

## ●原 著

急性期脳虚血に対する高気圧酸素治療(HBO)の  
MRIによる評価

岩間 淳一\* 松下 賢一\*\* 永山 健太郎\*\* 杉山 弘行\*

私たちは、脳塞栓症に対して高気圧酸素療法を行っている。しかし、高気圧酸素治療の効果の客観的評価法は、持っていない。今回、高気圧酸素療法の前後で、高解像度MRI (diffusionとperfusion) を行い評価した。

キーワード：脳塞栓、高気圧酸素療法、MRI、拡散画像 diffusion、灌流画像 perfusion

## HBO therapy and MRI to the acute stroke

Jun-ichi Iwama \* Ken-ichi Matsusita \*\*  
Kentarou Nagayama \*\* Hiroyuki Sugiyama \*

\*Department of Neurosurgery

\*\*Division of Hyperbaric Medicine Tokyo Metropolitan  
Ebara Hospital, Tokyo

Patients of cerebral embolism treated with hyperbaric oxygen (HBO) therapy. It is difficult to evaluate the contribution of HBO therapy. In this report we have evaluated diffusion and perfusion images of pre-, and post-HBO therapy.

## はじめに

脳塞栓症に対する高気圧酸素療法の効果の判定は、臨床症状の改善の度合いで、効果ありと評価されている。しかし、自然経過での症状の改善もありえるため、高気圧酸素療法でははっきりした客観的評価法は困難である。今回私たちは、高解像度MRIを使用して、高気圧酸素療法の前後にて、どういう画像上の変化があるのか検討してみたのでここに報告する。

## 脳血管の解剖と生理

脳血管は、前に内頸動脈、後ろに椎骨・脳底動

脈が、左右にあり、この4本の主要血管でほとんどの脳が栄養されている。このいずれかの本幹に血栓や塞栓などで、閉塞が生じても、個人により発達の程度は異なるが、前交通動脈、後交通動脈などを介して、側副血行ができるようになっている。さらに末梢(中大脳動脈など)では、それぞれの血管支配は、終末血管とはなっておらず、脳軟髄膜血管吻合 leptomeningeal anastomosis を介して、他の血管領域から、血流を受け得るシステムができて<sup>1)</sup>いる。ゆっくり進行した血栓症や腫瘍などの血管浸潤においては、徐々にこの吻合が発達して、本幹が閉塞しても、ある程度の逆行性血流が維持され症状はでないことがある<sup>2)</sup>。しかし、その発達は、塞栓などによる突然の閉塞において、leptomeningeal anastomosis を介しての逆行性血流では、耐えられるほどにはなっていない。そのため、塞栓が生じた血管の主たる支配領域の中心部では脳血流は高度に低下しており、この領域の神経細胞は数時間後には死にいたり、やがて梗塞に至る。一方、虚血辺縁部の血流低下は軽度であり、この領域(ペナンプラ)の神経細胞は数時間以上生存する可能性があるという考え方がある<sup>3)</sup>(図1)。その周辺は、細胞にとって生死の境で、条件次第(治療次第)で梗塞になったり、生き残ったりする可能性がある。脳血流量、18 ml/min/100g 以上が正常組織で、

\*都立荏原病院脳神経外科

\*\*高気圧酸素治療室

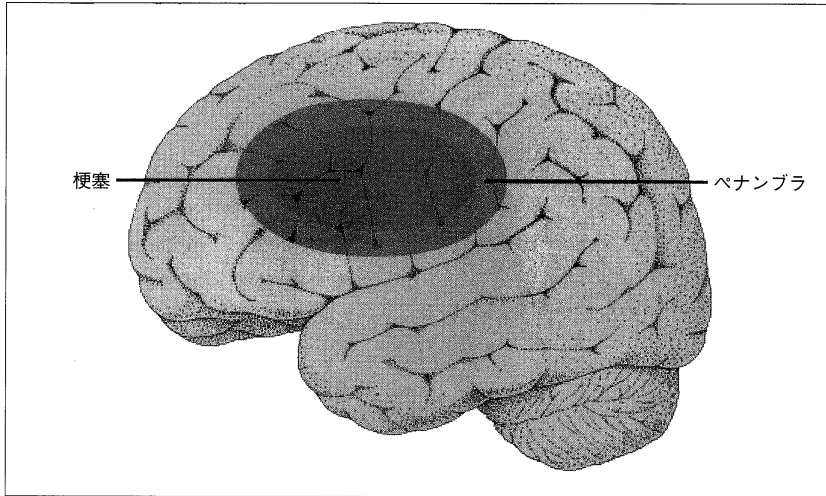


図1 ペナンブラ

局所性脳虚血における脳血流分布。虚血領域の中心部では脳血流量は高度に低下しており、この領域の神経細胞は数時間後には生命を失いやがて梗塞に陥る。一方、虚血辺縁部の血流低下は軽度であり、この領域（ペナンブラ）の神経細胞は数時間以上生存する可能性がある。ただし、生存期間がどれくらいかは不明である。（文献4より）

