

CT/MRIの読み方 その3

MRIの見方(単純MRI編)

医療法人 成美会 鈴江病院 脳神経外科 七條文雄

はじめに

CT/MRIの読み方と題して、その1では『単純CT編』¹⁾、その2では『簡単な中心溝同定法』²⁾について紹介した。今回は、その3として、『MRIの見方(単純MRI編)』と題して、MRIの基本原則と画像の見方について紹介する。

1. MRIの原理

MRI (magnetic resonance imaging)は、核磁気共鳴画像(NMRI: nuclear magnetic resonance imaging)とも呼ばれている。以下にその原理を簡単に説明する。

人の身体の2/3は水で構成されており、更には、各種脂肪酸やアミノ酸などの構造式にも水素(H)が含まれているために、現行の医療用MRIでは、この水素原子(^1H)の信号で画像が描出されている。水素は、1個の陽子(プロトン)と1個の電子で構成されており、陽子の周りを電子が回転(スピン)している(図1)。このスピンにより、個々の水素原子は、微少な磁化をおびている。通常は、このスピンの方向がバラバラであるために全体としては、磁化がみられない。ここに、外部から強力な磁場がかかると、個々の水素原子のスピンの向きが強制的に同一方向に修正される。この状態に特定の周波数(例: 42.58MHz)の電波をあてると、水素原子核

はその電波に共鳴して自ら電波を発信する。この現象が核磁気共鳴と呼ばれ(図2)、この現象に位置情報を加えて、信号の強度分布を示した地図が、核磁気共鳴画像すなわちMRIとなる。この特定の周波数の電波をパルス状に与え、その条件を変化させることにより、異なるタイプの画像が描出される(T1強調画像、T2強調画像など)。

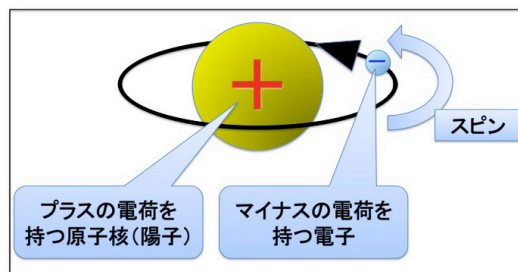


図1: 水素原子のモデル

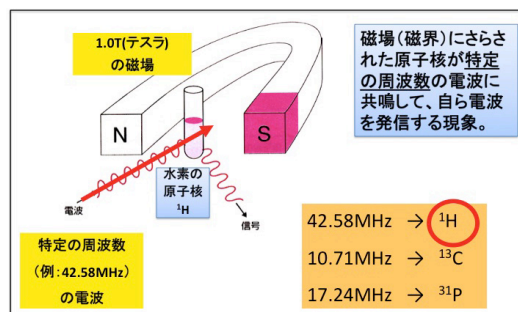


図2: 核磁気共鳴現象の原理

2. 高磁場環境での注意事項

MRI検査室内では、強力な磁場がかけられているため、磁性を帯びた金属が体内にある場合は、MRIは禁忌となる(図3, 表1)。また、通常の酸素ボンベやクレジットカードなどの磁気カードも検査室内へは持ち込み禁止となっている。実際に、救急患者の搬送時に、酸素ボンベがMRIのガントリー内まで飛んでいった事故も報告されており、注意を要する。

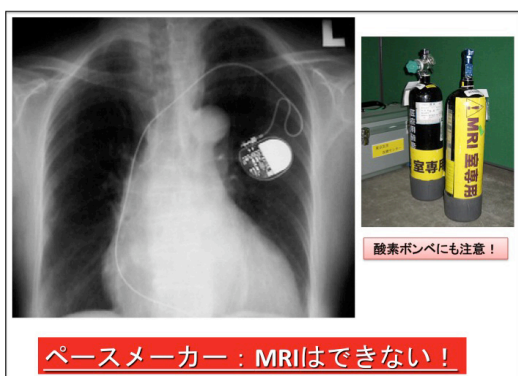


図3: MRIでの注意点

【MRI検査の禁忌患者】	
(1) 心臓ペースメーカーを装着している患者	
(2) パーキンソン病の深部脳電極刺激療法術後	
(3) 人工内耳を埋め込んでいる患者	
(4) 眼窩内に砲弾破片のある患者	
【MRI検査の相対禁忌の患者】	
(1) 義歯を装着している患者(強く固定されているか、取り外しが可能な場合は可能)	
(2) 脳動脈瘤や胸部部の手術時にステンレス製のクリップが使用されている場合(最近では、チタン製となっており、撮像可能)	
【要注意患者】	
(1) 水頭症のシャントシステムに圧可変型バルブを使用している患者(MRI撮像後に圧調整が必要)	

