

文 献

- 1) Bombelli, R.: Osteoarthritis of the hip.
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New
York, 1-18, 1976.
- 2) Braune, W., Fisher, O.: On the Centre of
Gravity of the human Body. Springer-
Verlag, Berlin Heidelberg New York
Tokyo, 20-21, 1985.
- 3) 越川昭三, 桜井靖久ほか: 人工臓器資料集
成. ライフサイエンスセンター, 9-23, 1976.
- 4) 後藤澄雄: 脊柱靱帯骨化症の成因論.
整形外科MOOK, 50:131-145, 1987.
- 5) 原田征行: 糖尿病と後縦靱帯骨化症. 糖尿
病精神障害, 141-148, 文光堂, 1979.
- 6) 林浩一郎: 頸椎の臨床解剖. 整形外科28:2
, 153-168, 1977.
- 7) Hedtmann, A., Steffen, R. et al.:
Measurement of human lumbar spine
ligaments during loaded and unloaded
motion. Spine 14:2, 175-185, 1989.

- 8) 本田 忠ほか：剛体バネモデルによる股関節の接触応力について．関節外科5, 109-116, 1986.
- 9) 星野 雄一ほか：脊柱靱帯骨化症におけるカルシウム代謝．整形外科MOOK, 50:146-151, 1987.
- 10) 川井 忠彦ほか：極限解析研究会土質岩盤力学分科会研究会報告書．東京大学生産技術研究所 川井研究室, 5-12, 103-105, 1981.
- 11) Kurowski, P. et al.: The relationship of degeneration of the intervertebral disc to mechanical loading conditions on lumbar vertebrae. Spine 11: 726-731, 1986.
- 12) 前野 幹行, 牧川 方昭他：脊椎靱帯およびその付着部の生体力学的特性の違いについて．中部整災紀要 28:1, 258-260, 1985.
- 13) 前野 幹行, 牧川 方昭他：脊椎靱帯付着部とその周辺の生体力学的特性の違いについて (2)．中部整災紀要 28:5, 1915-1917, 1985.

- 14) Nachemson, A., and Evans, J.: Some mechanical properties of the third lumbar inter-laminar ligament (ligamentum flavum). J. Biomech., 1:211, 1968.
- 15) 大竹進ほか：剛体バネモデルによる頸椎周囲の応力解析について。中部整災紀要 30: 2, 748-750, 1987.
- 16) 岡田 証彦ほか：頸椎後縦靱帯骨化の骨化増大に関する X 線学的研究。整形外科, 31, 1761-1773, 1980.
- 17) Pauwels, F.: Biomechanics of the normal and diseased hip. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 5-7, 1976.
- 18) Sundarum S.H.: Finite element analysis of the human thorax. J. Biomech., 10:505-509, 1977.
- 19) 佐藤良治：脊椎靱帯の支持力に関する研究, 整形外科バイオメカニックス. 2, 147-149, 1980.

- 20) Shah, J.S., Jayson, M.I. et al.: Load tension studies of collagen fibers from ligaments of the human spine. Ann Rheum Dis 36:139-145, 1977.
- 21) 白戸修, 鎧邦芳ほか: 圧縮加重下における椎体・椎間板の応力解析 - 胸腰椎部粉碎骨折の発生機序について -. 臨整外 24:9, 1051-1057, 1989.
- 22) 園田武治: 人の脊柱の強度. 京府医大誌 63:659-702, 1972.
- 23) 田中信陽, 土屋恒篤ほか: 頸椎における骨棘と後縦靱帯骨化の病理組織学的研究. 日整会誌 60, 323-336, 1986.
- 24) 立石哲也, 宮永豊: 最新整形外科バイオメカニックス資料集成. 朝日サイエンス社, 93-152, 大阪, 1978.
- 25) Terayama, K.: Genetic studies on ossification of the posterior longitudinal ligament of the spine. Spine 14: 11, 1184-1191, 1989.

- 26)月本裕国：脊椎圧迫症候を呈した頸椎椎管内化骨の剖検例．日整会誌34:107,1960.
- 27)都築暢之：脊柱靱帯の構造と機能．整形外科MOOK,50:72-84,1987.
- 28)White,A.A.,Panjabi,M.M.:Clinical Biomechanics of the Spine,J.B.Lippincott Company,Philadelphia.Tronto,72,1978.
- 29)八木和徳ほか：三次元有限要素法による脊柱の応力解析．整形外科バイオメカニクス5:205-208,1983.
- 30)Yang, K.H.,et al.:Mechanism of load transmission as a hypothesis for low back pain.Spine 9:557-565,1984.
- 31)Yoganandan, N.,Pinter, F.,et al.:Dynamic response of human cervical spine ligaments.Spine 14:10,1102-1110,1989.
- 32)渡辺正紀，山内裕雄ほか：頸椎後縦靱帯「伸び／荷重」値の部位分布について．整形外科バイオメカニクス5:223-225,1983.

