

拡散強調画像の基礎

シーメンス旭メディテック株式会社
マーケティング本部 アプリケーショングループ
鍛冶 翼

1

2

3

4

5

6

7

第28回MRI部会研修会

【拡散強調画像の基礎】

- 拡散(diffusion)とは？
- 拡散強調画像
- DWIのアーチファクト

Page 7 Application Group / Marketing / SAM

8

拡散強調画像

シーケンスについて

Page 8 Application Group / Marketing / SAM

9

拡散強調画像のシーケンス

組織内の水分子の拡散の速さと方向を画像化する方法。

MPG (Motion Probing Gradient)が必要

Page 9 Application Group / Marketing / SAM

10

拡散強調画像のシーケンス

SE-EPI

Page 10 Application Group / Marketing / SAM

11

拡散強調画像のシーケンス

SE-EPI Diffusion

Page 11 Application Group / Marketing / SAM

12

MPGによる組織の影響

Page 12 Application Group / Marketing / SAM

13

拡散強調画像

b値の設定

Page 13 Application Group / Marketing / SAM

14

b値とは？

b値(b-value, b factor)

拡散が強調されている程度を表す値

$$b(\text{s/mm}^2) = \gamma^2 G^2 \delta^2 (\Delta - \delta/3)$$

γ ...磁気回転比 G ...傾斜磁場強度
 δ ...MPG印加時間 Δ ...MPG間隔

Page 14 Application Group / Marketing / SAM

15

b値を変更する SIEMENS

b値 (b-value、b factor)

Gr G b値 小

Gr G b値 高

最大傾斜磁場強度、slew rateが強く関係する

Page 15 Application Group / Marketing / SAM

16

b値を変更する SIEMENS

b値 (b-value、b factor)

Gr δ b値 小

Gr δ b値 高

TEが長くなる

Page 16 Application Group / Marketing / SAM

17

b値を変更する SIEMENS

b値 (b-value、b factor)

Gr Δ b値 小

Gr Δ b値 高

TEが長くなる

Page 17 Application Group / Marketing / SAM

18

MPGの印加方法 SIEMENS

MPGの印加方法の違い

神経線維

slice (Dz) read (Dx) phase (Dy)

Page 18 Application Group / Marketing / SAM

19

等方性拡散と異方性拡散 SIEMENS

等方性拡散 (isotropic) と異方性拡散 (anisotropic)

isotropic
すべての方向への均等な拡散

anisotropic
ある方向への拡散が抑制される

中枢神経領域では髄鞘によって抑制される。

Page 19 Application Group / Marketing / SAM

20

MPGの印加方法 SIEMENS

MPGパルスの印加方法の違い

神経線維

slice (Dz) read (Dx) phase (Dy)

Page 20 Application Group / Marketing / SAM

21

Trace画像 SIEMENS

Trace画像 (isotropic image)

$(D_x + D_y + D_z) / 3 = D$ (Trace)

Isotropic image

Trace

Page 21 Application Group / Marketing / SAM

22

拡散強調画像 SIEMENS

ACDとT2 shine through

Page 22 Application Group / Marketing / SAM

拡散係数画像(ADC map)

SIEMENS

DWI...T2の影響(T2 shine through)
T1の影響

↓
影響を排除

↓
生体の影響(IVIM・体動・拍動)、装置etcの影響は排除できない

ADC...Apparent(見かけの)

Page 23 Application Group / Marketing / SAM

IVIM (intravoxel incoherent motion)

SIEMENS

灌流(perfusion)の影響...毛細血管の血流

coherent motion

incoherent motion

拡散

灌流

IVIM (intravoxel incoherent motion)

SIEMENS

灌流(perfusion)の影響...毛細血管の血流

incoherent motion

incoherent motion

拡散

灌流

ボクセル

ボクセル単位で見た場合...灌流も様々な方向を持つincoherentな動きになる。

IVIM (intravoxel incoherent motion)

SIEMENS

灌流(perfusion)の影響...毛細血管の血流

真の拡散と灌流を区別できない

↓
IVIM (intravoxel incoherent motion)

↓
ADC (apparent diffusion coefficient)
(見かけの拡散係数)

生体内での灌流成分は数%と少なく、拡散に比して非常に速い。

b値を大きく(>400s/mm²)することにより、灌流の影響を実質的に除くことができる

拡散係数画像(ADC map)

