

44000244

---

脊椎にかかる負荷と歪みの生体工学的研究  
—殊に弯曲異常と労働姿勢に関して—

---

(課題番号：58480309)

昭和59年度科学研究費補助金  
(一般研究B)研究成果報告書

昭和60年3月

研究代表者 竹光 義治  
(旭川医科大学医学部)

## は し が き

昭和58年度から文部省科学研究費補助金（一般研究B）の助成のもとに行なわれた「脊柱にかかる負荷と歪みの生体工学的研究—特に彎曲異常と労働姿勢に関して—」は2年間の研究期間を終了し、ここに研究成果報告書をまとめることになった。研究計画のすべてが達成されたわけではないが、いくつかの新しい有用な知見が得られたと考えられる。報告書をまとめるにあたって、各分野の専門家の方々からの率直な御批判を願うものである。

## 研 究 組 織

- 研究代表者：** 竹光 義治（旭川医科大学医学部・教授）
- 研究分担者：**
- ・昭和58年度 原田 吉雄（旭川医科大学医学部・助教授）  
平山 隆三（旭川医科大学医学部・講師）  
安藤 御史（旭川医科大学医学部・講師）  
小野沢敏弘（旭川医科大学医学部・助手）  
佐藤 幸弘（旭川医科大学医学部・助手）  
鈴木 伸治（旭川医科大学医学部・助手）
  - ・昭和59年度 原田 吉雄（旭川医科大学医学部・助教授）  
平山 隆三（旭川医科大学医学部・講師）  
安藤 御史（旭川医科大学医学部・講師）  
小野沢敏弘（旭川医科大学医学部・助手）  
宮武 泰正（旭川医科大学医学部・助手）  
熱田 裕司（旭川医科大学医学部・助手）  
梅藤 千秋（旭川医科大学医学部・助手）
- 研究協力者：** 今井 充（旭川医科大学医学部・文部技官）  
稲尾 茂則（旭川医科大学医学部・大学院）  
片山 耕（旭川医科大学医学部・大学院）  
渡壁 誠（東京工業大学・大学院）

## 研 究 経 費

昭和58年度	5800千円
昭和59年度	600千円
計	6400千円

## 研究発表

### 学会誌等

- 1) Takemitsu, Y. Harada, Y. : Mass Screening of School Children for Scoliosis in Japan and Evaluation of contour Line Photography Technique. Joint Meeting of Japanese and North American scoliosis Society, Oct.20-21, 1977, Kyoto, Orthop. Transaction 2 : 277,1978
- 2) Takemitsu, Y. Harada, Y. Ando, M. ,et al : An Effective Method of Early Detection of Scoliosis and Incidence Rate of the Deformity in Japan. Special Group Symposium, Socite International de Chirurgie Orhtop. et de Traumatologie (SICOT), Oct. 15-20, 1978, Kyoto
- 3) Takemitsu, Y. Harada, Y. Imai, M. : Mathematical Model of the Scoliotic and Kyphoscoliotic Curve, Regarded as a Space Curve 14th. Annual Meeting of Scoliosis Research Society, Seattle, U.S.A., Orthop. Transaction 4 : 31,1980
- 4) Harada, Y. Takemitsu, Y. : The roll of Contour Line Photography Using the Light Cutting Method and Moire Topography in School Screening for Scoliosis. The 1st International symposium on Moire Contourography and Spine Deformity. Sep. 22-24, 1980, Burlington, Vermont, U.S.A.
- 5) 原田吉雄、竹光義治 : 脊柱後弯症および後側彎症の病態と保存療法の効果。日整会誌 56 : 1026-1027, 1982
- 6) Harada, Y. Takemitsu, Y. Imai, M : Follow-up study on hump measurement in idiopathic scoliosis using Moire fringe topography. Drerup. Forbin , Hierholzer : Moire Fringe Topography and Spinal Deformity, Gustay Fischer Verlag. Stuttgart. New York. 149-154, 1983
- 7) 小野沢敏弘、原田吉雄、佐藤邦忠 : 長時間電気刺激療法による大腿四頭筋筋力増強の試み。リハビリテーション医学 20 : 31-36, 1983
- 8) 今井充、原田吉雄、竹光義治 : ミニコンピュータによる脊柱側彎症患者の病歴管理。北整会誌 28(2) : 121-128, 1984
- 9) 竹光義治、原田吉雄、熱田裕司、梅藤千秋、佐藤幸宏、今井充、橘内勇 : 特発性脊柱側彎症の脊柱支持筋力左右差に関する研究。 整形・災害外科 28(1) : 55-62 ,1985
- 10) 竹光義治、原田吉雄、宮武泰正、熱田裕司 : 脊椎後弯症・後側彎症に対するSpinal Instrumentationの反省。臨整外 20(4) :453-461,1985
- 11) 鈴木伸治、竹光義治、新沼竜之助、原田吉雄、岩原敏人、松浦順、宮武泰正、熱田裕司 : 中高年農業従事者の脊柱加齢的变化についてー北海道富良野地方における調査報告ー。姿勢研究 : 1984