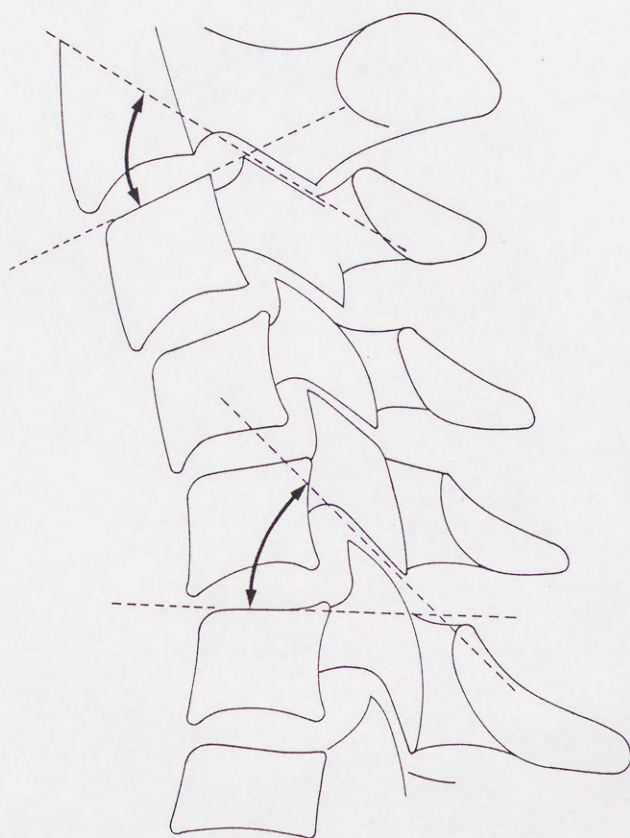


図1 椎間関節傾斜角の測定法
椎体上縁に引いた線と椎間関節の基準線のなす角を椎間関節傾斜角とした

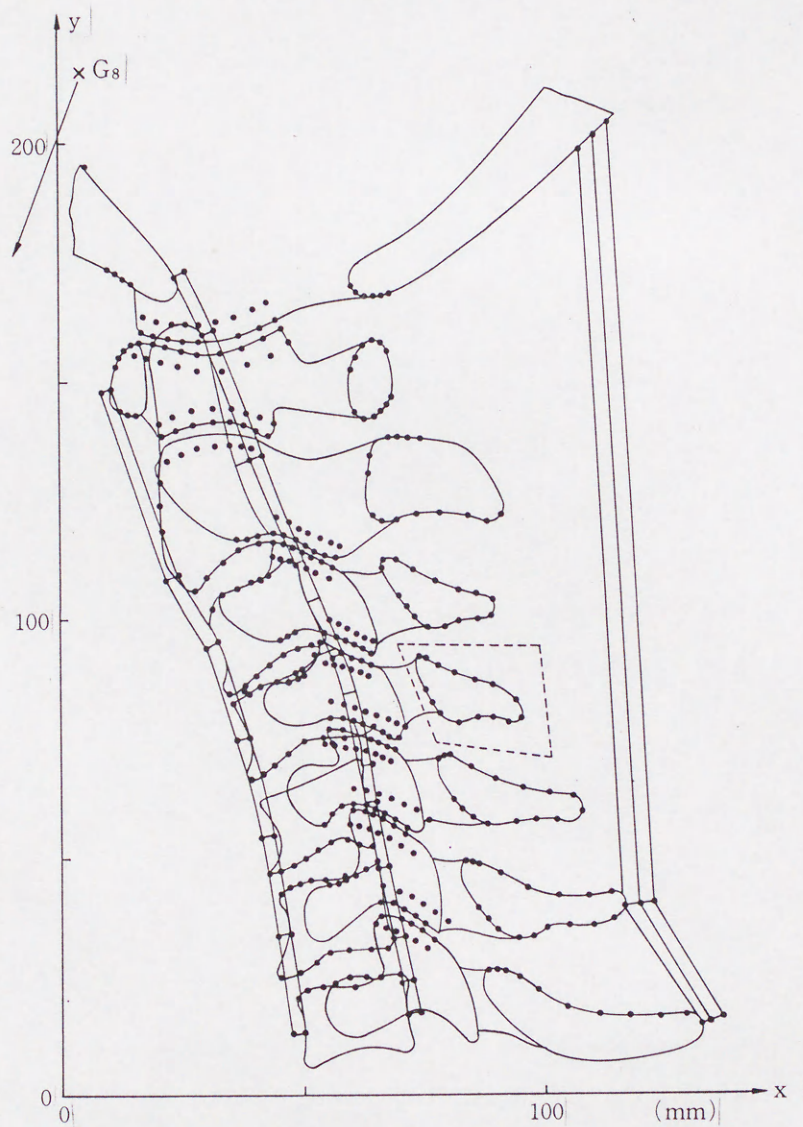


図2 頸椎の剛体バネモデルでのおきかえ
