Tutorial

ARTERIAL SPIN LABELING (ASL)

Gemelli

PHILIPS Magnetic Resonance

GE Healthcare

Formazione per l'eccellenza

mag. '25

Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS
Università Cattolica del Sacro Cuore

BEST HOSPITALS 2022 Newsweek statista 1° OSPEDALE IN ITALIA POLICLINICO UNIVERSITARIO A. GEMELLI

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

TSRM Ada Guidi - Marino Gentile
Radiographer

Gemelli

marino.gentile@outlook.com
www.variodyne.it

mag. ’25

Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS
Università Cattolica del Sacro Cuore

Gemelli

Ver 1.7

mag. ’25

Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS
Università Cattolica del Sacro Cuore

Apparecchiature utilizzate

Formazione per l'eccellenza

Optima MR450w
1.5T GEM Suite

SIGNA™ Voyager - 70 cm

Gemelli

GE Healthcare

Apparecchiature utilizzate

Formazione per l'eccellenza

SIGNA™ Premier - 70 cm

GE Healthcare

Gemelli

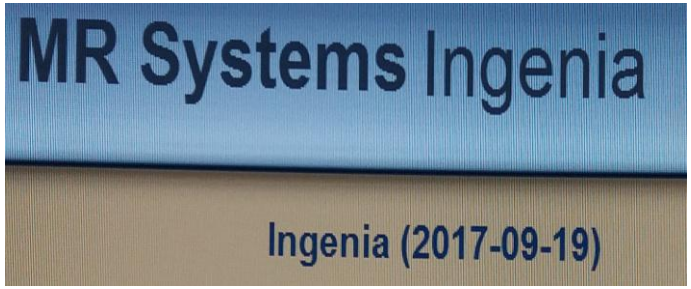
Apparecchiature utilizzate

PHILIPS

sense and simplicity

PHILIPS

Magnetic Resonance



Apparecchiature utilizzate

Formazione per l'eccellenza

PHILIPS
Magnetic Resonance

Ingenia 1.5T

PHILIPS
dStream

PHILIPS
sense and simplicity

re

Gemelli

Arterial Spin Labeling (ASL) Recommendations

1. Run an EPI test scan and don't run ASL in case of distortions in the neck area.
   ➔ Risk of false positive carotid occlusion.
2. Do not use ASL after contrast media injection.
   ➔ Risk of ASL and CBF maps without signal.
3. Choose the Post-Label Delay (PLD) value according to the patient age.
   1. Pediatric patients [1.0s – 1.5s]
   2. Adult patients [1.5s – 2.0s]
   3. Geriatric/stroke patients [2.5s – 3.0s]
4. Do not oblique the imaging volume; ensure the patient's head is not tilted and the slab coverage begins at the base of the cerebellum.
   ➔ Risk of shading and/or low SNR.

GE Healthcare

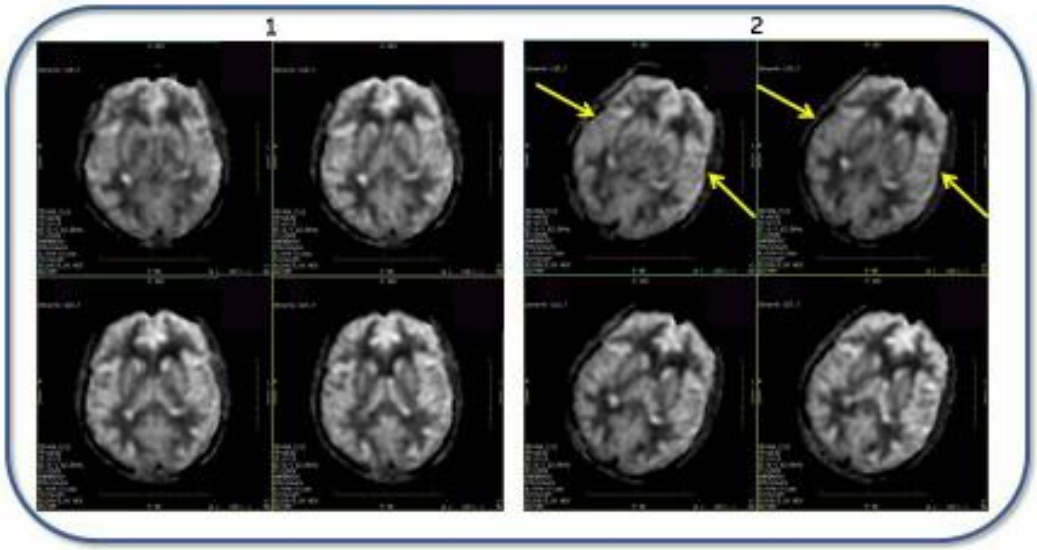
APPLICAZIONI DELLA SCANSIONE

Acquisizione di una scansione di calibrazione

Seguire questa procedura per acquisire scansioni cerebrali 3D CBF[1] senza contrasto per un'applicazione ampia di patologie come ictus, tumore, neurodegenerazione, ecc.

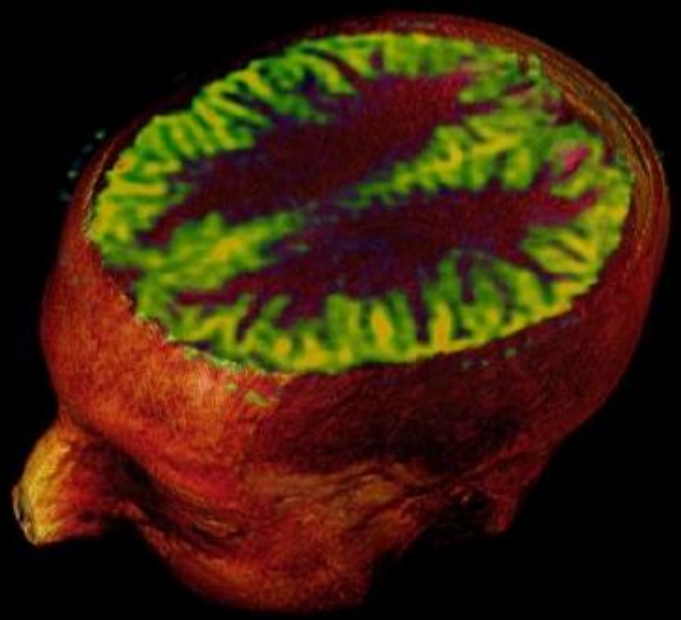
1. Posizionare il paziente in modo che la testa sia dritta e non inclinata a sinistra o a destra.
   - 3DASL ha un impulso di marcatura che è acquisito a livello delle carotide. Se la testa è inclinata a sinistra o a destra la marcatura radioattiva non è acquisita nella stessa posizione anatomica sinistra/destra e pertanto i calcoli CBF sono indesiderati. Il risultato è un contrasto o un'ombreggiatura non uniformi tra gli emisferi.

Figura 6-75: Immagini 3DASL con testa dritta e inclinata



ASL

3D ASL
Quantitative, Arterial Spin Labeling



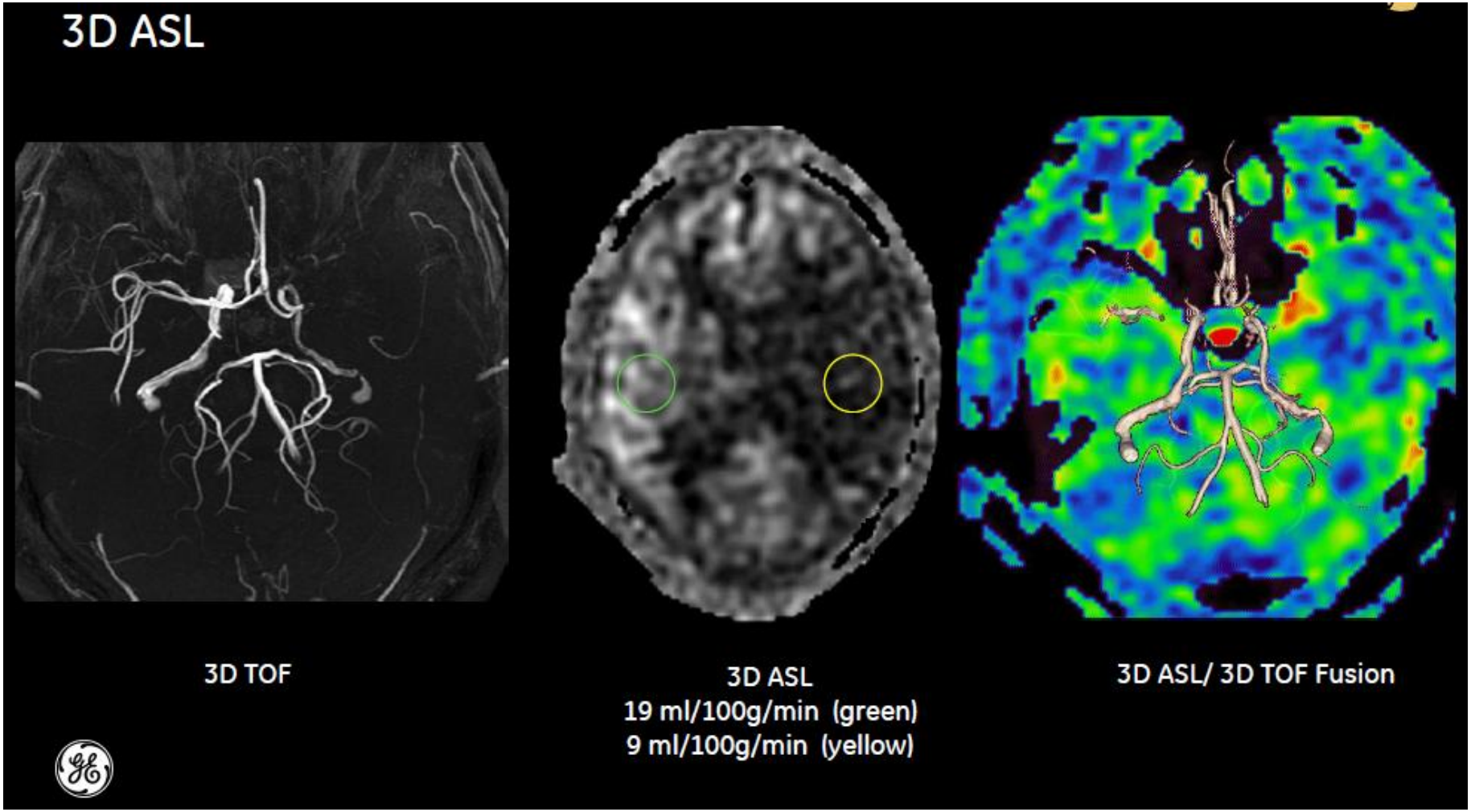
What is it?

- 3D Arterial Spin Labeling technique that provides quantitative cerebral blood flow volumes
- mL/100g/min

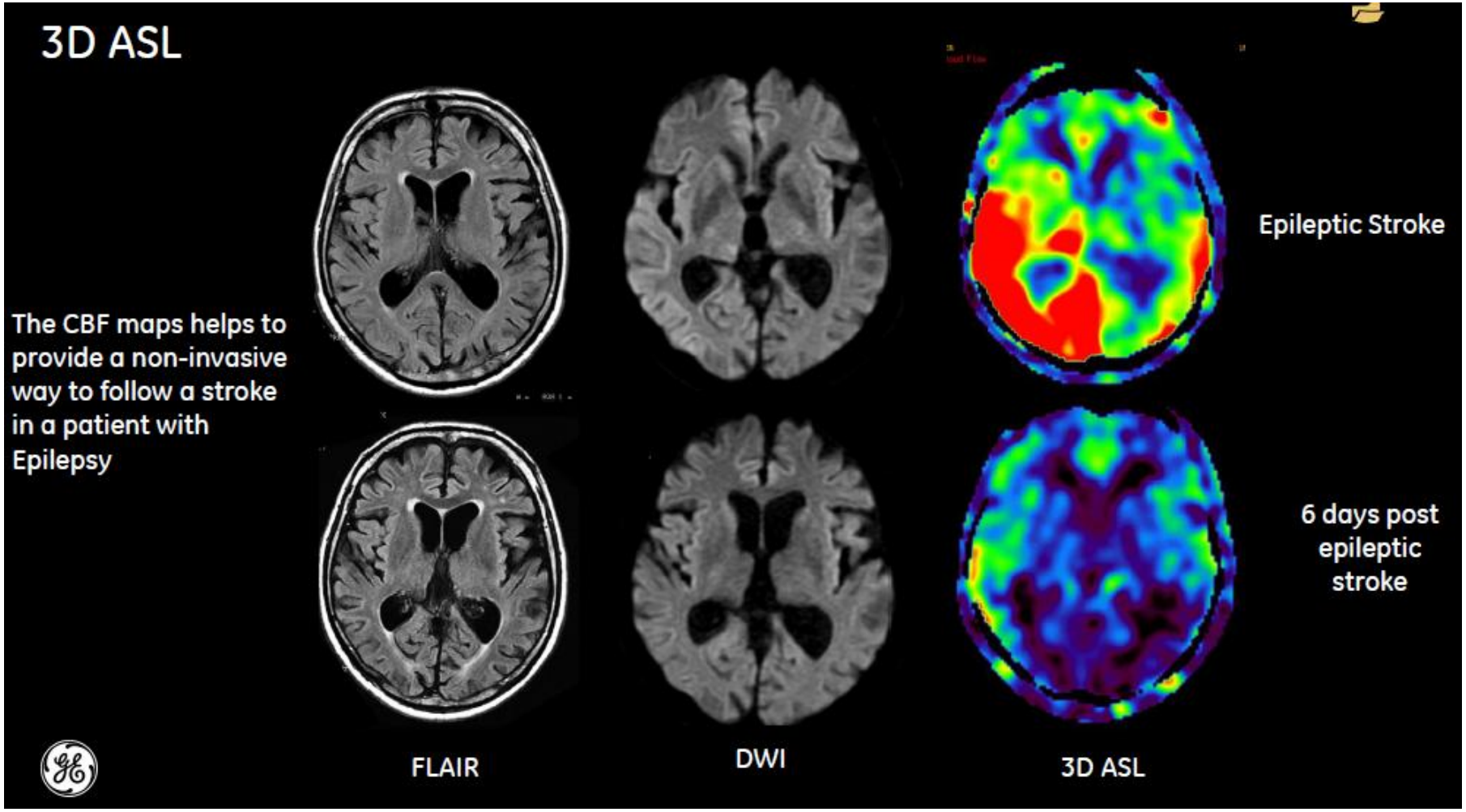
Benefits

- Non-contrast = saves time and money
- Quantitative assessment over time could potentially show progress of therapy

