

総 説

漏斗胸手術の変遷とその系譜

星 栄 一*

1911年Ludwig Meyer により漏斗胸の手術が初めて行われた。1939年Brown により近代的漏斗胸手術が行われ、胸骨挙上術の歴史が始まった。胸骨挙上術の変遷は、肋軟骨・胸骨に手を加え前胸壁の可動性を得ることと、可動性を得た前胸壁を如何にして矯正位に保持するかの歴史であった。中でもRavitch (1949,1958,1965) がたびたび術式の改良を重ね、胸骨の可動性の獲得と、dynamic internal tripod fixation の開発は、その後の発展に弾みをつけた。

一方、胸骨翻転術という全く別なコンセプトの手術法の流れがあり、過去にはわが国の漏斗胸手術の主流を占めていた。

また近年になり、高分子化学の発展で人工物の陥凹部への埋入によるカモフラージュが行われたが、漏斗胸の根本的治療ではない。

キーワード：漏斗胸、手術法、歴史、胸骨挙上術、胸郭形成術

はじめに

漏斗胸の手術は、これまでに数多くの方法が報告されている^{1,2)}。現在一般的に採用されている方法は、Ravitch が提唱した胸骨挙上法とその変法、わが国ではあまりにも有名な胸骨翻転法と、シリコンなどで作成した人工物補填法の3つに大別できる^{3,4)}。

本稿では、漏斗胸手術が始められた初期から現在までの手術法の変遷と進歩と、そのつながりを整理しまとめてみたい。

I 初期の漏斗胸手術

胃切除術が最初に成功したのは、Billroth により1881年である⁵⁾。漏斗胸の矯正手術は、美容的要素が強く、また気管内挿管麻酔が発達していなかったこともあり、胃切除術よりもずっと遅れて、1911年にLudwig Meyer により初めて報告された⁶⁾。

それは、肺結核で呼吸困難を伴っていた漏斗胸の16歳の男子に、右第2、3肋骨を2.5cmずつ切除し、漏斗胸の矯正を試みたが不成功に終わっている。

Sauerbruch (1913) は呼吸困難と心悸亢進症を伴った18歳男子の漏斗胸症例に対し、左第5から第9までの変形肋軟骨と肋骨の一部、それに胸骨の左半分を切除して臨床症状の改善を見た⁷⁾。これが漏斗胸の外科的治療の最初の成功例とされている。その後3例に同

様の手術を行っている。

さらにSauerbruch (1931) は、両側第4から第8の小範囲の肋軟骨を切除し、胸骨にワイヤーをかけてベッドにつけた棒で牽引し、症状の改善と胸郭の矯正を得た⁸⁾。このSauerbruch の報告が、変形肋軟骨の切除と胸骨吊り上げ (external traction) 併用で胸郭変形の矯正に成功した最初の症例と思われる。

同様な方法でMathieu (1933) が1例成功し、引き続いてさらに2例成功している⁹⁾。

Sauerbruch は胸部外科の開拓者で、当時ドイツ外科学会に君臨していた大家であった。

Zahradnicek (1925) は、16歳男子の漏斗胸で、経皮的に2本のワイヤーを胸骨にかけ体外から吊り上げたが、矯正はうまく行かなかった¹⁰⁾。その後も次々と追試されたが、胸骨の体外牽引のみでは陥凹胸骨の矯正が困難であることがわかった。

Alexander (1931) は、4年前にレスリングによる外傷で漏斗胸変形を来した16歳男子に、胸骨のT字状骨切り術と、両側第4、5、6肋骨の肋骨軟骨連結のすぐ外側での肋骨骨切り術、Parham 骨折固定用金属バンドと銀線を胸骨に通し、患者に装着したbrace にゴムバンドで胸骨の吊り上げ矯正を図った。10ヵ月後に症状が改善し、胸郭変形も矯正された¹¹⁾。

さらにAlexander は、交通事故による20歳の女性の胸郭陥凹変形に、左第3、4、5、右第4、5、6肋軟骨切除と、第2から第6肋間までの胸骨を切除して矯正を図った。これはSauerbruch が1913年に16歳

*〒940-8653 新潟県長岡市福住2丁目1番5号
長岡中央総合病院形成外科

の男子に行った方法をさらに改良した方法である。Alexander と同じ方法をTruesdale (1938) も採用し成功している¹²⁾。

Ochsner とDeBakey (1939) は、それまでに報告された文献を詳細に調べ報告した¹³⁾。文献上31例の患者に32回の手術が行われ、手術法と結果は次のとおりであった。

1 : 変形肋軟骨、胸骨切除法 (Sauerbruch ら)
10例の報告があり、8例成功、2例死亡
2 : T字状胸骨骨切り術、変形肋軟骨の切断や切除、胸骨の体外からの吊り上げ術の組み合わせ (Alexander ら)

14例の報告があり、8例成功、2例不成功、4例死亡
3 : 変形肋軟骨の切断や切除、胸骨高位での横骨切り術と体外からの吊り上げ術 (Sauerbruchら)
8例の報告があり、7例成功、1例不成功

Ochsner とDeBakey は、2のT字状胸骨骨切り術は侵襲が大きく、合併症も多いことから、Ochsner 自身は3の方法で1例報告している。

II 近代的漏斗胸手術のはじまり

Ochsner とDeBakey が詳細な文献的調査の報告をした同じ1939年に、Brown は漏斗胸の病因は横隔膜と胸骨剣状突起の間の靭帯すなわち胸骨下靭帯(彼は substernal ligamentum と呼んだ)の短縮であると考えた。この解剖学的基礎にもとずいて小児の手術法と成人漏斗胸の手術法を發表した¹⁴⁾。

第1法・小児例は胸骨下靭帯を切離する方法で、3症例報告している。しかし、現在では胸骨下靭帯が漏斗胸の原因であると支持しているものはない。

第2法・成人例には、これまでに報告された手術法を検討し、肋軟骨や胸骨の変形は不可逆的であると考え、次のような方法を行った。まず、変形肋軟骨を両側とも約2cm軟骨膜下に切除し、胸骨角部で胸骨の横くさび状骨切り術を行い矯正位で20ゲージ銀線で胸骨の骨切り術部を固定する。剣状突起の離断と胸骨裏面の指での剝離、両側第5肋軟骨の断端を胸骨に銀線で再固定し、胸骨にワイヤーをかけてJacob's ladder で体外牽引をする(図1)。肋間筋や肋間神経血管束は胸骨より離断しない。Brown は、体外牽引は必ずしも必要ないかも知れないが、安全のために牽引した方が良くないと述べている。Brown はこの成人例に対する第2法を、22歳の男子ともう1名の2例に行って成功している。

現在では漏斗胸の病因として、胸骨下靭帯の短縮の意義は薄れている。しかし不可逆的な変形肋軟骨を切

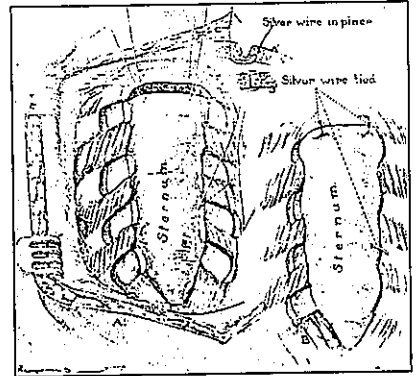


Fig. 3.—A. Points of insertion of wire sutures to maintain elevation of sternum. B. Position of parts after wires are tied. Sternum now elevated. A' and B'. Sagittal section of sternal wedge before and after elevation of sternum.

図1 Brown の第2法・成人漏斗胸の手術

(参考文献14より)

除し、胸骨の高位骨切り術による胸骨の矯正、胸骨裏面の剝離と挙上という方法をBrown が確立したことに、近代的漏斗胸手術のはじまりとしての意義がある。

Lester (1946) は、Brown の第2法・成人例とほぼ同様な方法で5例の報告をしている。5例とも症状は改善したが、胸郭の陥凹変形の改善は1例が著効、3例が良好、1例が不満足であった¹⁵⁾。

Fish ら (1954) は、4ヵ月から6歳以下の小児例では横隔膜靭帯の切離は必要なく、胸骨にワイヤーをかけてゴムバンドでアルミニウムのフレームに体外牽引すれば良いと10症例を報告している。しかし、年長児や成人ではBrown の第2法を行う必要があると述べている¹⁶⁾。

III 体外牽引なしの漏斗胸胸骨挙上術

Brown は体外牽引は必ずしも必要ないと記載はしているが、実際には自身でも体外牽引し、その後多くの報告は体外牽引を行っていた。

体外牽引は6週から10週間行われており、その管理も容易ではなかった。また、牽引のために創感染も多く発症したものと考えられる。

1949年Ravitch は、手術時期は早ければ早い方が良く、これはその後の胸郭変形の進行を防止するとともに、正常な胸郭の発育を促すと主張した¹⁷⁾。

Ravitch の手術法は、変形肋軟骨の全長を軟骨膜下に切除し、剣状突起を胸骨より離断し、胸骨縁で肋間組織をすべて胸骨より切離する。胸骨角部で胸骨の横くさび状骨切り術と同部の絹糸による矯正位固定を行う(図2)。胸骨の体外牽引固定は行わない。

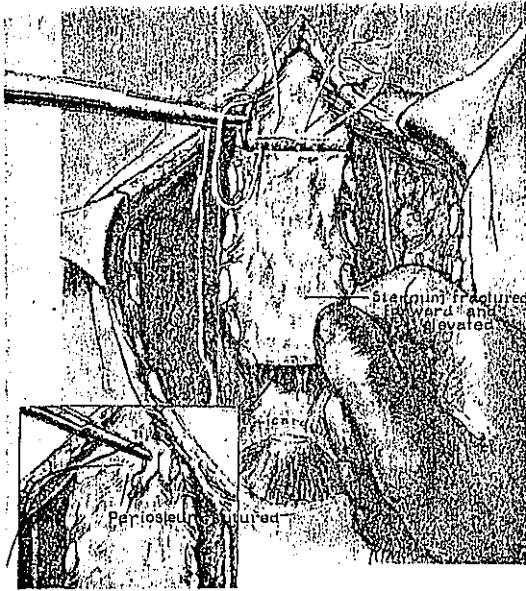


FIG. 5.—The sternum is elevated anteriorly, fracturing the posterior plate at the level of the osteotomy. The corrected position is maintained by mattress sutures of braided silk placed through the bone. The periosteum is then sutured with black silk.

