

흉부기관 협착증의 수술치료 - 자가심막을 이용한 전방기관성형술을 중심으로 -

인하대학교 흉부외과학교실

선 경

Surgical Management of Intrathoracic Tracheal Stenosis - Anterior Pericardial Tracheoplasty -

Kyung Sun, M.D., Ph.D.

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery
Inha University Medical College, Incheon, Korea

I. 서 론

흉강 내에 위치한 기관에 협착이 발생하는 경우는 상부 기관협착과는 달리 흉강을 접근해야 하는 부담이 있다. 따라서 외과의는 흉강 내부의 해부구조에 익숙해야 하며 그에 따른 접근방법을 숙지하여야 한다. 저자는 흉부기관의 해부구조 및 수술 접근법과 기관재건술 중 특히 전방기관성형술에 대해 고찰하고자 한다. 본 고찰에서는 악성종양이나 혈관기형 등에 의한 기관협착의 경우는 제외한다.

II. 흉부기관(intrathoracic trachea)의 해부구조 및 수술 접근

정상 성인의 기관은 자신의 둘째손가락 굵기의 내경을 가지며 길이가 약 10.0-11.0cm 정도이다¹⁾. 자연스러운 자세에서 기관의 절반은 경부에 위치

하고 나머지 절반은 흉강 내에 위치하는데, 수술 중 환자의 목을 신장(extension)시키면 흉부기관이 딸려 올라오게 되고 특히 수술 중 기관의 전후방을 박리해 주면 더욱 많은 부분을 경부에서 확보할 수 있다.

기관이 경부를 지나 흉강 입구(thoracic inlet)를 진입하면 기관의 앞쪽으로 좌무명정맥이 지나가고, 오른쪽에는 무명동맥이, 왼쪽으로는 좌경동맥과 좌쇄골하동맥 및 미주신경과 횡격막신경이 위치한다²⁾(Fig. 1). 아래로 진행하면서 기관 앞에 대동맥궁이 위치하게 되며, 오른쪽 앞옆으로 상대공정맥이, 왼쪽 뒤옆으로는 식도가 위치한다. 더욱 아래로 내려가면 오른쪽에는 기정맥이, 왼쪽에는 회선신경과 식도가 위치하며, 기관분지부에 도달하면 앞쪽으로 좌우폐동맥이 위치한다.

경부기관은 쇄골하동맥에서 분지하는 하갑상동맥에서 일정하게 혈류를 공급받는다. 그러나 흉부기관의 경우는 쇄골하동맥 외에도 무명동맥, 내

교신저자 : 선 경(Kyung Sun, M.D.)
400-103 인천직할시 중구 신흥동 3가 7-206 인하대병원 흉부외과
Tel & Fax : 032) 890-3511

흉동맥, 늑간동맥 등에서 다양하게 혈류를 받으며 가장 아래부분인 기관분지부 근처만 기관지동맥에서 일정하게 혈류를 받는다³⁾(Fig. 2). 이런 혈관들은 모두 기관의 측면에 단속성(segmental)으로 분포하므로 수술 도중 가급적 기관의 측면을 박리하지 않도록 주의하여야 한다. 만일 혈류가 차단되는 경우는 기관문합부위의 창상회복에 결정적인 영향을 미쳐 수술 후 누출이나 재협착의 원인이 될 수 있다.

흉부기관을 접근하기 위한 절개법은 4번째 늑간에서 우측으로 측후절개하는 방법과 양측으로 전측절개하는 방법, 흉골을 정중절개하는 방법 등이 있다⁴⁾. 흉골절개를 통해 흉부 기관을 접근할 때는 혈관들을 왼쪽이나 오른쪽으로 젖히고 대동맥궁을 앞으로 밀면 기관분지부까지 시야를 확보할 수 있다. 이때 흉골의 위쪽만 부분정중절개(inverted T-shaped upper sternotomy)하면 흉부기관을 수술하는데 충분한 시야가 확보되지만, 만일 기관분지부와 양쪽 주기관지까지 확보할 필요가 있을 때에는 표준 정중흉골절개(standard midsternotomy)로 접근하여 심막을 절개한 다음 상행대동맥을 왼쪽으로 우폐동맥을 아래로 젖히면 좋은 시야를 확보할 수 있다(Fig. 3).