## 2. 口答発表

### 国内主要学会・シンポジウム

- 1) 佐藤幸宏、竹光義治、原田吉雄、今井充、池崎厚子 : 側彎症検診における脇線非対称の意義。北整会: 1982年1月
- 2) 原田吉雄、竹光義治、今井充、鈴木伸治、池崎厚子 : 成人側彎症の疫学的研究(胃癌検診のX線フィルムを用いて)。脊柱側彎症研究会: 1982年3月
- 3) 原田吉雄、竹光義治、今井充、八木原一英、池崎厚子 : 軽症側彎症の自然経過(増悪因子の検討)。脊柱側彎症研究会: 1982年3月
- 4) 原田吉雄、竹光義治、今井充、鈴木伸治、池崎厚子 : 成人側彎症の疫学的研究。北整会: 1982年6月
- 5) 竹光義治、今井充、原田吉雄、安田博 : 側彎症発現率の推計学的検討。北整会: 1982年6月
- 6) 原田吉雄、竹光義治、他 : 脊柱側彎症学校検診の現況とその問題点。北整会: 1983年1月
- 7) 今井充、原田吉雄、竹光義治 : ミニコンピュータによる脊柱側彎症患者の病歴管理について。北整会: 1983年1月
- 8) 竹光義治、原田吉雄、柴田稔 : 軽症特発性側彎症の自然経過と保存的治療の適応および効果。日整会: 1983年4月
- 9) 原田吉雄、竹光義治、梅藤千秋、山下泉、今井充 : 特発性脊柱側彎症における側腰筋維持筋力左右差。側彎症研究会: 1983年4月
- 10) 原田吉雄、竹光義治、柴田稔、他 : 無症状群と有症状群における頸椎X線所見の比較。脊椎外科研究会: 1983年6月
- 11) 竹光義治、原田吉雄、佐藤幸宏、梅藤千秋、熱田裕司、鈴木伸治、今井充、池崎厚子 : 脊柱側彎症学校検診の方法の再検討と問題点。北整会: 1984年2月
- 12) 原田吉雄、竹光義治、佐藤幸宏、梅藤千秋、熱田裕司、鈴木伸治、今井充、池崎厚子 : モアレ・トポグラフィによる特発性脊柱側彎症の自然経過の観察。北整会: 1984年2月
- 13) 佐藤幸宏、竹光義治、原田吉雄、鈴木伸治、岩原敏人、仲俊之、浜田修、宮津誠 : 富良野地区における腰痛に対するアンケート調査。北整会: 1984年2月
- 14) 原田吉雄、竹光義治、熱田裕司、今井充 : 神経症状を合併した脊柱変形矯正手術時の術中脊髄モニタリング。日本側彎症研究会: 1984年6月
- 15) 竹光義治、原田吉雄、宮武泰正、熱田裕司、八木原一英、宮武泰正、藤野まどか : 脊柱後弯症に伴った神経合併症の手術的治療経験。日本側彎症研究会: 1984年6月
- 16) 竹光義治、原田吉雄、宮武泰正、熱田裕司、今井充 : 脊柱後弯症に対するspinal instrumentationの反省。脊椎外科研究会: 1984年7月

- 17) 原田吉雄、竹光義治、今井充、宮武泰正、熱田裕司 : 特発性脊柱側彎症患者の座位前屈位姿勢時における背面形状の変化。北整会：1984年7月
- 18) 原田吉雄、竹光義治、小野沢敏弘、熱田裕司、宮武泰正、八木原一英、藤野まどか、今井充 : 電気刺激による特発性脊柱側彎症治療の試み。北整会：1984年7月
- 19) 宮武泰正、熱田裕司、竹光義治、原田吉雄 : 脊椎instrumentの実用面における力学的特性。整形バイオメカニクス研究会：1984年9月
- 20) 熱田裕司、橘内勇、竹光義治、原田吉雄、今井充 : 脊椎変形における体幹筋筋力評価。東日本臨床整形外科学会：1984年10月
- 21) 熱田裕司、宮武泰正、竹光義治、原田吉雄、今井充 : 脊椎後方固定に用いるinstrumentの工学的特性について。北整会：1985年1月

### 国際学会・シンポジウム

- 1) Axelgaard, J. Brown, J. Harada, Y. : Lateral Surface Stimulation for the Correction of Scoliosis 30th. Annual conference on Engineering in Medicine and Biology, Nov.5-9,1977, Los Angeles, U.S.A.
- 2) Takemitsu, Y. Harada, Y. Ichigatani, M. : Reihen Untersuchung der Skoliosen mittels des Hoehenlinienbildes. II. Deutsch-Japanischen Orthopaedischen Tagung, Muenster, 1980
- 3) Takemitsu, Y. Harada, Y. : Surgical Treatment of Kyphosis and kyphoscoliosis especially with Spinal Cord Monitoring. SICOT, 1981. Rio de Janeiro
- 4) Takemitsu, Y. Harada, Y. Atsuta, Y. : Corrective Operation for Kyphosis and Kyphoscoliosis with Spinal Cord Monitoring. Spine Section of the Western Pacific Orthop. Association, 1980, Manila
- 5) Takemitsu, Y. Harada, Y. : Surgical Treatment of Kyphosis and Kyphoscoliosis especially with Spinal Cord Monitoring. SICOT, 1981, Rio de Janeiro
- 6) Takemitsu, Y. Harada, Y. Imai, M. : Evaluation of School screening for Scoliosis using Moire Topography. SICOT, 1981, Rio de Janeiro
- 7) Takemitsu, Y. Harada, Y. Imai, M. : Evaluation of Hump and Asymmetry of the Waist Silhouette in School Screening of Scoliosis. 7th congress of the Western Pacific Orthop. Association, 1982, Perth Australia
- 8) Harada, Y. Takemitsu, Y. Imai, M. : Follow-up Study on Hump Measurement in Idiopathic Scoliosis Using Moire Fringe Topography. The 2nd International Symposium on Moire Fringe Topography and Spine Deformity, 1982, Muenster W. Germany
- 9) Takemitsu, Y. Harada, Y. Atsuta, Y. : School Screening in Japan, SICOT, 1984

