

1 はじめに

プロトン NMR 法はとくに生体内の水の態様に関する貴重な情報を提供するはずである。この際 NMR 法により得られる映像所見とともに緩和時間値の測定は臨床診断上重要な意味をもつものと思われる。脳血管障害症例において随伴する脳浮腫の消長がその病態に大きく影響を及ぼすことは日常診療の中で経験されることであり、これら疾患群の病態把握への NMR 法の適用は今後の臨床応用上の重要な分野をなすと推定される。

われわれはデュアルモード NMR 計測システムである Fonar QED 80- α 装置を用いて、脳出血および脳梗塞症例につき NMR 断層画像と組織局所 T_1 値の変化を検討した。とくに報告に用いた本計測システムは T_1 値をスピン-格子緩和曲線から直接求める方式をとり数値信頼性に優れる点に注目し、各症例における映像所見と対応させた局所 T_1 値とその評価に主眼点を置いた。

2 対象ならびに測定方法

当院において昭和 57 年 10 月より 58 年 9 月までに検索した脳出血 10 例、脳梗塞 20 例、計 30 症例を対象とした。その年齢構成は 16 才より 86 才に範囲し、性別は男性 20 例、女性 10 例であった。これらの症例のうち 12 例については臨床経過のなかで複数回の計測を行い、NMR 臨床検査施行回数は 49 計測であった。発症より検査までの期間分布は 1 カ月未満 28 計測（うち 1 週間以内 9）、1 カ月以上 21 計測であった。

測定には Fonar QED 80- α システムを用いた。本システムはデュアルモードをなし、投影像再構成法による画像表示（アナトミーモード）とディスプレイされた画像上の任意の点からの磁場焦点法による T_1 値計測（ケミストリーモード）が可能である^{1,2)}。その計測条件の概要は以下のごと

くであった。

A. アナトミーモード（画像ディスプレイ）

静磁場強度：425 ガウス

走査方法：線型傾斜磁場による情報の投影像再構成法

RF パルス系列：定常自由歳差運動法 (SSFP)

（パルス幅 $10 \mu\text{sec}$ 、繰り返し周期 5.12msec を基本とする）

スライス厚さ：10~20 mm

空間分解能：2 mm

走査時間：通常 6 分

B. ケミストリーモード（ T_1 値測定）

焦点磁場強度：460 ガウス

パルス系列：プログレッシブサチュレーション法 ($90^\circ - \tau - 90^\circ$)

使用 τ 値：25~350 msec の 8~13 点を基本とし、 T_1 値が 50~300 msec レンズを越えた場合 T_1 値分布を至適条件に合せる

測定スポット：8~15 mm 径

T_1 計測時間：通常 1 回 45 秒前後

なお、本報告での後期の一部症例については、シムコイル補正により静磁場強度 433.6 ガウス、焦点磁場強度 468.6 ガウスに変更されて検索された³⁾。 T_1 値計測に際しては、測定値のばらつきの少ない場合 3 回、通常は 5 回の計測を行いその平均値を求めた。また T_1 値較正には 5, 7, 10 および 16 m Mol NiCl₂ 溶液が *in vitro* 法で用いられたが、これら基準溶液の T_1 計測値 (Mean \pm SD) はそれぞれ $298 \pm 10.5 \text{msec}$ 、 $216 \pm 4.8 \text{msec}$ 、 $155 \pm 7.1 \text{msec}$ および $106 \pm 4.6 \text{msec}$ であった。

なお健常ボランティア群より求められた脳組織における基準 T_1 値 (Mean \pm SD)⁴⁾ は大脳灰白質（前頭葉）にて $288 \pm 42 \text{msec}$ 、大脳白質にて $227 \pm 27 \text{msec}$ であった。

3 結果

1. 脳出血群

脳出血症例において血腫部分はすべて SSFP 映像上高密度像としてイメージされた。図 1 に脳内血腫急性期における一症例の X 線 CT ならびに NMR-CT 像を対比して示した。映像はいずれも発症 24 時間以内のものであるが、X 線 CT 像に

