永久気管孔造設後の腕頭動脈破裂の成因と対策

平田 行宏

An Analysis of Innominate Artery Rupture after Total Laryngectomy and Its Prevention

Yukihiro Hirata, M.D.

Department of Otolaryngology, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kyoto

Life-threatening bleeding from the innominate artery is sometimes observed as a complication after total laryngectomy. Circulatory insufficiency with the use of a cuff enhances the necrotic process of the tracheal wall, and the tip of the tracheal cannula may provoke pressure necrosis on the anterior wall of the trachea and progressively injure the innominate artery. This hazardous complication is possible, if an improperly shaped cannula is used. The flexion of the tracheal cannulae available as commercial products can not match the trachea after total laryngectomy, because the trachea goes actually almost straight down to the carina, showing only a very slight curvature, this is clearly demonstrated in the MRI of laryngectomized patients. For the prevention of this complication, a new tracheal cannula has been developed, that is almost straight and matches the trachea of laryngectomized patients.

Key words : 永久気管孔, 腕頭動脈破裂, 不適合カニューレ

I. はじめに

喉頭全摘に際しての永久気管孔造設後における最も致命的な合併症の一つとして、腕頭動脈破裂による大出血がある。カフ圧による循環不全に起因する気管壁の脆弱化も大きな要因となるが、直接の原因は気管カニューレ先端部分で気管前壁を圧迫することによる気管壁壊死と、そこから波及する感染壊死による腕頭動脈破裂であるとされている¹⁻⁵⁾。この気管壊死は気管と気管カニューレとの彎曲度の半径（以後 R と呼ぶことにする）の不適合によって生じると考えられているが、それを客観的に証明した報告はない。そこで、永久気管孔造設後の気管について、その形状特に R および周囲組織との位置関

係についてMRIを用いて検討し、現在広く臨床で用いられている気管カニューレの形状、特にその R との不適合について明らかにし、気管壁壊死と腕頭動脈破裂の成因について検討した。また、その予防を目的として、適切な R をもつ気管カニューレを試作した。

II. 対 象

1989年より1997年までの間に、京都府立医科大学耳鼻咽喉科において永久気管孔を造設後再発なく生存している患者の中で、MRIによる検査に合意を得た22症例を対象とした。その内訳は、喉頭癌で単純喉頭摘出した13症例、下咽頭癌（頸部食道癌）で喉頭下咽頭頸部食道を摘出し遊離空腸を用いて再建した3症例、喉頭下咽頭食道を全摘出し胃または大腸を用いて再建した4症例、甲状腺癌で気道浸潤のため胸骨上縁で気管を切断し、胸骨柄を切除して縦隔気管孔を造設した2症例である。なお単純喉頭摘出を

京都府立医科大学耳鼻咽喉科学教室
別刷請求：〒570-8540 守口市外島町5-55
松下記念病院耳鼻咽喉科 平田行宏
投稿受付：1998年7月29日（急載）

表1 症例一覧

症例	年齢	性別	疾患	術式	気管切断レベル (数字は気管リングを示す)
1	72	男	L	喉摘	2-3
2	69	男	L	喉摘	4-5
3	56	男	L	喉摘	2-3
4	63	男	H	空腸再建	4-5
5	70	男	L	喉摘	4-5
6	65	男	H	結腸再建	4-5
7	82	男	L	喉摘	5-6
8	81	男	L	喉摘	4-5
9	72	女	H	胃管再建	4-5
10	71	男	H	胃管再建	4-5
11	69	男	H	胃管再建	4-5
12	52	女	L	喉摘	2-3
13	60	男	L	喉摘	4-5
14	56	男	L	喉摘	4-5
15	65	男	L	喉摘	5-6
16	54	女	L	喉摘	2-3
17	62	男	L	喉摘	5-6
18	65	男	L	喉摘	4-5
19	62	男	T	縦隔気管孔	6-7
20	58	男	H	空腸再建	4-5
21	63	女	T	縦隔気管孔	6-7
22	59	男	H	空腸再建	4-5

