

頸椎椎間板内圧測定に関する臨床的研究

山口大学整形外科教室（指導：服部 奨教授）

小 田 裕 胤

〔原稿受付：昭和55年9月10日〕

Clinical Study of the Cervical Intra-discal Pressure

HIROTSUGU ODA

From the Department of Orthopaedic Surgery, Yamaguchi University School of Medicine

(Director: Prof. Dr. SUSUMU HATTORI)

Cervical intradiscal pressures were measured in 83 discs of 51 patients with a needle type semi-conductor pressure transducer MPN-3. The discs were classified into 4 groups, that is, 15 discs in normal, 16 in slight, 36 in moderate and 10 in severe degenerated disc.

In normal discs the pressure indicated 3.17 ± 0.59 kg/cm² in supine position. With sitting position, the pressure went up indicating 4.41 ± 0.79 kg/cm² in neutral, 5.9 ± 1.1 kg/cm² in flexion, 9.3 ± 1.62 kg/cm² in extension, 3.9 ± 0.88 kg/cm² in right lateral bending, 5.3 ± 1.08 kg/cm² in left lateral bending, 3.95 ± 0.89 kg/cm² in right rotation and 5.22 ± 1.08 kg/cm² in left rotation.

As degeneration of the discs progressed, the intradiscal pressure decreased. The pattern of changes of the pressures in flexion-neutral-extension position varied in the degenerated discs, and most of the pattern were extension > neutral > flexion or flexion > neutral > extension.

Author also measured intradiscal pressure when cervical traction with head halter traction was applied.

In normal discs (6 discs) the pressure went down as the weight of traction increased and rate of decrease in the pressure was larger in 0→6 kg. When 10 kg of weight of traction was applied, the pressure indicated 43% of that of pretraction in normal discs and showed "Zero" in most degenerated discs in supine position.

The pressure went up as the weight of traction decreased, and were much more increased in 4 kg→0. When weight was all removed, intradiscal pressure recovered 85.7% of that of pretraction in normal discs, 73.7% in degenerated discs in supine position.

In sitting position, tendency of increasing or decreasing of intradiscal pressure was the same as that of supine position, and when 10 kg of weight of traction was applied, the pressure indicated

Key words: Intervertebral disc, Intradiscal pressure, Cervical spine, Semi-conductor pressure transducer, Cervical halter traction.

索引語：椎間板，椎間板内圧，頸椎，半導体圧力変換器，頸椎牽引。

Present address: Department of Orthopaedic Surgery, Yamaguchi University School of Medicine, Ube, Yamaguchi, 755, Japan.

56.5% of that of pretraction in normal discs, 33% in degenerated discs.

When weight was all removed, intradiscal pressure recovered 89% of that of pretraction in normal discs, 84.8% in degenerated discs.

目 次

- 緒 言
- I 文献的概説
- II 対 象
1. 安静および運動時の椎間板内圧測定対象
 2. 頸椎牽引時の椎間板内圧測定対象
- III 方 法
1. 測定装置
 - a 椎間板内圧測定装置
 - b 記録装置
 - c 頸椎牽引装置
 2. 測定方法
 - a 安静および運動時の椎間板内圧測定
 - b 頸椎牽引時の椎間板内圧測定
- IV 成 果
1. 安静および運動時の頸椎椎間板内圧の測定結果
 - a 正常頸椎椎間板内圧
 - b 軽度変性椎間板内圧
 - c 中等度変性頸椎椎間板内圧
 - d 高度変性頸椎椎間板内圧
 - e 頸椎椎間板ヘルニア椎間の椎間板内圧
 2. 頸椎牽引時の頸椎椎間板内圧
 - a 水平牽引
 - b 垂直牽引
- V 考 按
- 結 語
- 文 献

緒 言

椎間板は、上・下の椎体の軟骨板の間に形成された線維軟骨組織であり、線維輪とその中に封入された髄核により構成され、脊椎の支持および円滑な運動を司り、荷重に対する緩衝作用をする。

こうした椎間板の正常な機能は、ゲル構造の髄核の膨潤圧と線維輪組織の弾力性支持により営まれる。髄核はその中に含まれるムコ多糖蛋白複合体の強い水親和性のもとに、1958年 Hendry のいう膨潤 (imhibition) により水分吸収をはかることにより、椎間板に

は常に内圧が存在する。更に、髄核の約80%が水分であるので Cailliet⁷⁾ によれば、上・下の椎体、および周囲の線維輪により形成された容器の中では油圧システムの特徴をそなえ「閉じこめた液体のある部位へ外力を加えると容器内のすべての部位へ、外力を減ずることなく、そのまま伝導されるという、Pascal の法則に従うし、また Armstrong⁸⁾ (1958) によれば髄核は圧力に対して他の流体と同様にすべての方向に均等な圧を伝えうるとされる。しかしこうした特性も髄核の変性の程度により異なり Nachemson⁴⁹⁾ によれば、高度変性の椎間板ではこうした髄核の hydrostatic な特性が失なわれるといわれる。頸部脊椎骨軟骨症の基盤をなす椎間板変性^{17,18,19,33)} と椎間板内圧とは密接な関係にあることは、推測されているが、実際の内圧測定は、手技上の問題から、いまだほとんど報告をみないのが現状である。著者は頸椎骨軟骨症の研究の一環として、頸椎椎間板内圧を測定した。

測定には半導体小型圧力変換器 MPN-3 を用い、背臥位中間位、坐位中間位、前・後屈、左・右の側屈および回旋時の椎間板内圧を測定することにより、頸椎の正常あるいは中等度変性までの変性椎間板と、体位、頸椎の運動との関連性を検討し、さらに水平および垂直牽引時の椎間板内圧を測定し、その重錘との関係についても考察を加えたので報告する。

I 文献的概説

椎間板の研究は古く、1555年 Versalius の椎間板異常についての記載にはじまり、現在まで種々の方面よりの検索がなされて来ている。すなわち、1838年 Key, 1857年 Virchow, 1858年 Luschka らは椎間板の後方突出や脱出を報告、1928年 Schmorl⁶⁷⁾ は広汎な病理解剖学的研究を、1934年 Mixter & Barr⁴⁰⁾ は、後方軟骨結節を椎間板ヘルニアと記載、Love³⁶⁾, O'connel 等⁴⁹⁾ により、手術症例の報告がなされ、本邦では1932年、東・市原による「椎間軟骨結節」の手術例の報告にはじまり、前田³⁷⁾、岩原²⁵⁾、天兒、神中、光安、近藤、山田等の諸家の発表がなされた。1946年、近藤⁵³⁾ は日本外科学会で宿題報告「坐骨神経痛」を発表した。それ以後腰椎椎間板に関する基礎的および臨床的研究

が多数報告された。

頸椎では、近藤³⁹⁾らの1961年日本整形外科学会の宿題報告「頸部脊椎骨軟骨症」以後基礎的および臨床的研究が数多く発表されている。

脊椎椎間板に関する基礎的研究は病理学的研究にはじまり、組織学的研究¹⁰⁾、バイオメカニクスの研究^{15, 31)}、さらに電子顕微鏡的研究、生化学的研究へと発展して行った。

1951年 Sylvén⁷⁰⁾、Paulson らにより、電子顕微鏡による超微細構造の研究がなされて以来、本邦では、戸田⁷⁴⁾、小田⁵⁶⁾、渡辺⁷⁸⁾、平田²²⁾等が電顕を用いての病理組織学的研究を行っている。

一方、生化学的研究は、1930年 Püschel⁶²⁾、1932年 Keys and Compere³⁰⁾の含水量の研究にはじまるといえよう。ともに正常椎間板の髄核では新生児期には88%の含水量を有し、加齢と共に次第に減少し、80才では約70%になるとのべている。その後1948年 Meyer³⁹⁾は髄核中にヒアルロン酸の存在を示唆して以来 Sylvén⁷⁰⁾ (1951)、Malmgren³⁸⁾ (1952)、Hall¹³⁾ (1957)、本邦では小田³⁷⁾ (1959)、岡野⁶⁰⁾ (1960)、井上²⁴⁾ (1962)等により髄核中のムコ多糖類の定量等の研究がなされ、東⁴⁾ (1978)は電顕的に椎間板のムコ多糖類の検索を行った。

椎間板内圧の測定による椎間板の生理学的検索は、1956年 Naylor & Smare⁴⁸⁾によって初めてなされた。彼等は mercury manometer を用いて、29症例の屍体より採取した L_{1,2} から L_{5,6} までの137椎間板の内圧を測定した。その結果は椎間板内圧はまちまちで 2.1～3.16 kg/cm² を記録するものが多く、60才以上の高齢者では椎間板内圧も減少の傾向が強いと報告し、さらに椎間板内圧は、①ムコ多糖蛋白複合体の量、②髄核の Proteingel の濃縮、③髄核内腔の広さ、④線維輪の弾力性によって影響されるとのべている。

1960年 Nachemson⁴³⁾は polyethylene 膜で被包された小窓を有する細管を髄核内に刺入し、その開窓部に感ずる椎間板内圧を液体を介して導出し、体外の transducer により計測する方法で38屍体、121椎間板の内圧を測定した。その後、彼はこの方法で生体の椎間板内圧を測定し、一連の報告を行なっている。

しかし髄核内の受感部と体外の transducer との間にかかなりの距離があることや、液体を介していること等により、椎間板内圧の変化と測定値の間に時間的な“ずれ”を生じる危険性が大きく、また動作時に transducer の面には、内圧とともに、上・下動により

変化する水圧をうけることになり、動的計測には、適さないとして、本邦では1965年、水野等⁴¹⁾が、半導体感圧素子を先端部に封入し、その周囲をシリコンオイルで被覆したものと、水を満し、周囲を Vinyl 膜で被覆したものの2種類の transducer を考案し、これらを直接髄核内に刺入することにより、3屍体6椎間板と椎間板ヘルニア3症例4椎間板の生体での椎間板内圧をはじめ測定した。しかし、温度に対する不安定性を避けることが出来なかった。1970年、奥島⁶¹⁾は、独自に Vinyl 膜被包針を作製、Nachemson と同様の測定方法で、水を介することにより、83椎間板の椎間板内圧を測定した。彼はその報告の中で、正確な椎間板内圧を測定するためには transducer を直接髄核内に刺入する必要があるとして、直径0.3mmの transducer の作製を試みたが、技術的な問題で断念し、将来、transducer を直接髄核内に挿入出来ることを期待した。