기관협착의 병소가 국소적인 경우는 절제 후 단단문합(resection and end-to-end anastomosis)이 원칙이다. 기관은 전체길이의 절반(5-6cm) 정도까지 절제해도 직접문합이 가능하다고 알려져 있으며⁵⁾, 문합부위의 긴장을 없애기 위해 기관을 이완시키는 조작(tracheal release maneuver)이 추가되기도 한다⁶⁾(Table 1). 그러나 기관협착의 범위가 광범위하거나, 협착이 기관분지부와 주기관지까지 침범한 경우, 재협착으로 기관이 짧아진 경우 등에서는 별도의 접근이 요구된다.

III. 전방기관성형술 (Anterior tracheoplasty)

전방기관성형술은 협착된 기관의 전면을 종절개하여 자가조직을 이용하여 넓혀주는 방법이다. 협착된 부분을 절제할 필요가 없기 때문에 광범위 기관협착증에도 수술이 가능하고, 기관분지부 협착이나 주기관지 협착까지 동시에 해결할 수 있으며, 기관의 전면만 노출시키므로 측면의 혈

류를 보존할 수 있다는 장점이 있다. 자가조직은 늑연골과 심막이 주로 사용된다.

1. 자가 늑연골(autologous rib cartilage)을 이용하는 경우

1982년 Kimura 등이 선천성 광범위 기관협착증 치료에 소개한 방법이다⁷⁾. 수술 중 호흡은 기관절개공으로 기도삽관을 하여 유지하는데, 최근 Jaquiss 등은 인공심폐기를 구동하여 기도삽관을 제거한 상태에서 기관협착을 효과적으로 성형하고 있다⁸⁾. 단기 및 중기성적은 우수하지만 기관내 육아조직이 덧자라기 때문에 자주 기관지내시경으로 제거해야 하는 단점이 있으며⁸⁻¹⁰⁾, 장기성적에서 개체가 성장함에 따라 기관성형 부위가 같이 자라주는지에 대해서는 알려진 바 없다. 성형에 사용된 늑연골은 이식된 후 3개월이 지나면 흡수된다고 한다¹⁰⁾.

2. 자가 심막(autologous pericardium)을 이용하는 경우

1984년 Idriss 등이 소아의 광범위 기관협착증 치료에 소개한 방법이다¹¹⁾. 이후 Chicago Children's Hospital group과¹²⁾ Indiana University group이

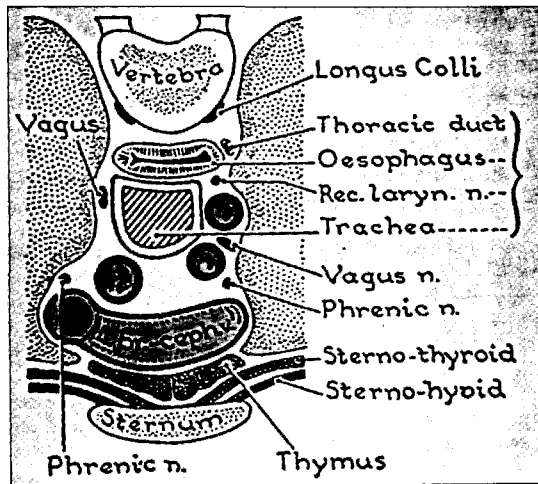


Fig. 1. Cross-sectional anatomy at level of thoracic inlet.