- 10) Harada, Y. Takemitsu, Y. Imai, M. : Implementation of moire fringe topography in school screening for scoliosis and longitudinal follow-up study to reduce X-ray examinations, SURFACE TOPOGRAPHY AND SPINAL DEFORMITY, Oxford, 1984

出版物

- 1) 竹光義治 : 脊柱後弯症, 新臨床整形外科全書 5 B, 309-368, 天児民和監修, 松野誠夫責任, 金原出版株式会社, 1984
- 2) 原田吉雄、竹光義治 : 姿勢異常, 図説臨床整形外科講座 1, 脊椎・脊髓, 128-151, 池田亀夫、西尾篤人、津山直一監修, メディカルビュー社, 1984

## 研究 成 果

本研究は脊柱弯曲異常による姿勢異常を対象とし、その1) 成因分析、2) 診断、3) 治療の各領域における質的向上と進歩に寄与することを目的として行なわれた。1) に関しては脊柱の加齢的变化と脊柱維持筋の動態分析から、2) に関しては体幹背面形状のコンピュータ分析から現在も研究が続行されている。一方、3) の分野において、最近の手術的治療に関する進歩は著しい。特に内固定金属を用いた手術法が数多くなされるようになり、それぞれの方法について工学的見地から客観的評価および理論的体系化を行なうことが最も重要と思われた。過去2年間の研究において脊柱および内固定金属の特性について得られた研究成果は、脊柱と金属の間における「力学的平衡」と「可塑性」の概念を確立した。また疫学的調査から労働姿勢が加齢に伴って発生する脊柱弯曲異常に深く関連する可能性を示した。これらの研究成果は part 1, part 2 として以下に述べられる。

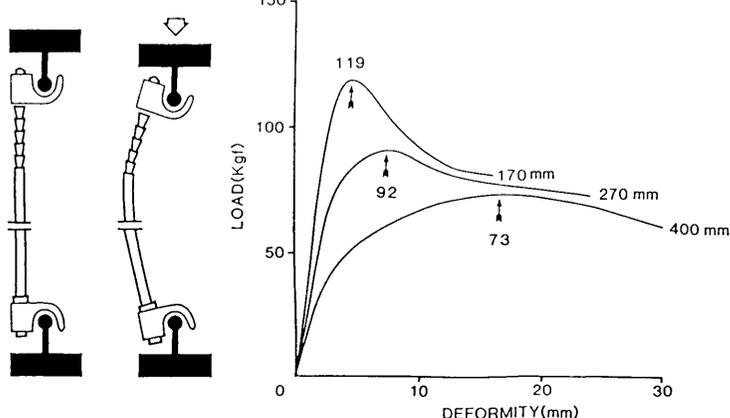
### [ part 1 \* 脊柱 instrumentation のバイオメカニクス ]

#### I : 研究方法

万能型圧縮引っ張り試験機 S I N K O , T C M 2000 を用いた。材料は Harrington distraction system, Harrington compression system, Luque system, Zielke system, Slot system, である。これらについて 1) 実際の使用条件下と同じ方向における個々の強度を測定するとともに、2) さらに骨とウレタンから作成した後弯脊柱モデルに使用した際の stability を測定し検討した。さらに 3) 側弯症の数学的シミュレーションモデルと内固定金属の強度から脊柱の力学的特性の変化を理論的に推測した。

#### II : 各種脊椎固定用 instrument の強度測定

A. Harrington distraction system : 長さの異なる三本の Harrington Distrac-



tion rod の両端に Hook を装着し、axial force による圧縮試験を行なった (図 1)。170, 270, 400mm の rod の順に stiffness の平均は 38, 26, 18.5 kgf/mm。また maximum load は 119, 92, 73kgf で、rod が短い場合程強度が大であった。

図-1. Harrington distraction system の圧縮試験: 縦軸は負荷、横軸は hook 間短縮距離である。170, 270, 400mm の rod を用いるとそれぞれ異なる曲線を呈す。矢印は max. load.

また図には示されていないが、予め rod を弯曲させると axial force に対する強度は著明に減少した。これらの成績は長い rod または弯曲した rod を使用する事による system の脆弱化を意味し、後述するように rod の変形が必ずしも無視できない loss of correction の原因となりうる事を示した。

B. Harrington compression system : compression rod の両端に各 1 個の hook を装着し、図 2 のごとく引張試験を行なった。負荷が約 18 Kg f 以下では hook の rotation が起こり、さらに負荷を増大すると力の作用軸が rod に接近し、変曲点を境に引っ張り張力は急激に増大した。

C. Zielke system : 後弯変形を矯正する為に Zielke system を distraction として用いる場合を想定して実験を行なった。この system においては rod が screw を介して受ける axial force と bending force の 2 つの parameter を検討する必要があった。図 3、4 はそのために設定した異なる実験方法で得られた成績を示す。rod に Slot を用いた場合には screw の head を中心とした rotation が著明に抑制された。この事は Slot rod が前方固定術における固定性の向上と、合併症としての側彎発生減少に有効な事を示した。