椎間板、各靱帯、関節包をバネでおきかえたほか
C₄の椎弓切除を想定し破線部を除去したモデルを作製した

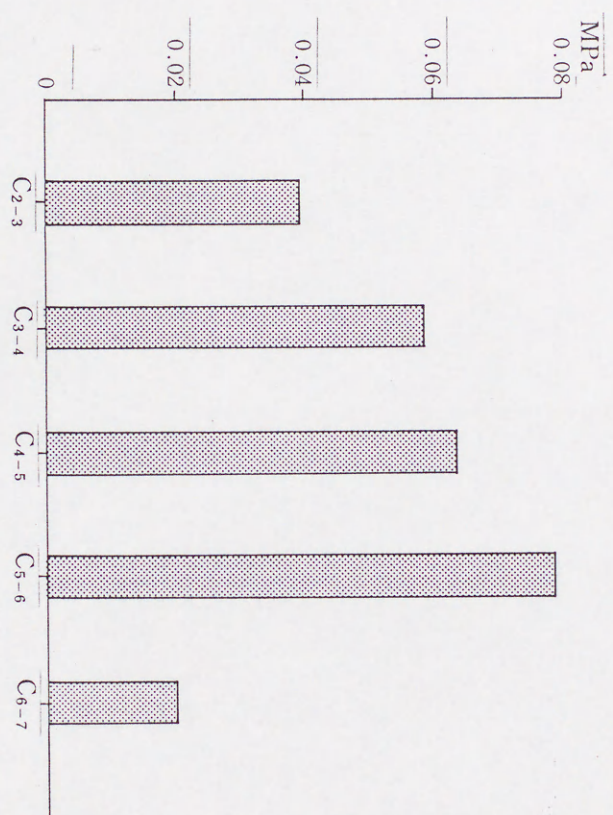


図 3 正常例における後縦靱帯の応力

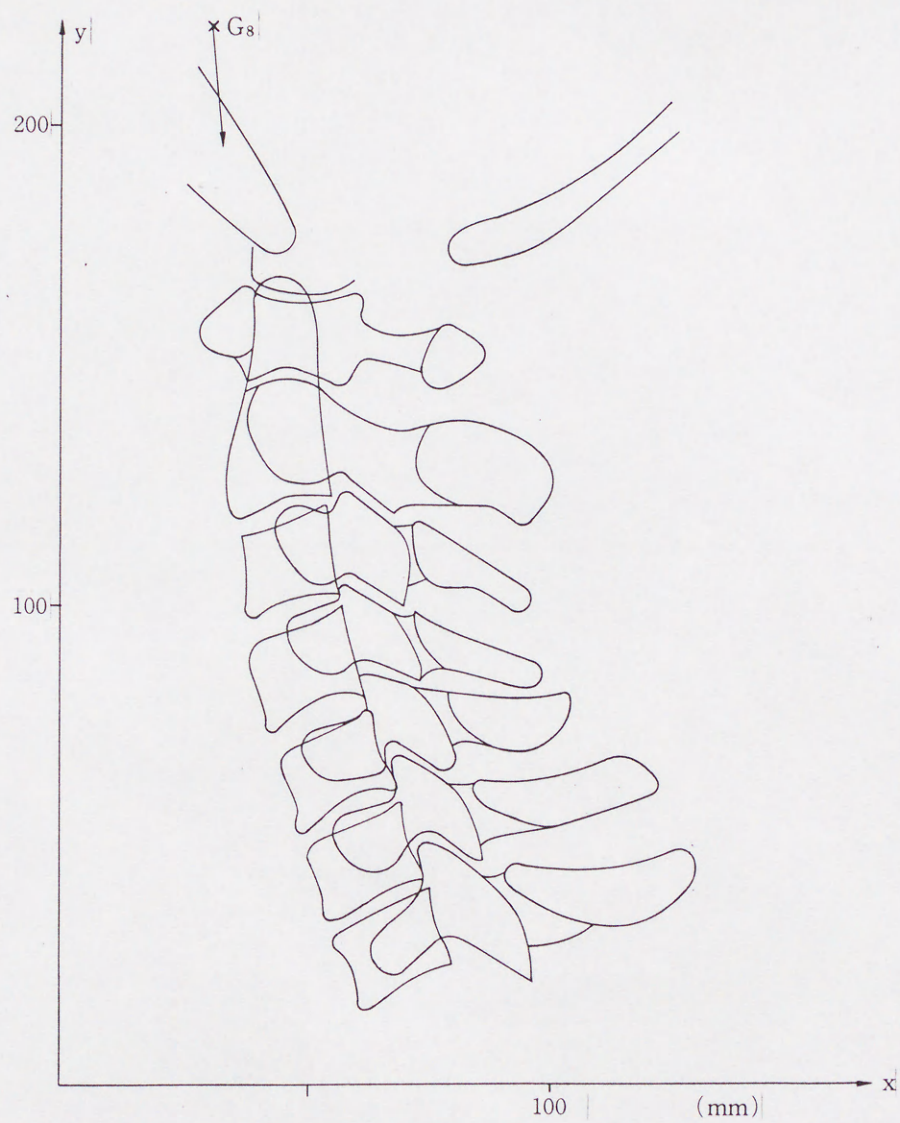


図4 中間位での応力解析

