척추측만증 교정수술의 수술 중 및 후 호흡기 및 순환기계 합병증에 대한 폐기능 검사의 임상적 예측성 평가: 후향적 연구

고려대학교 의과대학 구로병원 마취통증의학교실

강 길 원 · 이 일 옥

Predictability of pulmonary function tests for intra- and post-operative cardiopulmonary complications of corrective surgery to treat scoliosis: a retrospective study

Gi-Run Kang, and Il-Ok Lee

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, College of Medicine, Korea University, Guro Hospital, Seoul, Korea

Background: This study was conducted to confirm the predictive power of preoperative pulmonary functions tests (PFTs) for intra- and post-operative cardiopulmonary complications during corrective surgery for scoliosis.

Methods: A retrospective review of hospital charts of patients who underwent surgical correction for scoliosis and/or kyphosis at our medical center between September 2002 and September 2008 was performed.

Results: A total of 141 patients were enrolled in this study. The overall intra- and post-operative cardiopulmonary complication rate was 33.3% (47/141). There were 32 and 19 complications related to pulmonary issues (22.7%) and cardiovascular complications (13.5%), respectively. The complication rate of neuromuscular scoliosis (NMS) was 47.3% (35/74), while that of non-neuromuscular scoliosis (NNMS) was 17.9% (12/67). The cardiopulmonary complication rates of groups with FEV₁ volumes below 1 L, 1–1.5 L, 1.5–2 L and over 2 L were 66.7% (18/27), 43.3% (13/30), 20.0% (7/35) and 18.4% (9/49), respectively. The group with FEV₁ volumes below 1 L showed a significantly increased risk when compared to the group with FEV₁ volumes over 2 L ($P < 0.05$, Odds ratio = 5.15, multivariate logistic regression test). The cardiopulmonary complication rates of groups with FVC volumes below 1 L, 1–1.5 L, 1.5–2 L and over 2 L were 70.8% (17/24), 37.5% (9/24), 33.3% (11/33) and 16.7% (10/60), respectively. Additionally, the group with FVC volumes below 1 L showed significantly increased risk when compared to a group with FVC volumes greater than 2 L ($P < 0.001$, Odds ratio = 8.0, multivariate logistic regression).

Conclusions: The correction for NMS carries a higher complication rate than NNMS. Intra- and post-operative cardiopulmonary complication rates of a group with FEV₁ or FVC volumes below 1 L were higher than the rates of groups with FEV₁ and FVC volumes greater than 2 L. (Korean J Anesthesiol 2009; 57: 590~6)

Key Words: Intraoperative complications, Postoperative complications, Pulmonary function tests, Risk factors, Scoliosis.

서 론

척추측만증 교정 수술은 수술 중 출혈이 많고, 수술 중 및 후의 합병증이 흔한 수술이다. 척추측만증 교정 수술 중 및 후의 합병증에 대한 위험인자에 대한 이전의 연구에서 장시간의 수술 또는 전신마취 시간, 술 중 출혈 증가, 수술 방법, 신장 질환 등이 합병증의 발생률을 높인다고 하였고[1], 그 외에도 수술방법, 경련의 기왕력, 단계적 수술법(staged procedures) 등이 합병증의 발생률을 높인다는 연구도 있었다[2]. 이에 수술 중 적절한 마취 관리를 위해 수술 전 폐기능 검사(pulmonary functions tests, PFTs)를 포함하여 여러 가

Received: May 12, 2009.

Revised: 1st, May 26, 2009; 2nd, July 13, 2009.

Accepted: August 14, 2009.

Corresponding author: Il-Ok Lee, M.D., Ph.D., Department of Anesthesiology and Pain Medicine, College of Medicine, Korea University, Guro Hospital, 97, Gurodong-gil, Guro-gu, Seoul 152-703, Korea. Tel: 82-2-2626-1437, Fax: 82-2-851-9897, E-mail: iloklee@korea.ac.kr

This paper is a thesis for a master's degree.

Copyright © Korean Society of Anesthesiologists, 2009

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

지 검사를 시행하고 있다. 특히, 척추측만증 환자의 경우에는 근육의 기능이 떨어져 있거나[3,4], 척추의 굴곡으로 인해 근육의 역할이 효과적이지 못하기 때문에[5], 술 전 폐기능의 평가는 필수적이라 하겠다.

PFTs에 대해서 강제폐활량(forced vital capacity, FVC)이 뒤 시엔느형 근이영양증(Duchenne type muscular dystrophy, DMD) 환자에서 야간 고탄산혈증(hypercapnia)을 예측한다고 하였다[6]. PFTs의 수술 중 및 후 합병증 발생의 예측성에 대해서는 아직 논란이 있는데, 수술 전 PFTs 검사 결과가 척추측만증 교정 수술 후 합병증 발생률의 예측인자가 되지 못한다거나[1,7] 유의성을 찾지 못한 연구도 있었고[8], 합병증 증가와 유의한 연관이 있다는 연구도 있었다[9].

본 연구의 목적은 수술 전 폐기능 검사의 척추측만증 교정 수술 중 및 후의 호흡기 및 순환기계 합병증 발생에 대한 예측성을 평가하는 것이다.

