



Title	家兎開頭術後の硬膜変化に関するMR画像-硬膜増強効果と病理組織像との対比-
Author(s)	植田, 文明
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1993, 53(1), p. 75-85
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17413">https://hdl.handle.net/11094/17413</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 家兎開頭術後の硬膜変化に関するMR画像

### —硬膜増強効果と病理組織像との対比—

金沢大学医学部放射線医学教室（主任：高島 力教授）

植 田 文 明

（平成4年9月9日受付特別掲載）

（平成4年11月12日最終原稿受付）

## MR Imaging of Postoperative Change of Dura Mater of Rabbits —Effect of Contrast Enhancement of Dura Mater & Correlation with Pathological Findings—

Fumiaki Ueda

Department of Radiology, Kanazawa University School of Medicine

Research Code No. : 503.9

Key Words : *Dura mater, Dural enhancement, MR imaging,  
Gd-DTPA*

To explain the mechanism of benign postoperative dural enhancement, the author made experimental model of rabbit's subdural hematoma and performed magnetic resonance (MR) imaging with gadolinium-diethylenetriaminepentaacetic acid (Gd-DTPA). On plain T1-weighted images, infused blood or red blood cells could not be detected immediately after surgery. On follow up plain T1-weighted images, the infused blood could be identified in only a case with 1 cc blood infusion. Marked dural enhancement could be seen immediately after surgery and continued three to fourteen days after 1 cc or 0.1 cc blood or 0.1 cc red blood cells infusion. To the contrary, no definite dural enhancement could be seen in the cases with plasma or saline infusion. Subdural red blood cells were required for dural enhancement immediately after surgery. Pathological findings revealed three types of reaction to infused blood: newly formed capillarization with fresh hemorrhage from the capillaries; subdural hematoma and no reaction. After vanishment of dural enhancement, pathological findings of the specimens were identical to that of normal dura. Dural enhancement may be induced by increased permeability of the dura associated with subdural hematoma and/or the extravasation of the contrast from newly formed capillaries.

### 1. はじめに

開頭術後、局所の感染や原疾患の再発、脳脊髄液の貯留など様々な合併症が起こることがあり<sup>1)</sup>、術後管理におけるX線CTの果たす重要性が強調され、ヨード系造影剤を用いた造影CTの有用性も報告されてきた<sup>2)~4)</sup>。しかしMRIの出現以降、従来X線CTで検出が難しいとされていた硬膜を含めた髄膜の病変の検出も容易となり、さ

らにGd-DTPAによる造影MRIの施行により開頭術後にも、術前みられなかった硬膜の変化が認められることが報告されている<sup>5)6)</sup>。これらの報告によるとGd-DTPAを用いた造影MRIにおける術後の硬膜の増強効果は必ずしも腫瘍の再発や髄膜炎の合併を意味しないことを示唆しており、原因として髄膜の線維性の肥厚や局所の炎症、くも膜下腔に拡がった出血による化学的くも膜炎

(chemical arachnoiditis) によるものが考えられるとしている。長期観察例では実際に線維性肥厚の確かめられている例も存在するが<sup>7)</sup>、従来の報告では硬膜増強の出現時期に重点がおかれており、また病理学的証明も不十分であった。それゆえ急性期のいわゆる硬膜増強効果と慢性期の硬膜増強とは本質的に異なる現象をみている可能性も考えられる。

今回、術後比較的早期の硬膜増強効果の原因を明らかにすべく家兎を用い実験的に開頭し硬膜下に血腫を作成し、開頭術直後の変化としての急性硬膜下出血状態を再現してMRI(特にGd-DTPAによる造影像)にて経過観察を行うと共に病理像との対比を行い、硬膜増強の原因となる病理学的背景について検討した。また比較の目的で開頭後、硬膜下に生理的食塩水、血漿、赤血球を注入した場合の硬膜の変化の検討も行った。

## 2. 対象および方法

### (1) 予備実験

体重2~3kgの家兎を用い、ペントバルビタール

ナトリウム注射液1.5mlによる静脈性全身麻酔下で四肢用の表面コイル内に全身を固定し、頭部の撮像を行った。ついで静注するGd-DTPAの濃度

Table 1

Case No.	Infused material
1	none*
2	none*
3	0.1cc saline
4	0.1cc saline
5	0.1cc plasma
6	0.1cc plasma
7	1cc blood
8	1cc blood
9	1cc blood
10	0.1cc blood
11	0.1cc blood
12	0.1cc blood
13	0.1cc blood
14	0.1cc blood
15	0.1cc red blood cells
16	0.1cc red blood cells
17	0.1cc red blood cells

\*puncture only

Table 2 Effect of contrast enhancement correlation with duration after surgery and pathological findings

