

횡격막 신경 차단 후 횡격막 위치 및 운동의 변화

최 종 범* · 김 상 수** · 양 현 응* · 이 삼 윤* · 최 순 호*

=Abstract=

Change of Diaphragmatic Level and Movement Following Division of Phrenic Nerve

Jong Bum Choi, M.D.*, Sang Soo Kim, M.D.**, Hyun Woong Yang, M.D.*
Sam youn Lee M.D.*, Soon Ho Choi, M.D.*

Background : Diaphragm is innervated by phrenic nerve and lower intercostal nerves. For patients with avulsion injury of brachial plexus, an in situ graft of phrenic nerve is frequently used to neurotize a branch of the brachial plexus. We studied short-term and mid-term changes of diaphragmatic level and movement in patients with dissection of phrenic nerve for neurotization. **Material and Method :** Thirteen patients with division of either-side phrenic nerve for neurotization of musculocutaneous nerve were included in this study. With endoscopic surgical procedure, the intrathoracic phrenic nerve was entirely dissected and divided just above the diaphragm. The dissected phrenic nerve was taken out through thoracic inlet and neck wound and then anastomosed to the musculocutaneous nerve through a subcutaneous tunnel. With chest films and fluoroscopy, levels and movements of diaphragm were measured before and after operation. **Result :** There was no specific technical difficulty or even minor postoperative complications following endoscopic division of phrenic nerve. After division of phrenic nerve, diaphragm was soon elevated about 1.7 intercostal spaces compared with the preoperative level, but it did not show paradoxical motion in fluoroscopy. More than 1.5 months later, diaphragm returned downward close to the preoperative level (average level difference was 0.9 intercostal spaces; p=NS). Movement of diaphragm was not significantly decreased compared with the preoperative one. **Conclusion :** After division of phrenic nerve, the affected diaphragm did not show a significant decrease in movement, and the elevated diaphragm returned downward with time. However, the decreased lung volumes

*원광대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Wonkwang University School of Medicine, Iksan, Jeonbuk, Korea.

**원광대학교 의과대학 정형외과학교실

Department of Orthopedic Surgery, Wonkwang University School of Medicine, Iksan, Jeonbuk, Korea.

† 본 내용은 1999년 대한 흉부외과학회 제 31차 추계학술대회에서 구연되었음.

‡ 이 논문은 2000년도 원광대학교 의과학연구소 지원에 의해서 연구됨.

논문접수일 : 2002년 7월 30일 심사통과일 : 2002년 9월 27일

책임저자 : 최종범(570-711) 전북 익산시 신용동 344-2번지, 원광의료원 흉부외과. (Tel) 063-850-1275, (Fax) 063-857-0252

E-mail : jobchoi@wonkwang.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

in the last spirometry suggest the decreased inspiratory force following partial paralysis of diaphragm.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2002;35:730-5)

Key words : 1. Diaphragm
2. Phrenic nerve
3. Diaphragmatic, physiopathology
4. Diaphragmatic eventration
5. Endoscopic surgical procedure

서론

횡격막 신경은 횡격막의 호흡운동을 불수의적으로 지배하는 신경으로 주로 횡격막 대부분의 운동기능을 담당하고 있다. 최근 들어 상완신경총의 적출손상 후 상지의 기능을 어느 정도 회복시키고자 신경이식편이 필요하여 신경재생수술을 시행하는 일부의사들에 의해 횡격막에서 분리된 횡격막 신경이 상지의 신경에 연결하는 이식편으로 이용되고 있다^{1, 2)}. 이러한 수술은 주로 동양과 유럽의 일부의 국가들에서 시행되고 있고 서양에서는 거의 시행되고 있지 않아 향후 횡격막 기능에 미치는 영향에 대한 문헌이 거의 없다. 저자들은 상완신경총의 적출 손상을 가진 환자에서 근피부신경의 재생을 위해서 횡격막 신경을 신경 이식편으로 사용한 환자에서 일측의 횡격막 신경의 분리 후에 일어나는 횡격막의 위치 및 운동의 변화를 알고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

1999년 1월부터 1999년 8월까지 횡격막 신경을 박리 절단하여 신경이식편으로 사용했던 13예의 상완신경총 손상환자를 대상으로 하였다(Table 1). 수술 전 모든 환자에게 횡격막 신경의 박리 및 분리에 따르는 횡격막 운동 저하를 설명한 뒤에 횡격막 신경을 이용하여 근피부 신경의 재생술을 시행하였다. 본 대상 환자는 모두 남자였고, 평균 연령은 28.0±10.1세(범위, 16~52세)로 대부분이 건장한 청년층이었다.

