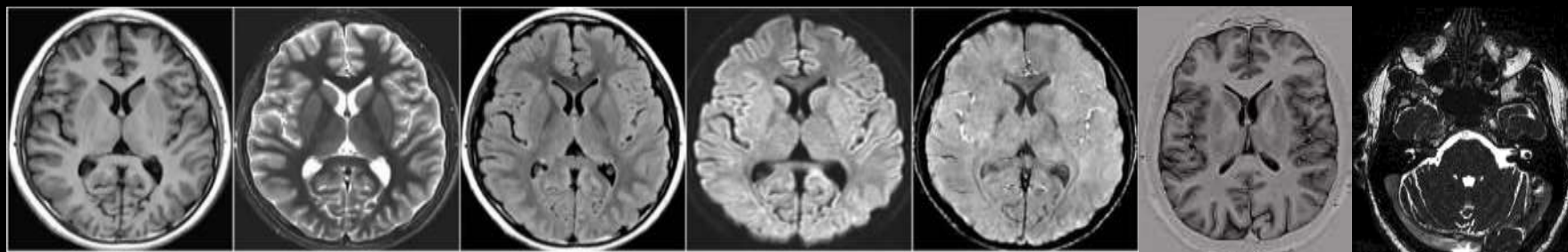
dimensione del campo di vista nel senso della fase delle immagini nel senso della fase

Protocollo RM encefalo di base

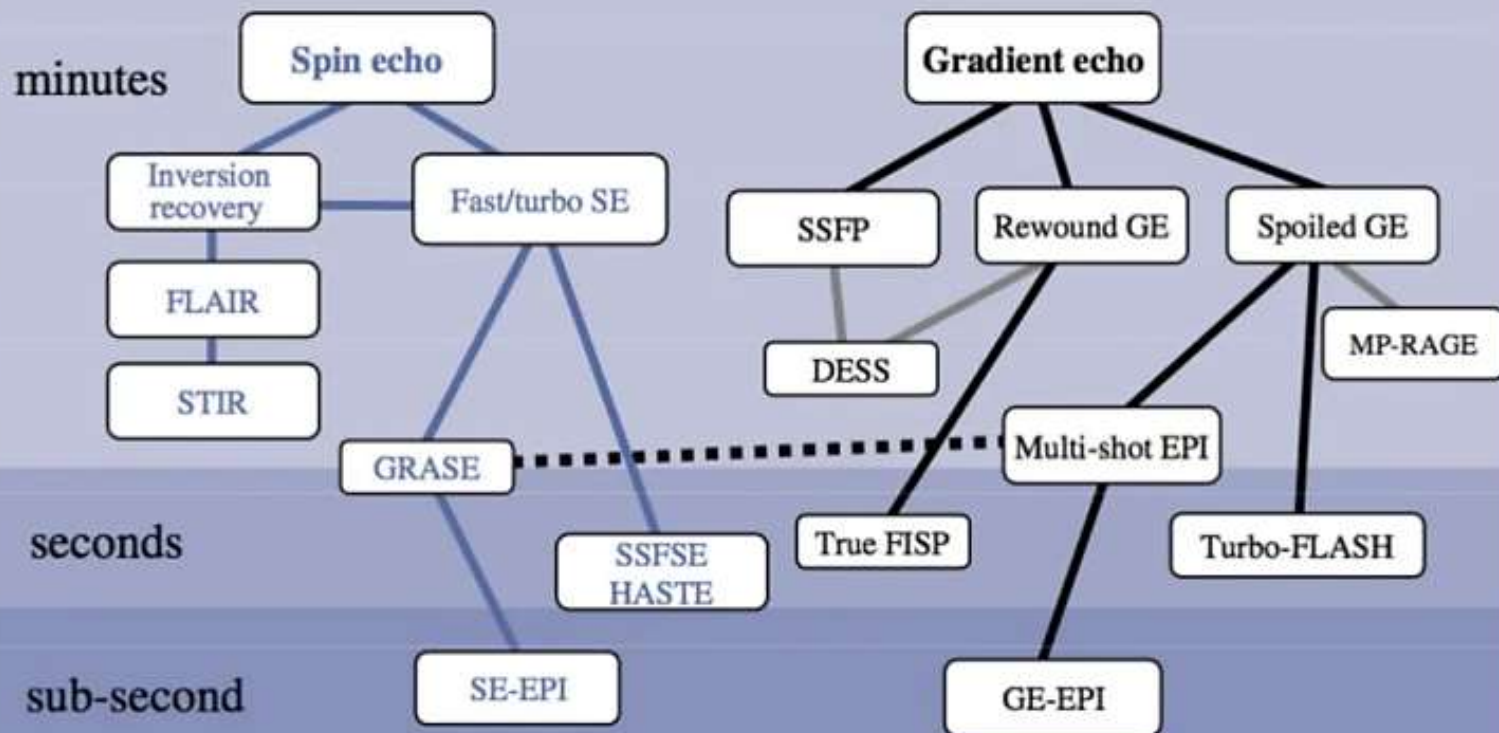
- Sequenza TSE T2 pesata (assiale-coronale...)
- Sequenza FLAIR (assiale...)
- Sequenza SE T1 pesata (assiale-sagittale...)
- Sequenza DWI (assiale)

Opzionali

- Sequenza SE T1 pesata post contrasto (assiale... 3d)
- Sequenza GRE T2 pesata
- Sequenza T2* 3d (SWI)
- Sequenze IR T1 pesate
- Sequenza T2 CISS 3d, True FISP, FIESTA 3d...
- Sequenza TOF 3d - 2d
- Sequenze Phase – Contrast 2d-3d
- Protocolli avanzati (PWI,DTI, SpettroRM, BOLD,.....)



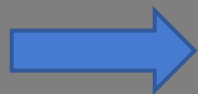
Protocolli di studio - sequenze



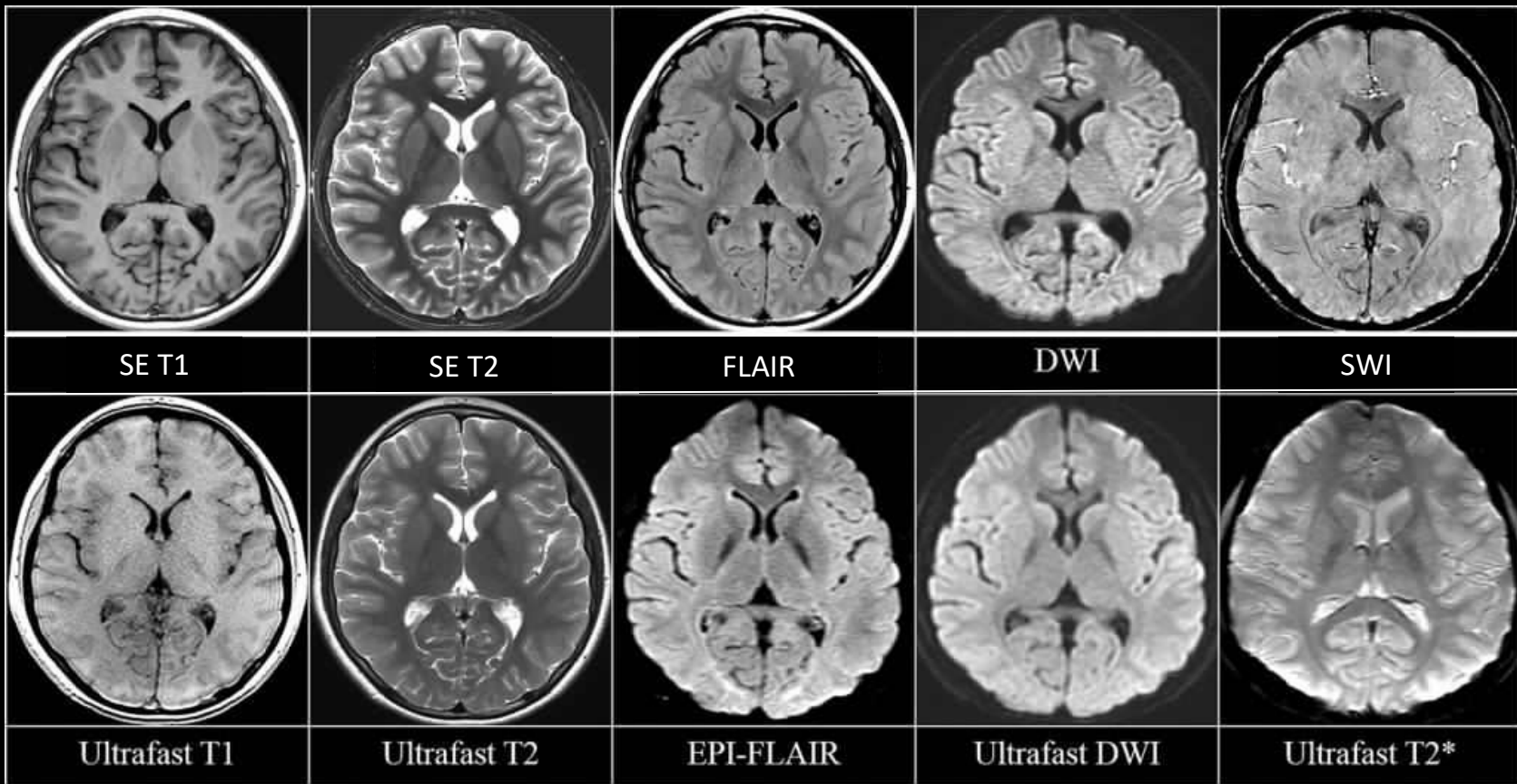
I molti parametri che influiscono sul segnale RM consentono elevata risoluzione di contrasto e **discriminazione delle diverse componenti tissutali** quali **liquidi, grasso, sangue, parenchimi, flusso ed osso**.