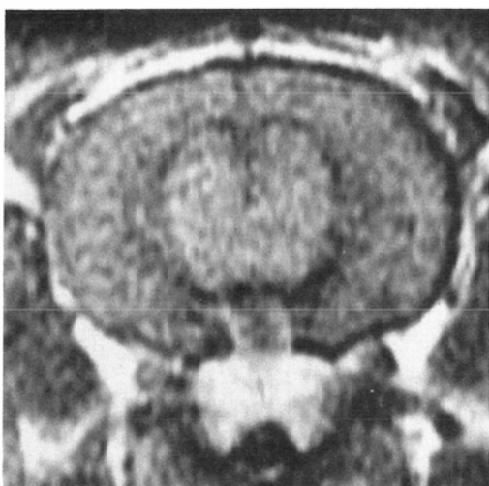
Case	Dural enhancement					pathological findings
	Immediately after surgery	3 days after surgery	5 days after surgery	10 days after surgery	14 days after surgery	
1	-	-				normal dura
2	-					mild inflammatory cells infiltration in the dura
3	-	-				normal dura
4	-					mild inflammatory cells infiltration in the dura
5	-	-				normal dura
6	-					mild inflammatory cells infiltration in the dura
7	+	+	+	+	+	newly formed capillaries and fresh hemorrhage on the hematoma and inflammatory cells in the dura
8	+	+				newly formed capillaries and fresh hemorrhage on the hematoma and inflammatory cells in the dura
9	+					subdural hematoma and mild inflammatory cells infiltration in the dura
10	+	+	+	+	-	normal dura
11	+	+	-			normal dura
12	+	+				newly formed capillaries and fresh hemorrhage in subdural old hematoma
13	+	+				subdural old hematoma
14	+					subdural hematoma and mild inflammatory cells infiltration in the dura
15	+	+				subdural old hematoma
16	+	+	-			normal dura
17	+					subdural hematoma

+ : positive, - : negative

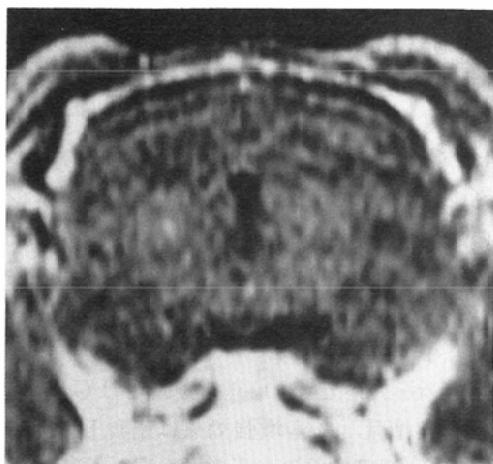
を $0.2\text{mmol/kg}$ ,  $0.4\text{mmol/kg}$ ,  $1.0\text{mmol/kg}$ と変えて硬膜増強の有無及び程度を比較検討し、以後の実験における硬膜増強度の基準とした。使用MRIはGE社製1.5T超電導装置で、TR 500, TE 20msecのT1強調像を得た。スライス厚は5mm、スライス間隔を1.5mmとして、 $256 \times 128$ matrixを選択した。撮像サイズは8cmとして1回励起で撮像を行った。

## (2) 本実験

体重2~3kgの17羽の家兎を用い、全身麻酔下で開頭を行い、Table 1に示すような処置を行って造影剤使用前後のT1強調像を得た。Gd-DTPAは $0.2\text{mmol/kg}$ 使用した。使用MRI及び撮像条件は予備実験と同一の条件とした。なお注入した血流量は明確なmass effectを呈さない少量の0.1cc及び、mass effectを呈する1cc注入の2通りと



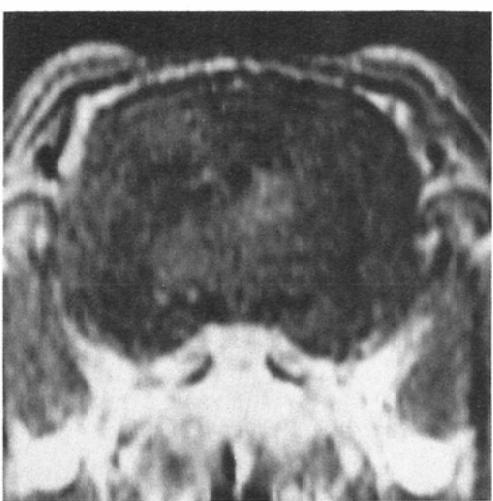
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 1 MR images obtained prior to surgery (a, b, c, d).

(a) : Before intravenous administration of Gd-DTPA. (b) : After intravenous administration of  $0.2\text{mmol/kg}$  of Gd-DTPA. (c) : After intravenous administration of  $0.4\text{mmol/kg}$  of Gd-DTPA. (d) : After intravenous administration of  $1.0\text{mmol Gd-DTPA}$ . (b, c, d) : Definite dural enhancement is not observed.

した。2羽(No. 1, 2)は硬膜を27G針にて数回穿刺のみを行った。2羽(No. 3, 4)は硬膜下腔に生理的食塩水0.1ccを注入、2羽(No. 5, 6)は2,000回転20分間遠心分離を行った自家血血漿0.1ccを注入、3羽(No. 7~9)は硬膜下腔に自家血1ccを注入、5羽(No. 10~14)は自家血0.1ccを注入した。また、3羽(No. 15~17)は2,000回転20分間遠心分離を行った自家血赤血球0.1ccを注入した。開頭後の骨欠損部には骨ろうを充填した。術直後よりそれぞれ経時的に造影MRIにて経過観察を行い硬膜増強の有無と程度を検討した。

術後各々の実験群より1羽ずつ術直後に屠殺し、他は1羽ずつ3日目、5日目、10日目、14日目にMRIの撮像を行った後、屠殺し、摘出脳は10%中性ホルマリン固定後7日目にパラフィン固定の上、Hematoxylin-Eosin(H-E)染色を施し観察を行った(Table 2)。

### 3. 結 果

#### (1) 予備実験

開頭術を加えていない正常硬膜ではGd-DTPAの濃度を增量しても増強効果は出現しなかった(Fig. 1)。組織学的にも正常像を示した(Fig. 2)。以後の実験では予備実験のMR像を基準として明らかな左右差、もしくは明らかな増強を示す場合、硬膜増強ありと判定した。

