

頸部気管再建の実験的研究

—— 筋肉内埋込み自家気管を用いて ——

岡山大学医学部第二外科学教室（主任：寺本 滋教授）

山 本 眞 也

（昭和61年5月7日受稿）

Key words：気管再建

筋肉内埋込み自家気管

有茎的移植

EPTFE ringed graft

序 論

近年、肺癌の手術に際し気管支形成術を施行する機会が増加してきたが、それとともに気管の切除と再建を行う機会も増加してきた¹⁾。現在のところ、もっとも安全で確実な気管再建方法は直接端々吻合である。しかし、この場合の切除範囲には限界があり²⁾、これをこえる広範囲切除に伴う再建法に関してこれまで様々な実験的および臨床的研究がなされてきた。

同種気管移植もその一つであるが、保存、血行確保、拒絶反応など未解決の諸問題があり、臨床応用にはまだ程遠い現状である。このうち拒絶反応については、最近心移植などにおいて cyclosporine が好成績をもたらしている³⁾ ことから、将来解決しうる可能性は十分に考えられる。これに対して、保存と血行確保の問題は、現在これといった解決法がみだされていない。

そこで著者は、同種気管移植における血行確保の問題は移植気管を一時頸部の筋肉内に埋込み、これを有茎的に移植することにより解決できるのではないかと考えた。犬の自家気管を用いて、胸乳突筋内に埋込み、約3週間後に有茎的移植を行ったところ、長期間狭窄もなく生存しその内面には線毛上皮の再生がみられ、同種

気管移植における血行確保の問題を解決しうる有力な一手段になると考えられたので報告する。

実験方法と結果

I. 予備実験

筋肉内に埋込んだ気管が血行を確保し、その内面に線毛上皮が再生して有茎的移植が可能となる時期を知る目的で以下の予備実験を行った。

1. 方法 (図1)

体重8.7~12.0 kgの雑種成犬5頭を用いて実験を行った。ketamine hydrochloride 0.5mg/kg筋注、thiopental sodium 6~10 mg/kg静注にて麻酔後、気管内チューブを挿管してHarverd型レスピレーターに接続し、suxamethonium chloride投与下に空気調節呼吸にて換気を維持した。頸部を正中切開して気管を露出し、甲状軟骨から4軟骨輪末梢の気管を5ないし7軟骨

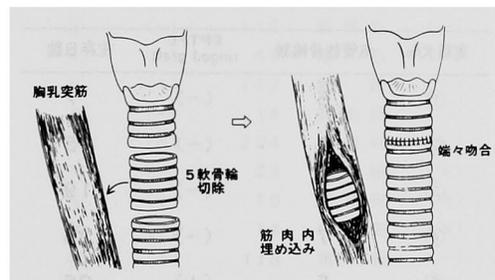


図1 手術術式

輪切除した。気管周囲の剝離においては、気管の側面と膜様部より入る血管を切除予定気管に相当する部位のみ結紮切離し、他の部分は極力温存するよう注意した。気管切除後の両端は Coated Polyglactin 910 (Vicryl) 3-0 糸 (Eticon, USA) を用い、結節縫合にて端々吻合を行った。なお、この気管切除と端々吻合の時は、スパイラル入気管内チューブを術野挿管して換気を維持した。左右いずれかの胸乳突筋を鈍的に開いてポケットを作製し、切除した気管を埋込んだ。手術創を縫合閉鎖し、術後4日間抗生物質を投与した。以後実験犬を経時的に屠殺し、筋肉内に埋込んだ気管を採取して、肉眼のおよび組織学的観察を行った。

組織標本は20%リン酸緩衝ホルマリン液で固定後、型の如くパラフィン切片を作製し、ヘマトキシリン・エオジン染色 (HE 染色) を行い、光学顕微鏡 (OLYMPUS, VANOX-T) にて観察した。

なお、実験犬5頭のうち1頭 (No.5) は、筋肉内埋込み時に気管内径に合った expanded polytetrafluoroethylene (EPTFE) ringed graft (GORE, USA) を内挿して実験を行った。

2. 結果 (表1)

a. 肉眼所見

気管は全例筋肉内によく包まれており、その内腔には暗赤色の一部ゼリー状液体が充満していた。内面は、7日目屠殺犬では全体的に虚血のため暗赤色を呈し、所々に出血斑を認めた。15日目屠殺犬、19日目屠殺犬も内面は暗赤色を呈していたが、感染、壊死、潰瘍、肉芽形成は