2. 수술방법

이중관(double-lumen)을 가진 기관관을 삽관하여 전신마취를 하였고 경부의 절개를 위해 양 견갑골 아래에 스폰지를 받혀 머리를 수술 측의 반대쪽으로 젖혔다. 흉강경은 전액와선 상의 3번째 늑간을 통해 넣었고, 2번째 늑간의 전액와선 바로 안쪽과 흉골연에서 1인치 정도 떨어진 부위의 두 곳에 각각 1.0 cm의 절개를 가하여 흉강 내로 통하는 구멍을 만들

Table 1. Patient profiles.

Patient No (male/female)	13 (13/0)	
Period of operation	Jan 1999 - Aug 1999	
Age (yrs)	28 ± 10.1 (range, 16-52 yrs)	
Side of brachial plexus (right/left)	11/2	
Accident types	Motorcycle	6
	Automobile	2
	Other	5
Type of neurotization	13	
Long phrenic N to musculocutaneous N	13	
Spinal accessory N to suprascapular N	10	
4th intercostal N to thoracodorsal N	3	
Postoperative follow-up (months)	6.2 ± 2.7 (1-8 months)	

N, Nerve ; Yrs, Years.

어 grasper와 right-angled clamp 등의 내시경 수술기구를 넣어 수술하였다. 횡격막 신경을 덮고 있는 종격동 흉막의 박리로만 횡격막 신경은 심막으로부터 쉽게 분리되었다. 쇄골 직상방에 수 cm의 절개선으로 scalenus anticus 근을 노출시키고 횡격막 신경을 따라 흉강 내로 터널을 만든 다음 심막 및 흉강 침부에서 횡격막 신경을 박리하였다. 횡격막 신경을 횡격막의 1~2 cm 상방에서 절단하여 경부 절개선을 통해 횡격막 신경을 흉강 밖으로 빼내어 피하조직의 터널을 통해 동측의 손상된 근피부신경에 연결하였다(Fig. 1). 수술 직후 엑스선 투시 검사(fluoroscopy)와 흉부엑스선 촬영으로 횡격막의 운동 상태를 확인하고 흡기 시와 호기 시에 횡격막의 위치 변화를 수술 전과 후에 관찰하였다(Fig. 2-4). 퇴원 후 외래 추적 기간동안에 흉부엑스선 촬영으로 수술 측의 횡격막 위치와 운동정도를 수술 직후와 비교하였다. 횡격막의 높이는 흉부엑스선에서 반대측의 정상적인 횡격막의 위치 및 수술 전 동측의 횡격막 위치와 비교 하여 늑간 0.5 간격을 측정 단위로 하여 횡격막 높이의 변화를 측정하였다.

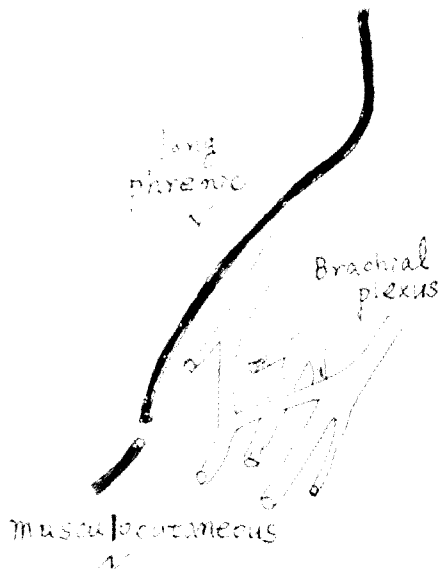
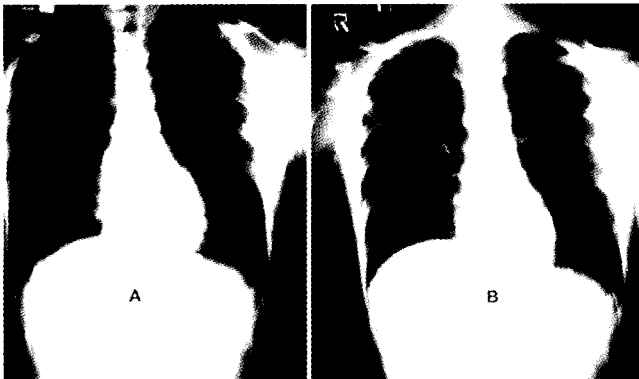


Fig. 1. Neurotization of musculocutaneous nerve using a long phrenic nerve.



