

Nuss 술식에 기초한 누두흉의 최소 침습 수술: 수술 수기의 개발 및 322예의 조기 성적

박형주* · 송철민* · 허 균* · 전철우* · 장원호*
박한규* · 이석열* · 이철세* · 엄 욱* · 이길노*

= Abstract =

Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum Based on the Nuss Principle: An Evolution of Techniques and Early Results on 322 Patients

Hyung Joo Park, M.D.*, Cheol Min Song, M.D.*, Keun Her, M.D.*, Cheol Woo Jeon, M.D.*
Wonho Chang, M.D.*, Han-Gyu Park, M.D.*, Seock Yeol Lee, M.D.*
Cheol Sae Lee, M.D.*, Wook Youm, M.D.*, Kihl Roh Lee, M.D.*

Background: The Nuss procedure is a recently developed technique for minimally invasive repair of pectus excavatum using a metal bar. Although its technical simplicity and cosmetic advantages are remarkable, applications have been limited to children with standard pectus excavatum. We report a single center experience of the technique that has been evolving in order to correct asymmetric pectus configurations and adult patients. **Material and Method:** Between August 1999 and June 2002, 322 consecutive patients underwent repair by the Nuss technique and its modifications. Among them, 71 (22%) were adults. For the precise correction, morphology of the pectus was classified as symmetric and asymmetric types. Asymmetric type was subdivided into eccentric and unbalanced types. In repair, differently shaped bars were applied to individual types of pectus to achieve symmetric correction. **Result:** Symmetric type was 57.5% (185/322) and asymmetric type was 42.5% (137/322). Eccentric, unbalanced, and combined types were 71, 47 and 19, respectively. Major modifications were bar shaping and fixation. In asymmetric group, different shapes of asymmetric bars were applied (n=125, 38.8%). For adult patients, double bar or compound bar technique was used (n=51, 15.8%). To prevent bar rotation, multipoint wire fixations to ribs were used. Major postoperative complications were pneumothorax (n=24, 7.5%) and bar displacement (n=11, 3.4%). 42 patients had bar removal 2 years after the initial procedure. **Conclusion:** The Nuss procedure is safe and effective. Modifications of the techniques in accordance with precise morphological classification enabled the correction of all variety of pectus excavatum including asymmetric types and adult patients.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2003;36:164-174)

Key words: 1. Funnel chest
2. Surgery method

*순천향대학교 흉부외과학교실 및 천안병원

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Soonchunhyang University Chunan Hospital

논문접수일 : 2002년 8월 13일, 심사통과일 : 2003년 1월 15일

책임저자 : 박형주 (330-721) 충남 천안시 봉명동 23-20, 순천향대학교 천안병원 흉부외과

(Tel) 041-570-2192, (Fax) 041-575-9674, E-mail: hyjpark@sch.ac.kr

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

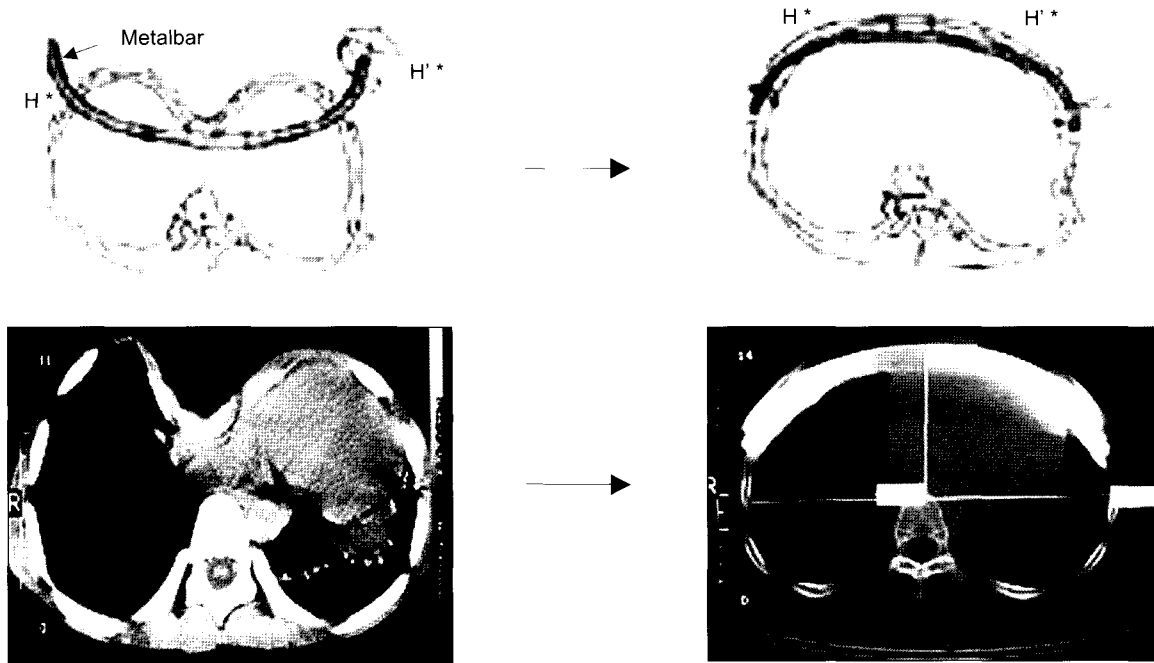


Fig. 1. Principal Technique of the Nuss Procedure: Schematic drawings and CT scans. *H, H; hinge points.

서 론

1997년 미국의 Donald Nuss는 금속막대를 이용한 누두흉의 최소 침습 수술법을 소개하였다¹⁾. 이 수술법은 최근에 일고 있는 외과 수술의 최소 침습화 경향과 맥을 같이하면서 확산되고 있다. 너스 수술법은 수술 상처를 최소화하여 미용 성형의 측면에서 장점이 있다.

저자들은 1999년 8월 국내 최초로 너스 수술법을 도입, 시술한 이래 이 수술법을 발전시켜 왔다. 누두흉의 형태가 매우 다양하였기 때문에 효과적인 교정을 위하여 형태 분류를 하였으며, 이에 따라 각 형태에 맞는 적절한 수술 기법을 적용하였다. 본 연구는 형태별 누두흉에 적용된 몇 가지 새로운 수술 기법과 그 조기 결과를 분석하고자 한다.

대상 및 방법

1999년 8월부터 2002년 6월까지 순천향대학교 천안병원 흉부외과에서 너스 술식에 의한 누두흉 교정수술을 받은 322명의 환자들을 대상으로 임상기록을 후향적으로 분석하였다. 연령은 평균 8세(범위 16개월~46세)였다. 이 중 15세 이하의 소아 환자가 251명(77.9%), 16세

이상의 성인이 71명(22.1%)이었다. 남녀비는 5.3 : 1이었다.

