이중기공관의 기관지 커프압력에 따른 기관지 점막 손상 정도에 관한 연구

고려대학교 의과대학 마취과학교실 및 중앙대학교 의과대학 마취과학교실*

이 원 기 · 우 영 철* · 장 성 호

- Abstract -

Comparison of the Degree of Bronchial Mucosal Damage according to the Bronchial Cuff Pressure of Double Lumen Tubes

Won Gi Lee, M.D., Young Cheol Woo, M.D.* and Seong Ho Chang, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Korea University

*Department of Anesthesiology, College of Medicine, Chung-Ang University, Seoul, Korea

Background: Pressure damage to respiratory mucosa from overinflation of bronchial cuffs has been implicated as a cause of bronchial rupture, a rare but devastating complication of double-lumen endobronchial tubes. We evaluated the severity of bronchial mucosal damage by bronchial cuff pressure in Robertshaw double-lumen endobronchial tubes.

Methods: Eighteen patients were divided into two groups : in group 1(n=9), bronchial cuff pressure was maintained by 25 mmHg; in group 2(n=9), bronchial cuff pressure was maintained by 35 mmHg during one-lung ventilation. We evaluated the bronchial mucosa by using fiberoptic bronchoscopy before bronchial intubation and following extubation. According to the number of petechia and mucosal hemorrhage or tearing, damage scoring was performed.

Results: Damage scores of Group 1 are represented by 0 (normal mucosa) in number of 3 patients, 1 (small number of petechia) in 2 patients, 2 (large number of petechia) in 3 patients, 3 (mucosal hemorrhage) in 1 patient and above score 4 (mucosal tearing) was not existed. Scores of Group 2 are represented by 0 in number of 1 patient, 1 in 3 patients, 2 in 4 patients, 3 in 1 patient and above score 4 was not existed.

Conclusion: Degree of bronchial mucosal damage was not related with the bronchial cuff pressure of double lumen tubes. (Korean J Anesthesiol 1996; 30: 46~51)

Key Words: Complications, Equipment; tubes; double-lumen endobronchial tube, Lung; bronchus; damage

서 론

Robertshaw 이중기공관(double lumen endobronchial

tube)은 최근 흉부외과등의 영역에서 널리 사용되어지고 있다. 그러나 이중기공관은 기관지의 허혈손상, 폐양, 출혈이나 기관지 파열과 같은 부작용이 올 수도 있으며, 기관지 손상은 기관지 내에서 기관지 커프(bronchial cuff)의 과도한 충진으로 인한 커프압력 상승과 밀접한 관계가 있다. 이에 저자들은 좌측 Robertshaw 이중기공관을 사용한 환자에 있어

서 기관지 커프 압력이 기관지 점막에 주는 손상 정도를 알기 위하여 기관지 커프압력을 25 mmHg와 35 mmHg로 유지한 두군의 환자에서 굴곡성 기관지경을 이용하여 기관지 점막을 비교 관찰하고 보고하는 바이다

대상 및 방법

1995년 1월부터 3월까지 고려대학교 의과대학 부속병원에서 전신마취하에 일측폐마취로서 계획수술을 받은 성인환자 18명(남:여 = 13:5)을 대상으로 하였다. 이들은 미국 마취과학회 신체상태분류 1급과 2급에 해당하였고, 이중기공관은 28 Fr, 35 Fr, 37 Fr의 좌측용 Robertshaw type의 이중기공관(Broncho-Cath™, Mallinckrodt, Athlone, Ireland)을 사용하였다.

환자를 9명씩 두군으로 나누어 1군은 일측폐환기 중 좌측 기관지 커프 압력을 양측폐를 적절히 분리할 수 있는 25 mmHg로 유지하였고, 2군은 과도한 압력인 35 mmHg로 유지하였다.

이중기공관은 환자의 흉부 후전 X선 사진에서 좌측 기관지의 커프가 위치할 것으로 보이는 부분(기관 분지부 직하방 1 cm)의 직경이 12 mm 이상인 경우에는 37 Fr를, 12 mm 이하인 경우에는 35 Fr를 사용했으며, 직경이 7.5 mm인 28세의 한 여자환자의 경우는 28 Fr를 사용했다. 기관지 직경은 다음과 같은 방법으로 계산하였다. 실제길이=측정길이(projected size)×(d/D). 여기서 D는 X광선 주사선관에서 필름까지의 거리로 6 feet(183 cm)가 표준이다. d는 X광선 주사선관에서 기관분지부까지의 길이로서 흉부 측면 X선 사진에서 구한 기관분지부와 전흉벽 사이의 길이를 D에서 뺀값이다.

