

흉선내 압력변동에 의한 식도파열의 진단방법에 관한 실험적 연구*

전북대학교 의과대학 방사선과학교실

송호영 · 정진영 · 구자홍** · 김복이*** · 채수완**** · 박복춘*****

— Abstract —

An Experimental Study on the Diagnosis of Esophageal Ruptures by Pressure Change in the Esophageal Balloon

Ho-Young Song, M.D., Jin-Young Chung, M.D., Ja-Hong Kuh, M.D*, Bog-Yi Kim, M.D.**,
Soo-wan Chae, M.D.***, Bock-Choon Pak, PhD.****

Department of Radiology, Chonbuk National University Medical School

To make an accurate diagnosis of esophageal rupture during balloon dilatation without the help of esophagograph, an infusion pump, a pressure transducer and a radiopaque esophageal balloon were connected through a three-way connector. The pressure transducer was connected consecutively to an amplifier, a differentiator and a speaker to detect a pressure drop in the esophageal balloon.

Under fluoroscopic monitoring, a radiopaque balloon catheter was inserted in the mid-thoracic esophagus of 30 rabbits and inflated with air until the esophagus was ruptured. A pressure drop in the balloon at the time of esophageal rupture was not only recorded graphically, but also was identified through a speaker. To examine esophageal rupture grossly, the rabbits were sacrificed after esophagography. We could detect the time of esophageal rupture during balloon dilatation in all rabbits accurately by observing the pressure drop on the pressure recorder and by hearing the sound made on a speaker.

In 8 patients with esophageal stricture, a deflated radiopaque balloon catheter was inserted to the position inside the narrowing point and inflated by injecting air until the "hourglass" deformity created by the stricture disappeared from the balloon contour while the pressure change in the balloon was monitored with a pressure recorder. The balloon pressures at the time of disappearance of the "hourglass" deformity from the balloon contour ranged from 200 mmHg to 2000 mmHg in 8 patients with esophageal strictures. Esophageal rupture did not occur in these patients.

In conclusion, our results indicate that this new method is not only safe but promising for patients in the future

Index Words: Esophagus, rupture, Diagnostic Radiology. 71.719

Esophagus, Stenosis, Therapy. 71.744

*이 논문은 1990년도 문교부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

**전북대학교 의과대학 흉부외과학교실

***Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Chonbuk National University College of Medicine

****전북대학교 의과대학 병리학교실

*****Department of Pathology, Chonbuk National University College of Medicine

*****전북대학교 의과대학 약리학교실

*****Department of Pharmacology, Chonbuk National University College of Medicine

*****전북대학교 공과대학 기계설계학과

*****Department of Design, Chonbuk National University College of Engineering

이 논문은 1991년 7월 10일 접수하여 1991년 8월 24일에 채택되었음

with esophageal strictures. First, it would reduce the chance of mediastinitis in patients of esophageal rupture. Second, esophageal balloon dilatation can be performed more effectively and safely. Third, it is cost-effective. Forth, radiation exposure to the patient can be reduced.

서 론

각종 원인에 의한 식도협착증환자에서 식도풍선확장술은 기존의 치료방법인 수술적 방법이나 식자법(bougienation)보다 사망을 및 합병증이 현저히 낮은 뿐 아니라 더 쉽고 안전하며 경제적이어서 최근에 국내외적으로 널리 이용되고 있다(1-15). 풍선확장술에 의한 식도파열의 빈도는 0-4.5%로 보고되고 있으며(7-11). 여러 원인에 의한 식도 파열시 충격동염에 의한 사망율은 파열후 24시간 이내에 적절한 치료를 하게 되면 10% 정도이나 24시간이 경과된 후에 치료하게 되면 44-50% 이상의 높은 사망율을 보인다(16, 17).

저자들은 풍선확장술에 의한 식도파열의 진단에 있어서 조영제를 사용하지 않고 변압기, 증폭기, 압력기록계 등을 이용하여 풍선내 압력을 측정함으로써 식도파열을 진단하는 방법을 보고한(18) 바 있으나 공기로 풍선을 팽창시킬 경우 풍선이 투시하에서 잘 보이지 않는다는 단점과 식도파열이 미세한 경우 오진이 있을 수 있다는 문제점이 있었다.

