小脳橋角部手術操作による前庭神経損傷

その発生機序に関する実験的検討†

関 谷 徹 治・岩 淵 隆・畑 山 徹

はじめに

小脳橋角部手術操作によって、術後に思わぬ聴力低下を来すことがある。しかし、最近では、この手術合併症を引き起こすメカニズムが知られるようになり¹⁻⁶⁾、その発生頻度は、極めて低いものとなってきた^{7,8)}。しかし、蝸牛神経と並走するもう一つの神経である前庭神経の手術操作による損傷については、これまで殆ど言及されていない。これは、蝸牛神経損傷が不可逆であることが多いのに対して、前庭神経損傷による諸症状は、次第に代償されていくことによっていると思われる。しかし、聴力は温存されたが、めまいを術後、比較的長期にわたって訴える症例を経験し、治療に難渋することがある。そこで、どのような手術操作によって、前庭神経が損傷されるのかを知ることは、前庭神経保護上、重要なことである。手術操作による前庭神経損傷の発生機序を知るために以下の実験を行った。

方 法

実験には、体重 10 kg 前後の雑種成犬 15 頭を用い、Pentobarbital sodium (Nembutal) 25 mg/kg を静注して全麻をほどし、気管内挿管後、動物用人工呼吸器に接続維持した。心電図を monitor し、直腸温を $39 \pm 1^{\circ}\text{C}$ に保った。手術用顕微鏡下に、CP angle に入り、はじめ VII-VIII 脳神経周囲のクモ膜を十分に切離し内耳口を確認、つづいて、小脳半球の圧排を加えることによって、以下のような外力を第 VII-VIII 脳神経幹に負荷した(図 1)。即ち、

1 群：頭側から尾側への圧排（以下、頭→尾圧排）7 頭。

2 群：尾側から頭側方向の圧排（以下、尾→頭圧排）8 頭。

全ての手術操作は、以下に述べる聴覚性誘発電位の変化

図 1 脳ペラによる小脳圧排の方向。左側臥位で右小脳橋角部を見る。

A：頭側から尾側方向（頭→尾）への圧排。B：尾側から頭側方向（尾→頭）への圧排。

を見ながら実施した。聴性脳幹反応 (Auditory Brainstem Response, ABR) を、頭頂部と後頭部間にて記録し、蝸牛神経からの複合活動電位 (compound action potentials, CAP) を頭蓋内蝸牛神経幹上と後頭部間で記録した。前腕部に接地電極を置いた。頭蓋内記録には、銀ボール電極 (MT 技研) を用い、その他の部位には針電極 (日本電気三栄) を用いた。100 dB nHL の click を、術側耳に毎秒 9.5 回の刺激頻度で与え、反応を Band-pass filter 50 Hz~3 kHz を通して増幅した。これらを、7S12 (日本電気三栄) にて、加算平均の後、記録した。ABR は、vertex positive up に、CAP は、nerve negative up に記録した。

最後に、動物を深麻酔下に開胸し、右心耳を切開した後、経上行大動脈的に灌流固定した。灌流液には、15% 中性ホルマリン溶液を用いた。その後、頭部を一塊として取りだし、同液にて 48 時間の後固定をおこなった後、側頭骨を切り出し、脱灰した後、上昇アルコール列にて脱水、セロイジン包埋を行った。20 μ の連続切片を作成し、8-10 枚ごとにヘマトキシリン-エオジン染色を施

† Vestibular Nerve Injuries due to Manipulations in the Cerebellopontine Angle.

Experimental Study

Tetsuji Sekiya, Takashi Iwabuchi, and Toru Hatayama

弘前大学医学部脳神経外科学教室

し、光学顕微鏡下に観察した。常に、非手術側を対照とした。

結 果

イヌの小脳橋角部は、手術操作のための十分なスペースがあり、聴覚性誘発電位のモニタリングのもとで、ヒトにおけるのと等価の手術侵襲を負荷しうることを既に報告している⁹⁾¹⁰⁾。また、我々の用いた灌流法では、対照として用いた非手術側において、血管内外に血球成分を認めることはなく、灌流圧による破綻出血の可能性は否定される(図2)。

