窓形成を伴った椎骨動脈合流部の large 動脈瘤の治療例 —低体温, 体外循環下にクリッピングしえた2症例—

加藤 庸子, 佐野 公俊, 山口 幸子, 明石 克彦
早川 基治, 大隈 功, 川瀬 司, 神野 哲夫

Deep Hypothermia, Cardiopulmonary Bypass and Direct Surgery of Two Large Aneurysms on the Vertebrobasilar Junction

Yoko KATO, M.D., Hirotoshi SANO, M.D., Sachiko YAMAGUCHI, M.D.,
Katsuhiko AKASHI, M.D., Motoharu HAYAKAWA, M.D., Isao OKUMA, M.D.,
Tsukasa KAWASE, M.D., and Tetsuo KANNO, M.D.

Department of Neurosurgery, Fujita Health University School of Medicine,
Toyoake, Japan

Summary : We highlighted 2 cases of radical clipping of large aneurysms that were seen in the vertebrobasilar junction accompanied by a vascular deformity, consisting of fenestration of the split basilar artery at the origin of the basilar artery. Information concerning the inner and outer surface of the aneurysm were obtained pre-operatively from neuroradiographic studies by 3-D CT and 3-D CT endoscopy of the position of the neck, parent vessels of the vertebral arteries on both side, basilar artery and split basilar artery as well as its branches. The neck had a broad base in both cases. The height of the neck extended to the internal acoustic meatus, and it was possible to expose the periphery of the aneurysmal neck with an anterior transpetrosal approach. Based on the size of the aneurysm which was placed on the anterior surface of the brain stem, clipping or arterial reconstruction were performed in the first case under cover of barbiturates and deep hypothermia extracorporeal circulation, and in the second case in a state of circulatory arrest. The following provides a report of these 2 cases along with other cases treated so far.

Key words :

- vertebrobasilar junction
- cerebral aneurysm
- 3-D CT angiography
- hypothermia
- cardiopulmonary bypass

はじめに

椎骨動脈合流部動脈瘤はその解剖学的位置と動脈瘤が比較的大きく成長することから根治治療の難しさが指摘されている。この部位の動脈瘤への approach には種々の報告がある^{3) 5) 6) 9) 10) 15)}。治療の難しさは手術視野が限局され、周辺血管や生命中枢の密集している部位に起因する。根治

治療を目指し超低体温心停止下での clipping や血管内外科治療などの試みがあるが、動脈瘤が large 以上の大きさに達するとその合併症や morbidity も高くなり、いまだ脳外科医にとりチャレンジャブルな領域である。

症 例

＜症例1＞ 46歳, 男性。VA junction, large 動脈瘤,

WFNS grade I.

他院のMRIにて橋前部にflow voidを指摘され当院入院となる。MRIでは橋前部に球状のmassを認めた(Fig. 1A, B)。脳血管撮影およびDASで動脈瘤のサイズは2.1 cm × 1.8 cm × 1.2 cmで右後方に発育し、VA junctionにbroad neckをもつ動脈瘤であった(Fig. 2)。3-D CTAでは動脈瘤はsplit BAの中枢側でVA junctionから発育し(Fig. 3 upper, middle)、左側split BAは3-D CT endoscopy像から瘤壁の一部を形成し、瘤からの分離は不能と判明した(Fig. 3 lower)。pyramis先端の3-D CT切削(drilling)像(Fig. 4)による術前シミュレーション画像から左側anterior transpetrosal approachを選択した。瘤の大きさからtemporary clipによる脳虚血時間を考慮し、開胸体外循環下、超低体温およびバルビツレート脳保護下に3本の有窓clipを用い動脈瘤の頸部遮断と椎骨脳底動脈の血管構築を行った(Fig. 5)。術後血管撮影でfenestrationを有する親動脈の再構築と動脈瘤の消失を認めた(Fig. 6)。

術後は橋下部median zoneへの穿通枝障害と思われる右片麻痺、左V・VI脳神経麻痺、左MLF症候群が出現した。右上肢の中等度麻痺は残存したが、他の神経症状は改善し3カ月で独歩退院した。

〈症例2〉 46歳、男性。VA junction, large動脈瘤, WFNS grade I.

