

《研究速報》

アバディーン大学における2年間の核磁気共鳴
イメージング臨床経験

—人体の磁場による傷害と防護に関する報告—

池平 博夫* フランシス・W・スミス** アン・リード**

I. はじめに

NMR 現象は 1946 年に発見されて以来^{1,2)}, 主に分析の手段として広く用いられてきたが, 1971 年にそれを悪性腫瘍組織の判定に利用するという考えが出³⁾, 1973 年までに NMR によるファントムのイメージが作成され⁴⁾, 3 年後には人体のイメージが得られた⁵⁾. これらによって NMR の人体のイメージが得られることが実証され, 以後次々に頭部⁶⁾, 四肢⁷⁾などの正常者のイメージが報告されるようになった. 最初の患者の報告は 1981 年に出され⁸⁻¹¹⁾, これによって良性, 悪性の正確な診断法が示唆されたのである. このように NMR 技術は非常に人間にとって有効なものとなりつつあるが, 人体に対する影響は今までほとんど報告されていない. アバディーン大学では, すでに NMR 臨床利用を始めて以来 2 年を経過し, 健康人ボランティア 84 例と被検者 595 例の検査を行い, うち 201 例についてその経過を追跡しているのでここに報告する.

II. 装 置

アバディーン大学の NMR イメージングシス

* 山梨医科大学放射線医学教室

** アバディーンローヤルインファーマリー (Aberdeen Royal Infirmary) 核医学

受付: 58 年 1 月 11 日

最終稿受付: 58 年 2 月 25 日

別刷請求先: 千葉市穴川 4-9-1 (☎ 260)

放射線医学総合研究所臨床研究部

池平 博夫

テム¹²⁻¹⁴⁾は, 4 つの空芯コイルマグネットを利用した静磁場 0.04 Tesla のシステムで, この条件下でのプロトンの共鳴周波数は 1.7 MHz, 128 回の信号からデータ収集を行い, 1 回の信号は 1 秒で 1 イメージのデータは約 2 分で得られる. 最近では 1 イメージのデータが 256 回の信号から約 4 分で得られるようになっている. 今回追跡された患者のほとんどは, 初期の 128 回のシステムにより撮影された患者である.

III. 結 果

患者のための磁気防護については, British National Radiological Protection Board Guideline¹⁵⁾に基づいている.

これによるとてんかんや, 新鮮な心筋梗塞の患者には, NMR は適用しないように勧告しているが, われわれは NMR イメージングの臨床応用を始めてからすぐに, 頭蓋内腫瘍患者には NMR によってけいれんなどが引きおこされないことがわかった. また 103 例の頭蓋内腫瘍症例について検討した結果, そのうちの 5 人は NMR 曝露以前に, 少なくとも 1 回以上のてんかん発作があったことがわかったが, NMR 曝露によって, てんかん発作が引きおこされたものは 1 人もなかった. これらの症例のうち, 今回の調査には 28 例が含まれていたが, 精神状態に変化を来した者は 1 人もなかった. また心筋梗塞発生後 1 週間以内の患者も何ら障害なく撮影することができた.

今までに NMR 検査を施行した全例について, 撮影中の医師による観察と撮影後の問診を行った

Table 1 Cause of death of the 37 patients of 201 patients studied

Cause of Death	Number of Cases
Malignant disease	32
Chronic liver failure	2
Chronic cardiac failure	1
Overwhelming infection	2

Table 2 The average exposure time for different areas of patients

Area	Exposure time (min)	Number of Cases
Head	14	28
Chest	16	41
Abdomen	20	161
Legs	15	2
Total	21 (5-85)	201

Table 3 The average exposure time for different areas of 84 volunteers

Area	Exposure time (min)	Number of Cases
Head	11	41
Chest	13	28
Abdomen	18	27
Legs	11	5