E' dunque possibile ottenere rappresentazioni di elevato dettaglio anatomico e quindi evidenziare eventuali alterazioni patologiche, definendole volumetricamente e proponendo talvolta **caratterizzazioni** di riconoscimento **degli elementi costitutivi fondamentali**.

Integrando questi dati **con gli aspetti più propriamente morfologici** (studio della forma, delle dimensioni, dei margini e dei rapporti della lesione con le strutture vicine), può essere possibile giungere ad una semeiotica RM in grado di **riconoscere lesioni liquide e neoformazione solide, lesioni flogistiche e vascolari, alterazioni parenchimali diffuse di tipo degenerativo o infiltrativo**.



Intensità di segnale



SEMEIOTICA ASPECIFICA

T1

NERO



**Corticale ossea
Aria**

IPO ++



**Tessuto
fibrolegamentoso**

IPO



Liquidi

ISO



**Parenchimi
Pareti organi cavi**

IPER



**Prodotti
proteinacei**

IPER +



**Grasso, MetaHB
Mdc paramagnetico**

T2

NERO



**Corticale ossea
Aria**

IPO ++



**Tessuto
fibrolegamentoso**

IPO



**Muscoli, parenchimi
solidi ipercelullari**

ISO



**Parenchimi
ricchi di acqua**

IPER



**Grasso, proteine,
ossi HB, meta HB**

IPER +



Liquidi



SEMEIOTICA DEL SEGNALE RM

Iperintenso: bianco saturo

Discretamente iperintenso: grigio molto chiaro

Lievemente iperintenso: grigio chiaro

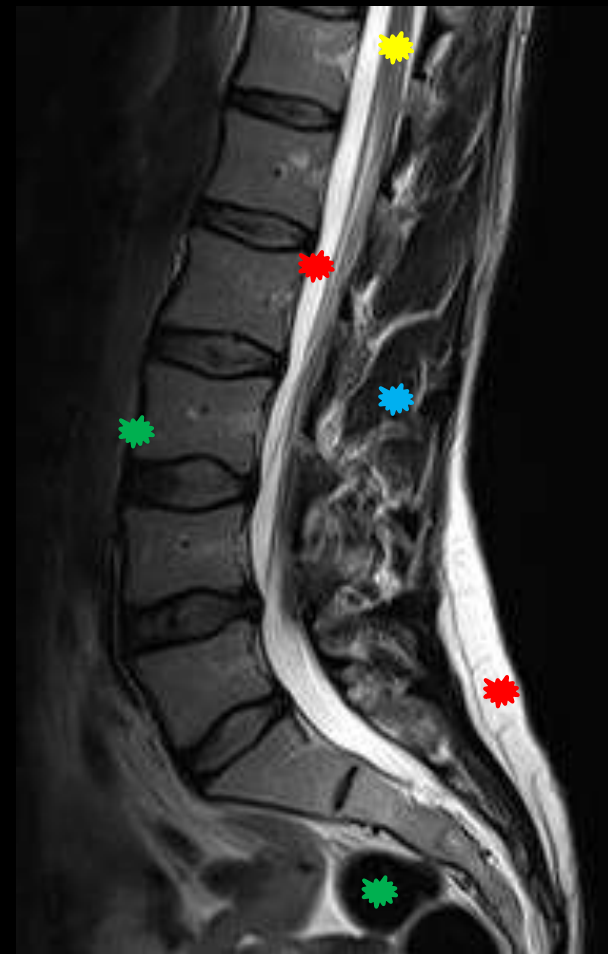
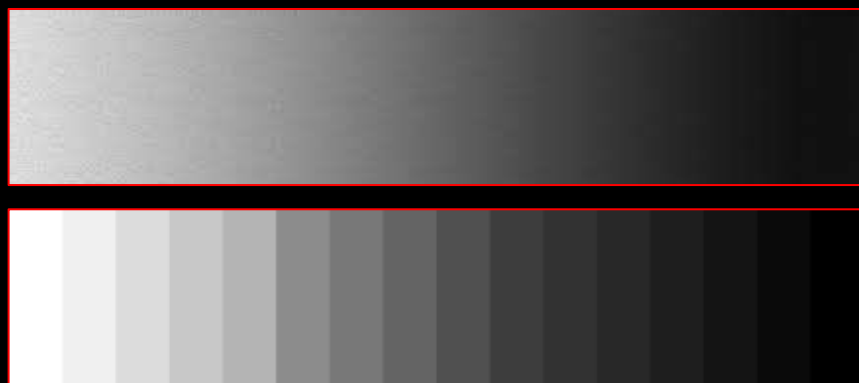
Isointenso: grigio medio

