

軽症頭部外傷例における MRI 上の intracerebral traumatic lesion について

高橋州平、中川原譲二、武田利兵衛、嶋崎光哲
小林康雄、伊東民雄、佐土根朗、高梨正美
中村順一、末松克美*

MR-Imaging for Intracerebral Traumatic Lesion in minor Head-injured Patients

Shuhei TAKAHASHI, Jyoji NAKAGAWARA, Rihei TAKEDA, Mitsunori SHIMAZAKI,
Yasuo KOBAYASHI, Tamio ITOH, Akira SATONE, Masami TAKANASHI,
Jun-ichi NAKAMURA and Katsumi SUEMATSU*

Department of Neurosurgery, Nakamura Memorial Hospital, Sapporo, Japan and
*Hokkaido Brain Research Foundation, Sapporo, Japan.

Summary : The sensitivity of MRI for intracerebral traumatic lesions was compared with CT findings in 154 minor head-injured patients. The severity of head injury determined by the Glasgow Coma Scale was ranged from 9 to 15. CT and MRI were performed within 72 hours after injury in all patients. MRI was taken with a 0.15Tesla Sanyo SNR-15P. Pulse sequences included spin-echo sequence with TR 500 or 600 msec and TE 40 msec for a T 1 weighted image and spin-echo sequence with TR 2000 msec and TE 80 msec for a T 2 weighted image. Intracranial traumatic lesions were detected in 34 (22.1%) of 154 patients by both CT and MRI, 20 (13.0%) by MRI alone, and 4 (2.6%) by CT alone. In these patients with traumatic lesions, 92 lesions were seen by CT and 128 by MRI. Thirty-nine (50.6%) of 77 intracerebral traumatic lesions detected by MRI (T 2 WI) were not demonstrated by CT. There was no intracerebral traumatic lesion detected by CT alone. MRI (T 2 WI) was superior to CT for detecting intracerebral traumatic lesions, but MRI was equal to CT for detecting extracerebral lesions such as subarachnoid hemorrhage. T 2 weighted image is especially effective for evaluating acute stage of mild head trauma, and recommended for detecting intracerebral traumatic lesions. MRI (T 1 and T 2 weighted image) is much more useful than CT for studying pathological change of brain following head injury such as contusion, cerebral edema, intracerebral hemorrhage and shearing injury.

Key words:

- head trauma
- intracerebral traumatic lesion
- MRI
- T 2 weighted image

目 的

脳血管障害、脳腫瘍、脳奇形などの頭蓋内疾患に対するMRIの有用性についてはこれまで多数の報

告¹⁾⁴⁾⁵⁾¹⁹⁾²³⁾²⁵⁾²⁶⁾がみられるが、近年、頭部外傷においてもその有用性が報告されている⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁵⁾²⁴⁾³⁰⁾。頭部外傷例のMRIでは、CT上アーチファクトのため検出しにくい頭蓋底部の病変やCTで検出されな

い non-hemorrhagic lesion などを検出することが可能で、病変の局在や性質を知る上で有用であるとの報告がみられる⁵⁾⁸⁾⁹⁾¹²⁾¹³⁾²²⁾²⁴⁾²⁸⁾³⁰⁾。

これまで我々の施設では、頭部外傷急性期の症例に対してはCTによるスクリーニングを行ってきたが、軽症例では異常所見を必ずしも十分に捉えることができなかった。しかし、MRI 導入後、軽症頭部外傷例においても、しばしば異常所見が認められたことから、軽症頭部外傷の急性期における CT と MRI 所見を比較し、MRI の有用性について検討したので報告する。

対象および方法

1987年3月より1988年9月までに当施設を受診し、受傷より72時間以内にCTおよびMRIを施行し得た軽症頭部外傷 (GCS 9 から15点まで) 154例を対象とした。年齢は生後2か月から85歳で、平均32.6歳、男性100例、女性54例であった。GCS の内訳は15点127例、14点20例、13点5例、10点1例、9点1例であった。受傷時に意識消失を伴った症例は154例中77例(50.0%)で、受傷後記憶喪失を認めた症例は154例中56例(36.4%)であった。