みられなかった。25日目屠殺犬では気管がやや扁平化し、一部軟骨の癒合も認められた。EPTFE ringed graft を内挿した実験犬 No.5 では、graft による内面の圧排、壊死はみられず、所々出血斑はあるがほぼ乳白色で、弾力性を有していた。

b. 組織学的所見

7日目屠殺犬の気管の上皮では線毛上皮細胞が脱落して基底細胞層のみが残存し、粘膜下には強い出血と好中球浸潤がみられた。15日目屠殺犬では全層性壊死がみられ線維化をおこし、軟骨細胞も空胞化していたが、一部には多列線毛上皮の再生もみられた。19日目屠殺犬では軟骨細胞の新生がみられ、25日目屠殺犬では背の高い線毛上皮の再生がほぼ全面にみられた。また EPTFE ringed graft を内挿した実験犬 No.5 では平滑筋は消失していたが、軟骨はよく器質化され、内面は線毛を有する多列円柱上皮にて覆われて、気管腺の再生もみられた (写真1)。

以上より、胸乳突筋内に埋込んだ気管は一時的には虚血による壊死性変化がみられるが、約3週間後にはその内面に線毛上皮の再生がみられ、軟骨細胞も再生してくることが判明した。これにより、本法にて筋肉内に埋込んだ気管への血行は確保され、有茎的移植が可能であると考えられた。

II. 本実験

A. 有茎的移植実験

1. 方法 (図2, 写真2)

体重8.5~13.0 kg の雑種成犬12頭を用いて実

表1 実験成績 (予備実験)

実験犬No.	気管軟骨輪数	EPTFE ringed graft	生存日数
①	5	(-)	7
②	7	(-)	15
③	7	(-)	19
④	7	(-)	25
⑤	5	(+)	26

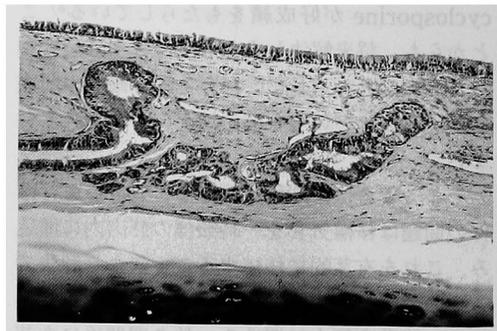


写真1 実験犬 No.5 の組織像 (HE 染色)。内面は線毛を有する多列円柱上皮の再生がみられ、気管腺の再生もみられる。

験を行った。予備実験と同じ手技にしたがって、胸乳突筋内に気管5軟骨輪を埋込んだ。約3週間後に気管採取部位より3~4軟骨輪末梢の気管を切離し、同部へ筋肉内に埋込んでいた気管を胸骨舌骨筋下を通して有茎的に移植した。その際、移植気管の下端は胸乳突筋を切断することにより露出し、上端は前面の筋肉を切離することにより露出した。吻合は中枢側より Vicryl 3-0糸による結節縫合にて行い、吻合中はスパイラル入気管内チューブによる術野挿管にて換

気を維持し、術後は1週間抗生物質を投与した。

初期の4頭(No.1~4)中2頭において、移植時に気管が扁平化し膜様部が膨隆して内腔が狭窄気味となった例がみられたため、後期の8頭(No.5~12)においては気管内径に応じた EPTFE ringed graft を内挿して筋肉内に埋込み、移植時にこれを除去して実験を行った。

1ヵ月以上の長期生存犬の一部は、2ヵ月、4ヵ月、6ヵ月目に全麻下で気管支ファイバースコープ(OLYMPUS, BF Type B)にて移植気管の内面を観察した。死亡犬や屠殺犬は肉眼のおよび組織学的観察を行い、一部は表2の方法にて試料を作製し走査電子顕微鏡(JSM, U-3)にて観察した。

なお、狭窄の程度は肉眼的にみて内径の30%以下を(+), 30~70%を(++)、70%以上を(+++)とした。

2. 結果(表3)