図2 Ravitch の最初の胸骨挙上法
(参考文献17より)

Ravitch は1949年までに、この方法で8症例に手術を行った。初期の10歳と3歳9ヵ月の男子に体外牽引を行い、3歳9ヵ月の症例が体外牽引のワイヤー一部から創感染し膿胸となり死亡した。その後の1歳10ヵ月から7歳の6例には体外牽引なしの手術を行い、いずれも合併症もなく胸郭の変形が矯正された。

この体外牽引固定をはっきりと否定したことにRavitch手術の意義がある。

現在、このような漏斗胸手術は胸骨挙上法(elevation of sternum)と言われ、その後多くの改良工夫がなされている。

またRavitch は、胸骨下靭帯の存在を否定しBrownの小児に対する第1法も否定している。

この頃になると手術における無菌法の採用は勿論であるが、サイクロプロベインなどによる気管内挿管麻酔も普及し、化学療法剤の使用も可能となり、胸部外科手術も多く行われるようになったと思われる。

Sutherland (1958) はRavitch 法と同様に変形肋軟骨を軟骨膜下に切除し、胸骨の横骨切り術を行うが、胸骨の血行を確保するために肋間筋や軟骨膜は胸骨から切離さない方法を報告した¹⁸⁾。11例に行い10例は良く陥凹が矯正されたが、11歳の1例は軽度の陥凹が残っ

たという。

Lam and Brinkman (1959) はRavitch 法で25例に手術し、21例は良く矯正されたが、4例は50%程度の矯正であったという¹⁹⁾。成績不良な4例のうち3例は年長者であった。

1958年になるとRavitch は次の2点について改良した方法を発表した²⁰⁾。1つは変形肋軟骨切除の際に肋軟骨膜を温存すること。すなわち肋軟骨膜下に肋軟骨を切除する。2つ目は、胸骨前面のくさび状骨切り術のレベルをより高位で変形のない肋軟骨のレベル(通常は第2肋軟骨レベル)で行う。

ここでもRavitch は、手術操作を順序よく丁寧に記載している。Ravitch の合理的な手術法と、分かりやすい手術操作の記載が、麻酔や化学療法が発達と相まって多くの外科医に受け入れられたものと考えられる。

1965年になるとRavitch はさらに2、3の改良点を追加した²¹⁾。1つはHaller のアイデアで、切除せずに残した変形のない肋軟骨(通常は第2肋軟骨)を両側とも前内側から後外側方向に斜切断し、前後を入れ替えると胸骨側についている軟骨が前方に重なり、胸骨が挙上位に保たれる。この操作は後にRavitch の三点固定法(dynamic internal tripod fixation)と呼ばれている(図3)。

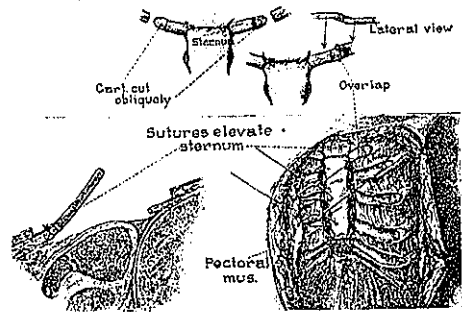


FIG. 3 The sternum is maintained in the corrected position by heavy braided silk sutures across the osteotomy. The inset shows the method of cutting the costal cartilage obliquely so that, with the sternum elevated in its new position, there is sure to be overlap, although it is noted that even with a perpendicular incision in the cartilage there is usually some overlap. The cartilage, usually 1 1/2 in. III, is now sutured together in this new, corrected position and the pectoral muscles tucked back.

図3 Ravitchのdynamic internal tripod fixation
(参考文献21より)

2つ目はレジデントのStonesifer のアイデアで、胸骨骨切り術は胸骨の前面のくさび状骨切り術ではなく、胸骨後面の単純横骨切り術を行う。胸骨前面の骨皮質を骨折させ、後面に生じた骨皮質のギャップに肋骨の小骨片を移植し、太い綱糸で骨切り術部とともに mattress suture で固定する。胸骨の前面でなく後面で骨切りをすると、胸骨のカーブがより自然で滑らか

であると彼は主張している。

3つ目は、胸骨から切離した肋間組織は、胸骨に再固定しない代わりに、大胸筋はきちんと胸骨正中に縫合固定する。Ravitchはこのことが重要であると記載している。

Ravitchは一般に異物による内固定はしていないが、胸骨の長い成人例では何らかの胸骨を挙上位に保つ内固定が必要であるとしている。彼は細いベルト状のテフロンを胸骨の後面で左右の肋骨に緊張を持たせて架橋し、胸骨を挙上位に保っている。1977年には、RavitchはテフロンバンドではなくKirschner鋼線を胸骨の髓内を横に通して両端にループを作り肋骨に固定している¹⁾。Ravitchの手術法は、胸骨挙上術(elevation of sternum)のbasic operationまたはstandard operationと言われ、Ravitch法そのままか若しくは多くのその変法が行われている。

Johns Hopkins病院でRavitchの後を継いだHaller Jr.は、次々とRavitch法の多数の症例の手術成績を報告している²²⁻²⁵⁾。1989年には約40年間の664例のRavitch法の症例を報告し、10歳以下では3点内固定の他には特別なstrutは必要ないが、10歳以上ではstainless steel strutで6~9か月胸骨の挙上が必要であると記載している²⁶⁾。

和田は第Ⅷ項で後記するように、1959年以来主に胸骨翻転術を行っていた。しかし15歳以下の漏斗胸には、肋軟骨と肋骨を側方まで剝離し、肋軟骨の過剰部分を切除して、本来の胸骨付着部より高位に肋軟骨を胸骨に縫着することにより胸骨を挙上するSternal Elevation + Costal Elevation (SEC)を1982年に報告した²⁷⁾。これは後に胸肋挙上法(SCE)と呼ばれているものであると考える。

漏斗胸胸骨挙上術の手術操作は大きく2段階に分けられる。第1ステージは胸骨・前胸壁を自由に動かして矯正すること。第2ステージはそれを如何に矯正位に保つかである。第1ステージの胸壁の矯正はBrownが先鞭を切り、Ravitchによりほぼ完成した。第2ステージの胸壁の保持方法に無数の方法がある。

IV 自家組織による胸骨支持法

前項の最後に記載した漏斗胸手術操作の第2ステージの胸壁の固定保持法について、これからしばらく列挙する。

Brownの体外牽引法は、管理の煩雑さや感染の危険性により採用されなくなり、種々の内固定法が用いられるようになった。

1 自家肋骨・肋軟骨による支持法

Dailey (1952)は、13歳の女子に変形肋軟骨を両側とも第3以下を切除し、切除せずに残した右第2肋骨と、変形肋軟骨を切除した左第3肋骨の間に、右の第9肋骨を採取し胸骨の下に架橋し、胸骨の支持とした(図4)。第2・第3肋骨間に架橋したのは、移植肋骨の安定性がこの場合はここが一番良かったからである²⁸⁾。

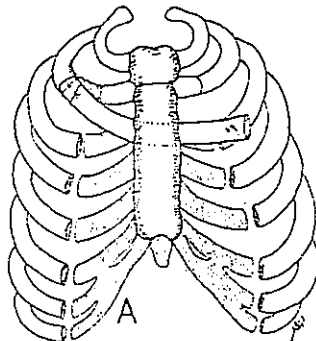


図4 Daileyの自家肋骨による支持法
(参考文献28より)

自家肋骨・肋軟骨の遊離移植による胸骨の支持は、Dornerら(1950)の一例報告²⁹⁾やBrodkin(1951)の右第7肋軟骨を用いたもの³⁰⁾、Vogelsang(1953)の報告³¹⁾やSaubierら(1961)の肋骨を用いた4例の報告³²⁾などがある。

Brantigan(1967)は第6・7肋軟骨を有茎で移動する方法を報告した³³⁾。すなわち、両側第6・7肋軟骨以外の変形肋軟骨を軟骨膜下に切除し、胸骨高位の横骨切り術を行い、切除せずに残した両側第6・7肋

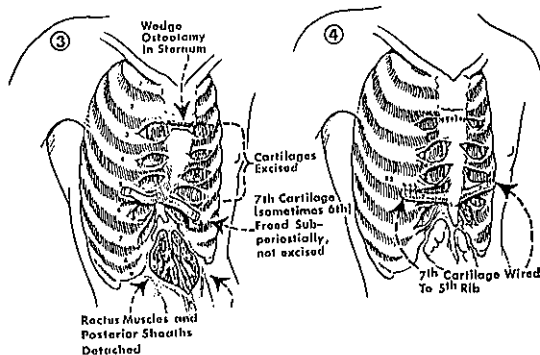


図5 Brantiganの第6または第7肋軟骨有茎支持法
(参考文献33より)

軟骨は軟骨膜下に剝離し、外側の肋骨軟骨連結部の内側で切離し、内側を茎として肋軟骨の外側端を挙上してより高位の肋間に固定する(図5)。最後に腹直筋はできるだけ上方に牽引し、時には第3、4肋軟骨のレベルまで牽引して固定する。彼はこの方法を1962年から採用し、12例に行い良好な成績を得ている。

Howard (1978) は、左第5肋骨と肋軟骨を肋骨軟骨連結部(成長帯)を含めて採取し、第4肋骨間に遊離移植して架橋し胸骨の支持とした。彼は1978年までの10年間に229例にこの方法を行い、6例(3.2%)以外はよい成績を得ている³¹⁾。

Nakanishi ら (1992) は左第5肋骨を内胸動脈を茎として、180°回転して胸骨を支持する血管柄付き肋骨支持法を報告した^{35,60)}。

2 肋軟骨膜によるハンモック支持法

Daniel (1958) は次のような術式を報告した³⁶⁾。すなわち、変形肋軟骨の軟骨膜下切除、胸骨から剣状突起の切離、胸骨高位横骨切り術、胸骨裏面の剝離の後、肋軟骨膜と肋間組織を肋軟骨切除の一番外側で切離する。この肋軟骨膜と肋間組織を外側の肋骨の前面に十分緊張をかけて縫合すると、胸骨は挙上位に固定される。

Sangerら (1963) は、Ravitch が1958年に報告した方法に次のような操作を追加した。切離した剣状突起にワイヤーをかけて、そのワイヤーを切除した肋軟骨のより高位の左右の肋軟骨膜にかけて、剣状突起を

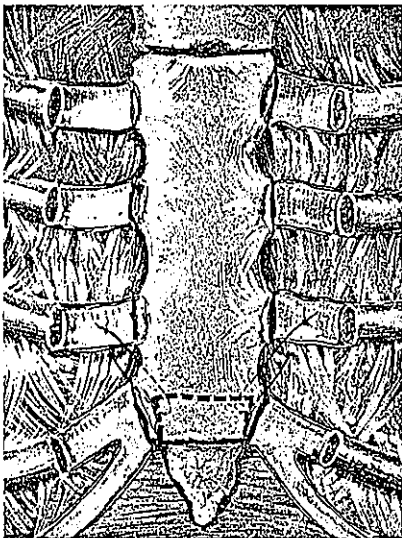


図6 Sanger らの剣状突起によるハンモック法
(参考文献37より)

胸骨裏面で上方に牽引する。胸骨は上方に牽引された剣状突起により挙上位に保持される³⁷⁾(図6)。

Shannon ら (1963) は次のような術式を報告した³⁸⁾。1958年のRavitch の方法を行い、両側の肋間組織と肋軟骨膜をやや短縮して緊張下に胸骨に縫着する。胸骨は左右から牽引されることにより挙上位に固定される。

1978年になるとFonkalsrud らは、Ravitch の1958年の方法を行い、すべての肋軟骨膜はチューブ状に縫合し、左右の第4、5肋軟骨膜を緊張下に胸骨の裏面で縫合する(図7)。次いで残りの軟骨膜と剣状突起は胸骨に縫着する。彼らはこの方法を14年間に29例に行ない、2例だけが軽度の再陥凹が生じたという³⁹⁾。しかし1994年の報告では、彼は6歳以下の漏斗胸にこの方法を行い、6歳以上の患者には後述するAdkinsと同じstainless steel strut を用いている⁴⁰⁾。

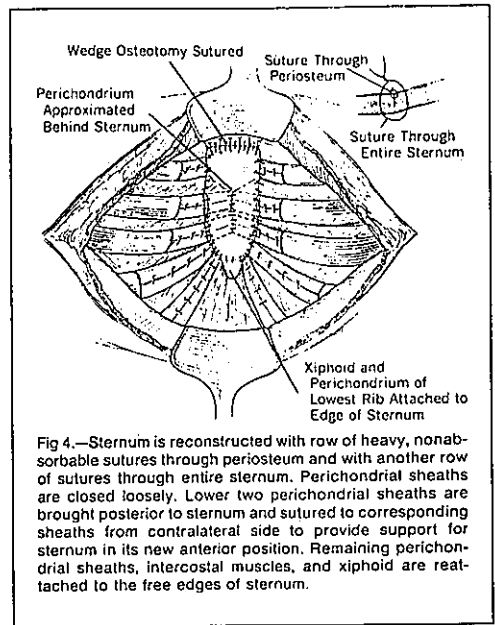


Fig 4.—Sternum is reconstructed with row of heavy, nonabsorbable sutures through periosteum and with another row of sutures through entire sternum. Perichondrial sheaths are closed loosely. Lower two perichondrial sheaths are brought posterior to sternum and sutured to corresponding sheaths from contralateral side to provide support for sternum in its new anterior position. Remaining perichondrial sheaths, intercostal muscles, and xiphoid are reattached to the free edges of sternum.