使用したMRI装置は三洋社製永久磁石型 MRI SNR-15P 0.15T で、パルス系列としては、T1強調画像 (以下T1WI) の場合TR500msec/TE40msec または TR600msec/TE40msec のスピン・エコー法 (以下SE500/40またはSE600/40) を用い、T2強調画像 (以下T2WI) としてTR2000msec/TE80msec のスピン・エコー法 (以下SE2000/80) を用いた。撮像はaxial像とし、スライス厚は10mmであった。各症例における撮像数はT1WIではOM line より10mm毎のgapをおき、SE500/40で3スライス、SE600/40で5スライスとし、T2WIでは連続12スライスとした。撮像に要する時間はT1WIの場合SE500/40では4.3分、SE600/40では5.2分で、T2

WIでは17.3分であった。アベレージ回数はおのこの2回とした。また、CT scanner は Siemens 社製 Somatom 2 を使用し、スライス厚8mmで約12スライスを撮像した。1スライスのスキャンに要した時間は10秒であった。

結果

154例中CTまたはMRIにて外傷に基づく異常所見を示した症例は58例(33.7%)で、そのうちCTおよびMRIとともに異常所見を示したものは34例(22.1%)、MRIのみで異常所見を示したものは20例(13.0%)、CTのみで異常所見を示したものは4例(2.6%)であった (Table 1)。なお、CTおよびMRIとともに異常所見を認めなかったものは96例(62.3%)であった。CTのみ異常と判定された4症例では受傷当日のCTにて軽度のくも膜下出血 (subarachnoid hemorrhage 以下SAH) または pneumocephalus を認めたが、翌日のCTでSAHおよびpneumocephalus が消失し、2日目に施行されたMRIでは結果的にSAHおよびpneumocephalus を検出することができなかった。

CTまたはMRIにて認められた異常所見の中で、外傷に起因すると考えられる頭蓋内病変の総数はCT上92病変、MRI上128病変であった。その内 intracerebral traumatic lesion がCT上38病変、MRI上77病変、SAHがCT上32病変、MRI上30病変、その他の extracerebral lesion がCT上22病変、MRI上21病変であった (Table 2)。ただし、今回の検討では、MRI(T2WI)において脳内に認められた high または low intensity area (以下HIAまたはLIA)もしくはCT上脳内に認められた high または low density area (以下HDAまたはLDA)を intracerebral traumatic lesion とした。intracerebral traumatic lesion はCTでは38病変、MRIでは77病変で、CTでは認められない39(50.6%)の intracerebral

Table 1 Number of patients with intracranial traumatic lesions on CT and MRI

	MRI	
	positive	negative
CT	positive	4*
	negative	96

* : subarachnoid hemorrhage or pneumocephalus on Day 0 -CT

Table 2 Numbers of intracranial traumatic lesions detected with CT and MRI

lesion	CT	MRI
intracerebral traumatic lesions	38	77
subarachnoid hemorrhage	32	30
others*	22	21
total	92	128

*others: subdural hematoma, epidural hematoma, pneumocephalus.

traumatic lesion を MRI にて検出することが可能であった。しかし、SAH や extracerebral hematoma などにおける CT および MRI の検出能には差を認めなかった。

Intracerebral traumatic lesion を認めた39例77病変について CT および MRI の病巣検出能を比較検

Table 3. Number of patients with intracerebral traumatic lesions on CT and MRI

intracerebral	MRI	
	positive	negative
CT positive	15(38)	0(0)
CT negative	24(39)	115

() : number of lesions

討すると、CT および MRI でともに病変が認められたのは15例38病変、MRI のみで認められたのは24例39病変、CT のみで認められたものはなかった (Table 3)。

このように intracerebral traumatic lesion のうち 50.6% は MRI のみで認められ、しかも CT および MRI でともに認められた lesion は、CT より MRI において明瞭に認められたり、MRI 上の病巣の拡がり CT よりも大きいなど、MRI による病巣の検出能が CT よりも優れていることが判明した。以下代表例を呈示する。

症 例

(a) まず MRI における病巣が CT よりも明瞭に認められた 2 症例を呈示する。

〈症例 1〉 35歳、男性 (Fig. 1)