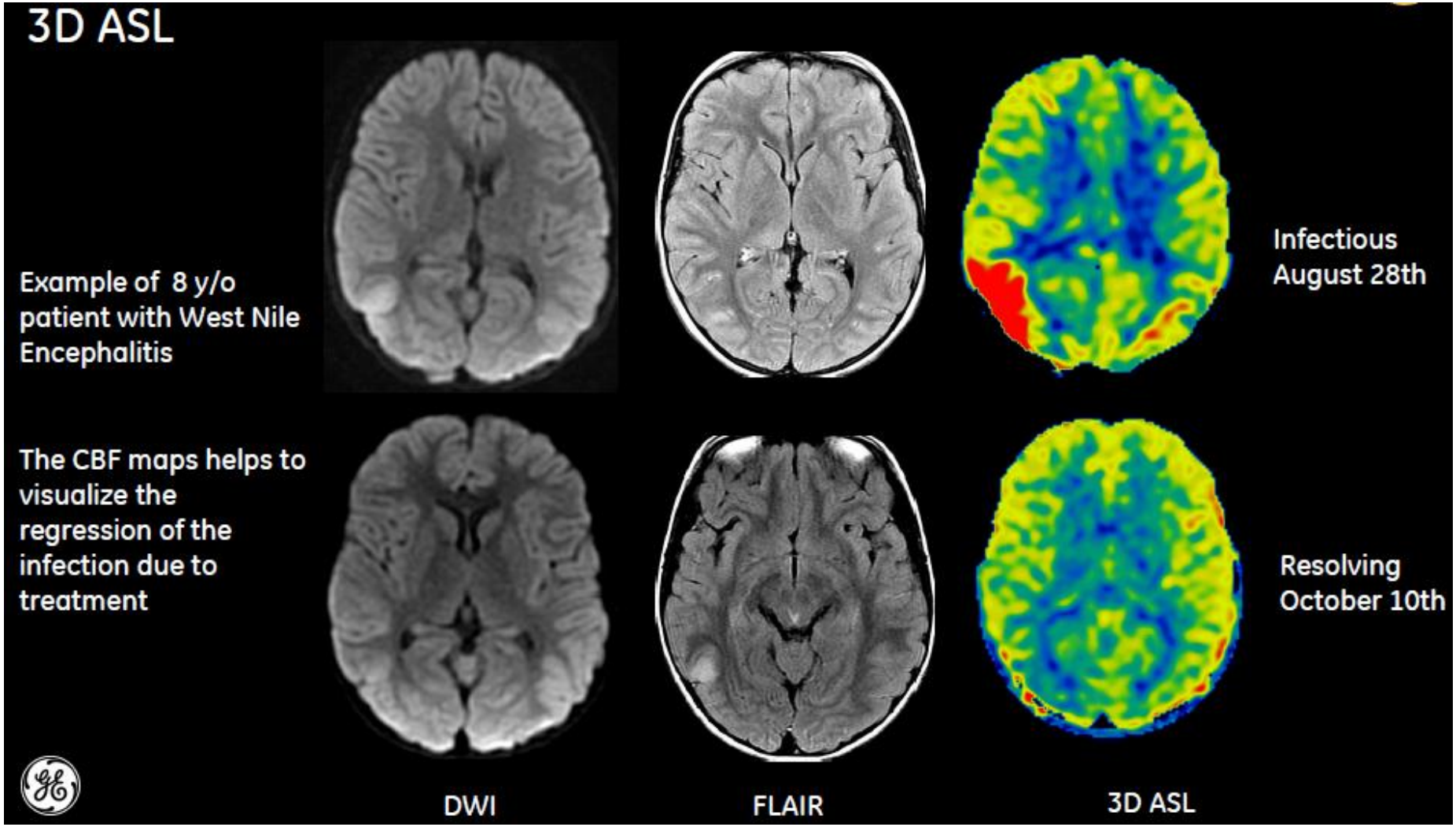
ASL


3D ASL
3D TOF
3D ASL
19 ml/100g/min (green)
9 ml/100g/min (yellow)
3D ASL/ 3D TOF Fusion

ASL


3D ASL
The CBF maps helps to provide a non-invasive way to follow a stroke in a patient with Epilepsy
Epileptic Stroke
6 days post epileptic stroke
FLAIR
DWI
3D ASL

ASL

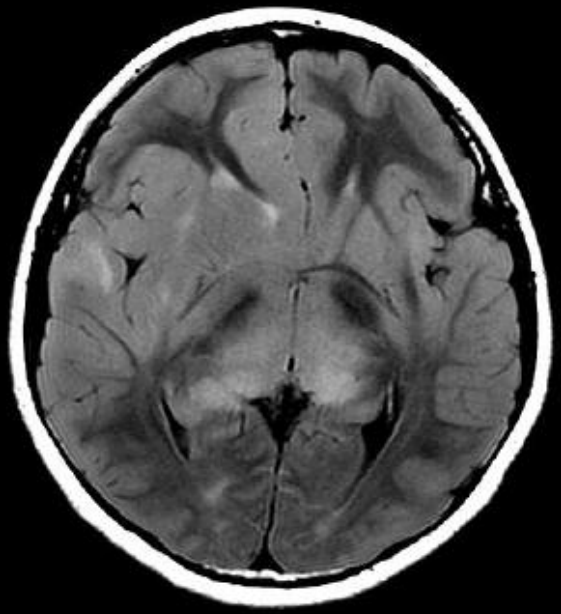

3D ASL
Example of 8 y/o patient with West Nile Encephalitis
Infectious August 28th
The CBF maps helps to visualize the regression of the infection due to treatment
Resolving October 10th
DWI
FLAIR
3D ASL

ASL

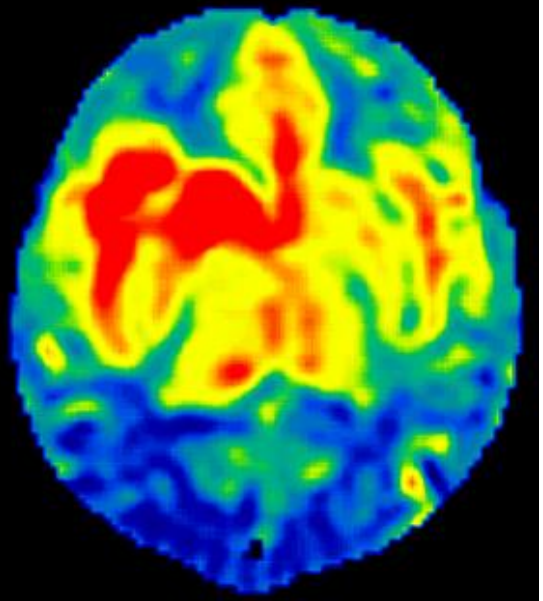
3D ASL

Example of 7 y/o with Gliomatosis

The CBF map helps to visualizes tumor infiltration



T2 FLAIR



3D ASL CBF Map

Tabella 6-11: Legenda dell'immagine

#	Descrizione
1	La testa è posizionata dritta, con il naso verso l'alto. Notare il contrasto uniforme tra gli emisferi destro e sinistro.
2	La testa è inclinata verso sinistra. Notare il contrasto non uniforme tra gli emisferi destro e sinistro.

2. Aprire una sessione di scansione.
3. Acquisire un 3-Plane localizer (localizzatore triplanare).
4. Da Workflow Manager (Gestione flusso di lavoro), fare clic su ***Add Task*** > ***Add Sequence*** (Aggiungi attività > Aggiungi Sequenza).
5. Dalla schermata Protocol (Protocollo), selezionare un protocollo ***3DASL*** dalla libreria del sito o GE.
   - Includere almeno un localizzatore e una serie 3DASL.

ASL

Da Workflow Manager, selezionare la serie ***3DSAL*** e fare clic su ***Setup*** (Imposta). Regolare i parametri di scansione in base alle esigenze.

- 3DASL è una scansione singola che può essere acquisita esclusivamente nel piano assiale.
- Vari parametri di scansione non possono essere selezionati, ad esempio: TE, TR, ETL e deflessione. Il sistema imposta questi valori per mappe del flusso sanguigno ottimali.
- Lo spessore minimo della sezione è 2 mm.
- Sono automaticamente acquisite due fasi.
  - Fase 1 è l'acquisizione dell'etichetta e del controllo. Queste due serie di dati sono sottratte automaticamente e inviate alla ricostruzione. Le immagini sottratte costituiscono l'immagine PW.
  - La fase due è l'acquisizione della Densità protonica di riferimento. Indipendentemente dal NEX selezionato, è impostato su 1 per la seconda serie di dati.
- Dalla scheda Detail (Dettaglio), selezionare un ***PL Delay*** (Ritardo PL).
  - Generalmente, utilizzare il valore centrale (quello predefinito).
  - Per osservare una differenza significativa tra l'immagine di marcatura e di controllo, il tempo di transito del sangue deve essere ridotto rispetto al tempo di rilassamento T1 del sangue.
  - L'età avanzata o alcune patologie possono rallentare la velocità del flusso sanguigno, pertanto utilizzare un ritardo PL più lungo. L'acquisizione di dati di immagini prima del tempo di arrivo dello spin, cattura il segnale vascolare piuttosto che la perfusione.
  - Tipicamente, le velocità di flusso nei bambini sono più rapide rispetto alle velocità di flusso degli adulti e pertanto utilizzano un tempo di ritardo più breve. L'acquisizione di dati di immagini prima del tempo di arrivo dello spin ha come risultato un SNR inferiore poiché vi sono meno spin dai quali catturare il segnale.
  - Le immagini sono annotate con IR/EPI e con un tempo TI.

ASL

Se lo si desidera, vedere **Aggiunta di un'attività di postelaborazione**. Le attività di postelaborazione compatibili comprendono:

- 3D ASL CBF
- Image Enhancement Filters (Filtri di miglioramento dell'immagine)
- Maximum Intensity Projection (Proiezioni di intensità massima)
- Multi Planar Reconstruction (Ricostruzione multiplanare)

Per una qualità di immagine ottimale, prescrivere uno strato 3D assiale singolo che copra completamente il cervello. Per una qualità dell'immagine ottimale al fine di ridurre al minimo l'artefatto da continuità dello strato, la copertura della sezione deve essere dalla parte inferiore del cervelletto alla parte superiore della testa.

Visualizzazione dell'immagine

- Le immagini CBF sono etichettate come tipo CBF nell'elenco pazienti.
- Se si prescrive un'attività di postelaborazione dal Workflow Manager, selezionare l'attività di postelaborazione del CBF 3DASL e fare clic su ***Run*** (Esegui).
- Se si seleziona ***Automatic*** (Automatico) dalla schermata Post Process (Postelaborazione), sono automaticamente generate le immagini CBF e Reformat.
- Se non si prescrive un'attività di postelaborazione, è possibile visualizzare le mappe CBF in **FuncTool**.
- Per dettagli sulla numerazione delle serie 3DASL, vedere **Series numbering (Numerazione serie)**.

ATTENZIONE

Occorre prestare attenzione quando si utilizzano misure quantitative di flusso ematico cerebrale da scansioni 3DASL in popolazioni cliniche. Possono essere osservate differenze dei valori CBF quando lo stesso soggetto è sottoposto a scansione con sistemi e bobine differenti. Le decisioni diagnostiche e terapeutiche non devono essere basate esclusivamente su questi valori assoluti.

Marcatura flusso

Valori possibili:

FAIR	

(Flow Sensitive Inversion Recovery) è una tecnica per eseguire la perfusione o studi angiografici utilizzando il recupero di inversione selettivo. Le immagini FAIR mostrano la differenza tra due esperimenti con diverse larghezze dello slab invertito. Per entrambi gli esperimenti, i decentramenti dello strato di imaging e dello slab invertito coincidono.

Il metodo può essere combinato con TFE o IR. Per TFE, l'inversione viene ottenuta con il preimpulso TFE, mentre per IR viene utilizzato l'impulso IR. Sono consentite le modalità di scansione MS (con 1 strato) e 3D.

TILT	

(Transfer Insensitive Labeling Technique) viene utilizzata per acquisire immagini ponderate per la perfusione. Nella preparazione della marcatura, gli spin in entrata sono invertiti mediante l'applicazione di due successivi impulsi di saturazione RF strato-selettivi.

Per la preparazione per il controllo, il secondo impulso di saturazione viene applicato con una differenza di fase di 180 °. Pertanto la magnetizzazione non subisce nutazione netta. In tal modo il segnale legato al trasferimento della magnetizzazione nel tessuto statico viene annullato dalla procedura di sottrazione.

CASL	

(Continuous Arterial Spin Labeling) utilizza un impulso di inversione adiabatico applicato al sangue a monte dello strato utilizzando una radiofrequenza continua di debole intensità associata a un gradiente applicato nella direzione del flusso. In questo modo è possibile ottenere un apporto continuo di spin arteriosi invertiti nella posizione di imaging.

Marcatura flusso

Formazione per l'eccellenza

Valori possibili:

STAR	

(Signal Targeting by Alternating Radiofrequency) è una tecnica a impulsi per eseguire studi di perfusione utilizzando slab di inversione adiabatica multistrato. Le immagini STAR mostrano la differenza tra due esperimenti (etichetta e controllo) mettendo in luce la perfusione. Gli effetti del trasferimento della magnetizzazione tra i due tipi vengono mantenuti

invariati eseguendo due impulsi adiabatici consecutivi a metà potenza RF durante il controllo e un impulso adiabatico durante la fase di marcatura.

pCASL	

(pseudo Continuous by Arterial Spin Labeling) consente la marcatura continua senza la necessità di un amplificatore separato per le bobine di trasmissione. Si avvale di un treno di impulsi RF discreto per riprodurre l'inversione adiabatica guidata dal flusso. Gli impulsi RF vengono riprodotti in presenza di un gradiente di selezione strato di commutazione, che definisce il piano di marcatura. Gli spin che si muovono perpendicolarmente attraverso il piano di marcatura subiscono l'inversione adiabatica guidata dal flusso. pCASL offre un maggior rapporto segnale/rumore rispetto ad altre tecniche ASL a impulsi.

TIMESLIP	

(Time Spatial by Labeling Inversion Pulses) viene utilizzato per l'imaging angiografico RM senza mezzo di contrasto. Produce immagini con marcatura spin in cui il sangue appare luminoso, mediante l'uso di una singola acquisizione effettuata con la combinazione di un impulso di inversione spazialmente non selettivo e un impulso di inversione spazialmente selettivo. L'impulso non selettivo inverte la magnetizzazione dell'intera area di imaging. L'impulso spazialmente selettivo, applicato a monte o sulle arterie di interesse, riporta tali protoni alla magnetizzazione completa in modo da fornire la marcatura del sangue. Un intervallo di tempo predefinito tra marcatura e imaging consente agli spin marcati di raggiungere la regione di imaging e sopprimere il tessuto di sfondo entro la regione di imaging in una certa misura. La tecnica Timeslip non richiede l'acquisizione di un esperimento di controllo.

ASL

Formazione per l'eccellenza

pCASL

Pseudo continuous arterial spin labeling

Train of short discrete RF pulses mimic flow-driven adiabatic inversion

Info:
Label distance and post label delay can be adjusted

The sequence exists out of an control and label experiment, which need subtraction to get the perfusion visible.

The pCASL sequence is based on an EPI which might suffer within the source images some EPI artifacts. Those will be subtracted away within post processing package.

The label duration of this sequence is 1800

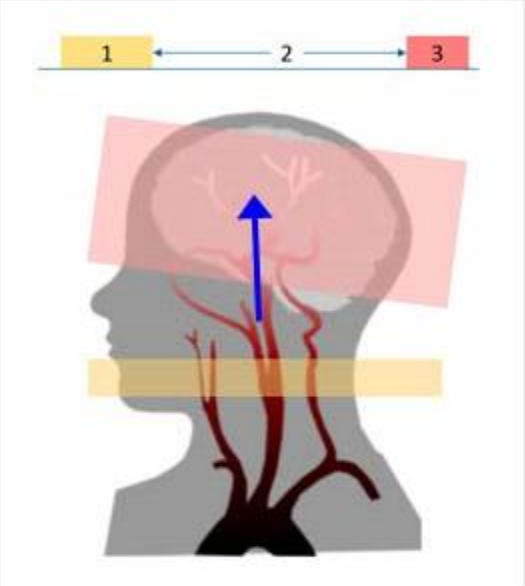
Tips:
On the source images subtraction needs to be applied. This can be performed within the image algebra package by applying the ASL subtraction.

