

# ADC による vasogenic edema の定量評価の試み ネコ cold injury model における ADC の経時変化

秋元秀昭<sup>1</sup>, 長岡 司<sup>1</sup>, 宮坂尚幸<sup>2</sup>, 黒岩俊彦<sup>3</sup>,  
山田一郎<sup>4</sup>, 上木雅人<sup>5</sup>, Zhao Feng Yu<sup>6</sup>, 平川公義<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京医科歯科大学脳神経外科 <sup>2</sup>同産婦人科 <sup>3</sup>同神経病理学  
<sup>4</sup>同放射線科 <sup>5</sup>同麻酔科 <sup>6</sup>同神経内科

## 目 的

我々は虚血急性期における ADC と組織水分量および電顕像の検討から, ADC が cytotoxic edema を定量的に評価する上で有用であることを報告した<sup>1)</sup>. 一方, 臨床上よく遭遇する脳梗塞亜急性期・脳腫瘍・脳挫傷などの脳浮腫は vasogenic edema が主体と考えられるが vasogenic edema と ADC の定量的関係に関する検討は少ない<sup>2)</sup>. 我々は ADC による脳浮腫の定量評価の可能性を探るため, 純粋な vasogenic edema を生じるネコ cold injury model<sup>3)</sup>を用い, 急性期における ADC 値と水分量を定量的に比較検討した.

## 方 法

ネコ(n=6) の suprasylvian gyrus に cold injury を作成し直後から 5 時間の急性期変化を T<sub>2</sub>-WI および DWI を経時的に撮像し観察した. 撮像終了後脳を取り出し比重測定と光顕用の検体とした (n=4). また一部では灌流固定し電顕像を確認した (n=2). Cold injury 作成直後に Evans blue を静注しておき, 摘出脳の断面で漏出状態を観察した.

使用装置は Varian 社製 4.7 Tesla 実験用

MRI/S 装置, 受信コイルとして自作の surface coil (直径 4 cm) を用いた. 撮像条件は以下のごとくである. Spin echo diffusion, TR/TE 1500/80, FOV 40×60 mm, matrix 128×128, 3 mm thickness, 9 slices, b value 0/1200, 3 directions diffusion gradients, 2 NEX, acquisition time 25 min 40 s. Pixel by pixel に Le Bihan らの方法<sup>4)</sup>により ADC 値を算出し ADC map を作成した.

水分量は Marmarou らの方法<sup>5)</sup>により摘出脳白質の比重測定から算出した. 各個体の白質で 10 か所, 計 40 か所での比重測定による水分量を算出し, ADC map 上の同一部位の ADC 値とを比較した.

## 結 果

### 1) 空間的な浮腫の拡がり

Cold injury 作成直後から, 直下の白質に ADC 上昇領域が出現し, 深部白質更に隣接する脳回の白質へ進展する様子が dynamic に捕えられた (Fig. 1). 最終的な ADC 上昇領域と Evans blue の漏出領域は一致した.

### 2) 各 ROI における ADC 値の経時変化

白質の各部位に ROI を設定し (Fig. 1a) ADC を経時的に観察すると, ADC は時間経

キーワード apparent diffusion coefficient, magnetic resonance imaging, vasogenic edema, water content

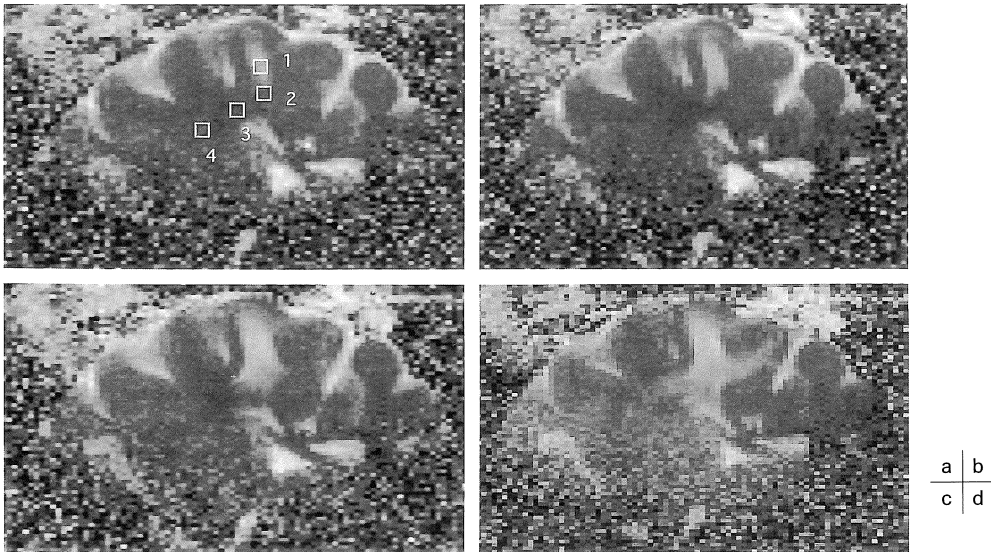


Fig. 1. Serial changes of ADC map. 0.5 h(a), 1.5 h(b), 3.0 h(c) and 5.0 h(d) after cold lesioning. ADC map demonstrated the spread of edema fluid to the deep white matter. Regions of interest are indicated by open squares.