本例は転倒した後頭部を打撲し当科受診となった。CT では interhemispheric fissure に SAH を認めたが、artifact のため前頭蓋底部の病変は不明瞭であった。翌日の MRI では同部は T1 WI にて iso-intensity であったが、T2 WI にて HIA を呈し、intracerebral traumatic lesion として明瞭に捉えられた。第7病日の MRI にて同部は T1 WI および T2 WI でともに HIA を呈し、hemorrhagic lesion と考えられたが、CT では同病変を明瞭に捉えることができなかった。

〈症例 2〉 62歳、女性 (Fig. 2)

本例は風呂場で転倒して後頭部を強打し、意識消失を伴い当科へ搬入された。CT 上左側頭葉の脳挫傷および It sylvian and interhemispheric fissures に SAH を認めたが、右前頭葉には病巣は認められなかった。一方同日に施行された MRI では右前頭葉に明瞭な traumatic lesion が認められた。この lesion は翌日の CT においても認められなかったが、その後の follow up CT にて LDA として出現した。

(b) つぎに intracerebral traumatic lesion が MRI にて認められたが CT では認められなかった 3 症例を呈示する。

〈症例 3〉 14歳、女性 (Fig. 3)

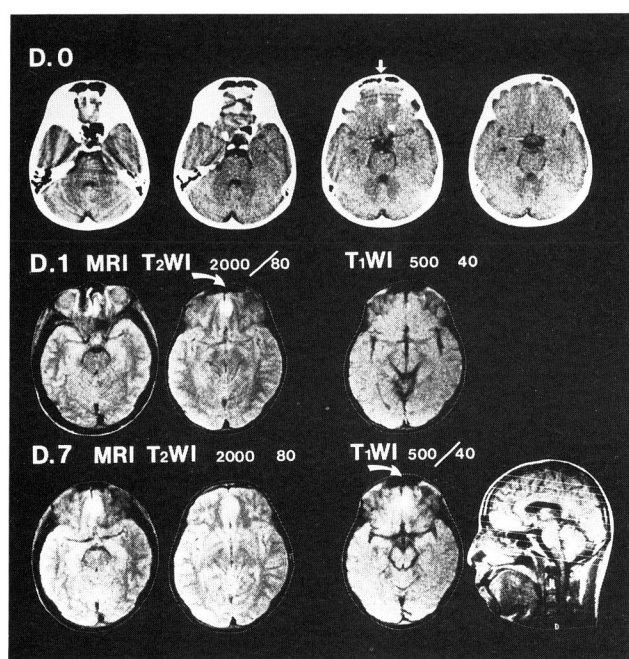


Fig.1 Case 1 : CT scan demonstrated subarachnoid hemorrhage in the interhemispheric fissure, but a lesion of the frontal lobe base was not clear because of bony artifact on Day 0. T2 weighted image revealed high intensity area in the bilateral frontal lobe base, but T1 weighted image did not demonstrate those lesions on day 1. Both T1 weighted image and T2 weighted image on day 7 demonstrated those lesions as high intensity area indicating intracerebral traumatic lesions with hemorrhagic component, but those lesions were not shown on serial CT (not presented).

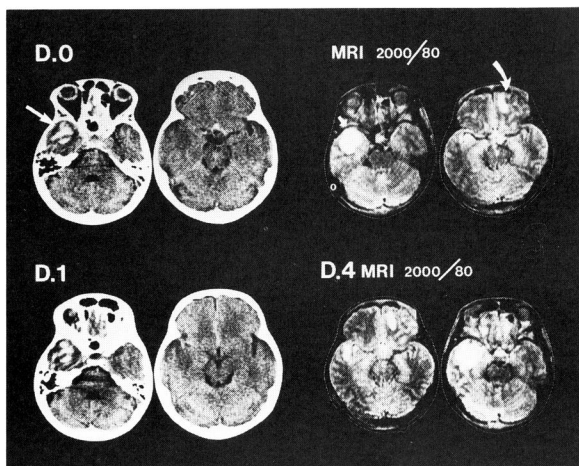


Fig.2 Case 2 : CT scan demonstrated contusional hematoma in the left temporal lobe and subarachnoid hemorrhage in the left sylvian and interhemispheric fissures, but T 2 weighted image revealed intracerebral traumatic lesion in the right frontal lobe on Day 0, CT scan on Day 1 did not demonstrate right frontal lesion, but this lesion was shown as low density area on serial CT (not presented) .

