大韓氣管食道科學會誌
Vol. 8, No. 1, Jun. 2002

□원 저□

기관문합수술에서 PTFE(Polytetrafluoroethylene)를 이용한 협착방지에 대한 실험연구

순천향대학교 의과대학 흉부외과학교실 · 해부병리학교실

이석열 · 이길노 · 고은석*

=Abstract=

An Experimental Study for the Prevention of Postanastomotic Tracheal Stenosis using PTFE(Polytetrafluoroethylene) in Tracheal Surgery

Seock-Yeol Lee, MD, Kihl-Rho Lee, MD, Eun-Suk Koh, MD.*

Department of Thoracic & Cardiovascular Surgery, Soonchunhyang University College of Medicine, Korea

* Department of Pathology, Soonchunhyang University College of Medicine, Korea

Background and Objectives : The aim of the this study is to determine the efficacy of an external prosthesis made of ringed polytetrafluoroethylene to prevent postanastomotic stenosis after surgical correction of extensive tracheal defects in rabbits.

Materials and Methods : Thirty rabbits were used, divided into two groups of 15 animals each. Group A rabbits underwent resection of six-ring segments of the cervical trachea and tracheal end-to-end anastomosis. The procedure used in group B was similar to that used in group A, but the tracheal anastomosis was supported by an external ringed polytetrafluoroethylene prosthesis. After six months, rabbits were killed and tracheas were resected and then compared the postanastomotic tracheal stenosis using morphometry.

Results : Anteroposterior diameter, transverse diameter, cross sectional area and intra luminal perimeter of trachea was greater in group B than group A. Also inflammatory changes of mucosa and submucosa were greater in group A than group B.

Conclusion : A ringed PTFE as a external stent was effective to prevent tracheal stenosis resulting from the extensive tracheal resection and tracheal reconstruction in rabbits.

Key Words : trachea, stricture, PTFE(polytetrafluoroethylene)

교신저자 : 이석열, 330-721 충남 천안시 봉명동 23번지
순천향대학교 천안병원 흉부외과학교실
전화 : 041)570-2193, 전송 : 041)575-9674
E-mail : csdoctor@korea.com

본 연구과제는 2001학년도 순천향대학교 학술연구조성비 일반연구과제로 지원을 받아 수행하였음.

서 론

기관의 질환이나 손상이 기관의 여러 부위에 다양한 길이의 기관폐쇄나 협착 등의 병변을 일으킬 수 있다. 이러한 기관의 폐쇄나 협착의 경우 현재까지는

Fig 1. Picture of ringed PTEE 8mm

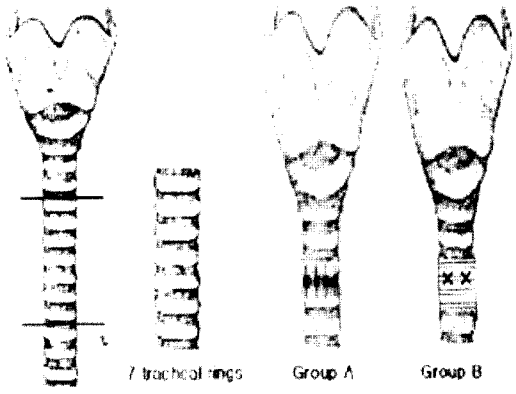

Fig 2. Schematic drawing of group A(tracheal resection & end-to-end anastomosis) and group B(external stenet of ringed PTEE)

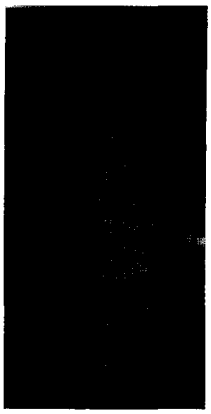

Fig 3. Picture of ringed PTEE as a external stent

병변부 기관을 절제하고 기관재건술을 하는 것이 가장 효과적인 것으로 보고되고 있다. 또한 기관재건술을 보다 효과적으로 하기 위하여 많은 생체조직들과 인공물질들이 이용되어져 왔으나 아직까지 이상적으로 기관을 대체할 만한 물질은 없다. 본 연구의 목적은 가토들의 기관을 광범위하게 절제하고 문합한군과 기관을 절제하고 문합시 기관외부에 스텐트로서 PTFE를 부착한 군을 비교 분석하여 기관문합부의 협착정도를 비교하고자 본 실험을 실시하게 되었다.

