

虚血

~ischemia~



IMS(イムス) グループ

横浜新都市脳神経外科病院
画像診療部 平久保 拓



Yokohamashintoshi.NS.Hosp

- 虚血の病態
- 虚血のイメージング
- 実際の症例

- 虚血の病態
- 虚血のイメージング
- 実際の症例

虚血とは

- 臓器や組織に流入する血液の量が必要量に比し著しく減少した状態。その部位に変性・萎縮・壊死などをきたす。

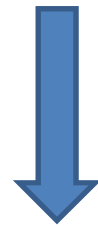
大辞林 第三版

完全虚血

心停止



脳全体の血流が途絶える



エネルギーの蓄積は約5分で底をつく
高エネルギーリン酸化合物(クレアチンリン酸)
もすぐに底をつく

嫌氣的解糖↑

乳酸が局所に蓄積

局所のpHが低下



膜の分解が進み脂肪酸が遊出してくる

局所虚血

虚血巣の中心部

局所脳血流10~12ml/100g/分以下



イオンポンプ障害
エネルギー代謝障害

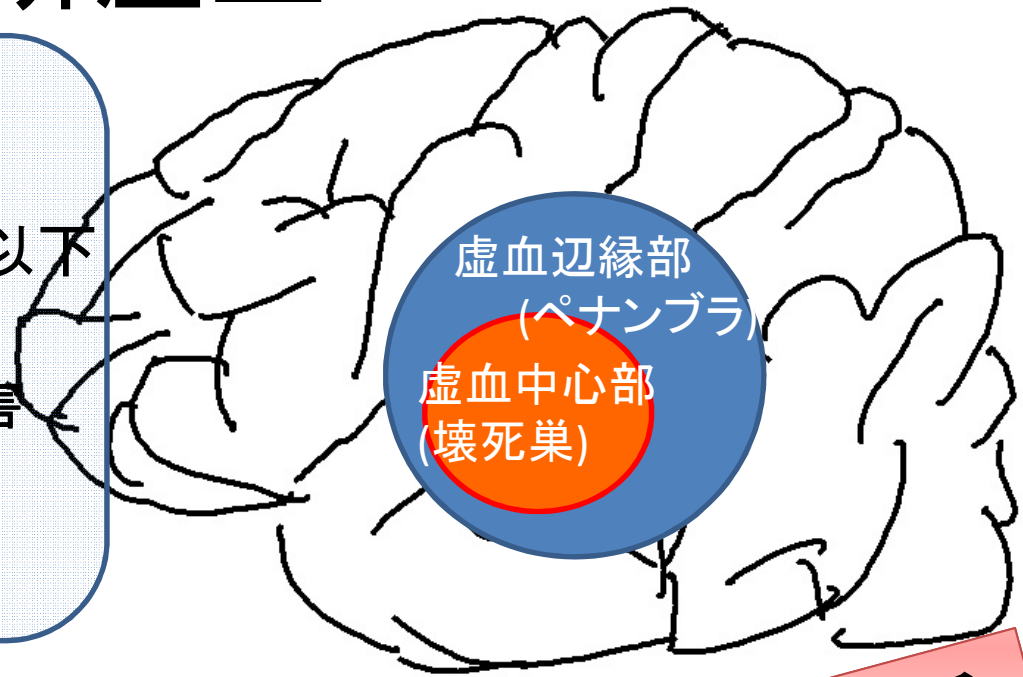
脳組織の壊死

虚血巣の辺縁部

局所脳血流16~30ml/100g/分以下

電気生理学的障害 神経機能障害

脳組織は壊死していない



可逆性がある

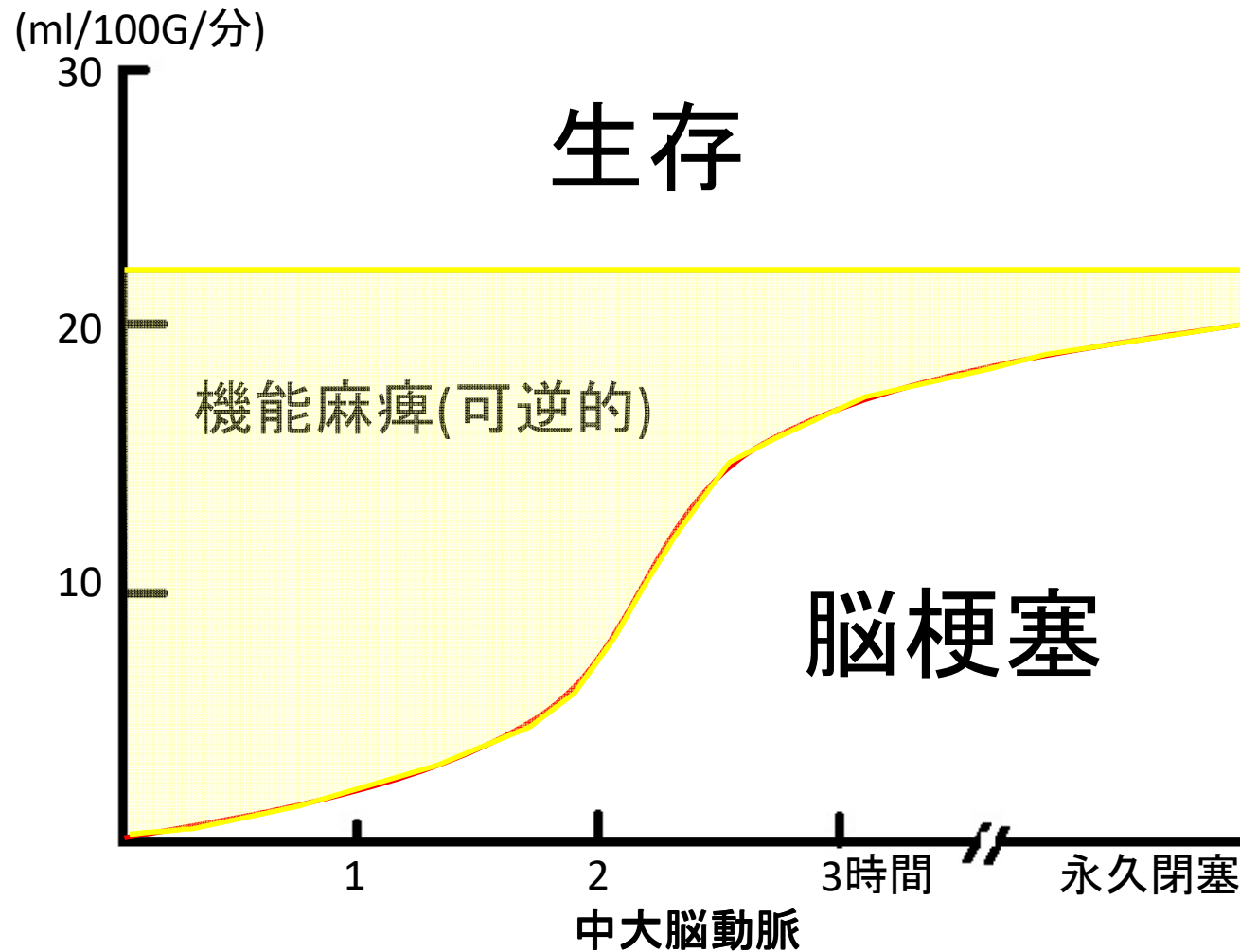
ペナumbra(penumbra)

脳血流量と神経機能

脳血流量 (ml/100g/分)	機能閾値	機能障害
40～60	正常	正常
20～30	神経機能障害	機能障害始まる 意識障害、高次機能障害
16～20	電気生理学的障害	脳波の平坦化 誘発電位の消失
10～12	イオンポンプ障害	Na-Kポンプ障害 cytotoxic edemaの開始
10以下	代謝障害	細胞内代謝障害 細胞内エネルギー代謝障害

※標準脳神経外科学 (医学書院)

脑血流量，虚血持続時間，神経細胞の関係



急性期脳梗塞にできること

4.5h以内

- ・血栓溶解薬静注 rt-PA(アルテプラゼ)を投与

フィブリン親和性が高く、血栓に特異的に吸着し血栓中でプラスミノーゲンをプラスミンに変える。

そのプラスミンがフィブリンを分解することで血栓を溶解する。

8h以内

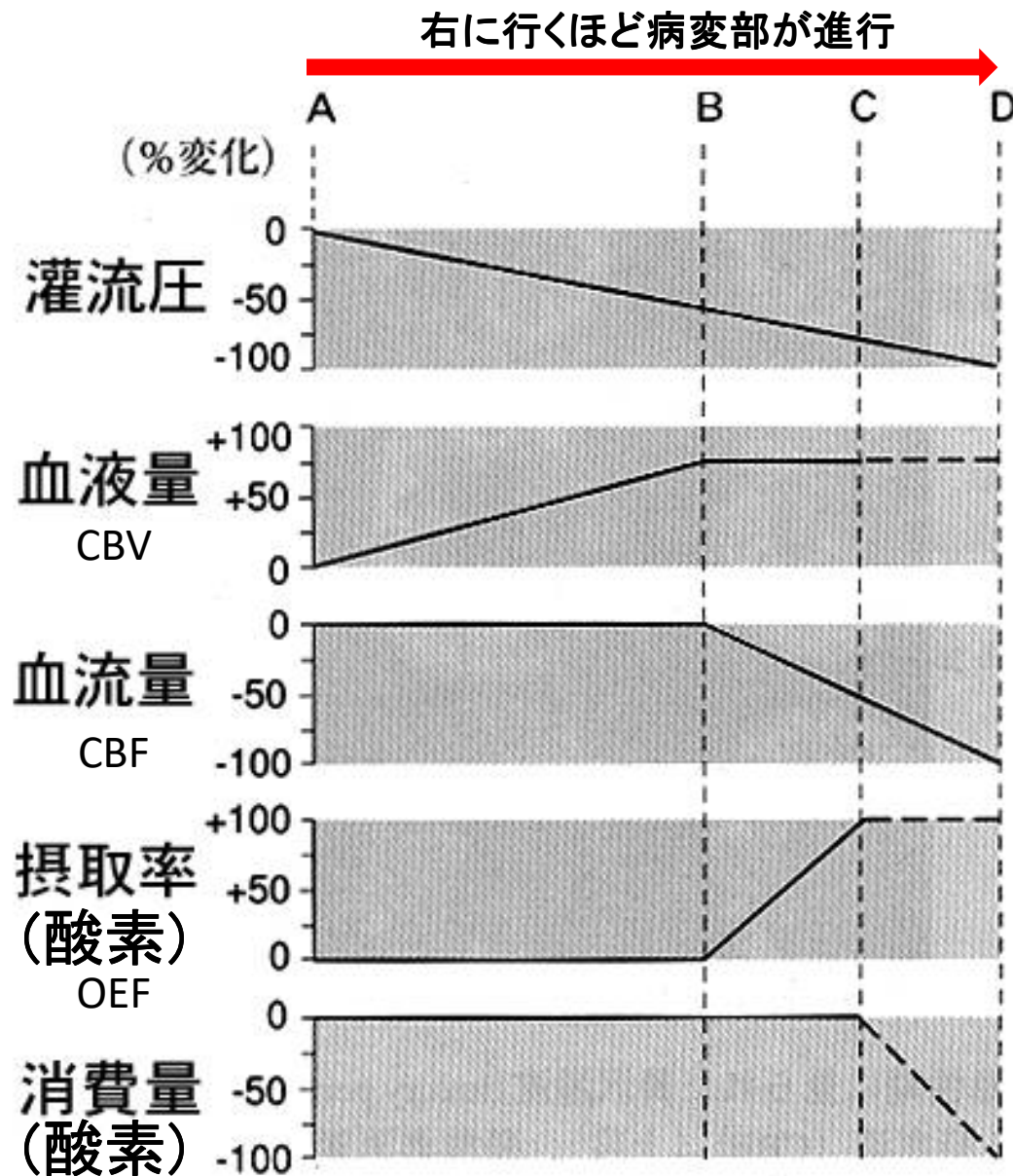
注射や点滴で血管内に注入、血栓(血の塊)を溶かす薬剤
(血栓溶解剤)

- ・IVR血栓回収療法 血栓を溶かすのではなく、絡め取る 吸い取る

rt-PAが無効もしくは適応外(4.5時間)

発症から8時間以内の脳梗塞患者が対象

脳の灌流圧低下による循環の変化



A-B → 循環予備能

B-C → 代謝予備能

C-D → 脳梗塞へ
(不可逆的变化)

時間軸と可逆性

● 急性脳塞栓症

- 脳血管拡張反応×→脳酸素摂取率max
酸素代謝量↓

※*Ischemic core*+ *Ischemic penumbra*

- ✓ 血栓溶解、IVR血栓回収療法を行う

● 進行性脳卒中(脳卒中に至らないものも含む)