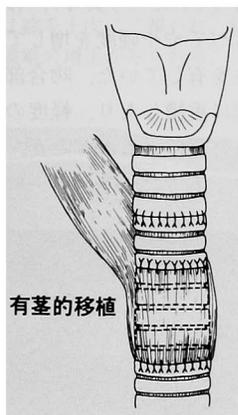


図2 移植完成図

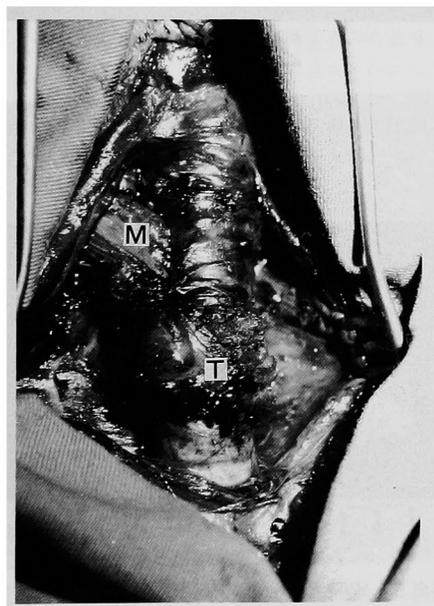


写真2 移植完成写真
T: 移植気管
M: 胸乳突筋

表2 走査電子顕微鏡用試料作製法

1. 洗浄, 切り出し
 - 1 摘出した気管の内面を生理食塩水のジェット噴射にて洗浄
 - 2 3mm x 3mmの切片に切り出し
2. 固定
 - 1 2.5%グルタルアルデヒド液(セレンセン緩衝液使用, pH7.2)にて固定
 - 2 セレンセン緩衝液(0.2M, pH7.2)にて洗浄
3. 脱水・乾燥
 - 1 50%, 70%, 80%, 90%, 95%, 100%エタノール列にて脱水(各20分間, 2回)
 - 2 酢酸イソアミルにて置換
 - 3 液状炭酸ガス臨界点乾燥(日立, HCP-2)
4. 蒸着
 - ① 試料をスタブにマウント(鑲倉化成, DOTITEにて接着)
 - ② 白金ハラジウムをスパッター・コーティング法にて蒸着

表3 実験成績(有茎的移植群)

実験犬No.	EPTFE ringed graft	生存日数	死因	狭窄
①	(-)	10	呼吸不全	(#)
②	(-)	21	呼吸不全	(#)
③	(-)	110	衰弱死	(-)
④	(-)	45	屠殺	(-)
⑤	(+)	147	屠殺	(-)
⑥	(+)	14	感染死	(-)
⑦	(+)	224	事故死	(-)
⑧	(+)	23	屠殺	(+)
⑨	(+)	10	感染死	(#)
⑩	(+)	14	感染死	(#)
⑪	(+)	118	屠殺	(-)
⑫	(+)	228	屠殺	(+)

初期の4頭では、高度の狭窄により2頭(No. 1, 2)が各々術後10日, 21日で窒息死した。しかし、他の2頭(No. 3, 4)は移植時に気管がやや扁平化していたが1ヵ月以上生存し、特に実験犬 No. 3 は110日生存した。

一方、後期の8頭では、4頭(No. 6, 8, 9, 10)が有茎的移植時における気管中枢側の過剰な筋肉切離による移植気管の虚血や、縫合糸の感染によると思われる肉芽形成などのため術後10~23日で死亡あるいは屠殺した。しかし、他の4頭(No. 5, 7, 11, 12)は長期生存し、その間気管の狭窄症状も認めず、一側の胸乳突筋切断による頸部の運動機能障害も認めなかった。

a. 気管支ファイバースコープ所見

実験犬 No. 7 の2ヵ月目では、膜様部がやや膨隆気味となっていたが、狭窄はなく、吻合部も縫合線がやや隆起している程度で治癒は良好であった。粘膜面は平滑で、色調は乳白色を呈していた。4ヵ月目では、内面から軟骨輪を透視できず円筒状になっていたが、色調は良好であった。6ヵ月目もほぼ同様の所見で狭窄はみられなかった(写真3)。他の実験犬においてもほぼ同様の所見が認められた。

b. 肉眼所見

初期の4頭のうち2頭(No. 1, 2)は、移植気管が扁平化して中央部が内腔へ膨隆し高度の狭窄が認められた。内面も不整で、粘膜の脱落した部位もみられたが、吻合部の縫合不全や離

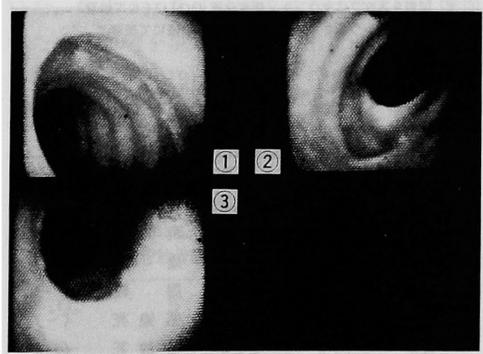


写真3 実験犬 No. 7 の2ヵ月目(①), 4ヵ月目(②), 6ヵ月目(③)の気管支ファイバースコープ写真。吻合部がわずかに隆起しているが、狭窄はみられず、内腔はよく保たれている。

開はみられなかった。1ヵ月以上生存した2頭(No. 3, 4)では、移植気管が多少扁平化していたが狭窄はなく、内面も不整はみられなかった。

後期の8頭のうち、1ヵ月以内に死亡した4頭(No. 6, 8, 9, 10)は移植気管内腔に膿性痰の貯留がみられたり、粘膜の発赤や脱落がみられた。このうち2頭(No. 9, 10)では高度の狭窄もみられた。長期生存した4頭(No. 5, 7, 11, 12)では、胸乳突筋の色調も良好で、移植気管の周囲を覆っていた(写真4)。移植気管は他の部位にくらべてやや硬度を増していたが、弾力性や伸縮性を有していた。吻合部の軟骨がテレスコープ状に重積したり、軽度の全周性膜様狭窄のみられた実験犬もあったが、粘膜面の移行はなめらかであった。内面は一般に乳白色



写真4 実験犬 No. 7 の摘出気管。胸乳突筋の色調は良好で、移植気管の周囲を覆っている。



写真5 実験犬 No. 11 の摘出気管内面。乳白色で光沢があり、周囲の気管とくらべて毛細血管に乏しいが、なめらかで狭窄はみられない。



写真6 実験犬 No.7 の組織像 (HE 染色). 内面は線毛上皮にて覆われ, 粘膜下には膠原線維の増生がみられる.

