

流れによる影響

～そしてアーチファクト対策～



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 竹田 幸太郎

IMS group Yokohamashintoshi Neurosurgical Hospital
Kotaro Takeda

血液の流れ

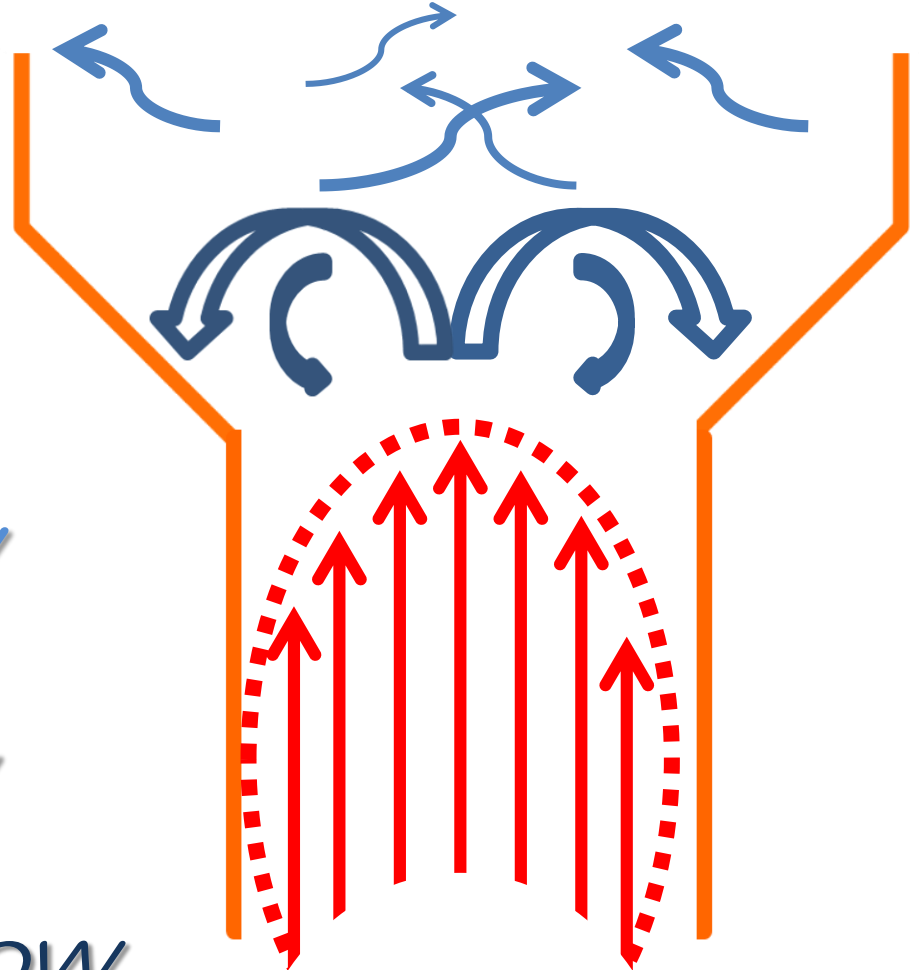
脊髄液の流れ

動脈の流れ

フローアーチファクトの対処

動脈の血流現象

- 栓流 *plug flow*
- 層流 *laminar flow*
- 乱流 *turbulent flow*
- 渦流 *vortex flow*
- 拍動流 *pulsatile flow*



レイノルズ数 *Reynold' number*

$$Re = \rho V D / \eta$$

ρ : 流体密度 (g/cm³)

D : 血管の直径 (cm)

V : 流速 (cm/sec)

η : 流体の粘性率 (N・s/m²)

