

側 彎 症 の 肺 機 能

第一篇 側 彎 症 の 肺 機 能

特に特発性側彎症の肺機能について

京都大学結核胸部疾患研究所 臨床肺生理学部

太 田 和 夫

緒 言

脊柱の側方への彎曲をきたす脊柱側彎症は、その臨床症状が良く知られるようになると共に社会的認識が高まり、受診患者が増加の傾向を示している。しかし依然としてその原因は明らかではない。

側彎症は特発性側彎性、先天性側彎症、麻痺性側彎症および症候性側彎症等に分類される。これら側彎症の80%以上を占める特発性側彎症の発生頻度は各報告者により異っており、1968年の Wynne-Davies⁶⁴⁾ の思春期の女子では0.04%，男子については女子の1/10であり、Brooksの841例についてのレ線学的検索より得られた11%という数値迄各種の報告がある。最近の研究によると一般に adult population の2%に発症し、その内0.5%が20度以上の側彎を持つとされている。

わが国においては、2～3%という発生頻度の報告が多く、著者は450名の女子中学生の検診より8%の側彎を認めたが、その内訳としては20度以下の彎曲を持つ不良姿勢と思われるものが多く、20度以上の治療を必要とするものは全体の1.1%であった。

この脊柱側彎症は非常に治療の困難な疾患であるとされているが、その理由の一つには特発性側彎症の原因が先人達の研究にもかかわらず、依然として明らかでないことがあげられ

る。

現在まで奇形説、遺伝説、代謝障害説、内分泌障害説、姿勢異常説、平衡機能障害説等が提唱されているが、著者が後で述べるような発性の原因を肺に求めた報告は他にないようである。

次に、側彎症は脊柱の彎曲異常ばかりでなく、胸部の変形をともしうことはすでに紀元前に Hippocrates により述べられている。そして変形した胸部が肺の機能低下をきたすことについては、1854年に Shneevolt が脊柱変形の肺活量の減少を報告し、1928年には Flagstad¹⁵⁾ が側彎症の肺活量の減少と胸部変形及び呼吸筋との関係を報告している。それ以後、側彎症の肺機能に関する報告は数多くみられる。

わが国においては、1959年の中村³⁵⁾ に始まり、1963年高橋⁵⁶⁾、1967年奥村³⁸⁾、1974年長谷川²¹⁾、1977年内海⁵⁷⁾、金田²⁵⁾ 等の報告がある。そしてこれら国内、国外の報告はいずれも脊柱の彎曲異常の結果、胸部の変形をきたし、二次的に肺機能の低下をきたすものとしている。

これらの説に対して著者が脊柱側彎の発生の原因を一次的に肺にあるのではないと考へたのは、肺結核、肺良性腫瘍等の腋下手法により、肺骨頭、肋骨靱帯、横突起切除もなく又切除肋骨の少ない肺区域切除、肺葉切除あるいは全摘出術を受けた42症例の術後の検討から、残存肺

の過膨張をきたして側彎の発生をみたと思われる症例29例（調査例の69%）を経験したことに始まる³⁹⁾。

側彎度は8度から15度であったが、これらの症例は Langenkiöld, Manning 等の報告している助骨頭、助骨靱帯、横突起切除等により招来される実験的側彎とその発生が異なり、又胸廓形成術の術後に発症する Thoracoplastic scoliosis, 胸膜炎等による胸膜の癒痕等により招来される pleural scoliosis と発生が異なるものと考えられ、肺自体の変化が脊柱に影響をあたえ側彎が発生したと考えられたからである。

しかし、肺自体に異常が存在していても側彎症例が呼吸器症状を主訴として受診することは稀である。その理由は側彎症の発症が多くは思春期以前であり、この年齢では呼吸器症状に関して代償機能が良く保たれており、無症状に経過する者が多いためであると考えられる。しかし、この年齢以後には、彎曲の増加又は加齢と共にその代償機能が低下して、呼吸器症状をきたす症例があることは事実である。

Nachenson³³⁾, Nilsenne³⁶⁾ 等は側彎症例の長期にわたる経過観察の結果、胸椎部に50～60度の側彎を持つ症例では心肺障害は必発であり、平均寿命は短く、死亡率も高いと報告して

いる。

以上のことを考えに入れて、著者は側彎症に対して次の点を解明するために以下に述べる臨床研究を行なった。

1. 呼吸器症状がなく、無自覚な症例において、どの程度の肺機能障害が存在するかを形態的な計測とあわせて検討すること、
 2. 側彎の進行にともなう肺機能障害の程度および予後の推測、
 3. 治療法の撰択（第2編）
 4. 特発性側彎症においては、その彎曲部が胸椎および胸腰椎部の右側に好発し、その発生の原因が明らかにされていないので、肺自体がなにかその発生に影響を及ぼしているのではないかという仮説にもとづいて、肺機能の面からその発生要因に考察を加えること、
- 以上の4点である。

1 検査対象ならびに検査方法

検査対象は京大病院整形外科、聖ヨゼフ整肢園を受診した脊柱側彎症110例であり、脊柱彎曲をきたした原因別に分類すると、特発性側彎症79例（男子17例、女子62例）、先天性側彎症14例、麻痺性側彎症7例、Neurofibromatosis 4例、Syringomyelia 4例、Marfan's syndrome 2例、Friedreich ataxie 1例である。

表 1

	no. of patients	Age (mean)	Degrees (mean)
Idiopathic scoliosis	79	14.7	40.8
Thoracic Curve	52	14.9	41.1
Thoracolumbar Curve	9	16.9	32.9
Lumbar Curve	2	13.5	42.0
Double Major Curve	16	14.1	46.0
Congenital Scoliosis	14	12.5	48.8
Paralytic Scoliosis	7	16.5	97.3
Others			
Neurofibromatosis	4	17.0	68
Syringomyelia	3	20.6	39
Marfan's syndrome	2	14.0	30.5
Friedreich Ataxie	1	16.0	67
Total	110	15.9	55.9

年齢は5才～34才, 平均15.9才である。彎曲度は10度～144度, 平均55.9度である。その内訳は表1に示すとおりである。

特発性側彎症の彎曲高位別では, thoracic curve は項椎を第7, 8, 9 胸椎に持つ52症例で, そのうち49例は右凸, 3例は左凸の彎曲を示す。thoracolumbar curve は項椎を第11, 12 胸椎, 第1 腰椎に持つ9例で, 1例のみ左凸の彎曲である。double major curve は Ponder⁴⁵⁾ の分類に準じて上下の2つの彎曲度差が15度以内の彎曲を有するものをこの範疇に含めた。これに属するものは16例あり, このうち2例が上位彎曲が左凸である。

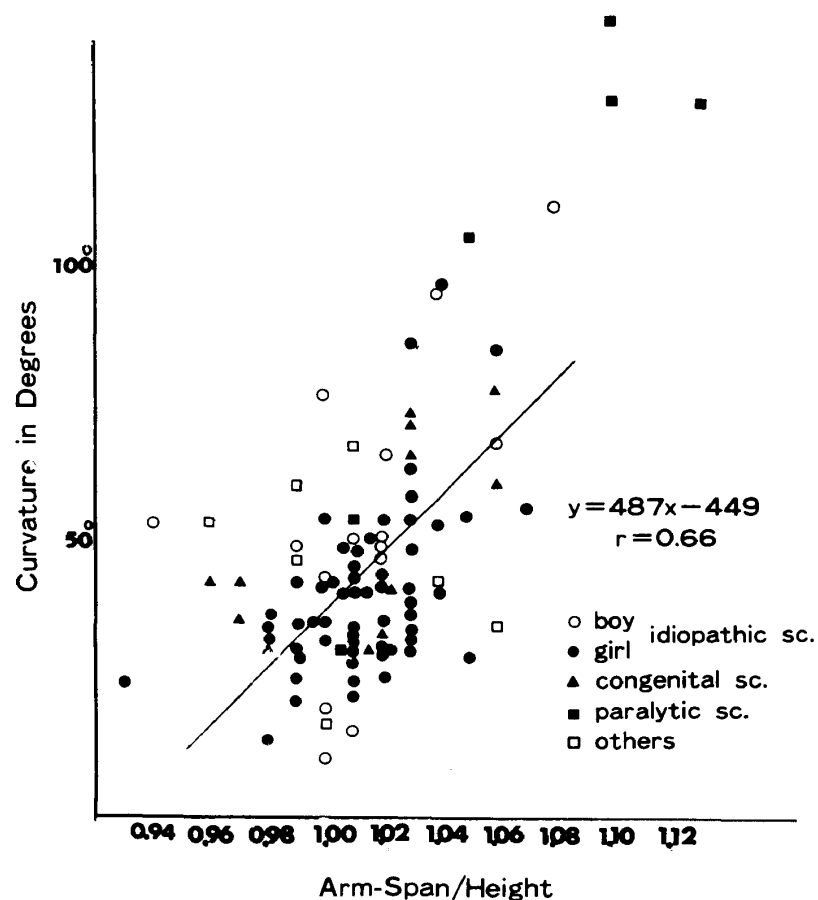
Neurofibromatosis の4例のうち3例は胸椎後彎の強い症例である。