실험방법 및 재료

1. 실험동물 및 마취

뉴질랜드 흰색 가토 30마리를 사용하였다. 평균 몸무게는 2.673±445 gm이었다. 가토들을 1군당 15마리씩 2군으로 나누었다. 가토들에서 마취전처치는 하지 않고 ketamine 50mg/kg을 한번 근주하는 방법으로 마취를 하였으며 필요하다면 25mg/kg을 추가로 근주하였다.

2. PTFE 처리

고리가 달린 PTFE는 8mm Thin walled Ringed Goretex vascular graft를 사용하였으며 이는 8mm 내부직경을 가진 PTFE로서 표면에는 고리가 달린 물질이다. 이러한 고리가 달린 8mm PTFE를 약 3cm 정도로 잘라 분절을 만들어 ethylene oxide로 멸균소독을 하였고 각각을 따로 포장을 하였다(Fig. 1).

3. 수술법

경부절개부위에 면도를 하여 털을 제거 후 리도카인(2%)을 경부에 3ml씩 주입하였다. 경부 기관위에 수평절개를 한 후 경부근육을 젖히고 기관을 노출시켰다. 3~4번 기관고리부와 10~11번 기관고리부를 절제하여 7개의 기관고리를 포함한 기관분절을 적출하였다. 적출을 하기 전에 하부기관이 종격동 내로 미끄러져 들어가는 것을 막기 위하여 문합을 시행할 기관의 양끝에 견인봉합을 하였다. 기관봉합시 기관절제부를 자주 흡입하여 혈액이 폐내로 흡인되지 않도록 하였다. 기관의 단단문합은 기관벽전체를 단속봉합하는 방법으로 하여 노트가 점막외부에 위치하도록 6-0 polydioxanone(PDS, Ethicon)으로 봉합을 실시하였다. A군은 이러한 방법으로 수술을 하였고 B군도 A군과 동일한 방법으로 수술을 실시하였으며 내부직경이 8mm이며 고리가 달린 PTFE관을 길이는 2cm로 하여 기관문합부외부에 위치시켰다(Fig. 2, 3). 각각의 봉합은 먼저 PTFE관 고리부에서 실시하여 하부기관분절을 관통하고 상부기관분절로 나와서 다시 PTFE관의 고리부로 나오도록 하여 PTFE의 고리부에서 매듭이 되도록 하였다. 이렇게 하여 기관분절을 결합시키는 것은 물론 PTFE관의 내경을 유지하는데 힘을 받도록 하였다. 수술창을 봉합하고 가토들이 마취에서 완전히 깬 것을 확인후 사육실로 보냈다.

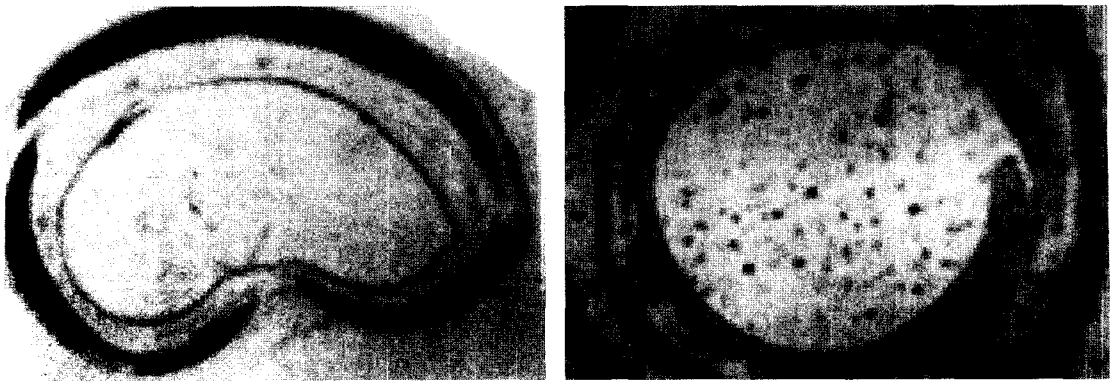

Fig 4. Morphometric images obtained from the histologic preparations of the different groups (left: Group A, right: Goup B) (H-E stain X 10.25)