同年、兼松²⁸⁾は、豊田中央研究所、五十嵐伊勢美等により開発された半導体小型変力変換器 MPN-3 を用いて、13屍体26椎間板の椎間板内圧を測定し報告した。この MPN-3 は先端1cmの部分に transducer を埋込み、この部分を直接髄核内に刺入することが出来ると共に、P型とN型ゲージの組合せにより、温度に対する不安定性を解消させた。

さらに1971年、杉浦⁶⁹⁾は、この MPN-3 を使用して32症例、46椎間板の運動時の椎間板内圧を測定し、動的測定が可能であることを立証した。

1973年、後藤¹²⁾は、この MPN-3 を用いて23症例、23椎間板のコルセット装着時の椎間板内圧を測定した。一方、1971年、有田²⁾等は椎間板造影時の注入圧により、63椎間板の内圧を測定報告した。

上述したこれらの内外の報告は、全て腰椎の椎間板内圧に関するもので、頸椎の椎間板内圧の測定は、1976年、斉藤⁶³⁾により初めて報告された。彼は半導体小型圧力変換器 MPN-3 を用いて14症例、32椎間板の頸椎椎間板内圧を測定し報告した。

II 対 象

1. 安静および運動時の頸椎椎間板内圧測定対象

昭和51年3月より頸部に愁訴を持ち山口大学整形外科を受診、入院精査加療をした51症例、83椎間に頸椎の椎間板内圧の測定を行った。

症例は、男性38例、女性13例、年齢は最年少16才から最年長65才までで、平均42.0才である。測定椎間は、

Table 1. Level of the disc measured

C ₃₋₄	4 discs
C ₄₋₅	19
C ₅₋₆	37
C ₆₋₇	23
total	83

C₅₋₆ が最も多く37例、ついで C₆₋₇ 23例、C₄₋₅ 19例、C₃₋₄ 4例の順で (Table 1)、疾患別では、頸椎脊椎骨軟骨症性脊髄症状例が25症例、39椎間と最も多く、同神経根症が、8症例13椎間、頸椎椎間板ヘルニア6症例12椎間と、頸部脊椎骨軟骨症と、頸椎椎間板ヘルニアの症例が全症例の76.5%、測定椎間の77.1%を占める。ついで頸部捻挫等の外傷が7症例14椎間、脊髄腫瘍2症例2椎間、その他3症例3椎間であった (Table 2)。

2. 頸椎牽引時の頸椎椎間板内圧測定対象

昭和53年3月より、山口大学整形外科にて入院精査加療したうちの13症例、20椎間で、男性12例、女性1例、年齢は16才から61才まで、平均39才で、測定椎間は C₄₋₅ 3例、C₅₋₆ 9例、C₆₋₇ 8例である。

Table 2. Materials

cervical spondylotic myelopathy	25 cases	39 discs
cervical spondylotic radiculopathy	8	13
cervical disc herniation	6	12
trauma	7	14
spinal tumor etc.	5	5
total	51	83

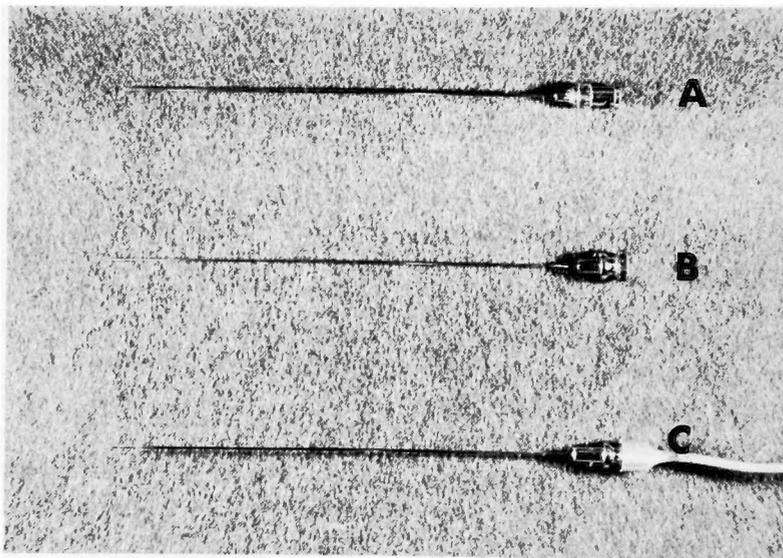
III 方 法

1. 測定装置

a. 椎間板内圧測定装置

椎間板内圧の検査には、豊田中央研究所五十嵐伊勢美等により開発された半導体小型圧力変換器 MPN-3 を用いた (Fig. 1)。

本器は、長さ126mmの注射針型で、直径1.2mmの外筒針とマンドリン及び直径0.8mmの検出器により構成されている。圧力検出器は、半導体素子によるピエゾ抵抗効果を利用したもので先端より1cmの部に Wheatstone bridge の出力回路が組み込まれている。この部の細部構造を更に詳細にみると、P型、N型の



A: trocar
B: mandrin
C: semi-conductor pressure transducer

Fig. 1. Needle type semi-conductor pressure transducer MPN-3

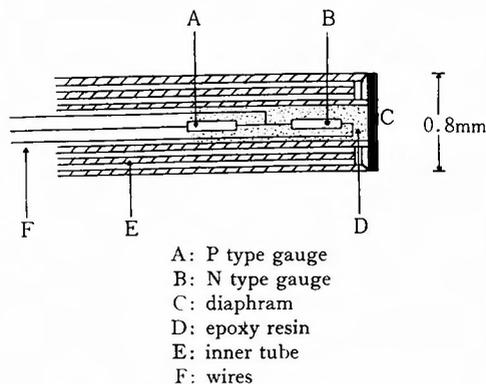


Fig. 2. Details of semi-conductor pressure transducer

各ゲージが硬質接着剤により、ガラス円筒中に埋め込まれ、その一端は固定され、他の一端は、厚さ 0.01 mm の diaphragm に接着され、この先端の受感部は、2 種の金属円筒により保護されることにより曲げの影響を除去するように工夫されている (Fig. 2)。また半導体は温度によってその特性が変化しやすいので、P 型と N 型ゲージを組み合わせることにより 20°C~40°C 間では、零点移動温度特性が 1°C あたり full scale の 0.15 % に補償されている。

圧力-出力電圧特性は、Fig. 3 に示すように 30 kg/cm² までは直線的に変化することが確認されている。

本圧力検出器は、目的とする椎間板の髄核内に刺入され、diaphragm の面で椎間板内圧を直接とられるので、diaphragm まで液体を介して椎間板内圧を測定する方法に比較して動的な内圧測定には、極めて適している。

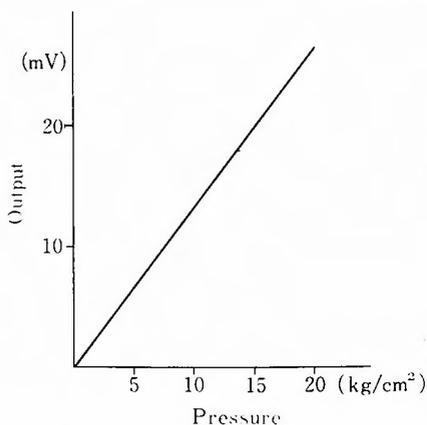


Fig. 3. Pressure/output voltage characteristic of this pressure transducer

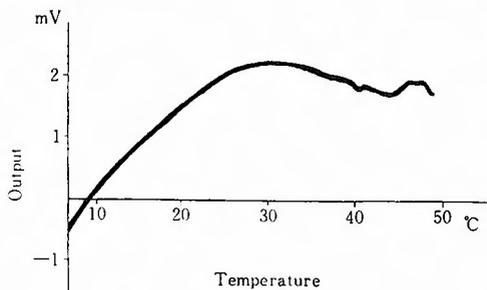


Fig. 4. Sensibility-temperature characteristic of this pressure transducer

るといえる。しかし、椎間板内圧を直接 diaphragm の面にとらえるために、diaphragm の面も狭く、うけた圧力も増幅しなければならない。そこで圧力検出器でうけた圧力を豊田工機製 AA-1131 直流増幅器にて増幅した。

室温 24°C にて得られた椎間板内圧は mV (出力電圧) の測定値を圧力-出力電圧特性表 (Fig. 3) にて kg/cm² (圧力) に換算し、かつ温度特性曲線 (Fig. 4) にてより補正した。

b. 記録装置

渡辺測器製 multiple corder MC 611 を用いて chart-speed 30 cm/min にて、渡辺測器製 sp216-B 記録紙に記録した。

c. 頸椎牽引装置

グリソン係蹄及び通常頸椎あるいは骨盤牽引に使用する重錘 1 kg, 10個を使用した。

2. 測定方法

a. 安静、運動時の頸椎椎間板内圧測定

患者を X 線テレビ透視台上に背臥位とし、X 線透視下右胸鎖乳突筋内縁より、ガス滅菌消毒した半導体小型圧力変換器 MPN-3 の注射針型のマンドリンを挿入した外筒針を目的とする椎間板内へ刺入する。直ちに X 線撮影を施行し、良好な位置に刺入されているのを確認した後、マンドリンを抜去し、圧力検出器を挿入して、背臥位中間位の椎間板内圧を測定する。その後、透視台を垂直とし、坐位中間位の椎間板内圧を測定する。更に頸椎を前・後屈、左・右へ側屈、回旋させ、各姿勢の 30° にてその間の椎間板内圧を測定した (Fig. 5)。なお、測定時の室温は 24°C に維持した。

椎間板内圧を測定した後、同外筒針を用いて椎間板



Fig. 5. Measurement of cervical intradiscal pressure at flexion in sitting position