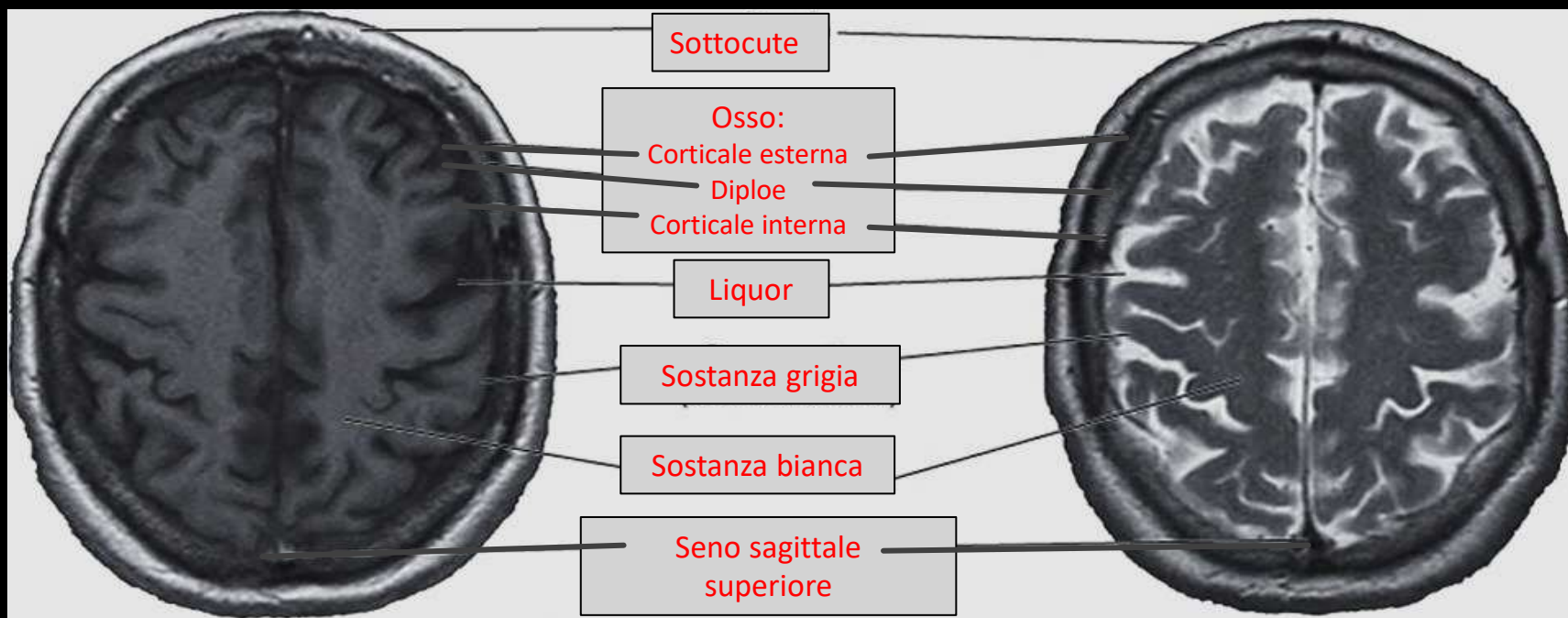
Lievemente ipointenso: grigio

Ipointenso: grigio scuro

Marcatamente ipointenso: grigio molto scuro

Assenza di segnale: nero





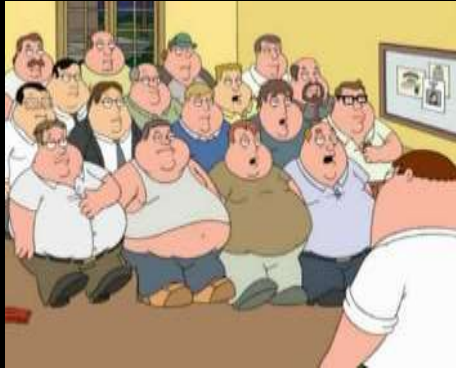
T1: la sostanza bianca è più chiara della grigia ed il liquor risulta scuro

T2: la sostanza bianca è più scura della grigia ed il liquor risulta chiaro

In entrambe le sequenze l'aria e l'osso risultano scure perché a scarso contenuto di atomi di idrogeno

LE TRE GRANDI FAMIGLIE DI SEQUENZE

Spin Eco



Inversion Recovery

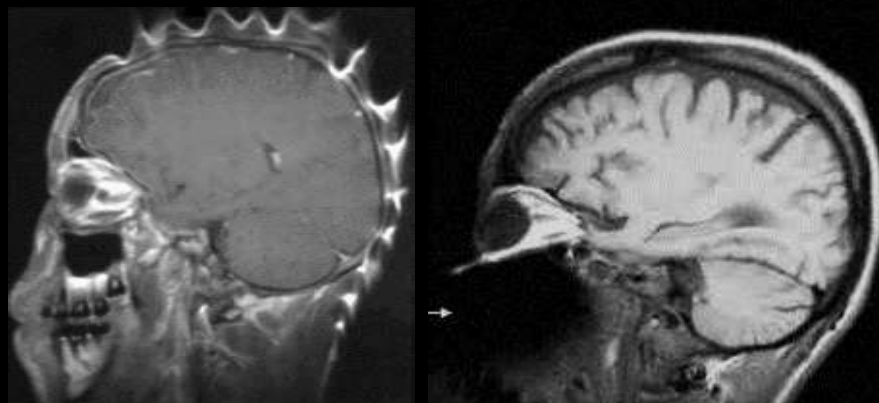
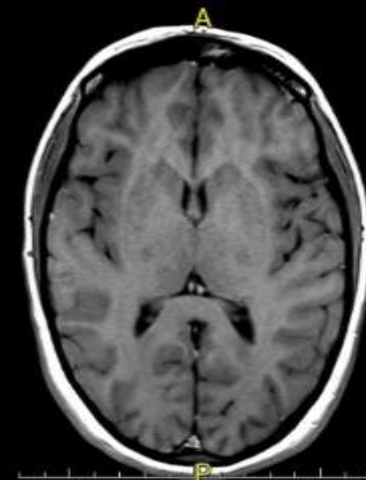


Gradient Eco



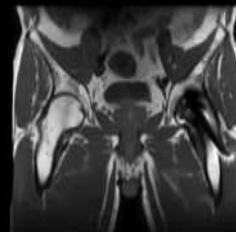
PUNTI DI FORZA DELLE SPIN ECO (SE)

- Elevato dettaglio anatomico
- Poco sensibili alle disomogeneità del campo magnetico
- Poco sensibili alle disomogeneità locali
- Possibilità di ottenere pesature T1 e T2
- Tempi limitati
- Elevato numero di fette
- Buona sensibilità ai prodotti ematici (meta-HB)

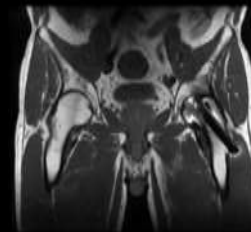


Metal Artifact Suppression

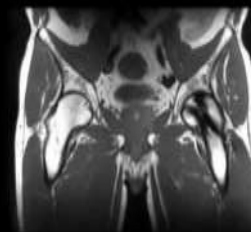
T1 Fast Spin Echo (FSE)



T1 FSE with MARS



T1 FSE with SEMAC



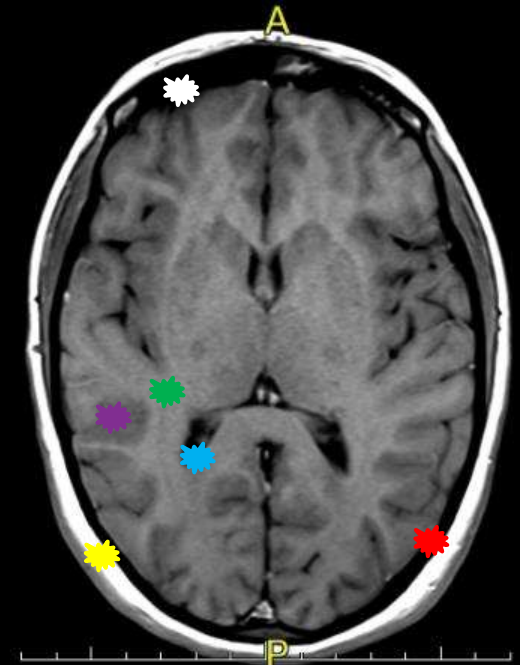
metal artifact reduction sequence (**MARS**)



SEMEIOTICA DEL SEGNALE RM SE T1

Osso corticale:	nero
Grasso:	iperintenso
Liquido:	ipointenso
Aria:	nero
Sost. Grigia:	isointensa
Sost. Bianca:	isointensa ↑↑

Elevato dettaglio anatomico
Sequenze relativamente rapide
Scarsa risoluzione contrastografica nel riconoscimento delle lesioni solide parenchimali
Elevato contrasto per tessuti con T1 corto (grasso, metaHB, Gd, melanina, contenuto proteinaceo)



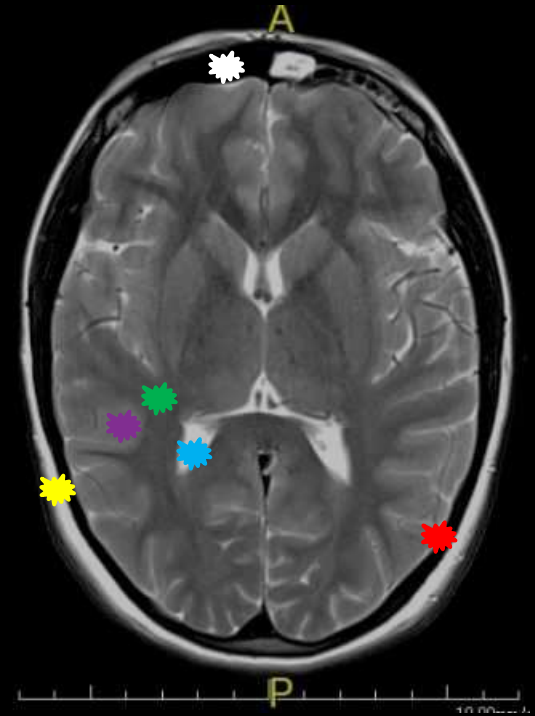
TR 400-800 ms
TE 8-18 ms



SEMEIOTICA DEL SEGNALE RM SE T2

Osso corticale:	nero
Grasso:	iperintenso ↓
Liquido:	iperintenso
Aria:	nero
Sost. Grigia:	isointensa ↑↑
Sost. Bianca:	isointensa ↓↓

Elevato contrasto tissutale
IdroRM
Diffusione
Perfusione
Angio senza mdc
Tempi di acquisizione molto lunghi.....
TSE, FSE, TSE ultrarapide (HASTE, SSFSE...)



