

Evaluation of cranial nerves organization property by MRI

○正 小畑 秀明 (三重大院) 正 稲葉 忠司 (三重大 工) 松島 秀 (愛知がんセンター)

紀ノ定 保臣 (岐阜大 医) 正 徳田 正孝 (三重大 工)

Hideaki OBATA, Department of Mechanical Engineering, Mie University, Kamihama
1515, Tsu, Mie, Japan

Tadashi INABA, Department of Mechanical Engineering, Mie University

Shigeru MATSUSHIMA, Department of Radiation Oncology, Aichi Cancer Center

Yasutomi KINOSADA, Department of Medical Informatics, Gifu University

Masataka TOKUDA, Department of Mechanical Engineering, Mie University

Key Words : Magnetization Transfer, Equivalent Cross-Relaxation Rate, Aging, Demyelination

1. 緒 言

臨床現場における画像診断技術は MRI(Magnetic Resonance Imaging)の高速・高性能化とともに飛躍的に進歩した。この MRI が有する優れた組織分解能を生かし、さまざまな領域で診断に有用な画像が提供されている。最近注目されている MRI の撮影技術の一つに Magnetization Transfer (MT) が挙げられる。この MT 法は水などの自由水と高分子などを構成する結合水の間で生じる磁化移動効果により、この高分子に結合したプロトンが飽和されるといふ現象を利用する撮像方法である。そのためこの手法から得られる MR 画像により高分子や蛋白質等を反映した情報を提供することができる^{1)~5)}。従来はこの MT 法を用いた時の信号強度を減少率として表した Magnetization Transfer Ratio (MTR) が用いられてきた。しかしこの MTR をさらに強調して画像化する Equivalent Cross-Relaxation Rate(ECR)を用いることで、MTR 以上に分子構造変化を反映した情報を提供することができるため、ゲルの分子構造および乳癌組織の構造の評価が可能であると報告されている^{6)~9)}。

今回、脳領域に注目し ECR を用いて脳神経を画像化したところ、脳神経組織の種類の差異と年齢に関する知見を得ることができたので報告する。

2. 対象と方法

対象は頭部に疾患が無いと診断された 30 歳から 87 歳の 14 名 (男性 6 名・女性 8 名) であった。

使用装置は米国 GE 社製 1.5T 超伝導 magnetic resonance 装置 SIGNA MR/i 1.5T High Speed Ver.9.0 で、head coil を使用した。ECR 算出のための撮影には、MT-RF パルスを付加した 3D-spoiled gradient recalled acquisition in steady state (以下 MT-SPGR)を用いた⁵⁾。撮影条件は繰り返し時間 TR = 50 msec, エコー時間 TE = 2.3 msec, Flip Angle = 30°, matrix = 256×256, FOV = 180 mm², スライス厚 = 5 mm とした。上記の撮像条件で MT 用パルスを照射した場合としない場合で撮影を行った。また ECR 算出時の神経組織の領域判別を補助する目的で神経線維の描出能に優れた Diffusion 強調像を撮影した。ECR の算出には次式を用いた。

$$ECR = \frac{S_{off} - S_{on}}{S_{on}} \times 100 \quad (1)$$

ここで S_{on} は MT 用パルス照射時の信号強度、 S_{off} は MT 用パルスを照射しない時の信号強度である。

評価を行う脳の部位については、白質系及び灰白質系神

経組織の加齢に伴う変化を確認するという観点から、白質系の頭頂部皮質下白質、放射冠、上縦束、内包、大脳脚および灰白質系の頭頂部大脳灰白質と視床とした。Fig. 1 に対象領域の一例を示す。