図7 Fonkalsrud らの第4・5肋軟骨膜によるハンモック法
(参考文献39より)

V 同種骨による胸骨支持法

胸骨の内固定法の一つとして同種骨による支持法が行われた。

Adams (1951) は1949年のDaily の報告や1950年のDorner の報告を知って、成人漏斗胸に、変形肋軟骨を切除せずに、数か所で切断し、胸骨もその裏面で縦に骨切り術を行い、胸骨を矯正位に保つために、保

存された同種肋骨が自家第9肋骨を胸骨の支持として第4肋骨間に移植・架橋する方法を報告した⁴¹⁾。その後Adams は、他の症例の胸部手術で切除した肋骨を保存し、成人漏斗胸の矯正にはすべて同種肋骨を使用することとし、第3か第4肋骨に架橋し、1960年にはこの方法を彼の定型手術して報告した⁴²⁾。

Qvist (1956) は保存肋骨移植による胸骨支持の35例を報告し、数か月で移植骨は吸収されるが、良く矯正位は保たれていると述べている⁴³⁾。

Howard (1978) は、6例に保存された同種の肋骨で胸骨の支持をしたが、もろくて工作しにくいことと、吸収が早いことで、保存された同種肋骨の使用を諦め、前述のように自家第5肋骨を用いている³⁴⁾。

VI キルシュナー鋼線やシュタインマン鋼線による支持法

同種骨や自家組織以外の内固定として手軽に用いられるものにキルシュナー鋼線とシュタインマン鋼線がある。これらを胸骨の軸と同じに縦に用いる方法と、胸骨の軸と直角に横に用いる方法がある。

1 胸骨の縦軸と同じ方向に固定する方法

Brandt (1953) は胸骨の2か所の横骨切り部を、経皮的に胸骨下端から2本のキルシュナー鋼線を交叉して刺入し固定した⁴⁴⁾。変形肋軟骨は楔状矯正骨切り術を行い、挙上された胸骨に再縫着した。

Holmes (1957) はRavitch の1949年の手術法と同じことを行い、胸骨下端より胸骨柄部までシュタインマン鋼線を経皮的に刺入して、2～3週間シュタインマン鋼線の下端を挙上しておく方法を報告した⁴⁵⁾。

2 胸骨の軸と直角に横に固定する方法

Griffin とMinnis (1957) は、Brown の第2法を行い、胸骨の第4か第5肋骨レベルでキルシュナー鋼線かシュタインマン鋼線を経皮的に胸骨の骨髓内を貫通させ胸骨を挙上位に固定している⁴⁶⁾。鋼線の両端は左右の胸壁から外に出して、コルクのキャップをつけ2～3週後に抜去している。彼らは6例経験し、いずれも感染はなく、5例は良好な矯正で1例はやや矯正不足であった。

Moyson (1961) は胸骨の髄内ではなく、胸骨の後面に経皮的にキルシュナー鋼線を刺入した⁴⁷⁾。

私どもも、Ravitch 法で術後数日間続く奇異呼吸の防止のために、12歳以下の症例にはMoyson 法と全く同様に2.4mmのキルシュナー鋼線を10～12日間刺入し、退院時に抜去することになっている⁴⁸⁾。しかし最近では、キルシュナー鋼線の代わりに生体吸収性のポリ乳酸プレート (PLLA plate) をstrut として使用

している⁴⁹⁾。ポリ乳酸プレートが入手できない時にはキルシュナー鋼線を使用する。

MayoとLong (1962) もGriffin らと同じ方法を10例に行い1例も感染がなかった⁵⁰⁾ (図8)。

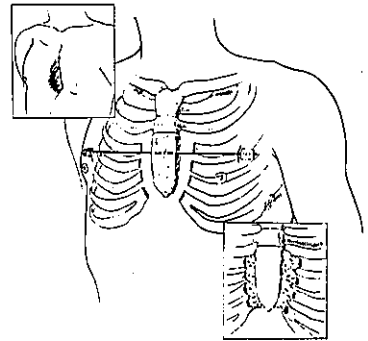


Fig. 2.—Diagrammatic sketch of horizontal pin insertion and cartilaginous regeneration.

図8 Mayo らのキルシュナー鋼線による胸骨の支持 (参考文献50より)

Peters とJohnson (1964) は1958年のRavitch の方法と同じことを行い、さらにシュタインマン鋼線を第5・6肋骨レベルで胸骨骨髓内に横に刺入して、鋼線の両端は肋骨に3cm位乗せる。鋼線は3～4か月間胸部が安定化するまでおく。9例に行い、成績は良い⁵¹⁾。

Ravitch (1977) も胸骨の長い成人例では、キルシュナー鋼線を胸骨の髄内を横に貫通させ、両端にループを作り肋骨に固定している¹⁾。

Davies (1986) は、以前は大きな金属strut を用い

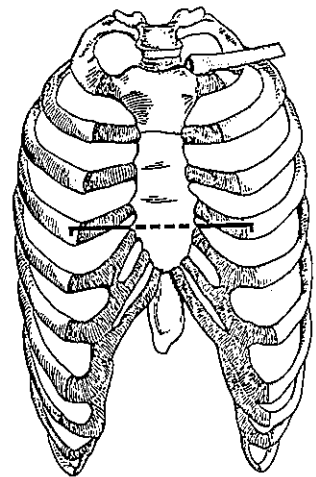


図9 Davies はシュタインマン鋼線の両端を曲げて第4肋骨に刺入する (参考文献52より)

ていたが、Ravitch の1958年の方法を行い胸骨を挙上し、シュタインマン鋼線の両端を約1/4インチ直角に曲げて、第4肋骨にドリルで穴を掘り、シュタインマン鋼線の両端を第4肋骨の穴に入れると鋼線は固定される。胸骨は鋼線の上に乗る⁵²⁾(図9)。20例に行って2か月後に17例の鋼線を抜去した。

VII 強固な金属strut による支持法

Ravitch が特別なstrut を使わずに胸骨の動的三点内固定法を報告したが、胸骨の十分な固定は得られなかった。したがってその後、Ⅳ・Ⅴ・Ⅵ項で示したような簡単な胸骨支持を追加した術式が多く報告されてきた。しかし一方ではより強固な胸骨支持を行う方法も報告された。

1 特殊な一對の金属strut のRehbein 法

Rehbein とWernicke (1957) は、変形肋軟骨の部分切除や矯正骨切りを行い、胸骨も第2肋間で横楔状骨切り術を行い、その固定に左右の肋骨の髓内に一對の特別な金属strut の一端を刺入し、それを中央で交叉させてそのstrut に胸骨と肋軟骨を吊り上げるようにワイヤーで固定する⁵³⁾(図10)。通常は2対のstrut を用いる。6か月後にstrut を抜去する。彼らは1年半の間に4歳から14歳の12例にこの方法を行っている。

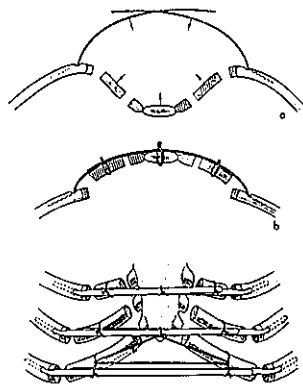


Fig. 3—(a) Following mobilization of the chest wall the struts are inserted at one end into the medullary canals of the ribs. (b) The struts and the loose costal cartilages are fixed to the struts in a position of overcorrection. (c) Three pairs of struts should be used. The caudal pair is necessary for fixation of the newly made costal angle.

図10 Rehbein らの特殊な金属strut 法
(参考文献54より)

Rehbein は1966年にさらに改良した方法を報告している⁵⁴⁾。通常は3対のstrut を用いる。strut は大小2種類を用意している。ここではstrut の抜去は術後1年以上としているが、100例以上の経験で2例に瘻孔が生じ早期にstrut の抜去を行っている。

Oelsnitz (1974) は3歳から22歳の高度な漏斗胸159例に対しRehbein 法を行い、3年から18年経過観察ができた120例の術後成績を検討した⁵⁵⁾。12.5%が成績不良で、これらは12歳以下の症例と陥凹が浅く広い症例に多い。したがって、この手術を行うのは13歳以降まで待つか、それ以前に手術を行った場合にはstrut を13歳以降の成長期が終わるまで入れて置いた方が良くと記載している。

なおOelsnitz は、特別な金属バンドを用いて胸骨や肋軟骨をRehbein のstrut に固定している。

Ravitch は後に、このRehbein のstrut の抜去は極めて困難であると記載している¹⁾。

またBettex (1978) はRehbein のstrut が不安定で時に反転し凹形になることがあると指摘している⁵⁶⁾。

わが国では、1977年に及川(岩手医大)の12例の報告がある⁵⁷⁾。1982年に北村(八王子小児病院)の詳細な術式紹介もある⁵⁸⁾。

2 細目の長い金属板strut 支持法

Paltiaら (1959) はRavitch 法を11例に行い、術後奇異呼吸があったために、その後の症例には平らな金属板strut (flat steel strut と記載している)を、胸骨下端の髓内を貫通させ両端は肋骨に沿って曲げて胸骨を支持した。strut の端を綱糸で肋骨の骨膜に縫合したものもある。70例に行い経過観察できた63例中61例は良好で、2例でstrut がずれて30日目と40日目に抜去した⁵⁹⁾。

Jensenら (1970) は胸骨の矯正骨切り術と変形肋軟骨の多数の矯正楔状骨切り術を行い(ここまではX項で後記するHumphreys1960の手術と同じ)、胸骨下端を中腋窩線まで届く長い金属板・Strib (2cm位の幅の長い腸ペラと考えればよい)で支持する。金属板

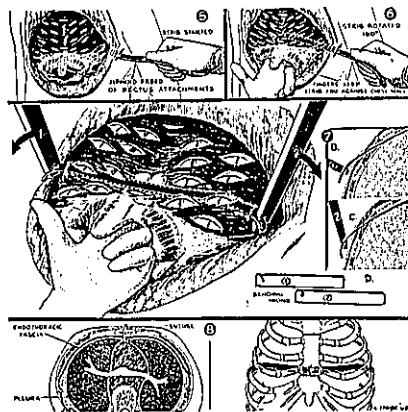


図11 Jensen らのStrib による胸骨支持法
(参考文献60より)

は肋骨の内側に胸膜のすぐ外側を通す。金属板の両端は十分曲げて一つ下の肋骨の外側に絡める⁶⁰⁾ (図11)。成人ではStribの抜去はせず、小児では1年以上おく。Jensenらのグループで114例経験し、そのうち3例は鳩胸に使用した。5年から11年経過観察した。100例は整容的にも機能的にも良好で、12例はまずまずで、2例は早期にStribを抜去したために再発した。このJensenらのStribの使用には熟練を要すようである。

3 両端に穴と固定用ノッチをつけたstrut

AdkinsとBlades(1961)は両端に2個の穴と4個ずつのノッチのある金属板strut (Straight George Washington strut)を用いた^{61,62)}。strutは10cmから19cmの4種類の長さのものを用意し、患者の両側の鎖骨中央線を結んだ程度の長さのものを使用し、両端は胸壁にそって軽くカーブをつけた。胸骨の裏面に肋骨に架橋するように置き、肋骨に糸をかけてstrutのノッチの部分で固定した(図12)。strutの抜去は少なくとも3か月以上、胸壁が安定化するまで置く。