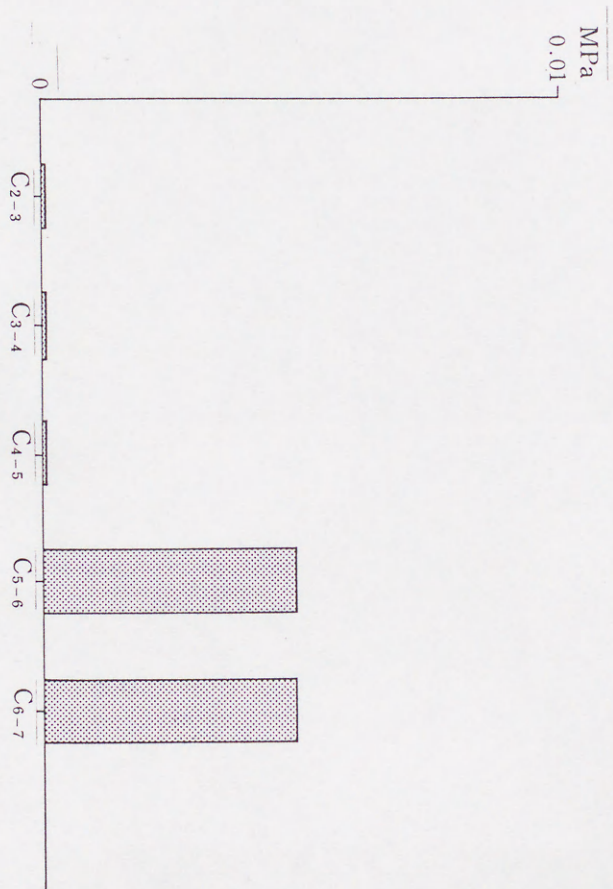


図 5 中間位における後縦靱帯の応力変化

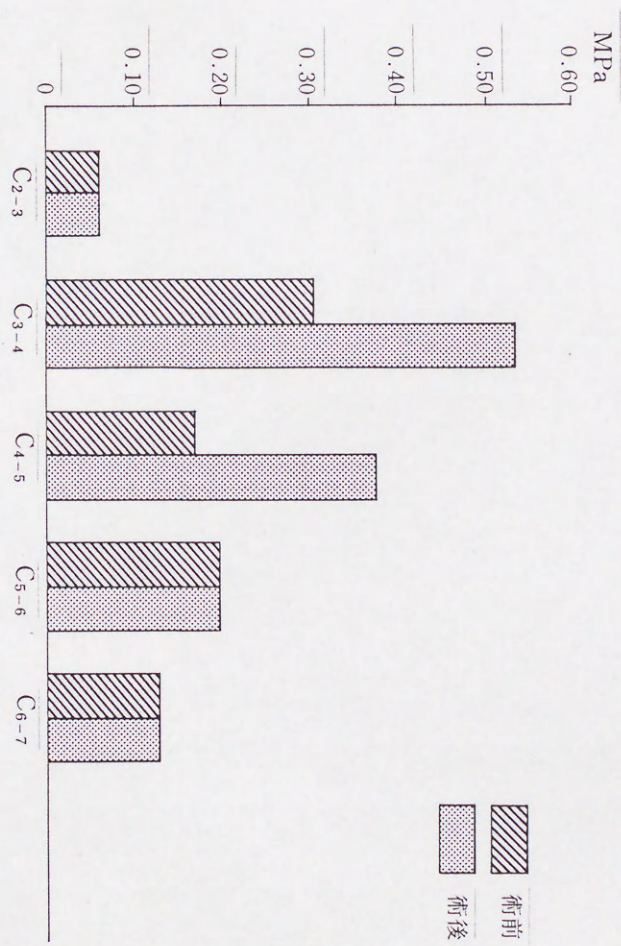


図 6 C₄椎弓切除前後における後縦靱帯の応力変化



図7 上位連続型骨化症例

