

氏名	たけむら ゆうすけ 武村 有祐
学位の種類	博士（医学）
報告番号	乙第1847号
学位授与の日付	令和2年10月1日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当（論文博士）
学位論文題目	Comparison of Microscopic and Endoscopic Approaches to the Cerebellopontine Angle （小脳橋角部に対する顕微鏡および内視鏡アプローチの比較）
論文審査委員	（主査） 福岡大学 教授 坪井 義夫 （副査） 福岡大学 教授 立花 克郎 福岡大学 准教授 高野 浩一

## 内容の要旨

### 【目的】

この研究の目的は、小脳橋角部 cerebellopontine angle (CPA) の外科解剖を定義する上で、手術用顕微鏡の補助として、内視鏡の有効性を調べることである。内視鏡によって提供される高倍率と照明の強化は、CPA手術での使用をもたらす。顕微鏡的アプローチと比較した内視鏡的アプローチの利点は、より小さな開頭術、切開、最小限の脳圧排、またより高度に拡大された焦点露出を可能にする。内視鏡はまた腫瘍や血管圧迫症候群における神経血管構造関係のより正確な描出を提供する。CPAにおける神経血管関係の理解は、合併症を回避するための基本となる。この研究では、顕微鏡と内視鏡によるCPA構造の描出を比較した。

### 【対象と方法】

CPAの外科解剖は、retrosigmoidアプローチを通じて11体の屍体を用いて検討された。2つの手術器具の比較を理解しやすいよう、神経血管構造の複雑なCPAを上部（upper）、中部（middle）、下部（lower）の3つのpartにわけ検討を行った。小脳動脈は個々のセグメントに分割した。神経血管複合体と小脳動脈の個々のセグメントを、手術用顕微鏡と0度および45度の硬性内視鏡で観察、検討を行った。

## 【結果】

顕微鏡は、主に CPA cistern 中央部分の、神経および血管構造の後面の優れた視野を提供した。内視鏡は、脳神経の脳幹との接合部、その硬膜の出口、および血管との関係の優れた視野を提供した。内視鏡はまた小脳動脈の個々のセグメントの優れた視野を提供した。

### Anatomical Overview

CPA の構造物を、上部、中部、下部の 3 つの神経血管複合体にグループ化：小脳動脈（上小脳動脈、前下小脳動脈、後下小脳動脈）、脳幹（中脳、橋、髄質）、小脳脚（上、中、下）、脳幹小脳裂（小脳中脳裂、小脳橋裂、および小脳延髄裂）、小脳の外表面（tentorial、petrosal、suboccipital）

### Upper Complex

上小脳動脈 superior cerebellar artery (SCA)、中脳、小脳中脳裂、上小脳脚、小脳 tentorial surface、動眼神経 (CNIII)、滑車神経 (CNIV)、三叉神経 (CNV) を含む。

### SCA segments

Anterior Pontomesencephalic Segment, s1. Lateral Pontomesencephalic Segment, s2.

Cerebellomesencephalic Segment, s3 Cortical Segment, s4

### Microscopic view

主に lateral infratentorial approach を使用。このアプローチで上錐体静脈洞に流入する上錐体静脈は、しばしば CNV 周囲の領域への視界とアクセスを妨げる。また側頭骨後面の突出、特に suprameatal tubercle のため、メッケル腔に入る CNV が見えにくい。また脳幹に隣接する CNV を見るために、小脳の圧迫が必要であった。顕微鏡では CNV の後面、s2 の後部と s4 の優れた視野を提供したが、s1、s2 の CNV 内側へ向かう下向きループ部分、s3 の小脳中脳裂内の走行を見ることは困難であった。

### Endoscopic view

CNV の上に内視鏡を進めると、s1 の近位部分、CNIII と CNIV、および脚間槽の外側を走る後大脳動脈と後交通動脈の観察ができ、45 度内視鏡を内側に向けることで、CNV の脳幹接合部の優れた描出を、また側方に向けると、メッケル腔近傍の視野が得られた。CNV の上面と前面、下面の観察ができ、CNV の前に進めると、CNIV がテントに進入し、CNIII が uncus の下を通過し、また脚間槽の動脈や膜構造の観察ができた。

### Middle Complex

前下小脳動脈 anterior inferior cerebellar artery (AICA)、橋、中小脳脚、小脳橋裂、小脳 petrosal surface、外転神経 (CNVI)、顔面神経 (CNVII)、前庭神経 (CNVIII) を含む。

#### AICA segments

Anterior Pontine Segment, a1. Lateral Pontine Segment, a2.