대상 및 방법

대상 환자는 2002년 9월에서 2008년 9월까지 본원에서 척추측만증 교정 수술을 받은 189명의 환자를 대상으로 전자 의무 기록지를 후향적 연구 방법으로 조사하였다. 환자들은 수술 전 혈액 검사가 시행되었고, PFTs를 시행하였으며, 수술 전 방문을 통하여 병력을 청취하고, 환자 상태가 평가되었고, 보호자 면담 및 수술 위험에 대한 인지 동의서가 시행되었다. 마취 기록지, 수술 기록지, 간호 기록지, 경과 기록지, 검사 기록지, 방사선 판독지 및 퇴원 요약지 등이 검토되었고, 최소 수술 후 3개월 이상의 호흡기 및 순환기계 합병증을 확인하였다. 합병증은 의사의 주의를 요구하는 임상적 변화로 정의되었고, 호흡기 합병증에는 수술 중 및 후의 흉막삼출(pleural effusion), 기흉 및 혈흉, 폐부종 및 폐울혈, 기관 내 튜브 발관의 지연, 무기폐, 폐렴과 SpO₂ (pulse oximetric saturation)가 90% 이하로 30초 이상 변화하여 기록된 경우가 포함되었다. 순환기계 합병증으로는 수술 중 및 후의 혈액학적 불안정(hemodynamic instability), 심정지 또는 사망, 부정맥 및 심전도 변화를 포함하였다. 혈액학적 불안정은 수축기 혈압 85 mmHg 이하, 평균 동맥압 50 mmHg 이하에서 혈압 상승제, 혈관 수축제, 수액 공급 등의 일반적인 처치에 잘 반응하지 않아 5분 간격으로 연속 2회 이상 확인된 경우로 제한하였다. 부적절한 수혈 및 수액 보충으로 인한 체액량 부족은 기준이 모호하고, 술 후 관리에 포함되는 경우도 많기 때문에 본 연구에서 제외하였다.

수술 시 마취유도는 pentothal sodium 3-5 mg/kg 또는 propofol 1.5-2 mg/kg와 함께 근이완제로 rocuronium 0.6-1.0 mg/kg 투여 후 기관 내 삽관을 시행하였고, rocuronium

또는 vecuronium으로 수술 중 근이완을 유지하였다. 마취의 유지는 주로 흡입 마취제를 사용하여 유지하였으며, 술 중 운동유발전위(motor evoked potentials) 감시를 하는 경우에 근이완제의 사용을 최소화하면서 remifentanyl과 propofol을 이용한 전정맥마취(total intravenous anesthesia, TIVA)를 시행하였다. 수혈 및 수액 투여를 위한 중심 정맥로를 확보하였고, 술 중 혈압감시 및 검사혈액 채취를 위한 동맥로를 확보한 후, 복위로 자세를 취한 후 척추 후방고정술(posterior fusion)이 시행되었다.

술 전 PFTs는 폐활량측정법(spirometry)으로 시행되었고, 협조가 불가능한 정신지체가 있는 경우와 정상의 운동기능을 보이는 환자에서는 검사가 생략되었다. 환자의 PFTs에서 1초 강제호기량(forced expiratory volume in 1 sec, FEV₁), 강제폐활량(forced vital capacity, FVC) 및 그 비(FEV₁/FVC ratio)를 비교하였다. 또한, 신경근성 척추측만증(neuromuscular scoliosis, NMS) 환자와 비신경근성 척추측만증(non-neuromuscular scoliosis, NNMS) 환자에서 호흡기 및 순환기계 합병증의 발생빈도를 비교하였다. FEV₁ 및 FVC의 용적이 호흡기 및 순환기계 합병증의 발생 빈도에 기여하는지 통계적으로 검정하고, 각각의 용적에 따라 1 L 미만, 1-1.5 L, 1.5-2 L, 2 L 이상의 네 그룹으로 분류하고, 각 그룹별 호흡기 및 순환기계 합병증의 발생 빈도를 조사하였다. 각 그룹간 합병증 발생률과 PFTs의 용적 사이의 영향을 알아보기 위해 통계적으로 검정하였다. FEV₁/FVC 비는 70% 이상의 환자를 대상으로 하여, 합병증 발생을 조사한 뒤, 합병증 발생 유무에 따라 FEV₁/FVC 비의 평균을 비교하고, FEV₁/FVC 비가 합병증 발생의 위험요소로 작용하는 지를 알아보았다.

통계적 분석 시, 연속변수의 평균의 차이는 student t-검정을 통해 통계적으로 검정되었고, PFTs 용적 및 FEV₁/FVC의 비가 합병증 발생의 위험요소가 되는지를 알아보기 위해 이분형 및 다변량 로지스틱 회귀분석을 통해서 검정하였다. 각각에서 P-값을 계산하여 0.05 이하에서는 귀무가설이 기각되었다. 통계에는 SPSS 15.0 for windows 프로그램을 사용하였다.

