

양성 기도협착질환에서 실리콘 기도스텐트의 임상경험

- Dumon 스텐트와 Natural 스텐트의 비교 -

성균관대학교 의과대학 내과학교실, 흉부외과학교실*, 의공학교실[†], 삼성서울병원 호흡기내과, 흉부외과*, 의공학과[‡]
류연주, 유창민, 최재철, 권용수, 김호중, 김진국*, 서수원[†]

Clinical Experience of Silicone Airway Stent in the Management of Benign Tracheobronchial Stenosis

Yon Ju Ryu, M.D., Chang-Min Yu, M.D., Jae Chul Choi, M.D., Yong Soo Kwon, M.D., Hojoong Kim, M.D.,
Jhngook Kim, M.D., Soo Won Suh, Ph.D.

Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Department of Medicine, Samsung Medical Center, Seoul, Korea

Background : The clinical results of a Natural stent in patients with a benign tracheobronchial stenosis were examined by comparing the clinical outcomes and complications of those patients who underwent Dumon and Natural stenting in the management of benign airway stenosis.

Methods : The medical records of 94 patients (39 Dumon and 55 Natural stent) with a benign tracheobronchial stenosis were reviewed and analyzed.

Results : Post-tuberculous stenosis was the leading indication for airway stenting (74%), which was followed by post-intubation stenosis (21%). After intervention, the dyspnea had improved among those patients who underwent Dumon (90%) and Natural (86%) stenting. After stabilizing the dyspnea, the stent could be successfully removed in half of the patients who underwent both Dumon (54%) and Natural (49%) stenting. During the 42 month follow-up period, the complication rate was similar in those patients who underwent Dumon and Natural stenting: migration (46% vs 53%), granulation tissue formation (36% vs 49%), mucostasis (21% vs 16%) and restenosis (51% vs 36%).

Conclusion : The clinical results of Natural airway stent was similar to those of Dumon stent in the management of benign tracheobronchial stenosis. (*Tuberc Respir Dis* 2005; 59: 62-68)

Key words : Bronchoscopy; Tuberculosis; Airway obstruction; Tracheal stenosis

서 론

중심성 기도협착은 임계점 이상 진행될 경우, 곧바로 호흡부전 및 저산소증을 유발하며, 환자의 사망과 직결된다. 이러한 기도 협착을 일으키는 질환으로는 악성질환과 양성질환으로 나눌 수 있는데, 우리나라에서는 기관지결핵과 같은 양성질환으로 인해 기도협착이 일어난 환자를 임상에서 드물지 않게 만나게 된다.

본 연구는 보건복지부 중점공동과제(번호 00-PJI-PG1-CH12-0006)의 지원으로 이루어졌음.

Address for correspondence : **Hojoong Kim, M.D.**
Division of Pulmonary and Critical Care Medicine,
Department of Medicine, Samsung Medical Center
50 Irwon-Dong, Gangnam-Gu, Seoul, 135-710,
Korea

Phone : 02-3410-3429 Fax : 02-3410-3849

E-mail : hjkim@smc.samsung.co.kr

Received : Apr. 14. 2005

Accepted : Jul. 7. 2005

이러한 중심성 기도협착을 치료하기 위한 방법 중 하나가 기도스텐트인데, 만들어진 재질에 따라 금속 스텐트와 실리콘 스텐트로 나눌 수 있다. 금속 스텐트는 철망으로 만들어 작게 접은 상태에서 삽입하며 스스로 펴질 수 있는 특징을 가지고 있다. 시술은 주로 영상의학과에서 투시경을 하면서 시행하고 삽입 방법이 비교적 용이하나, 일단 삽입하면 제거나 위치를 변경하기가 어렵다는 단점이 있다. 이러한 단점 때문에 여러 명의 환자에서 치명적인 부작용을 일으켰고 6개월 이상 생존이 가능한 환자, 특히 양성 기도협착 환자에서는 금속 스텐트의 사용은 제한되어야 한다는 주장이 제기되었다¹. 실리콘 스텐트는 약 1 mm의 두께를 가지고 있어 내경이 외경보다 2 mm 작은 단점이 있다. 전신마취하에 경직성 기관지내시경을 통해 삽입하므로 경험있는 의사가 있어야 하며, 위치변경 및 제거가 항상 가능하다는 장점이 있다^{2,3}.