造影を施行，造影剤には60%ウログラフィンを使用した。

b. 頸椎牽引時の頸椎椎間板内圧測定

患者をX線透視台上に背臥位とし，半導体小型圧力

変換器の注射針型のマンドリンを挿入した外筒針を，右胸鎖乳突筋内縁より刺入，X線撮影により良好な位置に刺入されていることを確認後，マンドリンを抜去し，圧力検出器を挿入，背臥位中間位の椎間板内圧を測定した。その後，ガス滅菌消毒をしたグリソン保跡を装着し，水平牽引を施行 (Fig. 6)，重錘を10kgまで，1kgごとに漸増し，さらに10kgより1kgごとに重錘を漸減し，その間の椎間板内圧を測定した。ついで，透視台を垂直とし (Fig. 7)，水平牽引と同様に10kgまで，さらに10kgより重錘を1kgごとに漸増，漸減させ，その間の椎間板内圧を測定した。なお，重錘の増減に際しては1kgごとに20秒間以上の間隔をあげた。

椎間板内圧を測定後，同外筒針を用いて椎間板造影を施行した。

IV 成 果

1. 安静時および運動時の頸椎椎間板内圧

半導体小型圧力変換器 MPN-3 を用いて得られた51症例，83椎間板では，その測定椎間板の、頸椎単純X線所見，椎間板造影所見，さらに，前方固定術を施行した症例では，剔出椎間板の肉眼および組織学的所見を総合的に検討し，その変性の程度を決定した。

すなわち，頸椎単純X線所見では，椎間板狭小，前棘，後棘，鈎椎結合の変化，不安定性等を調べ，その程度により，正常と軽度，中等度，高度変化に分けた。

椎間板造影所見では，注入時の圧の程度および造影

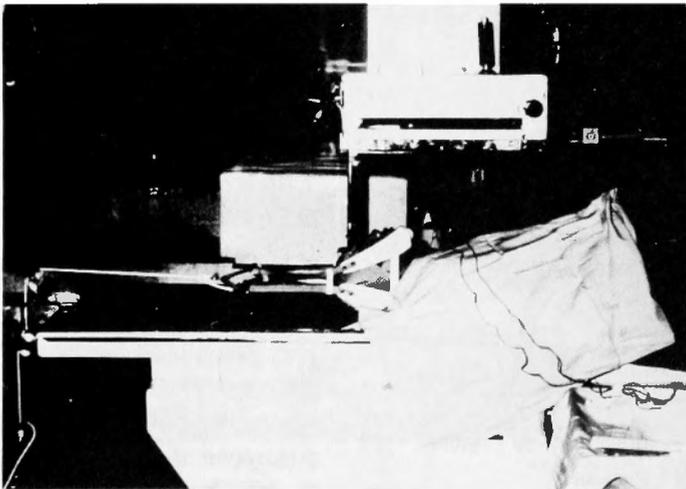


Fig. 6. Measurement of cervical intradiscal pressure on horizontal halter traction (neutral in supine position)

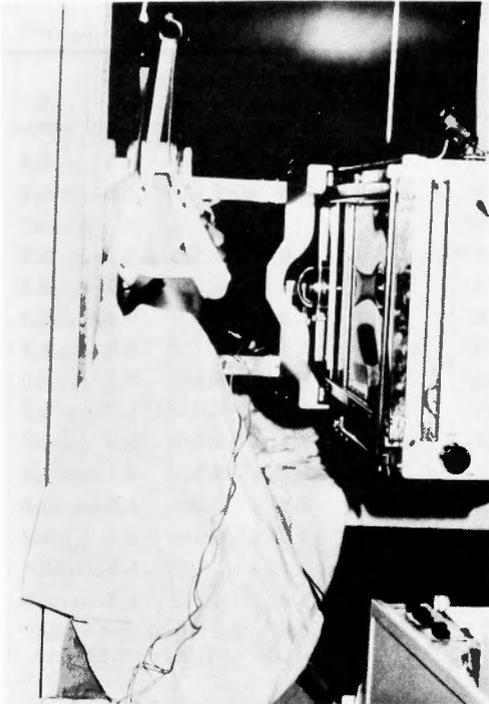


Fig. 7. Measurement of cervical intradiscal pressure on vertical halter traction

所見により、正常と軽度、中等度、高度変性ならびに椎間板ヘルニアに分類した (Fig. 8).

前方固定術を施行した症例では、手術時剔出した椎間板の色調、含水性、弾力性等の肉眼所見と、組織学的には HE 染色にて軟骨細胞の数、アルシアンブルー染色ではムコ蛋白多糖体の量、Azan 染色では、膠原線維の量を観察し、総合的に正常と軽度、中等度、高度変性に分類すると共に、椎間板ヘルニア症例では脱出遊走せる髓核を剔出確認した。

以上、頸椎単純 X 線所見、椎間板造影所見、剔出椎間板の所見の全てを総合して、各椎間板を正常と軽度、中等度、高度変性に分け、各々の椎間板内圧と比較検討した。

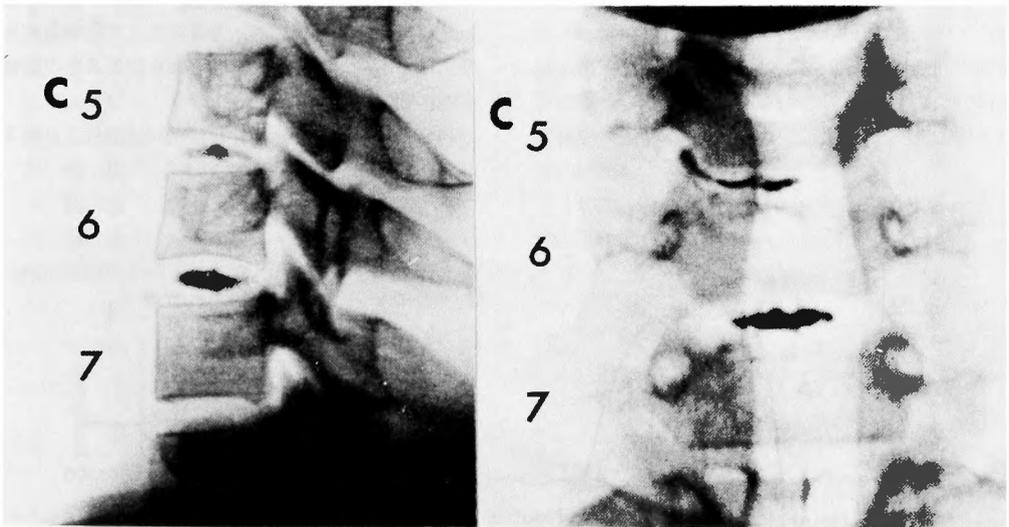
a. 正常頸椎椎間板内圧

頸椎単純 X 線にてほとんど変形性変化を認めず、椎間板造影にて注入圧が高く、造影所見も髓核部に限局した正常像を示した椎間板は13症例、15椎間板であった。

男性が11症例、13椎間板と多く、年齢は16才から56才まで、平均28.7才で、測定椎間高位は C₅₋₆ が6例と最も多く、C₄₋₅、C₆₋₇ が各4例とこれにつぐ。

椎間板内圧の平均値は (Table 3),

背臥位中間位	3.17 ± 0.59 kg/cm ²
坐位中間位	4.41 ± 0.79 kg/cm ²
前屈位	5.9 ± 1.1 kg/cm ²
後屈位	9.28 ± 1.62 kg/cm ²
右側屈位	3.92 ± 0.88 kg/cm ²



C5-6 slightly degenerated
C6-7 normal

Fig. 8. Discography (HIRAI)

Table 3. Normal intradiscal pressure

(kg/cm²)

	age	level	Sitting posit.							
			Supine posit. neutral	neutral	flexion	extension	rt. lat. bending	lt. lat. bending	rt. rotation	lt. rotation
Tanaka	36	C ₃₋₄	3.6	5.3	7.0	9.0	2.4	5.6	3.5	5.6
Takagi	28	C ₄₋₅	4.0	5.5	6.8	8.3	3.8	6.0	3.8	6.4
Takamatsu	29	//	3.4	5.7	6.4	9.1				
Yoshitomi	56	//	2.7	3.5	3.8	7.7	4.0	5.6	2.1	5.6
Yamauchi	16	//	3.9	5.2	7.3	13.3	4.3	5.9	5.9	5.1
Kawakami	29	C ₅₋₆	3.0	4.1	5.3	9.0	4.5	6.8	3.4	6.4
Tanaka	27	//	3.2	4.4	7.0	12.1	4.4	4.1	3.8	4.4
Yokota	22	//	2.5	3.5	4.5	9.4	4.4	6.2	3.5	5.0
Nishimura	36	//	3.2	4.7	6.5	9.5	4.5	6.0	4.2	6.1
Yamauchi	16	//	2.8	3.2	5.1	8.7	3.1	3.8	3.3	4.5
Gotoh	16	//	2.3	3.8	5.1	7.1	2.7	4.3	4.1	3.4
Akimoto	56	C ₆₋₇	2.4	3.7	5.0	9.5	3.8	3.8	3.8	3.8
Hirai	20	//	2.8	4.1	7.3	9.7	5.7	6.5	4.4	6.3
Kurashige	27	//	3.9	4.8	5.9	9.4			5.2	6.6
Gotoh	16	//	3.9	4.7	5.9	7.4	3.4	4.3	4.3	3.9
average			3.17±0.59	4.41±0.79	5.9±1.1	9.3±1.62	3.9±0.88	5.3±1.08	3.95±0.89	5.22±1.08

- 左側屈位 5.3 ± 1.08 kg/cm²
- 右回旋位 3.95 ± 0.89 kg/cm²
- 左回旋位 5.22 ± 1.08 kg/cm²

坐位中間位では、背臥位中間位の1.4倍に椎間板内圧は上昇し、さらに、前・後屈では前屈位、後屈位が各々背臥位中間位の1.9倍、2.9倍を記録し、後屈位>前屈位>中間位の圧変動の pattern を示す (Fig. 9).