TR 2000-6000 ms
TE 80-140 ms



APPLICAZIONI CLINICHE DELLA PESATURA T1

- Studio complementare alla pesatura T2
- Studio delle strutture a contenuto adiposo
- Sequenze dopo mezzo di contrasto
- Studi dinamici dell'enhancement
- Sequenze Angio-RM con mdc

APPLICAZIONI CLINICHE DELLA PESATURA T2

- Studio complementare alla pesatura T1
- Sequenze di Diffusione
- Sequenze di Perfusione
- Studi idroRM
(mieloRM,colangioRM,uroRM)
- Studi Angio senza mdc

SEMEIOTICA DEL SEGNALE RM FLAIR

(Fluid Attenuation Inversion Recovery)

Osso corticale: nero

Osso spongioso: iper↑

Grasso: iperintenso ↓

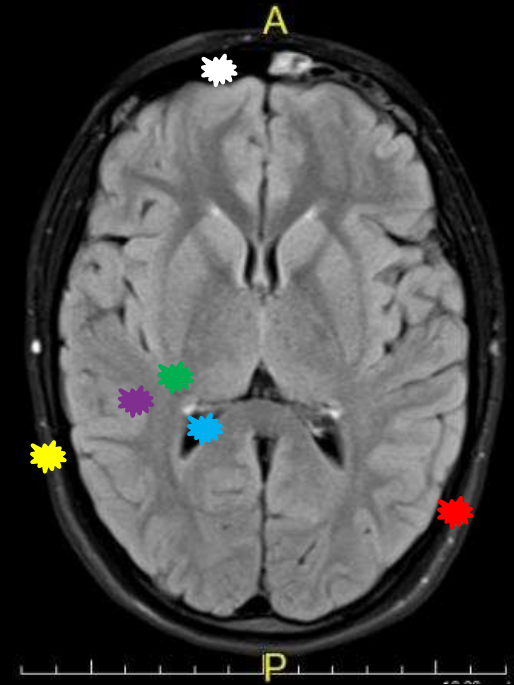
Liquido: ipointenso ↑↑

Aria: nero

Sost. Grigia: isointensa ↑

Sost. Bianca: isointensa ↓

Annula il segnale dei liquidi
Molto sensibile ad edema e sangue
Artefatti da pulsazione liquorale nelle
cisterne sottotensoriali



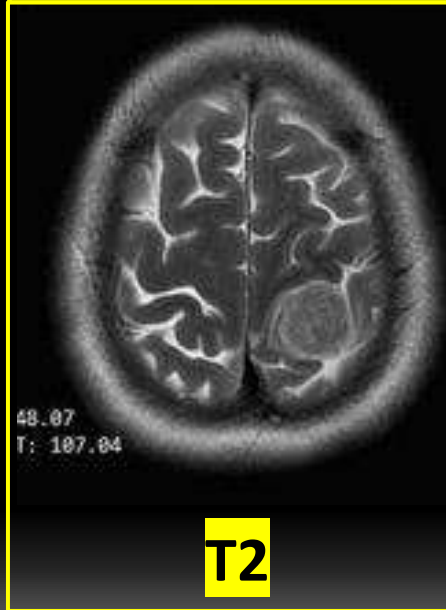
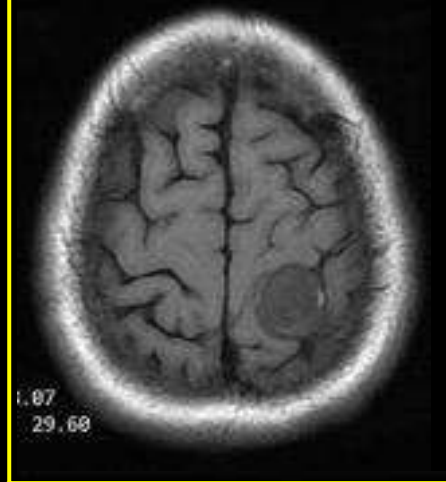
TR 6000-10000 ms

TE 80-140 ms

TI lunghi 2000-2500 ms

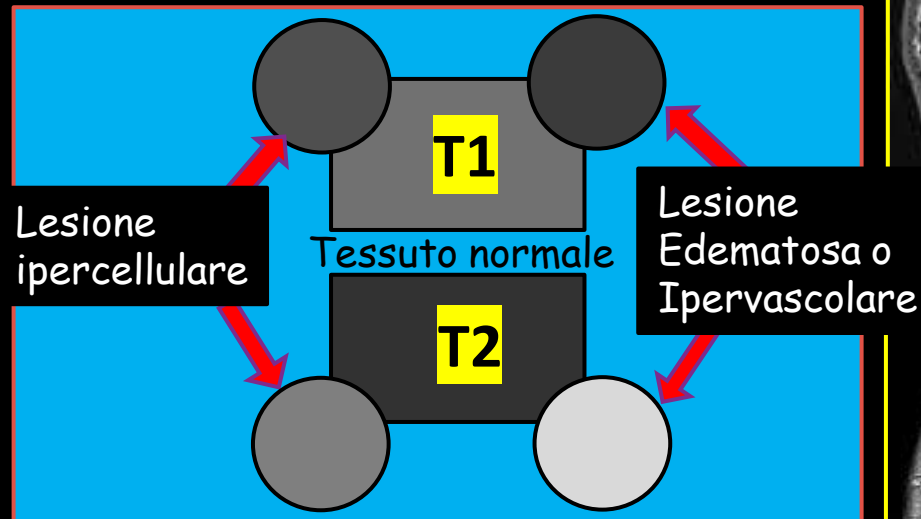


T1

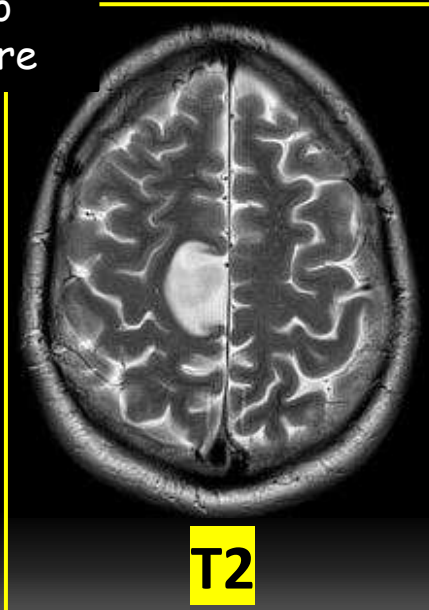
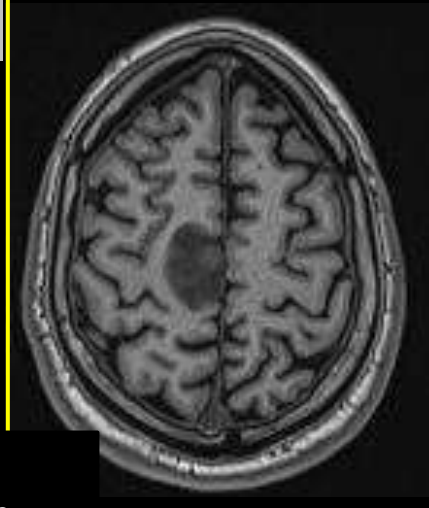


