

- The author has no conflict of interest to disclose with respect to this presentation.

頭部MRI検査の撮像方法と臨床技術

頭部MRIへの私なりのアプローチ

新別府病院 加藤 広士

本日の内容

- MRAが上手く出せない,そんな時の次の一手
(それでもTOFにこだわってみた)
- 過去のSigna甲子園ネタ紹介
 - CAS後TOF-MRA
 - Multi-shot GRE-EPIを用いた T2*WI

その前に

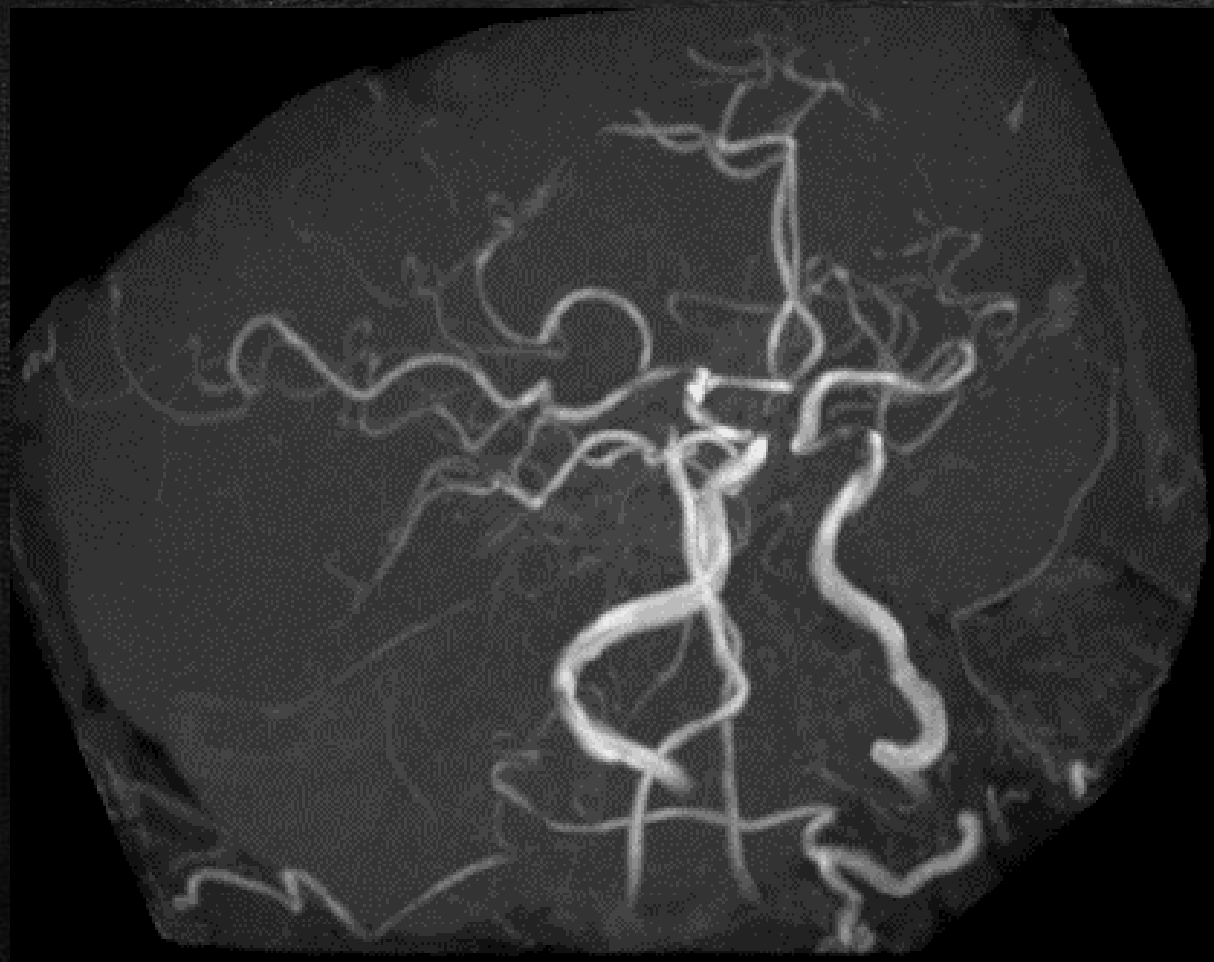
当院のルーチン3D TOF-MRA

Head 3D TOF-MRA のTEはどっち？

TE: out-phase (6.8ms) TE: short TE (2.4ms)

- 脂肪信号が目立たない
 - 末梢血管の描出が良い
 - 乱流の影響を受けやすい
 - 磁化率効果が大きい
- 脂肪信号が目立つ
 - 末梢血管の描出がやや劣る
 - 乱流の影響を受けにくい
 - 磁化率効果が小さい

TE 6.8ms vs TE2.4ms

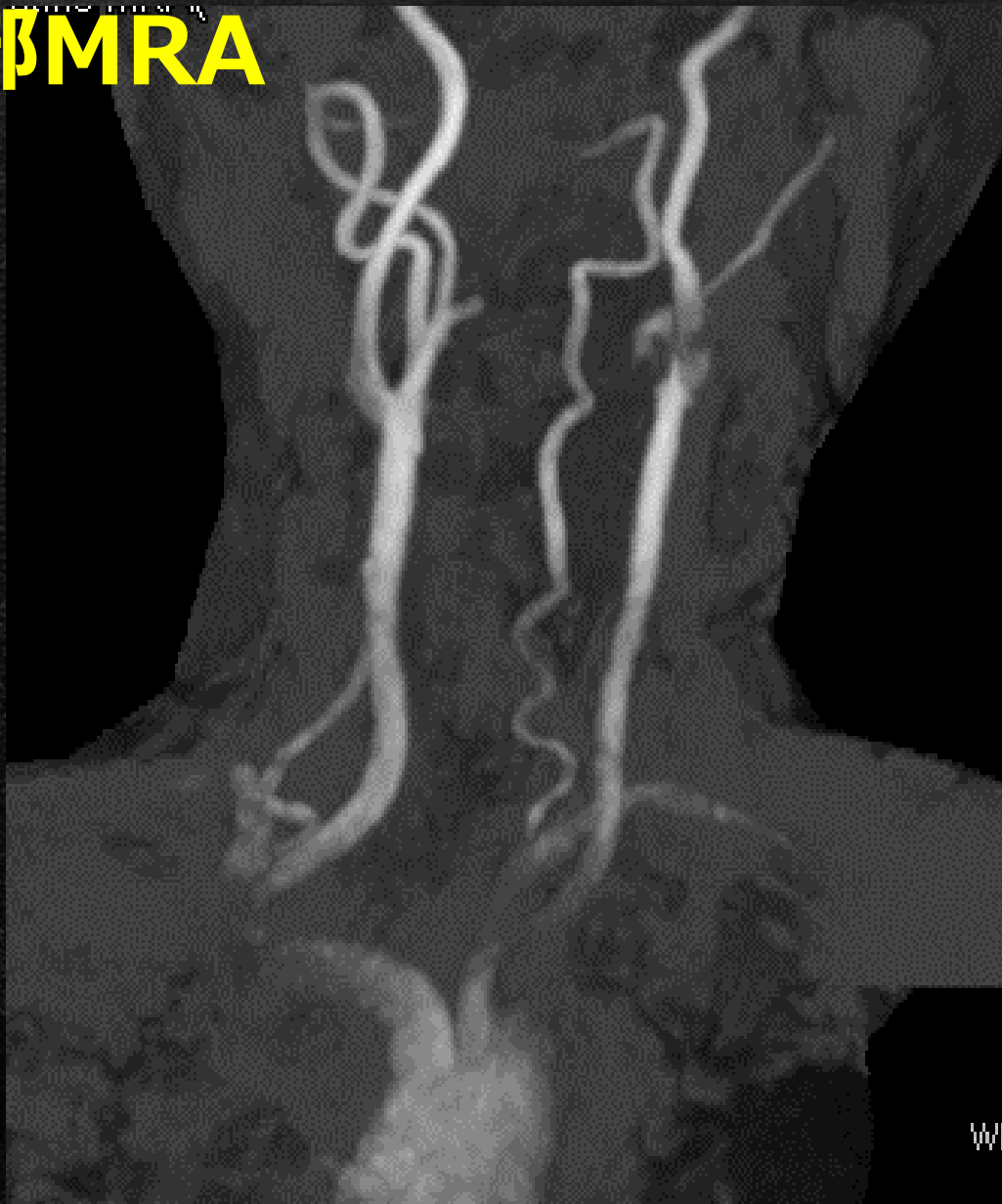


TE: out-phase (6.8ms)

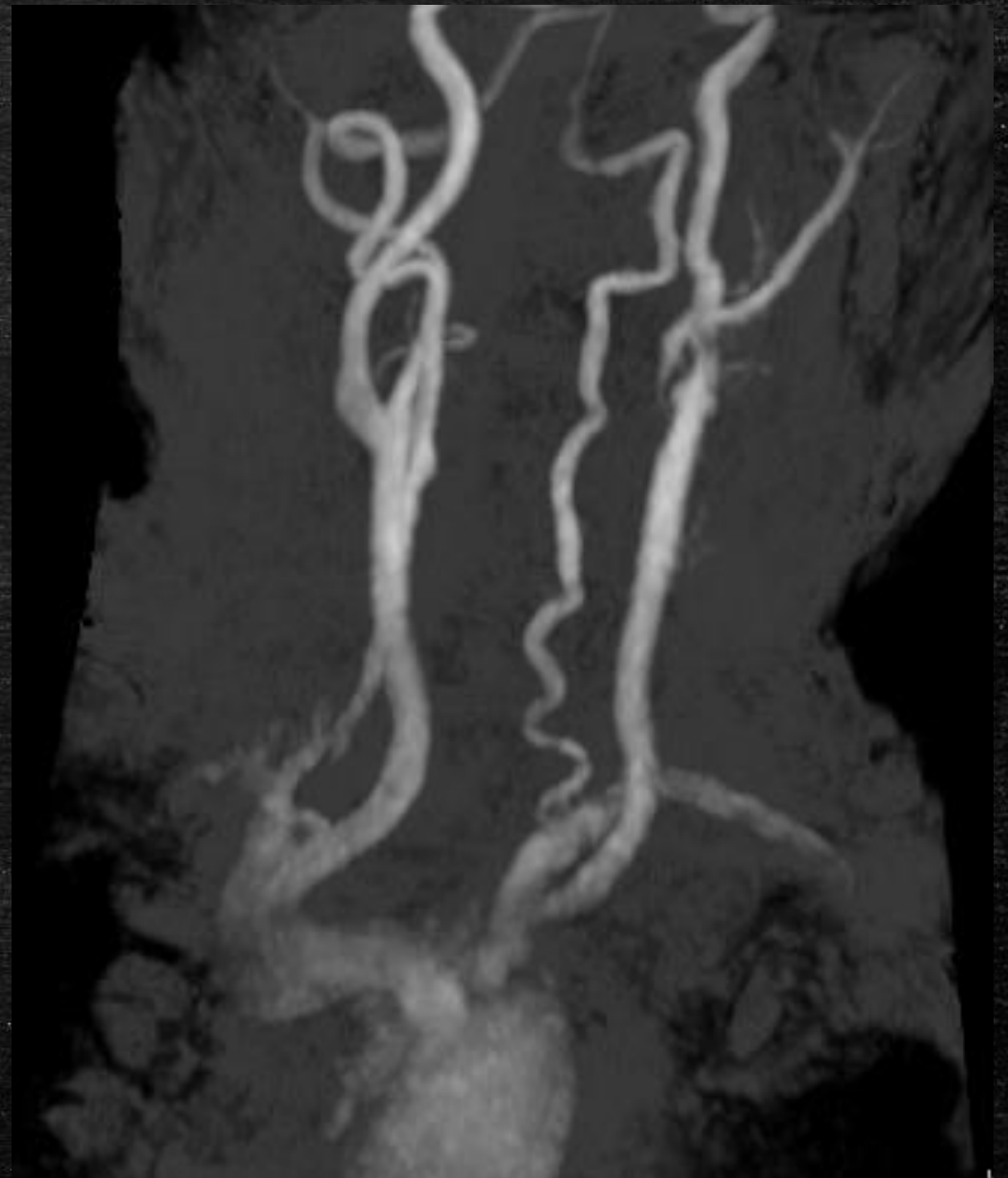


short TE (2.4ms)

頸部MRA



▪ TE6.9, **FA20** , 4slab



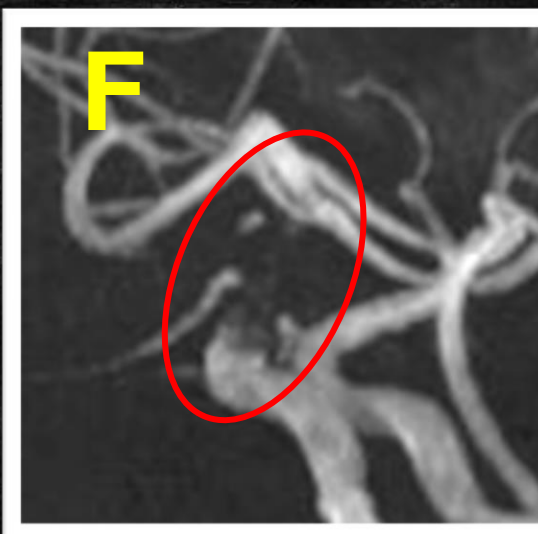
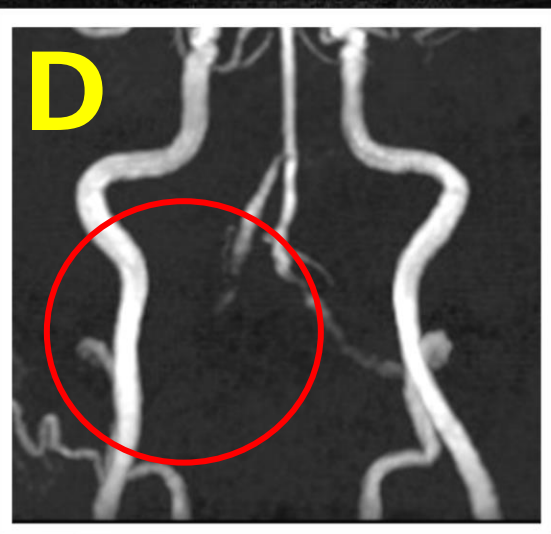
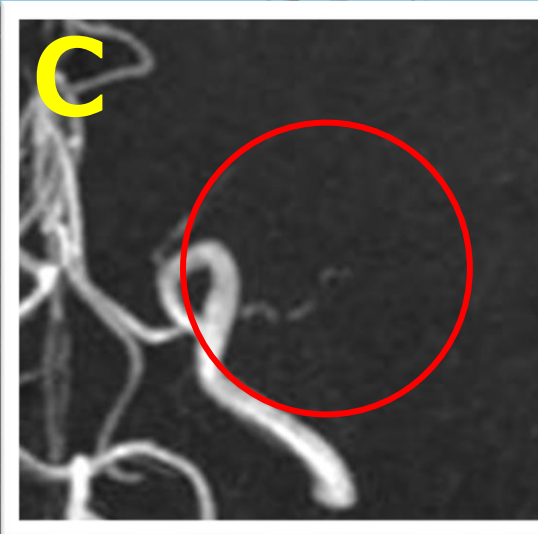
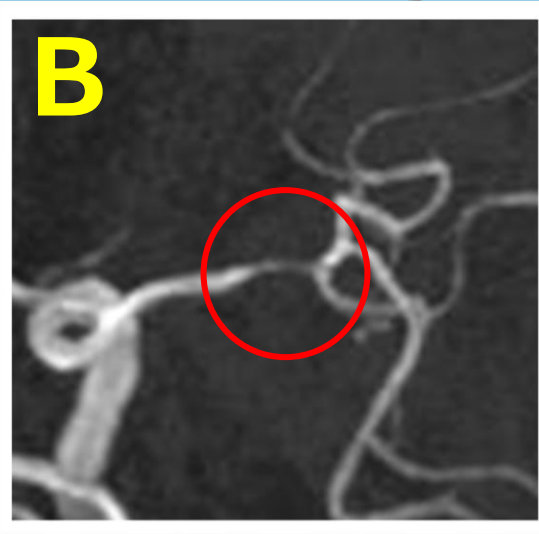
▪ TE6.9, **FA15** , 3slab

MRAが上手く出せない,そんな時の次の一手 (それでもTOFにこだわってみた)

- 描出不良の原因を考える
- 描出不良の対策 (パラメーターの最適化)

(注) パラメーターの変更には必ずトレードオフがある

3D-TOF MRAの描出不良の主な原因



- A:とにかく小さい 細い
- B: 高度狭窄
High flow
- C: 高度狭窄
Slow flow
- D: 蛇行した血管
- E: 磁化率アーチファクト
- F: ステント併用コイル
塞栓術後

小さな動脈瘤疑い（細い血管）



〈原因〉

分解能不足

小さな動脈瘤・細い血管の対策

〈対策〉のデメリットとまたその対策

〈基本対策〉

Voxel sizeを小さくする

- Matrixを上げる
- Slice厚を薄くする

撮像時間が延長してSNが低下

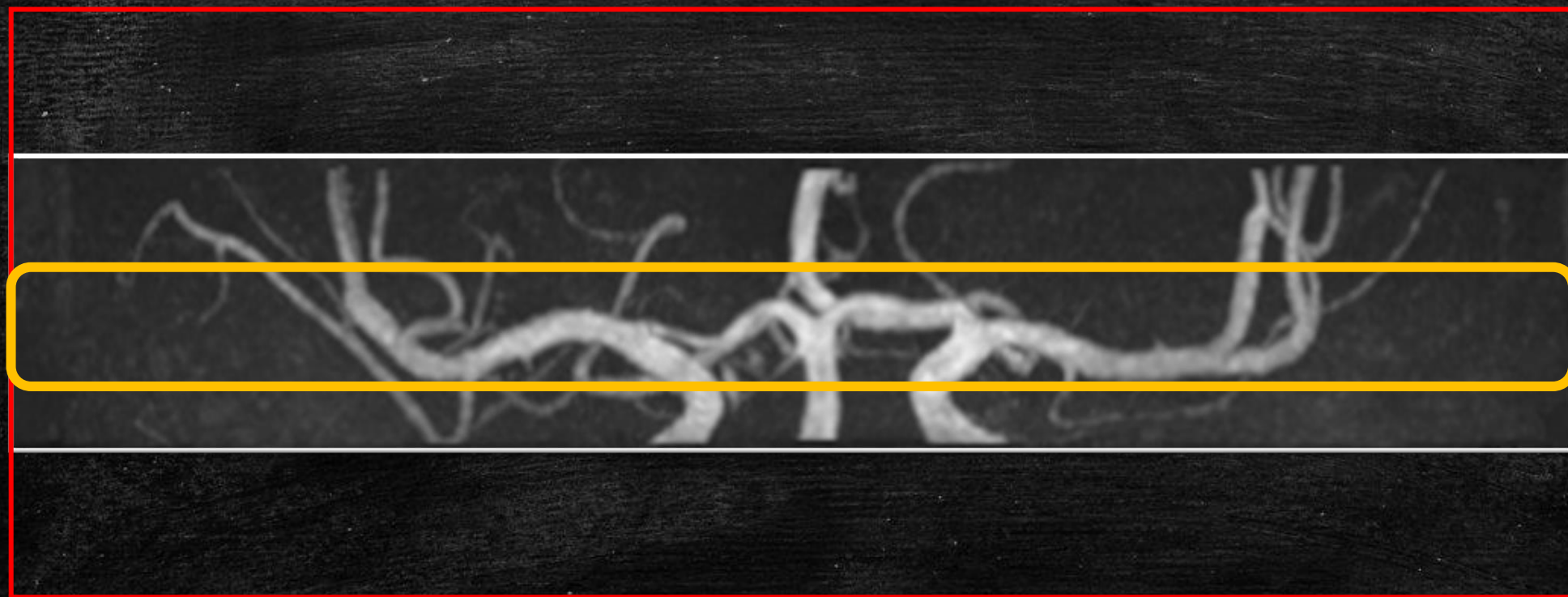
- 撮像時間の延長を抑えるためslabを絞る
- FAを上げてSNを担保

(注) 目的部位を最もin flow効果を得られる位置にする

位置決め

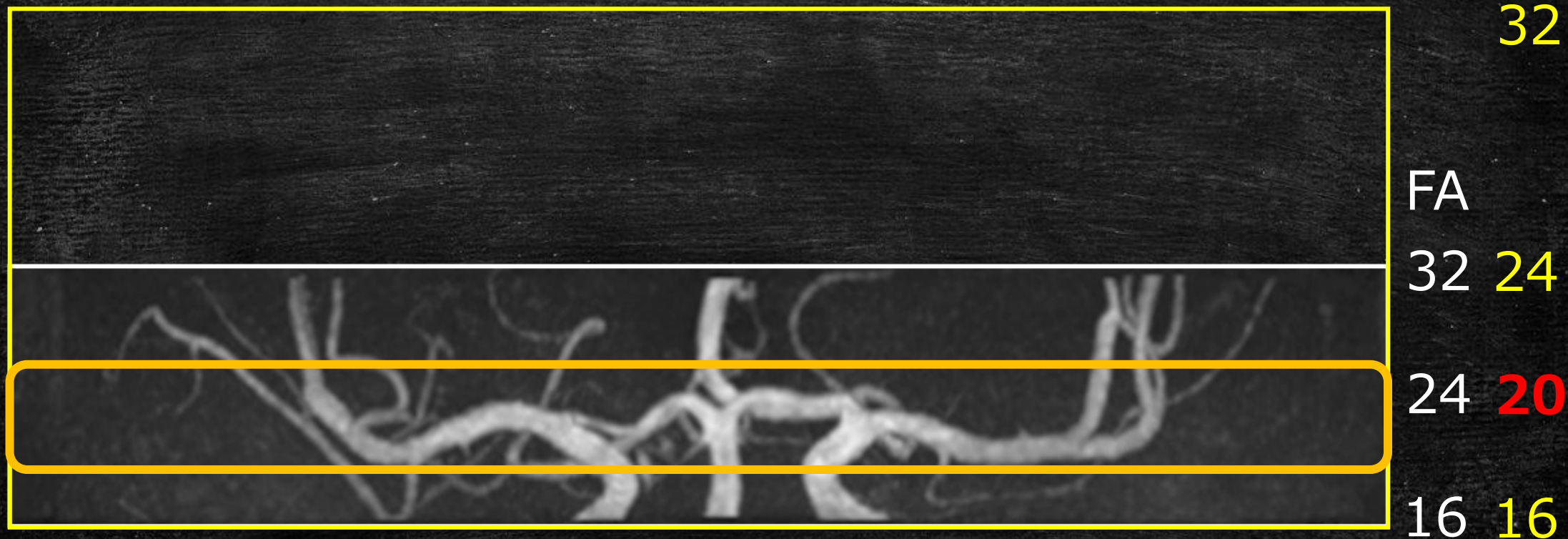


位置決め



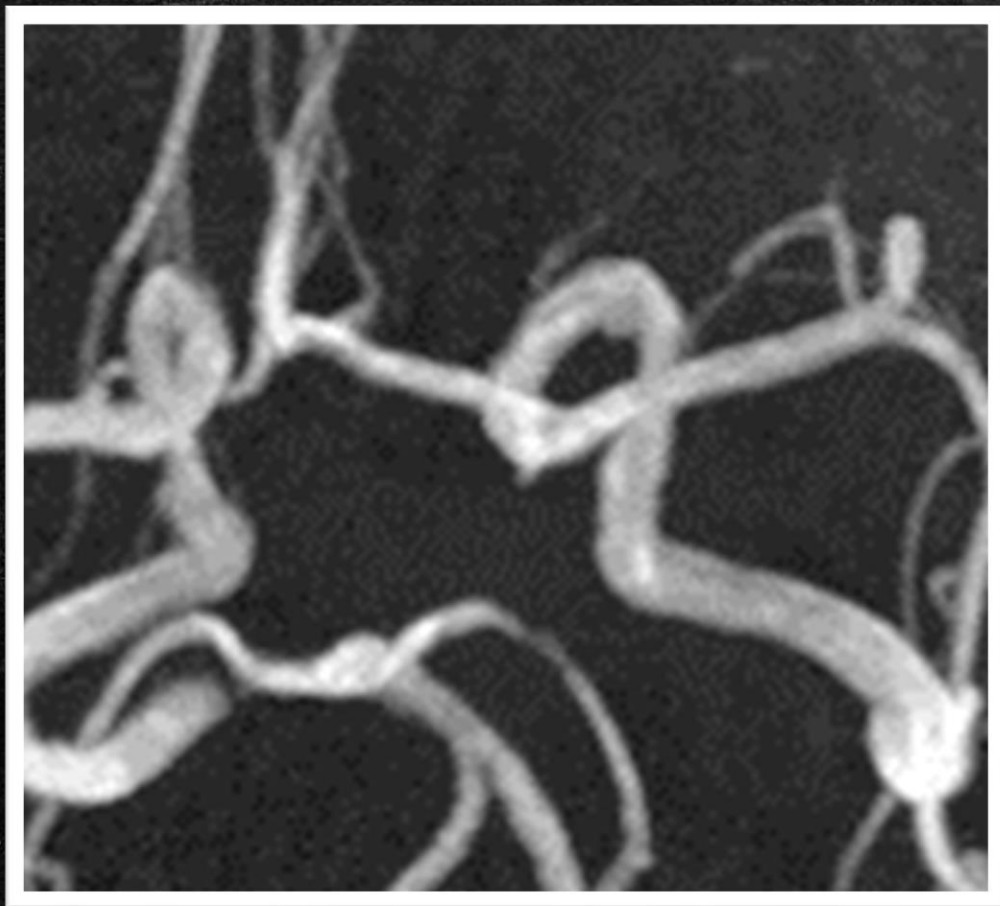
FA 32
32
24 24
16
16

位置決め

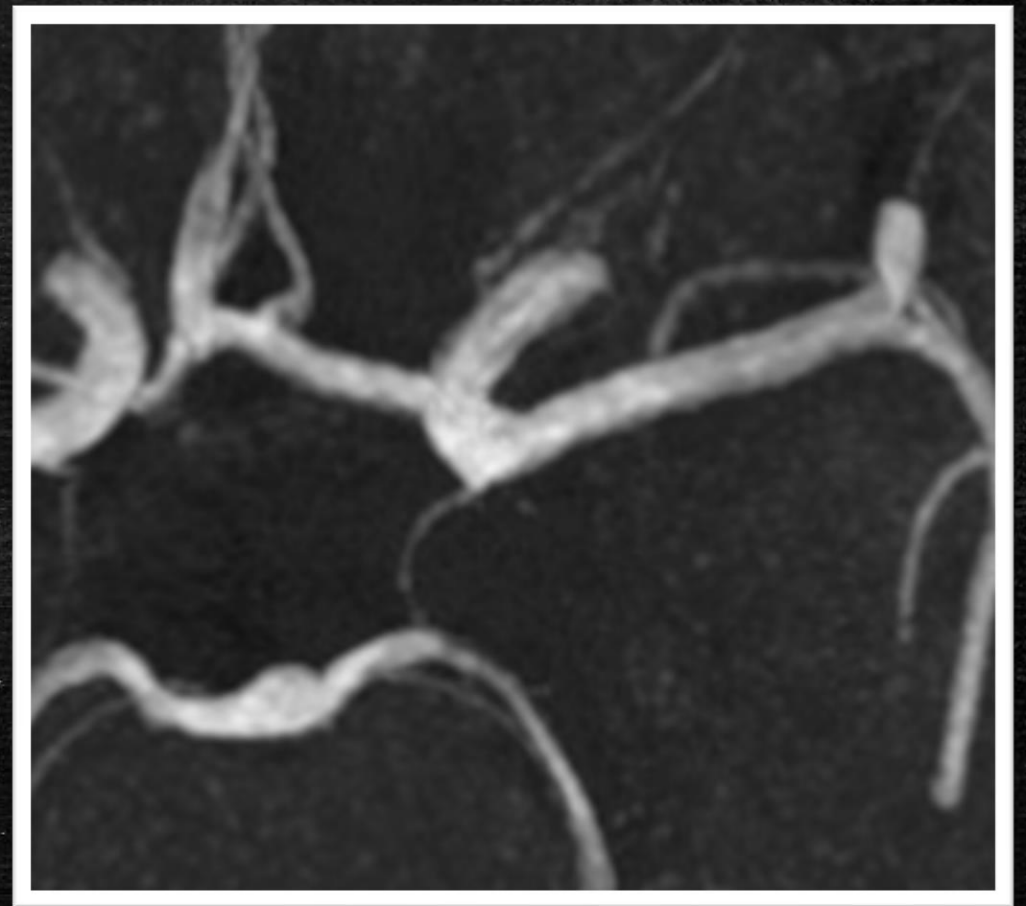


小さな動脈瘤疑い。(細い血管)

