実験的脊髄損傷における MRI 所見と組織所見との比較

今給黎総合病院 整形外科

藤井 晴朗

鹿児島大学医学部 整形外科

米 和徳・酒 匂 崇

伊藤 博史

今給黎総合病院 整形外科

今給黎 尚典

MR Imaging of Experimental Spinal Cord injury in Rabbits : a Comparison with Histological Findings

by

Fujii Haruo, Ohkubo Kohichi and Imakiire Takanori, Imakiire Hospital,
Kagoshima, Yone Kazunori, Sakou Takasi and Itou Hiroshi

Department of Orthopedic Surgery, Faculty of Medicine, Kagoshima University, Kagoshima

MR Imaging studies with a 1.0 T were performed in the lumbar spine of rabbits after experimental spinal cord trauma. Spinal cords were injured severely (100g weight for 10 min.) or mildly (50g weight for 90sec.) on L1-2. MR Imagings were taken, at 6hours, or 2 weeks after the trauma, and the spinal cords were histologically observed. We compared MR imaging with histological findings.

In the injured site, low intensity area at T1 weighted images, and high intensity area at T2 weighted images were observed. These findings were more evident in severely injured cords than mildly injured cords at each following time.

Histologically, the changes of spinal cords at the area of low intensity at T1 weighted images were diversified, so that the causes of changes of intensity were not proved. High intensity areas at T2 weighted images seemed to be reflexions of edema in the spinal cords.

はじめに

近年、急性脊髄損傷において、MRI は広く利用されている。しかし、MRI 所見、特に損傷脊髄の信号の変化が、どのような組織学的変化を反映しているかについては、未だ明らかではない。我々は、ウサギを用いた脊髄損傷モデルに対して MR 検査を施行した後、組織学的検索を行い、得られた MRI 所見と組織学的所見との比較を行ったので報告する。

方 法

1) 実験モデルの作成

ウサギを用い、L1 と L2 を椎弓切除した後、幅 3 mm、長さ 9 mm の圧迫器にて、脊髄を 100 g の重垂にて 10 分間圧迫を加えた重度損傷モデルと、50 g の重垂にて 90 秒の圧迫を加えた軽度損傷モデルとを作成した。また、損傷直後から 2 週間後まで、Tarlov の分類を用いて麻痺の程度を観察した (表 1)^{3), 2)}。

2) MR 検査

1.0 テスラの装置を用い、スピン・エコー法にて、スライス幅 3 mm の T1 および T2 強調矢状断面像を撮像した。なお、受信用コイルとして、直径 14 cm のアイコイルを使用した。撮像は重度損傷と軽度損傷について、それぞれ損傷直後と 2 週間後に 3 匹ずつ行っ

表1 Tarlov の分類

0 : complete paraplegic
1 : some minor movement of the joints
2 : major movement of the joints but inability to stand
3 : the animal can stand and possibly walk
4 : the animal can run and has a normal motor system with no obvious weakness

た。

3) 組織検査

MR 検査終了後、直ちに脊髓を摘出し、ホルマリン固定を行い、矢状断面の肉眼的観察と HE 染色による組織学的観察を行った。

結 果

1) 麻痺の観察

軽度損傷では損傷 6 時間後より下肢の自動運動がみられ、24 時間後には立位が可能となり、4 日後には歩行可能となるものが多かった。これに対して、重度損傷では損傷直後から 2 週間後まで麻痺の改善はみられなかった (図 1)。

2) 損傷直後の MRI 所見と組織所見

軽度損傷では、T 1 強調像にて明らかな所見を認めず、T 2 強調像にても 1 例に小範囲の高信号領域を認めたのみであった。組織検査では灰白質内に小範囲の出血をみたが、白質内には変化をみなかった。

重度損傷においては、T 1 強調像にて低信号領域を認めたが、その範囲は長軸方向には圧迫範囲とはほぼ同じであったが、前後軸方向は様々であり、中心部のものから脊髓を完全に横断するものまでであった。T 2 強調像では高信号領域をみたが、その範囲は長軸方向には圧迫範囲の約 2 倍であった。組織検査では、圧迫範囲に一致した灰白質内の出血と、T 2 強調像でみられた高信号領域の範囲に一致した灰白質と白質の浮腫を認めた。