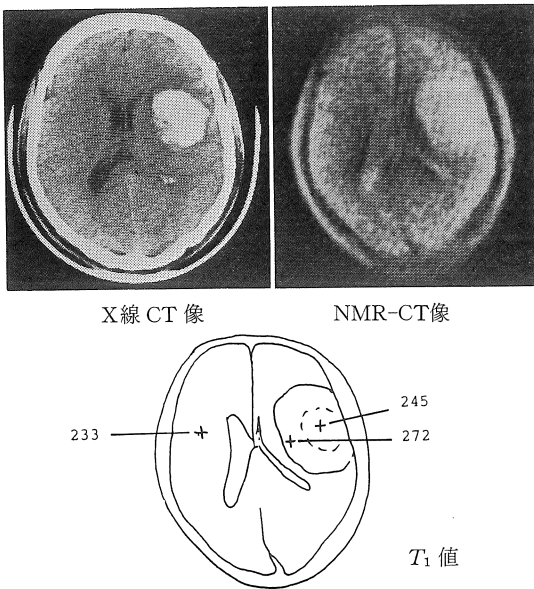


図 1 症例 1, 脳内血腫

て高吸収域として右大脳半球内に示された血腫範囲に比して、NMR-CT 上認められた高密度領域の範囲は明らかに広く、NMR 映像では血腫と同時にその周辺に脳浮腫からの信号もとらえているものと考えられた。本症例の T_1 値は血腫相当部分で 245 m sec であったが、周辺域で 272 m sec とむしろたかく、基準白質 T_1 値に対し延長を示していた。本症例では左不全片麻痺とともに意識水準の低下が進行したため開頭術により血腫除去がなされたが、術後の計測(第 5 病日)では術前の血腫周辺浮腫部に対応する点で T_1 値は 236 m sec

と短縮したことを認めた。

図 2 に示した症例では左頭頂葉内に X 線 CT 像での血腫とほぼ対応する大きさの高密度像をみと

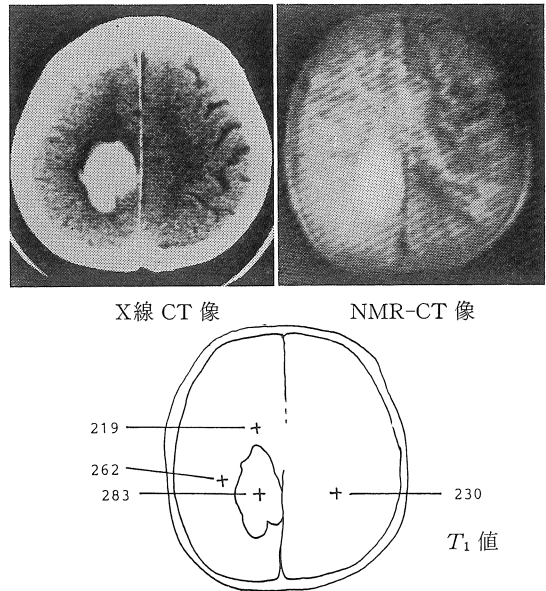


図 2 症例 2, 脳内血腫

めているが周辺での高密度像の拡りは鮮明でなかった。 T_1 値計測でも血腫部 283 m sec, その周辺域にて 219, 262 m sec と正常域あるいはその上限内にあり周辺浮腫の形成は軽微と考えられた。臨床的には右下肢の麻痺はみられたものの上肢における神経症状は軽度で意識も清明であったため、本症例では保存的治療を方針とし、以降良好な機能予後を得た。

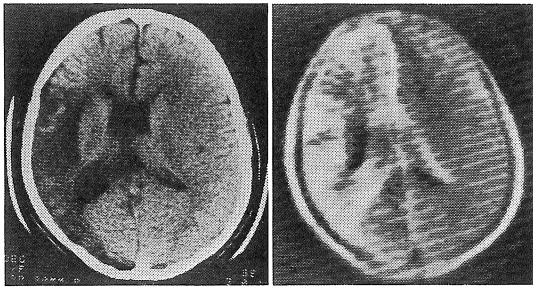
このように脳出血例では、1. 血腫は SSFP 像にて高密度像として描出され、2. 症例によっては血腫周辺での高密度像の拡がりと共に T_1 値の延長がみられる場合があり、3. これら所見は手術適応決定への有用な情報になる可能性も持つと考えられた。

血腫ならびに周辺域における T_1 値を発症後 1 週間以内に行った 6 計測例でみると、その値 (Mean \pm SD) は、血腫 260 \pm 19.2 m sec, 血腫周