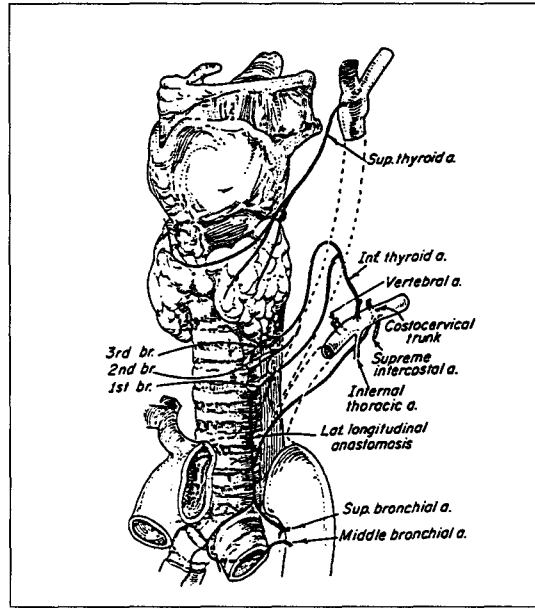
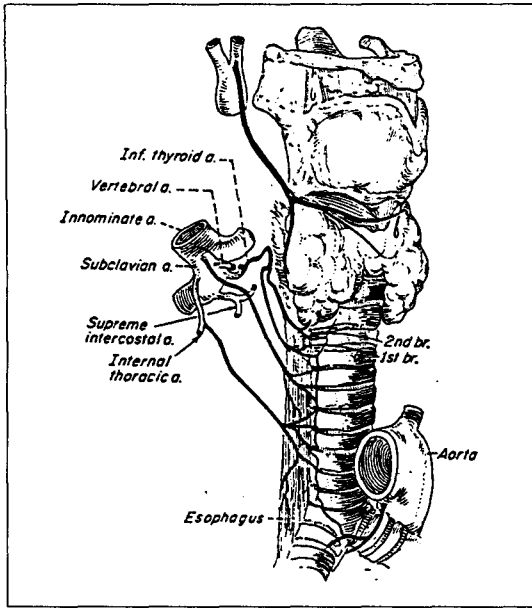


Fig. 2. Arterial blood supply to the trachea.

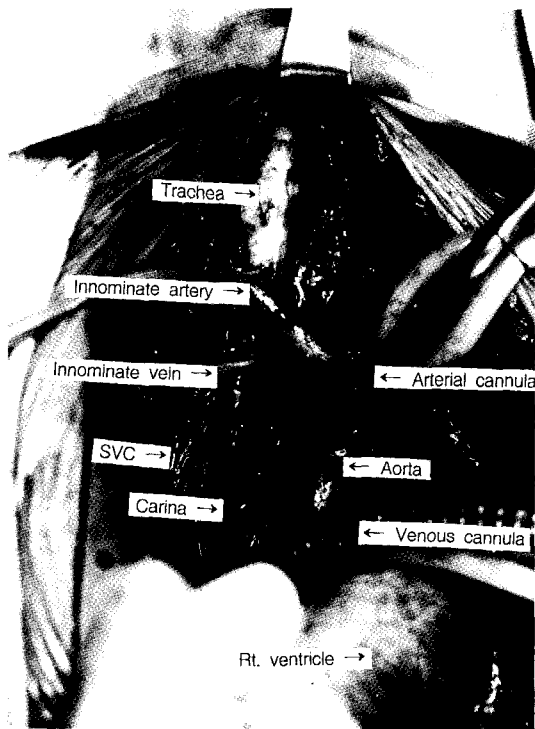


Fig. 3. Tracheal exposure through a median sternotomy.

¹³⁾ 각각 21례와 12례로 가장 많은 임상례를 보고한 바 있다. 흥미있게도 두 group의 성적은 많은 차이를 보이고 있는데, Indiana group의 경우가 수술 후 재협착의 빈도, 육아조직 제거 목적의 기관지내시경의 시술빈도, 장단기 사망률, 기관절개술 재설치 등에서 우수한 결과를 보였다. 이에 대해서는 문합 술기, 봉합사의 선택, 기관내경을 유지하기 위한 추가조작 등이 차이점으로 거론되고 있다¹⁴⁾(Table 2).

IV. 수술 방법 (Indiana University Experience)

정중 흉골절개로 흉강을 접근한 후, 흉선의 두엽 사이를 분리하여 양쪽으로 젖히고 무명정맥을 분리확보한다. 심막을 절개하고 대동맥궁에서 나오는 무명동맥과 좌총경동맥을 좌우로 젖히면 기관의 전면을 윤상연골에서 기관분지부까지 확보할 수 있다. 이때 기관 측면의 혈류나 주변 신경조직들은 전혀 손상받을 이유가 없다. 호흡유지는 기관협착의 정도가 심하지 않으면 소구경 기도삽관을 통해 가능하나, 협착의 범위가 광범위하고 기관분지부나 주기관지까지 침범한 경우는