表 脳循環代謝量：Ischemic penumbraの脳循環代謝

	重度の虚血	ペナンブラ	正常組織
脳血流量 (ml/min/100g)	<12	12~18	>18
脳酸素代謝量 ( $\mu$ mol/min/100g)	<60 (1.34ml)	60~80 (1.34~1.79ml)	110 (4.26ml)
脳糖代謝量 ( $\mu$ mol/min/100g)	12 (2.2mg)	17 (3.1mg)	2.5 (4.5mg)
細胞内 pH	<6.6	6.7	7.0
細胞外K濃度 (mM)	60~100	4~10	4
電気的活動	完全停止	可逆的低下	変化なし
病理学的変化	梗塞	細胞一部脱落	正常

(文献5より改変)

12ml/min/100g以下では、重度の虚血（脳梗塞）その間の12~18ml/min/100gがペナンブラにあたるという<sup>4)</sup>（表）。高気圧酸素治療においてはこの領域をいかに助けるかということになると考えられる。図2<sup>5)</sup>のように考えると、完全梗塞の網の部分減らし、不完全梗塞の斜線部分を増やすようにすることが考えられる。

方 法

高気圧酸素療法（HBO）の前後において、dif-

fusionとperfusionを施行し、このペナンブラをどのようにとらえられるかということ、高解像度MRIにて、検討したので報告する。

結 果

脳塞栓の画像診断で、従来のCTでは、発症から6時間ほどで低吸収域としてとらえられるが、発症時にはとらえられない。発症より数時間後にはCTにて、何となく梗塞巣がとらえられる。1日経過すると、はっきりと低吸収域としてとられ

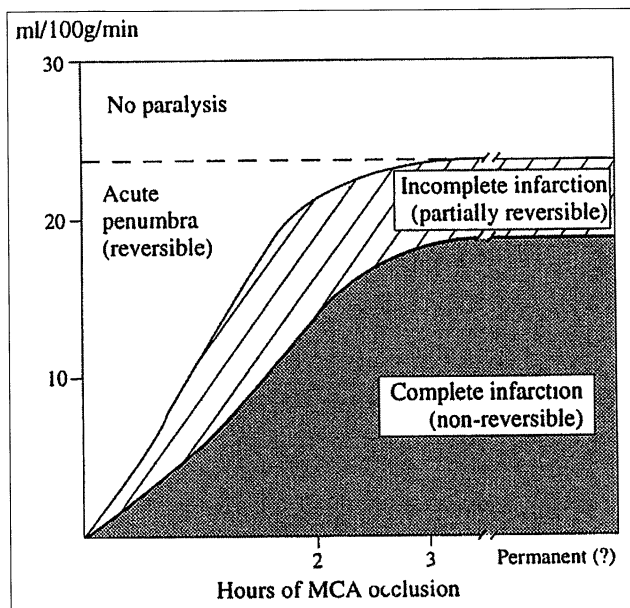


図2 残存脳血流と脳虚血の持続時間から見た虚血性（文献5より）  
 ペナンプラ（penumbra）および神経症候のreversibilityと脳梗塞（complete infarction）・不完全脳梗塞（incomplete infarction）の成立。