側屈、回旋では右側屈、右回旋に比し、左側屈、左回旋の方がいずれも椎間板内圧は高値を示したが、これは右胸鎖乳突筋の内縁より、半導体小型圧力変換器

を刺入しており、この右の胸鎖乳突筋の緊張方向の内圧が上昇していることから軽度ながら曲げの影響が加わったものと考えられる。

b. 軽度変性頸椎椎間板内圧

頸椎単純X線所見にてほとんど変形性変化がないか、あるいは軽度の椎間板狭小や前棘形成が存在し、椎間板造影では注入圧は高く、造影所見にて片側の鈎椎結合部に膨出や、軽度の後方膨隆像を認めるものを軽度変性椎間板とした。

14症例16椎間板で、男性11症例13椎間板、女性3症

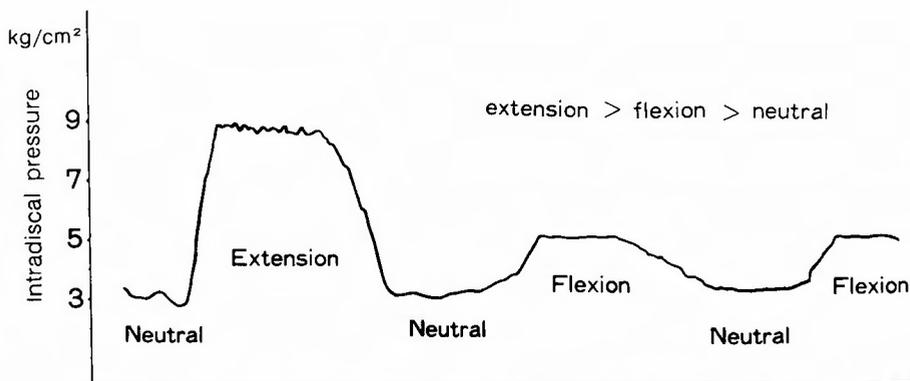


Fig. 9. Normal intradiscal pressure (YAMAUCHI C5-6)

Table 4. Intradiscal pressure in slightly degenerated discs

(kg/cm²)

	age	level	Supine posit.	Sitting posit.							
			neutral	neutral	flexion	extension	rt. lat. bending	lt. lat. bending	rt. rotation	lt. rotation	
Nomura	48	C ₃₋₄	2.1	2.4	0.6	4.4	1.8	1.8	1.5	2.1	
Yoshitomi	56	//	1.8	3.0	0.9	5.3	0.3	1.2	1.2	0.3	
Hanada	27	//	1.0	2.0	2.6	4.1			2.3	2.6	
Takada	42	C ₄₋₅	1.8	2.6	2.0	4.4	0.3	2.3	5.1	5.1	
Someya	46	//	1.5	3.2	5.9	1.5	1.5	4.7			
Hanada	27	//	1.5	2.6	1.5	5.1					
Tanaka	35	//	2.3	3.0	4.5	5.3					
Takagi	28	C ₅₋₆	3.0	3.8	0.6	3.8	0.6	3.0	2.0	2.5	
Kijima	54	//	1.5	2.1	1.5	6.8	1.2	3.0	0.9	3.5	
Murata	57	//	2.7	4.1	5.6	3.5	1.2	3.0	2.4	4.1	
Hamada	44	//	2.4	3.8	1.8	2.4	2.4	6.8	2.4	6.8	
Takamatsu	29	//	2.2	3.5	1.5	4.8	3.0	1.2	5.9	5.0	
Hirai	20	//	1.5	2.7	1.5	3.5	2.7	2.4	2.1	1.5	
Nishimura	55	C ₆₋₇	2.1	3.7	0.3	4.2	3.2	1.6	3.7	0.6	
Nomura	48	//	3.0	4.1	2.1	8.0	1.8	5.3	4.4	5.3	
Yamamoto	41	//	2.0	3.9	2.4	5.0					
average			2.03±0.57	3.16±0.7	2.2±1.7	4.51±1.54	1.67±1	3.03±1.74	2.83±1.59	2.93±2.05	

例3 椎間板, 年齢は20才から57才まで, 平均41.1才で, 測定椎間高位は C₅₋₆ が6例と最も多く, C₄₋₅ が4例, C₃₋₄, C₆₋₇ が各3例であった。

軽度変性椎間板内圧の平均値は (Table 4),

- 背臥位中間位 2.03±0.57 kg/cm²
- 坐位中間位 3.16±0.7 kg/cm²
- 前屈位 2.2 ±1.7 kg/cm²
- 後屈位 4.51±1.54 kg/cm²
- 右側屈 1.67±1.0 kg/cm²
- 左側屈 3.03±1.74 kg/cm²
- 右回旋 2.83±1.59 kg/cm²
- 左回旋 2.8 ±1.67 kg/cm²

で全体的に椎間板内圧は正常より低下するが, なかで

も前屈位の低下が著しく, 坐位中間位よりも低値を記録した。

前・後屈では, 正常の後屈位>前屈位>中間位とは異なり, 後屈位>中間位>前屈位の pattern をとるものが多い (Fig. 10)。

c. 中等度変性頸椎椎間板内圧

単純X線所見にて軽度の骨棘形成や, 椎間板狭小, 不安定等を認め, 椎間板造影では注入圧はやや弱く, 両側の鈎椎結合部からの膨出や, 後方膨隆像を示し, 剔出椎間板は, やや光沢を失っているものの含水性は保たれ, 充分軟かく線維輪との境界が識別でき, 組織学的には軟骨細胞の減少, 合胞化や粘液多糖体の減少と線維化が認められるものを中等度変性椎間板とした。

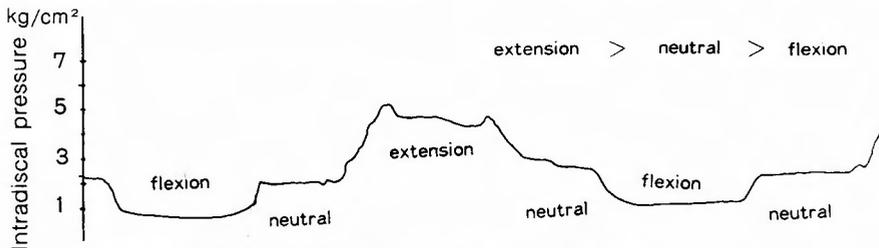


Fig. 10. Intradiscal pressure in slightly degenerated disc (NOMURA C3-4)

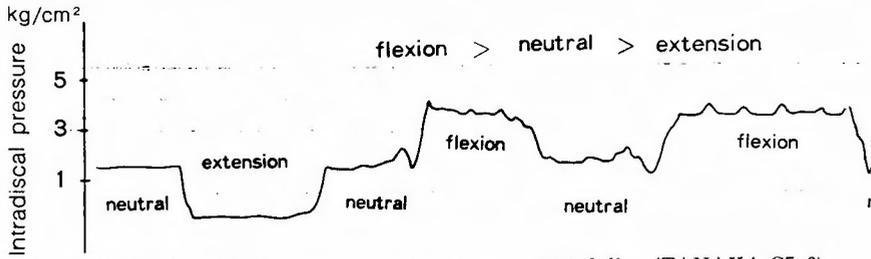


Fig. 11. Intradiscal pressure in moderately degenerated disc (TANAKA C5-6)

29症例, 36椎間板で男性19症例24椎間板, 女性10症例, 12椎間板で, 年齢は28才から60才まで, 平均45.9才, 測定椎間高位は C₅₋₆ が最も多く17例, ついで C₆₋₇ 10例, C₄₋₅ 9例であった.

中等度変性椎間板内圧の平均値は (Fig. 11).

- 背臥位中間位 1.1 ± 0.38 kg/cm²
- 坐位中間位 2 ± 0.7 kg/cm²
- 前屈位 2.16 ± 1.59 kg/cm²
- 後屈位 1.85 ± 1.45 kg/cm²
- 右側屈 1.12 ± 1.18 kg/cm²
- 左側屈 1.79 ± 1.44 kg/cm²
- 右回旋 1.54 ± 1.04 kg/cm²
- 左回旋 2.34 ± 1.22 kg/cm²

で, 軽度変性よりさらに椎間板内圧は低下し, 平均値では, 前・後屈位の変動域も著明に低下しているが, これは前・後屈運動時の椎間板内圧の pattern が, 中等度変性36椎間板中, 前屈位 > 中間位 > 後屈位の pattern を示すものが14椎間板, これと正反対の後屈位 > 中間位 > 前屈位の pattern を示すもの (Fig. 11) が12椎間板とほぼ同数で, かつこの両者が全体の72%を示めることによる (Table 5).

ちなみに, 前屈位 > 中間位 > 後屈位の pattern の椎間板内圧は, 坐位中間位 1.9 ± 0.58 kg/cm², 前屈位 3.56

± 1.1 kg/cm², 後屈位 0.8 ± 0.5 kg/cm² であり, 後屈位 > 中間位 > 前屈位の pattern の椎間板内圧は, 坐位中間位 2.02 ± 0.57 kg/cm², 前屈位 0.72 ± 0.67 kg/cm², 後屈位 3.01 ± 0.93 kg/cm² と明らかに2つの pattern を認める (Fig. 12) が, 平均すれば平坦な圧変動を示すことになっている (Fig. 18).

d. 高度変性頸椎椎間板内圧

頸椎単純X線にて中等度以上の変形性変化を認め, 椎間板造影では注入時の抵抗は弱く, 髓核部は線状や網目状で, かつ両側の鈎椎結合部および後方膨隆像を示し, また, 剔出髓核は全体に光沢, 軟性ともに乏しく線維輪との境界は不明瞭で, 組織学的には軟骨細胞の減少, ムコ多糖体の著明な減少を認めるものを高度変性椎間板とした.

