AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE REPAIR OF THE
TRAUMATIC LARYNGEAL STENOSIS

TAKEO YASHIKI, M. D.

Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine, University of Hiroshima, Hiroshima
(Director: Y. Harada, M. D.)

Laryngeal stenosis was created by partial resection of the thyroid cartilage in dogs. This condition was thought to be compatible with the laryngeal stenosis after acute traumatic injury in man. The laryngeal air space decreased its size to one-third of the normal dog. The thyroid cartilage twisted three months later, but difficulty in breathing was not observed in all dogs. When the defect was covered by perichondrium, cartilage formation observed postoperatively and when the perichondrium was not used, cartilage formation was not observed.

The defects were repaired using auto- or homograft of thyroid or costal cartilage.

All dogs were killed three months after the operation. Perichondrium had to be treated as carefully as possible, because it was useful postoperative cartilage formation. This postoperative cartilage or bone formation occurred in the part of the transplantation made the newly created framework stronger. In all cases laryngeal air space was reconstructed satisfactorily.

A83—1017—60714

喉頭損傷の再建に関する実験的研究

広島大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：原田康夫教授）

屋敷 建 夫

はじめに

喉頭、気管外傷は、交通機関の発達、産業の発達により増加の傾向にある。それぞれの外傷の再建法は、原則的なことは従来と何ら変ることはない。すなわち喉頭気管の枠の再建、保持、内腔の拡大をはかり、上皮で被覆して肉芽発生、再狭窄を防ぐということがその方針であるが、医学の進歩により成績が向上しつつあるがなお満足すべき状態ではない。私は、喉頭再建に関する基礎的実験を目的とし、成犬を用いて、甲狀軟骨の一部除去、又その除去部分への軟骨移植を行い、再建の状態を観察すると同時に病理学的検索を行った。

実験方法

実験動物は平均体重 12kgの雑種成犬 25匹を用いた。

手術に際して麻酔は Nembutal (Pentobarbital sodium) 25-30mg/kg を肢静脈より注射した。術後感染予防のためセファロスポリン 50mg/kgを一週間筋注した。

A. 喉頭の再建に関する実験

甲狀腺体位に固定し、頸部正中切開を行い甲狀軟骨を露出した。甲狀軟骨膜を剥離し、甲狀軟骨の正中中部前角より右板を垂直に幅 11~12mm 除去した（図 1）。除去後は右板の残存部断端と左板の前角部断端との距離は 5~6mm に短縮した。その結果、喉頭内腔は約 2/3 の広さに狭くなった（図 2）。内腔の計測は、喉頭を展開し気管内に豆電球を挿入し、口腔側より撮影した。

これを基として、① 甲狀軟骨を除去した群と、② 甲狀軟骨除去部分へ除去した軟骨を再挿入した群と、③ 同種甲狀軟骨を移植した群と、④ 肋軟骨の自家移植を

行って、その部分の補充を試みた群の4群につき実験し、3ヶ月後に喉頭を取り出し、甲状軟骨の形態と移植部の病理学組織学的検索を行った。

実験成績

1. 甲状軟骨除去群

図1 甲状軟骨の正中中部前角より右板を副11~12mmに取り出した所（以後右板除去ということにする）

甲状軟骨を11~12mm除去した場合、術直後より屠殺するまでの3ヶ月後迄、喉頭内腔の狭窄は続いており、ほぼその内腔は、術前の2/3となった。また全体の形、輪状軟骨、披裂軟骨との関係は、甲状軟骨が除去された方向に短縮し、捻れを生じ、喉頭内腔の狭窄を助長していた。しかし、これでは動物6匹とも生存し、歩行に際して特別の呼吸困難もなく死亡した例はなかった。

a) 甲状軟骨の一部を同様な方法で除去し（図3）、除去後の甲状軟骨膜を保存し、これでこの欠損部を覆った場合には、軟骨膜より新生軟骨の形成が見られた（図4）。
b) 軟骨、軟骨膜とともに除去したものでは、新生軟骨の形成はその部に認められなかった（図5, 6）。