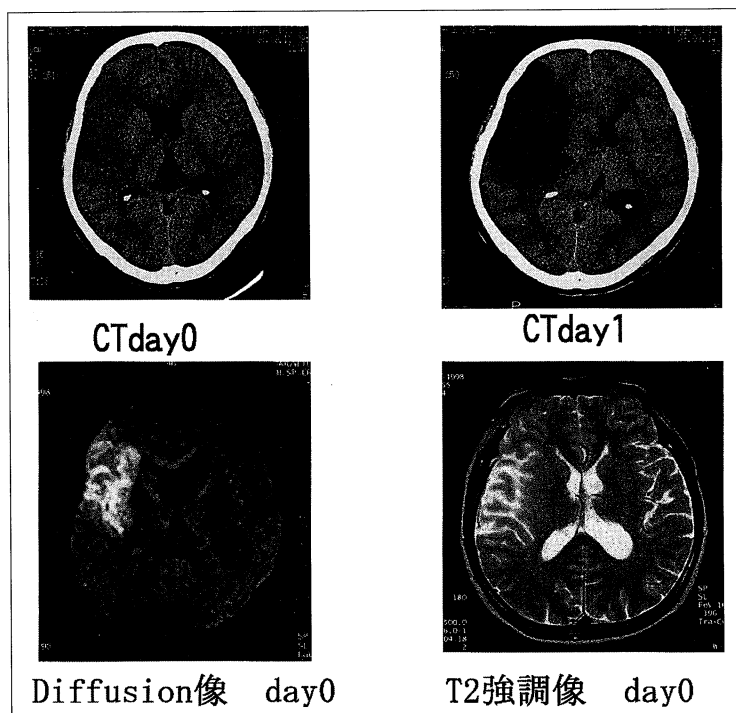


図3 CTとMRI画像

られ、脳浮腫も強くなる（図3）。高解像度MRIでは、発症から2～3時間程度で、T2強調像にて梗塞巣をとらえられるが、それ以前にはT2強調画像でもとらえることはできない。もっと早期

に梗塞巣をとらえられるのは、急性期（発症から1～2時間）の拡散強調画像（diffusion weighted image：DWI）である<sup>5)</sup>（図3）。拡散強調画像は、水分子のランダムな動き（拡散、ブラウン運動）

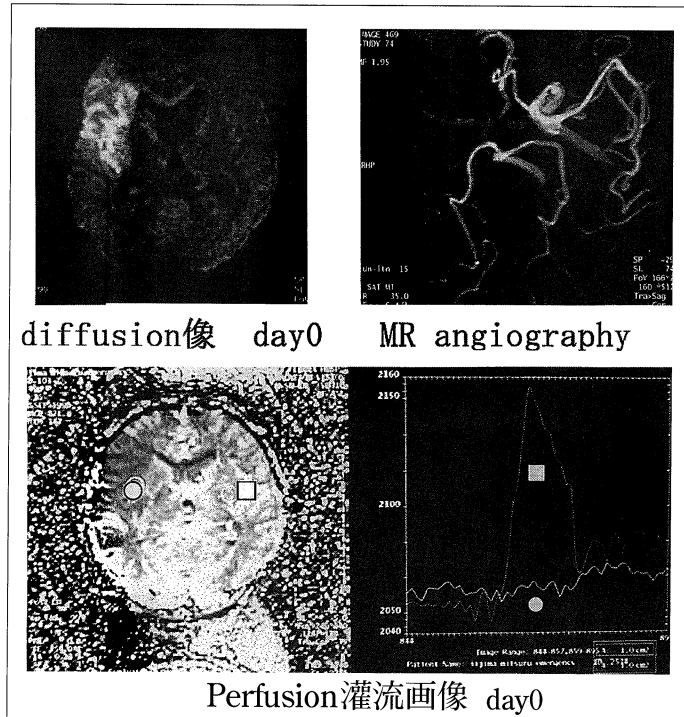


図4 Perfusion灌流画像

をとらえる撮影法で、超急性期脳梗塞において、梗塞部の細胞の膨化 (cytotoxic edema) が起こり、拡散が低下し、DAIでは高信号としてとらえられる<sup>6)</sup>。

さらに超急性期 (発症直後から) にとらえることができるのは、perfusion MR (灌流画像) である (図4)。造影剤の急速静注後の通過 (first pass) による信号変化を高速撮像法 (EPIなど) で連続してとらえ、時間信号強度曲線から、脳血流量、平均到達時間などの脳血流の示標を算出できる<sup>6)</sup>。perfusion MR (灌流画像) では、積算画像にて、血流の良いところは、白く、血流の悪い部分は、黒く描出される。perfusion MR (灌流画像) では、関心領域を設定すると、その部分の血行動態がグラフで示される。このグラフでは、血流が少ないというだけでなく、グラフのピーク値にて、血流の遅れ (左右差) も示される (図4)。主たる血管が閉塞、狭窄し、側副血行を介して血流が保たれているのも、積算像とグラフで示すことができる。右中大脳動脈前枝の梗塞でperfusion MR (灌流画像) を行った症例で関心領域を梗塞