(A) Inspiratory end (B) Expiratory end.
Fig. 2. Preoperative chest x-ray films.

3. 통계처리

횡격막 위치 및 운동 범위, 폐활량의 비교를 위해 SPSS 한글 7.5 프로그램의 대응 2-표본 비모수 검정(양측)(nonparametric tests, 2-related samples)이 이용되었다.

결 과

대상 환자 모두에서 1 cm 길이의 3개의 절개창을 통해 내시경 방법으로 횡격막 신경을 박리할 수 있었으며 박리된 횡격막 신경의 길이는 쇄골 상연으로부터 약 12~16 cm였다. 3예에서 흉부손상의 과거력 때문에 늑막 유착이 있었으나

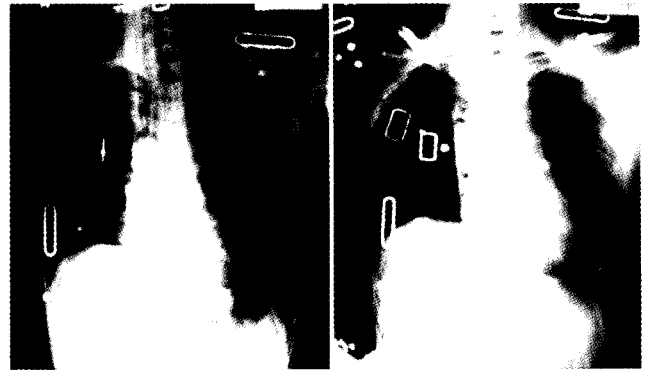


Fig. 3. Chest films immediately after division of right phrenic nerve. Diaphragm was elevated at the expiratory end (left) and the inspiratory end (right).



Fig. 4. Chest films more than 1.5 months after division of the right phrenic nerve. Diaphragm was returned close to the preoperative level at the expiratory end (left) and the inspiratory end (right).

횡격막 신경의 박리에 어려움은 없었다. 내시경하 박리시 심막-횡격막혈관(pericardiacophrenic artery and vein)이 손상되지만 그로 인한 출혈 문제는 없었고 모든 환자에서 수술 후 2 일째에 흉관을 제거할 수 있었다. 수술 직후 및 퇴원 후의 추적 엑스선 투시 검사에서 횡격막의 기이운동은 없었으며 횡격막 신경이 차단된 횡격막도 흡기 시 반대측의 건강한 횡격막과 같은 운동방향을 보였다. 흉부 엑스선 촬영에서 완전 흡기 말의 흉부엑스선 검사에서 횡격막 신경 박리 전에 평균 9.9 ± 0.8 늑간 높이였던 횡격막이 신경 박리 직후에는 8.2 ± 0.9 늑간 높이로 횡격막이 올라가 있었다($p < 0.001$) (Table 2, Fig. 3). 수술 후 1.5개월 내에 흉부엑스선을 촬영한 6예의 환자에서는 횡격막 높이가 8.8 ± 0.7 늑간으로 수술 전의 10.0 ± 0.4 늑간에 비해 횡격막이 여전히 올라가 있는 상태였으나($p < 0.05$)(Fig. 3), 수술 후 1.5개월이 지나서 흉부 엑스선을 촬영한 다른 7예에서는 횡격막 높이가 8.1 ± 1.0

Table 2. Preoperative and postoperative intercostal levels of diaphragm at the expiratory end.

	Total (n=13)	Postop < 1.5 Ms (n=6)	Postop > 1.5 Ms (n=7)
Preop level (ICS)	9.9 ± 0.8	10.0 ± 0.4	9.0 ± 0.8
Postop level (ICS)	8.2 ± 0.9	8.8 ± 0.7	8.1 ± 1.0
	* p < 0.001	* p < 0.05	* p = NS

ICS, Intercostal spaces ; Ms, Months ; NS, Not significant ; Postop, Postoperative ; Preop, Preoperative.
* Nonparametric tests (2-related samples).

Table 3. Movement of diaphragm during follow-up

	Postop < 1.5 mons (n=6)	Postop > 1.5 mons (n=7)
Healthy side (ICS)	1.1 ± 0.6	1.2 ± 0.4
Op side (ICS)	0.7 ± 0.5	0.9 ± 0.6

ICS, Intercostal spaces ; Op, Operative ; Postop, Postoperative.