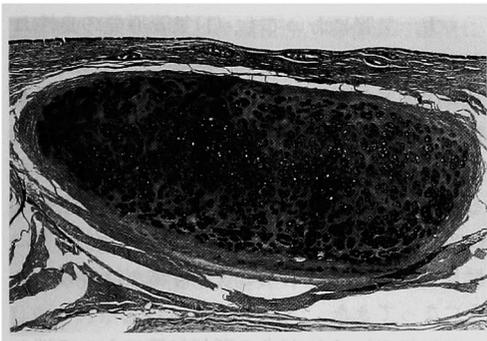


写真7 実験犬 No.12 の組織像 (HE 染色). 内面は線毛上皮にて覆われ, 気管腺の再生もみられる. 軟骨細胞の再生もみられる.

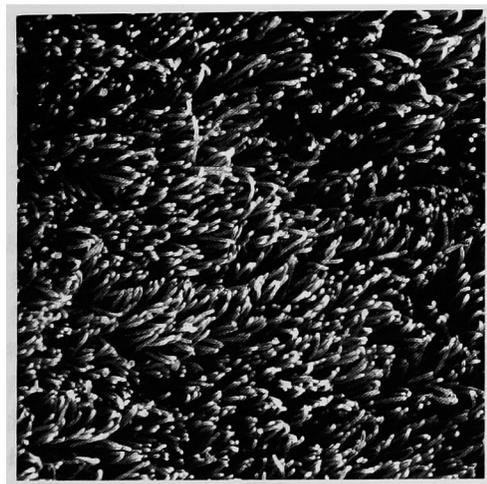


写真8 実験犬 No.11 の走査電子顕微鏡像 (3000 倍). 背の高い線毛で内面は覆われており, 密度も均一である.

で光沢があり, 周囲の気管にくらべて毛細血管に乏しかったが, 狭窄はみられなかった (写真5).

c. 組織学的所見

初期の4頭のうち早期死亡犬 (No.1, 2) では縫合糸周囲に肉芽形成がみられたが, 長期生存犬 (No.3, 4) では内面に線毛を有する上皮がみられ, 粘膜下には線維化がみられた.

後期の8頭のうち早期死亡犬 (No.6, 8, 9, 10) では, 縫合糸周囲の膿瘍形成と粘膜下に炎症細胞浸潤がみられた. しかし, 長期生存犬 (No.5, 7, 11, 12) では, 粘膜下において平滑筋が消失し膠原線維の増生がみられたが, 内面は線毛を有する上皮により覆われ, 軟骨細胞の再生も認められた (写真6, 7).

d. 走査電子顕微鏡所見

長期生存の4頭 (No.5, 7, 11, 12) において走査電子顕微鏡による移植気管内面の観察を行った. 全例内面は背の高い線毛により均一に覆われ, 個々の線毛の形態にも変形はみられなかった (写真8, 9).

B. 対照実験

1. 方法

体重8.0~14.0 kgの雑種成犬5頭を用いて実験を行った. 前述した2実験と同様の手技にしたがって頸部気管を露出し, 甲状軟骨より4軟

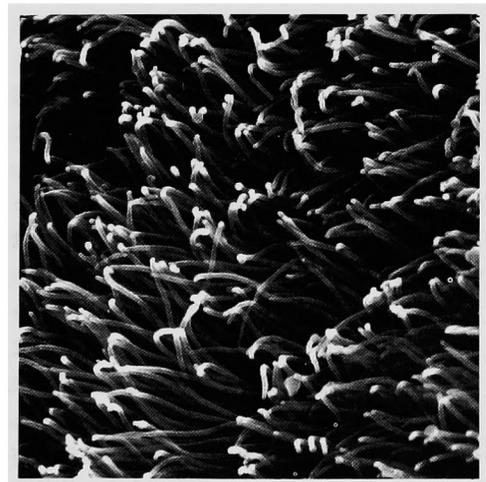


写真9 実験犬 No.12 の走査電子顕微鏡像 (6000 倍). 個々の線毛の形態に変形はみられない.

