術前 CT 及び術中における前篩骨動脈の同定

田 中 秀 峰¹⁾, 村 下 秀 和²⁾, 米 納 昌 恵¹⁾,
大 原 浩 達¹⁾, 田 渕 経 司³⁾, 原 晃³⁾

¹⁾筑波学園病院耳鼻咽喉科, ²⁾むらした耳鼻咽喉科

³⁾筑波大学大学院人間総合科学研究科

一般に前篩骨動脈は、前頭洞後端から第3基板までの篩骨蜂巢天蓋にあるとされるが、より詳細な走行部位は個人差が大きい。前篩骨動脈の損傷は、出血量の増加だけでなく、頭蓋内血腫や眼窩内血腫の原因ともなる。さらに、眼窩内血腫が形成され眼窩内圧の上昇が起きた場合、約1時間以内に除圧されない限り、視力障害や失明に至る重大な合併症の原因となりえる。したがって、危険部位を術前に把握しておくことは、術中術後の合併症を回避しつつ、副鼻腔の単洞化手術を施行するうえで重要である。

我々は日本人を対象として、前篩骨動脈の走行部位と frontal recess (前頭陥凹) との詳細な位置関係について検討を行った。術前に 0.6mm スライス CT から多断面再構成像を作成し、前篩骨動脈の走行を(1)前頭洞の直後を走行、(2)frontal bulla cell や suprabullar cell の直後を走行、(3)篩骨胞の中から第3基板までを走行するものの3つに分類した。さらに頭蓋底からの距離について、(A)頭蓋底に接して走行、(B)頭蓋底から離れ、頭蓋底との間に隔壁を認めるものの2つに分類した。結果、(2)の群が98側 (59.7%) で最も多く、(3)の群が35側 (21.4%)、(1)の群が31側 (18.9%) であった。また、頭蓋底からの距離については、(A)群が59.8%で、(B)群が40.2%であった。

キーワード：前篩骨動脈, 前頭陥凹, 多断面再構成 CT 像, 内視鏡下副鼻腔手術

Localization of Anterior Ethmoid Artery in Preoperative CT and During Endoscopic Sinus Surgery

Shuho Tanaka¹⁾, Hidekazu Murashita²⁾, Masae Komeno¹⁾,
Hirotatsu Ohara¹⁾, Keiji Tabuchi³⁾, Akira Hara³⁾

¹⁾Department of Otolaryngology, Tsukuba Gakuen Hospital

²⁾Murashita ENT Clinic

³⁾Department of Otolaryngology, Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

The anterior ethmoid artery (AEA) course is localized at the skull base above the anterior ethmoid sinus between the posterior edge of frontal sinus and the third lamella. Beyond this, its course may vary widely. AEA damage during endoscopic sinus surgery may cause nasal, intraorbital, and intracranial bleeding. Excessive intraorbital hemorrhaging increasing intraorbital pressure may, unless decompressed within an hour or so, cause blindness.

Based on multislice 0.6mm computed tomography, we classified the AEA course above the anterior ethmoid sinus into (1) the posterior edge of the frontal sinus, (2) the posterior edge of the frontal bulla or suprabullar cells, (3) between the ethmoidal bulla roof and the third lamella.

We also classified the distance between the AEA and the skull base into (A) the AEA running directly under the skull base, considered prominent, and (B) the AEA distant from the skull base, connected to the thin bony mesentery.

Based on the preoperative CT assessment, we operated the frontal and anterior ethmoid sinuses by nasal endoscope, determining the frontal recess precisely and tracing anterior ethmoid canals and the AEA through the anterior skull base. In a study of 106 subjects (164 sinuses), the commonest AEA pattern course was (2), in 59.7%, followed by (3), in 21.4% and (1), in 18.9%. The study on the distance from the skull base showed that the AEA running under the skull base accounted for 59.8% and that from the AEA distance from the skull base to the mesentery accounted for 40.2%.

Because the AEA course may vary, detail identification of the AEA in preoperative CT and during endoscopic sinus surgery is very important in ensuring the sufficient endoscopic paranasal preservation from AEA damage.

