

漏斗胸に対する Nuss 法の合併症 —東京慈恵会医科大学外科学講座における現状と対策—

芦 塚 修 一¹ 黒 部 仁² 桑 島 成 央¹
田 中 圭一朗¹ 大 橋 伸 介¹ 平 松 友 雅¹
馬 場 優 治¹ 吉 澤 穰 治¹ 大 木 隆 生¹

¹ 東京慈恵会医科大学外科学講座

² 川口市立医療センター外科

(受付 平成 26 年 6 月 11 日)

PREVENTION AND MANAGEMENT OF OPERATIVE COMPLICATIONS AFTER THE MINIMALLY INVASIVE NUSS TECHNIQUE FOR PECTUS EXCAVATUM REPAIR.

Shuichi ASHIZUKA¹, Masashi KUROBE², Naruo KUWASHIMA¹, Keiichiro TANAKA¹,
Shinsuke OHASHI¹, Tomomasa HIRAMATSU¹, Yuji BABA¹, Jyoji YOSHIZAWA¹, and Takao OHKI¹

¹Department of Surgery, The Jikei University School of Medicine

²Department of Surgery, Kawaguchi Municipal Medical Center

Purpose: The purpose of this study was to record and analyze complications after the Nuss procedure, and to describe our methods for preventing and managing them.

Subjects and Methods: We reviewed the medical records of 175 patients (137 males and 38 females, 3 to 43 years old) who had undergone Nuss procedure.

Results: Lung injuries occurred intraoperatively in 2 patients. Major post-operative complications included surgical site infection in 10 patients (5.7%), flipping of the bar in 9 patients (5.1%), pneumothorax in 3 patients (1.7%), and wire troubles in 3 patients (1.7%). No critical complications such heart and large vessel injuries occurred.

Conclusions: Critical complications might be avoided by paying close visual attention during dissection procedures between the heart and sternum. Exercise restriction and use of multiple bars in elderly patients are helpful for preventing bar flipping. In addition, drainage and washing can help avoid bar removal in cases of surgical site infection..

(Tokyo Jikeikai Medical Journal 2014;129:167-72)

Key words: pectus excavatum, Nuss procedure, minimally invasive surgery, complication

I. は じ め に

Donald Nuss が漏斗胸に対して、金属のバーを胸壁に留置して胸郭を矯正する Nuss 法を論文報告¹⁾して以来、世界で急速に普及し、本邦では 1999 年頃から²⁾従来法に代わる標準術式として広がっていった。Nuss 法は、前方に大きな手術

創が残り、骨の切離を伴う胸骨挙上術³⁾や胸骨翻転術⁴⁾と比べて、手術創が側胸部になるため創も目立たず合併症も少ないが、前縦隔を剥離し異物を留置する術式であり必ずしも低侵襲かつ安全で合併症の少ない手術ではない。今回、我々の施設で施行した Nuss 法の術中および術後合併症を検討し、その問題点と対策について考察する。

II. 対象と方法

1. 対象

2001年8月から2010年12月までに漏斗胸に対してNuss法が施行された175例を過去の診療記録から後方視的に検討した。性別は男性137例・女性38例、手術時年齢は3歳から42歳（中央値：11歳）であった。同期間に97例でバーを抜去した。バー（Walter Lorenz Surgical社製、米国）抜去患者におけるバーの留置期間は、感染・変位にて早期に抜去した5例と患者と家族の希望により1年9ヵ月で抜去した1例を除くと2年から3年8ヵ月（中央値：2年4ヵ月）であった。

おもな併存疾患は、Marfan症候群3例、先天性多発性嚢胞性肺病変2例、気胸手術後2例、先天性横隔膜ヘルニア手術後1例であった（Table 1）。再手術例は他施設で術後バー感染と膿胸のため早期にバー抜去された1例であった。

