



Title	錐体路waller変性のMRI
Author(s)	今井, 迅; 曽根, 働輔; 酒井, 文和 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1991, 51(4), p. 357-364
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17527">https://hdl.handle.net/11094/17527</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 錐体路 waller 変性の MRI

1) 信州大学医学部放射線医学教室

2) リハビリテーションセンター鹿教湯病院脳神経外科

3) 同 内科

今井 迅<sup>1)</sup> 曾根 倭輔<sup>1)</sup> 酒井 文和<sup>1)</sup>

青木 純<sup>1)</sup> 春日 敏夫<sup>1)</sup> 小口 和浩<sup>1)</sup>

谷崎 義生<sup>2)</sup> 宮武 正樹<sup>2)</sup> 大木 弘行<sup>3)</sup>

(平成2年2月13日受付)

(平成2年8月6日最終原稿受付)

### MR Evaluation of Wallerian Degeneration of the Pyramidal Tract

Shun Imai<sup>1)</sup>, Shusuke Sone<sup>1)</sup>, Fumikazu Sakai<sup>1)</sup>, Jun Aoki<sup>1)</sup>, Toshio Kasuga<sup>1)</sup>, Kazuhiro Oguchi<sup>1)</sup>, Yoshio Tanizaki<sup>2)</sup>, Masaki Miyatake<sup>2)</sup> and Hiroyuki Ooki<sup>3)</sup>

1) Department of Radiology, Shinshu University School of Medicine

2) Department of Neurosurgery, Kakeyu Hospital

3) Department of Internal Medicine, Kakeyu Hospital

---

Research Code No. : 503.9

---

Key Words : *Pyramidal tract, Wallerian degeneration,  
Magnetic resonance imaging*

---

This study is based on 135 magnetic resonance (MR) exams of 110 patients with wallerian degeneration of the pyramidal tract shown on MR images acquired on a mid field imaging scanner. The MR findings of wallerian degeneration were abnormal signal band along the course of the pyramidal tract and ipsilateral brain stem shrinkage. In all 110 cases an abnormal signal band was seen on T2-weighted spin-echo images, that is, a hypointense band in four exams between 30 days and 116 days after onset of symptoms, and hyperintense bands in 122 exams. The hyperintense signal on T2-weighted images was shown in most cases after 200 days from the onset. In one case a signal of the pyramidal tract showed a hyperintense band at 7 days, hypointense at 30 days, and hyperintense again at 123 days after onset. Sequential MR exams of another case showed gradual narrowing of the hyperintense signal band and progression of the ipsilateral brainstem shrinkage. The narrowing of the pyramidal tract and the ipsilateral brain stem shrinkage tended to be shown after 6 months from onset.

MR findings of wallerian degeneration of the pyramidal tract may be divided into the following four stages; 1: pyramidal tract is isointense or occasionally hyperintense on T2-weighted image within about 1 month from onset, 2: pyramidal tract is hypointense on T2-weighted image between about 1 to 3 months, 3: pyramidal tract is hyperintense on T2-weighted images and no pyramidal tract narrowing or brain stem shrinkage is shown after about 3 months from onset, and 4: narrowing of the pyramidal tract and ipsilateral brain stem shrinkage are evident after about 6 months.

### はじめに

神経細胞や神経線維が傷害されると、これより遠位側の神経線維に2次的な変性と脱髓を生じ、この現象はwaller変性あるいはanterograde degenerationと称されている<sup>1)</sup>。臨床的には、種々の神経疾患に伴ってwaller変性が出現し、これについてのX線CT像やMRI像の所見が、主要な下行伝導路のひとつである錐体路などについて報告されてきた<sup>2)~11)</sup>。そして、このwaller変性の経時的変化については、実験動物における病理学的あるいは組織化学的検討は詳しく行なわれてきたが、画像診断的には未だ十分とはいえないと思われる<sup>12)~16)</sup>。そこで今回我々は、waller変性のMRI像の所見を、その経時的变化と共に検討したのでその結果を報告する。

### 対象および方法

対象は、1987年9月より1988年10月までにリハビリテーションセンター鹿教湯病院で頭部MRI検査を受け、錐体路にwaller変性が認められた110例である。年齢は12歳から86歳、平均58.2歳で、性別は、男性76例、女性34例である。原疾患の内訳は、脳梗塞59例、脳内出血47例、脳腫瘍術後1例、脳動静脈奇形1例、多発性硬化症2例であり、全例が片麻痺を示していた。この中の麻痺発症日時不明の4例は、MRI所見の経時的变化の検討対象から除外した。