辺部 $287 \pm 18.4 \text{ msec}$ を示した。1 週間以上 1 カ月以内 (6 計測) での T_1 値は血腫 $319 \pm 88.0 \text{ msec}$, 同周辺部 $271 \pm 47.8 \text{ msec}$ であり, 血腫自体は時間経過によりその T_1 値が延長する傾向を示した。

2. 脳梗塞群

NMR 映像上で脳梗塞症巣は同様に高密度像として示された。脳梗塞群においても X 線 CT 上に示される病巣範囲を越えて NMR-CT にてより広範囲な高密度領域を認める場合があり, 主病変部周囲にひろがる浮腫などの病巣範囲を示すものと考えられた。このような傾向は重症例で顕著であった。図 3 は陳旧性脳梗塞の一例であるが,



X 線 CT 像 NMR-CT 像

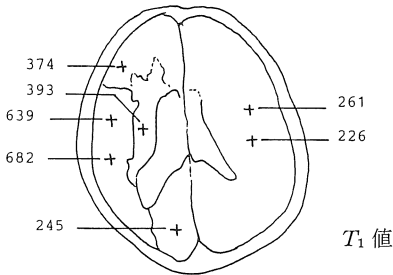
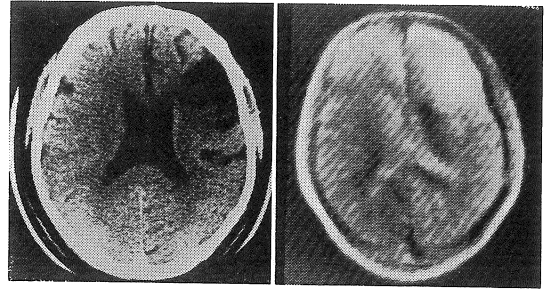


図 3 症例 3, 脳梗塞

X 線 CT での低吸収域に対応した NMR-CT 上の高密度像のほか左前頭葉にも相対的な高密度域がみとめられた。 T_1 値計測では梗塞中心域に 600 msec を越える T_1 値をみとめ, 周辺域においても T_1 高値を示した。とくに X 線 CT でとくに映像上の異常をみなかった左前頭葉域で T_1 値が



X 線 CT 像 NMR-CT 像

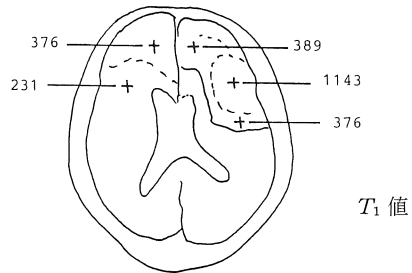


図 4 症例 4, 脳梗塞

374 msec と延長を示したことは注目された。

図 4 に発症後経過した右大脳半球梗塞の一例を示した。脳血管写上, 右内頸動脈の閉塞と左側での中大脳動脈狭窄が示されたが, X 線 CT 上では著しい低吸収域を右前頭頭頂部に認めたにすぎなかった。一方, NMR 映像では右側半球での高密度像がやや広く描出され, 左側前頭葉にも信号強度の増強を認めた。 T_1 値は右側梗塞巣中心部で 1000 msec 以上の値を示したその周辺域でも延長をみた。他方左前頭葉白質部においても 376 msec と T_1 高値を示しており, これは左側半球での循環障害に対応した所見と考えられた。このように X 線 CT で十分とらえられない所見が時に NMR 法によって検出される可能性を示唆した。

一般に NMR 映像上の脳梗塞巣のひろがりには X 線 CT 像と対応して示されたが, 提示症例のようにより広汎な異常所見としてとらえられる場合もあり, さらに病態をみる上で T_1 値は有用な指標となると考えられた。脳梗塞病巣における T_1 値は平常脳に比して有意にたかく, 発症 1 週

間以内に測定された5計測において梗塞中心部は 384 ± 99.5 (SD) msec を示した. この値は脳内血腫 T_1 値を比較しても有意にたかく, 病巣性状のちがいによると思われた. なお梗塞巣周辺域での T_1 値平均は 248 ± 34.9 (SD) msec であった. さらに, 梗塞中心巣での T_1 値は症例 3, 4 にみるごとく時間経過によりさらに延長される傾向を示し, このようなステージでの T_1 延長は病期的にみて病巣部での浮腫形成と云うより病巣部の組織変性の進行と関連すると考えられた.