検査項目は表2に示すとおりである。測定は動脈血採取を臥位で行った以外はすべて坐位に

表 2

Pulmonary Function Test
Lung Volumes
Vital Capacity
Total Lung Capacity
Residual Volumes
Functional Residual Capacity
Mechanics of Breathing
Forced Expiratory Volumes
Maximal Midexpiratory Flow
Maximal Voluntary Ventilation
Respiratory Resistance
Gas Distribution
N ₂ Elimination Rate
Closing Volume
Diffusing Capacity
Single Breath CO Method
Blood Gas

Arm-Span/Height vs Degree



て行った。

測定方法は Benedict-Roth Spirometer にて肺活量, 1 秒量, 1 利率, 最大呼気中間気流量, 最大換気量を測定し, 残気量, 機能的残気量は He ガスを使用する閉鎖回路法にて行ない, また拡散能測定には Morgan's Respirometer を使用する Single Breath CO 法を実施した。N₂ 排泄率と Closing Volume は Med-Science Nitrogen Analyzer を使用し, N₂ 排泄率は 7 分間酸素吸入法で測定し, Closing Volume は呼気中の N₂ を指標とする Resedent gas 法を用いた。

各種検査の予測値計算に必要な身長の数値は, 実測の身長が脊柱異常彎曲の存在のために真の身長より短くなるので, 指尖間距離 (arm-span) でもってこれを代用した。

Hepper²⁰⁾ 等の報告によると arm-span/height の値は正常男子で平均 1.03, 女子では 1.01 であり, これから arm-span を身長の基準として用いることが可能であると考えられたとらである。

なお Johnson²³⁾ は側彎症において, arm-span/height の値の増加は彎曲度と相関すると報告

している。我々の症例においても, 第1図の如く arm-span/height と彎曲度の間に一次相関 $y=487x-449$ ($r=0.66$) と相関を認めた。

又肺気量, 換気量の予測式は18才までは Polgar⁴⁴⁾ の Summary 曲線を使用し, 18才以上には肺活量は Baldwin, 全肺気量, 機能的残気量には Nietdham, 1 秒量は Feries を使用した。

拡散能に関しては Bucci の予測式を使用した。呼吸抵抗は Engström の予測式を, Closing Volume は年令的な変化を持つので, Mansell³²⁾ の年令別の Closing Volume/Vital Capacity の予測式を用いた。

側彎度の測定には Cobb 法を用いた。

2 検査成績

肺気量, 換気量の正常値が, 各報告者により相当大きな差があり, その平均値が大きな標準偏差を示すために, 一応標準偏差の 2 倍 (2SD) から出た値を異常値と解釈した。

1) 肺気量

肺活量に関しては図2に示す結果を得た。図2は Polgar の Summary 曲線と我々の検査症

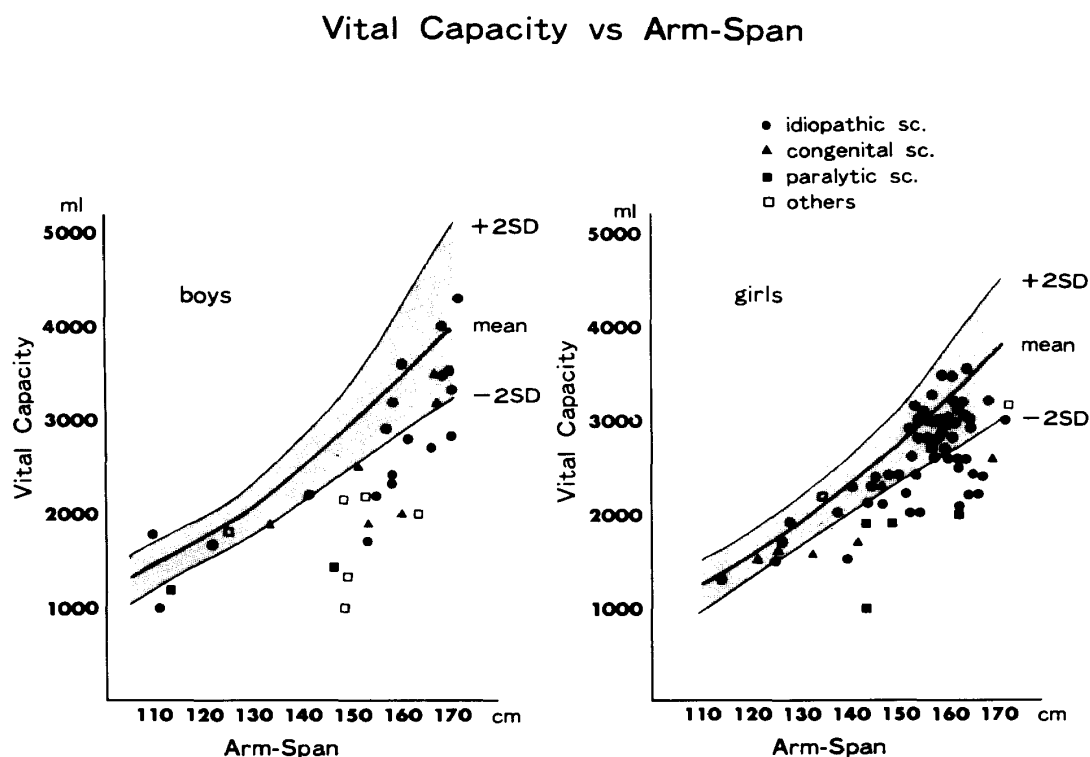


図 2

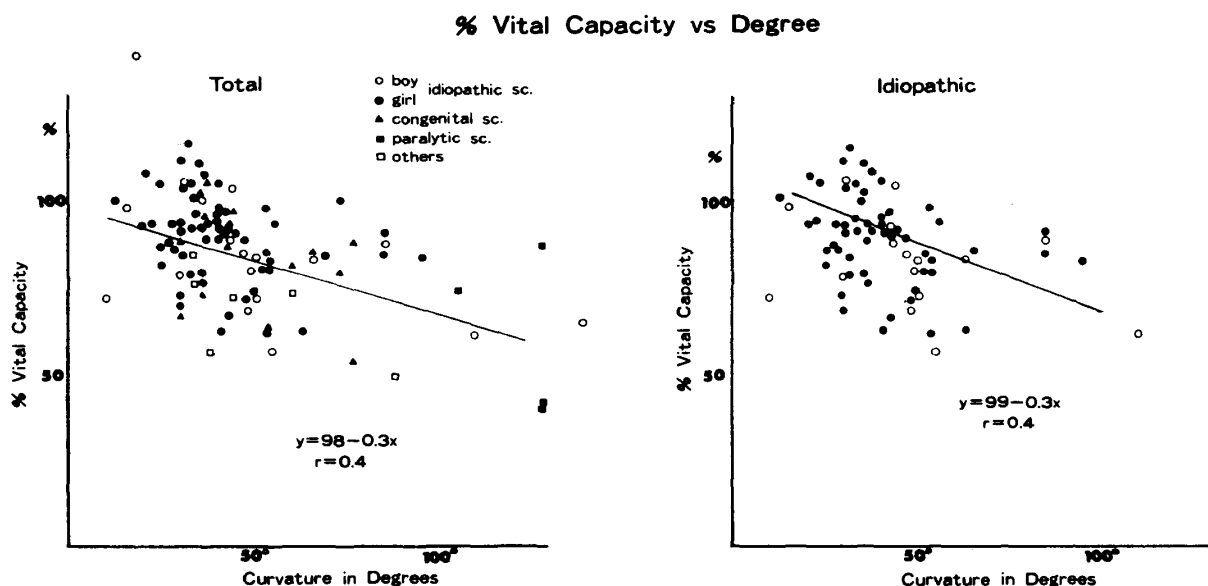


図 3

例とを対比したものである。

左側は男子、右側は女子である。全体に平均値より低下の傾向を示し、特に麻痺性例や後彎の著明な Neurofibromatosis 例に減少がはげしい。

%肺活量と彎曲度との関係は図3に示すとおりである。彎曲度の増加について%肺活量が減少する傾向が脊椎彎曲の原因のいかんにかかわらず認められる。%肺活量は最低62から最高115の間にあり、全症例の平均値は80と減少している。

原因別の%肺活量では、特発性例 81.6, 先天性例 78, 麻痺性例 60.7, Neurofibromatosis 60.7, Syringomyelia 64.5, Marfan's syndrome 60, Friedreich ataxie 110 である。