Standard Parameters

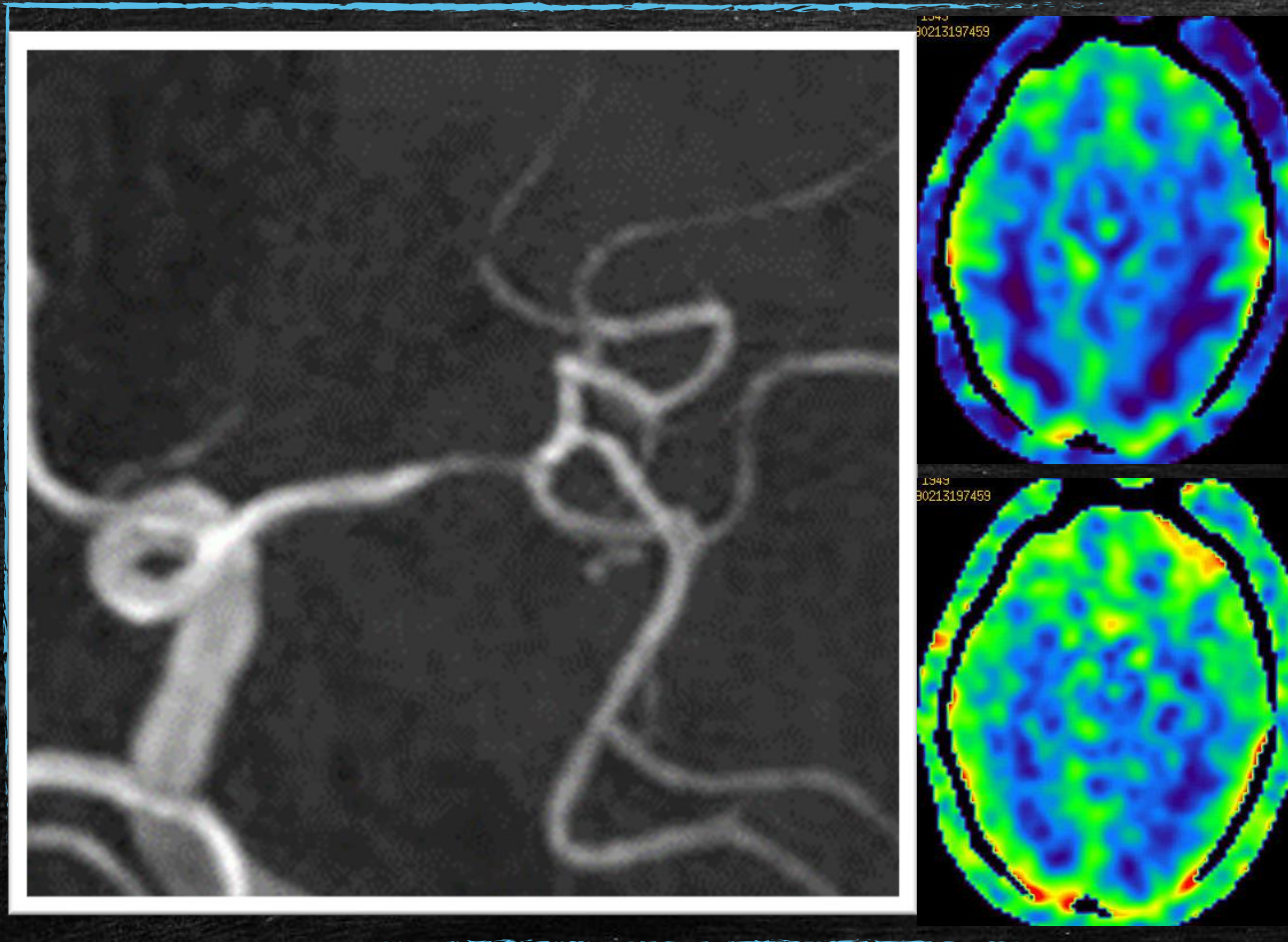


Modified Parameters



高度狭窄による細い血管（流れが速い）

TLD:1525



〈原因〉

- High flow
(流れが速い)

TLD:2525

Hight flowによる位相分散の対策

〈対策〉のデメリットとまたその対策

〈基本対策〉

- TEの短縮
- Bwを広げる

Bwを広げるとSNが低下する

- Hight flowということはin flow効果は大きいので**FAを上げる**

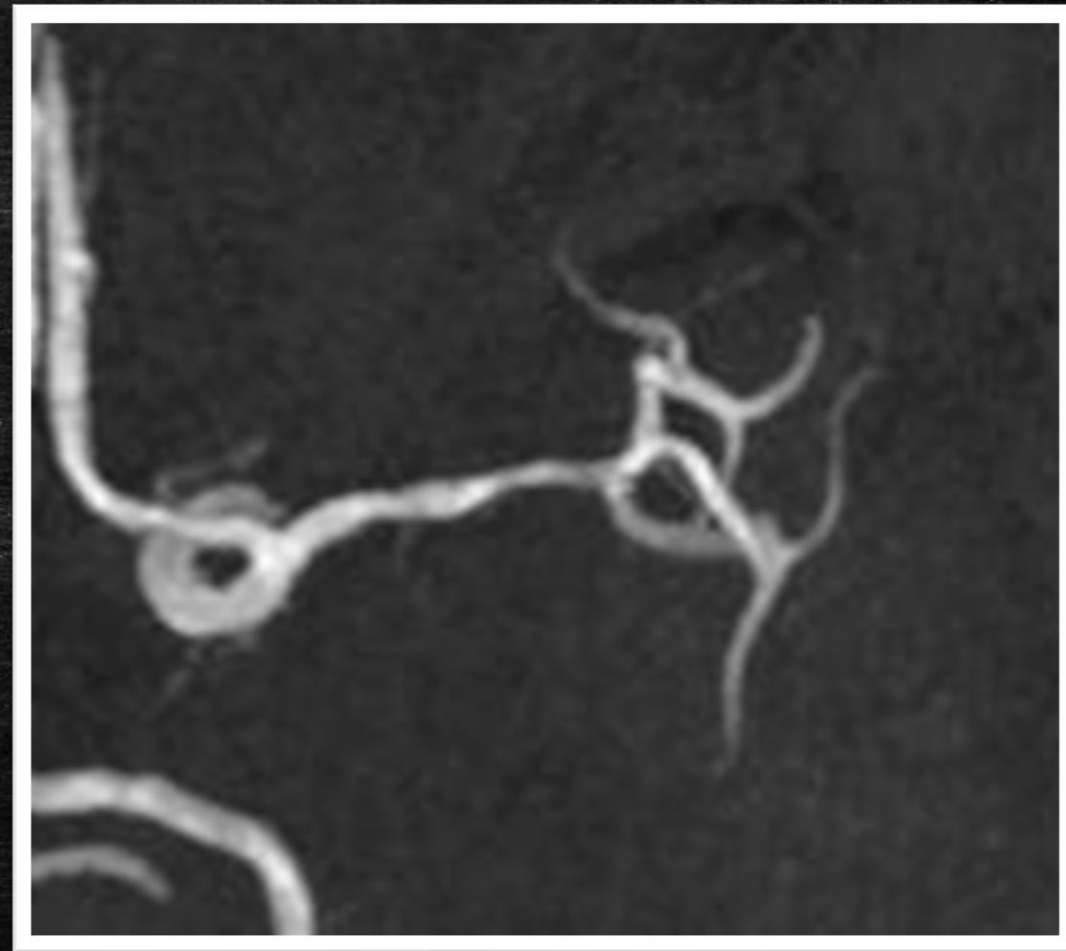
(注) 目的部位を最もin flow効果を得られる位置にする

高度狭窄による細い血管（極端に流れが速い）

Standard Parameters

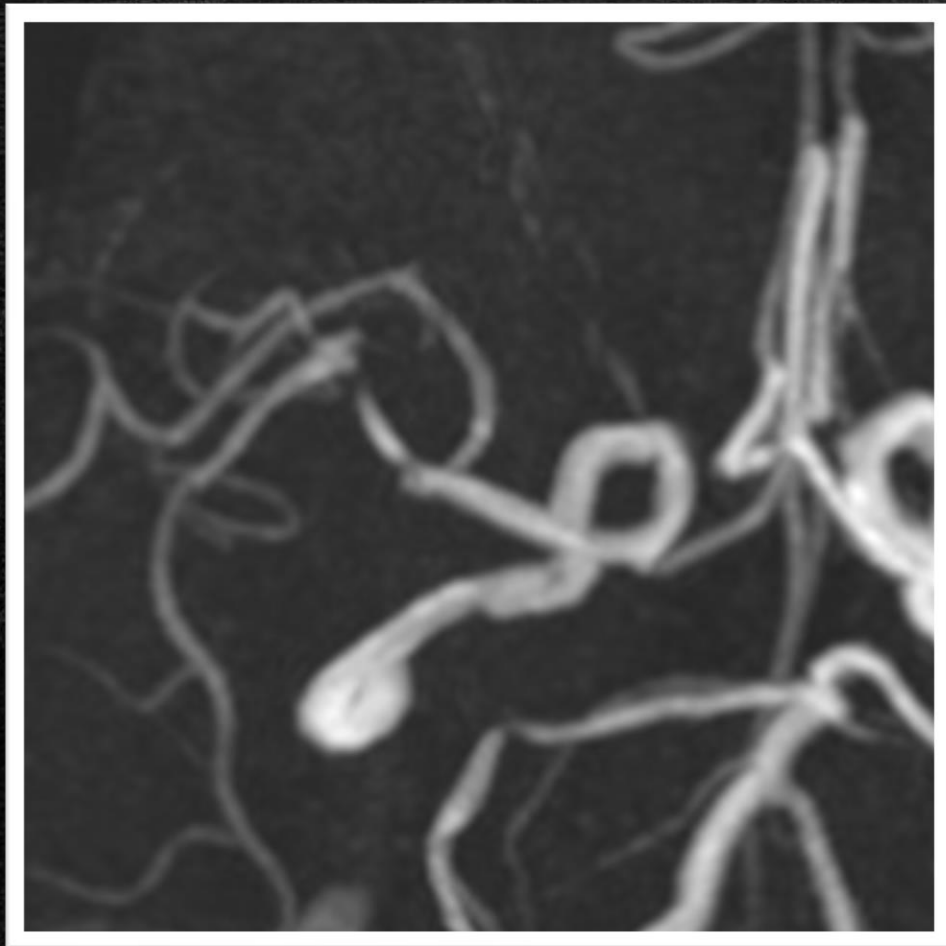


Modified Parameters

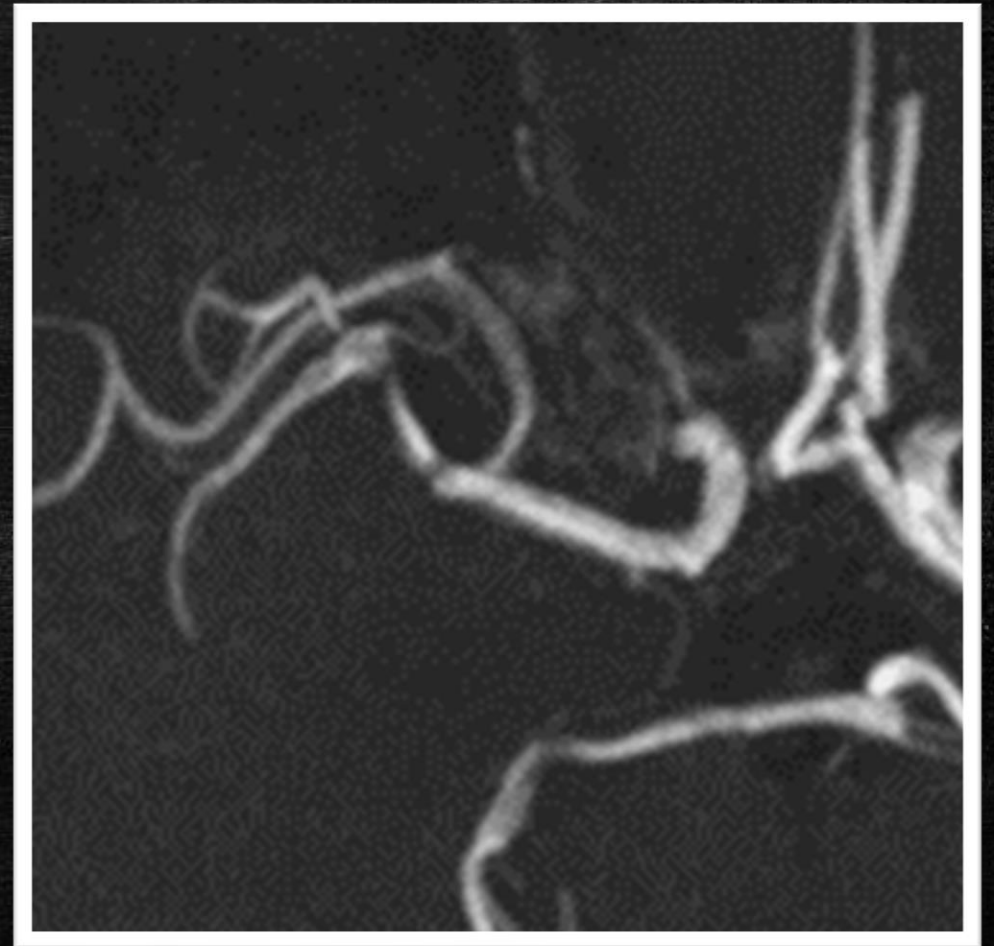


どんなに頑張ってもポイント外すと・・・

Standard Parameters

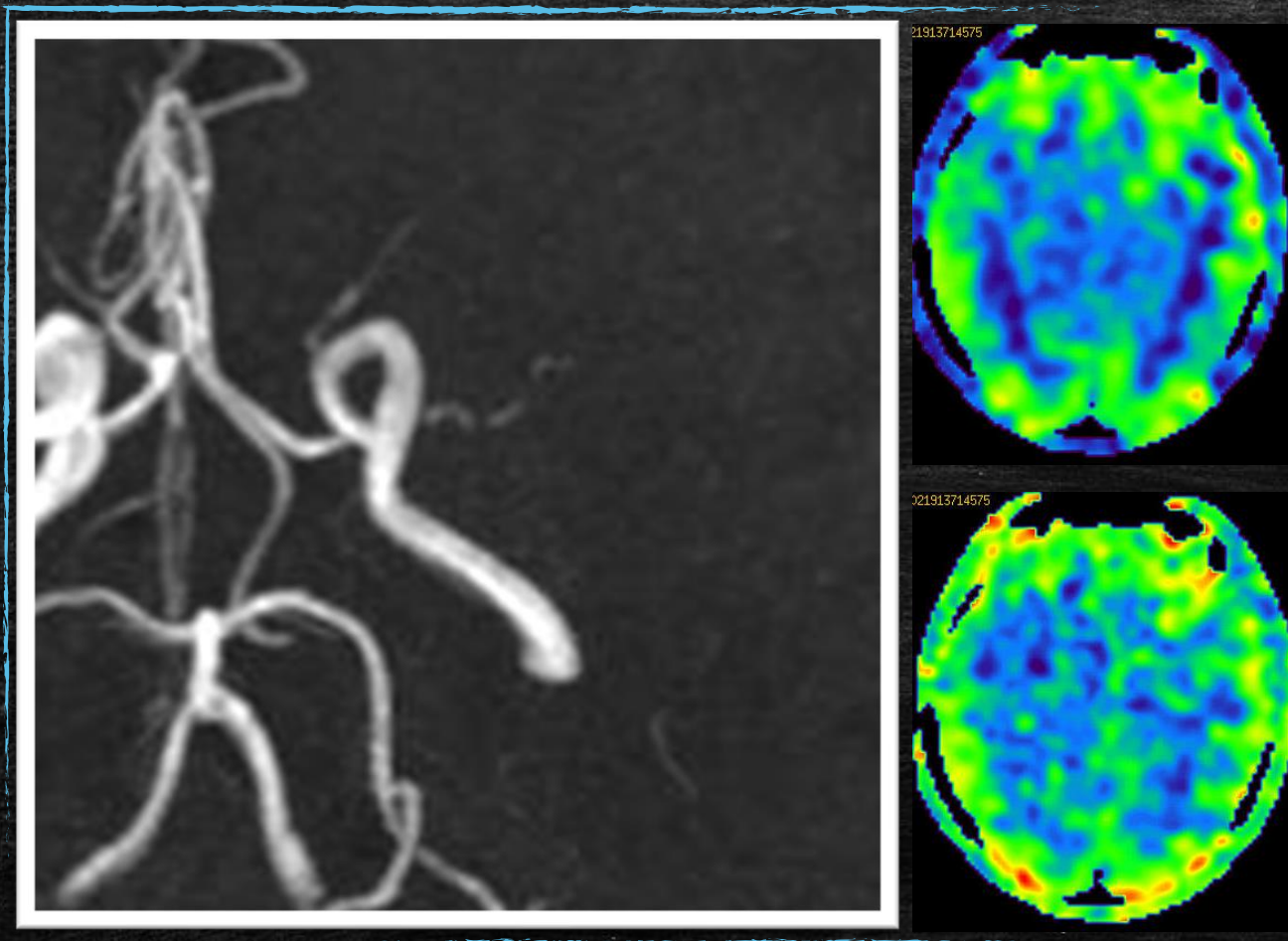


High resolution



高度狭窄による細い血管 (流れが遅い)

TLD:1525



〈原因〉

- とにかく細い
- Slow flowによって in flow効果が弱い

TLD:2525

とにかく細かい, Slow flowによる流入効果低下の対策

〈対策〉のデメリットとまたその対策

とにかく細かい〈対策1〉

Voxel sizeを小さくする

- SNが低下する
- 血流速が遅いので位相分散はあまり考えなくて良いので**Bwは狭める**

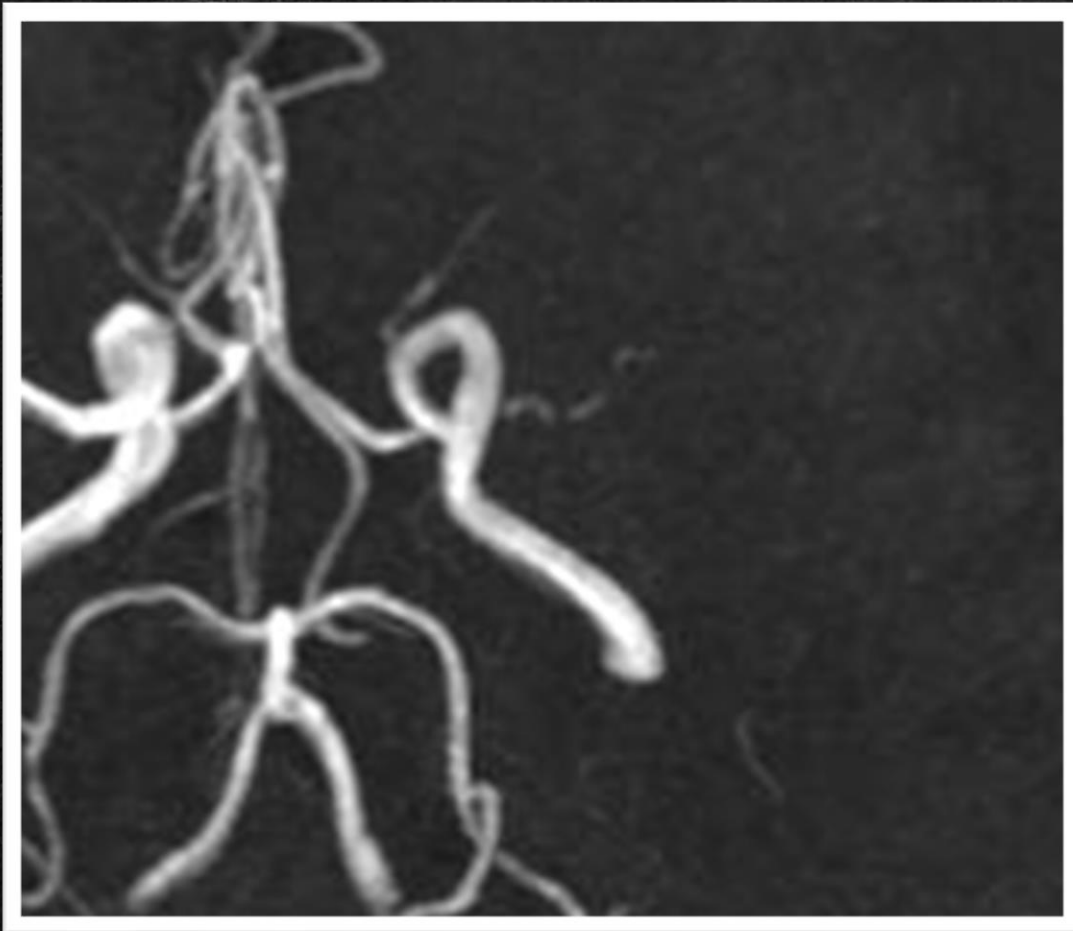
Slow flow 〈対策2〉

- TRの延長
- FAを下げる

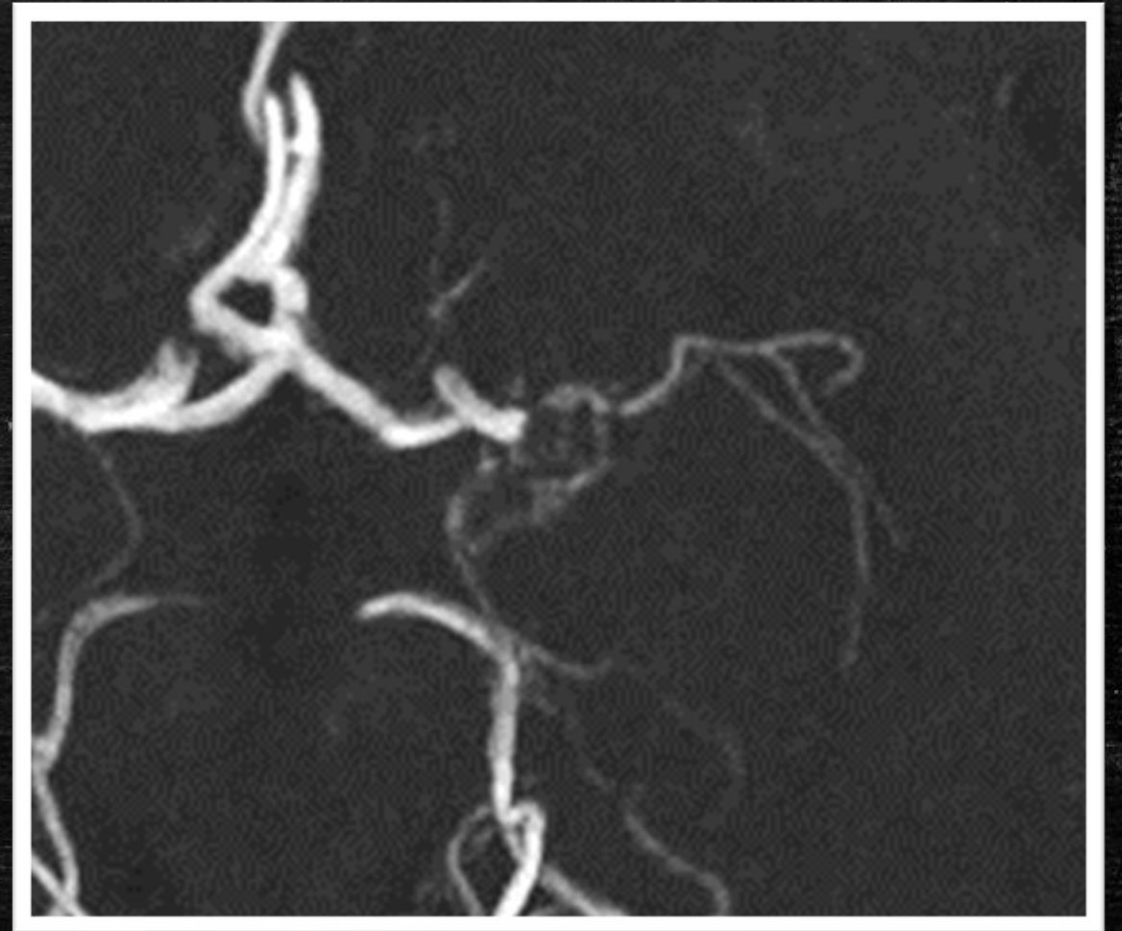
- 背景信号も上昇して思ったほどの効果なし
- **TEを延長**
- **MTCを併用**

高度狭窄による細い血管 (Slow flow)