Post Label delay:
Neonates -> 2000
Children -> 1500
Healthy subject < 70 y -> 1800
Healthy subjects > 70 Y -> 2000
Adult clinical patient -> 2000

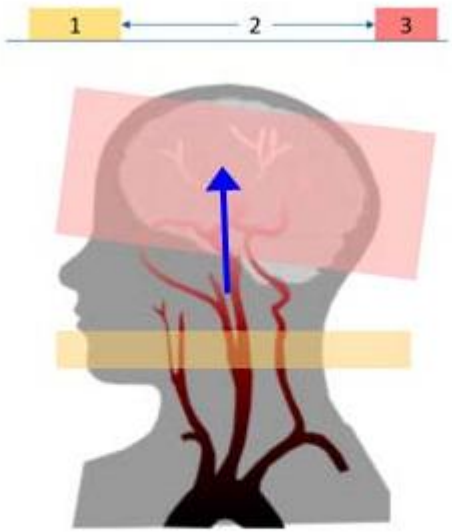
ASL

La sequenza ASL è una sequenza dinamica. In base al quesito clinico può essere eseguita single-phase o multi-phase.

Single-Phase ASL - using the pCASL method



1. Labeling and control
2. Post-label delay
3. Image acquisition



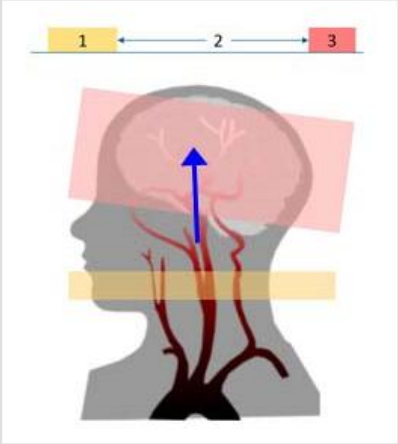
1. Marcatura e controllo
2. Ritardo post-marcatura
3. Acquisizione delle immagini

ASL single-phase

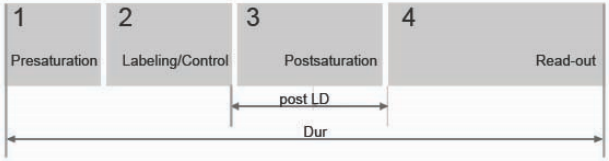
Formazione per l'eccellenza

PHILIPS Magnetic Resonance

Single-Phase ASL - using the pCASL method

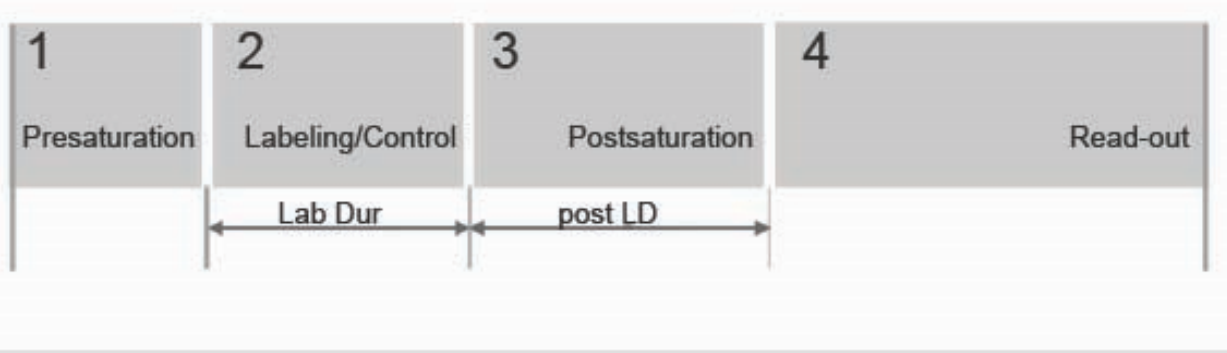


1. Labeling and control
2. Post-label delay
3. Image acquisition



1. Pre-saturazione
2. Marcatura/controllo
3. Post-saturazione
4. Lettura

- Post-LD - Ritardo post-marcatura
- Dur - Durata marcatura



1. Pre-saturation
2. Labeling/Control
3. Post-saturation
4. Read-out

- post LD - post label delay
- Lab Dur - Label duration

ASL multi-phase

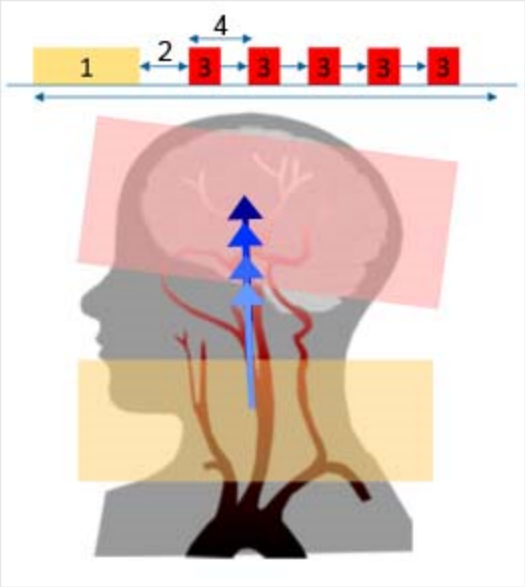
Multi-phase 3D arterial spin labeling brain MRI in assessing cerebral blood perfusion and arterial transit times in children at 3T

https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30439588/

3D pseudocontinuous arterial spin labeling (pCASL) with a single post-labeling delay time is commonly used to measure cerebral blood flow (CBF). Multi-phase pCASL has been developed to simultaneously estimate **CBF** and **arterial transit time (ATT)**.

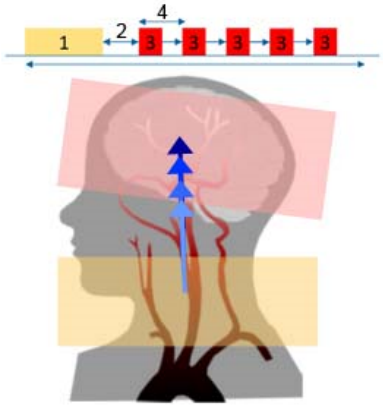
ASL multi-phase

Multi-Phase ASL - using the STAR method



1. Labeling and control
2. Label delay
3. Image acquisition
4. Phase interval

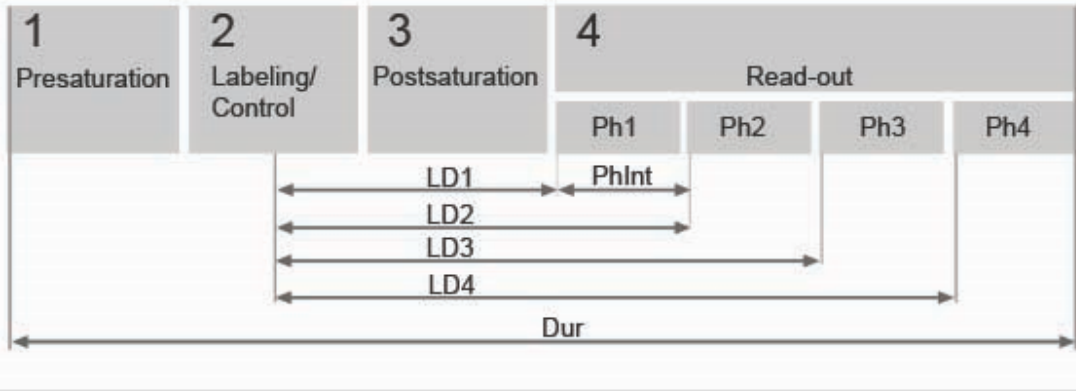
In multiphase ASL, perfusion is measured at multiple time points after labeling: the same area is imaged multiple times after labeling (or control). This results in multiple perfusion images.

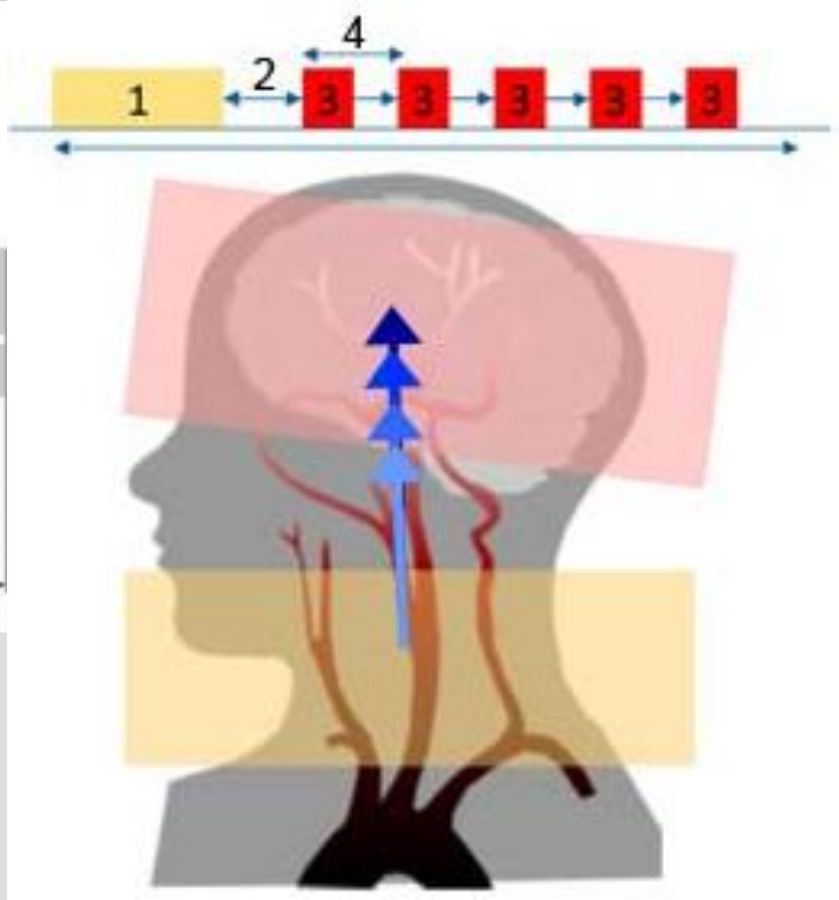


1. Marcatura e controllo
2. Ritardo marcatura
3. Acquisizione delle immagini
4. Interv. fasi

Nella sequenza ASL multifase, la perfusione viene misurata in più punti temporali dopo la marcatura: la stessa area viene acquisita più volte dopo la marcatura (o il controllo). Ciò produce più immagini di perfusione.

ASL multi-phase

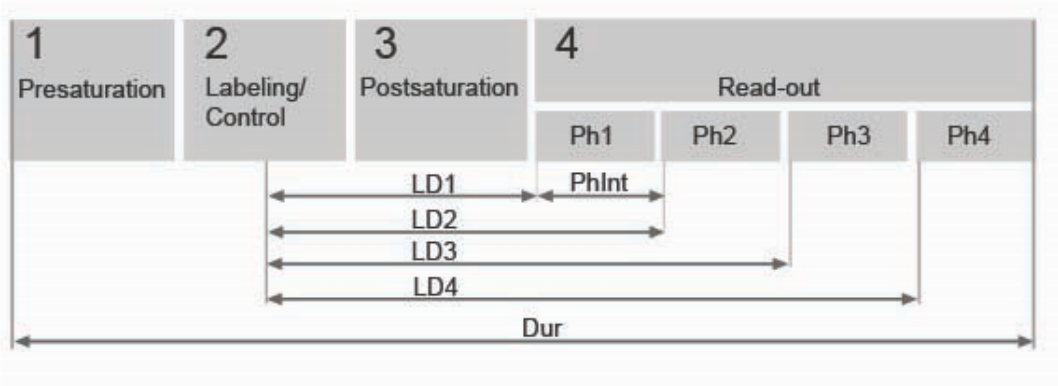


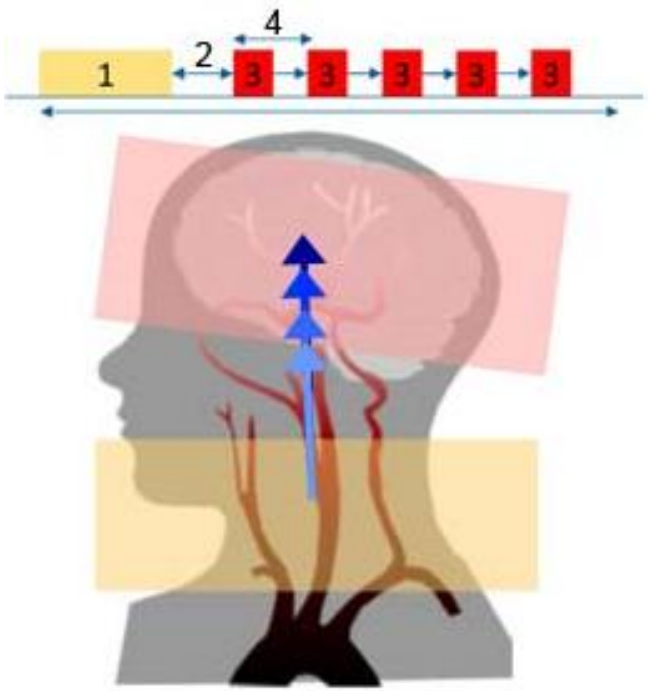


1. Pre-saturation
2. Labeling/Control
3. Post-saturation
4. Read-out

- Ph1, 2, 3, 4 - Phase 1, 2, 3, 4
- LD1, 2, 3, 4 - Label delay 1, 2, 3, 4
  - where LD1 is displayed as **Label delay 1st** on the Scan Information page

ASL multi-phase





1. Pre-saturazione
2. Marcatura/controllo
3. Post-saturazione
4. Lettura

- Ph1, 2, 3, 4 - Fase 1, 2, 3, 4
- LD1, 2, 3, 4 - Ritardo marcatura 1, 2, 3, 4
  - in cui LD1 viene visualizzato come **Label delay 1st** (Ritardo etichetta 1°) nella pagina delle informazioni sulla scansione;
  - in cui LD4 viene visualizzato come **Label delay last** (Ritardo etichetta ultimo) nella pagina delle informazioni sulla scansione.
- PhInt - Intervallo fasi

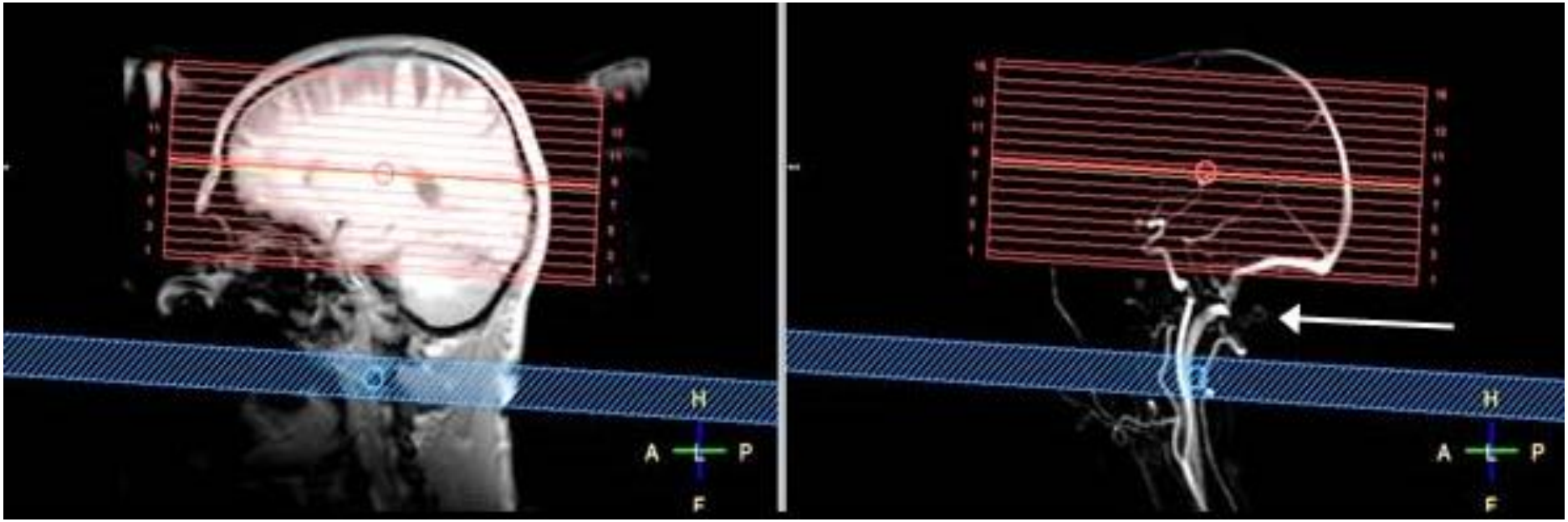
  in cui l'intervallo fasi viene visualizzato come **Label delay delta** (Ritardo etichetta delta) nella pagina delle informazioni sulla scansione.
- Dur - Durata marcatura

ASL

Prima di impostare l'ASL va eseguita una sequenza ***Phase Contrast*** per escludere il sifone carotideo nel volume di acquisizione.