결 과

총 189명의 환자 중 2명의 환자들은 전자 의무 기록지 일부의 유실로 대상에서 제외되었고, PFTs를 시행하지 않은 46명의 환자들도 대상에서 제외되었다. PFTs를 시행하지 않은 46명의 환자 중 33명은 NMS 환자였고, 이들은 뇌성마비(27명), 증후군 관련 동반 질환(5명), 수막 척수 탈출증(1명)으로 인한 정신지체로 인해 환자의 협조가 불가능하여 검사를 시행할 수 없었다. NNMS 환자 13명은 특발성 척추측만증 환자로 특이병력이 없고, 운동 능력이 정상으로 PFTs

를 시행할 필요가 없었다.

141명 환자의 자료가 연구에 포함되었으며, 대상자는 여자 81명(57.4%), 남자 60명(42.6%)이었다. NMS는 74명(52.5%)이었으며, NNMS는 67명(47.5%)이었다. 제한성폐질환(restrictive lung disease)을 현저하게 동반하는 NMS에는 뒤시엔느형 근이영양증(Duchenne type muscular dystrophy, DMD)이 30명(21.3%), 뇌성마비(cerebral palsy, CP)가 16명(11.3%), 척수 근육 위축증(spinal muscular atrophy, SMA)가 14명(9.9%) 등이 포함되어 있었다(Table 1). NMS에는 특발성 척추측만증(idiopathic scoliosis, IS)가 64명(45.4%), 선천성 척추이상(congenital spinal disorder)이 3명(2.1%)이었다(Table 1).

수술 전 시행한 심초음파 검사 상 심한 심기능 감소를 보인 환자는 없었고, 심장 수축력이 심박출계수 40–50% 정도의 경증으로 감소한 경우가 7명(5.0%) 있었으나, 선천성 심질환을 동반한 경우는 없었고, 수술 전 저산소혈증이나 호흡곤란 증세를 보인 환자는 없었다.

모든 환자들은 척추 후방 고정수술을 받았으며, 수술 당시 16.7 ± 7.1 세(7–47세)였으며, 44.8 ± 10.6 kg의 체중이었고, 12.3 ± 2.8 레벨(3–17레벨)에 대한 교정 수술을 받았으며, 술 전 Cobb 각도는 64.5 ± 25.3 도이었다. 총 344.4 ± 102.2 분(170–675분)의 시간 동안 전신마취를 시행하였고, 추정 실혈량은 $2,986.5 \pm 2,521.0$ ml (400–15,000 ml), 69.6 ± 62.4 ml/kg (8.5–500 ml/kg)이었고, 9.7 ± 7.0 unit (0–42 unit)의 농축적혈구를 수혈 받았다. 8건(5.7%)의 수술의 경우에서 TIVA를 이용한 마취를 시행하였다.

호흡기 및 순환기 합병증의 발생은 47명(33.3%)에서 있었다. 그 중 호흡기계 합병증은 32명(22.7%)에서 있었고, 순환기계 합병증은 19명(13.5%)에서 있었고, 심정지 및 사망은 3명(2.1%)에서 있었다(Table 2).

호흡기계 합병증은 여러 합병증이 복합적으로 생기는 경우가 대부분이었고, 10명의 환자(7.1%)에서만 합병증이 한 가

지씩 발생하였다. 호흡기계 합병증은 흉막삼출(pleural effusion), 기흉 및 혈흉이 가장 흔했다. 수술 중 흉막파열(pleura tearing)이 발견된 5명의 환자 중 4명의 환자에서는 기관 내 튜브의 발판 전에 수술실에서 폐쇄 흉강 삽관술(closed thoracostomy)을 시행하였고, 1명은 중환자실에서 시행하였다. 또한, 3명의 환자는 기관 내 튜브 발판 후 회복실에서 이학적 검사 상 이상 소견이 발견되어, 흉부 X선 검사로 확진 후 회복실에서 폐쇄 흉강 삽관술을 시행하였으며, 7명의 환자는 회복기에 병동 또는 중환자실에서 폐쇄 흉강 삽관술을 시행하였다. 수술 중 흉막파열은 대부분(4건, 80%) 외과 의사에 의해 발견되었고, 수술 중 SpO₂ 감시 등에는 이상을 보이지 않았다. 12시간 이상의 기관 내 튜브 발판의 지연(48.5 ± 59.4 시간)이 6명(4.2%)에서 있었다(Table 2).

순환기계 합병증으로는 18명(12.8%)에서 수술 중 혈액학적 불안정(hemodynamic instability)을 보였고, 3명(2.1%)에서 사망하였고, 부정맥 및 심전도 변화가 기록된 경우는 찾을 수 없었다. 사망의 원인은 심인성 쇼크(cardiogenic shock)였고, 각각 수술실에서, 수술 후 1일째 및 3일째 사망하였다. 사망자의 Cobbs 각은 평균 86.7 ± 42.8 도(47–132도)이었고, 평균 전신마취 시간은 331.7 ± 77.5 분(275–420분), 출혈량은 118.1 ± 87.9 ml/kg (29.3–205.1 ml/kg)이었으며, 평균 13.3 ± 11.1 unit (3–25 unit)의 농축적혈구를 수혈 받았으며, 2명은 NMS 였다. 수술 전 PFTs는 FEV₁이 각각 0.31, 1.10, 0.74 L 였으며, FVC가 각각 0.31, 1.12, 0.83 L 였고, FEV₁/FVC 비는 각각 99, 98, 89% 였다.

