

原 著

小児漏斗胸に対する胸肋挙上術 10 年後の遠隔期成績の検討

東京女子医科大学 医学部 第一外科学 (主任：新田澄郎教授)

| | | | | | |
|------|------|------|-----|-----|-----|
| イシクラ | トシヒデ | ニシウチ | マサキ | シミズ | マユミ |
| 石倉 | 俊榮 | 西内 | 正樹 | 清水 | 真由美 |
| オオスキ | オオスキ | タカマサ | ニツタ | スミオ | |
| 大貫 | 恭正 | 新田 | 澄郎 | | |

(受付 平成 12 年 8 月 15 日)

Long-Term Evaluation 10 Years After Surgical Correction for Pectus Excavatum in Childhood

Toshihide ISHIKURA, Masaki NISHIUCHI, Mayumi SHIMIZU,
Takamasa ONUKI and Sumio NITTADepartment of Surgery I (Director: Prof. Sumio NITTA),
Tokyo Women's Medical University, School of Medicine

This study evaluated the effects of surgical correction for pectus excavatum, specifically sternocostal elevation, on the degree of improvement of deformity and on lung function. Lung function was tested 10 years after surgery on 76 (57 male and 19 female) patients. Ages at surgery ranged from 3 to 15 with a mean 6.4 ± 2.6 years. Ten years after surgery, the severity of depression was improved in all patients except ten (86.8%). Thirty-three (43.4%) of 76 patients had a vital capacity lower than 80% of the predicted value. But an average %VC of $80.7 \pm 12.7\%$ was obtained. The mean value of forced expiratory volume for one second was $89.9 \pm 6.6\%$ and obstructive change was not detected in all patients. D_{LCO} was $96.5 \pm 15.6\%$ and ΔN_2 was 1.10 ± 0.71 . Diffusion capacity and gas distribution were both good. No significant change in pulmonary function at 5 and 10 years after surgical correction was demonstrated. We concluded that surgical correction for young patients with pectus excavatum produces excellent cosmetic results and does not affect long-term lung function.

緒 言

小児期における漏斗胸手術が術後肺機能に及ぼす影響について先に報告した。すなわち、漏斗胸患者の肺換気機能は胸郭変形の程度に相関して拘束性機能低下を示すが、漏斗胸矯正術(胸肋挙上術)は、術後急性期に一旦低下を示し、1年後までに術前値に等しくなり、3年後も変わらないこと、また変形胸部の矯正効果が極めてよいことを報告した¹⁾²⁾。

しかし、胸肋挙上術にあっては成長途上の小児期において肋軟骨を切除することから、更に小児

期手術例において長期予後についての検討を必要とするが、小児期手術例に限った報告はない。

そこで著者らは胸肋挙上術 10 年後の矯正効果を検討するとともに肺機能、ガス交換能を検討し、幼小児期漏斗胸手術が術後 10 年の患者の肺機能に及ぼす影響を調べた。

対象および方法

1. 対象

1982 年 9 月より 1989 年 12 月までに東京女子医科大学病院呼吸器外科で 15 歳以下の小児期に手術を行い、術後約 10 年を経過し、外来受診、肺

| Grade | Preoperative 例数 | Postoperative 例数 |
|-------|--------------------|---------------------|
| 0 | 0 | 53 |
| I | 0 | 13 |
| II | 27 | 10 |
| III | 49 | 0 |

図1 術前と術後10年目の陥凹度の変化

換気、ガス交換能検査をしえた Marfan 症候群、および気管支喘息合併者を除く 76 例（男性 57 例、女性 19 例、手術時年齢は 3~15 歳、平均 6.4 ± 2.6 歳）を対象とした。対照群（非手術群）として術前陥凹度および検査時年齢が対象の手術後 10 年経過時の年齢と対応した漏斗胸術前患者 73 例、年齢 13~24（平均 16.8 ± 3.3 ）歳の肺機能検査値を用いた。また術後症例で術後 5 年経過時にも呼吸機能検査を施行していた 18 例については同一症例の遠隔期呼吸機能諸量の変化について検討した。