第8脳神経が、どの方向に牽引されるかによって、蝸牛神経、前庭神経に生じる神経損傷に明らかな相違があった。

1群(頭→尾 圧排)：軽微な牽引外力が働いたと思われる1例では、形態学的変化を認めなかった。しかし、残る6例においては形態学的変化を認めた。それらの変化は、全例、既に報告しているように、内耳道底における神経束及び内耳動脈の引き抜き損傷(avulsion injury)の形で起こっていた³⁾。そして、この群に共通する所見として、蝸牛神経系に著しい変化を認めたのに対して、前庭神経系の変化が、明らかに軽度であった事を挙げる事ができる。代表例を、図3に示す。この例で

図2 非手術側(手術側は、図4-Bに示されている)。出血像を認めず、前庭神経も連続性を保っている(矢頭)。矢印は、Schwann-glial junctionを示す。CN：蝸牛神経，VG：前庭神経節。

は、小脳圧排後、CAPでは、killed end potentialと思われる陽性の電位を認めた(図3-A)。即ち、これは、ヒトで時に報告されている術中操作による突発性の聴力消失例に相当する所見であると考えられた¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。この例の側頭骨所見を見ると、内耳道底部で、蝸牛神経部分に多発性の出血像を認め、同時に蝸牛神経線維の広範な断裂も観察され、これは上記の聴覚性誘発電位を説明し得る所見である。一方、前庭神経節周囲の出血は、むしろ軽度で、前庭器と前庭神経線維との連続性は保たれていた(図3-B)。即ち、頭→尾圧排は、前庭神経系に対してよりも、蝸牛神経系に対して、より有害な手術操作となりうる可能性が示唆された。

第2群(尾→頭 圧排)：8例中2例には、光顕上の変化を認めなかった。残る6例では、内耳道底における引き抜き損傷の所見を認めた。それら全例で、前庭神経系の損傷の方が、蝸牛神経系のものよりも著しく、これは第1群と対照的な所見であった。

図4に示す例では、小脳の尾→頭 圧排に伴う神経の偏位によって、CAPは低振幅化し、同時にABRも低振幅化して、その潜時は延長した(図4-A)。この例では、内耳道底 tractus spiralis foraminosus に出血は認められず、蝸牛神経の連続性も保たれていた。しかし、前庭神経節周囲には、出血を認め、前庭神経と前庭器との連続性は、失われていた(図4-B)。

また、図5に示す例では、手術操作直後に、ABRのII波以降の潜時の延長、振幅の低下、CAPの振幅の低下が見られた(図5-A)。この例の側頭骨所見を見ると、蝸牛神経の、外力に対して最も脆弱な部位である内耳道底部には、引き抜き損傷を認めない。しかし、前庭神経節周囲に、明らかな出血像を認め、前庭器との連絡は、この例でも断たれていた(図5-B, C)。即ち尾→頭 圧排は、それが、蝸牛神経には形態学的な変化を引き起さない程度のものであっても、前庭神経を損傷する可能性があることを示唆している。

考 察

三叉神経痛や半側顔面けいれんに対する microvascular decompression (MVD) の術後に、患者がめまいを訴えることがしばしばあり、この症状は、多くは自然に消失するが、中には、これらの症状が長期にわたって見られることがある¹⁴⁾¹⁰⁾。文献的には、小脳橋角部手術後のこれらの症状を、小脳の圧排による小脳症状と見なす傾向もあったが、本実験からは、小脳橋角部手術後に、患者の訴えるめまい中には、小脳症状というよりも、むしろ末梢前庭系の障害として説明すべきものの方が多いように考えられた。Neagoyらは、半側顔面けいれんに対するMVD術後に、側方注視眼振の起こった例を報

図3-A 小脳の頭→尾圧排によって CAP は、陽性電位を残して消失している (14:07)。これに対応して、ABR も消失した。これらの変化には改善傾向が見られなかった (14:37)

図3-B 内耳道底の蝸牛神経部分に出血像 (矢印) を認め、蝸牛神経の広範な断裂も見られる。しかし、前庭神経と前庭器 (V) との連続性は保たれている (矢頭)。VG: 前庭神経節。

告し、末梢前庭障害が、小脳橋角部手術操作で起こりうることを示唆している¹⁸⁾。

小脳の圧排の仕方によって、第8脳神経に異なったタ

イプの神経損傷が引き起こされることが明らかとなった。即ち、頭→尾 圧排は、主として蝸牛神経を、尾→頭 圧排は、しばしば前庭神経を損傷しがちであることが示された。前庭器は蝸牛よりも後方に位置し、蝸牛神経、前庭神経の走行方向には、微妙な相違がある (図6)。頭→尾 圧排によって、蝸牛神経線維 (特に基底回転由来のもの) に対して、より直接的に牽引外力が、負荷されることが理解される。ヒトの手術において避けるべきであるとされる小脳半球の外側から内側への圧排も²⁰⁾、これに準じる効果を及ぼすと考えられる。一方、逆に尾→頭に圧排すると、前庭神経の長軸方向に直接的に手術外力が加わることになる。

