原 著

新しい神経内視鏡的血腫除去術の考案 —エコーガイド, ピールオフシース, 硬性鏡・軟性鏡併用の導入—

東 壮太郎, 上野 恵, 岡田 由恵
埴生 知則, 山下 純宏*

A New Endoscopic Neurosurgery for Intracerebral Hemorrhage: Induction of Echo-guidance, Peel-off Sheath and Steerable Fiberscope

Sotaro HIGASHI, M.D., Megumi UENO, M.D., Yoshie OKADA, M.D.,
Tomonori HANYU, M.D., and Junkoh YAMASHITA, M.D.*

*Department of Neurosurgery, Keiju Medical Center, Nanao, and *Kanazawa University School
of Medicine, Kanazawa, Japan*

Summary: Neuroendoscopic evacuation of intracerebral hematoma has been mostly performed using a rigid endoscope system with stereotactic guidance. A major disadvantage of this method is that intraoperative evaluation of the residual hematoma is difficult, and that fine operational movement of the endoscope is limited because of the stereotactic frame fixation. We devised a new echo-guided endoscopic neurosurgery using a peel-off sheath and a steerable fiberscope.

This series included 9 patients with putaminal, 7 with subcortical, 1 with thalamic, 1 with cerebellar, and 1 with intraventricular hemorrhage. The operation was performed with the patient under general anesthesia in all but 3 cases. One or 2 burr holes were made in the forehead in 9 cases, at the coronal suture in 5, and as near as possible to the hematoma in 5. The ultrasound probe was utilized to locate the exact position of the hematoma, and to bring a peel-off sheath to the target area. The sheath was successfully located at the appropriate area of the hematoma in all cases. Under strict telescopic monitoring, intracerebral hematomas were successfully evacuated using a rigid endoscope and ordinary suction through the sheath. The tip of the sheath could be easily located at the appropriate position according to the 3-dimensional extension of the hematoma. Furthermore, the steerable fiberscope was used to evaluate the residual hematoma, remove the intraventricular hematoma and perform a third ventriculostomy. An immediate postoperative CT scan revealed that evacuation was over 90% in 13 patients, 70-90% in 3, and less than 70% in 2; the mean evacuation rate was 90.6% (94.9% in 11 recent cases). The mean operation time was 2 hours and 36 minutes. In conclusion, this procedure is safe, minimally invasive, time-saving, and quite effective in hematoma evacuation.

Key words:

- intracerebral hemorrhage
- neuroendoscopy
- peel-off sheath
- steerable fiberscope
- ultrasound guidance

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 28: 458-464, 2000

はじめに

脳内出血の外科的治療は、開頭血腫除去術と定位的血腫吸引術の二つが普及している。最近は侵襲がより少ないCT定位血腫吸引術が一般的に施行されることが多い⁴⁾⁵⁾。しかし、盲目的吸引術であるため術中出血や残存血腫の確認が困難で、急性期手術は敬遠される傾向にある。また、フレーム装着の侵襲性、術前のCT検査と計測の煩雑さなどの問題点が指摘されている。

一方、最近では内視鏡的血腫除去術の有効性の報告がなされているが、その多くは硬性鏡手術の方法がとられている¹⁾²⁾⁶⁾。しかし、従来の硬性鏡手術は硬性鏡装置の固定が必要なので、3次元的操作性に乏しく残存血腫部位の術中確認が困難である。また、専用の硬性鏡装置が必要であり、定位脳装置による侵襲性や煩雑性などの問題点がある。

そこでわれわれは、これらの問題点を克服することを目的として、エコーガイド法、新案したピールオフシースの使用、硬性鏡と軟性鏡の併用の3点を特徴とする神経内視鏡的血腫除去術を考案した。その具体的方法と結果を報告し、若干の考察を加える。

対象および方法

対象は、被殻出血9例(1例は脳室穿破合併)、皮質下出血7例(3例は脳室穿破合併)、視床出血(脳室穿破合併)1例、小脳出血1例、脳室内出血1例で、男性12例、女性7例の計19例である。年齢は49-88歳、平均65歳である。これらの症例に対し神経内視鏡手術を施行した。手術の内訳は、視床出血の1例を除く18例で脳内血腫除去を、脳室穿破を合併した5例では脳室内血腫除去を(症例14, 15, 16, 17, 19)、また急性閉塞性水頭症を合併した3例では第3脳室底開窓術を施行した(症例14, 16, 17)。