2. 方法

陥凹度は視診と X 線写真側面像からみた当教室の臨床分類を用いた。陥凹がないものは Grade 0 とし、Grade I はやや陥凹を認めるが心肺の圧迫のないもの、Grade II は比較的陥凹が強く心肺の圧迫のあるもの、Grade III は陥凹が更に強く心肺の圧迫の著しいもの、Grade IV は再陥凹部の胸骨内側面が椎体前面に達するものである。対象の術前陥凹度は Grade II 27 例、Grade III 49 例であった。また対照群の術前陥凹度は Grade II 37 例、Grade III 36 例であった。

手術法は当科の小児に対する標準術式である胸肋挙上術である³⁾。すなわち、第 3 肋軟骨より第 7 肋軟骨まで切離したのち、肋間筋を側方に至るまで剥離し、肋軟骨および肋骨の可動性を十分とし、過剰肋軟骨を切除する。切除の後、それぞれの肋軟骨を縫合し、肋軟骨が胸骨を左右に牽引する力が胸骨を挙上し、陥凹を解除する。

矯正効果は術前と同じ陥凹度の臨床分類で評価し、手術適応としていない Grade I 以下の術後陥凹度の症例を矯正効果良好と判定した。

表1 術後10年目の呼吸機能

| Measurement (% predicted) | 例数 | value |
|------------------------------|----|------------------|
| %VC | 76 | 80.7 ± 12.7 |
| FEV _{1.0} % | 76 | 89.9 ± 6.6 |
| %FRC | 53 | 80.1 ± 18.6 |
| %TLC | 53 | 81.9 ± 14.4 |
| %RV | 53 | 107.2 ± 32.1 |
| %RV/TLC | 53 | 132.2 ± 23.7 |
| %DLco | 53 | 96.0 ± 15.6 |
| ΔN_2 | 53 | 1.1 ± 0.71 |

呼吸機能測定には、Chestac 25 および Chestac 33（チェスト社製、東京）を使用し、被験者座位で行った。呼吸機能諸量の測定値は、内蔵の予測式による予測値に対する%表示とし、平均値±標準偏差で表した。

統計学的検討は同一症例の比較は paired t-test、群間の比較は unpaired t-test を用いて行い、 $p < 0.05$ を有意とした。

結 果

1. 矯正効果

10 年経過後の矯正効果は、術後 Grade 0 が術前 Grade II 27 例中 22 例、術前 Grade III 49 例中 31 例の計 53 例（69.7%）と、術後陥凹度 Grade I は術前 Grade II 3 例、術前 Grade III 10 例の計 13 例（17.1%）とで計 86.8% の良好な結果を得られた。術前 Grade II の 2 症例と Grade III の 8 症例の計 10 例（13.1%）に術後 Grade II の陥凹が見られたが、陥凹度が術前後とも Grade II で変化が見られなかった 2 例を除き改善が認められており、悪化した例は見られなかった（図 1）。

2. 呼吸機能

術後 10 年後の呼吸機能の結果では肺活量（%VC）は平均値で見ると、 $80.7 \pm 12.7\%$ 、全肺気量（%TLC）は $81.9 \pm 14.4\%$ と正常下限で低い傾向にあり、残気量（%RV）は $107.2 \pm 32.1\%$ とやや増加傾向を認めた。1 秒率（FEV_{1.0}%）は平均で $89.9 \pm 6.6\%$ と良好であった。一酸化炭素拡散能（%DLco）は $96.0 \pm 15.6\%$ で拡散能も良好に保たれていた。また一回呼吸法で測定した ΔN_2 は 1.10 ± 0.71 とガス分布は良好であった（表 1）。

個々の症例で見ると 33 例（43.4%）が拘束性障

害 (%VC<80%) を呈していたが、閉塞性障害 (FEV_{1.0}%<70%) を呈した症例はなかった (図 2)。

拘束性障害を呈した症例の陥凹度は、術前臨床分類では Grade II 10 例 (37%), Grade III 23 例 (47%) で、術後陥凹度では Grade 0 19 例 (36%), Grade I 8 例 (61%), Grade II 6 例 (60%) と術前後とも陥凹度が高度な症例に多い傾向があった (表 2)。