3) 損傷後 2 週間の MRI 所見と組織所見

軽度損傷では、T 1 強調像にて明らかな所見を認めず、T 2 強調像にても 1 例に小範囲の高信号領域を認めたのみであった。組織検査では灰白質内に小数の foamy macrophage を伴う gliosis と軽度の浮腫を認めたのみであった。

重度損傷においては、T 1 強調像にて低信号領域を

図1 麻痺の回復過程 重度損傷では、経過観察期間中、麻痺の改善はほとんどみられなかった。軽度損傷では、早期から麻痺の改善を認めた。

認めたが、その範囲は長軸方向には圧迫範囲の 1.5 倍で、脊髓を完全に横断しており、損傷直後よりもその範囲は増大していた。T 2 強調像では高信号領域をみたが、その範囲は長軸方向には圧迫範囲の 3-4 倍で、やはり損傷直後よりもその範囲は拡大していた。組織検査では、灰白質内に gliosis と浮腫を認めた。白質には浮腫や著大な脱髄あるいは axonal swelling を認めた。浮腫の範囲は、T 2 強調像でみられた高信号領域の範囲に一致した (図 2)。

考 察

近年、MRI は脊椎外科領域に広く用いられ、脊髓損傷においても臨床所見あるいは他の検査所見と MRI 所見とを比較した報告が幾つかなされている。しかし、得られた MRI 所見が損傷脊髓のいかなる組織学的変化を反映しているかについては、未だ十分に解明されてはいない。我々は、ウサギを用いた実験モデルにより、損傷脊髓の MRI 所見と組織所見とを比較し、さらに、軽度損傷と重度損傷との MRI 所見の違いについても検討を行った。

損傷脊髓の MRI 所見と組織所見とを比較すると、T 1 強調像にて認められる脊髓内の低信号領域には、組織学的には髄内出血や浮腫あるいは gliosis が認められ、これらの所見は損傷後、経時的に変化した。また、低信号領域の範囲は、組織学的に所見を認めた範囲と一致せず、低信号は一定の組織学的変化を反映しているのではないものと思われた。

T 2 強調像にて認められる脊髓内の高信号領域に

図2 損傷2週間後のMRI像

T 1 強調像にて low intensity area を,
T 2 強調像にて high intensity area を認める.

は、組織学的には浮腫がみられ、その範囲もよく一致することより、T 2 の延長は浮腫による水分の増加を反映しているものと考えられた。

損傷後2週間まで麻痺の改善がほとんど得られない重度損傷と、損傷後6時間より両下肢の自動運動がみられ、2週間後ではほとんど麻痺が消失する軽度損傷とのMRI所見の違いは明確であり、重度損傷ではT 1 強調像にて低信号領域がみられ、その範囲は2週間後には増大したのに対して、軽度損傷では損傷直後から2週間後までみられなかった。また、T 2 強調像では、重度損傷にて広範な高信号領域がみられたのに対して、軽度損傷では高信号領域は認められないことが多く、認められても小範囲であった。

結 語

1) ウサギを用いて脊髄損傷モデルを作成し、損傷部脊髄のMRI所見と組織所見との比較を行った。

2) T 1 強調像において、損傷脊髄内に低信号領域を認めたが、組織学的には種々の所見を呈していた。

3) T 2 強調像においては、圧迫部を中心に高信号領域を認め、組織学的に浮腫を反映していると思われる。

4) 重度損傷では、損傷直後から種々のMRI所見がみられた。軽度損傷では、MRI所見は乏しかった。

参 考 文 献

- 1) Kulkarni Mandan : Acute Spinal Cord Injury : MRI-maging at 1.5T. Radiology, 164 : 837-843, 1987.
- 2) Vink Rovert : Metabolic Changes in Rabbit Spinal Cord After Trauma : Magnetic Resonance Spectroscopy Studies. Annals of Neurology, 25 : 26-31, 1989.
- 3) Yone Kazunori : Role of Endogenous Norepinephrine in Microcirculation After Experimental Acute Spinal Cord Injury. The Journal of the Japanese Orthopaedic Assosiation, 62 : 389-398, 1988.