2. 術式

1）挿入術：右胸腔へ胸腔鏡を挿入（胸腔内癒着の可能性や重度陥凹の症例では、左側からも挿入）している。バーを通すルートは、イントロデュサー（Walter Lorenz Surgical社製、米国）で作成し、バーは予めbendingしたものを使用している。

(1) 人工気胸

初期は分離換気は用いず換気圧を抑えて手術を行っていたが、2009年8月以降の49例はCO₂ 4-6 cmH₂Oの人工気胸下に胸腔鏡操作を行っている。

(2) 複数本のバーの使用

原則としてバーは胸骨の最陥凹部付近に1本留置していた。しかし、形状に不満が残る症例を経験し、2008年7月以降より年長児や非対称例の陥

凹症例で、複数本のバーを挿入するようにした。35例（全手術症例の20%）で複数本のバーを挿入し、それ以後の手術症例82例中35例（42.7%）で複数本（2本：34例、3本：1例）のバーを使用した。同時期の13歳以上29例中26例（90.0%）で、16歳以上では13例全例で複数本のバーを使用した。

(3) バーの固定法

患者の右側にスタビライザー（Walter Lorenz Surgical社製、米国）を使用し、スタビライザーはワイヤー（最近是非吸収糸）でバーと固定し、さらにバーとスタビライザーを吸収糸で筋膜に固定する。バーを複数本挿入した場合は、最低1本のバーにスタビライザー1個を使い、2個使用する場合は、バーの端に左右交互に装着している

(4) その他

術中感染対策としてアイオバン スペシャルインサイドドレープ（スリーエム）で創部を保護し、閉創時に生理食塩水で創を洗浄し、複数本のバーを挿入する時はバー1本に対して1回ずつグローブを交換し、胸腔ドレーンは使用していない。また、疼痛対策として硬膜外チューブを術前に挿入し術後も使用している。

2）抜去手術：バーの留置は最低2年以上としている。初期の数例は右側のみ切開し、バーの彎曲は残したまま抜去していたが、2005年頃よりバーの両側を切開し、リムーバブルギヤ（Medical U & A社、日本）を用いて、バーの屈曲をとり抜去している。

3）抗菌剤：セファゾリンナトリウムを執刀時に投与し、術後4・5日間使用するのみとしている。また、バー感染が疑われる場合は、抗菌剤の点滴を症状の消失と好中球数・CRPの正常化まで続ける。原則セファゾリンナトリウムを使用するが、3日以内に解熱せず反応が悪い場合はより広域のアンプシリンナトリウム・スルバクタムナトリウム配合薬やカルバペネム系薬に変更する。また、再燃を繰り返す場合にはMRSAなど耐性菌の関与も考えMRSA感受性抗菌剤を併用している。

3. 統計学的検討

統計学的検討はFisher's exact probability testを用い、Nuss法の術中および術後合併症を後方視的に検討した。

Table 1. Patient Characteristics

Age	3 ~ 42 (median, 11) years old	
Sex	Male	137 (78.3%)
	Female	38 (21.7%)
Insertion period	2years ~ 3years 8months (median, 2yeras 4months)	
Complicated disease		
Marfan syndrome	3 (1.7%)	
CCAM	2 (1.1%)	
Pneumothorax	2 (1.1%)	
CDH	1 (0.6%)	

CCAM, Congenital Cystic Adenomatoid Malformations
CDH, Congenital Diaphragmatic Hernia

Ⅲ. 結 果

合併症の一覧を Table 2 に示す。

1. 術中合併症

肺損傷が2例(1.1%)であった。1例はトロッカー挿入時の電気メスによる直接肺損傷で、胸腔鏡下に損傷部を縫合閉鎖した。他の1例は、イントロデューサーによる対側肺の損傷で、術後に気胸が進行し胸腔ドレーンを2日間挿入した。