術後の %VC について術前後の陥凹度との関係では、術前 Grade II 群 82.2±13.4%, 術前 Grade III 80.1±12.5% と有意差なく (図 3), 術後 Grade 0 群 83.4±12.5%, Grade I 群 73.7±11.3%, Grade II 群 76.9±12.7% で、Grade 0 群と Grade I 群に差が見られたが、他の群間に統計学的有意差を認めなかった (図 4)。

手術の呼吸機能への影響については Grade II, Grade III の各術前臨床分類別での術後群と術前群の比較では、Grade II で %VC, %FRC, %TLC, %RV で有意差が見られ (表 3), Grade III では %

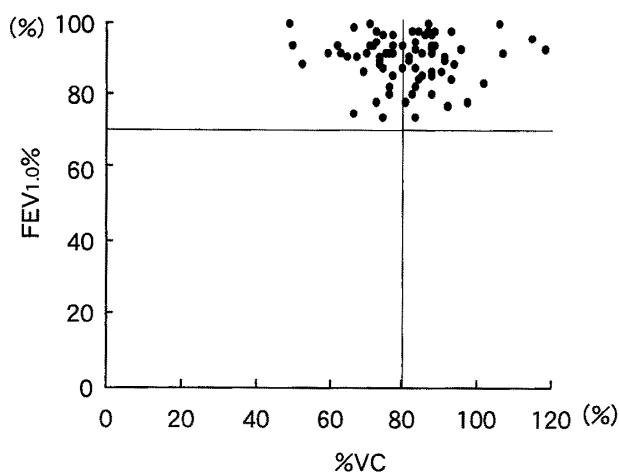


図 2 術後 10 年目の呼吸機能の分布
%VC ≥ 80%, FEV_{1.0}% ≥ 70% を呼吸機能障害なしと判定した。

VC, %FRC で有意差が認められた (表 4)。

術後 5 年群と術後 10 年群との比較では、%VC で増加したものと低下したものがほぼ同数でばらつきがあったものの平均値で有意差は認められなかった。FEV_{1.0}% は各症例でも変化の少ないものが多く各群間に有意差はなかった。%RV と %FRC はいずれも増加していたが群間に有意差はなかった。%TLC, %D_{LCO} でもいずれも有意差は認められなかった (図 5)。

考 察

先に胸肋挙上術は術後 3 年で有意に CT index (胸部 CT スキャン像の最陥凹部内側と椎体前面との距離/骨性胸郭最大横径) の改善が得られることを報告したが³⁾, 術後 10 年においても十分な矯正効果を得られた。

漏斗胸矯正術は各施設により胸骨挙上術, 胸骨翻転術, および人工補填材料を用いる術式などが選択されているが^{4)~10)}, 当科では小児の標準術式として胸肋挙上術を用いており³⁾, 過成長した肋軟骨を切除し再縫合する簡便な方法でありながら術後十分な矯正が得られ, かつ術後管理も容易で, 重篤な合併症も認められず, 胸郭の柔軟な小児漏