SIEMENS

SI

対数変換

b-value

b-value

異なる2つ以上のb値から算出される

$$ADC = \frac{\log S_{b_2} - \log S_{b_1}}{b_2 - b_1}$$

Page 27 Application Group / Marketing / SAM

T2 shine through

SIEMENS

拡散強調画像の信号強度
拡散係数が小さい

この他にも...
T2緩和の延長 プロトン密度が高い ⇒ DWIでも高信号

T2 shine through

SI

b-value

1000

Page 28 Application Group / Marketing / SAM

T2 shine through

SIEMENS

F/29 分枝子瘤 痙攣発作18時間後

T2 shine-through

DWI

ADC

Page 29 都立荏原病院 放 井田先生 ご提供

第28回MRI部会研修会

SIEMENS

「拡散強調画像の基礎」

- 拡散(diffusion)とは?
- 拡散強調画像
- DWIのアーチファクト

Page 30 Application Group / Marketing / SAM

31

SIEMENS

DWIのアーチファクト

- N/2アーチファクト
- ケミカルシフトアーチファクト
- 歪み

Page 31 Application Group / Marketing / SAM

32

SIEMENS

K-space

SE-EPI Diffusion

RF
Signal
Gs
Gp
Gr

シグザグにk-spaceを充填

Page 32 Application Group / Marketing / SAM

33

SIEMENS

N/2アーチファクト

奇数版、偶数版のエコータイミングがずれることにより発生。

Manual Shimming後

渦電流、磁場不均一性などの影響

Page 33 Application Group / Marketing / SAM

34

SIEMENS

N/2アーチファクト

渦電流、磁場不均一性などにより発生

FOV200mm
FOV250mm
FOV300mm
FOV350mm

Page 34 Application Group / Marketing / SAM

35

SIEMENS

DWIのアーチファクト

- N/2アーチファクト
- ケミカルシフトアーチファクト
- 歪み

Page 35 Application Group / Marketing / SAM

36

SIEMENS

ケミカルシフトアーチファクト

脂肪抑制不良(磁場不均一性)などにより発生

EPIでは、読み取り方向のBWが高く、通常読み取り方向に発生するケミカルシフトは発生しないが、位相方向を埋めるまでの時間が、位相方向にケミカルシフトアーチファクトが発生する。

Page 36 Application Group / Marketing / SAM

37

SIEMENS

ケミカルシフトアーチファクト

脂肪抑制不良(磁場不均一性)などにより発生
CHESS

適切なシミング

Page 37 Application Group / Marketing / SAM

38

SIEMENS

ケミカルシフトアーチファクト

傾斜磁場の極性を変更して、ケミカルシフトの方向を変更

RO

Page 38 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

DWIのアーチファクト

- N/2アーチファクト
- ケミカルシフトアーチファクト
- **歪み**

Page 39 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

歪み

- 位相方向への影響が非常に強い
 - 位相エンコード傾斜磁場の強さ、データ収集時間に比例して大きくなる
- 対策
 - データ収集数の削減:EPI-factorの低減 (parallel imaging, Phase FoV)
 - サンプリング時間の短縮 (BW→ESの短縮)
 - TE?

Page 40 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

歪み

■ Parallel imaging

EPI-factorの減少により、歪みが低減
 <Parallel imaging 併用によるSNの低下に注意>

Page 41 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

歪み

■ Parallel imaging

PAT (-) PAT factor 2 PAT factor 3

Page 42 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

歪み

■ Parallel imagingが使用できない場合。

EPI-factorの減少により、歪みが低減
 <SNの低下に注意>
 <parallel imaging と併用で効果大>

Page 43 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

歪み

■ Echo Space (ES)の短縮とhigh band width

Echo Space 減少により、歪みが低減
 <Band Widthの変化も寄与している>
 <parallel imaging と併用で効果大>

Page 44 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

歪み

■ Echo Space (ES)の短縮とhigh band width

ES=0.7ms BW=1445Hz/pixel	ES=1.0ms BW=1055Hz/pixel	ES=1.3ms BW=830Hz/pixel
b=1000 TE=90 PAT factor=2		

Page 45 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

歪み

■ TEの違い

TE=80 TE=100 TE=120

Page 46 b=1000 slice thick 5mm BW1565Hz/Pixel PAT factor=2 Application Group / Marketing / SAM

歪み

SIEMENS

Page 47 Application Group / Marketing / SAM

DWIのアーチファクト

■ 良好な拡散強調を得るには！

- シミングを行う
 - N/2、ケミカルシフト（脂肪抑制）、歪み・磁化率アーチファクト改善
- 磁場中心で撮像
 - N/2、ケミカルシフト（脂肪抑制）、歪み・磁化率アーチファクトの改善
- Parallel imaging、Phase FoVを併用
 - 歪み
- ESの短縮、高いBW
 - 歪み・磁化率アーチファクトの改善
- TEの短縮
 - SNの改善

SIEMENS

Page 48 Application Group / Marketing / SAM

Proven Outcomes.
驚くほどの成果を証明する臨床

SIEMENS
2008/09/20

第28回MRI部会研修会
『拡散強調画像の基礎』

- 拡散(diffusion)とは？
- 拡散強調画像
- DWIのアーチファクト

シエメンズ組メディテック株式会社
マーケティング本部 アプリケーショングループ
織治 真

For internal use only / Copyright © Siemens AG 2006. All rights reserved.