- 脳灌流低下→血管拡張反応・脳酸素摂取率↑

※*misery perfusion*

- ✓ Bypass、CEA、CAS等が選択される

- 虚血の病態
- 虚血のイメージング
- 実際の症例

脳血流評価法 *~Ischemic imaging~*

● CT

- ✓ perfusion CT(CBF,CBV,MTT,TTP)

● MR

- ✓ perfusion MR(CBF,CBV,MTT,TTP)
- ✓ ASL(arterial spin labeling)

● 核医学検査

- ✓ SPECT(ダイアモックス負荷試験)
- ✓ PET($^{15}\text{O}_2$ を使用し脳血液量を測定 : OEF,CBV)

脳血流評価法 *~Ischemic imaging~*

● CT

✓ perfusion CT(CBF,CBV,MTT,TTP) 1999~(@当院)

● MR

✓ perfusion MR(CBF,CBV,MTT,TTP)

✓ ASL(arterial spin labeling) 2015~(@当院)

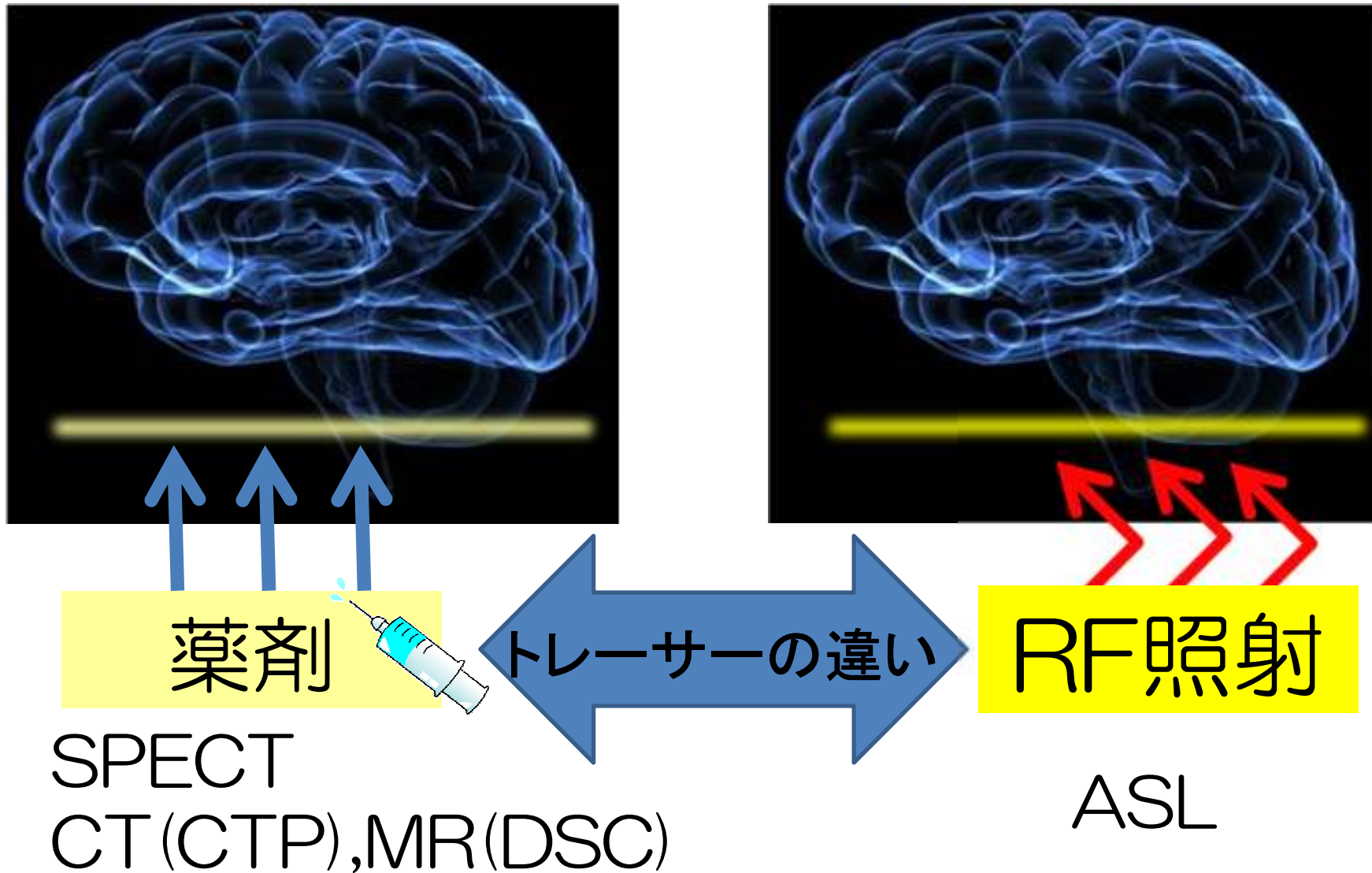
● 核医学検査

本日はこの2項目

✓ SPECT(ダイアモックス負荷試験)

✓ PET($^{15}\text{O}_2$ を使用し脳血液量を測定)

ASL(arterial spin labeling)



- PASL

Pulsed ASL

- pCASL *Pulsed Continuouse ASL*
Pseudo-cotinuouce ASL

- CASL *Continuouse ASL*

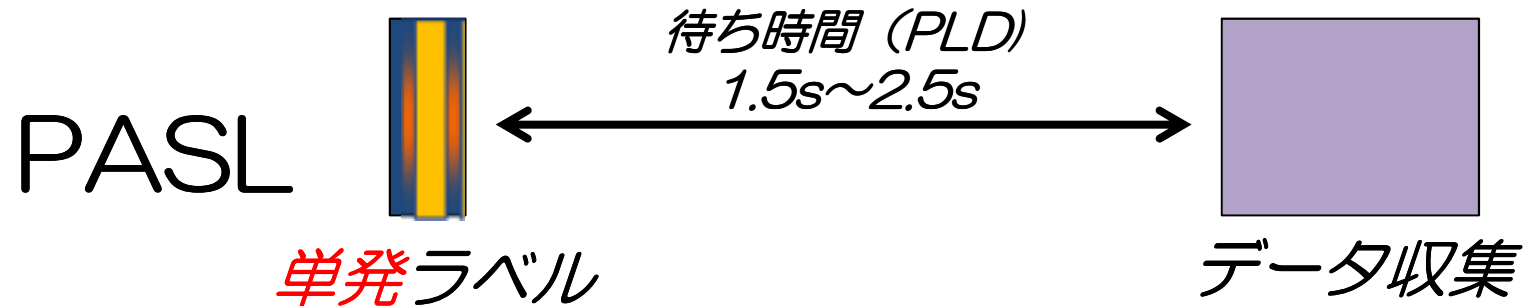
- PASL

Pulsed ASL

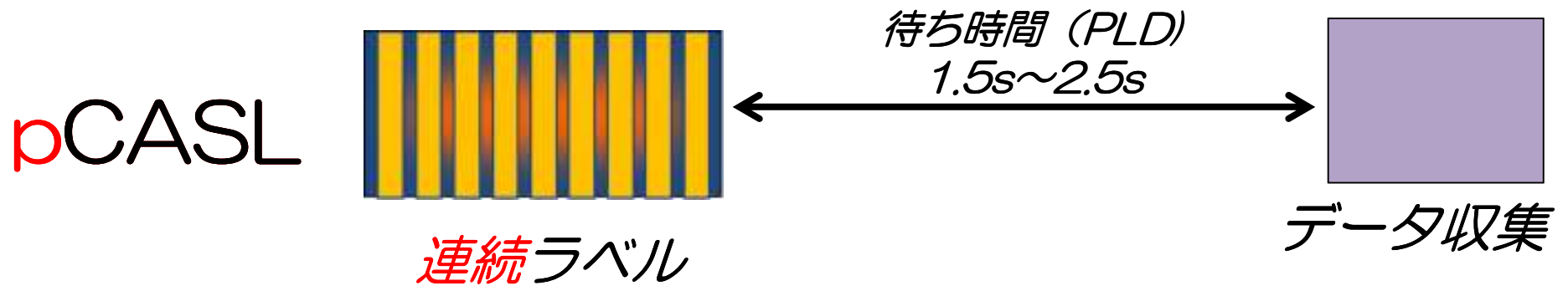
- pCASL *Pulsed Continuouse ASL*
Pseudo-cotinuouce ASL

- CASL *Continuouce ASL*

PASLとpCASLの原理の違い

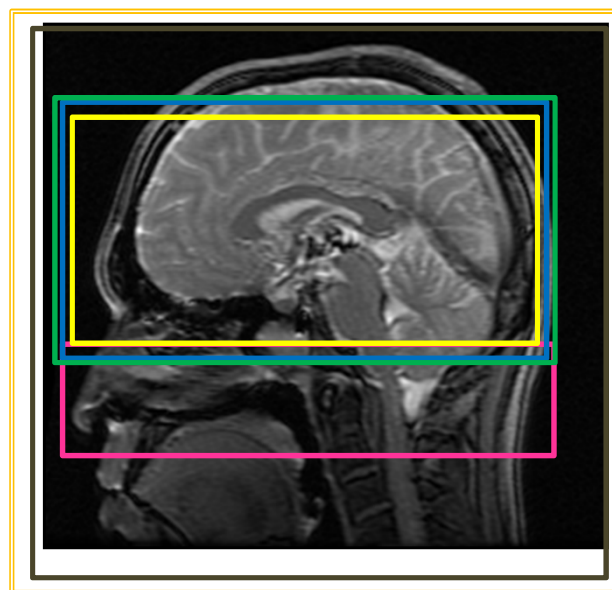
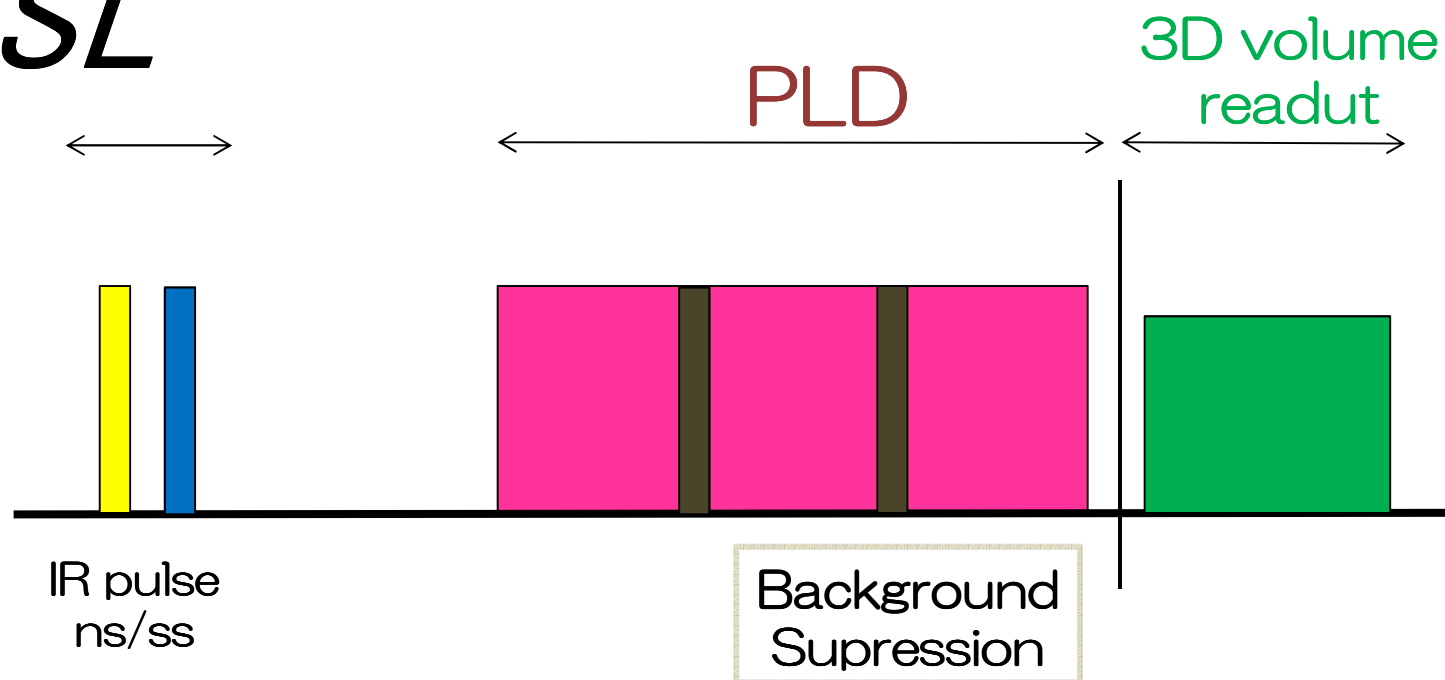