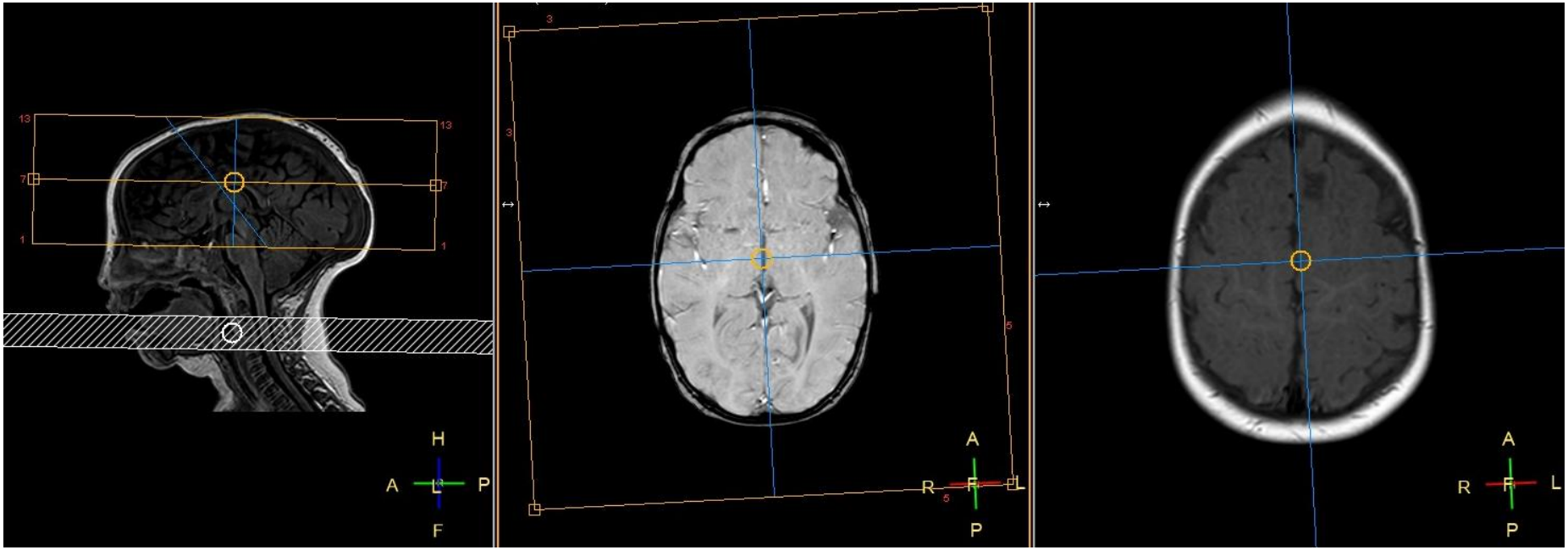
ASL

Escludere il sifone carotideo nel volume di acquisizione (indicato dalla freccia bianca).

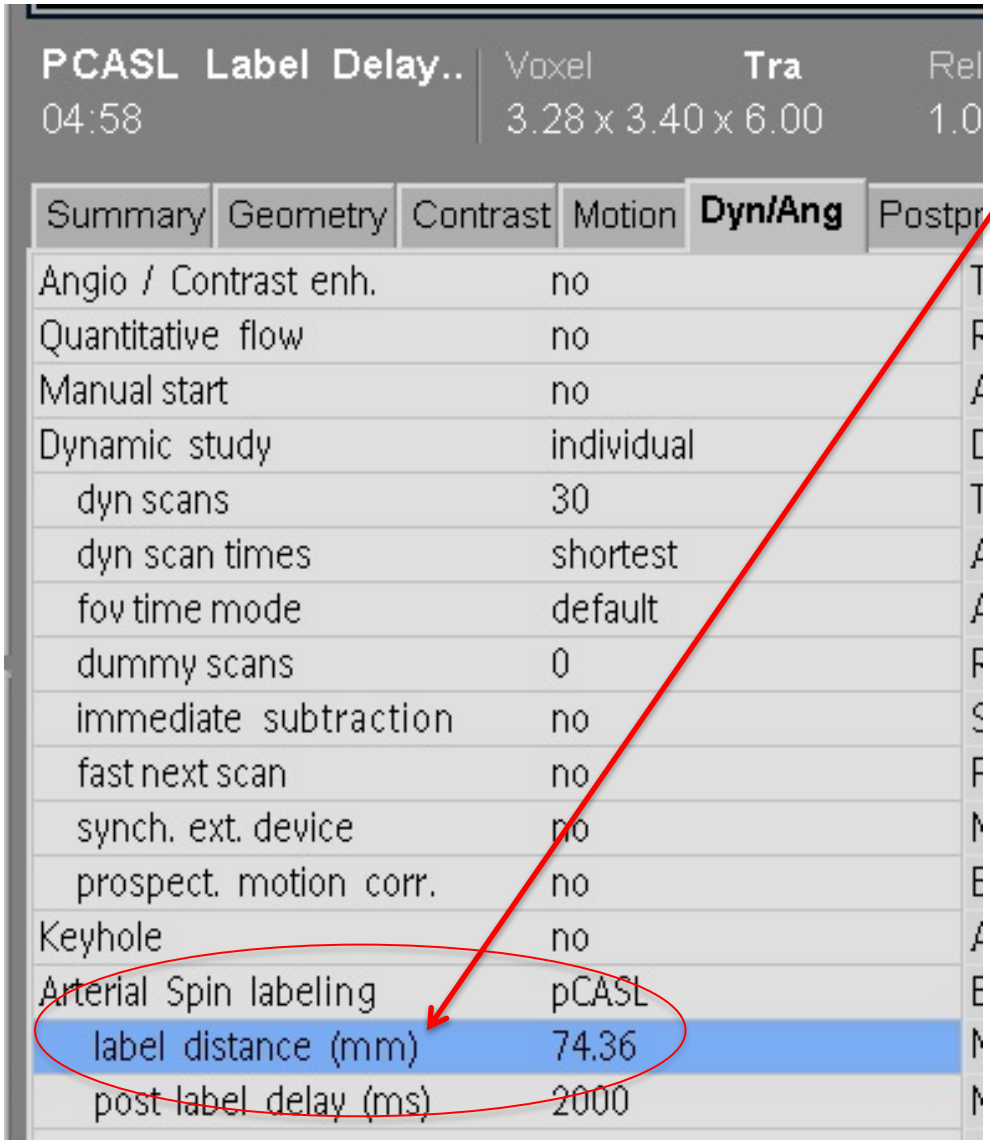


Formazione per l'eccellenza

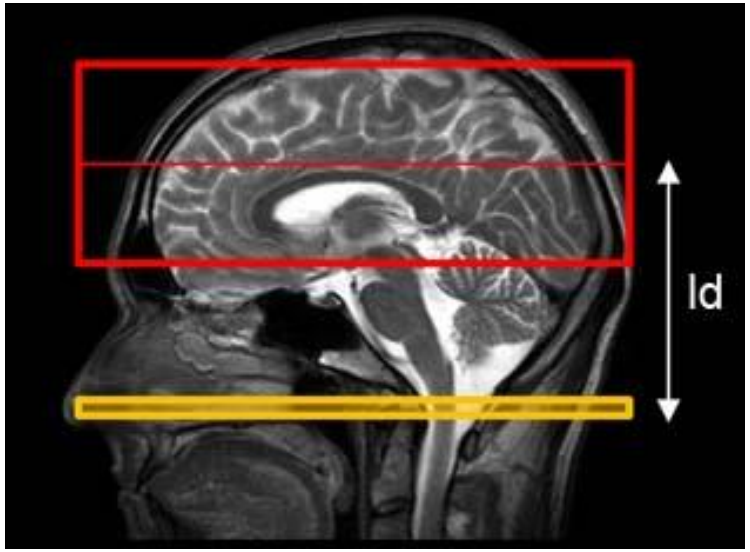
Esempio di impostazione del piano…



ASL



Label distance: determina la distanza dal centro del volume di scansione al centro del volume di *labeling*.



ASL

pCASL
04:58

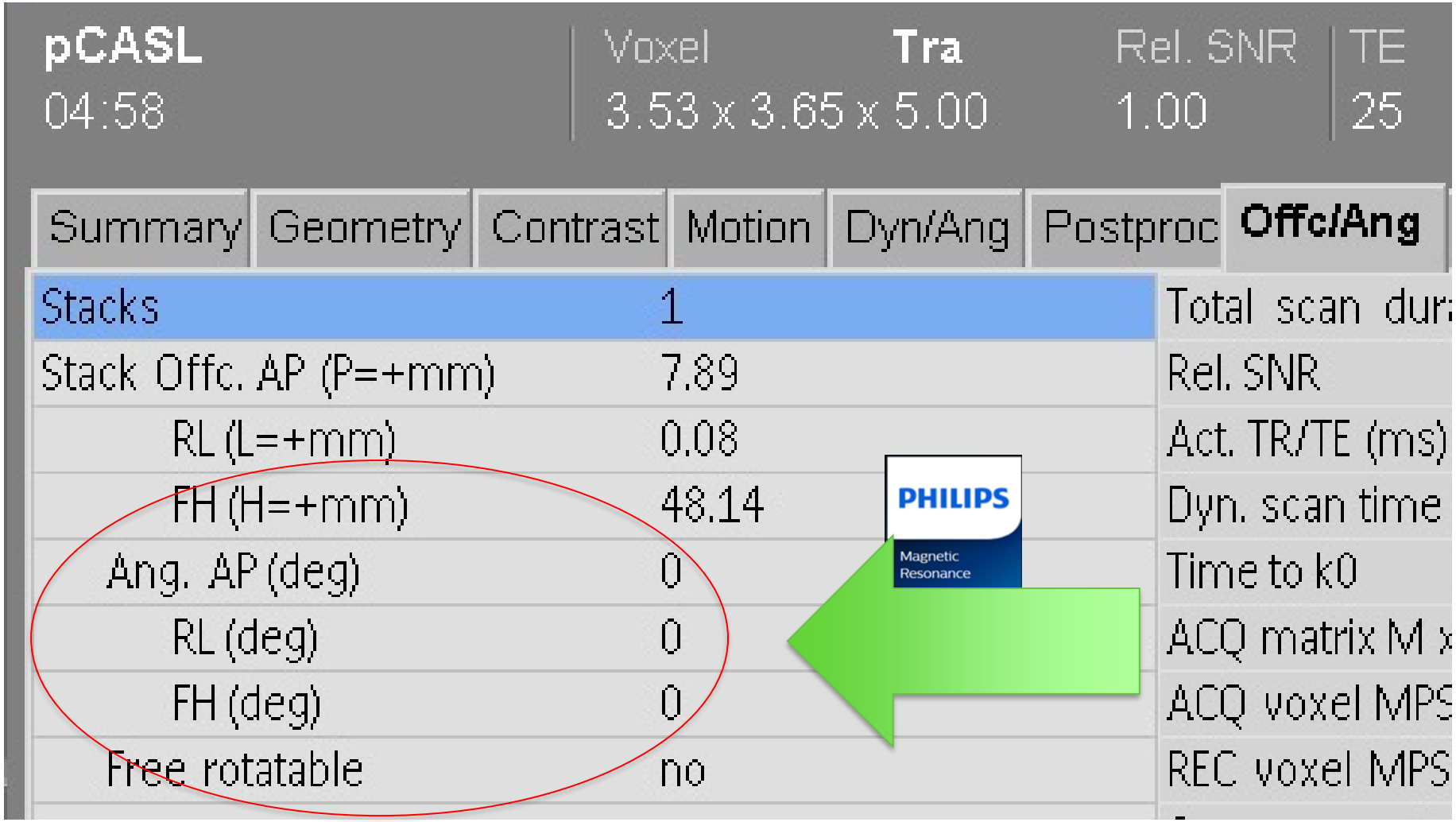
Voxel **Tra**
3.53 x 3.65 x 5.00

Summary | Geometry | Contrast | Motion | **Dyn/Ang**

Angio / Contrast enh.	no
Quantitative flow	no
Manual start	no
Dynamic study	individual
dyn scans	30
dyn scan times	shortest
fov time mode	default
dummy scans	0
immediate subtraction	no
fast next scan	no
synch. ext. device	no
prospect. motion corr.	no
Keyhole	no
Arterial Spin labeling	pCASL
label distance (mm)	90
post label delay (ms)	2000

PHILIPS Magnetic Resonance

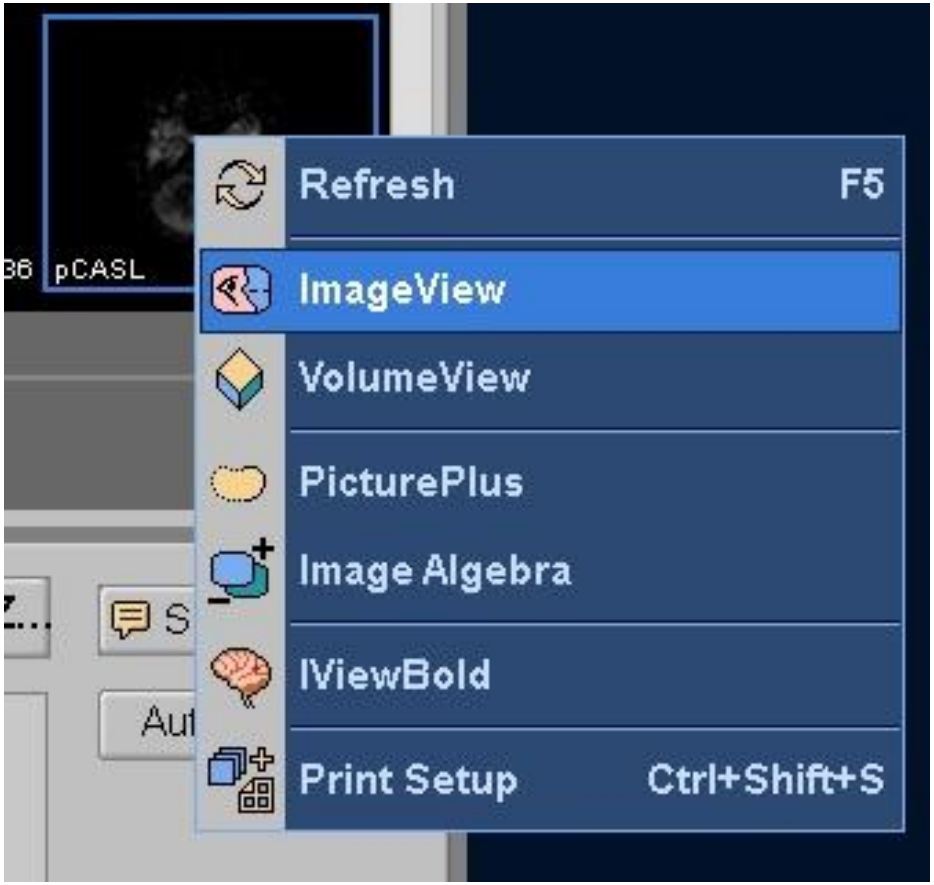
ASL



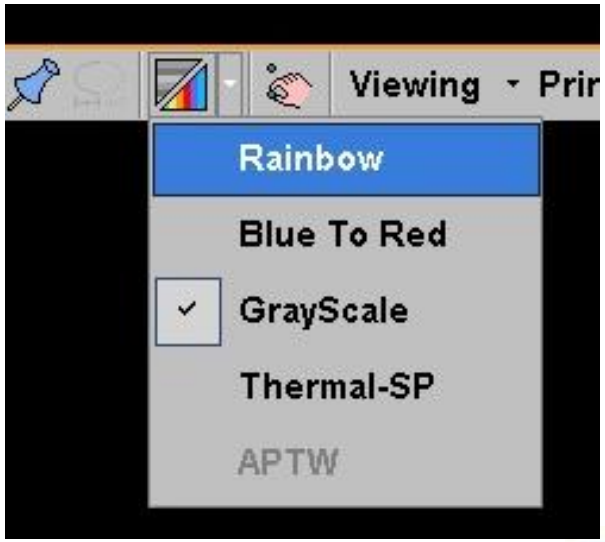
Non è obbligatorio… ma sarebbe preferibile…