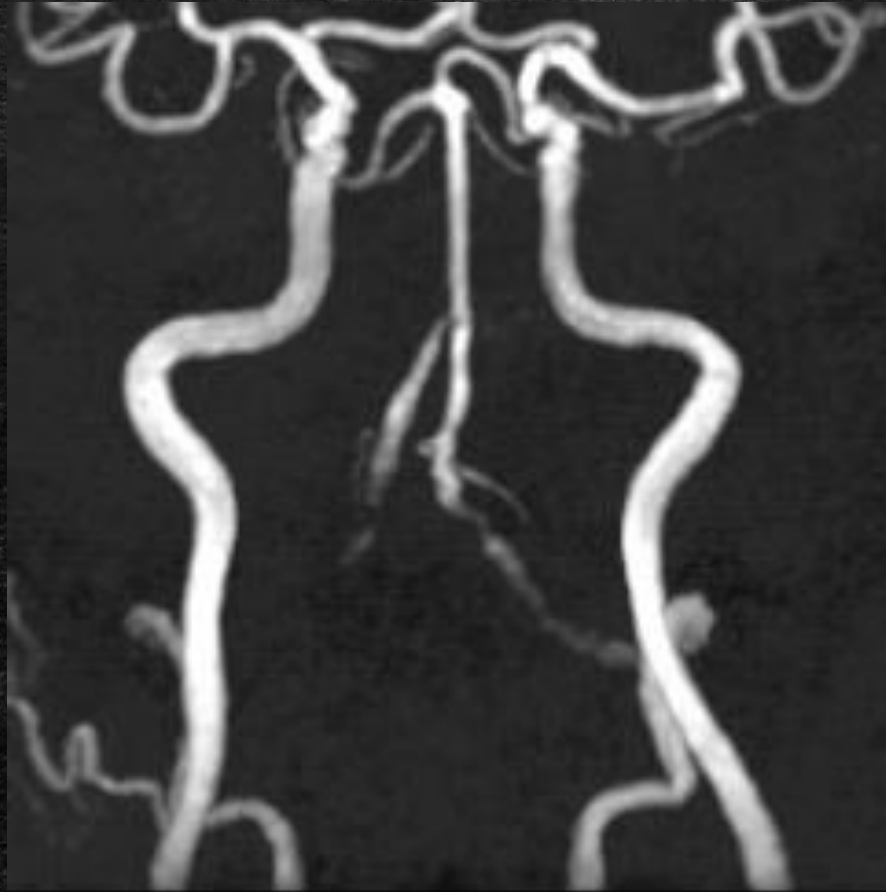
Standard Parameters



Modified Parameters



蛇行した血管（特にSlow flowの場合）

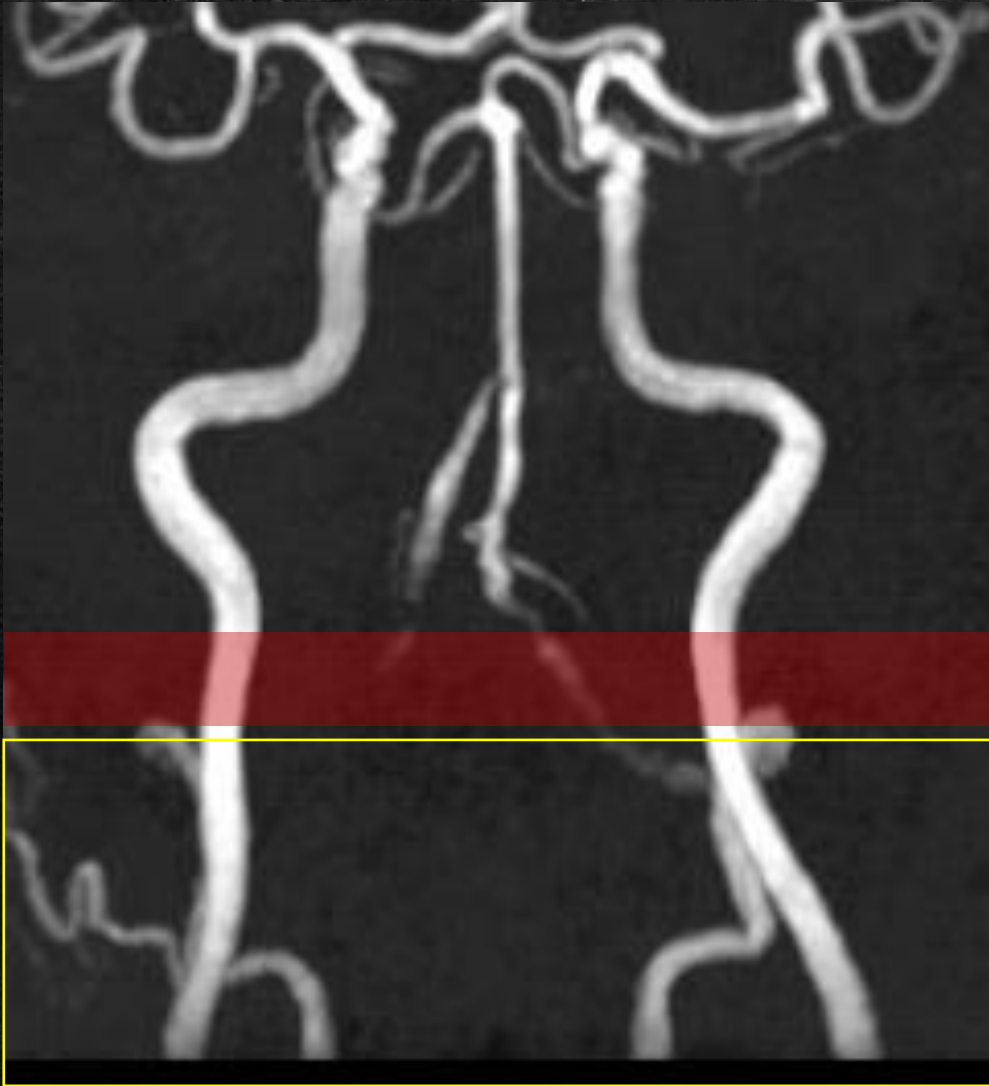


〈原因〉

蛇行とSlow flowによる
in flow効果の減少

Multi slab, Ramp
RFが悪さ

Multi slab, Ramp RFによる悪影響



Multi slab

Sat pulseによって下向きの血管を抑制する

Ramp RF

下向きの血管はIn flow 効果の減少との相乗効果によって信号が低下する

蛇行した血管（特にSlow flowの場合）の対策

〈対策〉のデメリットとまたその対策

Slow flow 対策

- FAを下げる
- TEを延長
- MTCを併用

スラブが厚くなりin flow効果が低下する

- FAを下げてIn flow効果を長く保つ

Single slab, FAを下げるもう一つの目的

蛇行対策

- Single slab

- Ramp RFによる下向き血管の信号低下を抑える

蛇行した血管

- Standard Parameters

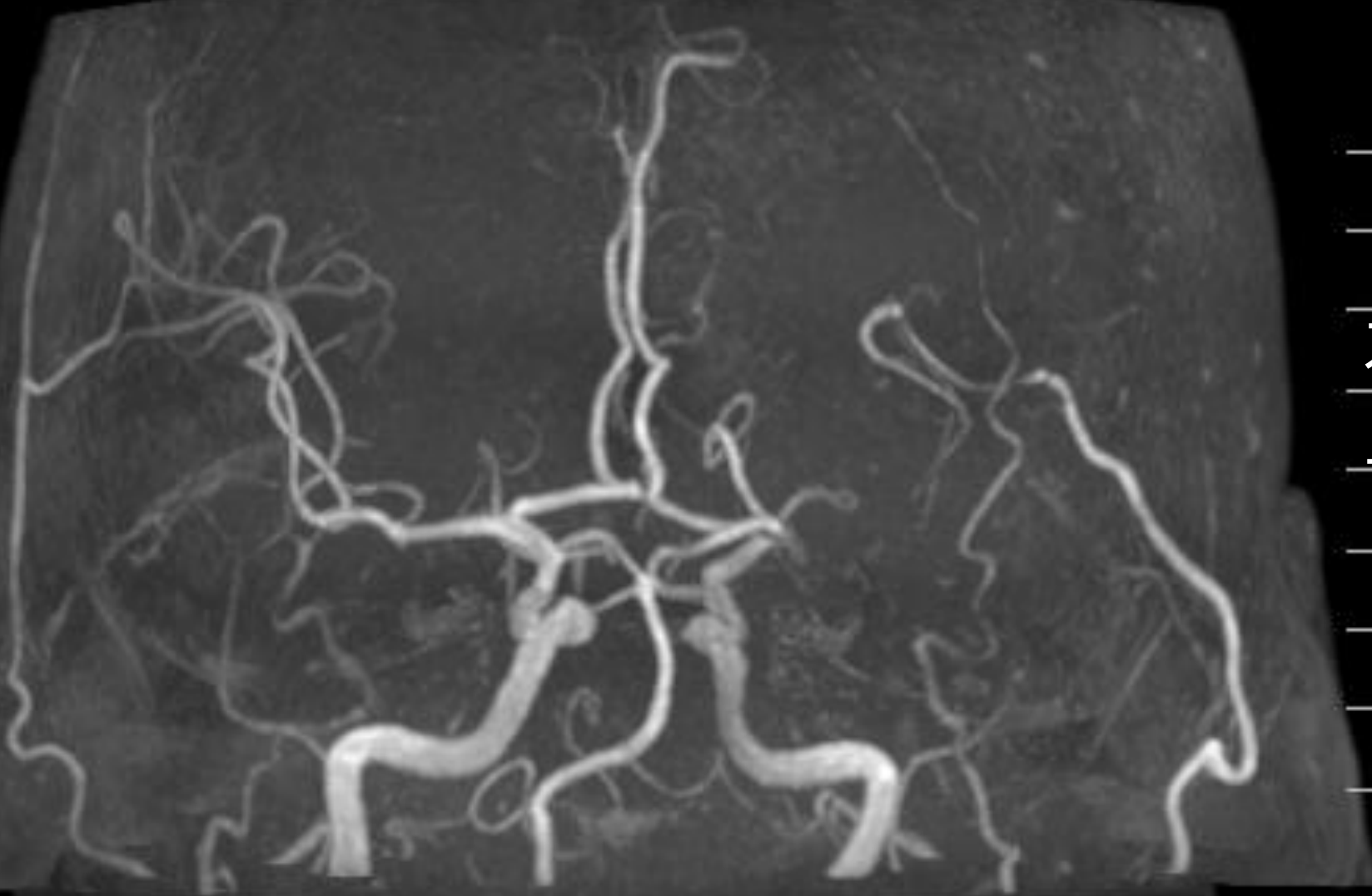


- Modified Parameters



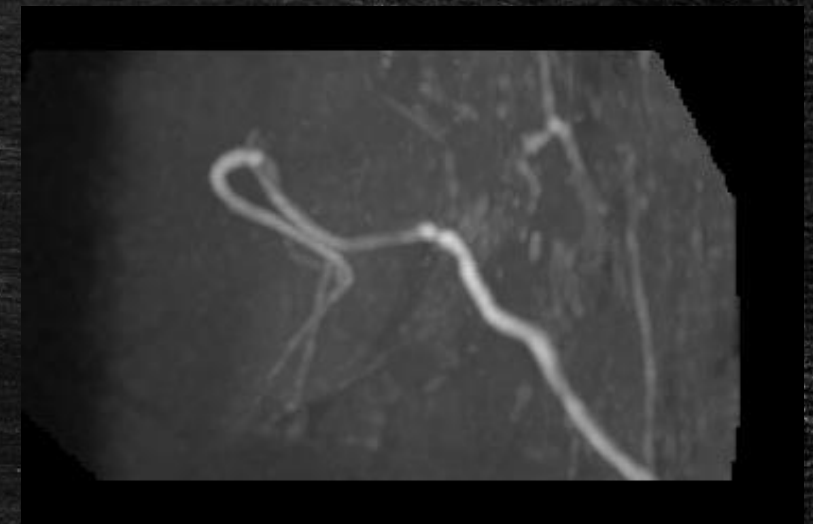
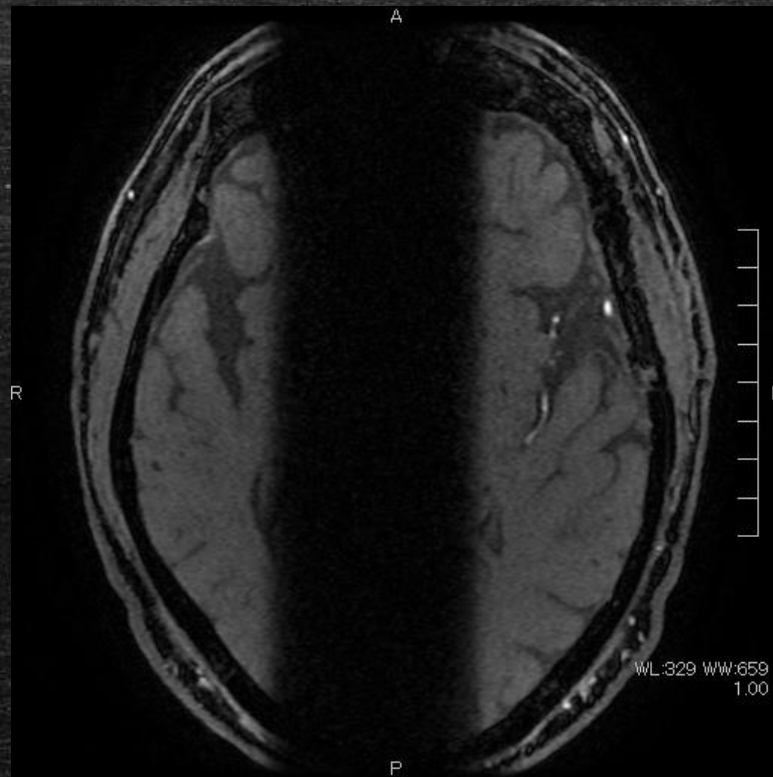
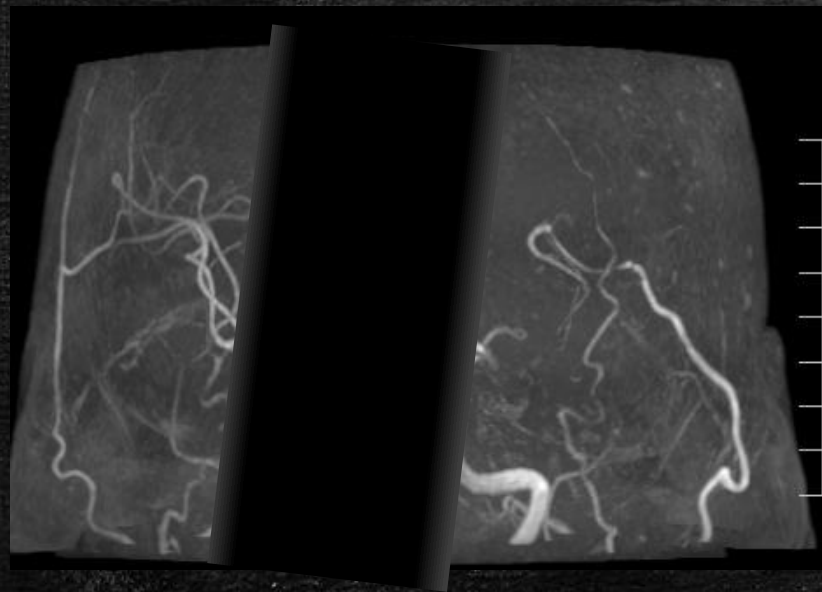
TE6.8 , FA15 , MT +

Post STA-MCA bypass surgery



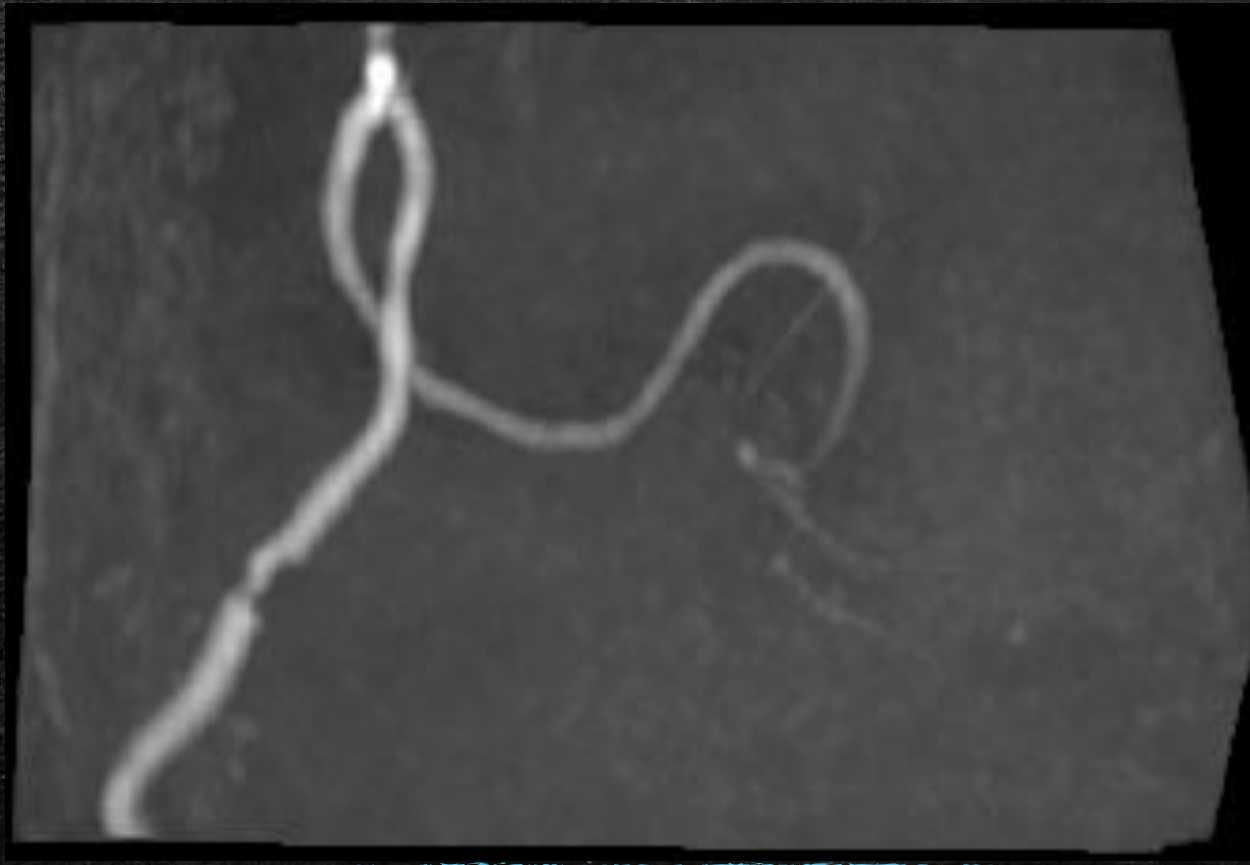
本当にSTAからの
血流なのか？

Post STA-MCA bypass surgery



(注) Sat-pulsは胸部大動脈. 心臓にあたらないようにする

Post STA-MCA bypass surgery



〈原因〉

下向きの血管走行
(蛇行)とSlow flow
よるin flow効果の
減少

TE2.6 , FA20 , MT-

Post STA-MCA bypass surgery

- Standard Parameters



TE2.6 , FA20 , MT-

- Modified Parameters



TE6.8 , FA15 , MT+

クリップなどの磁化率アーチファクト



〈原因〉

磁化率効果 (T2*効果) による信号減衰

磁化率効果 (T2*効果) による信号減衰の対策

〈対策〉のデメリットとまたその対策

〈基本対策〉

- TE短縮
- Bwを広げる

SNが低下する

- **FAを上げてSNを担保**

(注) 目的部位を最もin flow効果を得られる位置にする

〈対策2〉

とにかくTE短縮

- **FCを外す**

TEが短縮すればFCを外しても流れによる位相分散は抑えられるはず

- **FCを外す**

クリップなどの磁化率アーチファクト

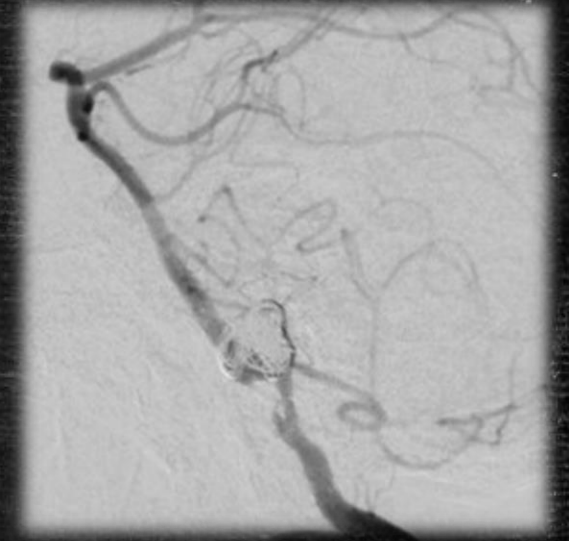
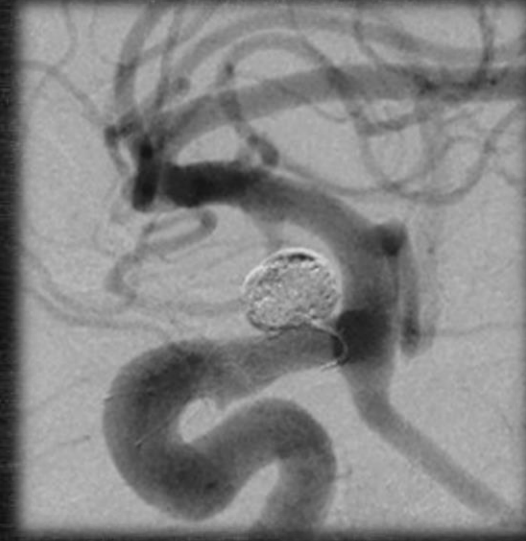
Standard Parameters

Modified Parameters



脳動脈瘤ステント支援下コイル塞栓術後の3D-TOF MRA

Angiography



3D TOF MRA



Enterprise

LVIS Jr

Neuroform Atlas

2017年 第45回磁気共鳴医学会大会

脳動脈瘤ステント支援下コイル塞栓術後の3D-TOF MRAにおけるband幅, TE, FAが画質に及ぼす影響についての検討

Consideration on the Influence of receiving band width, TE, FA on image quality in non-contrast 3D-TOF MRA after stent-assisted coil embolization