저자들은 이 문제점을 해결해 보고자 저자들이 제작한 방사선불투명 풍선, 미분기와 확성기를 이용하여 가토실험과 임상실험을 실시하였다.

연구재료 및 방법

방사선불투명풍선의 제작

Meditech회사의 방사선투명풍선을 변형시킨 형태로서 풍선의 표면에 두께 0.1mm, 넓이 1.0mm의 얇은 납판을 밀착시킨 후 실리콘고무(Dow corning 780 RTV adhesant/sealant)와 벤젠을 무게비 1:4로 화합한 묽은 실리콘고무로 부착시킨다. 동일한 방법으로 다른 2-3개의 납판을 풍선 표면에 일정한 간격을 두고 부착시킨 후 실온에서 24시간 동안 건조하면 실리콘이 잘 굳게되며 납판은 풍선표면에 잘 부착하게 된다(Fig. 1). 사용한 풍선의 길이는 직경 20mm, 길이 3cm이었으며 이 길이에 맞도록 납판의 길이를 제작하였다.

실험기기 및 장치

그림2는 본 실험에 사용된 실험장치의 개략도이다. 안내철사를 통해서 식도내로 삽입된 방사선불투명한 풍선카테타(radiopaque balloon catheter)는 주입펌프(infusion pump)를 통해서 서서히 가압된다. 주입펌프는 풍선내로공기를

일정한 속도(10mmHg/sec)로 주입할 수 있도록 저자들이 제작한 것을 사용하였다. 이는 풍선내의 압력변동을 측정하기 위하여 three way를 통하여 압력변환기에 연결되고 증폭기에 의하여 미세한 압력의 변화를 측정할 수 있도록 하였다.

본 실험에 사용된 압력변환기(pressure transducer)는 최대측정압력이 7.4기압인 Narco RP-1500의 형(type)이었으며, 급격하게 변하는 미세압력은 미분기에 의하여 감지할 수 있도록 증폭기에 직렬로 연결 되었다. 공기주입 동안 압력의 변화는 최종적으로 기록계에 기록되었으며, 식도파열에 의하여 일어날 수 있는 급격한 압력강하는 확성기를 통해서 소리로도 감지 하였다.

실험 방법

실험동물은 체중 2.0Kg 내외의 Newzealand백색 가토 30마리를 암수 구별 없이 선택하여 실험 7일전부터 일정한 환경과 사료를 주어 사육하였으며 실험은 다음과 같은 단계를 거쳐 실시하였다.

1) 실험 전 12시간은 사료와 물을 주지 않아 위장관을 비

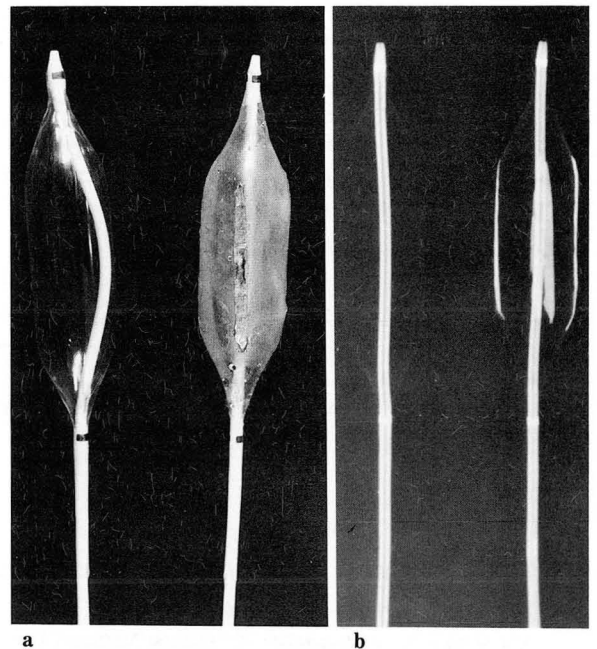


Fig. 1. a. Photograph(a) and radiograph(b) of balloons. A radiolucent balloon(left) and a radiopaque balloon(right), 20mm in diameter and 3cm long. Note the difference in radiopacity. b. Photograph(a) and radiograph(b) of balloons. A radiolucent balloon(left) and a radiopaque balloon(right), 20mm in diameter 3cm long. Note the difference in radiopacity.

