

原 著

漏斗胸手術（胸肋挙上術）における切除肋軟骨長と
胸郭矯正効果に関する研究

東京女子医科大学 医学部 第一外科学（主任：新田澄郎教授）

ササノ ヒ サ コ オオヌキ タカマサ ササノ ススム
笹野久左子・大貫 恭正・笹野 進ムラスギ マサヒデ ニツ タ スミ オ
村杉 雅秀・新田 澄郎

（受付 平成12年5月1日）

**Relationship between the Length of Resected Costal Cartilage and the Thorax Correction
Efficacy in Sterno-costal Elevation for Pectus Excavatum****Hisako SASANO, Takamasa ONUKI, Susumu SASANO,
Masahide MURASUGI and Sumio NITTA**Department of Surgery I (Director: Prof. Sumio NITTA)
Tokyo Women's Medical University, School of Medicine

The thorax correction efficacy of sterno-costal elevation was compared to the length of resected costal cartilage, the computed tomography (CT) index for the chest, and the patient's clinical classification. Fifty-two patients were selected from the 520 cases that have undergone sterno-costal elevation for pectus excavatum in our department between July 1987 and December 1996. Preoperative CT indices showed a negative correlation with the length of the resected fifth, sixth, and seventh costal cartilages. Body length and body weight showed a positive correlation with the maximum thoracic transverse diameter. We defined the ratio of the length of resected costal cartilage as the length of resected costal cartilage divided by the maximum thoracic transverse diameter. For the fifth, sixth, and seventh costal cartilages the ratio of the length of resected costal cartilage in Grade III subjects was significantly higher than that of Grade II subjects. The change between the preoperative and postoperative CT indices was also larger for subjects with a larger ratio of the length of resected costal cartilages in procedures involving the fifth, sixth, and seventh costal cartilages. These results indicate that the length of resection for the fifth, sixth, and seventh costal cartilages strongly influences the degree of improvement. By examining the clinical classification of a patient and the optimal ratio of the length of resected costal cartilage, the length of costal cartilage that should be resected can be preoperatively determined.

緒 言

漏斗胸に対する胸郭矯正手術術式は諸家により種々報告されているが^{1)~8)}、それら術式と胸郭矯

正効果について定量的に検討した報告は少ない。当教室で標準術式として行っている胸肋挙上術は、胸骨から付着肋軟骨を遊離した後、肋軟骨の

過剰部分を切除し、胸骨に再固定する方法である^{4)~7)}。本研究では、この術式における矯正効果の定量的評価を行い、至適切除肋軟骨長を規定する因子についてCT index⁹⁾および臨床分類⁴⁾を用いて検討したので報告する。

対象および方法

1. 対象

1987年7月から1996年12月までに東京女子医科大学病院第一外科において漏斗胸手術を行った633例中、胸肋拳上術を施行された症例は520例で、うち、術前および術後1年以内に胸部コンピュータ断層撮影(CT)により胸郭変形度の評価が行われ、かつ手術記録に切除肋軟骨長の詳細な記載がある52例を対象とした。手術時の年齢は3~28歳(平均 6.9 ± 4.7 歳)で、男性40例、女性12例であった。

2. 方法

1) 胸郭変形度の評価

漏斗胸の胸郭変形度の評価には、当教室のCT index⁹⁾および臨床分類(Grade群, 優位型)⁴⁾を使用した。

(1) CT index (=最陥凹部内側と椎体前面との距離/胸郭最大横径)：前胸部陥凹度の客観的評価を目的とし、術前および術後1年以内に施行されたCT画像から算出した(図1)。

(2) 臨床分類

①Grade群：当教室慣用の前胸部陥凹の程度を示す外見上の分類である。

Grade I：非常に軽度の陥凹であり、外科治療を必要としないもの、Grade II：比較的陥凹が強く、心臓および肺の圧迫があるもの、Grade III：陥凹がさらに強く、心臓および肺の圧迫も著しいもの、Grade IV：陥凹が最も強く、陥凹した胸骨が脊椎に接するかまたはまさに接しようとしているもの。