Table 4. Spirometric changes after division of phrenic nerve (n = 7)

	Preop	Postop 7 day	Postop > 1.5 mons
FVC (liter)	4.84 ± 0.48	3.18 ± 0.45 (*p=0.018)	3.45 ± 0.35 (*p=0.068)
FEV1 (liter)	4.22 ± 0.21	3.14 ± 0.15 (*p=0.043)	3.29 ± 0.29 (*p=0.1)
FEV1/FVC(%)	86.4 ± 9.0	91.4 ± 5.0 (*p=0.043)	91.7 ± 8.7 (*p=1.0)

* p values in nonparametric test (2-related samples) vs. preop data.

늑간으로 수술 전 9.0±0.8 늑간에 비해 유의한 차이가 없어 (p = NS) 원래의 위치 가까이 내려와 있음을 보였다(Fig. 4). 횡격막 운동 범위는 수술 후 1.5개월 이내에 검사된 6예에서 0.7±0.5 늑간의 운동범위로 건강한 반대측의 1.1±0.6 늑간의 운동범위에 비해 통계적 차이가 없었고(p = NS), 수술 후 1.5개월이 지난 다른 7예에서도 그 운동범위가 0.9±0.6 늑간으로 반대 측의 운동범위(1.2±0.4 늑간)에 비해 통계적 차이가 없어(p = NS) 횡격막 신경 차단 후에도 횡격막의 호흡운동이 유지되고 있는 것으로 나타났다(Table 3).

폐기능 검사에서 FVC와 FEV₁는 각각 수술 전 측정치인 4.84±0.48 L과 4.22±0.21 L에 비해서 수술 직후 3.18±

0.45L(p = 0.018)과 3.14±0.15 L(p = 0.043)로 감소하였고 수술 1.5개월 이후에는 각각 3.45±0.35 L(p = 0.068), 3.29±0.29 L(p = 0.1)로 감소한 양상을 보이면서, FEV₁/FVC는 수술 전 86.4 ±9.0%에 비해 수술 직후 91.4±5.0%(p = 0.043)로 오히려 상승하는 경향이 있어(Table 4) 횡격막 위치나 운동은 어느 정도 회복은 되지만 폐활량은 완전히 회복되지는 않은 결과를 보여준다.

고 찰

횡격막은 성인에서 호흡기능에 관여하는 중요한 근육막으로 일반 호흡시 흡기량의 2/3 이상을 담당하고 있다³⁾. 횡격막 신경의 마비 때 횡격막 운동의 장애로 동측 폐의 흡기력이 감소하여 전반적인 호흡기능이 떨어질 수 있다⁴⁾. 특히 소아의 개심술시 횡격막 신경이 손상되는 경우 소아의 흉벽은 탄성이 크므로 수술 후 호흡부전증 때문에 인공호흡기를 탈거하지 못하거나 무기폐나 폐렴 등의 합병증이 올 수 있다⁵⁾. 그러나 건강한 성인에서 외상으로 일측 횡격막 신경이 손상될 경우 증상이 아주 경하거나 없는 경우가 많다⁶⁾.

일부 신경복원술을 시행하는 의사들은 상완신경총의 근부적출 손상(avulsion injury)을 받은 환자에서 상지의 일부 기능을 회복시키고자 횡격막 신경을 신경 이식편으로 상지의 한 신경에 문합하였다^{1,2)}. 본 저자들도 이런 목적으로 흉곽 내 횡격막 신경을 흉강경 하에서 박리하고 횡격막 가까이에서 분리하여 근피신경에 연결하였다. 이와 같이 횡격막 신경을 인위적으로 절단할 경우 횡격막근이 마비되어 횡격막의 수축기능이 소실된다. 이런 경우 흉벽 손상이 없어 횡격막에 분포된 늑간 신경이 보존된 상태에서 횡격막의 위치 및 운동 상태는 흉벽손상과 횡격막 손상이 동반된 환자의 경우와 다를 수가 있다. 횡격막 신경의 손상 자체로도 횡격막근의 완전한 마비와 횡격막성 내장전위(eventration of diaphragm)가 일어날 수 있다⁷⁾. 그러나 본 논문의 대상 환자들에서 횡격막의 상승이 지속되지 않고 시간이 지나면서 정상 위치에 가깝게 회복되었고 횡격막성 내장전위까지 진행된 경우는 없었다. 횡격막 신경의 손상의 진단 방법들은 개심술 때 발생하는 횡격막신경 손상의 진단 과정에서 잘 제시된바와 같이 흉부 엑스선 촬영^{5,6,8)}, 엑스선 투시검사⁹⁾, 초음파검사⁹⁾, 폐활량 측정법¹⁰⁾ 등이 있다. 본 연구는 신경마비의 진단보다는 횡격막 신경의 절단 상태에서 횡격막의 위치 및 운동범위의 조사가 목적이었기 때문에 수술 전·후의 흉부 엑스선 촬영만으로도 검사가 충분하였다. 일반적으로 횡격막 마비는 신경손상 전에 비해 횡격막이 1.0 늑간 이상 올라간 경우로 정의 한다^{6,8,10,11)}. 본 연구에서는 각 개체의 횡격막 위치 및 운동변화의 정량분석이 어려워 0.5 늑간 범위를 1단위로 하여 측정하였다. 본 연구에서 수술 직후 횡격막 신경이 차단된