国家公務員共済組合連合会 新別府病院 放射線科
加藤 広士, 阿比留 健太郎, 大谷 紀夫

ステント支援下コイル塞栓術後の信号低下の要因

1. 磁化率効果 : TE, Bw との関係
2. RF遮蔽効果 : FA との関係

Equipment and phantom

Gd Dilution Gelatin

A

B

C

- Stent

Ⓐ: Enterprise

5.0mm

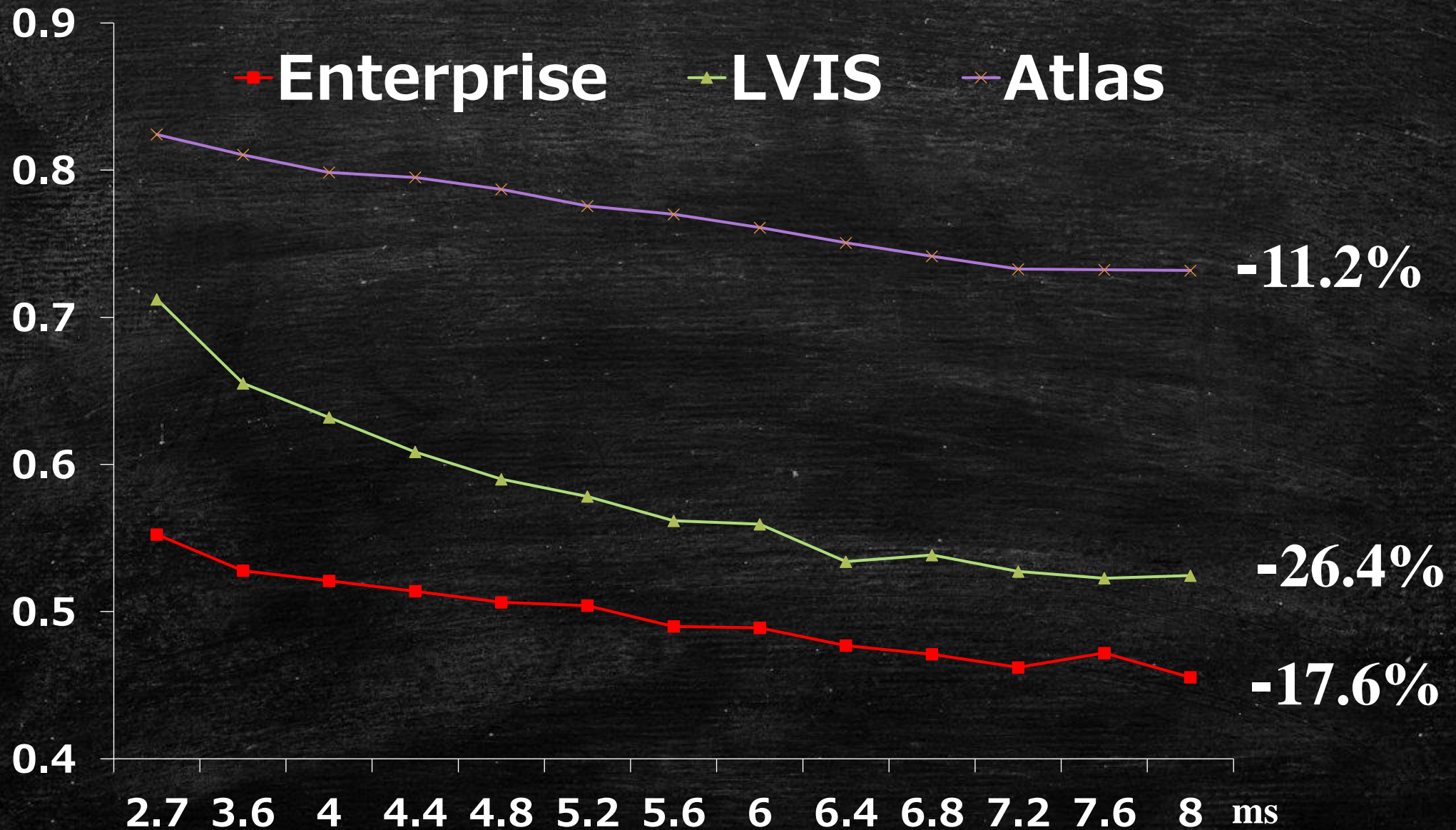
Ⓑ: LVIS

3.5mm

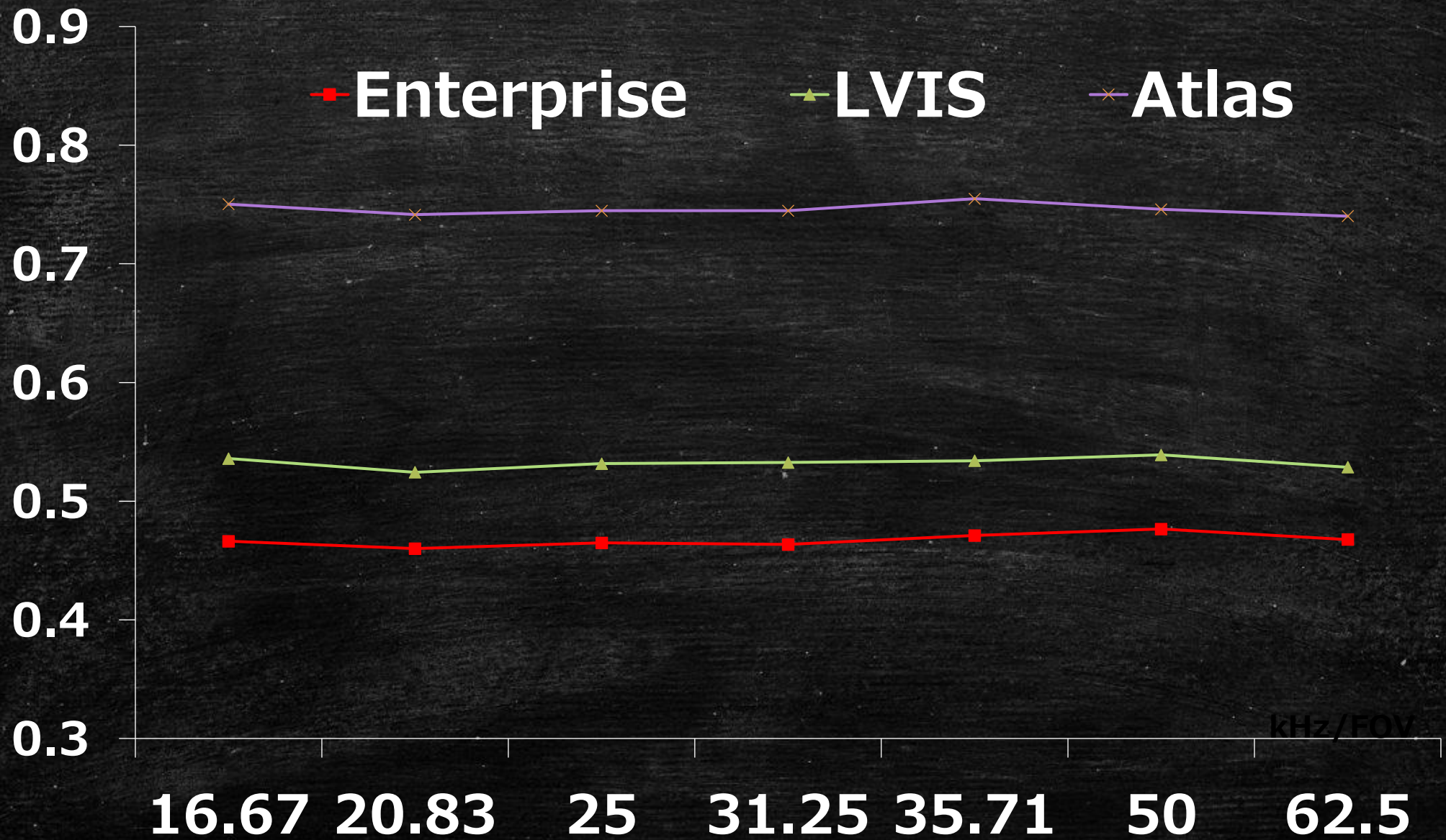
Ⓒ: Neuroform Atlas

5.0mm

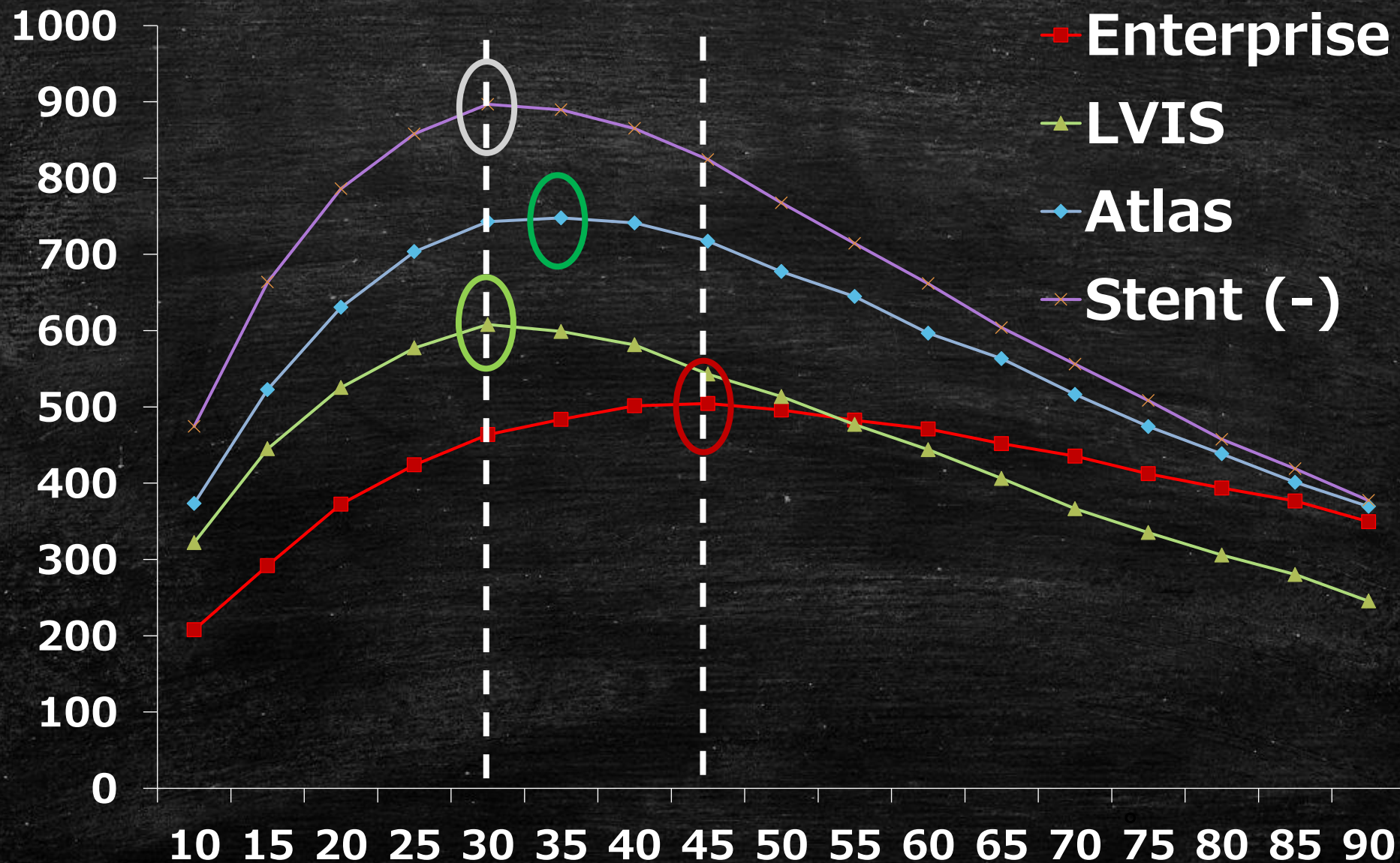
TEと信号値の関係



Bwと信号値の関係



FAと信号値の関係



各ステントの信号低下の要因

	Neuroform Atlas	LVIS Jr	Enterprise
磁化率効果	小	大	中
RF遮蔽効果	小	ほぼ無し	大

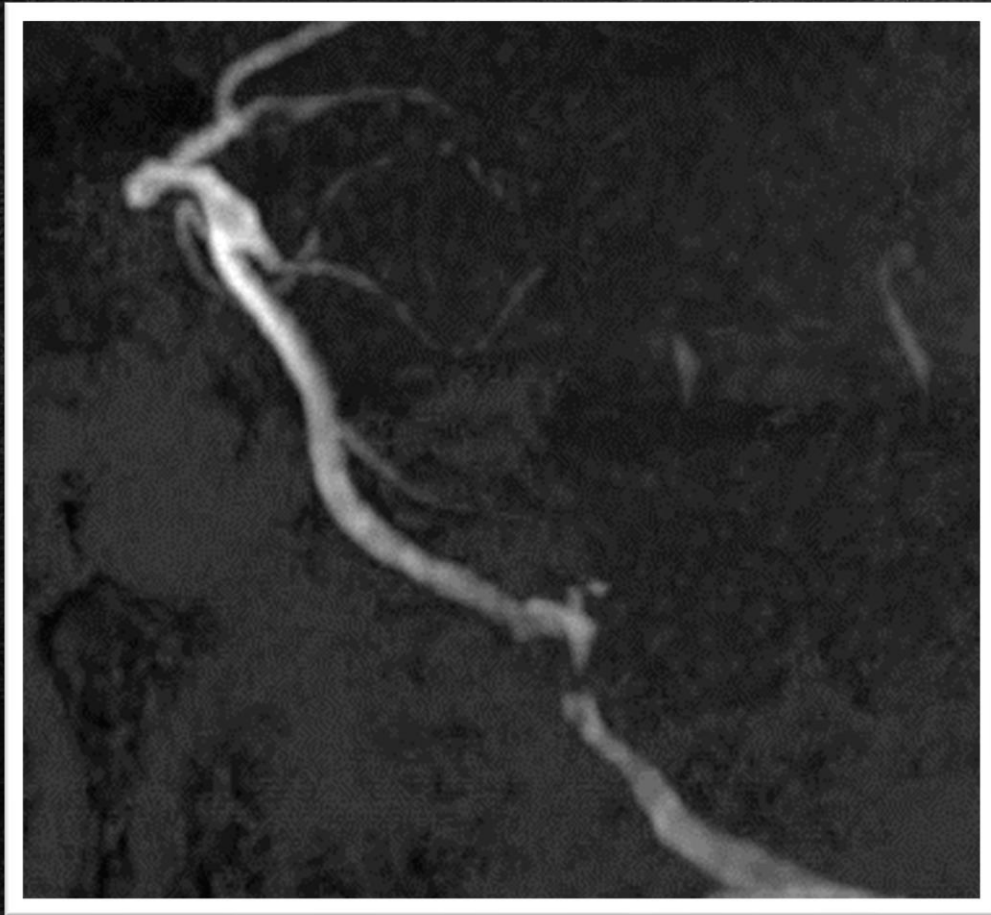
Neuroform Atlas

磁化率効果

小

RF遮蔽効果

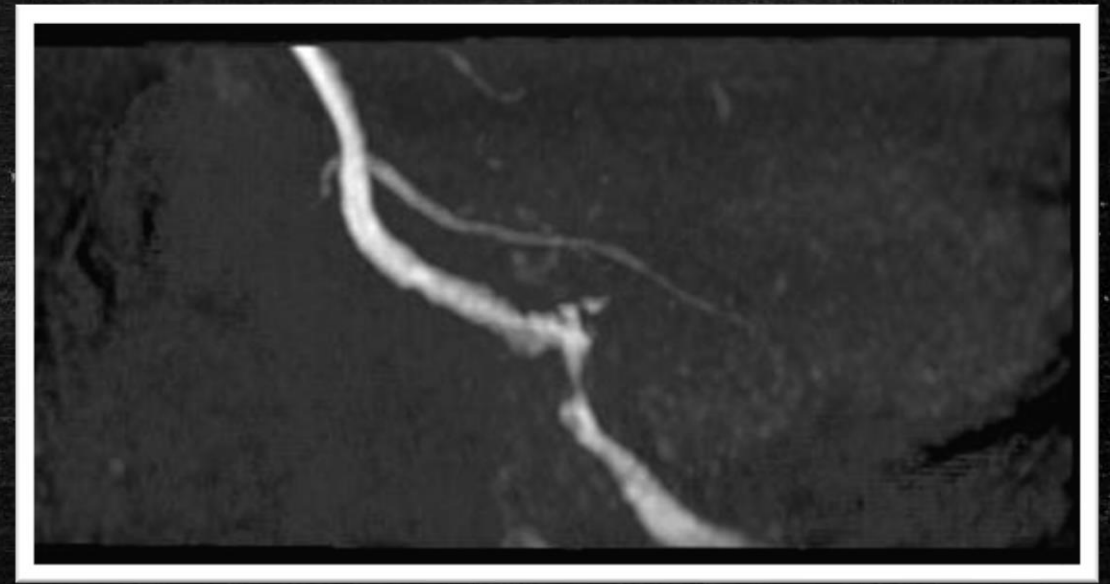
小



Standard Parameters

TE : 短縮

FA : やや上げる



Modified Parameters

LVIS Jr

磁化率効果

大

RF遮蔽効果

ほぼ無し



Standard Parameters

TE : 短縮



Modified Parameters

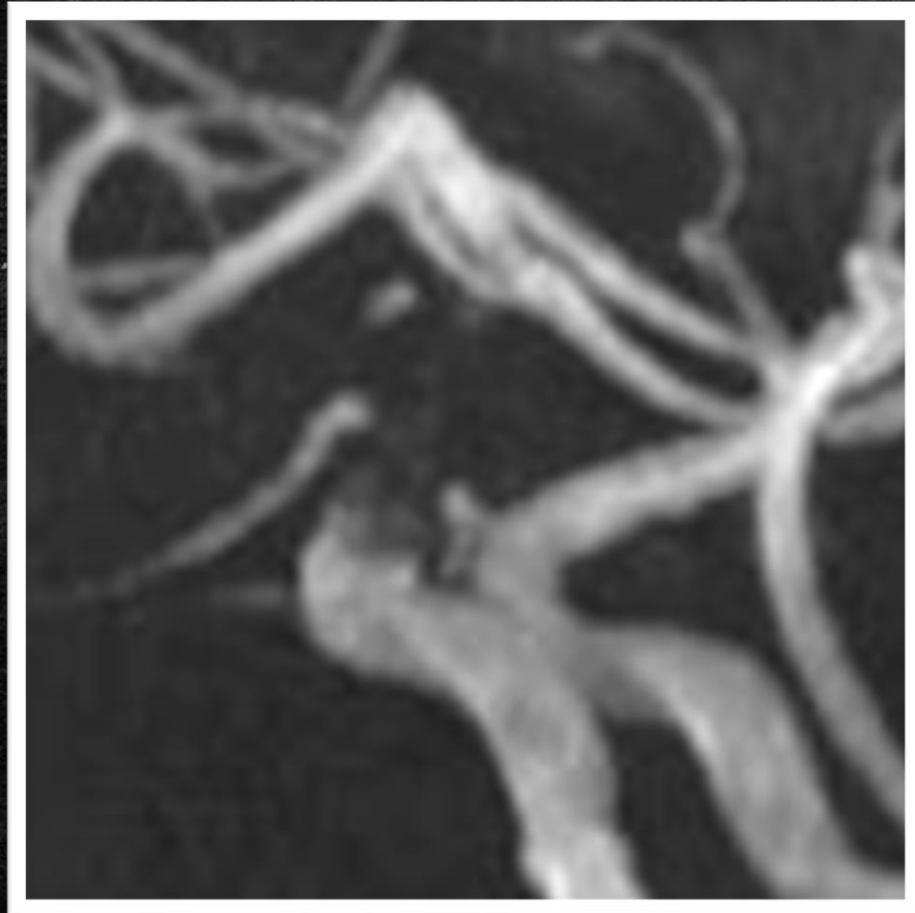
Enterprise

磁化率効果

中

RF遮蔽効果

大



Standard Parameters

TE : 短縮

FA : がっつり上げる



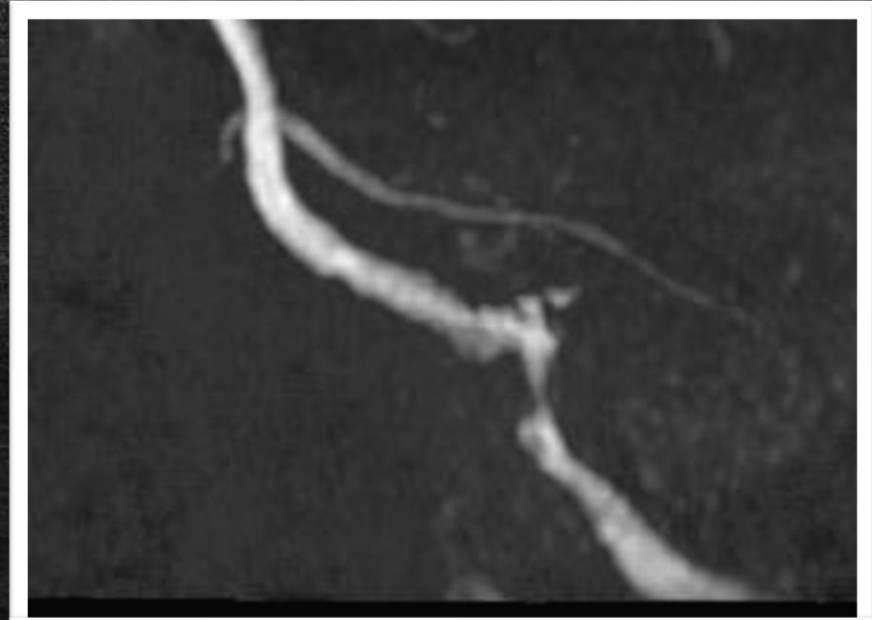
Modified Parameters

Subtraction

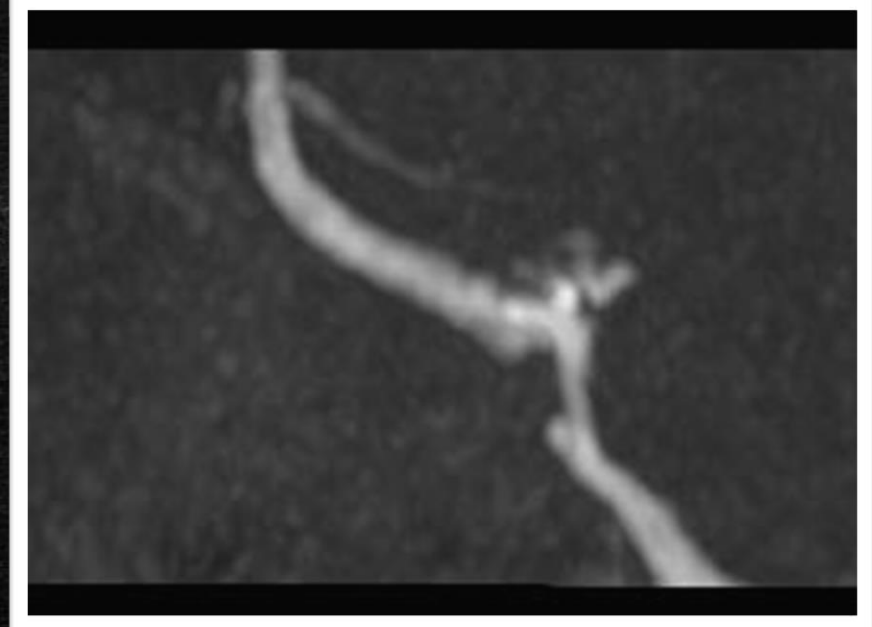
Enterprise

Neuroform Atlas

Original image



Subtraction



本日の内容

- MRAが上手く出せない,そんな時の次の一手
(それでもTOFにこだわってみた)
- 過去のSigna甲子園ネタ紹介
 - CAS後TOF-MRA
 - Multi-shot GRE-EPIを用いた T2*WI

CAS後3D TOF-MRA

ステントなんて怖くない,CASだってMRにおまかせ！

2017年 13回Signa甲子園2017 in 大阪

2018年 第46回磁気共鳴医学会大会

2020年

Magnetic Resonance in Medical Sciences

[Journal home](#)

[Advance online publication](#)

[Journal issue](#)

[Featured articles](#)

[About](#)

[J-STAGE home](#) / [Magnetic Resonance in Medical ...](#) / [Advance online publication](#) / [Article overview](#)

Investigating Signal Loss due to a Carotid Artery Stent in 3D-TOF-MRA

Hiroshi Kato, Norio Ootani, Kentaro Abiru, Mika Okahara

ステントの種類によるアーティファクトの違い



PRECISE



Wallstent

CAS後TOF-MRA

Previous reports

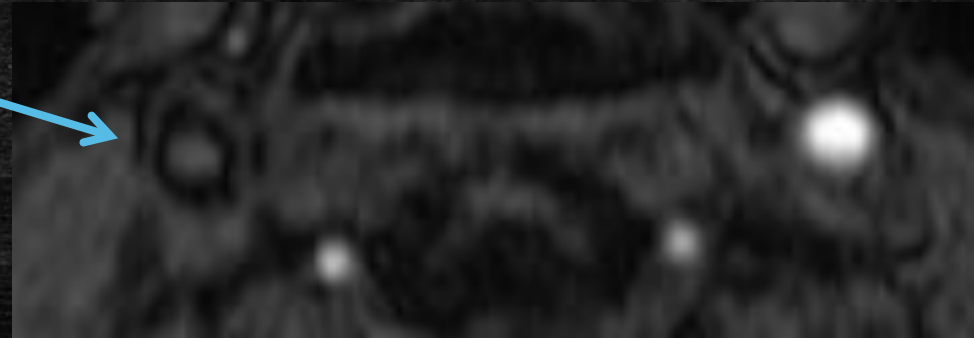
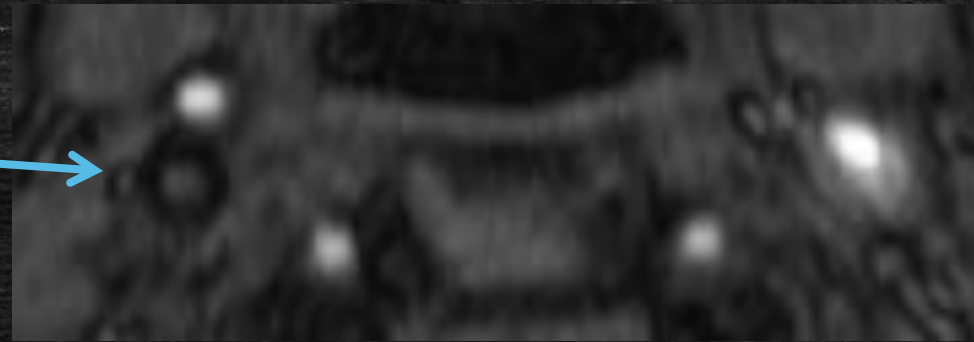
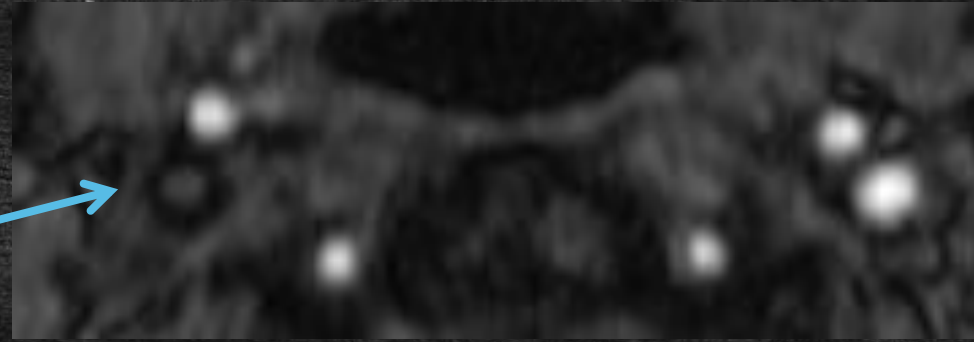
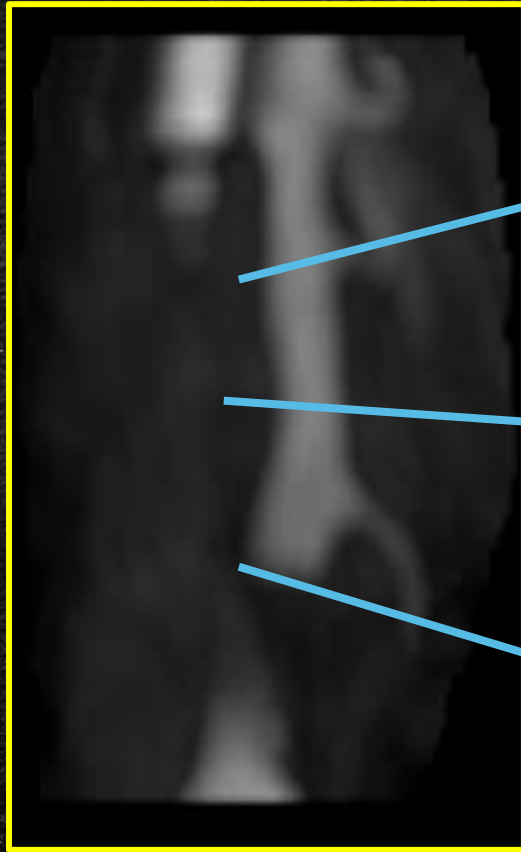
- Carotid wallstent 留置後の評価を造影MRAで3-6日後と7-23ヶ月後に行い前者ではステント内の信号低下があるが、後者では信号低下の改善があり、ステント内に内膜がはることでステント内腔の描出能が改善すると推測される。

Borisch I. et. al. J Vasc Interv Radiol 2005;16(5):669-77

- Carotid wallstentでは3ヶ月以降のfollow-upにおいて非造影MRAでステント内腔が良好に描出されるが、**PRECISEでは内腔の描出は見られなかった。**