層流 : $Re < 2100$

乱流 : $Re > 2100$

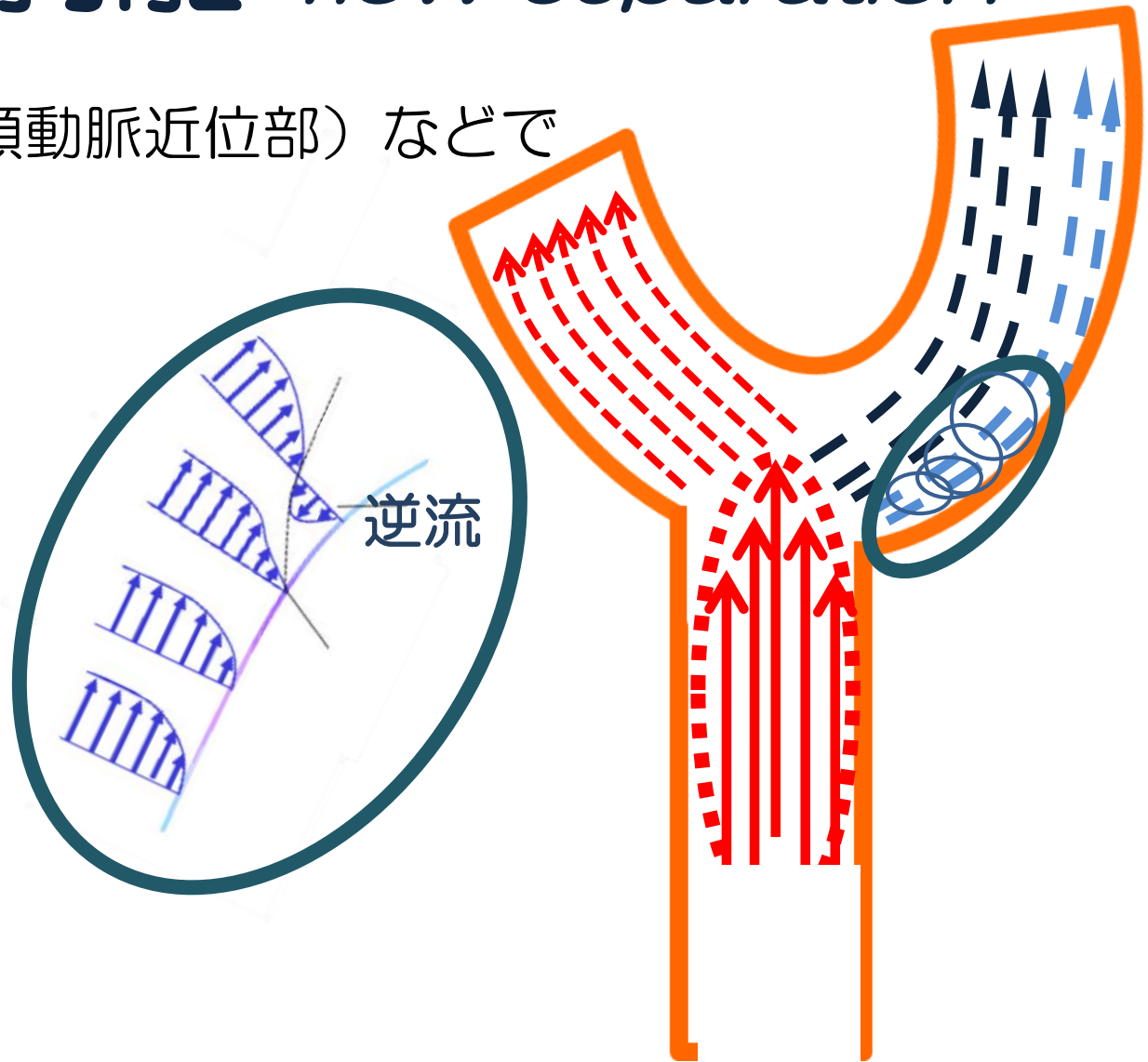
粘性とずり応力

粘性とは、応力（血液要素と血管壁の摩擦）と速度（血管壁に垂直な速度勾配）の比

ずり応力 (shear stress) $\tau = \eta v/d$

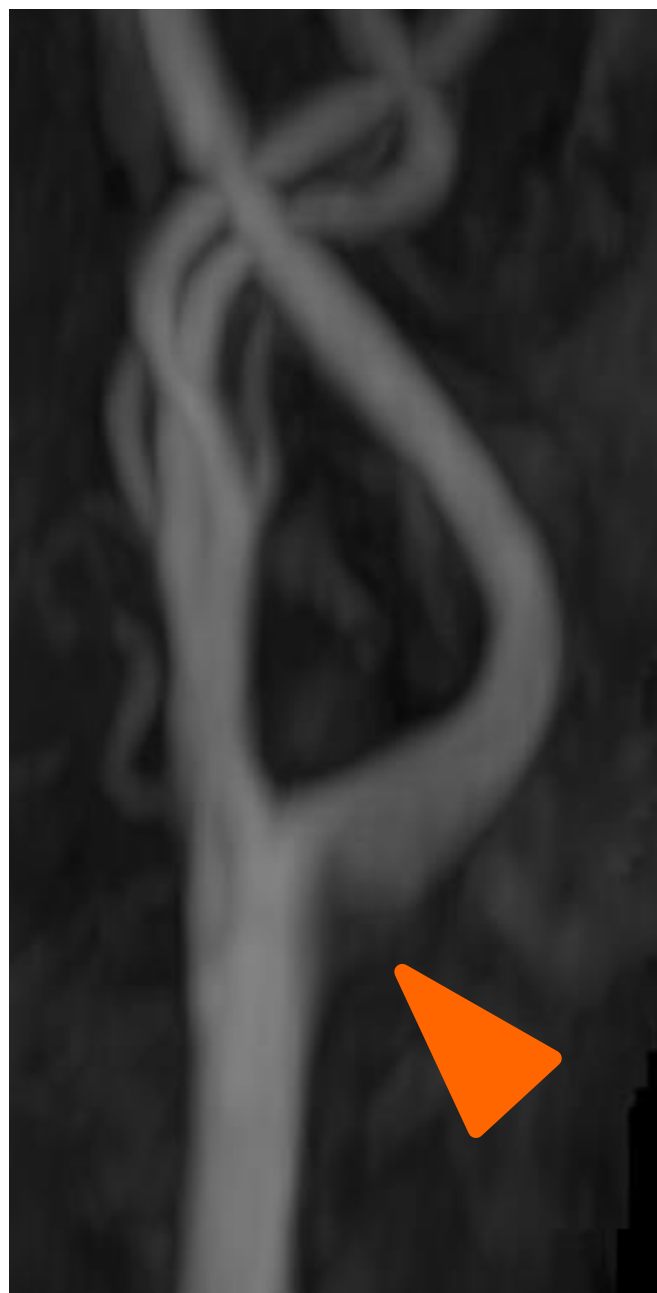
流れの剥離 *flow separation*

頸動脈分岐部（内頸動脈近位部）などで

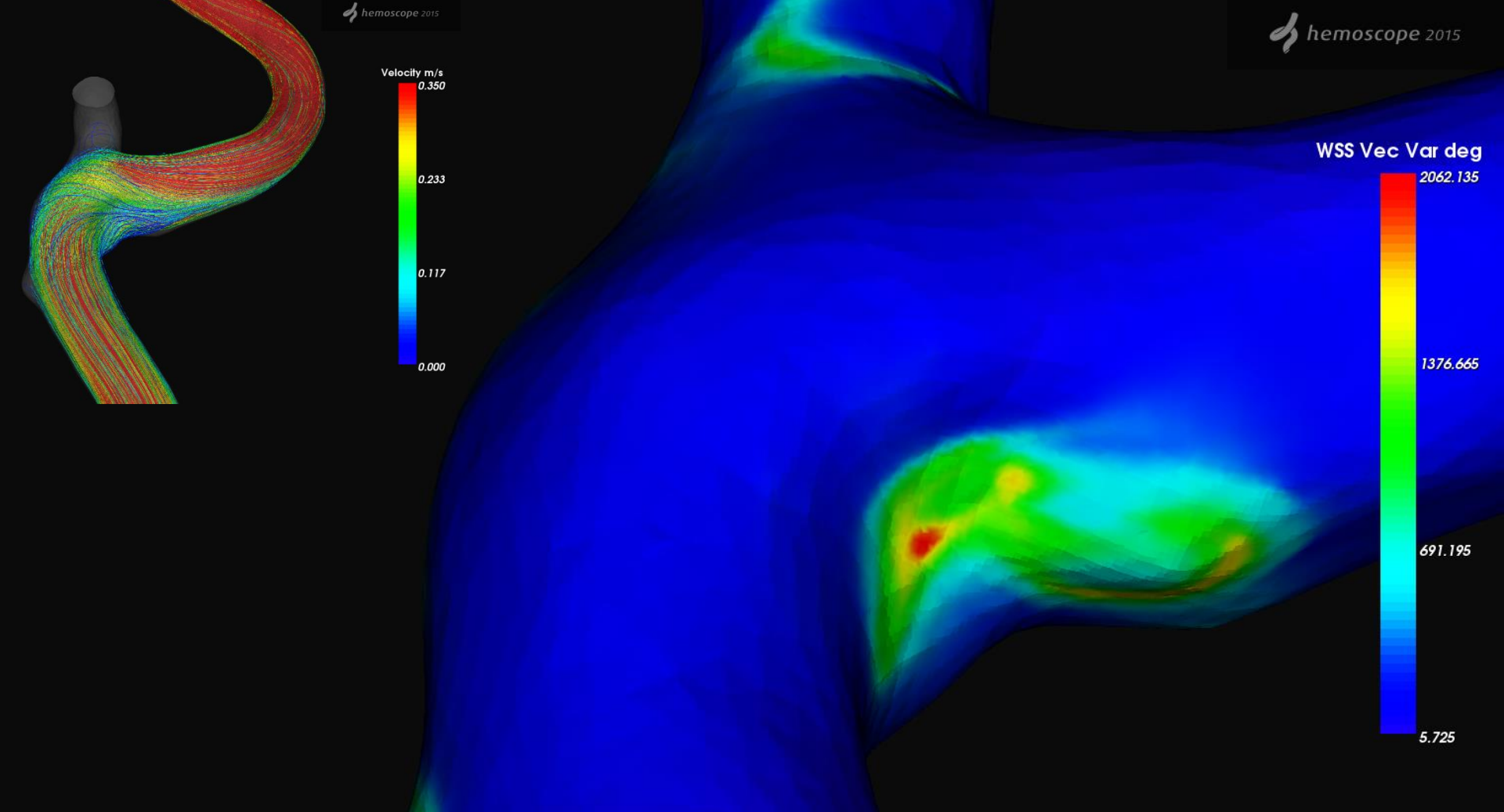




@DSA



@1.5T MRA



@hemoscope2015 Ziostation 2

『血流とMR I での信号強度の関係とは?』

信号増強因子	信号低下因子
遅い血流 CSF	速い血流
GMN FC	飽和パルス
スライス面に直角に流入する血液	スライス面に沿った流れ
撮像容積の内部	撮像容積の端
even-echo rephasing	odd-echo dephasing
層流	乱流、渦流

流れによるアーチファクト

流れによる位相シフト $\Delta\phi$

$$\Delta\phi \propto G \cdot v \cdot T^2$$

G : 傾斜磁場強度

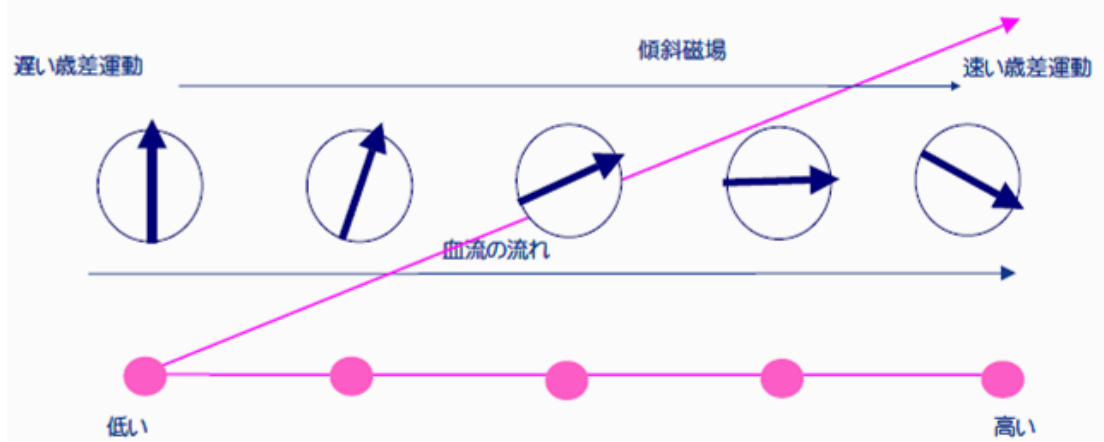
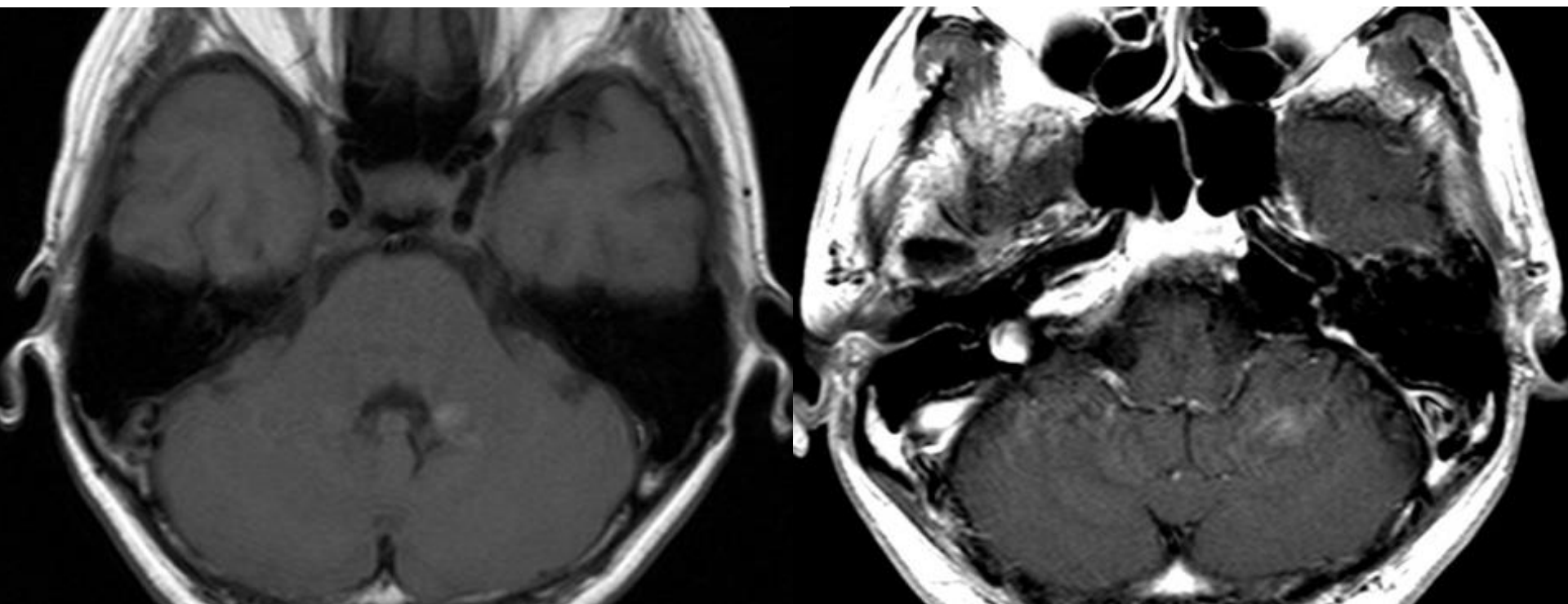
T : 傾斜磁場印可時間