Key words : anterior ethmoid artery, frontal recess, multiplanar reformation (MPR) CT, endoscopic sinus surgery

(2011年2月4日受稿, 2011年4月26日受理)

はじめに

内視鏡下副鼻腔手術で危険部位の一つである前篩骨動脈を損傷すると、出血量の増加だけでなく、損傷を受けた血管が頭蓋内または眼窩内に引き込まれ、頭蓋内血腫や眼窩骨膜外血腫、眼窩骨膜内血腫を形成する。さらに、眼窩内血腫が形成されると眼窩内圧の上昇により網膜中心動脈の血流障害が起き、約1時間以内に除圧されない限り視神経障害へと発展して、視力障害や失明に至る重大な合併症の原因となりえる¹⁾。したがって、危険部位を術前に把握しておくことは、術中術後の合併症を回避しつつ、副鼻腔の単洞化手術を施行するうえで重要である。

今回我々は、術前にCTを読影し前篩骨動脈の解剖学的走行部位、及び頭蓋底からの距離関係を評価し、実際に内視鏡下副鼻腔手術にて確認した症例を検討し、手術のアプローチ方法について考察を加えた。

方 法

1) 対象

2008年1月から2009年12月に筑波学園病院耳鼻咽喉科にて内視鏡下副鼻腔手術を施行した症例で、実際に前頭洞から前篩骨蜂巣を開放し、前篩骨動脈の走行を確認しえた成人の日本人全106例（男性72例、女性34例）164側を対象とした。

2) 術前 CT での前篩骨動脈の走行の同定

術前にマルチスライス CT を 0.6mm スライスで撮影し、DICOM ビューワーで骨条件の多断面再構成像 (multi-planar reformation : MPR) を作製し、前額断・

矢状断・軸位断にて前篩骨動脈の走行と周囲構造物との関係を評価した。まず、MPR 像の前額断で前方から後方へ CT のスライスを順に移動していくと、眼窩から鼻腔内に出てくる最初の構造物が前篩骨動脈の入っている空間である。次にその前後の蜂巣を前額断・矢状断・軸位断の3方向 MPR 像にて、Kuhn の分類をもとに前頭陥凹を注意深く読影した²⁾。そして、前篩骨動脈の走行を、(1)前頭洞の直後を走行するもの (図1)、(2)frontal bulla cell (篩骨胞の上方にあり頭蓋底に沿った蜂巣で前頭洞に入り込んでいるもの) または suprabullar cell (篩骨胞の上方にあり頭蓋底に沿った蜂巣で前頭洞内に入り込んでいないもの) の直後を走行するもの (図2)、(3)篩骨胞の中から第3基板までの間を走行するもの (図3)、の3つに分類した。

さらにそれらの分類群を、矢状断 CT にて前篩骨動脈の頭蓋底からの距離について、(A)前篩骨動脈が鼻腔側に少し突出しているが、頭蓋底に接してその下方を走行し、鼻腔側からは単なる隆起として見られるもの (図4 A)、(B)前篩骨動脈が鼻腔側に突出し、頭蓋底から離れており、頭蓋底との間に隔壁を認めるもの (図4 B)、の2つに分類し検討した。

また、前篩骨動脈の走行部位(1)(2)(3)と頭蓋底からの距離(A)(B)間において、有意差5%でカイ2乗検定を行った。

3) 内視鏡下副鼻腔手術中の前篩骨動脈の同定

鼻内内視鏡下に前頭洞から篩骨胞を開放し、特に前頭陥凹の蜂巣を順に注意深く開放した。前篩骨動脈の確認は、術前の読影と一致する位置に前篩骨神経管があること、または前頭蓋底に前篩骨動脈の走行が薄く透見して

(1):前頭洞の直後

図1 前篩骨動脈が前頭洞の直後に認められる。CT矢状断と前額断で前篩骨神経管を認める。
(左:CT矢状断, 右下:CT前額断;CT像内の実線の交点が前篩骨動脈である, 右上:模式
図;●は前篩骨動脈を示す。)

(2):Frontal bulla cellまたはSuprabullar cellの直後

図2 前頭洞の後方にはfrontal bulla cellやsuprabullar cellがあり, その直後に前篩骨動脈を認める。
CT矢状断と前額断で前篩骨神経管を認める。(左:CT矢状断, 右下:CT前額断;CT像内の実線
の交点が前篩骨動脈である, 右上:模式図;●は前篩骨動脈を示す。)

いることとした(図5)。

結 果

すべての症例で, MPR 像で前篩骨動脈を同定できた。
またすべての症例で前篩骨動脈の走行部位は, 術前に
CTで確認した部位と術中内視鏡下に確認した位置が解
剖学的に一致していた。

前篩骨動脈の走行部位は(2)frontal bulla cellまたは
suprabullar cellの直後を走行するものが98側(59.7%)
で最も多く, 次の(3)篩骨胞の中から第3基板までの間