Kono K. et.al. Acta Neurochir 2014;156:1713-19

PRECISEのアーチファクト



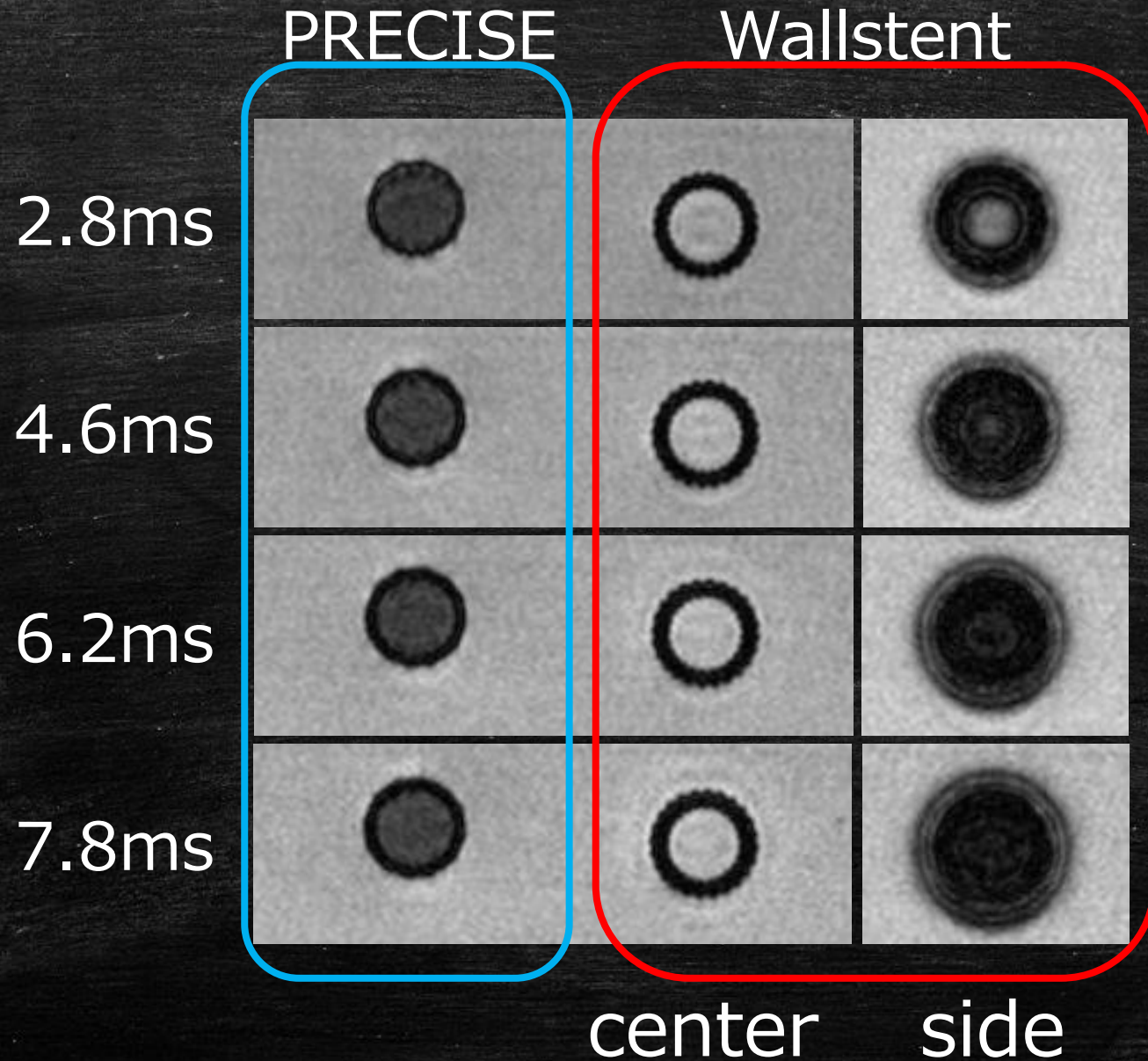
Standard Parameters

Stent内の信号は無い訳ではない

CAS後の信号低下の要因

1. 磁化率効果 : TE との関係
2. RF遮蔽効果 : FA との関係

磁化率効果：TEと信号値の関係



RF遮蔽効果：FAと信号値の関係

Wallstent PRECISE

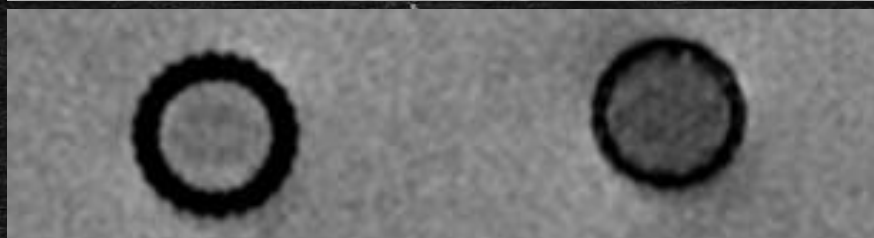
FA20°



FA40°



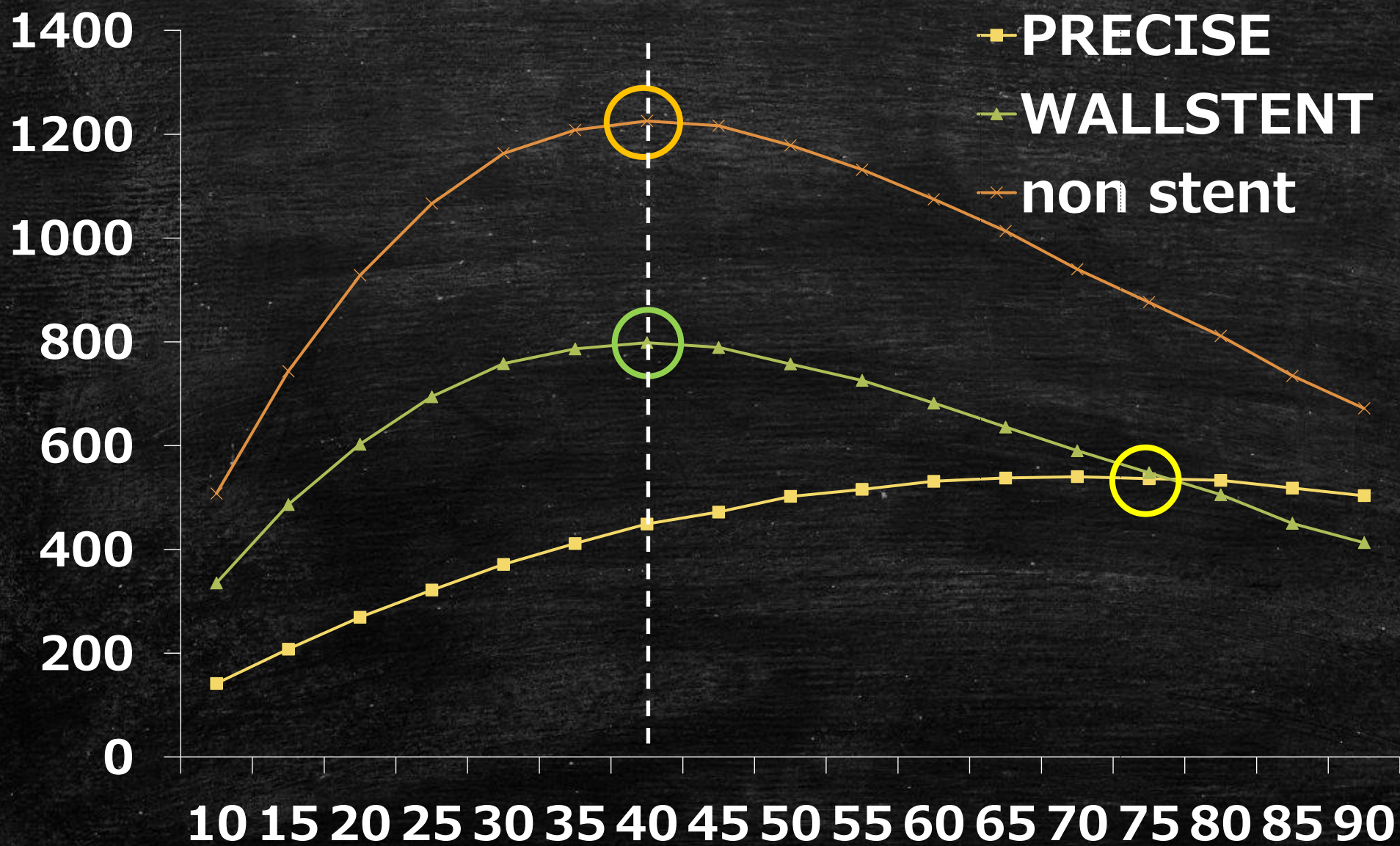
FA70°



FA90°



FAと信号値の関係



各ステントの信号低下の要因

	PRECISE	Wallstent	
		center	side
磁化率効果	中	中	大
RF遮蔽効果	大	小	

Modified 3 D-TOF Parameters

Wallstent

PRECISE

TE 1.3ms , FC off

FA 25°

TR 25ms, BW ± 63 kHz

FOV 24cm, ST 1.6mm

matrix 224 \times 192, nex 2, 1slub

Scan time 3.5~4.0min

TE 1.3ms , FC off

FA 45°

TR 25ms, BW ± 63 kHz

FOV 24cm, ST 1.6mm

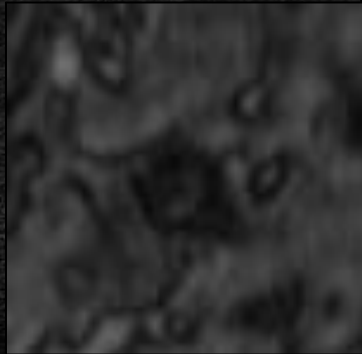
matrix 224 \times 192, nex 2, 1slub

Scan time 3.5~4.5min

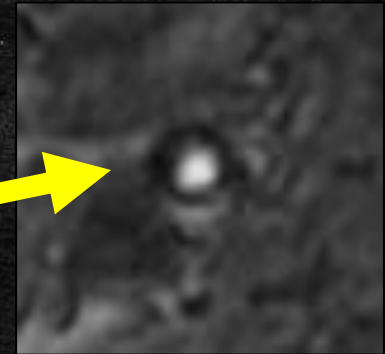
Wallstent: Standard Parameters
Vs Modified Parameters



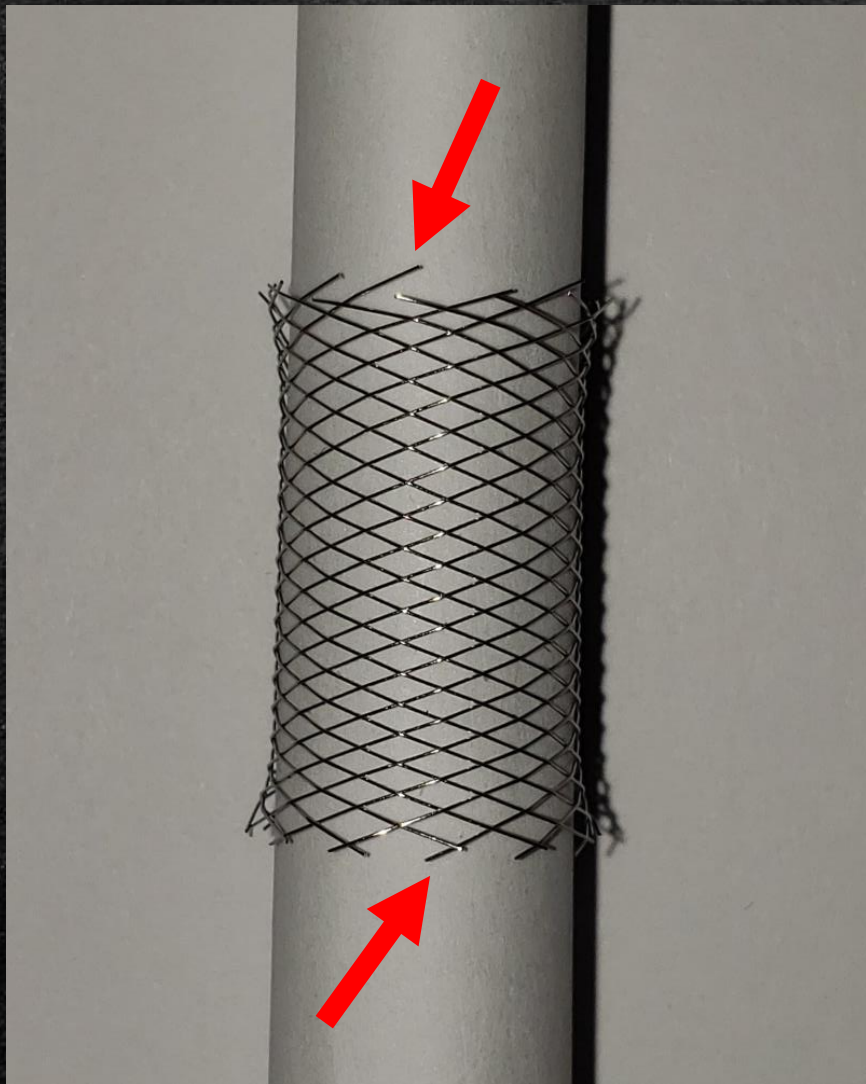
Standard Parameters



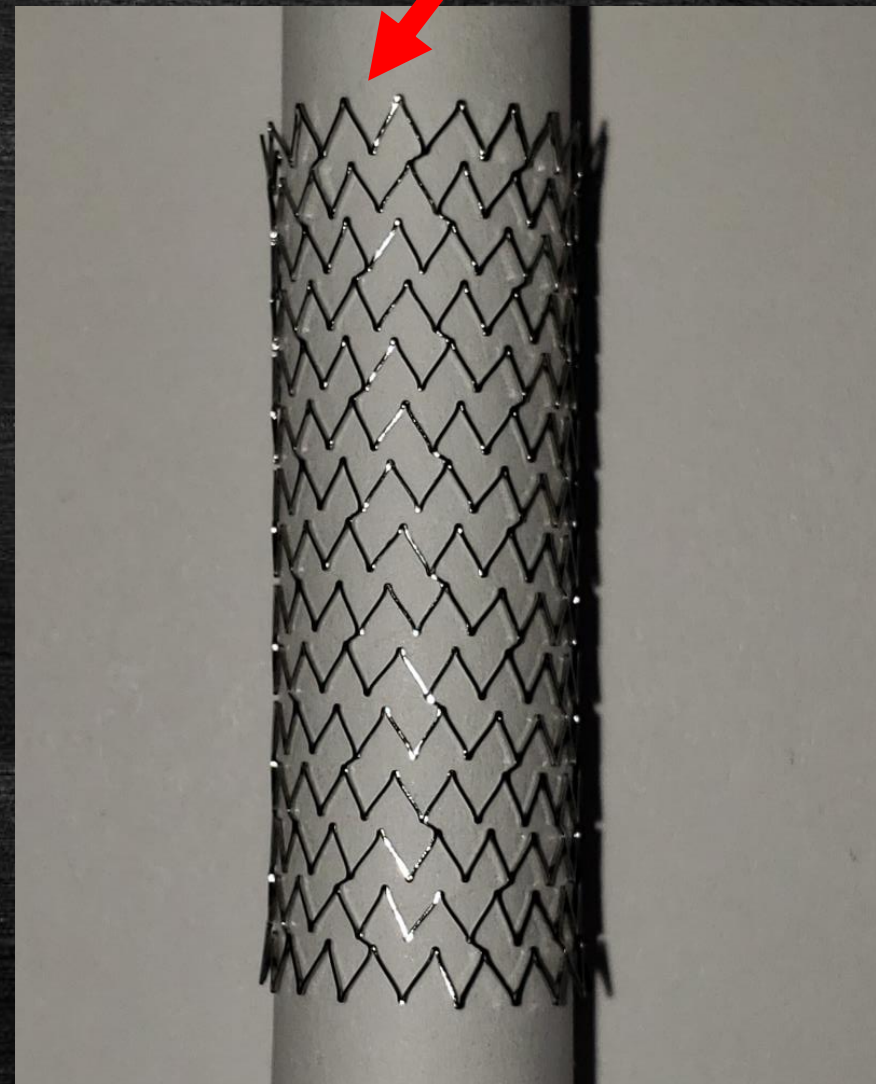
Modified Parameters



Wallstentのアーチファクトの原因



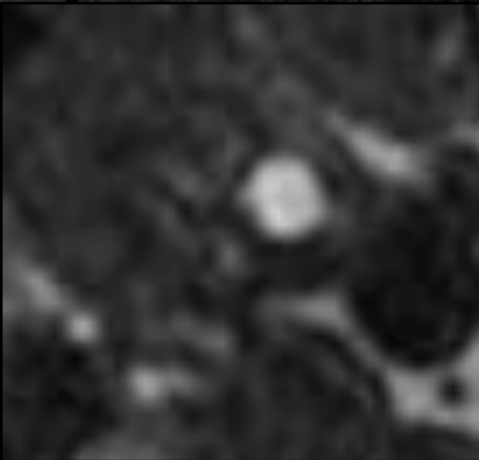
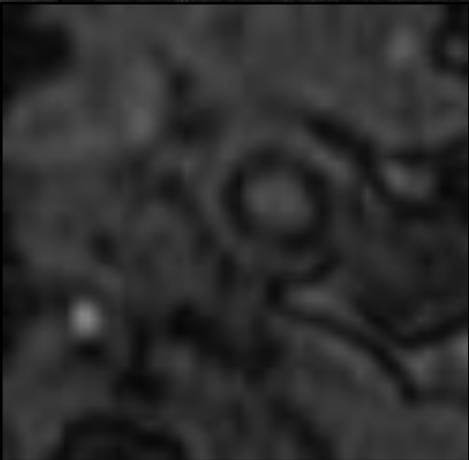
Wallstent