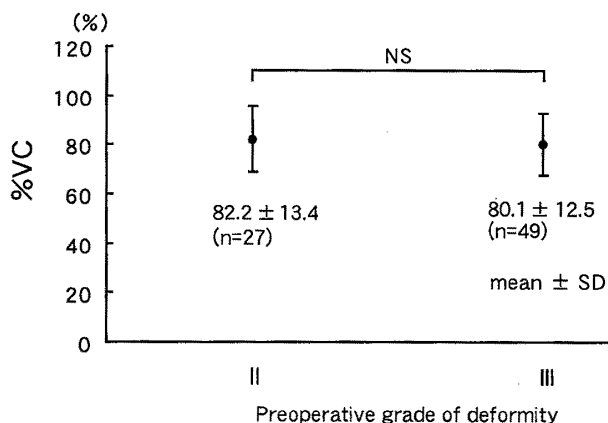


図 3 術前陥凹度と術後 10 年の %VC の関係

表 2 術前後の陥凹度別での拘束性障害 (%VC < 80%) を呈した症例数

| Preoperative degree of deformity | Postoperative degree of deformity | | | Total |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|-------------|
| | 0 | I | II | |
| II | 6/22 | 2/3 | 2/2 | 10/27 (37%) |
| III | 13/31 | 6/10 | 4/8 | 23/49 (47%) |
| Total | 19/53 (36%) | 8/13 (61%) | 6/10 (60%) | 33/76 (43%) |

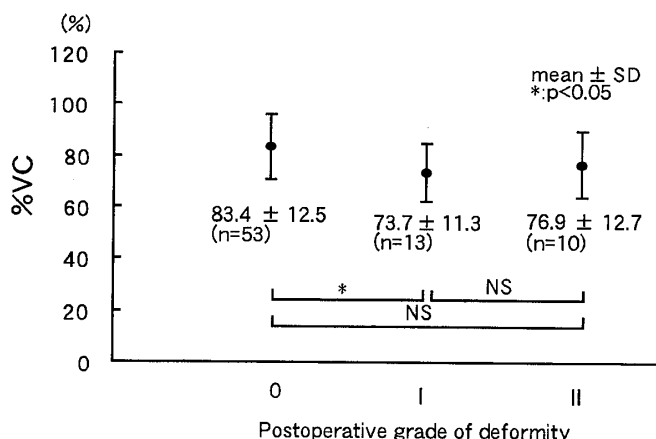


図4 術後10年の陥凹度と%VCの関係

斗胸に対し非常に有用な術式であると考えられる。しかし幼小期に肋軟骨を切除することによる胸郭の發育不全ないし、残存した肋軟骨の過成長による再陥凹の可能性が懸念されるところである¹¹⁾¹²⁾。

今回の検討では成長期を経た遠隔期においても約90%の症例で良好な矯正効果を認め、かつ2例を除き改善傾向が見られており良好な結果を得られた。成長期を経た遠隔期にも十分な矯正効果を認められることより、胸肋挙上術は小児期漏斗胸手術として妥当であると考えられる。

術後の呼吸機能については、当科の成績では術後近接期に%VCが一時的に低下するものの、術後1年までに術前値に復しており、術後5年目の遠隔期では%FRCを除き良好な呼吸機能であったことをすでに報告しているが¹⁾、小児期に手術を施行した症例においては更に成長期を経た遠隔期までの検討が必要である¹³⁾。術後遠隔期の呼吸機能については Gyllensward ら¹⁴⁾は術後のVC, TLC について陥凹度も含め報告しており手術による改善がないと述べているが、呼吸機能検査時の年齢が不明瞭である。

Morshuis ら¹⁵⁾は、術後遠隔期の TLC, IVC の減少を報告しているが、手術時年齢が 15.3 ± 5.5 (4.8~32.7) 歳と小児期以降の手術症例も含まれており、小児期の手術症例に限った報告はない。

術後10年経過例の呼吸機能諸量はいずれも平均値では予測値に近い値を示した。FEV_{1.0}% は平均で $89.9 \pm 6.6\%$ と良好で、個々の症例で見ても閉