特発性例の彎曲高位別では、thoracic curve 81.6, thoracolumbar curve 98, lumbar curve 92, double major curve 90, である。胸椎左凸の彎曲を持つ症例は73と右凸症例に比して減少の傾向が強く認められる。麻痺性例はすべて Polio の症例であり、%肺活量の減少は彎曲度の強いことに加えて軀幹筋や横隔膜の麻痺によると考えられ、Syringomyelia 例における減少もやはり傍脊椎筋等の呼吸補助筋の麻痺が原因ではないかと考えられる。又 Neurofibromatosis 例の減少は後彎が強く、胸廊の変形が高度

であると考えられる。Marfan's syndrome 例における減少傾向はそのうちの1症例が39と著明な減少値を示すため、症例数が少いためにこの値から全体の傾向は判断出来ない。特発性例においては、胸椎に彎曲を持つ thoracic curve に著しい減少を認める。

%肺活量に関する報告は Gucher¹⁸⁾ によると、麻痺性例61, 非麻痺性例80, Mankin³⁰⁾ の76, Makly³¹⁾ の麻痺性例75, 非麻痺性例90であり、Weber⁶⁰⁾ は70.3の値を発表している。本邦では高橋の78の報告がある。

また肺活量と彎曲度との関係は、Bergofsky⁶⁾ による高度の側彎症での肺活量の減少は彎曲度と相関するという報告、最近では Weber による特発性側彎症の肺活量の減少と変曲度とは相関するという報告がある。

次に、全肺気量に関しては図4に示す結果を得た。Polgar の Summary 曲線から求めた予測値と比較すると、全症例では48%~145%, 平均96.4%であり、特発性例では48%~145%, 平均98%である。全体としてほぼ正常範囲と考えられるが特発性例の thoracic curve では88%, 麻痺性例83%, Neurofibromatosis 86, Syringomyelia 76%とやや減少の傾向が認められている。

全肺気量についての報告は、Scott,⁵⁰⁾ Shan-

Total Lung Capacity vs Arm-Span

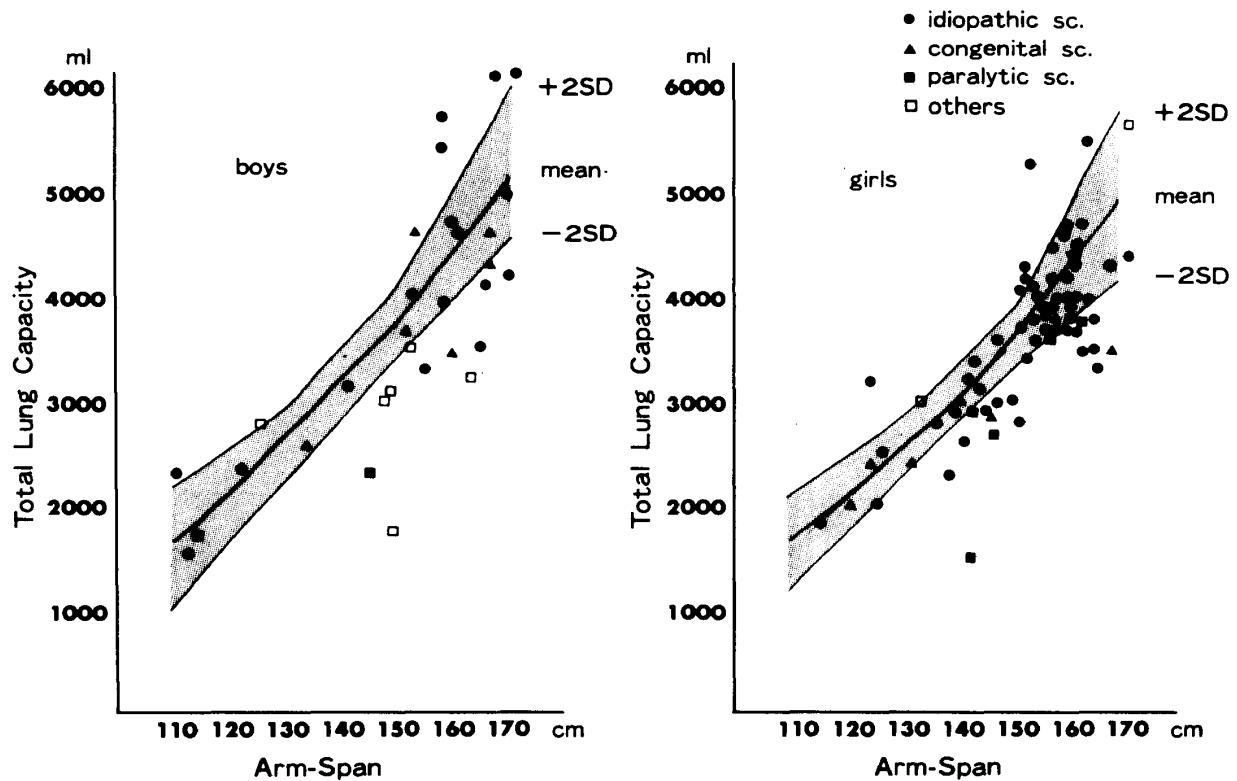


図 4

non⁴⁹⁾ Weber, Bjure⁵⁾ らは共に減少するとし、Bjure は彎曲度と相関して減少するとしている。しかし著者の症例では全肺気量は特に減少せず、また彎曲度との相関もあきらかではない。

さらに、残気量については図 5 に示すとおりであり、同じく Polgar の Summary 曲線を基準とした。

全症例は 71%~328% と広範囲に分布し、全症例の平均は 145.7% と高値を示している。特発性例では 82%~328% の間に分布し、平均 144.9% と高値を示し、先天性例は 130.6%、麻痺性例は 127%、Neurofibromatosis 123.7%、Syringomyelia 138.3% とすべて高値であり、特発性例の彎曲高位別では thoracic curve 128.8%、thoracolumbar curve 178.6%、lumbar curve 121%、double major curve 160.7% で、特に thoracolumbar curve, double major curve が高値を示している。しかし、彎曲度との間には相関は認められない。

Residual Volume vs Arm-Span

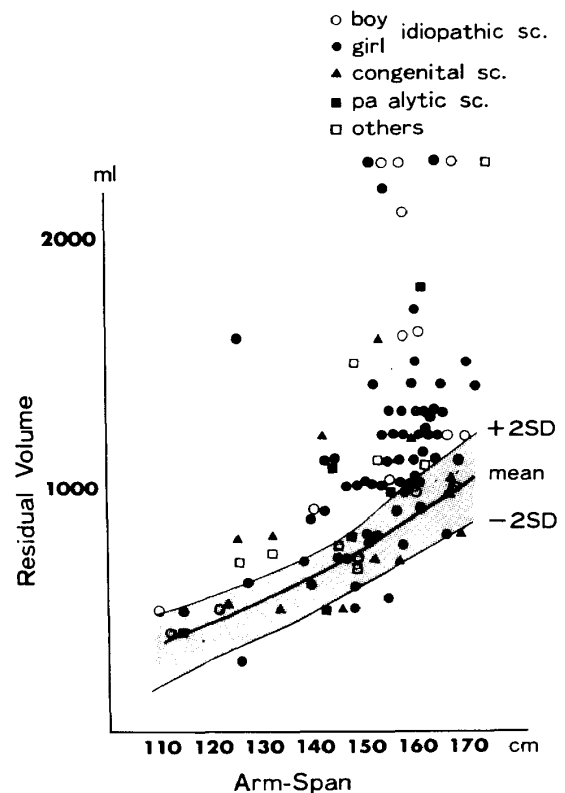


図 5

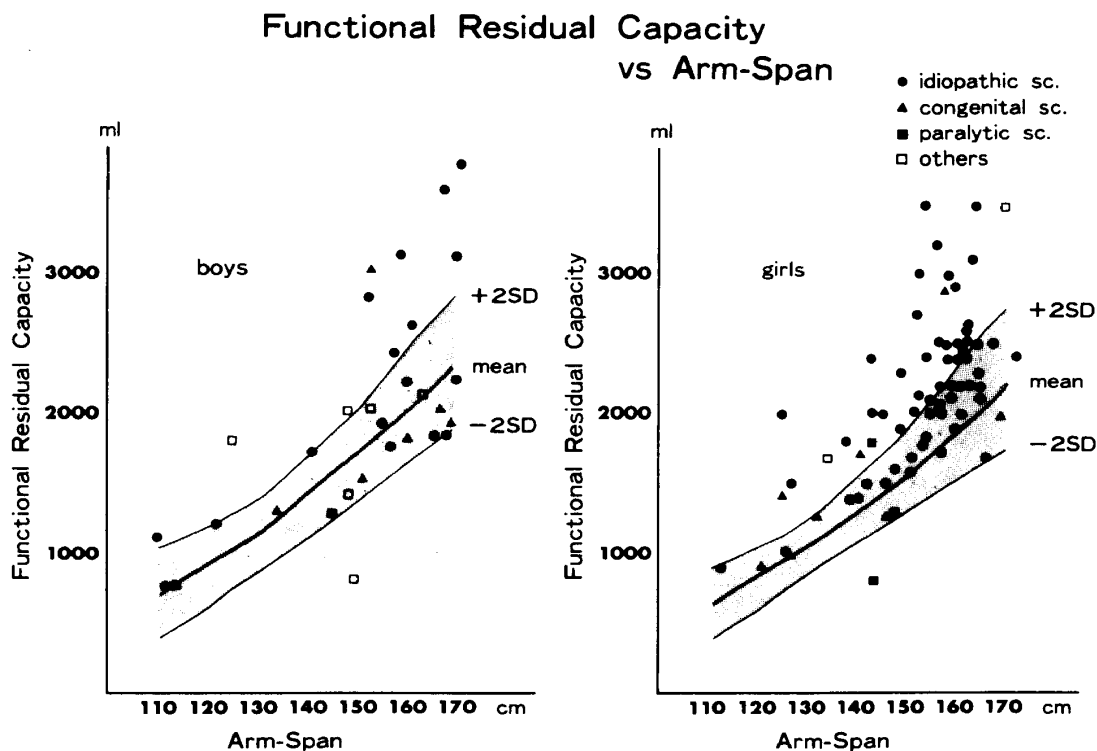


図 6

残気量に関する報告はまちまちで Gazioglu¹⁶⁾, Weber は正常範囲内, Bjure は減少, 高橋は増加するとしている。著者の検討では高橋と同じく増加の傾向を示している。