1987년에 Dumon은 실리콘으로 만든 기도스텐트를

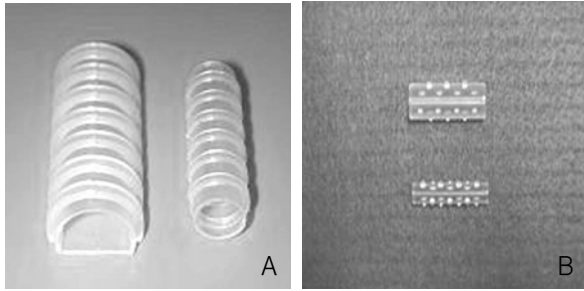


Figure 1. (A) A Natural silicone stent (B) A Dumon silicone stent

개발하였는데 이것이 현재 전세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 기도스텐트인 Dumon 스텐트이다⁴. 현재까지 논문에 언급된 것만 약 200레이며, 현재 전세계에서 매년 1000례 이상 시술되어 그 임상결과가 잘 알려져 있다⁵⁻⁹.

저자들은 3년 전부터 한국인의 기도구조에 보다 잘 맞고, 삽입후에 부작용이 적은 새로운 기도스텐트를 만들기 위해 연구해 왔었다. 그 결과, 기도의 해부학적 구조와 생리학적 특성을 살린 새로운 실리콘 기도스텐트인 Natural 스텐트를 개발하여(Fig. 1), 본 잡지에 동물실험의 결과를 발표한 바 있다¹⁰. 이의 임상결과를 양성 기도협착 환자에서 평가하고자, 기존의 Dumon 스텐트와 비교하는 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대상 환자

2000년 10월부터 2003년 12월까지 삼성서울병원 호흡기내과에서 양성 기도협착으로 스텐트를 삽입한 94명의 환자를 대상으로 하였다. 사용한 스텐트 별로 보면 Dumon 스텐트를 삽입한 환자가 39명, Natural 스텐트를 삽입한 환자가 55명이었다. 여러 개의 스텐트를 삽입한 환자가 있어, 모두 100개의 스텐트(43 Dumon 및 57 Natural 스텐트)가 삽입되었다. 추적 결과의 마지막 시기는 2005년 2월로 하였으며, 환자의 병록지에서 임상증상, 시술 전 검사결과, 시술방법, 그리고 추적관찰시의 임상경과를 후향적으로 조사하였다.

2. 스텐트 삽입방법

본 연구는 삼성서울병원 임상시험심사위원회의 승인을 받아 시행하였으며, 시술 전 환자의 서면 동의를 받고 시행하였다. 기도협착의 해부학적 구조를 알아보기 위하여 단순 흉부촬영, 3차원 및 일반 흉부 전산화단층촬영, 기관지내시경을 시행하였고 기도 협착의 정도는 폐기능검사를 이용하여 평가하였다.

모든 환자는 propofol 정주를 사용한 전신마취 하에서 경직성 기관지내시경을 시행하였다. 경직성 기관지내시경 튜브(Hopkins, Karl-Storz, Germany)를 삽관한 뒤, 굴곡성 기관지내시경(EVIS BF 1T240, Olympus, Japan)을 그 내부로 넣어 협착부위를 관찰하였다. 협착부위를 미리 충분히 확장시키기 위해 병변에 따라 Nd-YAG 레이저(20 watt, LaserSonics, Model 1000, USA)나 확장용 풍선(CRE balloon, Boston Scientific, MA, USA)을 사용하였고, 필요한 경우, 경직성 기관지내시경 튜브를 부지(bougie)처럼 밀어넣어 직접 확장하였다. 기도스텐트의 선택은 크기와 길이에 맞는 Dumon 스텐트(Bryan Corp., USA)나 Natural 스텐트(TNO Corp., Korea)가 구비되어 있는 지에 따라 선택하였다. 삽입방법은 스텐트를 말아서 삽입용 튜브에 끼워 넣은 후, 경직성 기관지내시경 속으로 삽입용 튜브를 넣고 그 내부로 밀대로 밀어 넣었다. 삽입 직후 스텐트의 위치를 경직성 기관지내시경용 검자로 조절하였으며 스텐트가 완전히 퍼지지 않은 경우, 내부에 풍선을 확장시켜 해결하였다.