2. 甲状軟骨除去部分へ除去した軟骨を再挿入した群

a) 除去部分へ除去した軟骨を再挿入し、銀線で縫合固定し、甲状軟骨膜で再び覆った場合、3例共甲状軟骨全体の形態に余り変化をきたさなかった。軟骨接合部は3ヶ月後では、新生軟骨の形成がみられ、甲状軟骨枠は丈夫な状態となっていた（図7, 8）。

b) 甲状軟骨を再挿入し、固定しても軟骨膜を除去した場合、右板甲状軟骨断端の外側に挿入軟骨のズレを生じ、その間に骨形成と軟骨新生が3例とも見られた。しかし前角部断端側には、骨形成は見られず、新生軟骨の形成が認められた。この事実は、技術的操作によるもの

図2 甲状軟骨除去術後、術前の喉頭内腔 A 正常声門開大時 B 甲状軟骨除去後の声門開大時 甲状軟骨右板除去によって喉頭内腔は約2/3の広さになった。

図 3 甲状軟骨右板を除去し軟骨膜で修復した症例：術後 3 カ月喉頭内腔は狭くなったが呼吸困難は認めなかった。

図 4 図 3 の症例の HE 染色所見：甲状軟骨膜にそって多くの新生軟骨が形成されている。

図 5 甲状軟骨右板を除去と軟骨膜を除去した症例：術後 3 カ月では、甲状軟骨右板が除去された方向に短縮し、その部分に軟骨形成が認められなかった。

図 6 図 5 の症例の HE 染色所見：右板断端部に術後 1 カ月では新生軟骨形成が認められなかった。

図 7 自家軟骨再挿入群：甲状軟骨膜を剝離し、右板を除去し、もとの状態に再移植し、銀線で固定し、軟骨膜でその上を修復し、術後 3 カ月のもので、喉頭内腔は正常に近い状態に保たれた。

図 8 図 7 の HE 染色所見：銀線で固定した部分は、そ周囲に新生の軟骨形成が認められた。

図 9 軟骨膜除去後自家軟骨挿入群：右板を除去し銀線で固定，軟骨膜除去し術後3カ月では，軟骨接合部にズレを生じ，喉頭内腔は狭くなったが呼吸困難は伴わなかった。

図 11 甲状軟骨右板を除去し，除去した軟骨を前頸部筋肉内に埋めこみ術後週1間経過したもの。

図 10 図9の軟骨接合部：特に右板甲状軟骨断端側の HE染色所見で骨形成と軟骨形成が認められる。

図 12 甲状軟骨右板を除去し，除去した軟骨を前頸部筋肉内に埋めこみ，術後1週間して，もとの状態に修復して3カ月後のもので，甲状軟骨の形態は，軽度変形していたが，喉頭内腔はほぼ正常に保たれ，骨，軟骨形成が認められた。

か，機械的刺激が甲状軟骨の化骨現象を促進したものか定かでない。いずれにしても甲状軟骨の全体の形は，ほぼ正常に復帰していた（図 9, 10）。

c) 甲状軟骨の一部を除去し，それを前頸部の筋肉内に埋めこみ，一週間後，再び甲状軟骨除去部分へ再挿入した場合，3ヶ月後の甲状軟骨の形態は，軽度変形していたが，喉頭内腔はほぼ正常に近く保たれていた。この際，移植軟骨は，甲状軟骨の形をもとの状態に復帰さす役割を充分にはたしており，移植部には，軟骨，骨形成が著明に認められ完全に生着していた（図 11, 12, 13）。

3. 同種甲状軟骨を移植した群

甲状軟骨の一部を除去したものを，他の犬に同様な操

作を行い移植し銀線で固定した。3ヶ月後，3例とも甲状軟骨の形はほとんど変化なく，移植軟骨も壊死におちいる事なく，移植軟骨の接合部は新生軟骨でおおわれていた。また，一部は結合組織で接続され，骨形成は認められなかった。この際，同種軟骨は完全に生着していた。従って，同種の軟骨移植は充分可能であることがわかつ