Table 1. Clinical course of the groups

	Group A	Group B	p-values
Wheezing	5	4	0.690
Death	6	6	1.0

Table 2. Morphometric results of the groups

	Group 1	Group 2	p-values
Anteroposterior diameter	3.87± 0.14	4.12± 0.12	0.002
Transverse diameter	5.63± 0.23	5.88± 0.13	0.005
Area	12.91± 0.48	14.11± 0.86	0.015
Perimeter	14.05± 0.73	15.09± 0.88	0.012

4. 수술 후 관리와 평가

수술 당일부터 Ceftriaxone 30㎎/㎏을 일회 일주일간 근육주사하였고, 수술 다음날부터 음식물을 공급하였다. 가토들에게서 매일 호흡음을 청진하였고 매일 관찰하였다. 휴식과 운동시의 respiratory distress와 stridor여부를 관찰하였고 국소적이나 전신적인 감염여부도 관찰하였다. 각각의 가토들은 수술 후 6개월째 sodium phenobarbital을 다량 투여하여 희생시켰다. 경부기관문합부를 적출하여 10% 포르말린 용액에 24시간동안 고정시킨 후 통상적인 과정을 거쳐서 hematoxylin-eosin염색을 실시하였다. 10.25배 현미경을 사용하여 기관문합부를 관찰하였으며 이미지 분석 소프트웨어인 optima 6.2(optimas corporation. Bothell, WA 98011 USA)를 같이 이용하여 형태계층 분석을 해 기관문합부의 전후직경, 기관내경의 면적과 내경의 둘레 등을 측정하였다(Fig. 4).

5. 통계학적 분석

모든 수치들은 평균±표준편차로 표시하였다. 통계학적 분석은 SPSS 4.01을 이용하여 실시하였고 chi-square test, student's t-test와 Mann-Whitney's U test로 비교 분석하였으며 p value는 0.05 이하를 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

결 과

6개월의 사육기간 동안 천명음이 청진된 경우는 A군의 경우는 5마리(33.33%), B군에서는 4마리(26.67%)가 있었다(p=0.690). A군에서는 6마리(40.0%)가 사망하였고 B군에서도 6마리(40.0%)가 사망하였다(p=1.0)(Table 1). 사망한 가토들 모두는 천명음과 호흡곤란이 있었다. A군에서 사망한 동물의 평균 생존기간은 57일 이었으며 B군에서 사망한 동물의 평균 생존 기간은 61일이었다. 문합부의 균열이나 공기누출, 경부나 종격동의 기종, 경부절개부의 농양 등이 관찰된 경우는 없었다. 가토들을 희생시킨 후 적출한 기관문합부의 횡단면을 조직학적 염색과정을 거쳐 H-E염색을 시행하였다. 이를 10.25배 현미경으로 관찰하여 morphometry분석을 시행한 결과는 다음과 같다. 1군과 2군에서 각각 기관내강의 전후 직경은

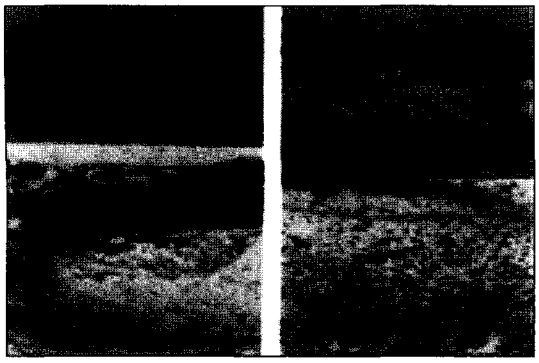

Fig 5. Left: Histopathologic findings of group A showing incomplete recovery of mucosa, inflammation and congeston of submucosa and fibrosis of serosa (upper: H-E stain × 100, lower: H-E stain × 200)
Right: Histopathologic findings of group B showing complete recovery of musoca, mild inflammation and congestion of submucosa and fibrosis of serosa with PTEE (upper: H-E stain × 100, lower: H-E stain × 200)

3.87 ± 0.14mm, 4.12 ± 0.12mm($p=0.002$), 횡직경은 5.63 ± 0.23mm, 5.88 ± 0.13mm($p=0.005$), 내강의 단면적은 12.91 ± 0.48mm^2, 14.11 ± 0.86mm^2($p=0.015$), 기관내강의 둘레는 14.05 ± 0.73mm, 15.09 ± 0.88mm였다($p=0.012$)(Table 2). 병리조직학적 검사상 A군은 점막의 재생이 불완전하게 되었으며 점막하조직의 염증반응과 울혈 그리고 장막의 심한 섬유화 반응을 관찰할 수 있었다. B군의 경우는 점막의 재생이 완전하게 이루어졌으며 점막하조직의 경한 염증 반응과 함께 기관외벽과 PTFE가 섬유화가 이루어진 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 5).