10症例, 10椎間板で, 男性9例, 女性1例, 年齢は42才から65才まで, 平均51.6才で測定椎間板高位は, C₆₋₇ が最も多く6例, ついで C₅₋₆ 3例, C₄₋₅ 1例であった. 術中に行った生食水を椎間板に注入した時の抵抗は著しく少なく, 内圧は極めて低いと思われた. 諸家により, 腰椎の高度変性椎間板では, その hydrostatic な特性が失なわれているといわれているが, 著者の検査にて椎間板内圧は著しく低下しており, 針先の移動にて, 微妙に内圧の変動を認めるので, 今回

Table 5. Pattern of intradiscal pressure and disc degeneration

	normal discs	slight disc	moderate discs
extension > flexion > neutral	15	2	3
extension > neutral > flexion		11	12
flexion > extension > neutral			3
flexion > neutral > extension		2	14
neutral > extension > flexion		1	2
neutral > flexion > extension			2

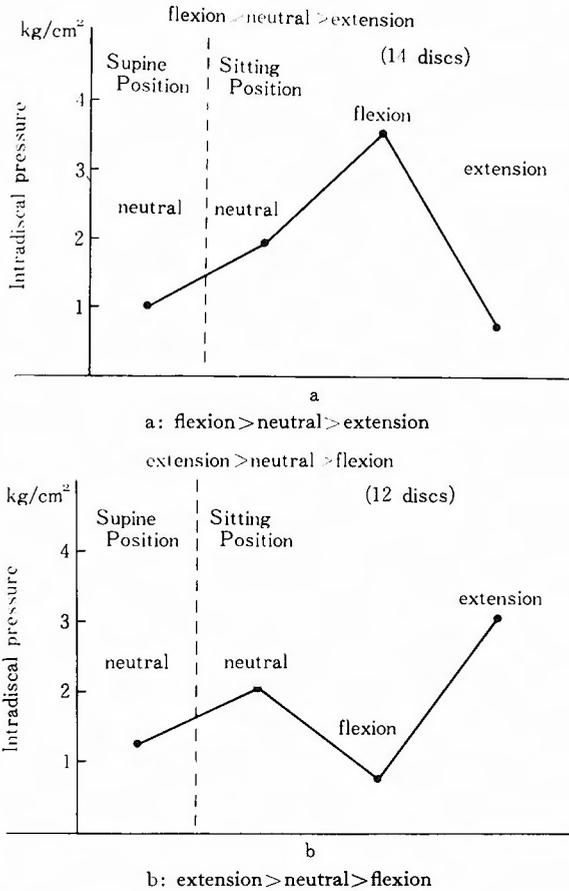


Fig. 12. The pattern of intradiscal pressure in moderately degenerated discs

は椎間板内圧の評価はできなかった。

e. 頸椎椎間板ヘルニア椎間の椎間板内圧

後方線維輪を越えて髄核が脱出したものを頸椎椎間板ヘルニアとし、手術にて確認しえたのは6症例、6椎間板であった。

男性5例、女性1例、年齢は、27才から61才、平均39.3才、ヘルニア椎間高位は、C₅₋₆が最も多く4例、C₁₋₅、C₆₋₇が各1例であった。このヘルニア椎間は、椎間板造影および手術中の肉眼所見ではほとんどの症例が中等度から高度に変性し、椎間板内圧でもほとんどが低値を示し、前・後屈では後屈位に高く、前屈位で低い pattern を呈する症例が多かった。

しかし、新鮮例では趣きを異にした。

27才男子(田中例)で発症後2週で入院精査という新鮮な椎間板ヘルニアの症例では、背臥位中間位 2.3 kg/cm²、坐位中間位 4.9 kg/cm²、後屈位 9.8 kg/cm² と

椎間板内圧は、ほぼ正常の高値を記録するも、前屈位では -2.3 kg/cm² と負の内圧を示す特異な pattern を示した (Fig. 13)。

2. 頸椎牽引時の頸椎椎間板内圧

水平牽引および垂直牽引時に椎間板内圧を測定した20椎間板は、既述の如く椎間板の変性度を判定した。その結果、正常は6椎間板、軽・中等度変性は10椎間板、高度変性は4椎間板であった。そこで、hydrostaticな特性を持つといわれる中等度変性までの16椎間板につき検討した。

a. 水平牽引

グリソン係蹄を装着後、重錘を1kgごとに10kgまで漸増、その後1kgごとに0まで漸減した。水平牽引時の椎間板内圧はTable 6のごとくで、重錘の増加につれ椎間板内圧は次第に低下する。

正常6椎間板では、重錘を漸増するにつれて牽引前

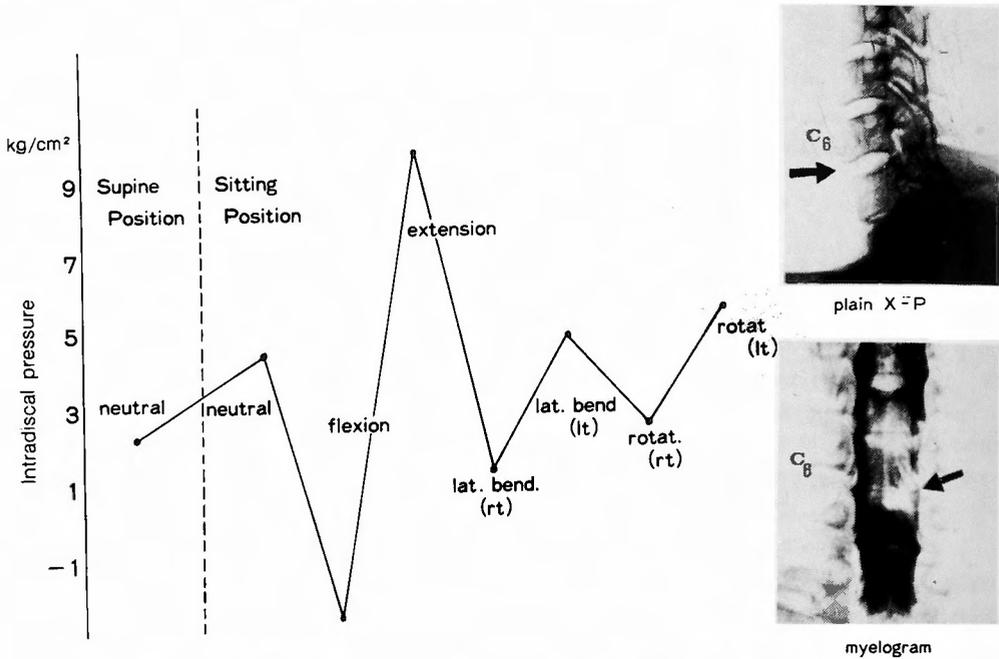


Fig. 13. Intradiscal pressure in herniated disc (27 years old male, Tanaka)
 Intradiscal pressure was showed negative pressure at flexion

の椎間板内圧は $3.5 \pm 0.22 \text{ kg/cm}^2$ 、5 kg 牽引時 $2.1 \pm 0.29 \text{ kg/cm}^2$ 、6 kg 牽引時 $1.9 \pm 0.28 \text{ kg/cm}^2$ 、10 kg 牽引時 $1.5 \pm 0.31 \text{ kg/cm}^2$ で、5 kg、6 kg 牽引時までの低下の割合が大きく、10 kg 牽引時までの減少幅の70%は5 kg 牽引時に、80%は6 kg 牽引時に低下している。また10 kg 牽引時にも牽引前の43%の椎間板内圧を残

している (Table 6), (Fig 14)。

ついで、重錘を漸減すると、椎間板内圧は次第に上昇する。10 kg 牽引時 $1.5 \pm 0.31 \text{ kg/cm}^2$ 、4 kg 牽引時 1.9 ± 0.13 、重錘完全除去時 $3.0 \pm 0.25 \text{ kg/cm}^2$ と、重錘除去、4 kg 牽引まではあまり変化せず、以後急に椎間板内圧は上昇する。しかし、牽引の完全除去時に

Table 6. Intradiscal pressure in horizontal halter traction (kg/cm²)

weight	normal discs		slightly & moderately degenerated discs	
	weight increasing	weight decreasing	weight increasing	weight decreasing
0	3.5 ± 0.22	3.0 ± 0.25	1.9 ± 0.14	1.4 ± 0.17
1kg	3.1 ± 0.2	2.6 ± 0.32	1.6 ± 0.13	1.2 ± 0.14
2	2.8 ± 0.2	2.4 ± 0.27	1.4 ± 0.13	1.0 ± 0.12
3	2.5 ± 0.26	2.1 ± 0.22	1.1 ± 0.1	0.8 ± 0.11
4	2.4 ± 0.25	1.9 ± 0.13	0.8 ± 0.12	0.7 ± 0.11
5	2.1 ± 0.29	1.7 ± 0.17	0.7 ± 0.11	0.6 ± 0.1
6	1.9 ± 0.28	1.6 ± 0.21	0.6 ± 0.11	0.4 ± 0.1
7	1.8 ± 0.29	1.6 ± 0.24	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1
8	1.7 ± 0.27	1.5 ± 0.23	0.3 ± 0.09	0.2 ± 0.09
9	1.5 ± 0.24	1.5 ± 0.14	0.2 ± 0.08	0.2 ± 0.09
10	1.5 ± 0.31	1.5 ± 0.31	0.1 ± 0.08	0.1 ± 0.08

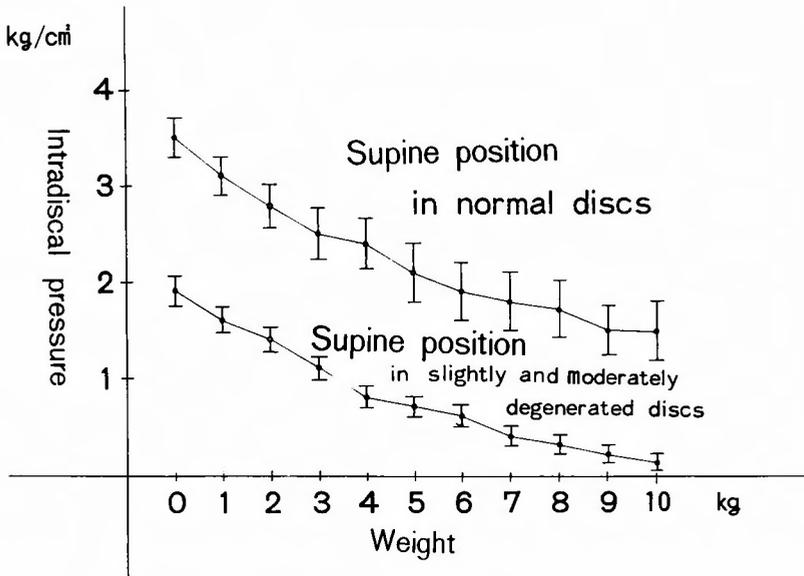


Fig. 14. In degenerated discs the intradiscal pressure went down more and sometimes showed "Zero" when 10 kg of weight was applied
Rate of decrease in the pressure of the normal discs was larger in 0 kg→6 kg

も牽引前の85.7%までの椎間板内圧を記録したのみで完全には復さなかった (Table 6).

