

「テーマ 脳疾患」

2. 腫瘍

北里大学病院

田中 禎人

当院の脳腫瘍MRIの現状

- ・脳腫瘍MRI検査数：約170件/月

- ・主な検査依頼内容

神経膠腫、髄膜腫、転移性脳腫瘍、
聴神経腫瘍、海綿状血管腫など

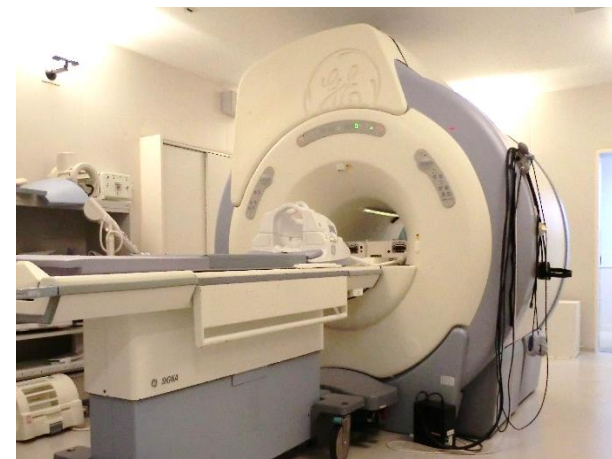
当院で脳腫瘍MRIに使用しているMRI装置



Discovery 750 3T



Discovery 750w 3T



Signa HDxt 1.5T



Head Neck Spine コイル



GEM Head Neck コイル

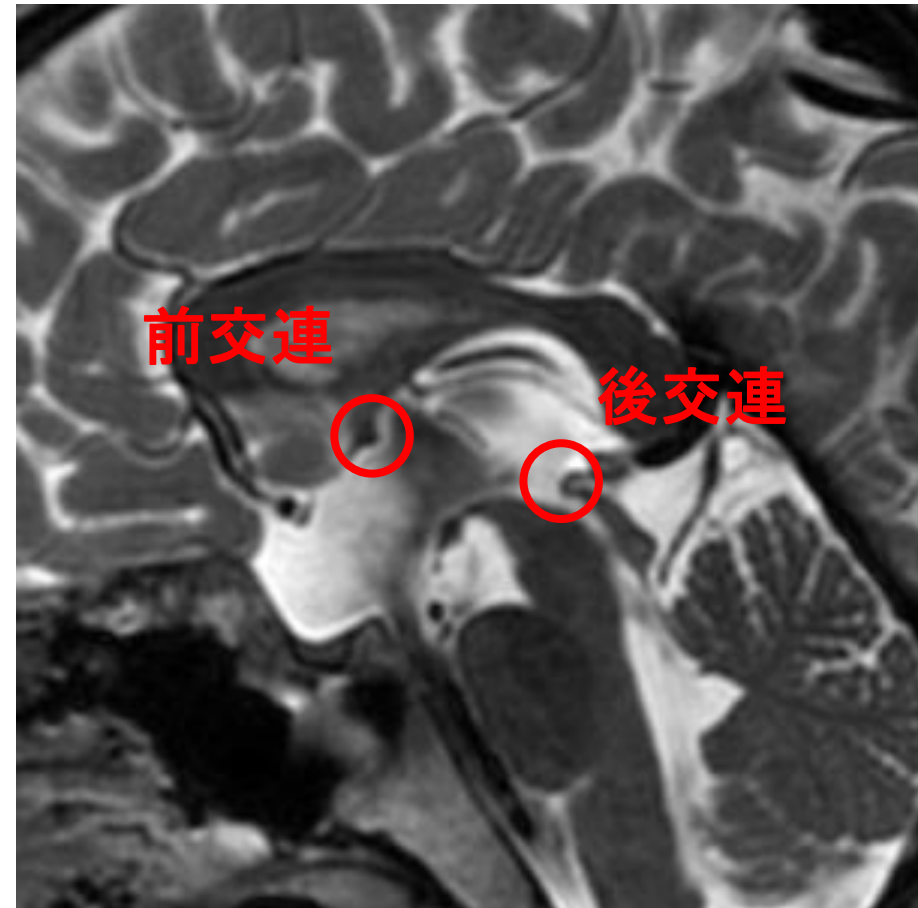
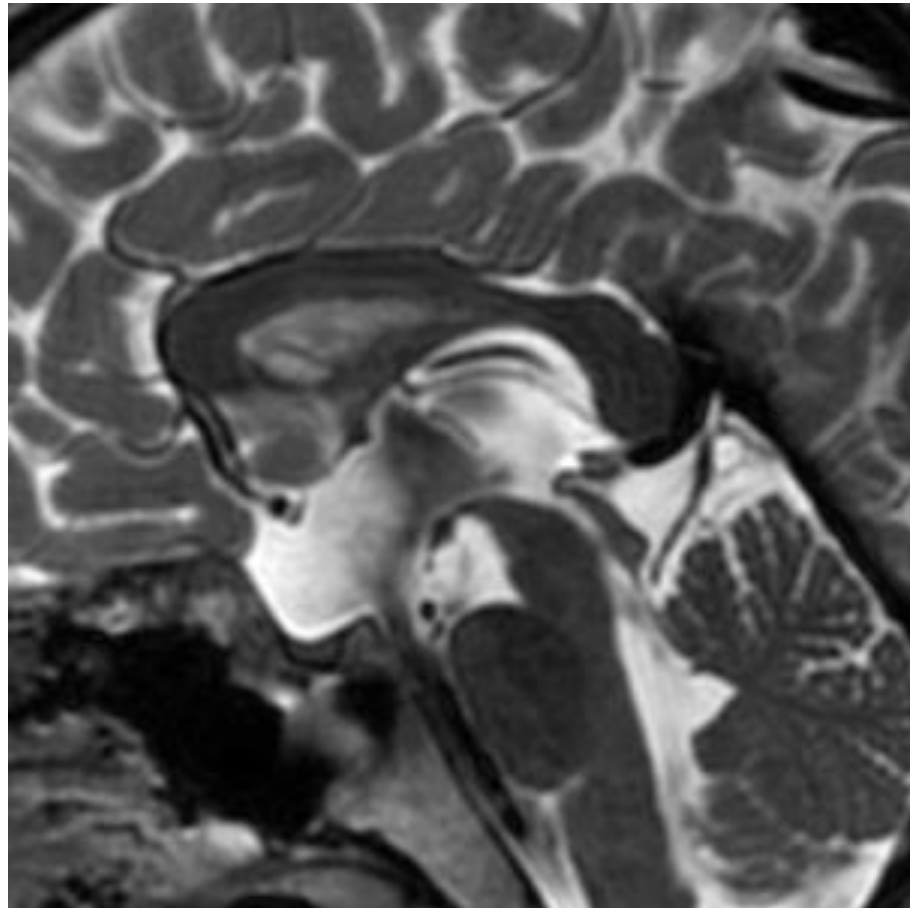
脳腫瘍MRI検査プロトコール

撮像法	シーケンス	スライス厚	その他
T1 Sag	FSE	7 mm	
DWI Ax	SE-EPI	5 mm	b=1000 s/mm ²
T2 Ax	FSE	5 mm	
T1 Ax	SE	5 mm	
FLAIR Ax	FSE-IR	5 mm	
T2 star Ax	GRE	5 mm	
Gd T1 Ax	SE	5 mm	
Gd T1 Ax 3D Gd T1 Sag 3D	3D GRE 3D FSE	1 mm 1.2 mm	脳腫瘍全般 転移性脳腫瘍のみ

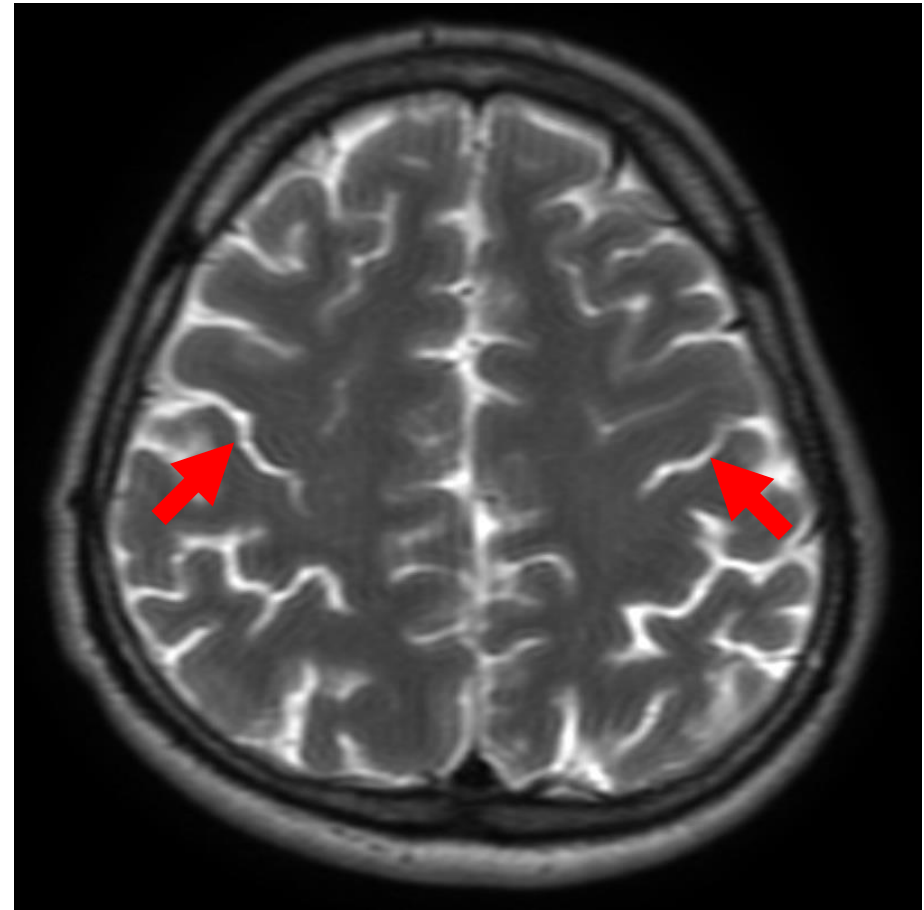
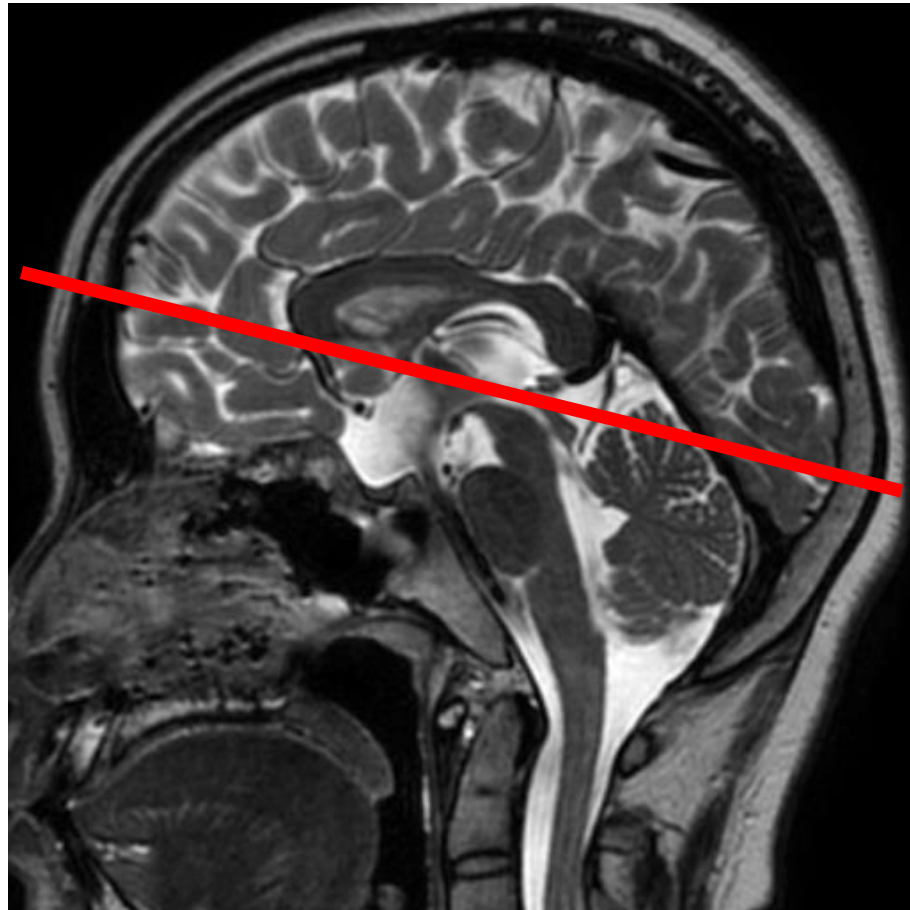
基本的に画像診断ガイドラインに準じたプロトコールで撮像

横断像の基準線

AC-PC Line (前交連と後交連を結ぶ線)