특수 환자군으로서 과거에 타 병원에서 Ravitch나 Wada 등의 수술을 받았으나 흉벽 함몰이 제대로 교정되지 않았던 경우가 10예(post-Ravitch 9예, post-Wada 1예) 있었다. 누두흉은 아니지만 한쪽 흉벽의 발육부전으로 인한 심한 비대칭의 형태를 보인 Poland 증후군 환자 2예가 Nuss의 수술 원칙에 따라 교정수술을 받았다.

2001년 11월부터 막대 삽입수술 후 2년 이상이 경과한 42명의 환자들에게서 막대를 제거하고 최종 결과를 확인하였다.

1) 누두흉의 형태분류

너스 수술법에 의한 누두흉 교정 시 최상의 결과를 얻기 위하여 각각의 흉곽 형태에 맞도록 여러 가지 다른 수술적 접근이 필요하였으므로 Fig. 2와 같이 누두흉의 형태를 분류하였다. 우선 금속막대의 일차적 형태의 결정 요건인 대칭형(symmetry)과 비대칭형(asymmetry)으로 나누었다(Fig. 2). 대칭형은 흉골의 중앙을 중심으로 함몰이 좌우 대칭인 형태이고, 비대칭형은 함몰이 흉골의 중심으로부터 편위되어 있거나 좌우가 비대칭인 경우이다.

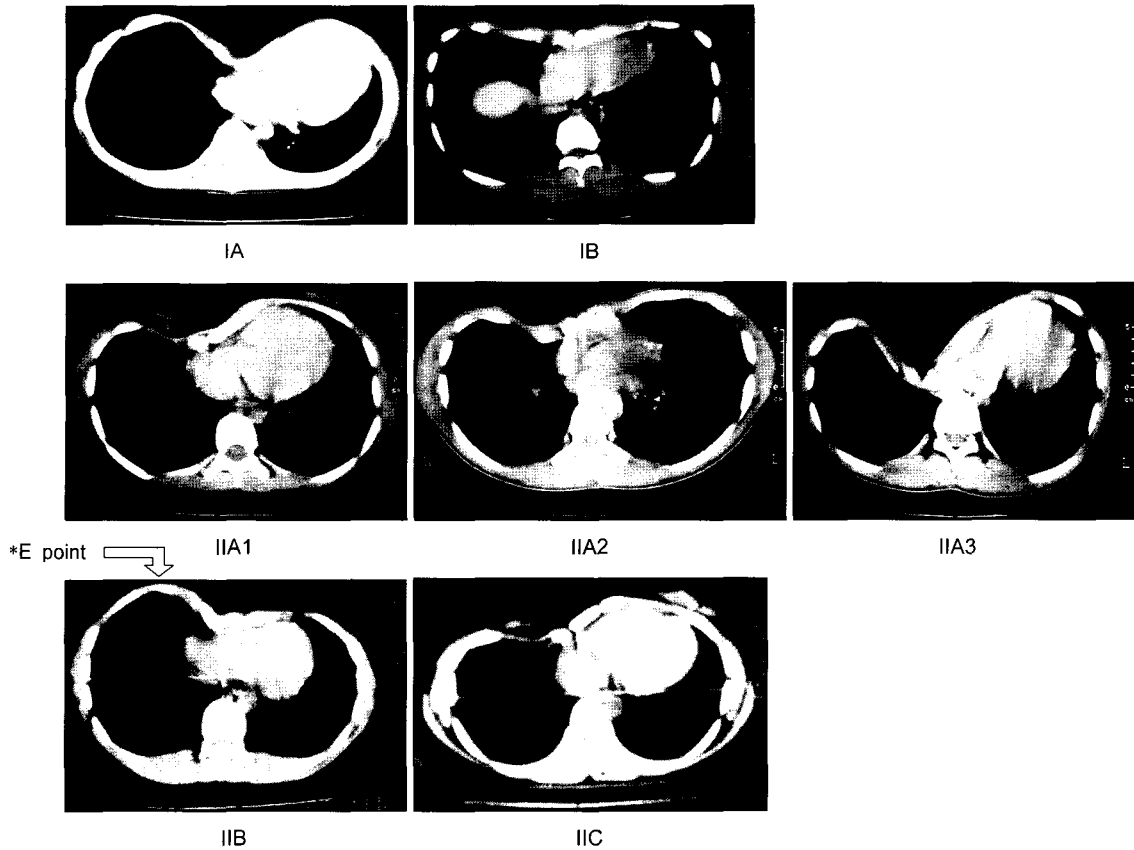


Fig. 2. Morphological classification of pectus excavatum (n=322).

Type I: Symmetric type	185	57.5%	Type II: Asymmetric type	137	42.5%
A: classical	173		A: eccentric	71	
B: broad flat	12		1: focal	33	
			2: broad flat	10	
			3: long canal	28	
			B: unbalanced	47	
			C: combined	19	

*E point; protruded point of chest wall

대칭형(Type 1)은 전형적인 하부 흉골이 함몰된 국소 함몰형(standard type, type 1A)과 흉곽 전면에 걸쳐 넓게 함몰된 광범위형(broad-flat type, type 1B) 등의 아형(subtype)으로 나누었다(Fig. 2).

비대칭형(Type 2)은 편심형(偏心形, eccentric type, type 2A)과 불균형형(不均衡形, unbalanced type, type 2B), 그리고 복합형(combined type, type 2C)으로 나누었다. 편심형은 누두흉의 중심 즉 함몰이 가장 깊은 부위가 흉골의 중앙에서 좌 또는 우측으로 치우쳐 있는 형태이고, 불균형형(不均衡形, unbalanced type, type 2B)은 함몰의

중심은 중앙에 있으나 양측의 함몰 흉벽의 각도가 서로 다른 형태이다(Fig. 2). 편심형과 불균형형을 각각 국소형(focal type, type 2A1, 2B1), 광범위형(broad-flat type, 2A2, 2B2)으로 세분하였다. 편심형 중에서 흉벽의 함몰이 쇄골 부위에서부터 하흉부 늑골까지 긴 도랑 형태로 된 경우는 협곡형(Grand Canyon type, type 2A3)으로 분류하였다(Fig. 2).