②優位型：外見上の陥凹の最強点の位置に基づき、以下のように分類される。

右優位型(right dominant type)：陥凹部が右側に偏位しているもの、左優位型(left dominant type)：陥凹部が左側に偏位しているもの、対称型(symmetrical type)：陥凹部が中央のもの。

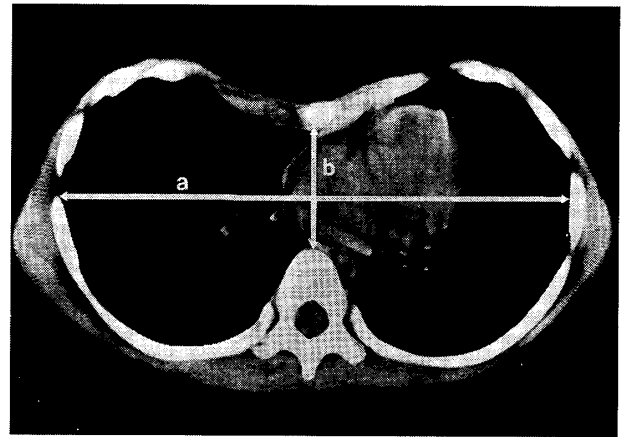


図1 CT index (=b/a)

a：胸郭最大横径，b：最陥凹部内側と椎体前面との距離。

2) 手術方法

当教室の標準術式⁴⁾である胸肋拳上術を用いた。この術式は、全身麻酔下仰臥位で、男性の場合は前胸部に正中切開、女性の場合は前胸部に波型横切開を加えて胸壁に到達し、大胸筋を胸骨、肋骨より剥離した後、胸骨から付着肋軟骨(第3~7肋軟骨)を遊離させ、胸骨を前方への拳上矯正位として、肋軟骨の過剰部分を切除し、非吸収糸を用いて胸骨に再固定する。

3) 切除肋軟骨長の測定

切除した肋軟骨の胸骨側、肋骨側それぞれの断端の midpoint を長軸方向に結んだ距離を mm 単位で測定した数値を用いた。

4) 切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比 (= 切除肋軟骨長/胸郭最大横径) の設定

体型を身長、体重、胸郭最大横径で表し、それぞれの相関関係を求めた。さらに、胸郭最大横径と各切除肋軟骨長との相関関係を求め、切除肋軟骨長を体型の違いに関わらず単純に比較可能にするために、切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比 (= 切除肋軟骨長/胸郭最大横径) を設定した。

5) 統計学的検定方法

術前・術後の比較には、paired t-test を、臨床分類(Grade群, 優位型)の比較には Student's t-test を使用し、いずれも $p < 0.05$ をもって有意とした。

結果

1. 術前胸郭変形度と術後矯正効果 (表1)