Table 1. Tracheal releasing maneuvers

Type of Maneuver	Procedure	Mobilization
Dissect pretracheal plane		3cm
Neck flexion	15-35'	4.5cm
	>35'	5.5-6cm
Laryngeal release	laryngeal	2.5cm
	suprahyoid	2.5cm
Hilar release	division of pulmonary ligament, mobilization of right hilum	3.0cm
	percardial dissection	0.9cm
	division/reattachment of left main bronchus	2.7cm

Table 2. Comparative data of anterior pericardial tracheoplasty

	Chicago group	Indiana group
Patient number	21	12
Operative mortality	10%	8%
Late mortality	24%	9%
Restenosis	33%	18%
Bronchoscopic removal of granulation tissue	3.8 times/patients	2 times/patients
Tracheostomy	33%	9%
Suture material	5-0 braided polyglycolic acid	6-0 polydioxanone
Anastomotic technique	whole layer	outer 3/4 layer
Additional procedures	-	pericardial tenting & tracheal suspending

* Not related to tracheoplasty

체외순환기법을 이용할 수도 있다. 체외순환은 인공폐(extracorporeal membrane oxygenation; ECMO) 시스템을 구동하는 것으로, 전신허파린 처치 후 정상체온에서 심박동은 유지하며 수술 중 기도삽관을 제거하고 호흡을 정지시킬 수 있으므로 안전하고 편리하다. 기관협착의 범위와 정도를 확인하기 위해 기관지내시경을 삽입한 상태에서 외부에서 탐침을 찢러 협착부위의 경계를 표시한 후, 기관의 앞면을 종절개하여 개방한다. 이때 협착부위를 중심으로 위쪽과 아래쪽의 정상 기관연골을 하나씩 포함시키는 것이 중요하다.

필요에 따라 절개창이 기관분지부를 지나 주기관지까지 연장될 수 있다. 이후 기관 절개면의 양쪽에 3-4개의 견인사를 걸어 절개공을 개방시킨다. 심막은 직사각형 모양으로 채취하는데, 길이는 절개공의 길이에 맞도록하고 폭은 기관내경이 환자연령에 따른 기대치(predicted diameter)보다 1.5배 정도 크게 만들어 지도록 디자인한다 (Fig. 4). 예를 들어, 10세된 소아의 기관단면적 기대치를 90mm^2 전후라고할 때 기관내경은 11mm이다. 기관내경을 기대치보다 1.5배(16.5mm) 되도록 만들면 기관둘레는 50mm가 된다. 만일 환자의 기

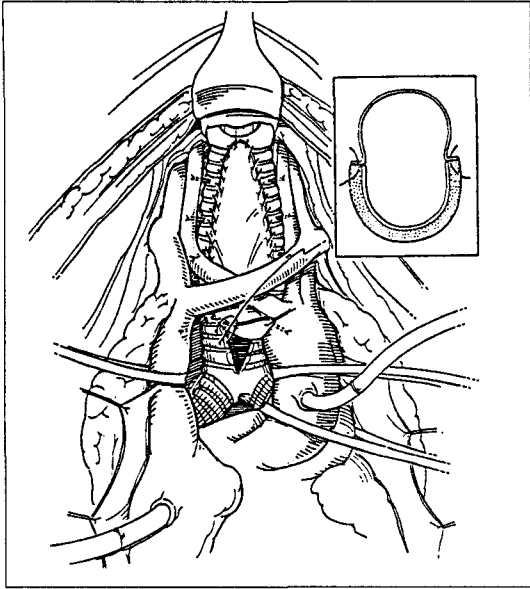


Fig. 4. Diagram of operative view.

관이 6mm로 협착되었다면 기관둘레는 18mm이므로, 필요한 심막의 폭은 32mm(= 50-18mm)이다. 참고로, 소아에서 기관면적의 연령별 분포는 Effman 등에 의해 보고된 바 있다¹⁵⁾. 심막을 기관에 봉합할 때는 6-0 polydioxanone 봉합사를 이용하여 연속봉합한다. 이때 봉합사가 기관내면에 노출되지 않도록 기관점막 보다 바깥쪽에 위치하여야 하며, 이는 육아조직에 의한 재협착을 예방하는 데 매우 중요하다. 추가조작으로 심막의 결층을 봉합사로 걸어 중격조직에 끌어 올려주고 기관절개면의 양끝을 무명동맥과 좌총경동맥 쪽으로 벌려주는 것도 기관내경을 유지하는데 도움을 준다. 기도삽관을 통해 기도 내부에 50mmHg 정도의 양압을 가해 공기누출이 있는지 확인한 후, 기도삽관의 풍선을 심막편의 중간 부위에 오도록 위치하여 고정한다. 수술 후 심막이 주변 중격조직과 유착고정될 때 까지 인공호흡기를 1-2주일 유지한다. 기관지내시경으로 심막이 고정된 것이 확인되면 자가호흡으로 돌리고 기도내 양압을 24시간 정도 유지한 후 삽관을 제거한다. 육아조직 덧자람이 확인되는 경우 내시경으로 제거한다.