v : 流速

流れによる位相分散

流れによってボクセル内のプロトンの磁気モーメントが異なる傾斜磁場を受けて位相が分散

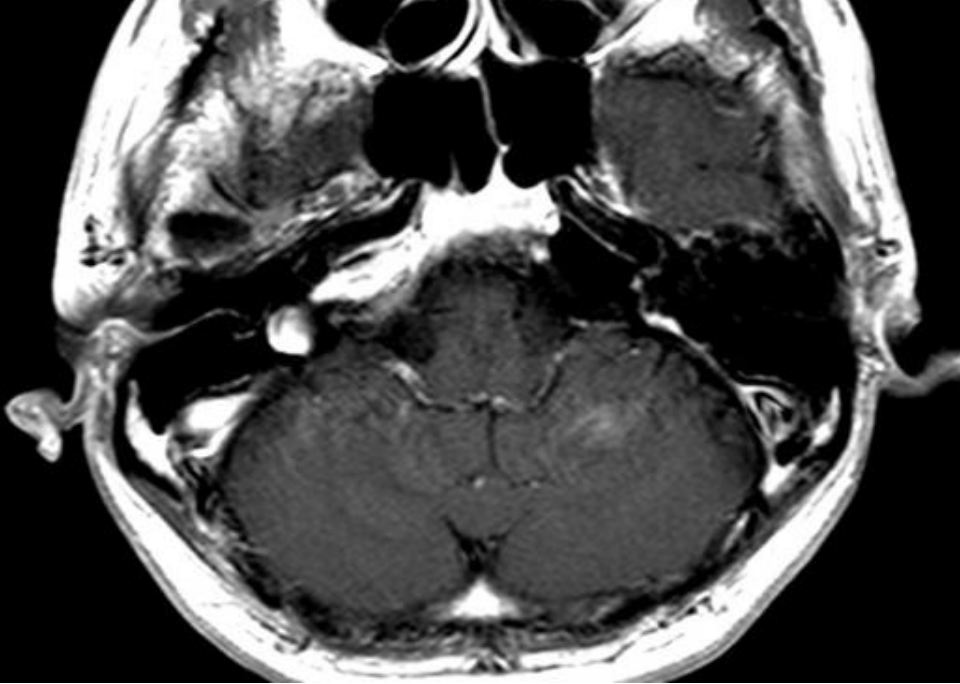
Flow artifact



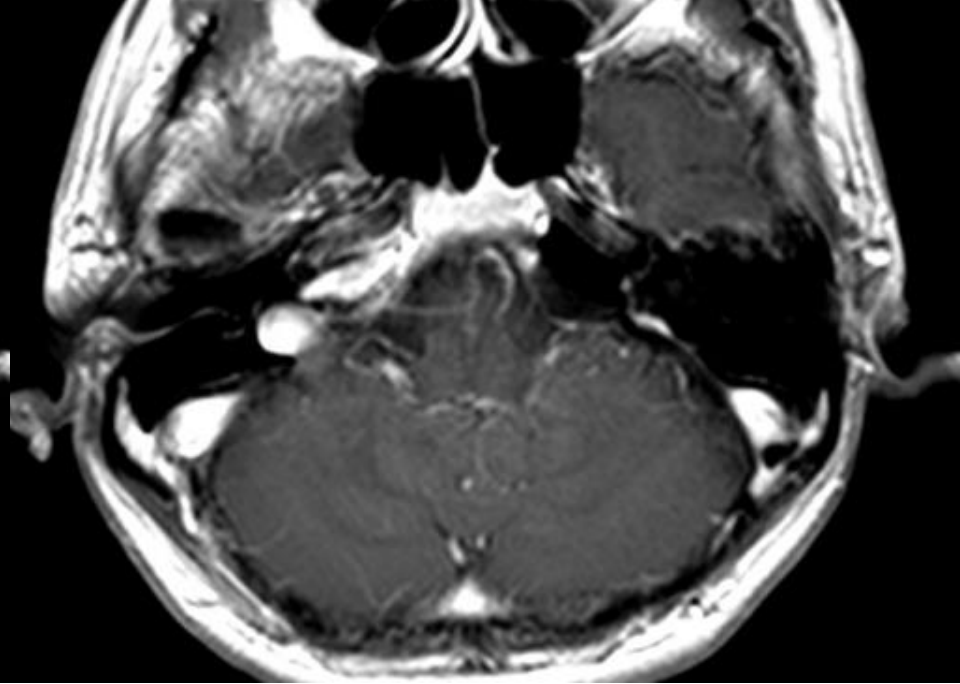
移動するプロトンは、静止している
プロトンとは異なった歳差運動



位相シフト
Gradient motion
dephasing



FC(-)

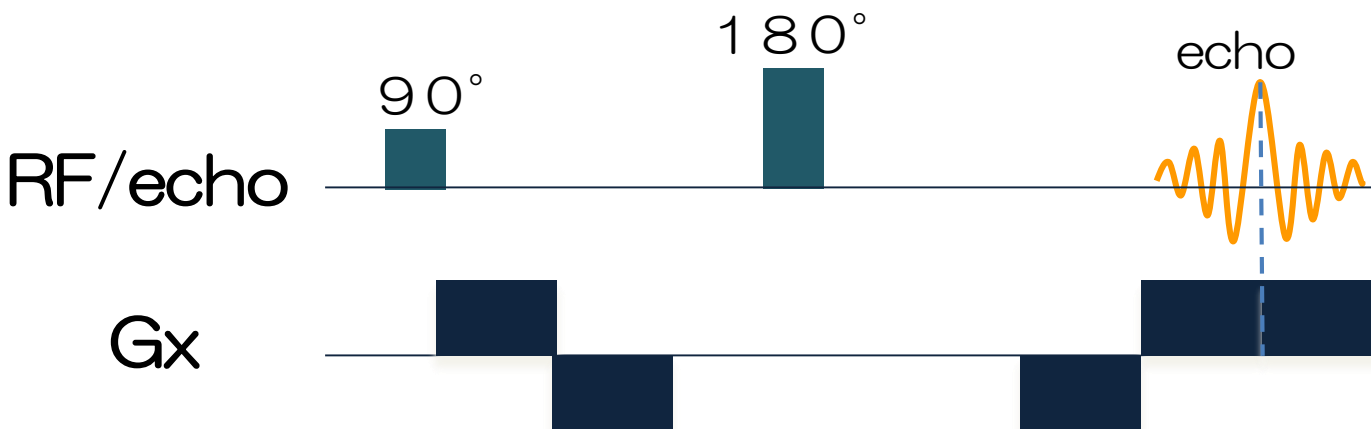


FC(+)

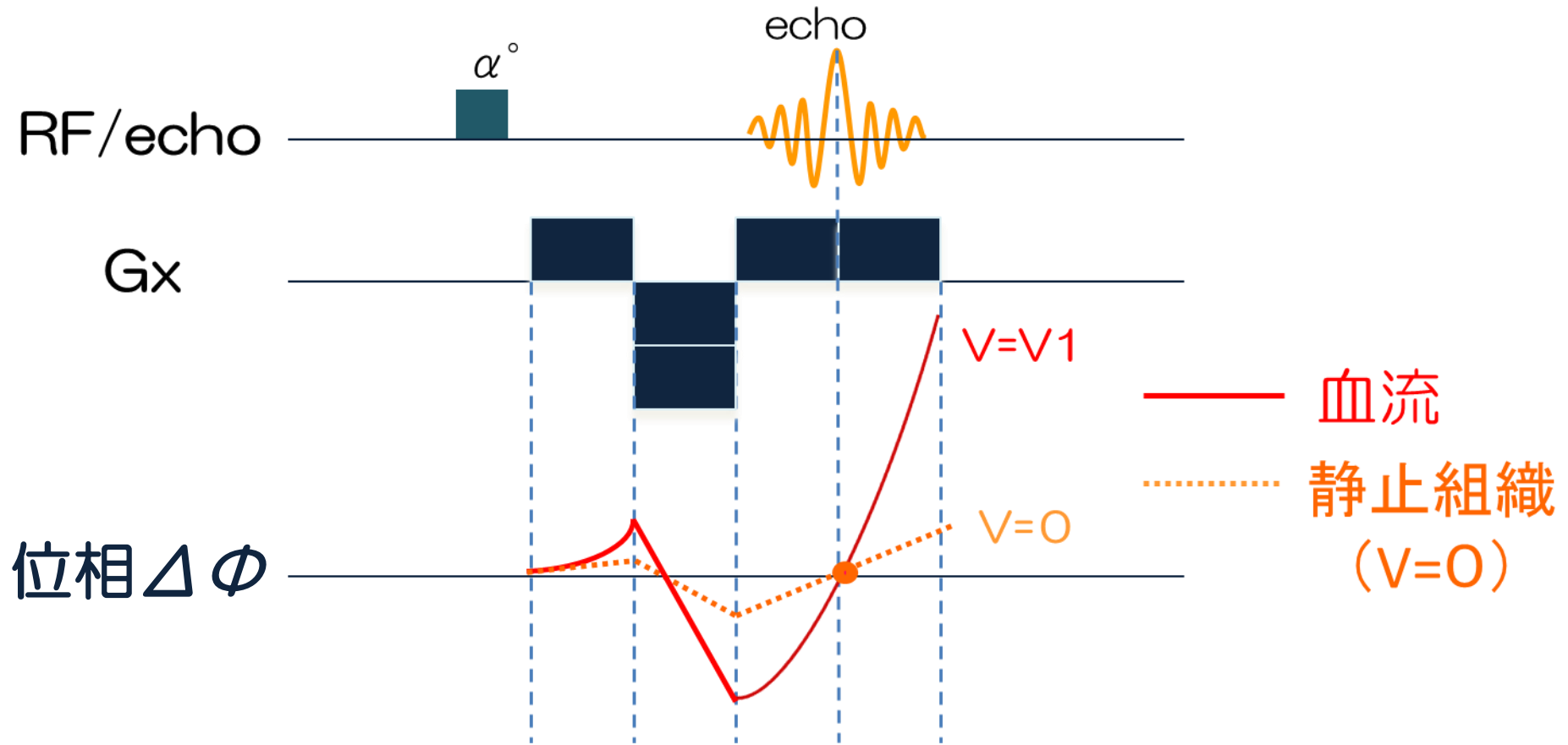
FC(flow compensation)を併用する。

GMN (gradient moment nulling)

GMR (gradient motion rephasing)



GRE法における流速補正法



メーカー	略語	正式名称
GE	FC	Flow compensation
PHILIPS	FC	Flow compensation
SIEMENS	GMR	Gradient motion rephasing

TOF法 (Time of Flight)

PC法 (Phase Contrast)