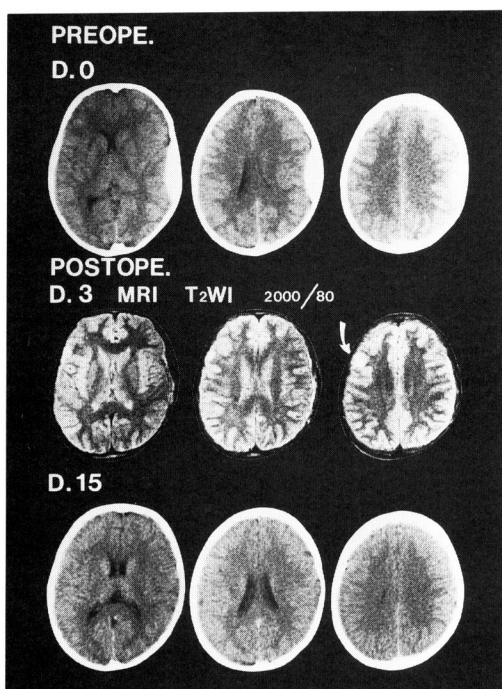


Fig.3 Case3 : CT scan demonstrated epidural hematoma in the right temporo-parietal region, this hematoma was evacuated surgically on day 0. T 2 weighted image on Day 3 revealed intracerebral traumatic lesion in the left frontal lobe. This lesion was not demonstrated on serial CT.

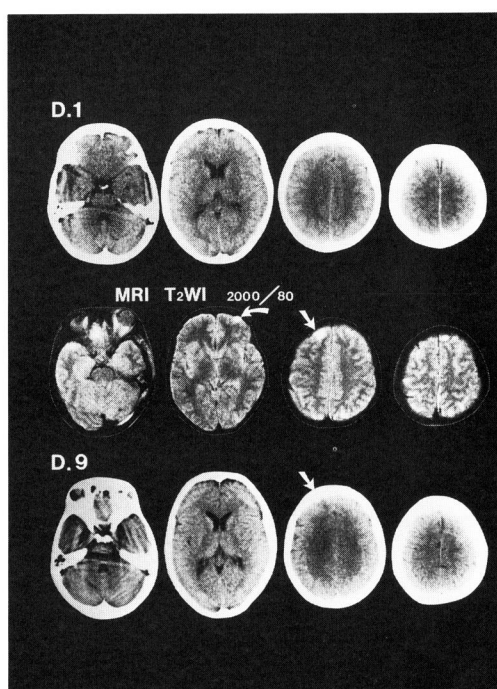


Fig.4 Case4 : CT scan demonstrated subarachnoid hemorrhage in the left sylvian fissure, T 2 weighted image revealed intracerebral lesions in the bilateral frontal lobes on day 1 . Serial CT demonstrated high density area in the left frontal lobe, but no lesion in the right frontal lobe.

本例は交通外傷にて意識消失を伴い当科に搬入された。CTにて右側頭頭頂部に急性硬膜外血腫を認め同日開頭術にて血腫除去が行われた。翌日のCTでは脳内に異常を認めなかったが、第3病日のMRI T2WIにて左前頭葉にtraumatic lesionが出現した。しかし、その後のfollow up CTにて同病変の出現は捉えられなかった。

〈症例4〉41歳、女性 (Fig. 4)

症例は交通外傷による意識障害にて当科に搬入された。CT上lt sylvian fissureにSAHを認めたが、翌日のCTにおいてもcerebral contusionの出現は認めなかった。しかし、第1病日のMRI T2WIにて両側前頭葉に多数のtraumatic lesionを認めた。尚、その後のfollow up CTでは左前頭葉にHDAと