使用したMRI装置は、横河メディカル社製0.5テスラ超電導型装置(Resona)である。通常は横断像および冠状断像をスピノエコー法にて撮像した。スキャンパラメータは、T1強調画像については、TR 600ms/TE 25ms、T2強調画像については、TR 2000ms/TE 100msである。スライス厚は10mmまたは5mmで、スライス間隙は1mmである。110症例に対して計135回のMRI検査が施行されたが、T2強調画像は全例に、T1強調画像は134回の検査で撮像された。

waller変性については、横断あるいは冠状断のMRI像において、錐体路の走行に一致して、内包後脚から橋中部まで連続した異常信号が認められるもの、あるいは大脳脚および橋の片側性萎縮が認められるものを陽性と判定した。そして全対象

Table 1 MR signal intensity of the pyramidal tract

Signal intensity	T1-WI*	T2-WI**
hyperintense	0	126
hypointense	7	4
not abnormal	127	5
total	134	135

\* : T1-weighted images (TR 600ms/TE 25ms)

\*\* : T2-weighted images (TR 2,000ms/TE 100ms)

Table 2 Brain stem shrinkage shown on MR images

Brain stem shrinkage	Nr.* of exams
+	81
-	54
total	135

\* : Number

について、上記部分における異常信号の性状や萎縮の有無を検討した。麻痺発症日時の明らかな106例では、MRI所見を発症後の経過期間との関係で検討した。対象110例中MRIで経過を追跡できた2例では、MRI所見の経時的变化を検討できた。

### 結果

waller変性による異常信号は、110例に施行したMRI検査135回中、T2強調画像では低信号として4回、高信号として126回に認められ、残りの5回は異常信号を認めなかった。T1強調画像では、低信号として7回に認められ、残りの127回では異常信号を認めず、高信号を示す例はなかった(Table 1)。同側の大脳脚から橋にかけての萎縮像は81回に認められた(Table 2)。

異常信号域は、横断像と冠状断像のいずれにおいても認められたが、冠状断像では放射冠から脳幹にいたる連続した異常信号域として描出され、観察が容易であった(Fig. 1)。

麻痺発症日時の明らかな106例のMRI検査は131回行われて、発症から検査までの期間は最短1日、最長20年、平均535日であった。MRI像で異常信号が認められるまでの最長期間は201日で、従っておよそ200日以後には全例でT2強調画像において高信号が示された。T2強調画像で低信号を呈した4例の発症から検査までの期間は30日から116日で、この4例中の3例ではT1強調画像でも