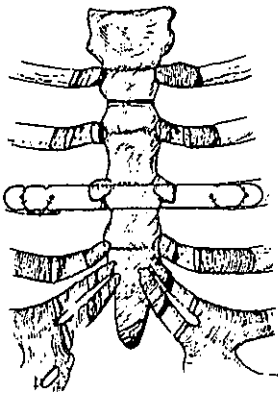


図12 AdkinsらのStraight George Washington strutによる胸骨支持 (参考文献62より)

54例の手術例のうち、この手術を行ったものが33例で5年以上の経過で、29例88%は良好、2例は感染で早期にstrutを抜去しなければならなかった。strutが移動したり露出したものはなかった。

Groves(1963)も同様なstrutを用いた⁶³⁾。

田口ら(1965)はAdkinsらと同様に、骨接合用プレートを横に2本架橋して胸骨を挙上した⁶⁴⁾。4例に実施し、うち3例は先天性心疾患で開心術と同時に漏斗胸手術を行った。1例で瘻孔を生じ4か月目にプレートを抜去した。

高橋ら(1968)もAdkinsと全く同様なstrutを、12歳の症例には1本用い3か月後に抜去し、32歳の症

例には2本用い6か月後に抜去した⁶⁵⁾。

Sbokosら(1975)はAdkinsらと同様なstrutを12年間に72例に用いた⁶⁶⁾。65例90%は良好な成績で、成績不良は3歳以下か20歳以上の症例であった。strutは少なくとも6か月、できれば1年以上留置するのが良いと記載している。

Holcomb, Jr.(1977)はRavitch法、肋軟骨膜によるハンモック法、自家肋骨による支持法などを行い、最後にAdkinsと同様な金属strutを用いている。strutの抜去は術後9~12か月以上⁶⁷⁾。

正岡ら(1979)はAdkinsらのStraight G-W strutとはほぼ同様なstrutを2本使用している。ただし両端の穴は1個ずつでノッチもないようである⁶⁸⁾。このstrutを21例に使用し、6か月以後に抜去した。3例に感染が生じ、2例でstrutの移動が見られた。また成人例6例にflail chestでrespiratory supportが必要であった。しかし矯正効果は良好であったという。

ここに日本人の報告が3件続いたが、いずれもstrutを2本使用している。strutの強度としては1本でも十分であると考えるが、日本人の心情としては不安なのだろうか。

私どもは13歳以上の漏斗胸には、Ravitch法により肋軟骨の切除、胸骨前面の矯正骨切り術、3点内固定のうえ、胸骨下端を下顎再建用に作成されたA-O straight narrow reconstruction plateで胸骨の挙上位固定をした⁶⁹⁻⁷¹⁾。しかし1988年以来、漏斗胸用にチタンプレートを作成し使用している⁷¹⁾ (図23B)。これまでにA-O plateを23例、チタンプレート53例使用したが、プレートの移動は1例も経験していない。これはプレートのデザインによるものと思う。

Gilbertら(1989)はstrutの逸脱防止にstrutをMarlex meshで包んで使用した⁷²⁾。Strutをmeshで包む前は18例のうち8例(44%)にstrutの移動があったが、meshで包んでからは14例のうち3例(21%)が移動した。それでもstrutの移動率は多いように思うが、strutに穴が開いているのか、meshを周囲に縫合しているのかは記載がない。

4 2本のA-O plateによる強力な固定

1970年代になると金属材料の発達で、整形外科領域の長管骨折治療に持続的に圧迫力を加え、強力な内固定ができるA-O dynamic compression plateが開発された。

Gotzenら(1979)は、上記長管骨接合用の強大なA-O plate 2本を、胸骨表面に十字に6~7本の骨螺子で固定して胸骨の強固な固定を得た⁷³⁾ (図13)。

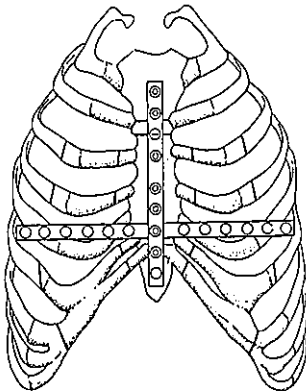


Fig. 1 c Complete correction showing the cutting points of ribs and sternum and the arrangement of the plates and screws

図13 Gotzenらの2本のA-O plateによる胸骨支持法
(参考文献73より)

Plateの抜去は2年後位と考えている。成人4例、術後12週の経過観察の報告である。

このような強固な固定が必要であるかどうか、はなはだ疑問であるが、この後わが国からの報告が続いた。

渡辺ら(1980,1981,1984)は成人例にA-O plateを横に3本、縦に1本使用している⁷⁴⁻⁷⁶。彼らは17歳から36歳の31例に行い、初期には横1本であったが、3本まで増加した。術後の結果は良好であった。

高木ら(1984,1986)も成人例に縦横1本ずつ十字にZimmer narrow compression plateを用いている^{77,78}。このplateはA-O plateよりvolumeは少ない。10歳から29歳の12例に使用し、全例1年目にstrutを抜去している。1年から5年の経過観察で、整容的にも満足が得られた。彼らは以前は、後記する腹直筋をつけた胸骨翻転術(Jung & Scheer法)を行っていたが、結果が思わしくないでこのplateを用いる方法に変更している。

信岡ら(1983)は特殊な組立式のstainless steel strutを作成し、胸骨の前面から胸骨を吊り上げるように使用する⁷⁹。Strutは2年後に抜去する。この方法を58例に行い、2年以上経過しstrutを抜去したものは40例である。Clean roomで手術をしたが1例に創感染が生じた。40例中35例は満足な結果を得た。不満足な5例はいずれも使用したstrutやワイヤーの不適正や技術的ミスであったと記載している。

VIII メッシュやリボンによる支持法

前項では強固な固定法を示したが、次のような緩やかな胸骨の支持法もある。

May(1961)は、胸骨・肋軟骨の処理はBrown, Ravitch, Lesterらと同様に行い、胸骨の支持は左右の肋骨前面から胸骨の裏面にstainless steel meshを緊張を持たせて張り、2~3針肋骨の骨膜にマットレス縫合でメッシュを固定する方法を報告した⁸⁰。

Ravitchは1964年頃に、数例にMayと同様な方法でテフロン・フェルトのリボンを用いて胸骨の支持を行った。ある程度満足な結果を得たが、もしstrutを使用するのならもっとしっかりしたものを使用したいと記載している²¹。

Hoffman(1966)は同様にMarlex meshを使用した⁸¹。

Robicsek(1978)も高度な漏斗胸や再発漏斗胸にMarlex meshを用いた⁸²。

IX 新素材による胸骨支持法

近年医療材料にも新素材が導入され、漏斗胸のstrutとしても応用されている。

ポリ乳酸生体吸収性素材(PLLA plate)は、強度は3か月間持続し約3年で吸収される。

北野ら(1988)は漏斗胸10例に、Jung and Scheer法のうえにPLLA板で王字型ないしH字型strutを作成して使用している⁸³。しかしその成績の記載はない。その後北野と同じグループのMatsuiら(1994)は同様な方法で33例の漏斗胸にPLLAを使用して、2例に皮膚の自壊があったと報告している^{81,85}。

Nakajimaら(1995)は長さ18cm、厚さ2~3mm、幅の記載はないが写真から3cm程度のPLLA plateを2枚胸骨前面に置き、胸骨を吊り上げる様に使用している。6例の漏斗胸に適用して、10か月の経過では良好であると報告した⁸⁶。しかし2年後の1997年の日本形成外科学会総会で、使用した8例のうち7例で4か月から1年でPLLA plateに起因する障害があり、漏斗胸に使用するのは適切でないとして報告している⁸⁷。

鎌形ら(1996)は変形肋軟骨の切除と胸骨の矯正骨切り術の後、土字型のPLLA plateを胸骨前面に置き、胸骨をワイヤーで吊りあげた。3例に行い1例で5日目に再陥凹し7日目に再手術して5か月目に感染を生じplateを抜去している⁸⁸。

わが国のポリ乳酸ポリマーの使用報告は必ずしも成績良好とはいえない。それには次の3点が問題である。

1 PLLA plateの大きさが大きく、王字型やH字型、土字型で使用している。

2 PLLA plateを胸骨の前面に置き、胸骨をワイヤーや縫合糸で吊りあげている。これはplateが浅いところにあり皮膚を破り易い。

3 より強力な長期間の支持が必要な年長者にも使用している。

私のPLLA plateは幅10mm、厚さ2~3mm、長さは症例により10cmから15cm、重量は3g前後と、これまでの報告に比べ非常に小さい⁴⁹⁾(図23A)。これをRavitch法で肋軟骨を切除した12歳以下の症例にしか使用しない。すなわち術後数日間続く奇異呼吸の防止のために使用するので、術後2週間程度胸骨を支えられれば十分である。これまでに38例に使用し、最長2年4ヵ月経過しているが1例にも問題は生じていない。完全に吸収されたものはないので、まだ経過を見て行く必要がある。

外国でのPLLA plateの漏斗胸への臨床応用の報告は見られない。しかしRuuskanenら(1992)の兎の前胸部にPLLA rodを用いた実験の報告がある⁵⁰⁾。

X 胸骨・肋骨の多数の矯正骨切り術と縫合固定法

胸骨や変形肋軟骨に多数の矯正骨切り術を加え、それを特別な材料を使った内固定や外固定を用いなくて、矯正骨切り部を多数の縫合を行うことにより矯正固定するユニークな術式である。

Brunner(1954)は、変形肋軟骨の楔状骨切り術と胸骨後面の縦楔状骨切り術、胸骨前面高位(第2肋間)の楔状骨切り術を行い、骨切り部をしっかりと縫合して寄せることにより胸壁の矯正を図った⁵⁰⁾。

同様にさらにradicalな方法をHumphreysら(1960,1974)が報告している^{51,52)}。Brownの第2法のように変形肋軟骨を肋骨軟骨連結の内側で約2cm軟骨膜下に切除し、次いで第3肋骨レベルで胸骨前面の骨切り術を行う。腹直筋の起始部を下位肋骨から離し、胸骨裏面を剝離する。肋間組織を両側とも肋軟骨を切除した部分で切離し、胸骨・肋軟骨・肋間組織を一体として(彼はこれをbreast plateと呼んでいる)頭側を茎として挙上する。この状態を彼は"a pair of wings"といている。このbreast plateの前面を胸骨は縦横に多数の骨切りを、肋軟骨は数カ所の骨切りを行い、それぞれを矯正位に結節縫合してbreast plateを平らか過矯正にする。

矯正されたbreast plateをもとに戻し、外側の胸壁としっかりと縫合固定する。

Breast plateの肋軟骨が頭側に移動して、肋軟骨と外側の肋間筋とを縫合することになる(図14)。

ほとんどの症例で両側開胸となる。整容的にも良好で、強固な安定性のある胸壁が形成されると記載されているが、2例の術前・術後の写真を示しているだけで、症例数や詳しい術後成績の記載はない。

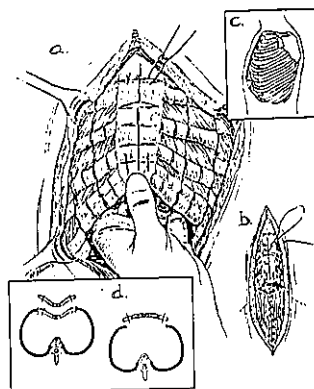


Fig. 14. — The repositioned breast plate is shown fixed in its new position by interrupted sutures. Note that the costal cartilages may do not necessarily need to be resected. The resected fascia has been pinned in the midline by interrupted sutures. The first suture joining the pectoral fascia to being inserted and is shown passing through the periosteum of the body of the sternum.
2. A lateral view showing the new position of the sternum.
3. Horizontal body section showing the position of overcorrection of the breast plate by multiple resections and final trimming.