を走行するものが35側(21.4%), (1)前頭洞の直後を走
行するものが31側(18.9%)であった。

また, 前篩骨動脈の頭蓋底からの距離は, (A)頭蓋底に
接して走行し, 単なる隆起として見られる群が59.8%
で, (B)頭蓋底から離れ, 頭蓋底との間に隔壁を認める
群の40.2%よりやや多かった。特に前篩骨動脈が篩骨胞
の中から第3基板までの間を走行するものは, 有意に頭
蓋底に接して走行していた(カイ2乗検定: $P=0.02$)
(表1)。

さらに, 両側の前篩骨動脈の走行を確認した症例58例

(3):篩骨胞の中から第3基板までにあるもの

図3 前篩骨動脈は、篩骨胞の中から第3基板に認められる。CT矢状断と前額断で前篩骨神経管を認める。(左:CT矢状断, 右下:CT前額断;CT像内の実線の交点が前篩骨動脈である, 右上:模式図;●は前篩骨動脈を示す。)

図4 前篩骨動脈の頭蓋底からの距離 (上:CT矢状断, ⇒:前篩骨動脈, 下:模式図, ●:前篩骨動脈)
 (A) 前篩骨動脈が鼻腔側に少し突出しているが、頭蓋底に接してその下方を走行し、鼻腔側からは単なる隆起として見られるもの
 (B) 前篩骨動脈が鼻腔側に突出し、頭蓋底から離れており、頭蓋底との間に隔壁を認めるもの

について、左右の一致性についても検討した。左右同一の部位、かつ頭蓋底からの距離が同一群であった症例が25例(43.1%)であった。左右の走行部位が(2)で頭蓋底からの距離が同一群だった症例が17例、左右の走行部位が(3)で頭蓋底からの距離が同一群だった症例が4例、左右の走行部位が(1)で頭蓋底からの距離が同一群だった症例が4例であった。

考 察

前篩骨動脈は眼窩内の眼動脈から分岐し、前篩骨孔を通り前篩骨蜂巢の天蓋を後外側から前内側へ走行し、篩板から前頭蓋底へ入った動脈は篩骨神経溝(ethmoidal sulcus)と呼ばれる溝を通り前方へ前硬膜動脈などを分岐する³⁾。前篩骨蜂巢天蓋での前篩骨動脈の走行は、一

表 1 前篩骨動脈の走行位置についての集計

	(1) 前頭洞の直後	(2) Frontal bulla cell or Suprabullar cell の直後	(3) 篩骨胞の中から 第 3 基板まで	合計
(A) 頭蓋底に接する	10.4% (17側)	32.3% (53側)	17.1% (28側)	59.8% (98側)
(B) 頭蓋底から離れてる	8.5% (14側)	27.4% (45側)	4.3% (7側)	40.2% (66側)
合計	18.9% (31側)	59.7% (98側)	21.4% (35側)	100% (164側)

図 5 術中所見 (パターン(1)症例)。左側の前頭陥凹を開放後、前篩骨動脈が前頭洞の直後に認められた。(**)：前頭洞，*：篩骨胞，●：前篩骨動脈，○：第 3 基板)

手術プランの一例

図 6 suprabullar cell の後方に前篩骨動脈がある症例での手術プランの一例。前篩骨動脈は前頭洞の直後ではなく、suprabullar cell の直後の隔壁にあるので、頭蓋底面を一樣にそろえるためには、動脈のある後方の隔壁から削除するのではなく、前方の隔壁から削除して前篩骨動脈を同定しながら開放するのが安全である。

般に前頭洞の後端から篩骨胞天蓋の後端（第 3 基板）までにあるといわれ、また、頭蓋底の近くを走行している症例と、頭蓋底からやや離れて頭蓋底の面から垂れ下がるように走行している症例とがある。このように前篩骨動脈の走行部位は個人差が大きく、術前の CT で前篩骨動脈の走行と周囲との位置関係を検討し十分理解したうえで、術中にそれらを同定しながら手術を進めることは、前篩骨動脈の損傷を回避し、かつ、隔壁をできるだけ処理する十分な副鼻腔手術を行うためには重要と考えられる。