쪽의 횡격막이 상당히 올라가 있었으나 이는 횡격막성 내장 전위로 진행하지 않고 1.5개월이 넘어서는 오히려 정상 위치로 회복되고 있었다. 이와 같은 현상에서 수술 직후 상당히 거상된 횡격막이 원래의 위치로 접근하여 차츰 회복되는 것은 마비된 횡격막근의 이완이 진행되지 않고 횡격막근의 긴장 능력을 어느 정도 유지하고 있음을 의미한다. 또 횡격막 신경 차단 직후에도 건강한 반대측의 횡격막의 운동방향과 평행하게 움직이고 역행성 운동은 1예에서도 보이지 않았으며 그 운동범위도 시간이 지날수록 정상에 가깝게 회복되었다.

일측의 횡격막 마비가 있는 경우 수술 직후 무기폐나 흉부감염이 합병될 수 있다고는 하나⁵⁾ 이들은 주로 흉부절개 및 흉관에 의한 통증 때문에 충분히 기침을 못해서 오는 합병증이지 횡격막 신경의 손상 때문이 아니라고 보고하기도 했다⁶⁾. 본 연구의 환자들에서는 흉강경 및 수술기구를 넣기 위한 3개의 소절개 외에는 큰 흉부절개창이 없으므로 그러한 합병증이 없었던 것으로 생각된다. 그러나 횡격막의 위치나 운동이 어느 정도 회복되었음에도 불구하고 폐기능 검사에서는 횡격막 신경 차단 직후부터 상당한 시간이 지나도록 강제폐활량과 분당 강제호기량은 감소되어 있는 상태로 남아있었으며 강제폐활량에 대한 분당 강제호기량의 비율은 정상을 유지하고 있어 구속성 폐질환과 같은 검사소견을 보였다. 이런 소견은 횡격막의 마비 때문에 흡기능력이 떨어져 발생하며¹⁰⁾ 본 연구에서도 횡격막성 내장전위까지는 진행하지 않았지만 횡격막의 어느 정도 거상과 흡기력의 일부 감소가 계속 남아있음을 의미한다. 이러한 폐기능 변화가 건강한 젊은 사람에서는 문제되지 않으나 만성 폐쇄성 폐질환을 가진 환자에서는 폐기능에 더 영향을 미칠 수 있다¹²⁾. 본 연구의 환자들에서 흉벽 손상이 없어서 늑간 신경이 보존되었고 따라서 횡격막 주변부의 기능이 어느 정도 남아 있을 수도 있다. 또 대상 환자들이 대부분 젊은 층이었음을 고려할 때 현재의 감소된 폐기능이 나이가 들면서 폐기능에 더 큰 영향을 줄 수 있음을 배제할 수 없다.

본 연구 대상 환자들 외에 더 많은 환자들에서 동일한 수술을 하여 횡격막의 위치와 운동, 폐기능을 추적하고 있어 향후 더 의미 있는 결과를 기대한다.

결 론

횡격막 신경이 차단되는 경우 수술 직후에는 횡격막의 상당한 거상을 보이지만 시간이 지날수록 정상 위치 가깝게 횡격막 위치가 회복되었다. 성인에서 횡격막 신경의 차단으