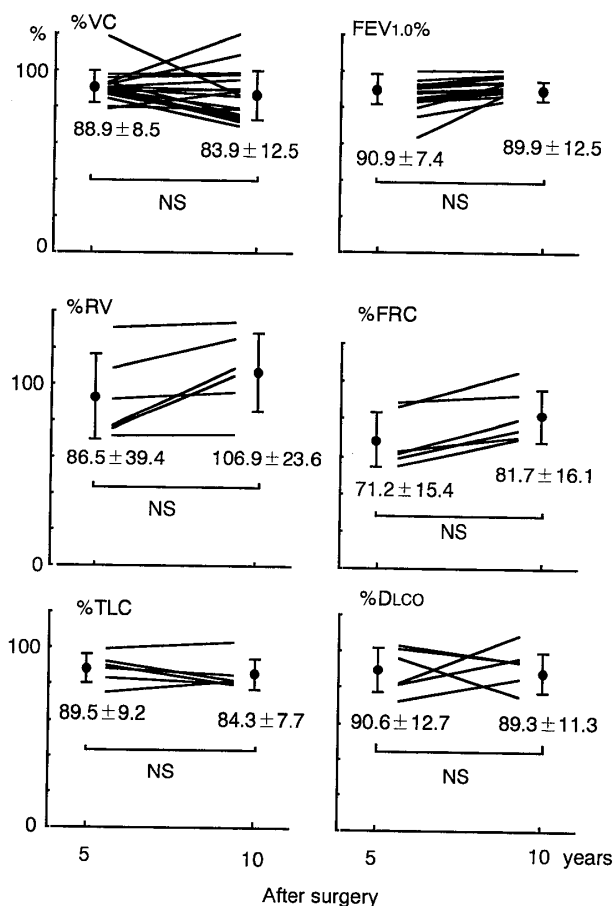


図5 術後遠隔期(5年目と10年目)の呼吸機能諸量の変化
mean ± SD

塞性障害 (FEV_{1.0}% < 70%) を呈した症例はなく、%DLCO $96.0 \pm 15.6\%$ 、 ΔN_2 1.10 ± 0.71 と小児期の漏斗胸矯正術後遠隔期に気道閉塞はなく、拡散能、ガス分布も良好に保たれていた。しかし%VC、%TLC は正常下限であり、76例中33例43.4%に拘束性障害 (%VC < 80%) が見られた。

術前の陥凹度と術後%VCの平均値では有意差が認められず、術後陥凹度と術後%VCではGrade IがGrade 0より低値であったが、他の群間に統計学的有意差を認めなかった。平均値では一定の傾向はなかったが、拘束性障害の症例数で見ると、術前、術後とも陥凹が強い症例に多い傾向があり、術前から前胸部陥凹による拘束性障害の存在、および術後再陥凹と術後拘束性障害との関係が示唆された。

手術の呼吸機能への影響は小児期手術症例で手術時年齢が3~15歳、平均6歳5カ月と低年齢で

表3 術前陥凹度 Grade II の術後10年群と年齢、陥凹度の対応した術前群との呼吸機能の比較

| Measurement (% predicted) | 例数 | Postoperative group | 例数 | Nonoperative group | p value |
|---------------------------|----|---------------------|----|--------------------|-----------|
| %VC | 27 | 82.2 ± 13.4 | 37 | 98.8 ± 20.7 | p < 0.001 |
| FEV _{1.0} % | 27 | 91.0 ± 5.7 | 37 | 90.8 ± 6.6 | NS |
| %FRC | 20 | 82.0 ± 18.7 | 19 | 99.1 ± 24.5 | p < 0.05 |
| %TLC | 20 | 83.1 ± 14.6 | 19 | 97.6 ± 21.8 | p < 0.05 |
| %RV | 20 | 103.0 ± 34.9 | 19 | 137.3 ± 50.7 | p < 0.05 |
| %DL _{CO} | 20 | 99.9 ± 19.9 | 19 | 95.4 ± 19.6 | NS |

表4 術前陥凹度 Grade III の術後10年群と年齢、陥凹度の対応した術前群との呼吸機能の比較

| Measurement (% predicted) | 例数 | Postoperative group | 例数 | Nonoperative group | p value |
|---------------------------|----|---------------------|----|--------------------|----------|
| %VC | 49 | 80.1 ± 12.5 | 36 | 89.7 ± 23.1 | p < 0.05 |
| FEV _{1.0} % | 49 | 89.9 ± 7.1 | 36 | 93.2 ± 5.4 | NS |
| %FRC | 34 | 79.0 ± 18.7 | 21 | 91.8 ± 20.0 | p < 0.05 |
| %TLC | 34 | 81.5 ± 14.8 | 21 | 86.9 ± 17.1 | NS |
| %RV | 34 | 110.4 ± 31.3 | 21 | 125.9 ± 38.9 | NS |
| %DL _{CO} | 34 | 93.5 ± 12.7 | 21 | 100.9 ± 27.3 | NS |