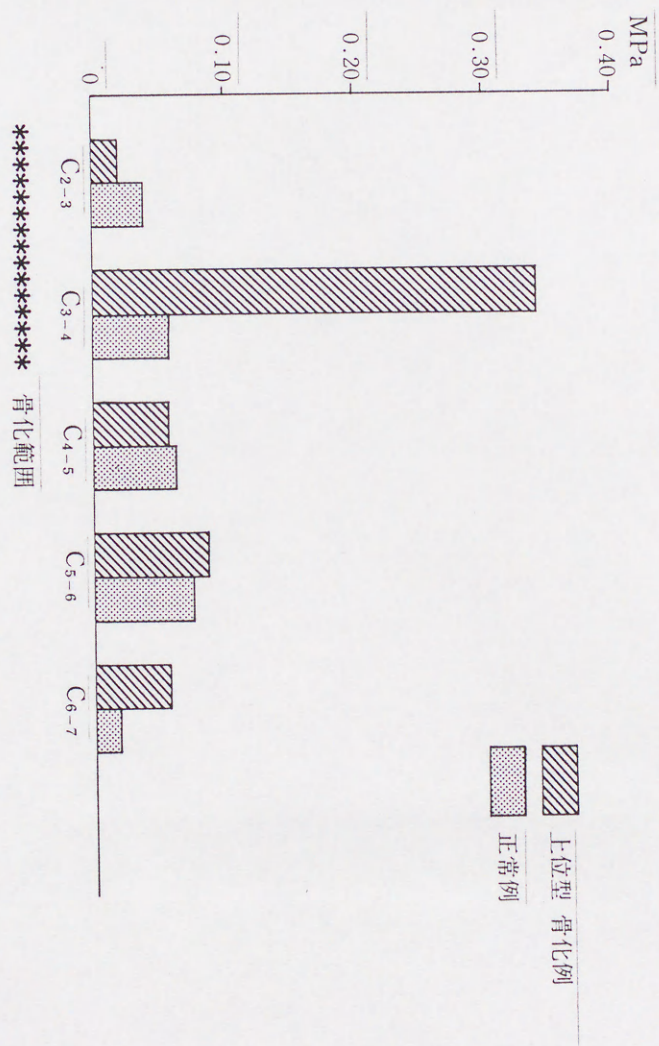


図 8 上位型骨化症例の後縦靱帯の応力



図9 連続型骨化症例

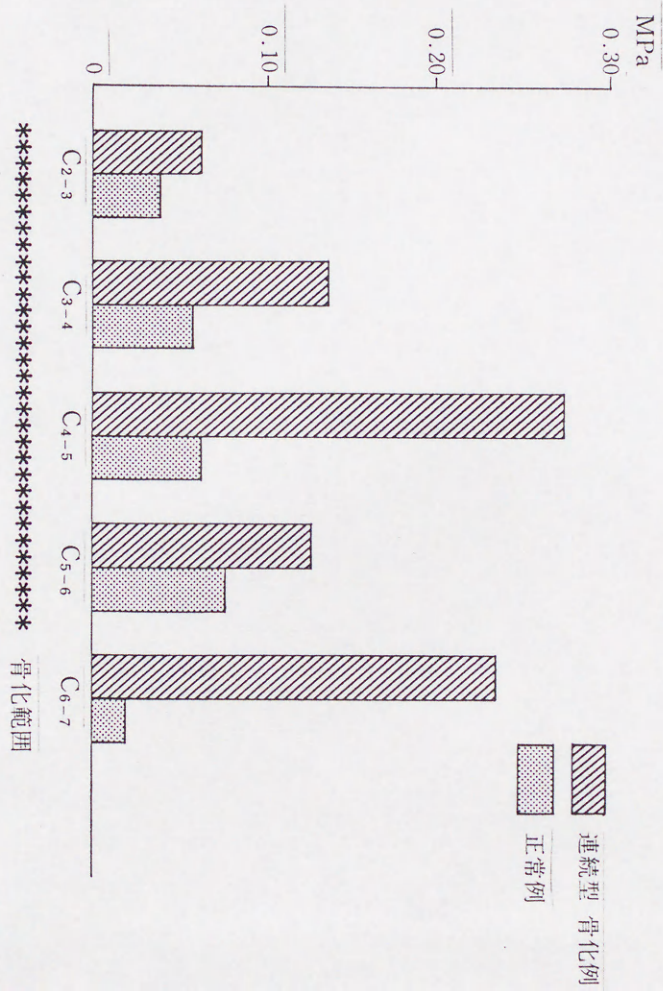


図10 連続型骨化症例の後縦靱帯の応力



図11 分節型骨化症例

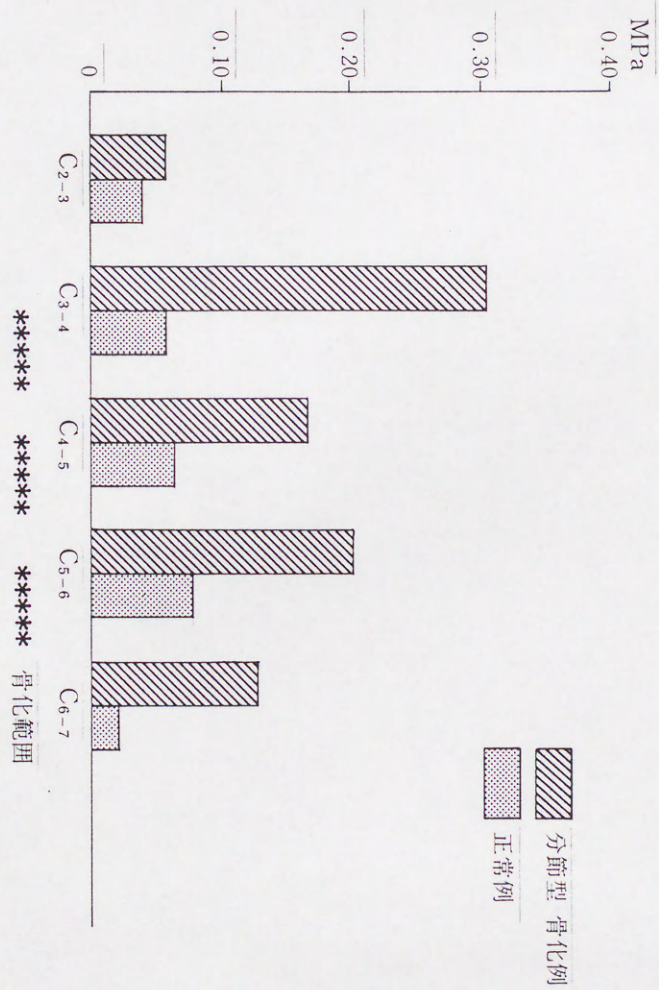