術直後、術後1週、その後は適宜にCTを施行し、術直後のCTで脳内血腫除去率を算出した。術前および術後の神経症状の重症度をNIH stroke scaleで評価し、その推移を検討した。発症後6カ月での最終転帰をBarthel Indexで評価した。

1. 麻酔、開頭

麻酔は、原則として全麻とした(全麻16例、局麻3例)。開頭は原則的に1個のburr holeとした。穿頭部位は、血腫の位置やその長軸方向、脳室穿破や急性水頭症の有無などを考慮して決定した。たとえば、被殻出血では血腫の長軸は前後方向である場合が多いので、原則的には前額部を進入部とした。また、皮質下出血ではeloquent areaを避けた血腫への最近接部とした。脳室穿破合併例では血腫腔から脳室穿破部を通して脳室内に進入可能な部位とした。

Fig. 1 Photograph of a newly devised sheath system for neuroendoscopy. Upper, a transparent peel-off sheath. Lower, a stylet with scale in centimeters.

急性水頭症合併例では第3脳室底開窓術を想定して冠状縫合近傍とした。その結果、穿頭部位は前額部：9例、血腫最近接部：5例、冠状縫合近傍：5例であった。

2. エコーガイド下シース留置操作

エコーガイド下にピールオフシースを血腫腔に留置した。使用した超音波装置は東芝製SSA260A、プローブはセクタ式電子スキャンプローブ(PSF-50SS, 5MHz)である。Fig. 1にわれわれが考案開発したピールオフシースのプロトタイプを示す(仮称：透明バナナシース、径22Frまたは17.5Fr、メディキット)。まず超音波プローブを用いてburr holeから血腫を描出する。この際、プローブを前後左右に振って、脳室や大脳鎌などの血腫周囲の構造を参考にしつつ血腫の全体像を把握する。血腫が最大に描出されるスライスで血腫最深部の手前1-2cmを穿刺目標として定め、脳表から穿刺目標点までの距離を測定する。穿刺目標がモニター画面の正中に位置するように描出させ、この時の頭蓋に対するプローブの入射方向を確認する。これと同一の方向で脳室穿刺針を目標点に向けて刺入する。この時、穿刺軸が頭蓋に対して極端に傾斜する場合には、もう1個のburr holeを近接して追加し、ここから刺入する。この時に他方のburr holeを超音波プローブの窓として利用すれば、リアルタイムモニター下の穿刺が可能となる。次にダイレーター針で刺入経路を段階的に拡張し、最後にピールオフシースをスタイレットを装着した状態で刺入する。スタイレットにはスケールが表示してあるので、シース先端の深さがリアルタイムに認識できる。目的の深さに先端が達したら、スタイレットを抜去し、シースを頭皮レベルまで4分割にピールオフする。血腫吸引のときにはシースが可動性であるほうが吸引操作は容易であるの

Fig. 2 Schematic illustration of operation. **A:** Under a rigid telescopic monitoring, intracerebral hematoma is evacuated using an ordinary suction through the peel-off sheath. **B:** The tip of the sheath can be located at appropriate position according to the three dimensional extension of hematoma.

で、ピールオフしたシースは頭皮に縫合固定せず、必要ならば助手が適宜手動的に固定する。

3. 脳内血腫の吸引除去操作

硬性鏡スコープ(径4 mmまたは2.7 mm, 直視鏡, Karl-Storz 社)とフレイジャー型吸引管(径3, 2.5, 2 mm, 瑞穂医科工業)を手動的にシース内に挿入する(**Fig. 2A**)。シースは透明なので硬性鏡スコープでシース周囲の状況が観察でき、穿刺経路に沿った血腫範囲を認識できる。シース先端部まで硬性鏡スコープと吸引管を進め、先端部の血腫をスコープ画像でモニターしながら吸引する。必要な吸引力は血腫の硬さにより異なるので、吸引管の太さを適宜選択する。吸引過程でしばしば吸引管に小血管の断端が吸引されることがある。この時には、単極電気凝固装置の凝固モードで、電気メスを吸引管に接触させ凝固止血する。出血に遭遇したときには、吸引管で出血点を持続吸引しながら同様に凝固止血する。