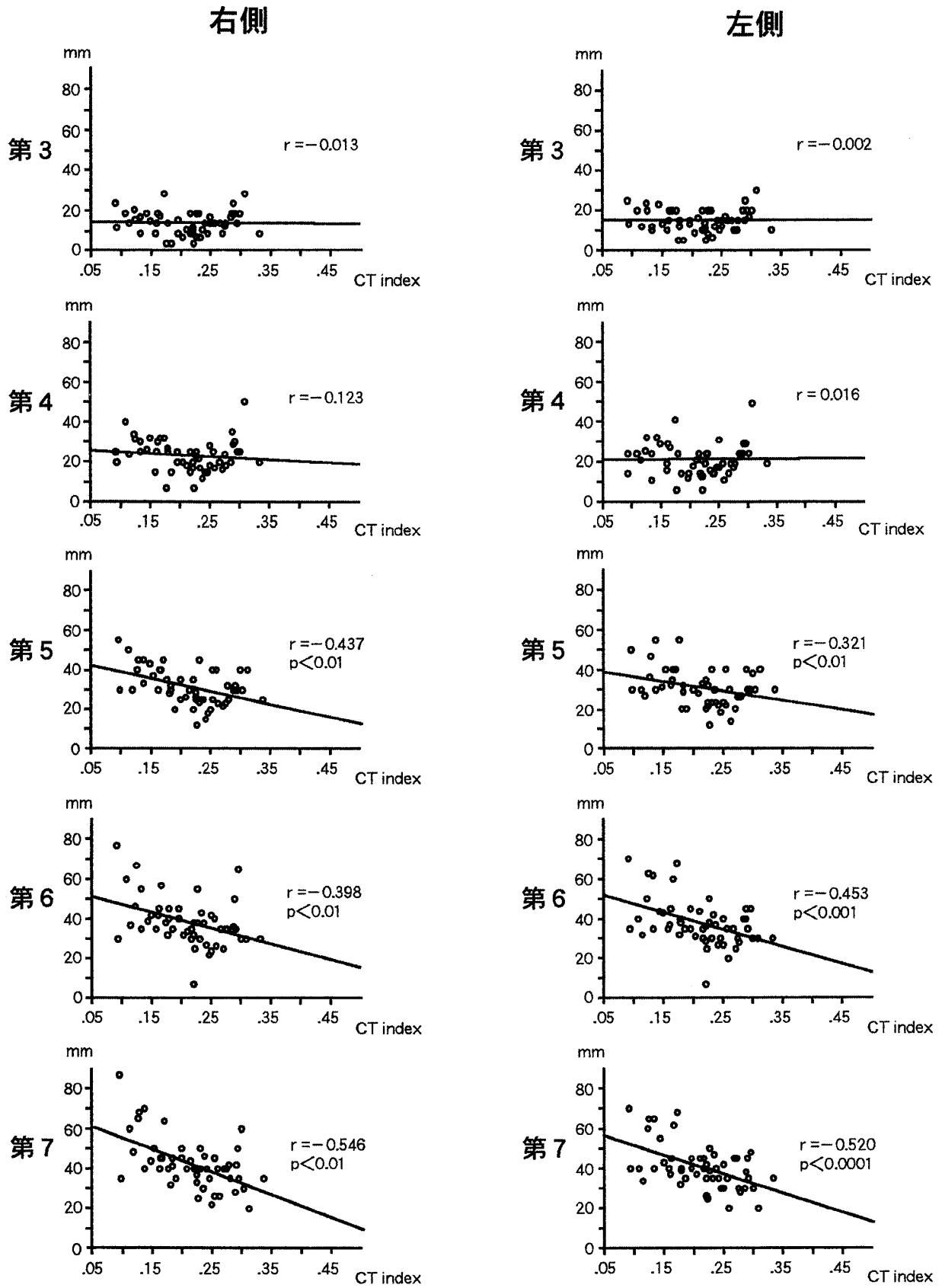


図2 切除肋軟骨長と術前 CT index

1) Grade 群別 CT index の変化

Grade II 群 (n=31) は術前の平均 0.25 ± 0.03 から術後の平均 0.37 ± 0.03 へ, Grade III 群 (n=19) は術前の平均 0.16 ± 0.03 から術後の平均 0.34 ± 0.04 へ, Grade IV 群 (n=2) は術前の平均 0.09 から術後の平均 0.35 へと各 Grade 群共に術前に比して術後は有意に改善が認められ ($p < 0.0001$), Grade II 群は III 群, IV 群に比して, 有意に改善が認められた ($p < 0.0001$).

2) 優位型別 CT index の変化

優位型別では右優位型 (n=11) は術前の平均 0.19 ± 0.07 から術後の平均 0.35 ± 0.04 へ, 左優位型 (n=8) は術前の平均 0.22 ± 0.05 から術後の平均 0.37 ± 0.03 へ, 対称型 (n=33) は術前の平均 0.22 ± 0.06 から術後の平均 0.36 ± 0.04 へと各型共に有意に改善が認められ ($p < 0.0001$), 各型間で有意差はなかった.