3. 스텐트 삽입 후 임상관찰

환자는 시술 1-5일 후에 퇴원하여 1-3개월 간격으로 추적하였고, 임상증상, 단순 흉부촬영, 폐기능검사로 경과를 관찰하였다. 호흡곤란이 다시 심해지고 폐기능검사 지표가 악화되는 경우, 추가로 굴곡성 기관지내시경을 시행하여 점액저류, 스텐트 위치변경, 재협착, 육아조직 과형성 여부를 관찰하였고, 필요한 경우 경직성 기관지내시경을 시행하여 치료하였다.

삽입 6-18개월 후, 임상적으로 안정된 상태가 6개

월 이상 유지되면 스텐트 제거를 결정하였다. 스텐트 제거 역시 전신마취하에 경직성 기관지내시경을 시행하면서 시행하였고, 제거 후 1-3개월 간격으로 추적 관찰하였다.

4. 통계처리

통계는 SPSS 프로그램(SPSS version 11.5, SPSS, Chicago, IL, USA) 을 사용하여 시행하였고, p-value 가 0.05 미만인 경우, 통계학적으로 의미있게 다르다고 판정하였다. 두 군간의 차이는 chi-square test로 비교하였고, 상관이 있는 변수는 paired t-test로 비교하였다.

결 과

1. 환자의 특성 (Table 1)

대상 환자중 여자가 68명, 남자가 26이었고, 나이의 중앙값은 34세(범위 14-78세)이었다. Dumon 스텐트는 39명에서, Natural 스텐트는 55명에서 삽입되었으며, 두 군에서 나이나 성별의 차이는 없었다. 추적관찰 기간은 중앙값이 42개월(범위 13-65개월)이었다.

기도협착의 원인으로는 기관지결핵 후에 생긴 기도

협착이 69명으로 전체의 74%를 차지하여 가장 많았고, 그 다음으로 기관삽관 후 기관협착(20명)이었다. 기도협착의 형태로는 섬유화성 협착이 77명, 기도연화증이 10명, 그리고 두 가지의 혼합형이 6명이었다. Dumon 과 Natural 스텐트를 삽입한 환자들 사이에서 원인 질환의 분포의 차이는 없었다.

2. 스텐트삽입술의 방법 (Table 2)

스텐트를 삽입한 위치는 좌측 주기관지에 삽입한 환자가 51명으로 가장 많아 51%를 차지하였고, 그 다음이 기관(33%), 우측 주기관지 및 중간 기관지(15%)이었다. 스텐트를 삽입하기 전에 시행한 기관지확장술의 종류는 풍선확장술이 71건(76%)으로 가장 많았다. Dumon 과 Natural 스텐트를 삽입한 환자들 사이에서 위치와 확장술의 분포의 차이는 없었다.

경직성 기관지내시경을 시행한 횟수는 환자당 중앙값이 4회 (범위 1-13회)이었고, 중간에 부작용이 있어 굴곡성 기관지내시경을 시행한 횟수는 환자당 중앙값이 1회 (범위 0-9회)이었다. 사용한 스텐트의 수는 환자당 중앙값이 2회 (범위 1-10회)로 여러 번 교환했던 환자가 있었다. Dumon 과 Natural 스텐트를 삽입한 환자들 사이에서 시행 횟수와 사용 스텐트 수의 분포의 차이는 없었다.

Table 1. Patients' characteristics

	Total (n=94)	Dumon (n=39)	Natural (n=55)
Age (years)	34 (14-78)	33 (14-73)	35 (14-78)
Sex (Male: Female)	26:68	7:32	19:36
Etiology of stenosis			
Endobronchial tuberculosis	69 (74)	31 (79)	38 (69)
Post-intubation	20 (21)	7 (18)	13 (23)
Post-tracheostomy	2 (2)	1 (3)	1 (2)
Trauma	1 (1)	0	1 (2)
Relapsing polychondritis	1 (1)	0	1 (2)
Reactive lymphadenitis	1 (1)	0	1 (2)
Stenosis type			
Fibrosis	77 (82)	32 (82)	45 (82)
Malacia	10 (11)	5 (13)	5 (9)
Fibrosis + malacia	6 (6)	2 (5)	4 (7)
Extrinsic compression	1 (1)	0	1 (2)
Duration of F/U (months)*	42 (13-65)	53 (13-64)	37 (13-65)

Data are presented as median (range) or number (%)