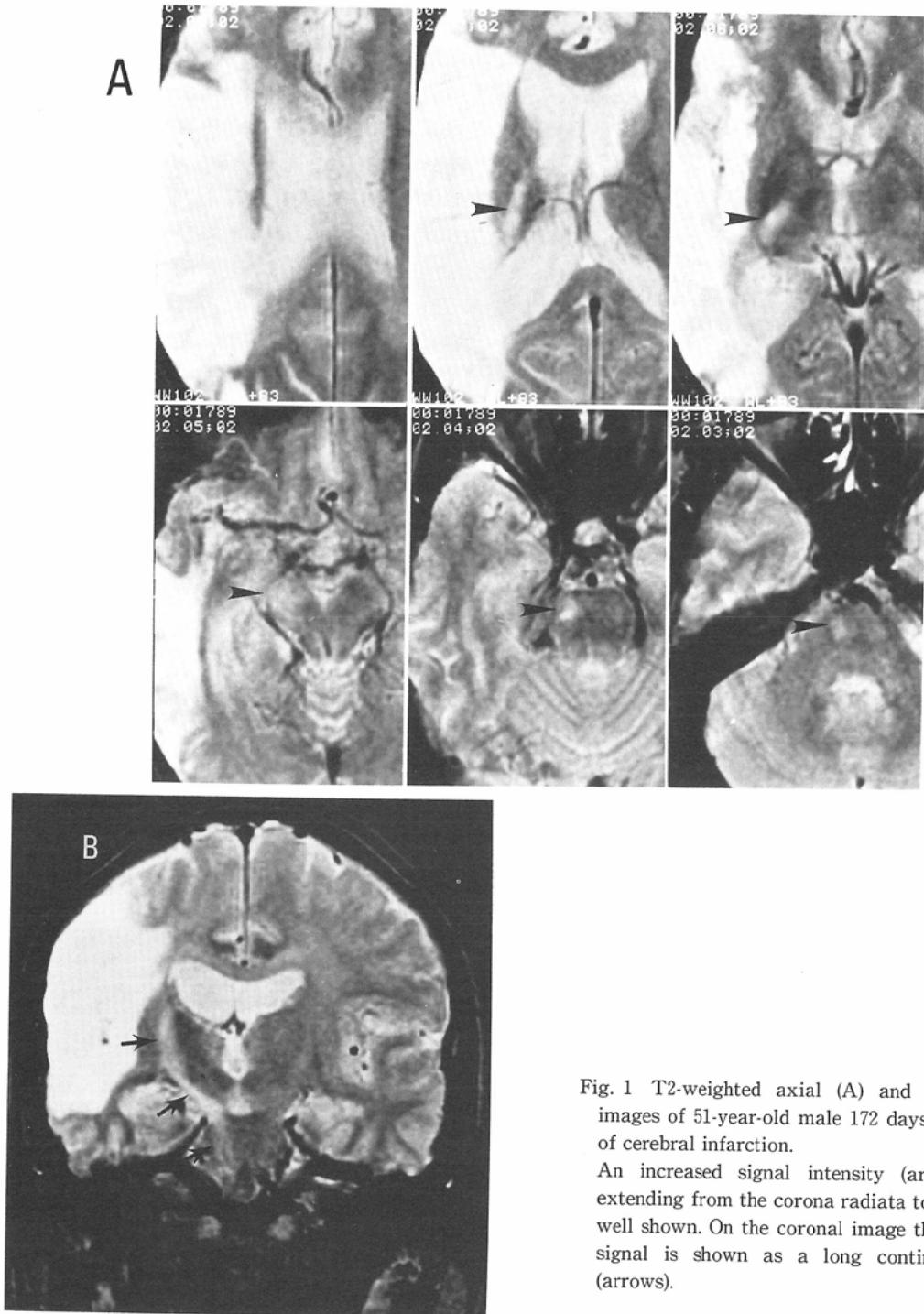


Fig. 1 T2-weighted axial (A) and coronal (B) images of 51-year-old male 172 days from onset of cerebral infarction.

An increased signal intensity (arrow heads) extending from the corona radiata to the pons is well shown. On the coronal image the increased signal is shown as a long continuous band (arrows).

低信号を呈していた。4例全例が後のMRI検査においてはT2強調画像で高信号を呈していた。一般的には、ほとんどの例において1カ月以後に

はT2強調画像で低信号あるいは高信号が、そして3カ月以後には高信号が生じるとみなされた(Fig. 2)。

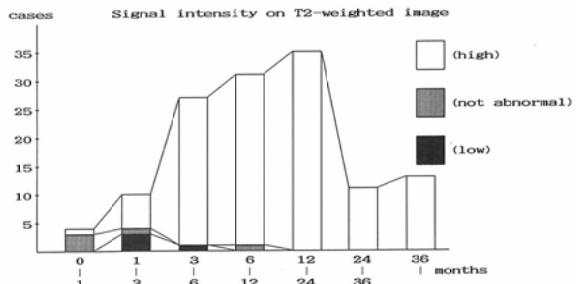


Fig. 2 Relationship between the signal intensity on T2-weighted images and duration from the onset of symptoms.

発症後早期からMRI検査を経時的に施行できた2例中1例において、錐体路のT2強調画像における信号強度をみると、7日後では高信号を示し、30日後には低信号、123日以後には再び高信号を呈した。T1強調画像では、30日後には低信号を呈したが、7日後および123日以後は異常信号を呈さなかった(Fig. 3)。残りの1例においてT2強調画像における錐体路の高信号を経時的に観察すると、発症後154日から184日かけて、高信号は幅広くなり、233日、319日、520日と経過するにつれ、幅は狭くなる傾向を示した。患側の大脳脚の萎縮幅は233日以後に認められ、次第に強くなる傾向を示