T1緩和が短い ラベル範囲が広い



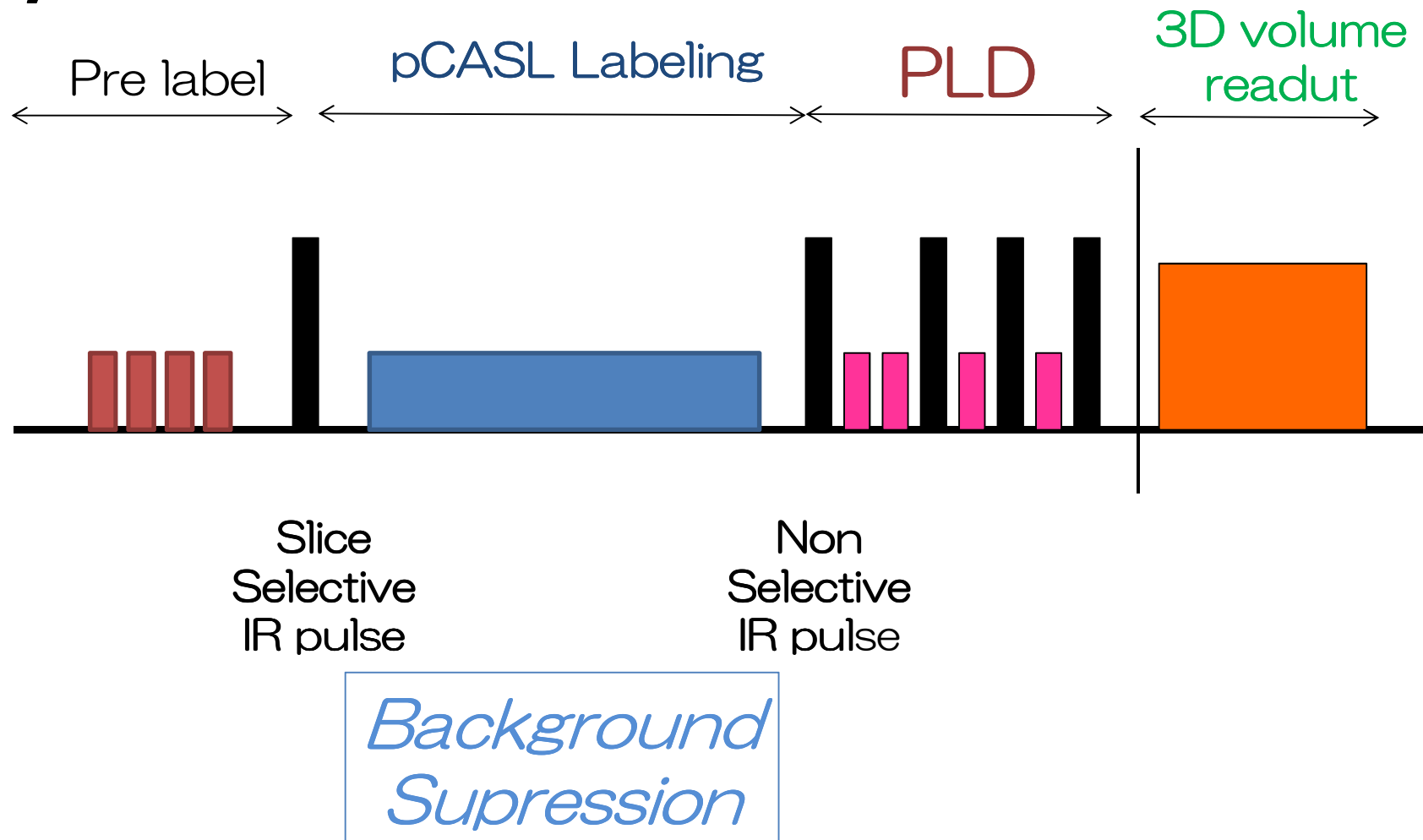
T1緩和が長い ラベル範囲が狭い

PASL



- 撮像slice
- Inversion pulse ss
- Inversion pulse ns
- Saturation pulse
- Periodic Saturation pulse
- Background Suppression

pCASL



ASLの撮影イメージ

撮影領域

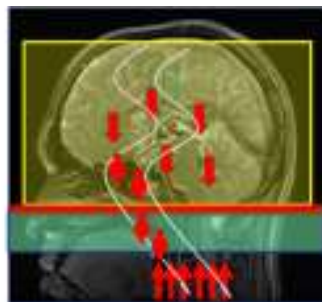
↓ ラベルされた血液
(RFによりスピンの反転)

2cm下方にラベリング

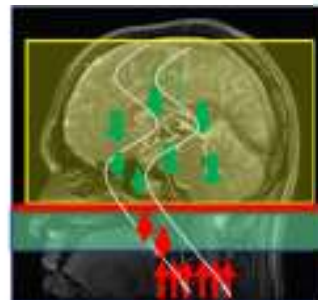
RF照射 (ラベル領域)

↑ 血液 (動脈)

Non Contrast Enhanced MR Perfusion



Control
image

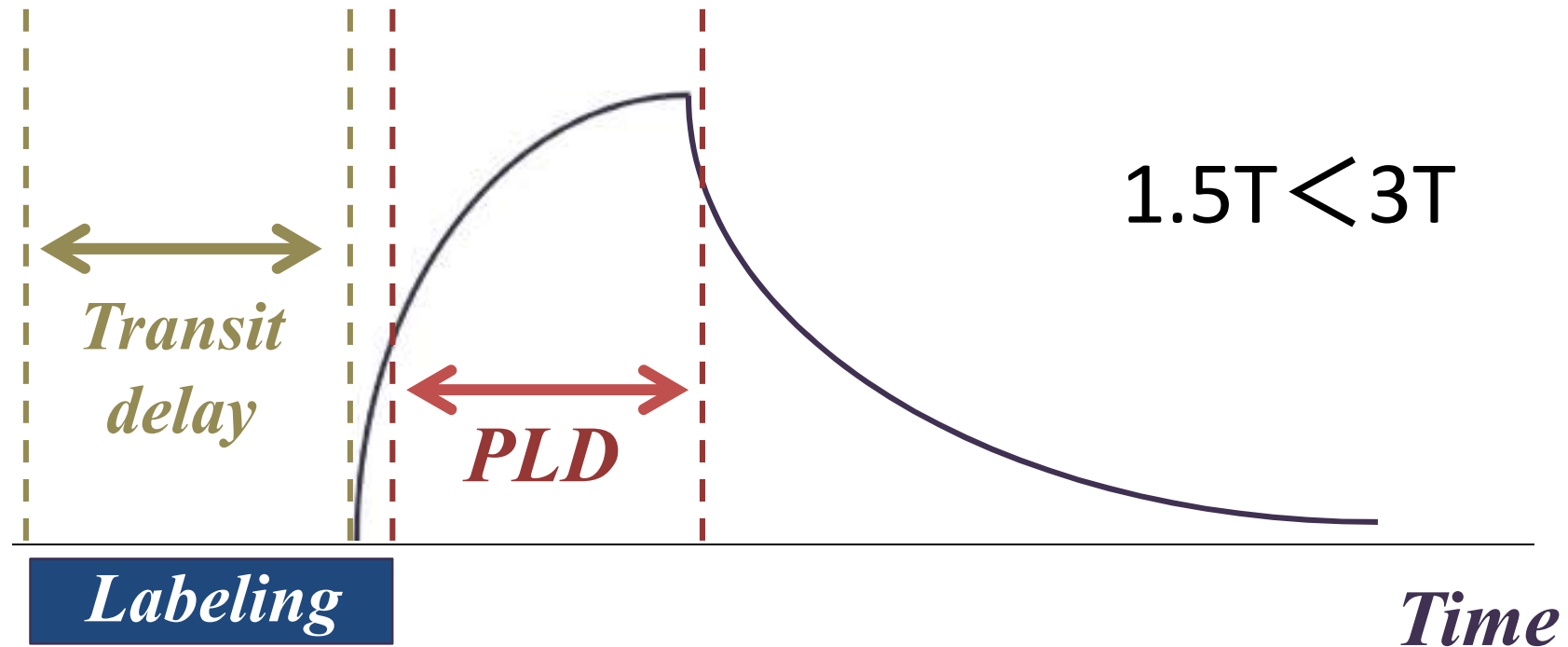


Labeled
image



CBF
image

PLD (Post Labeling Delay time)



あるピクセルにおける
ラベリングされて血液信号の時間変化

撮影時の注意

$$\text{SAR}_{\text{ave}} \propto \frac{\sigma D (B_0 \theta R)^2}{\rho}$$

FSEベースのシーケンスが多い
ため体内金属などの磁化率の変
化に強いがSARが上昇しやすい。

σ	組織伝導率
D	Duty cycle
B_0	静磁場強度
R	被写体直径
ρ	組織密度

$$\text{RFA}(\theta) = 155^\circ \sim 130^\circ$$

異なるPLDのシーケンスを連続撮像すると
患者が汗だくになるCACEも

SPECT(¹²³I-IMPダイアモックス負荷試験)

- 安静時の血流と、ダイアモックスによる血管拡張作用を利用した負荷時の血流を撮影。
- どれだけ血流が増加するか(脳循環予備能)を確認。
- DIAMOXによる血流量は正常40%程度増加する。
- 脳動脈閉塞・狭窄、一過性脳虚血発作、モヤモヤ病、血管障害の予後評価、バイパス術の適応決定、治療効果の判定様々な脳疾患に適用

SPECT(¹²³I-IMP ダイアモックス負荷試験)

- Acetazolamide(Diamox®)-炭酸脱水素酵素阻害薬

選択的かつ強力な脳血管拡張作用を有し、正常
脳血流量が40～80%程度増加する

脳の代謝や全身の血圧、呼吸、血ガスなどにほと
んど影響を与えない

作用	相対的禁忌
血管拡張	脳圧行進時
脳圧上昇	ミトコンドリア脳筋症
代謝性アシドーシス	脳梗塞急性期

^{123}I -IMP DTARG法

111MBq
定速静注



DIAMOX



111MBq
定速静注



1 rotation 2min
2cycle × 7repeat
45view × 2
Continuous収集

安静時(SPECT収集)

負荷時(SPECT収集)