전정맥마취(n = 8)와 흡입마취(n = 133)가 각각 호흡기 및 순환기 합병증의 발생의 빈도에 미치는 영향에 대한 비교는 통계적으로 유의하지 않았다(P = 0.435, chi-square test).

NMS 환자의 호흡기 및 순환기 합병증 발생률은 35/74 (47.3%)였고, NNMS 환자의 합병증 발생률은 12/67 (17.9%)

Table 1. Types of Scoliosis

Type	No. of cases	Sum
Neuromuscular scoliosis		74
Duchenne type muscular dystrophy	30	
Cerebral palsy	16	
Spinal muscular atrophy	14	
Neurofibromatosis	6	
Syndrome related	2	
Post-poliomyelitis	2	
The others	4	
Non-neuromuscular scoliosis		67
Idiopathic scoliosis	64	
Congenital spinal disorder	3	
Total		141

Table 2. Perioperative Complications (Possible Duplicated)

Complications	Intra-operative	Post-operative	Sum
Pulmonary issues			32
Pleural effusion		21	
Pneumothorax or hemothorax	5	11	
Prolonged intubation		6	
Pulmonary edema or congestion		13	
Atelectasis		9	
Pneumonias		3	
SpO ₂ decrease	0	0	
Cardiovascular complications			19
Hemodynamic instability	18		
Cardiac arrest & death	2	1	
Total			47

Values are number of cases. SpO₂: oxygen saturation of hemoglobin.

로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.001$, Odds ratio = 4.113, relative risk = 2.641, chi-square test).

PFTs의 FEV₁, FVC, FEV₁/FVC 비를 각각 NMS 환자와 NNMS 환자 사이에 비교한 결과, FEV₁ 및 FVC는 통계적으로 유의하게 NNMS 환자 군에서 NMS 환자 군에 비해 높았고, FEV₁/FVC 비는 NNMS 환자 군에서 NMS 환자 군에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다(Table 3).

수술 중 및 수술 후 폐쇄 흉강 삽관술을 시행한 14명의 환자들은 이를 시행하지 않은 환자들과 비교하여 FEV₁ 및 FVC의 용적이 통계적으로 유의하게 낮았으며, FEV₁/FVC 비는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4). 기관 내 튜브 발관이 12시간 이상 지연된 6명의 환자들은 다른 환자들과 비교하여 수술 중 및 후의 호흡기 및 심혈관계 합병증의 발생이 높았다($P = 0.008$, Odds ratio = 11.07, relative risk = 4.13, chi-square test). 이 환자들의 FEV₁의 용적은 다른 환자들과 비교하여 통계적으로 유의하게 낮았으나, FVC의 용적의 차이는 통계적으로 유의하지 않았고, FEV₁/FVC의 차이도 통계적으로 유의하지 않았다(Table 5).

Table 3. PFTs of Neuromuscular Scoliosis (NMS) and Nonneuromuscular Scoliosis (NNMS)

	FEV ₁	FVC	FEV ₁ /FVC
NNMS	2.06 ± 0.49	2.35 ± 0.60	88.18 ± 7.46
NMS	1.34 ± 0.69	1.45 ± 0.73	93.57 ± 6.02
P value	<0.001	<0.001	<0.001

Values are mean ± SD. P value: student t-test.

Table 4. PFTs of Patients with and without Closed Thoracostomy (CT)

	FEV ₁	FVC	FEV ₁ /FVC
CT	1.27 ± 0.62	1.38 ± 0.73	93.64 ± 5.79
NCT	1.73 ± 0.70	1.93 ± 0.80	90.72 ± 5.79
P value	0.022	0.016	0.15

Values are mean ± SD. CT: patients with thoracostomy, NCT: patients without thoracostomy, P value: student t-test.

Table 5. PFTs of Patients with Prolonged Intubation and Others

	FEV ₁	FVC	FEV ₁ /FVC
PI	1.06 ± 0.48	1.25 ± 0.62	89.83 ± 8.91
NPI	1.71 ± 0.70	1.91 ± 0.81	91.06 ± 7.19
P value	0.035	0.052	0.686

Values are mean ± SD. PI: patients group of prolonged intubation, NPI: patients group of non-prolonged intubation, P value: student t-test.

수술 전 PFTs의 용적은 수술 중 및 수술 후 한가지 이상 호흡기계 합병증이 발생한 환자들의 경우, 합병증이 발생하지 않은 환자들에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다(Table 6). 수술 중 및 수술 후 순환기계 합병증이 발생한 환자들의 수술 전 PFTs의 용적은 수술 중 및 후 순환기계 합병증이 발생하지 않은 환자들에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다(Table 7). 수술 중 및 후 호흡기 또는 순환기계 합병증이 발생한 환자들의 수술 전 PFTs의 용적은 합병증이 발생하지 않은 환자들에 비해 유의하게 낮았다(Table 8).