*p < 0.05 compared between groups

F/U: follow-up

Table 2. Methods for pre-dilatation and stenting

	Total (n=94)	Dumon (n=39)	Natural (n=55)
Sites of stent replacement			
Trachea	33 (33)	15 (35)	18 (31)
Left main bronchus	51 (51)	22 (51)	29 (51)
Right main bronchus	11 (11)	6 (14)	5 (9)
Bronchial intermedius	4 (4)	0	4 (7)
Left lower lobe	1 (1)	0	1 (2)
Total	100/94	43/39	57/55
Pre-stenting dilatation			
Balloonng	71 (76)	32 (82)	39 (71)
Bougenation	20 (21)	7 (18)	13 (24)
Nd-YAG laser	3 (3)	0	3 (5)
No. of bronchoscopy			
Rigid bronchoscopy	4 (1-13)	4 (1-12)	3 (1-13)
Flexible bronchoscopy	1 (0-9)	1 (0-9)	1 (0-6)
No. of used stents in a patient			
	2 (1-10)	2 (1-10)	2 (1-10)

Data are presented as median (range) or number (%).
No.: Numbers

Table 3. Stenting outcomes

	Total (n=94)	Dumon (n=39)	Natural (n=55)
Current clinical status			
Alive	93	38	55
Improved	82 (87)	34 (90)	47 (86)
Unchanged	11 (12)	3 (8)	8 (14)
Died	1 (1)	1 (2)	0 (0)
Duration of overall stenting (months)	19 (1-50)	23 (1-50)	18 (3-36)
Duration of first stenting (days)	180 (14-465)	102 (21-465)	175 (14-457)
Successful stent removal	48 (51)	21 (54)	27 (49)
Duration of stenting in patients whom stent can be removed (months)	14 (6-37)	16 (6-37)	12 (6-24)

Data are presented as median (range) or number (%).

3. 스텐트 삽입 후의 임상결과 (Table 3)

스텐트를 삽입한 1개월 후, 총 94명의 환자 중 82명 (87%)에서 주관적으로 호흡곤란이 개선되었다. Dumon 스텐트군(35/39, 90%)과 Natural 스텐트군 (47/55, 87%) 사이의 차이는 없었다. 스텐트 삽입 전후에 폐 기능검사가 가능하였던 환자들의 1초간 노력성 호기량의 변화도 Dumon 스텐트군(중앙값 28% 증가, 범위 -1 to 379% 증가) 과 Natural 스텐트군 (중앙값 20% 증가, 범위 -8 to 421% 증가)에서 차이는 없었다 (Fig. 2).

전체적으로 총 94명의 환자 중 48명(51%)에서 중앙값 14개월(범위 6-37개월)후에 스텐트를 성공적으로 제거할 수 있었다. Dumon 스텐트군과 Natural 스텐트군간의 차이는 없었다. 성공적으로 스텐트를 제거

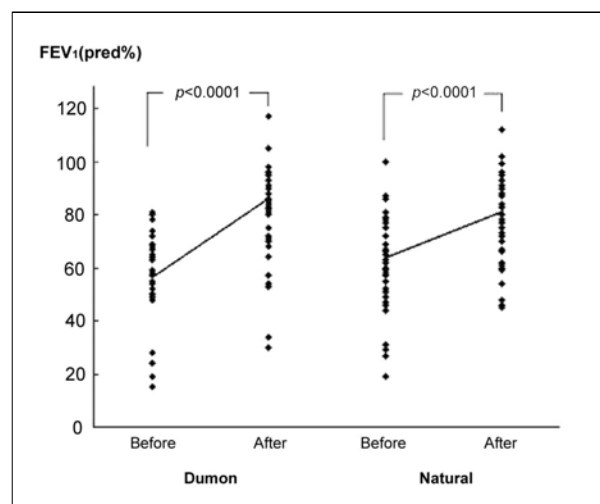


Figure 2. The change in the FEV₁ (% predicted, pred%) after stenting. The median FEV₁ before and after stenting are connected by thick line.