部とその前後にとると、梗塞部は明らかに血流が落ちているが、積算像では血流低下がはっきりしなくとも、梗塞の前後では脳血流のピーク時間が遅れ、側副血行から血流を受けていることが分かる (図5)。また、MRA (MR angiography) にて、実際の閉塞血管を同定でき、perfusion MRにより、脳血管障害による脳血流の低下の範囲を画像として示すことができる。diffusion imageは、虚血による脳細胞の障害範囲 (cytotoxic edema) を画像にてとらえていると考えることができる。こう考えると、両者の差が、従来言われていたペナンブラを示していると思定できる。ペナンブラという概念は、以前からあったが、画像で短時間に、客観的に示すことができなかつたが、高解像度MRIを用いることにより、可能になった (図4, 5)。(脳血流を測定するのに、SPECT: single photon emission computed tomography, PET: positron emission tomographyもあるが、測定に時間がかかる)

症例1: 84歳女性。突然に左麻痺出現し、発症より10時間で救急車来院。来院時、心房細動を認

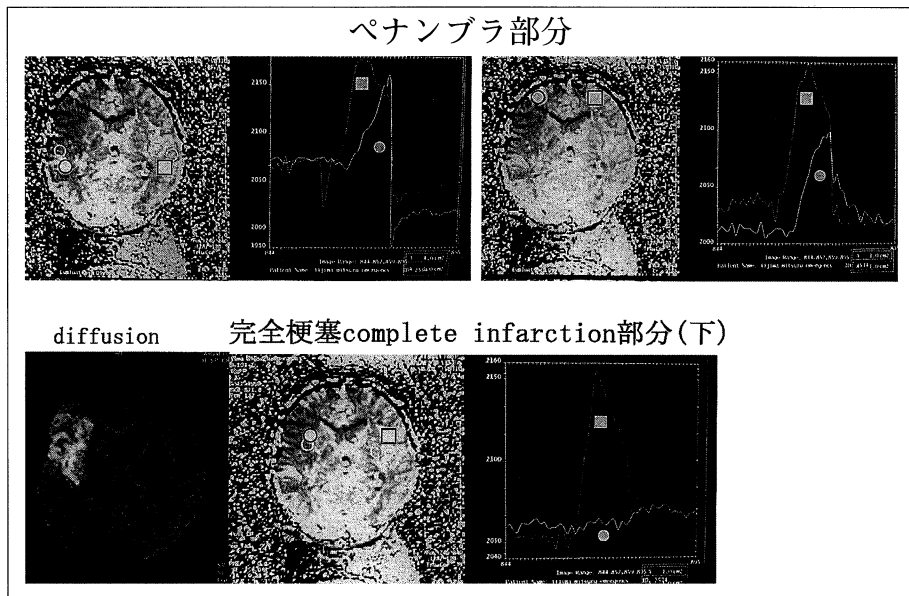


図5 Perfusion灌流(血流)画像  
ペナンプラとその周囲(上)と完全梗塞部

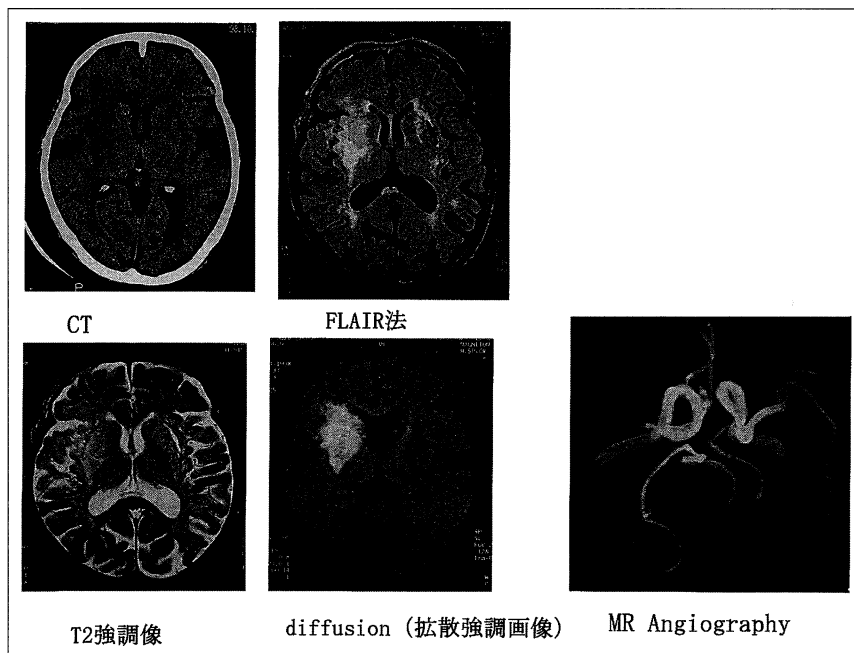


図6 症例1

め、心原性脳塞栓が疑われた。初診時CTにて、右中大脳動脈穿通枝領域 (basal ganglia-insula) にわずかなvasogenic edemaを認め、MRIでは、T2WIにて、わずかにhigh intensityを認める。Dif-