True FISP法

Blanced FFE FIESTA True SSFP

Time-SLIP法

Native True Fisp IFIR

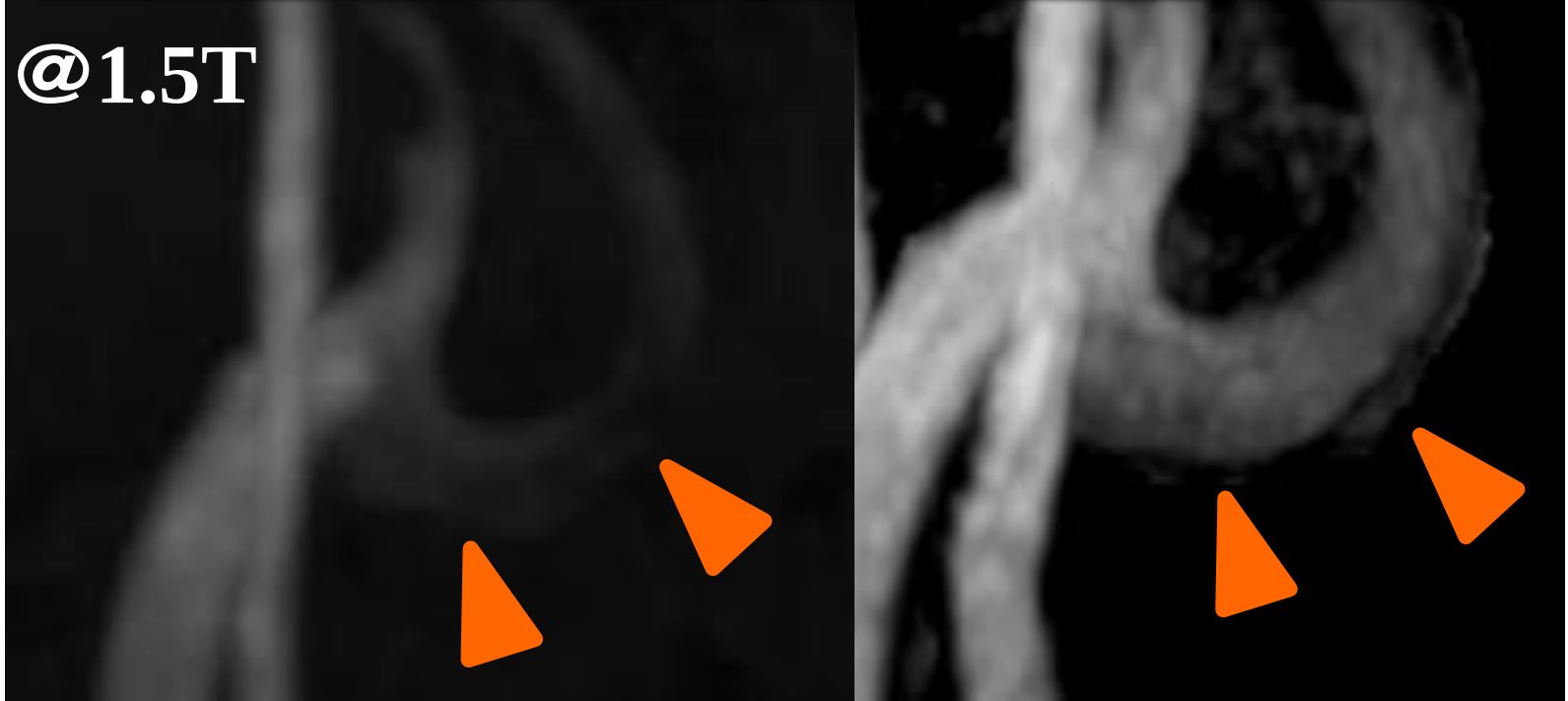
FBI法

Native SPACE TRANCE

Delta Flow VASIC FSE

TE短縮による位相分散抑制

@1.5T



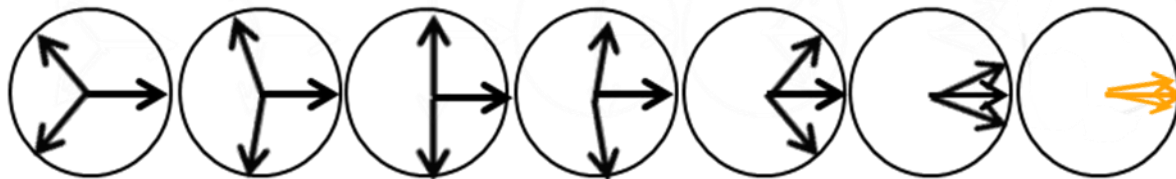
TE 6.8ms

@1.5T out of phase

TE 1.8ms

脂肪信号 ↑

長い



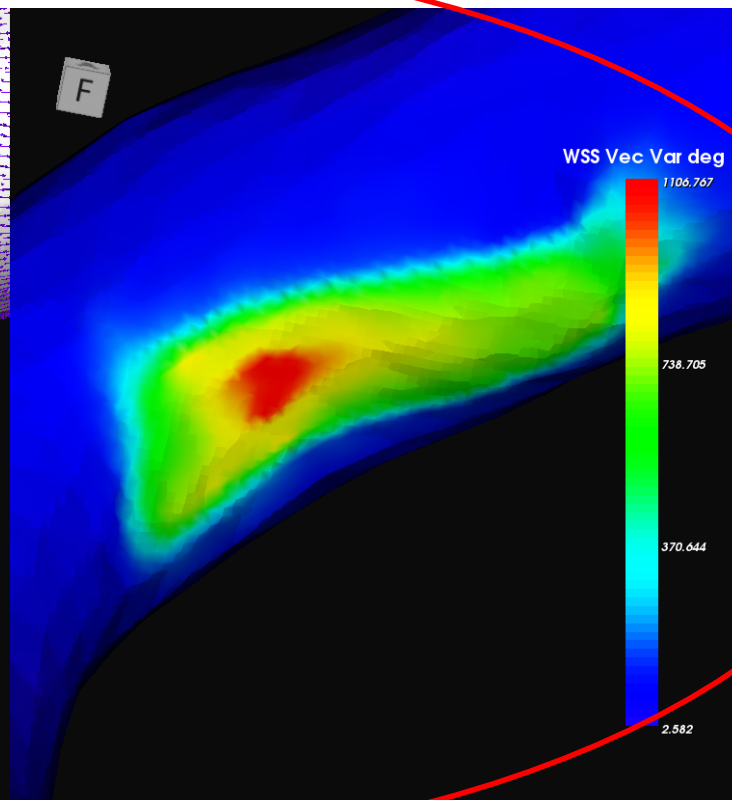
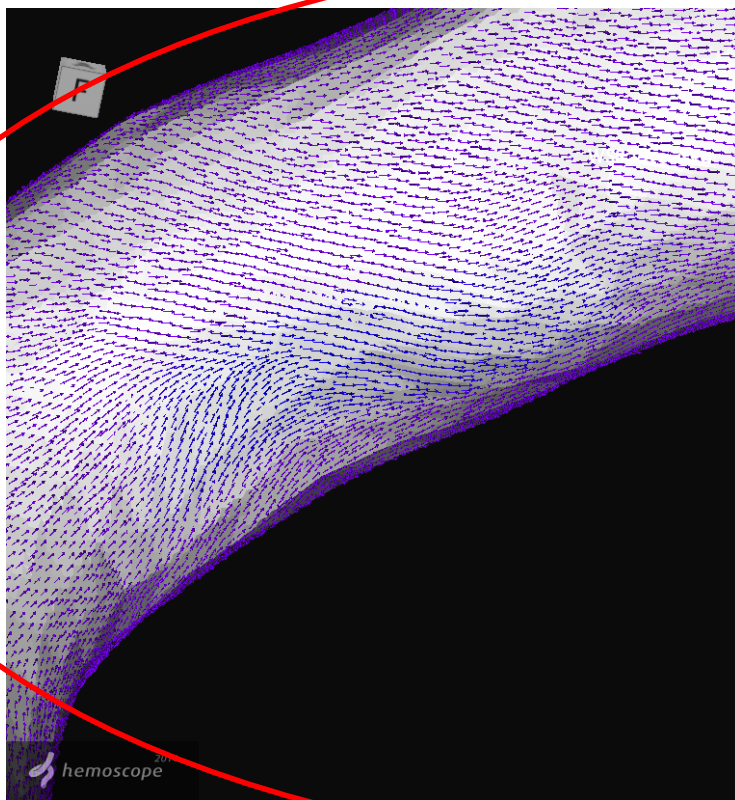
短い