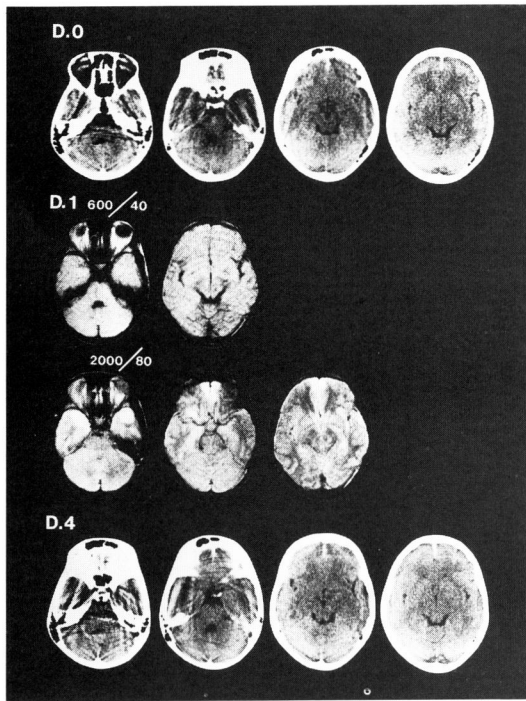


Fig.5 Case5 : CT scan on Day 0 demonstrated only subarachnoid hemorrhage in the interhemispheric fissure, T 2 wighted image on Day 1 revealed intracerebral traumatic lesions in bilateral frontal and temporal lobes. CT scan on Day 4 demonstrated low density area in the right temporal lobe, but other lesions were not shown on serial CT.

して contusional area を認めたものの、右前頭葉には traumatic lesion の出現はみられなかった。

〈症例5〉36歳、女性 (Fig. 5)

本例は階段から転落した後頭部を打撲した症例である。CTにて interhemispheric fissures に SAH を認めるのみであったが、同日の MRI T 2 WI にて両側前頭葉および側頭葉に traumatic lesion を認めた。これらの intracerebral traumatic lesion のうち、右側頭葉の lesion は CT 上 LDA として出現したが、その他の lesion は後日の follow up CT においても捉えることができなかった。

以上の結果より CT と MRI を比較すると、MRI は CT では十分に捉えることができない intracerebral traumatic lesion をも検出することが可能で、軽症頭部外傷例のスクリーニングとして MRI の有用性が示された。

考 察

頭部外傷患者の頭蓋内病変に対する検査法としては感受性や特異性が高いこと、治療方針の決定に際して有用な解剖学的情報を提供すること、正確な予後の判定が可能であること、また簡便で安全に検査が施行できることなどの条件を満たすものが望ましい¹⁰⁾。これまで外傷性頭蓋内病変の診断に際しては主にCTが用いられ、大きな役割を果たしてきた^{7) 18) 29) 31)}が、必ずしも十分な診断法とは言い難い。

特に急性期においては臨床症状とCT所見に discrepancy を認めることが多く^{18) 19) 20) 21) 30)}、巣症状が存在しても、これに関連する病巣を必ずしも検出することができなかった。また、剖検や病理学的検索によってもCT診断は神経外傷に対し比較的感受性が低いといわれてきた^{2) 6)}。特にCTでは小さな non-hemorrhagic lesion の検出能が低い、その理由としてはこれらの lesion と正常脳組織の X線減衰の差が小さいために、コントラストが付きにくいことによると考えられている¹⁰⁾。したがってCT診断のみでは non-hemorrhagic lesion が検出されにくい、脳の障害の拡がり確認されないまま、治療方針が決定される場合がある¹⁰⁾。CT は頭蓋内血腫除去などの外科的治療を決定するには有用であるが^{7) 18) 29) 31)}、予後の判定には不十分で、その場合には臨床症状に頼らざるを得ない^{24) 30)}。

近年MRIの普及により、MRI はCTよりもあらゆる外傷性病変の検出能が高いとの報告がみられるようになった^{8) 9) 10) 11) 12) 13) 15) 19) 22) 24) 27) 28) 30) 31)}。硬膜下水腫や慢性硬膜下血腫なども CT 上 isodensity を示すものは造影剤を使用すると検出可能とされているが^{3) 16)}、MRI では脳表とのコントラストがより明瞭で容易に診断可能である^{12) 22) 27)}。また限局性の急性硬膜外血腫や急性硬膜下血腫で頭蓋底部や後頭蓋窩に局在するものは、CT では検出できないことがあるが、MRI では骨の artifact を受けず、組織感受性が