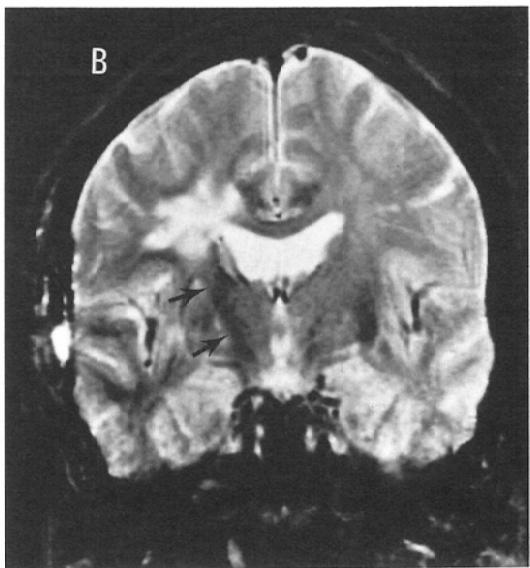
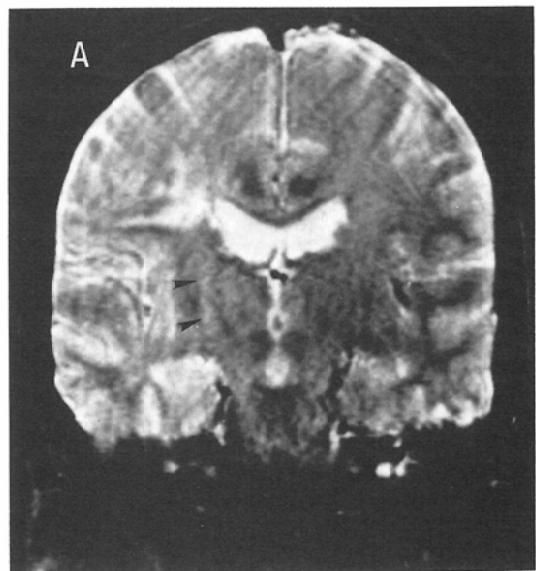
した(Fig. 4)。

患側錐体路の幅を健側と比較し、これを経過期間との関連でみると、131回の検査のうち幅の狭いものは65回で、経過期間は最短142日、最長20年、平均885日であった。同等の幅のものは66回で、経過期間は最短1日、最長1007日、平均191日であった。6カ月以後の90回の検査についてみると、64回で幅が狭く、およそ6カ月以後で幅の狭い傾向を示した(Fig. 5)。

大脳脚や脳幹の萎縮の有無と発症後の経過期間の関連をみると、萎縮を認めたものは81回で、経過期間は、最短109日、最長20年、平均768日であった。萎縮を認めなかつたものは50回で、経過期間は最短1日、最長694日、平均158日であった。6カ月以後の90回の検査のうち75回で萎縮が認められた。これは錐体路の幅と経過期間の関係とほぼ平行しており、およそ6カ月以後に萎縮像が認められるといえる(Fig. 6)。

#### 考 察

1850年にWallerにより神経の切断後にその末梢軸索に2次的な変性がおこることが報告されて以来、軸索あるいは神經細胞の障害に続発した遠位側神經線維の変性がwaller変性あるいはanterograde degenerationとして認識されている<sup>1)17)</sup>。