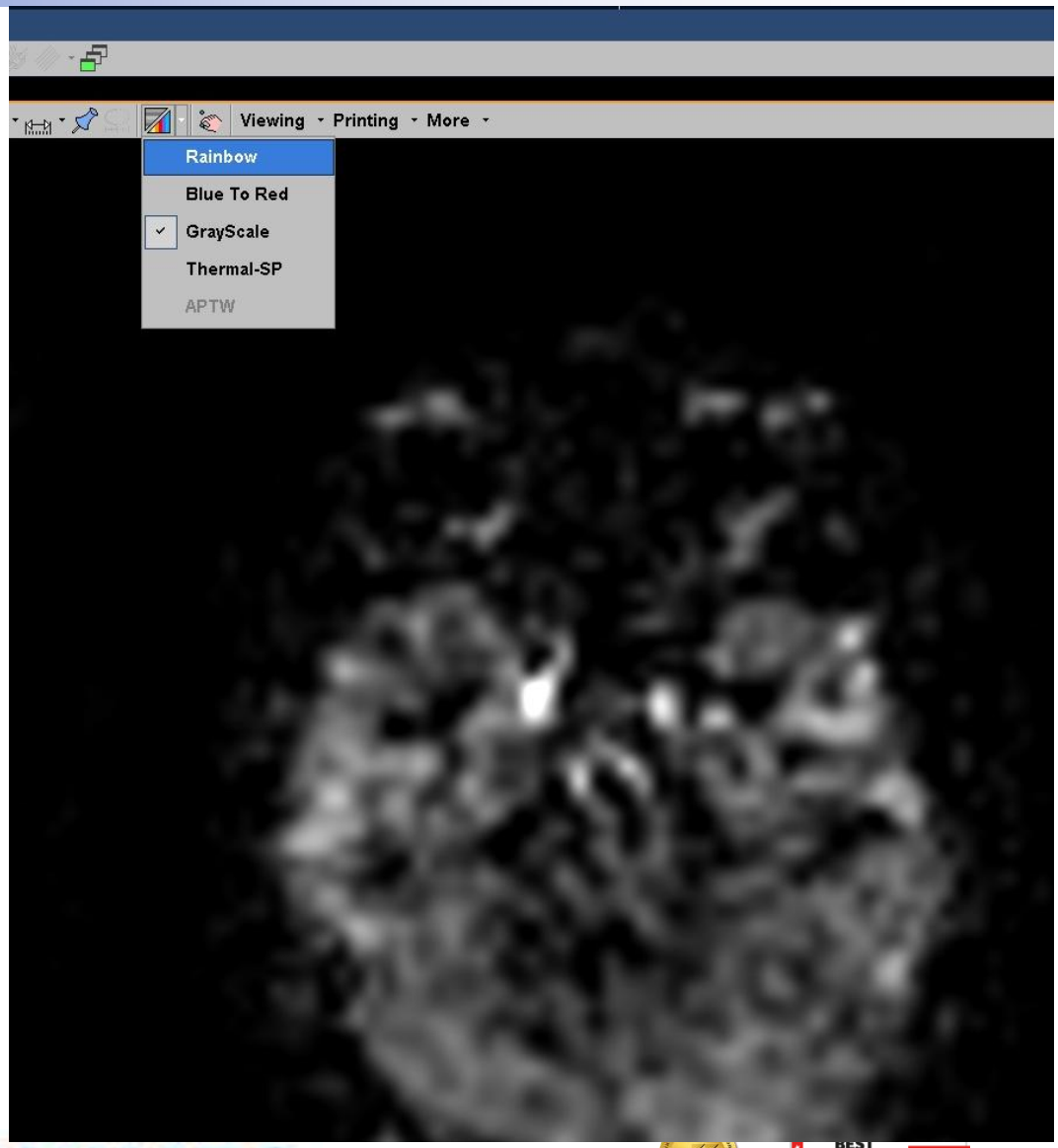
ASL

Per la ricostruzione delle immagini della sequenza di perfusione ASL (no MdC) selezionare la sequenza, cliccare con il tasto dx e andare su «Image view» …



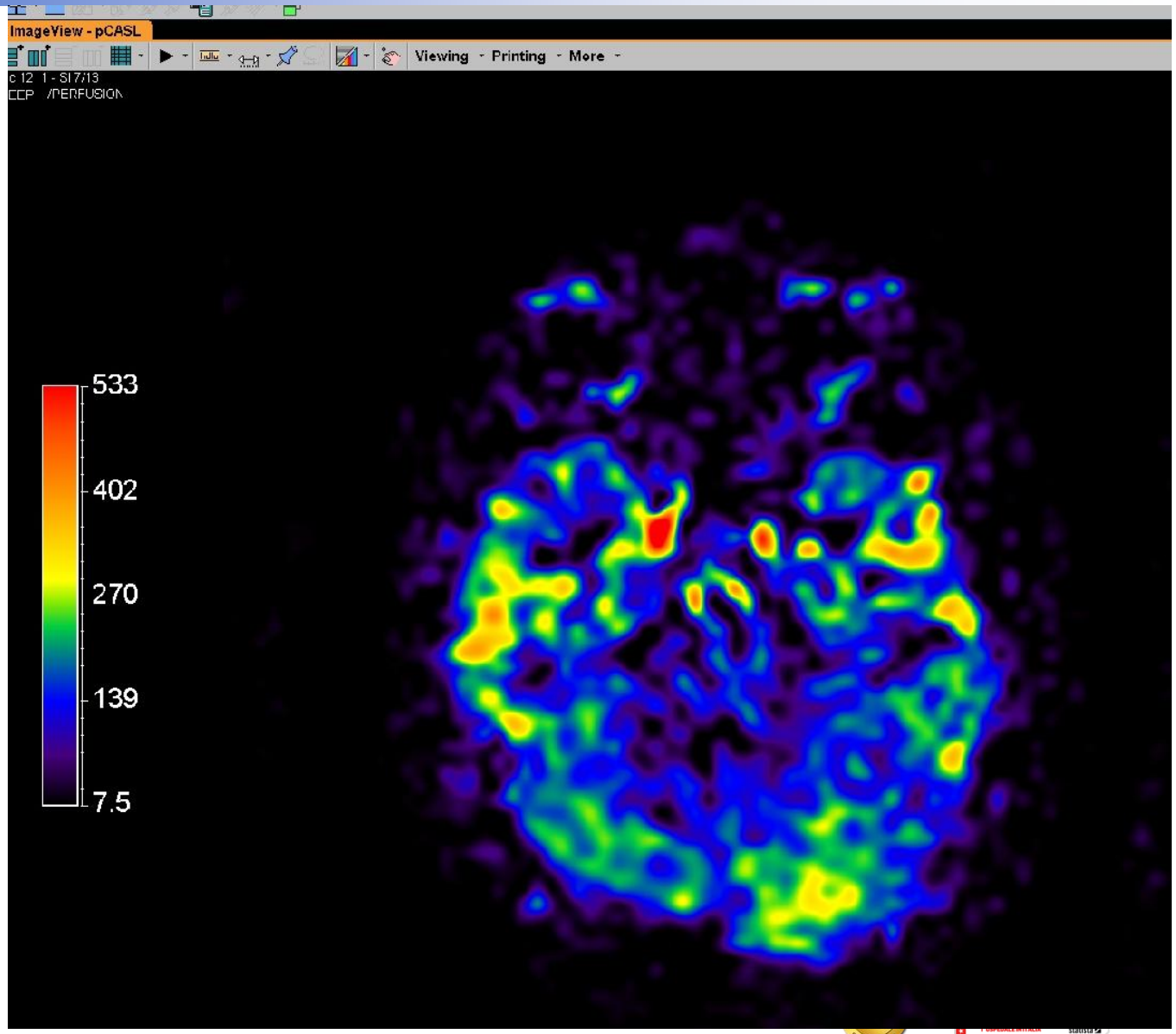
Selezionare Rainbow invece del predefinito «GrayScale» …
Sistemare la finestra nel modo corretto in modo che i vari tessuti siano visivamente distinguibili…



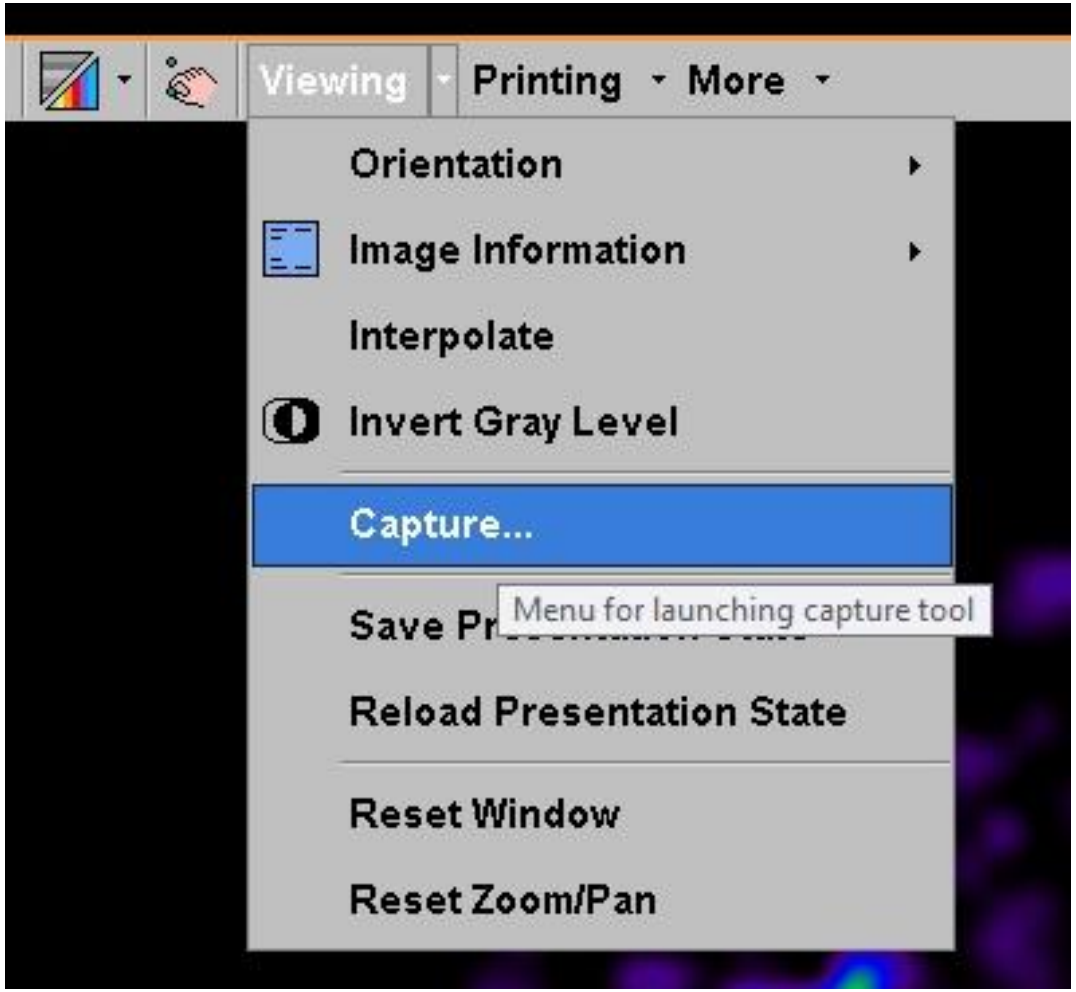


ASL

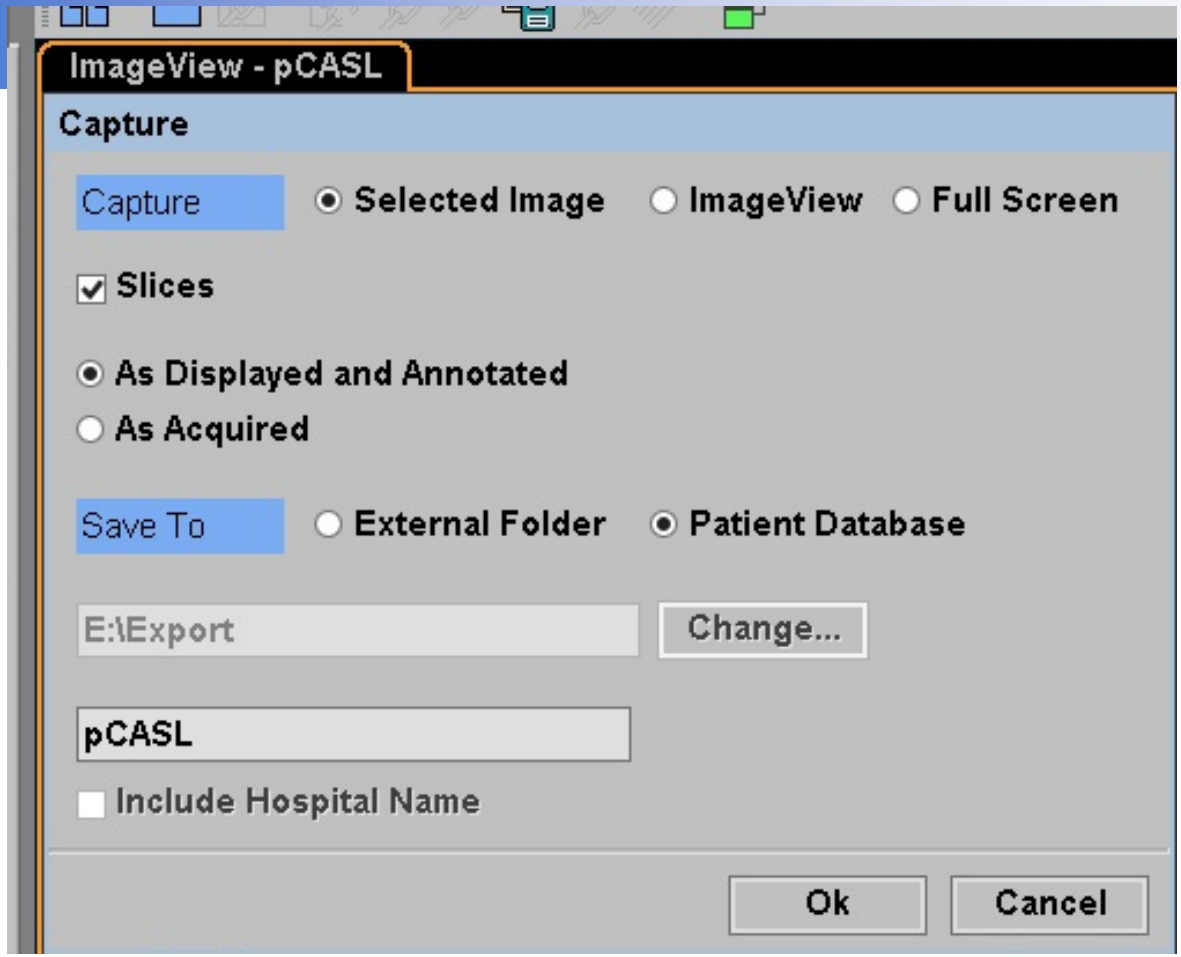
W50
L25
potrebbe essere un adeguato valore di impostazione