PFTs의 결과가 합병증 발생에 미치는 영향에 대한 이분형 로지스틱 회귀분석에서, FEV₁의 용적은 수술 중 및 후 호흡기 및 순환기계 합병증 발생률에 통계적으로 유의하게 역의 상관성을 보여주었다($B = -1.270$, $P < 0.001$, Odds ratio = 0.281, binary logistic regression). 또한, FEV₁을 용적에 따라 4개의 군으로 분류하여 각 군의 합병증 발생률을

Table 6. PFTs of Patients with Pulmonary Complication and Others

	FEV ₁	FVC	FEV ₁ /FVC
P_Cx	1.29 ± 0.75	1.45 ± 0.90	91.66 ± 9.03
NP_Cx	1.80 ± 0.65	2.00 ± 0.74	90.82 ± 6.67
P value	<0.001	0.001	0.566

Values are mean ± SD. P_Cx: patients who got more than one pulmonary complication, NP_Cx: patients who didn't get pulmonary complication, P value: student t-test.

Table 7. PFTs of Patients with Cardiovascular Complications and Others

	FEV ₁	FVC	FEV ₁ /FVC
C_Cx	1.27 ± 0.59	1.52 ± 0.79	90.00 ± 7.31
NC_Cx	1.75 ± 0.70	1.93 ± 0.80	91.16 ± 7.25
P value	0.005	0.038	0.516

Values are mean ± SD. C_Cx: patients who got more than one cardiovascular complication, NC_Cx: patients who didn't get cardiovascular complication, P value: student t-test.

Table 8. PFTs of Patients with Complications with Others

	FEV ₁	FVC	FEV ₁ /FVC
Cx	1.33 ± 0.69	1.52 ± 0.86	91.36 ± 8.30
NCx	1.86 ± 0.64	2.05 ± 0.73	90.83 ± 6.69
P value	<0.001	<0.001	0.682

Values are mean ± SD. Cx: patients who got more than one complication, NCx: patients who didn't get more than one complication, P value: student t-test.

Table 9. Complication Rates according to FEV₁

FEV ₁	GNCx (No. of persons)	GCx (No. of persons)	%	P value	Odds ratio
<1 L	9	18	66.7	0.000	8.89
1–1.5 L	17	13	43.3	0.019	3.40
1.5–2 L	28	7	20.0	0.851	1.11
>2 L	40	9	18.4	-	-

GNCx: group without complications, GCx: group more than one complication, P value: binary logistic regression test.

Fig. 1. According to FEV₁, we divided patients into four groups of a group below 1 L, 1–1.5 L, 1.5–2 L, and over 2 L. Intra-, and post-operative cardiopulmonary complication rates of each group were 66.7%, 43.3%, 20.0%, and 18.4%. By same method, patients were divided into four groups according to the volumes of FVC as a group of below 1 L, 1–1.5 L, 1.5–2 L, and over 2 L. Intra-, and post-operative cardiopulmonary complication rates of each group were 70.8%, 37.5%, 33.3%, and 16.7%. Intra-, and post-operative complication rates of a group below 1 L and 1–1.5 L of FEV₁ or FVC volume were increased than that of over 2 L. *P < 0.05 vs. volume > 2 L group, multivariate regression test.

비교한 결과, FEV₁ 2 L 이상인 군과 비교하여 FEV₁이 1 L 미만인 군 및 1–1.5 L인 군에서 통계적으로 유의하게 위험률이 증가하였고, 1.5–2 L 군에서는 통계적으로 유의하지 않았다(Table 9). 여기에, 이전에 문헌 또는 본 연구에서 수술 전 PFT 결과 및 수술 후 합병증 발생률에 영향을 미치는 것으로 기술된 NMS 여부, Cobb 각의 정도, 총 마취시간, 체중에 대한 추정출혈량 등의 영향을 보정하기 위하여 다변량 로지스틱 회귀분석을 시행한 결과, FEV₁이 1 L 미만인 군에서 2 L 이상인 군에 비해 5.15배 위험률이 증가하는 것으로 나타났다(B = 1.639, P < 0.05, multivariate logistic regression). FEV₁이 1–1.5 L인 군에서는 차이가 통계적으로

Table 10. Complication Rates according to FVC

FVC	GNCx (No. of persons)	GCx (No. of persons)	%	P value	Odds ratio
<1 L	7	17	70.8	0.000	12.14
1–1.5 L	15	9	37.5	0.044	3.00
1.5–2 L	22	11	33.3	0.070	2.50
>2 L	50	10	16.7	-	-

GNCx: group without complications, GCx: group more than one complication, P value: binary logistic regression test.

유의하지 않았다(P = 0.272) (Fig. 1).