2) 누두흉의 함몰 정도

흉부 CT scan을 이용하여 흉벽 함몰의 정도를 측정하

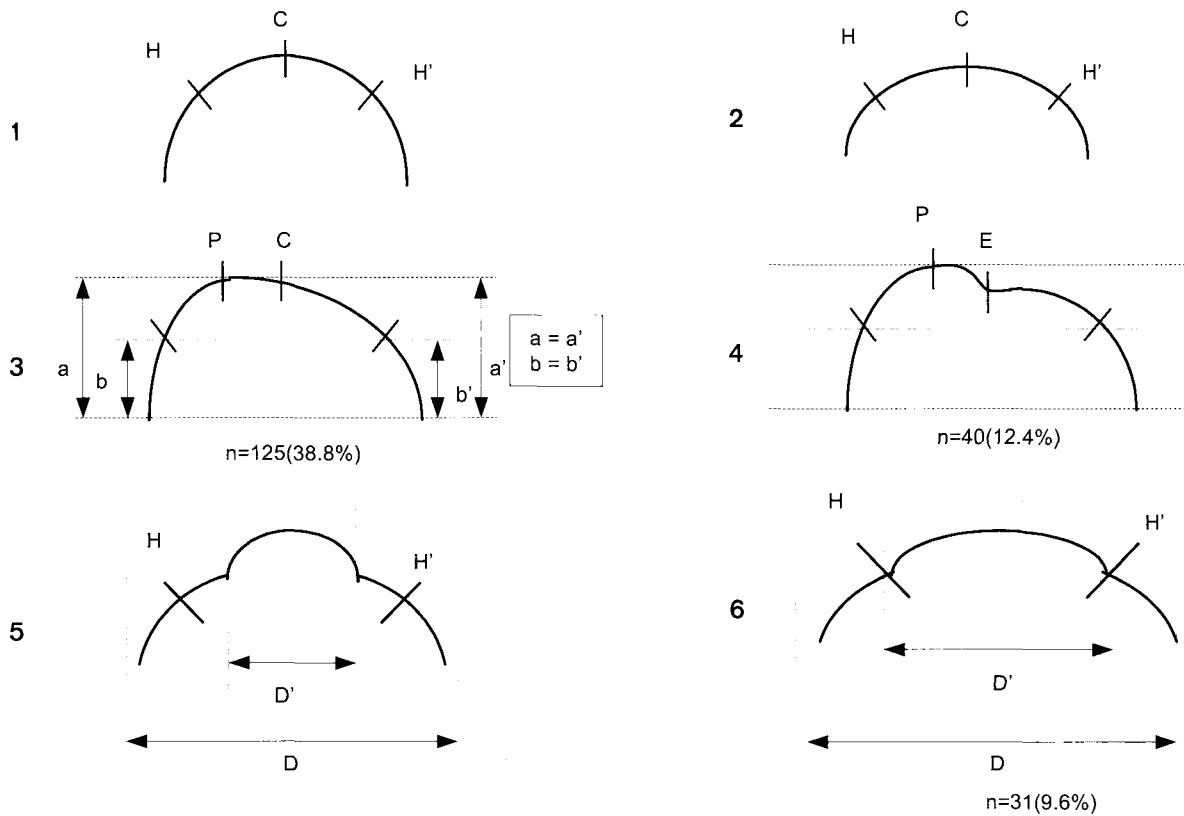


Fig. 3. Bar shaping. 1. Classical 2. Bridge 3. Asymmetric 4. Seagull 5. Hump 6. Compound C, center of the bar; D, diameter of the circle; E, elevated point of sternum; H, hinge points; P, deepest point of pectus.

었다. 누두흉의 중증도를 나타내는 지표로서, 흉골 함몰 부위의 횡경과 종경의 비를 나타내는 CT Index (CTI= transverse diameter/vertical diameter)를 구하였다²⁾.

3) 수술 방법

기본적인 수술 방법은 Fig. 1과 Table 1에 요약된 바와 같다. 수술의 개념은 함몰 부위의 양측 능선의 늑간을 기준점(hinge points, H point)으로 삼아 막대로 함몰 흉골을 들어올리고 지지하게 하는 것이다(Fig. 1). 수술의 절차를 간략히 기술하면, 우선 금속막대가 흉강 내 즉 함몰 흉골의 하부로 들어갈 지점(H point)을 결정한 뒤, 양측 정중 액와선(midaxillary lines)상에 약 1~2 cm 정도의 피부 절개를 가하고 피하 박리를 통하여 늑간의 H point에 도달한 후 right angle clamp로 구멍을 내었다. 긴 pectus clamp를 H point로 삽입한 후 흉강 내에서 함몰된 흉골 하부를 통과하여 반대측 H' point로 통과시켰다. 통과된 pectus clamp에 금속막대의 유도관(guider)으로 사

Table 1. Operative procedures

1. Supine position with arms abduction
2. Marking the center of the sternum (C), center of the depression (P), hinge points (H) and incision sites
3. Measuring the size of the chest for selection of bar
4. Marking on the bar and bending
5. Incision on the marked sites at both mid-axillary lines
6. Subcutaneous tunnels to the bar entering intercostal spaces (H points)
7. Penetrating the intercostal space and passing clamp beneath the sternum to the other H point
8. Passing a guider (32 Fr. chest tube or 2 umbilical tapes) with the clamp
9. Passing the bent bar by pulling the guider
10. Bar in position with the convexity facing posteriorly
11. Turning over the bar to make convexity face anteriorly (elevating depressed sternum): KEY PROCEDURE
12. Fixation of the bar to ribs
13. Intercostal nerve block and closure
14. Chest x-ray in the OR upon completion of the procedure

용할 32 Fr. 흉관(chest tube)을 끼우고 clamp를 다시 빼내어 흉관을 금속막대가 들어갈 자리에 거치하였다. 미리 환자의 흉곽 형태에 맞추어 구부러 놓은 금속막대(Walter Lorenz Surgical, 1520 Tradeport Dr., Jacksonville, FL 32218)를 흉관에 끼워 흉강을 통과시킴으로써 금속막대의 삽입을 완료하였다. 이 때 금속막대는 볼록한 면(convexity)이 흉골의 하면을 따라 심장 쪽을 향하게 하였다. 함몰 흉골 거상의 주 기법은 이 막대를 180도 회전시켜 볼록한 면이 흉골 쪽을 향하게 함으로써 H point에 거점을 두고 회전되는 막대에 의해 함몰된 흉골이 들어 올려지게 하였다. 막대의 양쪽 끝과 우측의 H point를 늑골에 철사를 이용하여 고정하고 시술을 마쳤다(Table 1).

4) 주요 변형 수술기법(classical and modified techniques)

(1) 막대 구부리기(Bar Shaping)(Fig. 3): 전형적인 누두흉(type 1A)의 경우에는 막대의 중심(C)으로부터 양측이 대칭이 되게 구부렸다. 이 때에 Nuss가 제시한 원래 모양(Fig. 3-1)과 달리, 막대의 흉강 내 삽입부(H point)를 중심으로 중앙부보다 양끝을 많이 구부려 다리 모양(bridge shape)으로 만듦으로써 교정 시 흉골이 과다하게 돌출 되는 것(over-correction)을 방지하였다(Fig. 3-2).

비대칭형 누두흉의 교정은 특별한 방법이 필요하였다. 편심형(eccentric type, type 2A)의 경우 교정 후 가슴의 형태를 좌우 대칭에 가깝게 만들기 위하여 Fig. 3-3처럼 편심형으로 만들었다. 막대의 중심을 흉골의 중앙에 맞추어 막대의 좌우 길이를 같게 한 후 흉곽 함몰의 가장 깊은 곳이 막대의 정점(P point)이 되도록 구부렸다. 이 때에 양쪽 H point의 높이가 같도록 하였다(Fig. 3-3). 불균형형(unbalanced type, type 2B)은 돌출되어 있는 흉벽의 거상을 막기 위해 그 부위의 막대(E point)를 갈매기 날개 모양으로 움푹 들어가게 하였다(Fig. 3-4).

