原 著

椎骨動脈閉塞術の施行部位の検討

—正常脳の穿通枝の観察結果より—

佐伯 直勝, 山浦 晶, 牧野 博安

Where to Choose in Therapeutic Occlusion of Vertebral Artery —Based on Observation of Perforators of Normal Cadaver Brain—

Naokatsu SAEKI, M.D., Akira YAMAURA, M.D., and Hiroyasu MAKINO, M.D.

*Department of Neurosurgery, Chiba University, School of Medicine,
Chiba, Japan*

Summary : Fifty intracranial vertebral arteries were observed under an operating microscope in order to clarify the originating pattern of small branches. 1) On the average, 3 small branches originated from the intracranial portion of the vertebral artery (VA). Length of the VA distal to PICA origin averaged 16 mm. Usually the VA distal to the PICA origin was the main source of such small branches. However, in the case of short distal VA (less than 10 mm), more small arteries arose from the VA proximal to the PICA origin.

This finding is clinically useful in determining the occlusion site of the VA for treating unclippable VA aneurysms.

Generally speaking, in order to prevent brain stem ischemia due to occlusion of the VA and its small arteries, the length of the VA distal to the occlusion should be minimized. The occlusion site is influenced by the location of the PICA origin, which is evidenced from a review of previous reports. Based on observation of cadaver brains, it is speculated that, where the VA has a long distal portion, the VA immediately proximal to the PICA origin is the safer site for occlusion to preserve the retrograde blood flow from the contralateral VA at the distal portion where a larger number of the perforators originate.

Where the distal VA portion is short, the VA should be occluded distal to the PICA origin, to preserve blood flow to the proximal portion where more perforators originate.

A VA with no PICA, or on under-developed PICA, may play a major role in blood supply to the brain stem. Therefore, indication of this occluding procedure may be more limited.

Key words :

- vertebral artery
- aneurysm
- PICA
- occlusion

はじめに

椎骨脳底動脈瘤の治療法として、椎骨動脈閉塞術がやむおえず選択されることがある¹⁾³⁾⁴⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。しかし、本法の手術効果には未知の部分があり、術後起こりうる虚血性の合併症などの問題点がある¹⁾⁴⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。今回はそのうち

特に、椎骨動脈からの穿通枝は、閉塞術後どのような経過をたどり、それらを温存するためにはどうしたらよいのかについて、正常解剖脳の観察結果から検討を加える。

方 法

25 個の正常解剖脳より得られた 50 本の椎骨動脈から出る穿通枝の起始部、外径、脳表の穿通部の顕微鏡下に同定

した. ここでいう穿通枝とは, 椎骨動脈からの分枝のうち後下小脳動脈(以下 PICA)を除く小動脈を意味する. なお検体脳提供者の平均年齢は 75.3 ± 5.4 歳であった.

結 果

椎骨動脈の長さ, 外径, 小動脈数などを Table 1 に示す. 50 本の椎骨動脈で今回調べた頭蓋内の平均の長さは, 26.7 mm であった. しかし, そのうち 8 本は演者自身により硬膜穿通部より取り出され, その平均は, 33 mm であった. 残り 42 本は通常の方法で取り出されている. その差約 6 mm の椎骨動脈の最近位部は今回調査されていない.

椎骨動脈の PICA の起始部の遠位側の長さは $16.9 (0 \sim 35)$ mm, 近位側は $9.8 (0 \sim 35)$ mm であった. 椎骨動脈からの穿通枝数は, 3.2 本であった.

それらは, $0.2 \sim 0.6$ mm の外径を持ち椎骨動脈の背内側部より分岐していた. 椎骨動脈の穿通部位については, 以下のとおりである. 今回の分析では, 前脊髄動脈が, 90 % の例でみられた. そのほか延髄外側, および後部領域 (Yasargil¹⁴⁾ のいう lateral medullary zone) 76 %, 錐体, foramen caecum (medial medullary zone) などの延髄腹側 44 %, olive (para-olivary zone) 26 %, 上部頸髄 16 % の例にみられた. 10 % 以下の比較的まれな穿通領域としては, 前正中裂, 橋延髄接合部, 第 4 脳室内脈絡叢, 下小脳脚, 中小脳脚, 下部脳神経根などへの枝も確認された. 一般に近位部からの穿通枝は, 上部頸髄, 外後方延髄を栄養するのに対して, 遠位側のものは, 延髄外側付近, オリーブ, 錐体などの, より腹側に分布する傾向が見られた. そして, それらの穿通枝の栄養領域は, 延髄全体, 上部頸髄,