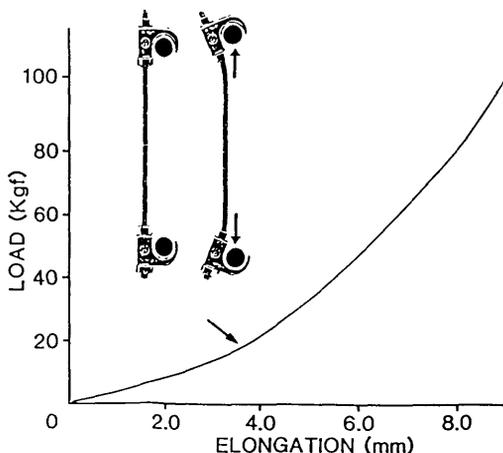


図-2. Harrington compression rod + hook の引張試験：縦軸は負荷、横軸はhook間延長距離である。矢印を境に勾配が変化する。

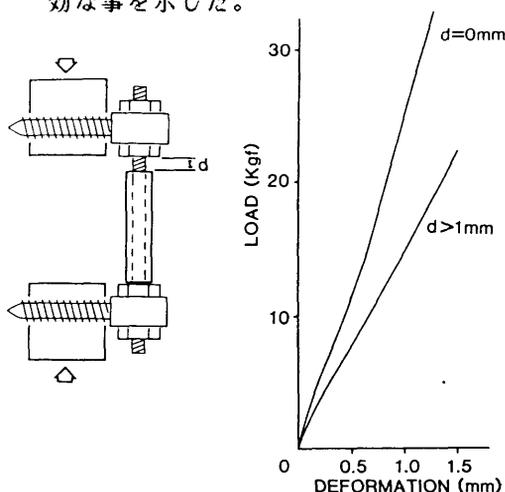


図-3. Slot-Zielke systemの圧縮試験：screw を平行に維持した状態で負荷を加えて得られた負荷-変形曲線である。slot rodを用いて d=0とすれば強度が増大する。

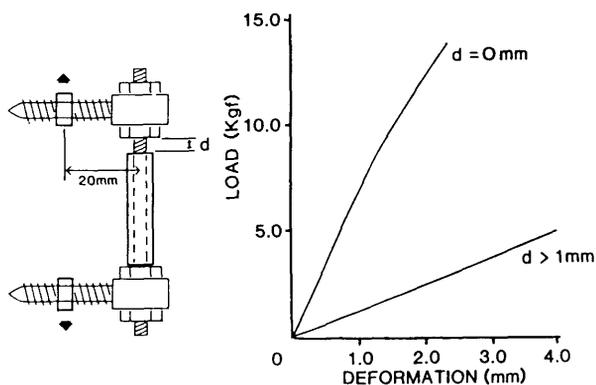
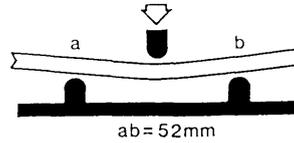


図-4. Slot-Zielke systemにおけるscrewのrotation：負荷をscrewのheadを中心とした回転モーメントとして加えた。Slot rodを用い d=0とすると screwのrotationが著明に抑制される。

D. 各種 rod の三点曲げ強度 : 脊椎用 instrument の構成要素において最も重要な rod の強度を把握するため、各種の rod について三点曲げ試験を行なった。測定した項目と結果は表 1 に示される。特に Harrington distraction rod において smooth な部分に比較して ratchet 部分はその強度が 42% しかなく、曲げ負荷条件下ではそれが弱点となりうる事を示した。



	stiffness	
	Kgf/mm	(%)
Harrington distraction rod		
smooth $\phi$ 6.2mm	290	100
ratchet $\phi$ 4.7mm	122	42
Harrington compression rod		
$\phi$ 4.8mm	51	18
$\phi$ 3.2mm	11	4
Luque L rod		
$\phi$ 6.4mm	280	97
$\phi$ 4.8mm	112	39

表-1. 各種 rod の三点曲げ強度

### III: Harrington distraction system の可塑性

前述した Harrington distraction system の荷重と変形の関係は初期から曲線を呈し、弾塑性変形であることを示した。塑性変形の成分を明かにするため図 5 に示すように変形量と残存変形量の対応を求めた。その結果を 3 種類の異なる長さの rod についてまとめたのが図 6 である。この際 rod の形態変化を観察すると問題となるのは最も中枢側の ratchet と smooth な部分の境界部であり angulation が生じた。

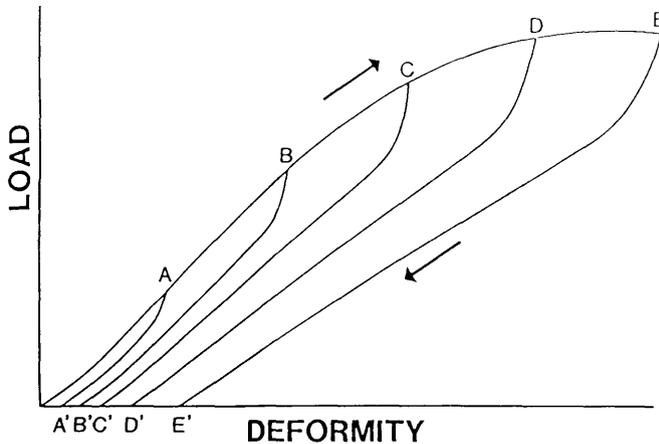


図-5. Harrington distraction system の圧縮試験における残存変形 : A-E の各点まで負荷を加えると A'-E' の変形が残存する。