TE

@1.5T

TE7.15ms

TE2.6ms

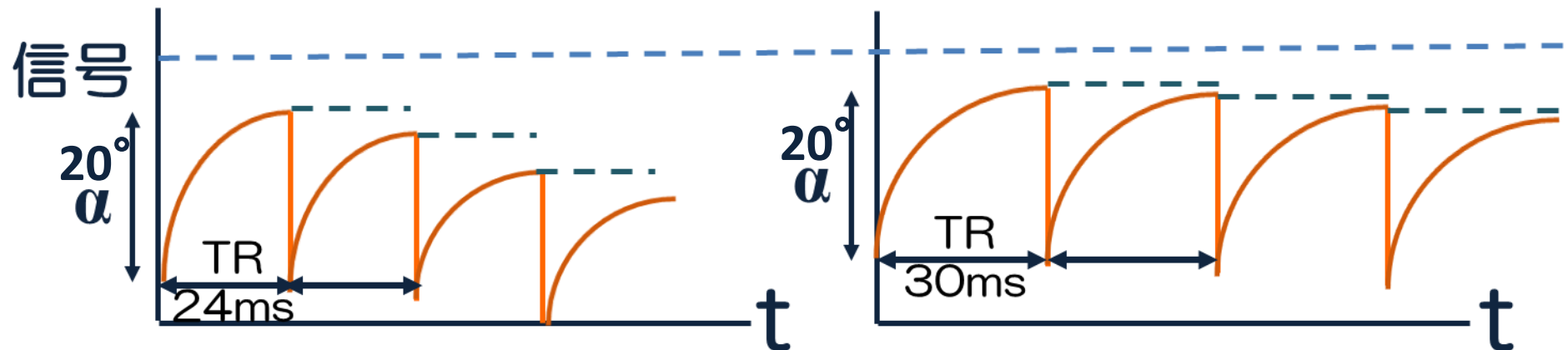


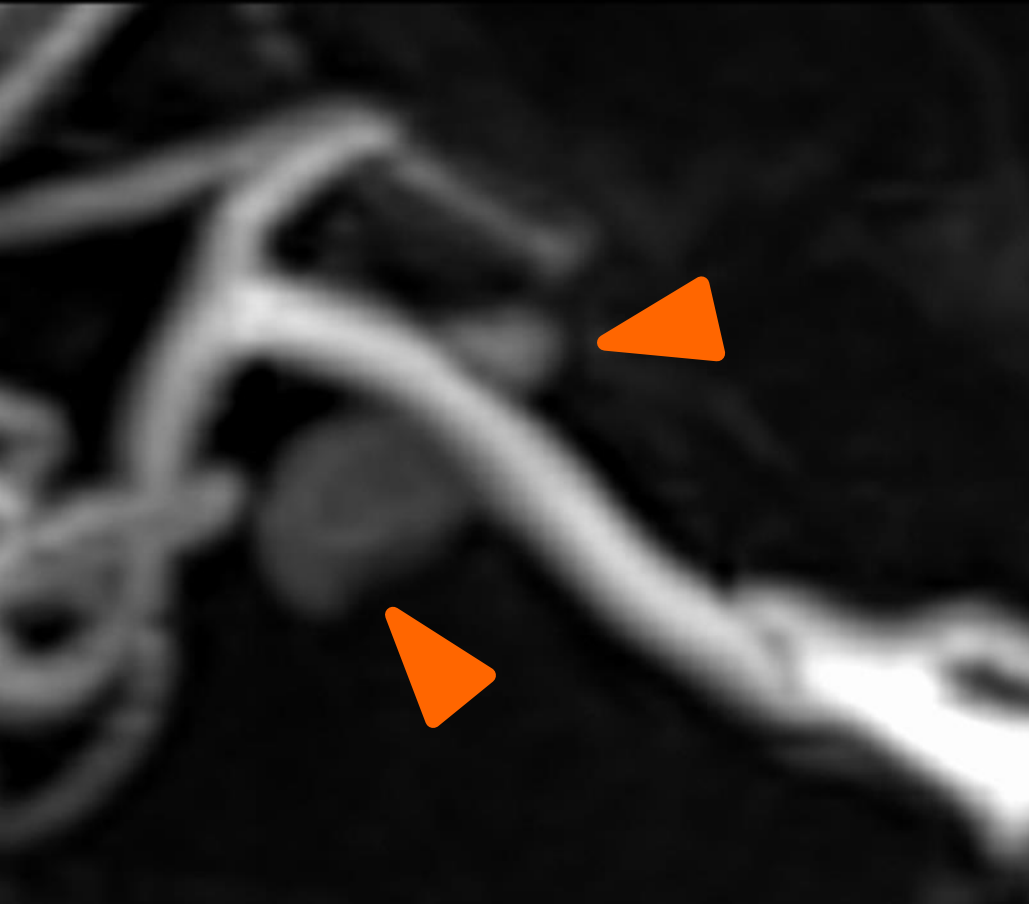
TR延長による飽和効果抑制



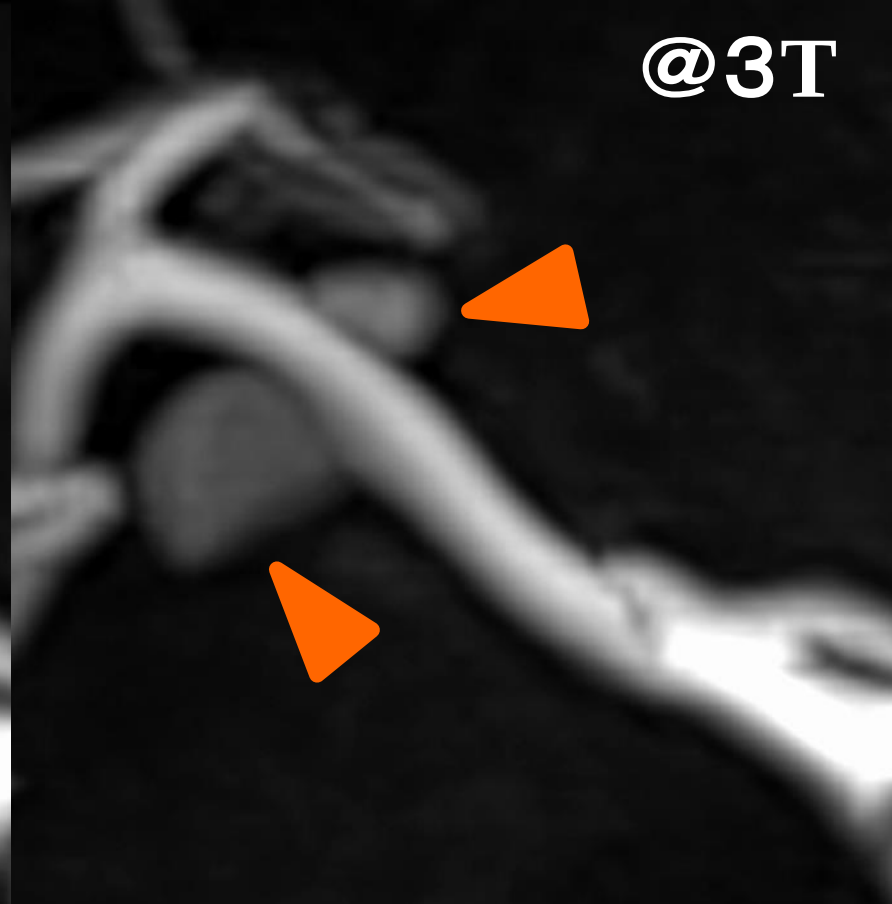
TR24ms
FA20°

TR30ms
FA20°

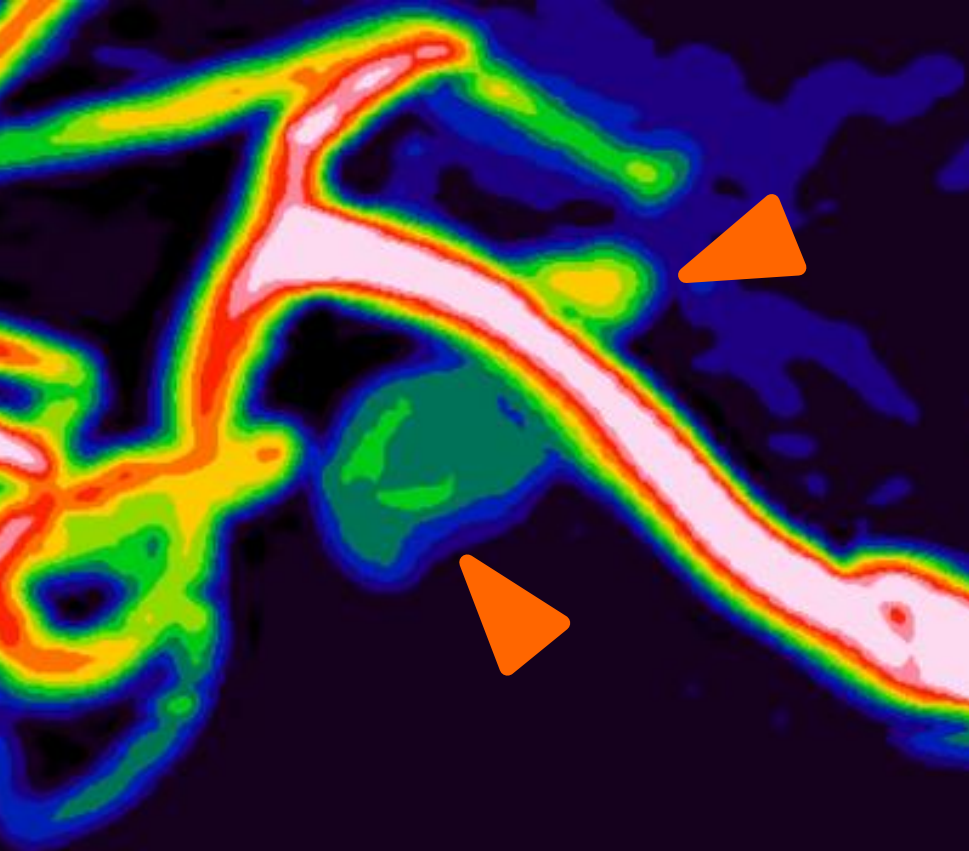




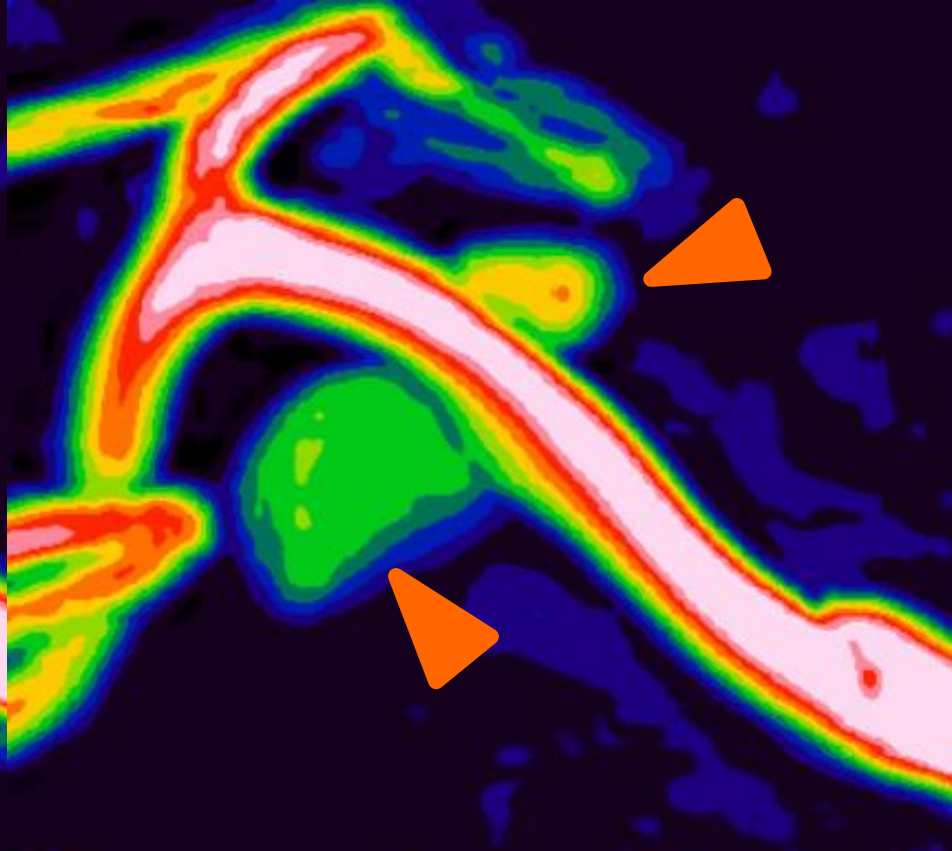
TR22ms
TE3.69ms
0.4×0.4×0.5mm