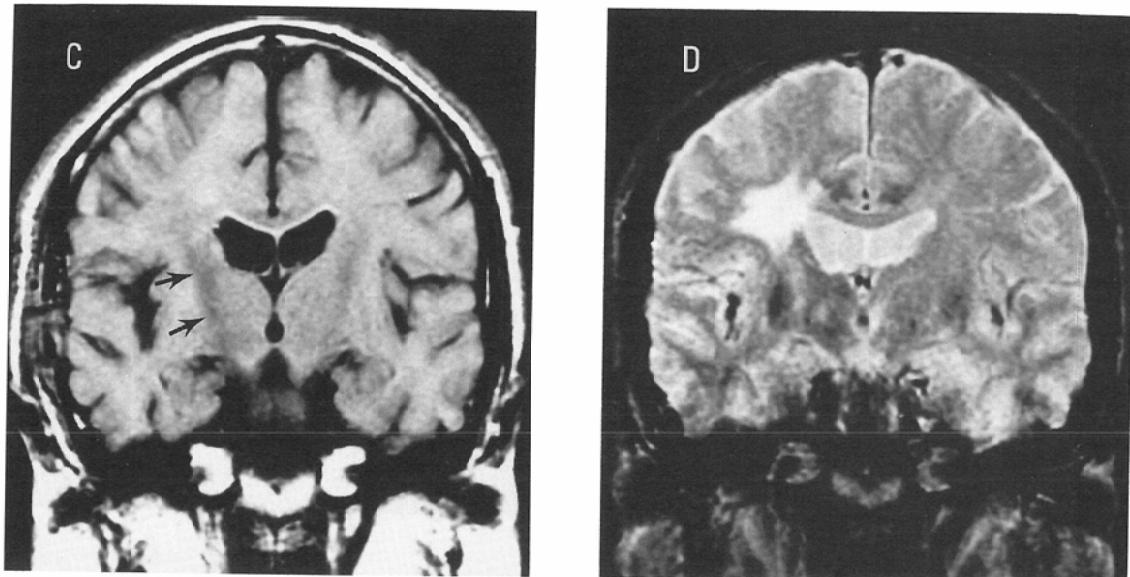


Fig. 3 Sequential MR exams of a 64-year-old male with cerebral infarction

A : T2-weighted spin-echo (SE) image at 7 days from onset shows a long band of increased signal intensity along the right pyramidal tract (arrow heads).

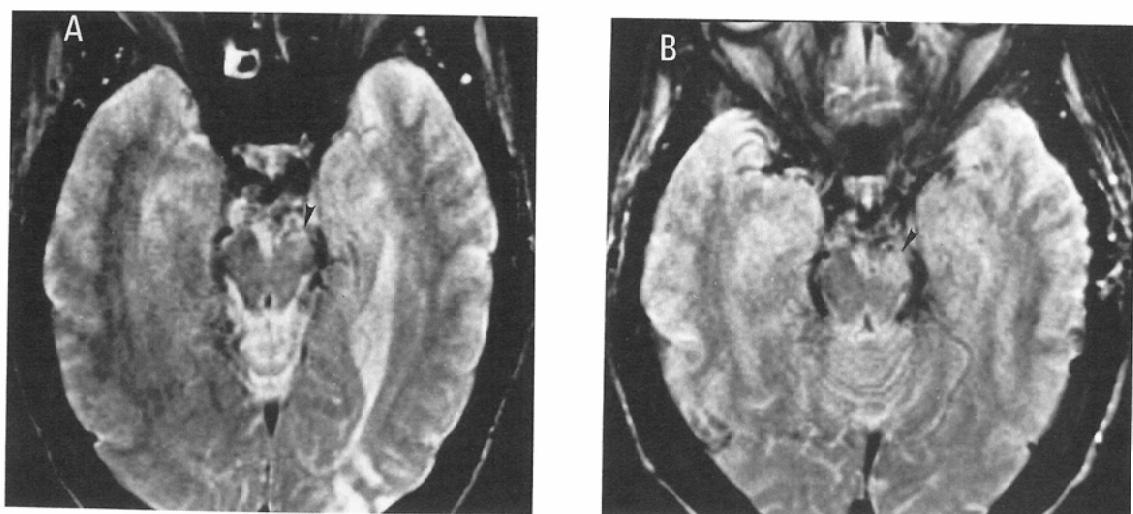
B, C: T2-weighted (B) and T1-weighted (C) SE images at 30 days after onset show a decreased signal on both T2-weighted and T1-weighted SE images (arrows).

D: T2-weighted SE image at 123 days after onset shows the signal of the right pyramidal tract became hyperintense again.

X 線 CT では、錐体路の waller 変性は、錐体路を含む病変に続発して脳幹部の片側性萎縮として描出される。ときには錐体路の走行に一致した低吸収域が示されることもある<sup>2)~5)</sup>。脳幹の萎縮は、