表1: MRIでの注意事項

3. CTの高・低吸収域とMRIの高・低信号域

CTでは、組織自体のX線の吸収率(透過度)に応じて画像の濃淡(白～黒)が描出されるため、黒い領域は低吸収域、白い領域は高吸収域と呼ばれる。MRIでは、発信された電波(信号)の強弱で白黒が表現されるため、黒い領域は低信号域、白い領域は高信号域と呼ばれている。

4. 各種撮像条件

以下に一般的に利用されている代表的な撮像法を紹介する。

A) T1強調画像:T1 weighted Image (T1WI)

T1WIでは水は黒く低信号で描出され(脳室は黒色)、CTとよく似た画像を呈し、大脳皮質と白質などの解剖学的な構造が捉えやすいという特徴がある。

B) T2強調画像:T2 weighted image (T2WI)

T2WIでは水は白く高信号で描出され(脳室は白色)、多くの病巣が高信号で描出されるため、病変の抽出に有用とされている。

表2にT1WIとT2WIの画像上の特徴を示す。

T1強調画像		
信号強度	画像	組織
高い ↑↓	白 ↑↓	脂肪(皮下脂肪・骨髄)
		筋肉
低い ↑↓	黒 ↑↓	脳白質
		脳灰白質 変性・浮腫
		水(脳脊髄液・尿)
T2強調画像		
信号強度	画像	組織
高い ↑↓	白 ↑↓	水(脳脊髄液・尿)
		脂肪(皮下脂肪・骨髄)
低い ↑↓	黒 ↑↓	脳灰白質 変性・浮腫
		脳白質
		筋肉

表2: T1およびT2強調画像の特徴

C) FLAIR画像:Fluid Attenuated Inversion Recovery(水抑制画像)

FLAIR画像は、基本的には水の信号を抑制したT2強調画像(脳室が黒く見えるT2WI風の画像)であり、脳室と隣接した病巣が明瞭に描出される。ラクナ梗塞に代表されるかくれ脳梗塞や血管性認知症にみられるビンズワンガー型白質脳症などの慢性期の脳梗

塞部位(白色に描出される)確認に有用である。

D) T2*強調画像(T2 star 強調画像):T2 star weighted image (T2*WI)

T2*強調画像は出血性病変の検出力が極めて高く(黒色に描出される)、過去に発症した出血巣の確認や無症候性微小出血の検出に優れている³⁾。

E) 拡散強調画像:Diffusion weighted image (DWI)

水分子の拡散運動(自由運動度)を画像化したもの。拡散が低下した領域が高信号として描出される。急性期の脳梗塞では、拡散が低下してくるため、超急性期の脳梗塞の部位判定(白色に描出される)に有用である⁴⁾。

5. 各種撮像断面

MRIの代表的な撮像断面として、軸位断(水平断、横断)、矢状断、冠状断がある(図4)。著者により、インターネット上に『MRI画像の連続表示(QT使用)』と題して、動画が公開されている⁵⁾ので、参照されたい。

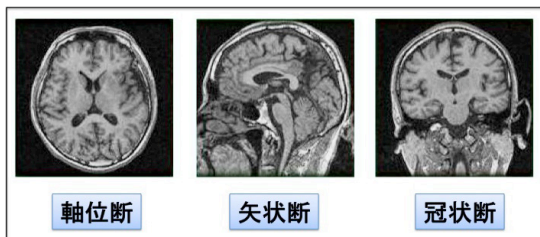


図4: MRIの各種断面像

6. 脳出血とMRI

脳出血の場合は、経時的なヘモグロビンの性状変化に応じて、MRI所見はダイナミックに変化する⁶⁾⁷⁾。出血直後(超急性期)には、血腫は酸素を含んだオキシヘモグロビンが主体であるために、MRI上での変化は少なく、この時期の血腫の診断には、CTの