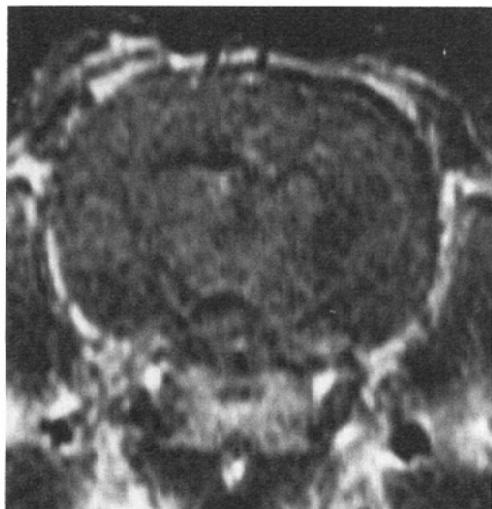


Fig. 3 Case 1. Plain (left) and Gd-DTPA enhanced (right) T1-weighted images.  
No definite dural enhancement is seen.

#### (2) 本実験

##### (A) 硬膜増強効果の検討

穿刺のみ、生理的食塩水または血漿の注入を行った家兎(No. 1~6)では硬膜増強は術直後には認められず、その後の経過観察中にも出現することはなかった(Fig. 3)。しかし血液または赤血球を注入した家兎(No. 7~17)では硬膜増強は全例、術直後より認められ、頭蓋骨開窓の範囲を越えて認められた(Fig. 4~6)。その硬膜増強は血液を0.1cc注入した家兎(No. 10~14)では3日目には4例共認められ、5日目には1例(No. 11)消

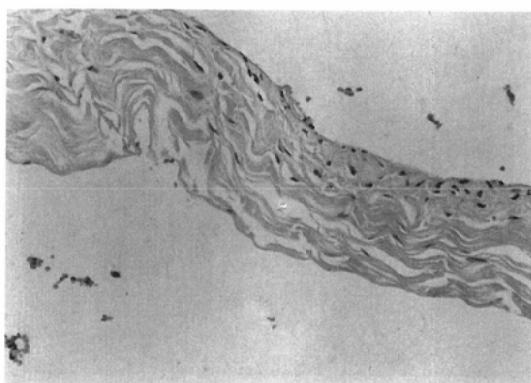


Fig. 2 Normal dura. Mild inflammatory cells infiltration is seen. No fibrosis or subdural granulation are observed. (HE stain×400)



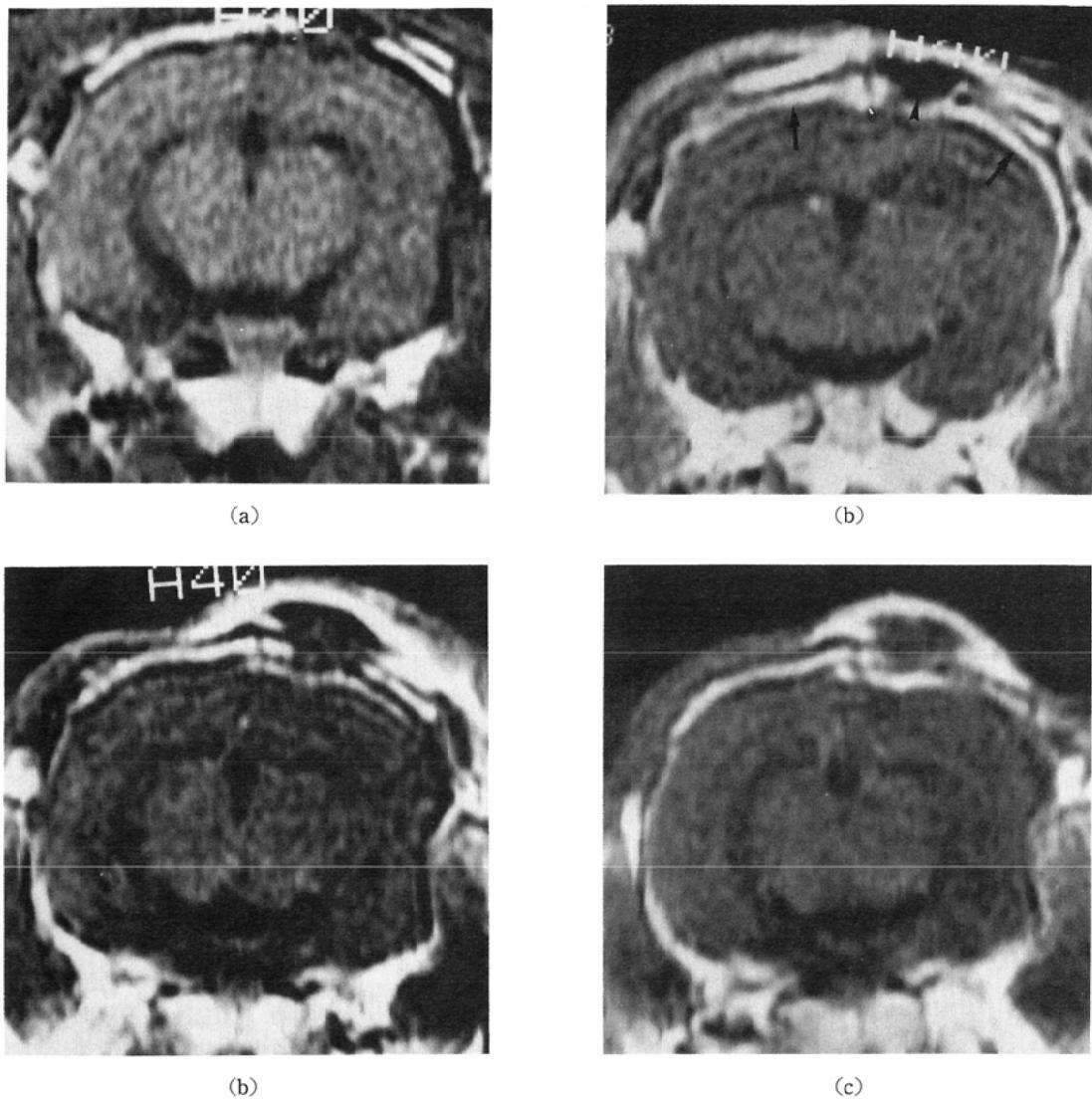
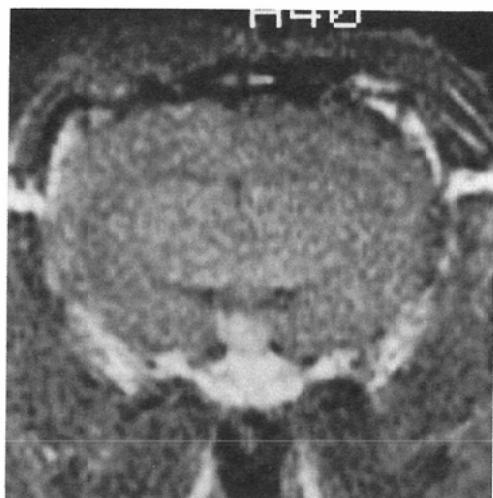