発症からの経過時間が長いほど、また皮質の障害が強いほど著しいといわれる<sup>3)4)</sup>。

MRI では錐体骨からのアーチファクトがなく、脳幹の萎縮像が X 線 CT よりも明瞭に描出され



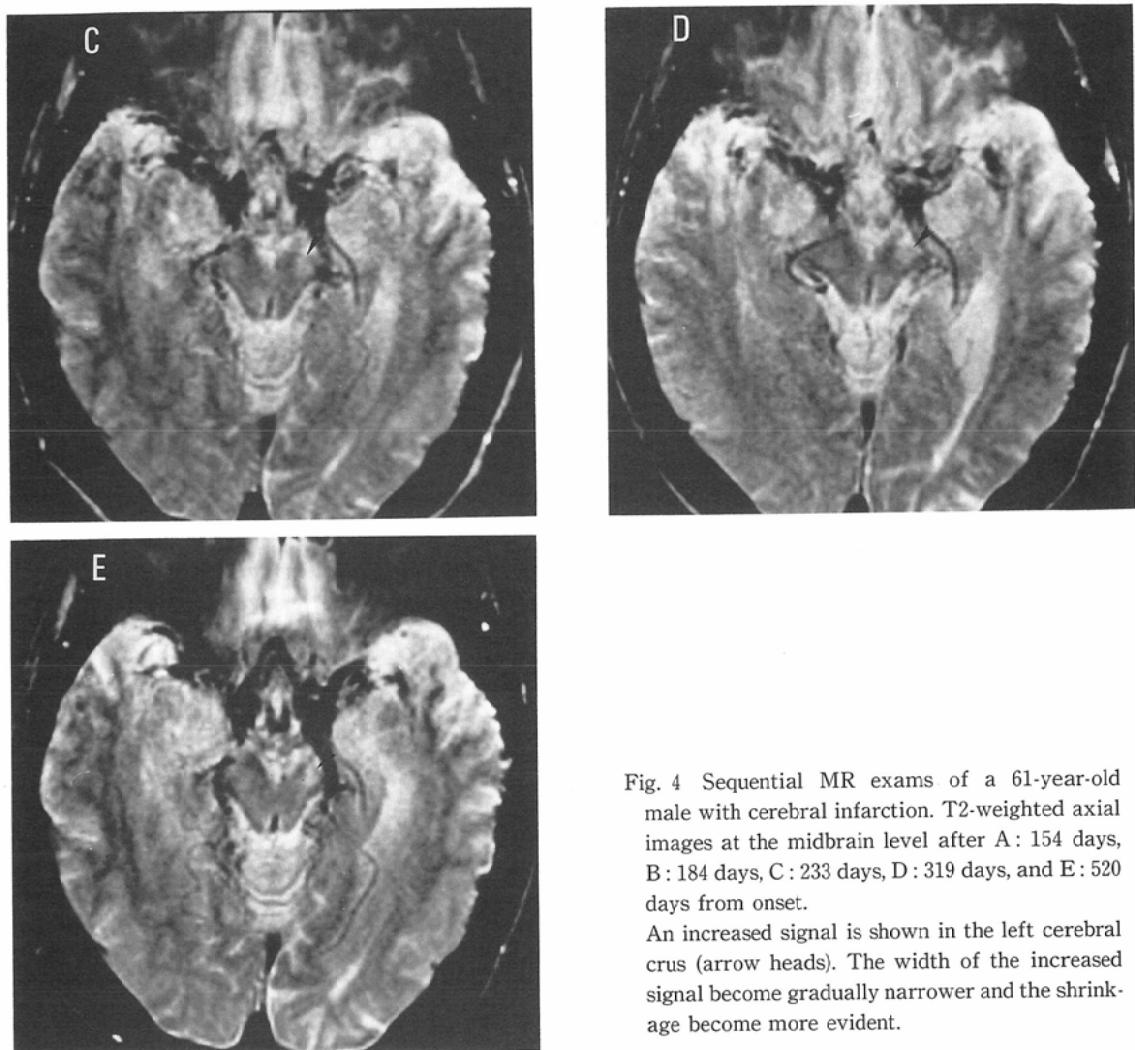


Fig. 4 Sequential MR exams of a 61-year-old male with cerebral infarction. T2-weighted axial images at the midbrain level after A : 154 days, B : 184 days, C : 233 days, D : 319 days, and E : 520 days from onset.

An increased signal is shown in the left cerebral crus (arrow heads). The width of the increased signal become gradually narrower and the shrinkage become more evident.

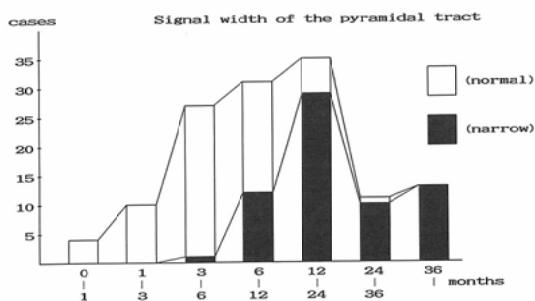


Fig. 5 Relationship between the width of the pyramidal tract shown on MR images and duration from the onset of symptoms. Narrowing of the pyramidal tract is seen as early as 142 days from onset.