軽・中等度変性10椎間板では、牽引前の椎間板内圧は、 $1.9 \pm 0.14 \text{ kg/cm}^2$ 、5 kg 牽引時 $0.7 \pm 0.11 \text{ kg/cm}^2$ 、6 kg 牽引時 $0.6 \pm 0.11 \text{ kg/cm}^2$ 、10 kg 牽引時 $0.1 \pm 0.08 \text{ kg/cm}^2$ と、5 kg 牽引時に 10 kg 牽引時までの減少幅の66.7%、6 kg 牽引時に72.2%の椎間板内圧の低下を

認め、10 kg 牽引時には、6 椎間板までが "0" の椎間板内圧を示した (Table 6). (Fig. 14).

重錘の漸減により、椎間板内圧は次第に上昇、10 kg 牽引時 $0.1 \pm 0.08 \text{ kg/cm}^2$ 、5 kg 牽引時 $0.6 \pm 0.1 \text{ kg/cm}^2$ 、4 kg 牽引時 $0.7 \pm 0.11 \text{ kg/cm}^2$ 、重錘除去時には、 $1.4 \pm 0.17 \text{ kg/cm}^2$ と、5 kg 牽引時より次第に内圧は上昇するも、重錘の完全除去時には牽引前の73.7%までの

Table 7. Intradiscal pressure in vertical halter traction

weight	(kg/cm ²)			
	normal discs		slightly & moderately degenerated discs	
	weight increasing	weight decreasing	weight increasing	weight decreasing
0	4.6 ± 0.19	4.1 ± 0.26	3.3 ± 0.36	2.8 ± 0.35
1kg	4.2 ± 0.22	3.6 ± 0.18	3.0 ± 0.41	2.2 ± 0.34
2	4.0 ± 0.1	3.3 ± 0.14	2.7 ± 0.44	1.8 ± 0.37
3	3.7 ± 0.16	3.0 ± 0.11	2.5 ± 0.48	1.5 ± 0.35
4	3.4 ± 0.15	2.8 ± 0.09	2.2 ± 0.47	1.4 ± 0.3
5	3.2 ± 0.11	2.8 ± 0.09	1.9 ± 0.43	1.3 ± 0.29
6	3.0 ± 0.1	2.7 ± 0.07	1.6 ± 0.33	1.2 ± 0.3
7	2.9 ± 0.08	2.7 ± 0.06	1.4 ± 0.31	1.2 ± 0.31
8	2.8 ± 0.01	2.6 ± 0.04	1.3 ± 0.3	1.2 ± 0.31
9	2.7 ± 0.05	2.6 ± 0.04	1.2 ± 0.3	1.2 ± 0.31
10	2.6 ± 0.04	2.6 ± 0.04	1.1 ± 0.31	1.2 ± 0.31

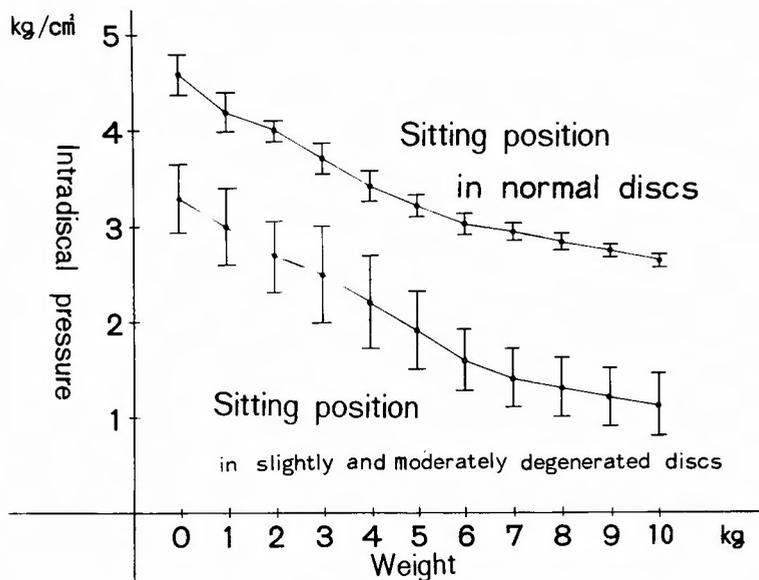


Fig. 15. Intradiscal pressure went down as the weight of traction increased. Rate of decrease was larger in 0 kg→6 kg

椎間板内圧の回復が認められ、完全に復することはなかった (Table 6).

b. 垂直牽引

垂直牽引時の椎間板内圧は Table 7 のごとくで、水平牽引時と同様に重錘の増加につれ、椎間板内圧は次第に低下する。

正常 6 椎間板では、牽引時 4.6 ± 0.19 kg/cm²、5 kg 牽引時 3.2 ± 0.11 kg/cm²、6 kg 牽引時 3.0 ± 0.1 kg/cm²、10 kg 牽引時 2.6 ± 0.04 kg/cm² で、水平牽引時と同様、5 kg、6 kg 牽引時までの低下の割合が大きく、10 kg 牽引時までの減少幅の 70% は 5 kg 牽引時に、80% は 6 kg 牽引時に低下している。10 kg 牽引時にも牽引前の 56.5% 椎間板内圧を残している。これは水平牽引時の 43% より明らかに多い (Table 7), (Fig. 15).

ついで、重錘を漸減すると、椎間板内圧は次第に上昇する。10 kg 牽引時 2.6 ± 0.04 kg/cm²、4 kg 牽引時 2.8 ± 0.09 kg/cm²、重錘完全除去時 4.1 ± 0.26 kg/cm² と、重錘漸減の 4 kg 牽引までは水平牽引時と同様にあまり変化せず、以後急に椎間板内圧は上昇する。また、牽引の完全除去時には、牽引前の 89% の値を記録、完全に復さなかった (Fig. 16).

軽・中等度変性 10 椎間板では、牽引前の椎間板内圧 3.3 ± 0.36 kg/cm²、5 kg 牽引時 1.9 ± 0.43 kg/cm²、6 kg 牽引時 1.6 ± 0.33 kg/cm²、10 kg 牽引時 1.1 ± 0.31 kg/cm² と、やはり水平牽引時と同様に、5 kg 牽引時に、10 kg 牽引時までの減少幅の 63.6%、6 kg 牽引時に、77.3% と、6 kg 牽引時までの低下の割合が多く、10 kg 牽引時にも 33% の椎間板内圧を残している (Table 7), (Fig. 15).

ついで、重錘の漸減により椎間板内圧は次第に上昇、10 kg 牽引時 1.1 ± 0.31 kg/cm²、4 kg 牽引時 1.4 ± 0.3 kg/cm²、重錘除去時には 2.8 ± 0.35 kg/cm² と、4 kg 牽引時まではあまり変化せず、以後急速に椎間板内圧は上昇する。また、重錘の完全除去時には、牽引前の 84.8% までの椎間板内圧の回復が認められ、完全に復することはなかった (Table 7).

V 考 按

ゲル状の髄核と、それをとり囲む輪状の線維輪により構成される椎間板が、脊柱の支持および運動に果たす役割は極めて大であるといえる。この椎間板の病的および加齢的变化は、椎間板の機能を低下させ、これにより脊柱の正常な運動の阻害や、椎間関節等の周辺骨組織に与える影響も大きい。

そこで、椎間板の正常な組織学的、機能的性質の解明および変性の程度を把握することは極めて重要であり、現在まで病理組織学的に、その構築学的変化^{4, 27, 58, 74, 78)}から、生化学的に含水性¹⁾、ムコ多糖類^{4, 57, 60, 70)}の

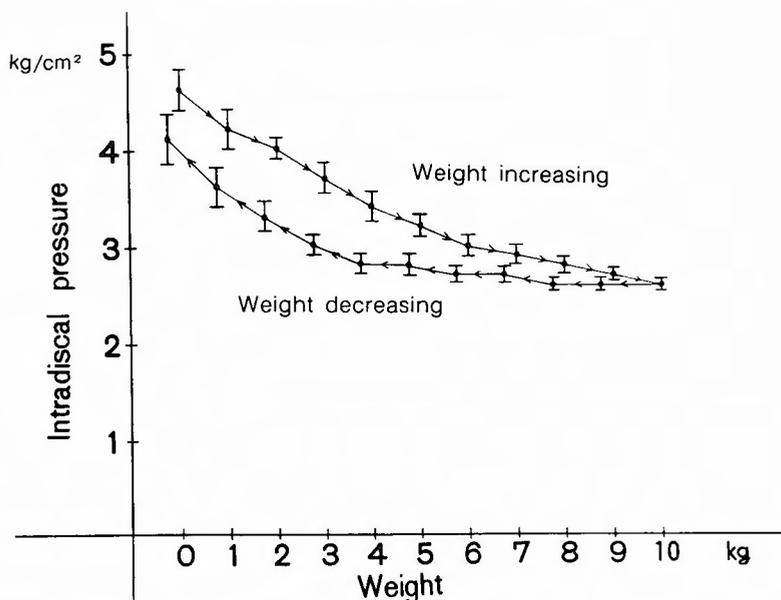


Fig. 16. Intradiscal pressure in vertical halter traction (Normal discs)
Intradiscal pressure were much more increased in 4 kg→0 kg
and when weight was all removed, intradiscal pressure was
recovered 89%, of that of pretarction

定量など、また臨床的には、単純X線所見、椎間板造影法^{8,21)}、X線映画撮影法^{9,31)}などにより、その検索がなされてきた。

椎間板内圧測定はこうした検索の一環として、髄核の持つ hydrostatic な特性に注目し、髄核内における均等な内圧をとらえることにより、その椎間板の機能的な性状および変性の程度に極めて有用であるといえ、生体の、そして特に動態時の椎間板内圧の測定が望まれてきた。

