クモ膜下出血急性期治療における治療選択 —ネッククリッピング術とコイル塞栓術の使い分け—

小林 繁 樹   渡 邊 義 之   大 石 博 通
石 毛   聡   宮 田 昭 宏   中 村   弘
古 口 徳 雄*   相 川 光 広*   鈴 木 浩 二*

The Choice of Early Treatment on Case-by-case Basis for the Patients with Subarachnoid Hemorrhage : Clipping or Coiling

by

Shigeki Kobayashi, M.D., Yoshiyuki Watanabe, M.D., Hiromichi Oishi, M.D.,
Satoshi Ishige, M.D., Akihiro Miyata, M.D., Hiroshi Nakamura, M.D.,
Yorio Koguchi, M.D. *, Mitsuhiro Aikawa, M.D. *, and Kouji Suzuki, M.D. *

from

Department of Neurosurgery and *Neurology, Chiba Emergency Medical Center

The purpose of this study is to find the better form of early treatment for patients with aneurysmal subarachnoid haemorrhage (SAH).

Since endovascular coil embolization was introduced as the early treatment of SAH, 325 SAH patients underwent angiography and 280 patients were treated at an acute stage using either surgical clip application or endovascular coil embolization (1997 onwards, Group B). We retrospectively analyzed the therapeutic decision-making process in these 280 cases and compared its outcome with that of 299 consecutive cases treated before the introduction of coil embolization (1990~1996, Group A).

Of the 280 cases, 177 cases (63%) were treated with surgical clip application and 103 cases (37%) with endovascular coil embolization. In the patients with poor SAH grades (Hunt & Kosnik [H & K] grade 4~5), high age (≥ 70 yr), posterior circulation aneurysm and multiple aneurysms, endovascular coil embolization was preferentially chosen. The percentage of the patients with occluded aneurysm at the acute stage significantly increased from 54% (Group B) to 78% (Group A), from 42% to 76% and from 50% to 81% in the cases of H & K Grade 4~5, high age and basilar bifurcation aneurysm, respectively. As a result, the percentage of the cases with favourable outcome (Glasgow Outcome Scale score 1 or 2 at discharge) significantly increased. Early rebleeding occurred in two cases that had been treated with endovascular coil embolization.

Although endovascular coil embolization has the advantage of being less invasive to the brain, its treatment completeness is considered inferior to surgical intervention.

We should choose treatment strategy for aneurysm on a case-by-case basis, depending on factors including the neurological conditions, patient age and general conditions as well as the aneurysm location, size and configuration.

(Received July 25, 2006 ; accepted August 25, 2006)

Key words : subarachnoid hemorrhage, coil embolization, surgical clipping, outcome

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 15 : 800-806, 2006

千葉県救急医療センター脳神経外科/〒261-0012 千葉市美浜区磯辺 3-32-1 [連絡先: 小林繁樹]

Address reprint requests to: Shigeki Kobayashi, M.D., Department of Neurosurgery, Chiba Emergency Medical Center, 3-32-1 Iso-be, Mihama-ku, Chiba-shi, Chiba 261-0012, Japan

* 同神経内科

はじめに

わが国で GDC (Guglielmi detachable coil) の使用が認可されてから約 9 年が経過し、この間に ISAT (International Subarachnoid Aneurysm Trial)¹⁰⁾ の結果の発表などもあり、動脈瘤塞栓術は、わが国におけるクモ膜下出血治療にも少なからず影響を及ぼしてきた。

われわれの施設では、クモ膜下出血症例に対しては急性期ネッククリッピングを基本方針とし、加えて脳室・脳槽ドレナージによる持続脳槽洗浄や normovolemic hyperdynamic therapy などによって、遅発性脳血管攣縮に対しても積極的な治療を行ってきたが、1997 年からは、急性期開頭ネッククリッピングが好ましくないとされる症例に対しては、GDC による動脈瘤塞栓術も併用し、今日に至っている。今回、このような施設におけるクモ膜下出血の急性期治療の内容および治療成績が、コイル塞栓術の導入によりどのように変化したかを評価し、今後の急性期治療のあり方を検討した。