図12 分節型骨化症例の後縦靱帯の応力

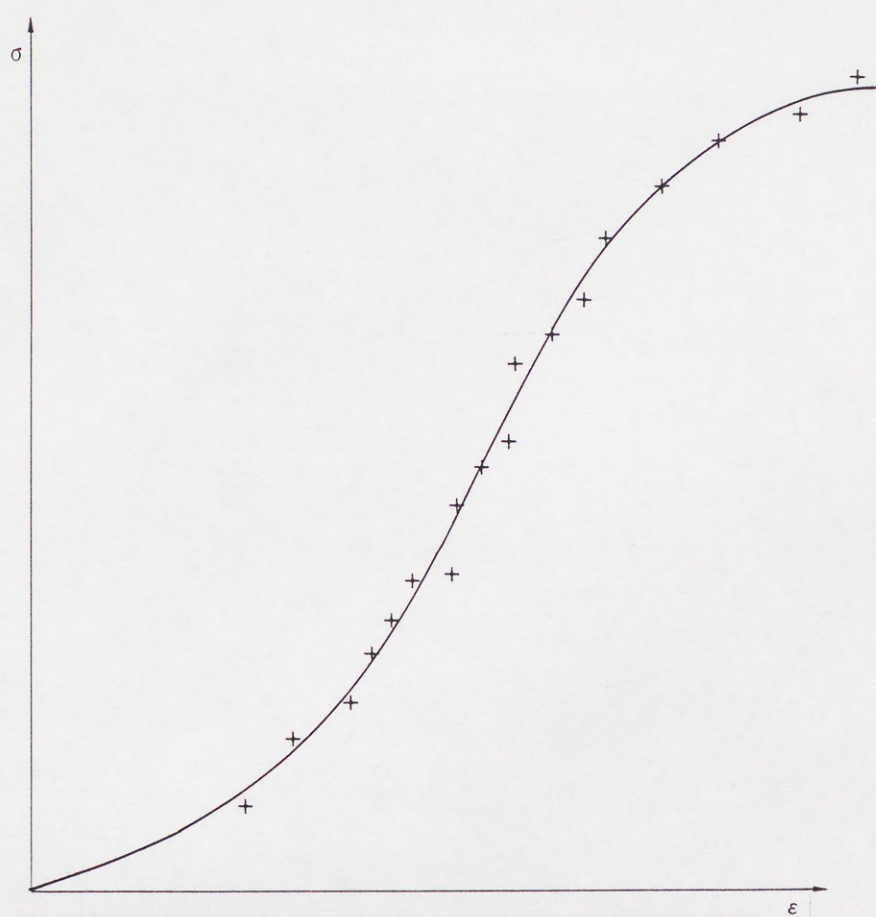


図13 応力-歪み線図

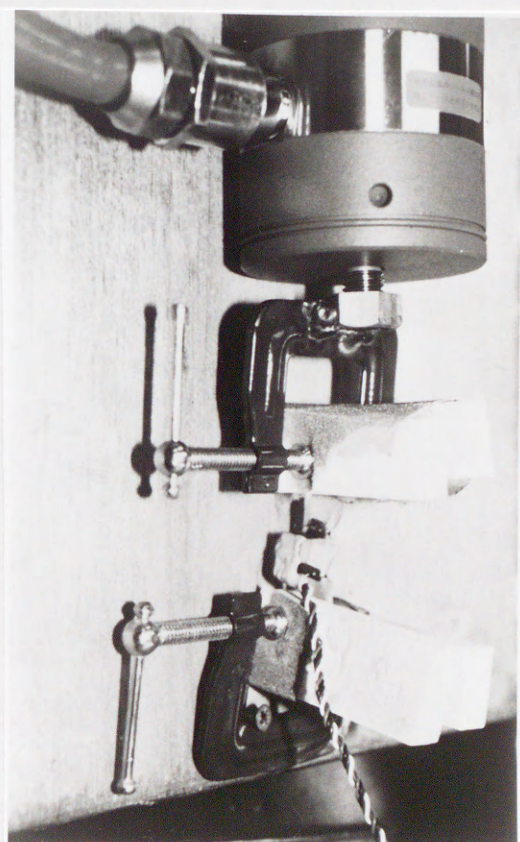


図14 負荷および伸びの測定装置 ロードセルとビッカースを靱帯にセットした