fusion imageでは、CTと同じ部位に、はっきりとhigh intensityを認め、梗塞に陥っていることが分かる。MR angiographyでは、右の中大脳動脈本幹から描出されない(図6)。同日、高気圧酸素

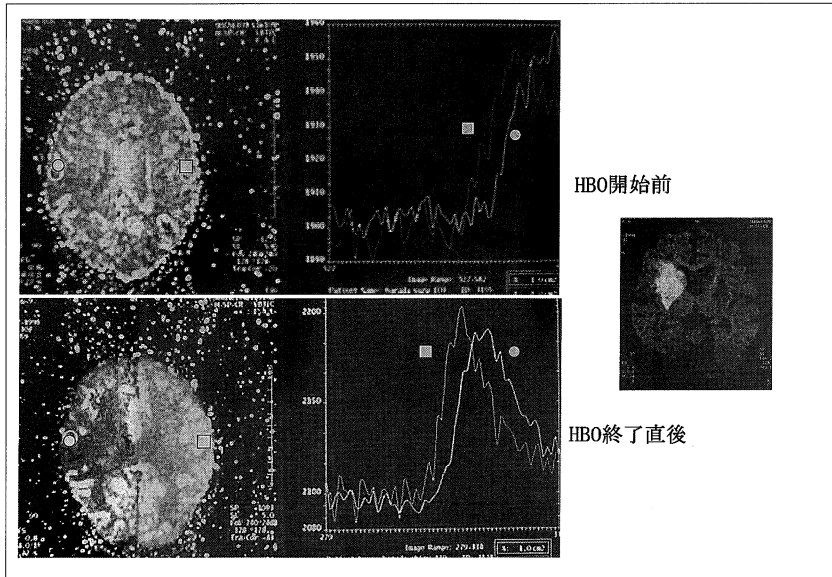


図7 Perfusion灌流(血流)画像(症例1)  
ペナンプラ領域の血流

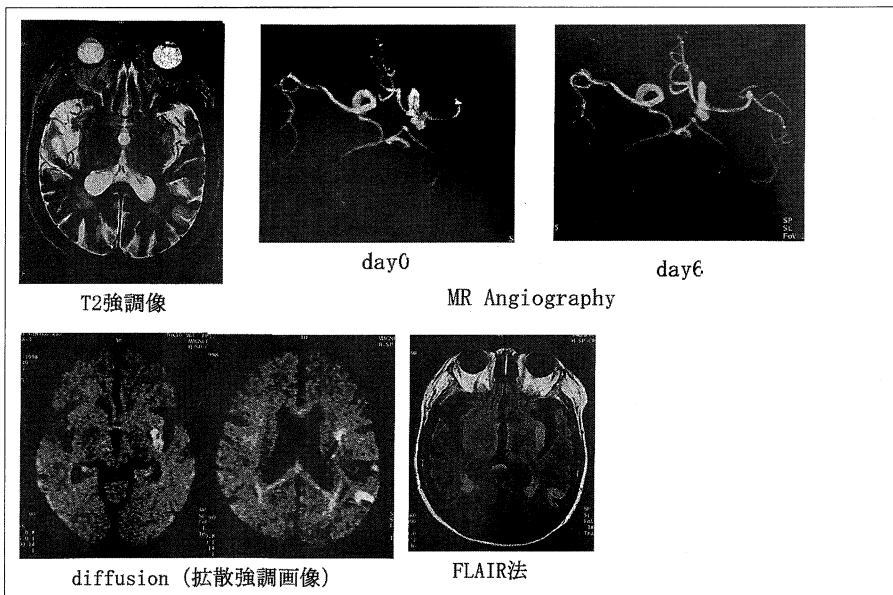


図8 症例2  
HBO開始前と6日後ではMRAにて患部の描出が良い。

療法を行い、同治療の前と直後でperfusion MR (灌流画像)を行った(図7)。Diffusionで明らかに梗塞に陥った周囲にて、perfusion MR (灌流画像)の関心領域をとると、治療前後とも患側の血流のピークが遅れているが、高気圧酸素治療直後