骨輪末梢の気管を5軟骨輪切離した。切離した気管をそのままの部位へもどし、Vicryl 3-0糸による結節縫合にて端々吻合した。

なお、術中換気は気管内チューブを切離気管より末梢まで挿入することにより維持した。術後4日間抗生物質を投与し、死亡犬や屠殺犬は肉眼のおよび組織学的観察を行った。

2. 結果 (表4)

表4 実験成績 (対照群)

実験犬No.	呼吸困難	生存日数	死 因
①	(+)	6	感 染 死
②	(+)	10	呼吸不全
③	(-)	18	屠 殺
④	(-)	24	他 病 死
⑤	(+)	15	屠 殺

3頭が呼吸困難を来し、うち2頭 (No. 1, 2) は各々6日目、10日目に死亡した。他の1頭 (No. 5) は手術創の一部が離開し膿性痰の排出がみられたため15日目に屠殺した。

残りの2頭は呼吸困難もなく生存し、1頭 (No. 3) は18日目に屠殺し、他の1頭 (No. 4) は24日目に他病死した。

a. 肉眼所見

呼吸困難を来した3頭のうち、実験犬 No. 1 は軟骨の一部が残存しているのみで粘膜と膜様部はほとんど融解していた。実験犬 No. 2 では前壁の軟骨が融解し側壁が残存しているのみで、内腔は膿性痰が充満しこれによる窒息死と思われた。また実験犬 No. 5 では気管はまったく融解して消失し、周囲の筋肉と食道にかこまれた空間により気道が確保されていた。

呼吸困難を来さなかった2頭のうち、実験犬 No. 3 は軟骨3本が萎縮し互いに癒合していた。内面に発赤を認めたが、肉芽形成や狭窄はみられなかった。また実験犬 No. 4 では移植気管が周囲の筋肉により覆われ、弾力性を有し軟骨も残存していた。内面はなめらかで、毛細血管が吻合部をこえて移植気管にのびてきていた。

b. 組織学的所見

実験犬 No. 2 において上皮は完全に脱落し、軟骨や筋肉は消失していた。また出血と強い好中球浸潤を伴う肉芽形成が全体にみられた。

以上より、血行確保をせずそのまま移植した気管は早期に融解して、有茎の移植群とくらべて早期に死亡する例が多く、移植において血行の確保が重要であることが判明した。

考 察

最近、肺癌の手術に際し気管支形成術を施行する機会が増加し、その成績もしだいに満足できるものとなってきている。

一方、気管においても、(1)気管原発の良性および悪性腫瘍、(2)甲状腺、食道、リンパ節などの隣接臓器の悪性腫瘍による気管浸潤、(3)交通事故などの外傷による気管損傷や外傷性瘢痕狭窄、(4)気管切開および気管内チューブに起因する狭窄、(5)結核、ジフテリアなどの炎症性瘢痕狭窄、(6)先天性気管狭窄症などの先天性疾患に対して、積極的にその切除と再建が行われるようになってきた。

1881年 Gluck⁴⁾ が犬の頸部気管において端々吻合を行ったが、これが文献上最初の気管再建で、それ以後多数の実験的および臨床的な試みがなされてきた。このうち、現在もっとも安全、確実に臨床的によく行われているのが直接端々吻合である。しかし、その切除可能範囲は何ら授動を行わない時は数 cm 程度であり、この限界を拡大するため以下の様な試みがなされてきた。Dedo⁵⁾ は laryngeal release を、また Montgomery⁶⁾ は suprahyoid release により気管をひき下げ切除可能範囲を拡大しようとした。Grillo⁷⁾ は右肺門の遊離と右肺靭帯の切離、左主気管支を切断し右中間気管支に端側吻合、肺血管を心膜より遊離することにより 6.6 cm までの気管が切除可能であると述べた。そして Naef⁸⁾ は気管切開後の狭窄症例に対して10軟骨輪 (全長の60%)、また Pearson⁹⁾ は adenoid cystic carcinoma 症例に対して 8.5 cm 切除し端々吻合を行ったと報告した。しかし、現在のところ安全に端々吻合が行える限界は、全体の50%、8軟骨輪程度であろうと言われている²⁾。

そこで、これをこえる広範囲切除に対しては、永久気管瘻の造設か代用気管による気道再建が必要になってくる。

代用気管には大別すると人工材料と生物材料がある。

人工材料では Daniel¹⁰⁾ が glass, stainless steel, vitallium tube を, Rob¹¹⁾ が広筋膜を両面に被覆した tantalum gauze を, Bucher¹²⁾ が stainless steel wire mesh を, Kramish¹³⁾ が Teflon tube を, そして Beall¹⁴⁾ が heavy Marlex mesh を用いて気道再建を行った。また Neville¹⁵⁾ の silicone rubber tube はすでに市販され臨床にも使用されている。しかし、人工材料は周囲組織との親和性、吻合部の離開による人工気管の逸脱や肉芽形成、周囲の動脈に対する損傷の危険、線毛上皮の欠如による喀痰排出障害などの欠点があり、現在のところ、短期的には成功例をみても長期的にはまだ臨床に耐えられない。

一方、生物材料を利用したものには、同種および異種気管移植と気管以外の生体材料を利用したものがある。

気管以外の生体材料を利用したものでは、wire で補強した筋膜片¹⁶⁾ や皮膚片¹⁷⁾、肋間筋¹⁸⁾ や胸鎖乳突筋¹⁹⁾ などの有茎弁、肋軟骨²⁰⁾、心膜²¹⁾ など様々なものが試みられてきた。しかし、これら気管以外の生体材料を利用したものでは、小さな欠損に対する patch としては有効な例もみられたが、管状切除後の再建としては内腔保持不良などの問題があり失敗におわった例が多かった。