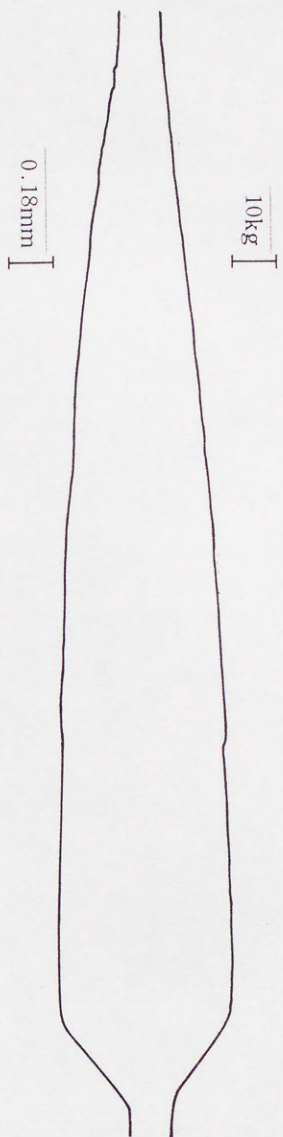


図15 負荷と伸びの記録 上段は負荷 下段は伸び

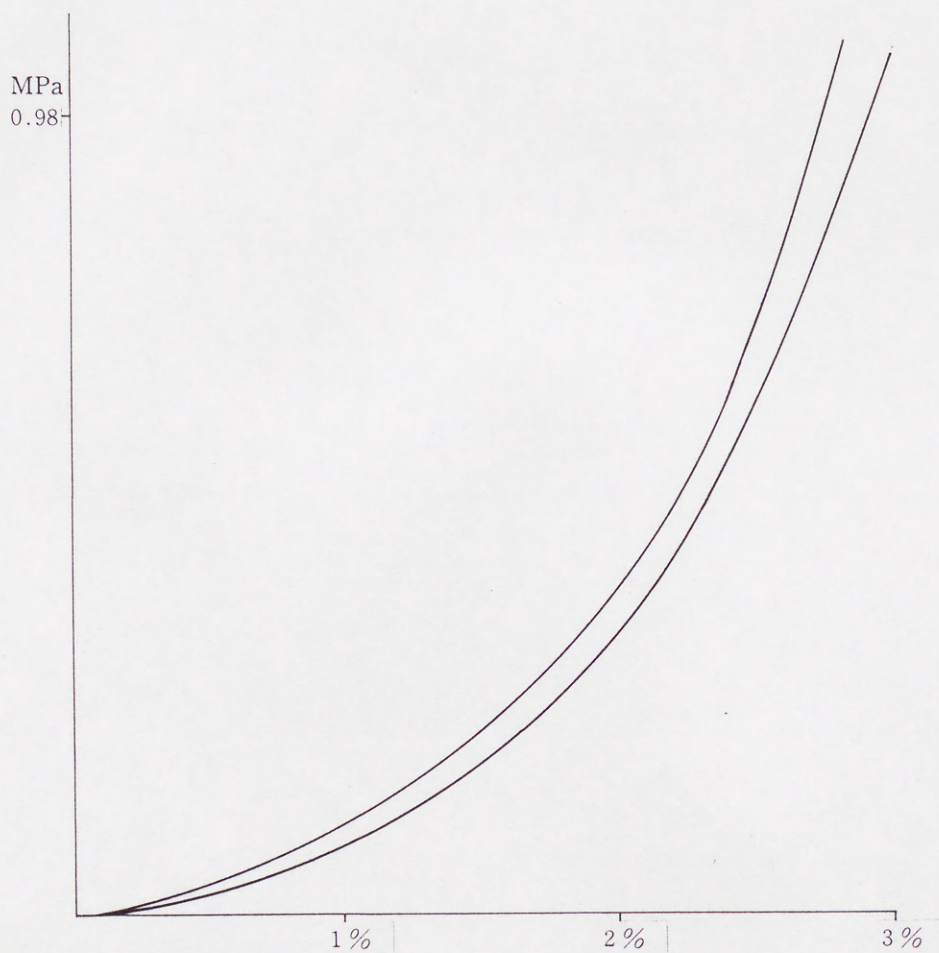


図16 34才男性の頸椎後縦靱帯の応力歪み曲線
($E=34.4\text{MPa}$)