表5 VCの内蔵予測式

| 報告者 | 年齢(歳) | 性別 | 予測式 |
|------------------------|-------|----|--|
| 石田 ¹⁷⁾ | 6~12 | M | $34.0 \times \text{Ht} - 2,487$ |
| | | F | $34.3 \times \text{Ht} - 2,609$ |
| 金上 ¹⁸⁾ | 13 | M | $(1.40 \times \text{Age} - 1.20) \times \text{Ht}$ |
| | | F | $(1.70 \times \text{Age} - 6.70) \times \text{Ht}$ |
| 金上 ¹⁸⁾ | 14~17 | M | $(0.48 \times \text{Age} + 17.18) \times \text{Ht}$ |
| | | F | $(\text{Age} + 3.10) \times \text{Ht}$ |
| Baldwin ¹⁹⁾ | 18~69 | M | $(27.63 - 0.112 \times \text{Age}) \times \text{Ht}$ |
| | | F | $(21.78 - 0.101 \times \text{Age}) \times \text{Ht}$ |

Ht(身長): cm, Age(年齢): 歳.

術前呼吸機能成績の信頼性が欠けること、また%VCの予測式が本研究の検査時年齢では、年齢により異なることから(表5)、小児手術例では同一症例での術前と術後遠隔期の比較により手術が呼吸機能に及ぼす影響を検討することは困難であると考えられる。このため対照は術後10年経過症例の遠隔時呼吸機能の検査時年齢と同年齢で、術前呼吸機能を測定した症例を用いた。この際、術前陥凹度は呼吸機能検査値と相関が見られることから²⁾、術前の陥凹度別に比較を行った。呼吸機能諸量はGrade IIで%VC, %FRC, %TLC, %RVで有意差が、Grade IIIでは%VC, %FRCで有意

差が認められ、肋軟骨切除による拘束性変化が示唆された。しかし自然経過では3歳以降で自然軽快例はほとんどなく、加齢により陥凹が顕著になり、非対称性や側彎症を伴い徐々に進行する¹⁶⁾ことを考慮すると術後症例の中には10年後の自然経過を見た場合、対照群に比し陥凹が強い症例が含まれていると考えられる。この点と、%VCはいずれの術後陥凹度においても平均値で80%以上であることを考慮すれば手術を施行したことによる拘束性変化は許容範囲であると考えられた。

同一症例においての術後5年時と10年時の呼吸機能の変化についての検討では%VC, FEV_{1.0}%, %TLC, %RV, %FRC, %DL_{CO} いずれにおいても平均値で変化は見られなかった。%VCは個々の症例で見ると増加と減少がほぼ同数に見られており術後5年時までの拘束性障害例数の減少傾向はなかったが、術前と術後5年時では平均値で有意な変化がなく¹⁾、今回術後5年時と10年時にも平均値で変化がないことより、手術による拘束性変化はないと考えられる。

%FRCは5年時に71.2%と術前よりやや低下していたが10年時では全例で増加が見られ、平均

値で $81.7 \pm 16.1\%$ と改善した。症例数が少ないため有意差はないが、矯正効果の検討で胸郭の発育障害を認めた例はなく、胸郭の成長に伴う改善の可能性があり、今後さらに成人に達するまでの検討を要する。

Haller ら¹²⁾は小児期に5本以上の肋骨切除による胸郭の発育障害と呼吸機能障害を呈した症例を報告し、小児期の手術を否定しているが、当科の胸肋挙上術では、肋軟骨を完全に切除しないよう留意しており、胸郭全体の発育障害による拘束性障害と考えられる症例はなく、%VCも対照群より低値であるが、平均値で正常下限にとどまっております。小児期の手術も十分許容可能であると考えられる。