脳表レベルを支点として、硬性鏡スコープ、吸引管、シースを一体として動かし、シース先端部の位置を前後左右にずらしながら吸引操作をすすめる(**Fig. 2B**)。深部血腫の除去後、ピールオフをさらに追加し、シースの長さを適宜短くして、より浅い部位の血腫を吸引する。この方法によって、血腫の3次元的広がりに対応した血腫吸引が可能となる。

血腫吸引の際には、しばしば血腫塊が吸引管の先端に吸引付着することがある。このときは、シース先端の位置を微妙にずらして血腫塊をシース内へ誘導し、血腫を吸引付着させたまま除去する。血腫塊がシース内径よりも大きく

てシース内へ入らない場合は、吸引管で血腫塊を吸引したまま、シースごと慎重に抜去し血腫を除去する。

可及的に血腫を吸引したら、次に軟性鏡(ヒステロファイバースコープHYF-1T, 径4.8 mm, オリンパス)をシースから血腫腔に挿入し、輸液輸血加温装置(ホットライン: 米国SIMS Level 1社, 日本メディコKK)を用いて体温に加温した人工髄液(ラクトリンゲル液)をワーキングチャンネルから持続点滴しながら血腫腔を観察する。人工髄液の持続点滴により血腫腔が適度に膨らみ、残存血腫の有無や出血点が明瞭に観察できる。残存血腫は軟性鏡のワーキングチャンネルから吸引する。吸引できない場合は、シース先端を残存血腫近傍に位置させたまま、軟性鏡を再び硬性鏡と吸引管に交換し血腫を吸引除去する。出血点を確認した場合は、多くはイリゲーションをしながら観察していると自然止血する。自然止血しない場合は、内視鏡用電気凝固装置(ME-2, Codman 社)をワーキングチャンネルから挿入し、凝固止血する。軟性鏡を準備できない場合は、軟性鏡の代わりに硬性鏡スコープに硬性鏡用金属製外套を装着してシースから挿入し、軟性鏡の場合と同様に人工髄液持続点滴下に血腫腔を観察してもよい。軟性鏡と比べて画像の解像度が高いが、血腫腔の側壁を観察するには、側視鏡に付け替えなければならない。

4. 脳室内血腫の吸引除去操作

上述のごとく脳内血腫を吸引除去したのち、軟性鏡を血腫腔に挿入し観察し、穿破部を確認する。穿破部から軟性鏡を脳室内に進入させて観察し、脳室内血腫を確認したら、ワーキングチャンネル孔から吸引除去する。脳室内血腫は脳内血腫と比べると柔らかく、吸引除去は比較的容易である。吸引除去できない場合も、血腫を軟性鏡先端に吸引付着させたまま脳室から血腫腔へ引きずり出して摘出する。

5. 第3脳室底開窓術

脳室穿破を合併し急性閉塞性水頭症を併発した症例では、第3脳室底開窓術⁷⁾を施行する。傍冠状縫合のburr holeから進入し、まず脳内・脳室内の血腫を除去し、引き続き軟性鏡を用いて第3脳室底を開窓する。

結 果

症例の概要をTable 1に示す。発症から手術までの期間は、Day 0: 7例, Day 1: 5例, Day 2: 3例, Day 3: 2例, Day 4: 1例, Day 7: 1例で、大半がDay 3以内の急性期であった。術前の脳内血腫量は13-105 ml, 平均37.2 mlであった。全摘(90%以上)が13例, 亜全摘(70-90%)が3例, 部分摘出(70%未満)が2例で、平均血腫除去率は90.6%であった。技術的方法が確立した以降の11例では、全摘9