T2

Schema della semeiotica dei segnali: Tessuti normali e patologici



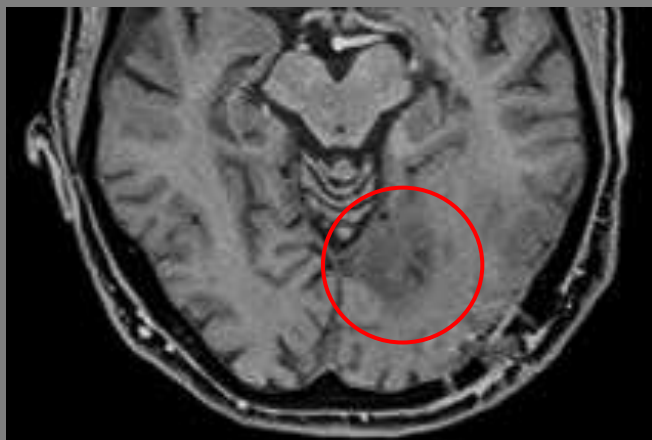
T1



T2

SEMEIOTICA ASPECIFICA

T1



T2



IPO



Liquidi

ISO



**Parenchimi; Tessuto
solido patologico
Pareti organi cavi**

IPER



**Prodotti
proteinacei**

IPER +



**Grasso, MetaHB
Mdc paramagnetico**

IPO



**Muscoli, parenchimi
solidi iperelastici**

ISO



**Parenchimi
ricchi di acqua**

IPER

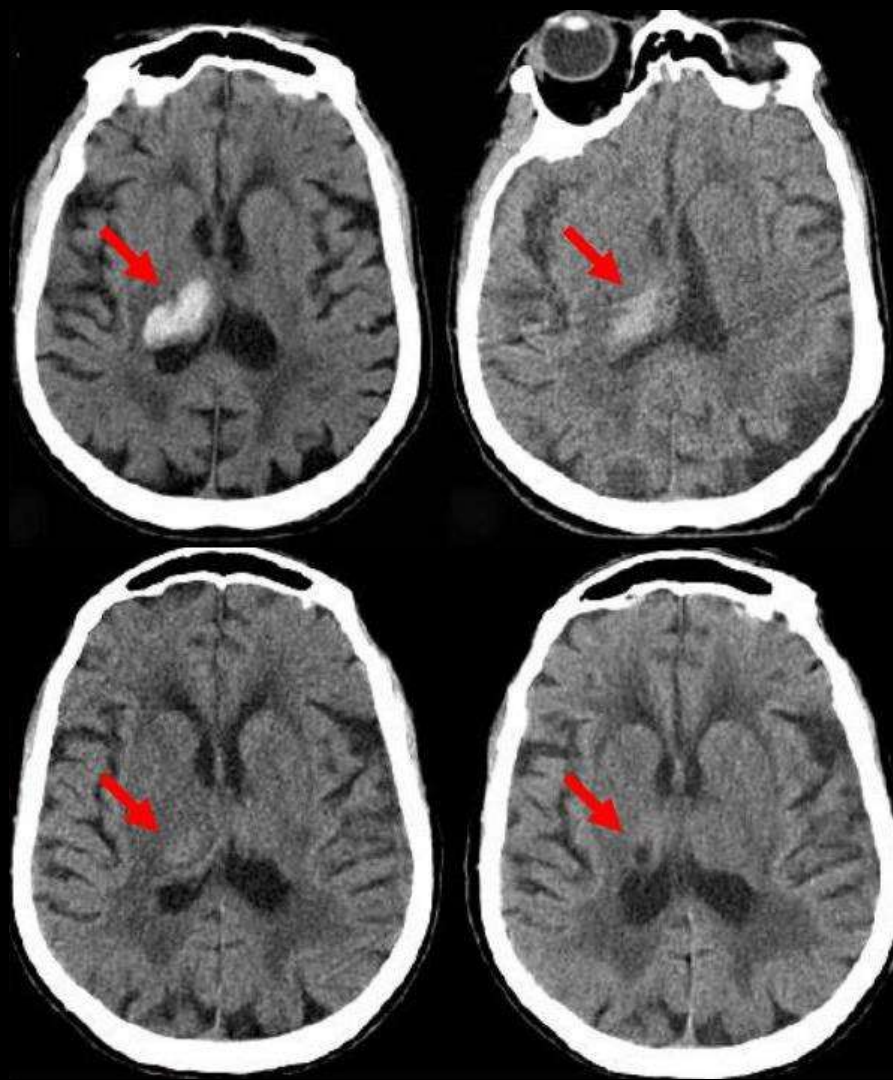


**Grasso, proteine,
ossi HB, meta HB**

IPER +



Liquidi



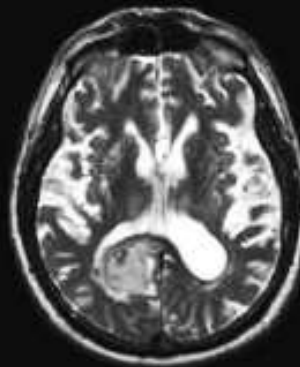
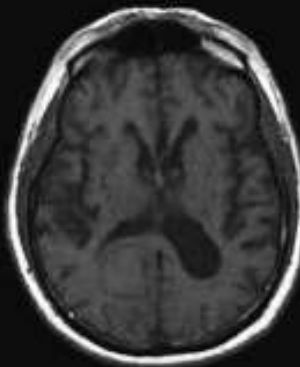
STADIO EMATOMA	TC
Iperacuto (0-6 ore)	Iso/iperdenso
Acuto (6 ore – 3 giorni)	Iperdenso
Subacuto precoce (3 giorni – 1 sett)	Iper/isodenso
Subacuto tardivo (1 sett – 1 mese)	Iper/iso/ipodenso
Cronico (> 1 mese)	Ipodenso

Riduzione della densità 2 HU/giorno

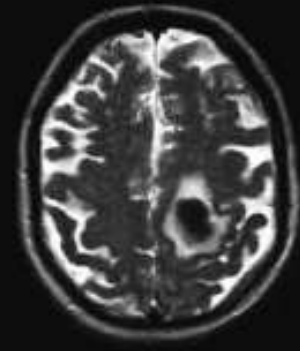
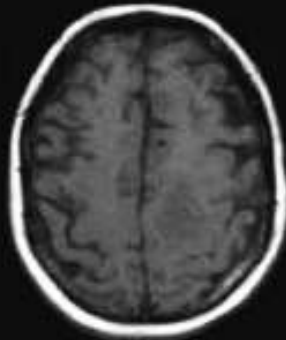
T1-weighted

T2-weighted

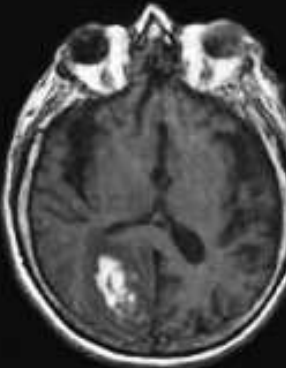
Hyperacute



Acute



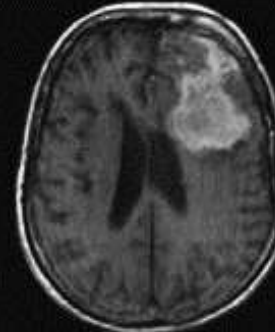
Early Subacute



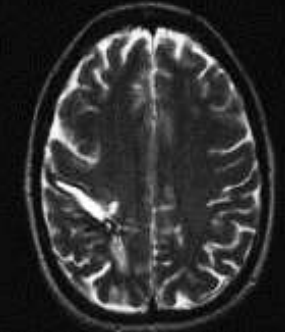
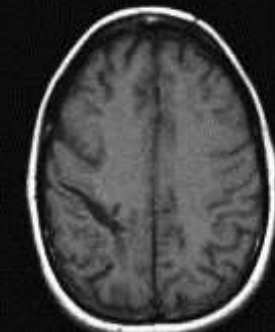
Evoluzione del segnale RM dell'ematoma intracerebrale