機能的残気量は図 6 に示すように全体として増加の傾向が認められ, 52%~198%の間にあり, 平均121.4%である。特発性例は77%~198%の間にあり, 平均126.5%, 先天性例124.4%, 麻痺性例 102.6%, Neurofibromatosis 115.7%である。特発性例の彎曲高位別では thoracic curve 119%, thoracolumbar curve 140.8%, lumbar curve 115%, double major curve 131.4%であり, いずれも高値を示している。

機能的残気量の報告は少なく, Bjure は彎曲度と共に減少するとし, Weber は正常値の範囲内にあるとしており, 増加に関する報告はないようである。

また, 著者の検討では残気量が増加し, 全肺気量が正常にとどまっていることから, 残気率は増加し, 又彎曲度との間に正の相関を示している。

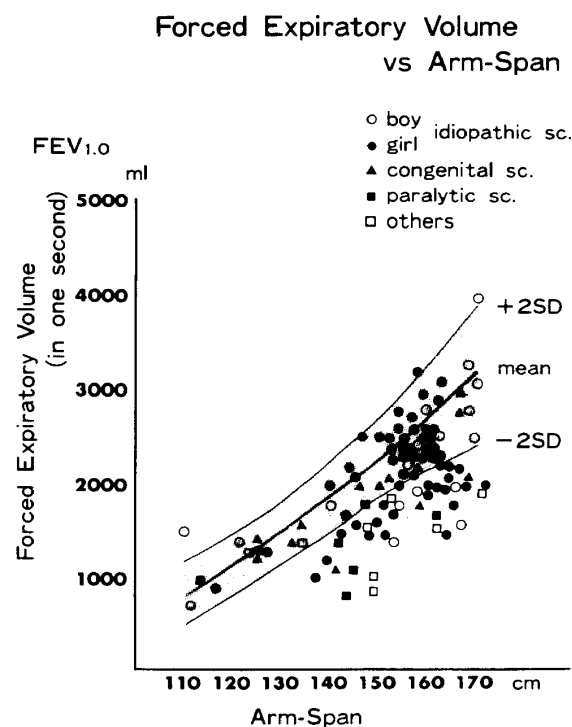
以上, 肺気量に関する検査結果を小括する

と, 肺活量は減少しており, 全肺気量はほぼ正常値で, 残気量, 機能的残気量は増加を示している。これらの結果は最大呼出努力後もなお肺が過膨張の状態にあることを示していると考えられる。このことは respiratory resting point の上昇すなわち lung elastic recoil の低下を示しており, かつ過膨張状態にある肺では, 肺の圧量曲線の特性和ら同じ胸腔内圧変動に対して換気される量の減少していることが考えられる。

2) 換気力学的諸値

1 秒量は全症例において, Polgar の予測値に対して 36%~108%の間にあり, 平均は 71.5%と減少を示し, 原因別にみると特発性例は47%~108%で平均 81.9%, 先天性例は 77%, 麻痺性例 65.1%, Neurofibromatosis 63%, Syringomyelia 57.5%, Marfan's syndrome 49%である。図 7

特発性例の彎曲高位別では, thoracic curve が76.3%と低値を示している。この 1 秒量の減少は肺容量の減少より説明がつくことから, これをただちに気道抵抗の上昇とむすびつけるこ

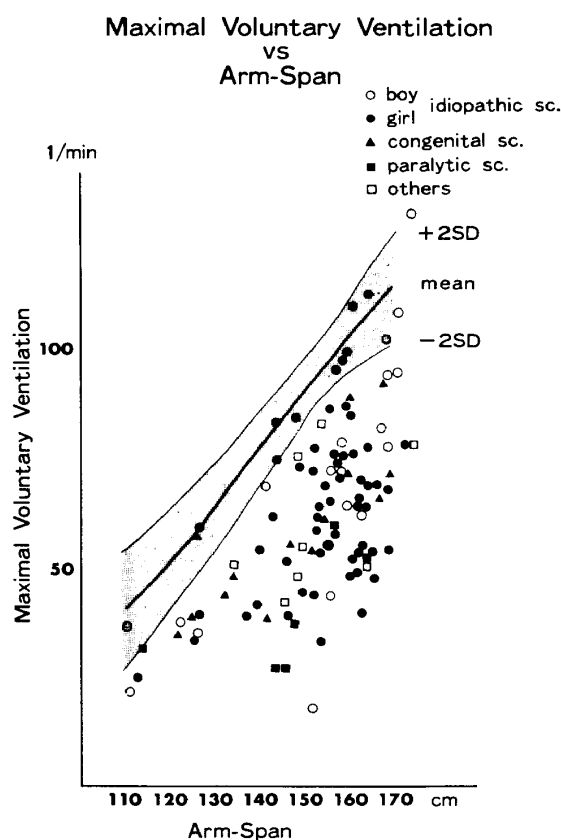


とは出来ない。長谷川等も1秒量の著しい減少を報告し、やはりこれは肺容量の減少にあるとしている。

1秒率の全症例における平均は83.5%で、特発性例は85%、先天性例87.2%、麻痺性例89.2%、Neurofibromatosis 82.4%、Syringomyelia 82.3%、Marfan's syndrome 81%である。特発性例の彎曲高位別にみても thoracic curve の80.6%が最低値であり、70%が正常値下限とした場合には閉塞性換気障害はないと考えられる。

最大換気量については図8に示す結果を得ている。全症例ではPolgarの予測量の33%~131%にわたっており、平均68.9%と減少を示し、特発性例は37%~131%、平均は69.8%、先天性例74%、麻痺性例50.1%、Neurofibromatosis 67.3%、Syringomyelia 66.5%、Marfan's syndrome 61.5%と減少している。特発性例の彎曲高位別では thoracic curve 67.6%、thoracolumbar curve 78.5%、lumbar curve 65%、double major curve 68%とやはり減少し、肺活量の減少よりも低値を示す。

Weber も著者と同様、最大換気量の軽度の



減少を報告している。

この最大換気量の減少は側彎症には先述したように閉塞性障害がないことを考え合せると、その原因として特発性例においては、呼吸筋の運動障害又は肺の弾性の不均等分布が考えられる。

次に、呼吸抵抗の測定には Oscillation 法を用いた。全症例では 2.6~14 H₂O/L/sec にわたり、平均は 5.2 H₂O/L/sec であり、特発性例は 2.6~10 H₂O/L/sec で、平均 4.8 H₂O/L/sec、先天性例は 5~6 H₂O/L/sec、麻痺性例 5.9 H₂O/L/sec、Neurofibromatosis 4.5 H₂O/L/sec、Syringomyelia 5.7 H₂O/L/sec、Marfan's syndrome 3.4 H₂O/L/sec である。特発性例の彎曲高位別では thoracic curve 5.3 H₂O/L/sec、thoracolumbar curve 5.6 H₂O/L/sec、lumbar curve 3.4 H₂O/L/sec、double major curve 4.7 H₂O/L/sec とやはり全体に高値を示している。