が、何ら異常は認められず、動悸などを訴えた者はいなかった。このうち、201人の患者(男性111名、女性90名、2歳から83歳)について撮影後詳しく調査を行った。平均曝露時間は21分、5分から85分であり、うち14人の患者については2回あるいは数回撮影を行った。

入院患者についてはすべて、入院期間中詳細に診察されたが異常な変化は認められなかった。外来患者については定期検診を受けるか、医師の許可を受けた後にアバディーングループに属する他の病院で検診を受けている。

撮影から平均12か月間追跡されているが、撮影時に急性疾患にかかっている患者は頻りに診察を行い、中には18か月間追跡された者もいる。

NMR 検査後経過追跡された201例(1980年8月～1982年9月)のうち37例が死亡しており(Table 1)、これらの死因についてNMRが原因と

なるような報告は見られなかった。201例中86例が悪性腫瘍疾患であった。

追跡された症例の平均曝露時間は部位により14分～20分(5分～85分)、腹部の撮影が主で総平均21分であった(Table 2)。

84名のボランティアについては、全く副作用は認められず、この場合の平均曝露時間は頭部が主で、11分～18分であった(Table 3)。

IV. 考 察

静磁場やRFエネルギーパルスなどの曝露に対する生物学的影響に関する情報は、きわめて限られたものであるが、このようなエネルギーによる影響で最も可能性のあるのは、温度上昇と磁場の急激な変化によって生じる電流と、化学的な酵素の変質などである。5.0 Tesla以下の静磁場からの生物に対する悪い影響は認められなかったという¹⁶⁾。現在のところ、使用されている医学関係の全身用NMRイメージングシステムは常伝導磁石を利用した装置では0.2 Tesla以下のものが多く、アバディーンシステムは0.04 Teslaに過ぎない。

さて、磁場の急激な変化は金属に電流を発生させ、その結果熱が生じるが、磁場の変化が 3×10^{-4} Gauss/sec以下なら¹⁷⁾、歯科用の充填物や、人工股関節、IUDなどの金属に熱の発生は認められなかった。しかし、磁場の変化によって人工の心臓ペースメーカーの機能異常を来すことがあるのでこの検査は勧められない。

また、磁気微生物や培養リンパ球への影響は、今までのところ突然変異などの異常が生じたという報告はない^{18,19)}。しかし、さらに長期にわたる遺伝学や発生学的検討あるいは培養細胞、人体組織についての研究が必要である。奇形学上の影響はまだはっきりしていない。静磁場、振動傾斜磁場のいずれについても不十分である。このような遺伝学的、発生学的な傷害が生じる可能性は少ないが、小動物などによる研究が完了するまでは、少なくとも妊娠している可能性のある女性にはこの検査は勧められず、いわゆる10日則が妊娠可能

年齢にあるすべての婦人に適用されるべきである。

V. 結 論

過去2年間において、著者のうちの2人は撮影中NMR室内に入って患者を観察してきた。すなわち、F. W. スミスは200時間以上、A. リードも140時間以上曝露しているが、何ら異常はない。現在、アバディーン大学で使用している静磁場とRF磁場の強度では、まったく安全であり、非侵襲的な全身用画像システムであると確信している。