Flocculopeduncular Segment, a3 Cortical Segment, a4

#### Microscopic view

主に infrafloccular アプローチ。このアプローチでは、CNVIIおよびVIIIの後方表面と、a2の meatal および postmeatal セグメントの視野を提供する。a3 と a4 は観察されるが、脳幹の前の a1 は見えない。見える可能性のある a2 の分岐は、内耳動脈、硬膜に入る弓下窩動脈、CNVIIとVIIIの間で脳幹に戻る反回動脈。

#### Endoscopic view

内視鏡を CNVIIおよびVIIIの上方および前方に進めると、CNVI、脳底動脈からの AICA 起点、および a1 と a2 が見える。45度内視鏡は CNVIIおよびVIIIの上面と下面、およびそれらの脳幹と内耳孔部での優れた視野を提供した。内側に向けると、pontomedullary sulcus の外側端で、CNVIIとVIIIの脳幹起始部の優れた視野が得られた。

#### Lower Complex

後下小脳動脈 posterior inferior cerebellar artery (PICA)、延髄、下小脳脚、小脳延髄裂、小脳 suboccipital surface、舌咽神経 (CNIX)、迷走神経 (CNX)、副神経 (CNXI)、舌下神経 (CNXII) を含む。

#### PICA segments

Anterior Medullary Segment, p1. Lateral Medullary Segment, p2

Tonsillomedullary Segment, p3 Telovelotonsillar Segment, p4

Cortical Segment, p5.

#### Microscopic view

主に Transcondylar fossa アプローチ。延髄の外側表面と頸静脈孔の間にある小脳延髄槽の広い視野を提供。PICA が椎骨動脈の硬膜入口部近くの脳幹の外側にある椎骨動脈から発生する場合、PICA の起始部や下部脳神経の後面を描出。PICA が脳幹前部の椎骨動脈から起始の場合、起始部が観察できなかった。また頸静脈孔の glossopharyngeal meatus や vagal meatus の観察や、外側延髄槽で CNIX rootlet と CNX rootlet を区別するのは難しい。p2、p3、p5 を観察できるが p4 は観察困難であった。

#### Endoscopic view

内視鏡を CNXI rootlet 間で前方に進めると、脳幹から硬膜孔までの CNXII の全走行の視野が得られた。CNIX, X, XI を形成する細い rootlet の密接な関係により、これらの細根の間を進むと内視鏡の動きが制限された。45度内視鏡は、頸静脈孔や下部脳神経の遠位部、延髄接合部、Luschka 孔、Rhomboid lip の優れた視野を提供した。また p1 の起始、tonsil 下縁周辺の p3、p4、および Magendie 孔への視界を得ることができ、第4脳室底の観察も可能。

## Summary

顕微鏡は、CPA の神経および血管構造の後面の優れた視野を提供するが、神経の近位または遠位部分の視野は、小脳組織の張り出しや側頭骨の隆起により減弱する。角度の付いた内視鏡では、隅や構造物の背後を見ることができ、メッケル腔と内耳道、頸静脈孔、および神経と脳幹の接合部の描出を容易にした。内視鏡はまた、深部を走る神経と血管の優れた視野を提供した。

内視鏡の主な欠点は、先端からしか見えず、外科医が内視鏡の画像に焦点を合わせると、手前がほとんど見えなくなる。この後方または横方向の視野の欠如は、手術野で内視鏡を動かすことを危険にする。損傷を与えないように細心の注意を払う必要があり、これは特に角度を付けた内視鏡の場合に当てはまる。また、内視鏡画像は2次元であるため、奥行き感が失われる場合がある。内視鏡の有用性を改善するために必要な画像融合技術、器具、保持装置、防曇サービス、および洗浄装置の開発が今後の課題となる。