고 찰

기관협착의 원인으로는 선천적 질환, 외상, 종양, 염증과 감염, 기관내삽관과 기관절개술 등이 있다. 기관협착의 증상으로는 기침, 천명, 애성 그리고 호흡곤란 등이 동반될 수 있으며 이러한 증상은 기관의 내경이 반 이하로 줄어들어야 나타난다.

기관협착의 진단을 위해서는 여러 가지 방법들이 이용되고 있는데 단순 경부촬영이나 흉부 촬영상 좁아진 기도의 영상을 통해 초기 진단할 수 있는 경우가 있으나 매우 힘들다. 기관지 내시경을 통해 직접 협착 근위부를 관찰하는 것은 기도 이상을 진단하는 데 가장 기본이 되는 방법으로 병소의 폐쇄 정도나 유형을 알아내는데 많은 도움을 줄 수 있으며, 협착 원위부까지 자세히 보기 위해서는 기관지 조영술이 좋은 방법이나 급작성 폐쇄 등의 위험한 부작용을 갖고 있다. 일반적으로 통산적인 컴퓨터 단층 촬영은 기도협착 부위 뿐 아니라 그 부위의 길이, 동반된 혈관 질환, 외부 종물의 유무 판정 등에 유용하게 이용되고 있으나 유사한 다른 질환과의 구별이 어렵고 실재 기도 내경의 측정이 어렵다는 문제점을 갖고 있다. 그러나 spiral computed tomography(spiral CT)는 촬영후 삼차원 재구성하여 좁아진 부위의 그 정도, 길이 그리고 주위 장기와의 관계 등을 잘 제시할 수 있다. 그러나 이 방법은 선명한 상을 얻기가 힘든 경우가 많다. 최근에는 자기 공명 촬영도 이용이 되는데 이 또한 기도의 역동학적 변화에 대한 관찰이 어렵고 장시간 환자를 진정시켜야 하는 단점이 있다.

기관협착의 치료방법으로는 협착부의 확장법, T-스텐트, 스테로이드 국소 주사 외에 기관지 내시경이나 레이저 등을 이용한 보존적 치료와 수술 요법 등이 있다[1-4]. 병변이 국소적이거나 제한적인 경우에는 보존적 치료법들이 효과적일 수 있으나 병변의 범위나 정도가 클 경우에는 수술적인 치료법들을 사용하여야 한다. 수술적 치료법으로는 Grillo 등[5]이 제안한 기관절제 및 단단문합술이 아직까지는 가장 효과적인 치료법이다. 그 외의 수술적 치료방법들로 자가 생체조직 이식편의 삽입이나 대체 기관의 삽입 등이 있겠다.

생체 이식편으로는 근막, 지주막, 심막, 동맥, 방광점막, 유경피부판, 기관 자체 등을 이식한 보고나 실험에서는 내강을 유지하는 지지능력과 장기간 유지능력의 문제점 등에 의해 성적이 불량하여 임상 적용이 힘들다. 그 외 늑연골이나 심낭막을 이용한 수술법이 보고되었으나 이식 절편의 괴사와 이차적인 기관 재협착등의 문제점이 보고되었다[6][7].