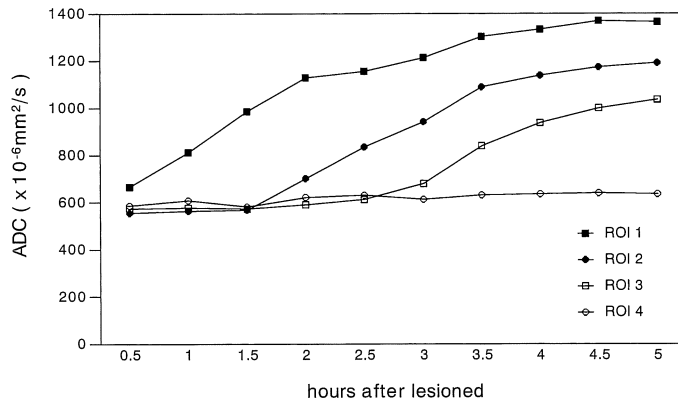


Fig. 2. Time course of ADC changes in each ROI (Fig. 1a) from a representative animal. ADC gradually increased in each ROIs. In the subcortical white matter of lesioned gyrus (ROI 1), ADC increased twofold over the normal white matter's level and reached a plateau.

過とともに上昇し、特に cold lesion 直下白質の ROI 1 においては正常白質の 2 倍程度に上昇しプラトーに達した (Fig. 2).

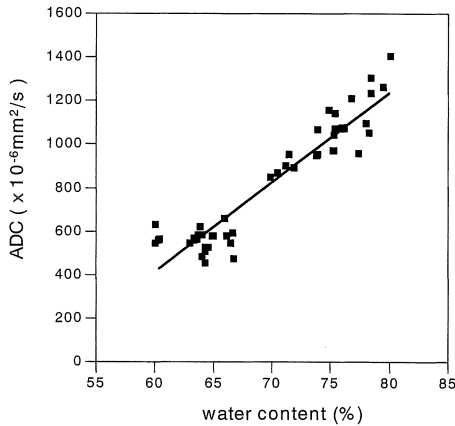


Fig. 3. Correlation between the water content and ADC of the white matter 5 hours after cortical cold lesioning. A significant linear correlation between ADC and water content was observed.  $ADC = 41.584 \times \text{water content} - 2084$ ,  $R = 0.943$ ,  $p < 0.01$ .

3) ADC 値と水分量の比較

両者は高い相関関係を示した。

$$ADC = 41.584 \times \text{water content} - 2084, \\ R = 0.943, p < 0.01 \quad (\text{Fig. 3})$$

4) 病理学的所見

5時間後の光顕像と電顕像を観察した。光顕像では白質における軸索間腔の拡大が認められた。電顕像では、ADC上昇領域には astrocyte や axon の腫脹は見られず、一方細胞外スペースには蛋白含有量の多い fluid の貯留が見られ、純粋な vasogenic edema の所見が確認された。

結 語

Vasogenic edema における ADC 値と水分量が高い相関関係を示したことから、ADC は vasogenic edema における脳浮腫の程度を定量的に評価可能なパラメータであると考えられた。临床上、脳浮腫の空間的拡がりのみならずその程度を評価するために有用であることが示唆された。

文 献

- 1) Kuroiwa T, Nagaoka T, Ueki M, Yamada I, Miyasaka N, Akimoto H: Different apparent diffusion coefficient-water content correlations of gray and white matter during early ischemia. *Stroke* 1998; 29: 859-865
- 2) Kuroiwa T, Nagaoka T, Ueki M, Yamada I, Miyasaka N, Akimoto H, Ichinose S, Okeda R, Hirakawa K: Correlations between the apparent diffusion coefficient, water content and ultrastructure relating to vasogenic brain edema in cats. *J Neurosurg* 1999 in press
- 3) Kuroiwa T, Yokofujita J, Kaneko H, Okeda R: Accumulation of edema fluid in deep white matter after cerebral cold injury. *Acta Neurochir [Suppl]* 1990; 51: 84-86
- 4) Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, Aubin ML, Vignaud J, Laval-Jeantet M: Separation of diffusion and perfusion in intravoxel incoherent motion MR imaging. *Radiology* 1988; 168: 497-505
- 5) Marmarou A, Tanaka K, Schulman K: An improved gravimetric measure of cerebral edema. *J Neurosurg* 1982; 56: 246-253

## Quantitative Evaluation of Vasogenic Edema by ADC

Hideaki AKIMOTO<sup>1</sup>, Tsukasa NAGAOKA<sup>1</sup>, Naoyuki MIYASAKA<sup>2</sup>,  
Toshihiko KUROIWA<sup>3</sup>, Ichiro YAMADA<sup>4</sup>, Masato UEKI<sup>5</sup>,  
Zhao Feng YU<sup>6</sup>, Kimiyoshi HIRAKAWA<sup>1</sup>

*Department of <sup>1</sup>Neurosurgery, <sup>2</sup>Gynecology and Obstetrics, <sup>4</sup>Radiology, <sup>5</sup>Anesthesiology and <sup>6</sup>Neurology,  
Tokyo Medical and Dental University*

*<sup>3</sup>Department of Neuropathology, Medical Research Institute, Tokyo Medical and Dental University  
1-5-45 Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8519*

We examined the correlation between ADC and water content relating to vasogenic brain edema in acute phase. Vasogenic edema was induced in the white matter of cats by cortical cold lesion. Tissue water content was determined by gravimetry. T<sub>2</sub>-WI and ADC map demonstrated the spread of edema fluid to the subcortical and deep white matter, and ADC value increased gradually. Histologically, the extracellular space in the white matter was markedly enlarged with protein-rich fluid, and no finding of cytotoxic edema was observed. A significant linear correlation between ADC and extracellular water content was observed. Our result indicated that measurement of ADC enables us to evaluate vasogenic brain edema quantitatively. It is suggested that ADC mapping is an advantageous procedure for the evaluation of the severity of brain edema clinically.