CTにて橋前部に円形の高吸収域を認め(Fig. 7)、血管撮影ではblebをもつ2.2 cm × 2.0 cm × 2.0 cmの動脈瘤をVA junctionに認めた(Fig. 8)。動脈瘤頸部周辺の血管は3-D CTAから動脈瘤の右前方にblebをもちneckはVA junction, split BA中枢側部にbroad neckを有する動脈瘤であった(Fig. 9A)。3-D CT endoscopy像から動脈瘤を囲むようにして存在する両側のsplit BAは左側および右側とも動脈瘤とは分離されていることがわかった(Fig. 9B)。動脈瘤のneckの高さは内耳孔に位置していた(Fig. 9C)。親動脈とneckの確保および周囲血管の把握の点か

Fig. 1 A: MR T1-weighted sagittal image showed a round low intensity mass was identified in the ventral angle of pons and medulla oblongata. B: MR T2-weighted axial image showed the spherical mass in the anterior lower pons.

Fig. 2 A, B: According to conventional cerebral angiogram the aneurysm was arisen from the VA junction and had grown directed posteriorly to the right. C: Digital subtraction angiography obtained by oblique projection showed the arterial fenestration of the proximal basilar artery.

Fig. 3 *Upper, middle:* 3-D CT angiography rotative views of the aneurysm revealed the right split basilar artery had less relationship with the aneurysm. The aneurysm originated from the proximal junction of the fenestration. *Lower:* Based on 3-D CT endoscopy images, the left limb of the basilar fenestration formed a portion of the aneurysmal wall, and was unable to be separated from the dome. Inner view of the aneurysm revealed the inlet, outlet of the branches and one single aneurysmal lumen.

Fig. 4 Preoperative simulation views practiced by computed as a surgical simulation revealed sufficient exposure of the aneurysm neck and vessels by left anterior transpetrosal approach.

Fig. 5 Intraoperative scheme showed arterial reconstruction of the vertebrobasilar artery were performed using three fenestrate clips in tandem fashions.

Fig. 6 Postoperative follow-up DSA showed the vertebrobasilar system and the fenestration (arrow) is well reconstructed and supplied by bilateral cerebral artery.

ら neck への到達は anterior transpetrosal approach とした。左右からの 3-D CTA による pyramis 先端の 3-D CT 切削画像 (Fig. 10) から neck の reconstruction は neck 周辺の術野の確保および動脈瘤の clipping に際しての clip の挿入角度が容易な点から進入側を右側に決定した。長時間の虚血も考慮され 25° 超低体温、開胸体外循環による 20 分の心停止下にチタン製の straight clip と bayonet clip の 2 本を用い、椎骨脳底動脈を温存するためにやや dome 側に clip を用い clipping を行った。動脈瘤頸部は broad neck であり、bayonet clip の曲り部分を利用して可能な限り動脈瘤頸部を縮小させるようにしたが、親動脈の閉塞または狭窄をきたすよりはあえて動脈瘤頸部は megadolico 様に残した。術後血管撮影では残した頸部が造影されるが親動脈や分枝の狭窄はなかった (Fig. 11)。術後は術中の圧排による右外転神経麻痺を認めた。2 カ月後、右外転神経麻痺を残して独歩退院した。

考 察

この 2 症例にみられる脳底動脈本幹最下端の split BA は胎生 5 週の脳底動脈の血管の癒合不全に由来する血管奇形といわれ、発生頻度は剖検上 1.3~5%、血管造影上 0.6% と報告されている¹¹⁾。一方、VA junction 部に発育する動脈瘤に脳底動脈の fenestration を合併することは 7~35.5% の報告¹²⁾ がある。しかしこの部位の動脈瘤はサイズが大きくなるほど、通常の血管撮影では動脈瘤頸部の形状や親血管と neck との関係が詳細には判別しにくい。我々の症例も通常の血管撮影や DSA ではその詳細はつかめず、3-D CTA、3-D CT endoscopy 像⁷⁾ により解析が可能であった。

Drake は斜台の上 2/3 の高さまでの VB junction の動脈瘤は小脳 TENT を切断して subtemporal approach で到達し³⁾、堀らは側頭葉の挙上早期に TENT を切開し、迂回槽の髄液を吸引後、TENT 縁まで TENT を切断し脳幹へ接

Fig. 7 Around region of high-density was observed in the anterior lower pons by enhanced CT.