対象・方法

急性期の治療内容の検討に関しては、1997～2005 年の破裂嚢状脳動脈瘤患者のうち、発症 72 時間以内に来院し、急性期治療を目的に少なくとも脳血管撮影が施行された 325 例を対象とし、開頭ネッククリッピング術が行われた症例（直達手術群）と GDC による瘤内塞栓術が行われた症例（コイル塞栓術群）の比率と、各群における症例の特徴などにつき検討した。

また、治療成績の検討については、直達手術群とコイル塞栓術群との治療成績を比較するのではなく、塞栓術を急性期治療に導入したことで、全体として治療成績がどのように変化したのかを検討した。すなわち、対象をコイル塞栓術導入前の 1990～1996 年までの 299 例（前期群）と、コイル塞栓術導入後 1997～2005 年までの 325

例（後期群）とし、それぞれにおいて、急性期治療が行われた割合と、退院時の Glasgow Outcome Scale (GOS) を比較検討した。

椎骨動脈解離性動脈瘤の検討においては、クモ膜下出血発症後 72 時間以内に来院した 42 例（前期：24 例、後期：18 例）を対象とし、その治療内容、退院時転帰を比較検討した。

なお、われわれの施設におけるコイル塞栓術の基本的な適応は一般にいられてきたのとほぼ同様で、Hunt & Kosnik (H & K) grade 4～5 の重症例、高齢者、後方循環の動脈瘤、多発動脈瘤などである。

術後の管理は、直達手術群、コイル塞栓術群ともにほぼ同様で、7～10 日間は集中治療室管理とし、厳格な輸液・栄養管理によって normovolemia の維持に努め、また連日 transcranial Doppler sonography による主幹動脈の血流速度を評価した。遅発性脳血管攣縮が疑われた場合には、ドパミン・ドブタミンによる hyperdynamic therapy を行った。

直達手術群では、ほぼ全例においてアスコルビン酸加人工髄液による持続脳槽洗浄を 7～10 日間行い、また塞栓術症例においても、補助的治療については減圧開頭などの外科的も含めて積極的に行うこととし、髄液ドレナージ、ウロキナーゼの髄腔内投与なども積極的に行われた。

重症度は治療前の H & K grade で評価し、また統計学的有意差については χ^2 検定で $p < 0.05$ を有意差ありとした。

結 果

① 急性期治療の内訳と症例の特徴

1. 急性期治療の内訳

325 例中 280 例 (86%) に急性期根治術が行われたが、内訳としては 177 例 (63%) に直達手術（開頭ネックク

Table 1 Clinical characteristics of the cases treated with surgical clipping and endovascular coil embolization ($p < 0.05$)

	Direct surgery	Coil embolization
Number of patients	177 (63%)	103 (37%)
Mean age (yrs)	56.7y	61.8y
H & K grade 4～5 (%)	24%	35%
Aneurysm (%)		
ACA	68 (38%)	44 (43%)
IC	40 (23%)	29 (29%)
MCA	66 (37%)	2 (2%)
VA-BA	3 (2%)	27 (26%)

Fig. 1 A 79-year-old female with multiple aneurysms (H & K grade 2)

A : Right carotid angiogram shows right MCA and distal ACA aneurysms. CT scan at admission reveals diffuse subarachnoid clots.

B : Complete obliteration of both aneurysms is obtained in the posttreatment angiogram.

Fig. 2 A 51-year-old male with A-Comm aneurysm (H & K grade 3)

A : Left carotid angiogram shows A-Comm aneurysm.

B : Left carotid angiogram on rebleeding. Angiogram demonstrates extravasations of the contrast medium (arrows) from aneurysm.

C : Complete obliteration of the aneurysm is obtained in the posttreatment angiogram. Bifrontal decompressive craniectomy and bilateral ventricular drainages were performed as shown in the CT scan.