拡散強調画像の基礎

EPI(Echo Planar Imaging)

傾斜磁場のスイッチングでエコートレインを生成

SARは小さくなる

動きに強い
= Diffusion

磁化率の影響を受けやすい
= Segment化

SIEMENS

Page 50 Application Group / Marketing / SAM

拡散強調画像の基礎

1 scan Trace

SIEMENS

Page 51 Application Group / Marketing / SAM

拡散強調画像の基礎

Orthogonal Trace

SIEMENS

Page 52 Application Group / Marketing / SAM

拡散強調画像の基礎

3軸同時印加 Trace

SIEMENS

Page 53 Application Group / Marketing / SAM

良好な画像を得るために

SE diffusion sequence

大きなMPGはeddy currentを発生させる
画像の歪みの原因

- SE Diffusion sequenceには2つの手法がある
 - Stejskal tanner
 - Twin Refocus

SIEMENS

Page 54 Application Group / Marketing / SAM

良好な画像を得るために

SIEMENS

Stejskal-tanner SE diffusion sequence

DiffusionではTeを短縮するためMPGは大きくなる
 大きなMPGはeddy currentを発生させる
 画像の歪みの原因

- MPGの印加の方法を工夫することでeddy currentを抑制することができる

RF, MPG, Eddy Current

Page 55 Application Group / Marketing / SAM

良好な画像を得るために

SIEMENS

Twin-refocused SE diffusion sequence

T. G. Reese, O. Heid, R. M. Weisskoff, V. J. Wedeen, Reduction of eddy-current-induced distortion in diffusion MRI using a twin-refocused spin echo

- シーメンスではこの方式を採用

RF, MPG, Eddy Current

Page 56 Application Group / Marketing / SAM

良好な画像を得るために

SIEMENS

Twin-refocused SE diffusion sequence

Stejskal tanner Twin Refocus

T. G. Reese, O. Heid, R. M. Weisskoff, V. J. Wedeen, Reduction of eddy-current-induced distortion in diffusion MRI using a twin-refocused spin echo

Page 57 Application Group / Marketing / SAM

良好な画像を得るために

SIEMENS

■ 磁場均一性 シミングが重要

半値幅 FWHM (Hz)

良 悪

Page 58 Application Group / Marketing / SAM

良好な画像を得るために

SIEMENS

■ 磁場均一性と歪み

FWHM 20Hz FWHM 50Hz

Page 59 Application Group / Marketing / SAM

DWI 拡散強調画像

SIEMENS

■ 磁場中心での撮像が理想

Z(50cm)

理想的な傾斜磁場
 実際の傾斜磁場

Page 60 Application Group / Marketing / SAM

良好な画像を得るために

SIEMENS

■ 磁場中心

Page 61 Application Group / Marketing / SAM

良好な画像を得るために

SIEMENS

■ Voxel sizeと歪み

128x 128 Matrix 160x 160 Matrix 192x 192 Matrix

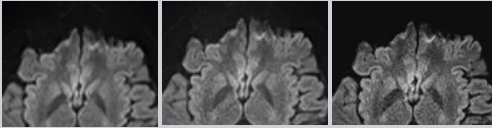
b=1000 TE=114 slice thick 5mm PAT factor=2

Page 62 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

良好な画像を得るために

■ Voxel sizeと歪み



128x 128 Matrix 160x 160 Matrix 192x 192 Matrix

b=1000 TE=114 slice thick 5mm PAT factor=2

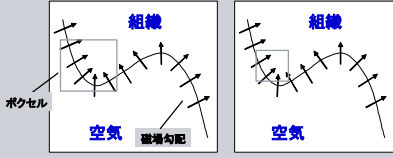
Page 63 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

良好な画像を得るために

磁化率の違いによるアーチファクト対策

Voxel Sizeを小さくする



Voxelを小さくする事でVoxel内の磁場偏向を小さくする

Page 64 Application Group / Marketing / SAM

SIEMENS

Strokeステージと信号強度

ステージ	T2強調画像	DWI	ADCマップ
超急性期(0~6時間)	正常信号	高信号	低信号
急性期(6~48時間)	やや高信号	高信号	低信号
3~10日	高信号	やや高信号	正常組織よりやや低め
慢性期	高信号	やや低信号	高信号

Page 65 Application Group / Marketing / SAM