복합형 막대 형태(compound bar shape)는 일반적인 대칭형의 막대로 흉골을 들어 올렸을 때 중심부의 거상이 미흡한 경우나 성인 환자들에게 이중막대 대신에 사용하였다. 막대 중앙부를 이중으로 구부려서 2개의 원이 복합된 형태인 hump shape으로 만들거나(Fig. 3-5), 양쪽 hinge point에서 중앙 쪽으로 지름이 작은 호($D > D'$)가 형성되도록 막대를 구부려서 성인용 복합형 막대를 만들었다(Fig. 3-6).

(2) 사선 막대 삽입법(oblique bar placement): 더 좋은 교정 효과를 얻기 위하여 막대 삽입 시 좌우 늑간의 높

이를 달리하여 비스듬히 기울여서 넣은 경우가 있었다.

(3) 평행 막대 삽입법(parallel bar technique): 흉벽 함몰의 범위가 넓어 하나의 막대로 흉벽 전부를 들어올릴 수 없는 경우에 가슴의 상하에 2개의 늑간을 선택하여 2개의 막대를 각각 삽입하였다.

(4) 이중 막대 삽입법(double bar technique): 성인들의 무거운 가슴을 들어올리기 위해 고안된 방법으로서 주막대의 안쪽에 2인치 작은 막대를 보조로 겹쳐 놓고 철사로 서로 묶어서 하나의 이중 막대를 만들었다.

(5) 막대의 고정: 본 경험의 초기에 흡수성 봉합사로 피하조직에 고정하였으나 약 10예 이후부터 철사로 해당 늑골에 고정하였다. 필요에 따라 고정대(stabilizer)를 사용하였다. 2001년 12월 이후에는 막대 양쪽 끝의 위아래 늑골에 고정하고 우측 hinge point에다 추가 고정하는 5점 고정법(5 point fixation)을 정례화하였다. 전에 Ravitch나 Wada 등의 수술을 받아 흉부 중앙에 수술 흉터가 있는 경우에는 그 곳을 통하여 막대의 정점을 흉골에 철사로 고정하였다(central fixation).

5) 금속막대 제거수술

막대삽입수술을 한 지 약 2년 후에 금속막대를 제거하였다. 막대를 삽입한 상처 부위를 다시 열고 금속막대 주위의 유착을 분리시킨 후 한쪽으로 막대를 당겨서 빼내었다. 고정대나 고정용 철사가 있는 경우 C-arm fluoroscopy로 보면서 모두 제거하였다.

결 과

1) 누두흉의 형태

322명 중 185명(57.5%)이 비대칭형의 누두흉이었다. 그 중 173명(93.5%)이 전형적인 하부 흉골의 국소 함몰형(standard type, type 1A)이었으나, 그 중 12명(6.5%)은 흉곽 전면에 걸쳐 넓게 함몰된 형태(broad-flat type, type 1B)였다.

137명(42.5%)의 환자가 비대칭형이었다. 비대칭형 중 흔한 형태는 편심형(偏心形, eccentric type, type 2A)으로 71명(52.6%)이었다. 이 형태는 누두흉의 중심 즉 함몰이 가장 깊은 부위가 흉골의 중앙에서 좌 또는 우측으로 치우쳐 있는 경우로서 함몰의 중심이 주로 우측으로 치우쳐 있었다. 편심형 중에서도 심한 형태인 협곡형(Grand Canyon type, type 2A3)이 24예(17.5%) 있었다(Fig. 2). 비대칭형 중 47명(34.3%)은 불균형형(不均衡形,

unbalanced type, type 2B)이었다(Fig. 2). 19예(13.9%)는 편심형과 불균형형의 복합 형태(combined type, type 2C)였다(Fig. 2).

2) CT Index (CTI)

수술 전 CTI는 평균 6.3 (범위 2.6~250)이었고 수술 후 CTI는 평균 2.7 (범위 1.8~4.5)로 수술 전후의 CTI의 변화는 평균 4.3 (범위 0.3~247)이었다.

3) 주요 변형 수술기법(classical and modified techniques)

대칭형 막대가 197예(61.2%), 비대칭형 막대가 125예(38.8%)에 사용되었다. 비대칭형 중 seagull형이 40예(12.4%)였다. 143예(44.4%)는 사선 막대 삽입법(oblique bar placement)이 적용되었다. 42예(13.0%)에 평행 막대 삽입법(parallel bar technique)이, 20예(6.2%)에 이중 막대 삽입법(double bar technique)이 적용되었다. 2000년 2월 이후부터 31예(9.6%)에 복합막대(compound bar)가 적용되었다.

막대의 고정은 143예(44.4%)에 고정대(stabilizer)를 사용하였고, 2001년 12월 이후 5점 고정법(5 point fixation)을 65예에 적용하였다. 전에 Ravitch나 Wada 등의 수술을 받았던 10예(3.1%)는 중앙 고정법(central fixation)을 적용하였다.

4) 합병증 및 재원일수

수술의 합병증은 총 61예(18.9%)에서 발생하였다. 그 중 조기 합병증(수술 입원기간 내 혹은 수술 후 30일 이내)은 49예(15.2%)로 기흉 24예(7.5%), 상처 seroma 10예(3.1%)와 막대 편위 8예(2.5%)가 가장 빈번하였고, 그 외에 흉막 삼출, 심낭 삼출, 폐염 등이 있었다. 만기 합병증(수술 후 31일 이후)은 12예(3.7%)였고, 심낭염 및 심낭 삼출 5예, 혈흉 3예 등이 있었다(Table 2).

평균 재원일수는 6.0일(범위 2~22일)이었고, 소아의 재원일수는 평균 5.3일(범위 1~22일)이었으며, 성인은 평균 6.9일(범위 4~16일)이었다.

5) 재수술

14예(4.3%)에서 재수술을 하였다. 재수술의 가장 흔한 원인은 막대 편위에 의한 흉벽 함몰이었다(11예, 3.4%). 이 중 대편위(major displacement)에 의한 것이 4예, 소편위(minor displacement)가 7예였다. 2예는 막대 편위는 없

Table 2. Complications

1. Pneumothorax		24 (7.5%)
Spontaneous resolution	11	
Needle aspiration	4	
Chest tube	1*	
PCD	8	
2. Bar displacement		11 (3.4%)
Major (flipped bar)	4	
Minor	7 (3 [@])	
3. Wound seroma		10 (3.1%)
4. Pleural effusion		8 (1 [@])(2.5%)
5. Pericardial Effusion (pericarditis)		8 (5 [@])(2.5%)
6. Pneumonia		3 (0.9%)
7. Hemothorax		3 [@] (0.9%)
8. Cardiac perforation		1 (0.3%)
<hr/>		
Total		61 (18.9%)
Early	49 (15.2%)	
Late (>30 days)	12 (3.7%)	

*, Tension pneumothorax; [@]Late complication; PCD, percutaneous catheter drainage.