FA16°



@3T
TR25ms
TE3.69ms
0.4×0.4×0.5mm
FA16°



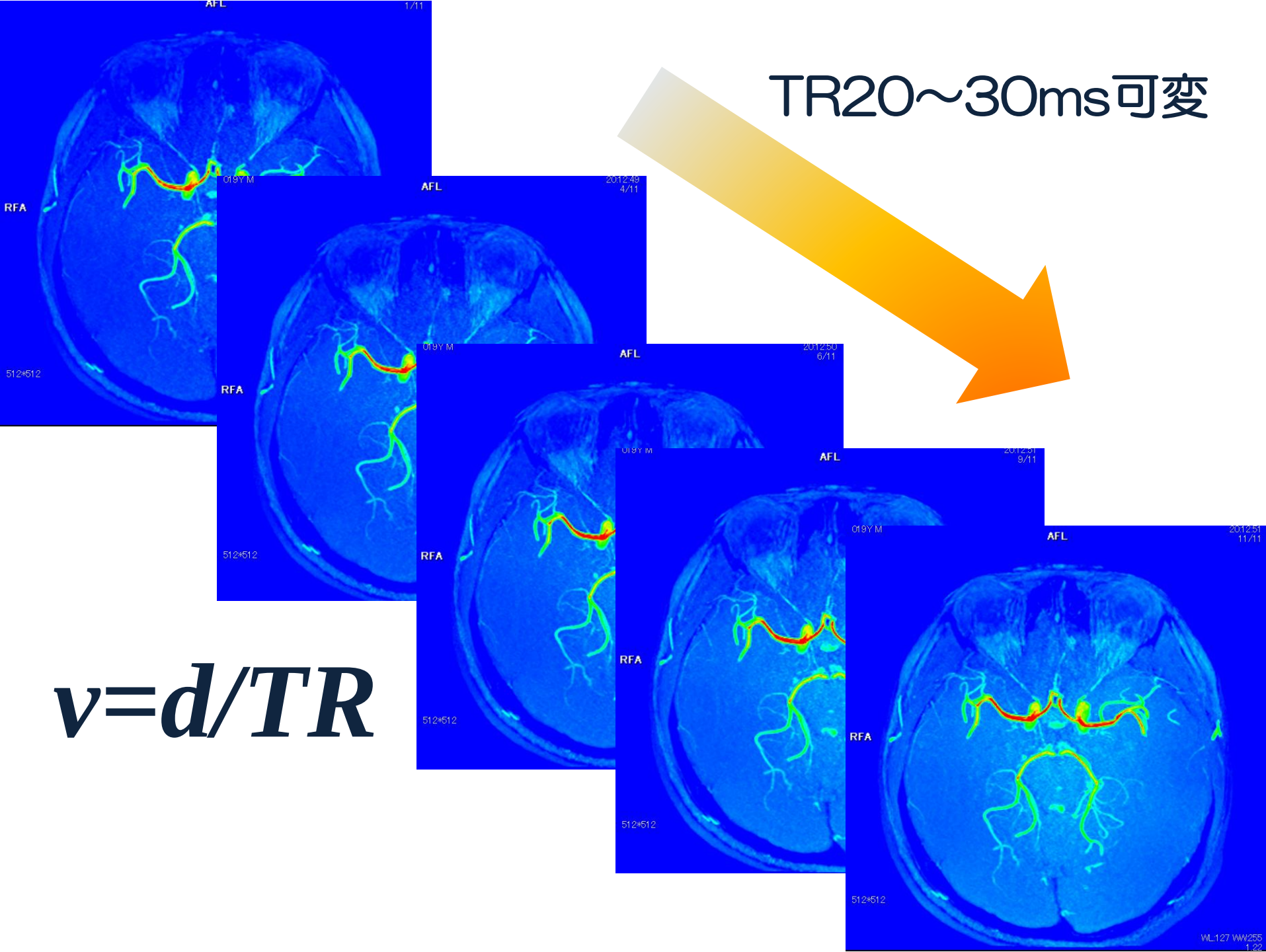
TR22ms



TR25ms

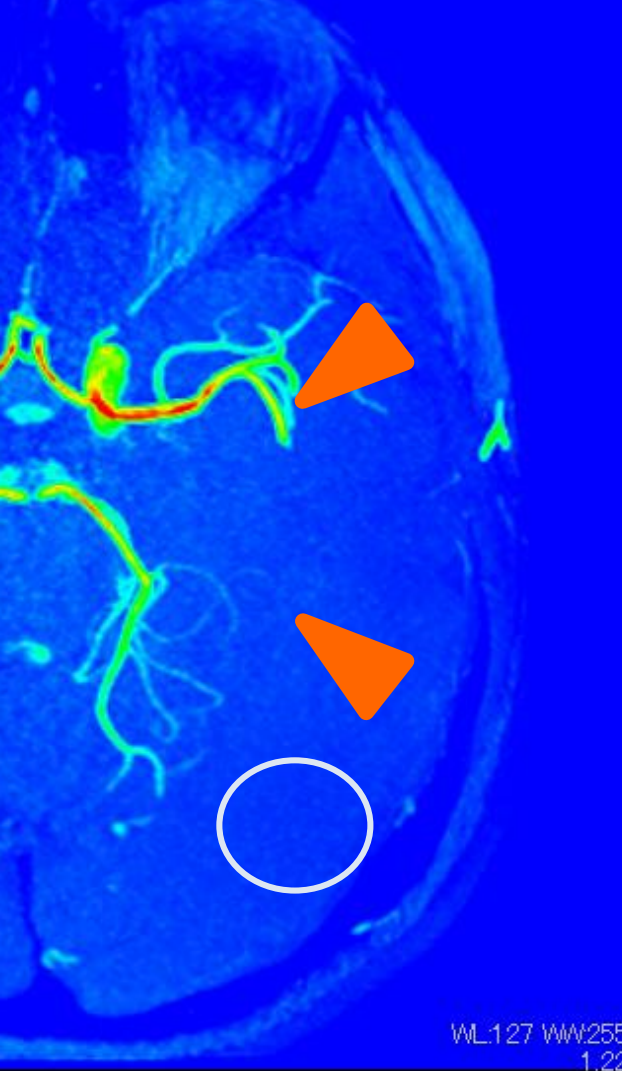


TR20~30ms可変

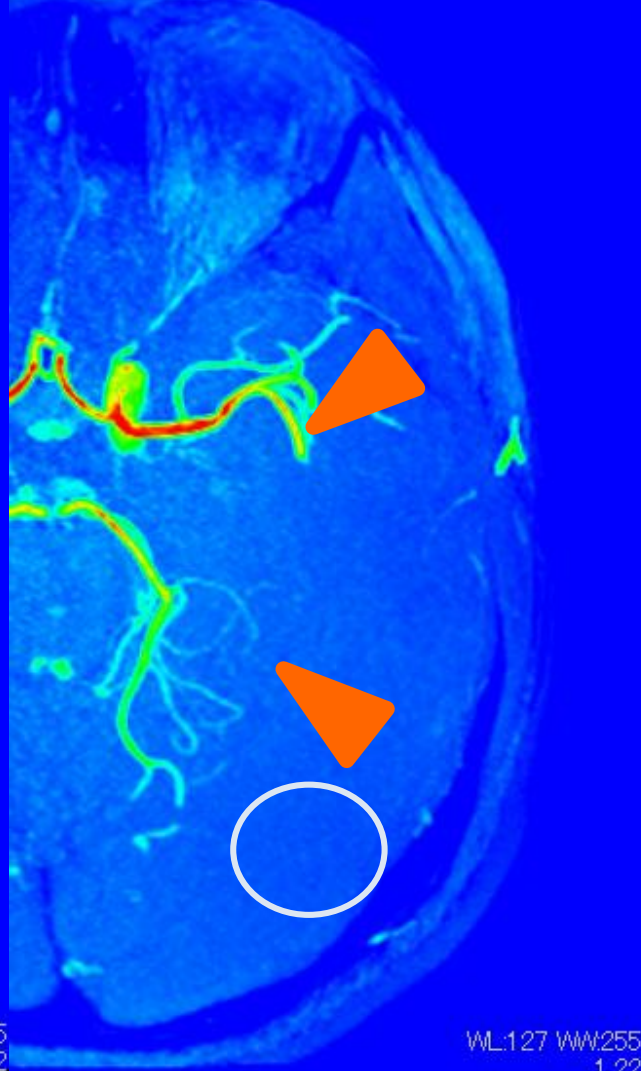


$$v=d/TR$$

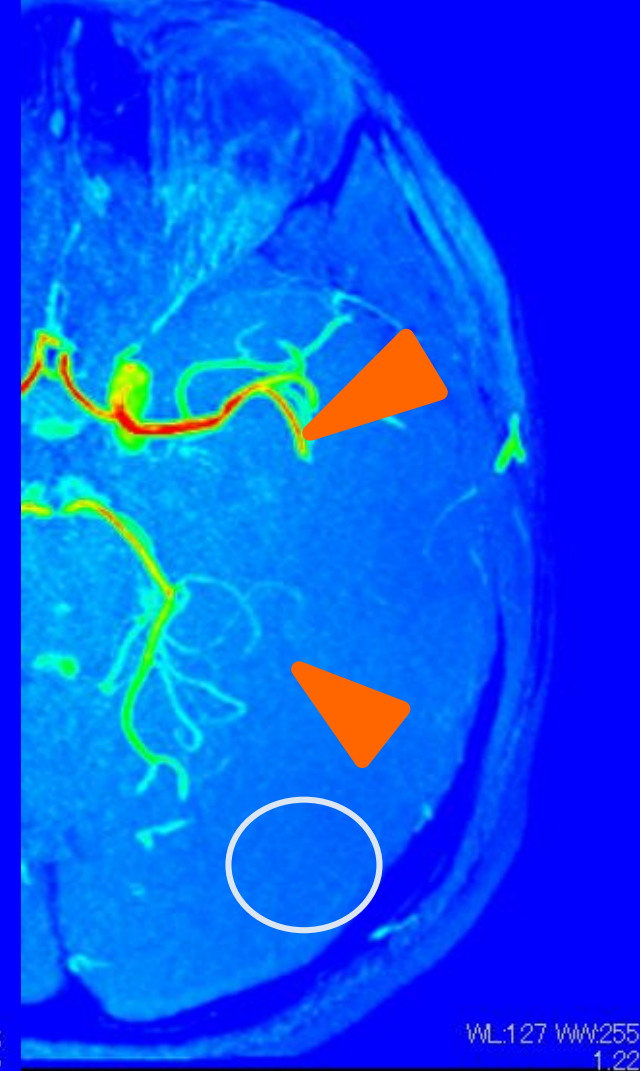
TR20ms

WL:127 WW:255
1.22

TR25ms