リッピング)が行われ、103例(37%)にコイル塞栓術が選択された。年齢は、直達手術群で平均56.7歳、コイル塞栓術群で平均61.8歳であり、後者で有意に高齢であった。また重症度についてもH & K grade 4~5の重症例の占める割合は、直達手術群で24%、コイル塞栓術群で35%と、後者において重症例が多い傾向を認めた(Table 1)。

重症度ごとに急性期の治療方針をみると、軽症例では待期症例は少なく、治療としては直達手術が多く選択され、反対にH & K grade 5の症例では半数近くが待期的治療の方針となり、急性期治療としては3/4の症例にコ

イル塞栓術が選択された。

2. 動脈瘤の分布

直達手術群で最も多かったのは前交通動脈瘤で全体の38%、次いで中大脳動脈瘤の37%、内頸動脈瘤の23%であり、一方で後方循環の動脈瘤は2%であった。これに対してコイル塞栓術群では、最も多かったのは前交通動脈瘤の43%、次いで内頸動脈瘤の29%であったが、後方循環の動脈瘤も26%を占め、一方で中大脳動脈瘤はわずかに2%であった。

3. 多発動脈瘤

血管撮影で複数の動脈瘤を認めたが、CT 所見などから出血源を特定することが困難であり、かつ同一のアプローチでの直達手術は困難と判断された症例が9例あった。これらのうち8例には同日複数の動脈瘤に対してコイル塞栓術が行われ、1例には同日直達手術とコイル塞栓術がそれぞれの動脈瘤に対して行われた。退院時転帰は、全身合併症で死亡した1例を除き他の8例ではgood recovery (GR) であった。

【症例 1】

患者：79歳，女性（H & K grade 2）

血管撮影では遠位前大脳動脈と中大脳動脈に動脈瘤を認め、CT では interhemisphere にも血腫があるため、どちらが出血源か断定が困難であった。Pterional approach と interhemispheric approach の両方を高齢者に行うのは問題があるため、同日両者にコイル塞栓術を行った (Fig. 1)。

4. 塞栓術と外科的補助治療の併用

前述のように、われわれは塞栓術症例においても、補助的治療については減圧開頭などの外科的も含めて積極的に行う方針としてきた。その結果、今回検討した急性期コイル塞栓術施行症例 103 例のうち、64 例に脳室あるいは腰椎ドレナージが、37 例にウロキナーゼの髄腔内投与が、また 13 例に減圧開頭術が追加施行された。

【症例 2】

患者：51歳，男性，前交通動脈瘤（H & K grade 3）

比較的若年でもあり、開頭ネッククリッピング術の方針であったが、血管撮影中に急激な神経症状の悪化、造影剤の extravasation を認め、直後の CT でもクモ膜下血腫の増量と鋤形状の脳室内出血を認め、再出血が確認された (Fig. 2)。GCS: 3, H & K grade 5 の状態に至ったため、開頭ネッククリッピング術は困難と考え、引き続き全身麻酔を導入してコイル塞栓術施行。さらに手術室に移動して、両側の減圧開頭と両側の脳室ドレナージ術を施行した。術後の経過は順調で、明らかな遅発性血管攣縮も認めず、約4週後に頭蓋形成術施行後、独歩退院した。

5. コイル塞栓術症例における追加治療と再出血

急性期にコイル塞栓術を施行した 103 例のうち、慢性期に追加治療を行った症例は 10 例で、追加治療の内訳は、開頭ネッククリッピング 3 例、追加塞栓術が 7 例であった。再出血については、塞栓術翌日に再出血をきたした症例が 2 例、また慢性期以後に再出血をきたした症

例は 2 例で、いずれも不幸な転帰をとった。

② 治療成績の変化

1. 重症例における急性期治療と治療成績 (Fig. 3)

H & K grade 4~5 の重症例に対して急性期治療が行われた割合は、54%から 78%へと有意に増加した。退院時 GOS では、dead が減少し、GR となる症例が 5%から 16%へと有意に増加した。

2. 高齢者における急性期治療と治療成績 (Fig. 4)

70 歳以上の高齢者において、急性期治療が行われた症例の割合は、42%から 76%へと有意に増加した。退院時 GOS では、moderately disabled (MD) 以上の良好な予後が得られた症例の割合が、34%から 63%へと有意に増加した。

3. 脳底動脈動脈瘤に対する急性期治療と治療成績 (Fig. 5)

コイル塞栓術導入前には、半数の症例は待期的治療あるいは経過観察の方針となっていたが、導入以後は 81%の症例に急性期治療が行われるようになり、MD 以上の予後良好例の割合も 42%から 80%へと有意に増加した。