0min

10min

20min

30min



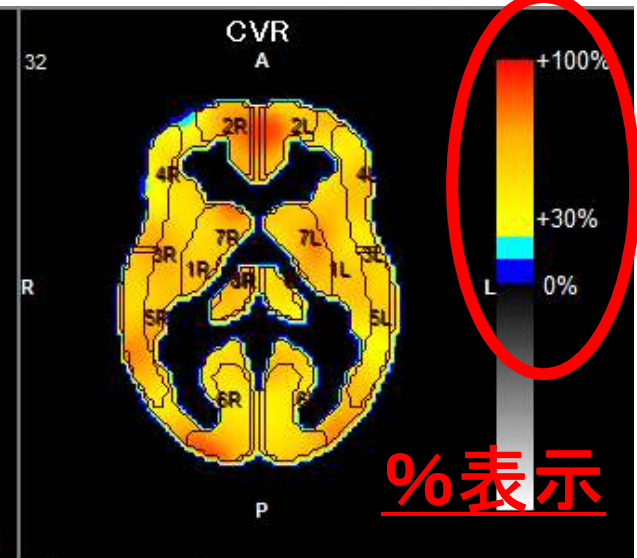
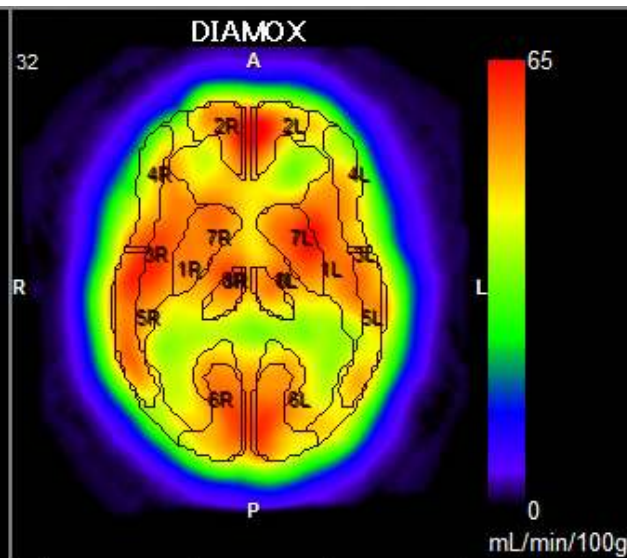
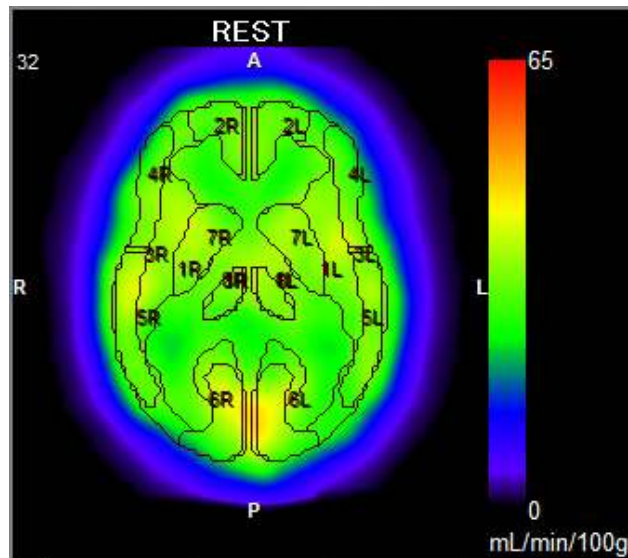
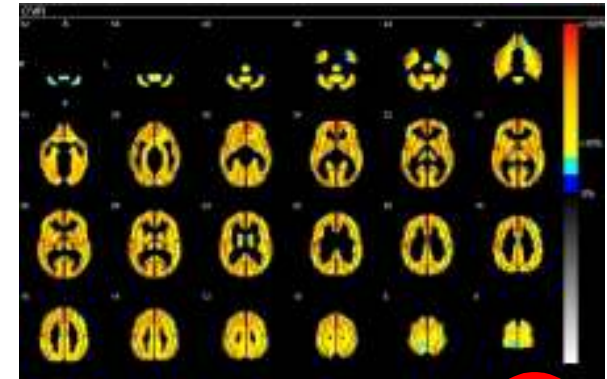
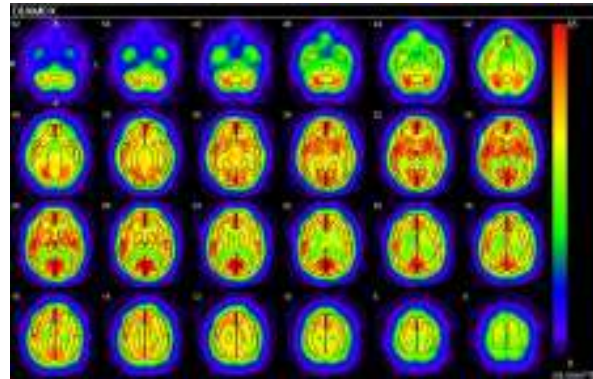
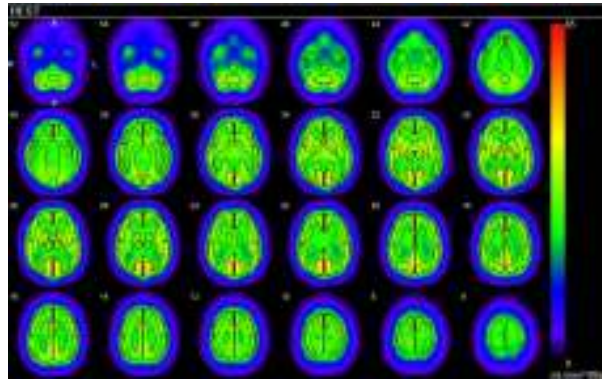
動脈採血

撮影開始から終了まで

58min20sec

脳循環予備能 あり (CVR)

REST(安静時) DIAMOX(負荷時) 脳血管予備能



血流量に
左右差(無し)

血流量に
左右差(無し)

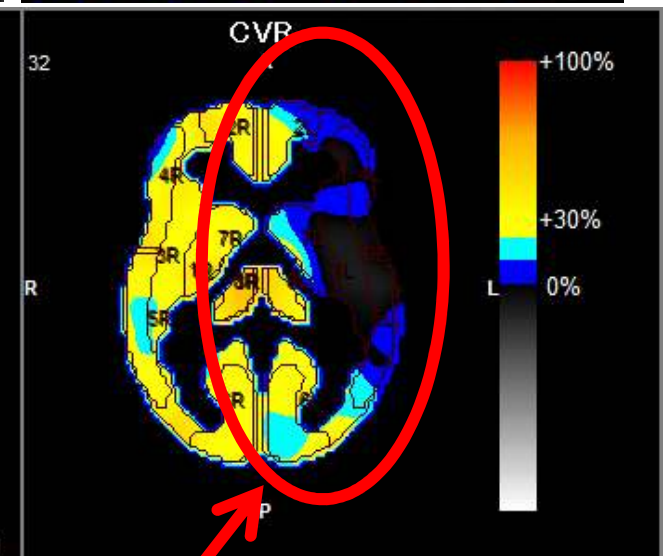
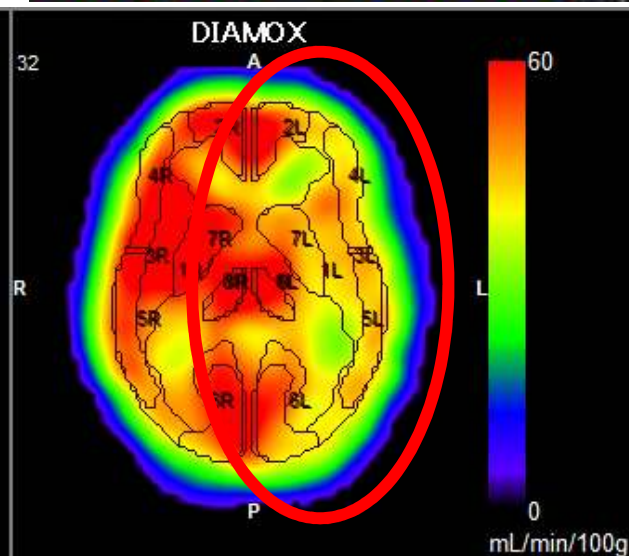
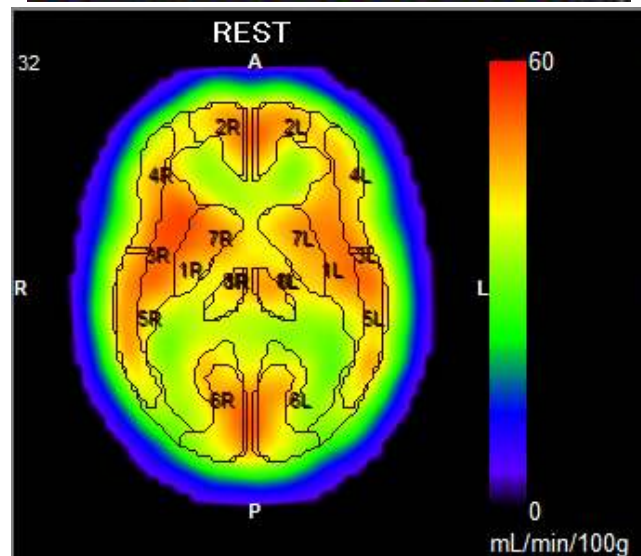
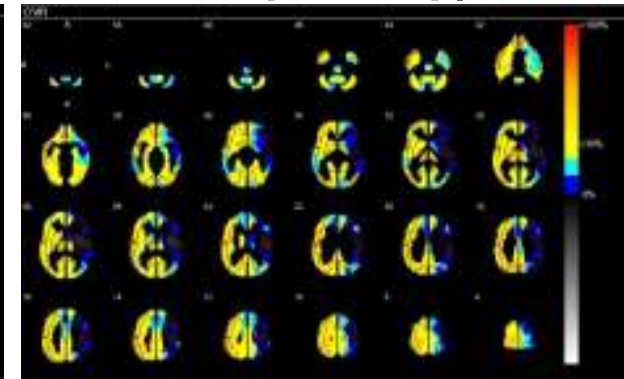
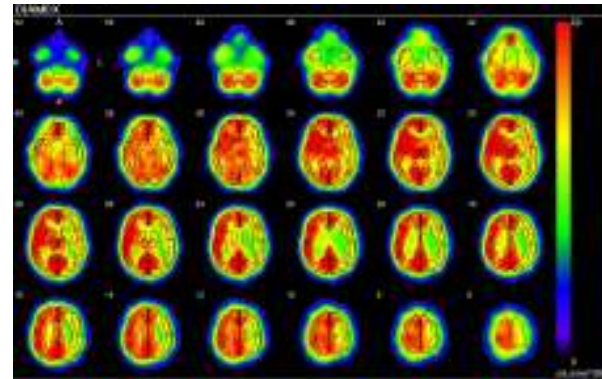
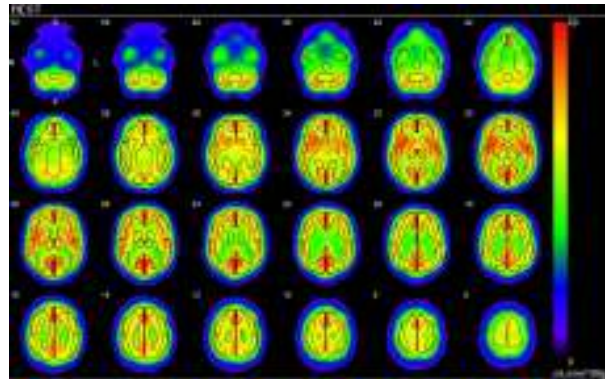
CVR低下無し

脳循環予備能 なし (CVR)

REST

DIAMOX

脳血管予備能



血流量に
左右差(無し)

左の血流量が少
ない

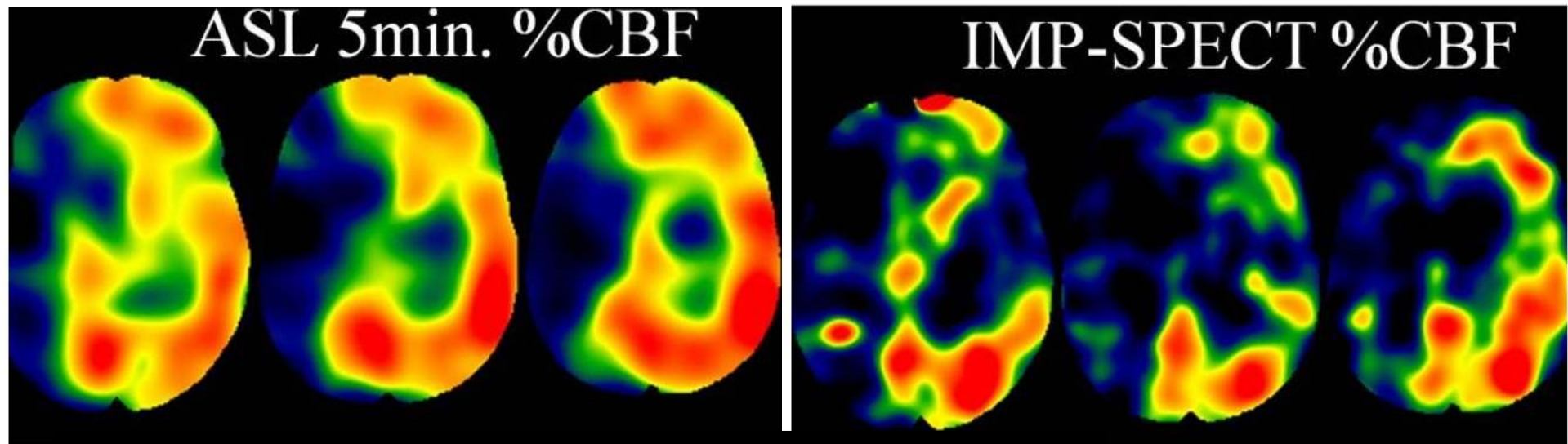
循環予備能低下

Diamox負荷ASLと ^{123}I -IMP SPECT

第42回 日本磁気共鳴医学会大会(2014)