PRECISE

PRECISE: StandardParameters

Vs Modified Parameters



CE CTA vs MRA

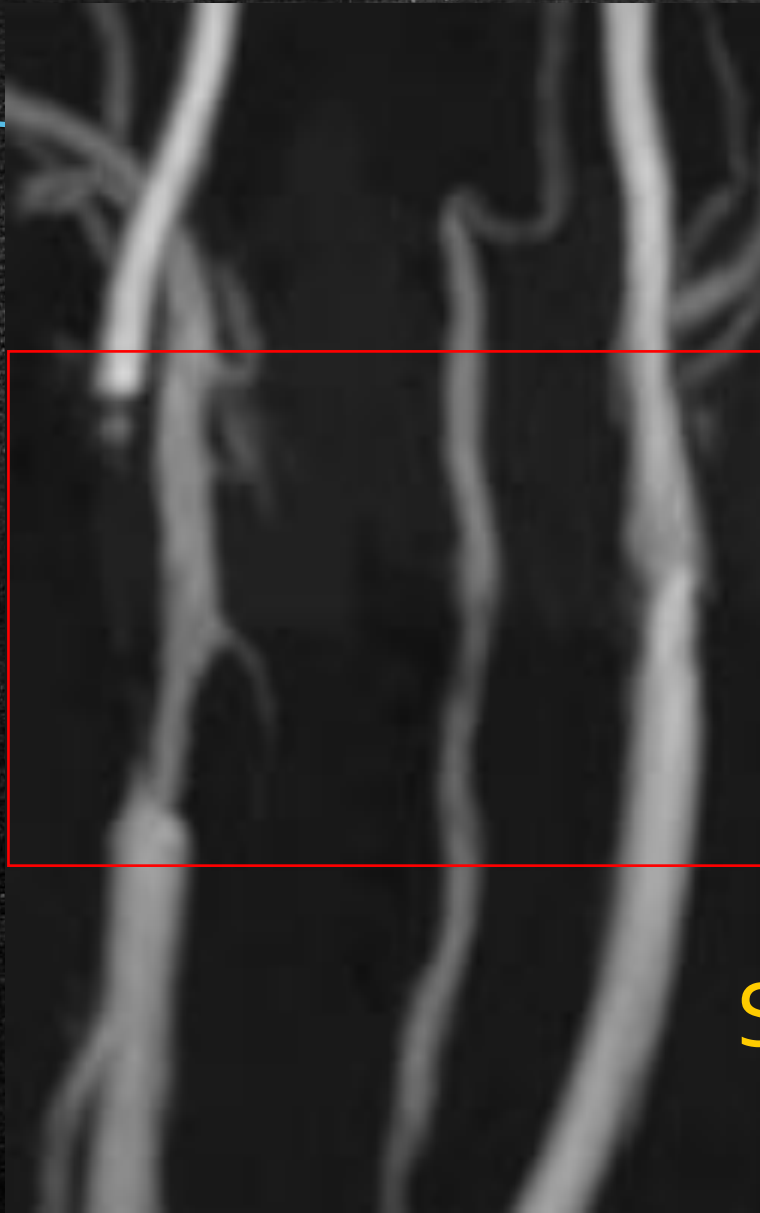


CTA:CPR

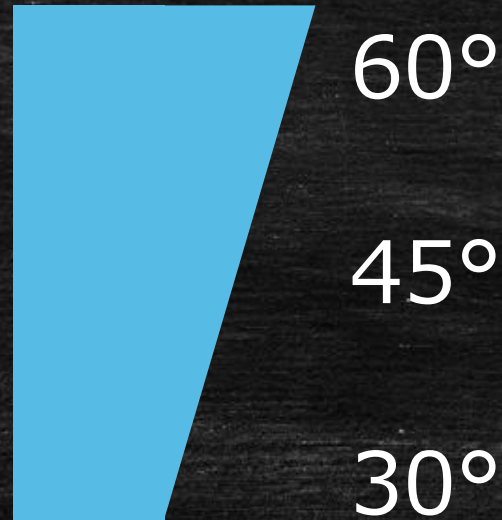


MRA:MIP

この条件では繊細な位置決めが必要

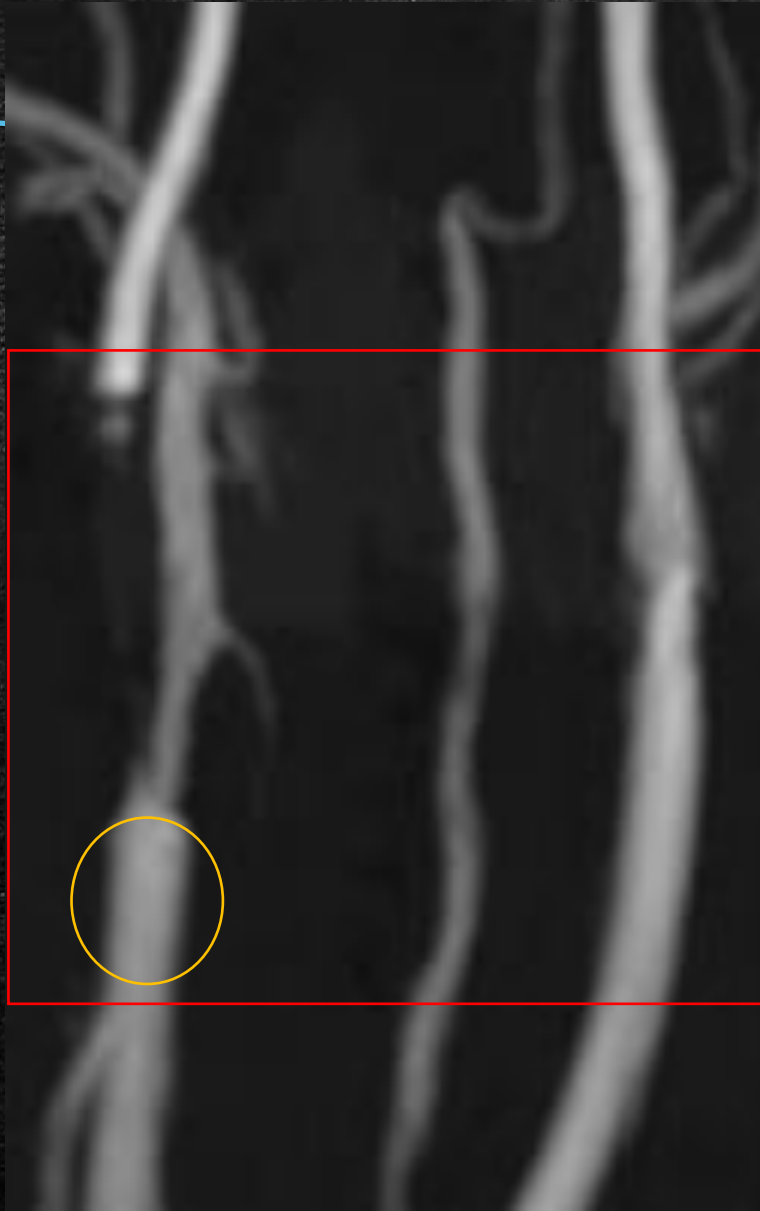


FA45°, Ramp(+)の場合



SlubをStentぎりぎりに設定

位置決め の 注意 点

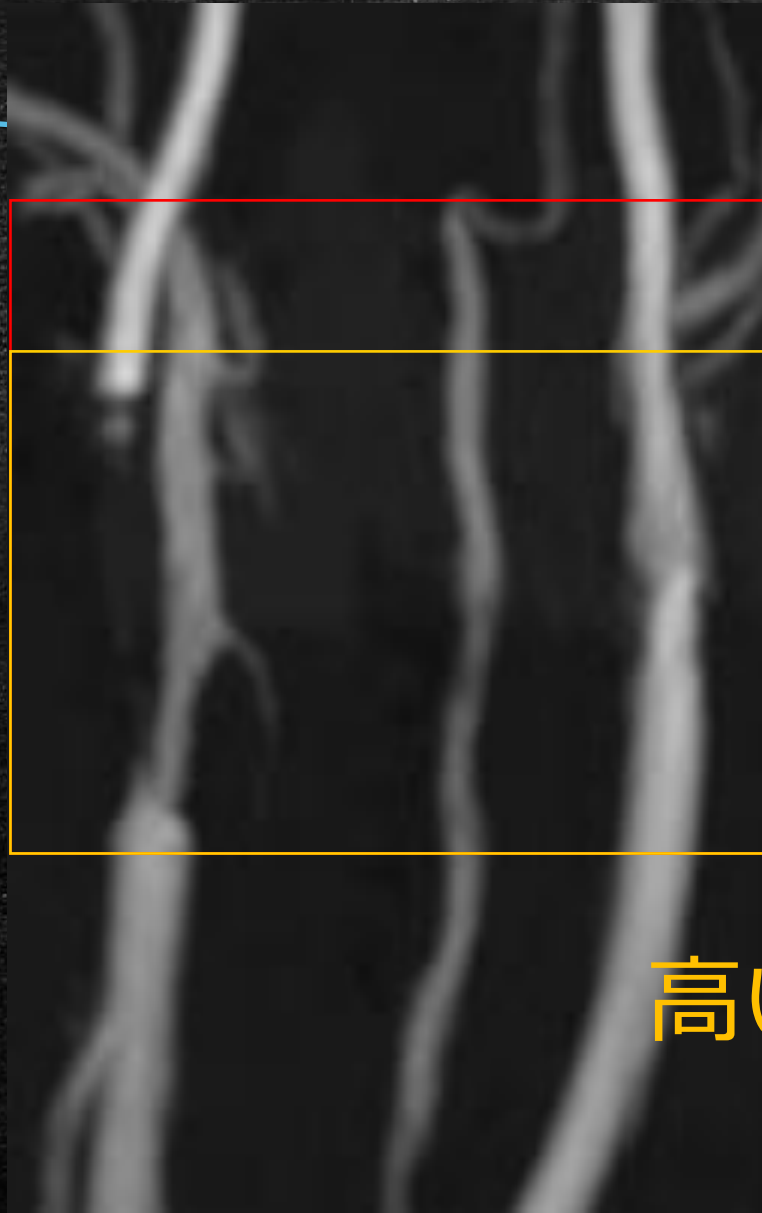


FA45°, Ramp(+) の 場 合

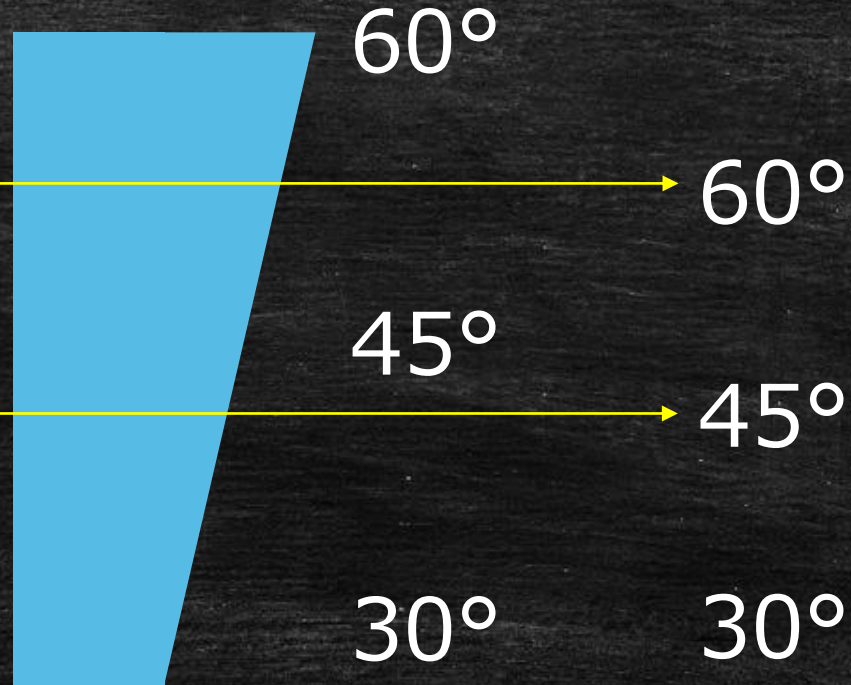


In flow 効 果 の 減 少

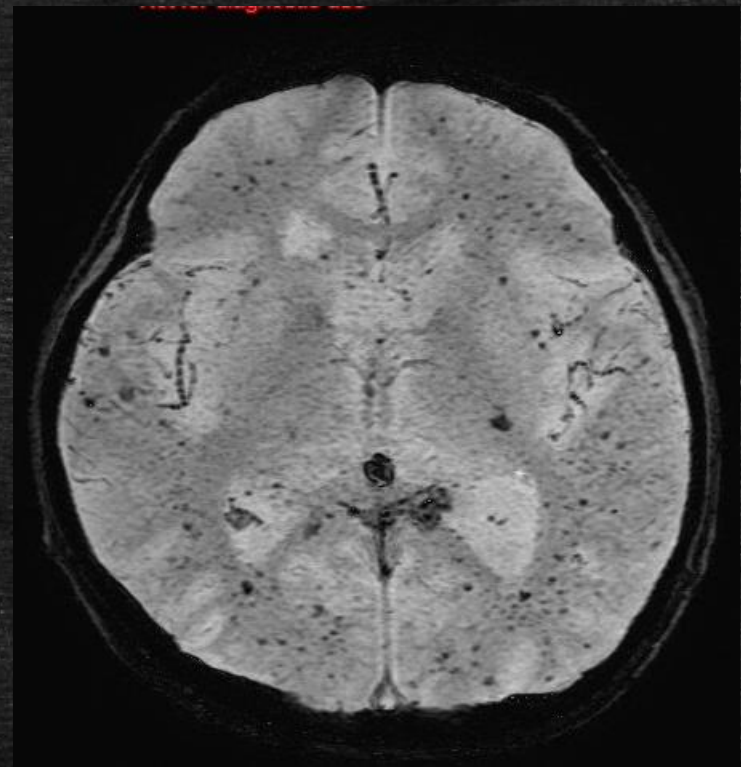
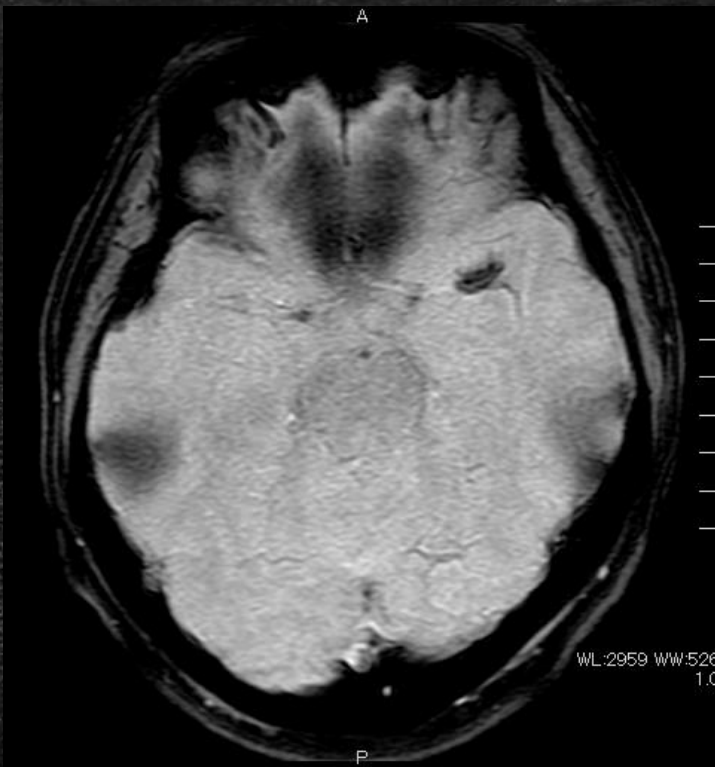
位置決め の 注意 点



FA45°, Ramp(+) の 場 合



高 い FA の 利 点 を 十 分 利 用 で き な い



世界最速最強T2スターへの道

2019年 15回Signa甲子園2019

2020年 第48回磁気共鳴医学会大会

Scan time **8sec** **$T2 * WI$** に

Challenge

短時間でT2*を撮る方法はないか？

- 最も速い撮像法といえばGRE-EPI
- しかしEPIは歪みが大きい
- 歪みを如何に抑えるかが大事

歪みの種類

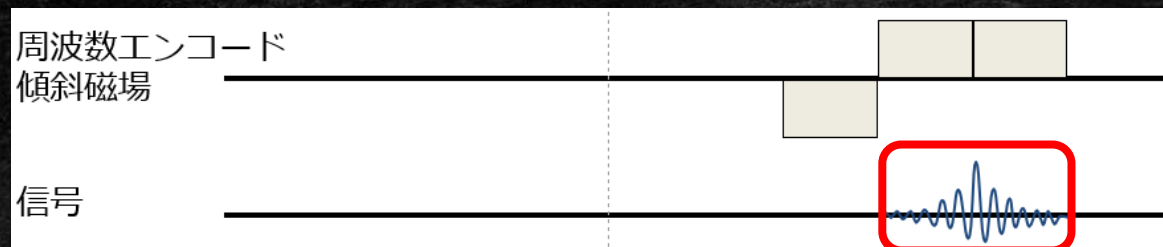
装置側の要因

- 静磁場の不均一
- 傾斜磁場のLinearity不足
- MPGなどによる渦電流

被写体側の要因

- 強磁性体などによる磁場の不均一

共通点: 共にサンプリング時間内の周波数ズレ



被写体側要因の歪は何に比例するか？

GRE法, SE法, FSE法

$$\text{歪み} \propto \frac{\text{freq FOV}}{\text{Bw}}$$

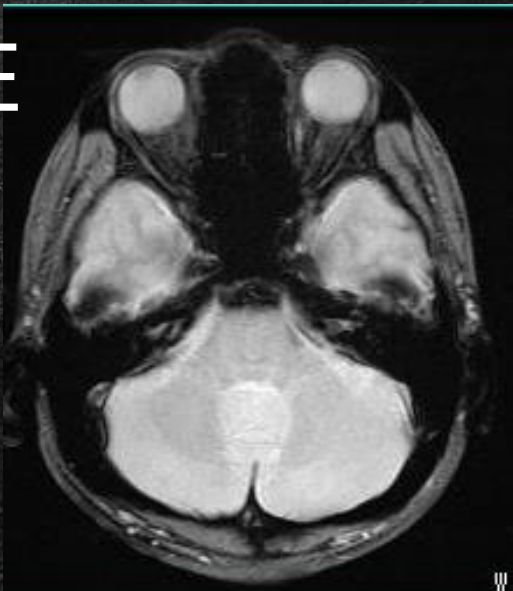
EPI法 (SE型, GRE型)

$$\text{歪み} \propto \frac{\text{phase FOV} \times \text{freq Matrix}}{\text{Bw} \times (\text{shot} \times \text{R-factor})}$$

※ BwはFOVあたりのバンド幅

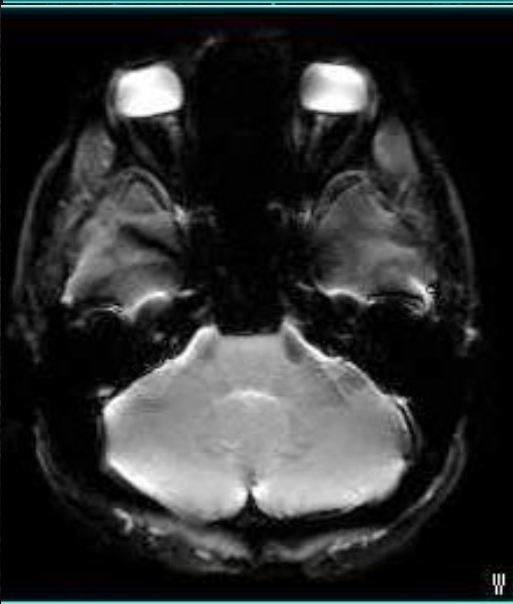
(注) blip時間は無視

GRE

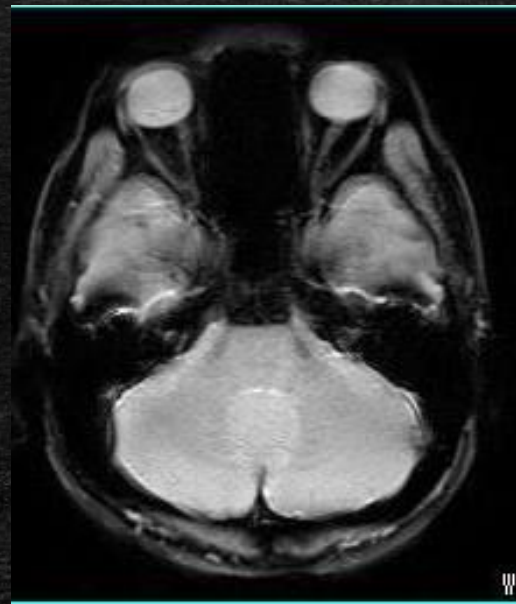


Shot 数と歪みの関係

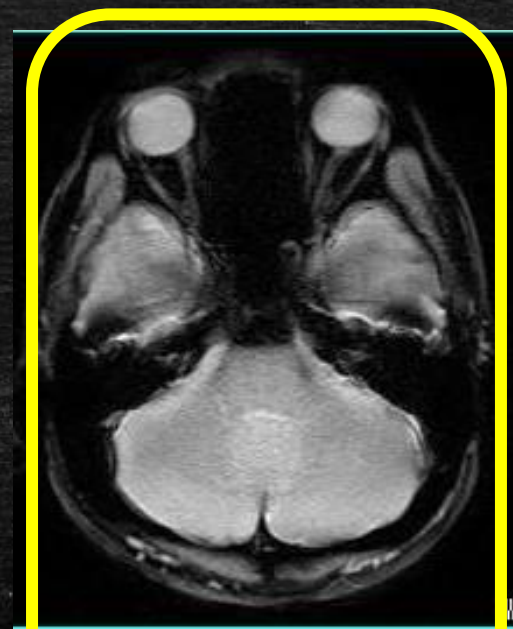
GRE EPI (ASSET factor : 2)



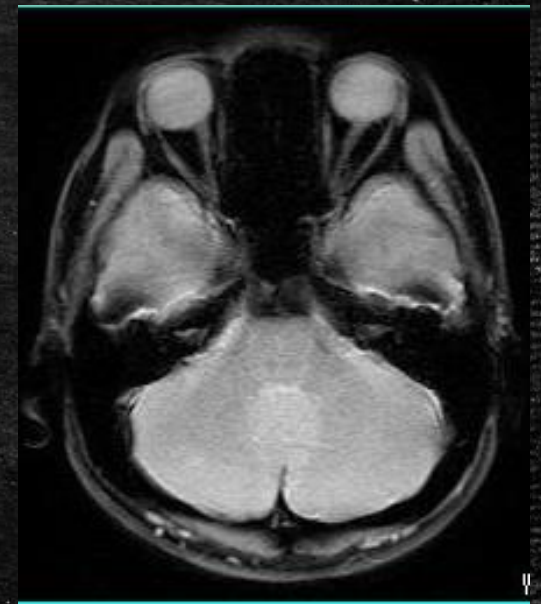
Shot数 1shot
Scan time 4sec



2shot
Scan time 9sec



4shot
Scan time 8sec

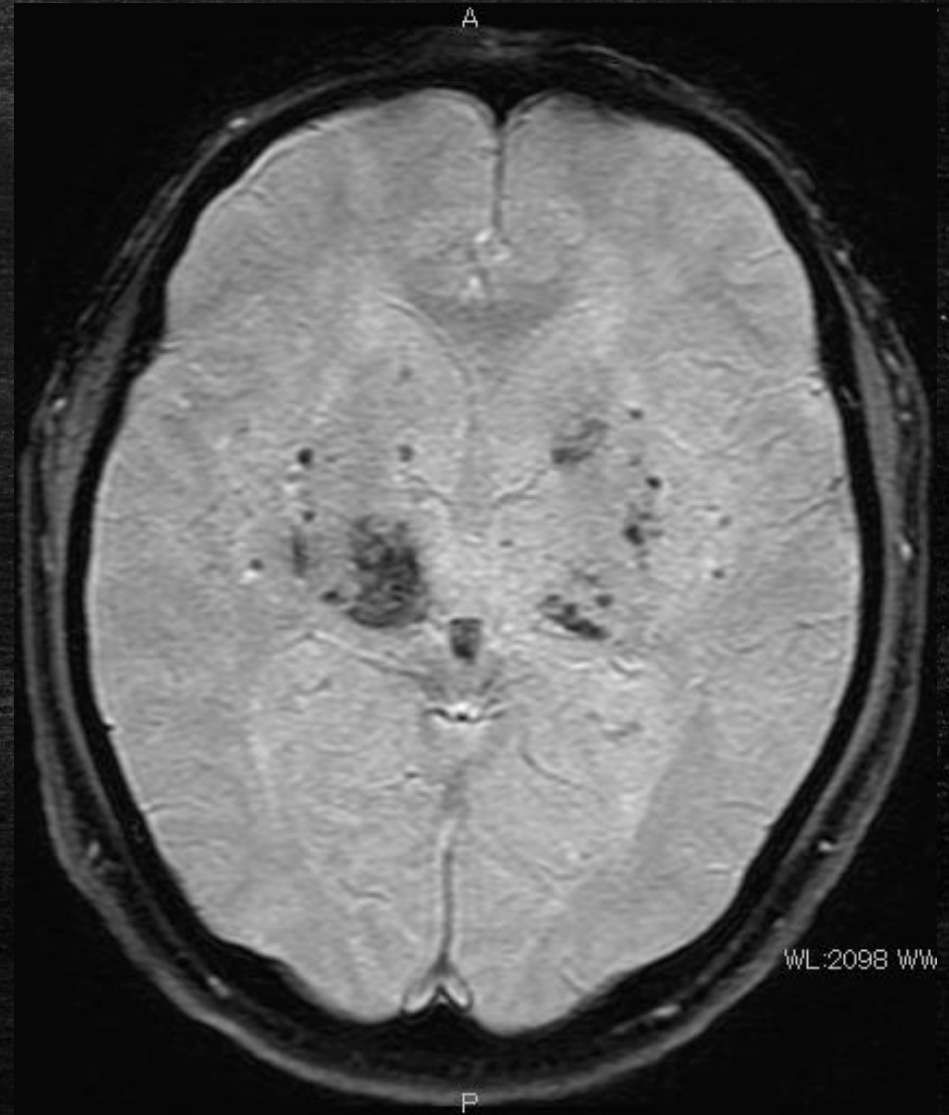
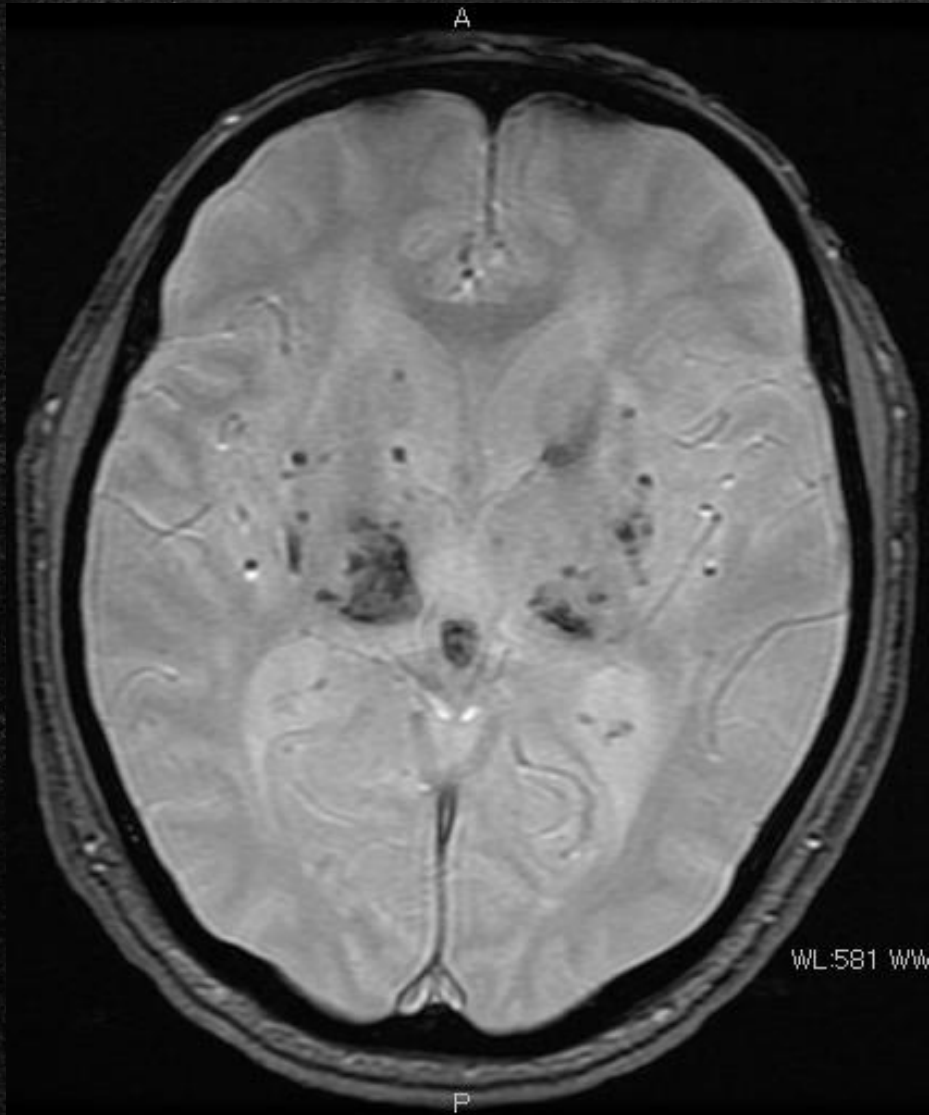


8shot
Scan time 14sec

Multiple microbleeds

GRE: Scan time 1min 31sec

MS GRE-EPI: Scan time 8sec

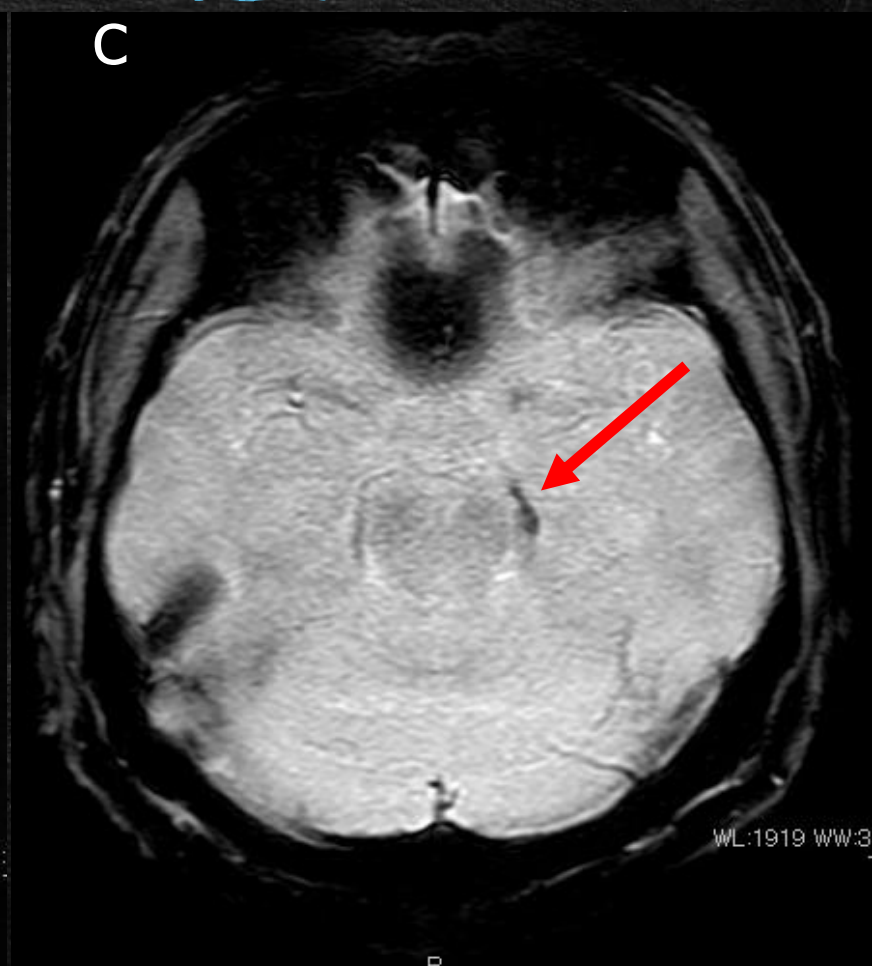
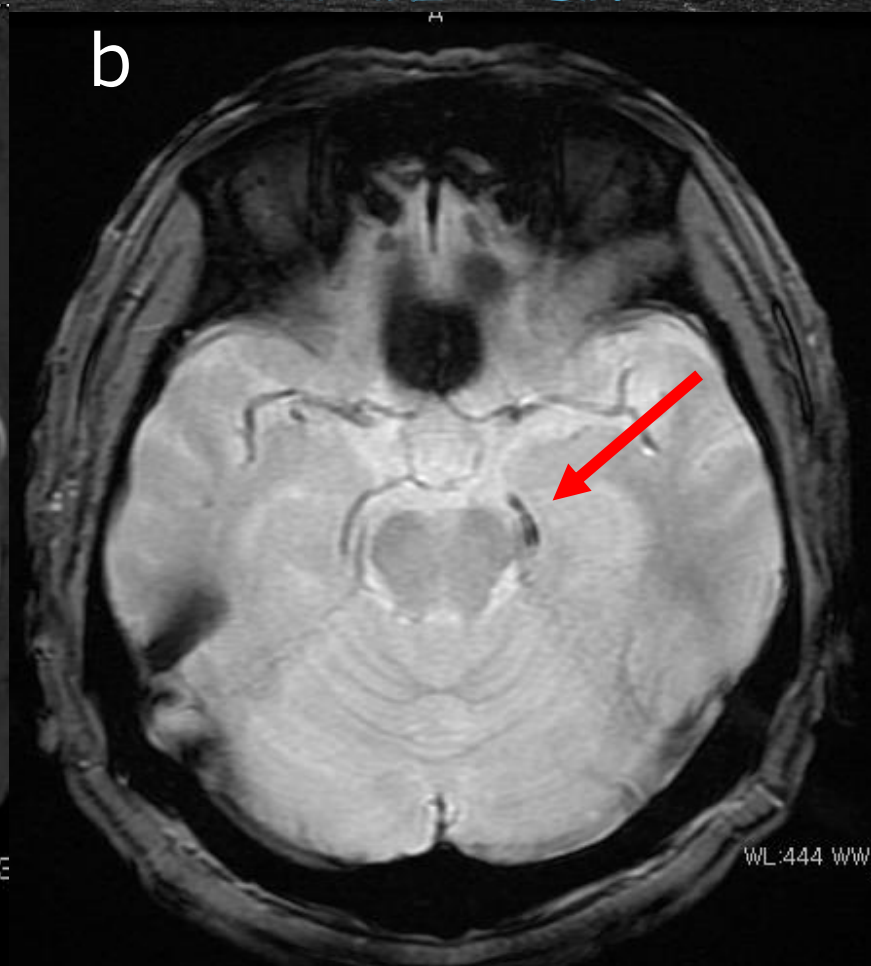
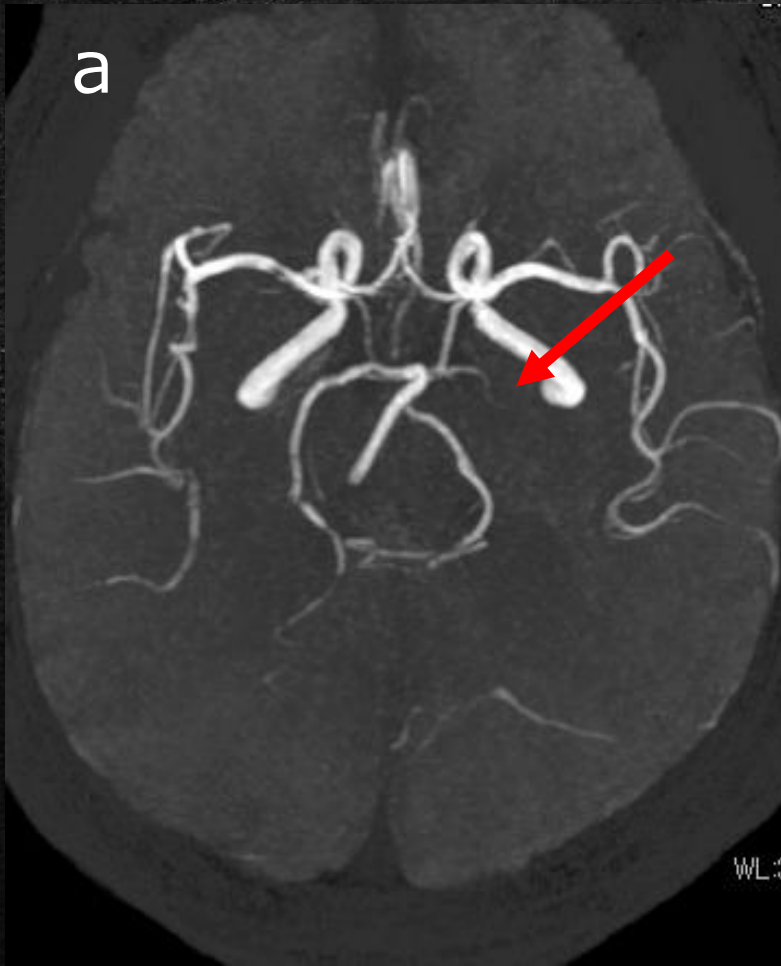