Fig. 4 Case 10. (a) : Plain T1-weighted image (left) and Gd-DTPA enhanced T1-weighted image (right). Marked enhancement of the dura (arrows) is seen beyond the surgical region. Signal is absent in the bone wax (arrow head). (b) : Three days after surgery, marked dural enhancement remains at the left. (c) : Ten days after surgery, the extent of dural enhancement is limited in the incision region.

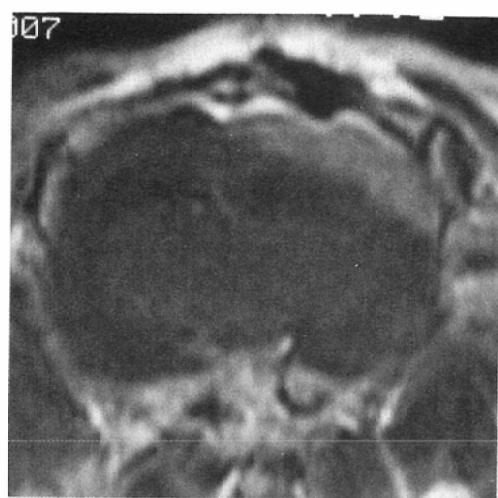
失し、1例（No. 10）は10日目でも認められた。血液1cc注入を行った家兎（No. 7）は14日目でも硬膜の増強を認めた（Fig. 5）。赤血球のみを0.1cc注入した家兎（No. 15～17）では硬膜増強は3日目には認められたが（No. 15, 16）、5日目には消失した（No. 16）（Fig. 6）。

一方、注入された血液もしくは赤血球自体は術

直後、単純T1強調像では全例検出不能であり、注入量が0.1ccの家兎（No. 10～13）では経過観察中も同様に単純T1強調像での検出はできなかった（Fig. 4, 6）。1cc血液注入を行った家兎1羽（No. 7）にのみ経過中に血腫自体を単純T1強調像での高信号としてとらえることができた（Fig. 5）。また、この家兎では術直後の造影T1強調像において



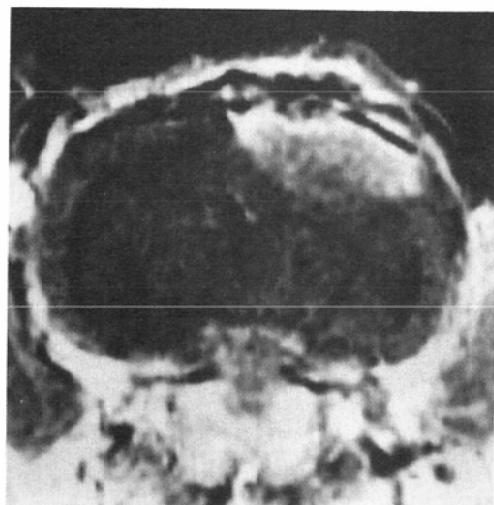
(a)



(a)



(b)



(b)

Fig. 5 Case 7. (a) : Plain (left) and Gd-DTPA enhanced (right) T1-weighted images. Marked contrast enhancement of the dura and mild shortening of T1 of the hematoma are seen. (b) : Fourteen days after surgery, hematoma is demonstrated as hyperintense portion on plain T1-weighted image (left) and the dural enhancement remains (right).