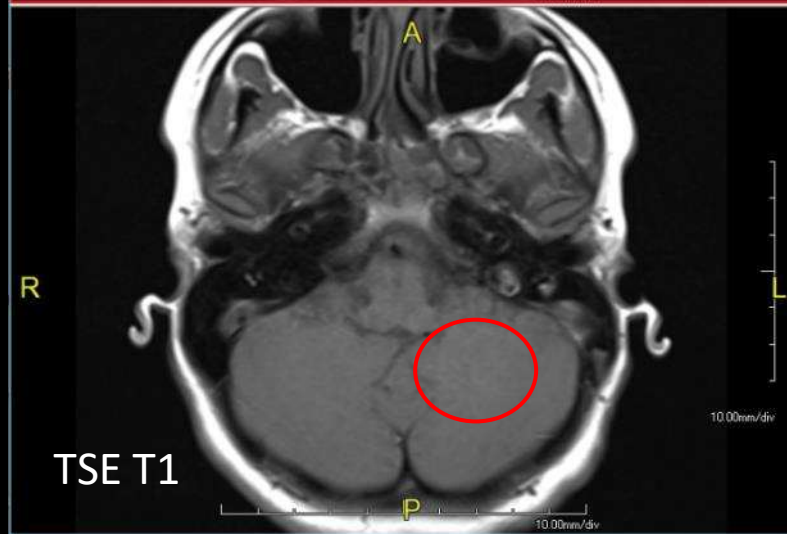
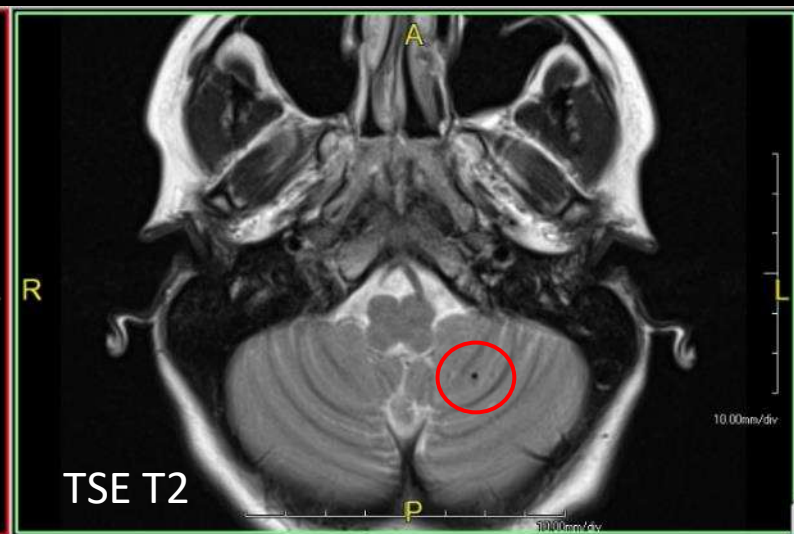
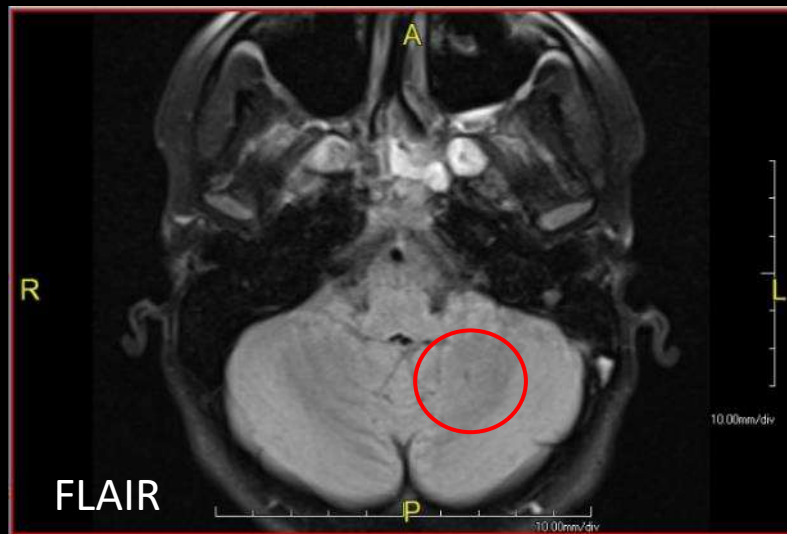
STADIO EMATOMA	STADIO EMOGLOBINA	SE T1	SE T2/FLAIR
Iperacuto (0-6 ore)	Ossiemoglobina (intracellulare)	Iso o ipointenso	Iperintenso
Acuto (6 ore - 3 giorni)	Deossiemoglobina (intracellulare)	Iso o ipointenso	Centro ipoint. Cercine iperint.
Subacuto precoce (3 giorni - 1 sett)	Metaemoglobina (intracellulare)	Nettamente iperintenso	Nettamente ipointenso
Subacuto tardivo (1 sett - 1 mese)	Metaemoglobina (extracellulare)	Nettamente iperintenso	Nettamente iperintenso
Cronico (> 1 mese)	Emosiderina e ferritina	Ipointenso	Nettamente ipointenso

Late Subacute



Chronic

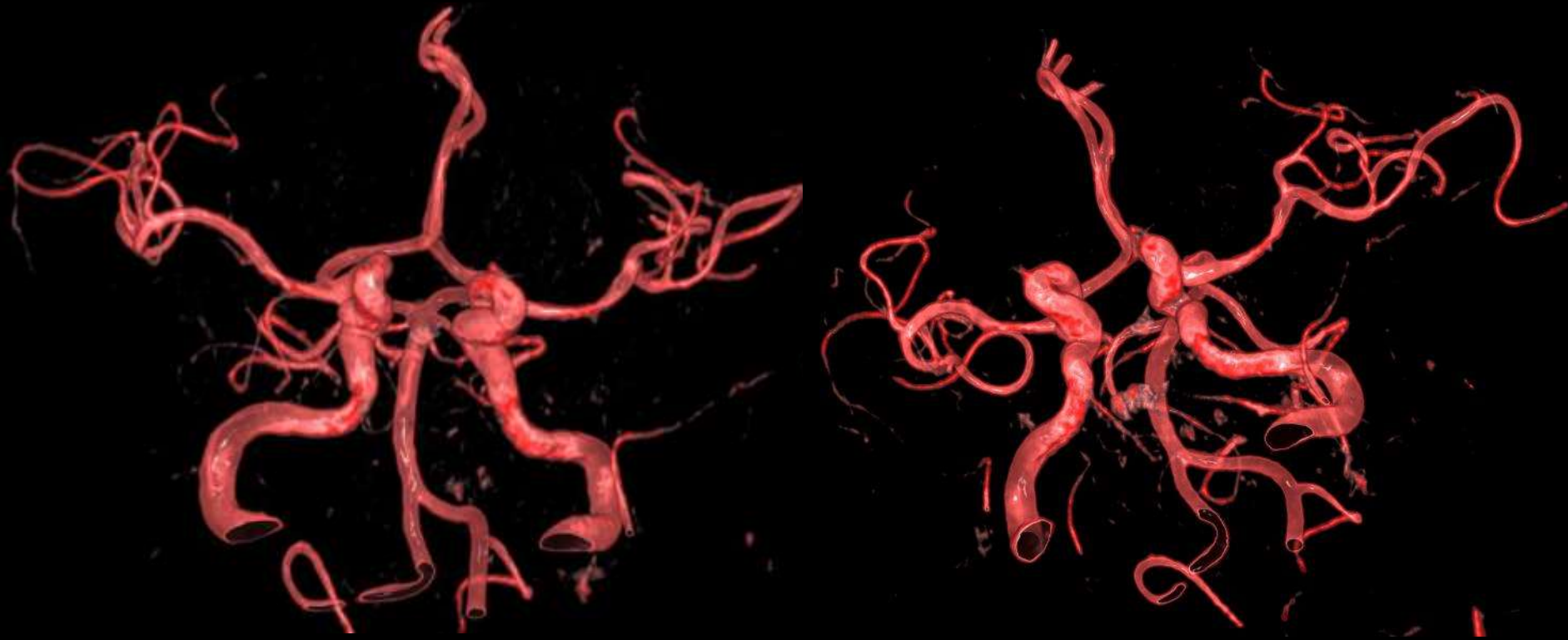




ANGIOMA CAVERNOSO

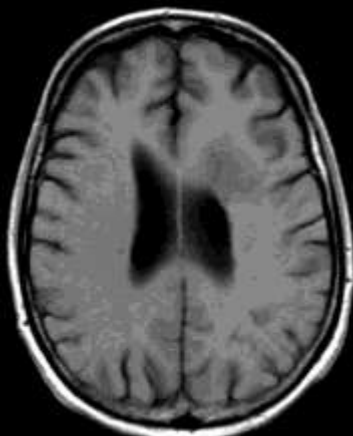
TIME OF FLIGHT-3D (TOF-3D)

Le sequenze angiografiche permettono di individuare e documentare il sito d'occlusione arterioso con una sensibilità fino all'84-87% e una specificità fino all'85-98%. L'MRA consente, inoltre, di studiare il circolo di Willis ed eventuali alterazioni che possono rappresentare malformazioni di tipo aneurismatico, stenosi o dissezioni di parete.