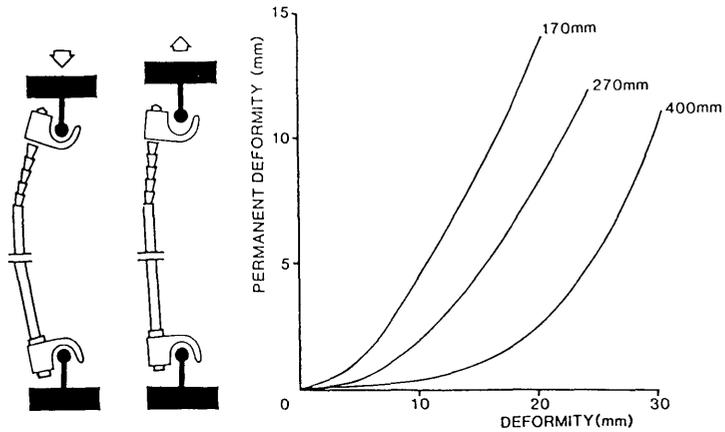


図-6. Harrington distraction system の可塑性：3種の長さのrod について変形（負荷によるhook間距離の短縮）と残存変形（負荷を0としても残存した短縮）との関係を示す。

#### IV：後弯モデルに対する各種 instrument の効果

ヒト晒骨（T9-L2）とウレタン樹脂を用いて作成した50度の後弯モデルに各種の instrument を装着し、axial forceに対する強度を比較した（図7）。Slot + Harrington compression system, Slot + Harrington distraction systemが力学的に最も強く、前方または後方のみの単独の instrumentation では弱い。この実験では後弯モデルを使用しているため Zielke rod を distraction system としているが、これは本来の目的とは異なり実用的でない。この点を補ったのが Slot であり、さらに後方の instrument と併用する事により後弯変形治療の際に良好な stability が得られると考えられた。

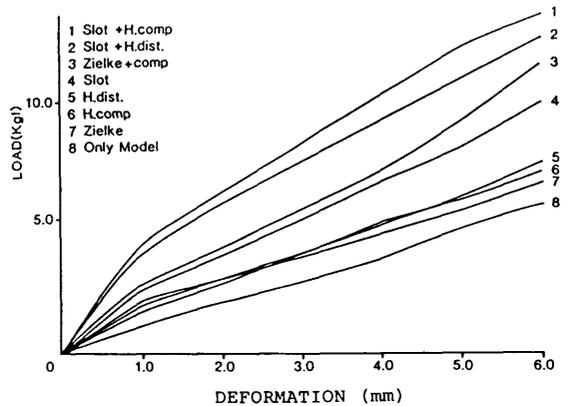


図-7. 後弯モデル+各種 instrumentation の強度比較：前方にSlot, 後方にHarrington compression system を装着した場合に最も強度が大きい。

## V：数学的脊柱側彎モデルにおける後方固定法の比較

脊柱側彎症に対する後方からの instrumentation には2つの基本的な考え方があ  
る。その1つはaxial forceを加える Harringtonの方法であり、もう1つは lateral  
forceを加えるLuqueの方法である(図8)。  
脊柱の側彎角を最初よりも小さい状態で維持する  
ためには、脊柱がもとの湾曲に戻ろうとする復元  
力と、それぞれの instrument が発生する矯正力  
とが互いに釣り合う必要がある。この際、前述し  
た成績から理解されるように Harrington の場合  
には4点曲げ効果により、Luqueでは3点曲げ効  
果により、いずれも rod のたわみを生じている。  
またLuqueにおいて終椎付近での力の平衡は水平  
線上ではなく、湾曲の中心とを結ぶ線上で成り立  
つと考えられる(図9)。Harrington distrac-  
tion system と、Luque system の力学的強度に  
ついて実際に測定した結果を数学的側彎症モデル  
に応用する事から、両者の biomechanical な特性  
を比較できる。設定したモデルはCobb角70°胸  
椎カーブ(S1)と、36°胸椎カーブ(S2)の  
2つである。これらは Sohultz が死体標本と実  
際の症例をもとに作成した数学モデルと同等である。

S1、S2それぞれの特性は、  
distraction の長さとし、およそ  
Cobb角変化と力の関係から規定し  
た(図10)。この側彎モデルに  
対し、Harrington 法を行なった  
場合、axial force に対する rod  
の distraction の長さはたわみ  
により増加し、S1、S2の曲線  
は右方に移動する(図11)。  
脊椎後方成分が耐え得る負荷を30  
Kgf とするとその際上下 hook 間  
距離の短縮は 270mmの rod で 1.1  
mm、400mmの rod で 1.9mmであ  
った。30Kgf の axial forceではS1は  
70°から47°、S2は36°から23°

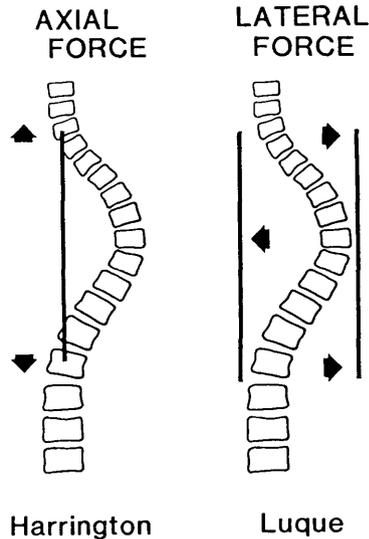


図-8. 側彎症矯正に関する2つの考え方

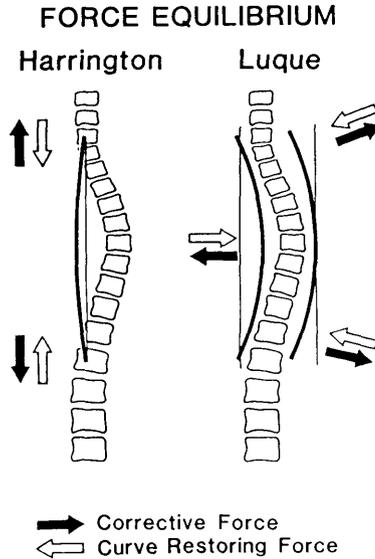


図-9 脊柱とinstrumentの力の平衡：Harrington、Luque  
それぞれの場合における力の平衡を示す。黒矢印は矯正力、  
白矢印は脊柱の復元力であり、それらが互いに釣り合っている。