さて、気管は呼吸で生じる圧変化に抗して内腔を保持し、頸部の伸展、屈曲に対する弾力性を有し、内面には線毛上皮があり管内の分泌物を排出するなどの複雑な構造および機能面での特徴をもつ器官である。当然、代用気管による再建においてもこれらの特徴をもった材料が利用されるべきである。Belsey¹⁶⁾ は再建気道の条件として、(1)内腔保持力、(2)長軸方向の弾力性と柔軟性、(3)適当な大きさで気密性のある内腔、(4)線毛上皮で覆われていることが必要であると述べており、この点からみても同種気管を利用した再建がもっとも理想的と考えられる。

これまでも新鮮気管²²⁾をはじめ、膜様部を温存した気管軟骨部だけの移植²³⁾、冷蔵保存²⁴⁾、凍結乾燥²⁵⁾、タイロッド氏液による処理²⁶⁾、ホルマリン²⁷⁾、無水アルコール²⁷⁾、グルタルアルデヒド²⁸⁾ などによる固定、また酵素処理シリコン加工生体気管²⁷⁾ による移植実験が行われてきた。しかし、その成績はいずれも不良で、臨床応用にまで至るものはなかった。

Neville²⁹⁾ は犬において3および5軟骨輪の自家移植と免疫抑制剤を用いた他家移植との比較実験を行った。その結果、3軟骨輪では長期生存する例もあったが、5軟骨輪では自家移植、他家移植とも軟骨が完全に融解して短期間のうちに死亡した。また膜様部を温存することにより血行を保った7から10軟骨輪の自家気管の移植では、気管は融解することなく生存した。これより、拒絶反応のみが移植を不可能にするのではなく、成功できないのは血行がないからであると述べている。著者も対照実験において5軟骨輪の新鮮自家気管移植を行った。その結果、一部は生存したが移植気管は融解して早期に死亡し、移植を行う上での血行確保が重要であることが判明した。

頸部気管は下甲状腺動脈の分枝により血行をうけ、その分枝は気管側面にて長軸方向に吻合し、気管側壁と後壁で気管に至り、軟骨間および膜様部を通じて広く分布している³⁰⁾。しかし、これらの血管は細小で、移植時に血管吻合を行って血行を確保することは不可能である。そこで著者は、頸部の筋肉内に気管を埋込み、これを有茎的に移植すれば血行を確保しつつ気管再建ができるのではないかと考えた。

頸部の筋肉のうち胸鎖乳突筋は、上甲状腺動脈、後耳介動脈、後頭動脈の分枝により主に血行を受けている血流の豊富な筋肉で、これまでも頸部、頬部、口腔の欠損修復に利用されてきた¹⁹⁾³¹⁾。そこで、筋束の太さ、血行の豊富さ、有茎的移植時の移動性の面からも胸鎖乳突筋が最適であると考えた。犬の胸鎖乳突筋内に埋込んだ気管は、全層性壊死と軟骨細胞の空胞化などの虚血性変化が一時みられるが、融解することなく存在し、約3週間後には線毛上皮と軟骨細胞の再生がみられ、気管への血行は保たれ有茎的

移植が可能であることが判明した。

菊池³²⁾は犬において気管の端々吻合を行い、吻合部への血管構築は7日目に吻合線をこえる新生血管が一部にみられ、14日目には粘膜の全域に血管の新生がみられたと述べている。このことは、有茎的移植した気管においても2週間目には両端の気管より吻合部をこえる血行が期待でき、気管を埋込んだ筋肉からも血行が維持されていることよりこの両者にて血行が確保されることになる。

また、気管上皮の再生修復過程については、Correll³³⁾が犬の頸部気管を2から3インチ管状切除後上下逆さにして自家移植した後経時的に観察しその機能も調べている。移植気管は一層の立方細胞を残して線毛円柱上皮の消失をみたが、この立方細胞の基底層より3から4週間後には正常の線毛円柱上皮が再生した。またこの再生した線毛円柱上皮は、その上に落したIndia inkを尾側(移植した気管本来の頭側方向)に他の部位と同速度で移動し、機能的にも正常であったと述べている。

著者の筋肉内に埋込んだ気管においても、1週間目には基底細胞層のみとなり線毛上皮は脱落したが、約3週間目以後では線毛上皮の再生がみとめられた。そして、移植直後より外界と接し喀痰排出などの機能を必要とする点からも、筋肉内に埋込んでから約3週間後の線毛上皮が再生する時期に有茎的移植を行うことが妥当であると考えられた。