Table 4. Complications after stenting

	Total (n=94)	Dumon (n=39)	Natural (n=55)
Just after stenting			
Pneumothorax	3 (3)	2 (5)	1 (2)
Excessive bleeding	1 (1)	1 (2)	0
Late event			
Migration	45 (48)	16 (41)	29 (53)
Granuloma formation	41 (44)	14 (36)	27 (49)
Mucostasis*	17 (18)	8 (21)	9 (16)
Restenosis	40 (43)	20 (51)	20 (36)
Surgical management†	5 (5)	3 (9)	2 (4)

Data are presented as median (range) or number (%)

*defined as the obstruction by secretions more than 50 percentages of inner space of stent.

† all had undergone circumferential segmental resection with primary end-to-end anastomosis

한 환자들은 중앙값 34개월을 추적하였는데, 재발이
나 악화가 없었다.

술을 받아 성공적으로 치료하였다.

고 찰

4. 스텐트 삽입 후의 부작용 (Table 4)

스텐트를 삽입한 직후, 총 4명의 환자에서 중대한 합병증이 발생하였다. 이 중 3명은 기흉이 발생하여 흉관을 삽입하여 완치하였고, 1명은 과다 출혈이 발생하여 중환자실에서 집중치료를 받았다. 과다 출혈이 발생한 환자는, 결핵으로 과거에 우측 전폐절제술을 받아 좌측 주기관지가 척추에 눌리는 소위 “전폐절제술후 증후군(post-pneumonectomy syndrome)에 의한 기도협착 환자였는데, 스텐트를 삽입하기 위해 부지술을 시행하던 도중 과다 출혈이 생겨 6.0F 기관내 튜브를 좌측 주기관지로 삽관 후 중환자실에서 기계호흡을 받았다. 환자는 결국 기관내튜브를 제거하지 못하고, 합병된 폐렴으로 사망하였다.

스텐트 삽입 수일 후부터 나타나는 후기(late) 부작용은 스텐트의 위치 변동이 45명(48%)에서, 육아종 과형성이 41명(44%)에서, 점액저류에 의한 스텐트 내경 50% 이상의 감소가 17명(18%)에서, 그리고 스텐트 삽입 전후부위의 협착이 40명(43%)에서 발생하였다. 부작용이 발생한 모든 환자는 경직성 기관지내시경을 반복하여 치료하였고, 계속 추적 관찰하였다. Dumon과 Natural 스텐트를 삽입한 환자들 사이에서 초기 및 후기 부작용의 분포의 차이는 없었다.

전체적으로 총 94명의 환자 중 5명(5%)에서 반복되는 기도폐쇄가 발생하여, 외과적 절제술 및 단단문합

본 연구의 결과는, 지금까지 기관지내시경 치료가 어렵다고 여겨지던 결핵후 기도협착 환자들도, 기도 스텐트로 어느 정도 치료가 가능하다는 결과를 제시한 비교적 대규모 연구라는 점에서 가치가 있다. 지금까지 발표된 연구에 의하면, 싱가포르에서 11명⁸, 일본에서 4명¹⁴의 환자에 실리콘 기도스텐트를 삽입하여 치료하였다는 임상보고만이 있다. 특히 국내에서 새로 개발된 Natural 스텐트가 양성 기도협착 환자에서, 가장 널리 사용되고 있는 Dumon 스텐트와 비교하여, 임상결과가 대등함을 보여 주었으며, 결핵후 기도협착 환자가 70% 정도 포함된 환자군에서 약 50%의 성공율을 보였다는 점은 상당히 고무적인 결과이다.

지금까지 결핵후 기도협착 환자의 치료는 외과적 절제술 및 단단문합술이 치료의 근간이었다²⁶. 그러나 주기관지의 협착인 경우, 대부분이 젊은 여성 환자들 이고, 호흡곤란이 있지만 활동을 하지 않으면 참을 수 있기 때문에, 비교적 큰 규모의 수술은 쉽게 받아들여 지지 않았다. 더욱이 기관의 협착인 경우, 생명을 위협하는 호흡곤란이 갑자기 발생하므로, 응급 기관절제술 외에는 대안이 없었다¹¹. 또한 기관삽관후 기도 협착 환자도, 전신상태가 좋거나 손상되지 않은 기관의 길이가 어느 정도 이상이 되면 수술이 가능하지만, 그렇지 않은 경우는 기관절제술을 다시 해서 유지해야 했다.