마취전 투약으로 glycopyrrolate 0.2 mg을 수술 30분전 근주하였고, 마취유도는 thiopental 4~5 mg/kg을 정주하고 의식이 소실되면 pancuronium 0.1 mg/kg 또는 vecuronium 0.1 mg/kg을 정주하고 100% oxygen과 enflurane 3.0 vol%로 안면 마스크를 이용하여 2~3분간 조절양압호흡을 실시한 후 환자의 근육이 이완되면 기관내 삽관을 실시하였다.

삽관시 좌측 기관지 기공(bronchial lumen)의 끝부분이 기관분지부를 지나지 않도록 하여 일단 고정

한 후 우측기관기공을 통해 환기상태를 유지하면서, 좌측기관지 기공을 통해 외경 4 mm의 굴곡성 기관지경(CLE-10 Olympus, Shirakawa, Japan)을 사용하여, 기관지 커프가 위치할 것으로 생각되는 좌측 기관지부위(기관분지부 직하방)의 점막상태를 미리 관찰, 촬영하였다. 그리고, 기관지 커프의 근위부분이 기관분지부 직하방에 위치하도록 좌측기관지내로 삽관하였고, 수술을 위하여 환자의 자세를 측위로 바꾸고, 다시 굴곡성 기관지경으로 기관지 커프의 위치를 확인하고 고정하였다. 체위전환시에는 커프내에 공기를 넣지 않았고 가능한 관이 움직여지지 않도록 하여 이로 인한 점막손상을 주지 않도록 노력하였다.

수술중 일측폐환기동안 1군에서는 커프내 압력이 25 mmHg가 되도록 커프내에 공기를 주입하였고, 2군에서는 35 mmHg를 유지하였다. 기관지 커프압력 유지를 위한 최초의 공기주입시의 공기주입량(bronchial cuff volume)을 측정하였다. 기관지 커프의 압력측정은 three-way stopcock의 한쪽을 bronchial cuff pilot balloon의 밸브에 연결하고 다른 한쪽은 생리식염수로 채워진 압력전달관을 통하여 압력감시기(Hewlett-Packard 78352 A, Fed, Germany)에 연결하여 측정하였다. 압력을 측정하는 모든 경우에 있어서 기관지 커프가 대기와 통하게 하여 양쪽의 압력이 평형을 이루게 하고 이중기공관 높이인 턱의 중앙에서 영점조정을 한 다음 압력을 측정하였다. 1 cc syringe를 이용해 기관지 커프에 0.5 cc부터 0.1 cc씩 공기를 주입해 가며 1군에서는 25 mmHg를, 2군에서는 35 mmHg를 나타낼때까지 계속 주입하였다. 일측폐환기중 계속 커프내 압력을 감시하여 변화가 있을때는 추가로 공기를 주입하거나 배출시켰다.

일측폐환기가 끝난직후 양측폐환기를 하면서 이중기공관의 좌측기관지기공의 끝부분이 기관분지부 위 직상방에 위치하도록 발관을 하여, 우측기관 기공으로 환기상태를 유지하며 좌측기관지 기공을 통해, 굴곡성 기관지경을 이용하여 좌측기관지의 커프가 위치했던 부위의 점막상태를 관찰하였다. 점막을 관찰한 관찰자는 동일인이었으며 점막손상의 정도를 평가하는 기준으로 점상출혈(petechia), 출혈(hemorrhage), 파열(tearing)의 정도를 점수로 표시하여, 정상점막은 0점, 적은 수(1~3개)의 점상출혈은 1점,

많은수(3개 이상)의 점상출혈은 2점, 점막출혈은 3점, 점막파열(mucosal tearing)은 4점, 전층의 파열(full thickness tearing)은 5점을 주도록 하였다 (Clapham¹의 scoring system)(Table 1).

모든 생리학적 자료는 평균±표준편차로 표기하고 두군 사이의 비교는 unpaired t test로 시행하였고, 손상점수는 Wilcoxon Rank Sums test를 이용하여 두군을 비교하였으며 이때 $P < 0.05$ 를 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

1군과 2군의 환자의 평균 연령, 신장 그리고 체중은 Table 2와 같으며 두군 사이에 유의한 차이는 없었다.