図 9

換気力学の検査法として、上記の検査法以外

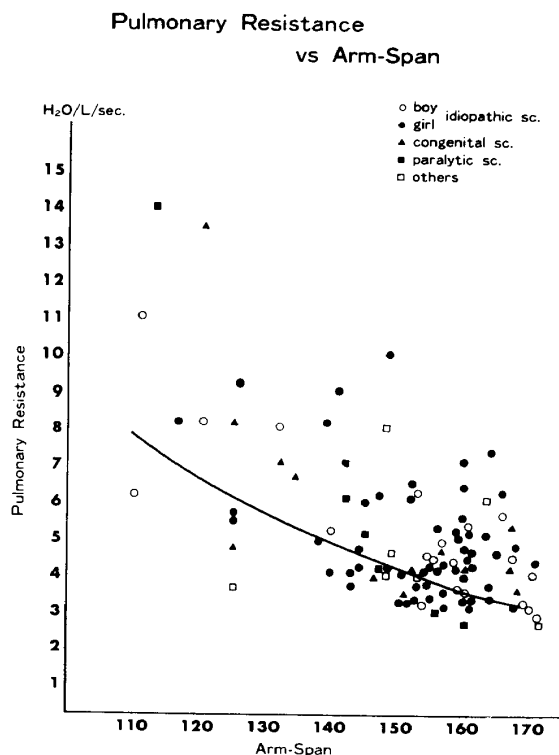


図 9

にも静肺コンプライアンス、動肺コンプライアンスおよびボダイプレチスモグラフによる気道抵抗の直接法等があるが、著者の症例が年令的に若く、しかも肺症状に関して無症状であることから、食道バルーンの挿入の必要なコンプラ

イアンスの測定を今回は行なわなかった。

3) 換気分布値

N₂ 排活率と彎曲度との関係をみると図10に示す通りとなる。すなわち彎曲度が増加するとともに7分間 O₂ 吸入後の呼出 N₂ 濃度も増加し、特に特発性例においては、全症例よりも彎曲度とのより高い相関が認められる。この特発性例を彎曲高位別にみると、double major curve での相関が強い。

以上のことから側彎症例においては、左右又は上下の肺での換気の不均等な状態が存在していると考えられる。

Closing Volume は換気分布検査の一つであるが、同時に small airway の狭窄性変化および虚脱の状態を反映していると考えることが出来、このことより lung elastic recoil の年令的な変化を予測することが出来る。

この Closing Volume の検査は特発性側彎症52例について行い、第4相までの出現が認められた41例について検討した。

症例の年令は6才～23才まで、平均13.9才、彎曲度は10度～85度まで、平均38.4度である。彎曲高位別では thoracic curve 30例、彎曲度平均33.4度、thoracolumbar curve 2例、彎曲度

Degree and N₂ Elimination Rate

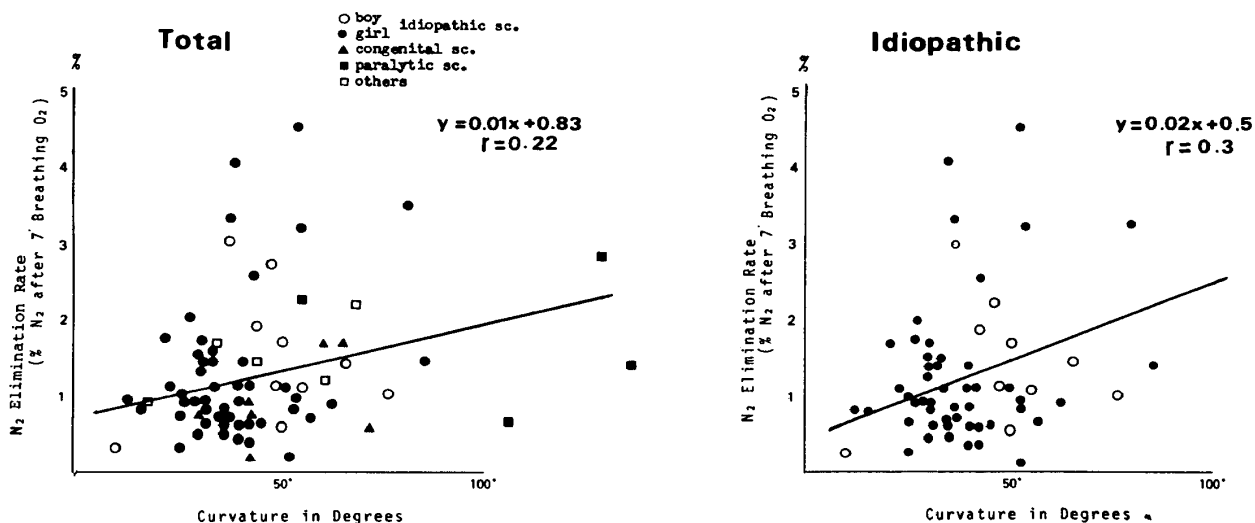


図 10

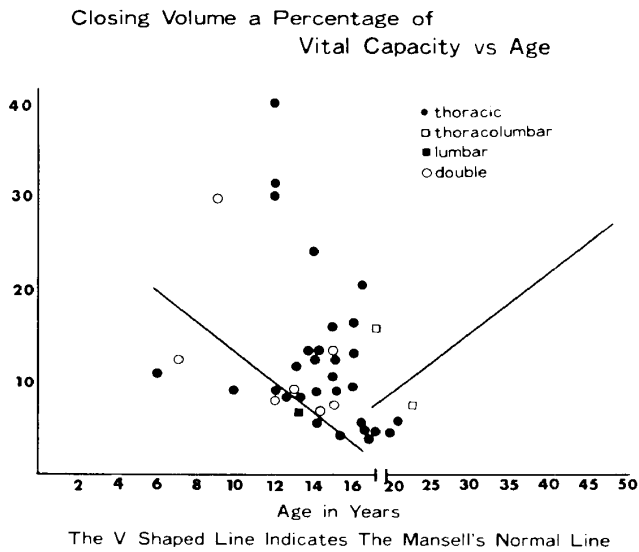


図 11

平均34度, lumbar curve 1例で31度, double major curve 8例, 彎曲度の平均45.8度である。

Mansell³²⁾によると, Closing Volume は正常例では7才頃より次第に低下を来し, 16.7才頃にその値は最低となり, 以後加齢と共に次第に上昇するという。

著者の症例での Closing Volume/Vital Capacity (CV/VC) は, 予測値に対して52%~408%の間に分布し, 平均131.7%と高値を示している。彎曲高位別にみると, thoracic curve は189.1%と高く, thoracolumbar curve 154.5%,

lumbar curve 71%, double major curve 112.1%である。

図11は年齢別による Mansell の予測値を用いた CV/VC 値である。CV/VC は%肺活量および彎曲度のいずれとも相関しており, Bjure 等らの報告と一致している。

Closing Volume が胸椎, 胸腰椎部に彎曲を持つ症例に高値を示すことは, これらの症例の lung elastic recoil が低下しているためであると考えられる。

4) 拡散能

arm-span との比較においては, 拡散能は全症例では30%~153%にわたっており, 平均は96.2%であり, 麻痺性例が70%と低値を示す以外はすべての症例で90%以上を示している。又貧血が認められる先天性例2例はいずれも低下していた。

拡散能に関する報告は Bergotsky の正常であるとする報告, Weber の軽度の減少とする報告等があるが, これらは著者の検討結果と大同小異で, すべて正常又は軽度の減少という結果を得ている。