대용기관의 종류로는 Tantalum, Polyethylene, Teflon, Heavy malex mesh, Silicon 등 여러 가지 종류가 보고되었으나 이들은 봉합부의 부전, 변성이나 파괴, 염증이나 감염 등이 없어야 하고 외부압력에도 불구하고 내강을 유지하여야 하는 등의 생체이식에

필요한 조건을 충족시키지 못하고 있어 이직까지 이상적인 대체 기관은 없는 실정이다[8)9)10)]. 이렇듯 기관재건술시 인공물을 사용하는 것은 현재 커다란 논쟁의 분야에 속한다. 기관조직에 적절한 대용물로서의 조건은 다루기 쉽고 크기 조절이 용이하도록 자를 수 있어야 한다. 또한 상품화되어 있어 취급하기가 쉽고, 멸균 처리되며 즉시 사용 가능하여야 한다. 또한 생체와의 조직적합성도 높아야 하며 쉽게 모양이 변하지 않고 공기가 관통할 수 없어야 한다. 여러 저자들이 이러한 조직대용물로서 팽창된 PTFE가 적절한 물질이라고 하였다[11)12)]. 팽창된 PTFE의 유용성은 임상적으로 입증이 되었고[13)], 심막, 골막 그리고 경막이식편 등에서 관찰되는 변형 없이 강직성을 유지할 수 있는 장점이 있다[14)]. 또한 늑연골처럼 준비하는데 어렵지 않고 팽창된 모양 그대로를 유지하기가 좋다. 본 연구에 사용된 PTFE의 특징은 자를 수 있기 때문에 원하는 모양을 쉽게 얻을 수 있으며 또한 고리가 PTFE 외벽에 부착이 되어 자른 후에도 모양을 유지할 수 있고 관이 쭈그러지지 않는다는 것이다. 또한 인공물의 유공성(porosity)에 관하여서는 공(pore)의 직경이 30 um인 미공성(microporous) 물질들이 공성이 큰 물질들보다 생체조직에 효과가 크다[15)16)]. 본 실험과 유사하게 실리콘을 PTFE 외부에 나선형으로 덮어 확장된 PTFE를 사용한 실험에 의하면 유공성이 떨어지는 물질들을 사용한다면 섬유모세포(fibroblast)들이 벽을 통해 관통하지 못하고 PTFE는 생체 조직과 일체가 되지 못한다고 한다. 또한 PTFE의 미세공을 통하여 섬유모세포들이 이동하는 것을 관찰할 수 있었다고 한다[17)]. 본 연구의 경우 B군에서 일부 섬유모세포들이 PTFE의 미세공에서 발견되었으나 이것이 섬유모세포들이 PTFE의 미세공을 통해 이동한 것인지는 확실히 알 수 없었다. 외과적 노출 후에 기관의 분절 혈류 공급이 차단되어 허혈성 기관괴사가 생긴 것이 보고되어 있으나[18)] 조직학적 관찰 소견에서 저자들은 기관의 괴사는 볼 수 없었다.

본 연구는 정상 가토와 비교를 하지 않아서 실험군의 수술후 협착이 어느 정도인지를 규명하지는 못하였고 단지 광범위 기관절제후 기관재건술시 기관외부 고리가 달린 PTEE를 스텐트로서 사용한 효과를 관찰한 것이다. 형태계측과 병리조직검사상 협착의 정도가 심한 가토는 점막, 점막하조직과 기관주위조직에 심한 염증을 나타냈다. 이러한 사실은 협착의 원인이 섬유혈관의 증식, 점막 및 점막하조직의 염증과 기관주위로 육아조직의 증식이라는 것을 암시한다. 이러한 사실은 다른 연구에서도 입증이 되었으며[19)] 본 연구에서도 이러한 것은 문합부의 기관벽에 섬유성 육아조직의 침윤과 염증세포의 존재로 설명할 수 있다. B군에서의 수술적 이론은 어느 정도의 긴장하에서 기관봉합을 한후에 이러한 봉합부를 강화하는 물질이 위치한다면 문합부의 개존성은 높을 것으로 가정을 한 것이었다. 이러한 이론은 1960년에 처음으로 적용이 되었으며 external wire mesh와 external tube 등이 사용되었으나 그 결과는 좋지 않았다[20)21)22)]. Hanawa 등은[23)] 기관벽에 external marlex mesh를 봉합하면 기관의 혈류공급이 차단되고 이어서 허혈과 괴사가 발생한다고 하였다. 따라서 그들은 봉합 대신 유착제(fibrin glue, polyurethane prepolymer, lyophilized human dura mater)를 사용하였다. 저자들은 기관점막에 상피이형성은 관찰할 수 있었으나 허혈과 괴사는 관찰할 수 없었다. 본 연구에서는 고리가 달린 PTIFRE를 기관문합부 외부에 봉합을 한 것이 협착의 발생을 줄이는 것으로 결과가 나왔다. 그러나 기관벽에 인공물을 봉합하지 않고 유착제를 사용하는 것도 효과적인 방법일 수 있을 것으로 사료되며 cyanoacrylate나 fibrin glue를 이용한 실험도 현재 진행중이다. A군과 B군에서 사망한 가토들은 각각 6마리였으며 청진상 청명음이 들리고 육안상 호흡곤란으로 지쳐보이는 가토는 A군은 5마리, B군은 4마리였다. 이들 9마리를 포함하여 추가적으로 3마리가 실험 기간 중 사망하였다. 형태계측상 이러한 가토들 중 청진상 천명음이 들리고 육안상 호흡곤란으로 지쳐 보이는 가토들 모두에서 심한 협착소견을 보였다. 그 외 사망한 가토들에서 기관의 허탈이나 기관의 내강내로 인공물의 침입 등은 볼 수 없었다. 대다수의 가토들에서 임파구, 단핵구와 혈장세포들이 발견되었음에도 불구하고 PTEE는 정상 기관조직과 잘 융합되어 있었다. 현미경적 검사하에서도 인공물에 의한 농양은 관찰할 수 없었다. 몇몇 연구들[24)]에서는 Vicryl봉합사가 광범위한 염증반응을 일으키며