この椎間板内圧の測定は腰椎椎間板において行われた。まず、Naylor & Smare⁴⁸⁾にはじまり、Nachemson⁴⁹⁾、本邦では、水野⁴¹⁾、奥島⁶¹⁾、有田²⁾等により、種々の方法で試みられてきた。しかし、Naylor & Smare⁴⁸⁾の mercury manometer は生体での測定には適さず、Nachemson⁴⁹⁾の polyethylene 膜や、奥島⁶¹⁾の vinyl 膜被包針による測定法では、髄核内に刺入した開窓部で受けた内圧を液体を介して導入し、体外の transducer にて測定するため、歪、温度による誤差は避けられず、また、運動時の内圧測定にあたっては、受感部と transducer までの距離のために、微妙な体位変換時の圧変動を追求することが困難である。

水野⁴¹⁾らは、シリコン半導体の感圧素子を針型注射

針の先端部に封入し、この部分を直接髄核内に刺入することにより、開窓部で受けた椎間板内圧を、シリコンオイルや、水を介して髄核内の感圧素子で測定した。これにより動的測定を可能ならしめようとしたが、温度に対する不安定さを避けることができなかった。

有田²⁾らは、discography 施行時の造影剤の注入時の圧変化を体外の transducer で測定する方法で、動的測定が可能とはいえない。

椎間板内圧を動的に測定をするためには、奥島が指摘しているように transducer を直接髄核内に刺入し、その髄核内で直接椎間板内圧を測定する方法が最も理想的であるといえる。

この点において、半導体小型圧力変換器 MPN-3 はその要求を完全に満たしており、これを用いて、1970年、兼松²⁸⁾が屍体で、1971年、杉浦⁶⁹⁾が生体で、いずれも腰椎の椎間板内圧を測定し、特に杉浦⁶⁹⁾は、動的測定を施行、良好な結果が得られたと報告している。

こうした報告は、全て腰椎椎間板内圧の測定であり、頸椎に対しては齊藤⁶³⁾の報告をみるのみである。

1. 姿勢による頸椎椎間板内圧

著者は、頸椎の椎間板内圧の測定にあたり、動的測定が可能なこの半導体小型圧力変換器 MPN-3 を用い、

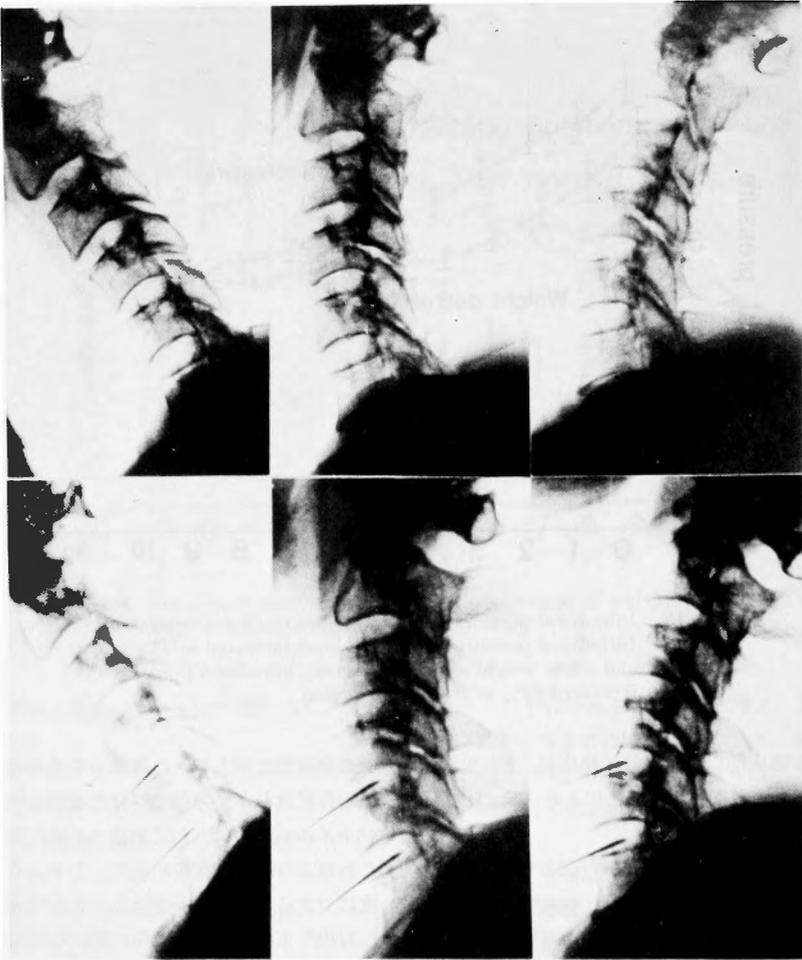


Fig. 17. No influence of the needles in movement of cervical spine (lower: needle inserted)

本器の刺入が、正常な頸椎の運動を障害しないことをX線機能写で確認 (Fig. 7)。さらに、椎間板の変性度の判定にあたっては、単純X線、椎間板造影、剔出椎間板の肉眼及び組織学的所見を総合して、極めて慎重に決定した。

著者の結果をここにまとめると Fig. 18 の通りである。

背臥位中間位の頸椎椎間板内圧は、正常椎間板で $3.17 \pm 0.59 \text{ kg/cm}^2$ 、軽度変性で $2.03 \pm 0.57 \text{ kg/cm}^2$ 、中等度変性で $1.1 \pm 0.13 \text{ kg/cm}^2$ と、椎間板の変性が進むにつれ、椎間板内圧は低下する。この背臥位中間位の椎間板内圧は、ほぼ免荷された状態にあり、基礎的な圧と考えられる。

基礎的な椎間板内圧としては、Naylor & Smare⁴⁸⁾ は、 2.1 kg/cm^2 から 3.16 kg/cm^2 を示すものが多いと述べ、兼松²⁸⁾ は、正常椎間板で平均 2.9 kg/cm^2 といずれも屍体腰椎椎間板で測定。杉浦⁶⁹⁾ は、“変性なし又は軽度変性を示すもの”の群で、 L_{3-4} で $2.4 \pm 0.3 \text{ kg/cm}^2$ 、 L_{4-5} で $2.4 \pm 0.5 \text{ kg/cm}^2$ と生体腰椎椎間板内圧を計測している。基礎的な椎間板内圧としては頸椎も腰椎もほぼ同じといえる。

しかし、荷重が加わると椎間板内圧は変化する。Nachemson⁴⁶⁾、兼松²⁸⁾ は屍体の剔出椎間板の荷重実験から、荷重が増すれば、椎間板内圧は直線的に上昇すると報告、また Nachemson⁴⁵⁾ は、 L_3 の椎間板の姿勢による椎間板内圧の変動を生体において計測し、

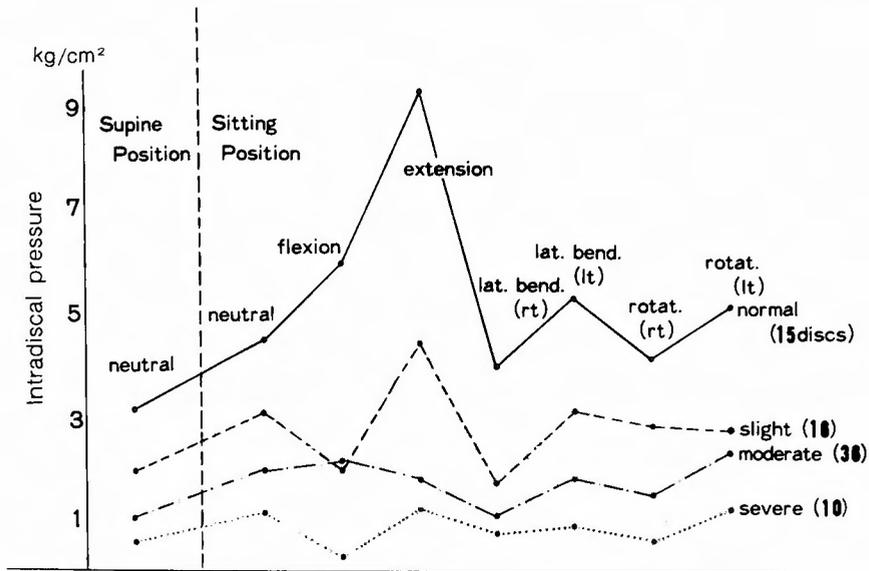


Fig. 18. Intradiscal pressure of normal and degenerated discs

背臥位中間位を25とすると、立位100、坐位140、立位前屈位150、と各々背臥位中間位の4倍、5.6倍、6倍と椎間板内圧が上昇すると述べている。

また、杉浦⁶⁹⁾は、“変化なし又は軽度変性を示すもの”の群で、立位で、L₃₋₄ 10.2±1.9kg/cm²、L₄₋₅ 10.6±2.0kg/cm²、前屈では、L₃₋₄ 17.3±2.1kg/cm²、L₄₋₅ 17.9±2.9kg/cm²、後屈では、L₃₋₄ 13.9±4.4kg/cm²、L₄₋₅ 13.4±2.4kg/cm²で、L₃₋₄、L₄₋₅ともに立位は背臥位中間位の約4.3倍、前屈では約7.2倍、後屈では約5.8倍と、著者の計測した正常頸椎椎間板内圧の坐位中間位 4.41±0.79kg/cm² (背臥位中間位の1.4倍)、前屈では 5.9±1.1kg/cm² (同1.9倍)、後屈では 9.3±1.62kg/cm² (同2.9倍)に比較して明らかに高値を示している。これは腰部部と、頸椎部における垂直方向からの荷重の量的な差によるものと思われる。また、杉浦⁶⁹⁾の報告の様に、腰椎では、立位の前、後屈時の椎間板内圧の変動は、前屈>後屈>中間位の pattern で、著者の頸椎の正常椎間板の、後屈>前屈>中間位とは異なる。

これは、頸椎部では、前方筋群に比し後方筋群の量的な差が大きく、腰部部では、腹筋背筋群の量的な差に、前方の胸腔内圧、腹腔内圧が加味されることによると思われるが、今後さらに検討を要する問題である。