이러한 단점을 보완하고자 기도스텐트가 개발되어 사용되어 왔고, 양성 기도협착 환자들에게는 서론에서 기술한 바와 같이, 금속 스텐트보다는 위치변동과 제거가 항시 가능한 실리콘 스텐트가 선호되어 왔었다¹²⁻¹⁷. 본 연구진은 기도의 생리학적 특징을 살려 고안한, 새로운 기도 실리콘 스텐트인 Natural 스텐트를 개발하였었다.

즉, 스텐트의 후면을 기관의 후막 (posterior membrane)을 모방하여 얇게 만들어, 기침할 때 스텐트가 수축하도록 고안하였다. 스텐트는 협착되는 기도를 지지하여야 하므로 단단하게 만들어야 한다는 기존의 생각을 버리고, 기침할 때 발생하는 엄청난 기도의 수축에너지가 삽입된 스텐트와 마찰하여 기도에 손상을 주므로 이를 최소화하고자 고안한 것이다. 실제로 기도스텐트의 유순도 (compliance)와 기도에 미치는 힘의 정도를 조사한 연구에 따르면, 유순도가 큰 스텐트일수록 기도에 미치는 힘이 적은 것으로 밝혀져 있다¹⁸.

또한 기존의 Dumon 스텐트는 네 방향에서 돌출된 돌기(stud)로 기도에 지지하는데, 이 또한 기도에 손상을 주어 육아종을 형성시키므로, 이러한 손상을 줄이고자 360도 모두에서, 마치 기관의 연골의 배열처럼 고정테를 만들어 지지하도록 하였다¹⁷. 이와 같은 고안으로 인해 스텐트 벽의 두께는 기존의 Dumon 스텐트의 70%로 줄일 수 있어 내경을 보다 크게 만들 수 있었다.

이러한 배경에서 고안된 Natural 스텐트는 3년전 동물실험에서도 Dumon 스텐트와 비교하여 대등한 유효성과 안전성을 보인 바 있으며¹⁰, 본 연구는 3년 여간의 등록기간과 1년 여간의 추가 추적관찰 기간을 통한 임상시험에서, 양성 기도협착 환자들에게도 그 유효성과 안전성이 대등함을 보여주었다. 즉, 양성 기도협착 환자들을 대상으로 하였을 때, 호흡곤란의 개선, 폐기능 지표의 향상, 제거 성공율, 제거후 성공지속의 정도와 같은 임상 결과뿐 아니라 초기 및 후기 합병증의 발병율도 비슷하다는 결과를 얻었다.

본 논문은 전향적 무작위 임상시험이 아니라 후향적 조사라는 한계점이 있다. 그러나 기도스텐트의 선정에 있어, 길이와 굵기가 가장 적합한 스텐트로 정하는 것이 매우 중요했으므로, 모든 크기의 스텐트를 항

시 구비하고 있지 못한 현실에서 무작위 배정 시험은 불가능했었다.

또한 전폐절제술 후에 종격동 구조물이 한쪽으로 치우쳐져서 발생하는 소위 전폐절제술후 증후군 (post-pneumonectomy syndrome) 환자에서는, 기도스텐트의 사용이 도움이 되지 않으며, 삽입하는 과정에서 오히려 위험을 초래할 수 있다는 것을 이번 연구를 통해 알 수 있었다.

결론적으로, 양성 기도협착 환자에서 새로 개발한 Natural 기도스텐트는 기존의 Dumon 스텐트와 동등한 유효성과 안전성이 있어 기도 협착이 있는 환자의 치료에 유용하게 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

연구배경 : 양성 기도협착질환 환자에서 새로 개발된 Natural 기도스텐트의 임상결과를 Dumon 스텐트와 비교하였다.

방 법 : 양성 기도협착으로 스텐트를 삽입한 94명의 환자 (39 Dumon, 55 Natural)를 대상으로 임상증상, 시술 전 검사결과, 시술방법, 그리고 추적관찰시의 임상경과를 후향적으로 조사하였다.