WL:127 WW:255
1.22

TR30ms

WL:127 WW:255
1.22

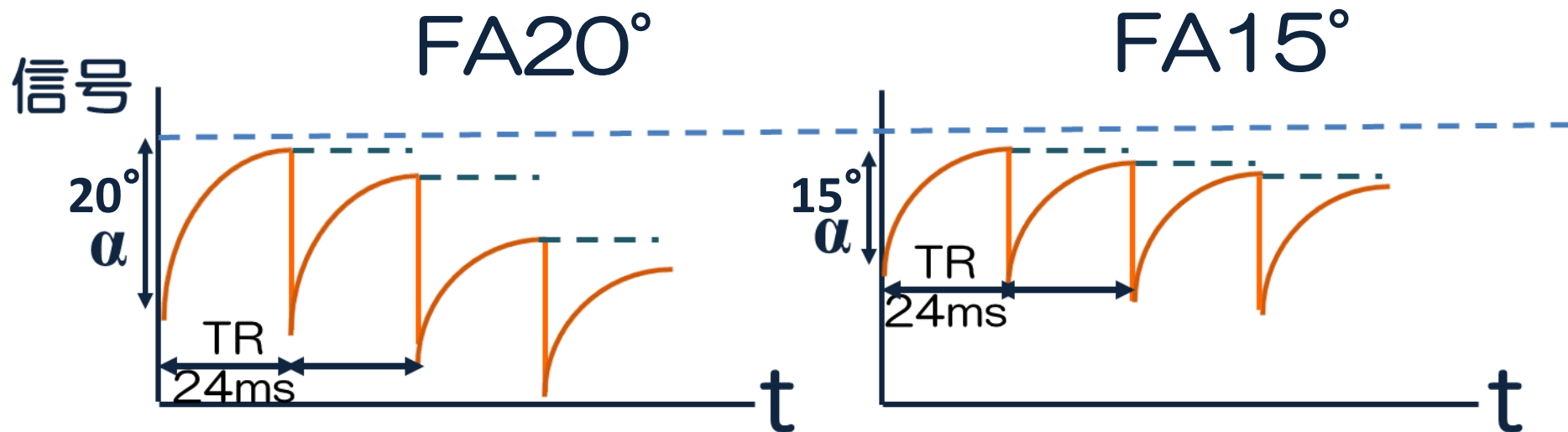
$$v = d / TR$$

v : 流速 d : スライス厚

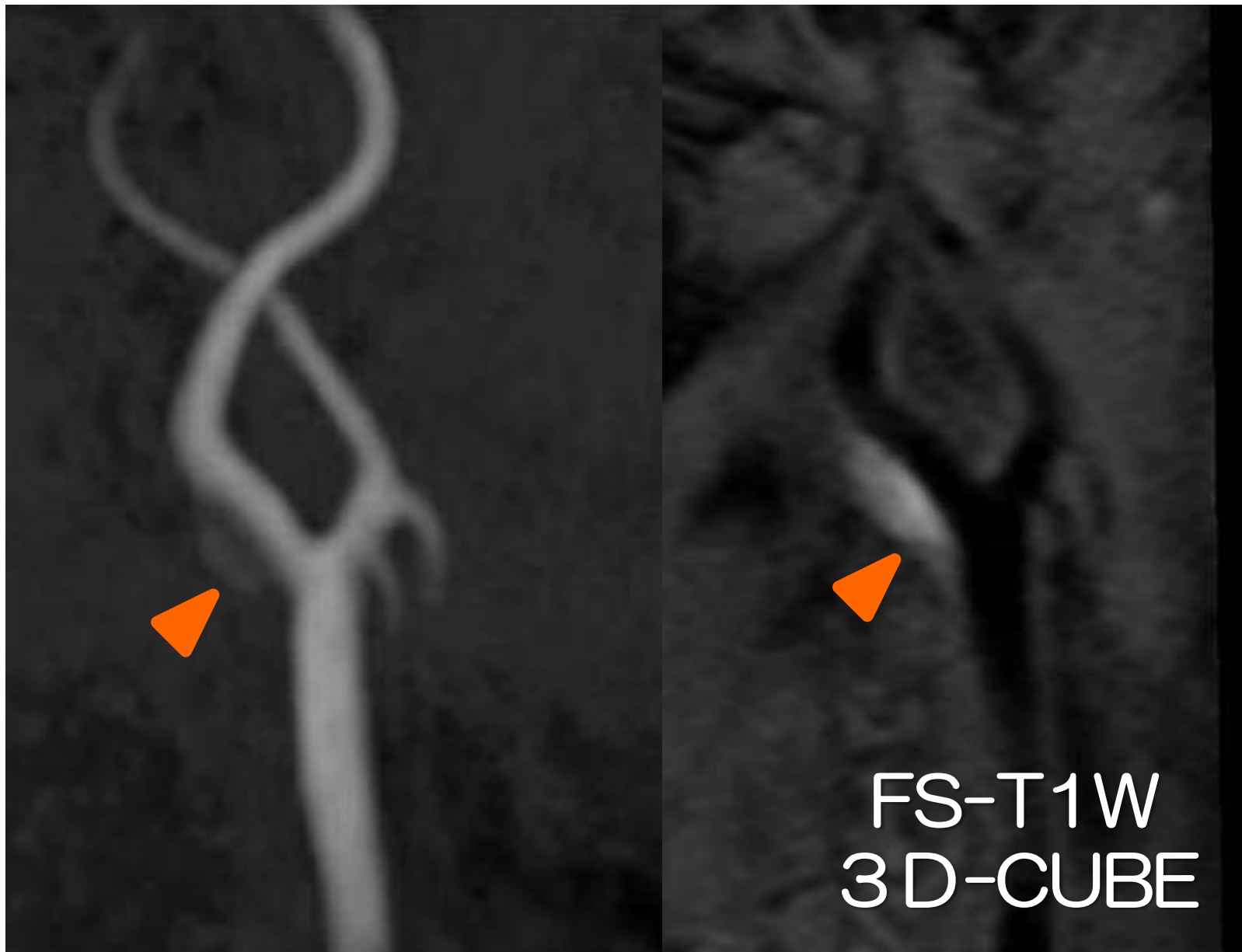
FAによる飽和効果抑制

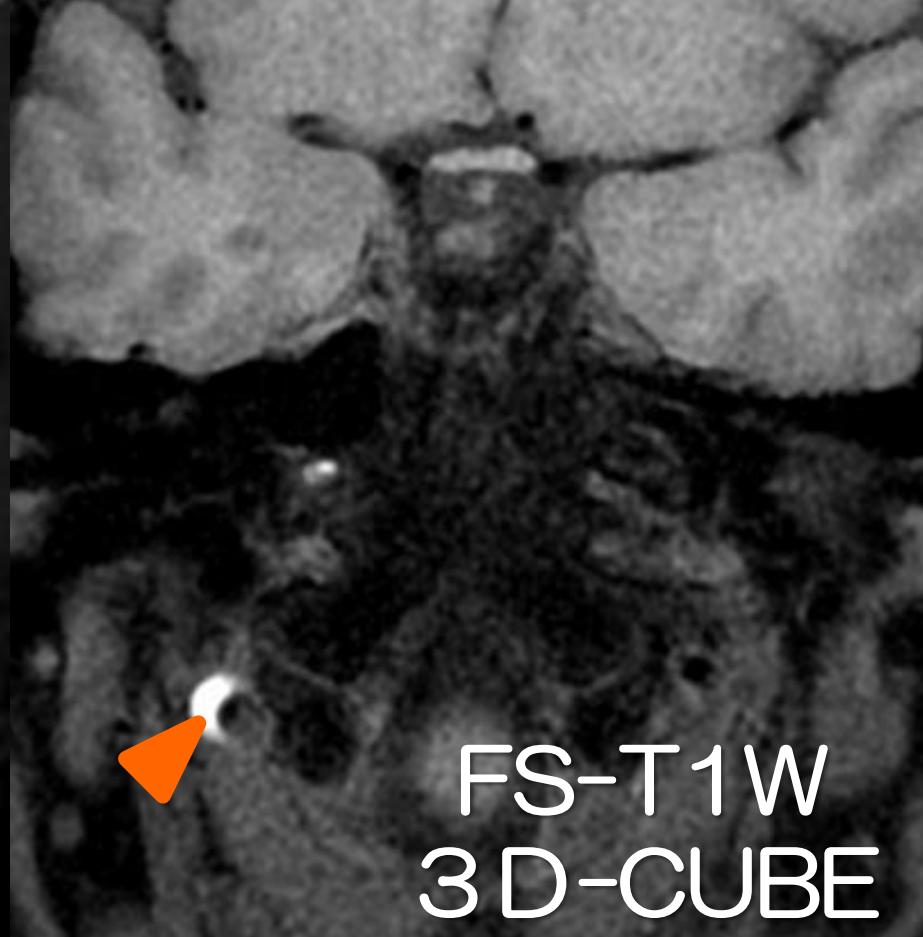
@1.5T

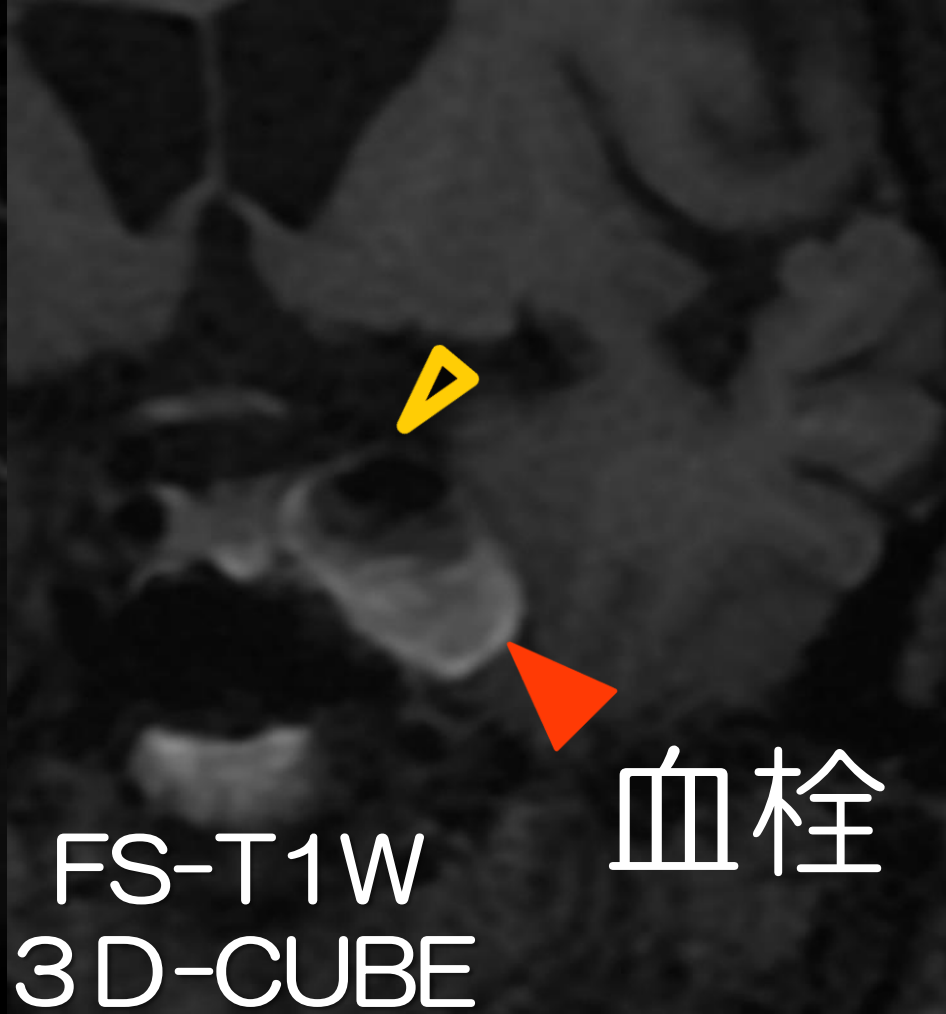
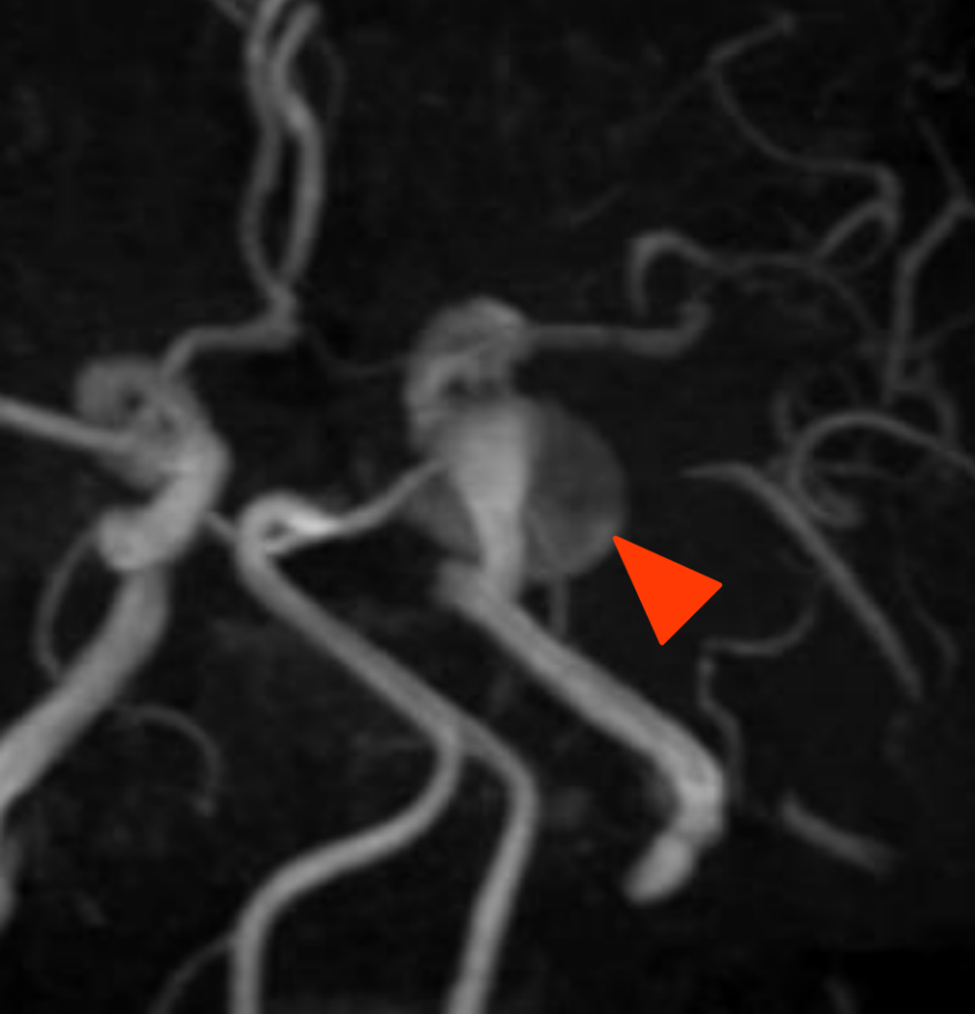
TR固定