전방기관성형술의 문제점 중에서 태생학적으로

발생이 다른 늑연골이나 심막조직이 기관에 이식되었을 때 착상이 힘들고 육아조직의 발생할 수 있는 문제점들을 피하기 힘들다는 우려가 있다¹⁶⁾. 그러나 Indiana group의 보고에서 발생한 2례의 재협착은 심막성형부위와는 상관없는 기존의 기관절개공에 발생한 육아조직이었으며, 다른 2례에서 심막문합부위에 경증의 육아조직 덧자람이 발견되었으나 모두 2회의 내시경시술로 재발 없이 제거되었다. 특히 생존환자 전례에서 술후 6개월 이후에 시행한 기관지내시경에서 육아조직이 발견된 경우는 없었다. 늑연골을 사용한 Jaquiss 등의 보고에서도⁸⁾ 비슷한 결과를 보이는 것으로 보아 이식된 조직의 발생학적 차이는 우려보다 크지않다고 보인다. 결국 술후 육아조직에 의한 재협착은 위에 언급한 문합 술기, 봉합사의 선택, 기관내경을 유지하기 위한 추가조작 등에 영향을 받는다고 생각되며, 이러한 술기의 차이가 Indiana group의 수술성적을 Chicago group 다 우수하게 만든 수술요인이라고 본다^{13,14)}.

심막은 기관협착의 정도나 범위에 상관없이 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있으나 조직 자체가 견고하지 않기 때문에 술후 기관내경을 유지하기 위해 기도삽관과 양압호흡을 일정기간 필요로 한다. 반면에 늑연골은 견고성은 있지만 폭이나 길이에 제한이 있고 육아조직 형성 측면에서 심막보다 불리하다. 따라서 전방기관성형에 사용되는 조직의 종류를 변화시키거나 개선시킴으로써 보다 나은 성적을 기대할 수 있을 것이다. 이에 대해 저자 등은 대동맥편이 심막보다 견고하면서 늑연골보다 넓은 부위를 성형할 수 있을 것이라는 데에 착안하여 동종 대동맥편을 이용하여 동물실험한 결과, 심막보다 문합부 누출이 적고 기관내경 유지가 우수하며 육아조직형성에도 특별한 문제가 없는 것을 확인한 바 있다¹⁷⁾. 또한 외상에 의한 기관협착증 8세된 환아에서 심막으로 전방기관성형을 한 후 외벽을 늑연골로 보강해 본 결과, 술후 기계호흡이 필요없었고 1년 이상의 추적에도 기관내경이 잘 유지되었다¹⁸⁾.

기관성형 부위로 기관점막세포가 얼마나 빨리 자라는지와 이식조직의 운명이 어떻게 되는지에 대해서는 알려진 바 없다. 저자가 경험한 바로는 선천성 기관협착증 예에서 심막을 이용해 광범위

전방기관성형을 한 후 1주일 쯤 기관지내시경으로 확인해 본 결과 이식된 심막과 정상 기관점막과의 경계를 구분할 수 없었다¹⁸⁾. 또한 위에 언급한 실험에서 술후 1개월 쯤 기관을 적출해 조직검사서 확인해 보니 모두 기관상피세포로 덮여 있었고, 심막 조직은 이미 소실되었으며 대동맥 조직은 일부분만 남아있었다¹⁷⁾. 전방기관성형술에서 이식된 조직은 일정기간 지난 후 흡수되기 때문에^{10,13,17)}, 결국 심막이나 늑연골의 역할은 주변 종격조직이 견고해 지고 기관상피세포가 내면을 덮을 때 까지 기관내경을 유지해 주는데 있다고 본다.