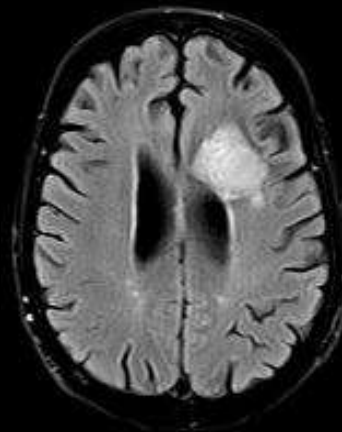
TC +



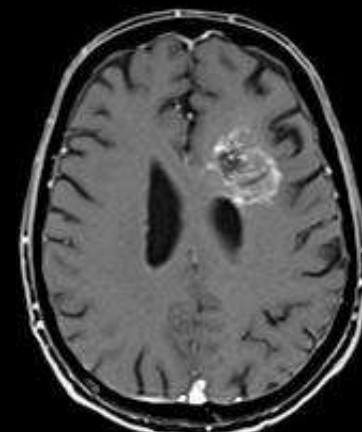
T1 TSE



T2 TSE



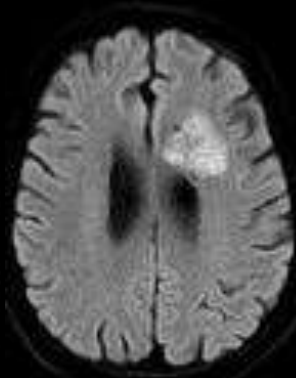
FLAIR



T1 Vibe



DWI
b0



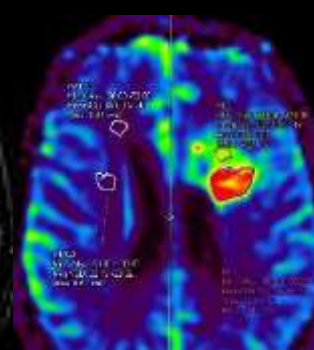
DWI
b1000



ADC



SWI

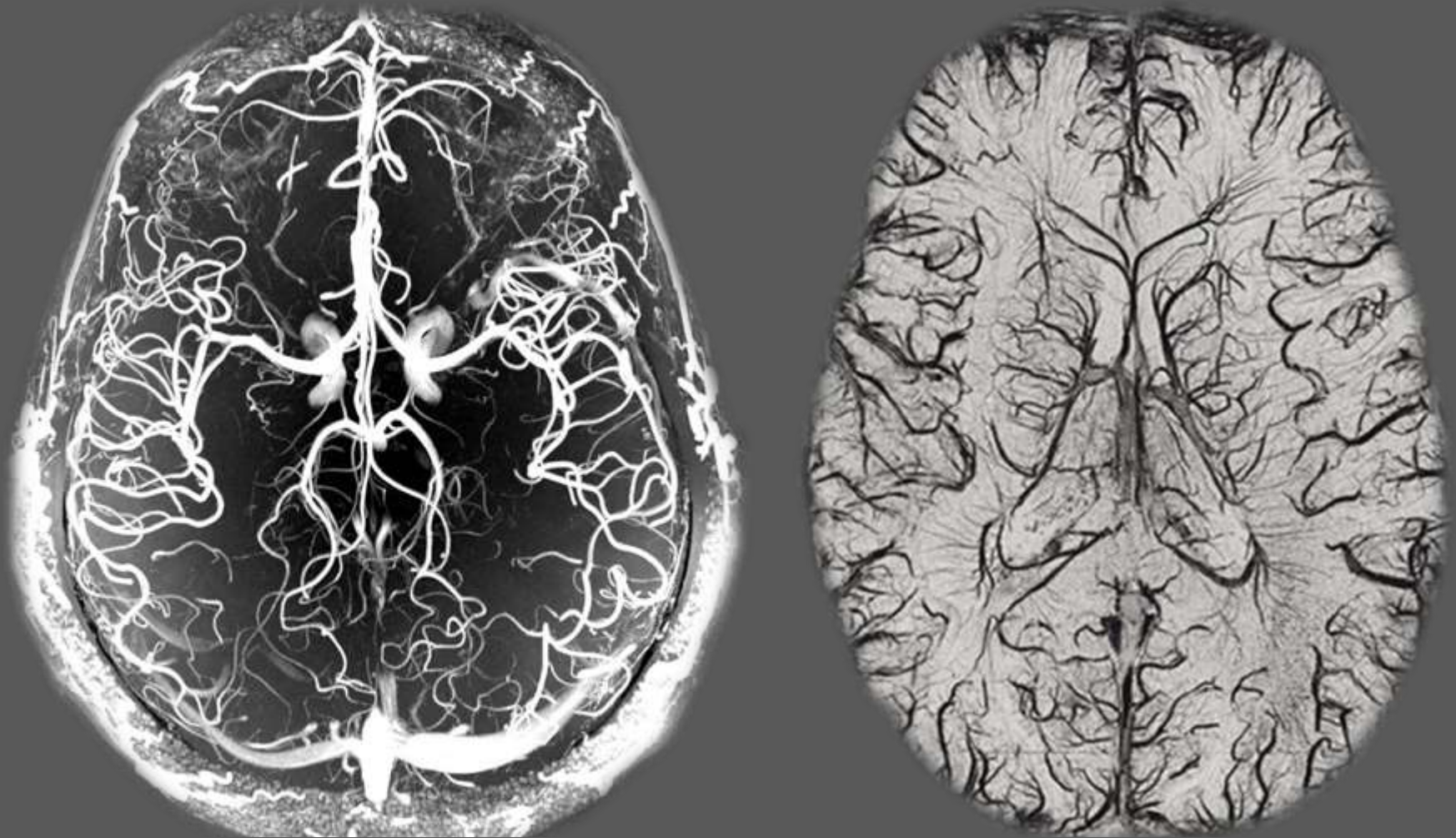


PWI



DTI

7 Tesla MRI del cervello umano *in vivo* con risoluzione di 100 micron



LE URGENZE ENCEFALICHE IN RISONANZA MAGNETICA DI INTERESSE NEURORADIOLOGICO



Molte affezioni neurologiche si presentano come una emergenza e **l'outcome del paziente può essere condizionato dalle decisioni e dalle terapie attuate nelle prime ore dall'accesso in ospedale.**

Si tratta di quadri clinici che richiedono la particolare competenza di tutti gli specialisti coinvolti nella gestione del paziente e che **implicano rapidi e delicati processi decisionali** in termini di inquadramento, prescrizione tempestiva di indagini diagnostiche, indicazioni terapeutiche, applicazione di **specifici protocolli diagnostico-terapeutici.**

QUANDO LA RM DELL'ENCEFALO IN URGENZA???

Le prestazioni RM dell'encefalo in urgenza rappresentano il **5% degli esami RM..**

➤ Ictus ischemico in assenza di angio-TC, TC perfusionale, wake-up stroke

- Disturbi di coscienza
- Patologie pediatriche
- Patologie infettive
- Patologie tossiche e metaboliche
- Cefalea non traumatica (dal 2 al 4% degli accessi in PS!!)

Wake-Up Stroke (WAKE-UP) trial

- MRI in patients with a known time of symptom onset-visible ischemic lesion on DWI with absence of a hyperintense signal in the same region on FLAIR - symptom onset <4.5 hours.
- 62% sensitivity
- 78% specificity
- 83% positive predictive value,

CEFALEA...