Per salvare le immagini Andare su «Viewing» e selezionare Capture…



ASL

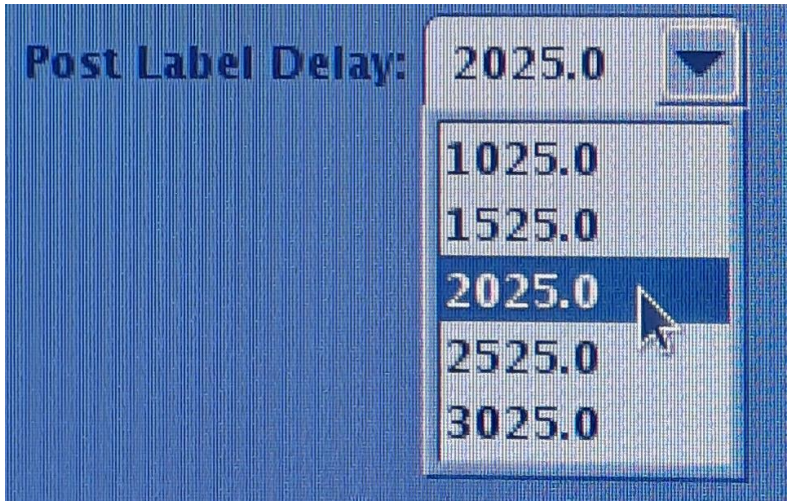


Verificare che siano presenti tutte le voci come rappresentato nella figura e fare clic su ok. Verranno salvate in questo modo 13 immagini.

ASL GE 3T

Post Label Delay:

???? :	1025
CHILD:	1525
ADULT:	2025
GERIATRIC:	2525
????:	3025

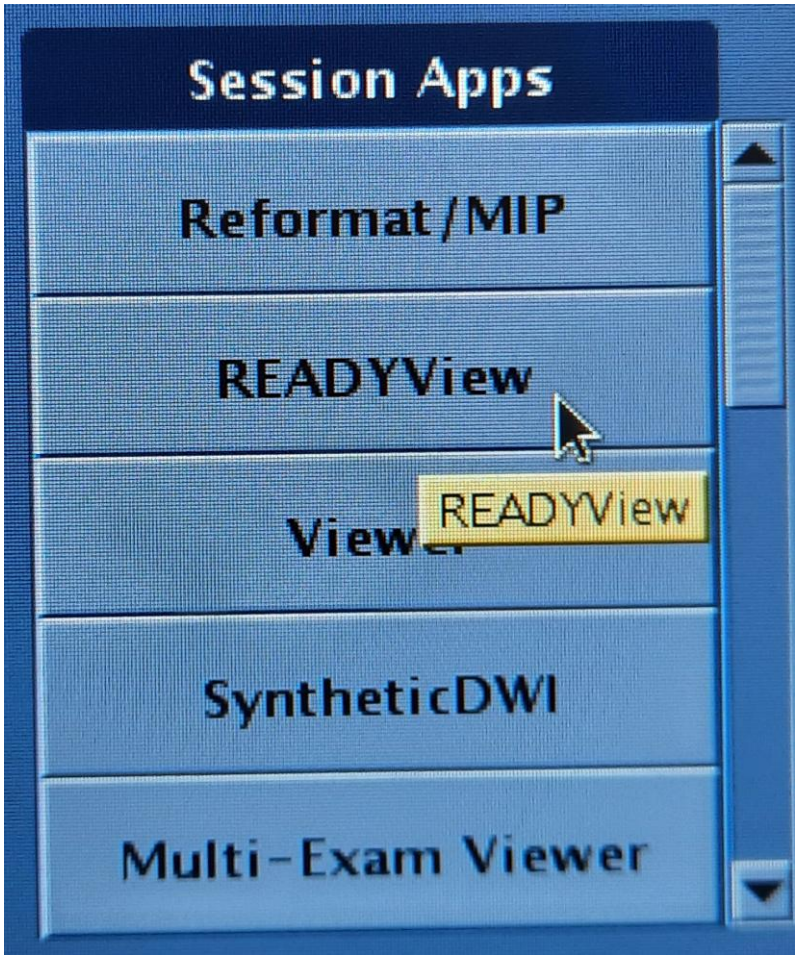


Valori non modificabili!

ASL: ricostruzione in GE

Series	Type	Images	Description	Modality	Manufacturer	Archiv
4	PROSP	160	3D Ax T1 MP-RAGE	MR	GE MEDICAL SYS...	A
5	PROSP	160	3D Ax SWAN	MR	GE MEDICAL SYS...	A
6	PROSP	236	3D Sag MRA UTE	MR	GE MEDICAL SYS...	A
7	PROSP	48	Ax T2 FSE 3mm	MR	GE MEDICAL SYS...	A
8	ASL	60	3D Ax ASL	MR	GE MEDICAL SYS...	A
200	DIFFUSION	36	DW_Synthetic: Ax DWI M...	MR	GE MEDICAL SYS...	A
210	PROSP	72	ORIG: Ax DWI MUSE b15...	MR	GE MEDICAL SYS...	A

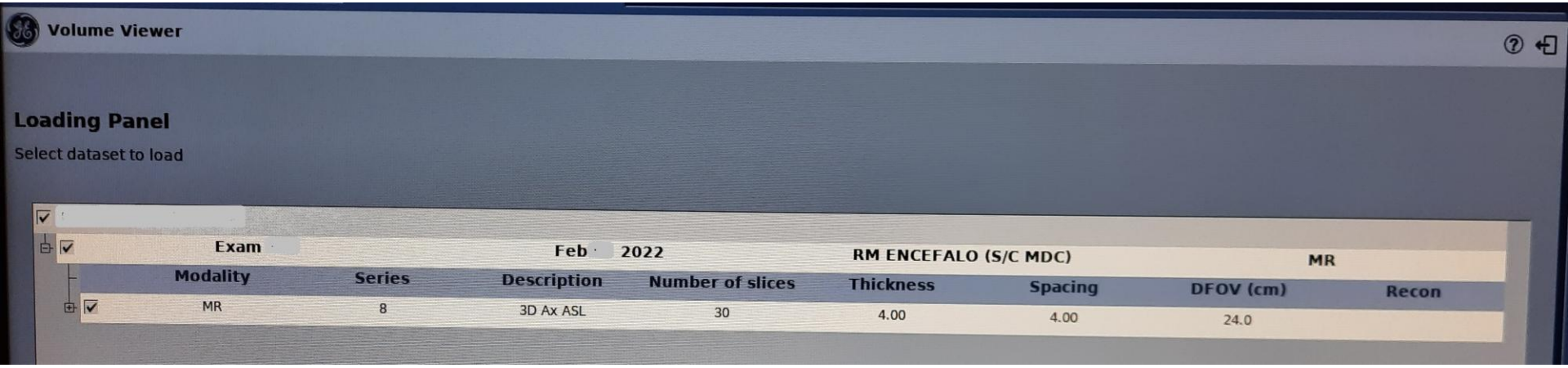
Selezionare la serie …



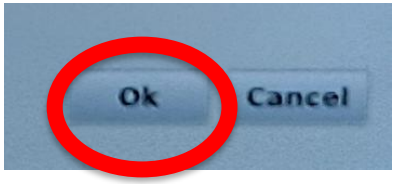
Selezionare READYView

Formazione per l'eccellenza

Apparirà questa schermata…
Confermare che sia selezionata solo la sequenza ASL e …

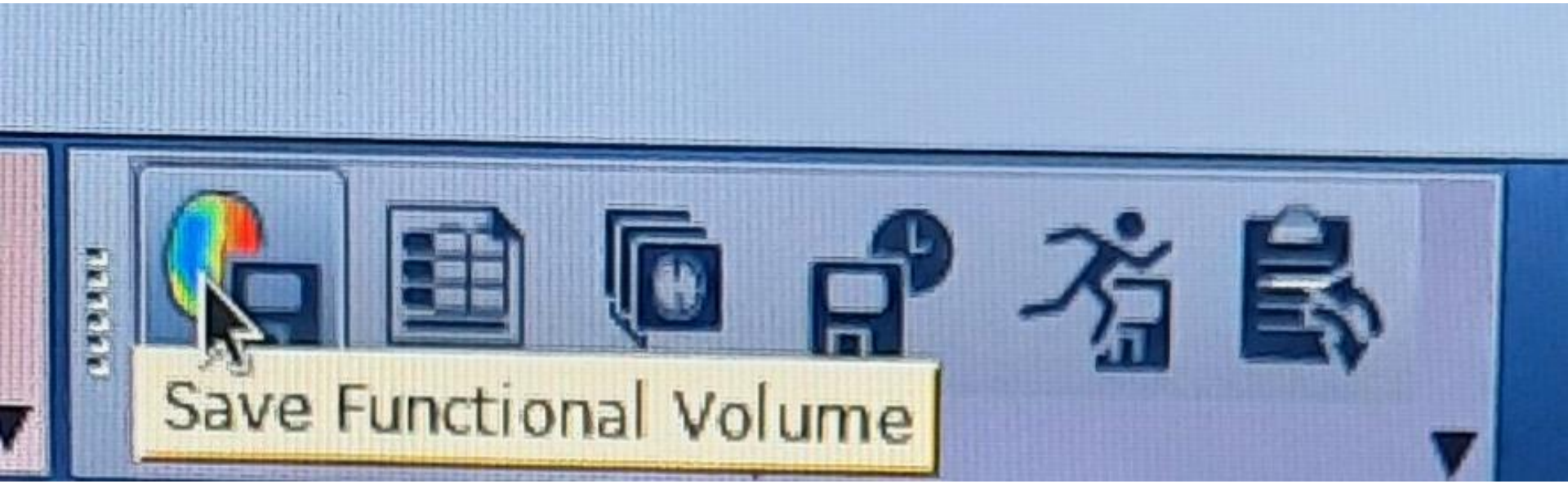


Fare clic su «Ok»

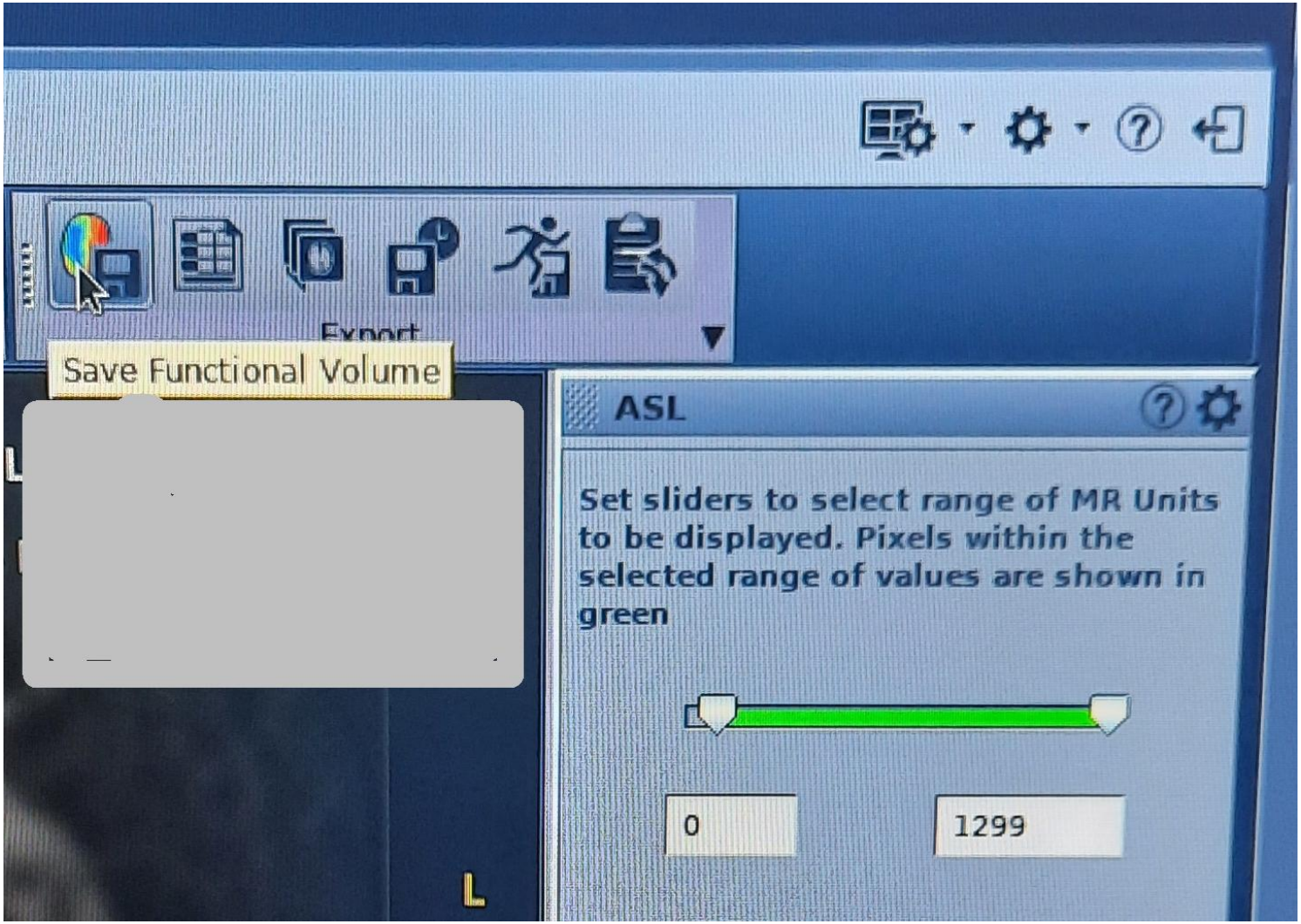


Formazione per l'eccellenza

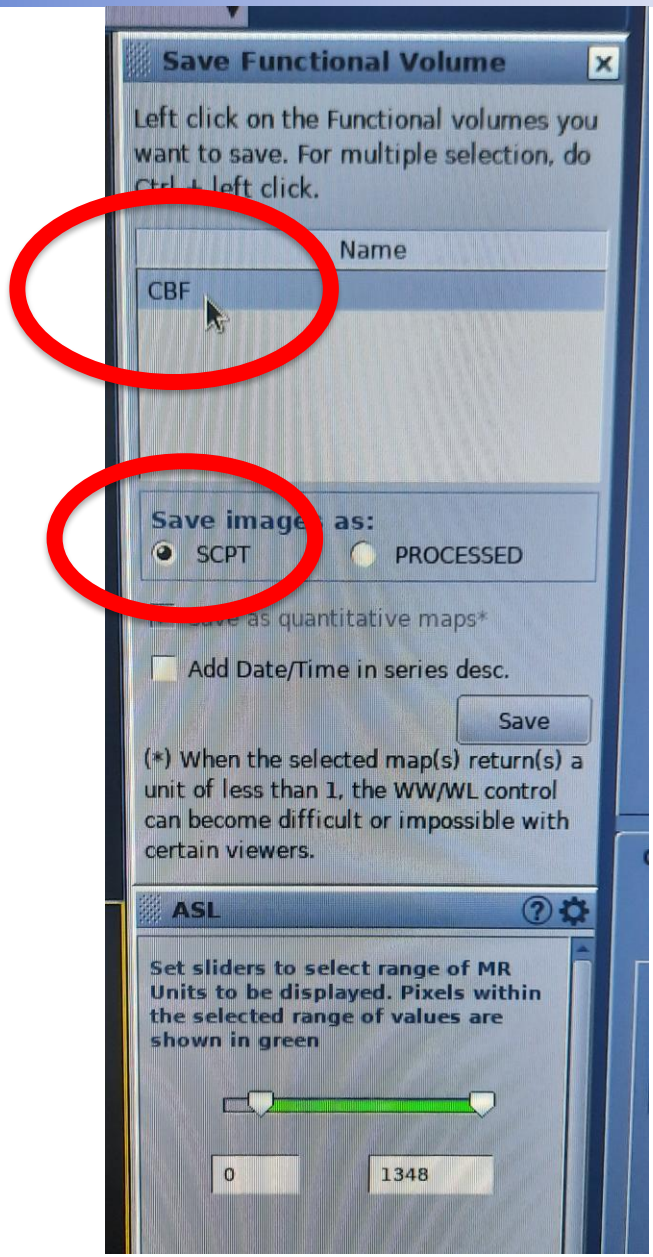
Selezionare «Save Functional Volume»