【Diamox負荷ASL MR-perfusionによる脳循環予備
脳判定 : Diamox負荷I-123 IMP-SPECTとの比較】

戸村則昭先生 : 脳神経疾患研究所附属総合南東北病院



Diamox投与5minのDiamox-ASLは
Diamox-SPECTと相関している。

hamashintoshi.NS.Hosp

- 虚血の病態
- 虚血のイメージング
- 実際の症例

- 急性期
- 頚動脈の狭窄
- 頭蓋内の狭窄
- スパズム評価

●急性期

- 頸動脈の狭窄

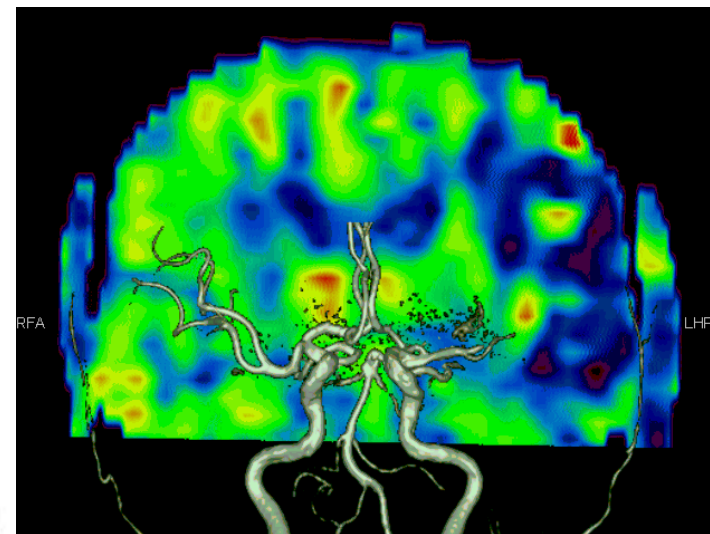
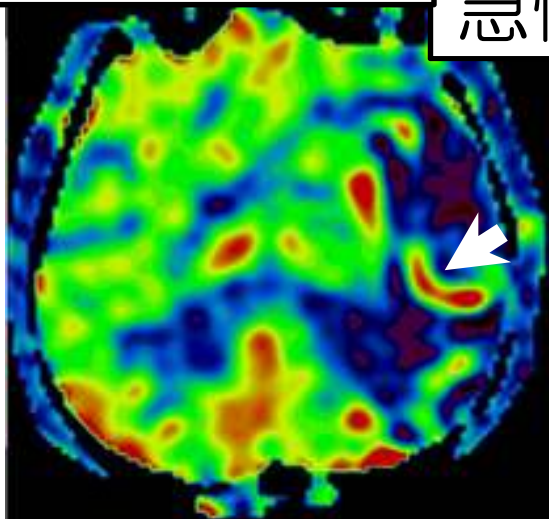
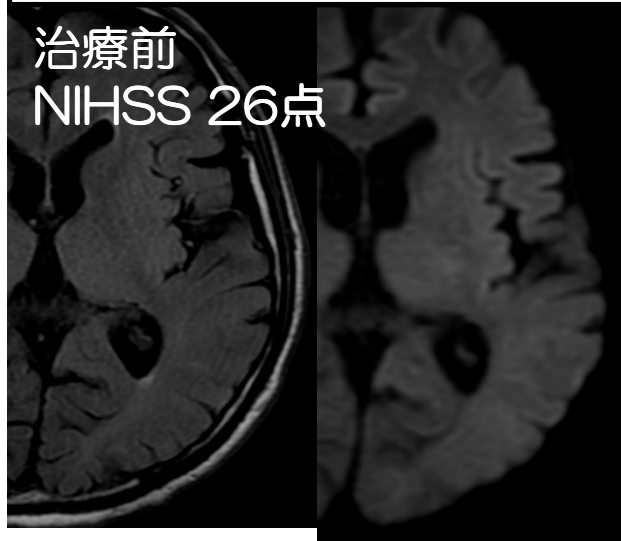
- 頭蓋内の狭窄

- スパズム評価

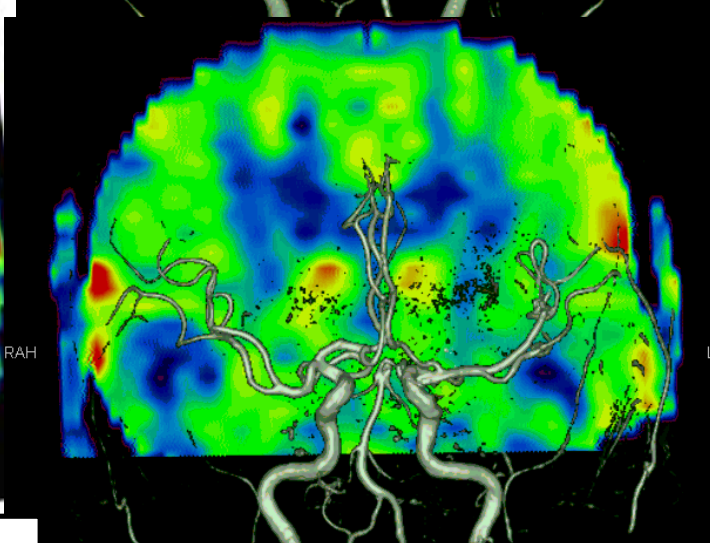
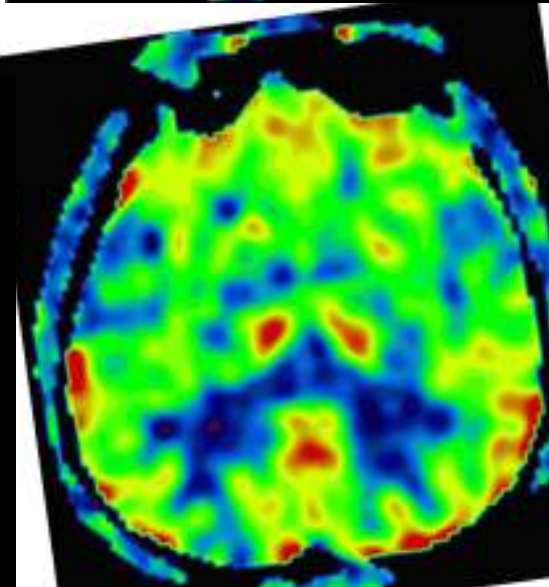
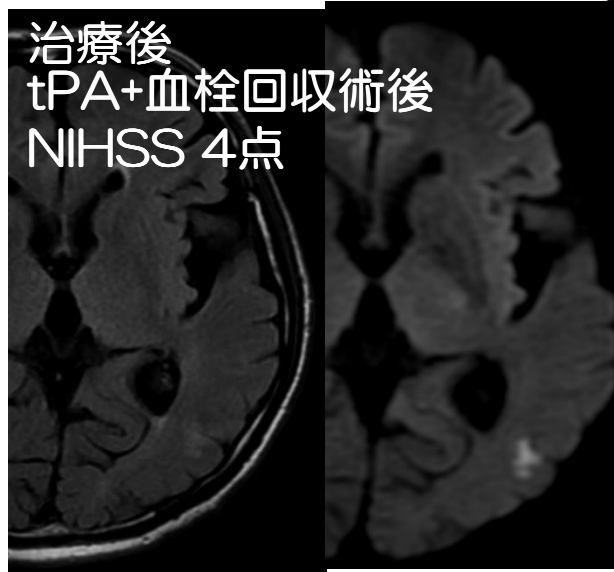
発症から1時間後に意識障害と右麻痺で救急搬送

急性期脳梗塞（発症1時間）

治療前
NIHSS 26点



治療後
tPA+血栓回収術後
NIHSS 4点



FLAIR

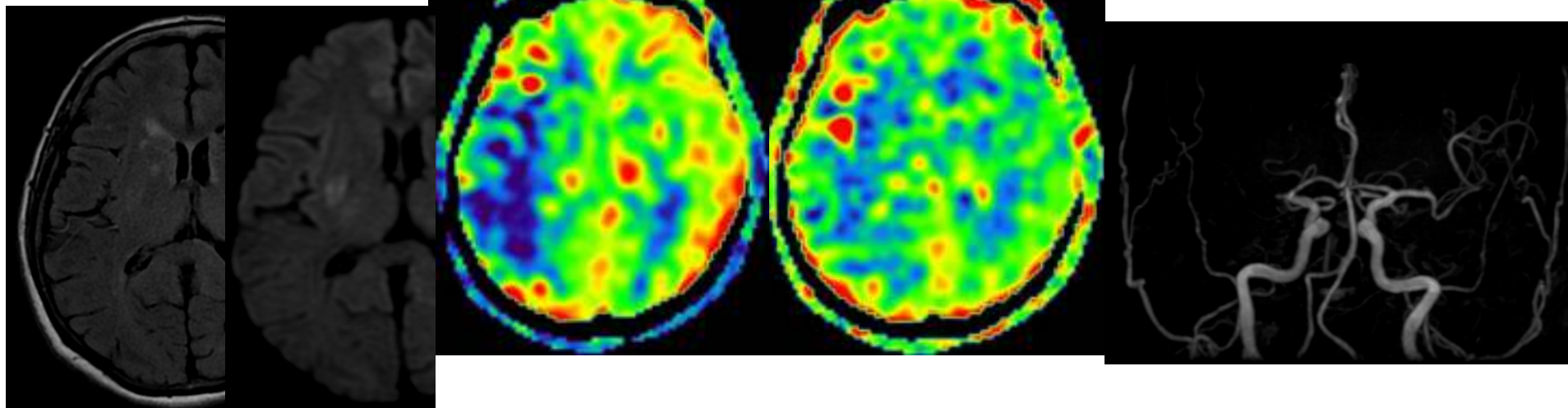
DWI

3D-ASL
PLD 1525ms

MRA+ASL fusion image

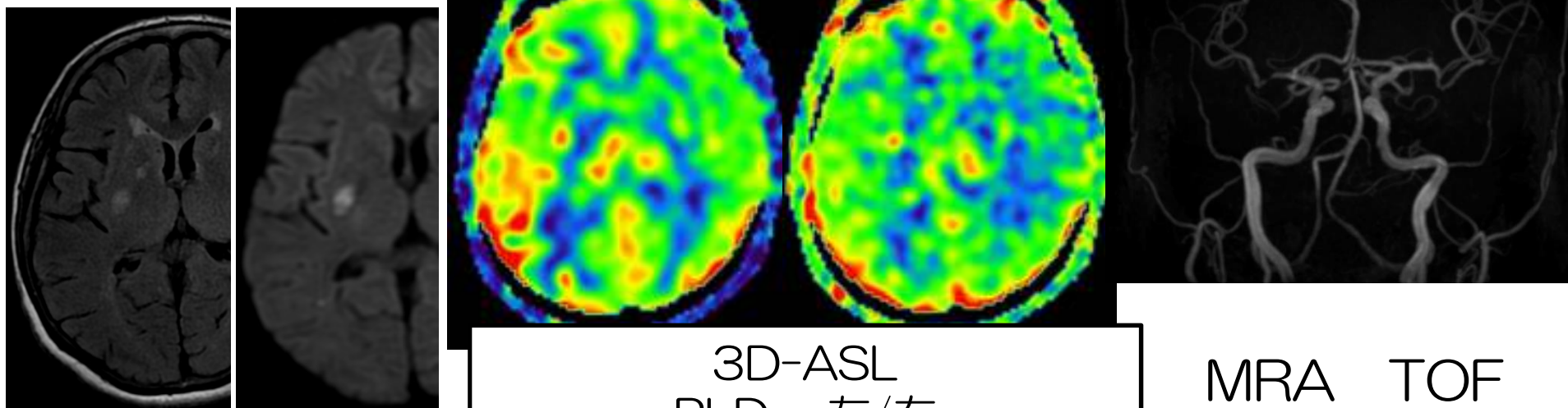
発症から45分後に構音障害と軽度右麻痺で救急搬送
治療前

急性期脳梗塞



luxury perfusion? × collateral vessel○

治療後(PTA)



FLAIR

DWI

3D-ASL
PLD 左/右
1525ms/PLD2525ms

MRA TOF

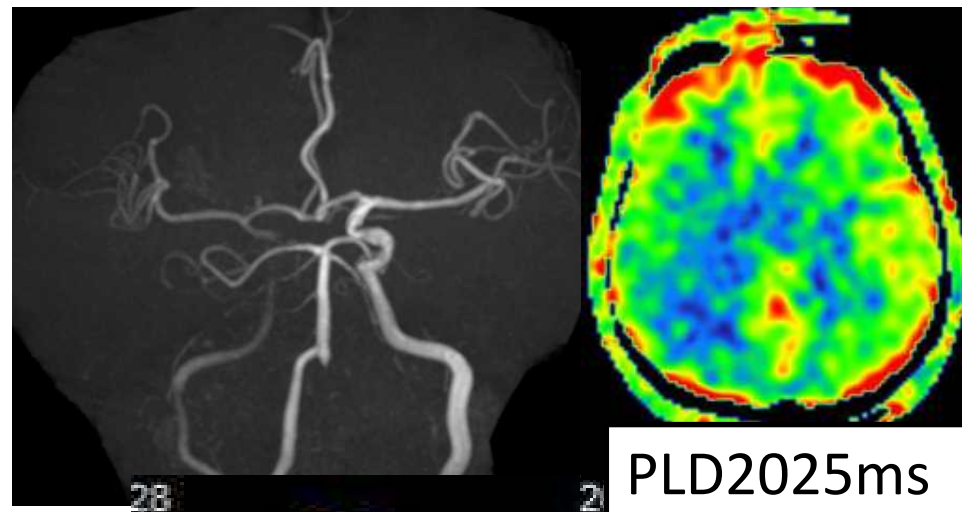
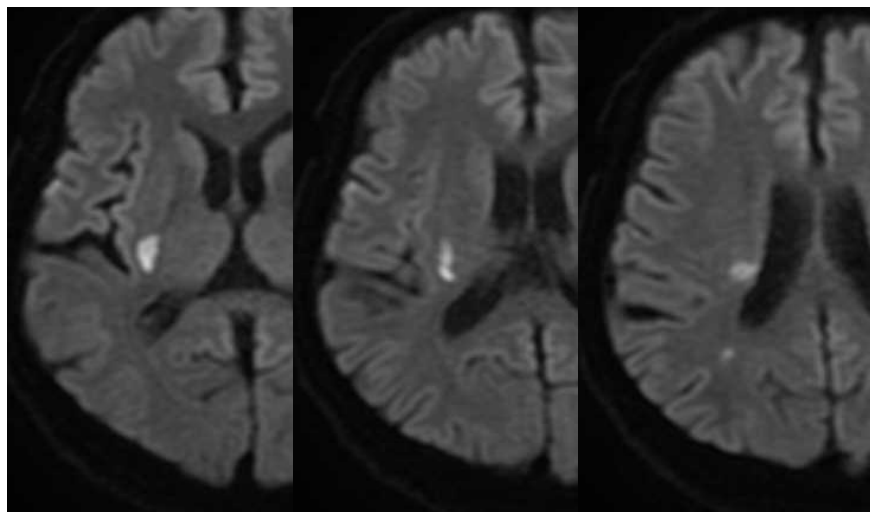
amashintoshi.NS.Hosp