나증에서는 섬유화를 유발한다고 하였다. 이와 반대로 PDS polydioxanone 봉합사는 다발성 필라멘트인 Vicryl보다 염증 반응이 적다. Friedman 등도[24] PDS 봉합사를 사용하는 것이 vicryl 보다 더 큰 내강면적을 유지할 수 있다고 하였다. 이러한 배경아래 본 연구에서도 PDS봉합사를 사용하였다. 본 연구의 결과는 고무적이지만 PTEE를 인간 기관에 적용시키기 전에 더욱 많은 실험 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

결 론

가토들의 기관을 광범위하게 절제하고 기관문합시 기관문합부의 협착을 예방하고자 기관외부에 스텐트로서 고리가 달린 PTEE를 부착하여 그 효과를 관찰하고자 본 실험을 실시하게 되었다. 30마리의 가토들을 한군에 15마리씩 2군으로 나누었다. A군은 경부기관의 6개고리 분절을 절제후 기관단단봉합을 하였다. B군은 A군과 같은 방법으로 기관절제를 하였으나 고리가 달린 8mm PTEE관을 외부에 설치하여 기관문합부를 지지하도록 하였다. 6개월 후에 가토들을 희생시켜 기관을 적출후 형태계측을 이용하여 문합부의 협착정도를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) A군과 B군에서 각각 기관내강의 전후 직경은 3.87mm ± 0.14mm, 4.12 ± 0.12mm($p=0.002$), 횡직경은 5.63 ± 0.23mm, 5.88mm ± 0.13mm($p=0.005$), 내강의 단면적은 12.91 ± 0.48mm^2, 14.11 ± 0.86mm^2($p=0.015$), 기관내강의 둘레는 14.05 ± 0.73mm, 15.09 ± 0.88mm였다($p=0.012$).

2) 병리조직학적 검사상 A군은 점막의 재생이 불완전하게 되었으며 점막하조직의 염증반응과 울혈 그리고 장막의 심한 섬유화 반응을 관찰할 수 있었다. B군은 경우는 점막의 재생이 완전하게 이루어졌으며 점막하조직의 경한 염증반응과 함께 기관외벽과 PTEE가 섬유화가 이루어진 것을 관찰할 수 있었다.

이상의 결과로 기관을 광범위 절제후 기관문합시 기관외부에 고리가 달린 PTEE를 부착하는 방법이 기관문합부의 협착을 줄이는데 효과가 있음을 확인하였다.

References

1) 김광택, 김맹호, 김철용, 이인성, 김형묵. 기관협착에서 레이저와 방사선 치료의 적응. 대흉외지 1997;12:1237-41.