図 13 図 12 の操作した軟骨接合部の HE 染色所見：骨形成，軟骨形成が著明である。

図 14 甲状軟骨右板を除去したものを，他の犬に同様な操作を行って，同種移植し，術後 3 カ月のもの：移植軟骨は生着し，喉頭内腔はほぼ正常に保たれていた。

図 15 図 14 の HE 染色所見：軟骨接合部に軟骨形成が認められる。

た (図 14, 15)。

4. 甲状軟骨除去部分へ肋軟骨の自家移植を行った群
同様な方法で甲状軟骨の一部を除去した部分に挿入出

図 16 甲状軟骨右板を除去した所に，肋軟骨を採取し，自家移植し術後 3 カ月のもので，甲状軟骨の形は，ほぼ正常の状態に保たれている。

図 17 図 16 の HE 染色所見：肋軟骨移植部分に骨，軟骨形成が認められ，喉頭の枠組が丈夫になっていた。

来るように同一動物の肋軟骨を削り，甲状軟骨の形をそこなわないように銀線で固定した。3 ヶ月後の所見では手術を行った 2 匹の犬の甲状軟骨の形は，正常の状態に保たれ，接合部に新生軟骨と軽度の骨形成が見られ，肋軟骨は生着していた (図 16, 17)。

以上の如く，甲状軟骨を一部除去し，その部に自家及び同種軟骨の移植を行った場合は，軟骨移植部に多少のズレを生ずるも完全に生着した。この結果，喉頭の内腔はほぼ，もとの状態に保たれていた。従って，甲状軟骨の枠に変形を生じた場合 (外傷等により)，まず第一に，甲状軟骨の枠をもとの状態に整復することが，第一条件であることがわかった。そのために軟骨の自家，同種軟骨移植は充分な役割をはたす事がわかった。

考 按

喉頭，気管外傷は，外部からの損傷によるものと，内

部より異物による損傷、化学物質、熱傷による損傷等があげられ、それに 加えて 神経損傷を 伴う場合も 含まれる。しかし、この論文では、神経損傷の治療法についてはふれていない。

以上のような症例に遭遇した場合の治療法は、急性期症例と陳旧性症例¹⁾²⁾ によって異なるが、特に急性期の治療法が最も大切で、呼吸困難のための (1) 気道の確保、(2) 止血、(3) 支持枠の再建保持が必要である。それでもなおかつ陳旧例に移行するものもあれば、普通 (1)、(2) は必要なく、(3) 支持枠の再建保持と、(4) 内腔の拡大並びに上皮化の促進、(5) 再狭窄防止が必要となってくる。

喉頭外傷は、喉頭の挫傷、切創、脱臼、骨折、甲状軟骨の欠如、それに伴う肉芽や結合組織増生、瘢痕形成による内腔狭小化があげられる。今回、私は、喉頭に関する実験では、急性期の喉頭外傷の骨折を想定して、甲状軟骨の一部を除去し、それに種々の操作を加えて、喉頭の内腔を十分に保った状態にして、移植部分の病理組織学的検索を行った。

甲状軟骨の操作は

1. 甲状軟骨一部除去群
2. 1の群に除去した軟骨を再挿入した群
3. 1の群に同種甲状軟骨片を移植した群
4. 1の群に肋軟骨の自家移植した群

の如く、4群に分けて実験を行った。1群の場合は、甲状軟骨、軟骨膜の存在が軟骨再生に大きく関与するようであり、軟骨膜があれば、新生軟骨の形成がみられ、軟骨膜の無い場合は、軟骨欠損の状態のままであった。従って、急性期外傷の場合、出来るだけ軟骨片並びに甲状軟骨膜を保存することが後の甲状軟骨部での狭窄をきたさないようである。

2群では甲状軟骨の再挿入による甲状軟骨損傷の修復を行った場合を想定したが、軟骨膜を除去しない場合は甲状軟骨の枠形成がうまく行き内腔が十分に保たれた。また甲状軟骨の一部を除去し、それを前頸部の筋肉内に埋めこみ、1週間後再び再挿入した場合、つまり、受傷後1週間後を想定して手術を行ったが、移植軟骨は甲状軟骨の形をもとの状態に復帰させ、その役割をはたしており、移植部は軟骨、骨形成が認められ、正常なものに比べてかなり甲状軟骨が厚く頑強になったようにみられた。

3群と4群は、それぞれ軟骨欠損部へ、甲状軟骨の一部の同種移植と、肋軟骨の自家移植をそれぞれ別個に行

って、甲状軟骨の枠形成を行った。これによると自家及び同種軟骨の移植でも甲状軟骨の枠形成は、はたされており、移植境界部に軟骨、骨形成が著明に認められたものもあった。