方がより簡便である。組織内に出血した血腫は次第に酸素を失い、デオキシヘモグロビンへと変化する。更に時間が経過してくると、血腫の周辺から酸化によりヘモグロビンの蛋白変性が生じ、メトヘモグロビンへと変化する。この時期には、血腫の融解が始まり、赤血球膜破壊により、メトヘモグロビンの血球外漏出(フリーメトヘモグロビン)も出現してくる。やがて、組織内に出現したマクロファージに異物として貪食され慢性期ではヘモジデリンの形となり、組織内に沈着する。表3に代表的な経時的变化を示す。

病期	ヘム鉄の変化	局在	MR所見		CT所見
			T1強調画像	T2強調画像	
超急性期(1日以内)	オキシヘモグロビン	赤血球内	軽度低信号	軽度高信号	高吸収域
急性期	デオキシヘモグロビン		軽度低信号	低信号	高吸収域
亜急性期	メトヘモグロビン		高信号	低信号	高吸収域
慢性期(1ヶ月以上)	フリーメトヘモグロビン	赤血球外	高信号	高信号	周辺部より低下
	ヘモジデリン		低信号	低信号	低吸収域

表3: CT・MRIでの血腫の経時的变化

7. 超急性期の脳卒中の画像診断

前述の様に、超急性期の脳出血の画像診断にはCTが簡便であり、明らかな脳卒中症状(例えば、突然発症の片麻痺)があり、CTで高吸収域があれば出血、なければ脳梗塞が疑われる。急性期の脳梗塞の場合は、MRIのDWIを利用すると、多くは発症後数十分で梗塞部位が高信号域(白色)に描出される。しかし、脳幹部の梗塞の場合は高信号域への変化が24時間以上要することがあり、注意を要する⁴⁾。

8. 症例でみるMRI(脳梗塞と脳出血)

以下に、脳血管障害での各種MRIの特徴的所見⁸⁾を示す代表的な症例を数例呈示する。

症例1: 急性期脳梗塞(図5)

90歳、女性。右不全片麻痺で発症し、24時間後に受診。CTでは、梗塞像ははっきりせず。MRIではT2WIとFLAIRにて大脳基底核部と白質に多数のラクナ梗塞が明瞭に描出され、この病巣はFLAIRにてより明瞭に識別される。DWIで、左大脳基底核から内包後脚にかけて高信号域(白色)のスポットがみられ、これが今回の急性期の病巣と判定された。

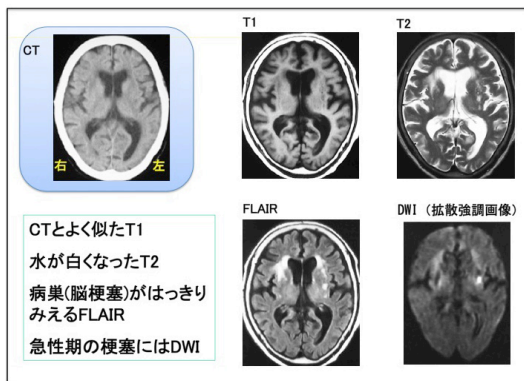


図5: 脳梗塞のMRI

【この症例のMRIから判ること】

- 1 T1WIの画質はCTに類似。
- 2 T2WIでは水(髄液)が高信号(白色)に描出される。
- 3 脳室周囲の病巣は、FLAIRで明瞭に識別される。
- 4 DWIにて、急性期の脳梗塞の部位が同定できる。

症例2: 急性期脳梗塞(図6)

75歳女性。既往に心房細動があり、左片麻痺で発症後12時間目のCTとMRIを図6に示す。CTでは、右中大脳動脈の灌流領域で脳回が消失し、脳浮腫の傾向が見られている。DWIでは、梗塞巣は明瞭に高信号(白色)として描出され、MRA(MR血管撮影)では、右内頸動脈と右中大脳動脈が描出されず、同部の閉塞(心房細動による脳塞栓症)が示唆された。