高く、任意の断層像が得られるため高率に検出が可能であると言われている⁵⁾⁹⁾²⁴⁾。さらに Han ら¹²⁾は MRI 上、両血腫を識別するためには flow void phenomenon にて描出される superficial cerebral vein や rim of low signal intensity として描出される dura matter が指標になるとしている。

Intracerebral traumatic lesion に関しては、最近、超伝導型 MRI による検出能を CT と比較検討し、MRI の有用性が報告されるようになった¹⁰⁾¹¹⁾¹³⁾¹⁵⁾²⁴⁾³⁰⁾。Hesselink ら¹³⁾は 17 例における 98 の brain contusion について検討しているが、MRI における検出能は 98% であるのに対し、CT におけるそれは 56% で MRI は明らかに CT より brain contusion の検出能が高いとしている。しかし、hemorrhagic component を伴うものでは CT における検出能は 77% であるのに対し、MRI のそれは 71% とむしろ CT の方がわずかに検出能が高いと報告している。そして CT は急性期頭部外傷に有用であるが、MRI は亜急性期や慢性期の頭部外傷患者に対するスクリーニングに適していると結論している。Gentry ら¹⁰⁾は 40 例の頭部外傷患者に対し prospective に CT と MRI を施行し、traumatic lesion の検出能を検討しているが、hemorrhagic lesion では CT および MRI はともに検出率が高いが、non-hemorrhagic lesion では MRI が明らかに検出率が高く、病巣の検出には T2WI が有用で、T1WI は解剖学的局在を知る上で有用であるとしている¹¹⁾。しかし、SAH に関してはむしろ CT の方が検出能が高い²⁴⁾と報告している。また、CT は検査時間が短いため、早急に外科的治療を必要とする患者においては CT の方が有用である¹³⁾³⁰⁾としている。一方 Kelly ら¹⁵⁾は CT および MRI の施行された 100 例の頭部外傷患者について retrospective に検討し、MRI は CT より病巣の検出能が高いが、acute hemorrhagic lesion ではむしろ CT の方が検出能が高かったことから、急性期軽症頭部外傷や亜急性期、慢性期の患者には MRI が施行されるべきであるが、急性期重症頭部外傷例に対しては、まず、CT を施行すべきであるとしている。

今回我々は永久磁石型 MRI を用いて、軽症頭部外傷の急性期例を検討した結果、MRI の撮像時に患者が restless であったり、嘔吐したりした場合には若干の制約を受けるものの²⁸⁾、MRI は CT よりも脳内病変の検出能が高く有用であると考えられた。特に MRI にて検出された intracerebral traumatic lesion の内 50.6% は CT にて異常所見を捉えることができず、MRI は明らかに CT よりも病変の検出能が

高く、軽症頭部外傷例に対しては MRI によるスクリーニングが必要であると考えられた。超伝導型 MRI では SAH の検出能が CT より劣るとする報告¹⁰⁾²⁴⁾がみられるが、低磁場である永久磁石型の MRI では T2WI において髄液は relative HIA を示し、SAH は明瞭な HIA を呈することから、その判別はむしろ容易であり、SAH の検出能は CT と同程度と考えられた。また、MRI のみで検出された病変の多くは non-hemorrhagic lesion であり、このような病変の検出に際し MRI 特に T2WI は CT より優れていると考えられた¹⁰⁾¹¹⁾¹³⁾¹⁵⁾²⁴⁾。一方、MRI によって得られた情報により手術適応が決められることはなかったが、保存的治療を行う上での指標として有用¹⁰⁾³⁰⁾と考えられた。これまで MRI は亜急性期や慢性期の頭部外傷患者における病巣の検索や評価には有用であるが、急性期の患者においてはむしろ CT が有用であるとする報告¹³⁾²⁴⁾³⁰⁾がみられるが、軽症例に限れば急性期においても MRI の方が有用と考えられた。また、MRI では T1WI と T2WI の経時的検討より浮腫や hemorrhagic lesion の staging などに関する情報が得られるため⁸⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁷⁾²²⁾²⁷⁾³⁰⁾、traumatic lesion の病理組織学的変化の検討に際しても有益な情報を与えるものと考えられた。