喉頭癌をL, 下咽頭癌をH, 甲状腺癌をTとする。

施行した13症例の気管切断レベルは、喉頭癌の下方進展の程度によって決定されたが、2-3リング間が4症例、4-5リング間が6症例、5-6リング間が3症例で、これらの症例ではすべて緊張のない位置で頸部に永久気管孔が造設された。また下咽頭癌では全例4-5リング間で切断され、すくなくとも一側で頸部郭清術が施行された。性別は男性18症例、女性4症例で、年齢は52歳から82歳であった。おのおのの症例については表1にまとめた。

III. 方 法

1. MRI の撮影方法

仰臥位で、正常頭位、頭部を前屈した場合および後屈した場合のそれぞれについて、気管孔正中を含む5mm間隔矢状断および前額断のMRIを撮影し、得られた画像を生体と同一サイズに調整した。

2. 気管の形状とRの計測

永久気管孔造設後の気管は気管孔からほぼ直線状に分岐部へ至る。一方、臨床で一般に用いられている気管カニューレの形状は彎曲度の半径 R の円の4分の1円弧として設計されている⁶⁾。そこで両者のマッチングを検討するために、以下の方法で気管の R を計測した。

MRI矢状断像を用い、一般的な気管カニューレの長さが成人用で約70mmであることを考慮し、気管孔から70mmの範囲で計測することにした。まず、図1に示すように画像上気管孔中央に点Aを設定し、次に気管孔から70mmの距離に点Cを設定した。つづいて点A・点Cを結ぶ直線の中央を点Bとし、ここで垂線を引いた。この垂線と気管の交点を点Dとして、これらがいずれも気管中央に位置するように設定した。A, D, Cの3点を含む円弧を想定し、その半径を気管彎曲の半径 R としてmmで表し

図1 気管の R の計測図

AE=DE=CE であり、 $R^2=35^2+(R-x)^2$ が成立する。よって $R=x/2+1225/2x$ となる。

た。すなわち点Bを通る直線上に $DE=AB(=CE)$ となるように点Eを設定すれば、このDEがRとなる。BDの計測値をxとすれば、 $(R-x)^2+35^2=R^2$ となり、 $R=x/2+1225/2x$ として算出できる。

3. 気管と周囲組織との位置関係

5 mm 間隔矢状断および前額断の MRI 画像上で周囲の血管，とくに腕頭動脈の走行を検索し，気管との位置関係について観察した。また，気管孔から腕頭動脈が最も気管に接する前壁までの距離を計測した。

IV. 結 果

1. 気管カニューレおよび気管のR

臨床で広く用いられている数種類の成人用サイズの気管カニューレの R は最小 30 mm, 最大 41 mm, 平均 36 mm であった。一方, MRI 画像より測定した永久気管孔造設後の気管の R の最小値は 160 mm, 最大値は 480 mm で, 平均値は 293 mm であった。例外的に R が 91 mm という症例が 1 例のみ存在した (図 2, 3, 4)。気管切断レベルと R との関係については一定の規則性は観察されなかった。また頭位による R の変化は認められず, 性別との関係も認められなかった。

2. 気管と周囲組織との位置関係

図 5, 6 に示す MRI 画像によって明らかに、永久気管孔造設後の気管前方には腕頭

図2 単純喉摘症例のMRI (Rは334 mmである)

図3 咽喉食摘空腸再建症例のMRI (Rは348 mmである)

動脈がほぼ接して、左下方から右上方へ斜走し、その長さは約3リングに相当することがわかった。気管孔から腕頭動脈が最も気管に接する前壁までの距離は、その症例の気管切断レベルと密接に関係があり、2-3リング間で切断したものの平均値は60 mmで、一般的な長さの気管カニューレの先端で損傷され得る距離であった。4-5リング間で切断したものの平均値は50 mm、6-7リング間で切断したものの平均値は40 mmであった。一方、縦隔気管孔としたものでは気管孔直下に存在していた。

図4 咽喉食摘結腸再建症例のMRI (Rは338 mmである)

図6 気管と周囲との関係を示す矢状断MRI (表示は図5と同じ, T:気管)

図5 気管と周囲との関係を示す前額断MRI (S:永久気管孔, I:腕頭動脈, A:大動脈弓, C:総頸動脈)