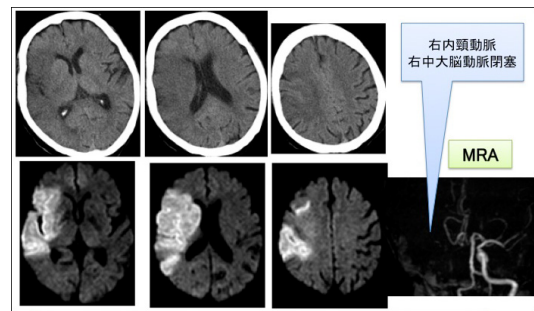


図6: 脳梗塞のCTとMRI(発症12時間)

【参考資料】 本症例では、塞栓部位の再開通があり、17日目のCTでは、梗塞部位は、出血性梗塞(点状の散在する高吸収域)となっている(図7)。

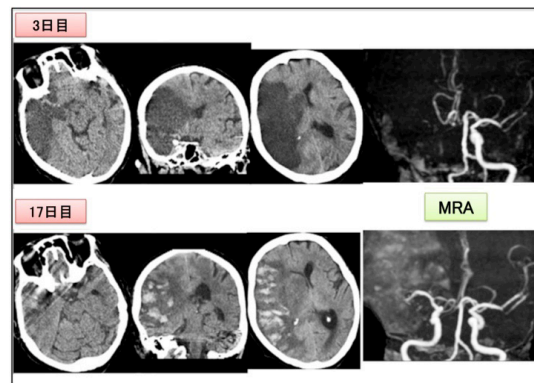


図7: 3日目と17日目のCTとMRA

症例3: ビンスワンガー病(図8)

77歳男性。脳血管障害性パーキンソン症候群として加療中。脳室周囲にびまん性の脳虚血がみられている(図8)。

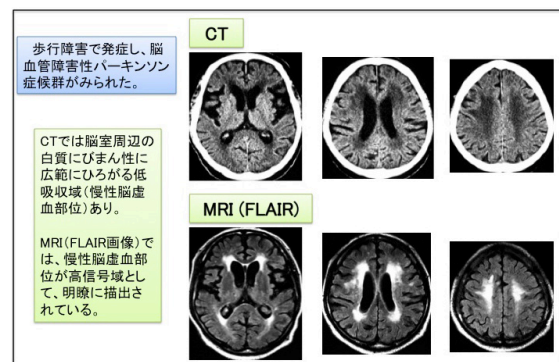


図8: 慢性脳虚血のCTとMRI

【参考資料】 ビンスワンガー病では、臨床症状として、血管性認知症や脳血管障害性パーキンソン症候群がみられ、画像では、びまん性の広範にひろがる慢性脳虚血部位が脳深部(脳室周囲の白質)にみられる。

症例4:脳出血(図9)

80歳女性。左被殻出血により保存的に加療を受け、リハビリテーション中。発症14日目のMRIでは、血腫は、T1WIで、周辺部が高信号、中心部は淡い低信号を呈している。T2WIでは、淡い高信号域と強い高信号域が混在している。T2*WIでは、高信号域の周辺に強い低信号域がみられている。またこのT2*WIにて左右の大脑半球内に強い低信号域の点在がみられるが、これは過去の微小出血を反映している。このT2*WIでの低信号域を認識することにより、本症例のT2WIでみられる陳旧性の微小病巣の原因が、一部は出血性であり、一部は梗塞性であったことが推定できる。

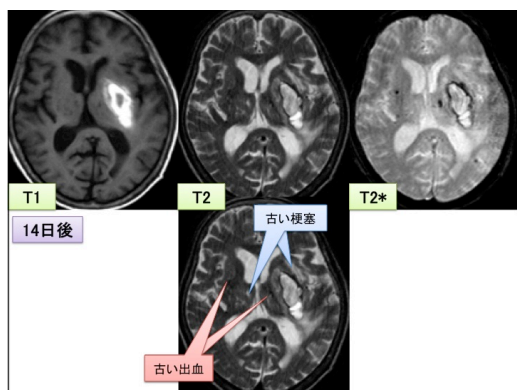


図9: 脳出血のMRI(発症14日目)