모든 경우에 있어서 좌측기관지내 삽관시도횟수는 1회였다. 1군에서 기낭이 위치할 곳으로 생각되는 좌측기관지 직경은 11.4 ± 2.1 mm이었고, 2군에서

는 13.1 ± 1.2 mm으로 유의한 차이가 없었다. 수술중 일측폐환기로 기관지 커프내 공기주입지속시간은 1군에서 127.4 ± 115.3 분, 2군에서 85.5 ± 43.2 분으로 양군간의 유의한 차이가 없었다. 1군에서 25 mmHg의

Table 2. Characteristics of Patients(mean ± S.D.)

	Group 1 (BCP=25 mmHg)	Group 2 (BCP=35 mmHg)
Age (years)	37.6 ± 16.7	42.6 ± 19.5
Height (cm)	166.0 ± 7.8	168.0 ± 7.8
B.W. (kg)	58.8 ± 11.5	61.3 ± 11.6

B.W; Body Weight BCP; Bronchial Cuff Pressure

Table 3. Duration of Cuff Inflation, Bronchial Cuff Volume and Left Main Bronchus Diameter (mean ± S.D.)

	Group 1 (BCP=25 mmHg)	Group 2 (BCP=35mmHg)
B.W. (kg)	58.8 ± 11.5	61.3 ± 11.6
Duration of bronchial cuff inflation(min)	127.4 ± 115.3	85.5 ± 43.2
Bronchial cuff volume (ml)	0.7 ± 0.3	$2.0 \pm 0.6^*$
LMBD (mm)	11.4 ± 2.1	13.1 ± 1.2

LMBD; Left Main Bronchus Diameter BCP ; Bronchial Cuff Pressure *Significantly different from group 1. ($p < 0.05$)

Table 1. Mucosal Damage Score by Fiberoptic Bronchoscopic Finding following Extubation

Score	Finding
0	normal mucosa
1	small number (1~3) of petechia
2	large number (>3) of petechia
3	mucosal hemorrhage
4	mucosal tearing
5	full thickness tearing

Table 4. Bronchial Mucosa Damage Score between Two Groups

Score	Group 1(BCP=25 mmHg)		Group 2(BCP=35mmHg)	
	Number of patients	Rate(%)	Number of patients	Rate(%)
0	3	33.3 %	1	11.0 %
1	2	22.2 %	3	33.3 %
2	3	33.3 %	4	44.4 %
3	1	11.1 %	1	11.1 %
4	0	0.0 %	0	0.0 %
Total	9	100.0 %	9	100.0 %

BCP; Bronchial Cuff Pressure

커프압력을 얻기 위한 커프내 공기주입량은 평균 0.7 ± 0.3 ml였고, 2군에서 35 mmHg의 커프압력을 얻기위한 공기주입량은 평균 2.0 ± 0.6 ml로 2군에서 유의하게 많아($P < 0.05$) 주입량과 압력사이에 밀접한 관계를 보여 주었다(Table 3).

발관후 점막손상점수는 1군에서 0점이 3명(33.3%),

1점이 2명(22.2%), 2점이 3명(33.3%), 3점이 1명(11.1%) 이었고 4점 이상은 없었으며, 2군에서 0점이 1명(11.1%), 1점이 3명(33.3%), 2점이 4명(44.4%), 3점이 1명(11.1%)이었고 4점 이상은 없었다. 그리고 양군 간에 점막손상점수는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 4).

Fig. 1. normal mucosa(score 0).

Fig. 2. small number of petechia(score 1).

Fig. 3. large number of petechia(score 2).

Fig. 4. mucosal hemorrhage(score 3).

Fig. 1, 2, 3, 4는 각각 손상점수 0점, 1점, 2점, 3점의 예로써 굴곡성 기관지경을 이용하여 발판 후 좌측 기관지의 커프가 위치했던 부위를 촬영한 것이다.

고 찰

흉부외과 영역의 수술시 이중기공관이 널리 사용되어지고 있는데, 기관과 기관지 커프로 인한 합병증이 많이 보고되어졌다. 흔한 합병증으로 점막섬모의 소실, 폐양, 출혈, 기관협착, 기관식도루² 및 기관, 기관지의 열상, 파열³⁻⁷등을 들 수 있으며 그 원인으로는 부적절한 크기의 튜브의 선택, 기관내 튜브가 거치된 상태에서 환자의 움직임이나 기침⁸, 삽관시의 외상성 손상⁹, 커프내에 과도한 공기주입등을 들 수 있다.