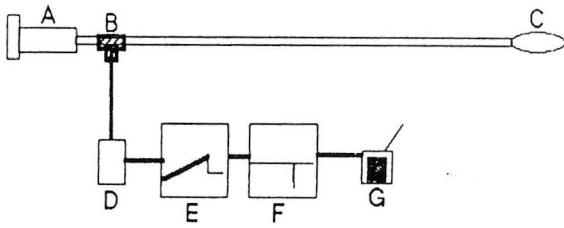


Fig. 2. Diagram of pressure monitoring equipment used for the diagnosis of esophageal rupture. A = injecting syringe, B = pressure gauge, C = radiopaque balloon, D = transducer, E = pressure recorder, F = differentiator, G = speaker.

왔다.

2) Thiopental sodium 10mg/kg을 정맥내 투여로 마취 시킨 후 고정판에 사지와 상하 턱을 고정시켰다.

3) 방사선투시하에서 길이 145cm의 J자형 안내철사(Terumo Corporation, Tokyo, Japan)를 입을 통하여 위까지 삽입하고 이를 따라 부풀리지 않은 방사선투명풍선을 식도에 삽입하는데 풍선의 중앙부위가 심장음영과 겹치는 식도부위까지 밀어 넣었다.

4) 풍선을 투시하에서 관찰하면서 주입펌프를 이용하여 공기를 약 10mmHg/sec의 속도로 서서히 가압했으며 압력 기록계상에서 현저한 감압현상이 관찰될 때 풍선내 공기주입을 멈추었으며, 이러한 감압현상은 연결된 확성기에서도 파열음으로 감지되었다.

5) 풍선의 공기를 완전히 제거하여 수축시킨 후 풍선카테타를 상부식도까지 후진하고 이 카테타를 통하여 바륨식도조영술을 실시하여 조영제 누출유무를 관찰했다.

6) 식도조영 직후 가토를 희생시켜 식도, 기관 및 기관지, 심장, 폐를 한덩어리로 분리해내고 이를 육안적관찰 후 파열된 식도의 길이를 측정했다.

결 과

가토 30마리 모두 시술상 별 어려움이 없었으며 투시하에서 방사선투명풍선의 팽창되는 과정을 뚜렷하게 잘 관찰할 수 있었고, 방사선투시하에서 풍선에 의한 식도 파열을 인지할 수 있었던 경우는 30마리 중 28마리(93%)이었다.

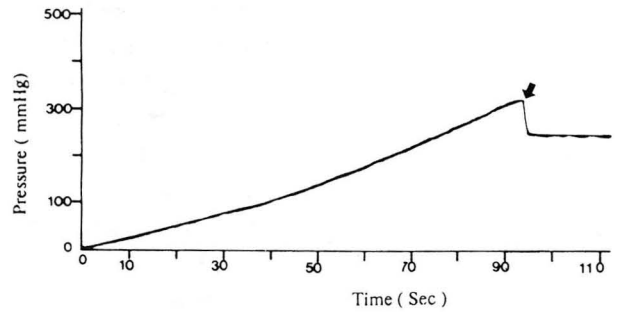


Fig. 3. Pressure showing a pressure curve in a rabbit. Note acute drop of the curve at the time (arrow) of esophageal rupture.

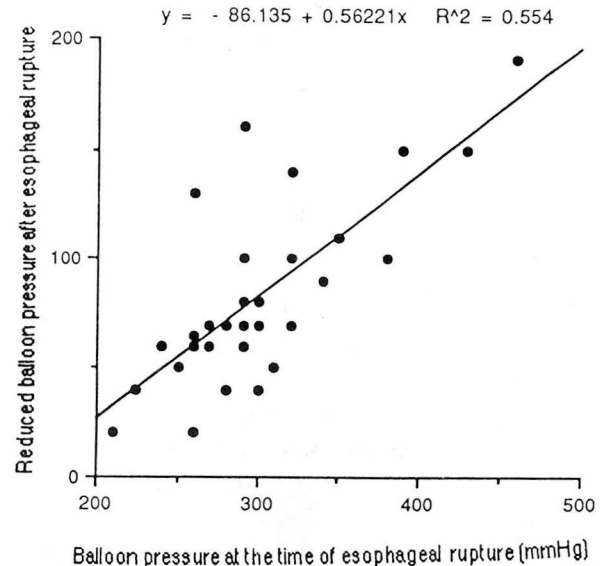


Fig. 4. Relationship between reduced balloon pressure after esophageal rupture and balloon pressure at the point of esophageal rupture. $r=0.744$ and $p < 0.000$