## 【結論】

内視鏡と顕微鏡手術の組み合わせにより、CPA 手術で最適な視野の描出を実現するのに役立つ。内視鏡は小脳橋角部の手術の際に、顕微鏡の補助として有用である。内視鏡により、脳幹より硬膜出口に至る脳神経、個々のセグメントの小脳動脈、また神経と血管の関係等の観察の際に優れた視野が得られる。

## 審査の結果の要旨

本論文は、中枢及び脳神経などの重要構造物の多い小脳橋角部において、内視鏡の有用性を検討することを目的とした。屍体脳を用いて、顕微鏡と内視鏡の見え方の違いを詳細に比較し、体系的にレビューを行った。小脳橋角部において顕微鏡で観察困難な脳神経の脳幹接合部や硬膜出口部の観察、また構造物の背後や深部の観察などに内視鏡の利点がみられた。顕微鏡と内視鏡の組み合わせにより、最適な視野の描出を実現するのに役立つと考えられた。以下に本論文の斬新さ、重要性、研究方法の正確性、表現の明確さ、主な質疑応答の内容についてそれぞれ記載する。

### 1. 斬新さ

過去にも小脳橋角部の内視鏡解剖は存在したが、画質が劣っていたり、局所に偏ったり、

写真も少なかった。本研究では、画質の向上した現代の内視鏡器具を用いて解剖を行った点、複雑な構造物を理解しやすいように3つのカテゴリーに分け体系的にレビューした点、色付きシリコンが血管に注入された cadaver を用いて視覚的に優れ、豊富な解剖写真を提供した点などで、内視鏡の利点を明確に示した。このような研究は過去にはなく、斬新な内容と言える。

## 2. 重要性

低侵襲で合併症なく高い治癒率が求められる現代の外科治療においては、神経内視鏡の臨床応用はめざましく、その用途と範囲を拡大している。重要構造物の多い小脳橋角部では、内視鏡の利点は多いと考えられ、顕微鏡手術の補助としての有用性が期待されている。顕微鏡アプローチとの比較をすることで、内視鏡の利点を把握し、実際の手術に役立てる。

## 3. 研究方法の正確性

本研究は、11体の屍体脳を用いたものであり、また実際の手術アプローチに基づき、内視鏡も手術と同じものを使用しており、実際の手術への臨床応用に際して、その正確性の点で有用と言える。

## 4. 表現の明確さ

目的、方法、結果については詳細かつ明確に表現されている。本研究の結果の考察にあたっては、実際の手術における有用性を検討しており、臨床応用に即した内容である。

## 5. 主な質疑応答

以上の研究内容の説明に対して、審査員より、研究方法、結果の解釈、臨床的な意義に関する質疑が行われた。下記のような多数の質問があり、活発な討議が行われた。

Q: 顕微鏡と内視鏡を同時に使うようなことが書かれているが、それはどういう手術か。

A: 組み合わせるということで、顕微鏡手術のアシストで内視鏡で行うということです。例えば、顕微鏡手術での残存腫瘍の確認を、内視鏡を用いて行うということです。

Q: 11個の cadaver に 破格、個人差はあったか。

A: 個人差はあります。脳の色調、シリコンの注入具合、静脈の発達、骨の隆起、構造物の大小など個体差がみられました。

Q: 綺麗な写真であるが、脳を固定してから色素を入れていますか。

A: ホルマリン固定したものをアルコール漬けにして、色素を入れています。

Q: それは硬いですか。

A：硬いです。ですので、例えば小脳をリトラクトしたい場合は、小脳内部をくり抜く工夫など行っていました。

Q：内視鏡でも3次元画像があるのですか。

A：研究を行った当時は2次元画像のため、深さ、立体感などが得難い問題がありました。その後の発展で3次元画像が出現し、それを解決しています。その他、解像度の向上、ディスプレイモニターや各種デバイスの発展がみられています。

Q：軟性鏡と硬性鏡がありますが、今回硬性鏡を用いている理由は？

A：軟性鏡は柔軟で先端可動性あり、主に脳室内で使用されています。血腫除去や腫瘍摘出などは、硬いシャフトの硬性鏡が用いられており、小脳橋角部の手術でも通常は硬性鏡が使用されており、今回は硬性鏡を用いました。