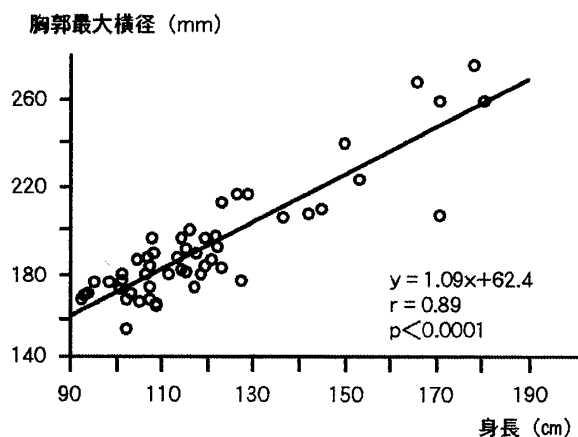
2. 切除肋軟骨長と術前 CT index との相関

切除肋軟骨長と術前 CT index の関係は左右共

表 1 CT index の術前・術後の変化

	n	術前 CT index	術後 CT index	p value
Grade II	31	0.25 ± 0.03	0.37 ± 0.03	$p < 0.0001$
Grade III	19	0.16 ± 0.03	0.34 ± 0.04	$p < 0.0001$
Grade IV	2	0.09	0.35	
右優位型	11	0.19 ± 0.07	0.35 ± 0.04	$p < 0.0001$
左優位型	8	0.22 ± 0.05	0.37 ± 0.03	$p < 0.0001$
対称型	33	0.22 ± 0.06	0.36 ± 0.04	$p < 0.0001$

(mean \pm SD)



に第 3・4 肋軟骨には相関は認められなかったが, 第 5・6・7 肋軟骨には負の相関を認めた (図 2).

3. 身長・体重と胸郭最大横径

身長と胸郭最大横径の間, 体重と胸郭最大横径の間には, それぞれ相関係数 0.89 ($p < 0.0001$), 0.91 ($p < 0.0001$) と強い正の相関を認めた (図 3).

4. 切除肋軟骨長と胸郭最大横径

各切除肋軟骨長と胸郭最大横径との間には相関を認めた (表 2).

5. 切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比

切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比 (= 切除肋軟骨長/胸郭最大横径) は, Grade II 群では第 3 肋軟骨から下位の肋軟骨ほど大きく, この傾向は左右によって差はなく, Grade III 群, IV 群でも差はなかった (表 3). Grade II 群, III 群, IV 群間の切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比は左右共に第 3・4 肋軟骨では有意差は認められなかったが, 第 5・6・7 肋軟骨では Grade III 群が II 群に比して有意に大きかった ($p < 0.01$). Grade IV 群は, 有意ではないが Grade II 群, III 群に比して大きい傾向にあった (図 4). また, 優位型別では右優位型・左優位型・対称型の間, 切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比に右第 6 肋軟骨以外では有意差は認められなかった (表 4).

6. CT index の変化率 (Δ CTI) と切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比との相関

術前・術後 CT index の変化率 (Δ CTI) [= (術後 CT index - 術前 CT index) / 術前 CT index] と

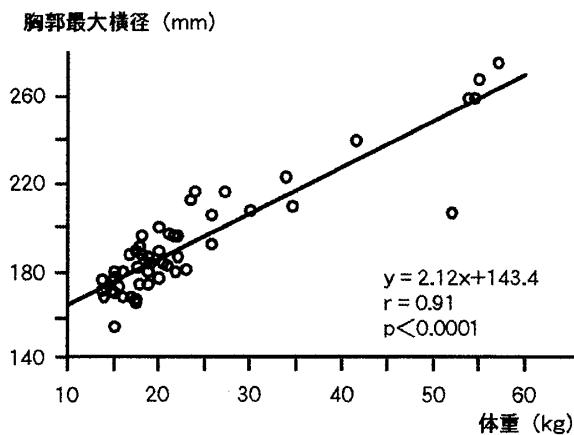


図 3 身長・体重と胸郭最大横径

表2 切除肋骨長と胸郭最大横径の相関係数

肋骨	第3	第4	第5	第6	第7
右	0.523****	0.341*	0.360**	0.344*	0.312*
左	0.379**	0.310*	0.548****	0.471***	0.423**

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, ****p<0.0001.