2. 術後合併症

1) 感染：10例(5.7%)で術後にバーの深部感染を合併し、3例(1.7%)でバーを抜去していた。そのうち2例がバーを2本挿入しており、1例は2本、他1例は1本のみ抜去した。また、抜去例はすべて術後3ヵ月未満で感染していた。他7例は、抗菌剤による保存的治療で軽快し、1例で創洗浄・再縫合を行った。抜去例と創洗浄例で細菌培養を行い、抜去例で黄色ブドウ球菌2例(MRSA1例)と表皮ブドウ球菌1例が検出されたが、創洗浄例は培養陰性であった。感染発症時期は、入院中の

1例を除くと退院後(術後12日から11ヵ月：中央値6週間)に発症した。感染から治療開始までの期間は1例目が3日間であったが、その後は全例が発症後1日以内に治療を開始していた。抗菌剤の使用期間は7日から28日間(中央値：12日)であった。また、3例が2回以上感染を繰り返した(Table 3)。

2) バーの変位：バーが変位したのは9例(5.1%)で、全例挿入したバーは1本であった(Table 3)。年齢別に検討すると16歳以上38例中5例(13.2%)、15歳以下137例中4例(2.9%)に変位を認めた($p=0.024$)。変位により2例で早期にバーを抜去した。23歳男性が変位により陥凹が術前の状態に戻り疼痛も伴い術後4ヵ月に抜去した。また、8歳男児は術後4ヵ月にバーが胸骨尾側に変位し、陥凹が進行し術後1年7ヵ月に抜去した。残り6例は手術により胸郭の形態が改善がしたためにそのまま留置し治療終了後に抜去した(Table 4)。また、バーの本数と変位との関連について16歳以上で検討すると、1本のみ使用していた

Table 2. Summary of complications in relation to Nuss

Intraoperation	
Lung injury	2 (1.1%)
Early postoperative period (less than 6 months)	
Bar infection	10 (5.7%)
Dislocation	9 (5.1%)
Pneumothorax	3 (1.7%)
Pneumonia	1 (0.6%)
Late postoperative period (beyond 6 months)	
Wire trouble	2 (1.1%)
Lengthening of the pain	1 (0.6%)

Table 4. Summary of patients sustaining displacement after Nuss procedure

Age	Sex	Approach
4	M	untreated
3	M	untreated
6	M	untreated
16	F	untreated
16	M	untreated
26	M	untreated
8	M	bar was removed 1year 7months after Nuss operation for development of defect
23	M	bar was removed 4months after Nuss operation for development of pain and defect
23	M	untreated

Table 3. Summary of patients sustaining infectious complications

Age	Sex	Time after surgery symptoms onset	Time after onset first treatment	Duration of antibiotics use	Bar removed	Others
7	M	8 weeks	3 days	12 days	yes	
7	F	6weeks	unknown	unknown		
23	M	7 months	1 day	7 days		infection again (1time)
8	M	11months	1 day	9 days		
8	M	4 weeks	1 day	9 days		infection again (1time)
14	M	7 days (in hospital)	persistence of symptom after surgery	28 days	yes	
11	F	12 days	1 day	10 days		
7	M	6 months	1 day	14 days	yes	
6	M	18 days	1 day	16 days		infection again (2times)
17	M	28 days	1 day	21 days		wound washing and resuturing

2008年6月までの25例中5例(20%)に変位を合併したが, 2008年7月以降に年長児の症例に対してバーを複数本使用するようになり, 複数本のバーを挿入した全例で変位はなかった($p=0.144$)。3) 気胸: バー留置中に3例(1.7%)が気胸を発症した。1例は左自然気胸の手術後2年で, Nuss法術後入院中に発症したが, ドレーン留置のみで軽快した。他の2例は退院後に気胸を併発し, 術後4ヵ月に発症した症例は両側気胸となり, 術後6ヵ月に発症した症例は片側の気胸となった。両者ともに胸腔鏡下ブラ切除術を行ったが, 術後バー感染や気胸の再発はなかった。バー挿入中に気胸となった2例のうち1例は, 手術時にブラを認め, 術前CT検査を再度見直しブラを確認していた。もう1例は術前CT検査でブラの存在が確認されていた。