Table 1 Summary of cases*

Case No.	Age (yr)/ Sex	Hematoma location	Hematoma volume (ml)	Removal rate (%)	Operation	Operative day	Trajectory	Operation time (hr: min)	Complication	NIH ss preope.→6m	BI (6m)
1	70/M	putamen	26	81	ICH	2	F	2:05		32 → 11	10
2	64/M	putamen	29	100	ICH	7	C	2:35		26 → 3	100
3	49/F	putamen	30	100	ICH	4	C	2:15		26 → 4	90
4	57/M	putamen	36	98	ICH	1	F	4:45		15 → 11	30
5	62/M	putamen	37.5	100	ICH	0	F	1:30		26 → 9	90
6	52/F	putamen	40	99	ICH	1	F	1:55		26 → 6	95
7	56/M	putamen	50	88	ICH	3	C	2:30		14 → 8	80
8	73/F	putamen	53	66	ICH	1	F	3:35		19 → 14	5
9	51/M	putamen (lv)	105	33	ICH	0	C	2:40		32 → 23	0
10	75/F	subcortex	18	100	ICH	0	N	1:50		5 → 1	75
11	83/F	subcortex	21.5	100	ICH	0	N	1:40		20 → 4	25
12	62/M	subcortex	24	96	ICH	3	C	1:40		3 → 0	100
13	58/M	subcortex	28	99	ICH	1	N	4:20		20 → 0	100
14	55/M	subcortex (lv)	45	100	ICH, IVH, lld v.	0	C	3:00	SCFC	26 → 2	100
15	68/F	subcortex (lv)	50	100	ICH, IVH	2	N	3:00		15 → 3	100
16	76/M	subcortex (lv)	27	72	ICH, IVH, lld v.	0	C	3:35		8 → 19	0
17	63/M	thalamus (lv)	/	/	IVH, lld v.	1	C	1:35	hyperthermia	9 → 2	100
18	73/M	cerebellum	36	98	ICH	2	N	2:45		12 → 6	40
19	88/F	lv (trigon)	13	100	IVH	0	N	2:20		4 → 0	65

*Abbreviation: lv=intraventricular; ICH=removal of intracerebral hematoma; IVH=removal of intraventricular hematoma; lld v.=third ventriculostomy; F=forehead; C=coronal suture; N=nearest; SCFC=subcutaneous fluid collection; NIH ss preope. and 6m=NIH stroke scale before operation and at 6 months after operation; BI (6m)=Barthel Index at 6 months after operation.

例，亜全摘2例で，平均血腫除去率は94.9%であった。

血腫の部位別に検討すると，被殻出血では全摘5例，亜全摘2例，部分摘出2例であった。部分摘出であった症例8，9 (Fig. 5) は，いずれも初期の症例であり，技術的方法が確立していない時点での手術であった。皮質下出血では，全摘6例，亜全摘1例であった。小脳出血，脳室内出血の各1例は全摘であった。代表例として，被殻出血全摘例 (症例6) を Fig. 3 に，皮質下出血全摘例 (症例14) を Fig. 4 に，被殻出血部分摘出例 (症例9) を Fig. 5 に，血腫再貯留例 (症例1) を Fig. 6 に呈示する。

止血不能な術中出血は経験しなかった。術後の血腫再貯留は，静脈性出血と思われる小血腫を1例に認めたのみであった (症例1, Fig. 6)。穿刺経路の出血は経験しなかった。第3脳室底開窓術を施行した3例では，シャント手術は不要であった (症例14, 16, 17, Fig. 4)。術中術後の過高熱が1例で認められた。術後2日間のブランケット冷却で軽快した (症例17)。術後の皮下髄液貯留を1例で経験した。数日間の圧迫包帯で消失した (症例14)。

手術時間は1時間30分～4時間45分で，平均2時間36分であった。

NIH stroke scaleの経時的推移を検討すると，術後早期に症状が急激に軽快する症例が多い傾向が認められた

(Fig. 7)。発症後6カ月での最終転帰は，自立 (Barthel Index 90～100) が9例，部分介助 (60～85) が3例，全介助 (0～55) が7例であった。

考 察

われわれが考案した方法は以下の特徴を有する。1) エコーガイドによる血腫穿刺と残存血腫の術中評価，2) 新しく考案開発したピールオフシースの使用，3) 硬性鏡と軟性鏡の併用。超音波による脳内血腫の術中評価やエコーガイド血腫吸引術は，従来の報告でもその有用性が指摘されている⁶⁾。しかし，本報告のように内視鏡的血腫除去術とエコーガイド法を直接的に組み合わせた報告はほとんどなく¹⁾，しかもピールオフシースを用いた方法は本報告だけである。

エコーガイド法をCT定位法と比較した場合の利点は以下が考えられる。フレーム固定の侵襲や術前準備の煩雑がない。血腫の全貌をリアルタイムに確認し，脳室，大脳鎌，血管などの周囲構造との関係を把握しながら穿刺できる。血腫除去の過程を術中に確認しながら吸引除去ができる。burr hole用の超音波プローベは各メーカーで用意されているので，これさえ準備すれば超音波装置本体は既存装置の有効利用も可能であり，医療経済性や普及性の点で

Fig. 3 Preoperative (A, B) and postoperative (C, D) CT scans in Case 5. The volume of the hematoma was 37.5 ml, and the evacuation rate was 100%.