て、血腫自体のT1短縮も認められた。

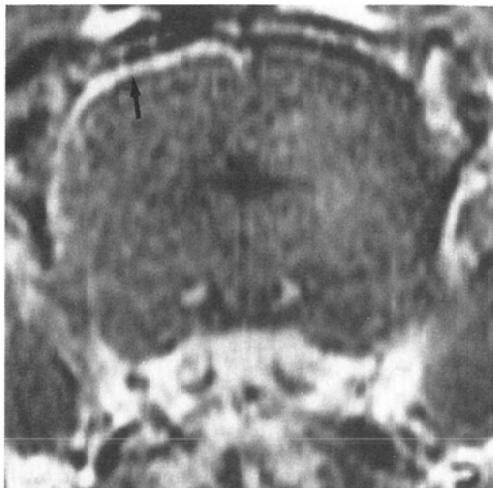
#### (B) 組織学的検討

硬膜の穿刺のみを行った例(No. 1, 2), 生理的食塩水注入例(No. 3, 4), および血漿注入例(No. 5, 6)では、術直後や術後3日目では、いずれも正常硬膜の病理像を示すか、もしくは軽度の炎症細胞浸潤を認めるのみであった。

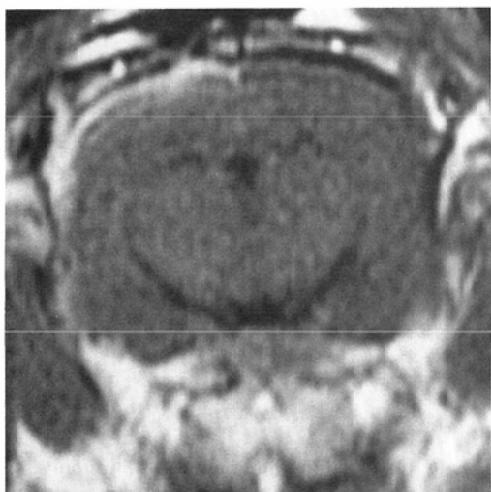
血液0.1cc注入例の内、3日目で屠殺した1例(No. 12)は硬膜下腔の血腫の表層に脆弱な1～数層の血管壁よりなる新生血管増生と周囲の出血を認め、硬膜自体には炎症細胞浸潤を認めたが、1例(No. 13)は硬膜下血腫を認めるのみであった(Fig. 7). 術直後、5日目、14日目に屠殺した3例(No. 10, 11, 14)はいずれも正常硬膜を示



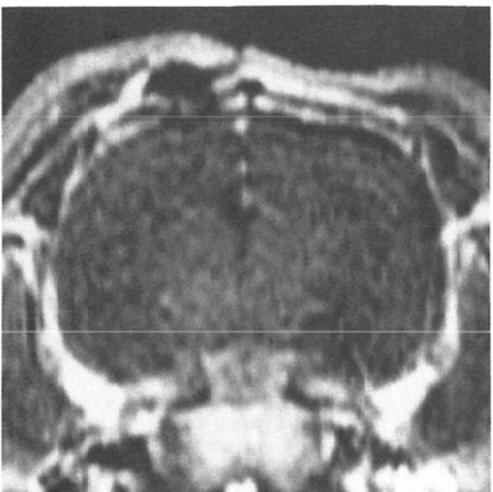
(a)



(a)



(b)



(c)

Fig. 6 Case 16. (a) : Plain (left) and Gd-DTPA enhanced (right) T1-weighted images. Marked contrast enhancement of the dura (arrow) is seen beyond the surgical region. (b) : Three days after surgery, marked dural enhancement remains definitely. (c) : Five days after surgery, no definite dural enhancement is observed.

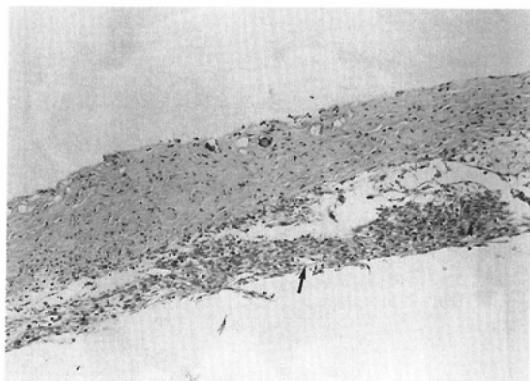
すか、軽度の炎症細胞浸潤のみを示した。

血液1cc注入例で、3日目、14日目に屠殺した例 (No. 7, 8)はいずれも血腫表層に新生血管の増生と周囲の出血を認めたが、硬膜自体の肥厚はみられず、また硬膜内にも新生血管増生などの組織学的变化は見られなかった。しかし硬膜の炎症細胞浸潤を認めるものがあった (Fig. 8)。術直後に屠殺した例 (No. 9)では硬膜に軽度の炎症細胞浸潤

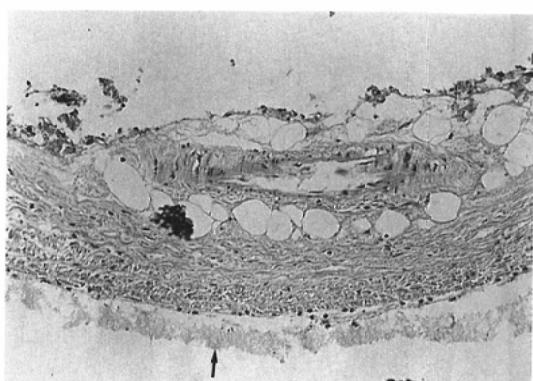
がみられた。

赤血球0.1cc注入例は術直後と、3日目に屠殺した2例 (No. 15, 17)で硬膜下に赤血球の存在がみられたのみで硬膜自体や血腫表層には組織学的变化は認められなかった (Fig. 9)。5日に屠殺した1例 (No. 16)は正常硬膜の組織像であった。

#### (C) 硬膜増強効果と組織像との対比



(a)



(b)

Fig. 7 Case 12. (a) : Photomicrograph shows newly formed capillaries (arrow) and fresh hemorrhage (arrow head) in the subdural space. Inflammatory cells are seen in the dura. (HE stain×200). Case 13. (b) : Photomicrograph shows only subdural old hematoma (arrow). (HE stain×200)