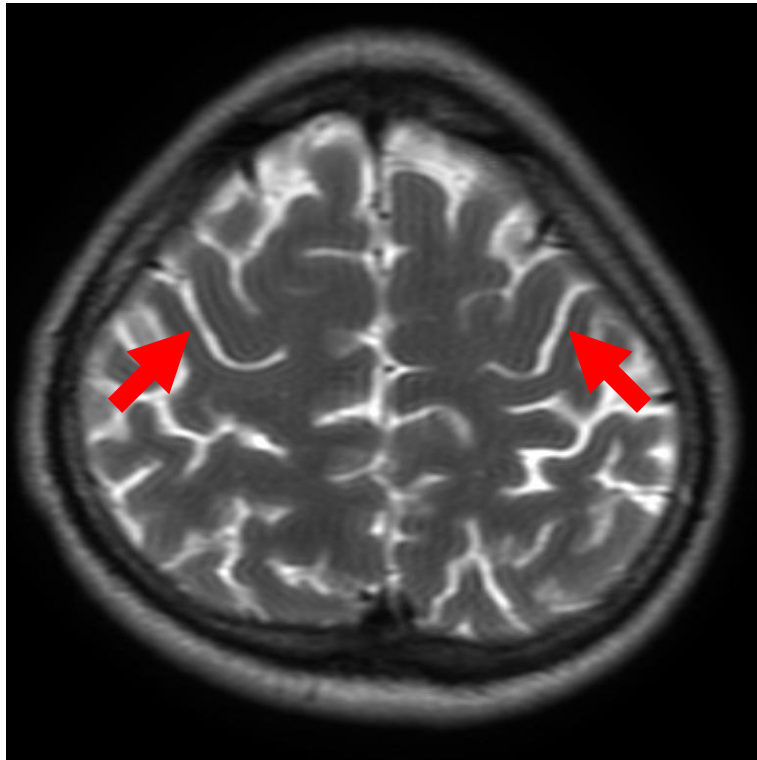
横断像の基準はAC-PC Line



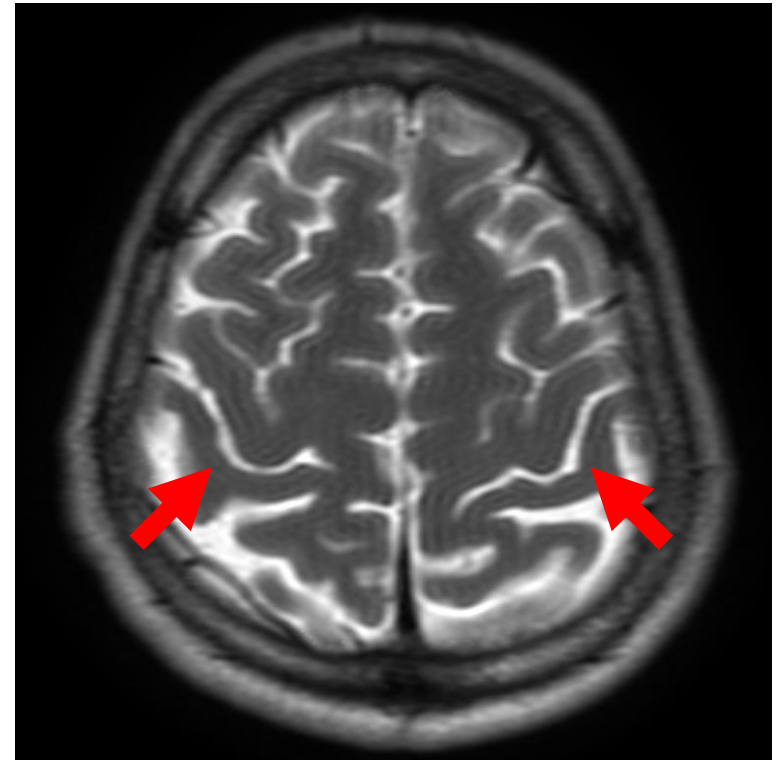
画像のほぼ中央に中心溝が認められる。

横断像の断面設定は慎重に

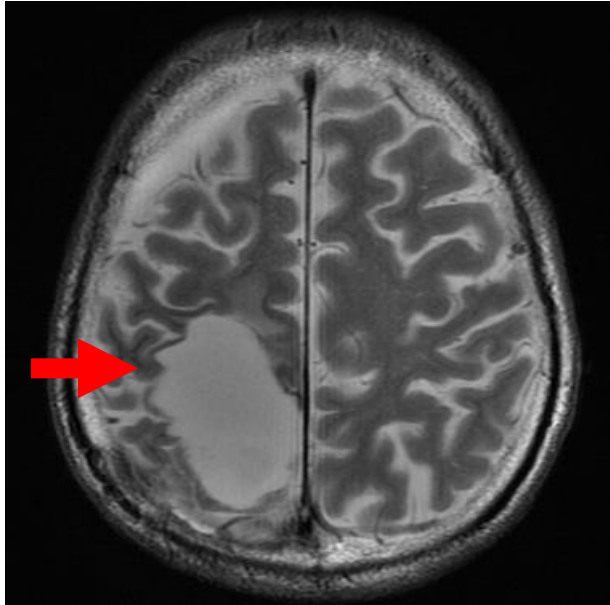
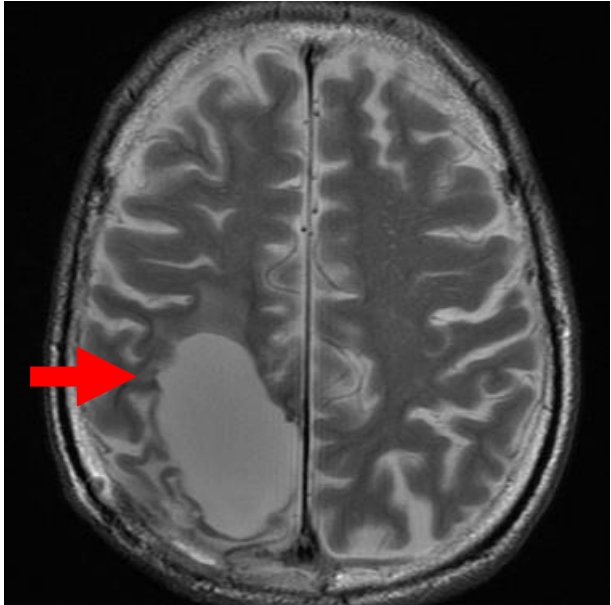
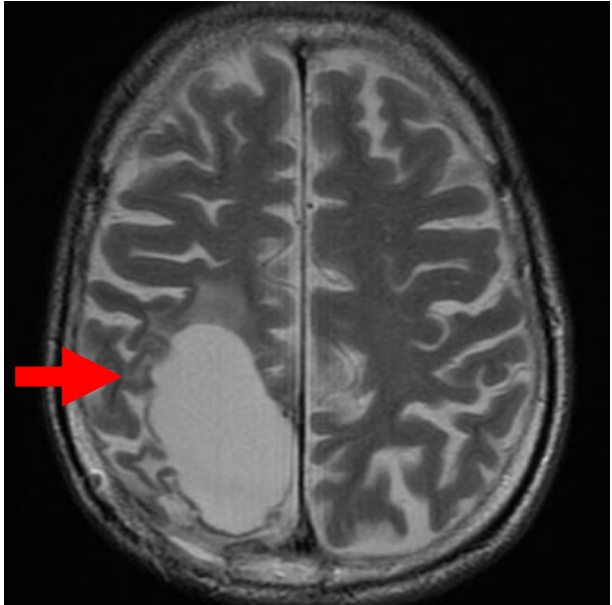
AC-PC Lineに合っていないと、



角度がきついと、
中心溝は前方に



角度があまりいと、
中心溝は後方に

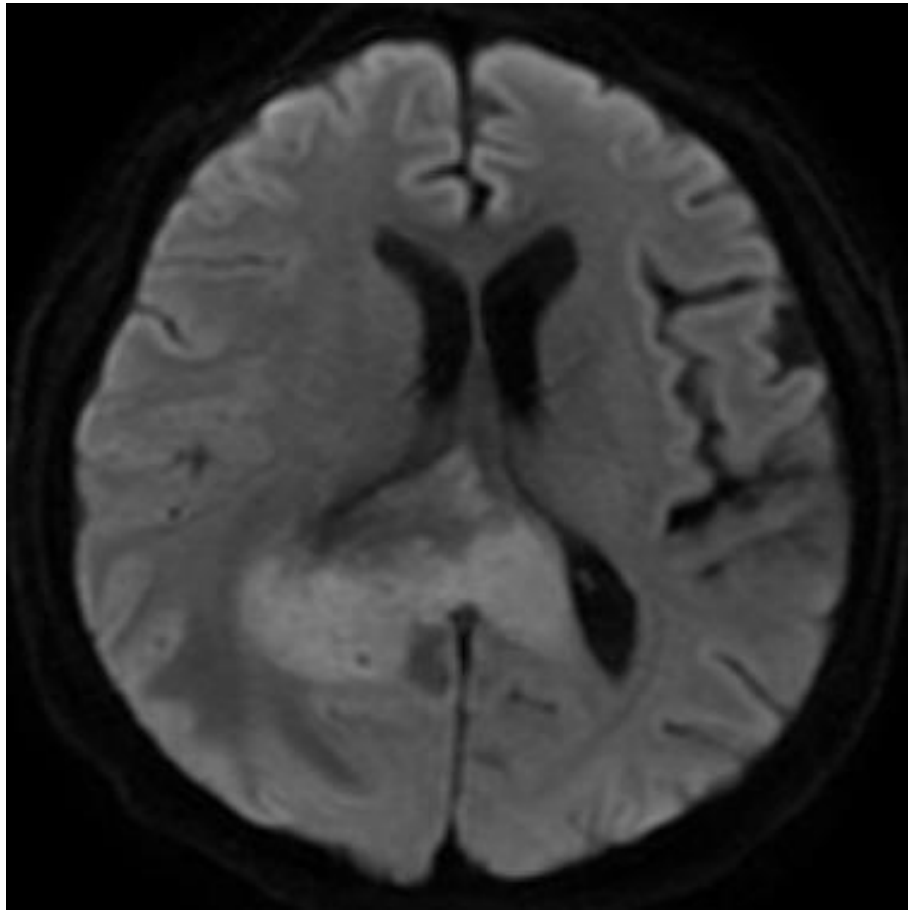


- 脳腫瘍は長期にわたってfollowする。
- 断面設定の違いによって、病変の見え方が異なってしまうので、要注意！

それぞれの画像がもつ意義

DWI (拡散強調画像)

中枢神経原発悪性リンパ腫 (70歳台女性)

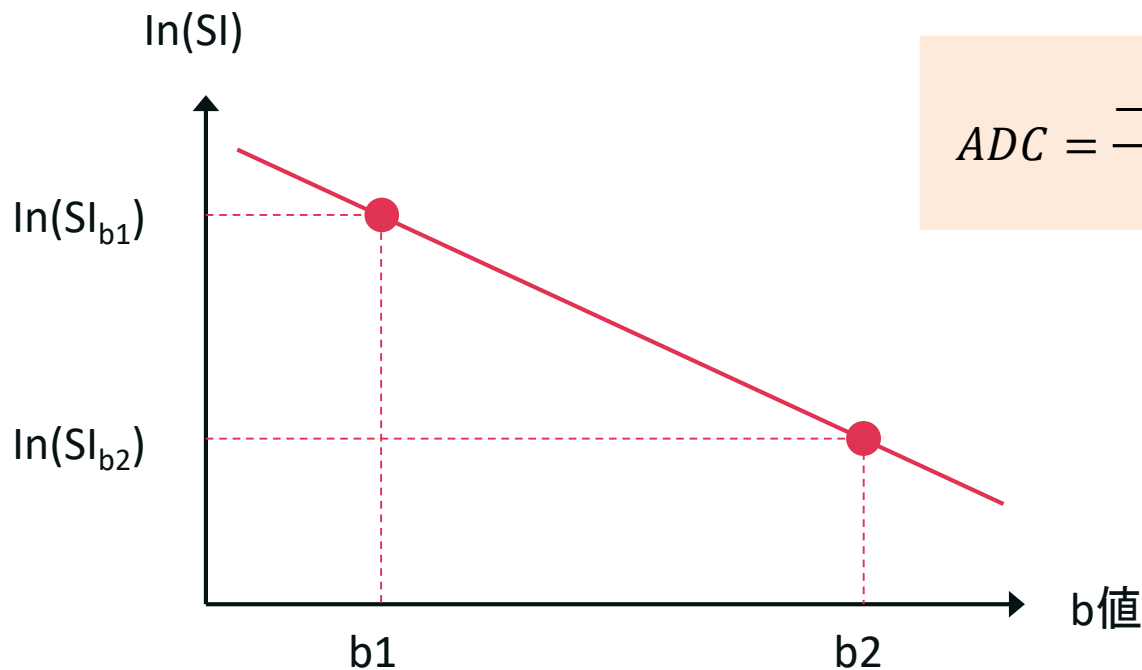


- 腫瘍の細胞密度を評価
- ADC値による定量評価

ADC (Apparent Diffusion Coefficient)

ADC (Apparent Diffusion Coefficient) : 見かけの拡散係数

2つの任意のb値で撮像した画像からADC値が算出される。

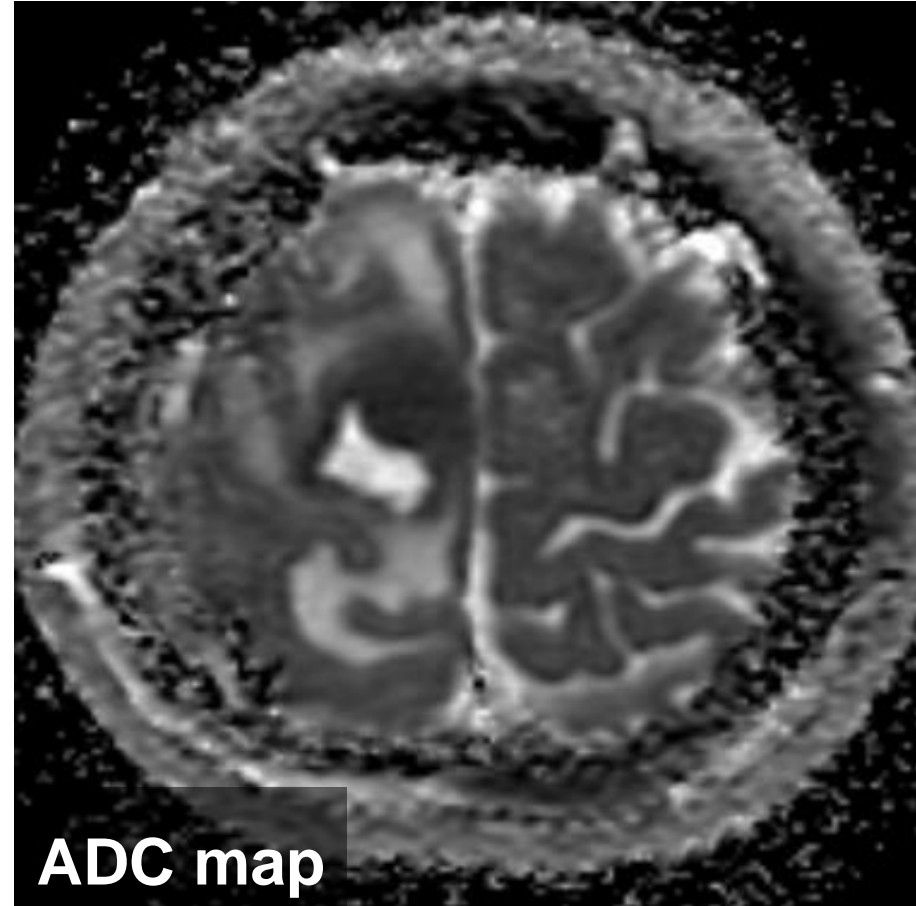
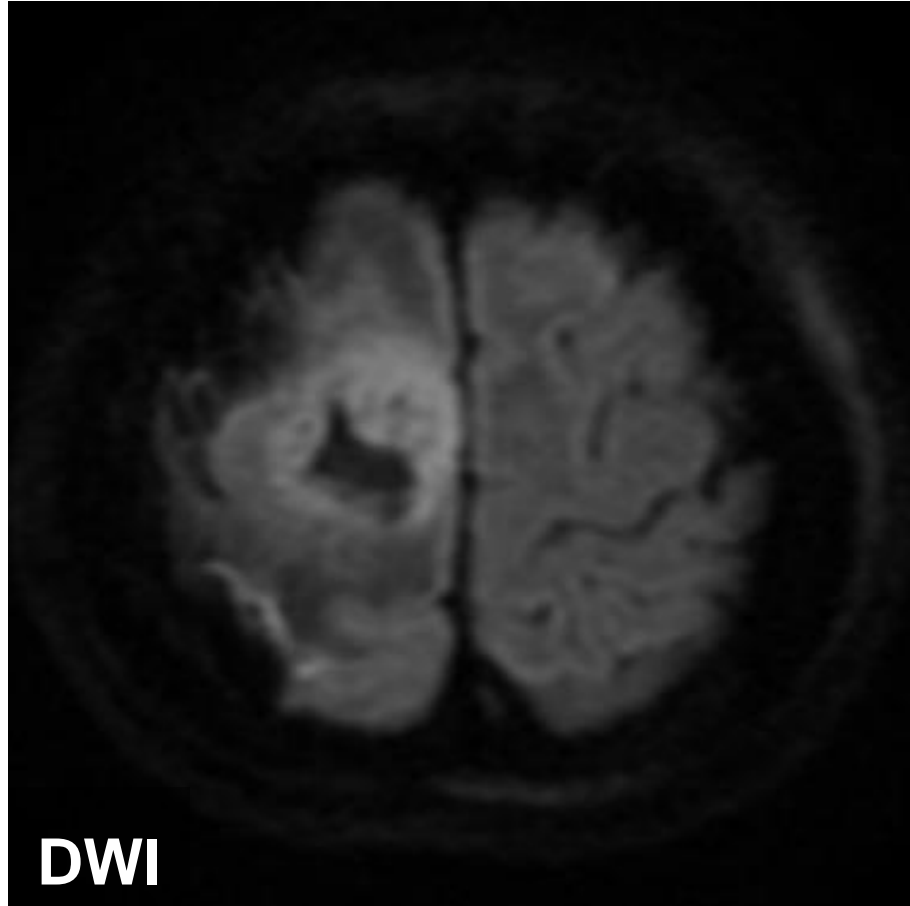


$$ADC = \frac{-[\ln\{SI(b2)\} - \ln\{SI(b1)\}]}{b2 - b1}$$

信号変化率つまり『直線の傾き』で拡散を表す。

DWI, ADC map

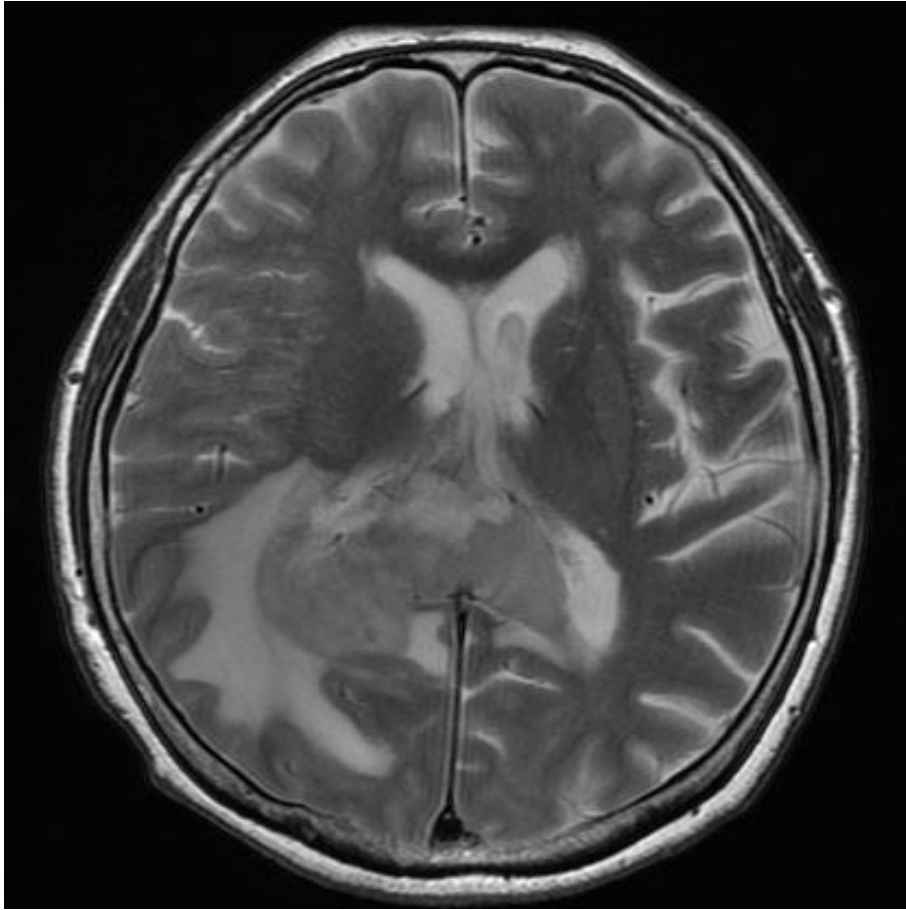
中枢神経原発悪性リンパ腫(50歳台女性)



DWIでは、細胞密度の高さを反映して高信号を呈し、ADC値が低くなることが多い。

T2WI (T2強調画像)