A	B
C	D

Fig. 5 A and B: Preoperative CT scans in Case 9 illustrating huge and irregular-shaped hematoma. C and D: Postoperative CT scans demonstrating partially evacuated hematoma. The evacuation rate was 33%.

A	B
C	D

Fig. 4 Preoperative (A, B) and postoperative (C, D) CT scans in Case 14. The subcortical hematoma was totally evacuated. The intraventricular hematoma was evacuated partially. The third ventriculostomy was also performed.

A	B
C	D

Fig. 6 A and B: Preoperative CT scans in Case 1. C and D: Postoperative CT scans demonstrating small bleeding at the cavity, which is probably caused by venous oozing. Evacuation rate was 81%.

A	B
C	D

Fig. 7 Chronological changes of the scores of NIH stroke scale in all cases. Many cases recovered from the neurological symptoms within few weeks.

優れている。一方、欠点としては、エコー画像の描出と読影、穿刺手技などにある程度の習熟が必要と考えられる。

第2の特徴は、新案のピールオフシースの使用である (Fig. 1)。一般的に、内視鏡的血腫除去術はCT定位的硬性鏡手術が主流であるが、この方法には、神経内視鏡専用の硬性鏡装置とCT定位装置が必要である。CT定位装置は比較的普及しているが、神経内視鏡専用の硬性鏡装置は新規購入を必要とする施設が多いと思われる。そこでわれわれは、一般病院で普及率の高い関節鏡用の硬性鏡スコープを神経内視鏡手術に有効利用できるように、独自のピールオフシースを考案開発した。

このピールオフシースの特徴を以下に示す。1) 従来のシースより径が太い。現在、本邦で入手可能な神経内視鏡専用のシースは軟性鏡用に開発されたもので、径は12.5Frと14Frの2種類がある (ピールアウェイ イントロデューサー, Codman 社)。これでは径が細すぎて、その中に硬性鏡スコープと吸引管を挿入して操作することは不可能であった。そこで、シース径を22Frあるいは17.5Frにすることによって、この問題を解決した。一方、大径であることによる穿刺部脳の損傷が危惧される。しかし、われわれの経験では新たな神経脱落症状の出現や穿刺部脳の出血は皆無であった。これは、穿刺部として eloquent area を避けたことと、ダイレーター針を用いて段階的に刺入経路を拡張したことが理由と考えられる。2) 材質が透明である。既存シースの材質は不透明であり、われわれの方法のように、シース周囲の構造を観察することはできない。シースを透明にすれば、穿刺部脳組織の観察や穿刺経路に沿った血腫の広がりを実タイムに把握することができる。その結果、残存血腫の見落としや取り残しの可能性が減少す

る。3) スタイレットにスケールが記入されていて、穿刺時にシース先端の深度がリアルタイムに把握できる。これによって、正確な深さにシース先端を留置できる。4) ピールオフが4分割であるので、2分割の既存シースと比較して入口部の変形が少ない。その結果、硬性鏡スコープと吸引管のシース内での操作がより円滑で容易となる。5) 特別な固定装置は不要で、しかも固定しないためにシースの可動性が高い。従来の方法では、硬性鏡外套をなんらかの装置に固定して使用するもので、硬性鏡を3次的に操作することはきわめて困難であった。われわれが開発したシースでは、先端の微妙な移動操作を円滑かつ瞬時に行える。その結果、3次的広がりを持つ脳内血腫の吸引除去を短時間に安全かつ確実に施行することが可能となった (Fig. 2B)。

Auerらは硬性鏡手術において、全症例の15%が全摘 (90%以上)、29%が亜全摘 (70-90%)、56%が部分摘出 (70%以下)と報告した²⁾。黒田らは、硬性鏡手術での平均血腫吸引率を85% (発症6時間以内は82%)と報告した⁶⁾。本報告では、全症例の72%が全摘、17%が亜全摘、11%が部分摘出、平均血腫吸引率は90.5% (最近の症例では95%)であり、除去率がかなり向上している。この差の最大の理由は、シースの操作性の違いと考えられる。