のピークは左右とも早くなっており、脳全体の血流量が増えていることが示唆された。

症例2：84歳女性。朝より右の片麻痺を自覚し、3～4時間で当院受診。CTにては明らかな所見なく、MRIにて、diffusion imageにて、右の島皮質

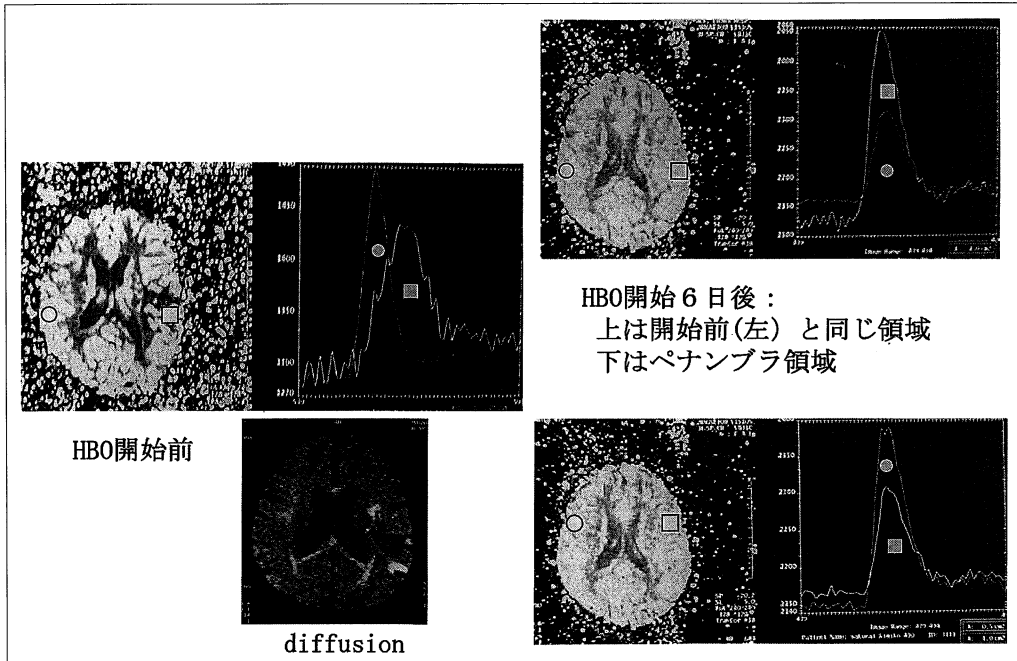


図9 HBO開始時と6日後のperfusion灌流(血流)画像(症例2)

と側頭葉にhigh intensityを認め、MR angiographyにて、右中大動脈後枝の描出が悪い(図8)。6日間、高気圧酸素療法を行い、開始前と6日後にperfusion MR(灌流画像)を施行した。開始前には、患側の血流のピークは遅れていたが、6日後には、ピークに左右差はなくなり、梗塞部の血流は落ちているが、梗塞の周囲(ペナンプラ)では、健側に比べ、血流がむしろ増えている(図9)。

## 結 論

2例とも、これだけでは高気圧酸素治療の効果と断言はできない。しかし、高気圧酸素療法の効果をMRI画像(diffusionとperfusion)にて、今までよりも客観的に評価しうる可能性を示した。今後の症例を積み重ねていくことが必要だと考える。

## [参 考 文 献]

- 1) 宮坂和男：脳脊髄血管造影マニュアル。南江堂、p43-44, 70-72
- 2) 宮坂和男：脳脊髄血管造影マニュアル。南江堂、p199-202
- 3) 成富博章：亜急性、慢性経過をたどる神経細胞死の臨床的意義。Mebio 12(3)：20-25, 1995
- 4) Astrup J, Siesjo BK, Symon L：Thresholds in cerebral ischemia：The ischemic penumbra. Stroke 12：723-725, 1981
- 4) 中川原謙二：SPECTとPET。脳卒中学、山口式典ら編集、医学書院、1998、p139-154
- 5) 長谷川泰弘：新しいMRI技術。脳卒中学、山口式典ら編集、医学書院、1998、p162-170
- 6) 青木茂樹：MRI撮像、読影のためのKEY WORDS画像診断別冊。よくわかる脳MRI、1999、p33-37