図14 Humphreysらの胸骨・肋軟骨の多数の骨切りと縫合固定法 (参考文献91より)

Humphreysらの1974年の報告では、輸血は常に必要である。70例以上の手術を行い、1例に表層の創感染を生じた。もう1例は術後10か月目に膿瘍を生じ、縫合に用いた綱糸を抜去して創は治癒した。しかしこの症例は先天性心疾患があり、その17か月後に肺炎と膿胸で死亡した。

Actis-Datoら(1962)はBrunnerと同様な骨切り術を行い、胸骨は太いナイロン糸で胸骨後面を横にマットレス縫合をして、胸骨の矯正をより確実に行っている⁵³⁾(図15)。

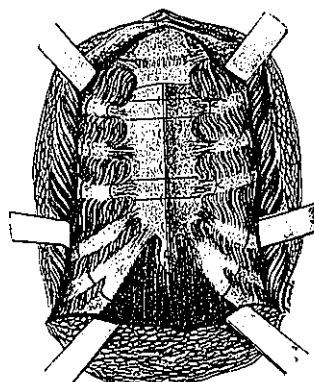


Fig. 15. — Al termine dell'osteoplastia, si apprezza una lieve ipercorrezione del difetto caratterizzata da un aspetto a carena. Notare i punti suturali alla base della capsula, elemento fondamentale per il mantenimento a distanza della correzione.

図15 Actis-Datoらの骨切りと縫合固定法 (参考文献93より)

和田ら(1966)は高度な非対称性漏斗胸に対して、変形側の肋骨・肋軟骨を2か所以上の楔状矯正骨切り術を行い、一部の肋軟骨は切除して、骨切り部を縫合固定する肋壁形成術 (costalplasty) を報告した⁹³⁾。

XI 非対称性漏斗胸に対する胸骨挙上法の工夫

前項に記載したように、和田ら(1966)は肋壁形成術 (costalplasty) を報告した。しかしこの方法は肋骨・肋軟骨の処理だけで、胸骨には手を加えていない。

Robicsek ら(1974)は、胸骨上部の横骨切り術で胸骨の回旋を矯正するように、胸骨を左側だけ後方にずらしてワイヤーで8字縫合する方法を報告している⁹⁵⁾ (図16)。

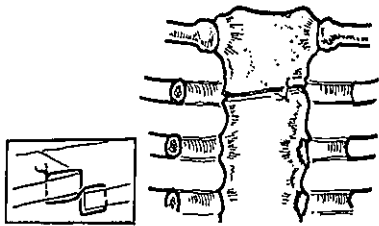


FIG. 3. Axial correction of the sternum in asymmetrical pectus excavatum by osteotomy and figure-of-eight wire sutures.

図16 Robicsek らの胸骨の回旋矯正法 (参考文献95より)

Haller ら(1978)は、Ravitch 法の胸骨前面の矯正骨切り術を、右上方から左下方に斜めに楔状骨切り術を行い胸骨の回旋を矯正している。それでも矯正不足の時には、右側の肋軟骨の斜切断術で前後を入れ替

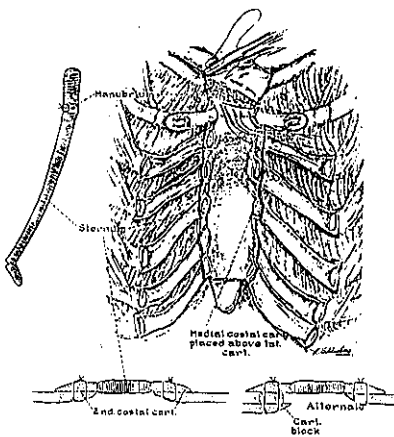


図17 Haller らの胸骨斜め骨切り術と肋軟骨片のはさみ込み (参考文献96より)

えた軟骨の間に、軟骨片をはさみ込んでさらに矯正している⁹⁶⁾ (図17)。

私どもの非対称性漏斗胸に対する胸骨挙上法は次のとおりである⁹⁹⁾ (図22、第3法)。変形肋軟骨の切除は肋軟骨の変形の状態により、左は第4肋軟骨以下で右は第3肋軟骨以下と言うように左右でレベルを変えて切除する。胸骨の前面の楔状矯正骨切り術は、右第1肋間から左第2肋間へ斜めに骨切り術を行う。さらに切除せずに残した右第2肋軟骨はRavitch 法の通常のように、前内側から後外側に斜切断して前後を入れ替えて、胸骨側が前方になるようにする。しかし左第3肋軟骨は通常とは反対に、前外側から後内側に斜切断 (reverse oblique chondrotomy) し胸骨側が後方になるように入れ替える。この操作で高度な胸骨の回旋もほぼ矯正できる。胸骨下端は年齢・体格により漏斗胸修復用チタンプレートか生体吸収性PLLAプレートで挙上する。それでも胸骨尾側の回旋が残っていれば、胸骨の左前面を削ることもある。

Haller らの胸骨矯正骨切り術は1肋間内の斜骨切りだが、私どもの斜骨切りは2肋間にわたりHaller らよりも傾斜が強く矯正効果が良い。また左肋軟骨の reverse oblique chondrotomy を行うことにより、胸骨上部の回旋矯正力がHallerらの方法よりも優れている。

XII 胸骨翻転法

Brown 以来、漏斗胸の矯正手術は変形肋軟骨を切除し、胸骨の骨切り術を行い、前胸壁を矯正し易く自由度を与え、如何にしてそれを矯正位に保つかと、前項までのように多数の工夫があった。ここではBrown やRavitch の原則とは全く発想の異なるユニークな胸骨翻転法の変遷をたどって見たい。

前の第X項でHumphreys がbreast plateと呼んでいた胸骨と肋軟骨と肋間組織が一体となっているもの (plastron 「鎧の胸当て」とも言う) をいったん胸壁から切り離し、それを矯正して前面と後面を翻転して再度胸壁に戻す方法である。全く血行を絶った遊離移植と、血行を温存した方法がある。

1 遊離胸骨翻転法

Nissen (1944) は20歳の呼吸障害のある男子に、2回に分けた手術を行った⁹⁷⁾。

第1回目は1943年11月5日、左第3から第7変形肋軟骨を軟骨膜下に胸骨側1インチを残して切除し、第3肋間で胸骨体部を左半分離断した。2週間後の11月19日に、右第4から第7肋軟骨を左側と同様に切除し、

第3肋骨間で胸骨の右半分を離断し、plastronを取り出した。Plastronの大きさは、長さ2インチ半、幅1インチ半であった。Plastronの頭側端を左側に尾側を右側に、しかも前後面を翻転して、すなわち胸骨の後面が移植後は前面に向くように、胸骨欠損部に横に橋渡しして移植した。固定は絹糸で縫合した。術後胸部の圧迫感も消失し、2週間で退院した。Nissennは移植後のplastronの成長は望めないだろうと考え、成人例にのみこの方法を行った。

Wanke (1953) はplastronを取り出し、前後2枚の骨皮質に分離して、後半分を翻転して胸腔面が前面になるように移植した⁹⁹⁾。この方法を5例に行っている。

Judet & Judet (1954) はplastronの前後をそのまま翻転して移植する方法を報告した⁹⁹⁾ (図18)。Plastronという言葉はJudet & Judet が最初に用いたようである。現在胸骨翻転術として用いられている術式のpriorityはJudet & Judet であると考えられる。

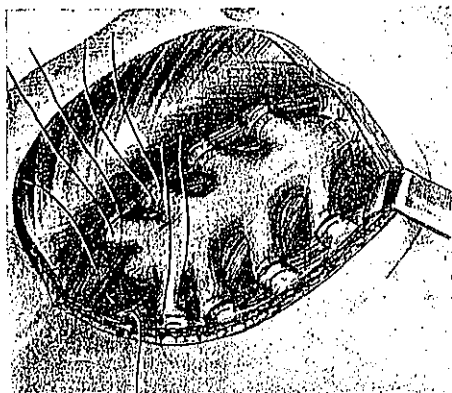


FIG. 8. — Réinsertion de l'ostéocartilagineux retourné.

図18 Judet & Judet の胸骨翻転法
(参考文献99より)

Judet & Judet と同様な胸骨翻転術は、きちんとした報告はされていないが、Jones (1954)¹⁰⁰⁾、Koop (1956)¹⁰¹⁾ は各々1例、Santyら (1959)¹⁰²⁾ は8例行ったという。

和田は、1959年7月に11歳男児の漏斗胸に胸骨翻転術を行い満足すべき結果を得たので、引き続きやはり11歳の男児に同様な手術を行い、漏斗胸壁翻転術 (sterno-turnover法, STO) と命名して1960年に報告した^{103,104)}。初期にはplastronには矯正骨切り術等は加えないで、そのまま翻転し移植していたようである。和田は1987年までに2500例という膨大な数の胸骨翻転術を行っている¹⁰⁵⁾。

Judet & Valentin (1964) は28例の胸骨翻転法を行ったが、最後の5例はplastronを骨膜・軟骨膜下に切除した。そしてplastronに多数の骨切りを加え矯正した¹⁰⁶⁾。

和田の教室の日野ら (1984) は和田の胸骨翻転術を改良したmodified STO (auto strut method) なる術式を報告したが¹⁰⁷⁾、和田ら (1984) により胸骨翻転重畳法sternal turnover and overlapping of the sternum (STO-O) と命名された¹⁰⁸⁾。このSTO-Oもplastronは骨膜下に切除される。

一般に胸骨翻転法は非対称性漏斗胸には適応しにくい。田代ら (1980) は高度な非対称性漏斗胸の陥凹側半分のplastron (陥凹側の肋軟骨と胸骨の半分) を遊離して、それを上下翻転して移植する、胸骨逆転術turn reserve methodを報告した¹⁰⁹⁾。

笠置ら (1983) は非対称性漏斗胸に第X項で記載した和田らのcostalplasty⁹⁹⁾と胸骨翻転術を同時に施行する術式を報告した¹¹⁰⁾。

2 Plastronの血行を温存した方法

Plastronの遊離翻転法では、胸骨への血行障害が危惧される。

Jung (1956) はJudet & Judet の報告を知った上で、plastronに腹直筋をつけて尾側から上腹壁動静脈を通じて血行を確保した手術を3例に行い報告した¹¹¹⁾。

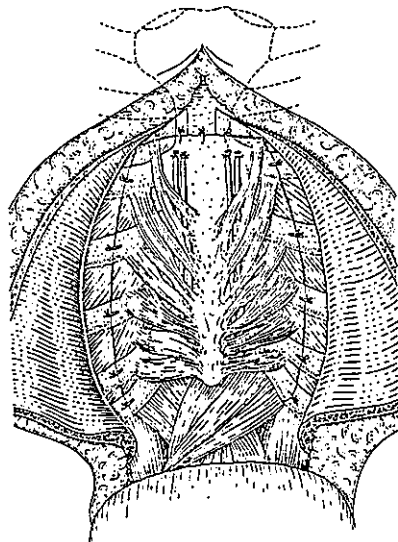


Abb. 2. Der Trichter ist umgewendet. In der Regio epigastrica erkennt man die Drehung des Muskel-Fascienlappens

図19 Jung & Scheer の腹直筋有茎翻転法
(参考文献112より)

翌年Jungの教室のScheer (1957) が、gestielte Umwendungsplastik (有茎翻転術) としてきれいな図を入れて報告した¹¹²⁾ (図19)。現在この腹直筋有茎翻転術はScheer法と言われているが、Jung & Scheer 法と言うべきではないかと考える。