結 論

- 1) 軽症頭部外傷 154 例を対象とし、受傷より 72 時間以内に CT および MRI を施行し、急性期における MRI の有用性について検討した。
- 2) 受傷より 72 時間以内の MRI にて intracerebral traumatic lesion の所見が認められた 77 病変 (39 例) 中、39 病変 (24 例) (50.6%) では、同時期の CT にて異常所見が捉えられなかった。
- 3) CT および MRI でともに intracerebral traumatic lesion を認めた 38 病変 (15 例) では、MRI においてより明瞭な lesion が捉えられた。
- 4) CT で検出することが可能であった intracerebral traumatic lesion 38 病変 (15 例) は MRI で検出できた 77 病変 (39 例) のうちの 49.4% 相当と全体の半数程度しかなく、急性期頭部外傷例における intracerebral traumatic lesion の診断においては、MRI が CT よりも病変の検出能が高く有用と考えられた。
- 5) 今後、頭部外傷例の治療および経過観察などに際して、MRI によるスクリーニングが必要であると考えられた。
- 6) MRI による intracerebral traumatic lesion は全

て T2WI において捉えられ、T1WI のみで検出される例はなかったが、T1WI と T2WI の経時的検討は外傷による脳挫傷、浮腫、出血、shearing injury など脳内に生ずる病理組織学的変化の解明に役立つと考えられた。