4. 椎骨動脈解離性動脈瘤に対する急性期治療と治療成績

出血発症の椎骨動脈解離性動脈瘤に対して、コイル塞栓術導入前には急性期に治療されたものは 17%であったが、導入後には 67%へと有意に増加した。また、治療内容も変化しており、コイル塞栓術導入前の急性期治療のほとんどはクリップによる proximal ligation であったが、導入後には約 60%の症例に対しコイルによる endovascular trapping と、より根治性の高い方法がとられるようになった。退院時転帰については、MD 以上の予後良好例の比率は、塞栓術導入前の 34%から導入後には 67%へと有意に改善した (Fig. 6)。

考 察

われわれの施設では、破裂脳動脈瘤によるクモ膜下出血に対しては急性期開頭ネッククリッピング術を基本方針とし、術後には、遅発性血管攣縮対策として、人工髄液による持続脳槽洗浄や normovolemic hyperdynamic therapy などを積極的に行うことで、本疾病の治療成績を着実に向上させてきた。しかし、高齢者や後方循環の動

Fig. 3 Percentage of early treatment (top) and clinical outcome at discharge (bottom) in poor grade (H & K 4~5) patients in each period.

GR; good recovery, MD; moderately disabled, SD; severely disabled, V; vegetative, D; dead.

Fig. 4 Percentage of early treatment (top) and clinical outcome at discharge (bottom) in high age (≥70 yr) patients in each period.

Fig. 5 Percentage of early treatment (top) and clinical outcome at discharge (bottom) in the patients with basilar bifurcation aneurysm in each period.

Fig. 6 Percentage of early treatment (top) and clinical outcome at discharge (bottom) in the patients with dissecting aneurysm of vertebral artery in each period.

脈瘤、脳内血腫を伴わない重症例に対しては、必ずしも期待どおりの成果を上げているとはいえず、待期的治療の方針とせざるをえない症例も少なからず存在した。このような背景の中で、1997年にわが国でもGDCによる瘤内塞栓術が施行可能となったわけであるが、すべての操作を血管内から行うことより脳に与える治療侵襲が少ないことは予想されたものの、肝心の再出血の予防効果については当初は疑問視されており、急性期直達手術が好ましくないと判断される症例、すなわち高齢者や重症例のみにその適応を限るべきとする意見が主流であった。われわれの施設でも、当初は同様の適応としてきたが、予想を上回る治療成績が得られたことより徐々に信

頼されるようになり、さらに2001年のISATの結果でその有効性に関するエビデンスが明らかになったことによって、GDCによる瘤内塞栓術は開頭ネッククリッピングと対等の治療オプションとなった。

コイル塞栓術の最大の長所は、その治療侵襲の低さにあると思われる。治療侵襲を客観的に評価することは困難であるが、われわれは治療侵襲の客観的評価を目的に、直達手術症例とコイル塞栓術症例における治療後早期の局所脳血流の変化を比較検討し、直達手術症例では約80%の症例で術後アプローチのルートに沿って局所脳血流が変化していたのに対し、コイル塞栓術症例では局所脳血流に変化を認めたものはなかったことを報告し

た⁴⁾。また、Koivisto ら⁷⁾は MRI 所見から、神保ら³⁾は血管内皮細胞障害という観点から両治療法を比較検討し、いずれもコイル塞栓術のほうが治療侵襲が少ないと報告している。一方でコイル塞栓術の最大の短所としては、再出血の予防効果が開頭ネッククリッピングに比べて低いことが指摘されている。治療後早期¹²⁾、あるいは長期的¹¹⁾¹³⁾な再出血症例についての報告も散見されるが、ISAT の 2005 年の報告⁹⁾でも、低率ではあるものの、コイル塞栓術症例に治療後の再出血が多かったことが報告されている。前述のごとく、われわれも、血管撮影上は動脈瘤が完全に消失していたにもかかわらず、治療後早期に再出血をきたし不幸な転帰をとった症例を 2 例経験しており、再出血の予防効果という意味からは、ネッククリッピングにやや劣るのではないかという印象は否めない。すなわち、コイル塞栓術の効果は、あくまで画像上の評価によるものであり、出血点も確認できているわけではない。一方で、開頭ネッククリッピング術では、直視下に動脈瘤を観察し処置することが可能であり、これはきわめて大きな長所である。