DYNAMIC SCOLIOSIS MODEL  
(Schultz)

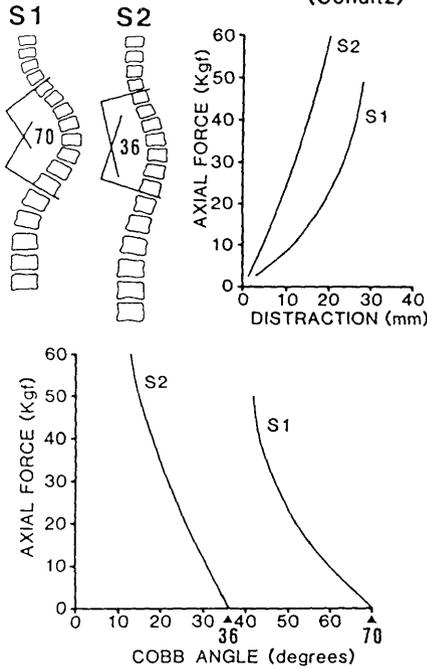


図-10. 脊柱側弯症の数学モデル：Schultz(1973)にもとずき設定した70度(S1)と36度(S2)の側弯モデル。特性は下段に示す如くCobb角と軸方向の矯正力から規定される。

へ矯正される事を示した。

Luqueの場合について同様な検討をするため脊柱のaxial forceをbending forceに換算し、S1、S2の2つのモデルについてCobb角とbending forceとの関係を求めた(図12)。一方、Luque rodの曲げ強さは、曲げ試験、および3点曲げ試験から測定した。

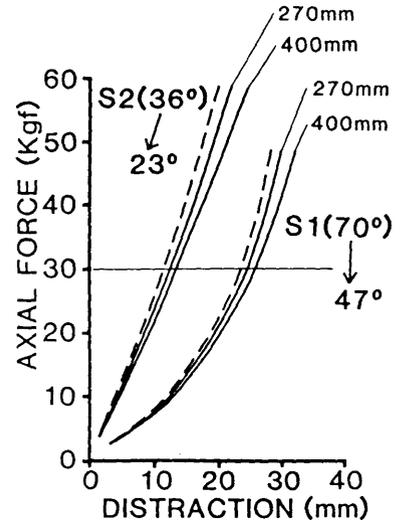


図-11. force-distraction 関係におけるrodのたわみによる影響：点線はモデルの基本的特性である。Harrington distraction systemではrodのたわみによりdistractionの長さをlossするためのみかけ上実像のように曲線は右に偏位する。

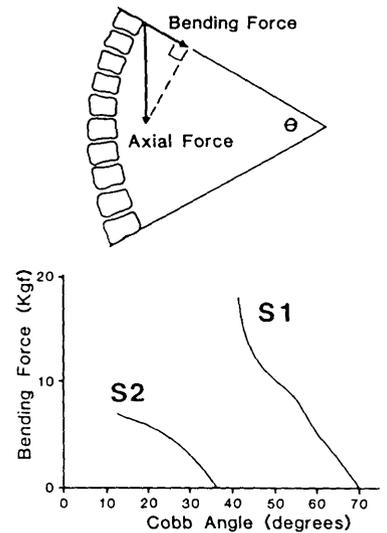


図-12. 側弯モデルのbending force：S1、S2のモデルについてaxial forceをbending forceに換算し、Cobb角との関係を求めた(下段)。

図13はrodの弯曲をあらかじめ $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ に設定した場合に得られた角度とunbending forceとの関係である。rodの直径は6.4mmで、長さが300mmと400mmの時の結果を実線と破線で区別して示した。 $70^\circ$ の側彎モデルS1と、Luque rodとの力の平衡を示すのが図14である。300mm,  $30^\circ$ 弯曲のrodにおける負荷-弯曲角度の曲線はS1の曲線と交わりその際のCobb角は $44^\circ$ である。同様に300mm,  $45^\circ$ 、400mm,  $30^\circ$ のrodはいずれも $53^\circ$ でつりあう。

Harringtonで30kgfの力を加えた場合は $\Delta$ で示す $47^\circ$ までの矯正であるから、300mm  $30^\circ$ 弯曲のrodでLuque法を行なった場合の方がより矯正率の大きい事がわかる。図15は $36^\circ$ のモデル(S2)と、まっすぐなLuque rodとの平衡を示す。300mm rodでは $9^\circ$ 、400mmでは $19^\circ$ でつり合う。一方Harrington, 30kgfでは $\Delta$ で示すように $22^\circ$ となり、この小さな角度のモデルではLuque法が有利といえる。

さらに、instrumentation後に立位とする場合を想定し20kgfのaxial forceを追加する事から、Harrington, Luqueそれぞれの場合のLoss of Correctionを求めた(表2)。Harrington法ではrodが270mmでは $1^\circ$ 、400mmでは $4^\circ$ 、Luqueではrodが300mmで $1.5^\circ$ 、400mm