ASL

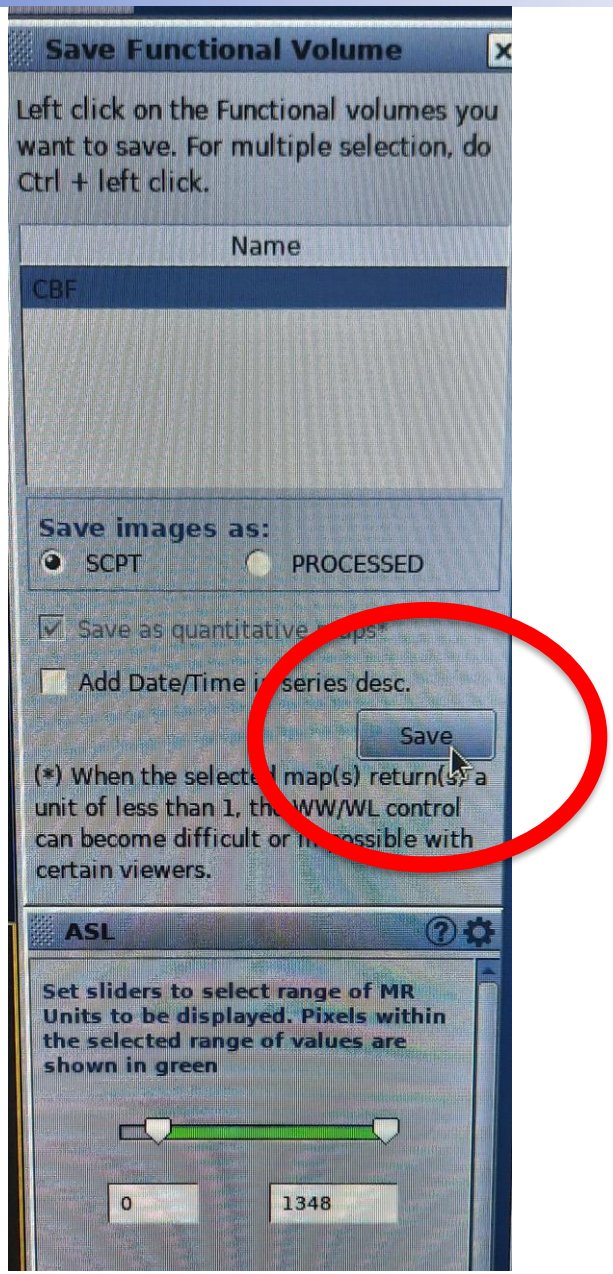

Export
Save Functional Volume
ASL
Set sliders to select range of MR Units to be displayed. Pixels within the selected range of values are shown in green
0
1299
L

ASL



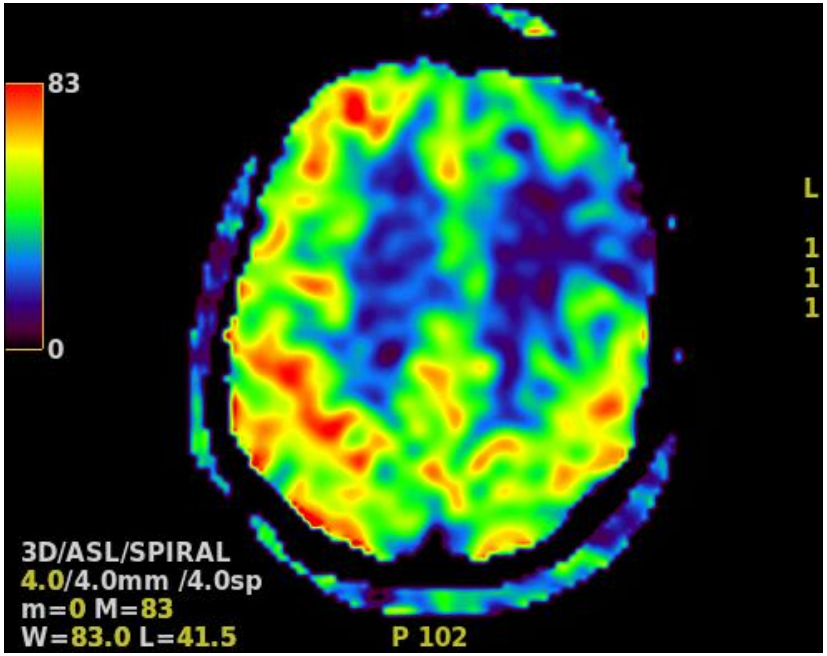
Selezionare «CBF» e Save image as: «SCPT»

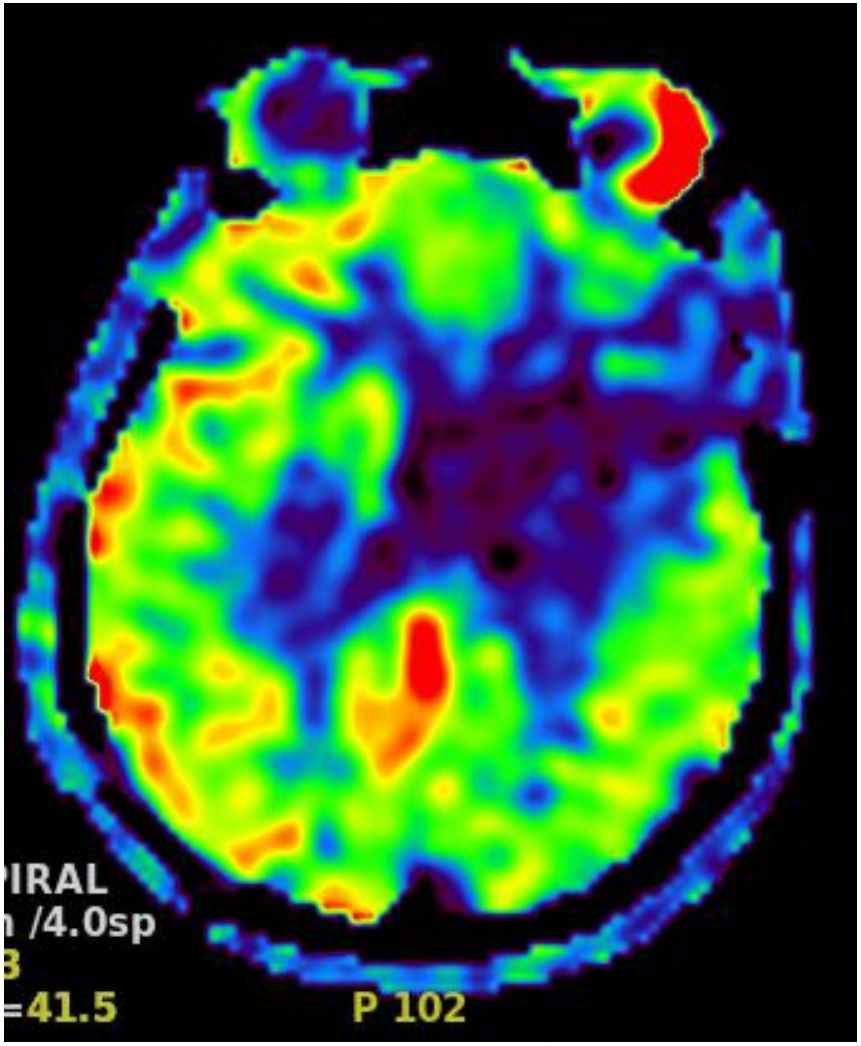
ASL



Fare clic su «Save»

ASL





A questo punto controllare le immagini salvate …

ASL e MdC

Formazione per l'eccellenza

Continuing education program: focus...

Arterial spin labeling (ASL) perfusion: Techniques and clinical use

J.-C. Ferré [a, b, c, d], E. Bannier [b, c, d], H. Raoult [a, b, c, d], G. Mineur [a], B. Carsin-Nicol [a], J.-Y. Gauvrit [a, b, c, d]

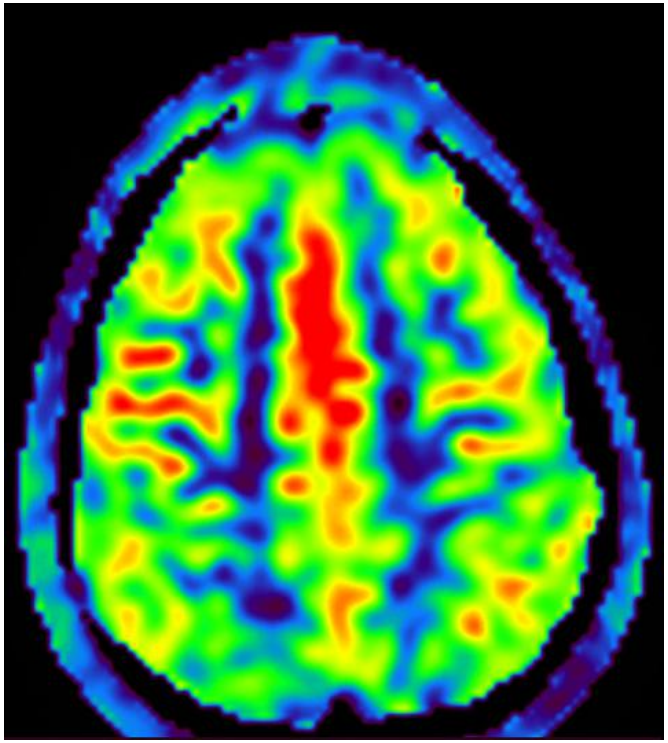
Post-gadolinium arterial spin labeling

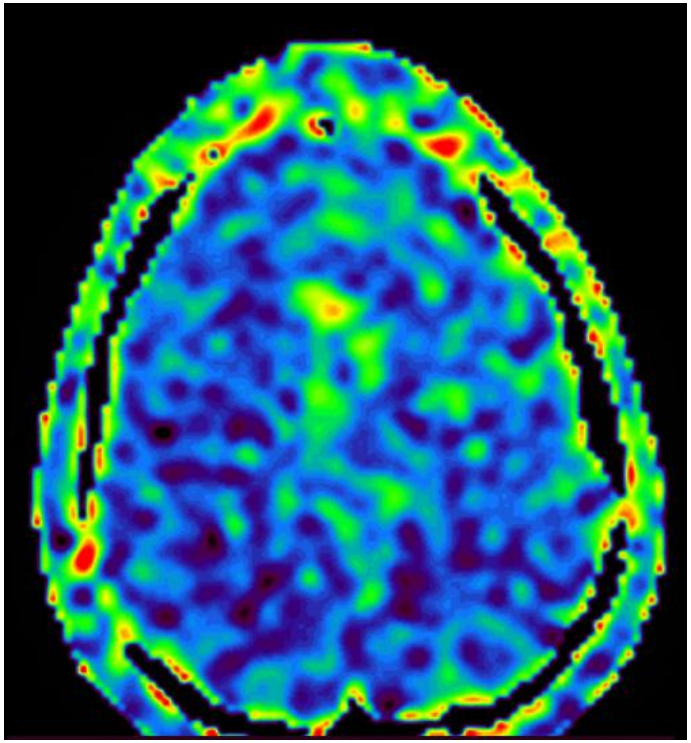
Gadolinium contrast media significantly reduce the T1 of the blood. This shortening is such that, after labeling by ASL, it is not possible to detect the minor difference between the labeled and control images. Therefore, it is not possible to carry out an ASL sequence immediately after the injection of gadolinium. A minimum of 12 hours seems necessary with respect to the half-life of gadolinium contrast media.