- 急性期

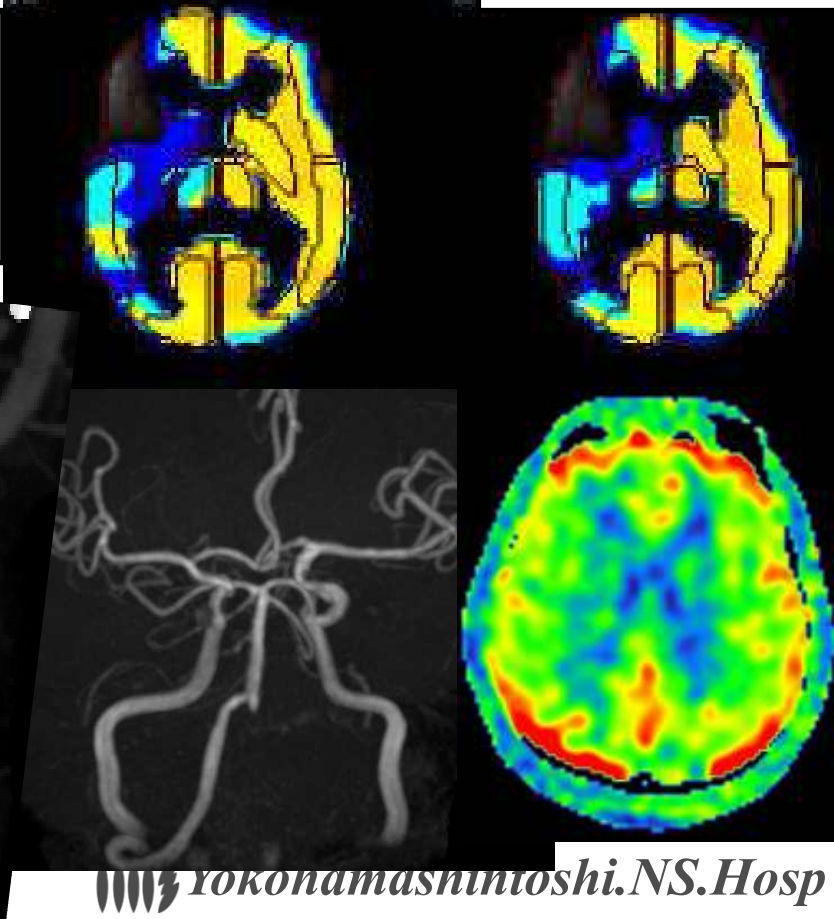
- 頸動脈の狭窄

- 頭蓋内の狭窄

- スパズム評価



アテローム血栓性脳梗塞
→CAS

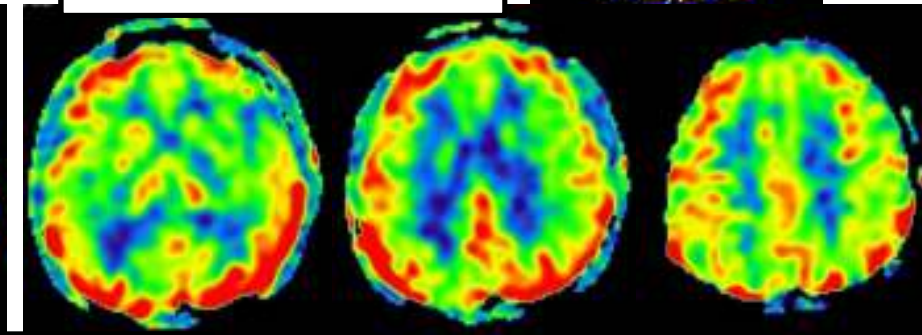
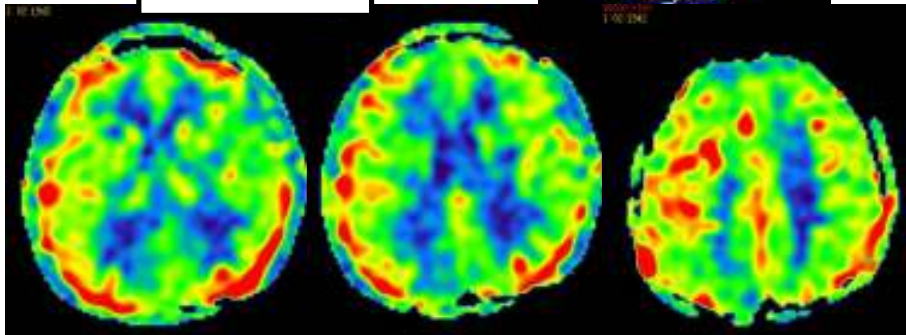




術前



術後(CAS)



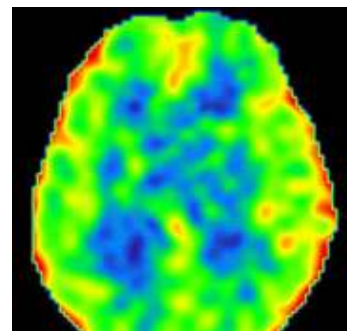
PLD2025ms

- 急性期
- 頸動脈の狭窄
- 頭蓋内の狭窄
- スパズム評価

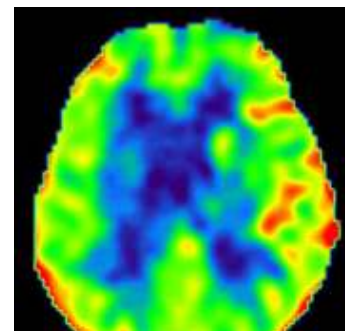
他院にてM1狭窄指摘され来院 症状なし



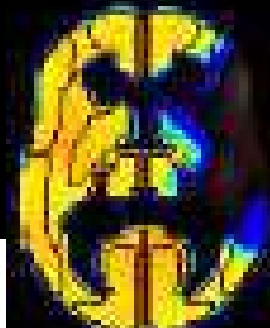
術前



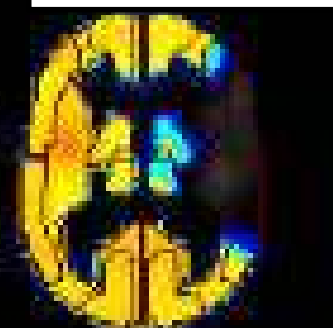
PLD1525ms



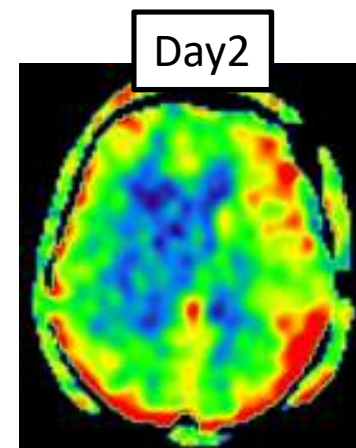
2525ms



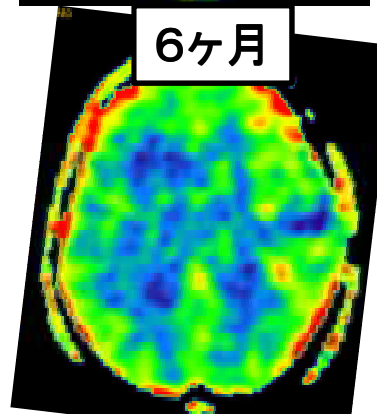
28



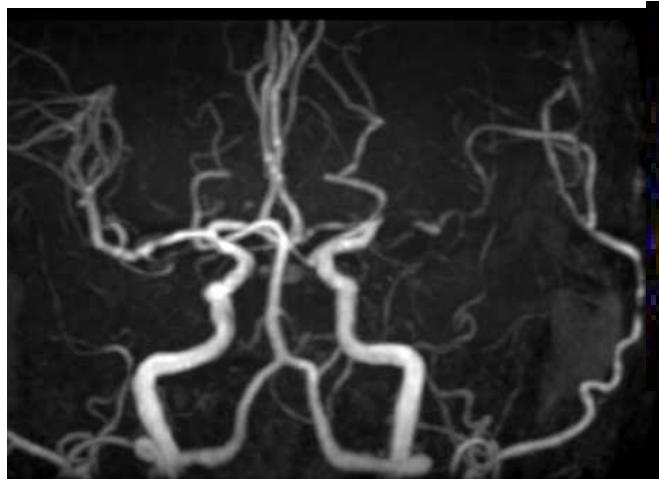
28



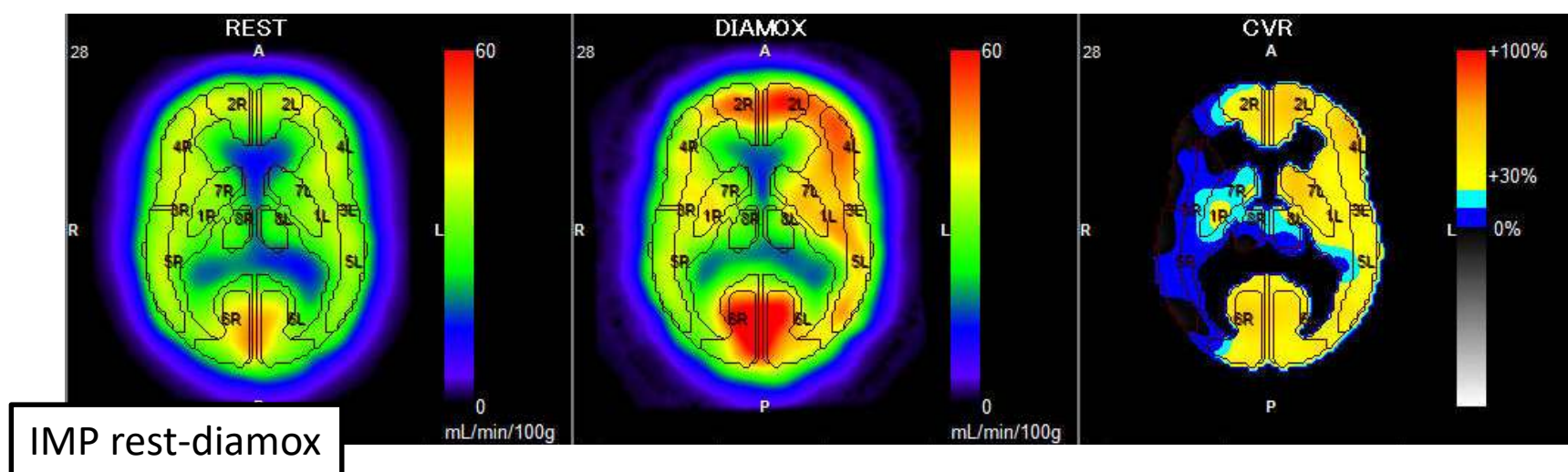
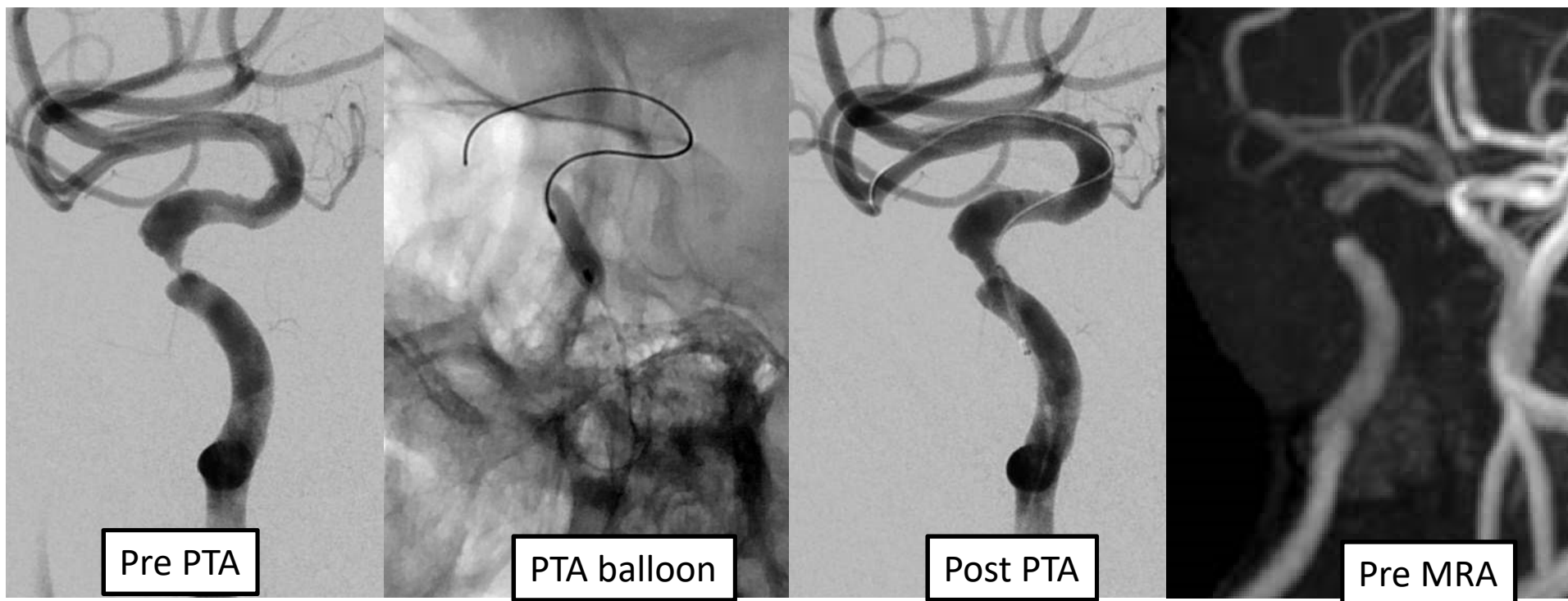
Day2