また, 著者の症例では拡散能と%肺活量及び彎曲度とは, 図12に示すように共に相関を示している。

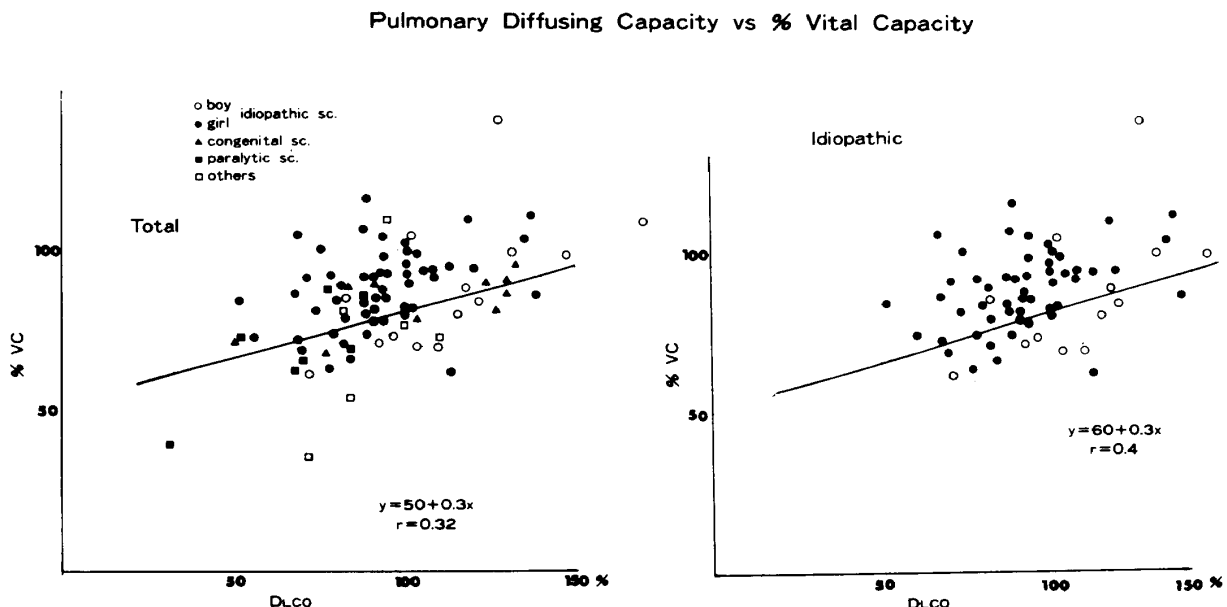


図 12

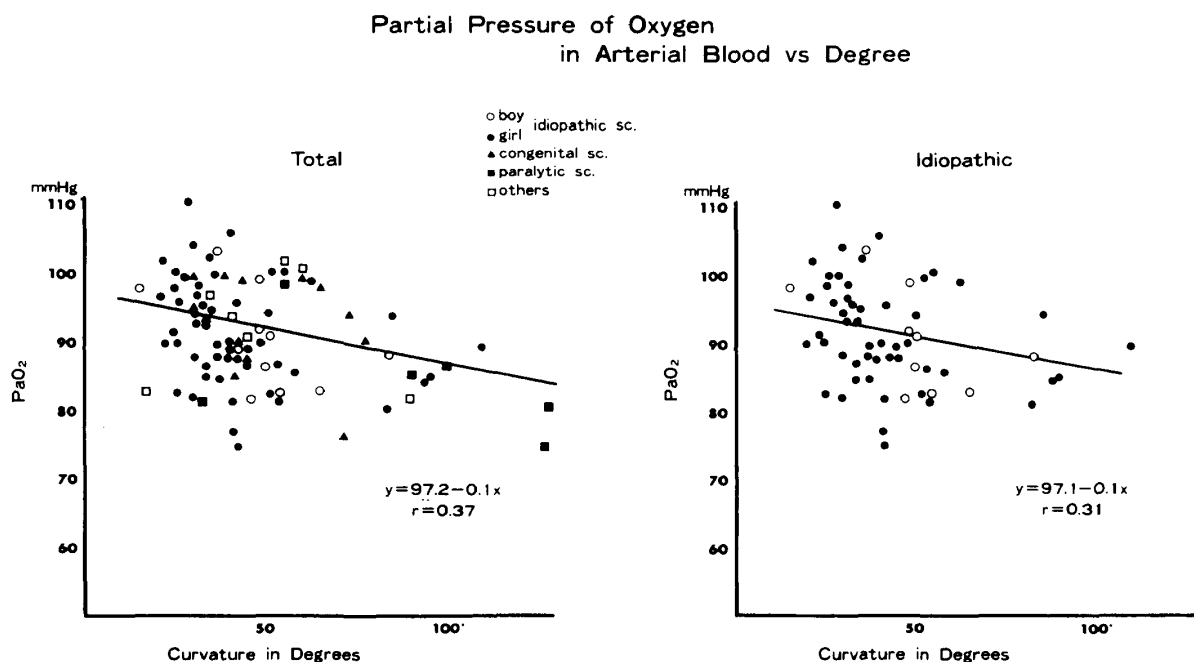


図 13

このことは彎曲度の増加と共に肺活量が減少しているためであると考えられ、拡散能/肺容量を各症例別に調べると、その値はほぼ一定し正常範囲内にあることから、拡散過程に關与する末梢肺胞構造には器質的な変化がないと考えてよいようである。

5) 動脈血ガス

動脈血酸素分圧 (PaO_2) は全症例においては、75.5 mmHg～111.1 mmHg の間にあり、平均 90.8 mmHg と年齢を考慮に入れると低値を示している。特発性例の平均は 93 mmHg、先天性例 92.5 mmHg、麻痺性例 85.6 mmHg、Neurofibromatosis 92.8 mmHg、Syringomyelia 95.6 mmHg、Manfan's syndrome 86.5 mmHg である。特発性例は彎曲高位別では thoracic curve 88.9 mmHg, thoracolumbar curve 97 mmHg, lumbar curve 97.2 mmHg, double major curve 89.5 mmHg である。

また、図13に示すように PaO_2 は彎曲度と相関し、麻痺性例の低値は主として彎曲度が高度であるためと考えられ、特発性例では thoracic curve, double major curve と胸椎部に彎曲を持つ症例に低下が認められる。 PaO_2 は彎曲度以外に%肺活量、拡散能とも相関することか

ら、換気血液分布の不均等の存在が考えられる。

文献的には、Weber は PaO_2 が彎曲度と相関し低下するとし、Bergofsky, Makly は正常範囲にあると報告している。

3 考 按

側彎症は非麻痺性、麻痺性と云う簡単な分類法から、最近では etiology から分類が詳細に行われてきている。一方、肺機能検査の分野においても、以前は肺活量、全肺気量、残気量等の静的な解剖学的パラメータを指標とする検査が主であったが、最近になって換気、拡散、血液ガス分布、換気力学等の動的な生理学的検査が導入され、肺の状態を質的ならびに量的に評価することが可能になった。

Flagstad が1928年に側彎症の肺機能に関する報告を行なつて以来、これに関する数多くの報告がみられるが、主として肺気量の検査であり、その結果は一定していない。肺機能は側彎症の種類、発症の時期、年齢、男女差それに彎曲度又は彎曲部位によって異なり、そのために側彎症における肺機能障害の病態には一致した結論が得られてないのは当然であるが、そのな

かで多くの報告に共通しているのは肺活量の減少および、肺活量と彎曲度の相関についてである。

著者の症例においても、全症例及び特発性例のいずれについても肺活量は彎曲度の増加と共に減少するのが認められる。しかし、%肺活量の平均は80.1%と他の報告より高値を示している。これは対象となった症例の相違とも考えられるが、問題となることは肺機能の予測値計算法であり、その予測値計算に必要な身長である。Weber は実測の身長と、身長の代りに arm-span を用いた場合の%肺活量との間に著明な差はないと報告しているが、著者の症例では実測の身長を用いて計算した全症例の%肺活量の平均は89.3%であるが、arm-span を用いた場合は80.1%と著明な差を認める、実測の身長に対する補正の方法には arm-span を用いるのも一つの方法ではあるが、他にも spine radiograph より計算する方法、curvimeter を用いて体表面を走査して実測する方法、tibial length より計算する方法等がある。しかし radiograph, 又は実測の方法においては脊柱の生理的前後彎の問題、tibial length 法では民族的な問題等がある。いずれにしても側彎症の肺機能検査には彎曲異常を勘案して、実測身長に対するなんらかの補正が必要と考えられる。

また、Riseborough⁴⁶⁾、Shannon は彎曲度が55度から65度以上になると肺機能障害が高度になると報告しているが、著者の症例の特発性例では彎曲度が30度から39度の間の症例の%肺活量は平均93、40度から49度までの平均は82.3、50度から59度までの平均は80.3と40度以上の症例の%肺活量の減少は著しい。

又 PaO₂ においても30度から39度の間の症例の平均は 93.8 mmHg, 40度から49度までの平均は 89.1 mmHg, 50度から59度までの平均は 88.3 mmHg と40度以上の症例には減少が著明に認められる。このことから彎曲度が40度以上になるとすでに肺機能に著しい低下の傾向をきたしていると著者は考えたい。

つぎに79例の特発性側彎症の肺機能検方の結果について考察を加えてみることにする。現在

測定可能な肺機能検査から肺の構造、機能に関するすべての知見を得ることはむづかしく、また、肺機能が病変がどこにあり、なんであるかを示すものではないことはいうまでもないが、肺機能検査結果から、肺のガス交換に関するどの過程の障害をきたしているかは判断出来、それより肺の状態を推測することが可能であると考えて以下の考察を行った。

特発性側彎症が他の測彎症と肺機能検査結果で異なる点は、彎曲度に関係なく残気量、機能的残気量が増加しており、特にそれらが胸椎に彎曲を持つ症例に著しく増加していること、また最大換気量の減少が肺活量の減少に較べて高度であること、N₂ 排泄率の低下が著しく、肺内のガス分布の不均衡が推定出来ること等である。そして Closing Volume が増加していることも注目すべき所見である。

以上の結果から特発性側彎症例の肺機能障害の成因を考えて見ると、肺胞が過膨張な状態にあり、lung elastic recoil が不均等に低下した状態にあることが推察出来る。また、彎曲度の増加にともなう PaO₂ の低下は、lung elasticity の不均等が換気—血流化の不均等を招来し、将来、長年月の間に低酸素血症が進行して呼吸不全、肺性心に進展することが相像される。

さて、肺の発育は胎生期16週の bronchial tree の発育に始まるが、新生児期には約2億の肺胞を持つとされている。以後肺は胸廓は発育と共に7～8才頃までは肺胞の数を増加して発育し、肺胞数は約3億に達する。8才以後は肺胞数は変わらずに肺胞はその容積を増して発育し、15～16才でその発育は終るとされている。