Susceptibility Vessel Sign (Cerebral infarction acute stage)

3D-TOF MRA

GRE T2*WI

MS GRE-EPI T2*WI



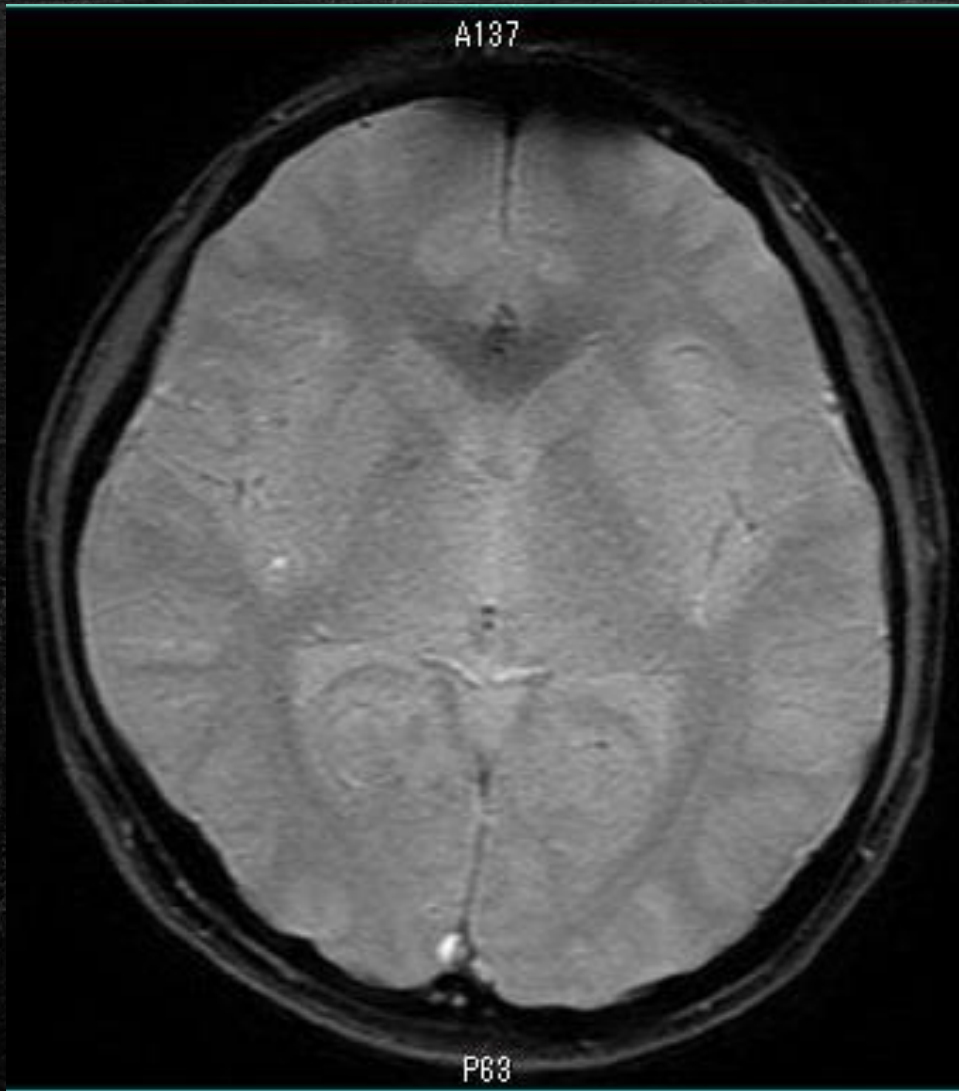
Scan time 1min 31sec

Scan time 8sec

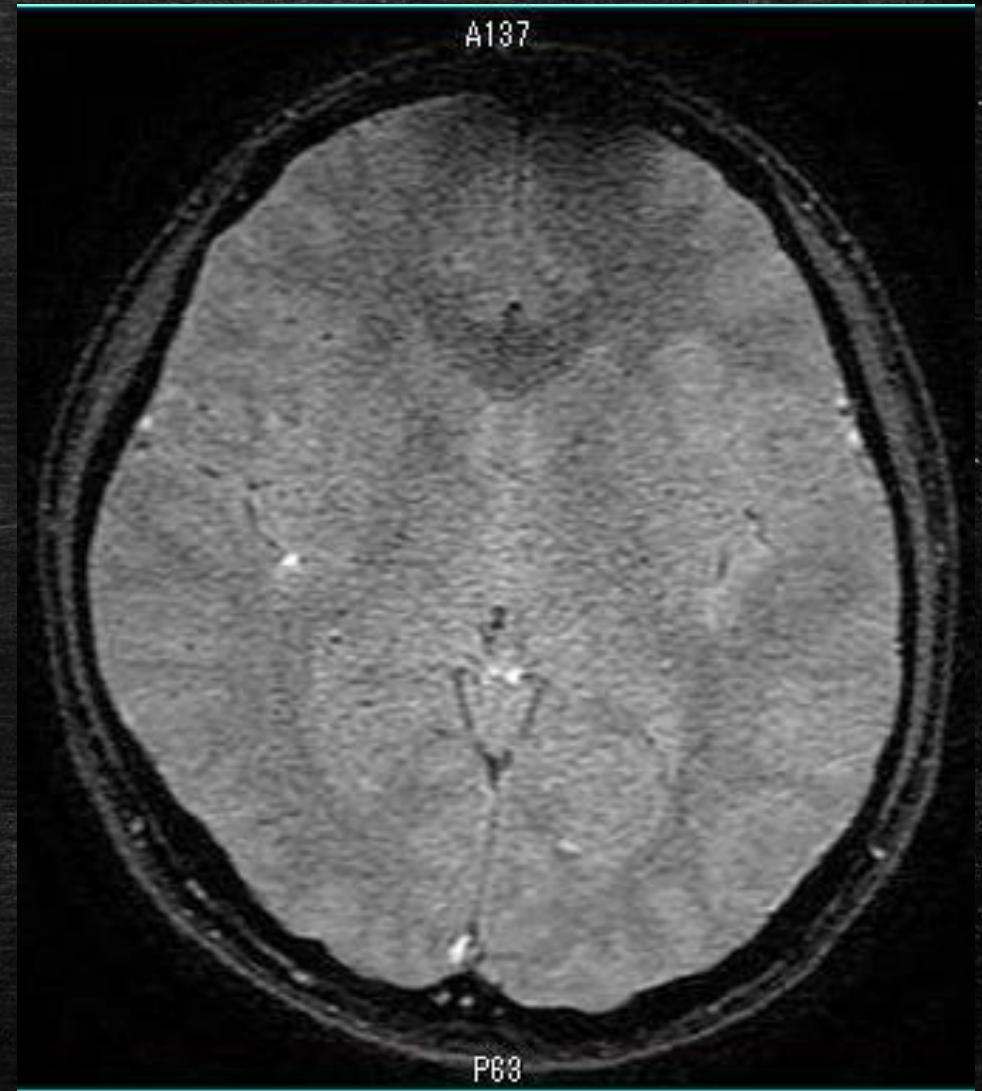
世界最速**最強**T2スターへの道

最狭(**2.1mm**)にChallenge

単純に薄くしてみました

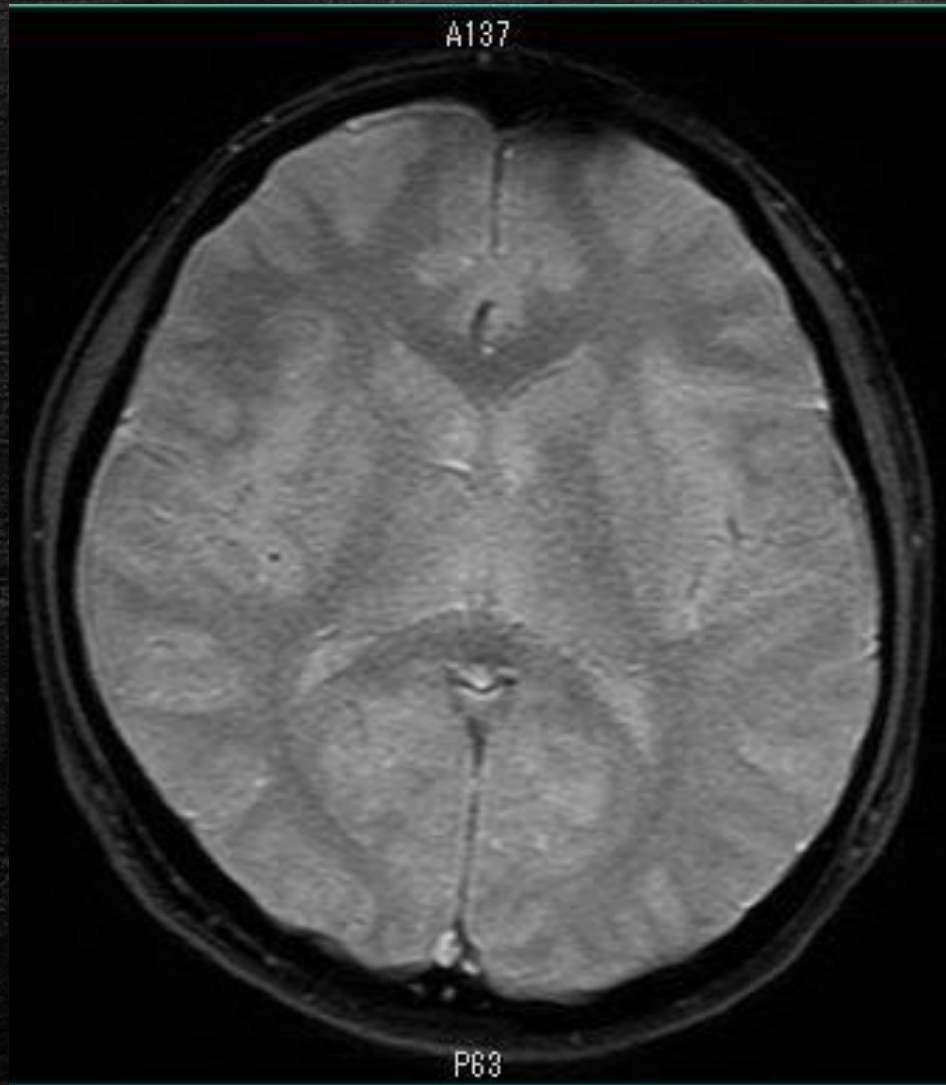


ST: 6mm , TR: 1500ms
8 sec

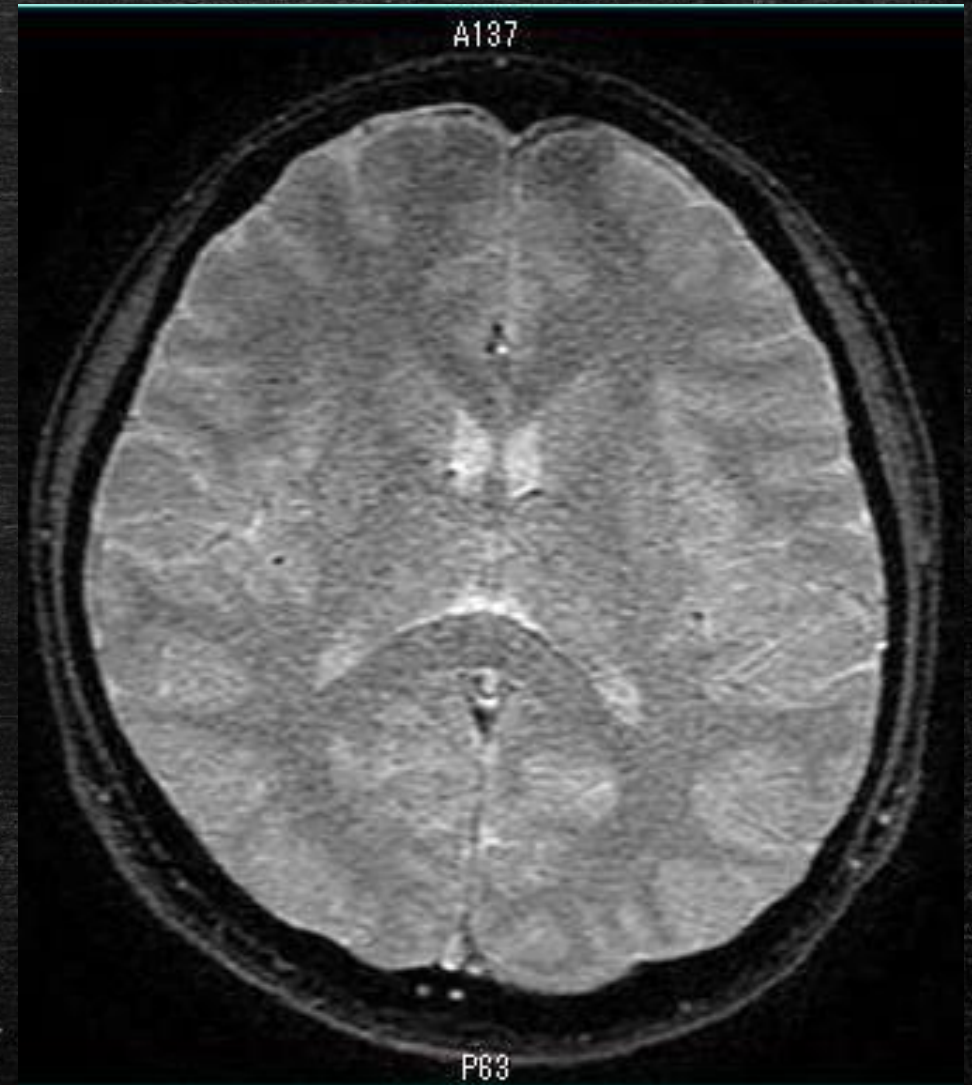


ST: 2.1mm , TR: 1500ms
8 sec

全脳撮るためTRを6000msに延長

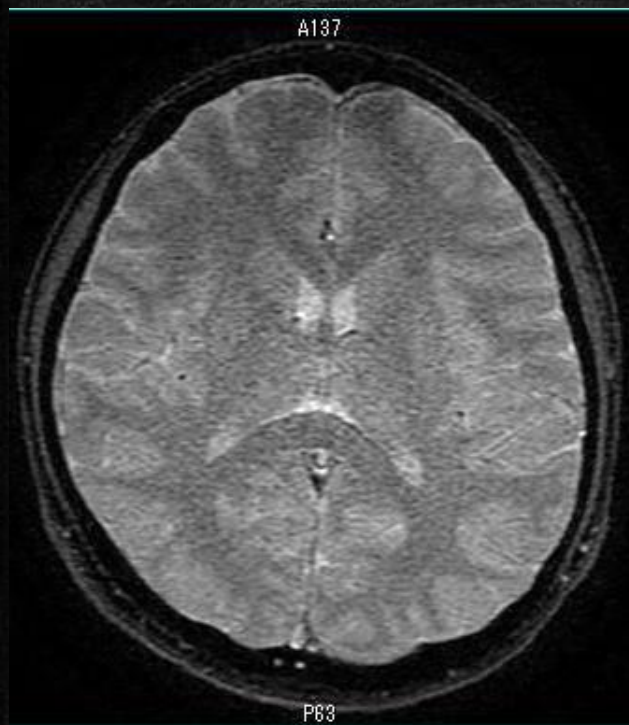


ST: 6mm , TR: 1500ms
8 sec

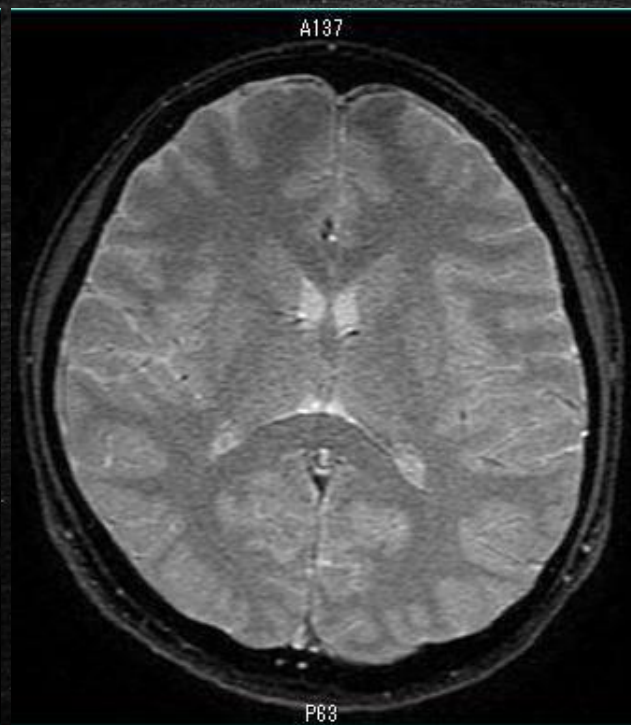


ST: 2.1mm , TR: 6000ms
30 sec

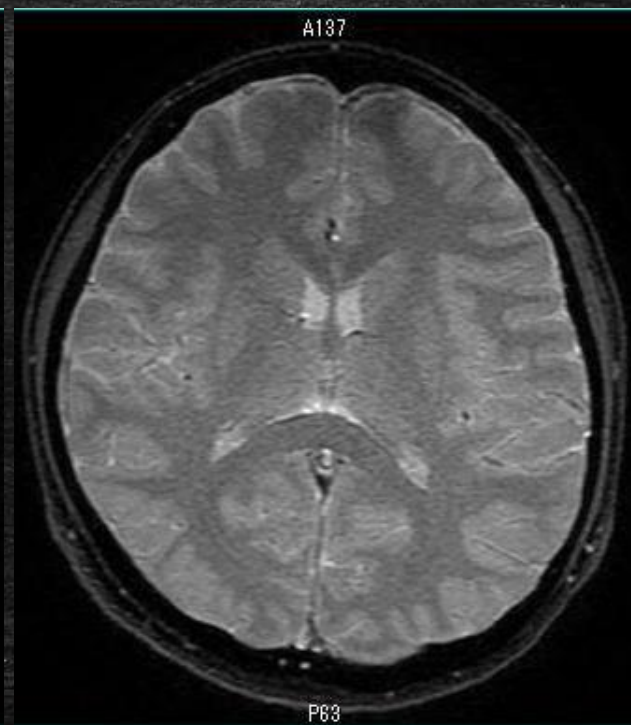
AveragingとSNの関係



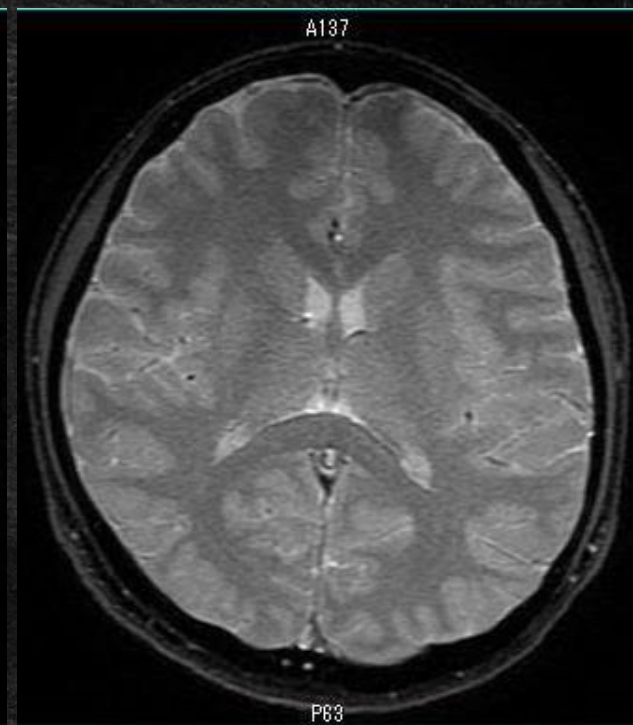
1 Nex
30sec



2 Nex
54sec



3 Nex
1min18sec

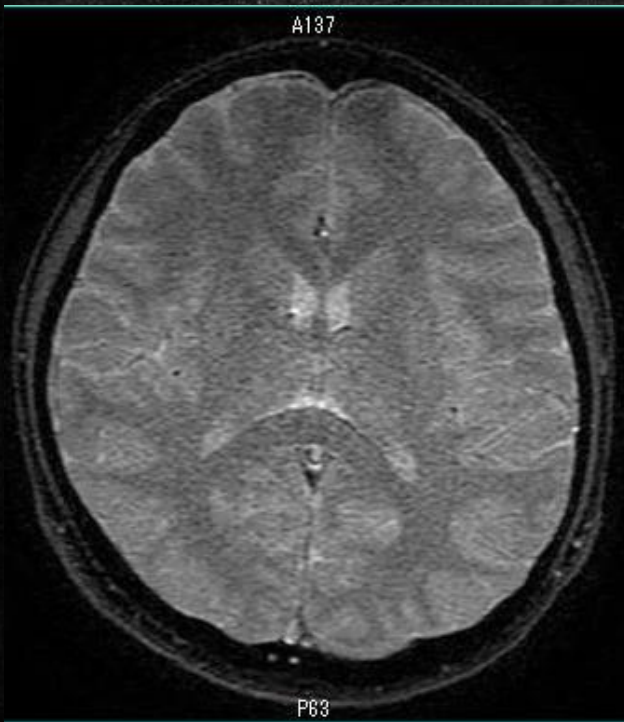


4 Nex
1min42sec

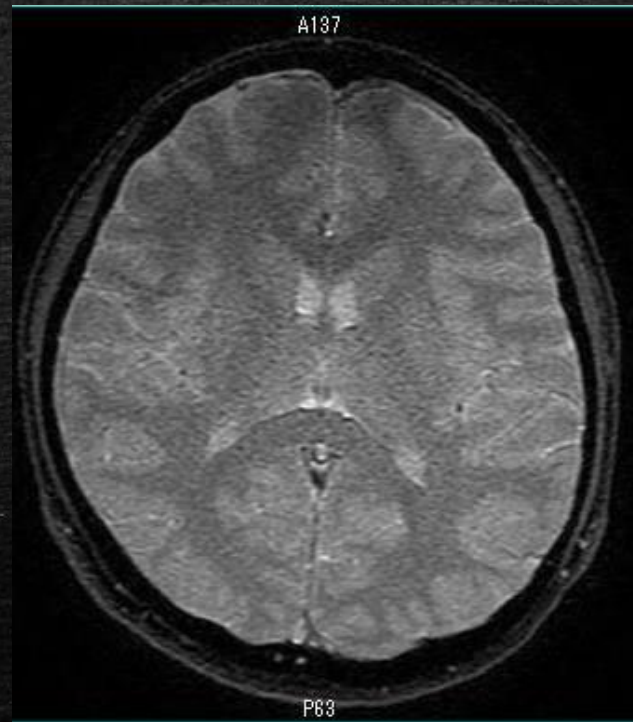
固定観念を捨てて考えた

- $T2^*WI = \text{Low flip Angle} ?$
- TR 6000msでは縦磁化はほぼ回復
- むしろ信号を loss
- 磁化率画像にT2コントラストはいらない