전방기관성형술 후 환자가 성장하면서 기관이 같이 자라는데 대해서는 이론이 있겠으나, Indiana group의 보고에 따르면 6개월-12년의 추적 결과 모든 생존례에서 기관면적이 연령에 따른 기대치 범위 안에 있었다고 한다^{13,14)}. 저자의 경험에서도 심막 혹은 심막과 늑연골을 병합해 전방기관성형을 한 소아환자 2례에서 술후 추적결과 기관성장을 시사하는 소견을 확인하였다¹⁸⁾. 이러한 결과들은 심막을 이용한 전방기관성형술 후 기관의 성장이 뒤따른다는 것을 증명한다고 하겠다.

VI. 흉부기관재건술의 기타 방법들

1. 활강기관재건술 (Sliding tracheoplasty)

1989년 Tsang 등에 의해 보고되었으며¹⁹⁾ 최근 Grillo가 변형술식을 소개한 바 있다¹⁶⁾. 기관협착 부위를 절단한 후 한쪽 끝의 앞면과 다른 쪽 끝의 뒷면을 종절개하여 서로 끌어붙이는 방법으로, 이론적으로는 기관단면적이 4배 가량 증가한다. 수술 후 즉시 기도삽관을 제거할 수 있어 입원기간이 짧아지고, 발생조직이 다른 늑연골이나 심막을 사용하지 않기 때문에 육아조직 덧자람을 억제하여 기관지내시경의 사용빈도를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 그러나 보고된 증례가 적고 관찰기간이 짧으며, 특히 기관의 성장여부에 대한 장기성적이 알려져 있지 않아 환자선택에 조심스럽다. 기술적으로는 기관을 완전히 박리하여야 하기 때문에 측면의 혈류가 차단될 가능성이 있고, 전체적인 술기의 난이도가 높다고 본다. 또

한 기관분지부나 주기관지를 침범하는 경우는 수술적용이 되기 어렵다.

2. 이종기관이식술 (Tracheal homograft transplantation)

1996년 Jacob 등은 사체에서 채취한 기관편을 이식한 경험을 보고한 바 있다²⁰⁾. 이식편 내부에 스텐트를 임시 삽입한 후 상피세포가 자라 이식편 내부를 덮으면 기관지내시경으로 스텐트를 제거하였다. 24명의 환자 중 20명에서 장단기(5개월-10년) 생존을 보였으며, 그중 17명은 기도확보에 문제가 없었다고 한다. 이식면역학의 발전과 함께 가능성이 있는 연구분야라 하겠다.

3. 인조기관이식술 (Artificial trachea implantation)

실험단계에 머물러 있으나 많은 연구들이 희망적인 결과를 보고하고 있다²¹⁻²³⁾. 국내에서도 김광택 등이 공기투과성이 좋은 폴리우레탄 튜브 내면에 기관상피세포를 부착하여 실험견에 이식한 결과 기관상피세포가 없는 튜브군 보다 나은 성적을 얻은 바 있다²⁴⁾. 문합수기의 방법과 문합부위누출을 방지하기 위한 보조적인 시술로 성공률이 증가할 수 있으리라 본다.

VII. 결 론

현재 논의되고 있는 흉부기관 협착증의 여러 가지 수술 방법들은 나름대로의 장단점과 함께 좋은 단기성적을 보이고 있다. 그 중 자가심막을 이용한 전방기관성형술은 다른 수술들에 비해 비교적 장기성적이 우수하고, 환자의 연령과 크기에 관계없이 수술이 가능하며, 기관협착의 길이나 위치에 상관없이 적용이 가능하다는 장점이 있다. 특히 수술 후 기관이 성장한다는 측면에서 볼 때 소아에 발생한 광범위 기관협착증에 가장 적당한 수술법이다.