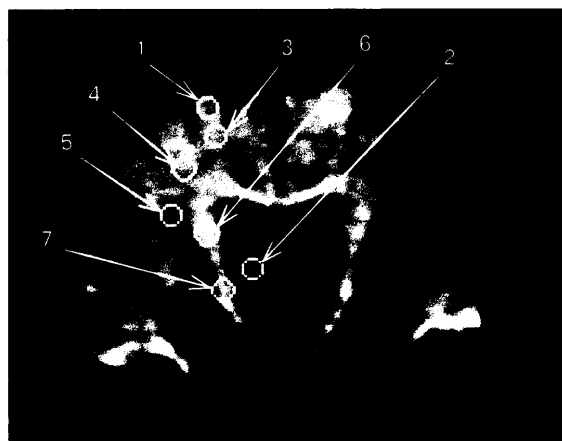
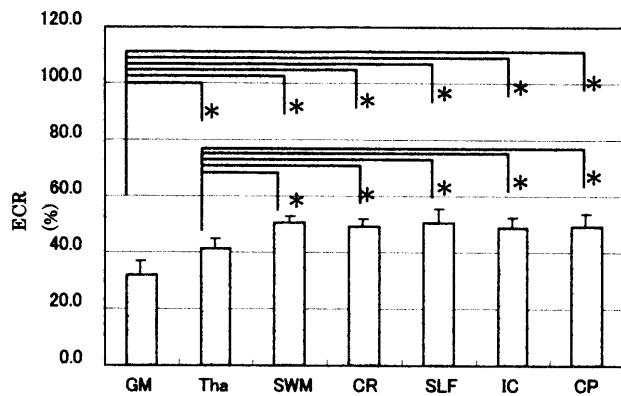


Fig. 1 ROI of ECR in diffusion image

①GM: Gray Matter, ②Tha: Thalamus, ③SWM: Subcortical White Matter, ④CR: Corona Radiata, ⑤SLF: Superior Longitudinal Fasciculus, ⑥IC: Internal Capsule, ⑦CP: Cerebral Peduncle

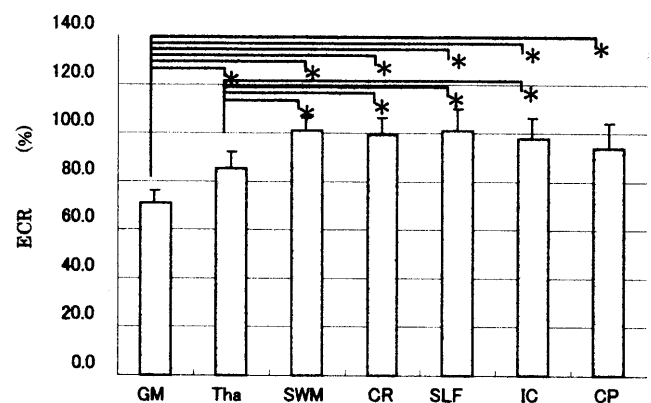
3. 結 果

Fig. 2 (a)にオフセット周波数 1200Hz, (b)に 320Hz における脳の各部位①大脳灰白質、②視床、③皮質下白質、④放射冠、⑤上縦束、⑥内包、⑦大脳脚の ECR 値を示す。灰白質系組織である①大脳灰白質および②視床における 1200Hz の時の ECR 値 (以下オフセット周波数 1200Hz 時の ECR 値を ECR(1200), 320Hz 時を ECR(320)とする) の平均値 (±標準偏差) は 32.1(±4.9), 41.5(±3.4), ECR(320)はそれぞれ 70.9(±5.3)と 85.5(±7.0)となった。一方白質系の組織である③皮質下白質、④放射冠、⑤上縦束、⑥内包、⑦大脳脚の ECR(1200)は 49.0(±3.4)~50.8(±4.8), ECR(320)は 94.0(±10.1)~100.9(±9.1)と灰白質系に比べ ECR(1200)および ECR(320)ともに高値を示した。さらに詳細にみると、大脳灰白質の ECR(1200)及び ECR(320)はともに他の部位に比べ有意に低値を示した。同様に視床も ECR(320)の大脳脚を除いた全ての白質系部位に対して有意に低値を示した。白質系の神経組織である皮質下白質、放射冠、上縦束、内包および大脳脚はいずれもこれらの間では統計的有意差は認めなかった。



(a) ECR of offset 1200 Hz

Fig. 2 ECR in each region of brain



(b) ECR of offset 320 Hz

(* : significant differences $p < 0.05$)

4. 考 察

ECR は計測物質の線維の方向性によらない分子構造変化のみを反映するパラメータであることから、線維方向の異なる部位間においてもその方向性の違いによらず組織を評価することが可能である。線維質の多い白質系においてはどの部位も MT 効果が大きく、逆に灰白質系の部位では MT 効果の小さい脳脊髄液が存在し白質系の部位よりも線維成分が少ないことから灰白質系部位全体の MT 効果も小さくなる¹¹⁾¹²⁾。その結果 Fig. 2 に示したように白質系の部位では ECR 値は高値に、灰白質系部位は低値となる。