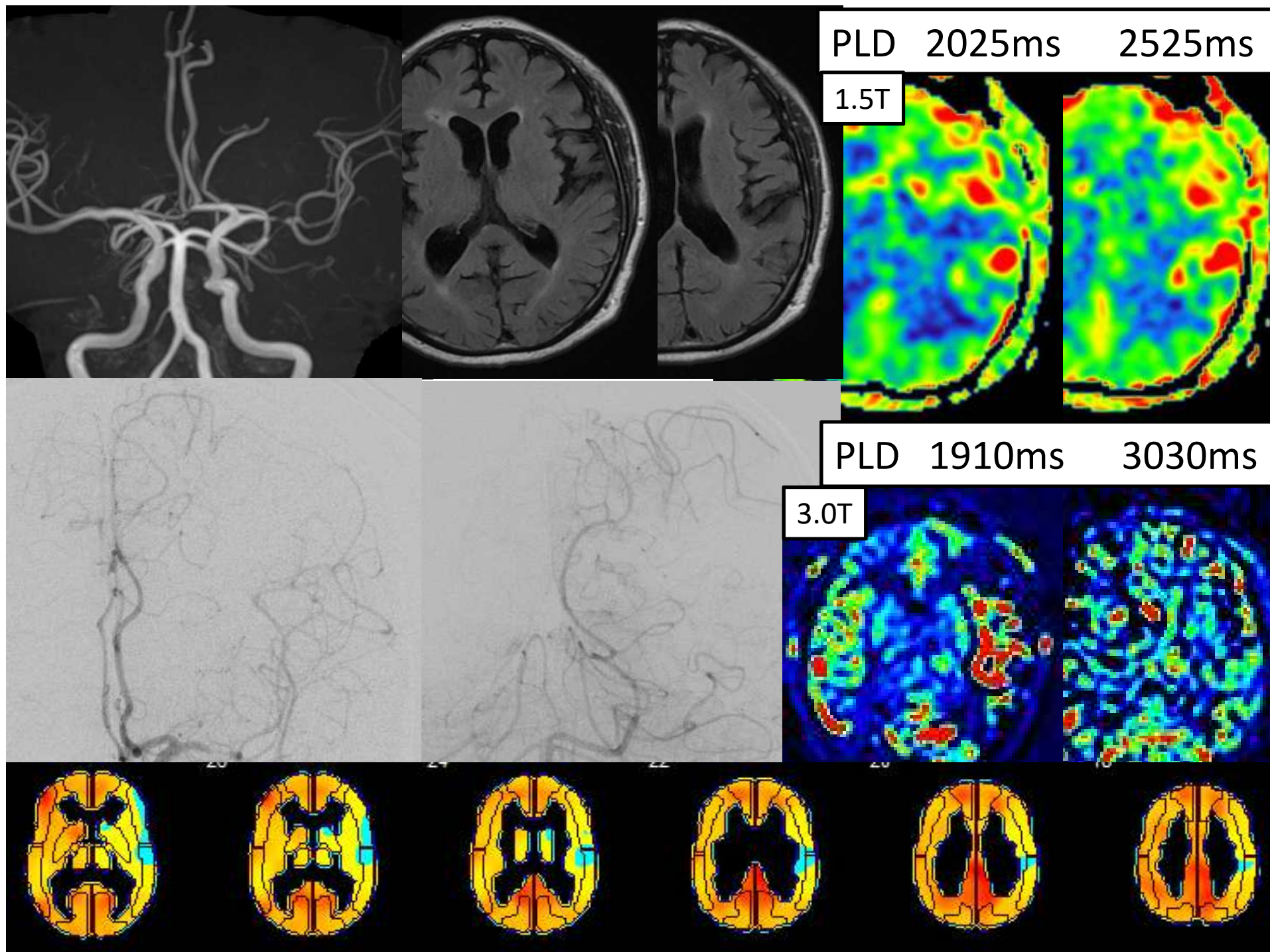


6ヶ月

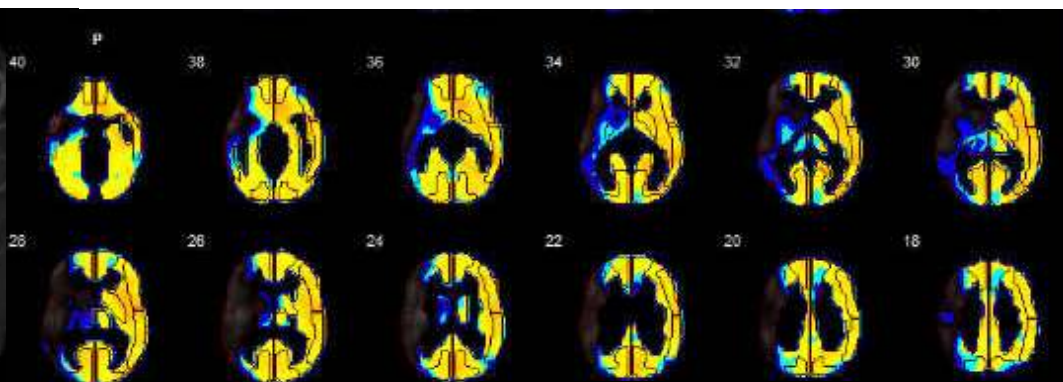


bypass術後



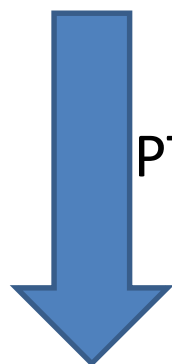


左口角下垂 呂律障害 TIA症状

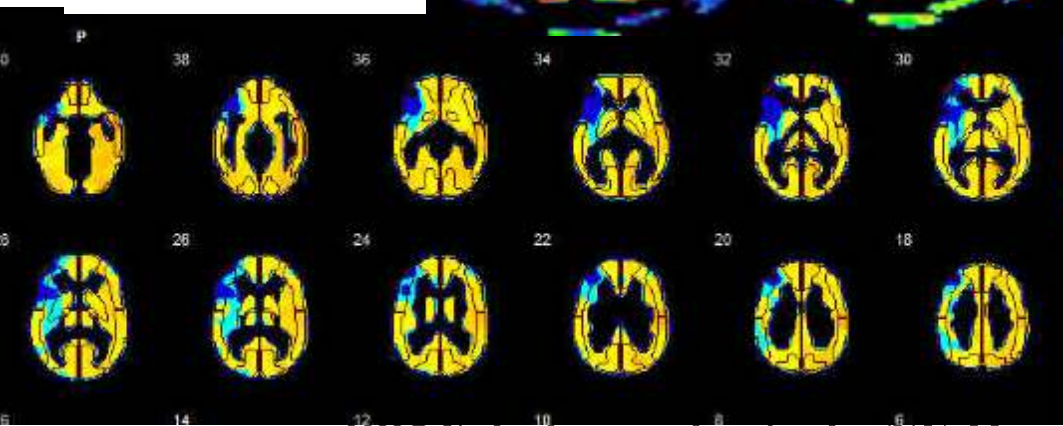


術前

3D-ASL
PLD 左/右
1525ms/PLD2525ms



PTA術後

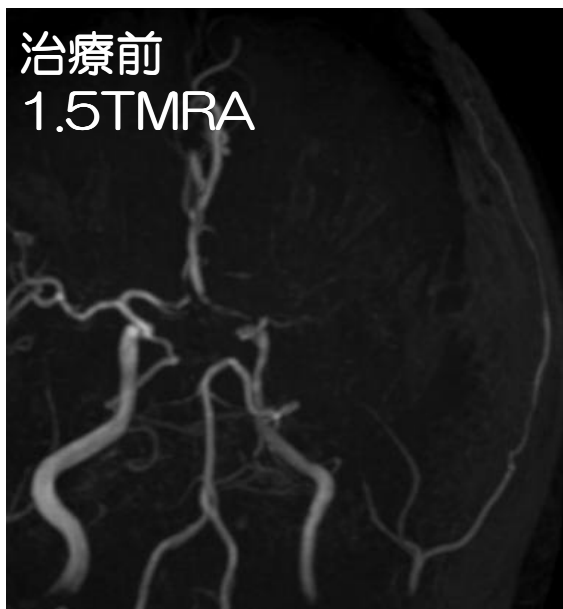


術後

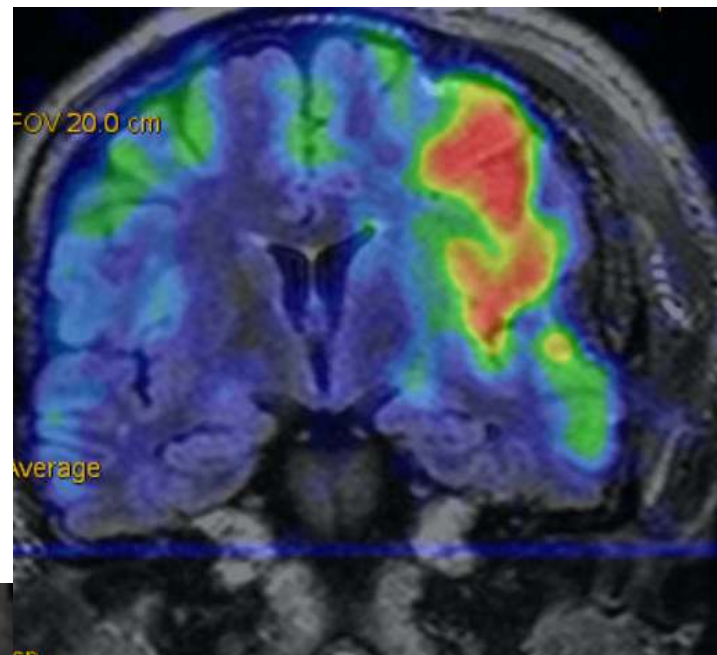
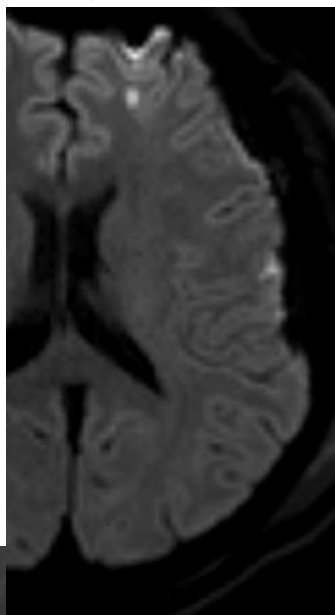
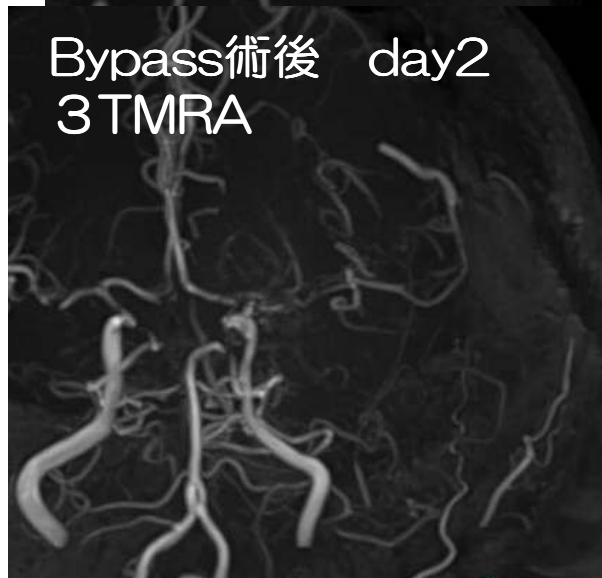
- 急性期
- 頚動脈の狭窄
- 頭蓋内の狭窄
- $+\alpha$

虚血ではないですが...