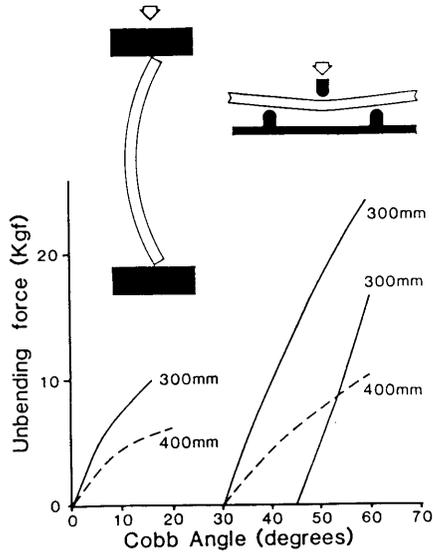


図-13. Luque-rodの負荷-たわみ特性：上段はLuque rodの曲げ力測定法を示す。たわみは円弧に近似し、Cobb角として表わし負荷との関係を下段に示す。rodは300mm, 400mmの2種類の長さについて測定した。負荷0の時のCobb角はあらかじめrodに弯曲をつけた事を示す。

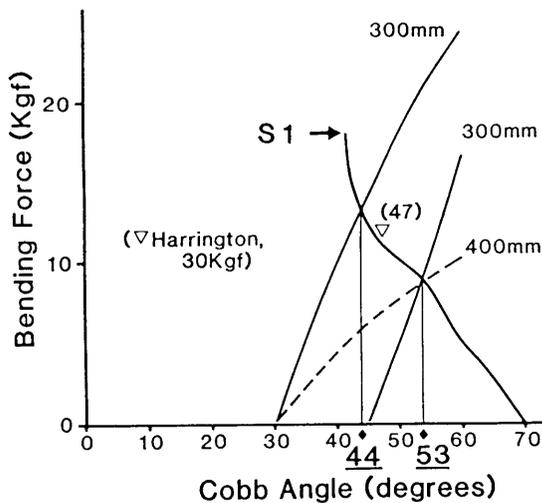


図-14.  $70^\circ$ 側彎モデルにおけるLuque rodとの力の平衡： $70^\circ$ 側彎モデル(S1)と360mm  $30^\circ$ 弯曲のrodとは $44^\circ$ でつり合う。400mm  $30^\circ$ 弯曲のrodと、300mm  $45^\circ$ 弯曲のrodでは $53^\circ$ でつり合う。この推定はinstrumentationにLuque rodを2本使用する事を前提とする。Harringtonでは $47^\circ$ まで矯正できる( $\Delta$ )。

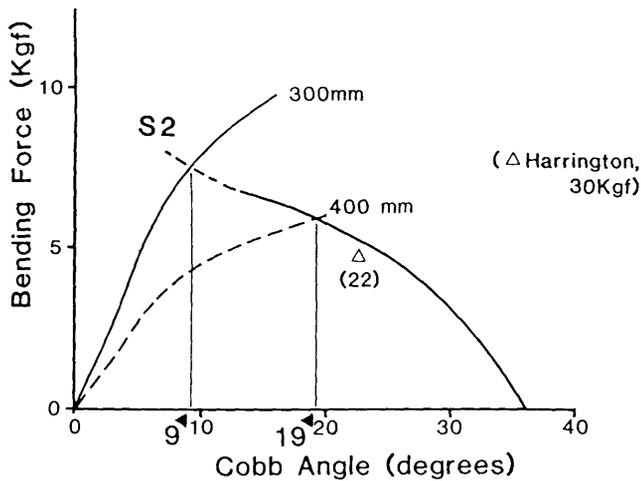


図-15. 36°側彎モデルにおけるLuque rod との力の平衡：  
36°側彎モデル (S2) と300mm 直のrod とは9°，400mm 直のrod  
とは19°でつり合う。Harrington法では矯正は22°までである(△)。

では3°であった。

Panjabiらは、側彎矯正における axial force と lateral forceの力学的有利性の境界を53°においている。しかし、Harrington, Luqueなどの instrumentは負荷により変形するため、それらの力学的特性と脊柱の力学的特性を把握した上でそれぞれの有用性を比較する必要があると考える。前述の成績から、Harrington法ではfacr など後方成分にかかる負荷の限界が、側彎角矯正の限界を決定する大きな要素となっていることがわかる。36°の側彎モデルではLuque法が有利である一方、70°のモデルでは、短いカーブならLuqueが有利であるが、長いカーブではHarringtonの方が有利な場合も出てくる可能性を示した。またLuque法によっても、たわみ変形の要素から loss of Correctionが推定され、術後のcastは必要と考えられる。

	Harrington		Luque	
	70°		70°	
	(30Kgf)		300mm 30°	400mm 30°
Initial Correction	47°		44°	53°
	270mm	400mm		
load (20Kgf)	48°	51°	45.5°	56°
Correction Loss	1°	4°	1.5°	3°

表-2. Loss of Correctionの推定

[ part 2 \* 脊柱の加齢的变化と労働姿勢、腰痛等の関連 ]

脊柱全体の加齢的变化、すなわち姿勢および変形所見の実態、腰痛等との関連性について検討するため一農村地帯を選び、全脊柱立位X線撮影を含めた疫学的調査を行なった。

I：調査方法

北海道富良野地方の農業従事者につき、A地区では40才以上88才までのほぼ全員324名を対象として、問診、理学的検査とともに、正側2方向の自然立位全脊柱X線撮影を行ない、次の計測と分析を行なった。検査項目は、身長、体重、arm span、脊椎可動性、圧痛、tension sign、膝関節所見、X線については胸椎後弯角、腰椎前弯角、腰仙角、仙骨傾斜角、終椎傾斜角、境界椎レベル、大腿仙骨角、腰部脊柱管前後径比、椎間板狭小化、変形性脊椎症、骨粗鬆症、楔状椎数等である。B地区はアンケート調査のみとした。