References

1. Allen MS: *Surgical anatomy of the trachea*.

- In: *Chest Surgery Clinics of North America* (Ed. Mathisen DJ), Philadelphia, WB Saunders Co., pp627-635, 1996
2. Anderson JE: *Grant's Atlas of Anatomy, 7th ed.*, Baltimore, Williams & Wilkins, 1978
 3. Salassa JR, Pearson BW, Payne WS: *Gross and microscopical blood supply of the trachea.* *Ann Thorac Surg* 1977; 24: 100-107
 4. Grillo HC: *Congenital lesions, neoplasms, inflammation, infections, injuries, and other lesions of the trachea.* In: *Surgery of the Chest* (Ed. Sabiston DC Jr, Spencer FC), 6th ed., Philadelphia, WB Saunders Co., pp401-443, 1995
 5. Grillo HC, Dignan EF, Miura T: *Extensive resection and reconstruction of mediastinal trachea without prosthesis or grafts: An anatomical study in man.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 1964; 48 : 741-749
 6. Heitmiller RF: *Tracheal release maneuvers.* In: *Chest Surgery Clinics of North America* (Ed. Mathisen DJ), Philadelphia, WB Saunders Co., pp675-682, 1996
 7. Kimura K, Mukohara N, Tsugawa C, et al: *Tracheoplasty for congenital stenosis of the entire trachea.* *J Pediatr Surg* 1982; 17: 869-871
 8. Jaquiss RDB, Lusk PR, Spray TL, et al: *Repair of long-segment tracheal stenosis in infancy.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 110: 1504-1512
 9. Tsugawa C, Kimura K, Muraji T, et al: *Congenital stenosis involving a long segment of the trachea: Further experience in reconstructive surgery.* *J pediatr Surg* 1988; 23: 471-475
 10. Delorimier AA, Harrison MR, Karen H, et al: *Tracheobronchial obstructions in infants and children: Experience with 45 cases.* *Ann Surg* 1990; 212: 277-289
 11. Idriss FS, Deleon YS, Ilbawi MN, Gerson CR, Tucker GF, Holinger L: *Tracheoplasty with pericardial patch for extensive tracheal stenosis in infants and children.* *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984; 88: 527-536
 12. Dunham ME, Backer CL, Holinger LD, Mavroudis C: *Management of severe congenital tracheal stenosis.* *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1994; 103: 351-356
 13. Bando K, Turrentine MW, Sun K, et al: *Anterior pericardial tracheoplasty for congenital tracheal stenosis: Intermediate to long-term outcomes.* *Ann Thorac Surg* 1996; 62: 981-989
 14. Brown JW, Bando K, Sun K, Turrentine MW: *Surgical management of congenital tracheal stenosis.* In: *Chest Surgery Clinics of North America* (Ed. Mathisen DJ), Philadelphia, WB Saunders Co., pp837-853, 1996
 15. Effman EL, Fram EK, Vock P, Kirks DR: *Tracheal cross-sectional area in children: CT determination.* *Radiology* 1983; 149: 137-140
 16. Grillo HC: *Slide tracheoplasty for long-segment congenital tracheal stenosis.* *Ann Thorac Surg* 1994; 58: 613-621
 17. Sun K, Bando K, & Brown JW: *Anterior patch tracheoplasty: Pericardium vs. homograft aorta.* *Chest (Suppl.)* 1997; 112: 152-153s
 18. 선 경, 김정택, 김광호 외: *전방기관성형술 -2례 보고-.* *대흉외지* (출판예정)
 19. Tsang V, Murday A, Gillbe C, et al: *Slide tracheoplasty for congenital funnel-shaped tracheal stenosis.* *Ann Thorac Surg* 1989; 48: 632-635
 20. Jacob JP, Elliot M, Herberhold C: *Pediatric tracheal homograft transplantation. Presented at the 76th annual meeting of the American Association for Thoracic Surgery. April 28-May 1, 1996, San Diego, CA*
 21. Pearson FG, Henderson D, Gross E, Ginsberg RJ, Stone RM: *The reconstruction of circumferential tracheal defects with a porous*

- prosthesis. J Thorac Cardiovasc Surg 1968; 55: 605-616*
22. Okumura N, Nakamura T, Natsume T, Tomihata K, Ikada Y, Shimizu Y: *Experimental study of a new tracheal prosthesis made from collagen-conjugated mesh. J Thorac Cardiovasc Surg 1994; 108: 337-345*
23. Guijarro RA, Sanchez-Palencia RA, Guevara CLF, Huedo MM: *Experimental study of a new porous tracheal prosthesis. Ann Thorac Surg 1990; 50: 281-287*
24. 김광택, 이윤신, 선 경, 이인성, 김형목. 상피 세포 피복 인공기관을의 개발. *대흉외지* 1997; 30: 739-746