従って、従来言われてきたように、術後の聴覚障害を最小限にとどめるためには、小脳を外側から内側に圧排するのではなく、尾→頭に圧排すべきことは正しいにしても、これは、一方では、前庭神経を容易に損傷する可能性がある。従来の尾→頭 圧排を安全とする考え方は、前庭神経温存の立場からは、再考の余地があることになる。しかし、ここで行われた小脳の圧排は、何れの場合にも本実験の目的のために、意図的になされてお

図4-A 小脳の尾→頭圧排によって、主としてCAPのN2の潜時延長と振幅の低下を認めた(15:17)。この傾向は、約30分後の記録でも観察された(15:49)。ABRは、II波以降の成分は不明瞭である。

図4-B 内耳道底の蝸牛神経(CN)部分(tractus spiralis foraminosus)には、出血を認めず、蝸牛神経の連続性も保たれている(矢頭)。しかし、前庭神経節(VG)と内耳道底間には、著しい出血(H)を認める。このために、前庭神経節と前庭器(V)との連続性が断たれている。

り、適切な小脳の圧排を行えば、誘発電位上の変化や神経損傷を来すことなく、必要な手術操作を十分に全うできることを付言しておく。

前庭神経線維の前庭器からの出口で内耳道底の部分

が、外力に対して特に脆弱であり、神経線維およびその栄養血管が、同部で容易に破綻することが示された。これは、小脳橋角部における手術操作によって引き起こされる蝸牛神経損傷と同じメカニズムによるもので³⁾⁵⁾⁶⁾、

図5-A 小脳の尾→頭圧排によって、CAPの陰性電位が一過性に抑制され(16:03)、それに対応して、ABRもII波以降低振幅化し、潜時も延長している。その後、CAP、ABRともに回復傾向がみられる(17:06)。

図5-B 蝸牛神経(CN)周辺には、出血を認めない。矢頭は、前庭神経節を示す。この部の拡大を、図5-Cに示す。

図5-C 前庭神経節(VG)と前庭器(V)間で、内耳道底に接して、出血(H)を認める。VN:前庭神経。

図6 小脳の圧排方向と蝸牛，前庭神経の位置関係。頭→尾，外→内圧排は，蝸牛神経 (CN) に，尾→頭圧排は，前庭神経 (VN) に対して，より直接的な牽引力を及ぼす。

前庭神経損傷も一種の引き抜き損傷 (avulsion injury) であることが明らかとなった。

最近，術中の聴覚性誘発電位によるモニターが盛んに行われるようになり，蝸牛神経にとって有害な操作を術中，術者が感じ取ることができるようになった⁷⁾²⁰⁾。しかしながら，前庭神経機能を，術中に客観的にモニターする方法は現時点ではない。不用意な小脳の圧排によって，前庭神経損傷もまた起こりうることを念頭におくべきである。

まとめ

小脳橋角部における手術操作によって，蝸牛神経損傷に加えて，前庭神経損傷も起こりうることを実験的に証明できた。小脳橋角部で通常行われる小脳外下方縁の上内方への圧排は，蝸牛神経に対しては，愛護的操作となり得るが，前庭神経に対しては，逆に有害な手術操作となりうる可能性のあることを指摘した。

文献

- 1) Sekiya T, Møller AR, Jannetta PJ : Pathophysiological mechanisms of intraoperative and postoperative hearing deficits in cerebellopontine angle surgery : An experimental study. *Acta Neurochir (Wien)* 81 : 142-151, 1986

- 2) Sekiya T, Møller AR : Cochlear nerve injuries caused by cerebellopontine angle manipulations. An electrophysiological and morphological study in dogs. *J Neurosurg* 67 : 244-249, 1987
- 3) Sekiya T, Møller AR : Avulsion rupture of the internal auditory artery during operations in the cerebellopontine angle : A study in monkeys. *Neurosurg* 21 : 631-637, 1987
- 4) 関谷徹治, Møller AR, Jannetta PJ : 手術操作によって引き起こされる蝸牛神経損傷 Part I : イヌによる電気生理学的，形態学的研究 脳外 16 : 359-365, 1988
- 5) 関谷徹治, Møller AR, Jannetta PJ : 手術操作によって引き起こされる蝸牛神経損傷 Part I : サルによる電気生理学的，形態学的研究 脳外 16 : 671-676, 1988
- 6) Sekiya T, Møller AR : Effects of cerebellar retractions on the cochlear nerve : an experimental study on rhesus monkeys. *Acta Neurochir (Wien)* 90 : 45-52, 1988
- 7) 近藤明恵, 石川純一郎, 伊藤浩二, 新島 京, 他 : 顔面痙攣 その発生機序と Microvascular Decom-