一方わが国でも望月ら (1975) は、7歳男児に Judet 法に準じて両側の肋軟骨・肋間組織を離断し、第2肋間で胸骨を横切し、両側の内胸動静脈はplastronに付着したままで上下に血管束を剝離して十分血管に余裕をもたせて、plastronを血管に注意しながら180° 翻転して固定する方法を行って報告した¹¹³⁾ (図20)。左右の内胸動静脈は胸骨の骨切り部で交叉してplastronを栄養することになる。同じ年に望月のボスであるTaguchi ら (1975) が同じ方法で3例報告している¹¹⁴⁾。彼は遊離胸骨翻転法を行った15歳以上の26例の46%に、胸骨の血行不良による合併症が生じたので、15歳以上の症例にこの方法を行いたいと記載している。

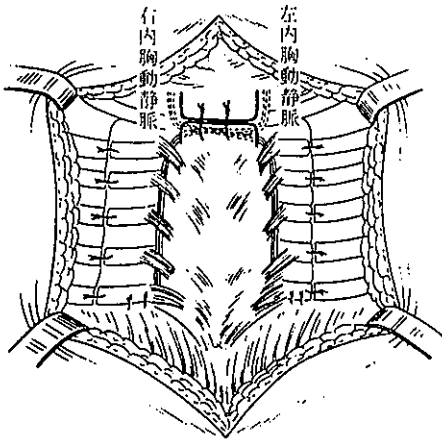


図20 望月らの内胸動静脈温存翻転法 (参考文献113より)

Hawkins ら (1984) は、望月・田口らと同様だが一側の内胸動静脈だけを温存した方法を24例に行い報告した¹¹⁵⁾。

平山ら (1982) はJudet 法に準じてplastronを切除する際に、左側内胸動静脈はより頭側まで剝離して鎖骨下動静脈分岐部下端で切断して長目にplastronにつけておき、反対に右側内胸動静脈はplastron裏面で数cm尾側まで剝離して中極側に数cm長目に切断する。plastronを矯正して翻転し断端をワイヤーで固定した後に、前胸壁右側で長目に残した内胸動静脈を顕微鏡下に吻合する方法を報告した^{116,117)} (図21)。いかにもmicrosurgery時代の手術法である。

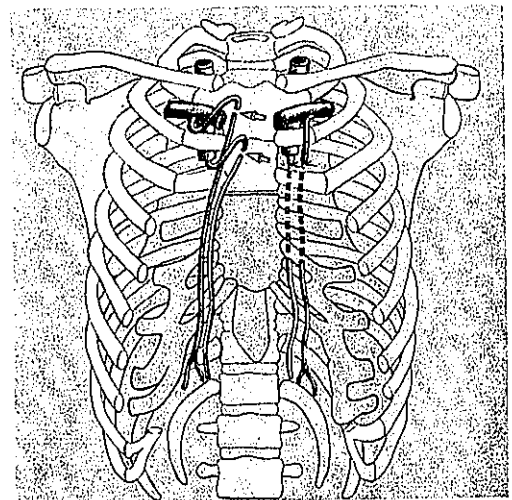
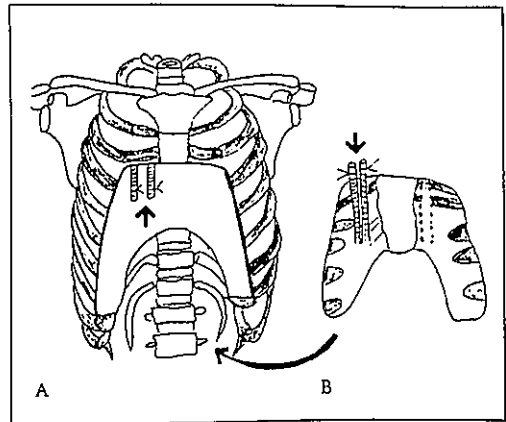


Fig 1. (A) Right internal thoracic artery and veins (ITAVs) are separated from the posterior surface of the block, ligated, cut distally [arrow]. Left ITAVs are dissected caudally beyond upper margin of the block. (B) Turned-over resected bone [arrow]; ITAV (dots); ITAVs are ligated, cut, and separated from the posterior surface of the block. (C) Microscopic anastomosis [arrow]. [Reprinted with permission from Transactions of the VIIIth International Congress of Plastic Surgery, Montreal, 1983.]

図21 平山らの血管吻合による胸骨翻転法 (参考文献117より)

光岡ら (1986) は、非対称性が高度な漏斗胸では変形側のみの肋軟骨の一部を切除して、腹直筋を有茎としたplastronを起こし、それを翻転せずに変形側にスライドさせて固定する腹直筋有茎性胸骨非翻転変法 non-turnover modification;NTM を3例に行い報告した¹¹⁸⁾。胸骨翻転法は非対称性漏斗胸には適応しにくい、光岡らのNTM は面白いアイデアである。

しかし、これはもはや胸骨翻転法ではなく胸骨挙上法である。

XII 人工物補填法

1963年にCroninがシリコンジェル人工乳房を開発し、形成外科領域では広く使用されるようになった¹¹⁹⁾。

Krauseら(1969)は軽度な胸壁変形に伴った乳房低形成にCroninのシリコンジェル人工乳房を用いて胸部の変形をカモフラージュした¹²⁰⁾。

Massonら(1970)は19歳女子の漏斗胸に、患者の胸壁から印象モデルを採取して、Dow Corning Silastic MDXを用いてインプラントを作成した¹²¹⁾。これは人工乳房と違ってシリコンの塊であり、固く重い。季肋部の横切開から皮下に埋入した。6か月後2次的に両側のシリコンジェル人工乳房による豊胸術を追加した。整容的には患者も両親も満足した。

Stanfordら(1972)も4例の男子漏斗胸にオーダーメイドのシリコン・インプラントを作成して使用した¹²²⁾。

その後Bakerら(1975)¹²³⁾、Balley(1977)¹²⁴⁾、Vecchione(1978)¹²⁵⁾、Marksら(1984)¹²⁶⁾、Sφrensen(1988)¹²⁷⁾、Johnson(1996)¹²⁸⁾らの報告がある。しかし、シリコン・インプラントは相当大きな異物で、重量も1kg前後はあり、特に皮下脂肪の少ない男子ではその辺縁が目立つ¹²⁹⁾。

XV 私の漏斗胸手術法

私は1978年に第1例目の6歳女兒に、standard (or basic) operationと言われているRavitch法で矯正術を行った¹³⁰⁾。1981年までにRavitch原法で9例の手術を行い、次のような反省点を得た。

- 1 術後数日間奇異呼吸が続く。そのために無気肺になることが多い。
- 2 14歳と19歳の年長漏斗胸症例では、陥凹変形が再発した。
- 3 横山型皮膚切開では視野が十分ではなく、正中縦切開では肥厚性癒痕となり易い。
- 4 胸骨の横骨切り術は、胸骨の血行を障害する恐れがある。小児では胸骨柄結合がゆるいので胸骨の骨切り術は必ずしも必要でない。
- 5 Ravitch法では非対称性漏斗胸は矯正しにくい。

以上の反省点を踏まえて、Ravitch法を改良した術式を考案した¹³¹⁾⁻¹³³⁾。

その要点は次のとおりである。

- 1 患者の年齢、体格、変形の非対称で術式に小修正を加え、あらゆる漏斗胸に対応できる術式であること。
- 2 皮膚切開は肥厚性癒痕を防止するために胸部正中波形切開を行う。
- 3 胸骨への血行を確保するために、左側の内胸動脈は胸骨につけて肋間筋、軟骨膜を切離する。

以下に私の漏斗胸胸骨挙上術の要点を示す(図22)。

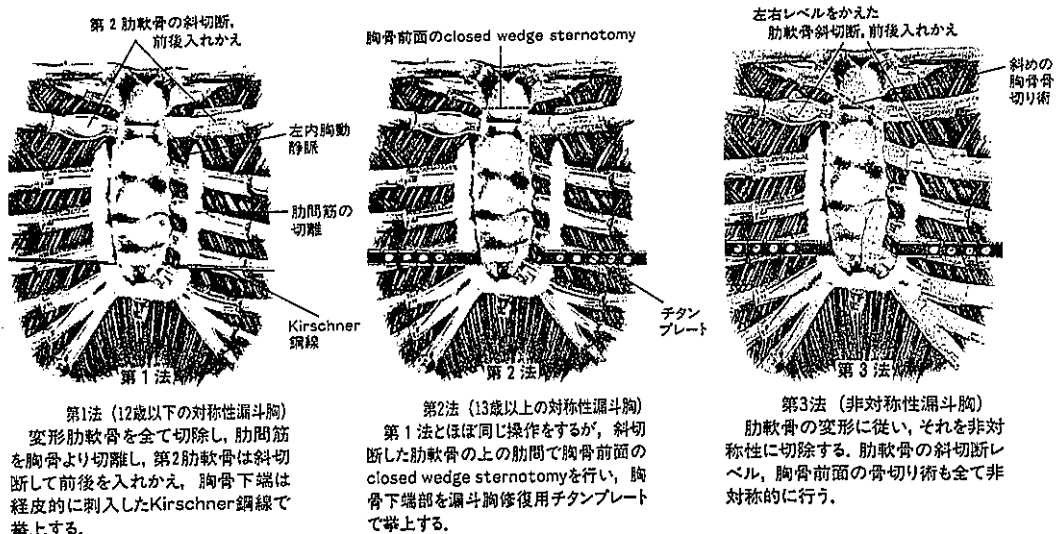


図22 私の漏斗胸胸骨挙上術(参考文献133より)

第1法：基本となる術式で、12歳以下の対称性漏斗胸が対象。

波形皮切で、左内胸動脈は胸骨につけて、胸骨の骨切り術はしない。他はRavitch法と同じで、三点固定も行う。しかし術後数日間続く奇異呼吸を防止するために、経皮的に刺入したKirschner鋼線で胸骨下端を12日間挙上し（Ⅵ項のMoysenと同じ）、退院前に病室で抜去する。しかし現在はKirschner鋼線の代わりに、生体吸収性のPLLA plate（1cm幅、厚さ3mm、長さは10～15cm）（図23A）をAdkins（Ⅶ項-3）と同様な使い方をしている。PLLA plateは3か月で強度を失い、3年で吸収消失する。PLLA plate使用例はこれまでに38例、最高2年4ヵ月経過観察しているが成績は良好である。

PLLA plateはどこでも入手できるとは限らないので、Kirschner鋼線でも十分である。

第2法：13歳（身長155cm，体重45kg）以上の対称性漏斗胸が対象。

ほぼ第1法と同じ操作をするが、Ravitchの軟骨斜切断した上の肋骨間で胸骨前面のclosed wedge sternotomyを行い、PLLA plateの代わりに私が考案した漏斗胸修復用チタンプレート（発売元；トップ）

（図23B）で胸骨の半永久的挙上をはかる。

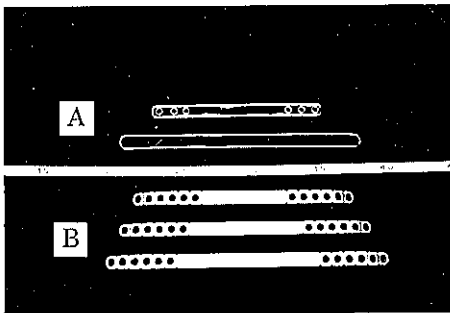


図23 私が使用しているstrut

- A 12歳以下の症例に用いるPLLA plate. 症例に合わせて12.5cmに工作したものと、工作前のもの
- B 漏斗胸修復用チタンプレート. 長さが16, 18, 20cmの3種類

第3法：非対称性漏斗胸が対象。

変形肋軟骨の切除やRavitchの軟骨斜切断、胸骨前面の骨切り術もすべて非対称的に行い、胸骨の回旋を矯正するとともに胸郭の非対称性を改善する。12歳以下ではPLLA plateを使用し、13歳以上ではチタンプレートを使用する。