었으나 삽입된 막대 위아래로 점차 함몰이 진행되어 재수술을 하게 되었다. 그 중 1예는 Marfan 증후군이었다. 다른 1예는 지지대가 피부를 뚫고 나와 재수술을 받았다. 이 환자는 심한 비대칭 환자로 함몰 측 흉벽에 대 지지대가 압력을 이기지 못하고 돌출되면서 피부를 천공한 경우였다.

6) 금속막대 제거

총 322명 중 44명(13.7%)의 환자가 막대 제거 수술을 받았다. 이들 중 42명은 첫 수술 후 2년이 경과하여 최종 수술을 받은 것이고, 2명은 다른 이유로 조기에 막대를 제거하게 되었다. 조기 제거의 이유로서 1예는 Poland 증후군 환자인데, 첫 수술 약 10개월 후에 발생한 우측 수술 상처의 감염이 치유되지 않아서였고, 다른 1예는 수술이나 술 후 경과에 문제가 없었으나, 정신적으로 금속막대를 견디기 어려워하는 비정상적 심리상태 때문이었다. 정상적으로 막대제거를 받은 42명의 환자들은 수술 후 흉곽 형태의 변화가 없었다.

고 찰

지금까지의 누두흉 교정 수술은 늑골 절제를 위주로

하는 Ravitch-type 수술법³⁾과 늑골을 포함한 골근육판(musculoskeletal flap)을 뒤집는 흉골 반전술(sternal turnover)⁴⁾을 하는 것이 일반적이었다. 그러나 이런 종래의 방법들은 매우 복잡하고 광범위하며 침습적이어서 수술 후 회복기간이 길고 합병증도 적지 않았다. 특히 앞가슴에 큰 수술 상처를 남기는 것이 가장 큰 단점이다.

너스 수술법은 침습 수술들의 단점들을 개선한 새로운 방법이다. 수술의 원리는 최소 절개를 통하여 삽입된 금속막대를 이용하여 함몰된 흉골을 들어올리는 것이다. 그리고 삽입한 금속막대를 약 2년 후에 제거함으로써 시술을 종결하게 된다. 1997년에 본 수술법이 발표된 이래 세계적으로 많은 의사들의 관심을 끌고 있다⁵⁻⁸⁾. 미국에서는 1997년부터 1999년까지 약 2년 간의 다기관 현황조사(multi-institutional survey)에서 총 30개 병원에서 251예가 시행되었다고 한다⁵⁾. 국내에서는 1999년에 본원에서 첫 수술을 하였고 이 후 여러 센터에서 수술을 하고 있다⁹⁾.

그러나 너스 수술법은 아직 태동하는 시기에 있고 세계 모든 의사들이 학습곡선(learning curve)상에 위치해 있다고 볼 수 있다^{7,10,11)}. 따라서 저자들의 초기 경험에서 술기상 여러 가지 미흡한 점과 어려운 점들이 대두되었으며 이런 문제들을 해결하기 위하여 누두흉의 형태에 대한 자세한 연구와 이에 따른 기술 및 기구의 개발이 필요하게 되었다. 저자의 분석 결과 누두흉의 형태는 생각보다 다양하여서 Nuss의 최초 수술 방법으로는 모든 환자들에게 만족스러운 교정을 하기 어려웠다. 최선의 교정을 위해서는 각각의 흉곽 형태에 맞추어 적절한 변형 기법을 적용하는 것이 핵심이라는 것을 깨닫게 되었다.

수술 기법상 중요한 점은 흉골 혹은 흉벽(늑골)의 가장 깊은 함몰 부위(center of depression)를 정확히 파악하여 그 지점을 확실하게 올려주는 것이다. 이를 위해서는 막대가 통과할 가장 적절한 늑간(hinge points)을 선택하는 것이 매우 중요하였다. 따라서 여러 부위의 늑간을 시도해 본 후 가장 좋은 모양을 이룰 수 있는 곳을 선택하게 되는데, 좌우에 같은 수준의 늑간으로 막대를 수평으로 통과시키는 것(horizontal bar placement)보다 좌우의 늑간의 수준을 달리하여 사선으로 막대를 넣는 것(oblique bar placement)이 더 좋을 때도 있었다. 이 때에는 우측의 횡격막이 더 높기 때문에 생길 수 있는 간이나 다른 복부장기의 손상을 피하기 위하여 우측을 더 높은 수준으로 하였다.

누두흉의 형태는 Fig. 2의 분류에서 보듯이 다양하였다. 5~6세 이하의 어린 환자들은 흉골의 중앙이 함몰된 전형적인 형태가 많으나, 학동기 이후의 환자들에서 주로 우측으로 치우친 비대칭형이 되는 경우가 많다는 것을 알 수 있었다. 이는 나이가 들면서 좌측에 위치한 심장으로 인해 함몰 부위가 우측으로 이동하게 된 결과로 추측된다. 따라서 학동기 이전의 조기 교정이 매우 중요하다고 판단되었다.

지금까지 너스 술식에 의한 누두흉의 최소 침습 수술법에 변형 기법에 대한 몇 편의 보고가 있었으나 아직까지 비대칭형을 교정하는 기법은 보고된 바가 없다^{6,12)}. 2000년 미국 소아외과 학회에서 논의된 바로는 비대칭형은 너스 술식으로 교정이 어렵고 새가슴이 동반된 경우(본 논문의 분류법 상의 불균형형)는 너스 수술의 적용이 되지 않는다고 결론지어진 바 있다⁵⁾. 비대칭형 누두흉은 처음에 Nuss가 제시한 방법으로는 함몰 부위를 제대로 올릴 수가 없고 또 반대쪽과의 균형을 이룰 수 없기 때문이다. 이에 저자들은 비대칭 누두흉의 효과적인 교정을 위해 막대도 같이 비대칭으로 만들어 교정하는 기법을 개발하였다. Nuss 수술법의 원리가 흉벽의 가장 깊은 함몰 부위를 올려주는 것이라고 볼 때, 이 방법이 그 기본 원칙을 충실히 따른 것이라 할 수 있다.

대표적인 비대칭형인 편심형(eccentric type, type 2A)은 대칭형 막대로 함몰을 들어올리면 가슴의 깊은 부위는 충분히 올려지지 않고 반대쪽은 오히려 너무 돌출하게 된다. 이에 대한 변형기법으로서 편심형 막대를 고안하였다. 즉 어느 부위를 얼마나 올릴 것인가가 관건이라고 판단되어 막대의 중심은 흉골의 중앙에 맞추고 흉벽 거상을 위한 막대의 정점(P point)은 흉곽 함몰의 가장 깊은 곳이 되도록 구부렸다. 이 개념을 도식화한 것이 Fig. 3-3이다.