表3 切除肋骨長の対胸郭最大横径比(Grade 群別)

Grade	肋骨	第3	第4	第5	第6	第7
II	右	0.08±0.03	0.11±0.04	0.15±0.04	0.18±0.06	0.20±0.06
	左	0.08±0.03	0.11±0.04	0.15±0.04	0.18±0.05	0.19±0.05
III	右	0.08±0.03	0.13±0.04	0.19±0.04	0.23±0.04	0.25±0.05
	左	0.08±0.03	0.12±0.04	0.18±0.03	0.23±0.04	0.24±0.04
IV	右	0.08	0.10	0.19	0.23	0.26
	左	0.08	0.09	0.18	0.23	0.24

(mean±SD)

表4 切除肋骨長の対胸郭最大横径比(優位型別)

型	肋骨	第3	第4	第5	第6	第7
右優位型	右	0.08±0.02	0.13±0.02	0.18±0.03	0.22±0.04	0.24±0.05
	左	0.08±0.02	0.11±0.04	0.18±0.03	0.22±0.05	0.23±0.05
左優位型	右	0.08±0.03	0.12±0.04	0.16±0.04	0.16±0.06	0.20±0.05
	左	0.08±0.02	0.12±0.04	0.17±0.05	0.17±0.07	0.20±0.05
対称型	右	0.08±0.03	0.12±0.05	0.16±0.05	0.20±0.06	0.22±0.06
	左	0.08±0.03	0.11±0.04	0.15±0.04	0.20±0.05	0.21±0.06

(mean±SD)

表5 CT index の変化率(ΔCTI)と切除肋骨長の対胸郭最大横径比との相関係数

肋骨	第3	第4	第5	第6	第7
右	0.006	0.099	0.399*	0.353*	0.478**
左	0.022	-0.047	0.268	0.392*	0.451**

ΔCTI=(術後CT index-術前CT index)/術前CT index,
*p<0.001, **p<0.0001.

切除肋骨長の対胸郭最大横径比との間には、両側共に第3・4肋骨との間に相関は認められなかったが、右第5・6・7肋骨および左第6・7肋骨との間には正の相関が認められた(表5)。

考 察

漏斗胸の手術術式としての胸肋挙上術は、比較的侵襲が少なく十分な矯正効果が得られることを当教室ではかねてより報告し^{4)~7)}、標準術式として行ってきた。胸肋挙上術における術前・術後の

CT index の変化をGrade 群別にみると、各Grade 群共に有意に改善を認めている。また、優位型別にみても、対称型・非対称型に関わらず有意に改善を認め、胸肋挙上術の有効性を示している。

漏斗胸矯正術の手術適応の決定に際しては、胸郭変形度の評価が重要であり、従来より漏斗胸の胸郭変形度の客観的定量的評価は体表から陥凹部を計測する方法¹⁰⁾、X線^{11)~13)}やCT画像^{14)~19)}から計測する方法等が報告されている。特に近年CTが普及したこともあり、漏斗胸の胸郭変形度の評価法は、当教室で使用されているCT index⁹⁾、Hallerら²⁰⁾の横径/前後径比(逆比)のような単一パラメーターにより前胸部陥凹度のみ評価するもの、水野ら⁸⁾が提唱している陥凹度・変形度・左右比や、Nakaharaら²¹⁾の陥凹度・対称度・扁平度のような複数パラメーターにより胸郭全体の変形を評価したもの等種々の報告がある。