4 考 察

脳血流障害あるいは脳浮腫に関する *in vitro* NMR 法による検討は動物実験によりこれまでいくつか試みられてきた. Bakay⁴⁾ (1975), Go⁵⁾ (1976), Naruse⁶⁾ (1982) は化学分析用機器を用いて実験的浮腫に検討を加え, 組織水分量変化と緩和時間値の間にみられる相関から病態解明の上で NMR 法が新しい検索手段になるだろうことを示唆した. さらに近年急速な展開をみせている映像技術と結合させた取り組みもいくつか報告され^{7,8,9)}, Buonanno¹⁰⁾ は動物の虚血脳ですでに発病2時間後に NMR イメージ上の変化を認めたとしている. 臨床 NMR 機器の開発と応用はこのような病態観察を生体において *in vivo* で行いうる可能性をもたらし, 本邦でも脳血管障害症例に関する二, 三の報告がみられる^{1,12,13,14)}.

本報告においては脳血管障害の病態を NMR 映像と組織緩和時間計測の両面から検討した. NMR 信号を画像としてとらえる場合, 用いられる RF パルス系列によって当然のことながら画質は多様に変化する. 本報では SSFP 映像法³⁾ を用いたが, その信号強度は一般に

$$S_{SSFP} \propto K \rho \cdot \sin \alpha [(T_1/T_2 + 1) - \cos \alpha (T_1/T_2 - 1)]^{-1}$$

で表わされる¹⁴⁾. ただし K: 常数, ρ : スピン密

度, α : パルスアングルである. 従って常にスピン密度が強調されるとともに, T_2/T_1 比も映像に関与することになる. 結果に示したごとく, 脳出血, 脳梗塞いずれの場合も病巣部は NMR 信号の高密度像として示されたが, これは脳組織内での水成分の増加がまず主因をなし, プロトン密度の局所的増加, 緩和時間値の変化に影響したものであろう. さらに脳浮腫ではとくに細胞外液層における自由水成分増加が大きな比重を占めるとされ, このことも映像上の変化に関与したと考えられる. このような視点からみると脳血管障害急性期での NMR-CT 高密度像のひろがりや主病巣周辺での浮腫のひろがりやを表現したものと想定される.

病態に応じて主病巣部, 病巣周辺部でさまざまな T_1 値変化が示されたことは興味ぶかい. 脳出血症例では血腫自体の T_1 値は予想外に低く平均 260 msec を示し, 血液 (全血) について *in vitro* 法で計測した T_1 値 350~400 msec に比し明らかに短縮されていた. 血液が脳組織内に逸脱した場合, その性状がかえられることに起因するものであろう. 比較的大きな血腫が陳旧化する場合 T_1 値は長くなる傾向があり, これは血液成分の隔解, 液状化などに関連すると思われた. 臨床的には血腫周辺組織における T_1 値評価がより大きな意味をもった. その T_1 値延長はとくに急性期においては脳浮腫の進展と関連すると考えられ, 症例に示したごとく, 疾患予後の判定, 手術適応決定への指標となる可能性を示したが, その詳細については今後の検討に委ねられる.

脳梗塞巣における T_1 値は明らかな延長を示し, 脳内血腫とは対比的であった. 発症後1週間以内の計測で梗塞中心部は平均 384 msec の T_1 値を示し, 大きな梗塞巣の場合により高い T_1 値を示す傾向がみられた. 梗塞周辺部では中心部に比して T_1 低値を示したが, 脳梗塞症例の場合, 得られた T_1 値の variation が大きく, これは病巣の大きさ, 病変部の多様性, 健全な組織の入り組

みなどが関与したものと思われる。興味あることは比較的大きな梗塞巣のときに時間経過によって T_1 値の一層の延長傾向があることで、3 カ月以上経過した症例ではしばしば 1000 msec を越える T_1 値が観察された。この T_1 値の推移は、急性期病変における脳浮腫の影響と異なり、病変部組織に生じた変性過程と関連したものであろう。陳旧性梗塞病巣では組織壊死さらには液状化が進行する。それぞれの病期においてみられる浮腫と組織変性、あるいはその組み合わせがさまざまな緩和時間値変化としてとらえられてくると考えられた。このような *in vivo* 状態での T_1 値検出が、今後組織障害程度の推定、組織の reversibility 判定の一助に供されうる可能性も存在するが、それには生体組織における T_1 , T_2 値が何を意味するかの基礎的検討と各種検査所見を総合評価した臨床所見の積み重ねの過程が当然必要となる。