FVC의 용적은 수술 중 및 후 호흡기 및 순환기계 합병증 발생률에 통계적으로 유의하게 역의 상관성을 보여주었다(B = -0.901, P < 0.001, Odds ratio = 0.406, binary logistic regression). 또한, FVC를 용적에 따라 4개의 군으로 분류하여 각 군의 합병증 발생률을 비교한 결과, FVC가 2 L 이상인 군과 비교하여 FVC가 1 L 미만인 군 및 1–1.5 L인 군에서 통계적으로 유의하게 위험률이 증가하였고, 1.5–2 L 군에서는 통계적으로 유의하지 않았다(Table 10). FVC 용적에 대하여서도 FEV₁과 마찬가지로, NMS 여부, Cobb 각의 정도, 총 마취시간, 체중에 대한 추정출혈량 등의 영향을 보정하기 위하여 다변량 로지스틱 회귀분석을 시행한 결과, FVC가 1 L 미만인 군은 2 L 이상인 군에 비해 8.0배 위험률이 증가하는 것으로 나타났다(B = 2.079, P < 0.001, multivariate logistic regression). FVC가 1–1.5 L인 군에서는 차이가 통계적으로 유의하지 않았다(P = 0.415) (Fig. 1). FEV₁/FVC 비의 합병증 발생률에 대한 영향은 통계적으로 유의하지 않았다(P = 0.451, binary logistic regression).

고 찰

척추측만증의 원인은 크게 신경근성 척추측만증(neuromuscular scoliosis, NMS)과 비신경근성 척추측만증(non-neuromuscular scoliosis, NNMS)으로 나눌 수 있다. NMS는 뇌성 마비(cerebral palsy, CP), 뒤시엔느형 근이영양증(Duchenne type muscular dystrophy, DMD)과 척수 근육 위축증(spinal muscular atrophy, SMA)이 원인인 경우가 흔하며, NNMS는 선천성(congenital) 또는 특발성 척추측만증(idiopathic scoliosis, IS)이 흔하다[3].

척추측만증 교정 수술 시 호흡기 및 순환기계 합병증은 생명을 위협할 수 있는 중대한 합병증으로 분류될 수 있으므로, 본 연구에서 이를 조사해 본 결과 NMS의 교정수술 시 호흡기 및 순환기계 합병증의 발생률이 NNMS의 합병증 발생률보다 높음을 확인할 수 있었고, 수술 전 시행한 PFTs

에서 FEV₁ 용적이 1.5 L 미만인 경우, FVC 용적이 1.5 L 미만인 경우에 척추측만증 교정 수술 중 및 후 합병증이 증가하는 것을 알 수 있었으며, 특히 FEV₁ 또는 FVC 용적이 1 L 미만인 경우에는 더욱 위험성이 증가하는 것을 알 수 있었다. 그 이유로 생각해 볼 수 있는 요인으로서는 NMS 중 DMD가 골격근 뿐만 아니라 평활근과 심근에도 영향을 미치기 때문에[10], 폐기능과 심장 기능에 많은 영향을 미치게 되고, NNMS 환자보다 PFTs 결과에서 FEV₁ 및 FVC의 용적이 적고, 수술 중 및 후의 합병증 발생률이 높아지기 때문인 것으로 생각한다.

호흡기계 합병증 중 기관 내 튜브 발관의 지연은 그 기준 시간이 8시간[11]에서 3주[12]까지 다양하지만, 그 목적에 따라 중환자실 환자에서 호흡부전 치료 목적이라면 1-2주 이상을 기준으로 설정하는 것이 합리적일것으나[13], 본 연구에서와 같이 수술 직후 호흡기능 저하 및 합병증 관리를 보기 위해서는 이보다 짧은 시간을 기준으로 관찰하는 것이 유용할 것이다. 본 연구에서는 수술 후 12시간 이상 기관내 튜브 발관이 지연된 경우를 그렇지 않은 경우와 비교하였으며, 그 결과 12시간 이상의 발관이 지연된 경우가 수술 중 및 후 호흡기계 합병증의 발생률이 증가함을 확인하였고, 여러 호흡기계 합병증이 중복되어 발생(4/6, 66.7%) 함이 관찰되었다.

PFTs의 합병증에 대한 임상적 예측성에 대해서는 논란이 많이 있었다. Carreon 등[1,7]은 수술 전 PFTs의 결과가 IS 교정수술 후 합병증에 영향을 미치지 않는다고 하였다. 이는 이 논문의 대상이 되는 IS의 수술 후 합병증의 발생률이 높지 않기 때문으로 생각된다. 이 논문의 총 합병증 발생률 15.4%이었고, 이 중에서 호흡기계 합병증 발생률은 1.42%로 비교적 낮은 비율이었기에 연관성을 찾기 못한 것으로 생각한다. 본 연구에서도 IS 환자들의 교정 수술 중 및 수술 후 합병증의 발생률은 17.2%로 NMS의 47.3%에 비하여 비교적 높지 않음을 알 수 있었다. Vedantam 등[7]도 합병증 발생률이 낮은 IS 환자를 대상으로 하였고, 수술 전 PFTs 결과가 대부분(72.9%) 정상 범위에 속하였기에 수술 전 PFTs 결과와 수술 후 합병증의 연관성이 없던 것으로 생각한다. 실제로 본 연구 대상에서도 NNMS 환자들의 PFTs 결과가 수술 후 호흡기 및 심혈관계 합병증에 미치는 영향은 통계적으로 유의하지 않았다($P > 0.05$, binary logistic regression).