また、lung elastic recoil は Zapletal⁶⁵⁾ の報告にも見られるように、肺の発育につれて変化をきたし、7～8才頃までの肺胞数が増加する期間では lung elastic recoil は変化なく、7～8才以後、肺胞が容積を増加するにつれて lung elastic recoil は次第に強くなり、16才頃から最高になる。このことは Closing Volume が7～8才より低下しはじめ、16才頃が最低になる事実と一致する。

Davies, Reid¹³⁾ 等は1971年に側彎を持った

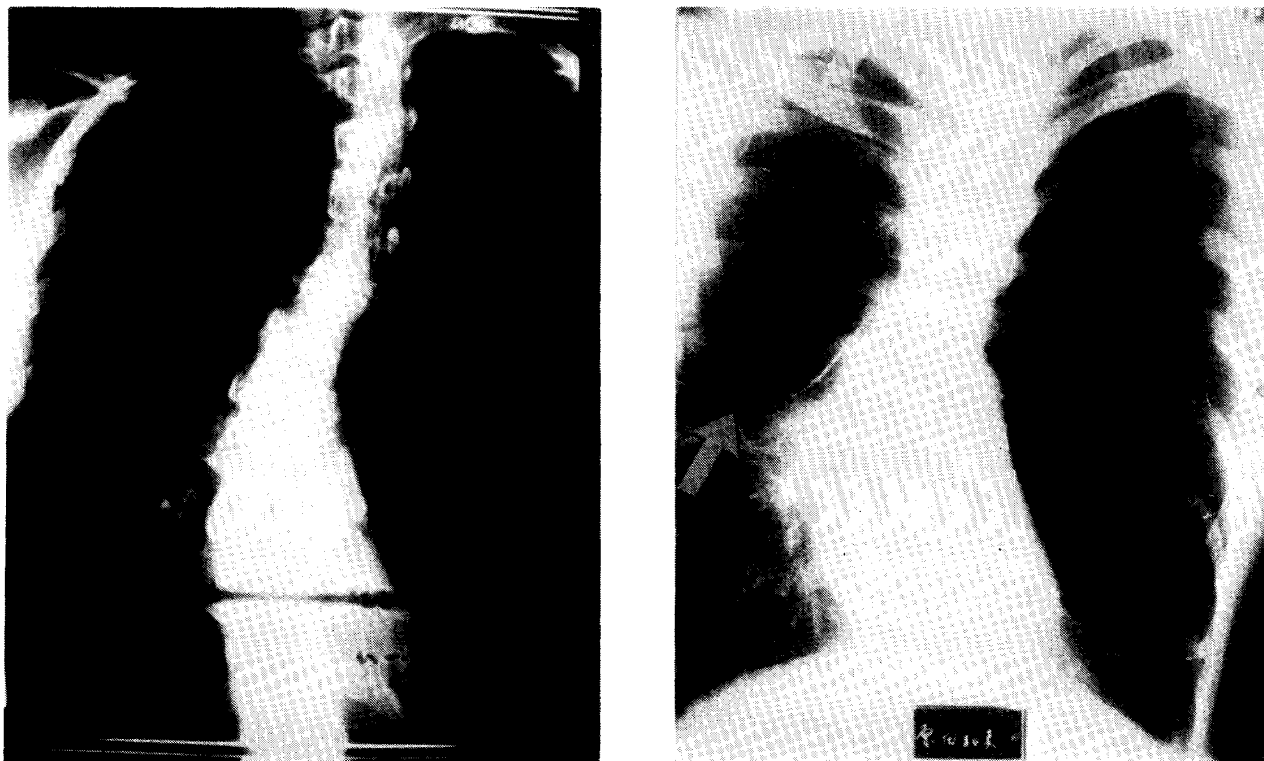


図 14

筋ジストロフィー、精神薄弱、ポリオ、先天性側彎性の4例の剖検結果について、すべての症例ともその肺は浮腫様で小さく、その形は異常であり、各肺葉の大きさの差が著しく、肺胞数も少く、その形も大小不同があり、又肺動脈は小さくその壁は厚くなっていたと報告している。また興味ある所見として、5才で発症したポリオ例では、その発症が5才であったにもかかわらず肺胞数は生後3ヶ月程度の状態にとどまり、肺胞は膨張して非常に大きくなっていたと述べている。これら4例の剖検結果の共通した所見として、肺は十分な大きさにもかかわらず、肺胞数は少く、肺気腫様の hypoplastic な形であることである。

1934年 Kounts は脊柱後側彎による胸廊変形は肺気腫の発生の誘因となる可能性を指摘し、これは肺自身の発育と胸廊変形の出現の時期によるとしている。又1956年、Gruy¹⁷⁾ は22例の後側彎症例の肺機能検査結果から、これら症例の肺機能障害は閉塞性換気能障害であると報告している。

図14は4才で Tension Bulla を発見され、

現在20才の女性の脊柱ならびに胸部X線像である。側彎は胸椎部にあり、特発性側彎症の範疇にはいる。

このようなことから特発性側彎症の胸椎部に彎曲を持つ症例は、肺気腫様の lung elastic recoil の低下をきたすような肺の異常を有しているのではないかと考えられる。

また、Wellner^{58,50)} によれば、側彎症例の年齢に伴う身長増加は早く、8～9才頃ではむしろ正常児より強度であると報告している。

以上、著者の検査結果から推定出来る lung elastic recoil の低下と肺の発育異常の可能性から、特発性側彎症の肺は、先天性あるいは後天性になんらかの原因で肺の局所間で、あるいは肺と胸廊との間で発育不均衡が起り、肺胞の容積の増加する7～8才以後に肺胞は overdistension の状態となり、その結果左右の肺に lung elastic recoil の差が生じ、このことが胸廊及び脊柱に呼吸運動を介して力学的な影響を及ぼし、側彎の発症の原因あるいは進展になんらかの形で関与しているのではないかと考えた

4 結 語

1 側彎症の肺機能検査では、その基礎となる予測値計算に必要な身長には、脊柱彎曲異常を考慮した実測身長に対する補正が必要と思われる。

2. 側彎症 110 例の肺機能検査結果から、呼吸器症状のない症例でも肺機能障害を有しており、特に彎曲度が40度以上になると肺機能障害は著しくなるとの所見を得た。

3. 特発性側彎症 79 例の肺機能検査結果から、残気量、機能的残気量の著しい増加、Closing Volume の増加等より肺はその elastic recoil の低下を来している状態にあると考えられ、これが側彎の発症の原因又は進行になんらかの形で関与しているのではないかと考えられた。

文 献

- 1) Angus, G. E.: Number of Alveoli in the Human Lung. *J. Appl. Physiol.* 32: 483 1971.
- 2) Anthoniesen, N. R., et al.: Airway closure as a Function of Age. *Resp. Physiol.* 8: 56, 1970.
- 3) 天羽敬祐: Closing Volume, 呼と循, 21: 861, 1973.
- 4) Bjure, J., et al.: Respiratory Impairment and Airway closure in Patients with Untreated Idiopathic Scoliosis. *Thorax.* 25: 451, 1970.
- 5) Bjure, J., et al.: Correlation of Body Height in Predicting Spirometric Values in Scoliotic Patients. *Scand. J. Lab. Invest.* 21: 190 1968.
- 6) Bergofsky, E. H., et al.: Cardiorespiratory Failure in Kyphoscoliosis. *Medicine*: 38: 263, 1959.
- 7) Bisgard, J. D.: Thoracogenic Scoliosis. *Archv. Surg.* 29: 417, 1934.
- 8) Chapman, E. M., et al.: The Decrease in Functional Capacity of the Lungs and Heart Resulting from Deformity of the Chest. *Medicine.* 18: 167, 1939.
- 9) Caro, C. C., et al.: Pulmonary Function in Kyphoscoliosis. *Thorax* 16: 282, 1961.
- 10) Cook, C. D., et al.: Pulmonary Physiology in Children. *Pediatrics*, May, 766, 1960.
- 11) Carlos Vallbona, et al.: Pitfalls in the Interpretation of Pulmonary Function Studies in Scoliotic Patients. *Archiv. Physiol. Med. and Rehab.* Feb. 68, 1969.
- 12) Davies, G. and Reid, L.: Growth of the Alveoli and Pulmonary Arteries in Childhood. *Thorax*, 25: 669, 1970.
- 13) Davies, G. and Reid, L.: Effect of Scoliosis on Growth of Alveoli and Pulmonary Arteries and on Right Ventricle. *Archiv. Dis. Child.* 46: 623, 1971.
- 14) Dunniel, M. S.: Postnatal Growth of the Lung. *Thorax.* 17: 329, 196-2.
- 15) Flagstad, A. E., et al.: Vital Capacity and Muscle Study in one Hundred Cases of Scoliosis. *J. Bone and Joint Surg.* 10, 724 oct. 1928.
- 16) Gazeoglu, K., et al.: Pulmonary Function in Idiopathic Scoliosis. *J. Bone and Joint Surg.* 50A: 139, 1968.
- 17) Gray, F. D. Jr.: Kyphoscoliosis and Heart Disease. *J. Chr. Dis.* 4: 499, 1956.
- 18) Gucher, T.: Changes in Vital Capacity in Scoliosis. *J. Bone and Joint Surg.* 44-A 469, 1962.
- 19) Hepper, N. G., et al.: Relationships of Height to Lung Volume in Healthy Men. *Dis. Chest.* 37: 314, 1960.
- 20) Hepper, N. G., et al.: Relationships of Lung Volume to Height and Arm-Span in Normal Subjects and in Patients with Spinal Deformity. *Am. Rev. Resp. Dis.* 91: 356, 1965.
- 21) 長谷川鎮雄, 他: 脊椎後側彎症における肺機能障害について, 日胸: XXXIII. 628, 1974.
- 22) Inkly, S. R., et al.: Pulmonary Function in Scoliosis. In Symposium on Spine Mosby 180, 1967.
- 23) Johnson, B. E.: Methods of Predicting Vital Capacity in Patients with Thoracic Scoliosis. *J. Bone and Joint Sug.* 52-A 1433, 1970.
- 24) Kafer, E. R.: Idiopathic Scoliosis. *J. Cli. Invest.* 55, 1153, 1975.
- 25) 金田清志, 他: 脊椎側彎症の手術後の肺機能, 中整災誌, 21, 151, 1978.
- 26) Kummer, F.: "Lung Function in Juvenile Scoliosis". in Operative Treatment of Scoliosis. Stuttgart: 23, 1971.
- 27) Kountz.