Table 1 Vertebral artery and its measurements

長さ	26.7 ± 7.7 mm (7–40)	N=50
	$< 33.0 \pm 2.7$ mm (30–38)	N=8
	後下小脳動脈分岐部より遠位側	
	16.9 ± 8.0 mm (0–35)	N=46 *
	後下小脳動脈分岐部より近位側	
	9.8 ± 5.9 mm (0–35)	N=46 *
直径	3.5 ± 0.9 mm (2.0–5.1)	N=50
	(右 3.2 mm, 左 3.8 mm)	
	頭蓋内椎骨動脈からの穿通枝数	
	3.2 ± 1.3 本 (1–7)	N=50

Fig. 1 Anterior view of lower brain stem. Vessels and pia mater are removed. Origin and course of the 6th to 12th cranial nerves at the cisternal portion are shown. Brain stem surface for penetration of median and circumferential branches are noted as perforation zones. Subdivisions of perforation zones are medial medullary, lateral medullary, medial pontine and lateral pontine, depending on their location.

略号解説

A	artery
AICA	anterior inferior cerebellar artery
ant	anterior
BA	basilar artery
bas	basilar
cer med	cerebellomedullary
cer pon	cerebellopontine
ch pl	choroid plexus
D	distal
fiss	fissure
for	foramen
inf	inferior
lat	lateral
med	medial
mid cer ped	middle cerebellar peduncle
P	proximal
ped	peduncle
perf	perforating
PICA	posterior inferior cerebellar artery
pon	pontine
spin	spinal
sul	sulcus
sup	superior
VA	vertebral artery

椎骨動脈と穿通枝

PICA, その起始部位	遠位側10 mm以上	遠位側10 mm未満	椎骨動脈接合部	なし
N	35	7	4	4
椎骨動脈の穿通枝数 合計 遠位側 近位側	3.3±1.2 3.0±1.2 0.2±0.6	2.0±1.2 1 1.0±1.2	3.3±0.5	3.8±0.9
椎骨動脈の長さ 全長 遠位側 近位側	28.7±6.0 20.6±4.7 8.1±5.6	18.8±9.7 8.1±2.0 10.7±8.8	26.5±7.0	27.5±5.0

Fig. 2 Vertebral artery and number and distribution of its small branches.

Fig. 3 Lateral view of vertebral arteries and lower brain stem. Length of vertebral artery distal to PICA origin is 16 mm and anterior spinal artery and a few small branches (arrow heads) originate from the vertebral artery distal to PICA origin.

小脳後下面, 第4脳室脈絡叢, 橋下部被蓋などといわれている (Fig. 1)⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾.

Fig. 2 は, PICA の有無と存在した場合のその起始部と穿通枝の分布を示したものである。

まず 50 例中 PICA のなかった例は 4 例であった。PICA 存在例のうち最も高頻度にみられたのは, PICA 起始部より遠位側の椎骨動脈が 10 mm 以上の長さを有する例であった。穿通枝の分布はその遠位側に 3 本, 近位側に

0.2 本と遠位側優位の分布を示していた (Fig. 3)。一方, 遠位側が 10 mm 以下の例では, 穿通枝数は 1 本だけであった (Fig. 4)。PICA の起始部位により, その穿通枝の分布に明らかな違いがみられた。Fig. 5 は椎骨動脈とその穿通枝の分枝の様子を後下小脳動脈の起始部位より分類してみたものである。

また, PICA のない例では, 頭蓋内の椎骨動脈より 3.8 本の穿通枝がでており, その数は平均より多い傾向がみら

Fig. 4 Anterior view of vertebral artery and lower brain stem. Length of vertebral artery distal to PICA origin is 9 mm in this case. Anterior spinal artery branches from the distal portion of vertebral artery. From the proximal portion of vertebral artery, a few small branches (arrow heads) are noted.

Fig. 5 Vertebral artery and number of its small branches. Their distribution is classified by the location of PICA origin.

れた。一般的に PICA は延髄外側部を栄養するが、PICA 欠損例では、椎骨動脈の穿通枝がそれを補っているためと推察される。また、PICA が直径 1 mm 以下の 2 例でも、椎骨動脈からの穿通枝は多い傾向を示していた。

考 察

椎骨動脈の小動脈とその分布についての従来の報告例は少ない^{2) 8) 9) 10)}。Stopford⁹⁾ と Fisher⁶⁾ がそれぞれ 3 本、Lister and Rhoton⁵⁾ は、前脊髄動脈を除き 2.3 本と報告している^{12) 22)}。これらは、我々の 3.2 本に近い。さらに、遠位側、近位側に分けると Lister and Rhoton⁵⁾ は 1.8 本、0.5 本であり、我々のデータの 2.7 本、0.4 本と同様、遠位側優位の分布を示している¹²⁾。