Zhang 등[9]은 수술 전 PFTs의 결과를 정상과 비정상군으로 나누어 합병증 발생률을 비교하여, 연관성을 입증하지 못하였으나, 비정상 군을 기대치에 대한 FVC의 비에 따라 60-80%, 40-60%, 40% 미만의 세 군으로 나누어 각각의 합병증 발생률이 2.72%, 7.40%, 31.6%로 증가하는 경향을 보이고 PFTs의 결과가 합병증 발생에 영향을 미친다고 결론지

었다. 환자를 여러 군을 나누어, 용적의 감소에 비례하여 합병증의 발생률이 증가함을 보인 점은 유사하나, 본 연구에서는 정상군에 비하여 통계적으로 유의하게 증가함을 입증하였다.

Marsh 등[8]에 따르면 DMD 환자의 교정 수술 시 FVC가 기대치의 20-30% 이하로 감소될 경우 수술의 합병증의 위험도를 높인다고 보고하였고, 그 외에, 40% 이하로 감소될 때, 수술 합병증의 위험도를 높인다는 보고도 있었다[14,15]. PFTs를 비교할 때, 기대치에 대한 백분율 값으로 평가하는 방법은 본 연구의 척추측만증 환자인 경우에 휘어져 있는 척추로 인해 실제 신장을 측정하기 어렵고, 측정하더라도 실제로 비교하는 기대치가 적게 계산될 가능성이 크다. 또한, 기대치에 비교한 백분율을 이용하여 수술 위험성을 판단할 때, 아직까지 제시된 기준이 명확하지 않아서 임상적으로 판단하기에 어렵다는 단점이 있다. 문헌에 따르면 FEV₁이 기대치의 50% (1.2-1.5 L) 이하에서 운동시 호흡곤란이 나타나며 25%(1 L) 이하에서 활동의 제한이 흔히 동반된다고 한다[16]. Miller 등[17]에 따르면, FEV₁이 1 L 이상일 경우 폐엽 절제술이 가능하고, 2 L 이상에서 전폐절제술이 가능하다고 기술하고 있다. 이러한 문헌을 참고로 본 연구에서는 FEV₁과 FVC를 기대치에 대한 비율로 군을 나누지 않고 1 L, 1.5 L, 2 L의 용적으로 각각 군을 분류해 보았다. 그 결과 FEV₁과 FVC에서 모두 1 L 미만의 군 및 1-1.5 L 인 군에서 2 L 이상의 군에 비하여 합병증의 발생률이 통계적으로 유의한 차이를 보였으나, 1.5-2 L의 군에서는 통계적 유의성을 보이지 못하였다. FEV₁ 용적이 1.5-2 L인 군과 2 L 이상인 군의 수술 중 또는 후의 합병증 발생률이 각각 20.0%와 18.4%로 차이가 뚜렷하지 않으므로, 이 범위에서는 FEV₁ 용적이 합병증 발생률 증가에 유의한 차이를 보이지 못한 것으로 생각한다. 이에 비하여, FVC 용적의 경우, 1.5-2 L인 군과 2 L 이상인 군의 수술 중 또는 후의 합병증 발생률이 각각 33.3%와 16.7%로 FEV₁ 용적의 경우보다 큰 차이를 보이므로, 앞으로 다른 연구에서는 유의한 결과를 얻을 수도 있을 것으로 생각한다.

FEV₁/FVC 비에서 70% 이하의 폐쇄성 폐질환 양상을 보인 환자는 2명에 불과하고, NMS는 대부분 제한성 폐질환으로 이환 됨을 고려하여, 본 연구에서는 70% 이상만을 대상으로 FEV₁/FVC 비와 합병증 발생 사이의 연관성을 이분형 로지스틱 회귀분석을 한 결과, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 실제로 수술 중 및 후에 합병증이 발생한 경우 FEV₁/FVC 비는 평균 91.4 ± 8.3 으로 발생하지 않은 경우의 평균 90.8 ± 6.7 에 비교해서 차이가 거의 없었다($P = 0.704$, student t-test). 이는 제한성 폐질환의 중증도보다는 폐 용적의 실제 변화가 수술 중 및 수술 후 합병증의 발생에 더 중요한 요소로 작용할 수 있다는 의미가 있

는 것으로 생각한다. 본 연구 결과, 실제로 수술 중 및 후에 폐쇄 흉관 삽관술을 시행한 경우, 수술 후 12시간 이상 기관내 튜브 발관이 지연되는 경우, 수술 중 순환기계 합병증이 발생한 환자 군에서 이러한 합병증이 발생하지 않은 군에 비하여 FEV₁의 용적이 통계적으로 유의하게 낮은 것에 비하여, FEV₁/FVC의 비는 유의하지 않았다. 이는 수술 중 혹은 직후에 나타날 수 있으며 이환율이나 사망률과 연관되는 호흡기 및 순환기계 합병증(중등도 내지 중증)의 발생을 예측할 수 있는 방법으로 FEV₁의 실제 용적을 유용하게 참고할 수 있다는 것을 의미한다고 생각한다.