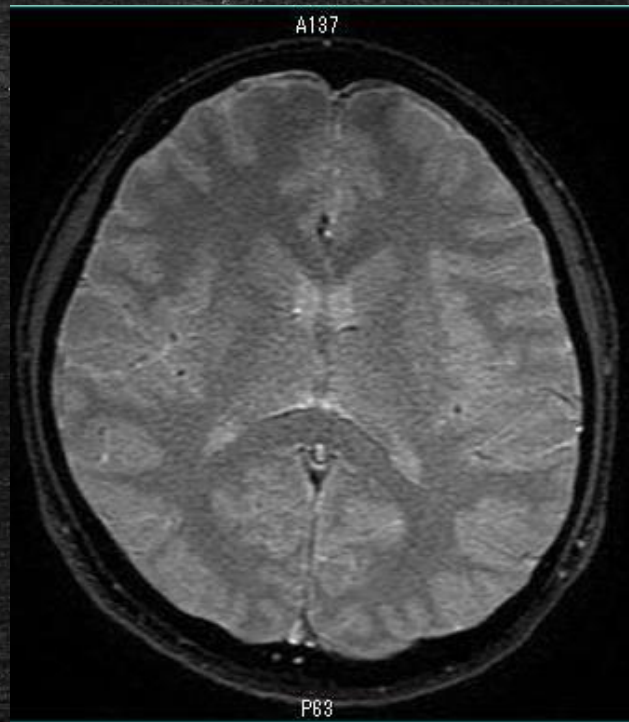
Flip AngleとSNの関係



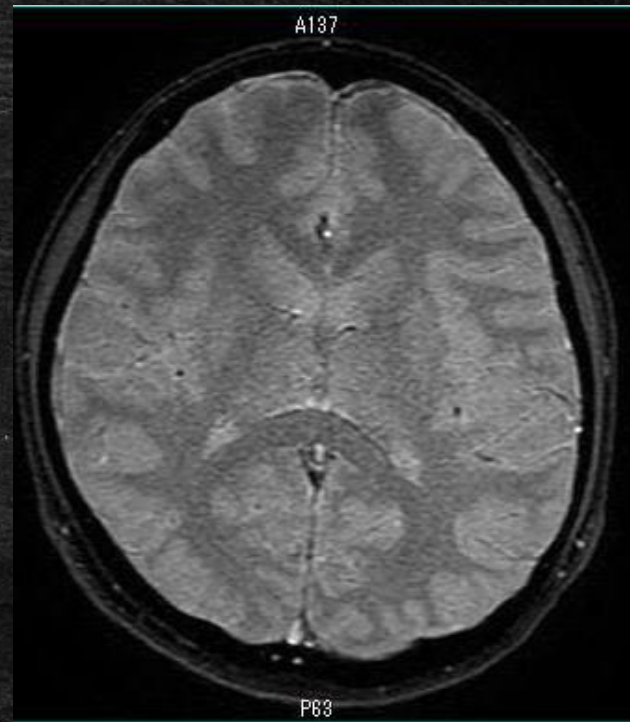
FA 40
30sec



FA 50
30sec

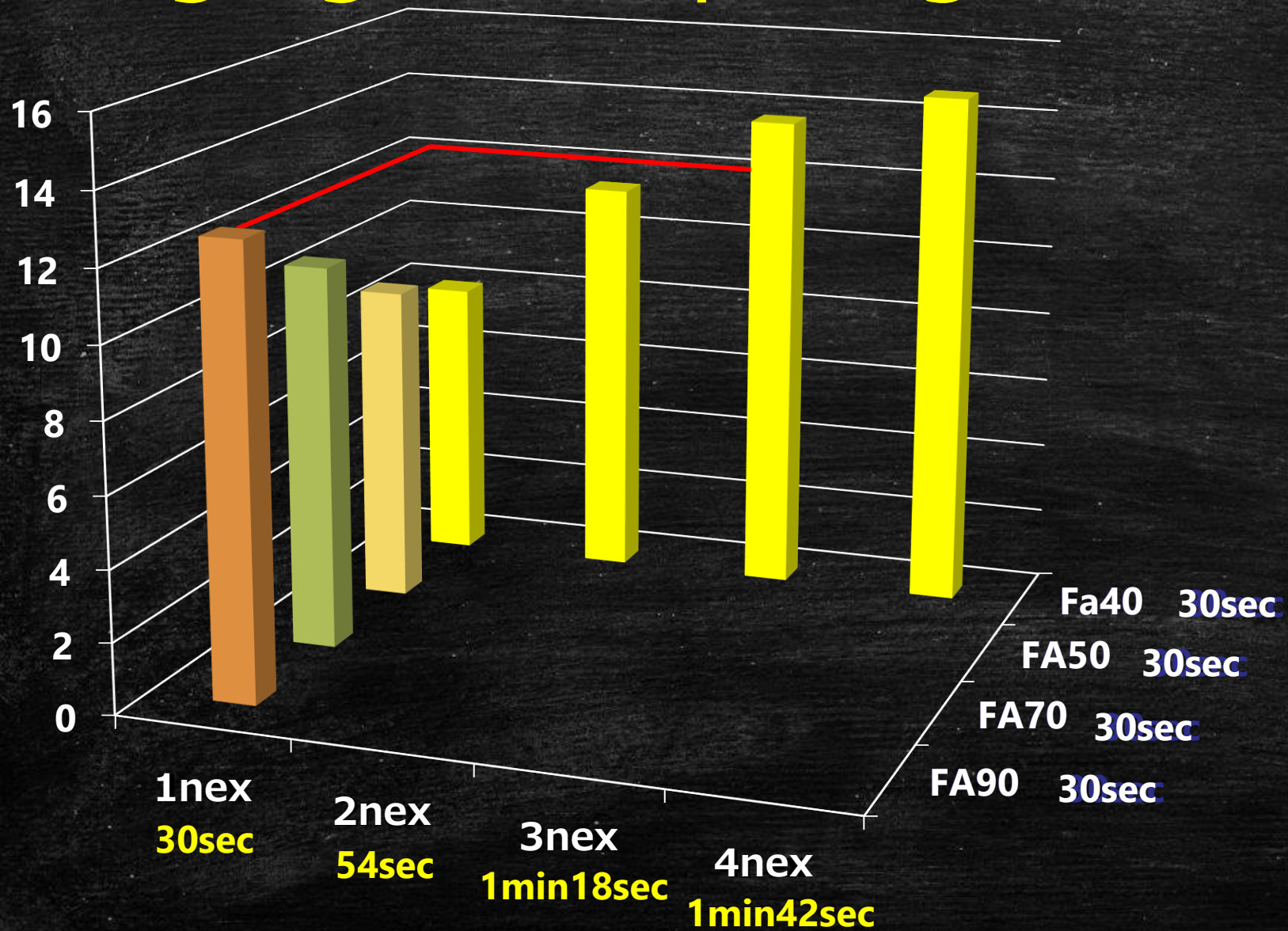


FA 70
30sec

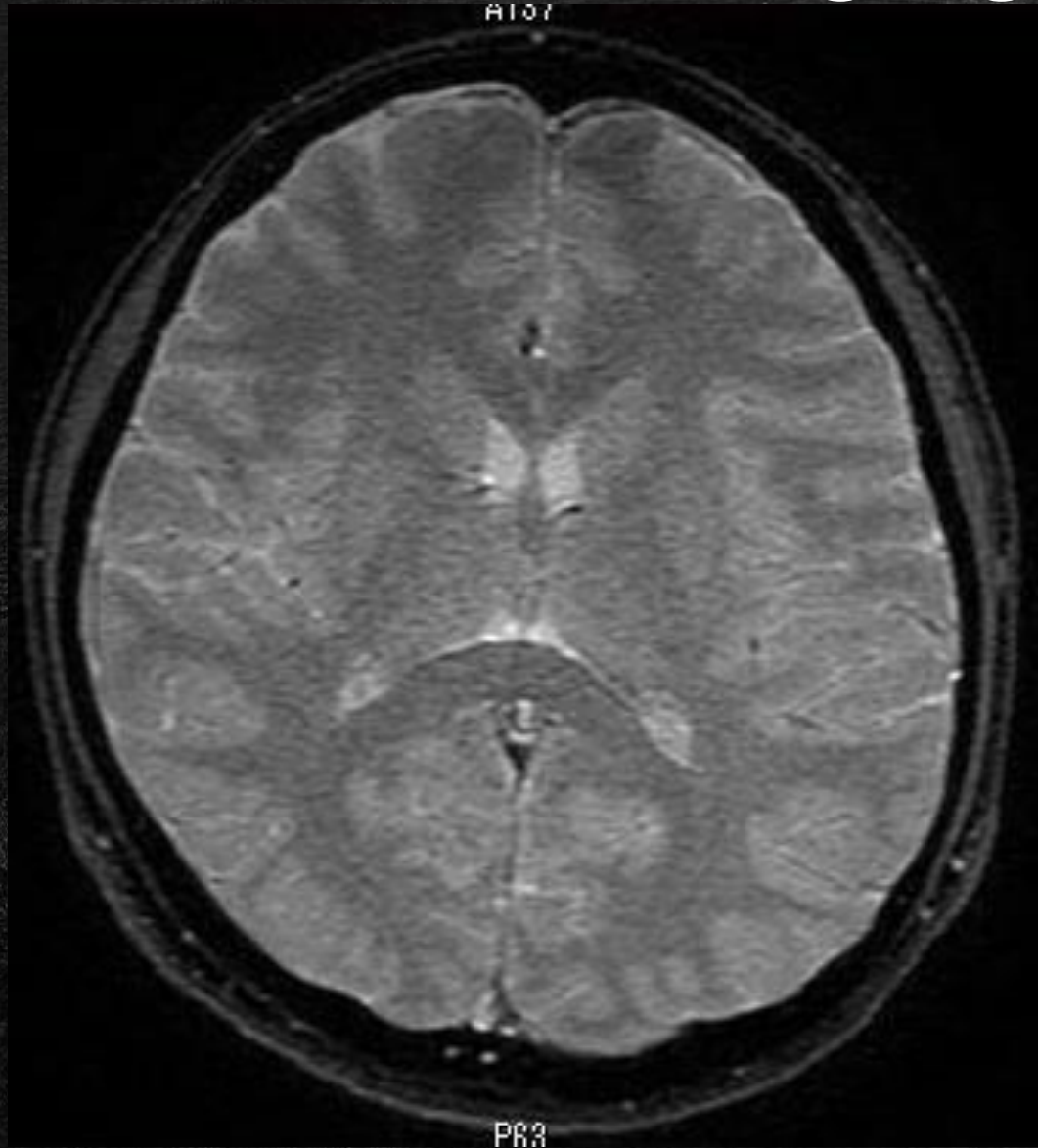


FA 90
30sec

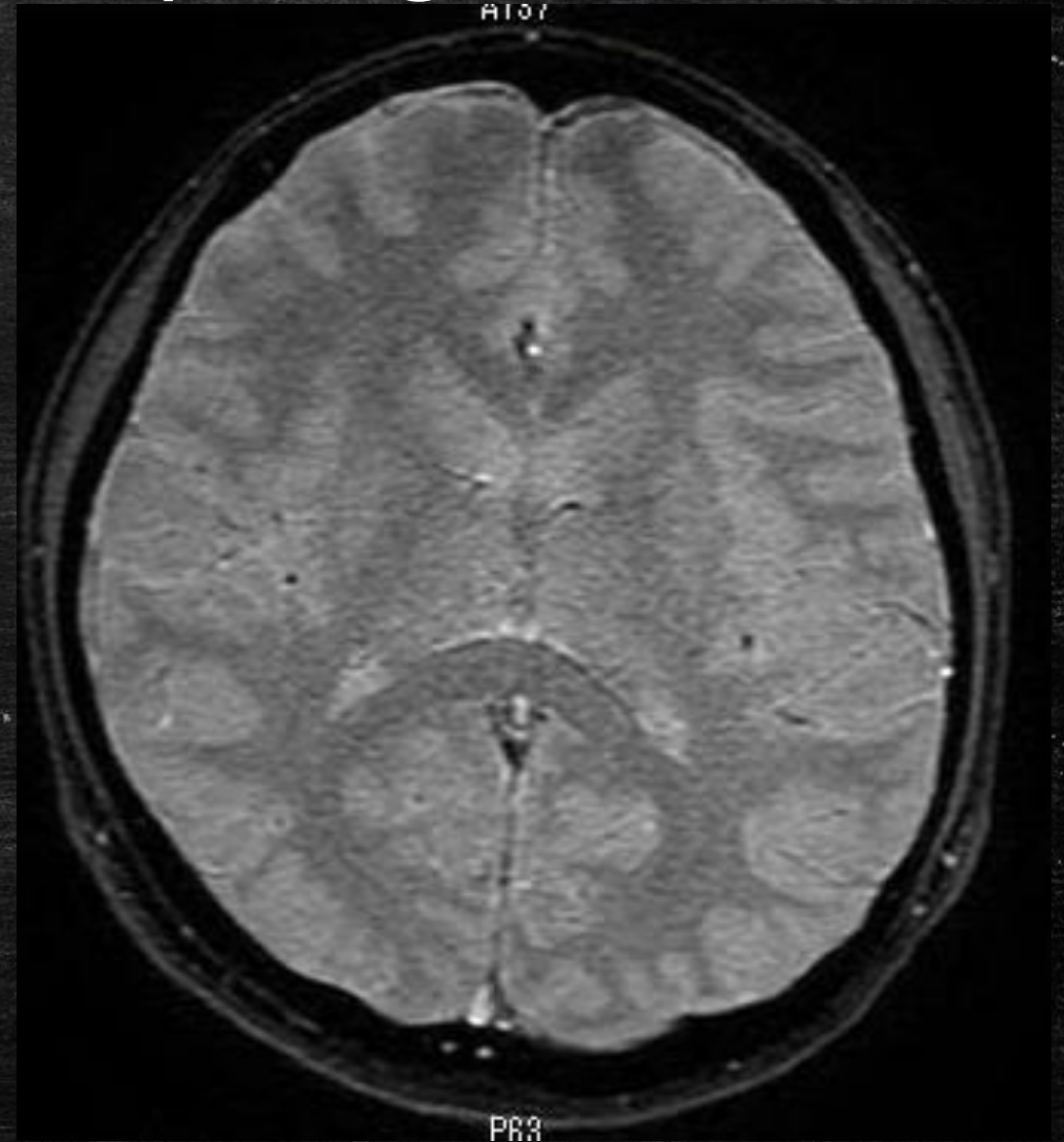
Averaging VS Flip Angle



Averaging VS Flip Angle



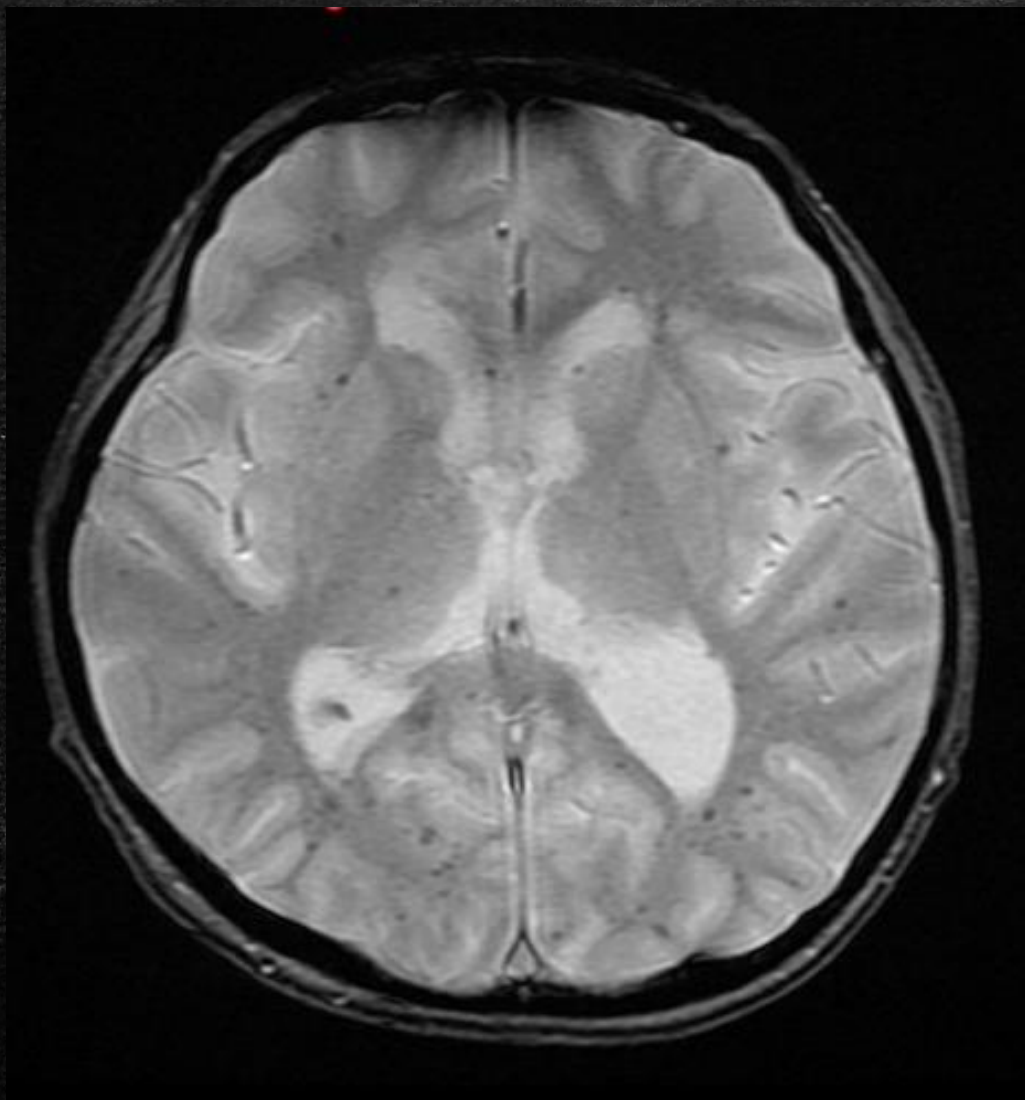
2Nex , FA40 54sec



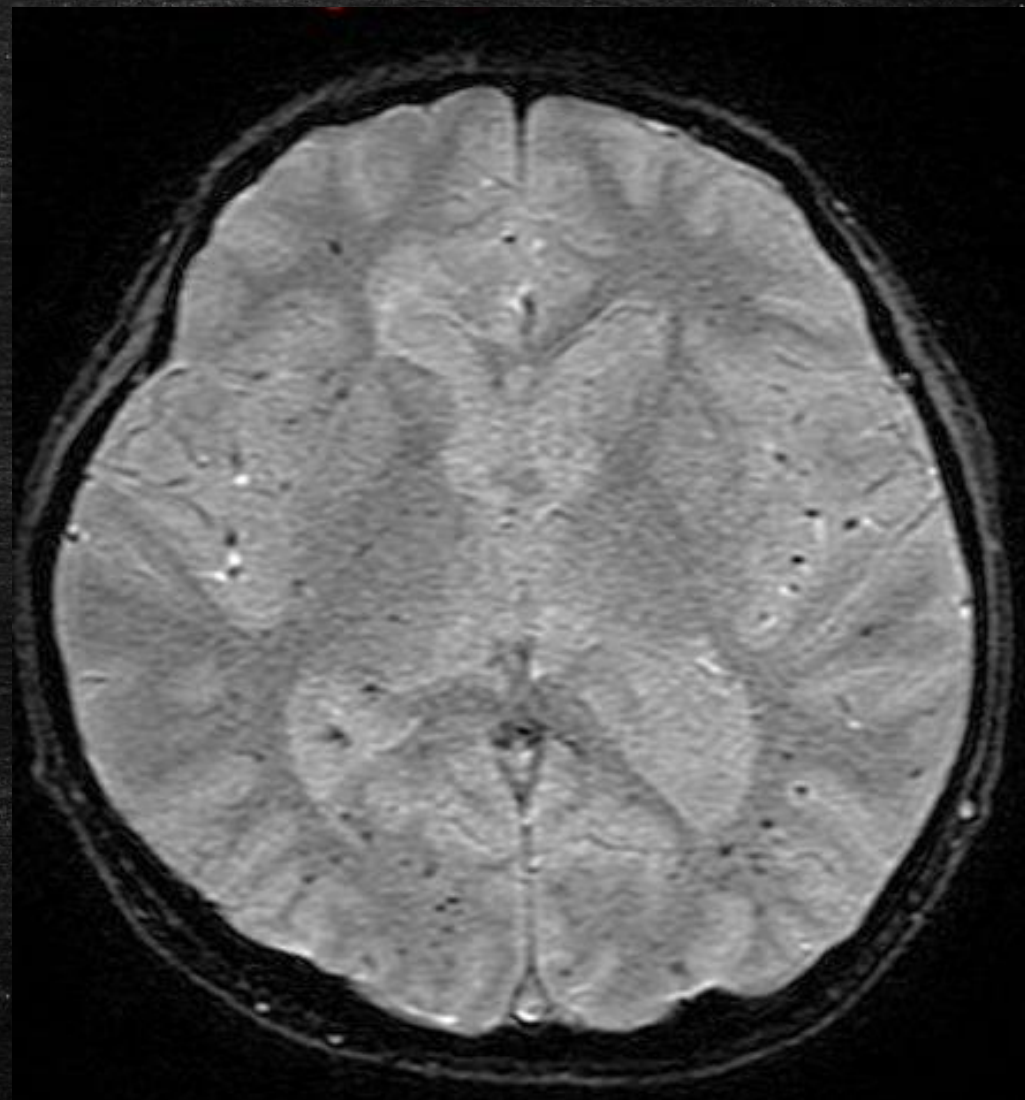
1Nex , FA 90 30sec

従来法: Scan time 1m31s

新法: Scan time 35s



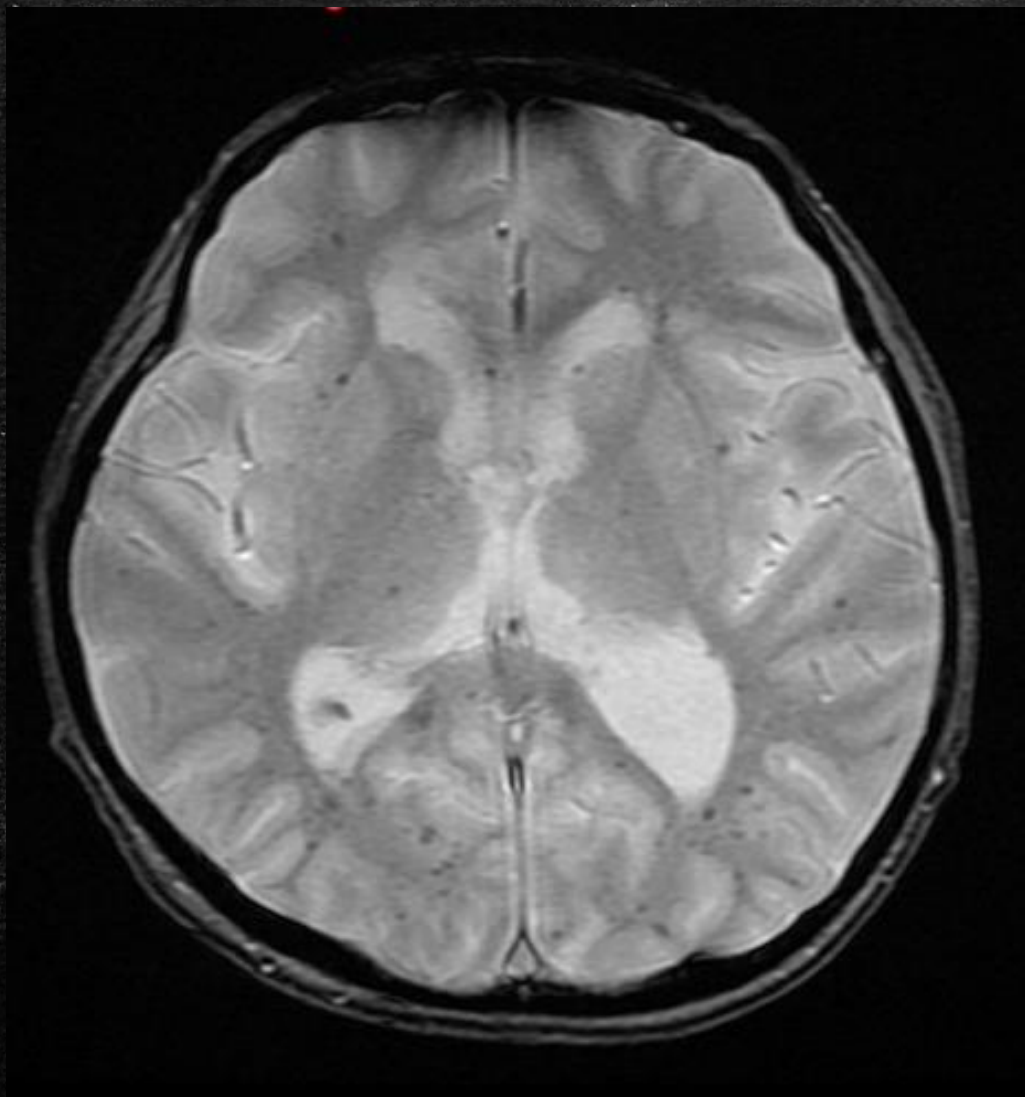
6.0mm Source image



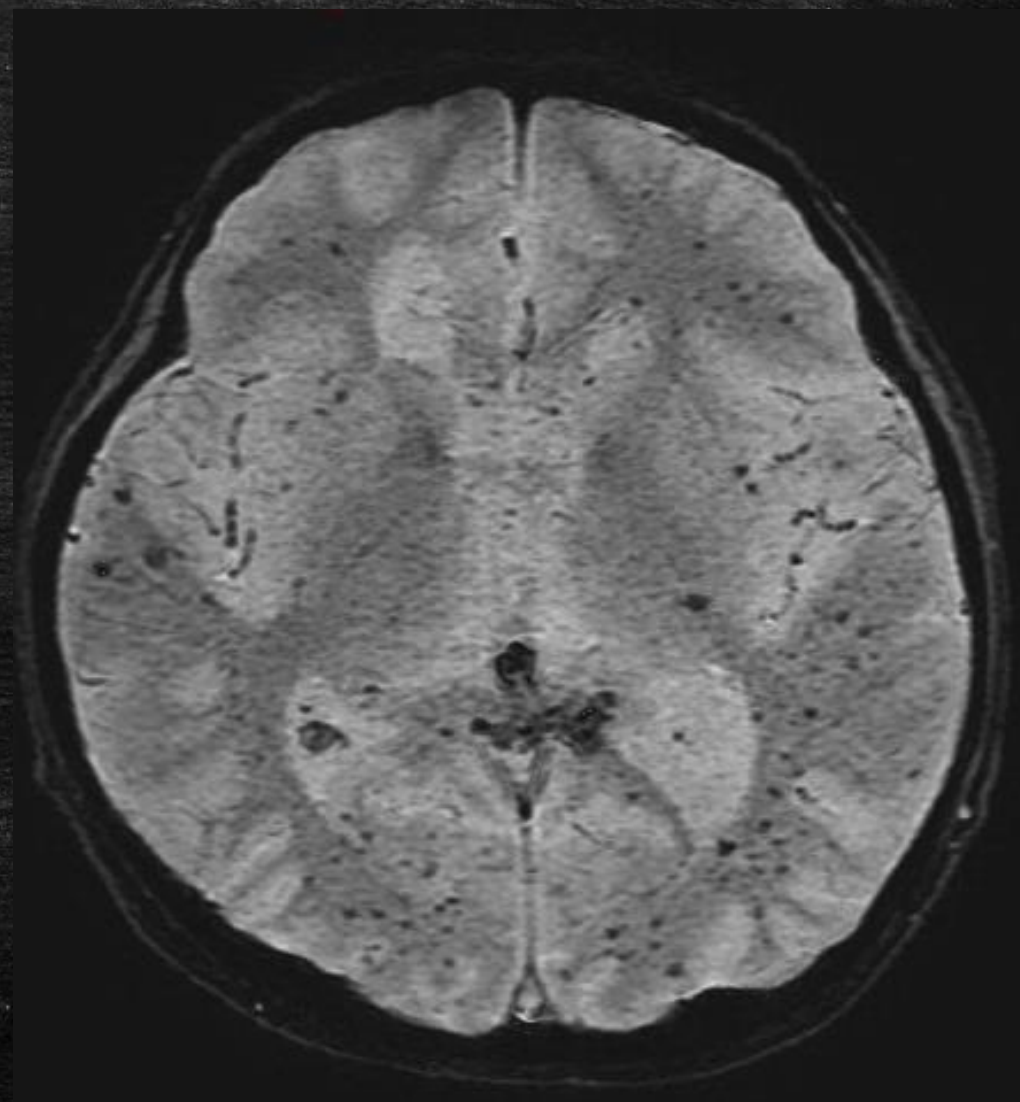
2.1mm Source image

従来法: Scan time 1m31s

新法: Scan time 35s



6.0mm Source image



6.0mm MnIP

まとめ

- 常に理由を付けよう（どんな屁理屈でも）
- 知識から理解へ（知っているから解っているへ）
- 固定観念を捨てよう

ご清聴ありがとうございました