前篩骨動脈の走行位置について、中鼻甲基部前端からの距離^{4,5)}、下鼻甲基部前端からの距離⁶⁾、鼻橋からの距離と鼻腔底との角度⁷⁾、鼻限からの距離と鼻腔底との角度^{8,9)} など、距離や角度を指標とした報告と、Stammberger ら¹⁰⁾ や Simmen ら¹⁾、また Yang ら¹¹⁾ が提唱している前頭陥凹を指標とする報告がある。実際の内視鏡下副鼻腔手術では正確な距離を測定したり、さらには内視鏡を入れている角度を測定したりすることは極めて困難なことであり、実際的ではない。それより前頭陥凹との解剖学的関係を指標としたほうが、前篩骨動脈と近接しており¹⁰⁾、その蜂巢の数と蜂巢の隔壁の前後どち

ら側に動脈があるかをあらかじめ CT で読影しておけば、二次元の内視鏡画面内でもその理解は容易となることから有用である。その為には、あらかじめ術前に CT で前頭陥凹周囲の蜂巢を詳細に読影し、どの蜂巢の中もしくは前後どちら側の隔壁内に前篩骨動脈が走行しているかを把握しておくことが大変重要となる。日本人の前篩骨動脈について、Ohnishi らが前頭陥凹の後方に存在することが多いと報告している¹²⁾ が、今まで日本人を対象とした前篩骨動脈の走行と前頭陥凹やその周囲蜂巢との詳細な関係や頭蓋底からの距離についての解剖学的検討は無く、今回の検討が初めてである。我々の結果は frontal bulla cell または suprabullar cell の直後を走行するケースが 59.7% と最も多く、過去の Simmen らの報告¹⁾ と同様であった。また、本検討における frontal bulla cell と suprabullar cell の出現頻度は 118 側 (72.0%) であり、前篩骨動脈がそれら蜂巢の直後に走行する場合

が98側であった。つまり、frontal bulla cellもしくはsuprabullar cellが存在する場合は、そのうち83.1%の症例側で前篩骨動脈がこれらの直後を走行していたこととなる。したがって、これらの蜂巢の有無を読影することは前篩骨動脈の同定において大変有用な情報であると考えられる。

頭蓋底からの距離については、図4 Aのような頭蓋底内または頭蓋底に接して単なる隆起として走行する場合では、頭蓋底の面を頼りに手術を進めても、動脈損傷のリスクは比較的低い。しかし、図4 Bのように前篩骨動脈が頭蓋底から離れ、隔壁を伴って走行している場合は、動脈の走行部位及び頭蓋底からのおよその距離を把握していないと、前頭陥凹から篩骨蜂巢天蓋を開放する際に頭蓋底面だけを頼りに無造作に隔壁を削除すると、動脈を含む蜂巢の隔壁を除去する際に損傷のリスクが高まる。今回の検討では頭蓋底から離れ、頭蓋底との間に隔壁を認める群が40.2%であり、Simmen らの35.3%¹⁾、Basak らの43%⁶⁾、Floreani らの36%¹³⁾とおおよそ同程度の割合であった。

左右の前篩骨動脈の走行部位の一致性については、約6割の症例では異なっており、各鼻側ごとに走行部位や頭蓋底からの距離を十分把握しておく必要があると考えられる。

このように術前に前篩骨動脈の走行部位と前頭陥凹周囲の蜂巢との関係や、頭蓋底からの距離をMPRでのCT像で十分読影しておけば、手術プランを立てる上で大変有用である。鼻内内視鏡下に前頭洞や前頭陥凹を開放する方法はいくつか報告されている。例えば、後方にある後部篩骨蜂巢や篩骨胞などを先に開放して頭蓋底面を同定し、そこから前方に向かって開放を進め前頭陥凹や前頭洞へ達する手術方法がある¹⁴⁾。この場合、指標となる篩骨胞、後部篩骨蜂巢を先に開放し、そこで頭蓋底の面を確認する。そこから順に一方方向性に前方へ向かってsuprabullar cellや前篩骨動脈にアプローチし、その後は前頭洞を開放する。一方、前頭洞を前方から開放する方法もある¹⁵⁾。この方法では、最初に鼻堤蜂巢やfrontal cellなどをまず開放して前頭洞へ達し、前頭洞内で頭蓋底面を確認する。その次に比較的容易に開放できる篩骨胞または後部篩骨蜂巢を開放し、そこで頭蓋底の面を確認する。その後に前頭洞での頭蓋底の面とすでに開放された後方の篩骨蜂巢での頭蓋底面の間にsuprabullar cellなどがあれば、前篩骨動脈の走行部位に注意しながら前方と後方の二方向からアプローチし開放する(図6)。どちらの方法であっても、術前に前篩骨動脈がどの蜂巢の中にあるのか、またはその前後どちら側の隔壁内にあ