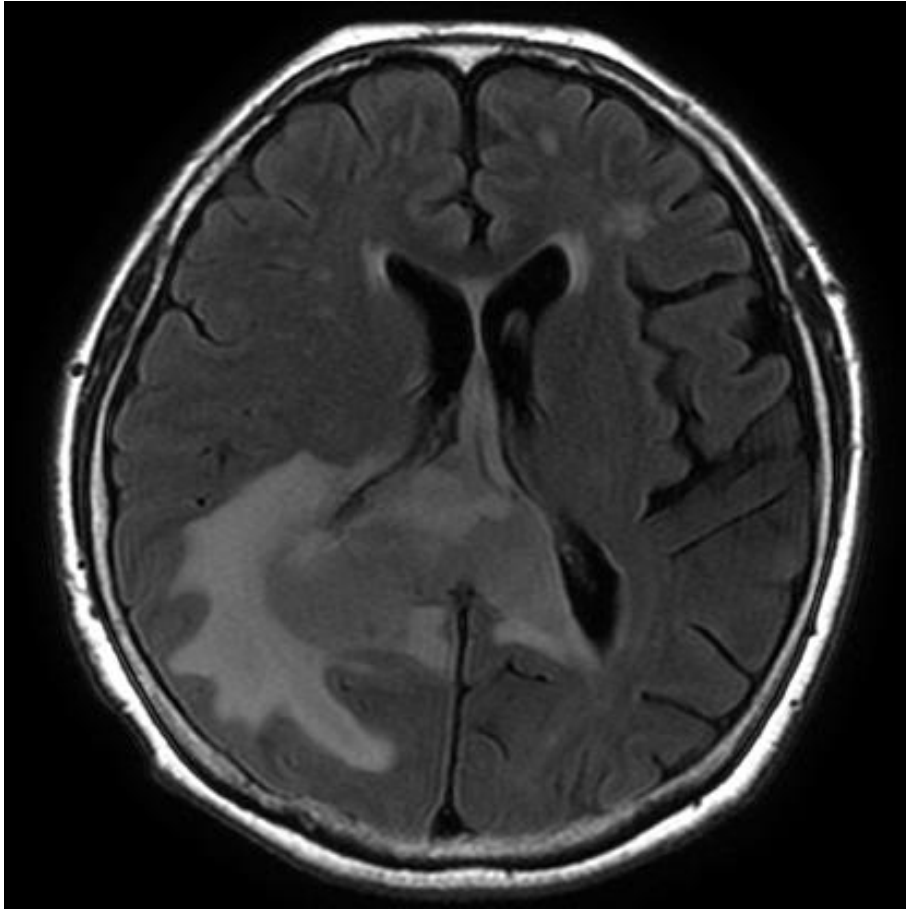
中枢神経原発悪性リンパ腫 (70歳台女性)



- 脳実質病変の検出
- 嚢胞、壊死、出血などの病変性状の評価
- 病変の進展範囲の評価

FLAIR像

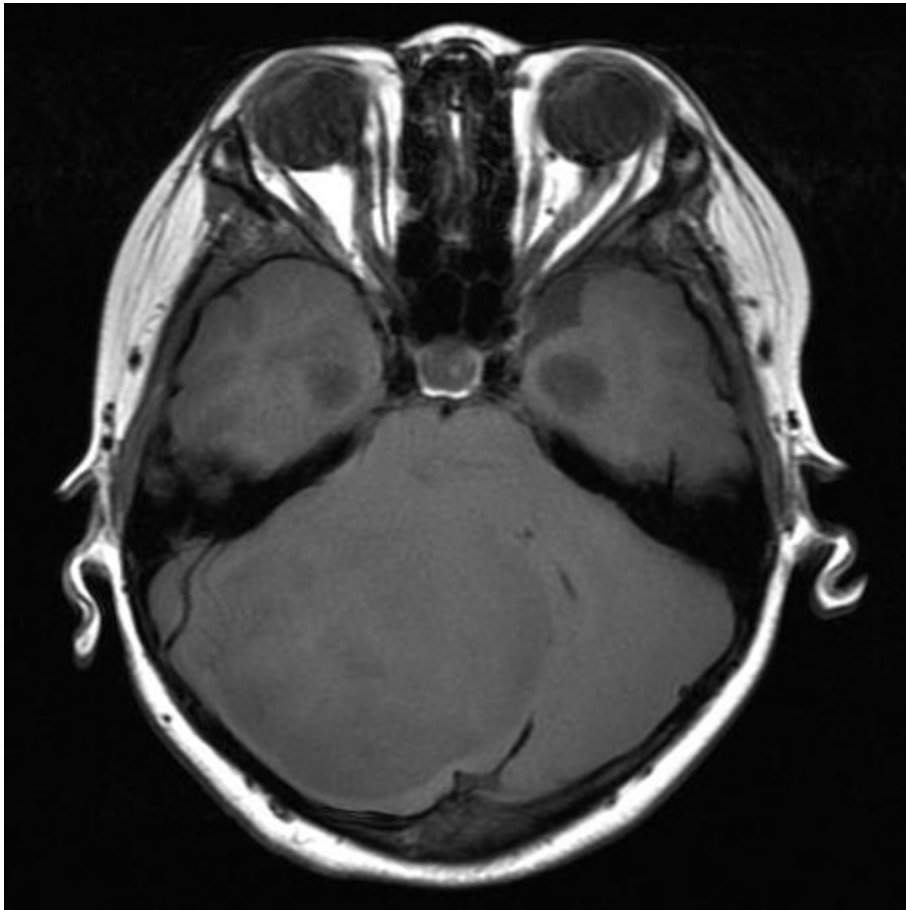
中枢神経原発悪性リンパ腫(70歳台女性)



- 脳脊髄液の信号が抑制されるため、皮質や脳室周囲への腫瘍の進展や周囲の浮腫を判断するのに有用である。

T1WI(T1強調画像)

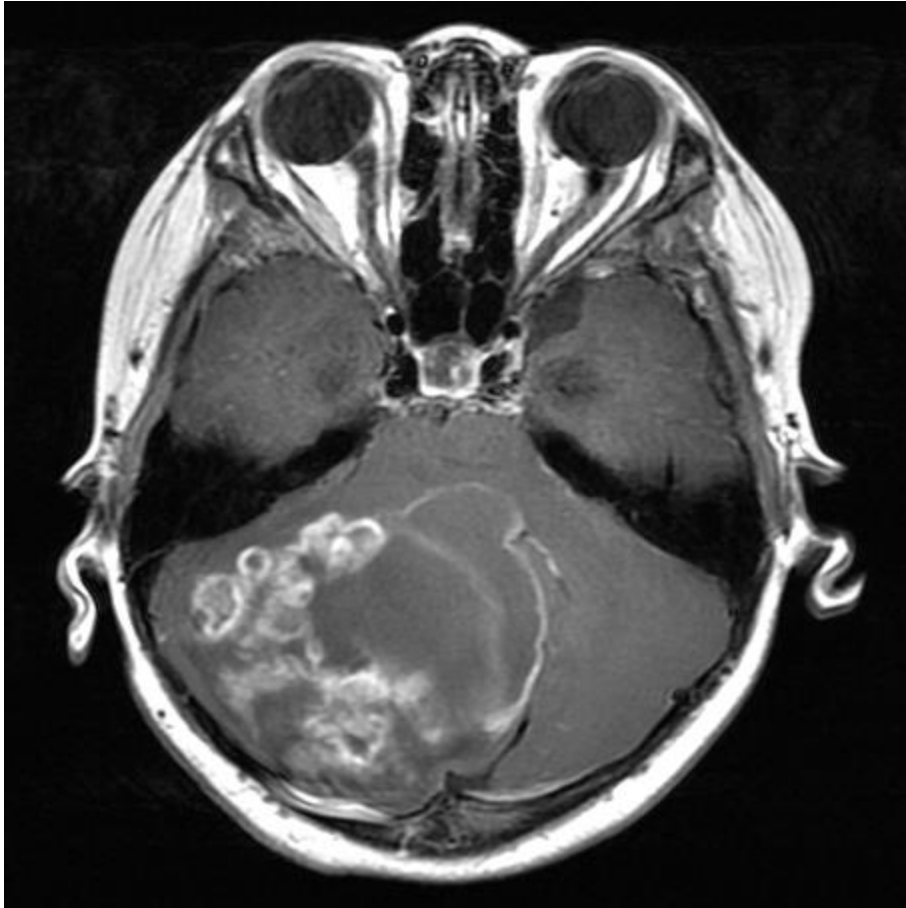
毛様細胞性星細胞腫(男児)



- 亜急性期の出血や脂肪を含む場合は高信号を示す。
- 腫瘍自体のコントラストは低いことが多い。

Gd T1WI(造影T1強調画像)

毛様細胞性星細胞腫(男児)



- 病変の部位・性状の把握
- 悪性度診断
- 鑑別診断

Gd T1WI 3D (造影3次元T1強調画像)

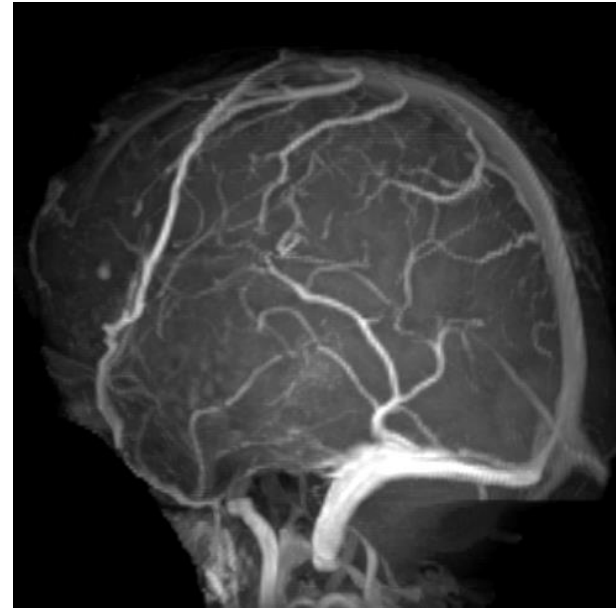
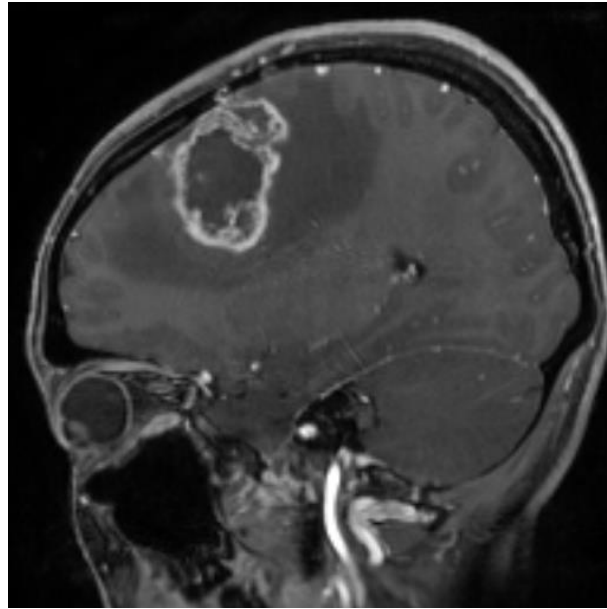
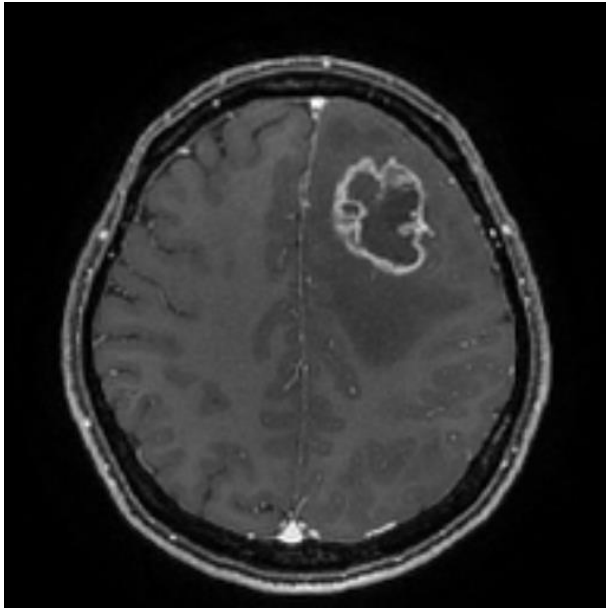
- 病変部を薄いスライス厚で観察できる
- 多断面で再構成し評価することが可能

『FSE』と『GRE』

どっちが良いか？

Gd T1WI 3D GRE

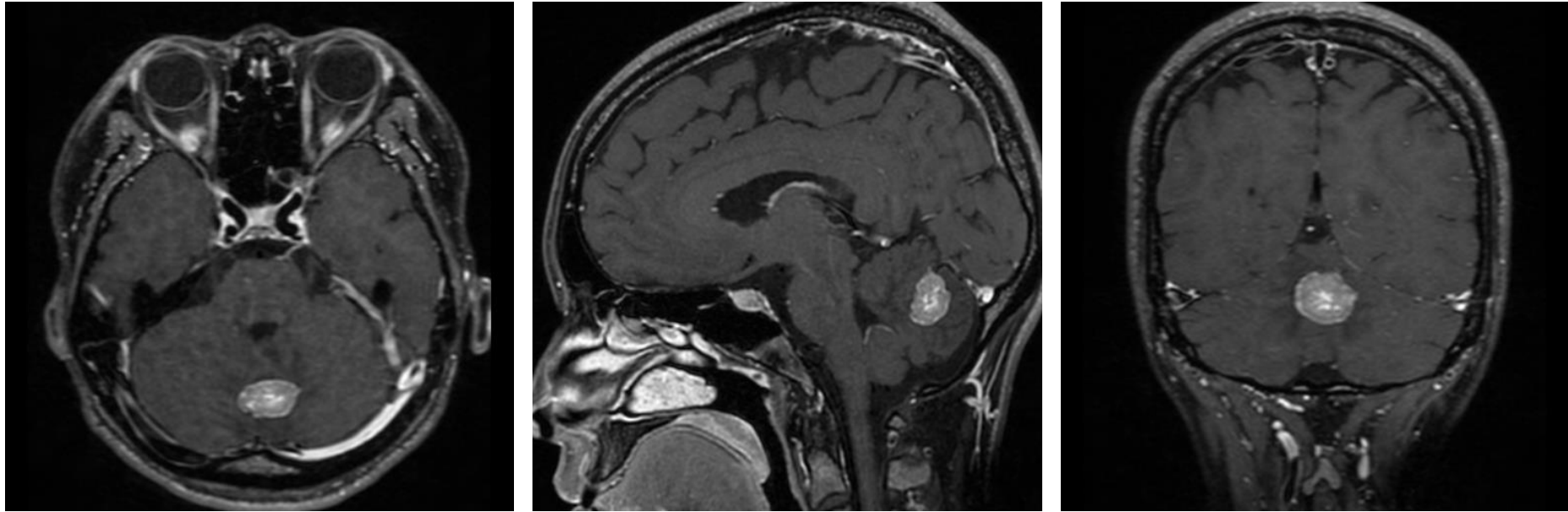
神経膠腫疑(30歳台女性)



GRE法は血管が造影されて見やすいため、術前に脳腫瘍と血管の関係を評価するのに適している。

Gd T1WI 3D FSE

乳癌転移性脳腫瘍(30歳台女性)



- 可変フリップ角を用いたFSE法(VISTA, CUBE, SPACE)
- 血管の信号が低くなることが多く、転移巣の検出および診断がより容易になる。

脳腫瘍MRI検査追加プロトコール

- 灌流画像

-
- MRS (MRスペクトロスコピー)
 - Gd MRA TOF (造影MRA)
 - Functional MRI
 - 拡散テンソル画像 (DTI)

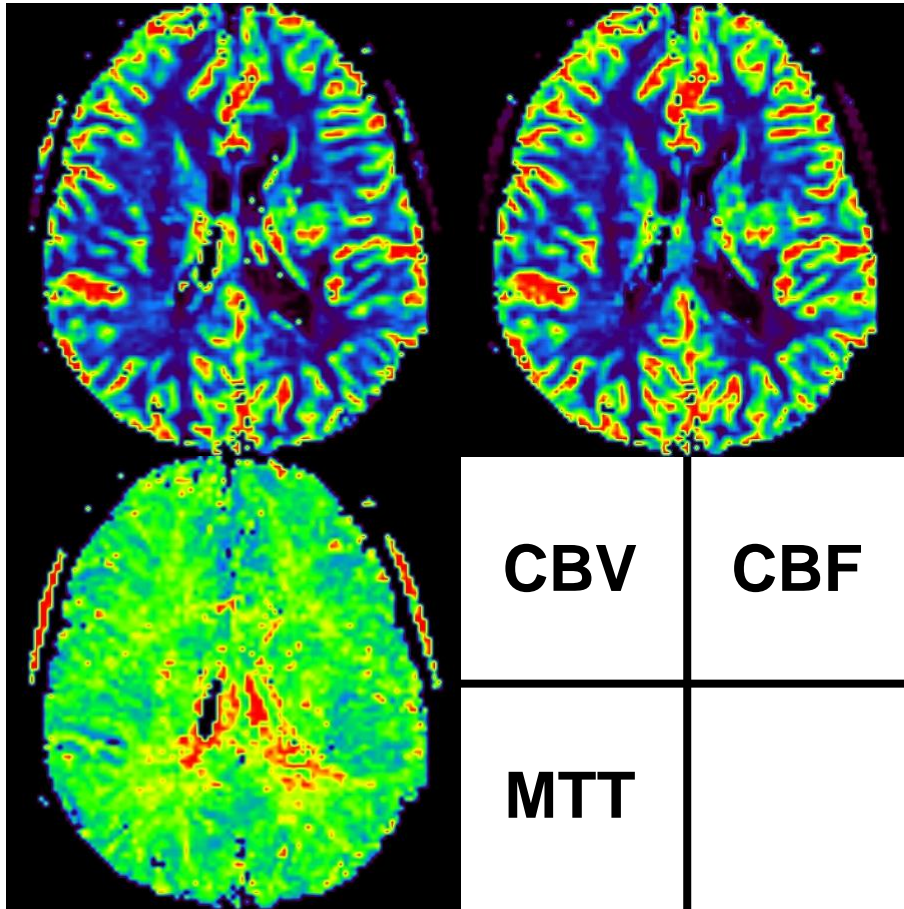
原則、3T装置で撮像

(高SNR、磁化率効果、T1値延長)