나머지 2마리에서는 식도파열을 인지할 수 없었으나 압력곡선상 감압을 보였고(Fig. 3), 확성기에서는 파열음이 났으며 육안적 검사소견상 미세한 파열이 있었음을 알 수 있었다. 식도조영상에는 30마리 모두에서 조영제의 누출을 보였으며 8마리에서는 종격동내에만 국한되었으나 나머지 22마리에서는 종격동과 흉막강내로 누출되었다.

육안적 병리소견상 식도파열은 30마리 모두에서 종파열(longitudinal tearing)을 보였으며 파열된 부분의 길이는 1.

Table 1. Comparison of Experimental Data Between Group A and Group B

Length of Esophageal Rupture(cm)	No. of Rabbits	Mean Balloo Pressure at the Moment of Esophageal Rupture (mmHg)	Mean Pressure Drop in the Balloon after Esophageal Rupture (mmHg)
below 4.5	6	263	56
above 7.0	6	342	127

5cm에서 8.0cm까지 다양했다. 식도파열 위치는 후면(시계 4시-8시방향)에 22마리(73%), 전면(시계 10시-2시방향)에 3마리, 우측면(시계2시-4시방향)에 4마리, 좌측면(시계8시-10시방향)에 1마리로 후면이 가장 많았다. 30마리 모두에서 식도파열 직후 감압곡선과 미분곡선에서는 하강을 보였으며 이와 동시에 확성기에서는 파열음이 들렸다. 4.5cm이하의 식도파열을 보인 가토(group A)와 7.0cm이상의 식도파열을 보인 가토(group B)는 각각 6마리이었으며, 이 두 군을 비교해 본 결과(Table1)7.0cm이상의 식도파열군이 4.5cm이하의 파열군에 비하여 식도파열 직전의 풍선내 압력이 높고, 또한 파열후 감압폭도 크며 식도파열이 심하다는 것을 알 수 있었다. 즉 최고 압력이 높을 수록 파열후 감압폭이 높으며(Fig. 4) 확성기에서 나는 소리가 크고 미분곡선상 하강정도가 심하고 식도파열도 심하다는 것을 알 수 있었다.

임 상 경 험

최근 3개월 동안 고형식에 대한 연하곤란을 주소로 내원한 12례의 식도협착환자에서 풍선확장술을 실시하면서 미분기와 확성기를 사용하여 풍선내 압력변동을 측정하였다. 풍선은 저자들이 앞에서 언급한 바와 같이 제작한, 직경의 크기가 다양한 방사선불투명풍선카테터를 사용하였으며 실험장치는 동물실험에서 사용한 것을 그대로 사용하였다. 방법은 기존의 풍선확장술과 마찬가지로 투시하에서 안내침사를 따라 풍선을 협착부위에 걸쳐도록 삽입하였으며 주입펌프를 이용하여 풍선을 서서히 팽창시켰다. 풍선이 팽창되는 과정에서 잘룩한 형태를 보이면 이 부위가 협착된 부위임을 시사하며 환자가 심한 통증을 호소하지 않는한 이 잘룩한 형태가 소실될 때까지 압력변동을 관찰하면서(Fig. 5) 풍선을