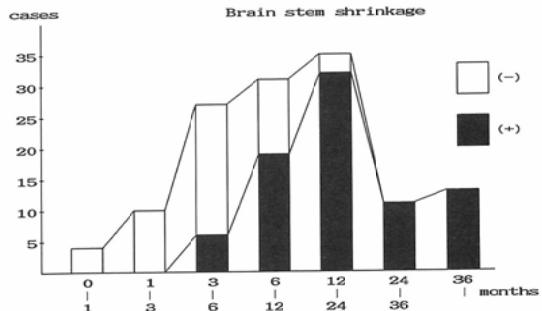


Fig. 6 Relationship between the presence of ipsilateral brain stem shrinkage and duration from the onset of symptoms. Shrinkage is seen as early as 109 days.

る<sup>7)8)</sup>。さらに萎縮を示さない時期にも緩和時間の変化により信号強度の変化として認められる<sup>18)~20)</sup>。すなわち神経障害の4週から14週の間にはT2強調画像で低信号を示し、これ以後ではT2強調画像で高信号、T1強調画像で低信号となるといわれる<sup>6)~9)</sup>。waller変性の病理学的な経過は動物の種類や年齢などにより進行速度が異なるが、(1)変性初期の物理的な軸索および髓鞘の崩壊、(2)髓鞘蛋白の分解、(3)髓鞘脂肪の分解、(4)崩壊産物の処理とグリオーシスの4段階に分けられる<sup>11)12)~16)</sup>。そしてT2強調画像において、先行する髓鞘蛋白分解による脂肪一蛋白比の上昇が低信号を、脂肪分解による脂肪一蛋白比の低下が高信号を起こさせると説明されている<sup>9)</sup>。Kuhnらはwaller変性のMRI所見を病理学的経過と対応させて、(1)発症4週未満の異常を示さない時期、(2)4週から14週のT2強調画像で低信号を示す時期、(3)14週以後のT2強調画像で高信号を示す時期、(4)数年後の脳幹の萎縮を示す時期の4期に分類している<sup>9)</sup>。

我々の検討では、T2強調画像において錐体路のwaller変性は、発症30日から116日の4例で低信号を呈し、およそ3カ月以後はほとんどの例が高信号を呈しており、Kuhnらの報告とほぼ一致した。しかし発症後3カ月未満に高信号を呈した例も少なくなく、発症から最長201日まで異常信号を呈さなかった例もあったことから、変性の進行速度には個人差が大きいと思われた。またT1強調画像で低信号を呈したのは134回の検査中7回であり、T2強調画像と比較すると異常信号の出現率は低く、異常信号による変性の確認にはT2強調画像が適していると思われた。

発症後の経時的变化については、発症からおよそ6カ月後には錐体路が狭くなり、ほぼ同時に脳幹の萎縮が認められるようになるので、従来脳幹の萎縮像から間接的に推定されてきた錐体路の萎縮を、MRIでは直接証明できると考えられる。

我々は、発症7日後のMRI T2強調画像において錐体路に高信号を呈した例を経験したが、従来このような例は報告されていない。アカゲザルにおける錐体路のwaller変性についての報告によ

ると、髓鞘の生化学的分解に関与するといわれる貪食細胞が、変性初期の物理的崩壊の時期にも一時に出現し、初期の軸索崩壊物質の処理や髓鞘の物理的な崩壊にも関与するとされており、変性の初期においてもMRI像において信号変化が起こり得ることが示唆される<sup>14)15)</sup>。また我々は、T2強調画像で低信号を認めた4例中3例において、T1強調画像でも低信号を認めたが、このような報告も従来はない。この場合にT2緩和時間の短縮がT1強調画像に影響した可能性もあるので、T1緩和時間の変化についても今後検討する必要があると思われる。

MRIは、臨床画像診断法の中で、waller変性をとらえるのに最も鋭敏で適当な手段であり、MRI所見と発現症状との比較による神經機能局在の検討にも応用されている<sup>21)</sup>。錐体路のwaller変性は、発症からおよそ1カ月でMRI像において信号強度の変化を示したことから、機能予後の推定にも役立つものと思われ、中枢神經系のMRI診断において重要な所見と考えられる。

### 結 語

1：錐体路のwaller変性は、MRI像において、(1)発症後約1カ月以内では異常信号を認めないか、ときに高信号、(2)約1カ月から3カ月の間ではT1強調画像とT2強調画像ともに低信号、(3)約3カ月以後ではT2強調画像で高信号、ときにT1強調画像でも低信号として認められ、(4)約6カ月以後には萎縮が起こり、次第に進行するという経時的な所見の変化が典型的であるが、個人差が大きかった。