5 まとめ

1. 脳出血ならびに脳梗塞症例について Fonar QED 80- α を用い映像所見と T_1 値に関する検討を行った。

2. SSFP 映像において脳内血腫は高密度像として示され、その急性期にしばしば血腫のみならず周辺浮腫のひろがりも描出した。浮腫部における T_1 値は一般にたかくその数値と推移は治療法の選択に有用性をもつと思われる。

3. 脳梗塞症例においても病巣部は高密度像を呈し、とくに重症例で X 線 CT 上の低吸収域範囲を越えて映像された。梗塞部 T_1 値はとくに中心域でたかく、時間経過により一層延長される傾向が認められ、慢性期での T_1 延長は組織変性過程に関する情報を与えていると考えられた。

4. NMR 法の臨床応用においてその映像所見のみならず、局所 T_1 値の測定は重要な意味をもち、その数値の推移に関する観察は病態理解に寄与すると思われる。

文 献

- 1) 古瀬和寛, 佐生勝義, 稲尾意秀ほか・デュアルモードシステムによる NMR スキャンニングの臨床応用. 映像情報, 15: 307, 1983.
- 2) 古瀬和寛: NMR 映像法による形態情報と代謝情報. 日本臨牀, 41: 157, 1983.
- 3) 古瀬和寛, 佐生勝義, 稲尾意秀ほか: NMR-CT による脳神経系疾患診断. 画像診断, 3: 1123, 1983.
- 4) Bakay, L., Kurland, R. L., Parrish, R. G., et al.: Nuclear magnetic resonance studies in normal and edematous brain tissue. Exp. Brain Res, 23: 241, 1975.
- 5) Go, K. G., Edzes, H. T.: Water in brain edema. Observations by the pulsed nuclear magnetic resonance technique. Arch. Neurol, 32: 462, 1975.
- 6) Naruse, S., Horikawa, Y., Tanaka, C., et al.: Proton nuclear magnetic resonance studies on brain edema. J. Neurosurgery, 56: 747, 1982.
- 7) Davis, P. L., Kaufman, L., Crooks, L. E., et al.: NMR characteristics of normal and abnormal rat tissues. In: Nuclear Magnetic Resonance Imaging in Medicine. Kaufman, L., Crooks, L. E., Margulis, A. R. (eds). pp. 71, Igaku-Shoin, New York-Tokyo, 1981.
- 8) Asato, R., Handa, H., Hashi, T., et al.: Chronological sequences and blood-brain barrier permeability changes in local injury as assessed by nuclear magnetic resonance (NMR) image from sliced rat brain. Stroke, 14: 191, 1983.
- 9) Buonanno, F. S., Pykett, I. L., Kistler, J. P., et al.: Cranial anatomy and detection of ischemic stroke in cat by nuclear magnetic resonance imaging. Radiol, 143: 187, 1982.
- 10) Buonanno, F. S., Pykett, I. L., Brady, T. J., et al.: Proton NMR imaging in experimental ischemic infarction. Stroke, 14: 178, 1983.
- 11) Spetzler, R. F., Zabramski, J. M., Kaufman, B., et al.: Acute NMR changes during MCA occlusion: A preliminary study in primates. Stroke, 14: 185, 1983.
- 12) 荒木 力, 野村孝義, 宮川昭平, 平野井直英,

原 著 ・・

町田徹, 竹中栄一, 飯尾正宏: NMR-CT による
頭蓋内占拠性病変の検出. 画像診断, 2: 777,
1982.

13) 落合慈之: NMR-CT による脳血管障害の診断,
画像診断, 5: 407, 1983.

14) 古瀬和寛: 脳血流阻害と NMR コンピュータ断
層像, 総合臨牀, 32: 2476, 1983.

15) Hinshaw, W.S.: Image formation by nuclear
magnetic resonance: the sensitive point method.
J. Appl. Phys, 47: 3709, 1976.