- pression 法による成績. 第2回日本脳神経コンgres講演集 pp 239-249, 1982
- 8) 西原 毅, 花北順哉, 絹田祐司, 近藤明恵, 山本義介, 他: 脳神経減圧術時における術中 ABR, 第VIII 脳神経活動電位の記録の有用性 脳外 14: 509-518, 1986
 - 9) Sekiya T, Iwabuchi T, Kamata S, et al: Changes of the auditory system after cerebellopontine angle manipulations. *Neurosurg* 12: 80-85, 1983
 - 10) Sekiya T, Iwabuchi T, Kamata S, et al: Deterioration of auditory evoked potentials during cerebellopontine angle manipulations. An interpretation based on an experimental model in dogs. *J Neurosurg* 63: 598-607, 1985
 - 11) Abramson M, Stein BM, Emerson RG, Pedley TA, Wazen JJ: Intraoperative BAER monitoring and hearing preservation in the treatment of acoustic neuromas. *Laryngoscope* 95: 1318-1322, 1985
 - 12) Ojemann RG, Levine RA, Montgomery WM, McGaffigan PM: Use of intraoperative auditory evoked potentials to preserve hearing in unilateral acoustic neuroma removal. *J Neurosurg* 61: 938-948, 1984
 - 13) Raudzens PA, Shetter AG: Intraoperative monitoring of brain-stem auditory evoked potentials. *J Neurosurg* 57: 341-348, 1982
 - 14) Fabinyi GCA, Adams CBT: Hemifacial spasm: treatment by posterior fossa surgery. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 41: 829-833, 1978
 - 15) Jannetta PJ: Hemifacial spasm. *Neurol Neurosurg* 3: 1-7, 1982
 - 16) Kaye AH, Adams CBT: Hemifacial spasm; a long term follow-up of patients treated by posterior fossa surgery and facial nerve wrapping. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 44: 1100-1103, 1981
 - 17) Naessens PJ, De Waele LF: Microvascular decompression in the posterior fossa of the trigeminal nerve for tic douloureux and microvascular decompression of the facial nerve for hemi-facial spasm. *Acta neurol belg* 80: 95-98, 1980
 - 18) Neagoy DR, Dohn DF: Hemifacial spasm secondary to vascular compression of the facial nerve. *Cleve Clin Q* 41: 205-214, 1974
 - 19) Wilson CB, Yorke C, Prioleau G: Microsurgical vascular decompression for trigeminal neuralgia and hemifacial spasm. *West J Med* 132: 481-484, 1980
 - 20) Møller AR, Jannetta PJ: Monitoring auditory functions during cranial nerve microvascular decompression operations by direct recording from the eighth nerve. *J Neurosurg* 59: 493-499, 1983

Abstract

It is said that lateral-to-medial retraction of the cerebellar hemisphere is hazardous because it may cause avulsion injury of the cochlear nerve and internal auditory artery. Caudal-to-rostral retraction of the cerebellar hemisphere is, therefore, recommended in operations on the CP angle such as microvascular decompression procedures.

The results of our present study, however, show that caudal-to-rostral retraction can easily cause vestibular nerve damage, although rostral-to-caudal retraction may mainly damage the cochlear nerve as does lateral-to-medial retraction.

These differences of eighth nerve injuries according to the direction of cerebellar retraction can be explained by the fact that the vestibule and vestibular nerve are located posterior to the cochlea and cochlear nerve.

Most cases of dysequilibrium after manipulations in the CP angle area may be due to vestibular nerve damage—avulsion of the vestibular nerve and its accompanying vessels from the vestibular apparatus.

Key words: cerebellopontine angle, vestibular nerve, cerebellar retraction, nerve injury, auditory evoked potentials.

原稿到着: 昭和63年7月12日
別刷請求先: 関谷徹治
〒036 弘前市在府町5
弘前大学医学部脳神経外科学教室