본 연구에서 수술 전 위험 인자로 다루어진 신경근성 척추측만증 환자나, 수술 전 PFTs에서 FEV₁ 또는 FVC가 1 L 이하로 감소한 환자는 수술 동안 면밀한 관찰을 유지해야 하고, 수술이 끝난 직후 초기 폐 합병증을 미리 예기할 수 있으며, 기관내 튜브의 발관 지연[14,18] 혹은 호흡 보조[19] 등의 임상 과정을 준비해야 할 것이다. 마취 중에는 수술 중 pulmonary artery catheterization 등으로 미리 폐동맥압을 지속 관찰하는 방법[20] 등이 도움이 될 수 있을 것이다.

결론적으로, 척추측만증 교정수술 시 호흡기 및 순환기계 합병증의 발생률은 FEV₁ 또는 FVC 값이 1 L 이하인 환자에서 현저하게 증가하였다. FEV₁/FVC 비는 합병증의 발생을 예측하는데 기여하지 않았다. 척추측만증 교정수술은 수술 중 수술에 참여한 많은 인원의 팀워크를 필요로 하고, 수술 중 주의를 요하며, 수술 후 많은 합병증을 유발하는 위험한 수술이므로 이로 인한 합병증에 대한 예측성 연구는 수술 전 환자 평가 및 치료 방법의 선택과 수술 중 환자 관리 및 수술 후 환자 관리에 중요할 것이다. 또한, 척추측만증 수술 뿐 아니라 다른 모든 수술 중 또는 후의 위험률을 판단하고 예방하는 데 도움을 줄 것으로 생각한다.

REFERENCES

- Carreon LY, Puno RM, Lenke LG, Richards BS, Sucato DJ, Emans JB, et al. Non-neurologic complications following surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 2427-32.
- Mohamad F, Parent S, Pawelek J, Marks M, Bastrom T, Faro F, et al. Perioperative complications after surgical correction in neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop* 2007; 27: 392-7.
- Janicki JA, Alman B. Scoliosis: review of diagnosis and treatment. *Paediatr Child Health* 2007; 12: 771-6.
- Manzur AY, Kinali M, Muntoni F. Update on the management of Duchenne muscular dystrophy. *Arch Dis Child* 2008; 93: 986-90.
- Girardi FP, Boachie-Adjei O, Burke SW, Rawlins BA. Surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis: a comparative study of two segmental instrumentation systems. *J Spinal Disord* 2001; 14: 46-53.
- Toussaint M, Steens M, Soudon P. Lung function accurately predicts hypercapnia in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Chest* 2007; 131: 368-75.
- Vedantam R, Crawford AH. The role of preoperative pulmonary function tests in patients with adolescent idiopathic scoliosis undergoing posterior spinal fusion. *Spine* 1997; 22: 2731-4.
- Marsh A, Edge G, Lehovskey J. Spinal fusion in patients with Duchenne's muscular dystrophy and a low forced vital capacity. *Eur Spine J* 2003; 12: 507-12.
- Zhang JG, Wang W, Qiu GX, Wang YP, Weng XS, Xu HG. The role of preoperative pulmonary function tests in the surgical treatment of scoliosis. *Spine* 2005; 30: 218-21.
- Morris P. Duchenne muscular dystrophy: a challenge for the anaesthetist. *Paediatr Anaesth* 1997; 7: 1-4.
- Partik BL, Scharitzer M, Schueller G, Voracek M, Schima W, Schober E, et al. Videofluoroscopy of swallowing abnormalities in 22 symptomatic patients after cardiovascular surgery. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 180: 987-92.
- Berlaak JF. Prolonged endotracheal intubation vs. tracheostomy. *Crit Care Med* 1986; 14: 742-5.
- Kil HK, Shin YS, Koh SO. Clinical experience of complications from prolonged endotracheal intubation. *Korean J Anesthesiol* 1987; 20: 363-9.
- Yuan N, Skaggs DL, Dorey F, Keens TG. Preoperative predictors of prolonged postoperative mechanical ventilation in children following scoliosis repair. *Pediatr Pulmonol* 2005; 40: 414-9.
- Rawlins BA, Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Kubic PT, Wheeler WB, et al. Reconstructive spine surgery in pediatric patients with major loss in vital capacity. *J Pediatr Orthop* 1996; 16: 284-92.
- Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ. 4th ed. *Clinical Anesthesiology* 1996, pp 571-84.
- Miller JI, Grossman GD, Hatcher CR. Pulmonary function test criteria for operability and pulmonary resection. *Surg Gynecol Obstet* 1981; 153: 893-5.
- Liu Z, Qiu Y, Wang B, Yu Y, Zhu ZZ, Qian BP, et al. Correlation between preoperative pulmonary function, method of surgical approach with postoperative time of tracheal extubation in patients with scoliosis. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 2007; 45: 1405-7.
- Nørregaard O, Jensen TM, Vindelev P. Effects of inspiratory pressure support on oxygenation and central haemodynamics in the normal heart during the postoperative period. *Respir Med* 1996; 90: 415-7.
- Gambrall MA. Anesthetic implications for surgical correction of scoliosis. *AANA J* 2007; 75: 277-85.