II：X線所見にみる加齢的变化

胸椎後弯の範囲は10才から70才までに平均2椎拡大、逆に前弯の範囲は狭くなり、後弯角は40才代男子平均46.9%、以後加齢的に平均角度としては差は認められなかったが、女子は40°より49°に有意の増加がみられた(図16)。

腰椎前弯角は男子40才代60.8°から70才代47.8°、女子は58.3°から48.7°に有意に減少している。また、仙骨面傾斜角、腰仙角も減少している。椎間板変性と変形性脊椎症についてみると椎間板狭小化、軟骨下骨硬化像に代表される変性像と骨棘形成は男子では40代と50代および60代と70代の間で増加している。女子は男子より少ない。

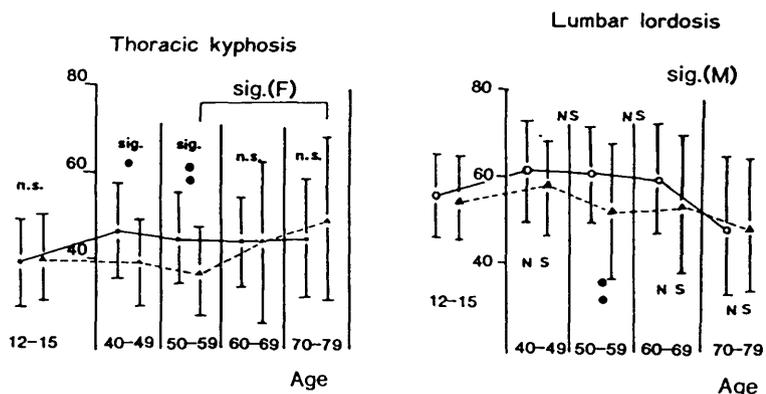


図-16. 年齢と胸椎後弯角および腰椎前弯角との関係：  
実線は男子、破線は女子の値を示す。

### III：腰痛関連因子

各種職業を含むB地区1,241名におけるアンケート調査では、農林業従事者に有意に腰痛発現率が高く、時々腰痛に悩まされ作業に差支えるものまで含めると男子農業60.5%に対し、商業50%、事務35.9%、女子の農業は75.9%と著しく高い。年令的に男子は30才代、女子は40才より急に増加しているが、70才代では著しく減じている。

A群の立位X線像を有症状群、無症状群に分けて男女別に比較すると、男女では若干相違するが、腰痛群では腰仙角と仙骨傾斜角、前弯角が少なく、「arm span-身長」の差が大であった（いずれも $P<0.05$ ）（表3）。

	Item	Control	Low back pain	< p (%)
Male	(No., Age)	(60, 56.8yrs)	(46, 62.0yrs)	not sig.
	Lordosis	59.4°	52.8°	5 sig.
	S1 incl.	40.2°	34.6°	5 sig.
	AS-Height	5.6cm	7.9cm	2 sig.
Female	(No., Age)	(49, 57.2yrs)	(31, 60.0yrs)	not sig.
	LS angle	14.7°	10.2°	2 sig.
	S1 incl.	37.1°	31.5°	5 sig.
	AS-Height	4.1cm	7.2cm	1 sig.

AS: Arm span

表-3. 腰痛患者と無症状者の比較

これらの成績にもとずき臨床的研究の成果は以下のようにまとめられる。

1. 最近Fonら米国における調査と対比すると、今回調査の結果は初めから男女とも後弯角は約10°高い。しかし、その後の加令的増加はむしろ少ない。特徴的なことは、我々の調査結果では加令とともに後弯角、前弯角、仙骨傾斜角の標準偏差が著しく大となることである。富良野地方は大規模平地農業であるが、姿勢の加令的变化はほかの山間部小規模農村に比し腰椎後弯化はむしろ少ないと思われる。

2. 腰痛下肢痛所有者は前述の結果からみると、より早期に腰仙部に加令現象を生じていると考えられる。椎間板変性、変形性変化の程度に有意差がみられなかったのは今回の調査が全脊柱の総和で出したためであろう。

## 今後の研究課題

今後整形外科領域において、次に述べる3項目を解明する事が重要と思われる。

### A：脊椎内固定法の再検討

- 1) 骨粗鬆と対金属強度—より強固な固定を得るため近年 segmental fixation 法が普及しつつあるが、脊椎骨そのものが内固定金属を介して与えられる負荷にどの程度耐えられるか、またいかに破綻を防止すべきかを研究する。
- 2) 腰仙椎部内固定法の研究—菲弱な仙骨椎弓、狭い腰椎脊柱管に触れることなく、しかも椎間を開大し前弯を維持した状態でこの部を強固に固定するための新しい分節型内固定法の開発と試験を行なう。
- 3) 各種脊椎内固定法の回旋固定力の研究—現在用いられている各種固定法を回旋応力の面から再検討する。

### B：人工関節に関する研究

各種人工関節の loosening について研究し、特にセメント使用法との関係を明らかにする。

### C：加齢と姿勢・腰痛の問題

脊椎靱帯骨化発現に関して、疫学、姿勢との関係等を明らかにする。

これまで私共が行ってきた生体力学的研究の過程で確立し得たいくつかの実験モデル、そして解析手法はこれらの研究をさらに進めていく上で重要な基礎的資料を提供するものと考えられる。