팽창시켰으며 잘룩한 형태의 출현시와 소실시 단순 X-선촬영을 하였다(Fig. 6). 그러나 환자가 통증이 견디기 힘들 정도로 심하면 오른손을 올려 신호를 보내도록 미리 교육을 시켰다. 풍선의 잘룩한 형태가 소실되는 순간 또는 환자가 신호를 보내는 순간에 가압을 중단했으며 이때 압력기록계에 나타난 풍선내 압력을 기록하였다. 12명의 환자 중 풍선확장술의 첫 시도에서 직경 20mm의 풍선을 사용하여 원하는 정도까지 넓힐 수 있었던 환자는 8례이었다. 이들 8례에서는 첫 풍선확장술 시도에서 잘룩한 형태가 소실되었으며 동일한 방법으로 확장술을 1번 반복하였으며 이들에 대한 결과를 분석하였다(Table 2). 모든 예에서 첫번째 풍선확장술 때보다 두번째 확장술에서 잘룩한 형태가 소실되는 순간의 풍선내 압력이 낮았다. 8명 환자에서 압력기록계상에는 감압이 없었으며 확성기에는 파열음이 나지 않아 식도파열이 없었음을 알 수 있었다. 이를 확인하기 위하여 8례 모두 시술후 식도조영술을 실시하였다. 풍선확장술 후 8례 모두 고형식을 섭취할 수 있었다.

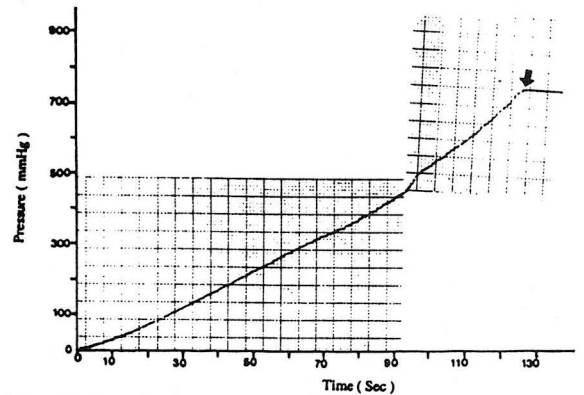


Fig. 5. Graph showing a pressure curve in a patient. No evidence of pressure drop until the point (arrow) of disappearance of 'hourglass' deformity from the balloon contour.

Table 2. Clinical Data from Patients with Esophageal Strictures.

Patient No., Age(year) Sex	Cause of the Esophageal Strictures	Balloon Pressure at the Time of Disapp. of the "Hourglass" Deformity(mmHg)	Pressure Drop during Balloon Dilatation(Balloon size; diameter/length)	Sound on Speaker	Barium Leakage on the Esophagography
1.22,F	Corrosive Stricture	1600 & 960	-(20mm/8cm)	-	-
2.56,F	Corrosive Stricture	1990 & 1100	-(20mm/8cm)	-	-
3.13,F	Achalasia	330 & 230	-(20mm/8cm)	-	-
4.47,M	Esophageal Cancer	900 & 430	-(20mm/8cm)	-	-
5.42,M	Post Op. Stricture	1200 & 800	-(20mm/8cm)	-	-
6.57,M	Post Op. Stricture	1400 & 300	-(20mm/4cm)	-	-
7.51,M	Post Op. Stricture	2000 & 1600	-(20mm/4cm)	-	-
8.12,M	Post Op. Stricture	550 & 200	-(20mm/3cm)	-	-