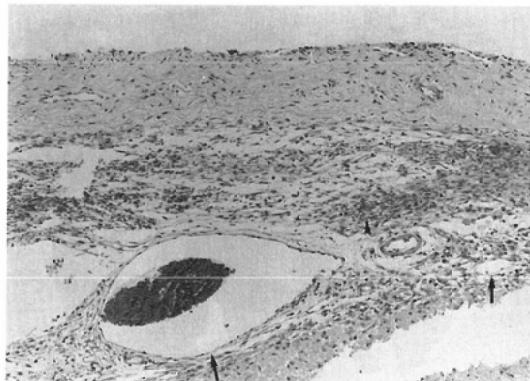


Fig. 8 Case 7. Newly formed capillaries (arrows) and fresh hemorrhage (arrow head) are seen between the dura and the infused blood. Inflammatory cells infiltration is seen in the dura. (HE stain×200)

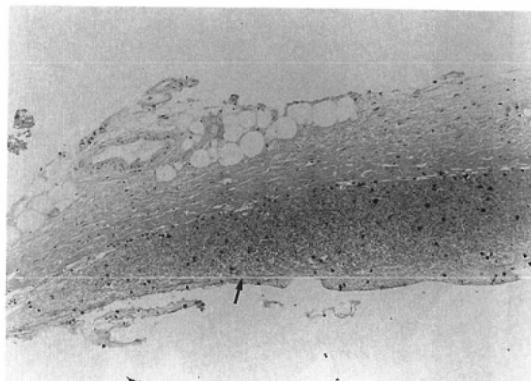


Fig. 9 Case 15. Photomicrograph shows only subdural old hematoma (arrow). (HE stain×200)

穿刺による機械的刺激例(No. 1, 2), 生理的食塩水注入例(No. 3, 4), 血漿注入例(No. 5, 6)はいずれも硬膜のコントラスト増強効果(以下、硬膜増強とする)はみられず病理学的にも正常硬膜もしくは軽度の炎症細胞浸潤がみられるのみであった。

血液もしくは赤血球注入例(No. 7~17)では、全例外科的処置直後に硬膜増強がみられたが、この時点での組織像は硬膜に軽度の細胞浸潤がみられるか(No. 9, 14), 硬膜下の血腫をみるのみで

あった(No. 17). 術後3日目では、いずれも(No. 7, 8, 10~13, 15, 16)硬膜増強がみられ、病理所見の得られた例では、血腫表層に新鮮な出血を伴う新生血管増生を来す例(No. 8, 12)と硬膜下の血腫がみられるもののもの(No. 13, 15)とがあった。術後5日目では2例(No. 7, 10)で硬膜増強がみられ、2例(No. 11, 16)で認められなかつたが、後者は病理学的に正常硬膜を示した。術後14日目で硬膜増強の認められた1例(No. 7)では病理学的に血腫表層に新鮮な出血を伴う新生血管増生がみられ、硬膜増強の消失した例(No. 10)では正常硬膜を示した。

#### 4. 考 察

開頭術後の造影 CT の重要性は前述のごとく術後の腫瘍の再発や感染の管理において強調されてきた<sup>3)4)</sup>。しかし骨のアーチファクトのため出現時期や程度に関する詳細な検討は困難な所があった。MRI の出現により従来の CT では骨に接していて骨のアーチファクトのため十分な検査の行えなかつた硬膜の病変の検出が容易となり、更に Gd-DTPA を使用した造影 MRI により、容易に評価ができるようになった。造影 MRI は造影 CT よりもより少量の造影剤で強い増強効果が得られ、実際、脳腫瘍について行われた実験でも証明がなされている<sup>8)</sup>。臨床的にも X 線 CT と比較して炎症性疾患や腫瘍の髄膜への浸潤の早期検出に対する有用性も報告されている<sup>9)~14)</sup>。

硬膜は組織学的に外層 (endosteal layer) と内層 (meningeal layer) の 2 層に分かれており、外層及びそれらの中間部位に血管が分布している<sup>15)</sup>。Gd-DTPA による硬膜増強は恐らく、血管が分布している領域においてみられると考えられる。また Gd-DTPA は Gd-DTPA と水のプロトンとの間の距離が短いほど、また、Gd-DTPA と結合している水が bulk water と速やかにやりとりされる場合に強いコントラスト増強効果を示すとされている<sup>16)17)</sup>。それゆえ blood brain barrier (BBB) の存在しない硬膜の血管から血管外腔へ漏出した Gd-DTPA が周囲の間質の水の T1 短縮効果を示すと考えられる。しかし、主として結合繊維からなる硬膜は動き得るプロトンの量が少ないとから正常の硬膜ではコントラスト増強が造影剤を使用した X 線 CT ほど明瞭にはみられないと考えられている。また、硬膜増強には血流量、血管外腔と血管内腔との連絡や細胞外液量も影響するとされている<sup>18)</sup>。

Elster ら、Burke らは別個に良性疾患に対する開頭術後にも硬膜に相当する部位が Gd-DTPA を用いた造影 MRI にて増強されることを報告している<sup>5)6)</sup>。彼等の報告は造影 MRI の有用性を証明するものであり、術後の硬膜増強は必ずしも腫瘍の再発や髄膜炎の合併を意味しないことを示唆している。

前述の如く、造影 MRI は造影 CT よりも病変の検出に関してより鋭敏であり、少量で強度の増強効果がみられる。今回の実験では Gd-DTPA の至適量に関して予備実験を行い、正常硬膜が、各濃度の Gd-DTPA で全く増強を示さないことを確認し、臨床的に使用されている最大量である 0.2 mmol/kg の用量を使った。