筋肉内に埋込んだ気管は、移植時において内面に線毛上皮の再生がみられたが、扁平化し膜様部において気管内腔へ膨隆して狭窄気味となり、有茎的移植後早期に高度の狭窄を来し呼吸不全で死亡した例がみられた。そこで、この変形、狭窄を防止するため、筋肉埋込み時に気管内径に応じたEPTFE ringed graftを内挿し、約3週間後にこれを除去して有茎的移植を行った。このEPTFE ringed graftを内挿することにより、筋肉内埋込み時の扁平化と膜様部の膨隆による狭窄を防止することができ、気管は正常の形態を保つことができた。また気管内面における線毛上皮の再生にも特に異常を認めなかった。

このようにして有茎的移植を行った実験犬8

頭のうち4頭は、呼吸困難などの狭窄症状もなく長期生存し、一側の胸乳突筋切断による頸部の運動機能上の障害もみられなかった。また移植気管の組織学的観察にて線毛上皮と軟骨細胞の再生がみられ、走査電子顕微鏡による観察にても線毛は正常の形態を呈していた。

筋肉内に埋込むことにより気管への血行は保たれ、これを有茎的に移植することにより気管再建後も移植気管への血行が確保されることが判明した。これより、本法が同種気管移植時における血行確保の問題を解決しうる有力な一手段となりうることが示唆された。しかし、気管を埋込む胸鎖乳突筋が個体によりその太さが異なる点、移植時に筋肉を過剰切除すると移植気管への血行が減少し虚血気味となる手術手技上の問題点、また同種気管移植に至るまでの気管の保存や拒絶反応防止など、まだ改善し解決しなければならない点も多く残されており、本法が、臨床に应用されるまでには今後の更なる研究が望まれる。

結 論

同種気管移植における血行確保の問題を解決するために、雑種成犬を用いて自家気管を胸乳突筋内に埋込み、これを有茎的に移植する実験を行い以下の結論を得た。

1. 筋肉内に埋込むことにより、約3週間後には線毛上皮と軟骨細胞の再生がみられ、血行が保たれていることが判明した。
2. 筋肉内埋込み時に気管内径に応じたEPTFE ringed graftを内挿することにより埋込み期間中と有茎的移植後の変形と狭窄を防止することができた。
3. 有茎的移植後は狭窄症状もなく長期生存し、その内面は線毛上皮により覆われていた。
4. 頸部筋肉内埋込み気管を有茎的移植する方法は、同種気管移植における血行確保の問題を解決しうる有力な一手段になると考えられた。

なお、本論文の要旨は、1985年10月、第38回日本胸部外科学会総会(福岡)において発表した。

稿を終えるにあたり、御指導並びに御校閲を賜った恩師寺本 滋教授に深謝いたします。また本研究を遂行するにあたり直接御指導を戴いた岡山大学第

2 外科学教室清水信義講師, および実験に御協力い ただいた教室の諸兄に謝辞を申し上げます。

文 献

1. 成毛韶夫: シンポジウム気道再建 座長コメント. 気管支学, 6, 419-420, 1984.
2. 前田昌純: シンポジウム気道再建 座長コメント. 気管支学, 6, 418-418, 1984.
3. Kaye, M.P., Elcombe, S.A. and O'Fallon, W.M.: The international heart transplantation registry. The 1984 report. *Heart Transplantation* 4, 290-292, 1985.
4. Gluck, T. and Zeller, A.: Die prophylactische Resection der Trachea. *Arch. Klin. Chir.* 26, 427-436, 1881.
5. Dedo, H.H. and Fishman, N.H.: Laryngeal release and sleeve resection for tracheal stenosis. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 78, 285-296, 1969.
6. Montgomery, W.W.: Suprahyoid release for tracheal anastomosis. *Arch. Otolaryngol.* 99, 255-260, 1974.
7. Grillo, H.G.: Management of cervical and mediastinal lesions of the trachea. *J. Am. Med. Assoc.* 197, 1085-1090, 1966.
8. Naef, A.P.: Extensive tracheal resection and tracheobronchial reconstruction. *Ann. Thorac. Surg.* 8, 391-401, 1969.
9. Pearson, F.G., Thompson, D.W., Weissberg, D., Simpson, W.J.K. and Kergin, F.G.: Adenoid cystic carcinoma of the trachea. *Ann. Thorac. Surg.* 18, 16-29, 1974.
10. Daniel, R.A. Jr.: The regeneration of defects of the trachea and bronchi. An experimental study. *J. Thorac. Surg.* 17, 335-349, 1948.
11. Rob, C.G. and Bateman, G.H.: Reconstruction of the trachea and cervical esophagus. Preliminary report. *Br. J. Surg.* 37, 202-205, 1949.
12. Bucher, R.M., Burnett, W.E. and Rosemond, G.P.: Experimental reconstruction of tracheal and bronchial defects with stainless steel wire mesh. *J. Thorac. Surg.* 21, 572-583, 1951.
13. Kramish, D., Rutherford, R.B., Morfit, H.M. and Lunt, J.: Bridging tracheobronchial tree defects with Teflon prostheses. *Arch. Surg.* 82, 878-887, 1961.
14. Beall, A.C.Jr., Harrington, O.B., Greenberg, S.D., Morris, G.C.Jr. and Usher, F.C.: Tracheal replacement with heavy Marlex mesh. *Arch. Surg.* 84, 390-396, 1962.
15. Neville, W.E., Bolanowski, P.J.P. and Soltanzadeh, H.: Prosthetic reconstruction of the trachea and carina. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 72, 525-538, 1976.
16. Belsey, R.: Resection and reconstruction of the intrathoracic trachea. *Br. J. Surg.* 38, 200-205, 1950.
17. Gebauer, P.W.: Plastic reconstruction of tuberculous bronchostenosis with dermal grafts. *J. Thorac. Surg.* 19, 604-628, 1950.
18. Papp, C., McCraw, J.B. and Arnold, P.G.: Experimental reconstruction of the trachea with autogenous materials. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 90, 13-20, 1985.
19. Tovi, F. and Gittot, A.: Sternocleidomastoid myoperiosteal flap for the repair of laryngeal and tracheal wall defects. *Head Neck Surg.* 5, 447-451, 1983.
20. 木村 健, 向原伸彦, 津川 力, 松本陽一, 村田 洋: 気管全長に及ぶ先天性狭窄症に対する新手術手技——肋軟骨 graft を用いた気管形成術——小児外科, 14, 1267-1272, 1982.
21. Idriss, F.S., DeLeon, S.Y., Ilbawi, M.N., Gerson, C.R., Tucker, G.F. and Holinger, L.: Tracheoplasty