결 과 : 원인질환으로 기관지결핵 후 기도협착 (74%)이 가장 많았고, 기관삽관 후 기관협착 (20명), 기관절개술 후 기관협착 (2명)등이 있었다. 스텐트를 삽입한 후, 전체 94명의 환자 중 82명 (87%)에서 주관적으로 호흡곤란이 개선되었고, Dumon 스텐트군 (35/39, 90%)과 Natural 스텐트군 (47/55, 86%) 사이의 차이는 없었다. 모두 48명 (51%)에서 중앙값 14개월 (범위 6-37개월)후에 스텐트를 성공적으로 제거할 수 있었고, Dumon 스텐트군 (54%, 16개월 후) 과 Natural 스텐트군 (49%, 12개월 후)간의 차이는 없었다. 스텐트 삽입 후 부작용은 스텐트의 위치 변동이 45명 (48%)에서, 육아종 과형성이 41명 (44%)에서, 점액저류에 의한 스텐트 내경 50% 이상의 감소가 17명 (18%)에서, 그리고 스텐트 삽입 전후부위의 협착이 40명 (43%)에서 발생하였다. Dumon 과 Natural 스텐트를 삽입한 환자들 사이에서 부작용의 분포의 차이는 없었다.

결 론 : 새로 개발한 Natural 기도스텐트는 양성

기도협착 환자에서 기존의 Dumon 스텐트와 대등한 임상 결과를 보여주고 있어, 기도 협착이 있는 환자의 치료에 유용하게 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Lee SS, Kim DH, Baik HC, Lee DY. *Clinical analysis of expandible metallic stent in benign tracheal and bronchial disease. Korean J Bronchoesophagol* 2004;10:17-21.
2. Kim H. *Stenting therapy for stenosing airway disease. Respirology* 1998;3:221-8.
3. Colt HG, Dumon JF. *Airway stents: present and future. Clin Chest Med* 1995;16:465-78.
4. Dumon JF. *A dedicated tracheobronchial stent. Chest* 1990;97:328-32.
5. Abdullah V, Yim AP, Wormald PJ, van Hasselt CA. *Dumon silicone stents in obstructive tracheobronchial lesions: the Hong Kong experience. Otolaryngol Head Neck Surg* 1998;118:256-60.
6. Bolliger CT, Probst R, Tschopp K, Soler M, Perruchoud AP. *Silicone stents in the management of inoperable tracheobronchial stenoses: indications and limitations. Chest* 1993;104:1653-9.
7. Martinez-Ballarín JI, Diaz Jimenez JP, Castro MJ, Moya JA. *Silicone stents in the management of benign tracheobronchial stenoses: tolerance and early results in 63 patients. Chest* 1996;109:626-9.
8. Low SY, Hsu A, Eng P. *Interventional bronchoscopy for tuberculous tracheobronchial stenosis. Eur Respir J* 2004;24:345-7.
9. Kim H. *Airway stenting in tracheobronchial disease: silicone stenting. Korean J Bronchoesophagol* 2004; 10:5-8.
10. Kim HJ, Koh WJ, Suh GY, Chung MP, Kim JG, Suh SW, et al. *The useful and safety of natural stent in a canine model of tracheal stenosis. Tuberc Respir Dis* 2002;53:431-8.
11. Puma F, Ragusa M, Avenia N, Urbani M, Droghetti A, Daddi N, et al. *The role of silicone stents in the treatment of cicatricial tracheal stenoses. J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;120:1064-9.
12. Brichet A, Verkindre C, Dupont J, Carlier ML, Darras J, Wurtz A, et al. *Multidisciplinary approach to management of postintubation tracheal stenoses. Eur Respir J* 1999;13:888-93.
13. Nomori H, Horio H, Suemasu K. *Granulation stenosis caused by a Dumon stent placed for endobronchial tuberculous stenosis. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2000;10:41-3.
14. Iwamoto Y, Miyazawa T, Kurimoto N, Miyazu Y, Ishida A, Matsuo K, et al. *Interventional bronchoscopy in the management of airway stenosis due to tracheobronchial tuberculosis. Chest* 2004;126:1344-52.
15. Mehta AC, Dasgupta A. *Airway stents. Clin Chest Med* 1999;20:139-51.
16. Cooper JD, Pearson FG, Patterson GA, Todd TR, Ginsberg RJ, Goldberg M, et al. *Use of silicone stents in the management of airway problems. Ann Thorac Surg* 1989;47:371-8.
17. Noppen M, Meysman M, Claes I, D'Haese J, Vincken W. *Screw-thread vs Dumon endoprosthesis in the management of tracheal stenosis. Chest* 1999;115:532-5.
18. Freitag L, Eicker R, Linz B, Greschuchna D. *Theoretical and experimental basis for the development of a dynamic airway stent. Eur Respir J* 1994;7:2038-45.