Fig. 8 Consensual right cerebral angiography revealed a aneurysm having a bleb in the VA junction.

近する modified subtemporal approach を報告している⁶⁾が、共に錐体骨の上縁が残っている分だけ視野が狭くなりかつ側頭葉の圧排も強くなる。VB junction の動脈瘤に対し transoral transclival の報告¹⁰⁾もあるが、視野が狭く側方向きの小さい動脈瘤で容易に clip をかけられるような例では適応となるものの、腹側向きの large aneurysm のような例では動脈瘤の dome だけで視野が埋まってしまい何の対処もできない可能性が強い。しかも術後感染や嚥下障害が問題となる。河野ら⁸⁾は動脈瘤が内耳道の高さの症例には Trautmann's triangular space 経由で非優位側の S 字状静脈洞を切離して到達する方法を報告し、端らは S 字状静脈洞の前部から硬膜をテント上下より切開することで静脈洞切開なしに到達する transpetrosal combined supratentorial and infratentorial approach を報告⁵⁾している。

Fig. 9 A: 3-D CT angiography revealed fenestration surrounding the aneurysmal neck. Aneurysm having a bleb directed towards the anterior of the aneurysm and broad neck located at VA junction, namely proximal portion in the split basilar artery. B: 3-D CT endoscopy image revealed both split basilar artery appeared as if to surround the aneurysm and were found to be separated from the aneurysm. C: The height of the aneurysmal neck was located at the internal acoustic meatus.

また田辺ら¹⁸⁾は VA junction 動脈瘤に対し錐体骨後方を削除し、S 字状洞前方から approach する transpetrosal-anterosigmoidal approach を小脳の圧排や脳神経の損傷が軽度ですみ動脈瘤に最短距離で到達できることを強調して報告しているが、これらは橋前部の動脈瘤に対し片側の斜後方からの approach となり、後方向き動脈瘤では neck 部は見えない。しかも対側の split BA は全く瘤の裏側となり見えない。また前方向きの動脈瘤でも対側の split BA は橋の奥で見えないなど、この 2 症例の動脈瘤手術には適さないと思われる。

今回我々の 2 症例の問題点は、1. 動脈瘤が 2 cm 以上と大きく broad base の症例であること、2. VA junction の部に split BA の血管奇形を伴っていたことである。特

Fig. 10 Based on a study of 3-D CT bone drilling image of the anterior petrosal bone from the left and right sides. A: 3-D bone drilling image on the right side. The broad neck of aneurysm, split basilar and parent arteries are well recognized from this view. B: 3-D CT drilling image from the left side. The left split basilar artery was covering a large portion of neck area thus creating a poor operative view.

に第1例目は basilar fenestration の一部が瘤腹側で瘤壁を形成していることから、椎骨脳底動脈の煩雑な血管構築が必要であった。この症例では穿通枝は3本とも温存できたと思われたが、術後の神経症状から左橋下部 median zone への穿通枝領域の虚血が疑われた。これはヘパリン使用による oozing のため、やや視野がとりにくかった点と ring clip が瘤の大きさのため、わずかに slip out し構築血管を狭窄させ穿通枝の kink を起こさせたためのものと思われる。2例目の split BA は瘤の背側のため clipping 時、穿通枝の関与はなく安全性は高かったが wide neck のため arterial reconstruction を行う必要があった。3-D CTA より split BA は右側が左側よりやや腹側に位置し clip の挿入は右側からは直線的となるが、左側からの approach では clip を深部から手前に挿入することになり clipping が困難となることがわかった。pons 側から有窓 clip を挿入して確実な血管再構築は不可能である。また血管の orifice 間を結ぶような clipping では neck 部に megadolico 様に血管の拡張を残してしまう。本例では1本の bayonet type clip の曲がりを用いて少しでも瘤の残存を減らす試

Fig. 11 Postoperative angiography revealed that a portion of the neck was still remaining, there was no constriction of parent arteries or branches.