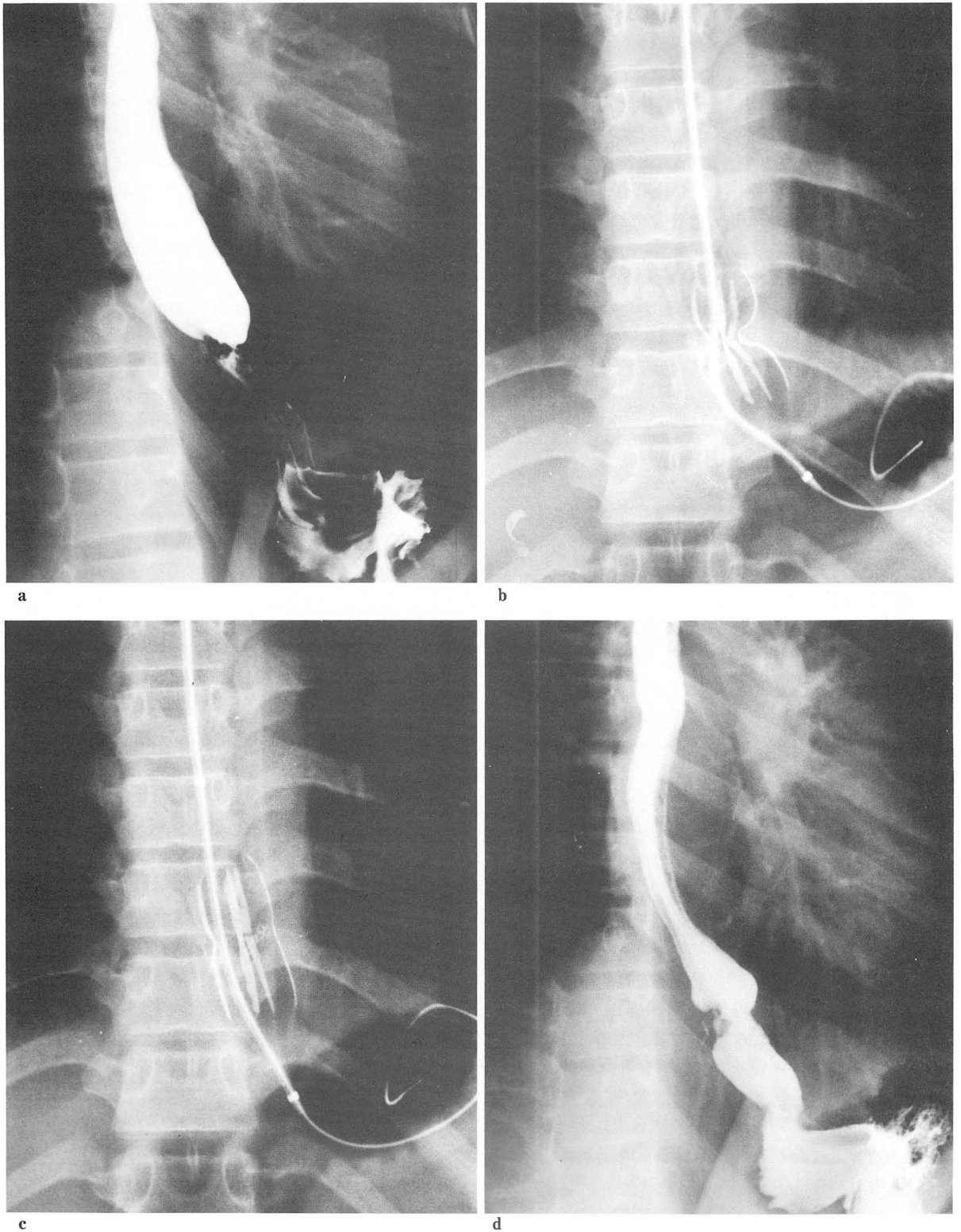


Fig. 6. Dilatation of the esophageal stricture.

- a. Predilatation esophagogram; stenosis of the upper esophagus caused by caustic ingestion.
- b. 20mm radiopaque balloon inflated across the stricture. Note "hourglass" deformity created by the stricture.
- c. After increase in intraballoon pressure, hourglass deformity almost disappeared from the balloon contour.
- d. Postdilatation esophagogram; adequate dilatation of the stenosis.

고찰

식도확장술 도중에 생길 수 있는 식도파열은 파열후 환자가 호소하는 통증정도로 예측하든지, 풍선확장술 후 단순X-선촬영이나 식도조영을 실시해서 종격동이나 흉막강 또는 복막강 등으로 누출되는 조영제를 관찰함으로써 진단하고 있으나 이 방법에는 몇가지 문제점이 있다. 즉 환자에 따라 식도확장술 도중에 호소하는 통증정도가 매우 다양한데 어떤 환자는 약간만 넓혀도 심한 통증을 호소하는 반면 어떤 환자는 식도파열이 있었음에도 불구하고 경한 통증만 호소하는 환자가 있기 때문에 환자가 호소하는 통증만으로 식도파열을 예측하는 것은 매우 불확실하며 식도조영술에 사용되는 조영제 자체 및 이와 함께 파열된 부위로 흘러 들어가는 구강이나 식도내의 각종 균들에 의하여 종격동염이 악화되는 등의 문제점이 있다(18).