2：発症後1カ月以内の変性初期にもT2強調画像で高信号を呈することがあった。

3：錐体路のwaller変性のMRI診断には、特にT2強調画像がすぐれていた。

稿を終わるにあたり、本研究に多大な御協力を頂いた中沢利隆技師をはじめ、鹿教湯病院放射線科各位に感謝いたします。

### 文 献

- 1) Duchen LW: Anterograde (wallerian) degeneration in the central nervous system. (In) Adams JH, Corsellis JAN, Duchen LW, ed: Greenfield's Neuropathology. 4th ed. 15-17,

- 1984, Edward Arnold, London
- 2) Stovring J, Fernando LT: Wallerian degeneration of the corticospinal tract region of the brain stem : Demonstration by computed tomography. Radiology 149 : 717-720, 1983
  - 3) 土屋一洋, 町田徹, 飯尾正宏: 天幕上の脳血管障害による脳幹の萎縮, CT 研究, 7: 281-284, 1985
  - 4) 内野晃, 前田文彦: フーラー変性の CT 像—脳血管障害による大脳脚の萎縮—, 臨放線, 31: 23-25, 1986
  - 5) 亀山茂樹, 藤井幸彦, 大塚顯, 他: CT による下行伝導路の Waller 変性の診断, CT 研究, 10: 301-305, 1988
  - 6) Cobb SR, Mehringer CM: Wallerian degeneration in a patient with Schilder disease : MR imaging demonstration. Radiology 162: 521-522, 1987
  - 7) Kuhn MJ, Johnson KA, Davis KR: Wallerian degeneration : Evaluation with MR imaging. Radiology 168: 199-202, 1988
  - 8) 山上達人, 原田昇, 後藤泰伸, 他: MRI における錐体路の変性, CT 研究, 10: 13-18, 1988
  - 9) Kuhn MJ, Mikulis DJ, Ayoub DM, et al: Wallerian degeneration after cerebral infarction : Evaluation with sequential MR imaging. Radiology 172: 179-182, 1989
  - 10) Schrodt JP, Edwards MK, Bognanno JR, et al: MR of brainstem corticospinal tract wallerian degeneration. AJNR 9: 1025, 1988
  - 11) 松村康正, 福田照男, 井上佑一, 他: waller 変性の MR 像—MR による waller 変性出現時期の検討—, 日本医学会誌, 49: 1168-1170, 1989
  - 12) Lassmann L, Ammerer HP, Kulnig W: Ultrastructural sequences of myelin degradation I. Wallerian degeneration in the rat optic nerve. Acta Neuropathol 44: 91-102, 1978
  - 13) Hofteig JH, Vo PN, Yates J: Wallerian degeneration of peripheral nerve Age-depend-
  - ent loss of nerve lipids. Acta Neuropathol 55: 151-156, 1981
  - 14) Inoue Y, Terashima T, Nishimura Y, et al: The process of wallerian degeneration of myelinated nerve fibers in the pyramidal tract of the rhesus monkey. Okajimas Folia Anat Jpn 55: 153-181, 1978
  - 15) Inoue Y, Terashima T, Nishimura Y, et al: Reaction of glial and phagocytic cells under wallerian degeneration in the pyramidal tract of the rhesus monkey. Okamimas Folia Anat Jpn 57: 1-28, 1980
  - 16) Daniel PM, Strich SJ: Histological observation on wallerian degeneration in the spinal cord of the baboon, Papio papio. Acta Neuropathol 12: 314-328, 1969
  - 17) Waller AV: Experiments on the section of the glossopharyngeal and hypoglossal nerves of the frog, and observations of the alterations produced thereby in the structure of their primitive fibers. Philos Trans R Soc Lond 140: 423-429, 1850
  - 18) Jolesz FA, Polak JF, Ruenzel PW, et al: Wallerian degeneration demonstrated by magnetic resonance : Spectroscopic measurements on peripheral nerve. Radiology 152: 85-87, 1984
  - 19) DeWitt LD, Kistler JP, Miller DC, et al: NMR-neuropathologic correlation in stroke. Stroke 18: 342-351, 1987
  - 20) Rafto SE, Wallace SF, Gkrossman RI, et al: Magnetic resonance imaging : An animal model of wallerian degeneration. AJNR 9: 1025-1026, 1988
  - 21) Kuhn MJ, New PFJ, Davis KR: Neuroanatomic mapping of corticofugal tracts in the internal capsule and brain stem on MR images by wallerian degeneration. AJNR 9: 1026, 1988