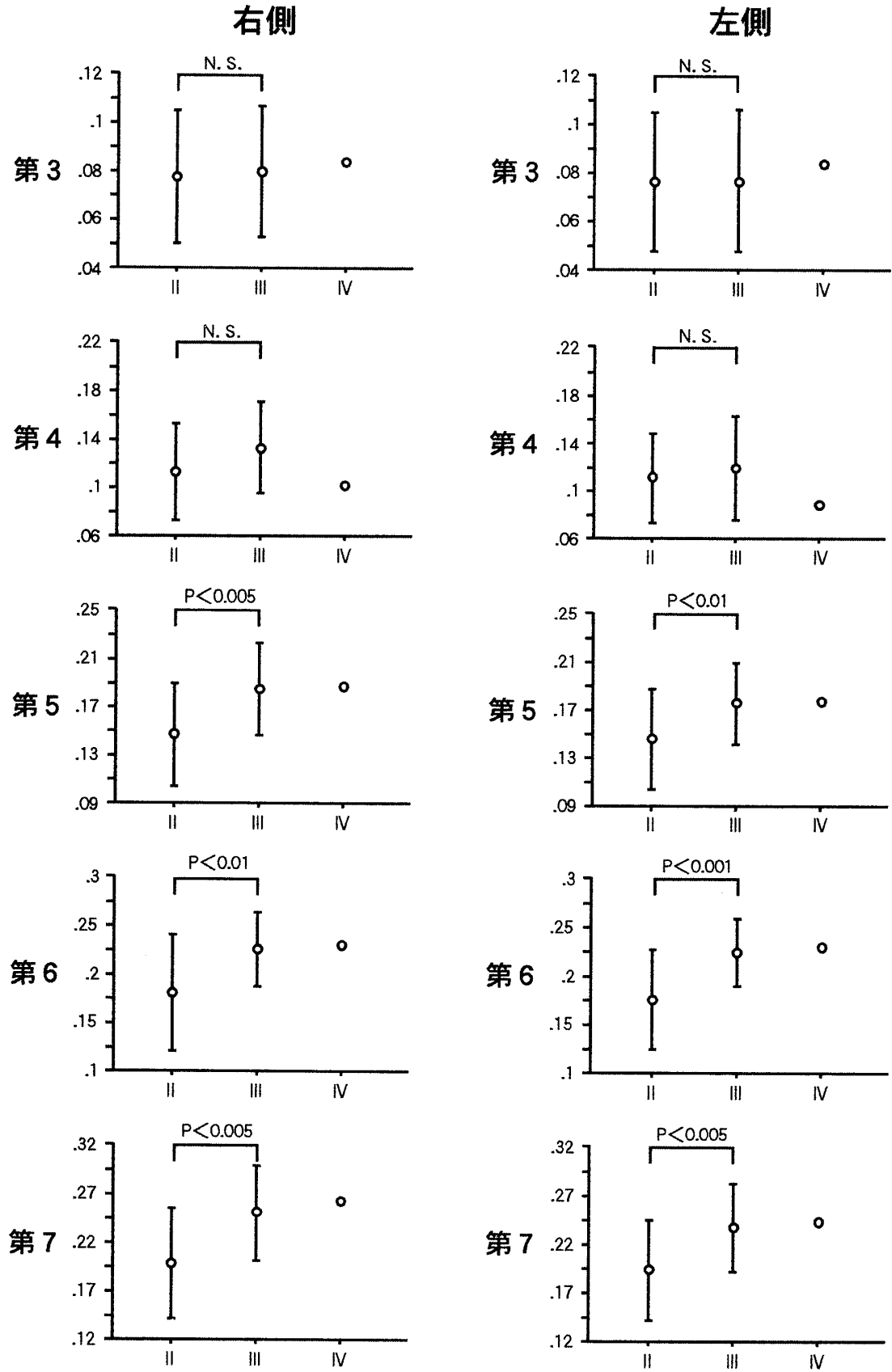


図4 臨床分類 (Grade 群) と切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比

当教室では胸郭変形度の指標として、CT index に加えて臨床分類(Grade 群・優位型)を使用してきた。CT index は前胸部陥凹度の客観的定量的評価法のひとつで、最陥凹部内側・椎体前面距離と胸郭最大横径の比であるが、臨床分類は胸郭全体の変形を表し主観的評価法である。神楽岡²²⁾はCT index と臨床分類の Grade 群とは良好な相関関係が認められたと報告している。