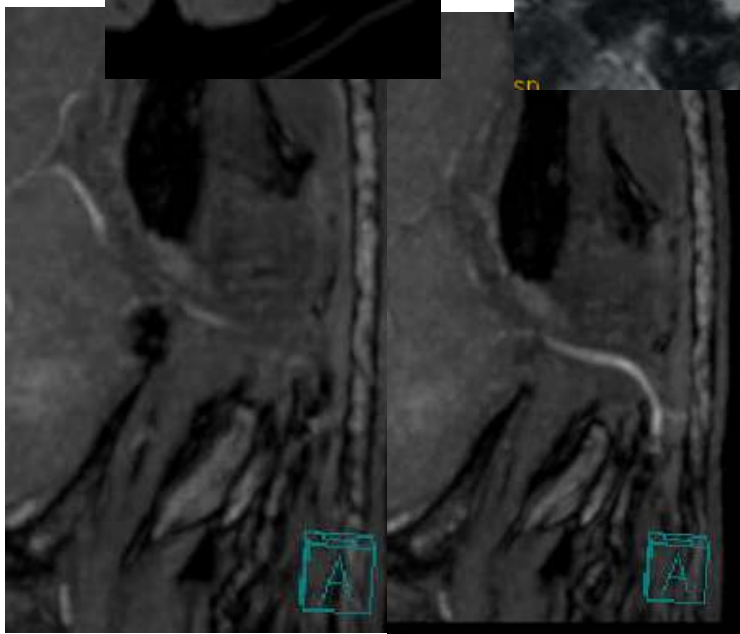
治療前
1.5TMRA

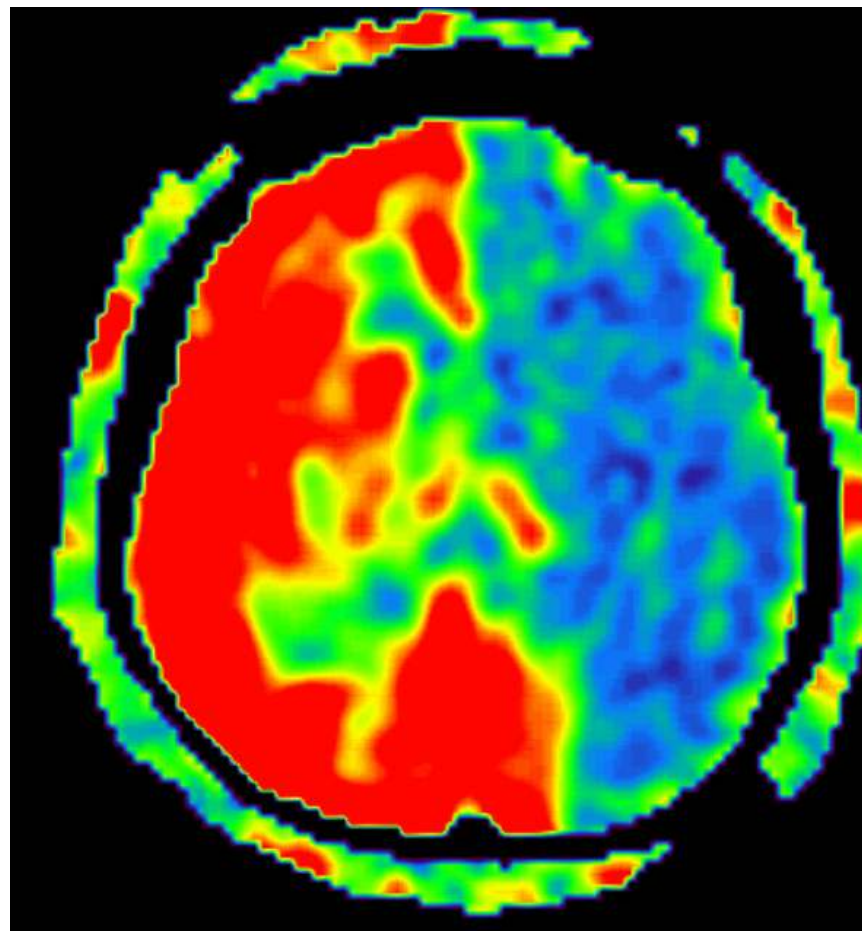
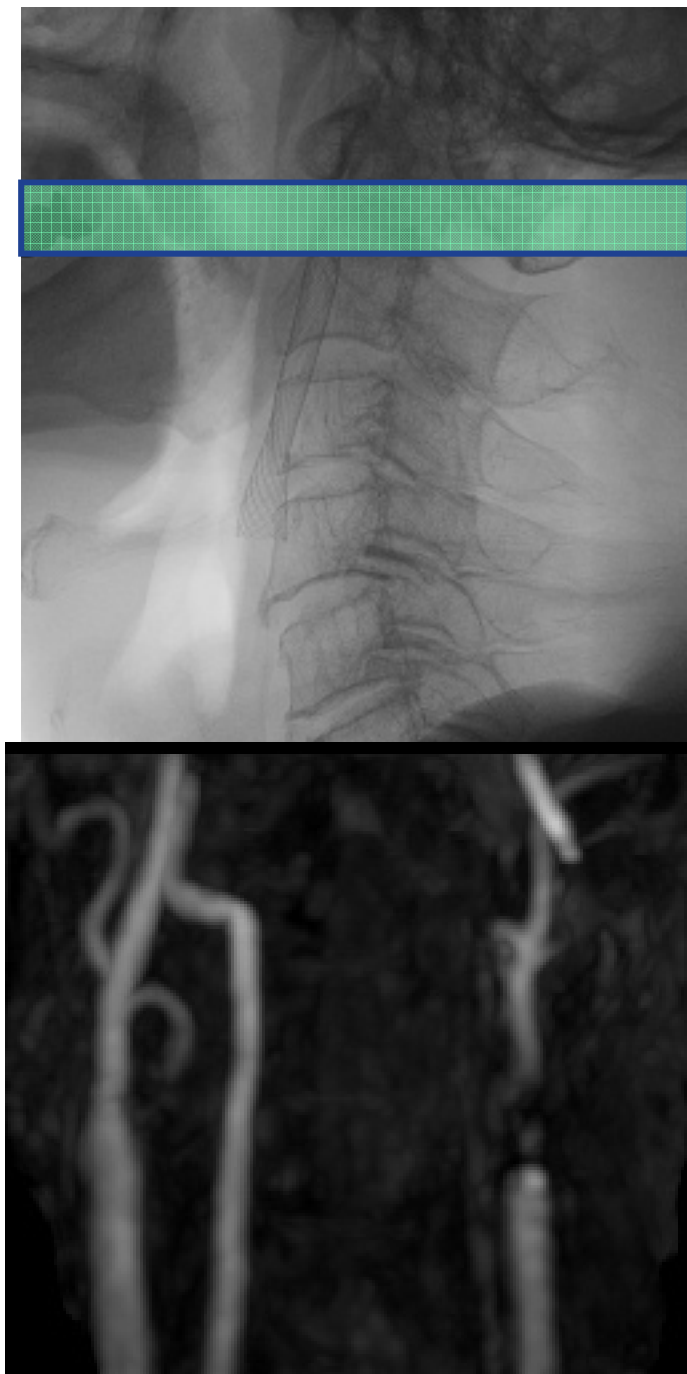


Bypass術後 day2
3TMRA



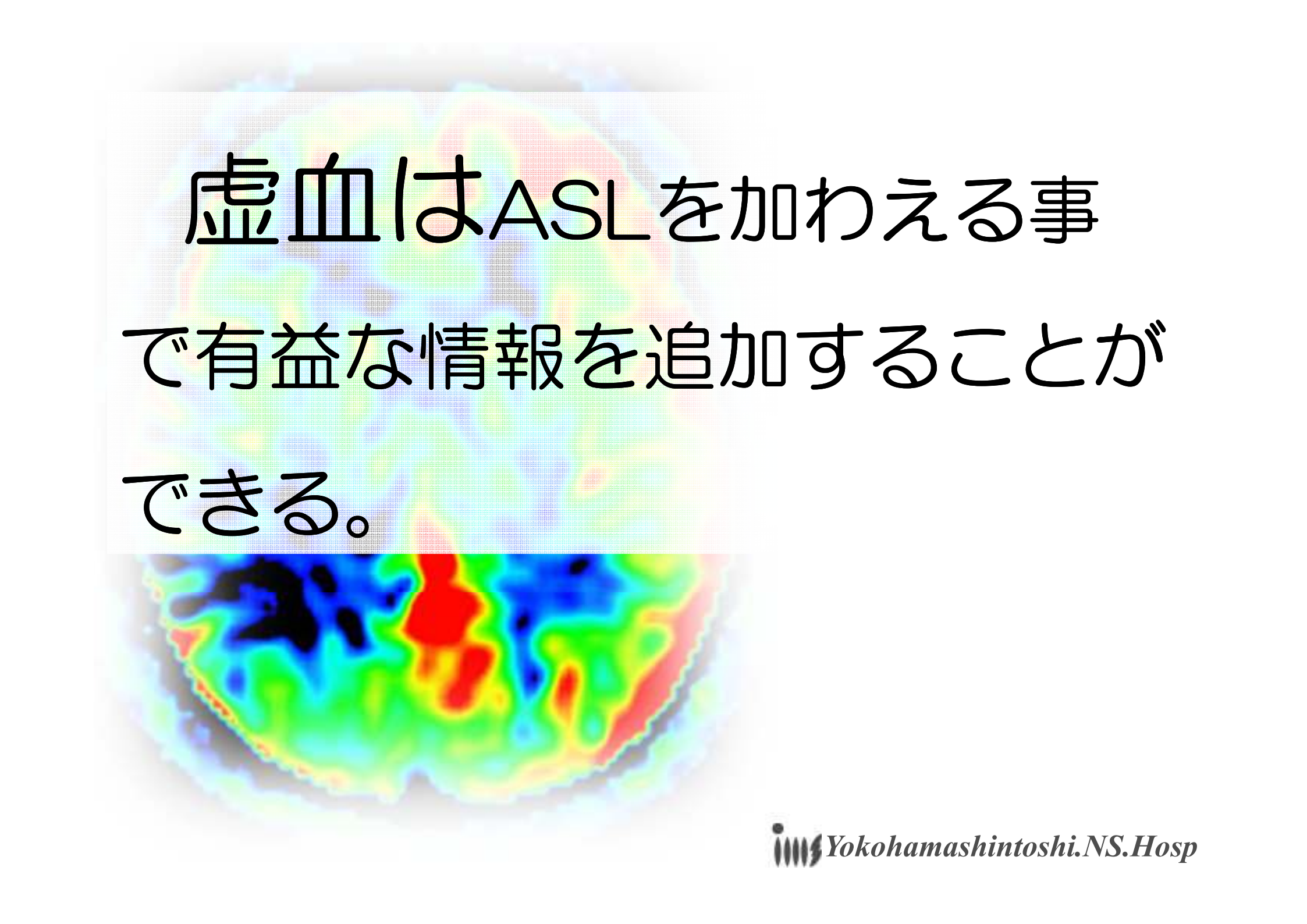
Bypass術後
hyper perfusion





CAS術後 ラベリング不良例

スライスポジションは少し上方に！
Auto MIP画像を利用



虚血はASLを加わえる事
で有益な情報を追加することが
できる。