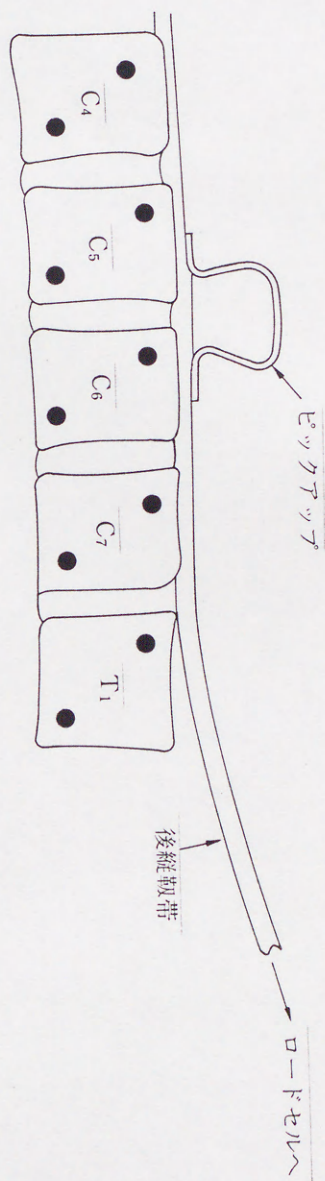


図17 頸椎前方固定モデルでの後縦靱帯の伸び
C₇-T₁間まで後縦靱帯を剥離後
はじめてC₅-C₆のびが観察された

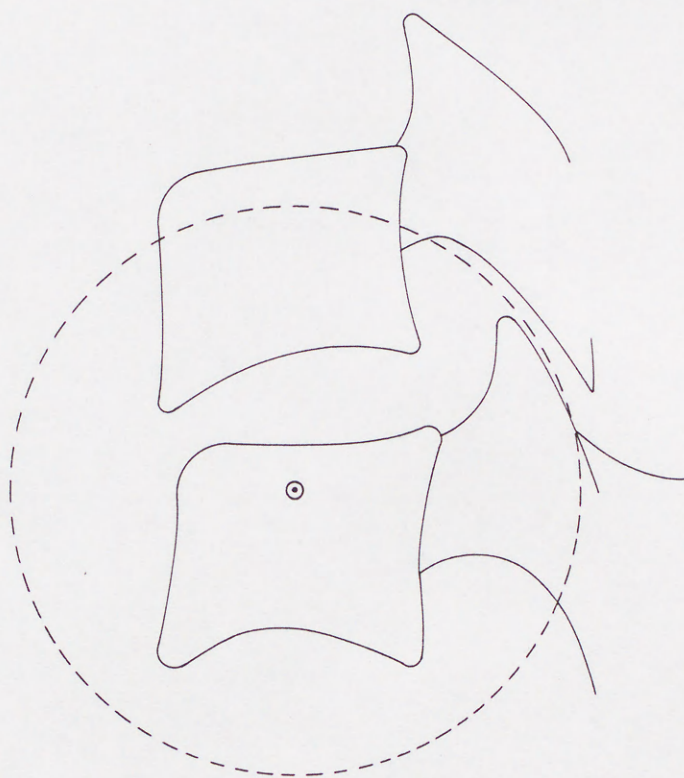


図18 頸椎椎間関節と Instant center of rotation
椎間関節は Instant Center of rotation を中心とする同心円上にある

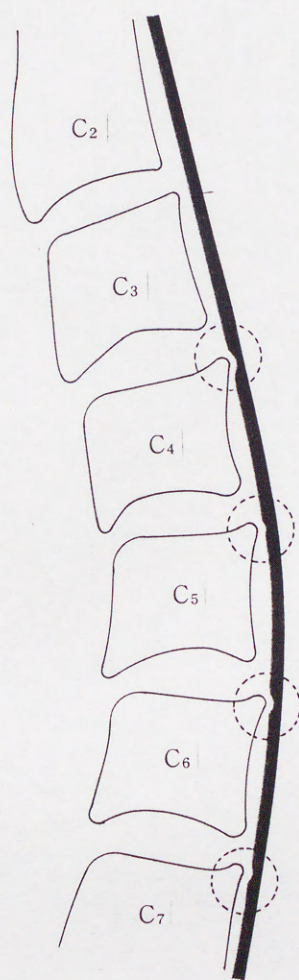


図19 前屈時の後縦靱帯の走行

表 1 OPLL群および対照群の椎間関節傾斜角

	C _{2/3}	C _{3/4}	C _{4/5}	C _{5/6}	C _{6/7}
OPLL群(N=79)					
OPLLあり	51.3±1.0 (N=41)	49.7±0.9 (N=47)	46.7±0.7 (N=50)	48.0±0.8 (N=50)	57.9±1.3 (N=31)
OPLLなし	56.5±1.0** (N=38)	51.9±1.2 (N=32)	49.5±1.3* (N=29)	53.6±1.1** (N=28)	61.2±0.9* (N=46)
対照群(N=45)	58.1±0.9***	54.5±0.8***	51.3±0.8***	56.8±0.9***	63.6±0.9***

* P < 0.05

** P < 0.01

*** P < 0.001

表 2 各組織の巾 (mm)

Connective tissues	Connection between vertebrae									
	C ₀₋₂	C ₀₋₆	C ₀₋₁	C ₁₋₂	C ₂₋₃	C ₃₋₄	C ₄₋₅	C ₅₋₆	C ₆₋₇	
Anterior longitudinal ligament				6.0	8.0	10.0	13.0	17.0	19.0	
Intervertebral disc					16.0	18.0	19.0	19.0	22.0	
Posterior longitudinal ligament 1	7.0		7.0	8.0	13.0	18.0	18.0	19.0	19.0	
Intertersverse ligament					2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Articular cartilage			10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
Articular capsule			10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
Ligamentum flavum			40.0	40.0	26.0	27.5	27.5	30.0	30.0	
Interspinous ligament			5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Supraspinous ligament			5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
nuchal ligament		8.0							8.0	
Anterior atlanto-occipital membrane			35.0	17.0						
Posterior longitudinal ligament 2					13.0	18.0	18.0	19.0	19.0	

表 3 材料定数

Connective tissues	Young's modulus(MPa)	Poisson's ratio
Anterior longitudinal ligament	9.8	
Intervertebral disc	9.8	0.5
Posterior longitudinal ligament 1	9.8	
Intertransverse ligament	9.8	
Articular cartilage	49.0	0.35
Articular capsule	9.8	0.3
Ligamentum flavum	9.8	
Interspinous ligament	9.8	
Supraspinous ligament	9.8	
nuchal ligament	9.8	
Anterior atlanto-occipital membrane	9.8	
Posterior longitudinal ligament 2	9.8	

表 4 頸椎靱帯の縦弾性係数(MPa)

後縦靱帯		
17	才 男	36.0
34	才 男	34.4
40	才 男	43.5
61	才 男	97.0
62	才 男	21.4
前縦靱帯		
17	才 男	122.5
40	才 男	103.2
黄色靱帯		
62	才 男	14.2