이중기공관의 기관지 커프압력은 커프내의 공기주입량 뿐만 아니라 이중기공관의 크기와 기관지 커프가 위치하는 기관지직경에 의해 결정된다. 저자들은 좌측이중기공관을 사용한 환자 30명을 이중기공관의 크기 및 좌측 기관지의 직경에 따라 3군으로 나누고(1군; 35 Fr, <12 mm, 2군; 37 Fr, <12 mm, 3군; 37 Fr, >12 mm) 각 군간에 커프 폐쇄량(sealing volume)과 기관지 커프공기주입에 따른 커프압력을 측정하여 보고한 바가 있다⁹. 이 보고에서 1군에서는 27.5 mmHg, 2군에서는 31.5 mmHg, 3군에서는 23.8 mmHg의 폐쇄압력(sealing pressure)을 나타내었고, 각각의 필요한 공기량은 평균 0.3 ml, 0.4 ml, 1.0 ml이었다.

1989년 Brodsky등¹⁰은 Mallinckrodt 이중기공관에서 폐쇄압력은 20 mmHg 이하이고 이때 필요한 커프내 공기량은 1.5 ml 이하라고 했고, 이 이상 공기를 주입하면 기관지 점막에 허혈성 손상을 줄 수 있다고 하였다. 본 연구에서 1군의 경우 기관지 커프 압력을 25 mmHg를 유지하였을때 임상적으로 양쪽 폐가 잘 분리되어 일측폐환기를 잘 유지할 수 있었다.

1993년 Collins¹¹은 기관점막의 모세혈관 관류량은 0.3 ml/gm/min이며 기관점막에 22 mmHg의 압력이 가해지면 모세혈관 관류의 감소가 일어나기 시작하고 42 mmHg에 이르면 모세혈관 관류가 완전히 멈춘다고 하였다.

이에 저자들은 적절한 기관지 커프 폐쇄압력으로 예상되는 25 mmHg때와, 과도한 압력으로 점막의 허혈손상을 유발할 수 있는 한계치보다 약간 낮은 35 mmHg때의 손상정도를 비교해 보고자 하였다. 그러나 기관지 커프압력과 기관점막에 미치는 압력은 다른바 본 연구에서 기관점막에 미치는 압력은 커프압력보다 약간 낮을 것으로 추측된다. Dobrin등¹²은 동물실험에서 25.84 mmHg의 기도내압에서 기관 커프 폐쇄시에 18종류의 기관튜브에서 커프압력은 36~355 mmHg이었고 이때 기관점막에 가해지는 압력은 30~205 mmHg이며 기관점막벽의 압력과 커프압력의 비율은 45~91%이고 저압형의 커프가 고압형의 커프보다 기관점막벽에 미치는 압력이 기관내 커프압력에 더욱 가깝다고 하였다.

점막의 손상에 커프압력 이외에 영향을 줄 수 있는 요인으로 체위전환시의 손상이 있으며 이를 막기 위해 체위전환시에는 커프내에 공기를 넣지 않았고, 다른 요인으로 삽관시의 외상성손상을 배제할 수 없었다. 몇몇 환자에서 기관지 점막부위에 longitudinal hemorrhage가 있었는데, 이는 삽관시 구부러진 튜브의 끝부분에 의해 기관지가 굽힌 것으로 생각되었다. 일측폐 환기중에는 N₂O를 사용하지 않았고, 이로 인한 커프내압 변동¹³은 없었다. 본 연구에서 일측 폐환기시간, 즉 커프내 공기 주입 지속시간과 좌측 기관지 직경이 양군간에 유의한 차이가 없었기에, 이들이 점막 손상의 정도에 있어서 양군간의 차이에 영향을 미치지 않은 것으로 보았다.