るのかが分かっているならば、前篩骨動脈を損傷することなく蜂巢を開放でき、しかも残存蜂巢を作ることなく頭蓋底の面が一樣になるまで手術をすすめられる。残存蜂巢は副鼻腔炎や鼻茸の再発の原因となるため^{16,17)}、このような術前の評価に基づき順に蜂巢を開放していけば、安全に十分な手術が行えると考えられる。

ま と め

内視鏡下副鼻腔手術において重要な解剖学的指標である前篩骨動脈の走行部位と頭蓋底からの距離について検討した。前篩骨動脈はfrontal bulla cellまたはsuprabullar cellの直後を走行するものが約6割で最も多かった。また頭蓋底からの距離では、前篩骨動脈が鼻腔側に突出し頭蓋底から離れ、頭蓋底との間に隔壁を認めるものが約4割であった。

前篩骨動脈の走行部位は個人差が大きく、術前のCTで前篩骨動脈の走行と周囲との位置関係を検討し、術中にそれらを同定しながら手術を進めることが、前篩骨動脈の損傷を回避し、かつ十分な手術を行ううえで重要と考えられた。

参 考 文 献

- 1) Simmen D, Raghavan U, Briner HR, et al: The surgeon's view of the anterior ethmoid artery. *Clinical Otolaryngol* 2006; 31: 187-191.
- 2) Kuhn FA: Chronic frontal sinusitis: the endoscopic frontal recess approach. *Operative techniques. Otolaryngol Head Neck surg* 1996; 7: 222-229.
- 3) White DV, Sincoff EH, Abdulrauf SI: Anterior ethmoidal artery: microsurgical anatomy and technical considerations. *Neurosurgery* 2005; 56: 406-410.
- 4) Araujo BC, Weber R, Pinheiro Neto CD, et al: Endoscopic anatomy of the anterior ethmoidal artery: a cadaveric dissection study. *Rev Bras Otorinolaringol* 2006; 72: 323-328.
- 5) Lee WC, Ku PK, van Hasselt CA: New guidelines for endoscopic localization of the anterior ethmoidal artery: a cadaveric study. *Laryngoscope* 2000; 110: 1173-1178.
- 6) Basak S, Karaman CZ, Akdilli A, et al: Evaluation of some important anatomical variations and dangerous areas of the paranasal sinuses by CT for safer endonasal surgery. *Rhinology* 1998; 36: 162-167.
- 7) Xiang YY, Xu DC, Huang FL, et al: Applied anatomy of the ligation of ethmoidal artery with nasal

- endoscope. Chin J Clin Anat 2002 ; 20 : 375-376.
- 8) Erdogmus S, Govsa F : The anatomic landmarks of ethmoidal arteries for surgical approaches. J Craniofac Surg 2006 ; 17 : 280-285.
- 9) Moon HJ, Kim HU, Lee JG, et al : Surgical anatomy of the anterior ethmoid roof. Laryngoscope 2001 ; 111 : 900-904.
- 10) Stammberger HR : Functional Endoscopic Sinus Surgery : The Messerklinger Technique. Mosby-Year Book, St Louis ; 1991 : p. 70-76.
- 11) Yang YX, Lu QK, Liao JC, et al : Morphological characteristics of the anterior ethmoidal artery in ethmoid roof and endoscopic localization. Skull Base 2009 ; 19 : 311-317.
- 12) Ohnishi T, Yanagisawa E : Endoscopic Anatomy of the Anterior Ethmoidal Artery. Ear Nose Throat J 1994 ; 73 : 634-636.
- 13) Floreani SR, Nair SB, Wormald PJ, et al : Endoscopic anterior ethmoidal artery ligation : a cadaver study. Laryngoscope 2006 ; 116 : 1263-1267.
- 14) 春名真一 : 手術手技の基本 (含. 麻酔). 洲崎春海, 間島雄一 編. 内視鏡下鼻副鼻腔手術の実際と応用. 金原出版, 東京 ; 2002 : p. 30-42.
- 15) Wolmarld PJ : Surgical approach to the frontal sinus and frontal recess. Wormald PJ (ed) Endoscopic Sinus Surgery. Anatomy, Three-Dimensional Reconstruction, and Surgical Technique. 2nd ed, Thieme, New York ; 2008 : p. 82-100.
- 16) Ramadan HH : Surgical causes of failure in endoscopic sinus surgery. Laryngoscope 1999 ; 109 : 27-29.
- 17) Livine H : Endoscopic sinus surgery : reasons for failure. Op Tech Otolaryngol Head Neck Surg 1995 ; 6 : 176-179.