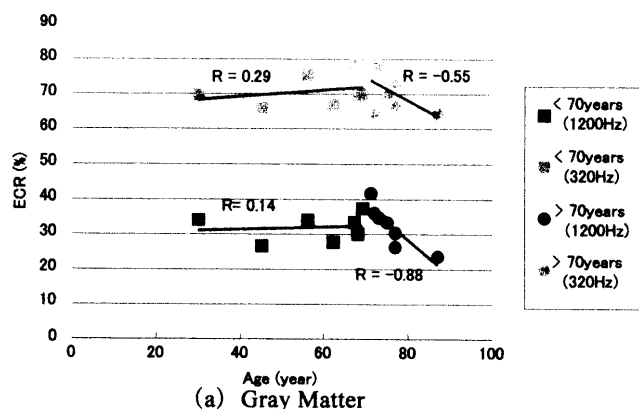
さらに大脳に関する各部位のうち灰白質と皮質下白質のように特長的な ECR 値を示した Fig. 3 から次のことが考察される。70 歳未満において得られた ECR 値が変動しないという結果は、ヒトの脳神経の成長が出生後およそ 1 年間の乳児期の間は顕著に成長し、それ以降の幼時期から老年期まではほとんど変化しないという知見に一致する¹⁰⁾。この脳神経線維の成長と老化の過程、すなわち神経線維の有髓化と脱髓化が起こらない年齢範囲では組織固有の ECR 値を示すと思われる。さらに 70 歳以上の高齢者に注目したこの結果は老年期以降で加齢に伴う脱髓化の様子が ECR 値の低下として表されている可能性を示している。

5. 結 言

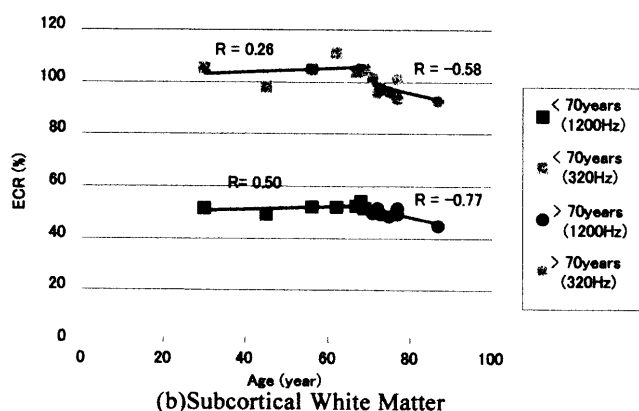
成人の脳領域における白質系組織と灰白質系組織の ECR(1200)と ECR(320)を計測する事により定量的に灰白質系と白質系の脳神経組織を識別することが可能であった。さらに、ECR 値の計測は加齢に伴う脳組織の変化や組織の活性度を計測できる可能性を示唆した。

文 献

- 1) S. D. Wolf, *et al.*, *Magn. Reson. Med.*, 10, 135/144 (1989)
- 2) B. S. Hu, *et al.*, *Magn. Reson. Med.*, 26-2, 231/240 (1992)
- 3) J. Eng, *et al.*, *Magn. Reson. Med.*, 17, 304/314 (1991)
- 4) 松島秀, 他, 医用電子と生体工学, 33-2, 283/287 (1995)
- 5) 松島秀, 他, 医用電子と生体工学, 34-3, 209/214 (1996)
- 6) S. Matsushima, *et al.*, *Polymer journal*, 33-3, 236/241 (2001)
- 7) S. Matsushima, *et al.*, *Magn. Reson. Img.*, 20, 285/293 (2002)
- 8) Masaru Sogami, *et al.*, *NMR Biomed*, 14, 367/375 (2001)
- 9) 松島秀, 他, 医用電子と生体工学, 35-3, 297/302 (1997)
- 10) 奥田康之, 他, 日本医放会誌, 54-13, 1245/51 (1994)
- 11) A.J. Barkovich, *AJNR*, 21, 1099/1109 (2000)
- 12) R.C. Mehta, *et al.*, *AJNR*, 16, 2085/2091 (1995)



(a) Gray Matter



(b) Subcortical White Matter

Fig. 3 Relations between ECR and age