今回のわれわれの検討でも、コイル塞栓術が急性期治療のオプションに加わったことで、37%の症例にコイル塞栓術が選択され、重症例や高齢者、後方循環の動脈瘤症例の治療成績が有意に改善したことが明らかとなった。その主な原因は、コイル塞栓術の治療侵襲の低さと、それにより急性期治療の適応が拡大し待期的治療の症例が減少したこと、また特に重症例に対して塞栓術後に髄液ドレナージや減圧開頭などの補助的治療を積極的に追加施行したことにあると考えられる。高齢者の急性期治療の適応については議論があり、80 歳以上の後期高齢者や重症例に対する急性期治療は疑問とする報告も多いが¹⁾、一方で、急性期治療がなされた場合には、非高齢者と同様の治療成績が期待できるとする報告もある²⁾⁶⁾。

Lanzino ら⁸⁾は、われわれと類似した環境、すなわち血管内治療のトレーニングも受けた脳神経外科医が治療選択を行うという方法で、100 例のクモ膜下出血患者の治療を評価した結果、47 例に直達手術、41 例にコイル塞栓術、12 例に複合的治療が行われ、結果として 71%の患者に良好な予後が得られたと報告している。

また、クモ膜下出血の急性期治療を論ずるうえで重要な要素として、遅発性血管攣縮がある。直達手術症例とコイル塞栓術症例のいずれにおいて遅発性血管攣縮の発生頻度が高いかという点には、依然として議論が残る。すなわち開頭ネッククリッピング術では、血管攣縮の原因となるクモ膜下血腫を術中に除去し、また脳槽洗浄のための複数のドレーンを留置できるという長所がある

が、一方で手術操作によるクモ膜下腔の解剖学的構造の破壊や髄液の過度の排除による髄液循環の障害、血管に対する物理的刺激など血管攣縮の発生に不利な要素も存在する⁵⁾。われわれの施設では、直達手術群においては、術後 7～10 日間、アスコルビン酸加人工髄液による持続脳槽洗浄と normovolemic hyperdynamic therapy を行い、またコイル塞栓術群では、脳室あるいは腰椎ドレナージ、ウロキナーゼの髄腔内投与を積極的に行ってきたが、症候性血管攣縮の発生頻度は前者で 13%、後者で 7%であった。

おわりに

結論として、基本的には非高齢者や前方循環で H & K grade 3 以下の症例のように、治療侵襲が永続的なダメージとなる可能性が少ないと思われる症例に対しては、治療効果の確実性という意味で有利な開頭ネッククリッピング術を選択し、重症度、年齢、動脈瘤の部位や数などから、治療侵襲が大きなダメージを与える可能性が高いと考えられる症例で、コイル留置が可能な形状の動脈瘤に対してはコイル塞栓術を選択するというのが、最も理にかなっていると考えられる。さらに、同じ部位の動脈瘤でもドームの方向や穿通枝の状態によってクリッピングの難易度がまったく異なることを脳神経外科医は熟知しているし、同様にネックの広さのみならず、ドームと親動脈や分枝との位置関係によってマイクロカテーテルやコイルの誘導の難易度、安全性がまったく異なることを血管内治療医は認識している。したがって、今後はいずれの治療をも選択できるような医療環境を整備し、個々の症例について、神経学的所見、年齢、全身状態などの要素に加えて、動脈瘤の部位、大きさ、方向、分枝との位置関係やネックの形状、親動脈やアプローチルートの状態などを十分に評価し、種々の補助的治療も含めてそれぞれの症例に最も適した治療計画を立案し遂行することが重要であろう。

本論文の要旨は第 26 回日本脳神経外科コンgres (2006 年 5 月 12 日、東京) において発表した。

文 献

- 1) Fridriksson SM, Hillman J, Saveland H, Brandt L: Intracranial aneurysm surgery in the 8th and 9th decades of life: Impact on population-based management outcome. *Neurosurgery* 37: 627-632, 1995.
- 2) 入江恵子, 河北賢哉, 川西正彦, 新堂 敦, 長尾省吾: 80 歳以上の超高齢者破裂脳動脈瘤に対する GDC 塞栓術. *脳卒中の外科* 30: 28-32, 2002.