V. 考 察

1. 喉頭切除と気管カニューレ

頭頸部外科とくに悪性腫瘍に対する手術において、喉頭切除の適応は多い。喉頭癌だけでなく、下咽頭頸部食道癌や甲状腺癌などの喉頭周辺臓器癌の気道浸潤に対して治療的に行われることもあり、進行口腔癌の広範囲切除では喉頭には全く浸潤がないにもかかわらず、嚥下性肺

炎防止の意味で予防的に全摘せねばならないこともある。

喉頭を切除すると気管断端を頸部皮膚に縫合して永久気管孔を造設する。この気管孔の径は気道として十分な大きさであるにもかかわらず、術後7～10日間については気管カニューレを装着して気道を確保せねばならない。その理由は、これらの手術に付随して頸部リンパ節郭清が行われ、とくに気管周囲リンパ節すなわち気管前リンパ節や気管傍リンパ節の郭清を徹底させた場合には、術創にチューブを留置して陰圧持続吸引を行うのは当然のこととして、加えて頸部術創とくに永久気管孔周辺へのガーゼ圧迫が必須であり、気管カニューレを装着しないと、これらのガーゼに埋もれて気道確保が困難になるからである。

臨床で広く用いられている気管カニューレは気管切開用に設計されているRが小さいので、気管孔から分岐部に至る気管の大きなRとは全く一致せず、不適合のまま使用せざるを得なかったのが実情である。そこで、致命的術後合併症の一つとして腕頭動脈破裂があげられてきた⁷⁻¹¹⁾にもかかわらず、この不適合について画像を用いて客観的に示した報告はなく、抜本的な解決策も提示されていない。教室では、Rが大きくほぼストレートな全麻挿管チューブを短く切って用いるなど、術後管理には万全を期し

てきたにもかかわらず, 過去10年間に3例の腕頭動脈破裂を経験した。次に最近経験した1例を提示する。

2. 腕頭動脈破裂症例

症例は下咽頭癌で咽頭喉頭食道全摘, 胃管による再建術を施行した。術後数日間は集中治療室で, 気管孔から挿管チューブを留置し, カフを使用しつつレスピレーターに接続して呼吸管理されていたが, 一般病棟にもどり従来の気管カニューレに変更してもなく腕頭動脈破裂による大出血をきたした。おそらく集中治療室での挿管チューブのカフ圧により気管壁の部分壊死, 脆弱化が起こり, その気管壁に R 不適合の気管カニューレ先端部分による物理的刺激が加わって腕頭動脈破裂を引き起こしたものと考えられた。

3. 気管カニューレの R との不一致

臨床で広く使用されている気管カニューレの R が平均36 mmであったのに対して, 永久気管孔造設後の気管の R の平均値は293 mmで, 両者の不一致が明らかになった。また気管カニューレの多くは50 mmから100 mmの長さで, 成人用の平均の長さは70 mmである。この気管カニューレを挿入した場合, 図7に示すようにその先端が気管前壁を圧迫する危険があり, また多くの症例でその部位の直前に腕頭動脈が存在することになるので, 物理的損傷による動脈破裂の危険性が明らかになった。

4. 腕頭動脈破裂予防のための適合カニューレの設計

気管切開では, 切開されることの多い第3気管輪の高さでは, 前頸部の皮膚から気管までの距離は富田らの報告⁶⁾のように10 mm前後であり, 気管カニューレはこの距離をほぼ水平に進入したあと気管切開された気管へ挿入されるように設計されていて, その R は30 mmから41 mm, 平均36 mmである(図8)。これに対して永久気管孔造設後の気管は直接皮膚に縫合されていて, しかも R は約300 mmと著しく大きい。そこで, この大きな R をもつ気管カニューレを設計試作したものを図9に示す。また, これを永久気管孔に装着した状態を図10に示す。前述したように気管孔から腕頭動脈までの距離は症例により(気管切除範囲により)差があるが,

図7 気管カニューレによる気管前壁および腕頭動脈の圧迫

図8 従来の気管カニューレ (R は40 mmである)

図9 試作したカニューレ (R は300 mmである)

この気管カニューレを用いると, その先端は気管内腔にあつて気管壁に接することなく, その先端で壁を損傷することは考えられないので, 長さは70 mmに一定とした。