- Medicine 13: 251, 1934.
- 28) Litter, W. A., et al.: Regional Lung Function in Scoliosis. Thorax 27: 421, 1972.
 - 29) Lyons, H. A., et al.: Ventilatory and Lung Volume Determination in Patients with Chest Deformities Amer. J. Med. Scand. Sep. 265, 1956.
 - 30) Mankin, H. J., et al.: Cardiopulmonary Function in Mild and Moderate Idiopathic Scoliosis. J. Bone and Joint Surg. 46-A : 53, 1964.
 - 31) Makly, J. T., et al.: Pulmonary Function in Paralytic and non-Paralytic Scoliosis before and after Treatment. J. Bone and Joint Surg. 50-A: 1379, 1968.
 - 32) Mansell, A., et al.: Airway Closure in Children. J. Appl. Physiol. 33: 711, 1972.
 - 33) Nachemson, A.: A Longterm Follow-up Study of Non-treated Scoliosis. Acta Orthop. Scand. 39: 466. 1968.
 - 34) Nachemson, A.: "The Future for the Patients with Non-Treated Scoliosis." in Operative Treatment of Scoliosis. Stuttgart. 4, 1971.
 - 35) 中村隆, 他: 脊椎後彎, 側彎による胸廓変形者の心肺機能に関する研究, 呼と循, 7: 665, 1958.
 - 36) Nilsenne, W., et al.: Long-Term Prognosis in Idiopathic Scoliosis. Acta Orthop Scand. 39: 456, 1968.
 - 37) Nishet, H. A.: Thoracic Elastance and its Components in Anesthetized Scoliosis Children. J. Bone and Joint Surg. 55-A: 1721, 1973.
 - 38) 奥村正文, 他: 脊椎側彎症の関する研究, 日整会誌, 41: 255, 1967.
 - 39) 太田和夫, 他: 肺機能と側彎症, 第1報, 肺切除術における側彎発生についての検討, 中整災誌, 17: 830, 1974.
 - 40) 太田和夫, 他: 肺機能と側彎症, 第二報, 特発性側彎症の肺機能について, 中整災誌, 18: 115, 1975.
 - 41) 太田和夫, 他: 肺機能と側彎症, 第三報, 特発性側彎症の Closing Volume について, 中整災誌, 19: 196, 1976.
 - 42) 太田和夫, 他: 側彎症の肺機能. 臨整外12, 11, 1034, 1977.
 - 43) Ohta Kazuo, et al.: Pulmonary Function Disturbance in Thoracic Deformity with Special Reference to Idiopathic Scolioses (Abstract) Acta. Tubercul. Japonica 13: 78, 1975.
 - 44) Polgar and Promadhat: Pulmonary Function Testing in Children. Saunders 1971.
 - 45) Ponder, R. C., et al.: Result of Harrington Instrumentation and Fusion in the Adult Idiopathic Scoliosis Patients. J. Bone and Joint Surg. 57-A: 797, 1975.
 - 46) Riseborough, E. J., et al.: "The Effects of Scoliosis on Pulmonary Function," in Second Annual Course on the Management and Care of the Scoliotic Patients, N. Y. Orthop. Hosp. New York 10, 1971.
 - 47) Robin, G. C.: Scoliosis and Neurological Disease. John Wiley & Sons. New York Toront 1975.
 - 48) Reid, L.: "The Embryology of the Lung." Ciba Foundation Symposium Little, Brown and Co., Boston 109,
 - 49) Shannon, D. C., et al.: The Distribution of Abnormal Lung Function in Kyphoscoliosis. J. Bone and Joint Surg. 52-A: 131, 1970.
 - 50) Scott: Natural History and Prognosis of Infantile Idiopathic Scoliosis. J. Bone and Joint Surg 37-B: 400, 1955.
 - 51) Sorbini, C. A., et al.: Arterial Oxygen Tension in Relation to Age in Healthy Subjects. Respiration, 25: 3.
 - 52) 佐々木孝夫, 他: Closing Volume, 呼と循, 22, 724, 1974.
 - 53) Tunner, J. M., et al.: Standards from Birth to Maturity for Height, Weight. Height Velocity and Weight Velocity. Part 1. Arch. Dis. Child. 41: 454, 1966.
 - 54) Tunner, J. M., et al.: Elasticity of Human Lungs in Relation to Age. J. Appl. Physiol. 25: 664, 1968.
 - 55) 高橋一男: 脊柱側彎症の肺機能に関する研究, 第1編, 健常日本人未成年者肺換気機能標準値に関する研究, 北海道整災外誌, Vol. 8 1, 1, 1963.
 - 56) 高橋一男: 脊柱側彎症の肺機能に関する研究, 第2編, 心肺機能に関する研究, 北海道整災外誌, Vol. 8, 1 17 1963.
 - 57) 内海武彦, 他: 脊柱後側彎症手術の麻酔管理について, 臨整外, 12: 2, 152, 1977.
 - 58) Wellner, S.: Growth in Height of Children with

- Scoliosis. Acta. Orthop Scand. 45, 854, 1974.
- 59) Wellner, S.: A Study of Height, Weight and Manarche in Girls with Idiopathic Structural Scoliosis. Acta Orthop. Scand. 46: 71, 1975.
- 60) Weber, B., et al.: Pulmonary Function in Asymptomatic Adolescent with Idiopathic Scoliosis. Amer. Rev. Respi. Dis. 111: 389, 1975.
- 61) Zorab, P. A.: Pulmonary Function in Spinal Deformity. Cli. Orthop. 93: 33.
- 62) Zappel, H.: Static Recoil Pressure of the Lung in Children. Bull. Physio-Pathol. Resp. 7, 139, 1971.
- 63) Weng, T. R., et al.: Standards of Pulmonary Function in Children. Amer. Rev. Respi. Dis. 99: 879, 1969.
- 64) Wynn-Davies, R.: Familial scoliosis. J. Bone and Joint Surg. 50-A: 24, 1968.
- 65) Zapletal, A., et al.: Static Recoil Pressure of the Lungs in Children. Bull. Physio-Pathol. Respirat. 7: 139, 1971.

PULMONARY FUNCTION IN SCOLIOSIS

Part 1 Pulmonary function in scoliosis (Special reference to the pathogenesis of idiopathic scoliosis)

Kazuo OHTA

Department of Clinical Pulmonary Physiology Chest Disease Research Institute, Kyoto University

Since in most patients with scoliosis, the pulmonary function is impaired with the progression of lateral curvature irrespective of the presence of respiratory incapacity, we attempted a study on the relationship between the severity of scoliosis and the derangement of pulmonary function. A consecutive pulmonary function studies were performed in 110 patients with scoliosis, including measurements of lung volumes, mechanics of breathing, gas distribution, diffusing capacity and blood gas.

The results are as follows.

- 1) While the vital capacity was more decreased as the spinal curvatures were more aggravated, total lung capacity and functional residual capacity were well preserved with resultant increase in residual volume.
- 2) Nitrogen elimination was shown more impaired with increased degree of curvature.
- 3) PaO_2 was shown slightly reduced.
- 4) In idiopathic scoliosis, residual volume, functional residual capacity and closing volumes were all increased irrespective of severity of the curvature indicating that the decrease of lung elasticity were common findings in this disease.
- 5) Reduction and unevenness in lung elasticity in idiopathic scoliosis was inferred from abnormal lung volumes and impaired gas distribution as measured by nitrogen method.
- 6) A developmental failure of the lung might have some relation to the onset and progression of idiopathic scoliosis.