結 論

小児期漏斗胸手術、特に胸肋挙上術は術後10年を経た遠隔期においても86.8%に良好な矯正効果が得られた。陥凹度が改善しなかったのは2例のみで、術前より悪化した例は認められなかった。

術後遠隔期の呼吸機能は拘束性障害を呈する症例を認めるが、%VCは平均値で $80.7 \pm 12.7\%$ で、対照群および術後5年時との比較では手術の影響による拘束性変化は軽度であった。また術後遠隔期に気道閉塞はなく、拡散能、ガス分布も良好に保たれていた。

胸肋挙上術は術後10年経過後の肺換気機能上、許容範囲内の軽度の拘束性障害を認めたが、矯正効果は良好であった。

文 献

- 1) 神楽岡治彦：漏斗胸患者の呼吸機能に関する研究—手術前および手術後の評価—。東女医大誌 **60**: 494-504, 1990
- 2) Kaguraoka H, Ohnuki T, Itaoka T et al: Degree of severity of pectus excavatum and pulmonary function in preoperative and postoperative periods. J Thorac Cardiovasc Surg **104**: 1483-1488, 1992
- 3) 横山正義, 板岡俊成, 日野恒和：胸肋挙上術と胸骨翻転術。小児外科 **20**: 58-63, 1988
- 4) Ravitch MM: Technical problems in the operative correction of pectus excavatum. Ann Surg **162**: 29-33, 1965
- 5) Wada J: Surgical correction of the funnel chest "Sternoturnover". West J Surg Obstet Gynecol **69**: 358-361, 1961
- 6) Masson JK, Payne WS, Gonzales JB: Pectus excavatum: Use of preformed prosthesis for correction in the adult. Plast Reconstr Surg **46**: 399-402, 1970
- 7) Wesselhoeft CW Jr, DeLuca FG: A simplified approach to the repair of pediatric pectus deformities. Ann Thorac Surg **34**(6): 640-646, 1982
- 8) 山口真弘, 築部卓郎, 大橋秀隆：小児漏斗胸に対する胸骨挙上とbridge external traction併用法の手術成績の検討。日胸外会誌 **41**: 2341-2348, 1993
- 9) Lane-Smith DM, Gillis DA, Roy PD: Repair of pectus excavatum using a Dacron vascular graft strut. J Pediatr Surg **29**: 1179-1182, 1994
- 10) Actis Dato GM, De Paulis R, Actis Dato A et al: Correction of pectus excavatum with a self-retaining seagull wing prosthesis. Long-term follow-up. Chest **107**: 303-306, 1995
- 11) Willital GH, Meier H: Cause of funnel chest recurrences—operative treatment and long-term results. Prog Pediatr Surg **10**: 253-256, 1977
- 12) Haller JA, Colombani PM, Humphries CT: Chest wall constriction after too extensive and too early operations for pectus excavatum. Ann Thorac Surg **61**: 1618-1625, 1996
- 13) Morshuis WJ, Mulder H, Wapperom G et al: Pectus excavatum: A clinical study with long-term postoperative follow-up. Eur J Cardiothorac Surg **6**: 318-328, 1992
- 14) Gyllensward A, Irenell L, Michaelsson M et al: Pectus excavatum; a clinical study with long term postoperative follow-up. Acta Paediatr Scand Suppl **255**: 1-4, 1975
- 15) Morshuis W, Folgering H, Barentsz J et al: Pulmonary function before surgery for pectus excavatum and at long-term follow-up. Chest **105**: 1646-1652, 1994
- 16) 佐々木信義, 角岡秀彦, 大和俊信ほか：漏斗胸。小児外科 **24**: 1221-1225, 1992
- 17) 石田尚之：呼吸機能の正常値 VC (3) 小児。呼吸と循環 **14**: 716, 1966
- 18) 海老名敏明, 金上晴夫, 桂 敏樹ほか：日本人肺機能の標準値に関する研究。呼吸と循環 **6**: 999, 1958
- 19) Baldwin ED, Cournand A, Richerd DW: Pulmonary insufficiency. Medicine **27**: 243, 1948