今回の分析では、解剖脳採取時の技術的な問題から、椎骨動脈の硬膜穿通枝直後の小動脈は数えられておらず、近位側の小動脈数は、やや少なめにでている可能性がある。

1975 年、Drake³⁾ は 14 例の clipping 不能な椎骨動脈瘤症例に、本法を施行し再出血の予防に有効であったと報告している。本法は、椎骨動脈閉塞により動脈瘤内圧を低下させ、血栓化を亢進させるという論理性を有し、しかも、術後の血管撮影にて動脈瘤の血栓化が証明されていることより、施行されている。山浦らは、9 例の椎骨動脈閉塞例を平均 4 年間観察し、再出血をみていない¹²⁾。Friedman らは、9 例の椎骨能底動脈瘤例に本法を施行し、全例に有効であったとしている⁴⁾。一方、Yamada らは、6 例中 1 例に術後 2 年目に再出血をきたした症例を記載している¹¹⁾。また、柴田らは、文献例より 24 例中 2 例に再出血をきたしたとしている⁷⁾。このように、その有効性を支持する文献を散見するもの、再出血例もみられている。本疾患における治療群と未治療群のまとめた長期観察例の比較がないために、厳密な意味でその手術効果を評価しえないのが現状であろう。いずれにせよ、上記のごとく再出血例もあり、本法の効果が絶対的でないことより、安全性が十分確認されたうえで、手術適用が決定されなければならない。そういった意味からも手術に伴う合併症は絶対に避けなければならない。

術中術後に起こりうる虚血性の病態としては次のことがあげられる。健側の椎骨動脈だけで脳底動脈への血流は十分か？、椎骨動脈の閉塞後の血栓性塞栓の発生の可能性は？、PICA の閉塞の可能性はどうか？、椎骨動脈より起

Table 2 Therapeutic vertebral artery occlusion and following brain stem infarction—from recent literature

	近 位 側		遠 位 側	
	症例数	合併症	症例数	合併症
Yamada (1984)	3	3 例に Wallenberg 症候群 致死的血栓症 再出血	3	(—)
Friendman* (1984)	3	(—)	4	1 例に lateral brain stem syndrome
Yamaura* (1990)	3	(—)	3	3 例に一過性の Wallenberg 症候群

*術中に PICA の位置を確認できた症例のみ引用

Fig. 6 Non-recommendable site of therapeutic vertebral artery occlusion.

Fig. 7 Recommendable site of therapeutic vertebral artery occlusion.

始する小動脈の運命は？

虚血性の合併症のうち、今回は椎骨動脈の穿通枝を温存するための、一つの工夫としてどの部位の椎骨動脈の閉塞が一番安全かについて考察する。

椎骨動脈の治療的閉塞部位をどのように選んだらよいかについて参考になる最近の文献をあげてみた (Table 2)^{4) 11) 13)}。

山田らは、PICA の近位側での閉塞例にのみ、種々の程度に合併症があったと報告し、PICA 遠位部での clipping を提唱している¹¹⁾。

一方、Friedman ら、山浦らは、遠位側での閉塞例に延髄を中心とした虚血症状の発生をみている。さらに、山浦らは、PICA 近位側の閉塞例で虚血症状の発生をみないのは、盲管側に PICA が含まれるために、健側からの逆行性の血流が椎骨動脈と PICA に保たれやすいとしている^{4) 12) 13)}。

いずれにせよ、それらの症状の発現に椎骨動脈からの穿通枝が関与していると思われる。以上のごとく、椎骨動脈の PICA 起始部の遠位側あるいは近位側どちらでの clip

がより安全かに関しては意見の一致をみていない。

この点につき、今回の分析結果より、考察を加える。

Fig. 6の左側のように椎骨動脈の低位より PICA が起始する場合、その遠位側の clip で盲管の部分に穿通枝が含まれる可能性が大となり、その穿通枝の閉塞により脳幹症状が発現しやすいと思われた。高位の PICA では PICA より離れた近位側での clip で同様のことが生じやすい。

穿通枝の閉塞による合併症を防ぐために、次に述べるような工夫がなされるべきである。PICA が低位より起位する時には遠位側より起始する穿通枝を温存するために、PICA 起始部の近位側にて閉塞すべきである (**Fig. 7**, 左側)。

PICA 起始部が高位の場合は、PICA 起始部より離れた近位側 (例えば頸部) での結紮は避け、PICA 起始部の遠位側で閉塞すべきである。椎骨動脈近位側からの穿通枝の閉塞を防ぐためである (**Fig. 7**, 右側)。