灌流画像

造影剤を用いるDSC法が最も一般的

DSC:dynamic susceptibility contrast



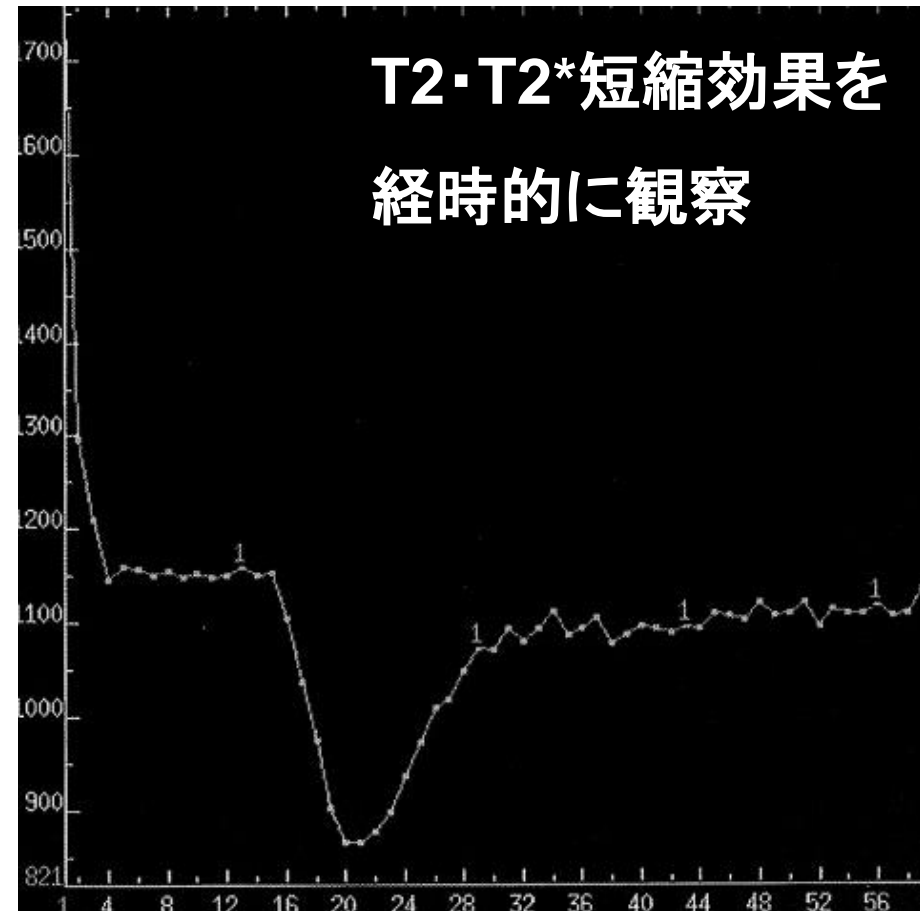
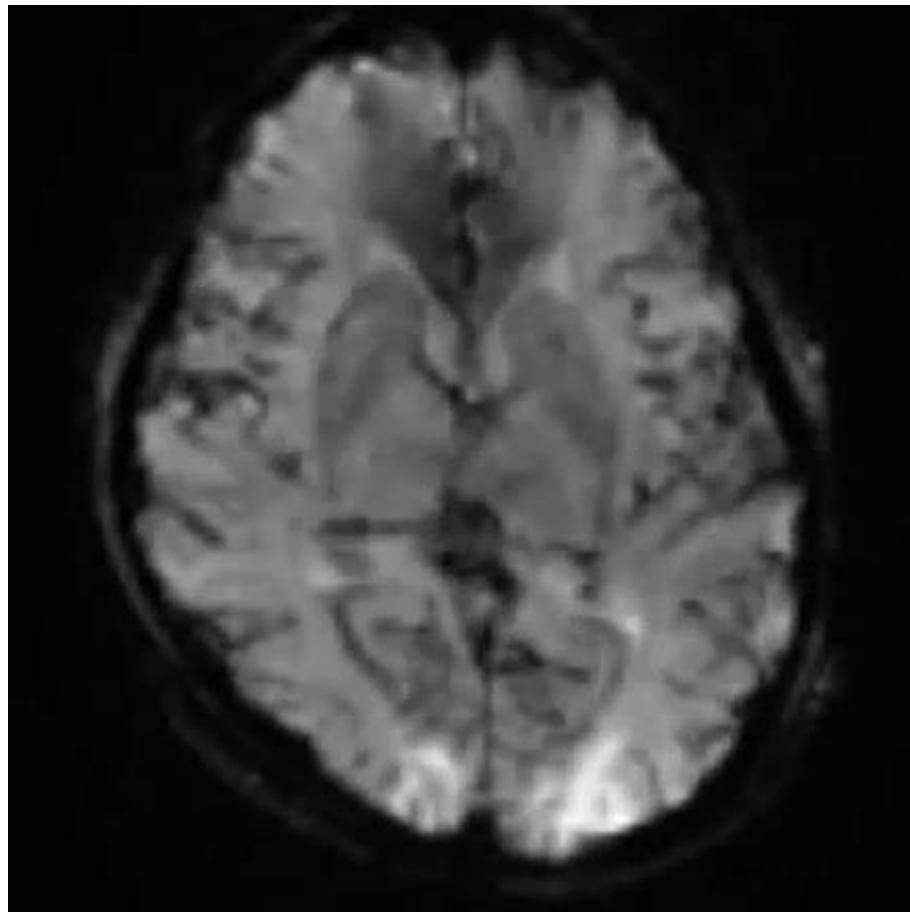
CBF:cerebral blood flow

MTT:mean transit time

- 神経膠腫のgrading
- 悪性神経膠腫と悪性リンパ腫の鑑別
- 悪性神経膠腫再発と放射線壊死の鑑別

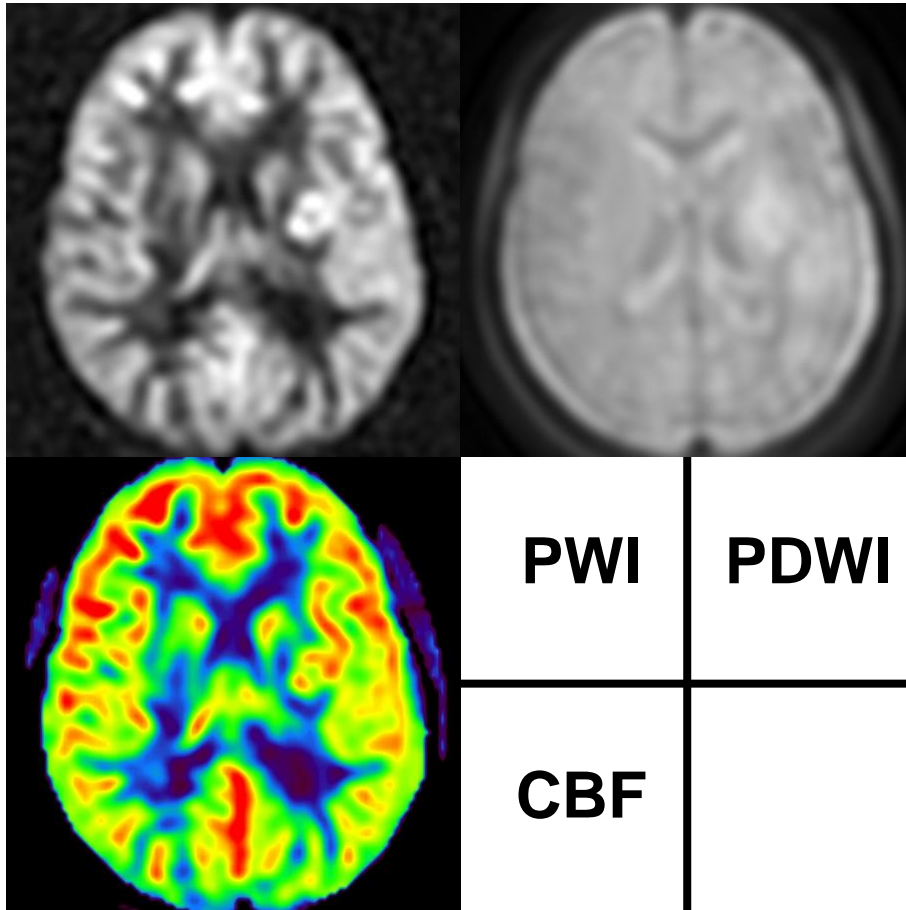
DSC (dynamic susceptibility contrast) 法

- 造影剤を急速静注後、同一断面を連続して撮像
- 造影剤の初回循環 (first pass) によるMR信号変化を解析



ASL (arterial spin labeling) 法

造影剤を使用せず灌流画像が得られる技術



3D ASL法 (pCASL)

- 簡便かつ必要に応じて複数回の撮像が可能
- 3T装置と多チャンネルコイルにより、臨床での使用が普及

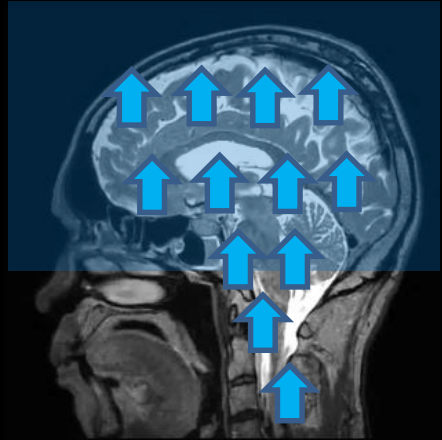
当院では、ルーチンで撮像
(転移性脳腫瘍を除く)

ASL法

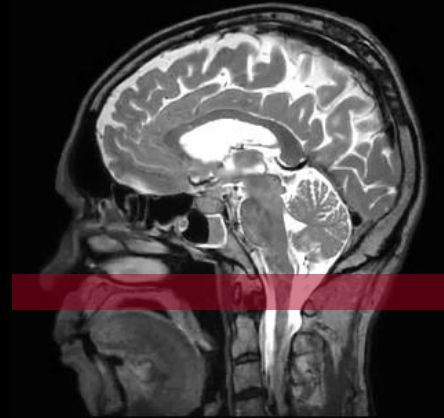
ルーチン
灌流精査の場合

PLD 1525 msのみ
PLD 1525, 2525 ms

PLD: post labeling delay



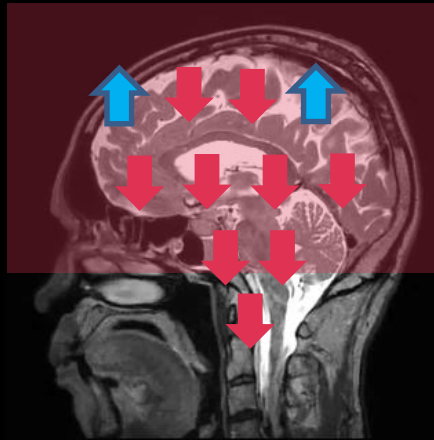
Control



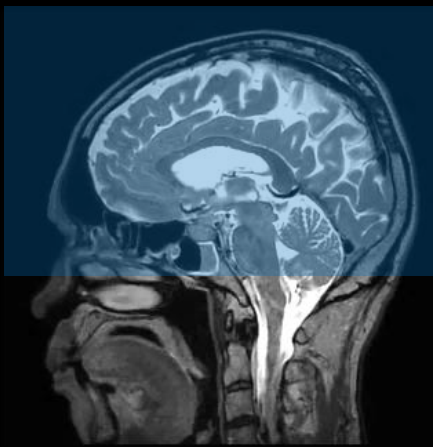
Inversion
(labeling)



Time delay
for flow

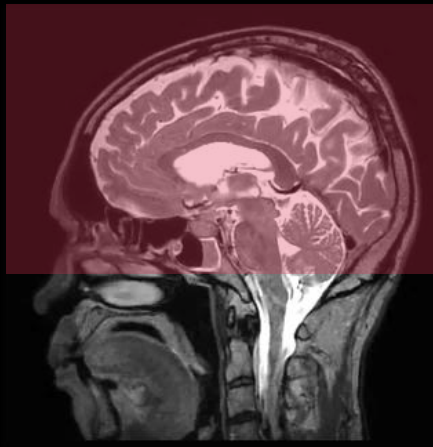


Tagged



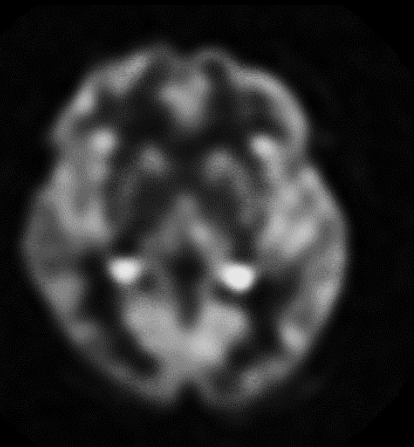
Control

—



Tagged

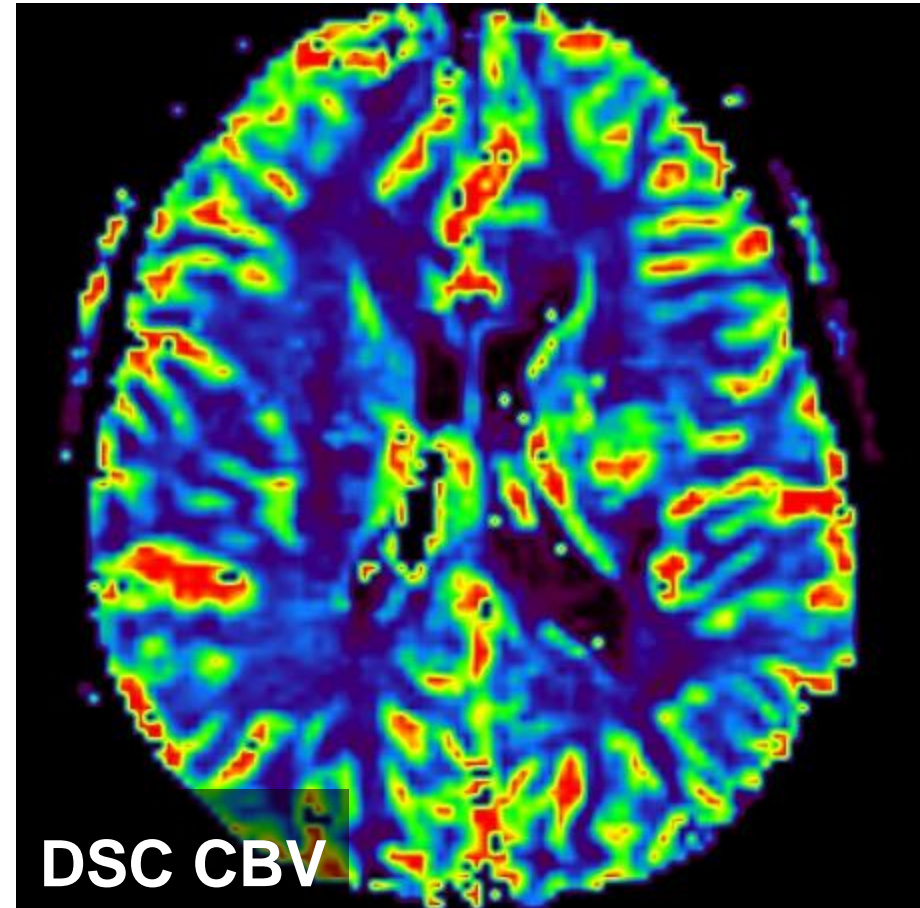
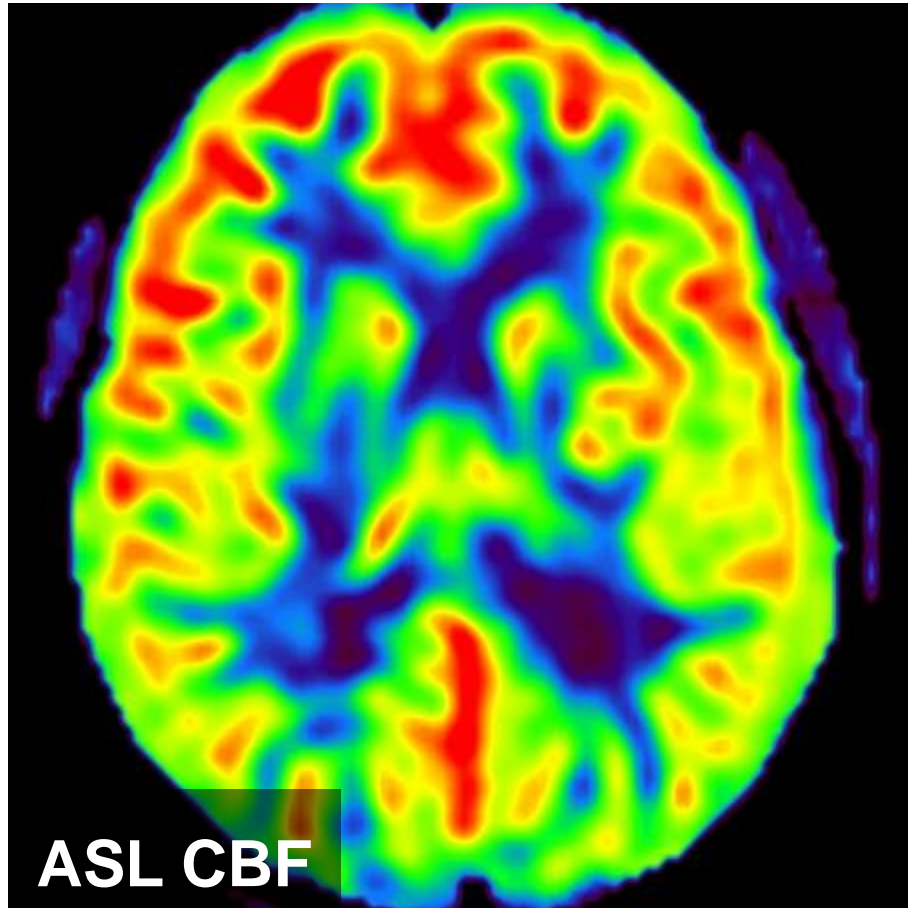
=