4) ワイヤーのトラブル: スタビライザーとバーとの固定に用いたワイヤーによるトラブルを2例経験した。2例は術後1年7ヵ月と1年10ヵ月に, 突然, ワイヤーが皮膚側に跳ねて, 局所が隆起し

疼痛が出現した(Fig.1)。2例とも局所麻酔でワイヤーの一部を切離し, そのまま治療を続行した。⁵⁾ その他: 15歳男性で術後8日目に肺炎を合併し, バンコマイシン(VCM)の投与を17日間行った。治療途中にVCMの副作用の発熱が出現し休薬解熱後, 術後31日に退院した。また, 16歳女性で疼痛が1年近く遷延し経口鎮痛剤の服用を必要とした。その他, 2例(1.0%)の多発性嚢胞性肺病変は先天性嚢胞性腺腫様奇形(以下, CCAM)が疑われるがNuss手術のみ行い, 肺病変は切除せずに経過観察中である。

IV. 考 察

Nuss法はminimally invasive techniqueとして紹介されたが, 重篤な合併症も報告されている。もっとも危険なのは, 心臓損傷・血胸・肺損傷^{5)~7)}などで死亡例の報告もあり, バーの感染や変位(flipping)などはよく経験する。

我々は手術を安全に行うために, 手術操作部位



Fig. 1-a. Trouble of the wire: Prominence and redness of the skin were seen at the head side of operation wound (←) The wire was palpated.

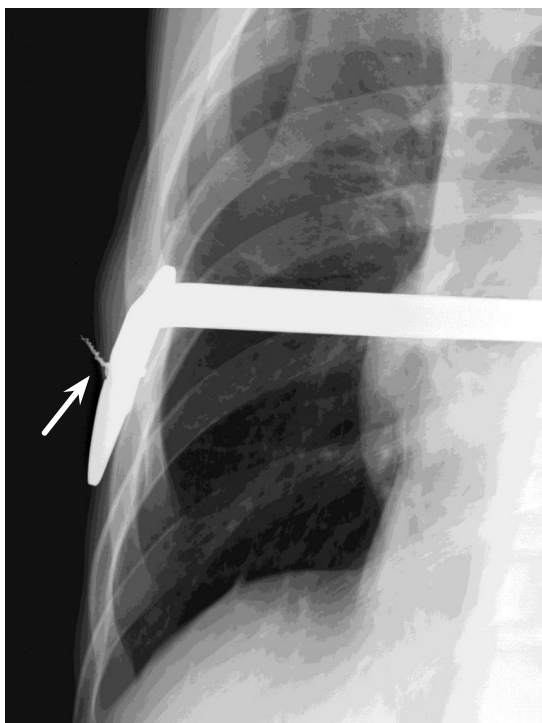


Fig.1-b. Trouble of the wire(X ray): X-ray showing outward bent wire (←)

を常に直視し、最後に対側胸壁を貫いたバーへの肺の巻き込みを確認し、症例により対側からも胸腔鏡を挿入している。人工気胸の併用で、とくに縦隔の剥離操作時の視野が改善され、剥離が対側胸腔に到達すると左気胸になり対側への到達が判りやすくなった。人工気胸併用後は手術の安全性も高まり術中合併症はなく、麻酔と呼吸管理も容易になった。

術後合併症でもっとも多いのはバー感染（深部感染）であった。抗菌剤が無効で膿瘍を形成した症例ではバーを抜去した。

バーを抜去した3例は、入院中発症例と術後46日と63日の発症であった。入院中発症例は術中汚染が原因と考えられた。複数本のバーを留置した場合、炎症部位が局限するまでは感染源のバーの特定は難しく、どのバーを抜去するのかの判断は容易でなかった。