Q：先生が行われた内視鏡解剖で、新たな知見とはどういったものですか？

A：以前にも小脳鏡角部の内視鏡解剖の報告はあったが、画質が低かったり、写真の数が少なかったり、十分な検証はされていませんでした。今回、私の研究では解剖に使用した内視鏡の画質も上がり、シリコンで色付けされた cadaver で視覚的にも優れており、より実臨床に近い写真を提供できました。豊富な写真を用いて、また体系的に各構造物の見え方をレビューし、新たな見解を示せたところが新たな知見です。

Q：90年代の最初の頃より内視鏡が進歩しているようであるが、例えば、この論文の出た2014年以降も変わってきているのか。

A：3D画像、4K解像度などレンズ、ディスプレイモニター、各種デバイスなどの発展があります。また内視鏡手術の場合は、専用の道具の発達も必要となり、これらも同様に進歩しています。

Q：内視鏡でみえているのに、道具がないことで手を出せないようなフラストレーションが溜まることもあるか。

A：あります。先にも述べたように、内視鏡の発展とともに、内視鏡用の手術器具の発展も必要となると考えます。

Q：CP angle では、顕微鏡で一回みて、内視鏡を入れて、それを出してまた顕微鏡を使うということか。

A：そうなります。顕微鏡操作のあと、内視鏡を入れて覗き、残存腫瘍などを確認した上で、あらためて顕微鏡で作業行うこととなります。

Q：CP angle での内視鏡の使用率は？

A: 基本的に顕微鏡が主流です。困った時に使用できるようにしており、使用率は高くありません。

Q: 屍体が11体であるが、個人差や variation は? 文章上は神経など全て見えたところがあるが、実際どうなのか。ここは何割見えたのかなかったのか。

A: 個人差、variation はありましたが、基本的に各構造物を内視鏡で全て観察することが可能でした。

Q: 内視鏡の優位性という点で、統計的にどのくらい見えたかなど研究としての質的な、説得力のある、定量的な評価などできなかったか。

A: 今回の研究は観察がメインとなりました。神経など構造物は、11体と少ない数でしたが、内視鏡で全てみることができました。そのため、統計的なものを取り入れるには至りませんでした。

Q: variation などある中で、内視鏡の盲点や限界はあったか。

A: 例えば、第7脳神経の手前にある構造物（脈絡叢、flocculus, rhomboid lip）、第5脳神経の手前の錐体骨の隆起、静脈の発達などは、献体によって異なっておりました。これらは顕微鏡下で神経や血管の観察を妨げることがありますが、内視鏡を用いることで全例で観察が可能でした。

Q: 献体では血管をシリコンで色付けしているが、実際の手術では、色は付いていないが、ギャップは? 動脈、静脈の違いはわかるのか。

A: 実際の手術で、肉眼的に動静脈の識別は可能です。

Q: CSF はどうなっているのか。

A: 抜かれている。解剖写真は、くも膜が除去された状態である。実際の手術でも、くも膜を切開した上で内視鏡を用いることとなります。

Q: 今回の研究の画像は、実際の手術に近い画像となるか

A: なります。

Q: アメリカでの献体制度は? 手軽に入手できるのか。

A: 教室の研究費等で購入します。フロリダ大学では、頭部が1体 800~1000USD 位で、他大学からの購入では、その2倍ほどかかります。倫理委員会は通す必要はありません。

Q: 硬膜動静脈瘻 (DAVF) の手術にも内視鏡を使用することがあるか。

A:あります。例えば、前頭蓋底 DAVF での静脈結紮の手術では、前頭蓋窩へのアプローチにより内視鏡下手術が可能です。現在は、前頭蓋窩、中頭蓋窩、後頭蓋窩、また以前は到達の困難であった頭蓋底中央部など、いずれもアプローチが可能となっています。

以上、内容の斬新さ、重要性、研究方法の正確性、表現の明確性および質疑応答の結果を踏まえ、審査員全員での討議の結果、本論文は、学位論文に値すると評価された。