2) Grillo HC, Mark EJ, Mathisen DJ, Wain JC: *Idiopathic laryngotracheal stenosis and its management. Ann Thorac Surg 1993;56:80-7.*

3) Couranud L, Jougon J, Velly JF, Klein C: *Iatrogenic stenosis of the respiratory tract. Evolution of therapeutic indications. Based on 217 surgical cases. Ann Chir 1994;48:277-83.*

4) Brichet A, Verkindre C, Dupont J, et al: *Multidisciplinary approach to management of postintubation tracheal stenosis. Eur Respir J 1999;13:888-93.*

5) Crillo HC: *Tracheal surgery. Scand J Thorac cardiovasc Surg 1983;17:167-77.*

6) Cambell DN, Lilly JR: *Surgery for total congenital tracheal stenosis. J Pediatr Surg 1986;21:934-5.*

7) Bando K, Turrentine MW, Sun K, et al: *Anterior Pericardial Tracheoplasty of Congenital Tracheal Stenosis: Intermediate to Long-Term Outcomes. Ann Thorac 1996;62: 981-9.*

8) Borrie J, Redsaw NR: *Prosthetic tracheal replacement. J Thorac Cardiovasc Surg 1970: 60:829-35.*

9) Beall AC, Harrington OB, Greenberh SD, Morris GC, Usher FC: *Tracheal reconstruction with heavy malex mesh. Arch Surg 1963;86: 970-8.*

10) Nevillec WE, Bolanowski JP, Kotia GG: *Clinical experience with the silicone tracheal prosthesis. J Thorac Cardiovasc Surg 1990;99:604-12.*

11) Lerwick I: *Studies on the efficacy and safety of polydioxanone monofilament absorbable suture. Surg Gynecol Obstet 1983;156:51-5.*

12) Ray JA, Doddi N, Regula D, Williams JA:

Melveger A. Polydioxanone(PDS), a novel monofilament: synthetic absorbable suture. Surg Gynecol Obstet 1981;153:497-507.

13) Guedon C, Brousse N, Gehanno P: *Etude comparative du polypropylene, de la polygalactine 910 et du polydioxanone, dans les sutures trachaeles esophagiennes et muscularies chez le lapin. Ann Chir 1983;37:443-8.*

14) Maeda M, Grillo HC: *Tracheal growth following anastomosis in puppies. J thorac Cardiovasc Surg 1972;64:304-13.*

15) Bottema JR, Feijen J: *Ten Hoopen HWM, Molenaar I, Wildevuur CRH. Microporous tracheal prosthesis : incorporation and prevention of infection. Trans Am Soc Artif Intern Organs 1980;26:412-8.*

16) Neel HB: *Implants of Gore-tex. Comparisons with Teflon coated polytetrafluoroethylene carbon and porous polyethylene implants. Arch Otolaryngol 1983;109:427-33.*

17) Gonzalvez-Pinera J, Perez-Martinez A, Marco-Macian A, et al: *An experimental model for the prevention of postanastomotic tracheal stenosis. J Thorac Cardiovasc Surg(United States), 1997; 114(1):76-83.*

18) Coyne BE, Fingland RB, Kennedy GA: *Debowes RM. Clinical and pathologic effects of a modified technique for application of spiral prostheses to the cervical trachea of dogs. Vet Surg 1993;22(4):269-75.*

19) Maeda M, Grillo HC: *Effect of tension on tracheal growth after resection and anastomosis in puppies. J Thorac Cardiovasc Surg 1973;65(4):658-68.*

20) Michelson E, Solomon R, Maun L, Ramirez J: *Experiments in tracheal reconstruction J Thorac Cardiovasc Surg 1961;41(6):748-59.*

21) Vinograd I, Filler RM: *Bahoric A. Long-term functional results of prosthetic airway splinting in tracheomalacia and bronchomalacia. J Pediatr Surg 1987;22(1):38-41.*

22) Kotake Y, Grillo HC: *Reduction of tension at the anastomosis following tracheal resection in puppies. J Thorac Cardiovasc Surg 1976;7(4): 600-4.*

23) Hanawa T, Ikeda S, Funatsu T, et al: *Development of a new surgical procedure of repairing tracheobronchomalacia. J Thorac Cardiovasc Surg 1990;100:587-94.*

24) Friedman E, Perez-Atayde AR, Silvera M, Jonas RA: *Growth of tracheal anastomoses in lambs. Comparison of PDS and Vicryl suture material and interrupted and continuous techniques. J Thorac Cardiovasc Surg 1990; 100:188-93.*