로 횡격막의 기이운동은 없었으며 횡격막성 내장전위로도 진행하지 않았다. 그러나 수술 직후부터 상당한 기간이 지나도록 폐활량이 감소되어 있는 소견은 횡격막의 흡기 능력이 회복되지 않음을 추정할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Gu YD, Ma MK. *Use of the phrenic nerve for brachial plexus reconstruction.* Clin Orthop 1996;323:119-21.
2. Sungpet A, Suphachatwong C, Kawinwonggowith V. *Restoration of shoulder abduction in brachial plexus injury with phrenic nerve transfer.* Aust N Z J Surg 2000 ;70:783-5.
3. Netter FH. *Physiology. In: Volume 7 Respiratory System of The Ciba Collection of Medical Illustrations.* New York: Ciba-Geigy Co. 1979:47.
4. Dimopoulou I, Daganou M, Dafni U, et al. *Phrenic nerve dysfunction after cardiac operations: electrophysiologic evaluation of risk factors.* Chest 1998;113:8-14.
5. Mickell JJ, Oh KS, Siewers RD, Galvis AG, Fricker FJ, Mathews RA. *Clinical implications of postoperative unilateral phrenic nerve paralysis.* J Thorac Cardiovasc Surg 1978;76:297-304.
6. Abd AG, Braun NM, Baskin MI, O'Sullivan MM, Alkatis DA. *Diaphragmatic dysfunction after open heart surgery: treatment with a rocking bed.* Ann Intern Med 1989;111:881-6.
7. Moinuddeen K, Baltzer JW, Zama N. *Diaphragmatic eventration : an uncommon presentation of a phrenic nerve schwannoma.* Chest 2001;119:1615-6.
8. Wheeler WE, Rubis LJ, Jones CW, Harrah JD. *Etiology and prevention of topical cardiac hypothermia-induced phrenic nerve injury and left lower lobe atelectasis during cardiac surgery.* Chest 1985;88:680-3.
9. DeVita MA, Robinson LR, Rehder J, Hattler B, Cohen C. *Incidence and natural history of phrenic neuropathy occurring during open heart surgery.* Chest 1993;103:850-6.
10. Wilcox P, Baile EM, Hards J, et al. *Phrenic nerve function and its relationship to atelectasis after coronary artery bypass surgery.* Chest 1988;93:693-8.
11. Witt G, Bucheler E, Grabbe E, Darup J. *Left sided changes in thoracic x-rays follow-ups after cardiac surgery.* Roentgenology 1982;36:90-2.
12. Cohen AJ, Katz MG, Katz R, Mayerfeld D, Hauptman E, Schachner A. *Phrenic nerve injury after coronary artery grafting: is it always benign?* Ann Thorac Surg 1997;64:148-53.

=국문초록=

배경 및 목적 : 횡격막은 횡격막 신경과 동측의 하 흉벽 늑간신경의 지배를 받는다. 상완신경총의 적출 손상을 가진 환자에서 신경총의 일부 신경의 신경이식술에 횡격막 신경의 신경 이식편이 종종 이용된다. 이와 같이 횡격막 신경이 신경이식편으로 사용된 환자에서 횡격막 신경의 탈신경으로 인하여 발생하는 횡격막의 위치 및 운동의 변화를 연구하였다. **대상 및 방법** : 어제의 둔상으로 상완신경총의 적출 손상 때문에 동측의 횡격막 신경으로 근피부신경에 신경이식술을 시행한 13예를 대상으로 하였다. 흉강경 수술방법으로 흉강 내 횡격막 신경을 박리하고 횡격막 바로 위에서 횡격막 신경을 절단하여 경부 절개창을 통해서 외부로 끌어낸 다음 피하 터널을 통해서 동측의 근피부신경에 이식하였다. 엑스선 투시검사와 흉부 엑스선 촬영으로 수술 전후의 횡격막 위치 및 운동 상태를 조사하였다. **결과** : 흉강경을 이용하여 횡격막 신경을 박리 절단하는데 기술적 어려움이나 경미한 합병증도 없었다. 횡격막 신경의 절단 직후에는 횡격막이 평균 1.7 늑간 정도 올라가 있었으나, 엑스선 투시검사서 흡기시 횡격막의 역행성 운동은 보이지 않았다. 1.5개월 이후의 엑스선 검사에서 횡격막의 위치는 수술 전에 비해 유의한 차이 없을 정도(평균 0.9 늑간 차이; $p = NS$)로 복원되었다. 횡격막 신경의 절단으로 횡격막의 운동 범위는 탈신경 전에 비해 유의한 차이가 없었다. **결론** : 횡격막 신경의 차단으로 인한 탈신경 후 횡격막의 운동기능은 남아 있었으며 횡격막의 위치는 시간이 경과함에 따라 어느 정도 회복되는 현상을 보였다. 그러나 폐활량이 계속 감소된 소견은 횡격막의 흡기력이 완전히 회복되지 않았음을 추정할 수 있다.