또 하나의 까다로운 형태는 불균형형(unbalanced type)이다. 이 형태는 함몰 부위 주변의 능선 중 한쪽이 돌출되어 있어서, 보통 형태의 막대나 편심형 막대로 교정을 시도하였을 때 가슴의 돌출 부위가 교정 후 더 튀어나오게 된다. 이 문제를 해결하기 위한 방법으로 Fig. 3-4에 제시된 바와 같이 막대를 갈매기형(sea-gull shape)으로 구부려 돌출 부위를 피하고 함몰된 부위만 선택적으로 들어올리거나, 더 심한 경우는 돌출한 능선의 정점을 지지점(hinge point)로 삼아 아래로 눌러 주는 방법(crest compression technique)을 사용하였다. 물론 이 방법들이 완벽하다고 할 수는 없지만 심한 돌출을 완화시키고 대

칭적인 교정을 하는데 큰 도움이 되었다.

함몰 부위가 위아래로 넓게 형성된 경우는 막대 하나 또는 한 부위만 올려서는 만족스러운 모양을 얻기 어려웠다. 이런 경우에는 주 함몰 지점의 상위나 하위의 적당한 지점을 추가로 올려 줌으로써 더 좋은 형태가 가능하였다. 특히 쇄골하 부위에서부터 전체 흉부에 걸쳐 중으로 고랑모양의 함몰을 이루는 협곡형(Grand Canyon type)의 경우는 이 방법이 필수적이라고 생각한다. 수술 기법은 Nuss의 논문¹⁾에서도 기술된 바와 같이 상하의 늑간에 평행으로 두 개의 막대를 삽입하여 시행하였다. 이 때에도 최소 침습 수술의 원칙을 따르기 위하여 하나의 작은 피부 절개를 통하여 2개의 막대를 삽입하였다. 그러나 상위 막대가 액와부에 근접하여 막대의 삽입과 교정이 쉽지 않았다.

16세 이상의 성인 환자나 체구가 큰 환자들의 경우에는 현재 사용되는 기구나 재료를 이용한 누두흉의 최소 침습 수술이 매우 어려웠다. 우선 금속막대의 강도가 이런 환자들의 무거운 가슴을 들어올릴 수 있을 정도로 강하지 않아 통상의 방법으로 시술하면 구부러 놓은 막대가 퍼지면서 함몰 부위를 제대로 올릴 수 없었다. 이것을 해결하기 위해 저자들은 두 개의 막대를 겹쳐서 강도를 강화시켜 사용하게 되었다(double bar technique). 이 방법도 수 차례에 걸친 변화를 거쳐 최근에는 환자의 흉곽 크기에 맞춘 주 막대에 2인치가 작은 보조 막대를 똑같이 구부린 뒤 주 막대의 안쪽에 대고 철사로 서로 묶어서 사용하였다. 이렇게 하여 각각의 지지점(hinge point)에 보조 막대가 걸리게 하고 이중 막대의 양 끝에는 일자형 고정대(stabilizer)를 낄 수 있었다. 이 방법은 기술적으로 쉽지 않았지만 성인 누두흉의 교정을 가능하게 하였다. 그러나 현재는 복합형 막대 기법(compound bar technique)을 개발하게 됨으로써 별로 사용하지 않고 있다.

복합형 막대 형태(compound bar shape)는 가장 최근에 확립된 개념이다. 1A형의 소아 누두흉 중 일반적인 다리형(bridge shape)의 막대로 흉골을 들어 올렸을 때 중앙부의 거상이 미흡한 경우가 있었다. 이 때에 중앙부를 더 올리기 위해 막대를 더 볼록하게 구부리면 전체적인 호의 지름이 작아지므로 막대 양쪽 끝의 간격이 좁아 흉곽의 넓이에 맞출 수 없다는 문제가 발생하였다. 처음에는 이것을 해결하기 위해 막대 중앙부를 이중으로 구부려서 복합 형태(hump shape)의 막대를 만들어 쓰기 시작하였다. 그 후에 이런 복합 형태가 더 큰 하중을 견딜

수 있다는 것을 깨닫게 되어 성인 환자들에게 적용시켜 본 결과 13이나 14인치의 복합형 막대가 단독으로 성인의 가슴을 지지할 수 있다는 것을 확인하였다. 이 형태는 중앙부가 이루는 호의 지름(D')이 양쪽 바깥의 호(D)보다 작아서 무게를 견디는 힘이 더 강하다. 뿐만 아니라 중앙이나 양쪽가의 호의 지름을 마음대로 만들 수 있어서 흉골 거상의 정도를 결정하거나 흉곽의 크기에 따라 막대의 끝을 자유롭게 조절할 수 있었다. 즉 중앙 호의 크기를 조절하여 함몰을 원하는 만큼 들어올릴 수 있었고, 바깥호의 크기를 조절하여 흉곽의 크기에 쉽게 맞출 수 있었다. 그리하여 종전에 사용되던 이중 막대(Double Bar)를 쓰지 않고서도 성인 누두흉을 교정할 수 있게 되어 너스 수술법을 이용한 성인 누두흉 교정에 진일보할 수 있었다.

정확한 부위에 삽입한 막대를 필요한 기간동안 그 위치에 유지하는 것이 본 수술법의 핵심이라고 말할 수 있다. 저자들의 초기 경험이나 미국의사들의 경험에서는 Nuss가 제시한 대로 막대를 근육에 고정하였다. 소아에서 대칭형이면서 함몰이 경한 경우(standard type, type 1A)에는 이 방법으로도 문제가 없는 경우가 있다. 그러나 막대를 근육에만 고정한 경우에는 누두흉의 형태를 불문하고 막대 편위의 위험성이 높았다. 더구나 비대칭형이나 성인의 누두흉은 막대 편위의 고위험군이므로 이런 환자들의 교정을 위해서는 좀 더 확고한 막대 고정법이 필요하였다. 문헌의 보고에서 보듯이 다수의 시술자들이 Nuss의 방법대로 근육에 고정하고 있는 바, 막대 편위가 주된 합병증이며 지속적인 우려의 대상이 되고 있다^{5,7,10,13)}. 따라서 막대를 어떻게 튼튼하게 고정하는냐가 본 수술의 지평을 넓히기 위한 핵심적인 기술의 하나로 부각되었다. 본 수술이 시행된 초창기에는 이용이 불가능하던 막대의 고정대(stabilizer)가 개발된 것도 이런 이유 때문이다. 현재 저자들의 고정법은 철사를 이용한 늑골에의 고정이 기본이다. 물론 고정법 또한 여러 차례의 변화를 거쳤으나 저자들은 최초 10여 예를 제외하고는 모두 이런 방법을 사용하였다. 저자들의 최근 고정법은 철사로 양측, 상하의 늑골에 여러 군데 고정하는 방법(multi-point fixation)으로서 지금으로서는 최선의 고정법이라 생각한다. 그리고 필요한 경우에는 고정대를 적절히 사용함으로써 안정성을 더욱 높일 수 있었다. 그러나 저자들의 결과에서 보듯이 고정대를 이용하여 철사로 늑골에 여러 차례 단단히 고정하여도 막대의 위치 이탈을 완전히 방지할 수는 없었다.