이러한 문제점을 해결해보고자 저자들은 풍선을 팽창시키는 도중 식도가 파열되면 풍선내의 압력이 어느정도 감소되리라는 가정하에 풍선을 조영제와 공기로 팽창 시키면서 풍선내 압력을 측정해 본 바 파열순간 감압을 보인다는 사실을 발견했으며 감압효과는 조영제보다는 공기를 이용하는 것이 효과적이라는 것을 알았으나, 공기를 사용하는 경우 풍선이 투시하에서 잘 보이지 않는다는 단점과 식도파열시 파열정도가 경미해서 압력곡선상에 나타나는 감압정도가 미세할 경우 오진이 있을 수 있다는 문제점이 제기되었다(18).

현재 식도협착증 및 기관기관지협착증을 치료하기 위하여 사용되는 풍선확장술은 투시하에서 협착부위가 넓혀지는 과정을 잘 관찰하기 위하여 풍선을 생리식염수와 조영제를 1:1로 섞은 용액을 사용하고 있다. 풍선확장술 도중 풍선이 잘못된 형태를 보이면 그 부위가 협착된 부위임을 시사하며 환자가 심한 통증을 호소하지 않는 한 이 잘못된 부위가 소실될 때까지 풍선을 팽창시킨다. 그러나 이 과정중 풍선이 파열을 일으키는 경우가 있는데 이때 풍선내의 조영제가 기관이나 기관지내부로 들어가게 되면 치명적인 결과를 초래할 수 있다. 이러한 문제점은 저자들이 고안한 방사선 불투명한 풍선을 사용함으로써 충분히 해결될 것이다. 이러한 장점외에도 풍선내에 조영제를 넣지 않고도 투시하에서 풍선의 팽창과정이 뚜렷하게 보이며 풍선내 압력변동을 측정하는데 꼭 필요하다.

저자들이 새로 고안한 식도파열 진단방법은 정상가토 식도 실험에서는 100% 정확한 진단을 내릴 수 있었으나 이 방법을 식도협착환자에 이용한 이후 현재까지 식도파열을 경험하지 못했기 때문에 식도협착환자에서의 식도파열 역시 정확하게 진단할 수 있다는 단점을 아직 내릴 수 없는 단계

이지만 다음과 같은 이유에서 가능하리라 사료된다. 1) 1986년 5월부터 이 새로운 방법을 시도하기 이전까지 전북 의대 부속병원에서 식도풍선확장술을 실시한 환자중 6례의 식도파열을 경험했으며 이중 수술을 실시한 2명의 환자에서 각각 2cm와 2.5cm의 식도파열이 있었음을 확인했다. 2) 이 새로운 방법을 적용한 8명의 환자의 경우 첫번째 실시한 풍선확장술에서 협착부위가 원하는 직경까지 확장되었을 때의 풍선내 압력은 330mmHg에서 2000mmHg(평균 1246 mmHg)이었다(Table 3). 3) 저자들이 실시한 가토실험에서 20번과 26번 가토에서는 1.5cm와 2.5cm의 식도파열을 보였으며 이때 풍선내 압력이 각각 260mmHg, 290mmHg이었음에도 미분곡선에서 뚜렷한 하강을 보였으며 확실히에서도 뚜렷한 파열음을 들을 수 있었다. 이 세가지 사실로 미루어 보아 식도협착환자에서는 가토에서보다 식도파열시 풍선내 압력이 현저히 높다는 것을 알 수 있으며, 풍선내 압력이 높을수록 식도파열시 같은 부피의 증가가 있더라도 압력 감소가 현저하기 때문에(보일의 법칙; $P_1V_1=P_2V_2$, P_1 : 파열전 압력, V_1 : 파열전 공기부피, P_2 : 파열후 압력, V_2 : 파열후 공기부피; 풍선내 압력에 관계없이 식도파열시 부피변동이 일정하면 이때 생기는 압력감소는 $\Delta P=P_1-P_2=P_1\frac{V_1-V_2}{V_2}=P_1(1-\frac{V_1}{V_2})$ 식도파열시 부피변동이 일정하면 $\frac{V_1}{V_2}$ 도 일정할 것이므로 결과적으로 $\Delta P \propto P_1$ 으로써 압력감소는 파열전 풍선압력에 비례할 것이다) 식도협착환자에서 식도파열이 있을 경우 미분곡선에서 더 현저한 하강과 파열음을 들을 수 있으리라는 것을 예상할 수 있겠다.