手術時間は第1法で2時間前後、第2法で3時間前

後である。輸血は必要ない。

術後は、3日目に縦隔吸引ドレーンを抜去し、起立歩行を開始する。術後9日目に抜糸して退院できる。第1法対象の症例は、胸部保護装具を4か月間、姿勢矯正のためにclavicle bandを6か月間装用する。

これまでに約300例の漏斗胸手術を上記の方法で行ったが、創感染が1例のみで他に特別な合併症はなかった。術後円背の姿勢の者が胸郭陥凹気味となるが、clavicle bandを採用してからは変形予防ができている。

手術至適時期は3～5歳で、この時期に手術を行えば胸郭前後径が十分な、ほぼ正常な胸郭となる。第2法対象の症例は、胸郭陥凹は改善されても前後径が短い扁平な胸郭にとどまる。女兒では7～8歳までに漏斗胸矯正術を行えば、乳房の正常な発育が期待できる。

私の漏斗胸手術法は、3点内固定を採用しているのでRavitch法が基本でる。第1法ではKirschner鋼線を使用すればMoysenの方法との併用で、PLLA plateを使用すれば未だこのような使用法の報告はないので、オリジナルである。第2法はRavitch法とAdkins法の合併のようなものである。第3法はオリジナルといってもいいだろう。

むすび

20世紀の初頭から現在までの漏斗胸手術の変遷を、約1世紀にわたって振り返ってみた。多くの先人の苦闘の跡が偲ばれる。

過去に誰かが行っていた術式でも、現在行えば全く同じではなく、材料や手術器械、技術の進歩で違ったものとなり得る。過去にうまく行かなかった方法でも、現在ではうまく行く可能性も大いにある。先人が行った方法がヒントとなって、さらにすばらしいアイデアが思いつくこともある。

21世紀の末には、漏斗胸の手術はどんなになっているか楽しみでもある。そんな夢を見ながら筆を置くことにする。

参考文献

- 1) Ravitch MM. Congenital deformities of the chest wall and operative correction. Philadelphia: W.B.Saunders CO, 1977.
- 2) 和田寿郎. 胸郭の変形. 木本誠二監修. 現代外科学大系. 29巻75頁. 東京: 中山書店, 1968.
- 3) 星栄一. 漏斗胸、鳩胸. 木本誠二監修. 新外科学大系. 29巻D (形成外科Ⅳ) 144 頁. 東京: 中山書店, 1989.
- 4) 和田寿郎. 胸郭変形-治療と管理. 東京: 光文堂, 1987.
- 5) Billroth T. Offen Schreiben an Herr Dr.L Wittel Schöfer. Wien Med Wochenschr 1881; 31:161.
- 6) Meyer L. Zur chirurgischen Behandlung der angeborenen Trichterbrust. Berliner Klinische Wochenschr 1911;48:1563.
- 7) Sauerbruch F. Die Chirurgie der Brustorgane. Vol.1.pp437. Berlin: Julius Springer,1920.
- 8) Sauerbruch F. Operative Beseitigung der angeborenen Trichterbrust. Deutsches Zeitschrift für Chirurgie 1931;234:760.
- 9) Mathieu P. Intervention chirurgicale pour "thorax en entonnoir". Bulletins et Mémoires de la Société Nationale de Chirurgie 1933; 59:867.
- 10) Zahradnicek J. Funnel shaped chest(abstract). J Amer Med Assoc 1926;86:456.
- 11) Alexander J. Traumatic pectus excavatum. Ann Surg 1931;93:489.
- 12) Truesdale PE. A new method of dealing with funnel chest. New Eng J Med 1938;218:102.
- 13) Ochsner A, and DeBakey M. Chone-chondrosternon:Report of a case and review of the literature. J Thorac Surg 1939;8:469.
- 14) Brown AL. Pectus excavatum(funnel chest). J Thorac Surg 1939;9:164.
- 15) Lester CW. The surgical treatment of funnel chest. Ann Surg 1946;123:1003.
- 16) Fish HG, Baxter RH, and Moran RE. A conservative treatment of pectus excavatum in the young. Plast Reconstr Surg 1954;14:324.
- 17) Ravitch MM. The operative treatment of pectus excavatum. Ann Surg 1949;129:429.
- 18) Sutherland ID. Funnel chest. J Bone and Joint Surg 1958;40-B:244.
- 19) Lam CR, and Brinkman GL. Indications and results in the surgical treatment of pectus excavatum. Arch Surg 1959;78:322.
- 20) Ravitch MM. Operation for correction of pectus excavatum. Surg Gynec Obstet 1958; 105:619.
- 21) Ravitch MM. Technical problems in the operative correction of pectus excavatum. Ann Surg 1965;162:29.
- 22) Haller JA, Jr, Peters GN, and White JJ. Surgical management of funnel chest(pectus excavatum). Surg Clin North Amer 1970;50:929.
- 23) Haller JA, Jr, Peters GN, Mazur D, et al. Pectus excavatum; a 20 year surgical experience. J Thorac Cardiovasc Surg 1970;60:375.
- 24) Haller JA, Jr, Katlic M, Shermeta DW, et al. Operative correction of pectus excavatum, an evolving perspective. Ann Surg 1976;184:554.
- 25) Haller JA, Jr, and Turner CS. Diagnosis and operative management of chest wall deformities in children. Surg Clin North Amer 1981;61:1199.
- 26) Haller JA, Jr, Scherer LR, Turner CS, et al. Evolving management of pectus excavatum based on a single institutional experience of 664 patients. Ann Surg 1989;209:578.
- 27) 和田寿郎, 笠置康. 漏斗胸とその治療-1100例の外科治療から. 小児外科 1982;14:1149.
- 28) Dailey JE. Repair of funnel chest using substernal osteoperiosteal rib graft strut, Report of a case with four year follow-up. J Amer Med Assoc 1952;150:1203.
- 29) Dorner RA, Keil PG, and Schissel DJ. Pectus excavatum. Case report with pre- and post-operative angiocardiographic studies. J Thorac Surg 1950;20:444.
- 30) Brodtkin HA. Congenital chondrosternal depression(funnel chest). Its treatment by phrenosternolysis and chondrosternoplasty. Diseases of the Chest 1951;19:288.
- 31) Vogelsang A. Cardiac compression from funnel-chest(Chone-chondrosternon). Canad Med Assoc 1953;68:356.
- 32) Saubier EC, Michau P, Viard H. et al. Traitement du thorax en entonnoir. A propos de quatre cas recents. Lyon Chirurgie 1961;57:354.

- 33) Brantigan OC. Pectus excavatum: Simple autogenous tissue support to keep sternum elevated. *Amer Surgeon* 1967;33:253.
- 34) Howard R. Funnel chest: Results and description of an improved operative technique. *Med J Australia* 1978;2:134.
- 35) Nakanishi Y, Nakajima T, Sakakibara A, et al. A vascularized rib strut technique for funnel chest correction. *Brit J Plast Surg* 1992;45:364.
- 36) Daniel RA. The surgical treatment of pectus excavatum. *J Thorac Surg* 1958;35:719.
- 37) Sanger PW, Taylor FH, and Robicsek F. Deformities of the anterior wall of the chest. *Surg Gynec Obstet* 1963;116:515.
- 38) Shannon JP, and Sparks CH. An improved method for repair of pectus chest deformities. *Ann Thorac Surg* 1973;16:629.
- 39) Fonkalsrud EW, Follette D, and Sarwat AK. Pectus excavatum repair using autologous perichondrium for sternal support. *Arch Surg* 1978;113:1433.
- 40) Fonkalsrud EW, Salman T, Guo W. et al. Repair of pectus deformities with sternal support. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;107:37.
- 41) Adams HD. Costosternoplasty with rib strut support for funnel chest in adults. *Lahey Clinic Bulletin* 1951;7:111.
- 42) Adams HD. Surgical treatment of pectus excavatum by costosternoplasty with rib strut. *Surg Clin North Amer* 1960;40:603.
- 43) Qvist O. Surgical treatment of funnel chest. *VIII International Congress of Paediatrics*, pp.203.1956.
- 44) Brandt G. Die verschiedenen Formen der Trichterbrust und ihre operative Behandlung. *Thoraxchirurgie* 1953;1:57.
- 45) Holmes CL. Pectus excavatum. Surgical technique: A new form of external traction of the elevated sternum. *J Thorac Surg* 1957;33:321.
- 46) Griffin EH, and Minnis JF. Pectus excavatum: A survey and a suggestion for maintenance of correction. *J Thorac Surg* 1957;33:625.
- 47) Moyson Fr. Le thorax en entonnoir chez l'enfant. *Act Chirurg Belgica(Suppl.)* 1961;2:25.
- 48) 星榮一, 大谷和雄, 牧 裕. 漏斗胸に対するRavitch手術の検討. *日形会誌* 1982;2:659.
- 49) 星榮一, 吉川哲哉, 西巻啓子, 他. ポリ乳酸生体吸収性プレートを用いた小児漏斗胸胸骨挙上術の16例. *日形会誌* 1997;17:338.
- 50) Mayo P, and Long GA. Surgical repair of pectus excavatum by pin immobilization. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1962;44:53.
- 51) Peters RM, and Johnson G, Jr. Stabilization of pectus deformity with wire strut. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1964;47:814.
- 52) Davies AL. Repair of pectus excavatum employing internal Steinmann pin strut technique. *Del Med J* 1986;58:733.
- 53) Rehbein F, and Wernicke HH. The operative treatment of the funnel chest. *Arch Disease Childhood* 1957;32:5.
- 54) Rehbein F. The use of internal steel struts in the operative correction of funnel chest. *J Pediatr Surg* 1966;1:1.
- 55) Oelsnitz GVD. Ergebnisse der operativen Trichterbrustbehandlung an der Kinderchirurgischen Klinik Bremen. *Zeitsch Kinder Chirur* 1974;15:25.
- 56) Bettex M. Technische Modifikation der Trichterbrust-Operation nach Rehbein. *Zeitsch Kinderchirurg* 1978;23:167.
- 57) 及川佑一, 浜田洋一郎, 青木俊道. 漏斗胸手術の検討. *外科治療* 1977;36:137.
- 58) 北村享俊. 漏斗胸に対する治療、特にRehbein法について. *小児外科* 1982;14:1173.
- 59) Paltia V, Parkkulainen KV, Sulamaa M. et al. Indications for surgery in funnel chest. *Ann Paediatr Fenniae* 1959;5:183.
- 60) Jensen NK, Schmidt WR, Garamella JJ. et al. Pectus excavatum: The how, when and why of surgical correction. *J Pediatr Surg* 1970;5:4.
- 61) Adkins PC, and Blades B. A stainless steel strut for correction of pectus excavatum. *Surg Gynec Obstet* 1961;113:111.
- 62) Adkins PC, Groff DBIII, and Blades B. Experiences with metal struts for chest wall stabilization. *Ann Thorac Surg* 1968;5:246.
- 63) Groves LK. Deformities of the anterior chest wall in children. *Cleveland Clinic Quart*