みを行ったが、それでも neck 部に動脈瘤は一部残存した。後方からの approach では pons を越えて瘤を処置する必要があり、同側の親血管の再構築は可能でも対側の処置は無理と思われた。これらは術前の 3-D CT シミュレーション画像で検討可能であった。

今回用いた anterior transpetrosal approach は錐体骨削除の際に問題となる聴力および前庭機能温存の点で優れているが、錐体骨の前内側を削る深い操作は時に容易でないこともある。

手術の要点とし、clipping ではこのような broad base の大型動脈瘤の治療は arterial reconstruction が基本となる。親動脈や分枝、穿通枝の狭窄や kinking を防止する工夫として短めの angled fenestrated clip を tandem fashion に組み合わせ multiple clipping technique を用い、少し深めに clip を置くことがコツである。特に穿通枝1本に対して、1本の fenestrated clip を用いて確実に穿通枝を温存させることを原則とする。また fenestrated clip 1本と neck 残存部に straight clip を組み合わせる combination clipping も有用である。2症例とも術後に残存した外転神経麻痺に関してはこの手術視野では術野中央近くに第6脳神経が位置することになり、圧排のため必発する可能性が高かったが、2例とも一過性のものであった。ベムシートなど神経保護シートが助けになることもあるが、限られた視野内での使用は困難な場合もある。

clipping にあたり、parent artery や分枝の遮断に伴う長時間の脳虚血の可能性から、脳保護には開胸体外循環による超低体温下での心停止および超低血圧とパルビツレート投与を用いた。低体温治療の効果は既に早くから報告²⁾⁴⁾¹⁶⁾されており、体外循環を用い後頭蓋窩の複雑な動脈瘤や巨大動脈瘤に超低体温、心停止下での clipping 術の報告¹⁾⁹⁾¹³⁾¹⁴⁾は近年多数なされている。第1例目は核温 26°C、40 mmHg の deep hypotension を用い血管の tension と動脈瘤内圧を下げた。いつでも心停止の行える準備下で血圧

は 40 mmHg 前後に保った。このため穿通枝の確認も容易であった。clipping 時間は 19 分であった。穿通枝は心停止下では一層識別が困難となる¹⁾ので注意を要する。核温が 26°C に達した時に心室細動が 4 回頻発し 5 w~10 w の DC counter shock で直ちにコントロールした。2 例目は両側 split BA の確保が困難なことも考慮し、開胸体外循環下、核温 25° で心停止下に血管内圧を下げて clipping を行った。体外循環時間は 90 分、心停止時間は 20 分であった。バルビツレートは脳虚血からくる脳損傷を抑え、体外循環下の hypothermia で生ずる脳代謝障害を引き起こすといわれる high-energy phosphate の濃度の上昇を防ぐ作用を Swain ら¹⁷⁾が報告している。我々は投与開始時は 15 mg/kg/hr で開始し、維持は 5 mg/kg/hr で行った。循環停止時間は臨床的に諸家の報告¹⁾⁹⁾¹³⁾¹⁴⁾から 18~20°C で、50~60 分程度の循環停止が可能である。低体温法の効果は脳内 thermo-pooling の防止、free radical 酸化窒素の反応抑制、興奮性アミノ酸放出抑制、細胞内 Ca 増加防止などがあり、脳酸素消費量を低下させ虚血状態から脳を保護する。低体温麻酔の問題点としては高度のヘパリン化によるため術中の oozing や後出血の問題が大きい。各ステップでの確実な止血操作を必要とするとともに、oozing に対してはバイオバンドをしませたオキシセル綿による止血やフィブリン糊スプレーが有用であった。その他、不整脈、心室細動、血小板減少症、出血傾向、低カリウム血症や免疫抑制などが対応すべき問題点として挙げられている。