Perfusion-weighted
image

ASL法 vs. DSC法

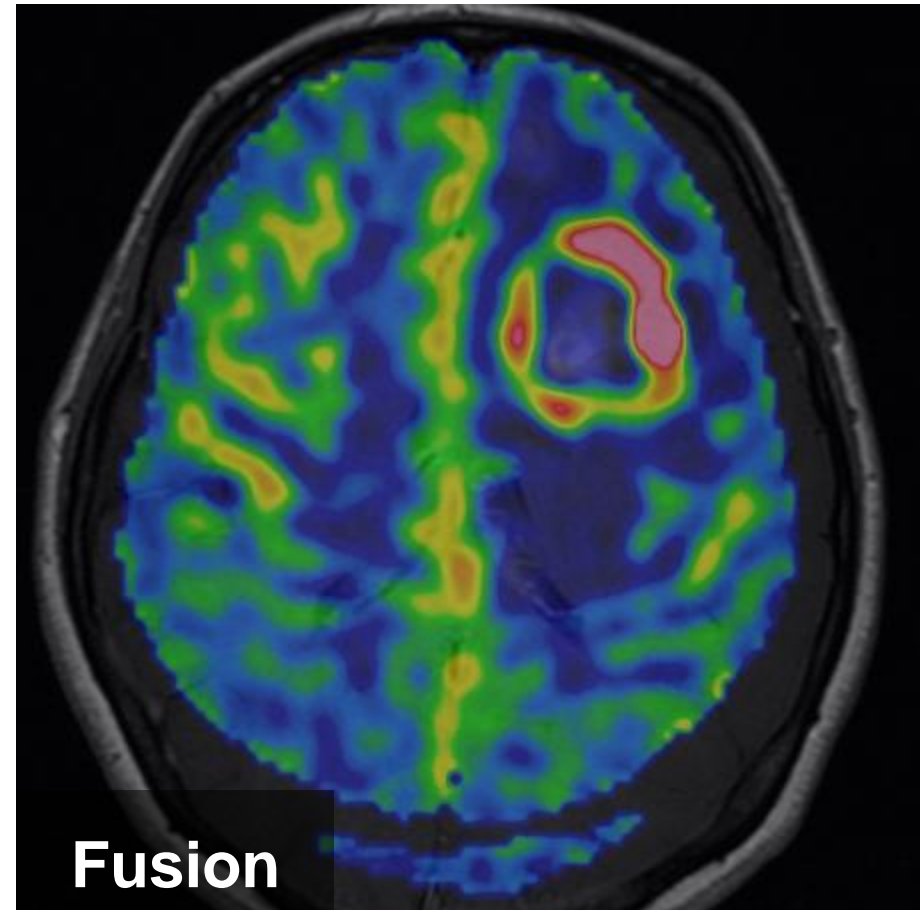
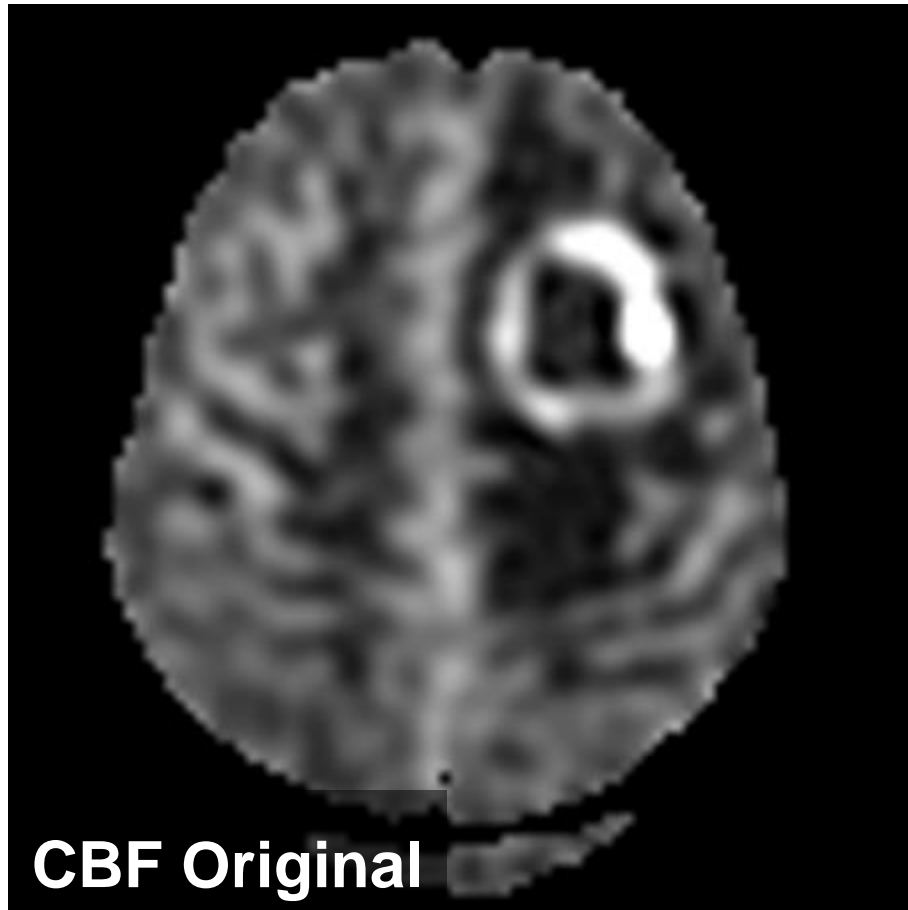
膠芽腫(10歳台女性)



- 左島皮質下に灌流増加域を認める。
- ASL法でのCBFとDSC法のCBVに近い相関関係があるという報告もある。

⚠ 注意

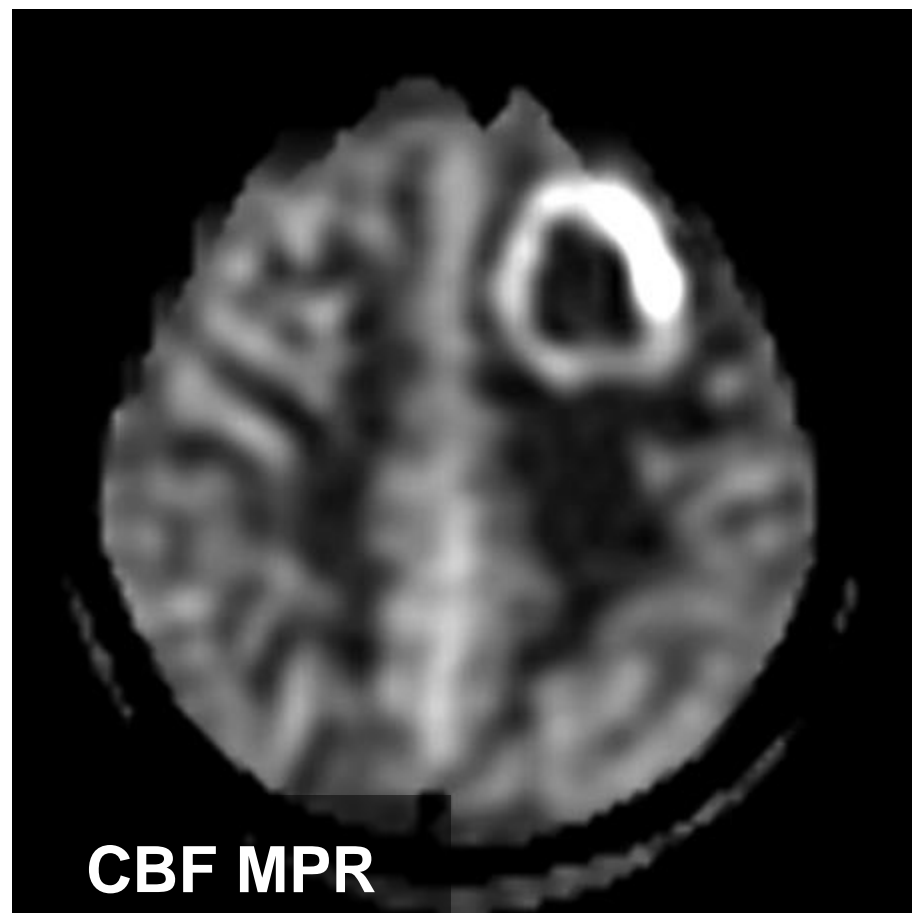
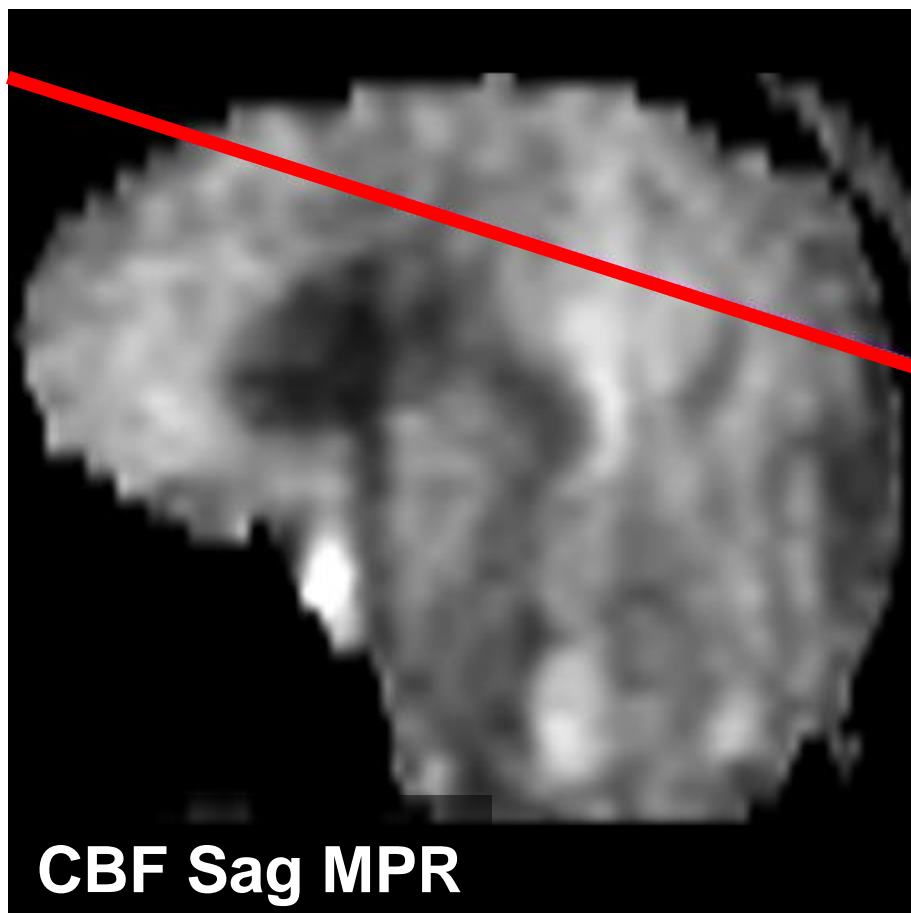
ASL法の撮像断面はオブリークにできない。



そのため、形態画像とうまくFusionできない。

対策

3D ASL法なので、MPRを作成できる！

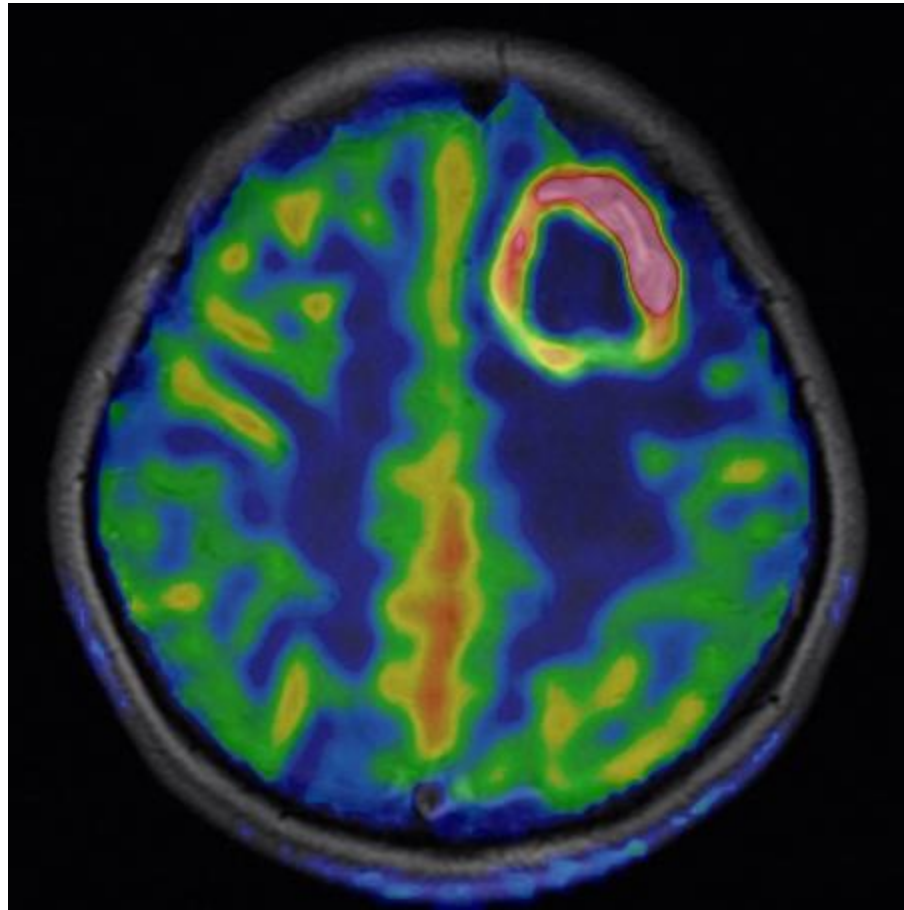


AC-PC lineに合わせてMPRを作成すると、



対策

形態画像とうまくFusionできる！



血流画像に形態情報を加えることが可能に！

ASL CBF値の装置間再現性

3T装置2台、1.5T装置2台での検討結果

自験例
健常ボランティア

	Scanner	Global CBF values (mL/min/100 g)		
		Set 1	Set 2	Set 3
3T	750	55.0 ± 8.6	56.9 ± 8.1	57.6 ± 5.0
	750w	53.1 ± 5.9	55.0 ± 5.9	56.1 ± 4.9
1.5T	HDxt-1	58.1 ± 8.4	59.9 ± 7.6	57.9 ± 4.8
	HDxt-2	57.9 ± 7.8	58.8 ± 6.6	58.0 ± 4.1