文 献

- 1) Boch F: Nuclear Induction. *Phys Rev* **70**: 460-473, 1946
- 2) Purcell EM, Torvey HC, Pound RV: Resonance Absorption by Nuclear Magnetic Moments in a Solid. *Phys Rev* **69**: 127, 1946
- 3) Damadian R: Tumor detection by nuclear magnetic resonance. *Science* **71**: 1151-1153, 1971
- 4) Lauterbur PC: Image formation by induced local interactions: examples of employing nuclear magnetic resonance. *Nature (London)* **242**: 190-191, 1973
- 5) Damadian R, Goldsmith M, Minkoff L: N. M. R. in Cancer: XV. Fonar image of the live human body. *Physiol Chem Phys* **9**: 97-108, 1977
- 6) Holland GN, Moore WS, Hawkes RC: Nuclear Magnetic Resonance Tomography of the Brain. *J Comp Assist Tomography* **4**: 1-3, 1980
- 7) Hinshaw WS, Andrew ER, Bottomley PA, et al: An in vivo study of the fore-arm and hand by thin section N. M. R. imaging. *Brit J Radiol* **52**: 36043, 1979
- 8) Smith FW, Mallard JR, Hutchison JMS, et al: Clinical applications of nuclear Magnetic resonance. *Lancet* **i**: 78-79, 1981
- 9) Smith FW, Hutchison JMS, Mallard JR, et al: Oesophageal carcinoma demonstrated by whole body N. M. R. imaging. *Br Med J* **282**: 910-912, 1981
- 10) Smith FW, Mallard JR, Reid A, et al: Nuclear magnetic resonance in liver disease. *Lancet* **i**: 963-966, 1981
- 11) Young IR, Hall AS, Pallis CA, et al: Nuclear magnetic resonance imaging of the brain in multiple sclerosis. *Lancet* **ii**: 1063-1066, 1981
- 12) Mallard JR, Hutchison JMS, Edelstein WA, et al: In-vivo NMR imaging in medicine: the Aberdeen approach, both physical and biological. *Phil Trans R Soc B* **289**: 519-530, 1980
- 13) Hutchison JMS, Edelstein WA, Johnson G: A whole body NMR imaging machine. *J Phys E Scient Instruments* **13**: 947-955, 1980
- 14) Edelstein WA, Hutchison JMS, Johnson G, et al: Spin Warp NMR imaging and applications to human whole body imaging. *Phys Med Biol* **25**: 751-756, 1980
- 15) Outline of advice and exposure to nuclear magnetic resonance clinical imaging, NMR 2/80/3, National Radiological Protection Board 1980
- 16) Barnothy MF: Biological effects of magnetic fields, Plenum Press, New York, 1964
- 17) James AE, Partain CL, Rollo D, et al: Nuclear Magnetic Resonance (NMR) imaging: the potentials and the technic. *South Med J* **74**: 1514-1519, 1981
- 18) Thomas A, Morris PG: The effects of N. M. R. exposure on living organisms 1. A microbial assay. *Brit J Radiol* **54**: 615-621, 1981
- 19) Cooke P, Morris PG: The effects of NMR exposure on living organisms 2. A genetic study of human lymphocytes. *Brit J Radiol* **54**: 622-625, 1981

Summary

Nuclear Magnetic Resonance Imaging of Two Years' Clinical Experience —The Magnetic Injury and Protection for Human Body—

Hiroo IKEHIRA*, Francis W. SMITH** and Anne Reid**

**Department of Radiology, Medical University of Yamanashi*

***Department of Nuclear Medicine, Aberdeen Royal Infirmary*

The Aberdeen N.M.R. Imager is based on a four-coil air-cored magnet producing a static field of 0.04 Tesla, giving a proton N.M.R. frequency of 1.7 MHz for the hydrogen protons of body tissues.

Total of 595 patients and 84 volunteers have been examined in the Aberdeen N.M.R. Imager since clinical trials began in August 1980, and were monitored during imaging and questioned after imaging, none had experienced any visual disturbance, headache, seizures or alteration in conscious level and none had suffered any chest pain or palpitations. 201 patients (111 males, 90 females) with an age range of 2–83 years have been studied in detail after undergoing N.M.R. Imaging. The average exposure time for each patient was 21

minutes, with a range of 5–85 minutes, 14 patients being imaged on two occasions or more.

Using the magnetic field and radio-frequency levels currently in operation in the Aberdeen N.M. R. Imager, we believe N.M.R. to be a safe, non-invasive method of whole-body imaging.

While observations of the effects of these forces on bacteria and lymphocytes in cell culture have shown no evidence of mutation, further studies upon genetic material, cell cultures and human tissues are necessary to assess any possible long-term effect.

Key words: N.M.R. imaging, static magnetic field, magnetic injury, magnetic protection.