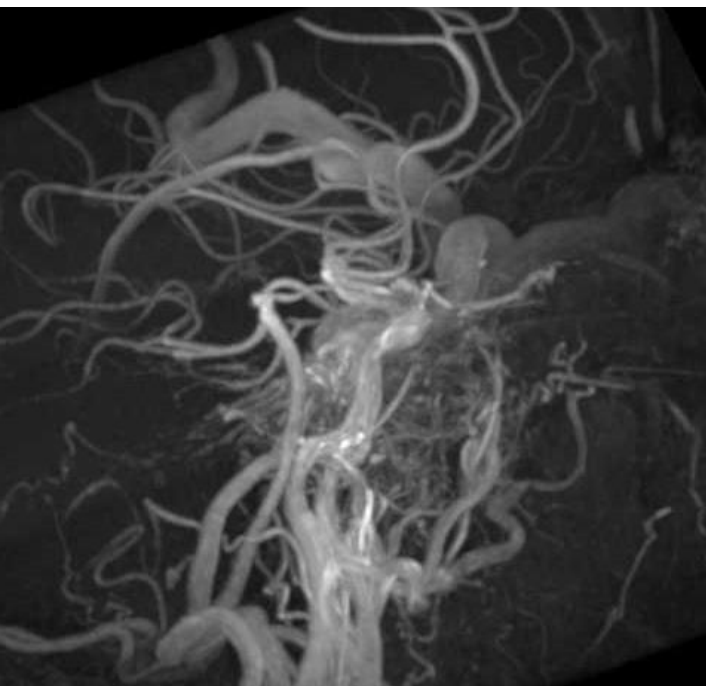
Black Blood法の活用



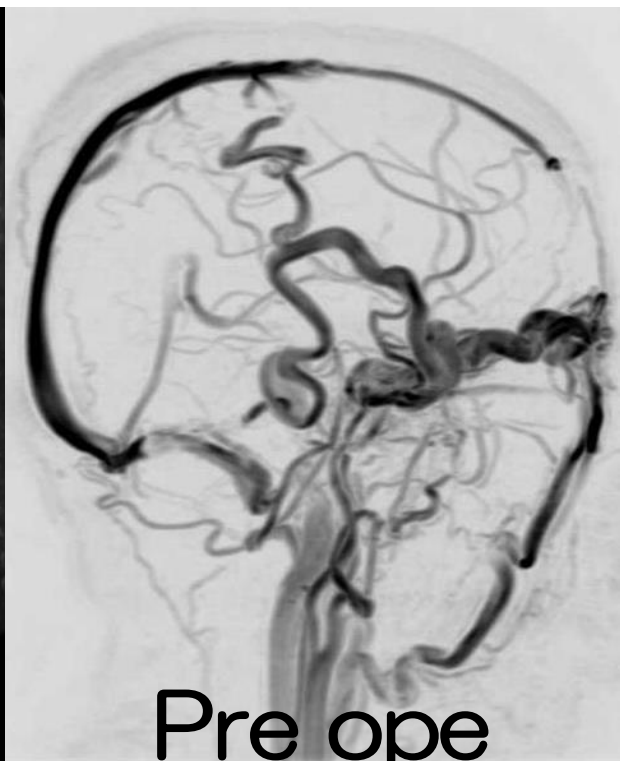
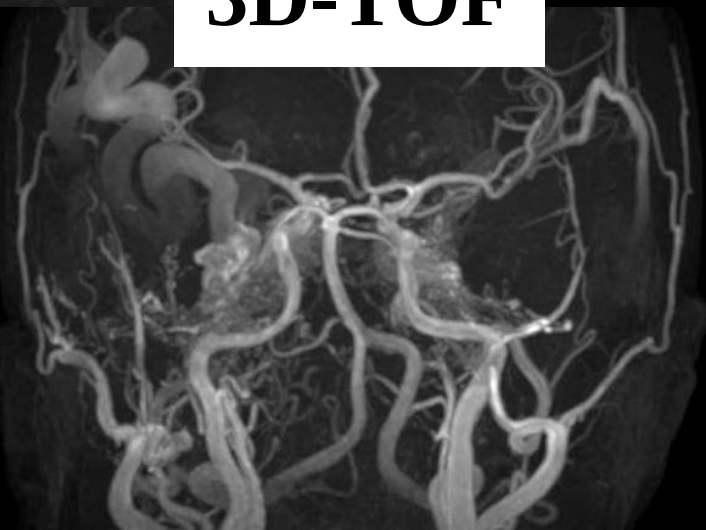




様々な流れ ex) AVM



3D-TOF

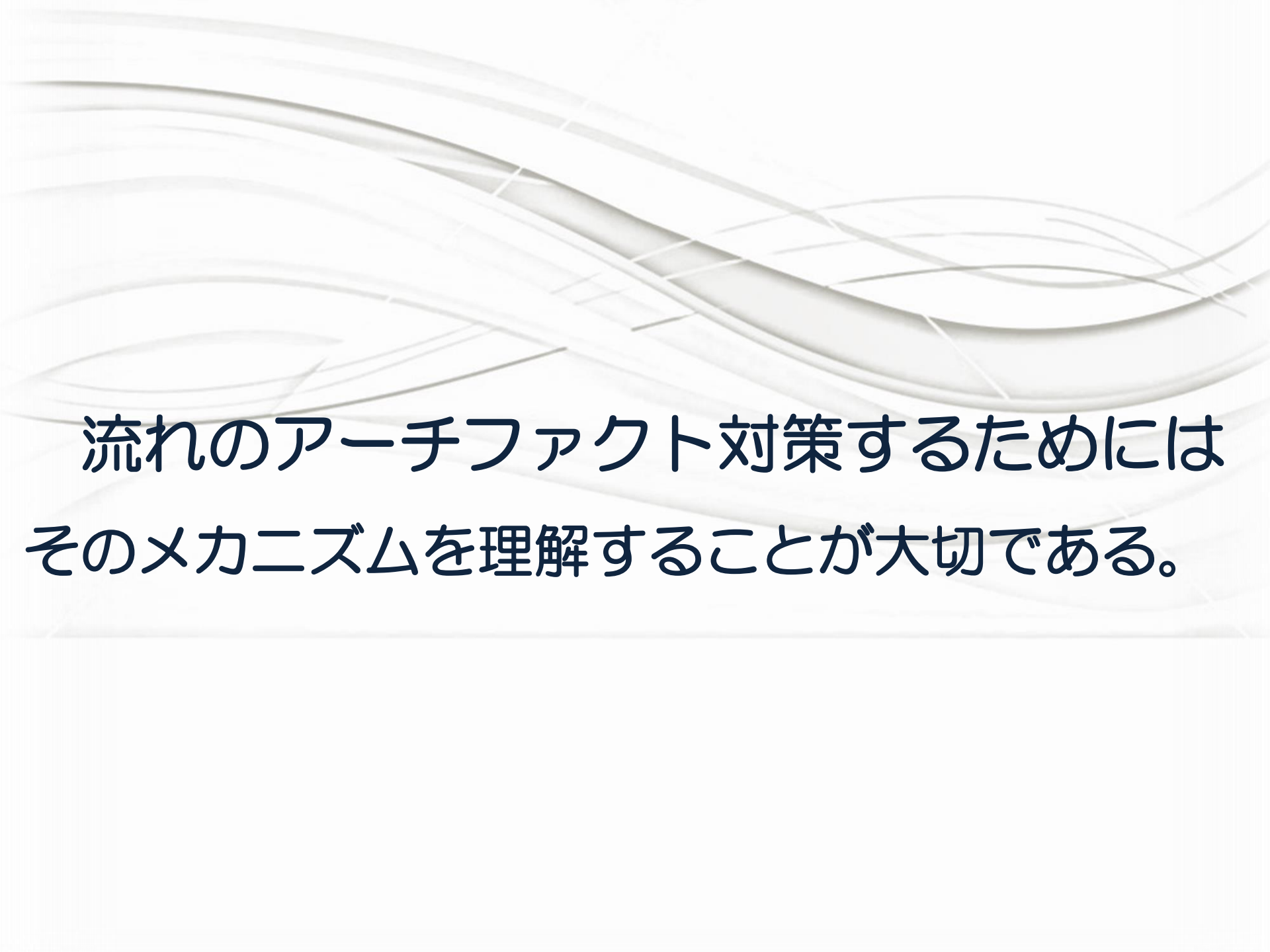


Pre ope



Post ope

3D-Inhance MIP画像
Venc35cm/sec
3D-PC法を利用



流れのアーチファクト対策するためには
そのメカニズムを理解することが大切である。

参考資料

- 荒木力：決定版MRI完全解説 秀潤社 ,2008
- 荒木力：MRI「超」講義 第2版 MEDSi ,2003
- 荒木力：MRIの基本パワーテキスト 第3版 MEDSi ,2011
- 画像診断 MRIアーチファクトの光と影 Vol32,01,2012
- 秦博文：MRIのアーチファクト 第11回Imaging Now in Kanagawa,2015
- 馬野清次：今からでも大丈夫!! MRI入門Part5 頭部MRA 『TOF法』
第31回神奈川MRI技術研究会,2015 <http://kanamri.umin.ne.jp/>