본 연구에서 비록 양군간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았으나 1군의 환자에서 발판 후 점막손상점수는 0점이 3명, 1점이 2명, 2점이 3명, 2군에서는 0점이 1명, 1점이 3명, 2점이 4명으로 35 mmHg를 유지한 2군에서 점막손상이 더 심한 바 커프압력을 더 높게 유지한다면 보다 심한 손상을 줄 것으로 예상된다. 본 실험에서 사용한 이중기공관의 재질은 PVC로써, 과거에 저용량-고압력 커프를 가진 red rubber tube를 사용했을때보다 고압력-저용량 커프를 가진 PVC tube 사용후 합병증의 빈도가 줄긴 했으나¹⁴ PVC 사용시에도 기관지파열등의 심한 합병증이 보고되고 있으므로 여전히 커프내 공기주입에 적절한 공기량과 압력을 유지하는 세심한 주의가 요구된다. 이 손상을 줄이기 위하여 우선, 환

자의 흉부 후-전 X-ray와 측면 X-ray를 이용하여 좌측기관지 직경을 측정하여 적절한 크기의 튜브의 선택이 중요하고, 삽관시에 튜브를 부드럽게 삽입시키고, 양측폐를 분리할 수 있는 최소한의 공기를 주입하며, N₂O 를 같이 사용하는 경우에는 수시로 커프 압력을 확인하고, 환자의 체위전환시에 커프의 공기를 빼고 튜브가 흔들리지 않도록 주의가 필요하다.

결론적으로, Robertshaw type의 이중기공관을 사용한 환자에 있어서 기관지커프 압력을 25 mmHg로 유지한 1군과 35 mmHg를 유지한 2군 사이에 기관지 점막의 손상정도는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 이 결과로 커프압력과 기관지 점막손상정도 사이에 아무런 연관이 없다고 결론 지을수는 없으며, 35mmHg 보다 높은 압력이 주어진다면 손상정도가 심해질 가능성이 있다. 따라서 커프 폐쇄를 유지할 수 있는 최소한의 커프량과 커프압력에 대한 세심한 주의가 필요하리라고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Clapham MCC, Vaughan RS. Bronchial intubation: A comparison between polyvinyl chloride and red rubber double lumen tubes. *Anaesthesia* 1985; 40: 1111-4.
2. Philip Dobrin, Thomas Canfield. Cuffed endotracheal tubes: mucosal pressures and tracheal wall blood flow. *Am J Surg* 1977; 133: 562-8.
3. Wagner DL, Gammage GW, Wong ML. Tracheal rupture following the insertion of a disposable double-lumen endotracheal tube. *Anesthesiology* 1985; 63: 698-700.
4. Hannallah M, Gomes M. Bronchial rupture associated with the use of a double-lumen tube in a small adult. *Anesthesiology* 1989; 71: 457-9.
5. Heiser M, Steinberg JJ, MacVaugh H, Klinberg PL. Bronchial rupture, A complication of use of the Robertshaw double-lumen tube. *Anesthesiology* 1979; 51: 88.
6. Brodsky JB, Shulman MS, Mark JBD. Airway rupture with a disposable double-lumen tube. *Anesthesiology* 1986; 64: 415.
7. Foster JMG, Lau OJ, Alimo EB. Ruptured bronchus following endobronchial intubation. *Br J Anaesth* 1983; 55: 687-8.
8. 지대림, 김용대, 박정, 최경혜, 구분업. 단시간 기관내 삽관후 발생한 후두-기관 손상의 굴곡성 기관지경을 이용한 평가. *대한마취과학회지* 1994; 27: 1108-16.
9. 우영철, 조현, 임혜자, 김난숙, 장성호. 좌측 Robertshaw 이중기공관을 사용한 환자에 있어서 기관지직경에 따른 기관지커프내 공기주입량에 관한 연구. *대한마취과학회지* 1995; 28: 210-5.
10. Brodsky JB, Adkins MO, Gaba DM. Bronchial cuff pressures of double-lumen tubes. *Anesth Analg* 1989; 69: 608-10.
11. Collins VJ. Principles of anesthesia. 3rd ed., Philadelphia, Lea & Febiger, 1993; pp 485-7.
12. Dobrin P, Canfield T. Cuffed endotracheal tubes: Mucosal pressure and the tracheal wall blood flow. *Am J Surg* 1977; 133: 562-8.
13. 방극모, 진영호. 전신흡입 마취시 기관내 튜브 Cuff의 내압변동. *대한마취과학회지* 1992; 25: 1153-7.
14. Bernhard WN, Cottrell JE, Sivakumaran C. Adjustment of intracuff pressure to prevent aspiration. *Anesthesiology* 1979; 50: 363-6.