저자들이 관찰한 막대 편위의 양상은 상하 편위(flipped bar), 좌우 편위(lateral sliding), hinge point의 늑간을 통한 수평 이동(hinge point breaking) 등이 있고 각각의 경우에 즉시 재수술을 요하는 정도의 대편위(major displacement)와 경과 관찰이 가능한 소편위(minor displacement)로 나누어 볼 수 있다. 상하 편위는 막대가 hinge point를 중심으로 막대의 정점이 위쪽 혹은 아래쪽으로 돌아가는 경우로 대표적인 막대 편위의 양상이다. 비대칭형에서 주로 발생하는 좌우 편위는 흉곽 좌우의 압력 불균형에 의해 함몰된 쪽으로 막대가 쏠리는(sliding) 현상이다. 따라서 저자들은 좌우 편위를 막기 위하여 함몰된 쪽(depressed side)에 고정대를 대어 막대가 쏠리지 않도록 받쳐주었다. 막대의 늑간을 통한 수평 이동은 성인 환자나 심한 비대칭 환자에서 볼 수 있는데 hinge point의 늑간근이 압력을 이기지 못하고 아래로 찢어지면서 막대가 뒤쪽으로 하강하게 되어 일어나는 현상이다. 이런 경우에는 hinge point를 철사로 보강하였다.

이와 같이 각 형태에 따라 적절한 고정법을 선택하여야 막대 편위의 위험을 최소화할 수 있다. 저자들은 막대 편위를 경험할 때마다 편위의 양상에 따른 고정법의 문제점을 분석하여 고정 방법을 변경하였다. Hebra 등¹³⁾과 Croitoru 등¹⁴⁾이 막대 편위를 막기 위한 방법들을 제시하였지만, 저자의 철사를 이용한 늑골에의 다지점 고정법(multi-point fixation)이 더 이상의 수술 상처를 내지 않는 효과적인 방법이라고 생각한다. 문헌에 보면 막대 편위율이 미국 전역의 다기관 현황조사⁵⁾에서 평균 9.2%였고 기관에 따라 4.3%에서 19%로 상당히 높았다^{6,7,10)}. 저자들의 경우 다른 보고의 환자들보다 비대칭, 고령 등의 위험 인자가 더 많은 환자들을 시술했지만 전체 막대 편위율이 3.4%였고, 재수술이 꼭 필요한 대편위(major displacement, flipped bar)는 4예(1.2%)였다.

Ravitch나 Wada 수술을 받았으나 흉골 거상이 불충분하여 실패한 경우는 대부분이 다시 이런 방법으로 수술해서 흉벽을 복원하기가 거의 불가능하다. 때로는 이전 수술 시 광범위한 늑연골 절제로 인해 흉벽이 매우 약화된 상태도 있었다. 이런 경우에는 너스 수술법 말고는 달리 교정할 방법이 없다고 생각한다. 침습 수술 후의 재수술 시는 흉골 하면과 심낭 등의 종격동 구조물들 사이에 유착이 있으므로 교정용 금속막대가 통과할 수 없다. 따라서 원래 있던 앞가슴의 흉터를 다시 열고 유착을 박리한 후 막대를 통과시켰다. 막대의 고정도 흉골

에다 막대의 중앙부를 철사로 고정(central fixation)하여 가장 튼튼하고 안전한 고정을 할 수 있었다.

본 수술법은 막대가 흉벽과 흉막을 뚫고 흉강 내로 들어가므로 언제나 기흉의 가능성이 있지만 표준적 환자, 즉 초등학생 이하의 보통 정도의 대칭형 누두흉에 대한 표준적 시술이 적용된 경우는 술 후에 기흉이 생기는 일이 드물었다. 하지만 마취 회복 시에 긴장성 기흉 등의 위험성이 있으므로 수술실에서 나가기 전에 꼭 흉부 x-ray를 확인하였다. 그리고 술 후 2~3시간동안 산소 포화도(pulse oxymetry)를 감시하고, 그 후에 다시 x-ray를 확인하는 것도 중요하다. 실제 저자의 환자 중 수술실에서 촬영한 x-ray에 기흉이 없었으나 마취 회복 과정에서 발생한 긴장성 기흉 때문에 응급으로 흉관을 삽입한 경우가 1예 있었고, 술 후 2~3시간에 상당한 양의 기흉이 발견된 경우가 수차례 있었다. 심한 비대칭이나 성인 환자, 특히 평행막대나 이중막대가 필요한 경우는 기흉의 발생 빈도가 매우 높았다. 그리하여 저자들은 이런 환자들을 수술 후 기흉 발생의 고위험군으로 분류하고 수술을 마칠 때 hemovac catheter를 흉강에 넣고 나와서 통상적인 underwater-seal의 방법으로 술 후 며칠 간 흉막강을 배액하였다. 이런 작은 관으로는 배액이 충분치 않은 경우도 있었으나 추가의 수술 상처 없이, 최소한 긴장성 기흉은 예방할 수 있다는 장점이 있고 대부분의 환자에서 이것만으로 흉강의 문제를 해결할 수 있었다.

심각한 합병증의 하나로 심낭염 및 심낭 삼출을 들 수 있다. 수술 후 일주일 경에 많이 발생하나 수개월 후에 만기 발생한 경우도 있었다. 고열과 심장압박에 따른 제증상을 보이고 만성화되어 심낭의 비후로 이어진 경우도 있었다. 저자들의 경험으로 볼 때, 조기에 치료하면 매우 양호한 경과로 수일 내에 완치가 가능하나 만성화가 되면 또 하나의 심각한 질병이 될 수 있다. 따라서 무엇보다도 조기 진단이 중요하므로 환자의 술 후 관리 시에 심낭염의 가능성을 항상 염두에 두고 있어야 한다. 저자들은 수술 후 환자가 열이 나고 호흡곤란이 있으면 즉시 심장 초음파를 확인하고, 진단이 되면 필요에 따라 PCD (percutaneous catheter drainage)로 조기에 심낭을 배액하였다.

본 경험에서는 수술 중 합병증으로 심장 천공이 1예 있었다. 이 환자는 타 병원에서 약 1년 전 너스 수술을 받았으나 막대편위로 인하여 본원에서 재수술을 하게 되었다. 당시 저자는 재수술의 경험이 상당히 있었으며

로 별 무리 없이 수술이 가능할 것으로 판단하였고 실제 수술 시 pectus clamp를 통과시킬 때에도 별다른 저항을 느낄 수 없었다. clamp를 반대측으로 관통시켰을 때 분출하는 출혈이 확인되었다. 심장 친공으로 판단되어 좌측 수술 상처를 조금 연장하여 시야를 확보하였다. 심낭과 흉골 사이의 유착으로 인한 clamp의 심장 관통상을 확인하고 수복을 할 수 있었다. 다행히 환자는 문제 없이 회복하여 정상 퇴원을 하였다.

수술 후의 심한 통증은 본 수술법의 또 다른 문제였다. 이를 해결하기 위해 수술을 마칠 때 0.25% Marcaine으로 늑간신경을 차단하였고 마취의 협조 하에 술 후 2~3일간 지속주입형 통증완화법(PCA, Patient Controlled Analgesia)을 시행하였다(Fentanyl 0.7 mcg/Kg/min). 대부분의 소아 환자는 술 후 2~3일에 거동이 가능하고 4일경에 퇴원이 가능할 정도가 되었으나, 16세 이상의 성인 환자들은 대개 일주일 가량 입원을 요하였으며, 퇴원 후에도 1개월 이상, 길게는 3~4개월 간 진통제가 필요한 정도로 통증이 지속되었다.