- with pericardial patch for extensive tracheal stenosis in infants and children. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **88**, 527-536, 1984.
22. Daniel, R.A.Jr., Taliaferro, R.M. and Schaffarzick, W.R. : Experimental studies on the repair of wounds and defects of the trachea and bronchi. *Chest* **17**, 426-441, 1950.
 23. Alonso, W.A., Bridger, G.P. and Bordley, J.E. : Tracheal transplantation in dogs. *Laryngoscope* **82**, 204-209, 1972.
 24. Carter, M.G. and Strieder, J.W. : Resection of the trachea and bronchi. *J. Thorac. Surg.* **20**, 613-627, 1950.
 25. Marrangoni, A.G. : Homotransplantation of tracheal segments preserved by lyophilization : An experimental study. *J. Thorac. Surg.* **21**, 398-401, 1951.
 26. Keshishian, J.M., Blades, B. and Beattie, E.J.Jr. : Tracheal reconstruction. *J. Thorac. Surg.* **32**, 707-727, 1956.
 27. 和田源司 : 気管再建に関する実験的研究. 生体気管を Graft とした気管再建について. 日胸外会誌, **28**, 48-59, 1980.
 28. 森 明弘 : 気管再建法に関する実験的研究. 日胸外会誌, **29**, 74-85, 1981.
 29. Neville, W.E., Bolanowski, P.J.P. and Soltanzadeh, H. : Homograft replacement of the trachea using immunosuppression. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **72**, 596-601, 1976.
 30. Salassa, J.R., Pearson, B.W. and Payne, W.S. : Gross and microscopical blood supply of the trachea. *Ann. Thorac. Surg.* **24**, 100-107, 1977.
 31. Jabaley, M.E., Heckler, F.R., Wallace, W.H. and Knott, L.H. : Sternocleidomastoid regional flaps : A new look at an old concept. *Br. J. Plast. Surg.* **32**, 106-113, 1979.
 32. 菊池功次 : 気管端々吻合部の形態学的並びに生化学的研究. 日胸外会誌, **34**, 357-364, 1986.
 33. Correll, N.O.Jr. and Beattie, E.J.Jr. : The characteristics of regeneration of respiratory epithelium. *Surg. Gynecol. Obstet.* **103**, 209-211, 1956.

Experimental study of cervical tracheal reconstruction**— Use of autologous trachea implanted in muscle —****SHINYA YAMAMOTO****Second Department of Surgery, Okayama University Medical School****(Director: Prof. S. Teramoto)**

In order to preserve the circulation of the transplanted trachea, the autologous trachea was implanted first into the sternomastoid muscle and then transplanted with the pedicle in a study using mongrel dogs. After implantation into the muscle for three weeks, the inner surface of the trachea was covered with ciliated epithelia, and regeneration of chondrocytes was observed. This proved that the circulation to the transplanted trachea was reestablished. At the time of implantation into the muscle, an appropriately sized EPTFE ringed graft was inserted into the trachea. This maneuver prevented deformation and stenosis of the trachea before and after the pedicle transplantation. After the pedicle transplantation, long-term survivors were obtained without seeing any stenosis, and the inner surface was covered with ciliated epithelia. Pedicle transplantation of the trachea, which was implanted into the cervical muscle, proved to be a good method to preserve the circulation to the transplanted trachea.