- 3) 神保洋之, 杉山 健, 唐沢秀治, 佐々木晶子, 池田幸穂, 阿部琢巳, 立川哲彦: くも膜下出血における血管内皮細胞障害: 血管内手術と開頭手術の比較. 脳卒中の外科 **32**: 325-330, 2004.
- 4) 小林繁樹, 景山雄介, 佐藤 章, 荷堂 謙, 宮田昭宏, 中村 弘, 渡辺義郎, 古口徳雄, 八木下敏志行, 山浦晶: 破裂脳動脈瘤に対する急性期脳動脈瘤塞栓術: 開頭ネッククリッピング術症例との比較. 脳卒中の外科 **28**: 31-38, 2000.
- 5) Kobayashi S, Satoh A, Koguchi Y, Wada M, Tokunaga H, Miyata A, Nakamura H, Watanabe Y, Yagishita T: Clearance of subarachnoid clots after GDC embolization for acutely ruptured cerebral aneurysm: Comparison with early direct surgery. *Interventional Neuroradiology* **7** (Suppl 1): 57-60, 2001.
- 6) 小林繁樹, 古口徳雄, 大石博通, 和田政則, 宮田昭宏, 中村 弘, 八木下敏志行: 高齢者重症くも膜下出血の急性期治療: GDC 塞栓術導入による変化. 脳卒中の外科 **34**: 79-85, 2006.
- 7) Koivisto T, Vanninen R, Hurskainen H, Saari T, Hernesniemi J, Vapalahti M: Outcomes of early endovascular versus surgical treatment of ruptured cerebral aneurysms: A prospective randomized study. *Stroke* **31**: 2369-2377, 2000.
- 8) Lanzino G, Fraser K, Kanaan Y, Wagenbach A: Treatment of ruptured intracranial aneurysms since the International Subarachnoid Aneurysm Trial: Practice utilizing clip ligation and coil embolization as individual or complementary therapies. *J Neurosurg* **104**: 344-349, 2006.
- 9) Molyneux A, Kerr RS, Yu LM, Clarke M, Sneade M, Yarnold JA, Sandercock P; International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) Collaborative Group: International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: A randomized comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion. *Lancet* **366**: 809-817, 2005.
- 10) Molyneux A, Kerr R, Stratton I, Sandercock P, Clarke M, Shrimpton J, Holman R; International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) Collaborative Group: International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysm: A randomized trial. *Lancet* **360**: 1267-1274, 2002.
- 11) Murayama Y, Nien YL, Duckwiler G, Gobin YP, Jahan R, Frazee J, Martin N, Vinuela F: Guglielmi detachable coil embolization of cerebral aneurysms: 11 year's experience. *J Neurosurg* **98**: 959-966, 2003.
- 12) Sluzewski M, van Rooij WJ: Early rebleeding after coiling of ruptured cerebral aneurysms: Incidence, morbidity, and risk factors. *AJNR Am J Neuroradiol* **26**: 1739-1743, 2005.
- 13) Sluzewski M, van Rooij WJ, Beute GN, Nijssen PC: Late rebleeding of ruptured intracranial aneurysms treated with detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol* **26**: 2542-2549, 2005.

要 旨

クモ膜下出血急性期治療における治療選択 —ネッククリッピング術とコイル塞栓術の使い分け—

小林 繁樹   渡邊 義之   大石 博通
石毛 聡   宮田 昭宏   中村 弘
古口 徳雄   相川 光広   鈴木 浩二

われわれは、クモ膜下出血症例に対しては急性期開頭ネッククリッピング術を基本方針とし、1997年以後は、急性期直達手術が不適と判断された症例には、急性期コイル塞栓術も積極的に行ってきた。結果的に急性期治療が行われた症例の63%に直達手術が、37%にコイル塞栓術が選択されたが、これにより塞栓術導入前に比べて、H & K grade 4~5の重症例、70歳以上の高齢者、脳底動脈瘤症例に対する急性期治療の割合が有意に増加し、転帰も有意に改善した。今後は、各症例の重症度、年齢、動脈瘤の性状や数などを個々に評価し、治療効果の確実性を長所とする直達手術と、低侵襲を長所とするコイル塞栓術とを適切に使い分けることが重要である。

脳外誌 15: 800-806, 2006