Per i criteri di appropriatezza:

Cruciale avere una clinica completa del paziente (durata, intensità, fattori di rischio quali ipertensione, immunosoppressione, neoplasie)

Cruciale l'associazione con deficit focali neurologici (videat neurologico)

Imaging TC dubbio o non conclusivo...(approfondimento del radiologo stesso)

PROBLEMI PRATICI IN RM IN SITUAZIONI DI URGENZA

- ✓ Appropriata prescrizione*
- ✓ Consenso informato*
- ✓ Anamnesi accurata (esclusione di controindicazioni assolute)*
- ✓ Collaborazione del paziente
- ✓ Mezzo di contrasto*
- ✓ Barella spinale e altri sistemi di contenimento
- ✓ Ingresso in sala di altre equipe* (modulo di accesso al sito di altro personale)
- ✓ Assistenza respiratoria e farmacologica

** Come da Regolamento relativo alla sicurezza del Sito RM, **spetta al medico radiologo responsabile dell'esame***

URGENZE – EMERGENZE DI INTERESSE NEURORADIOLOGICO

- ❑ **Patologia traumatica:** Trauma minore  TC
Trauma maggiore  TC encefalo / RM della colonna

❑ **Patologia non traumatica dell'encefalo:**

Le patologie acute dell'encefalo si avvalgono solitamente in prima istanza di uno studio TC che consente di discriminare in tempi brevi le patologie vascolari da quelle di origine diversa

- **Patologie cerebrovascolari**
- Neoplasie
- Disturbi di coscienza
- Patologie infettive
- Patologie tossiche e metaboliche
- Patologie pediatriche

❑ **Patologia non traumatica della colonna**

The New England Journal of Medicine

©Copyright, 1995, by the Massachusetts Medical Society

Volume 333

DECEMBER 14, 1995

Number 24

TISSUE PLASMINOGEN ACTIVATOR FOR ACUTE ISCHEMIC STROKE

THE NATIONAL INSTITUTE OF NEUROLOGICAL DISORDERS AND STROKE t-PA STROKE STUDY GROUP*

Abstract *Background.* Thrombolytic therapy for acute ischemic stroke has been approached cautiously because there were high rates of intracerebral hemorrhage in early clinical trials. We performed a randomized, double-blind trial of intravenous recombinant tissue plasminogen activator (t-PA) for ischemic stroke after recent pilot studies suggested that t-PA was beneficial when treatment was begun within three hours of the onset of stroke. *Methods.* We randomly assigned 269 patients to receive either t-PA (0.9 mg/kg) or placebo within three hours of the onset of stroke. *Results.* At three months, 25 percent of patients in the t-PA group had a favorable outcome, as compared with 17 percent in the placebo group. The long-term clinical benefit of t-PA predicted by the results of part 1 was confirmed (global odds ratio for a favorable outcome, 1.7; 95 percent confidence interval, 1.2 to 2.4). As compared with patients given placebo, patients treated with t-PA were at least 30 percent more likely to have a favorable outcome at three months.

“Oggi non è più ammissibile un atteggiamento fatalistico di fronte all'ictus cerebrale. Esso non può più essere visto dal medico e dalla società come un evento contro cui non vi sono effettive possibilità di lotta.” Analogamente a quanto è avvenuto nei decenni passati per l'attacco cardiaco, anche l'attacco cerebrale deve essere considerato come un'emergenza.

STROKE UNITS

Questa metodica permette, con un adeguato protocollo d'esame e **senza la somministrazione e.v. di gadolinio (Gd)**, di **valutare e datare il danno parenchimale - reversibile ed irreversibile - e di individuare l'occlusione arteriosa intra-cranica**.

L'indagine RM deve essere eseguita con tecniche d'acquisizione rapide al fine di ridurre al minimo i tempi dell'esame (**mediamente un protocollo di studio RM ha una durata di circa 8 min**) così da limitare al massimo gli eventuali artefatti da movimento in pazienti che possono spesso presentarsi poco collaboranti per via dello stato neurologico in cui si presentano.

IL PROTOCOLLO RM "BASE" DELL'ICTUS CONSTA DI:

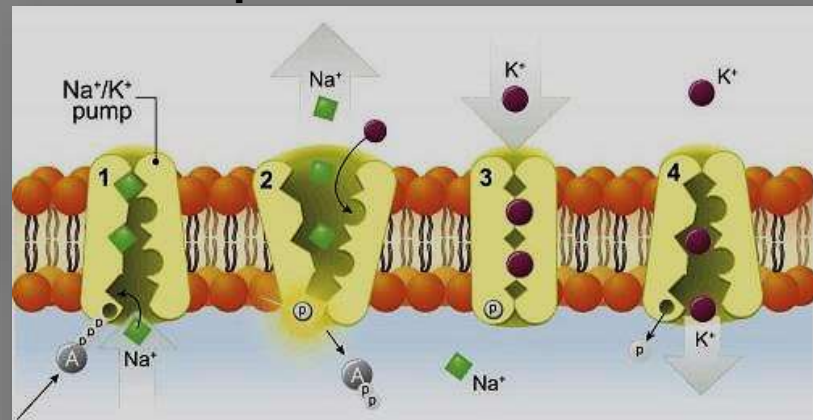
- ☐ sequenze pesate in diffusione (Diffusion weighted imaging - DWI)
- ☐ sequenze acquisite con tecnica FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery)
- ☐ sequenze angiografiche MRA (time of flight-3D - TOF-3D)

Diffusion Weighted Imaging (DWI)

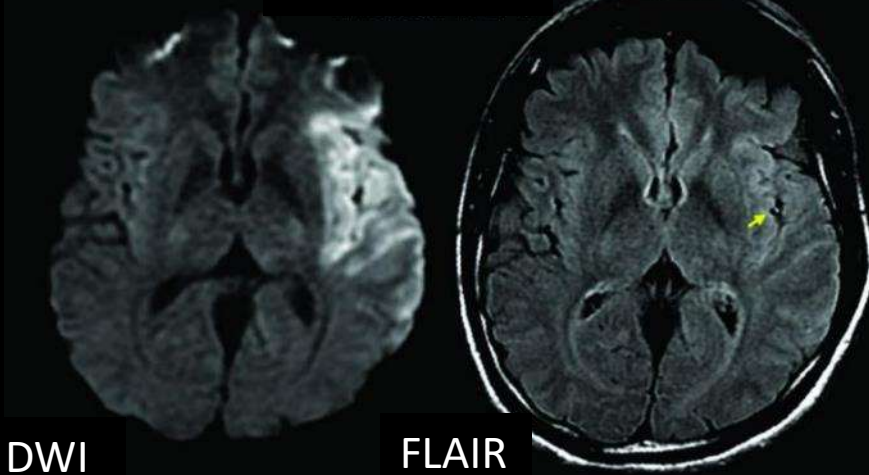
Le sequenze pesate in diffusione e la corrispettiva mappa del coefficiente di diffusione apparente (ADC) rappresentano lo **strumento diagnostico più sensibile** (fino a 73-92% **entro tre ore dall'insorgenza dei sintomi** e fino a 95-100% entro le 6 ore) e precoce **nel rilevare il danno ischemico in fase iperacuta (citotossico)**.

L'evento ischemico acuto determina sul parenchima cerebrale colpito un danno cellulare che produce l'**alterata diffusività delle molecole di H₂O in relazione all'arresto della 2^a pompa Na-K**. L'accumulo di Na nella cellula nervosa produce, per osmosi, l'incremento di H₂O intracellulare con conseguente rigonfiamento (edema citotossico). Tale alterazione, tendenzialmente irreversibile, viene individuata nelle sequenze pesate in diffusione con $b=1000$ s/mm come un'iperintensità di segnale cui corrisponde un'ipointensità di segnale nella mappa ADC, espressione del cosiddetto core ischemico. Tali rilievi sono apprezzabili **in media 30 minuti dopo l'occlusione acuta vasale arteriosa e rappresentano quindi la metodica di neuroimaging più efficace nell'identificazione del danno ischemico precoce**

POMPA SODIO-POTASSIO

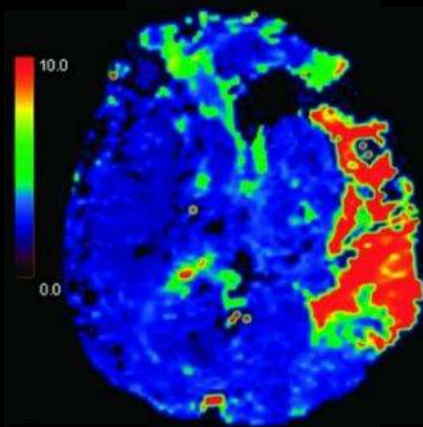


MR INIZIALE



DWI

FLAIR

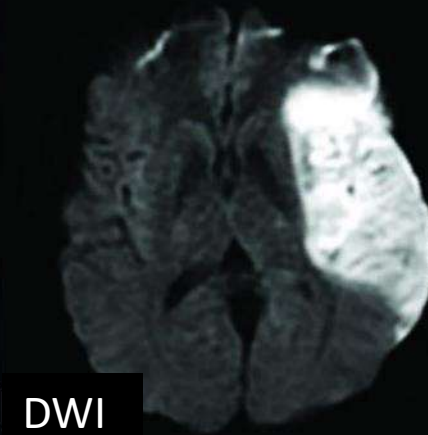


PWI

TOF 3d



MR DOPO 4 GG



DWI



TOF 3d