Nuss法術後の創感染の合併率は、100例以上の経験のある海外施設の報告^{8)~11)}では、2～5%で、本邦では中岡¹²⁾らが、323例中3例(0.9%)であったとしている。東京慈恵会医科大学附属病院（当院）では、175例中10例(5.7%)であり、抜去例も3例(1.7%)と他施設の報告よりも多かった。全例術後1年以内の発症であり、SSIの基準を満たしており、原因は手術に関連していると考えられた。しかし、膿胸・縦隔炎の合併は1例もなく、バー挿入後の閉創操作が原因と推定されるが合併率が高い原因は解析できなかった。また、抗菌剤投与と局所処置を行い抜去を防げた報告¹²⁾があり、最近経験した自験例も創洗浄により抜去を防げており、他の自験例も局所処置の併用で抜去を避けた可能性もあった。術後感染に関しては、今後症例を重ねて前方視的検討を行う予定である。

つぎにバーの変位が多く、とくに年長児で多く見られた。2009年に黒部¹³⁾が当院でのバーの変位に関して詳細に述べており、16歳以上で変位が有意に多かった。年長児の変位の傾向として急峻な陥凹を伴う症例でなおかつバーと胸骨に対する接着面が少ない場合、骨性胸郭が固いためにバーが安定せず、術直後より徐々に変位が増悪した。複数本のバーで胸郭（胸骨）を支えるとバーにかかる力が分散し、バーが安定することが推定

される。症例数が少なく統計学的な有意差はないが、複数本のバーの使用は、形状の改善のみならず、年長児以降で変位防止に有効であると示唆された。

その他、自然気胸と肺の嚢胞性疾患の合併を認めた。Nuss法と自然気胸との関連性は、本邦でも報告¹⁴⁾がある。当院では1例が両側気胸になったが、右側のブラのみ切除し治癒した。Nuss法術後早期は両胸腔に交通があり、片側ブラの破裂で両側性気胸になったと考えられ、早期は両側気胸に対する注意が必要である。この時期はバーも胸腔内に露出しており、胸腔内へ外気が入る気胸の場合、感染がバーへ広がる危険もありブラの早期切除が望ましいと思われる。漏斗胸患者は体型と発症年齢が自然気胸と似通っており、CT検査や術中にブラの好発部位を観察することは重要である。

漏斗胸と肺分画症やCCAMの合併例が報告されている。本邦でもNuss法432例中4例に先天性嚢胞性肺疾患を合併していたと報告¹⁵⁾があり、我々の施設での合併率(1.1%)に近い値であった。

Nuss法と合併する肺病変との治療時期については課題も多く、胸腔鏡手術とNuss法を同時に行った報告¹⁶⁾もあるが、感染の危険性と術後早期の呼吸への影響を考慮して二期の手術が好ましいとの意見¹⁵⁾もある。我々も同時手術は避けるべきだと考えており、術中に偶然にブラを発見しても切除は行わず、術後気胸の合併を念頭に置き慎重に経過を観察している。

スタビライザーを固定したワイヤーの合併症が見られたことから2010年3月よりスタビライザーの固定には2号のETHIBOND* EXCEL (ETHICON, JAPAN)を使用し、術後1年以上経過した症例でもとくに問題はない。

術後肺炎を合併した症例は、非対称の変形に対してバーを2本挿入しており、術後4日目に離床し、経口鎮痛剤でコントロールできていたが、疼痛の訴えが強く創痛により肺炎を合併したと考えられた。また、1年以上疼痛を訴えていた症例は、非対称な陥凹に対しバーを1本挿入しており胸壁をバーが貫く位置に痛みを訴えていた。疼痛が遷延する症例は年長児に多い傾向にあり、バーが肋間を貫く場所を痛がっており、バーと肋骨との接