本研究では、胸肋拳上術における切除肋軟骨長を体型に関係なく比較するためのパラメーターの設定を企図した。身長・体重と胸郭最大横径との関係は、既に健常者についての村越ら¹⁶⁾の報告があるが、術前の漏斗胸患者についても強い正の相関が認められた。また、胸郭最大横径と各切除肋軟骨長との間にもそれぞれ正の相関が認められた。これらの結果から、切除肋軟骨長の評価において、切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比(=切除肋軟骨長/胸郭最大横径)というパラメーターを設定した。その結果、従来、術野で経験的に決定されてきた切除肋軟骨長が胸郭最大横径に対する一定の比を成していることがわかった。切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比を用いることにより、術前CTで胸郭最大横径を計測すると、各 Grade 群において、各肋軟骨をどの程度切除すれば胸郭変形が改善されるか予測可能となり、不十分または過度な肋軟骨切除の防止になると思われる。

切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比を各 Grade 群ごとに比較すると左右の第3・4肋軟骨では有意差は認められなかったが、第5・6・7肋軟骨で Grade III 群と II 群の間に有意差が認められた。さらに、術前・術後のCT index の変化率の結果をみても右第5・6・7肋軟骨および左第6・7肋軟骨の間で正の相関を認め、胸肋拳上術では第5・6・7肋軟骨の切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比が術後の矯正効果に大きく関与すると考えられた。

この理由として、胸肋拳上術は肋軟骨が左右に牽引しあう力により肋骨リングの斜行を正常に近づけ胸郭の前後径を増加させる手術方法であること^{4)~7)}、また、漏斗胸の最陥凹部が胸骨体の下端部付近に集中しているという事実が考えられる。

一方、優位型別でみると右優位型・左優位型・対称型共に右第6肋軟骨以外に切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比に有意差はなく陥凹の非対称性は片側の肋軟骨の過成長よりも胸骨の捻れが主な原因と考えられた。また、施設により非対称性のものに対しては、肋軟骨の切除に加え胸骨の捻れも切開を加え矯正しているが²⁸⁾、胸肋拳上術では肋軟骨が左右に牽引しあう力により胸骨を挙上するため、術前・術後のCT index の結果からも明らかのように、対称性も非対称性も同一の手術手技で良好な結果が得られた。胸肋拳上術は少ない侵襲で非対称性にも十分対応できると考えられる。

胸肋拳上術は3歳から就学前頃の小児期に多く施行される手術である。そのため肋軟骨の過大な切除は美容形成的には効果があると思われるが、機能的また成長の上からも障害をおこしかねない。よって安全面でも評価され^{23)~26)}、再陥凹の率も低い²⁵⁾現行の切除肋軟骨長が妥当と考えられる。そして、今回の検討の結果、今後、胸肋拳上術における切除肋軟骨長は臨床分類と胸郭最大横径により術前から決定可能である。

結 論

1. 胸肋拳上術を施行した漏斗胸患者52例の術後のCT index は各 Grade 群および各優位型共に術前に比して有意な改善が認められ、現行の切除肋軟骨長が妥当と考えられる。
2. 漏斗胸患者の身長・体重と胸郭最大横径の間にはそれぞれ相関係数0.89, 0.91と正の相関を認め、切除肋軟骨長と胸郭最大横径との間にも正の相関を認めた。
3. 胸肋拳上術において、胸郭変形の改善度を規定する因子は、第5・6・7肋軟骨における切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比である。
4. 従来、胸肋拳上術において経験的に決定されてきた切除肋軟骨長は、切除肋軟骨長の対胸郭最大横径比により各 Grade 群ごとに術前に決定することができる。