막대 삽입수술 후 2년 내지 2년 반이 경과한 42명의 환자에게서 막대를 제거하였다. 막대 제거 시 심각한 합병증은 없었고 제거 후에 흉곽모양의 변화는 없었다.

결 론

너스 수술법에 의한 누두흉 교정술은 미용적 측면이나 함몰 교정의 효과 면에서 종래의 방법에 비해 우수하다. 그리고 심각한 합병증이 드물어서 상당히 안전한 수술법으로 생각한다. 그러나 누두흉의 형태가 매우 다양하여 Nuss의 최초 수술 기법만으로는 모든 형태에 대한 만족스러운 교정이 어려웠다. 이에 저자들은 누두흉의 형태를 분류하였고, Nuss의 원 수술법에 부가하여 독자 개발한 새로운 기법들을 적용하게 되었다. 그 결과 너스 수술법 및 그 부가 기법들이 전형적인 누두흉 이외에도 비대칭, 성인 그리고 실패한 침습적 교정술 후의 재수술 등 다양한 흉벽 기형의 훌륭한 교정기법이 될 수 있음을 확인하였다.

하지만 성인에 대한 Nuss수술에 대해서는 앞으로 좀 더 많은 연구가 필요하다. 저자들의 여러 변형 기법들을 통해 교정이 가능하게 되었으나 막대의 제거 시기나 제거 후 결과 등 의문점이 남아 있다. 지금까지의 성적은 만족스럽다고 볼 수 있지만 앞으로 수술 수기의 정립,

합병증의 방지, 아울러서 효과적인 통증 조절 등에 대한 해답을 찾는 것이 숙제이다.

참 고 문 헌

1. Nuss D, Kelly RE, Croitoru DP, Katz ME. A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum. *J Pediatr Surg* 1998;33:545-52.
2. Haller JA Jr, Kramer SS, Lietman SA. Use of CT scans in selection of patients for pectus excavatum surgery: A preliminary report. *J Pediatr Surg* 1987;22:904-8.
3. Ravitch MM. The operative treatment of pectus excavatum. *Ann Surg* 1949;129:429-44.
4. Wada J, Ikeda K, Ishida T, Hasegawa T. Result of 271 funnel chest operations. *Ann Thorac Surg* 1970;10:526-32.
5. Hebra A, Swoveland B, Egbert M, et al. Outcome analysis of minimally invasive repair of pectus excavatum: review of 251 cases. *J Pediatr Surg* 2000;35:252-8.
6. Miller KA, Woods RK, Sharp RJ, et al. Minimally invasive repair of pectus excavatum: a single institution's experience. *Surgery* 2001;130:652-9.
7. Molik KA, Engum SA, Rescorla FJ, West KW, Scherer LR, Grosfeld JL. Pectus excavatum repair: experience with standard and minimal invasive techniques. *J Pediatr Surg* 2001; 36:324-8.
8. Wu PC, Knauer EM, McGowan GE, Hight DW. Repair of pectus excavatum deformities in children: a new perspective of treatment using minimal access surgical technique. *Arch Surg* 2001;136:419-24.
9. 황정주, 신화균, 김도형, 이부연. Pectus bar를 이용한 누두흉에서의 수술적 치료. *대흉외지* 2001;34:167-71.
10. Engum S, Rescorla F, West K, Rouse T, Scherer LR, Grosfeld J. Is the grass greener? Early results of the Nuss procedure. *J Pediatr Surg* 2000;35:246-58.
11. Moss RL, Albanese CT, Reynolds M. Major complications after minimally invasive repair of pectus excavatum: Case reports. *J Pediatr Surg* 2001;36:155-8.
12. Jacobs JP, Quintessenza JA, Morell VO, Botero LM, van Gelder HM, Tshervenkov CI. Minimally invasive endoscopic repair of pectus excavatum. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002; 21:869-73.
13. Hebra A, Gauderer MW, Tagge EP, Adamson WT, Othersen HB Jr. A simple technique for preventing bar displacement with the Nuss repair of pectus excavatum. *J Pediatr Surg* 2001;36:1266-8.
14. Croitoru DP, Kelly RE Jr, Goretsky MJ, Lawson ML, Swoveland B, Nuss D. Experience and modification update for the minimally invasive Nuss technique for pectus excavatum repair in 303 patients. *J Pediatr Surg* 2002;37: 437-45.

=국문 초록=

배경: 너스 수술은 최근에 개발된 금속막대를 이용한 누두흉의 최소 침습 수술법이다. 수술 수기가 간단하고 작은 흉터로 교정 모양이 양호하여 호평을 받고 있다. 그러나 지금까지 복합형태의 누두흉은 교정이 어려워 표준형 소아 환자들에게만 적용되어 왔다. 저자들은 새로 개발된 비대칭형이나 성인의 누두흉의 교정을 위한 변형 기법들을 이용하여 얻은 수술 결과를 보고하고자 한다. **대상 및 방법:** 1999년 8월부터 2002년 6월까지 본원에서 너스 수술법 및 변형 기법으로 수술한 322명을 대상으로 하였다. 그 중 71명(22%)은 성인이었다. 정밀한 교정을 위하여 누두흉의 형태를 분류하였다. 대칭형과 비대칭형으로 나누고 비대칭형은 편심형과 불균형형으로 세분하였다. 수술 시에 대칭형으로 교정하기 위하여 막대를 여러 가지 모양으로 구부려 사용하였다. **결과:** 형태분류 상 대칭형은 57.5% (185/322)였고 비대칭형은 42.5% (137/322)였다. 비대칭형의 아형으로서 편심형, 불균형형 및 복합형은 각각 71, 47, 19명이었다. 수술의 주 변형 기법은 막대의 형태와 고정법에 관한 것이었다. 비대칭형 누두흉 125명(38.8%)에게 여러 모양의 비대칭형 막대가 적용되었다. 성인 환자 51명(15.8%)에게 이중 막대 기법이나 복합형 막대 기법이 적용되었다. 막대의 편위를 방지하기 위한 고정법으로서 철사를 이용한 늑골의 다지점 고정법을 사용하였다. 수술 후 주요 합병증은 기흉이 24명(7.5%), 막대 편위가 11명(3.4%)이었다. 너스 수술 후 2년이 경과한 42명이 막대 제거 수술을 받았다. **결론:** 너스 수술법은 안전하고 효과적이었다. 누두흉의 형태를 정밀하게 분류하고 이에 따른 적합한 변형 기법을 적용함으로써 비대칭형과 성인 누두흉 등, 모든 형태의 누두흉을 교정할 수 있었다.

- 중심 단어 :** 1. 누두흉
2. 너스 수술법
3. 누두흉의 너스수술