症例5:脳出血(図10)

53歳男性。左被殻出血により右不全麻痺と失語症を呈している。発症12日目のMRIでは、T1WI、T2WI共に血腫の周辺部が高信号域として描出されていた。65

日目のCTでは、血腫部は低吸収域に変化していたが、68日目のMRIでは、T1WI、T2WI、FLAIRともに、血腫が大きかったためか、まだ高信号域として描出されていた。

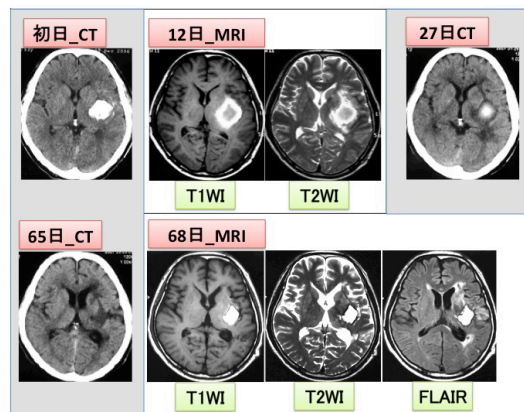


図10: 脳出血のCTとMRIの経時的変化

9. CTとMRIの相違点

CTとMRIの代表的な相違点を表4に示す。参照されたい。

	CT	MRI
脳出血、くも膜下出血	◎	○ (T2*などを利用)
脳梗塞	○	◎
後頭蓋窩の画像	○~△	◎
骨の描出	◎	×
3D-血管の描出	造影剤が必要	造影剤は不要
ペースメーカー装着者	◎	禁忌
検査時間	短	長
普及度	診療所レベルから	大病院レベルが中心
撮像原理	放射線	強磁場
放射線被曝	あり	なし
閉所恐怖症(+)	検査可能	検査難 (オープンMRIならば可能)
金属片	原則可能	磁性があれば危険!

表4: CTとMRIの相違点

10. その他のMRI撮像法

その他のMRI撮像法としては、造影剤を使用した造影MRI、血管を描出するMRA、脳の機能をみる機能的MRI、軸索の走行などをみる拡散テンソルMRI、組織の構成成分をみるMRスペクトロスコピーなどが挙げられるが、これらは、別の機会に解説したい。

参考文献とURL

- 1) 七條文雄: CT/MRIの読み方 その1(単純CT編). 徳島県理学療法士会広報誌「酢橘」23 : 2-9, 2004. URL: <http://www.nmt.ne.jp/~shichijo/CT/CT.html>
- 2) 七條文雄: CT/MRIの読み方 その2『簡単な中心溝同定法 - thick-thin sign-』.徳島県理学療法士会広報誌「酢橘」29 : 33-36, 2008. URL: <http://www.nmt.ne.jp/~shichijo/CT/CT2.html>
- 3) Kinoshita T, Okudera T, Tamura H, Toshihide Ogawa T, Hatazawa J: Assessment of lacunar hemorrhage associated with hypertensive stroke by echo-planar gradient-echo T2*-weighted MRI. Stroke 31: 1646-50, 2000.
- 4) 松島成典、山田恵、西村恒彦: Diffusion MRI - 脳虚血性疾患を中心に. CLINICAL NEUROSCIENCE 24: 384-388, 2006.
- 5) 七條文雄: MRI画像の連続表示(QT使用). URL: http://www.nmt.ne.jp/~shichijo/MRI*Display/MRI*F.html
- 6) Linfante I, Llinas RH, Caplan LR, Warach S. MRI Features of Intracerebral Hemorrhage Within 2 Hours From Symptom Onset. Stroke 30: 2263-7, 1999.
- 7) 小張昌宏: 脳出血. A.CT・MRI. 神経内科 58(Suppl.3): 406-419, 2003.
- 8) 井田正博、萬直哉、日野圭子、久保優子: 脳血管障害. 日医雑誌 137: 957-962, 2008.