なお、これらの操作では、PICA を盲管側に含んだ場合は、健側からの逆行性の血流が椎骨動脈と PICA に保たれやすいという前提にたっている。

ここにいう高位とは遠位側の長さ 10 mm 以下、低位とは遠位側 10 mm 以上をほぼ意味している。血管撮影上の計測値は誤差が生じやすく、即今回の数値を当てはめえないが、明らかに低位、高位の傾向のある例では、大いに活用できる結果と思われた。

また、PICA のない例や未発達例では、脳幹への血流灌流に関して椎骨動脈が主役をなしている可能性が大であり閉塞術の施行にはとくに注意をはらう必要がある。

ま と め

1. 椎骨動脈結紮時にその穿通枝の閉塞を防止する目的で、正常脳からの 50 本の椎骨動脈を観察した。
2. a) 頭蓋内の椎骨動脈より平均 3.2 本の穿通枝が分岐した。
b) 穿通枝は PICA 分岐部の遠位側が 10 mm 以上の例では遠位側に、遠位側が 10 mm 未満の例では近位側優位の分布を示していた。
c) PICA がいないか、1 mm 以下の低形成型では、椎骨動脈の穿通枝数は約 4 本と通常より多い傾向があった。
3. 以上のごとく、PICA の分岐部位やその有無と椎骨動脈の穿通枝の分布やその数は密接に関係していた。
4. 椎骨動脈の結紮時には、その穿通枝を温存するために次に述べるような工夫がなされるべきである。

PICA が低位より起始する時には遠位側より起始する穿通枝を温存するために、PICA 起始部の近位側にて閉塞すべきである。PICA 起始部が高位の場合は、PICA 起始部より離れた近位側(例えば頸部)での結紮は避け、PICA 起始部の遠近側で閉塞すべきである。椎骨動脈近位側からの穿通枝の閉塞を防ぐためである。なお、これらの操作では PICA を盲管側に含んだ場合は、健側からの逆行性の血流が椎骨動脈と PICA に保たれやすいという前提にたっている。また、PICA のない例や未発達例では、脳幹への血液灌流に関して椎骨動脈が主役をなしている可能性が大であり、閉塞術の施行にはとくに注意をはらう必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり、cadaver brain を観察する機会を与えてくださいました千葉大学第一解剖嶋田 裕教授、第三解剖千葉胤道教授に深謝致します。

文 献

- 1) Berger MS, Wilson CB: Intracranial dissecting aneurysms of the posterior circulation. Report of six cases and review of literature. *J Neurosurg* **61**: 882-894, 1984
- 2) de Oliveira E, Rhoton AL Jr, Peace D: Microsurgical anatomy of the region of the foramen magnum. *Surg Neurol* **24**: 293-352, 1985
- 3) Drake CG: Ligation of the vertebral (unilateral or bilateral) or basilar artery in the treatment of large intracranial aneurysms. *J Neurosurg* **43**: 255-274, 1975
- 4) Friedman AH, Drake CG: Subarachnoid hemorrhage from intracranial dissecting aneurysm. *J Neurosurg* **60**: 325-334, 1984
- 5) Lister JR, Rhoton, AL Jr, Matsushima T, Peace DA: Microsurgical anatomy of the posterior inferior cerebellar artery. *Neurosurgery* **10**: 170-199, 1982
- 6) Fisher CM, Karnes WE, Kubik CS: Lateral medullary infarction-pattern of vascular occlusion. *J Neuropathol Exp Neurol* **20**: 323-379, 1961
- 7) 柴田孝行, 伊藤明雄, 榎本一己, 原田 努: 椎骨動脈瘤に対する proximal ligation. *脳神経外科* **10**: 1327-1332, 1982
- 8) Stephens RB, Stilwell DL: Arteries and Veins of the Human Brain, Charles C Thomas, Springfield, Illinois, 1969, pp 71-94
- 9) Stopford JSB: The arteries of the pons and medulla oblongata. *J Anat Physiol* **1**: 131, 1915
- 10) Takahashi M: Atlas of Vertebral Angiography, Igaku Shoin Ltd., Tokyo, 1974, pp 17-42
- 11) Yamada K, Hayakawa T, Ushio Y, *et al*: Therapeutic occlusion of the vertebral artery for unclippable vertebral aneurysm: Relationship between site of occlusion and clinical outcome. *Neurosurgery* **15**: 834-838, 1984
- 12) 山浦 晶, 牧野博安: 血管撮影上紡錘形を呈する椎骨動脈瘤の治療—proximal clip occlusion および coating の効果—。第13回脳卒中の外科研究会講演集, 1984, pp 72-76
- 13) Yamaura A, Watanabe Y, Saeki N: Dissecting aneurysm of intracranial vertebral artery. *J Neurosurg* **72**: 183-188, 1990
- 14) Yasargil MG: Microneurosurgery, Thieme-Stratton, Inc, New York, 1984, vol. 1: pp 128-158