- 1963;30:55.
- 64) 田口一美, 藤村顕治, 佐々木進次郎. 簡易なる漏斗胸の一手術法について. 手術 1965 19:169.
- 65) 高橋雅俊, 堀口泰良, 斎藤浩司, 他. 胸骨後部固定法による漏斗胸の整復手術 手術 1968;22:296.
- 66) Sbokos CG, McMillan IKR, and Akins CW. Surgical correction of pectus excavatum using a retrosternal bar. Thorax 1970;30:40.
- 67) Holcomb GW Jr. Surgical correction of pectus excavatum. J Pediatr Surg 1977;12:295.
- 68) 正岡昭, 前田昌純, 門田康正, 他. 漏斗胸の手術成績-金属strut 固定を伴う胸骨挙上術-. 日胸外会誌 1979;27:1491.
- 69) 星栄一, 大谷和雄, 藤田祐子. 他. 漏斗胸の Ravitch 手術における私どもの工夫. 日形会誌 1984;4:664.
- 70) 星栄一, 藤田祐子, 西巻啓子, 他. 年長者漏斗胸に対するわれわれの胸骨挙上術. 日形会誌 1986;6:700.
- 71) 星栄一. 漏斗胸に対するRavitch 変法手術と漏斗胸指数による成績の検討. 日形会誌 1988;8:612.
- 72) Gilbert JC, Zwiren GT. Repair of pectus excavatum using a substernal metal strut within a Marlex envelope. South Med J 1989;82:1240.
- 73) Gotzen L, and Dragojevic D. Funnel chest correction by use of AO implants and instruments. Thorac Cardiovasc Surgeon 1979;27:61.
- 74) 渡辺洋字, 岩喬, 佐藤博文, 他. A-Oプレート使用による漏斗胸手術. 手術 1980 34:1.
- 75) 渡辺洋字, 岩喬, 小林弘明, 他. 漏斗胸手術113例の検討. 外科 1981;43:120.
- 76) Watanabe Y, and Iwa T. Surgical correction of pectus excavatum for adults and adolescents. Japanese J Surg 1984;14:472.
- 77) 高木克公, 山内達朗, 大隈隆之, 他. プレートをを使用した漏斗胸手術. 整形外科と災害外科 1984;33:486.
- 78) Takagi K, and Yamaga M. A new modified operation for funnel chest using the Zimmer osteosynthetic plate. Arch Orthop Trauma Surg 1986;105:154.
- 79) 信岡亘, 横山繁樹, 小西理雄, 他. 胸骨挙上法による漏斗胸手術90例の検討. 日胸外会誌 1983;31:324.
- 80) May AM. Operation for pectus excavatum using stainless steel wire mesh. J Thorac Cardiovasc Surg 1961;42:122.
- 81) Hoffman E. Surgical treatment of pectus excavatum by costosternoplasty with Marlex mesh technic and case report. Amer Surgeon 1966;32:261.
- 82) Robicsek F. Marlex mesh support for the correction of very severe and recurrent pectus excavatum. Ann Thorac Surg 1978;26:80.
- 83) 北野司久, 松井輝夫, 辰己明利, 他. 胸郭変形に対する吸収性合成高分子P L Aストラットを利用した矯正術. 小児外科 1988 20:71.
- 84) Matsui T, Kitano M, Nakamura T, et al. Bioabsorbable struts made from poly-L-lactide and their application for treatment of chest deformity. J Thorac Cardiovasc Surg 1994;108:162.
- 85) Actis-Dato GM, and Nakamura T. Treatment of pectus excavatum: Bioabsorbable or metal strut? J Thorac Cardiovasc Surg 1995;110:227.
- 86) Nakajima T, Yoshimura Y, Nakanishi Y, et al. Modified procedures for pectus excavation repair: Use of the vascularized rib strut and bioabsorbable poly-L-lactide plate. Plastic Surg Techniq 1995;1:209.
- 87) 中西雄二, 中島龍夫, 吉村陽子, 他. 漏斗胸に対するポリ乳酸プレート使用例の長期経過および反省点. 第40回日形会学術集会抄録集. pp.262, 宮崎市:1997.
- 88) 鎌形正一郎, 林奂, 広部誠一, 他. ポリ乳酸プレート(poly-L-lactide plate)を用いた漏斗胸の手術. 小児外科 1996;28:1466.
- 89) Ruuskanen MM, Virtanen MK, Kallioinen MJ, et al. Stabilization of anterior thoracoplasty with a resorbable, self-reinforced Poly-L-lactic acid rod: an experimental study in rabbits. Pediatr Surg Int 1992;7:183.
- 90) Brunner A. Zur operative Behandlung der Trichterbrust. Der Chirurg 1954;25:303.
- 91) Humphreys GHII, and Connolly JE. The surgical technique for the correction of pectus excavatum. J Thorac Cardiovasc Surg 1960;40:194.
- 92) Humphreys GHII, and Jaretzki A III. Operative

- correction of pectus excavatum.
J Pediatr Surg 1974;9:899.
- 93) Actis-Dato A, Gentilli R, and Calderini P. Clinica e terapia chirurgica del pectus excavatum. *Minerva Chirurgica* 1962;17:377.
- 94) 和田寿郎, 榎野隆二, 北谷友巳, 他. 漏斗胸に対する外科治療-われわれの所謂costalplasty. *胸部外科* 1966;19:824.
- 95) Robicsek F, Daugherty HK, Mullen DC, et al. Technical considerations in the surgical management of pectus excavatum and carinatum. *Ann Thorac Surg* 1974;18:547.
- 96) Haller JA, Jr, Shermeta DW, Tepas JJ, et al. Correction of pectus excavatum without prostheses or splints: Objective measurement of severity and management of asymmetrical deformities. *Ann Thorac Surg* 1978;26:73.
- 97) Nissen R. Osteoplastic procedure for correction of funnel chest. *Amer J Surg* 1944;64:169.
- 98) Wanke R. Anzeitstellung zur operativen Behandlung der Trichterbrust. *Langenbeck Arch Klin Chirurg* 1953;276:406.
- 99) Judet J, and Judet R. Thorax en entonnoir un procede operatoire. *Revue d'Orthopedie* 1954;40:248.
- 100) Jones J. In discussion of Rydell JR, and Jennings WK. *Amer J Surg* 1954;88:69.
- 101) Koop CE. The management of pectus excavatum. *Surg Clin North Amer, Nationwide Number, Symposium on Pediatric Surgery*, pp.1627, 1956.
- 102) Santy P, Marion P, and Gounot J. Traitement du thorax en entonnoir chez l'enfant et l'adulte jeune. *Ann de Chirurg* 1959;13:605.
- 103) 和田寿郎. 前胸壁の外科. *外科診療* 1960;2:162.
- 104) Wada J. Surgical correction of the funnel chest "Sternoturnover". *Western J Surg Obstet Gynec* 1961;69:358.
- 105) Wada JJ. Funnel chest operative conclusion after 32 years and over 2500 cases. *小児外科* 1988;20:79.
- 106) Judet J, and Valentin P. Plastie par retournement du plastron. *Revue de Chirurg Orthop et Réparatrice de l'Appareil Moteur* 1964;50:440.
- 107) 日野恒和, 笠置康, 板岡俊成, 他. 漏斗胸に対する新しい手術術式Modified STO (Auto Strut Method). *胸部外科* 1984;37:30.
- 108) 和田寿郎, 笠置康. 漏斗胸の治療. *診断と治療* 1984;72:232.
- 109) 田代豊一, 柴田昇, 浜武義征, 他. 非対称性漏斗胸の手術. *胸部外科* 1980;33:509.
- 110) 笠置康, 和田寿郎, 横山正義, 他. 非対称性漏斗胸に対する根治的術式. *手術* 1983;37:123.
- 111) Jung A. La traitement du thorax en entonnoir par le "retournement pédiculé" de la cuvette sternochondrale. *Mémoires de l'Académie de Chirurgie* 1956;82:242.
- 112) Scheer R. Über eine neue Methode der chirurgischen Behandlung der Trichterbrust. Die "gestielte Umwendungsplastik". *Der Chirurg* 1957;28:312.
- 113) 望月高明, 丸山高司, 中垣満, 他. 漏斗胸の1手術法について-両側内胸動静脈の血流を温存した胸骨翻転術について-. *手術*. 1975;29:435.
- 114) Taguchi K, Mochizuki T, Nakagaki M, et al. A new plastic operation for pectus excavatum: Sternal turnover surgical procedure with preserved internal mammary vessels. *Chest* 1975;67:606.
- 115) Hawkins JA, Ehrenhaft JL, and Doty DB. Repair of pectus excavatum by sternal eversion. *Ann Thorac Surg* 1984;38:368.
- 116) 平山峻, 野崎幹弘. 漏斗胸の新しい一手術法; マイクロサ-ジェリーを用いた. 塚田貞夫編, 外表面奇形の治療. 125頁, 東京: 医歯薬出版, 1982.
- 117) Hirayama T, Nozaki M, and Wakamatsu S. A new surgical method for repair funnel chest. *Ann Plast Surg* 1985;14:213.
- 118) 光岡明夫, 人見滋樹, 伊藤元彦, 他. 漏斗胸に対する腹直筋有茎性胸骨翻転術とその非翻転変法. *臨床胸部外科* 1986 6:43.
- 119) Cronin TD, and Gerow C. Augmentation mammoplasty; a natural feel prosthesis. New York: Excepta Medical Foundation, 1963.
- 120) Krause JL, Crikelair GF, and Cosman B. The Cronin implant in the treatment of combined chest wall and breast deformities. *Plast Reconstr Surg* 1969;44:536.
- 121) Masson JK, Payne WS, and Gonzalez JB. Pectus excavatum: Use of preformed prosthesis

- for correction in the adult. *Plast Reconstr Surg* 1970;46:399.
- 122) Stanford W, Bowers DG, Lindberg EF, et al. Silastic implants for correction of pectus excavatum. A new technique. *Ann Thorac Surg* 1972;13:529.
- 123) Baker JL Jr, Mara JF, and Douglas WM. Repair of concavity of thoracic wall with silicone elastomer implant, case report. *Plast Reconstr Surg* 1975;56:212.
- 124) Balley BN. Pectus excavatum; Masking with Silastic RTV382 vulcanised in situ. *Brit J Plast Surg* 1977;30:227.
- 125) Vecchione TR. Cosmetic correction of the mild or partially corrected pectus excavatum utilizing Silastic implant. *Amer Plast Surg* 1978;1:575.
- 126) Marks MW, Argenta LC, and Lee DC. Silicone implant correction of pectus excavatum; indications and refinement in technique. *Plast Reconstr Surg* 1984;74:52.
- 127) Sørensen JL. Subcutaneous silicone implants in pectus excavatum. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1988;22:173.
- 128) Johnson PE. Refining silicone implant correction of pectus excavatum through computed tomography. *Plast Reconstr Surg* 1996;97:445.
- 129) 星栄一, 西巻啓子, 宮島哲, 他. 漏斗胸手術症例の検討. *日形会誌* 1987;7:732.
- 130) 高木邦彦, 星栄一, 岡田忠彦. Ravitch法による漏斗胸胸郭形成術の経験. *形成外科* 1979;22:345.
- 131) 星栄一, 大谷和雄, 藤田祐子, 他. 漏斗胸に対するわれわれの胸骨挙上術. *日形会誌* 1985;5:153.
- 132) 星栄一, 藤田祐子, 西巻啓子, 他. 年長者漏斗胸に対するわれわれの胸骨挙上術. *新潟整形研究会誌* 1987;5:1.
- 133) 星栄一. 漏斗胸の胸骨挙上術. *日本医師会雑誌* 1991;105:ss-125.

Changes in Funnel Chest Operations, and Their Historical Development

Eiichi Hoshi*

The first operation for funnel chest was performed by Ludwig Meyer in 1911. In 1939 Brown started performing modern funnel chest surgery, and the history of sternal elevation began. The history of changes in sternal elevation operations is a history of how to mobilize the corrected position of the anterior thoracic wall and it has been supported. Ravitch(1948,1958,1965) made a series of improvements in the surgical procedure, and success in sternal mobilization and the development of dynamic internal tripod fixation provided momentum for later developments.

There was also a completely different concept of surgery, sternal turn-over operation, which used to be the most common approach to funnel chest surgery in Japan.

In recent years camouflage has been performed by filling the depression with implants developed as a result of advances in macromolecular chemistry, but that is not a treatment for funnel chest itself.

Key words: funnel chest, surgical procedure, history, sternal elevation, thoraco plasty.

**Department of Plastic and Reconstructive Surgery,
Nagaoka Chuo General Hospital
Fukuzumi 2-1-5, Nagaoka, Niigata 940-8653*