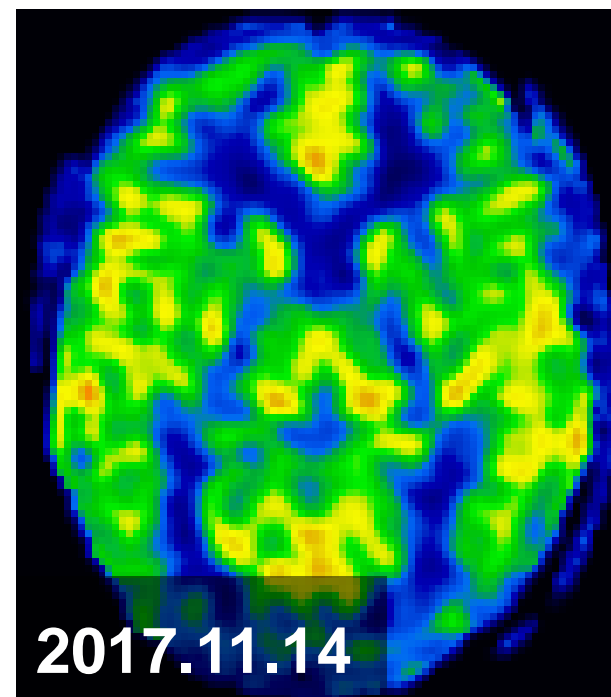
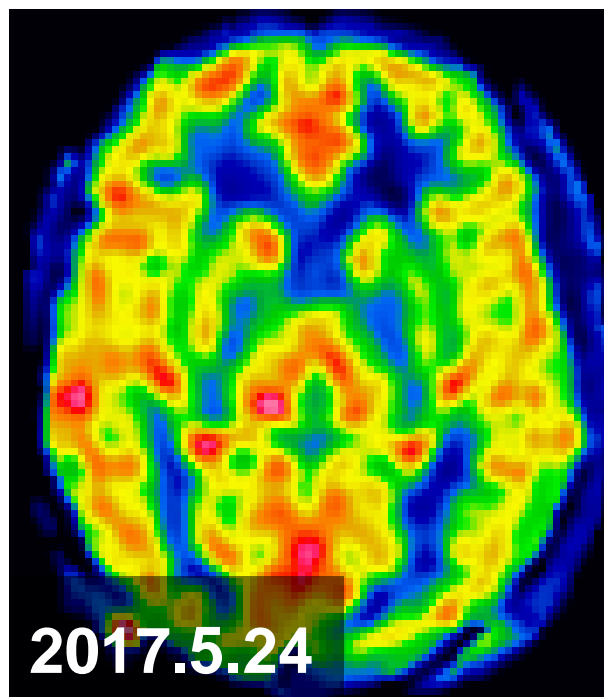
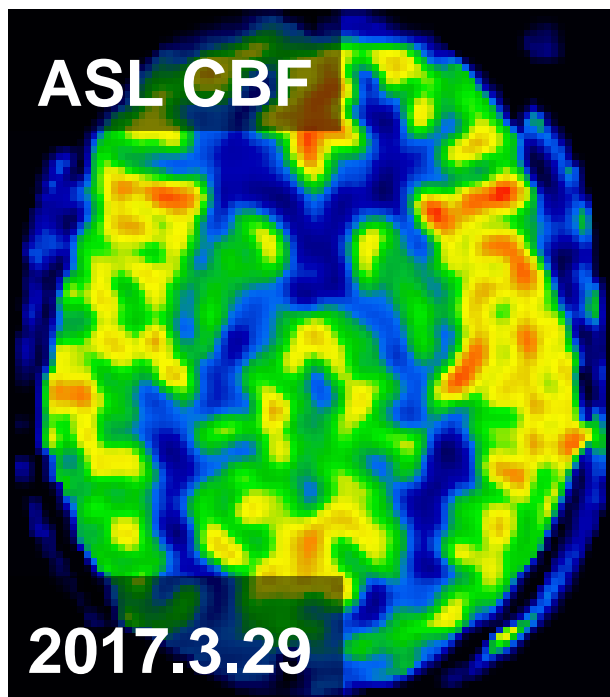
Data are presented as means ± SD.

装置間でCBF値に有意な差は認められなかった。

 **注意**

悪性リンパ腫術後経過観察(30歳台女性)

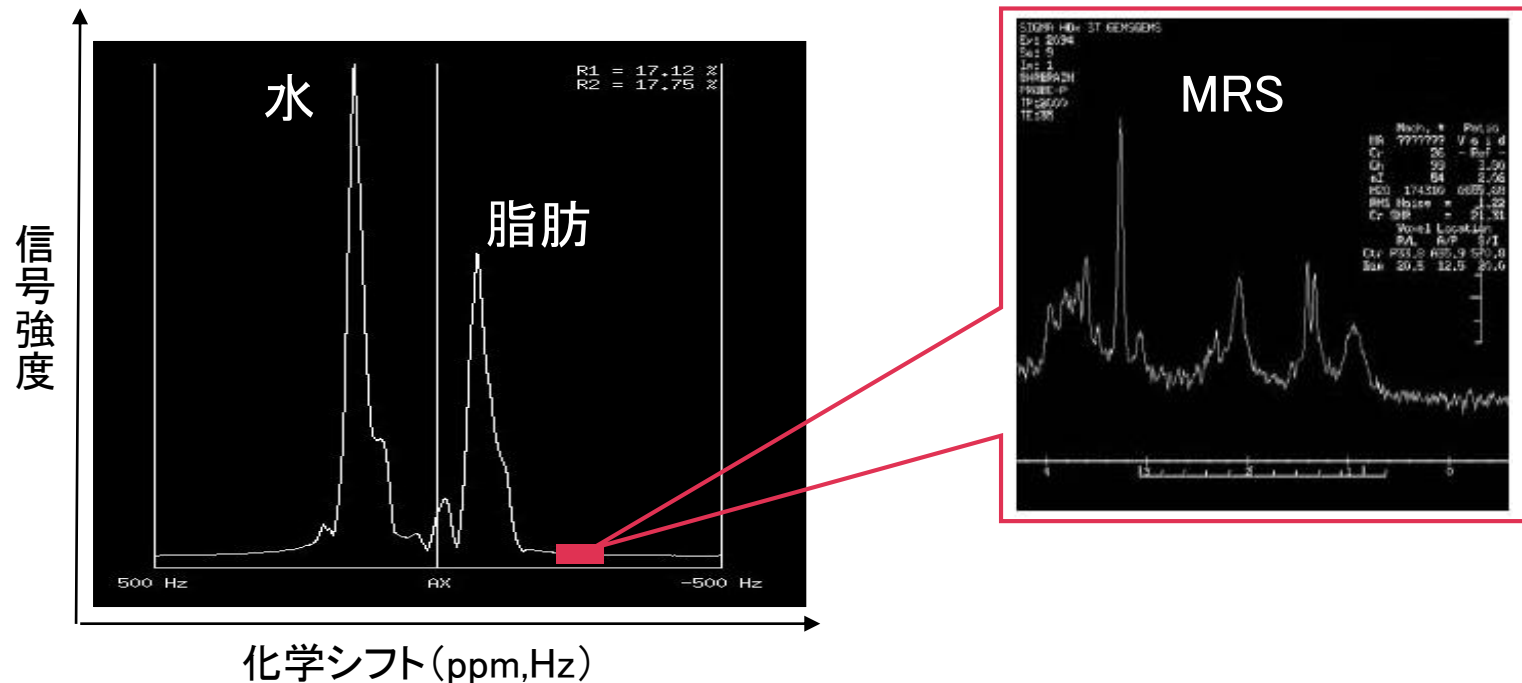
3T装置Discovery 750



CBF値の日差変動はかなりあることに留意が必要

MRS (MRスペクトロスコピー)

化学シフトを利用して代謝物の相対的な量を計測する方法

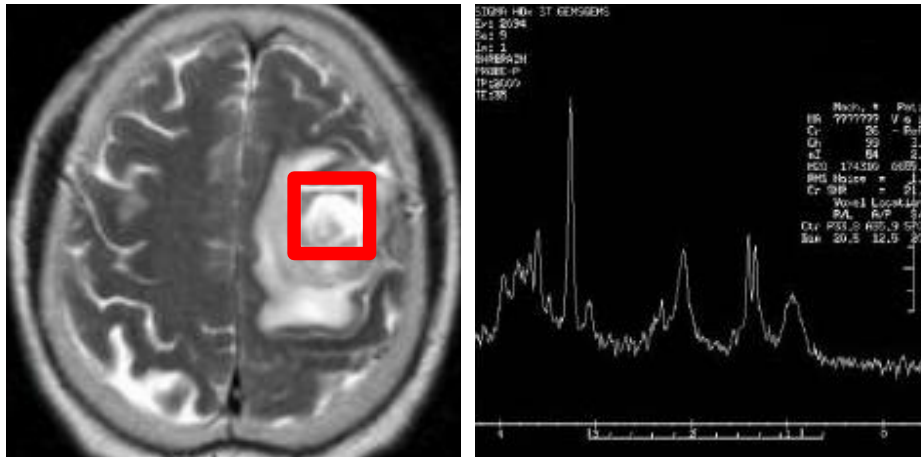


水と脂肪のピークに埋もれた代謝物ピークを検出するには水信号と脂肪信号の抑制が必須

MRSの撮像法

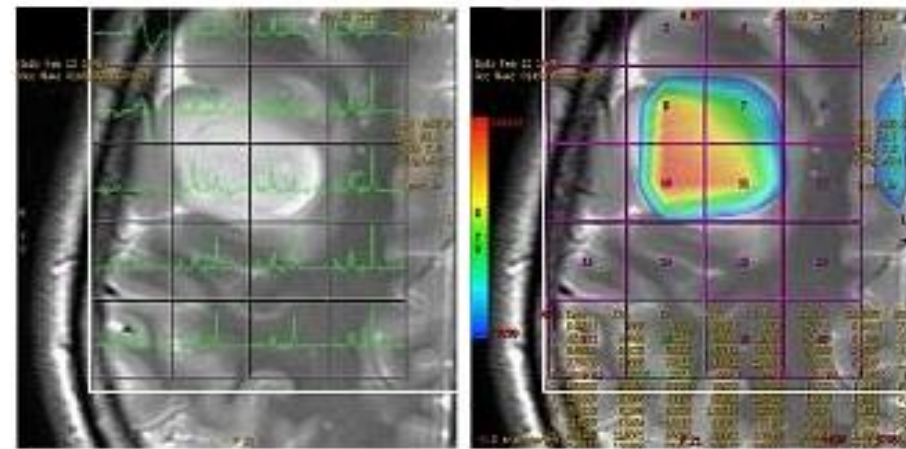
＜シングルボクセル法＞

1つの関心領域を設けて
スペクトルを得る



＜マルチボクセル法＞

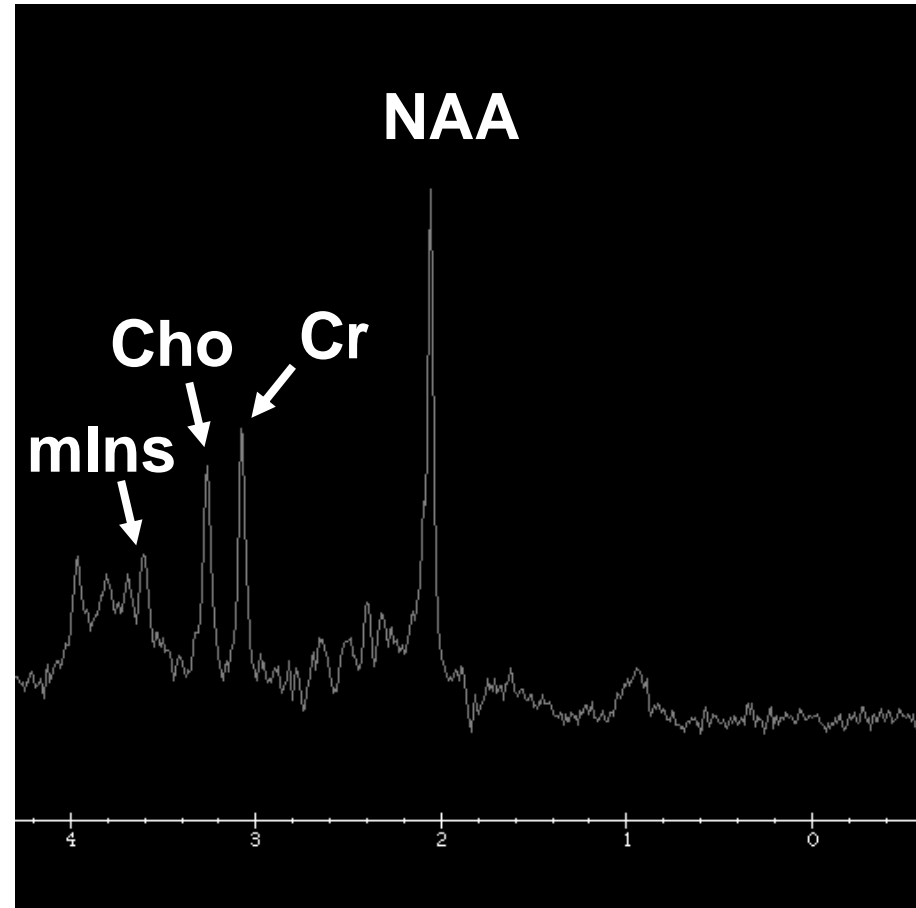
一度に多数の領域から
スペクトルを得る



当院では、シングルボクセル法（PRESS法）で撮像
市販のソフトを使用している定量解析は行っておりません。

MRS

正常例 (TE = 35 ms)



・NAA : 2.0 ppm

神経細胞の密度と相関

・Cr (クレアチン) : 3.0 ppm

病的状態でも濃度が比較的安定
internal referenceとして用いられることが多い

・Cho (コリン) : 3.2 ppm

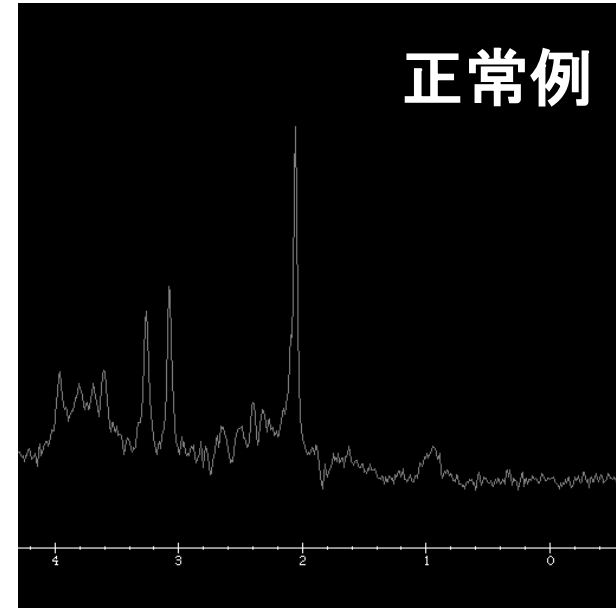
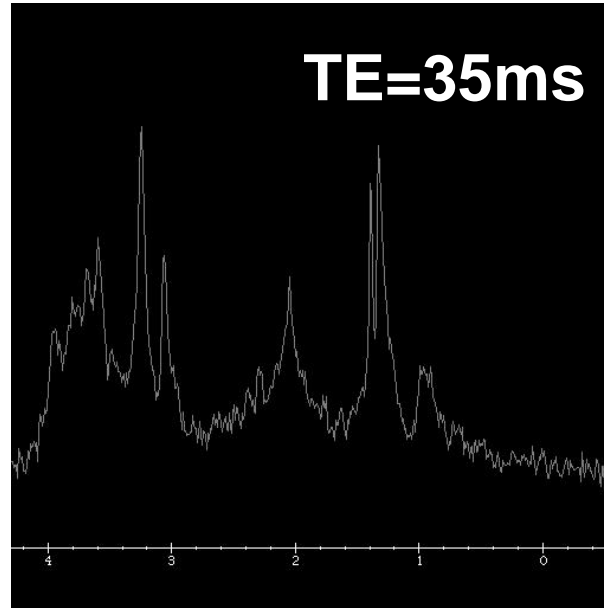
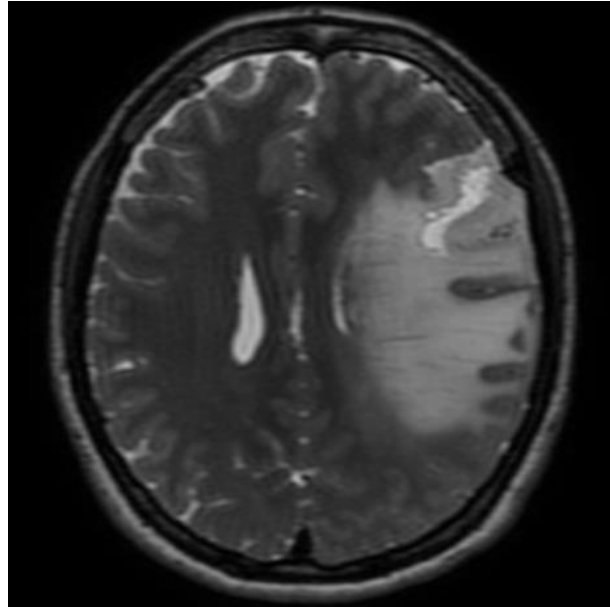
細胞膜代謝の破壊や亢進と相関
炎症・脱髄でも上昇