硬膜増強の出現時期に関して、骨欠損部の硬膜の造影 CT における実験的検討から、硬膜の増強効果は術後 2 週から 6 週にわたり認められるとしている<sup>19)20)</sup>。一方、臨床的にシャント術後 2 年以上を経た患者の硬膜に著明な増強効果を認めた例も報告されている<sup>7)</sup>。これらの報告を参考になると開頭術後に起こる画像上の変化は術後 2 週間程度で出現し早期に消失するものと術後長期観察例に認められるものとの 2 つに分けて考える必要があると思われる。前者は硬膜下の肉芽形成に伴うものがあり、後者は線維性肥厚によるものとされている<sup>7)19)20)</sup>。今回の実験は開頭術後比較的早期の硬膜増強の原因を求めるために行われたが、術直後に既に硬膜の増強効果がみられており、Jaffries らの CT による実験<sup>19)20)</sup>ではみられなかった現象である。彼等の実験では術後 2 週間ではじめて頭蓋骨切除部の硬膜増強がみられており、術後より早期では検出されていなかった。

今回の実験では硬膜下腔に血液もしくは赤血球が存在する場合のみに、術直後及び経過観察時に造影 MRI で硬膜増強が示された。手術操作による影響を除くため行った硬膜への穿刺による機械的刺激の場合や、硬膜下に生理的食塩水や血漿を注入した場合では全く増強を示さなかった。このことは硬膜増強効果には血球成分の存在が不可欠なものと思われた。さらに血液の量を変え、造影 MRI で観察することにより増強効果は注入した血液量が多いほど長期に持続する傾向のあることがわかった。但し、1cc の血液を注入した場合、脳圧亢進によると思われる早期死亡が多く、多数例での観察は困難であった。

今回の実験では注入した血液自体は術直後及び経過観察に際しても注入量の多い 1 例を除いて、全く検出不能であった。また、いずれの症例にお

いても血液に面した硬膜はより幅広い範囲で増強を示すことがわかった。このことは単純T1強調像で検出不能な硬膜下腔への少量の出血が造影MRIを行い、硬膜の増強を示すことにより検出可能であることを示していると思われる。臨床的にも少量の硬膜下血腫がGd-DTPAの使用により硬膜増強として明瞭に描出できると報告されている<sup>21)</sup>。

硬膜下の血腫に対する病理学的検討として、Apfelbaumらは実験的に血腫被膜を有する硬膜下血腫を作成し経過観察を行い最終的に薄い肉芽性被膜を有するのみで消失することを確認している<sup>22)</sup>。山嶋らは本来急性血腫でありながら、保存的治療がなされ、慢性期に初めて外科的治療がなされた硬膜下血腫を慢性期硬膜下血腫と名付けた。これは本来の慢性硬膜下血腫と異なり内側被膜を有さず反応性外側被膜を有するが、この外側被膜からは再出血による血腫増大を来す可能性は少ないと報告している<sup>23)</sup>。今回の検討でも3日目以降に硬膜増強を示した3例では血腫の硬膜側に明らかな新生血管増生が示されており、山嶋らの報告における硬膜下の新生血管増生所見と合致するが、これがより早期に出現することがわかった。それゆえ、このような症例では硬膜増強効果は、これらの新生血管増生に伴うものと考えられる。しかし、術直後における硬膜及び硬膜下の組織像では、いずれも硬膜には軽度の炎症細胞浸潤を示すか、もしくは硬膜下の少量の血腫を認めるのみであり、明らかな新生血管の増生はみられなかつた。また、3日目以降に硬膜増強を示すものでも硬膜下に血腫をみるのみのものがあった。これらの所見から術直後及び経過観察時点において、硬膜下の血腫の存在によると思われる硬膜の血管透過性の亢進が硬膜増強の原因となるものもあると考えられる。Burkeらも前述の如く化学的くも膜炎に伴う血管透過性亢進について推測している<sup>6)</sup>。前述のごとく硬膜がコントラスト増強をうける部位は、外層及び、内層との中間部における血管が分布する部分と考えられるが、硬膜下に存在する血球成分による何らかの刺激により、上記の血管の透過性が亢進し、血管から組織間質への

Gd-DTPAの漏出や水の移動も増加すると考えられ、Gd-DTPAによる増強効果がみられるようになるのかもしれない。臨床的に髓膜腫に隣接してコントラスト増強を示す浸潤をうけていない硬膜の電顕像で硬膜血管外腔の拡大を証明した報告も見られる<sup>24)</sup>。

それゆえ今回の検討でも電顕的観察を行えば血管外腔の拡大がみられたのかもしれないが、それに関しては今後の検討を要すると思われる。また、造影MRIにおけるこのような硬膜増強効果は機械的刺激例や、生理的食塩水注入例および血漿注入例では認められず、前述のように硬膜下の血球成分の存在が必要と考えられる。このことは新生血管の増生が認められない症例では、硬膜下の血腫が減少するにつれて硬膜増強が消失していくこととも関連していると思われる。血液0.1cc注入例で、このような現象が明瞭に示されており、造影MRIにおける硬膜増強の消失した時点においては、いずれも組織学的に正常硬膜の像を示し、硬膜下にも明瞭な血腫像はみられなかった。