저자들은 이처럼 풍선확장술 식도파열 여부를 알 수 있게 되면 풍선확장술을 보다 안전하고 충분하게 실시할 수 있기 때문에 풍선확장술의 이용도가 현재보다 더 증가할 것으로 믿는다. 또한 식도파열을 확인하기 위하여 식도조영을 할 필요가 없을 뿐 아니라 풍선확장술 도중 X선투시 시간을 줄일 수 있어 환자의 X선 피폭 감소와 경미절약효과가 있을 것이다. 그러나 더욱 기대되는 효과는 식도파열된 환자에서의 종격동염의 감소효과이며 더 나아가서 환자의 data가 축적되면 식도파열시 식도벽이 받은 압력 및 장력을 계산할 수 있어 풍선직경의 선택 및 압력한계를 알므로써 식도파열을 어느정도 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgements:

본 연구에 동참하셨던 고 김 복이 교수님의 명복을 빕니다.

참고 문헌

1. 연경모, 최연현, 김인원. Balloon Catheter를 이용한 소아식도협착의 치료. 대한방사선의학회지 1986; 22: 655-660
2. 서정진, 정선관, 김재규 등. 풍선카테타를 이용한 식도성

- 형술. 대한방사선의학회지 1990 ; 26 : 259-265
3. 김정숙, 윤 엽, 성동욱 등. 풍선 Catheter를 이용한 식도협착의 확장. 대한방사선의학회지 1990 ; 26 : 469-475
4. 이길우, 임효근, 주인욱 등. 상부 소화관 협착환자에서 풍선 카테터 확장의 결과. 대한방사선의학회지 1990 ; 26 : 1080-1089
5. Dawson SL, Muelier PR, Ferrucci JJ, et al. Severe esophageal stricture: Indications for balloon catheter dilatation. Radiology 1984;153:631-635
6. Mclean GK, Cooper GS, Hartz WH, et al. Radiologically guided balloon dilation of gastrointestinal strictures. Part I. Technique and factors influencing procedural success. Radiology 1987;165:35-40
7. Mclean GK, Cooper GS, Hartz WH, et al. Radiologically guided balloon dilation of gastrointestinal strictures. Part II. Results of longterm follow-up. Radiology 1987;165:41-43
8. Maynar M, Guerra C, Rwyes R, et al. Esophageal strictures: balloon dilation. Radiology 1988;167:703-706
9. de Lange EE, Shaffer HA. Anastomotic stricture of the upper gastrointestinal tract: Results of balloon dilatation. Radiology 1988;167:45-50
10. de Lange EE, Shaffer HA, Daniel TM, et al. Esophageal anastomotic leaks: Preliminary results of treatment with balloon dilatation. Radiology 1987;165:45-47
11. Ball WS, Strife JL, Rosenkrantz J, et al. Esophageal strictures in children. Radiology 1984;150:263-264
12. Stark E, Paolucci V, Herzer M, et al. Esophageal stenosis. Treatment with balloon catheters. Radiology 1984;153:637-640
13. Lindor KD, Ott BJ, Hughes RW. Balloon dilatation of upper digestive tract strictures. Gastroenterology 1985;89:545-8
14. Berge ML, Kerlan RK, Pogany AC, et al. Esophageal rupture. Complication of balloon dilatation. Radiology 1985;157-56
15. London RL, Trotman BW, Dimarino AJ, et al. Dilatation of severe esophageal strictures by an inflatable balloon catheter. Gastroenterology 1981;80:173-5
16. Skinner DB, Little AG, Demeester TR. Management of esophageal perforation. Am J Surgery 1980;139:760-764
17. Cameron TL, Kieffer RF, Hendrix TR, et al. Selective nonoperative management of contained intrathoracic esophageal disruptions. Ann Thorac Surgery; 1979;404-408
18. 송호영, 한영민, 이상용 등. 풍선확장술에 의하여 초래된 식도천공의 새로운 진단방법. 대한방사선의학회지 1990 ; 26 : 835-840