結 果

VA junction に basilar fenestration の合併奇形を伴った VA junction large 動脈瘤 2 例の直達 clipping 術を報告した。確実な clipping かつ最小限の手術侵襲のための体外循環(人工心肺)下に超低体温、超低血圧または心停止下の治療効果および術前 3-D CT シミュレーション像の有用性につき報告した。

文 献

- 1) Ausman JI, Malik GM, Tomecek FJ, *et al*: Hypothermic circulatory arrest and the management of giant and large cerebral aneurysms. *Surg Neurol* **40**: 289-298, 1993
- 2) Drake CG, Barr HWK, Coles JC, *et al*: The use of extracorporeal circulation and profound hyothermia in the treatment of ruptured intracranial aneurysm. *J Neurosurg* **21**: 575-581, 1964
- 3) Drake CG: The treatment of aneurysms of the posterior circulation. *Clin Neurosurg* **26**: 96-144, 1979
- 4) Guegan Y, Scaralsin JM, leGuilcher C, *et al*: Extracorporeal circulation with deep hypothermia and circulatory arrest in the treatment of intracranial aneurysms. *Surg Neurol* **24**: 441-448, 1985
- 5) Hashi K, Nishikawa K, Shimotake K: Transpetrosal combined supratentorial and infratentorial approach for midline vertebro-basilar aneurysms. *Modern Neurosurgery* **1**: 442-448, 1982
- 6) Hori T, Tanabe M, Okamoto H, *et al*: Basilar artery trunk aneurysms—Eight operative experiences and 2 autopsy findings—. *Surgery of Cerebral Stroke* **22**: 495-504, 1994
- 7) Katada K, Anno H, Koga S, *et al*: Three-dimensional angioimaging with helical scanning CT. *Radiology* **177** (Suppl): 364, 1990
- 8) Kawano T, Mori K, Yokoyama H, *et al*: Basilar artery trunk aneurysms approached through Trautmann's triangular space. *Surgery of Cerebral Stroke* **20**: 18-23, 1992
- 9) Kuyama H, Nagao S, Inomata S, *et al*: A large thrombosed aneurysm arising from the right posterior cerebral artery (P2) treated with deep hypothermia and circulatory arrest. *Surgery of Cerebral Stroke* **23**: 93-98, 1995
- 10) Saito I, Sasaki T, Sano K: Clipping of vertebral aneurysms by the transoral transclival approach. *Neurol Med Chir (Tokyo)* **20**: 753-758, 1980
- 11) Salamon G, Huang YP: Arteries of the vertebrobasilar system. *In: Radiological Anatomy of the Brain*, Springer-Verlag, Berlin, 1976, pp 303-331
- 12) Sanders W, Sorek PA, Mehta BA: Fenestration of intracranial arteries with special attention to associated aneurysms and other anomalies. *AJNR* **14**: 675-680, 1993
- 13) Solomon RA: Principles of aneurysms surgery: Cerebral ischemic protection, hypothermia, and circulatory arrest. *Clin Neurosurg* **41**: 351-363, 1994
- 14) Spetzlar RF, Hadley MN, Rigamonti D, *et al*: Aneurysms of the basilar artery treated with circulatory arrest, hypothermia, and barbiturate cerebral protection. *J Neurosurg* **68**: 868-879, 1988
- 15) Sugita K, Kobayashi S, Takemae T: Aneurysm basilar artery trunk. *J Neurosurg* **66**: 500-505, 1987
- 16) Sundt TM, Plutt JR, Gronert GA: Excision of giant basilar aneurysm under profound hypothermia. Report of case. *Mayo Clin Proc* **47**: 631-634, 1972
- 17) Swain JA, Anderson RV, Siegman MG: Low-flow cardiopulmonary bypass and cerebral protection: A summary of investigations. *Ann Thorac Surg* **56**: 1490-1492, 1993
- 18) Tanabe H, Kazuki S, Miyake H, *et al*: Transpetrosal-anterosigmoidal approach for vertebrobasilar union aneurysms: A case report. *Surgery of Cerebral Stroke* **17**: 40-43, 1989