喉摘後に適当と思われる気管カニューレとし

図10 永久気管孔造設後の気管と試作したカニューレとのマッチング

て現在使用されているものに日本マリンクロット社扱いのシャイリー LGT, トップ社製トップ気管切開チューブ, 日本シャーウッド扱いのオールシリコントラケオストミーチューブなどがある。これらは通常の気管切開カニューレに比較すれば R が大きく設計されているものの, 筆者の計測した R とは相当な差があり, より R の大きな(ストレートに近い)形状が望ましいと考える。また, 術直後の呼吸管理ではレスピレーターに接続して補助呼吸を行うことが多いので, 低圧カフの使用が必須となる。工作過程から新設計をすると高額な経費を要するとの理由で, 現存するものの中から R の変更のみ可能なものを選択し, 設計した。

VI. ま と め

永久気管孔造設後の患者にときとしてみられる, 致命的合併症である腕頭動脈破裂の成因を明らかにするために, MRI 矢状断および前額断画像を用いて気管の R を計測し, 周囲組織とくに腕頭動脈との位置関係について調べ, 現在一般に用いられている気管カニューレの R を計測して両者を比較検討し, 以下のように結論した。さらに腕頭動脈破裂の予防を目的として, 適切な R の気管カニューレを試作した。

1) 臨床で広く用いられている成人用気管カニューレの R は最小30 mm, 最大41 mm, 平均36 mmであった。

2) 永久気管孔造設後の気管の R は最小160

mm, 最大480 mm, 平均289 mm で, 気管カニューレの R と著しく差があることが明らかになった。なおこの計測値について, 気管切断レベルによる差, 年齢差, 性差, 頭位による差はいずれも認められなかった。

3) 腕頭動脈は気管前壁に接して斜走し, その気管孔からの距離はちょうど気管カニューレ先端が到達する位置にあることが判明し, R 不適合カニューレの使用が, 気管圧迫壊死さらに腕頭動脈破裂の成因になるものと判断した。

4) この致命的な合併症を防ぐために, 本研究で得られた計測値に基づき, 適切な R の気管カニューレを設計試作した。

稿を終えるにあたり, 御指導御校閲をいただいた京都府立医科大学耳鼻咽喉科学教室村上泰教授に深謝いたします。

文 献

- 1) 沼田 勉, 遊座 潤, 片橋立秋・他: 頸動脈損傷の予防と対策. *JOHNS*, 12: 541-545, 1996.
- 2) 岡部陽三, 三輪高喜, 渋谷和郎・他: 気管切開後の気管腕頭動脈瘻: 症例報告と文献的統計. *耳展*, 34: 461-466, 1991.
- 3) Chew, J.Y., and Cantrell, R.W.: Tracheostomy complications and their management. *Arch. Otolaryngol.*, 96: 538-545, 1972.
- 4) Silen, W., and Spieker, D.: Fatal hemorrhage from the innominate artery after tracheostomy. *Ann. Surg.*, 162: 1005-1012, 1965.
- 5) Utley, J.R., Singer, M.M., Roe, B.B., et al.: Definitive management of innominate artery hemorrhage complicating tracheostomy. *JAMA*, 220: 577-579, 1972.
- 6) 富田 寛, 藤川裕司, 稲名市郎: 気管カニューレ—その基礎的問題と新カニューレの紹介. *日気食会報*, 21(補): 33-47, 1970.
- 7) Robertson, D.S.: Tracheostomy and open heart surgery. *Proc. Roy. Soc. Med.*, 57: 855-864, 1964.
- 8) Stowe, D.G., Kenan, P.D., and Hudson, W.R.: Complications of tracheostomy. *Am. Surg.*, 36: 34-38, 1970.
- 9) 古賀和徳, 岡野龍介, 佐多竹良・他: 気管カニューレ長期留置により気管腕頭動脈瘻を合併した1症例. *臨床麻酔*, 17: 805-806, 1993.
- 10) 日野原正: 気管カニューレの各種. *JOHNS*, 8: 305-309, 1992.
- 11) 有働幸弘, 中島 格: 気管. 腕頭動脈瘻で出血死した下咽頭頸部食道癌症例. *日気食会報*, 40: 478-483, 1989.