文 献

- 1) 安里令人, 伊藤春海, 藤沢一朗, 中野善久, 鳥塚莞爾, 半田 肇: 脳血管障害 MR 画像診断の初期経験. 日獨医報 30: 599-613, 1985
- 2) Adams JH, Graham DI, Murray LS, Scott G: Diffuse axonal injury due to non-missile head injury in humans: an analysis of 45 cases. *Ann Neurol* 12: 557-563, 1982
- 3) Amendola MA, Ostrum BJ: Diagnosis of isodense hematomas by computed tomography. *Am J Roentgenol* 129: 693-697, 1977
- 4) Brant-Zawadzki M, Davis PL, Drooks LE, Mills CM, Norman D, Newton TH, Sheldon P, Kaufman L: NMR demonstration of cerebral abnormalities: Comparison with CT. *AJNR* 4: 117-124, 1983
- 5) Bydder GM, Steiner RE, Young IR, Hall AS, Thomas DJ, Marshall J, Pallis CA, Legg NJ: Clinical NMR imaging of the brain: 140 cases. *AJNR* 3: 459-480, 1982, *AJR* 139: 215-236, 1982
- 6) Cooper PR, Maravilla K, Kirkpatrick J, Moody SF, Sklar FH, Diehl J, Clark WK: Traumatically induced brain stem hemorrhage and the computerized tomographic scan: Clinical, pathological, and experimental observations. *Neurosurgery* 4: 115-124, 1979
- 7) French BN, Dublin AB: The value of computerized tomography in the management of 1000 consecutive head injuries. *Surg Neurol* 7: 171-183, 1977
- 8) 福田 修, 佐藤秀次, 鈴木 尚, 遠藤俊郎, 高久 晃: 頭部外傷例における MRI 所見の検討—経時的変化および X線 CT との比較—CT 研究 10: 411-416, 1988
- 9) Gandy SE, Snow RB, Zimmerman RD, Deck MDF: Cranial nuclear magnetic resonance imaging in head trauma. *Ann Neurol* 16: 254-257, 1984
- 10) Gentry LR, Godersky JC, Thompson B, Dunn VD: Prospective comparative study of intermediate-field MR and CT in the evaluation of closed head trauma. *AJNR* 9: 91-100, 1988
- 11) Gentry LR, Godersky JC, Thompson B: MR imaging of head trauma: Review of the distribution and radiopathologic features of traumatic lesions. *AJNR* 9: 101-110, 1988
- 12) Han JH, Kaufman B, Alfidi RJ, Yeung HN, Benson JE, Haaga JR, Yousef SJE, Clappitt ME, Bonstelle CT, Huss R: Head trauma evaluated by magnetic resonance and computed tomography: A comparison. *Radiology* 150: 71-77, 1984
- 13) Hesselink JR, Dowd CF, Hajek P, Baker LL, Luerssen TG: MR imaging of brain contusions: A comparative study with CT. *AJNR* 9: 269-278, 1988
- 14) 稲尾意秀, 古瀬和寛, 佐生勝義, 吉田和雄, 茂木禮昌, 金桶吉起, 井沢 章: 頭部外傷例におけるプロトン緩和時間値 T1 の経時的変化とその意義. *Neurol Med Chir* 27: 1039-1045, 1987
- 15) Kelly AB, Zimmerman RD, Snow RB, Gandy SE, Heier LA, Deck MDF: Head trauma: Comparison of MR and CT-Experience in 100 patients. *AJNR* 9: 699-708, 1988
- 16) Kim KS, Hemmati M, Weinberg PE: Computed tomography in isodense subdural hematoma. *Radiology* 128: 71-74, 1978
- 17) Langfitt TW, Obrist WD, Alavi A, Grossman RI, Zimmerman R, Jaggi J, Uzzell B, Reivich M, Patton DR: Computerized tomography, magnetic resonance imaging, and positron emission tomography in the study of brain trauma. Preliminary observations. *J Neurosurg* 64: 760-767, 1986
- 18) Lanksch W, Grumme T, Kazner E: Correlations between clinical symptoms and computerized tomography findings in closed head injuries. In: Frowein RS, Wilcke D, Karimi-Nejad A, Brock M, Klinger M, eds. *Advances in neurosurgery. Vol5: Head injuries. Tumors of the cerebellar region.* Berlin: Springer-Verlag, 27-29, 1978
- 19) Levin HS, Handel SF, Goldman AM, Eisenberg HM, Guinto FC: Magnetic resonance imaging after diffuse nonmissile head injury. A neurobehavioral study. *Arch Neurol* 42: 963-968, 1985
- 20) Levin HS, Amparo E, Eisenberg HM, Williams DH, High WM, Mcardle CB, Weiner RL: Magnetic resonance imaging and computerized tomography in relation to the neurobehavioral sequelae of mild and moderate head injuries. *J Neurosurg* 66: 706-713, 1987
- 21) Perrone P, Porazzi D, Ricotta E, Secchi P, Rovetta P: Brain contusion in minor cranial trauma. *Ital J Neurol Sci* 6: 43-45, 1985
- 22) Sipponen JT, Sepponen RE, Sivula A: Chronic subdural hematoma: Demonstration by magnetic resonance. *Radiology* 150: 79-85, 1984
- 23) Sipponen JT, Sepponen RE, Tantturi JI, Sivula A: Intracranial hematomas studied by MR imaging at 0.17 and 0.02T. *J Comput Assist Tomogr* 9: 698-704, 1985
- 24) Snow RB, Zimmerman RD, Gandy SE, Deck MDF: Comparison of magnetic resonance imaging and computed tomography in the evaluation of head injury. *Neurosurgery* 18: 45-52, 1986
- 25) Spetzler RF, Zabramski JM, Kaufman B: Clinical role of magnetic resonance imaging in the neurosurgical patient. *Neurosurgery* 16: 511-524, 1985
- 26) 多田信平, 関谷 透, 畑 雄一, 山口 学: 核磁気共鳴画像—その診療の状況—臨放 29: 741-751, 1984
- 27) Young IR, Bydder GM, Hall AS, Steiner RE, Worthington BS, Hawkes RC, Holland GN, Moore WS: Extracerebral collections: Recognition by NMR imaging.

AJNR 4 : 833-834, 1983

- 28) 横山俊一, 中村克己, 山本征夫, 藤元登四郎, 岡田明彦, 朝倉哲彦, 井形昭弘 : 頭部外傷例の NMR-CT 像について. CT研究 6 : 639-644, 1984
- 29) Zimmerman RA, Bilaniuk LT, Gennarelli T : Computed tomography of shearing injuries of the cerebral white matter. Radiology 127 : 393-396, 1978
- 30) Zimmerman RA, Bilaniuk LT, Hackney DB, Goldberg HI, Grossman RI : Head injury : Early results of comparing CT and high field MR. AJNR 7 : 757-764, 1986
- 31) Zimmerman RD, Danziger A : Extracerebral trauma. Radiol Clin North Am 20 : 105-121, 1982