本法の第3の特徴は、硬性鏡のみではなく、軟性鏡も併用したことである。軟性鏡のワーキングチャンネルから人工髄液を持続点滴することにより、血腫腔が適度に拡張され、血腫腔の観察が容易になった。この結果、より完全な残存血腫の吸引除去や確実な止血確認が達成されたと考えられる。ちなみに、定位的血腫吸引術での再出血率を、金谷らは6%⁵⁾、岩瀬らは7.8%⁴⁾と報告している。また、黒田らはCT定位的硬性鏡手術において、84例中3例 (3.6%)の術中出血を報告している⁶⁾。一方、本報告では発症後3日以内の急性期例が大半であったにもかかわらず、制御不能な術中出血は経験しなかったし、少量の静脈性血腫再貯留を1例に認めたのみであった。可及的早期にかつ低侵襲的に血腫除去術が可能であれば、最終転帰の向上や治療期間の短縮につながることが期待される⁸⁾。ところが一般的には、術中出血や再出血が危惧される急性期例では定位的血腫吸引術を避けて、開頭血腫除去術を選択することが多いのが現状である。本法は急性期症例にも十分対応可能と考えられ、この観点からも有用性が期待される。

脳室穿破合併例では、時に閉塞性水頭症を併発する場合がある。林らはこのような症例に対し、軟性鏡を用いて脳室内および脳内血腫を可及的に吸引除去し、その有効性を示唆した³⁾。われわれは、硬性鏡と軟性鏡を併用して脳内および脳室内血腫を吸引除去したうえで、第3脳室底開窓術⁷⁾を同時に施行し良好な結果を得た。従来ならば、脳室

ドレナージで急性期を乗り切り、ドレナージ抜去後に水頭症が出現すればシャント術を追加するというのが一般的治療方針であった。これに比べて本法は multisurgery の可能性を回避でき、治療期間の短縮や感染の危険性減少などの点で優れていると考えられる。

部分摘出であった症例 8, 9 (Fig. 5) は、技術的に確立していない初期の時点での症例であったが、その血腫除去率は満足できる結果ではなかった。今後の課題として、このような 50 ml 以上の大血腫、あるいは irregular shaped hematoma での本法の経験を重ね、その限界を明らかにする必要がある。さらに、手術の最終転帰や術後経過に関する詳細な検討が今後必要である。本報告では、手術前後の神経症状の推移を検討し、術後早期に軽快する傾向が得られたが、症例数が少なく今後の継続的検討を要する。

最後に、本法の意義は以下のように位置付けることができる。従来の内視鏡的血腫除去術に新案のピールオフシースを導入することによって、エコーガイド法の簡便性と軟性鏡の機動性を新たに取り込むことが可能となった。その結果、従来の方法に比べて安全性、確実性、低侵襲性がより向上し、これに医療経済性と普及性が加味された。

文 献

- 1) Auer LM, Holzer P, Ascher PW, *et al*: Endoscopic neurosurgery. Acta Neurochir (Wien) **90**: 1-14, 1988
- 2) Auer LM, Deinsberger W, Niederkorn K, *et al*: Endoscopic surgery versus medical treatment for spontaneous intracerebral hematoma: a randomized study. J Neurosurg **70**: 530-535, 1989
- 3) 林 央周, 遠藤俊郎, 浜田秀雄, ほか: 脳室穿破を伴う視床出血に対する神経内視鏡的血腫除去術. 脳卒中の外科 **27**: 110-114, 1999
- 4) 岩淵 隆: 高血圧性脳出血 (1) 被殻出血. 脳卒中 **12**: 525-540, 1990
- 5) 金谷春之: 高血圧性脳出血の治療の現況—全国調査の成績より. 脳卒中 **12**: 509-524, 1990
- 6) 黒田清司, 小川 彰: 脳出血外科手術のバリエーションの方法—主として内視鏡下 CT 定位血腫吸引術とエコーガイド吸引術について—. Jpn J Neurosurg (Tokyo) **8**: 100-105, 1999
- 7) Oka K, Yamamoto M, Ikeda K, *et al*: Flexible endoneurosurgical therapy for aqueductal stenosis. Neurosurgery **33**: 236-243, 1993
- 8) Wagner KR, Xi G, Hua Y, *et al*: Ultra-early clot aspiration after lysis with tissue plasminogen activator in a porcine model of intracerebral hemorrhage: edema reduction and blood-brain barrier protection. J Neurosurg **90**: 491-498, 1999