### まとめ

- 1) 17羽の家兎を用い0.2mmol/kgのGd-DTPAを使用した造影MRIにより開頭術後の硬膜増強の有無を調べ、病理組織像と対比検討した。
- 2) 静脈性全身麻酔下に開頭を行い、2羽は穿刺による機械的刺激、2羽は硬膜下に生理的食塩水注入、2羽は自家血血漿注入、8羽は自家血注入、3羽は自家血赤血球注入を行った。
- 3) 機械的刺激例、生理的食塩水注入例および血漿注入例は全く硬膜増強を示さず、病理学的にも正常像もしくは軽度炎症細胞浸潤を認めるのみであった。
- 4) 血液注入例や赤血球注入例はいずれも術直後より硬膜増強を示し、術後14日後にも増強を持続した症例がみられたが、病理学的には新生血管増生及び新鮮な出血を示すものと、硬膜下の血腫のみを示すものがあり、前者は新生血管から漏出した造影剤による増強と考えられるが、後者は血球成分の存在に伴う、硬膜の血管透過性亢進が関与しているものと考えられた。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました金沢

大学医学部放射線医学教室高島 力教授に深謝致します。  
また、直接の御指導を戴いた鈴木正行助教授に心より謝意を表します。さらに、病理所見を御教授戴いた金沢大学第2病理学教室斎藤勝彦先生ならびに木田哲二先生に厚く御礼申し上げます。

本論文の要旨は第51回日本医学放射線学会総会で発表した。

### 文 献

- 1) Horowitz NH, Rizzoli HV: Postoperative complications of intracranial neurological surgery. Baltimore: Williams & Wilkins, pp20—365, 1982
- 2) Lin JP, Pay N, Naidich TP, et al: Computed tomography in the postoperative care of neurosurgical patients. Neuroradiology 12: 185—189, 1977
- 3) Grand W, Kinkel WR, Glasauer FE, et al: Ring formation on computerized tomography in the postoperative patients. Neurosurgery 2: 107—109, 1978
- 4) Rao CVGK, Kishore PRS, Bartlett J, et al: Computed tomography in the postoperative patient. Neuroradiology 19: 257—263, 1980
- 5) Elster AD, DiPersio DA: Cranial postoperative site: Assessment with contrast-enhanced MR imaging. Radiology 174: 93—98, 1990
- 6) Burke JW, Podrasky AE, Bradley WG: Meninges: Benign postoperative enhancement on MR images. Radiology 174: 99—102, 1990
- 7) Destian S, Heier LA, Zimmerman RD, et al: Differentiation between meningeal fibrosis and chronic subdural hematoma after ventricular shunting: Value of enhanced CT and MR scans. AJNR 10: 1021—1026, 1989
- 8) Runge VM, Clanton JA, Price AC, et al: Evaluation of contrast-enhanced MR imaging in a brain-abscess model. AJNR 6: 139—147, 1985
- 9) Bird CR, Drayer BP, Medina M, et al: Gd-DTPA-enhanced MR imaging in pediatric patients after brain tumor resection. Radiology 169: 123—126, 1988
- 10) Mathews VP, Kuharik MA, Edwards MK, et al: Gd-DTPA-enhanced MR imaging of experimental bacterial meningitis: Evaluation and comparison with CT. AJR 152: 131—136, 1989
- 11) Chang KH, Han MH, Roh JK, et al: Gd-DTPA-enhanced MR imaging of the brain in patients with meningitis: Comparison with CT. AJNR 11: 69—76, 1990
- 12) Hudgins PA, Davis PC, Hoffman JC: Gadopentetate dimeglumine-enhanced MR imaging in children following surgery for brain tumor: Spectrum of meningeal findings. AJR 156: 1237—1243, 1991
- 13) Frank JA, Girton M, Dwyer AJ, et al: Meningeal carcinomatosis in the VX<sub>2</sub> rabbit tumor model: Detection with Gd-DTPA-enhanced MR imaging. Radiology 167: 825—829, 1988
- 14) Lanzieri CF, Larkins M, Mancall A, et al: Cranial postoperative site: MR imaging appearance. AJNR 9: 27—34, 1988
- 15) Davies DV, Coupland RE: Gray's anatomy Thirty-fourth ed, pp1123—1126, 1967
- 16) Weinmann HJ, Brasch RC, Press WR, et al: Characteristics of gadolinium-DTPA complex: A potential NMR contrast agent. AJR 142: 619—624, 1984
- 17) Gadian DG, Payne JA, Bryant DJ, et al: Gadolinium-DTPA as a contrast agent in MR imaging—Theoretical projections and practical observations. J Comput Assist Tomogr 9: 242—251, 1985
- 18) Kilgore DP, Breger RK, Daniels DL, et al: Cranial tissues: Normal MR appearance after intravenous injection of Gd-DTPA. Radiology 160: 757—761, 1986
- 19) Jeffries BF, Kishore PRS, Singh KS, et al: Contrast enhancement in the postoperative brain. Radiology 139: 409—413, 1981
- 20) Jeffries BF, Kishore PRS, Singh KS, et al: Postoperative computed tomographic changes in the brain: An experimental study. Radiology 135: 751—753, 1980
- 21) 井田正博, 水沼仁孝, 中谷理子, 他: Gd-DTPA meningeal enhancement in head injury. 第21回日本神経放射線研究会抄録, p120, 1992
- 22) Apfelbaum RI, Guthkelch AN, Shulman K: Experimental production of subdural hematomas. J Neurosurg 40: 336—346, 1974
- 23) 山崎哲盛, 山本信二郎, 伊藤治英: 慢性期硬膜下血腫, Neurol Med Chir 22: 429—436, 1982
- 24) 関谷徹治, 真鍋 宏, 岩淵 隆, 他: 頸膜腫付着部に連続する硬膜のエンハンスメント—MRI画像とその組織学的所見について—, 脳神経外科, 20: 1063—1068, 1992