触による痛みが原因と思われるが、疼痛の程度と自然軽快までの期間に個人差があり、採血上も異常なくレントゲン検査でも判断できず、明確な原因は不明である。

V. 結 語

Nuss法は、胸腔鏡による縦隔の剥離操作の視野展開に細心の注意を払うことで重篤な合併症を回避できる。年長児以上のバーの変位は複数本のバーを留置することで予防が可能になった。しかし、バー感染を完全に防ぐことは難しく課題が残るが、バー抜去を回避するには適切な抗菌薬の使用に加え局所の排膿や洗浄が必要と思われた。

著者の利益相反 (conflict of interest:COI) 開示:

本論文の研究内容に関連して特に申告なし

文 献

- 1) Nuss D, Kelly RE, Croitoru DP, Katz ME. A 10-year review of minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 1998; 33: 545-52.
- 2) 植村貞繁, 吉田篤史, 丁田泰宏. 漏斗胸に対するNuss procedureの手術経験. *日小外会誌.* 1998; 37: 264-9.
- 3) Ravitch MM. The operative treatment of pectus excavatum. *Ann Surg.* 1949; 129: 429-43.
- 4) Rehbine F, Werniche HH. The operative treatment of funnel chest. *Arch Dis Child.* 1957; 32: 5-8.
- 5) Moss RL, Albanese CT, Reynolds M. Major complication after minimally invasive repair of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 2001; 36: 155-8.
- 6) 上田和毅. Nuss法施行中に心臓損傷を来した1例. *形成外.* 2007; 50: 437-41.
- 7) 山元康徳, 上野輝夫. Nuss手術で生じた合併症とその対策 イントロデューサーによる左肺穿通損傷. *小児外.* 2003; 35: 696-700.
- 8) Hebra A, Swoveland B, Egbert M, Tagge EP, Georgeson K, Othersen HB, et al. Outcome analysis of minimally invasive repair of pectus excavatum; Review of 251 cases. *J Pediatr Surg.* 2000; 35: 252-8.
- 9) Croitoru DP, Kelly RE, Goretsky MJ. Experience and modification update for the minimally invasive Nuss technique for pectus excavatum repair in 303 patients. *J Pediatr Surg.* 2002; 37: 437-45.
- 10) Van Renterghem KM, von Bismarck S, Bax NM, Fleer A, Hollwarth ME. Should an infected Nuss bar be removed? *J Pediatr Surg.* 2005; 40: 670-3.
- 11) Calkines CM, Shew SB, Sharp RJ, Ostlie DJ, Yoder SM, Gittes GK, et al. Management of postoperative infections after the minimally invasive pectus excavatum repair. *J Pediatr Surg.* 2005; 40: 1004-7; discussion 1007-8.
- 12) 中岡達雄, 植村貞繁, 矢野常広, 中川賀清, 小池能宣. 漏斗胸に対するNuss手術後感染例の検討. *日小外会誌.* 2007; 43: 609-14.
- 13) 黒部仁, 馬場優治, 平松友雅, 大橋伸介, 金井正樹, 芦塚修一 ほか. Nuss法術後における術後バーの変位とバー固定法の工夫に関する検討. *日小外会誌.* 2009; 45: 1049-53.
- 14) 中川賀清, 植村貞繁, 矢野常広, 中岡達雄. Nuss手術後バー留置中に発症した自然気胸の検討. *日小外会誌.* 2007; 43: 683-7.
- 15) 中川賀清, 植村貞繁, 矢野常広, 中岡達雄, 谷本光隆, 今井茂樹. 漏斗胸に合併した肺嚢胞性疾患の2例. *日小放射線会誌.* 2008; 24: 54-9.
- 16) 中目和彦, 黒田達夫, 中野美和子, 森川信行, 嶋寺伸一, 川崎一輝 ほか. Nuss法による胸骨拳上術を肺葉切除と同時にを行った右肺下葉嚢胞症の1例. *日小外会誌.* 2001; 37: 593.