・mIns (ミオイノシトール) : 3.6 ppm

グリア細胞の増殖と相関が高い

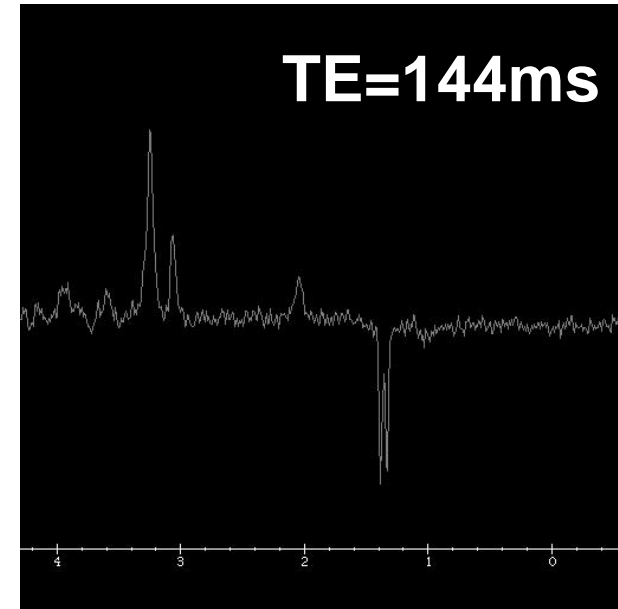
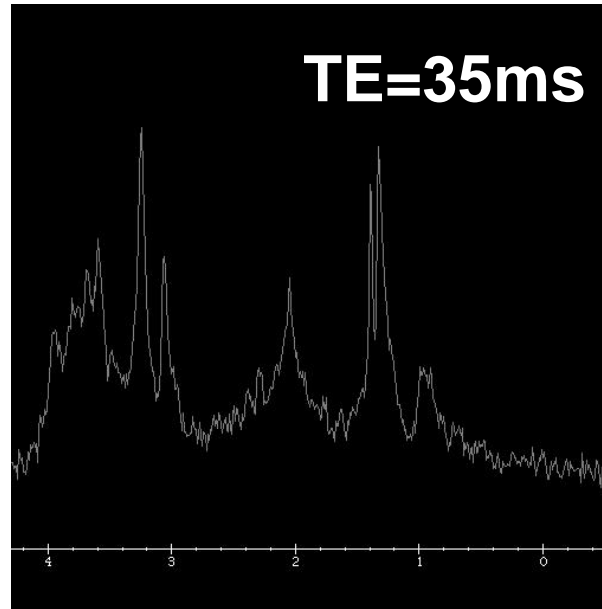
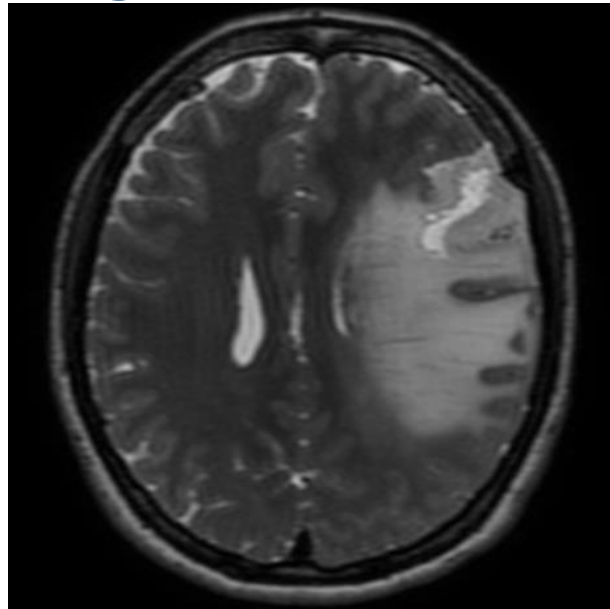
大まかな目安であるが、NAA、Cr、Cho、mInsの頂点を結ぶと、基線に対して約45°の角度となる。

High Grade Glioma(40歳台女性)



- Cho (3.2ppm) の上昇、NAA (2.0ppm) の低下が認められる。
- 一般にGradeの増加とともにChoの上昇とNAAの低下が見られる。

High Grade Glioma (40歳台女性)



- TE=35msで0.9ppmにピークを認め、144msでは観察されない。
Lipid (T2値が短い) のピーク、組織壊死を反映
- Lacのピーク (1.3ppm)
虚血による糖の嫌気性代謝により生成、2峰性のピーク

Functional MRI (fMRI)

脳の賦活野を非侵襲的にマッピングするための脳機能イメージング法

- BOLD法を利用
BOLD: blood oxygen level dependent
- 脳術前検査における運動感覚野
や言語野のマッピング



あくまでも間接的な脳活動の記録であるという点に留意

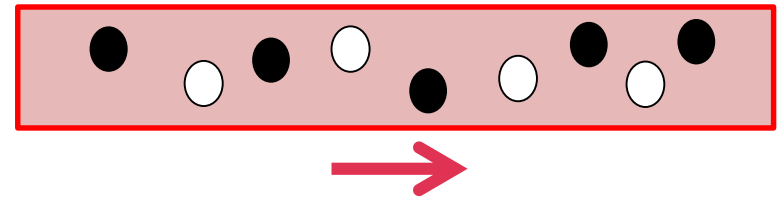
BOLD法

脳活動による血流動態の変化を記録する方法

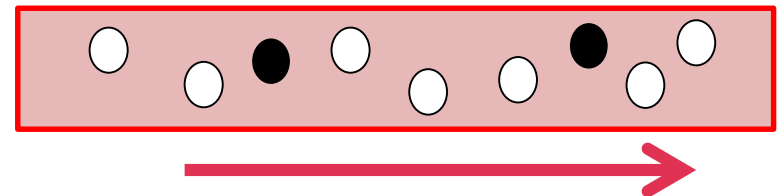
賦活部では酸素消費以上に局所血流量が増える

- ① 脳の賦活化
- ② 局所血流量の増加
- ③ 酸素摂取率増加はほとんどなし
- ④ オキシヘモグロビンの相対的増加
- ⑤ 磁場均一性向上
- ⑥ 局所の信号増加

rest時: normal flow



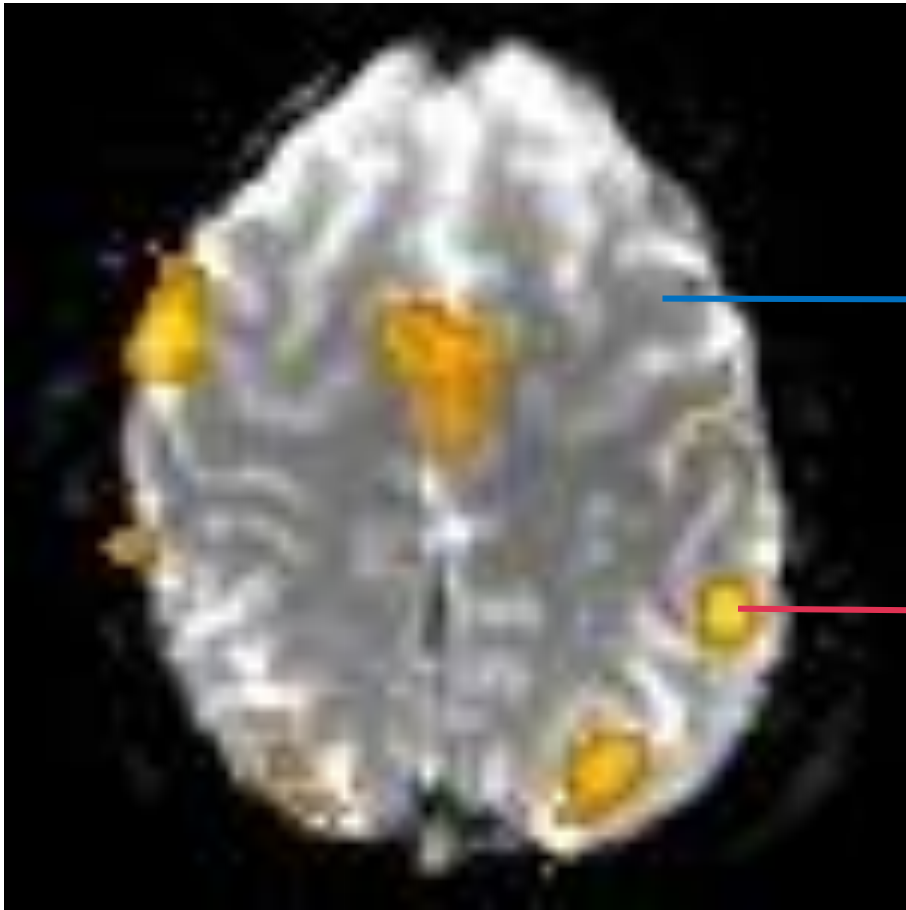
task時: high flow



- オキシヘモグロビン: 反磁性
- デオキシヘモグロビン: 常磁性

BOLD法のポイント

局所磁場の均一性の変化を捉える



血流そのまま

局所磁場の均一性に変化なし

血流増加により・・・

局所磁場が均一になり信号増加

BOLD法の撮像シーケンス

経時的な磁場均一性の変化を捉えるためには・・・

Gradient echo-EPI (T2 star強調画像)

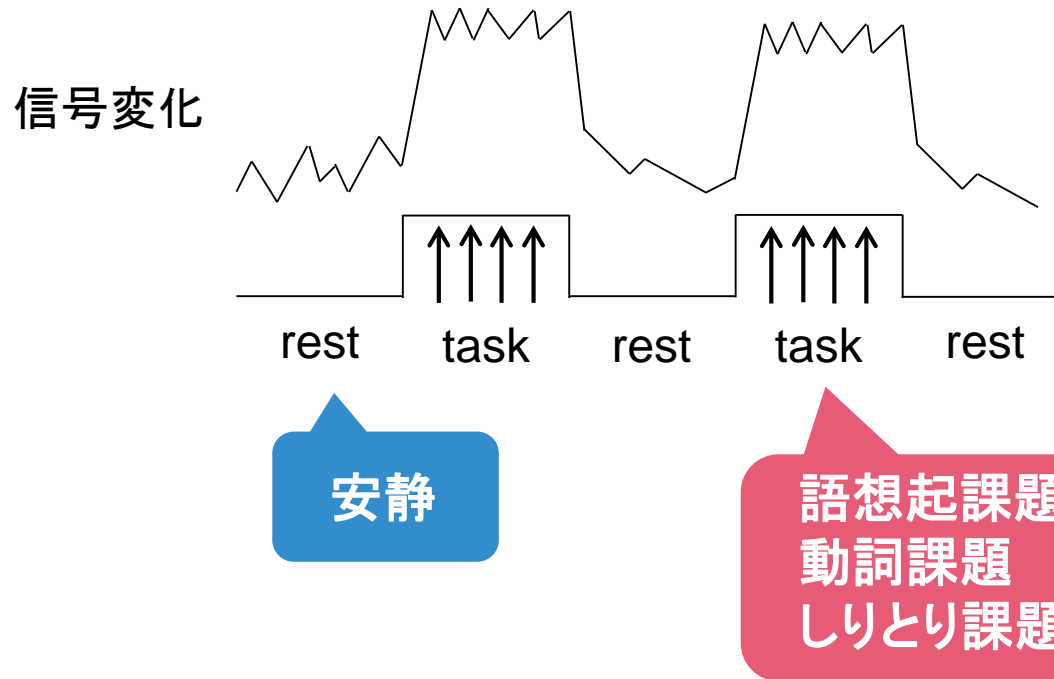
磁場不均一に対する
感度が高い

時間分解能が高い

fMRIの検査方法

ブロックデザイン

taskを時間的なブロック単位に分けて与える



taskとrestを交互に繰り返しながら同一断面を経時的に撮像

言語機能task

課題①「語想起課題」

言葉を頭の中で浮かべる

例)「あ」で始まる言葉を頭の中でたくさん思い浮かべてください。

課題②「動詞課題」

動詞を思い浮かべる

例)「布団で」「写真を」「眼鏡を」「割り箸を」「鏡を」

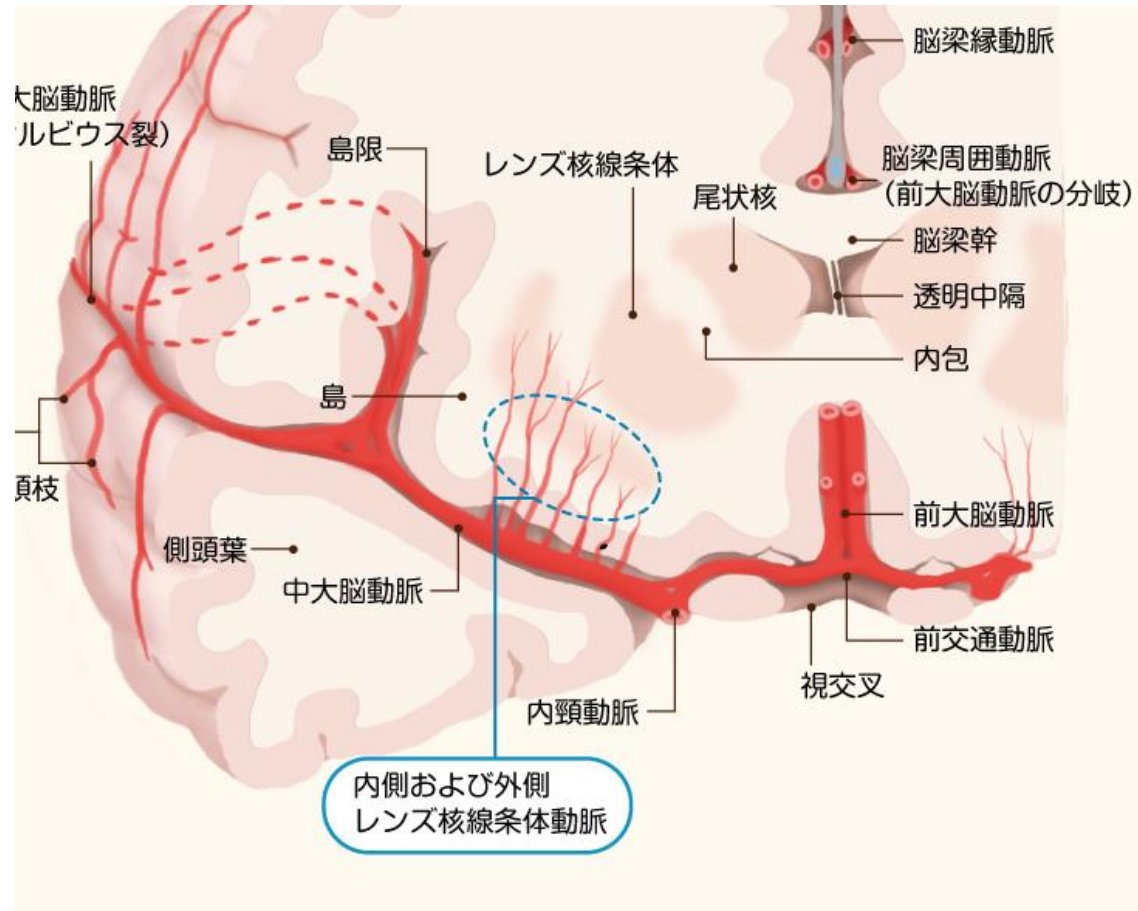
課題③しりとり

しりとりを口でつぶやきながら続ける

前室で十分に説明することが重要！

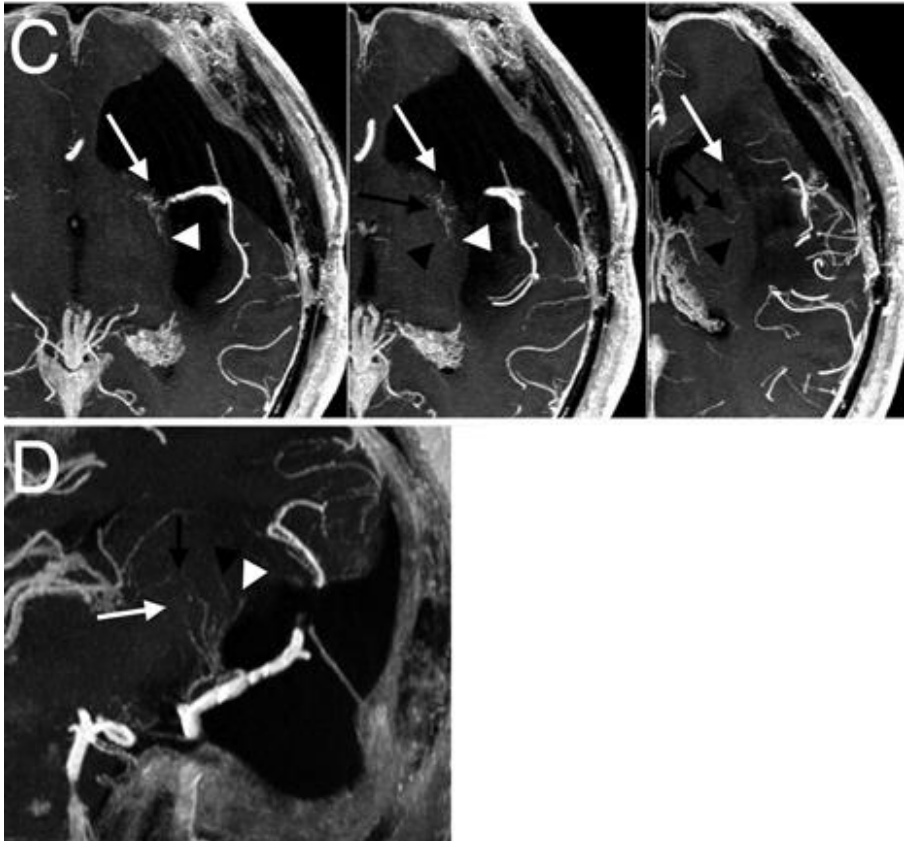
Gd MRA TOF (造影MRA)