さて、気道の再建に関する研究は数多くあり、Looper (1938)³⁾ は、舌骨を甲状軟骨の間に挿入し甲状軟骨の拡大をはかり、Fearon (1972)⁴⁾ は、甲状軟骨の一部を輪状軟骨の前部に切開を加え、その部分に挿入し、輪状軟骨部の拡大を猿を用いて実験している。Ward (1977)⁵⁾ は、人で composite hyoid sternohyoid muscle graft を声門下狭窄症例に用いて成功している。Finnegan (1975)⁶⁾ は、犬を用いて輪状軟骨部の狭窄に舌骨を用いて拡大をはかっている。黒住等 (1975)¹⁾²⁾ は、甲状軟骨正中で縦骨折し、右板が前方に突出している症例を整復後 stainless wire にて固定し成功をおさめ、また、他の1例は腸骨を甲状軟骨の右板、左板の前連合部欠損に用いてそれぞれ、気道狭窄の治療を行っている。同様に、Polayes et al (1970)⁷⁾⁸⁾ も腸骨を用いて成功している。その他、Lapidot (1968)⁹⁾ は、子豚を用いて甲状軟骨を flap door にして輪状軟骨部へ移植した実験を報告している。

以上のように、甲状軟骨、輪状軟骨の損傷、狭窄には、枠の保持、拡大が軟骨の整復、近くからの軟骨、骨移植 (甲状軟骨、舌骨、腸骨等) によって行われている。その他の気道狭窄は、瘢痕、肉芽組織の除去、修復、神経損傷に対する治療などがあるが、これらの検討はこの論文では除外した。

結 論

喉頭の再建に関する実験は、甲状軟骨を一部分除去し、その部に自家及び同種軟骨の移植を行った。その結果、軟骨移植部に多少のズレを生ずるも完全に生着し、枠組の再建に充分役割をはたし、移植により枠組は強固になった。喉頭の内腔は、ほぼもとの状態に保たれて、外傷等によって甲状軟骨の変形が生じた場合、まず第一に、甲状軟骨の枠をもとの状態に整復することが第一条件で、甲状軟骨一部欠損に対して、軟骨の自家、同種移植は充分に役割をはたすことがわかった。

参 考 文 献

- 1) 黒住静之 他: 喉頭気管外傷の13症例. 耳喉 46: 551-558, 1974.
 - 2) 黒住静之 他: 喉頭気管損傷. 耳喉 48: 835-843, 1976.
 - 3) *Looper E A*: Use of the hyoid bone as a graft in laryngeal stenosis. Arch Otolaryng 28: 106-111, 1938.
 - 4) *Fearon F and Cotton R*: Surgical Correction of subglottic stenosis of the larynx. — preliminary report of an experimental surgical technique.— Ann Otol 81: 508-513, 1972.
 - 5) *Ward P H et al*: Composite hyoid sternohyoid muscle grafts in humans. Arch Otolaryng 103: 531-534, 1977.
 - 6) *Finnegan D A et al*: Hyoid autograft repair of chronic subglottic stenosis. Ann Otol 84: 643-649, 1975.
 - 7) *Polayes I M et al*: Reconstruction of a stenosed and crushed laryngeal air way. Plast Reconstr Surg 46: 568-571, 1970.
 - 8) *Polayes I M et al*: Subtotal reconstruction of the human larynx. Transact Amer Acad Ophth & Otol 75: 56-59, 1971.
 - 9) *Lapidot A and Sodagar R et al*: Experimental repair of subglottic stenosis in piglets. — Trap-door Thyrochondroplasty Flap.— Arch Otolaryng 88: 529-535, 1968.
-
- 稿を終るに当り、ご指導、ご校閲を賜った黒住静之前教授、原田康夫教授に深甚の謝意を表します。
- 最後に、耳鼻咽喉科学教室員並びに技官村尾学氏に感謝いたします。
- 本論文の要旨は、第75回日本耳鼻咽喉科学会総会および第3回中国地方部会連合講演会にて発表した。
-

(原稿受付 昭和 55. 1. 24日)

別刷請求先 〒733 広島市本川町 1-4-3

広島記念病院耳鼻科

屋敷 建夫