本論文の要旨は第17回日本呼吸器外科学会総会(徳島)において発表した。

文 献

- 1) **Ravitch MM**: Operation for correction of pectus excavatum. *Surg Gynec Obstet* **106**: 619-622, 1958
- 2) **Welch KJ**: Satisfactory surgical correction of pectus excavatum deformity in childhood. *J Thoracic Surg* **36**: 697-713, 1958
- 3) **Shamberger RC, Welch KJ**: Surgical repair of pectus excavatum. *J Pediatr Surg* **23**: 615-622, 1988
- 4) **和田寿郎**: 胸郭変形—治療と管理—. 文光堂, 東京 (1987)
- 5) **横山正義, 板岡俊成, 日野恒和ほか**: 胸肋拳上術と胸骨翻転術. *小児外科* **20**: 58-63, 1988
- 6) **笠置 康, 斉藤真知子, 和田寿郎**: 胸郭変形疾患に対する外科治療. *日胸臨* **45**: 183-198, 1986
- 7) **長柄英男, 笠置 康, 和田寿郎**: 漏斗胸手術—胸骨翻転術と胸肋拳上術—. *臨胸外* **6**: 38-42, 1986
- 8) **水野武郎, 市村秀樹, 柴田和男ほか**: 名市大式胸骨拳上術. *臨胸外* **6**: 32-36, 1986
- 9) **山口明満, 板岡俊成, 中島秀嗣ほか**: 前胸部胸郭変形における内視鏡所見. *気管支* **6**: 179-183, 1984
- 10) **渡辺洋宇, 市橋 匠, 小林弘明ほか**: 漏斗胸変形度の客観的評価法について—手術症例における検討—. *日胸外会誌* **30**: 1705-1711, 1982
- 11) **松藤和彦**: 漏斗胸に関する研究(第2報). *日胸外会誌* **9**: 993-1007, 1961
- 12) **Hierholzer E, Schier F**: Rasterstereography in the measurement and postoperative follow-up of anterior chest wall deformities. *Z Kinderchir* **41**: 267-271, 1986
- 13) **Derveaux L, Clarysse I, Ivanoff I et al**: Preoperative and postoperative abnormalities in chest X-ray indices and in lung function in pectus deformities. *Chest* **95**: 850-856, 1989
- 14) **田中文啓, 北野司久, 辰巳明利ほか**: CTによる漏斗胸胸郭変形度の評価. *日呼外会誌* **6**: 543-549, 1992
- 15) **門田康正, 谷木利勝, 宇山 正ほか**: 漏斗胸胸郭の形態学的分析と術後評価. *日胸外会誌* **34**: 1121-1125, 1986
- 16) **村越孝次, 北村享俊, 菅沼 靖ほか**: 胸郭前後径/横径比を用いた漏斗胸診断の妥当性. *小児外科* **28**: 1407-1411, 1996
- 17) **佐々木信義, 角岡秀彦, 大和俊信ほか**: 漏斗胸の変形度診断と手術適応. *小児外科* **28**: 1428-1432, 1996
- 18) **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
- 19) **新田澄郎, 神楽岡治彦, 石倉俊榮**: 胸郭変形に対する形成手術10年後の成績—とくに、呼吸機能面から—. *臨胸外* **12**: 447-450, 1992
- 20) **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* **22**: 904-906, 1987
- 21) **Nakahara K, Ohno K, Miyoshi S et al**: An evaluation of operative outcome in patients with funnel chest diagnosed by means of the computed tomogram. *J Thorac Cardiovasc Surg* **93**: 577-582, 1987
- 22) **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
- 23) **神楽岡治彦, 川名英世, 田原士朗ほか**: 漏斗胸手術の運動負荷時呼吸機能に及ぼす影響. *日呼外会誌* **6**: 453-459, 1992
- 24) **川名英世, 新田澄郎**: 漏斗胸術後の肺機能—成長から考えて—. *小児外科* **28**: 1489-1492, 1996
- 25) **石倉俊榮, 大貫恭正, 毛井純一ほか**: 小児期漏斗胸手術後の胸郭変形に対する再手術. *小児外科* **28**: 1485-1488, 1996
- 26) **飯田浩司, 田原士朗, 毛井純一ほか**: 漏斗胸手術の侵襲, 術後合併症に関する検討. *日臨外会誌* **53**: 2334-2337, 1992