レンズ核線条体動脈の描出を目的とした撮像法

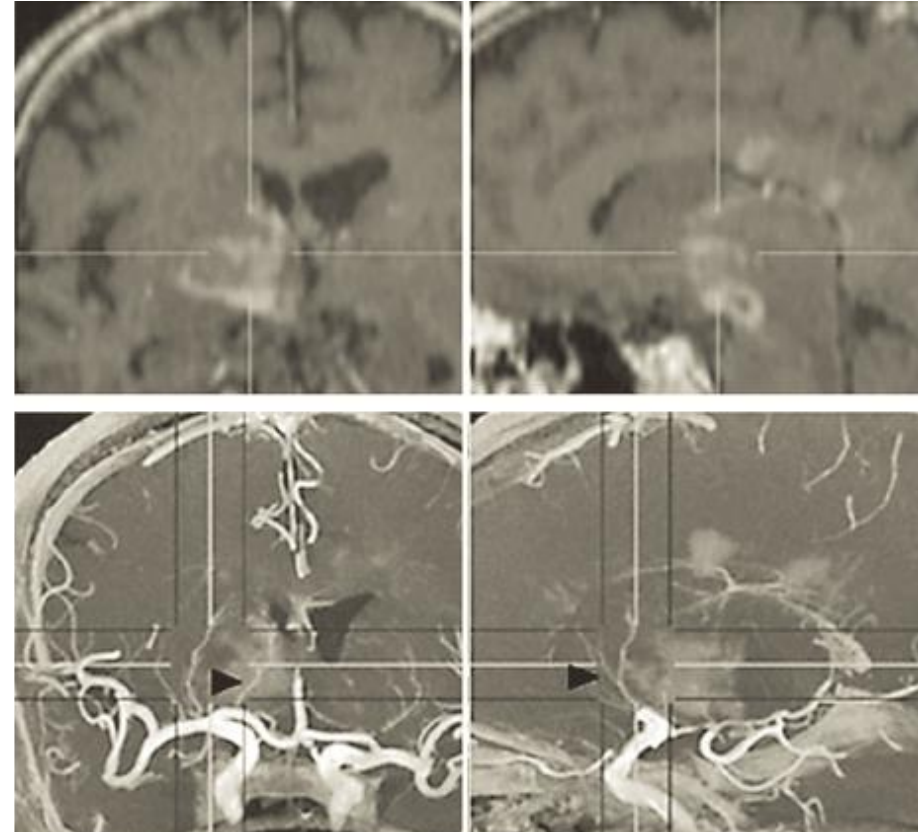


Gd MRA TOF

通常のMRAを高分解能化



J Neurosurg 111:278–281, 2009



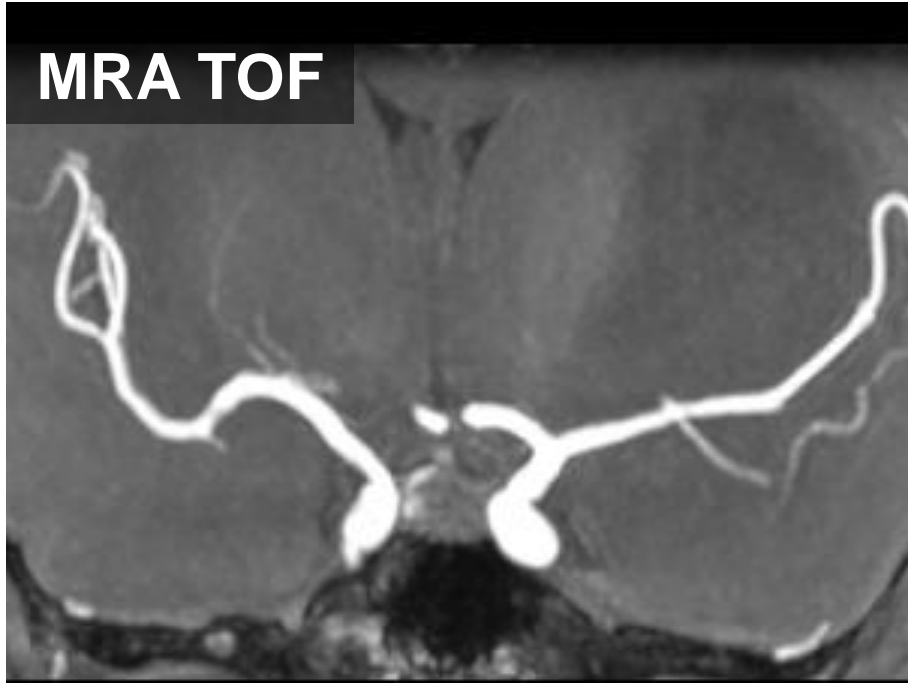
Stereotact Funct Neurosurg 2018;96:244–248

- 島腫瘍術前や定位脳生検前に撮像
- 血管損傷による術後の合併症を回避

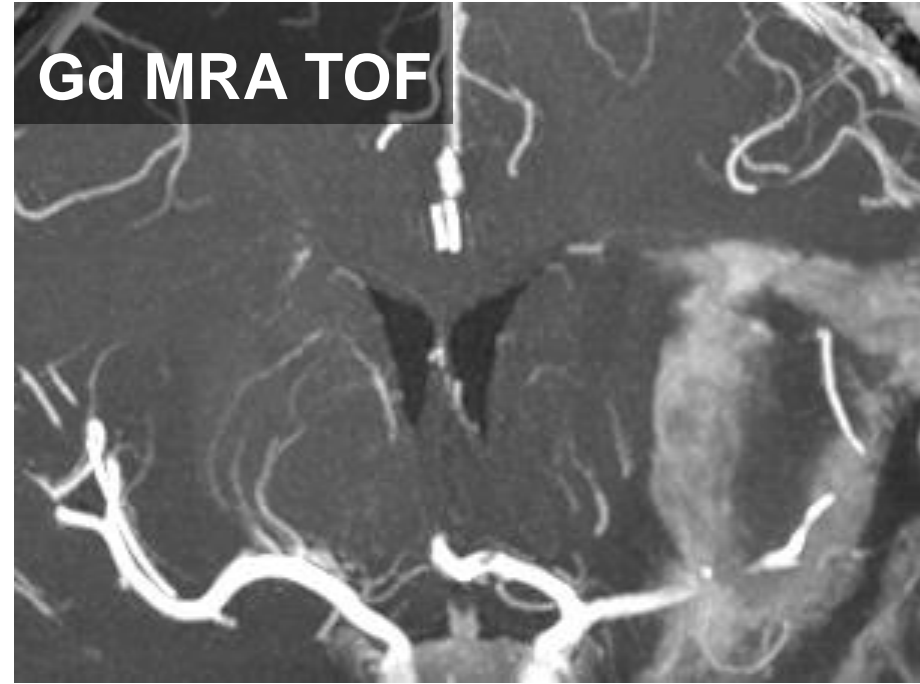
MRA TOF vs. Gd MRA TOF on 3T

退形成性星細胞腫(20歳台女性)

MRA TOF



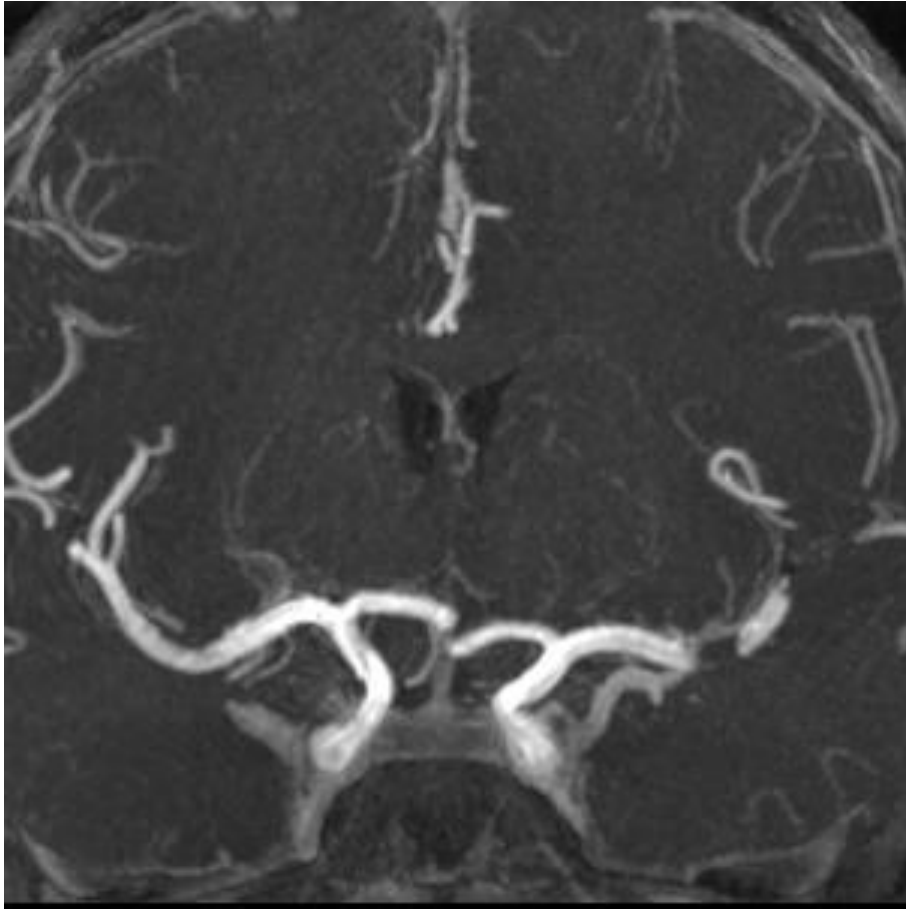
Gd MRA TOF



MRA TOFでは、ほとんどレンズ核線条体動脈は描出できていないが、Gd MRA TOFでは、十分に描出できている。

Gd MRA TOFの欠点

撮像時間が10分以上と長いいため、体動の影響を受けやすい。



Scan time 11:33

TR 35 ms, TE 2.7 ms (minimum)

Flip angle 25° , FOV 18 × 18 cm

Matrix 512 × 256,

Slice thickness 0.8 mm,

Total 272 slices, Fat sat (+)

Compressed Sensingを使い、撮像時間を短縮したい。

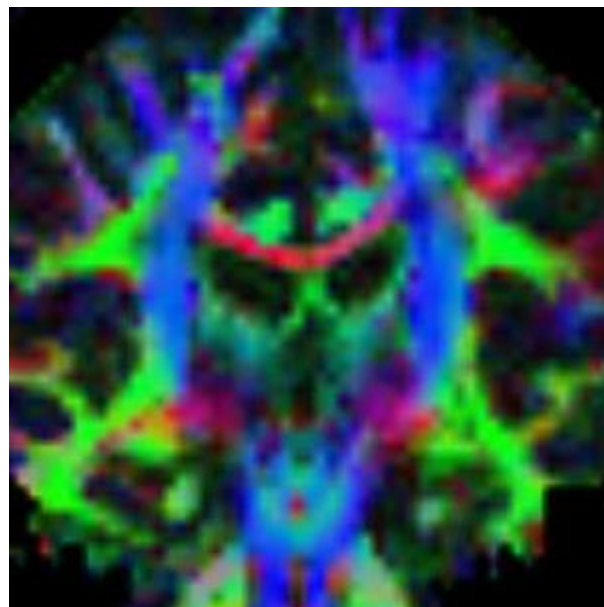
拡散テンソル画像(DTI)

DTI: diffusion tensor imaging

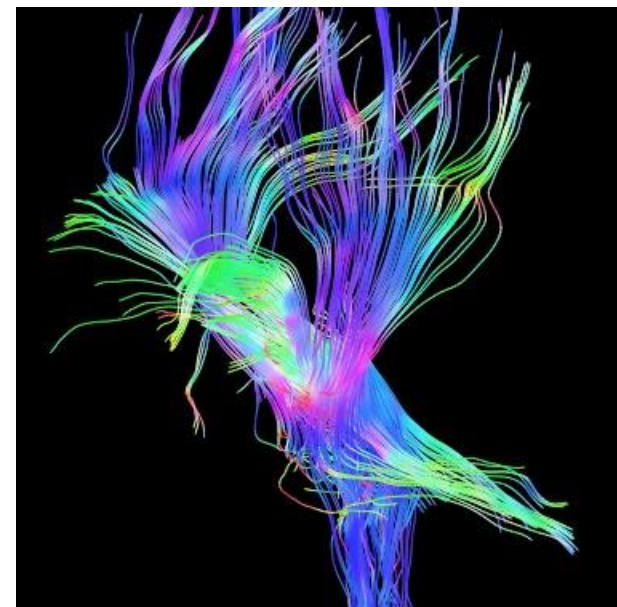
脳の白質線維のように拡散に一定の方向性がある状態を『**異方性拡散**』といい、拡散テンソルはこれを画像化する方法。



FAマップ



カラーマップ



Tractography

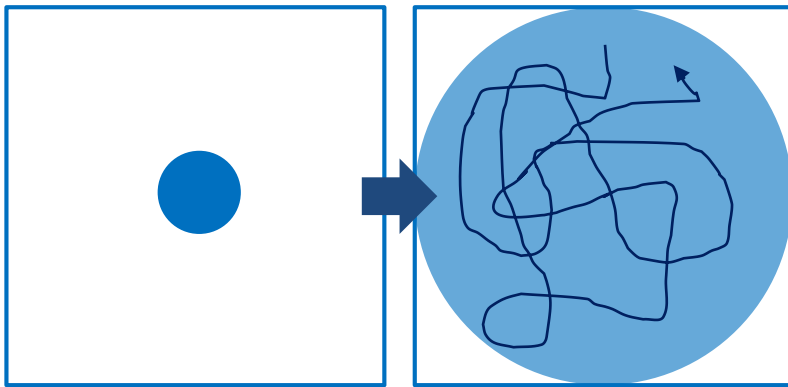
拡散テンソルで得られた情報から拡散異方性の指標(**FAマップ**)や神経線維束画像(**Tractography**)を表示可能

異方性拡散とは？

もしインクを落としたら？

脳脊髄液の ^1H

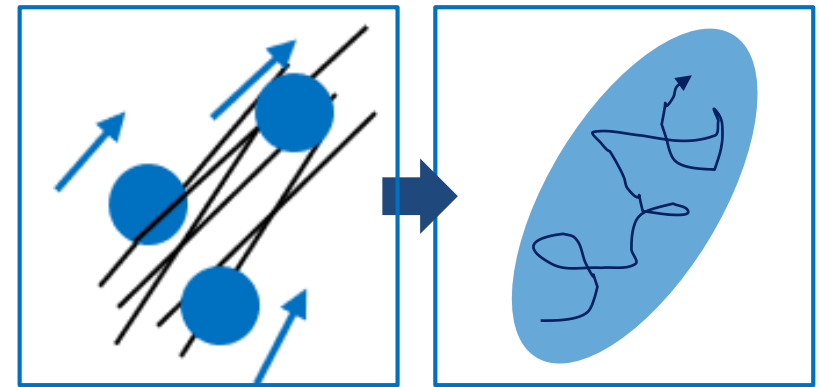
自由拡散



等方性拡散

白質の ^1H

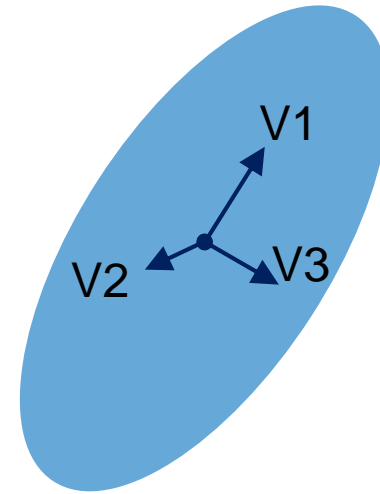
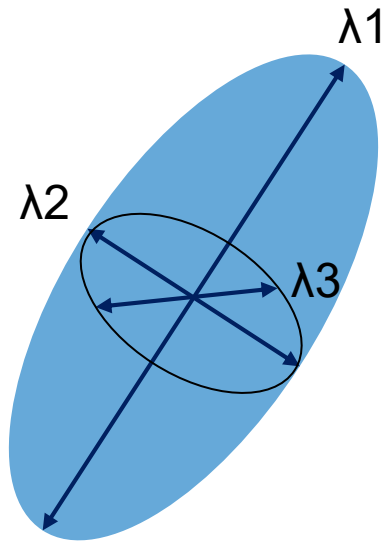
整った線維構造内での制限拡散



異方性拡散

異方性拡散の計測に必要な値

異方性拡散を表すには6つの値が必要



形を表すのに3つの値が必要

λ_1 : 最長軸の長さ

λ_2 : 最短軸の長さ

λ_3 : 中間軸の長さ

方向性を表すのに3つの値が必要

V_1 、 V_2 、 V_3 はベクトルを表す

異方性拡散の計測方法

拡散強調画像を応用する

拡散強調画像は通常、3軸(X,Y,Z)それぞれにMPGを印加した3つの画像を取得し、それらの画像を足し合わせて『拡散強調画像』を完成させる。



拡散テンソル画像では最低6軸にMPGを印加することで、異方性拡散の解析に必要な情報を取得する。

脳腫瘍MRI検査追加プロトコール

撮像法	シーケンス	スライス厚	その他
灌流画像	pCASL	4 mm	PLD 1525 ms 精査の場合PLD 2525 msも
MRS	PRESS	20 mm ³	シングルボクセル法 TE 35 ms, 144 ms
fMRI	GRE-EPI	5 mm	BOLD法
Gd MRA TOF	TOF	0.8 mm	通常のMRAを高分解能化
拡散テンソル画像	SE-EPI	3 mm	MPG 15軸

本日のまとめ

脳腫瘍診療における基本画像は、

- 拡散強調画像
- T2強調画像
- T1強調画像
- FLAIR像
- 造影T1強調画像

である。これらに、灌流画像、MRS、造影MRA、fMRI、拡散テンソル画像を追加することによって腫瘍の質的診断、鑑別診断や術前評価にさらなる情報を提供できる。