https://doi.org/10.1016/j.diii.2013.06.010

Formazione per l'eccellenza

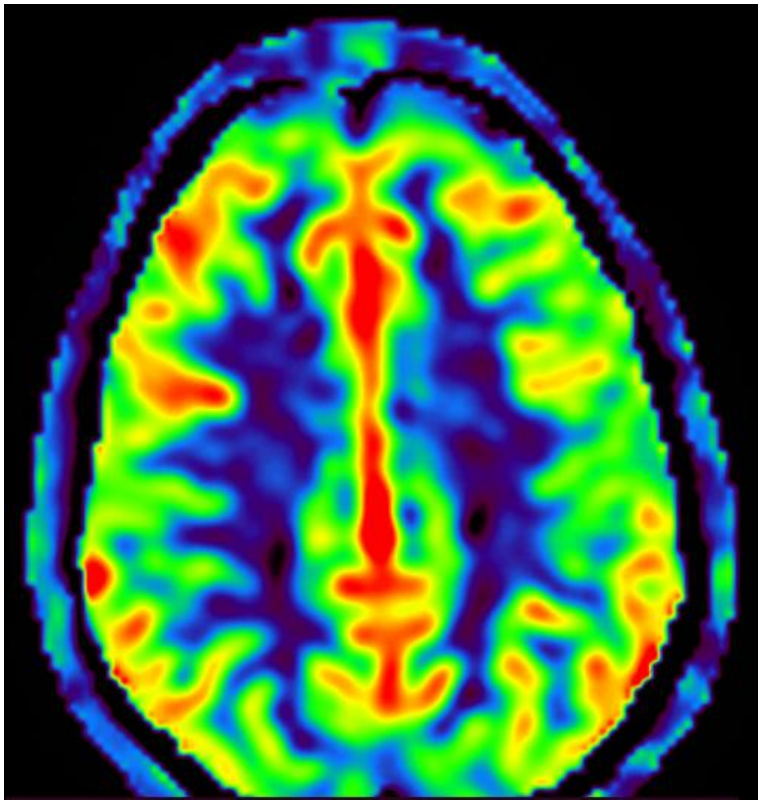
ASL Pre-MdC ASL Post-MdC

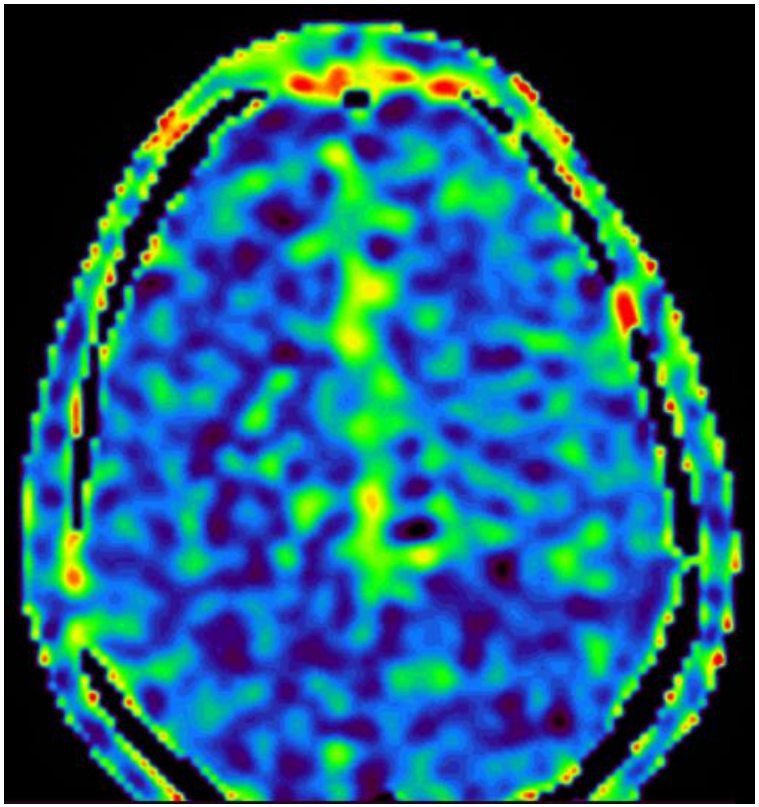




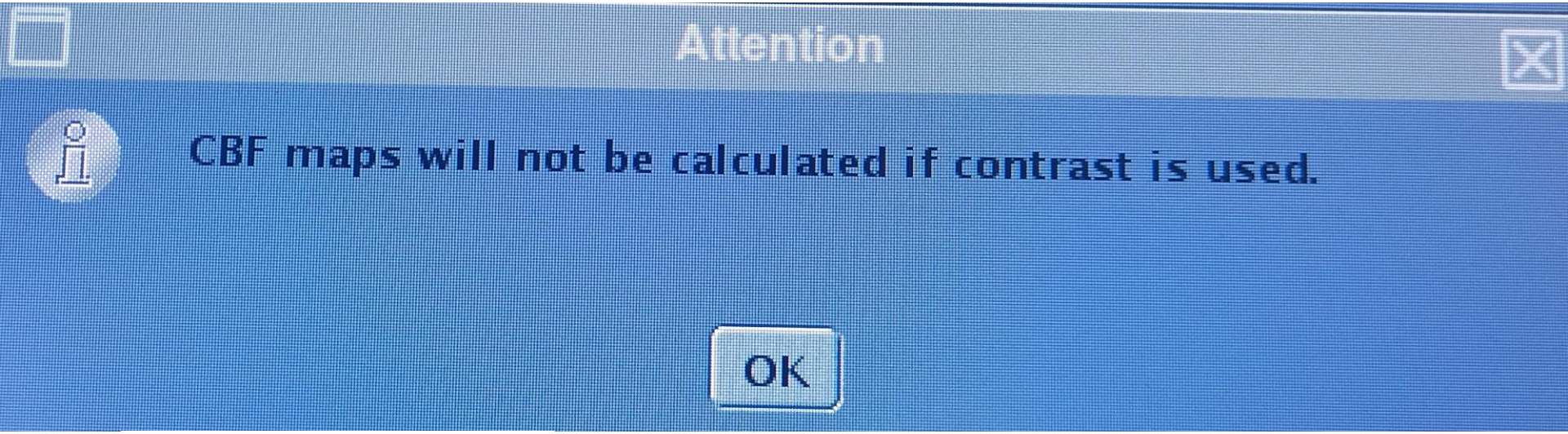
Formazione per l'eccellenza

ASL Pre-MdC ASL Post-MdC





ASL e MdC

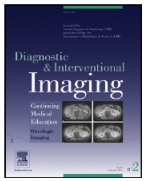


GE Healthcare

Articoli

Diagnostic and Interventional Imaging (2013) **94**, 1211—1223

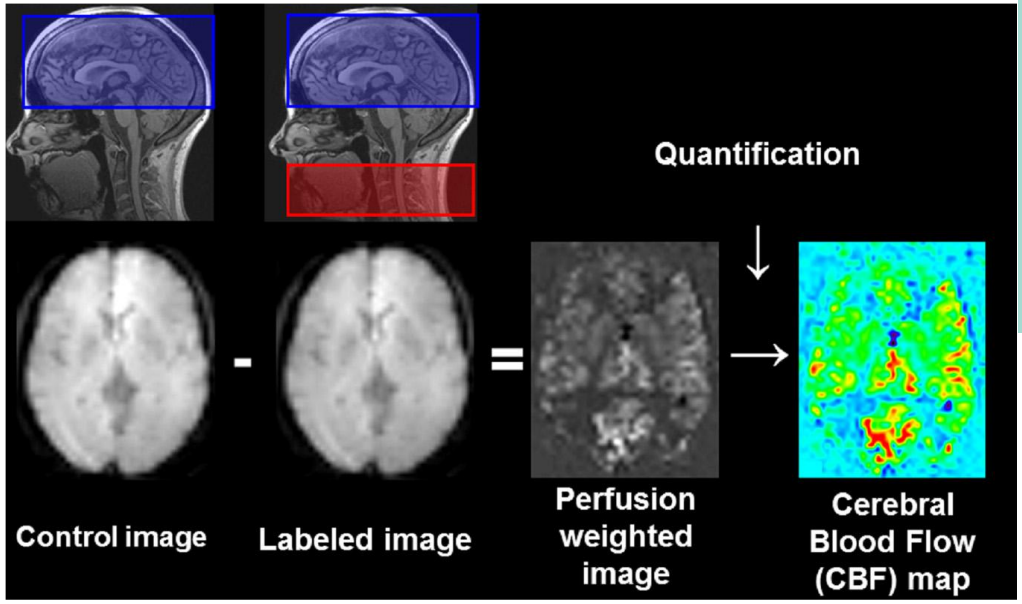
ELSEVIER MASSON



CONTINUING EDUCATION PROGRAM: FOCUS...

Arterial spin labeling (ASL) perfusion: Techniques and clinical use

CrossMark



Advantages of ASL

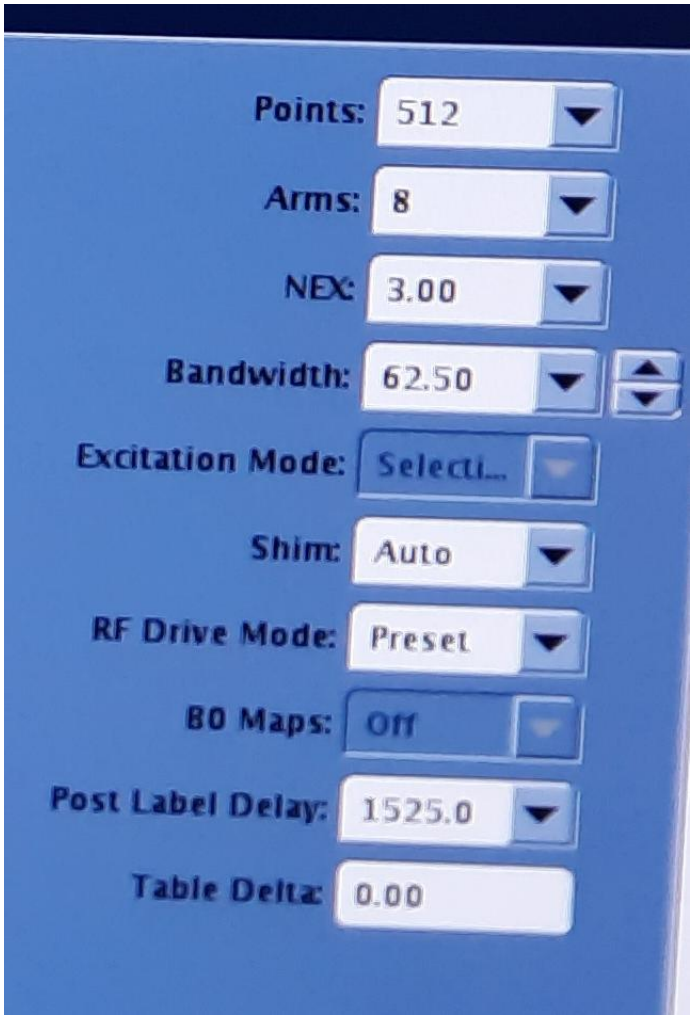
- No irradiation
- No injection of exogenous contrast medium
- Absolute quantification possible of the tissue blood flow and the arterial transit time
- Repeated measurements possible
- Reproducibility

Disadvantages of ASL

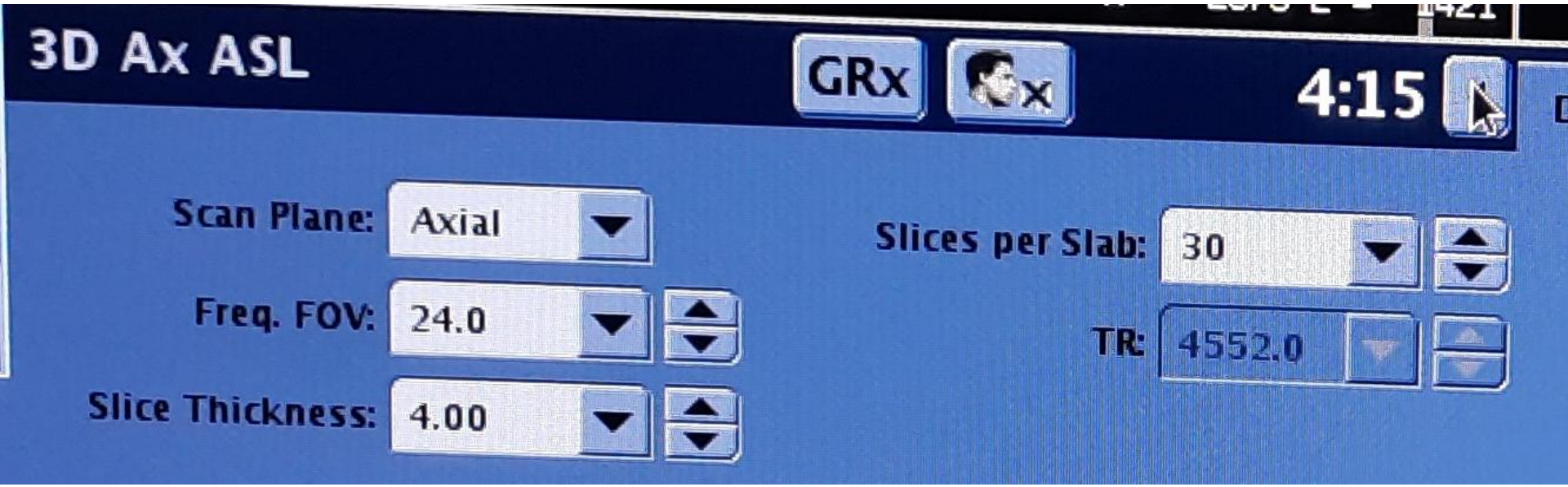
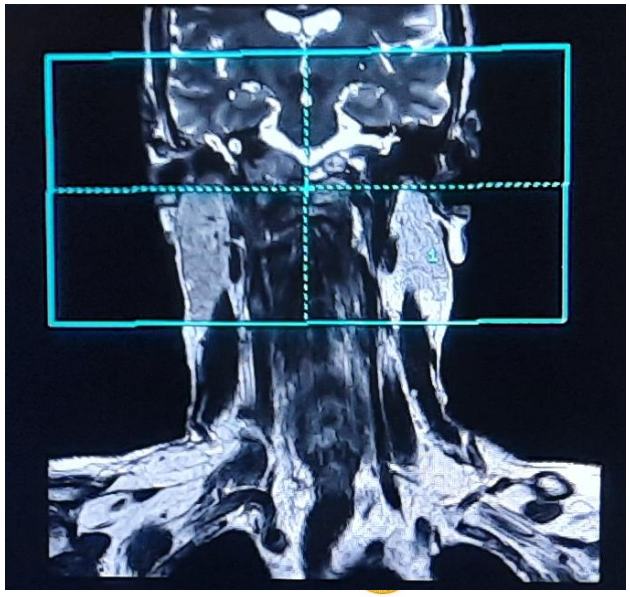
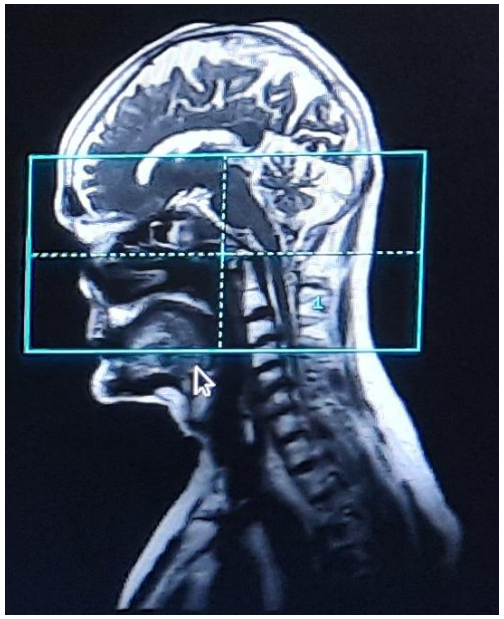
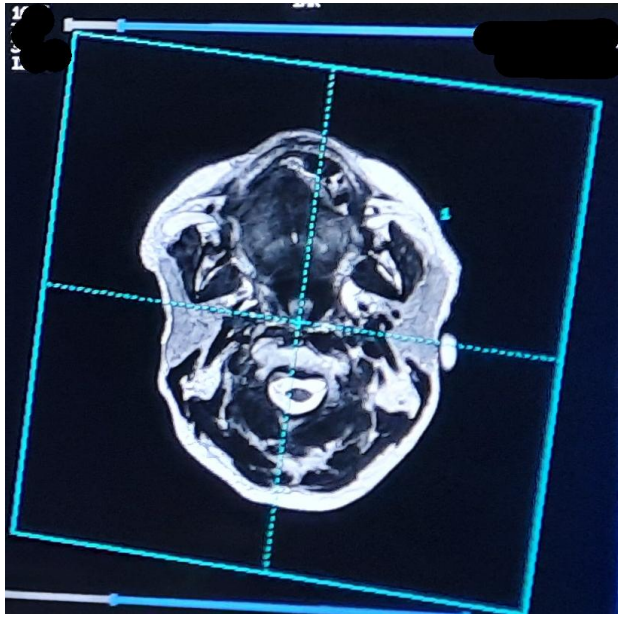
- Low signal-noise ratio
- Minimum acquisition time: 3 min
- Limited spatial resolution
- Quantification of the tissue blood volume impossible (ex: cerebral blood volume)
- Absence of harmonization of techniques (type of labeling, image acquisition, post-treatment) between the manufacturers
- Post-treatment optimization, automation and standardization still in development

ASL Collo

La sequenza ha un campionamento spirale, va impostata in Ax pura
Posizionare bobina AIR anteriormente anche se si utilizza la bobina Neurovascular, affinchè il tagging di controllo abbia il segnale necessario per rilevare la velocità di flusso sottostante la velocità di acquisizione.
Post Label delay: 1525. da non variare! A differenza dell'ASL sul cranio non si utilizza mappa CBF. Si studia il tessuto e non la velocità del flusso del vaso.



ASL Collo


3D Ax ASL
GRx
4:15
Scan Plane:
Axial
Freq. FOV:
24.0
Slice Thickness:
4.00
Slices per Slab:
30
TR:
4552.0