この正常頸椎椎間板内圧の、後屈>前屈>中間位の pattern も椎間板の変性が進むにつれ、種々の pattern

をとるようになり、なかでも、前屈>中間位>後屈、か、後屈>中間位>前屈の pattern をとるものが多くなる。

この変性椎間板における椎間板内圧の変動 pattern の異なる原因について、髓核の運動との関係において調査した。

平林²¹⁾は、椎間板造影により正常の髓核運動を解明した。すなわち、髓核は、椎間板造影の側面像にて、正中よりやや後方に偏して存在し、前屈時に上位椎体の前方への傾斜とわずかな「ずれ」とにより、髓核前部が扁平となり、髓核が後方へ変位し、後屈時には逆に前方へ変位する。(Fig. 19)。この時の回転の中心は、椎間後中1/3界あたりにある。こうした髓核運動は正常椎間板か、軽度変性の一部の椎間板に限ると述べている。

そこで、著者は、椎間板が変性するとかかる髓核の運動が障害されることに注目し、前・後屈時の側面椎間板造影所見を検索すると、中間位で髓核の中心が正中～前方に存在し、中間位前屈時にも後方へ変位しない前方変位例と、髓核の中心が中間位で後方にあり、後屈時にも、前方へ変位しない後方変位例をみた (Table 8), (Fig. 20)。

軽度・中等度変性椎間板で、側面の椎間板造影において、髓核の中心が識別できた23椎間板のうち、前方変位例が6椎間板、後方変位例が17椎間板にみられた。椎間板内圧の変動 pattern と比較してみると、前方変

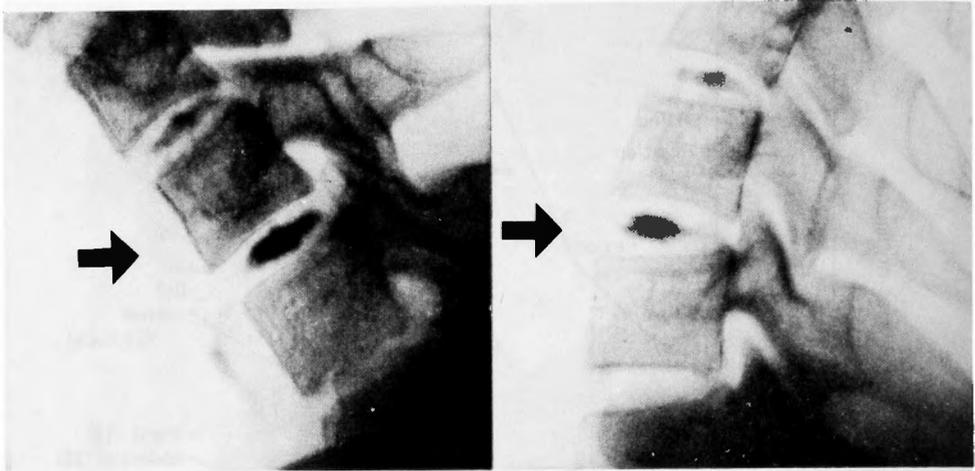


Fig. 19. Normal movement of the nucleus in discography

位例は全てが、前屈>中間位>後屈の pattern を、後方変位例17椎間板中、13椎間板 (76.5%) が後屈>中間位>前屈の pattern を、その他の4椎間板でも、前・後屈において、2椎間板が、後屈が前屈より内圧は高値を示した。

以上より、前屈・後屈において髄核の中心が後方に存在する場合には、後屈位が最も高く、正中～前方にある場合には、前屈位が最も高い pattern をとりやすいと推定された。

齊藤⁶³⁾は、1976年、MPN-3 を用いて32椎間板の椎間板内圧を測定し、報告している。それによると、正常は $3.4 \pm 1.0 \text{ kg/cm}^2$ と著者とほぼ同値を記録し、前・後屈の内圧変動 pattern も後屈>前屈>中間位の pattern をとり、後屈では約 10.5 kg/cm^2 と報告してい

る。また、軽度・中等度変性に関しては、椎間板内圧の変動の pattern は正常と同じ pattern をとるとしているが、これらの点は著者の報告と異なる。

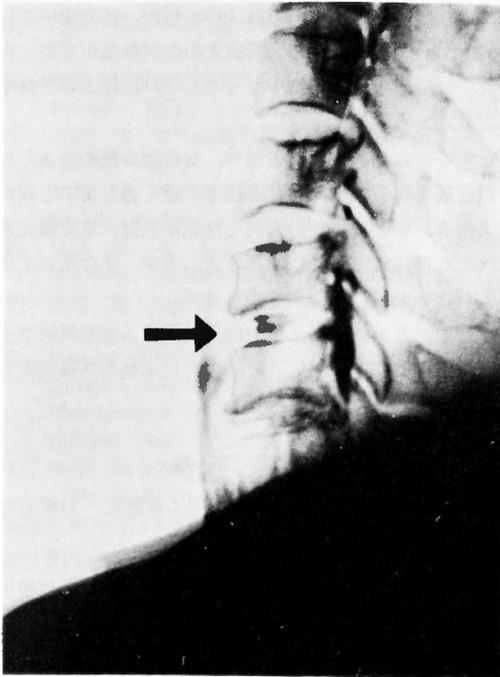
2. 頸椎椎間板ヘルニア椎間の椎間板内圧

後方線維輪よりの髄核の脱出遊走をもって椎間板ヘルニアの診断を下した。こうした症例では、杉浦も述べているように変性が中等度から高度である症例が多く、正確な椎間板内圧の動的把握は困難であるといえる。

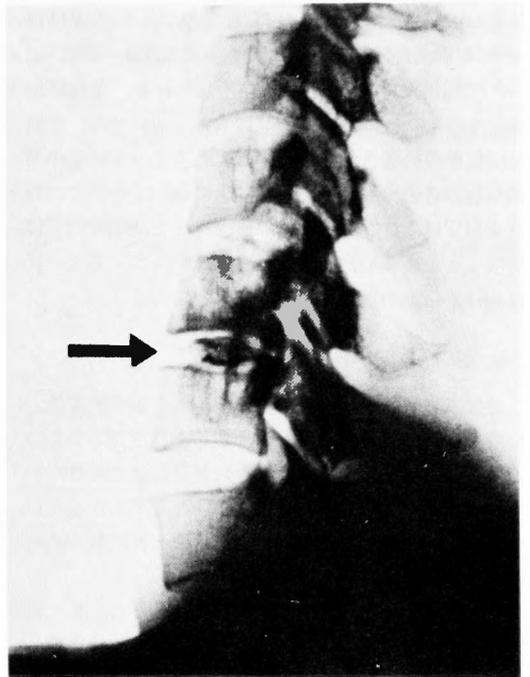
発症後2週で入院精査した症例では、手術時の剔出髄核も肉眼的に含水性、弾力性に富み、ほぼ正常に近いといえ、椎間板内圧も前屈を除き、ほぼ正常の圧力を記録した。前屈での内圧の低下は、後方線維輪の前屈での拡大により同部に間隙が生ずるためと推定された。

Table 8. Displacement of the nucleus and intradiscal pressure

	anterior displacement of the nucleus	posterior displacement of the nucleus
extension>flexion>neutral		2 discs
extension>neutral>flexion		13
flexion>extension>neutral		1
flexion>neutral>extension	6 discs	
neutral>extension>flexion		
neutral>flexion>extension		1
total	6	17



anterior displacement of the nucleus



posterior displacement of the nucleus

Fig. 20. Position of the nucleus on movement (neutral)

他の変性例でも、後屈に比して前屈の内圧の低下の傾向が多くみられた。

3. 頸椎牽引時の頸椎椎間板内圧

1875年、V. Volkmann が Glisson 係蹄を用いて牽引療法をはじめて以来、1894年には、Phelps が斜面牽引療法を、1952年には Judovich²⁶⁾ が間歇牽引療法を考案、その後、現在まで脊椎、脊髄の諸疾患に対し広く利用されてきている。

永井⁴⁷⁾等は、臨床的並びに実験的研究から、この牽引療法の作用機序を、牽引力が主として椎間板を含む筋肉、腱、靭帯等の軟部組織に作用して椎間板の免荷除圧の結果、後縦靭帯に対する圧力が除かれ、その異常緊張が除去され、椎間孔容積の拡大とあまって、神経根圧迫や根周囲における循環障害等の刺激因子が除去されると推測している。

そこで、牽引力の椎間板に対する影響を調査する目的で、水平牽引、垂直牽引時の椎間板内圧の測定を施行した。

重錘は0から10kgまで1kgごとに漸増、漸減し、1kgごとに20秒間以上の間隔をおき、その間の椎間板内圧を測定した。

その結果、水平牽引では、重錘を漸増するにつれ、

椎間板内圧は低下するが、正常椎間板、軽・中等度変性椎間板のいずれも6kg牽引時までの椎間板内圧の減少幅が大きく、以後は、減少の割合は鈍化する。変性椎間板では背臥位中間位の内圧が、牽引時 1.9 ± 0.14 kg/cm²と、とともに正常椎間板より低い事も影響し、10kg牽引時には“0”の値を示す椎間板が多い。

ついで、重錘を漸減すると、椎間板内圧は次第に上昇する。4kg牽引時より上昇の比率が大きくなる。しかし、重錘完全除去時にも正常椎間板で牽引前の86%、変性椎間板では、76%まで内圧が回復したにすぎない。

水平牽引においては、変性椎間板では約4分間で10kgまでの重錘漸増にて“0”になる例が多い。さらに約4分間の重錘漸減の後、重錘完全除去時に73.7%までの内圧の回復をみたにすぎない事から、重錘の漸増、漸減の約8分間の重錘の作用後も頸部軟部組織への牽引力が持続しているといえ、治療対象となる変性椎間板症例の間歇牽引では、椎間板内圧の面からは10kg以内、長時間の持続水平牽引では4kg以内が妥当と考えられる。

垂直牽引では、水平牽引とほぼ同様の傾向をみるが、頸部諸筋群、諸靭帯に加え、頭蓋の荷重が加わること

から、10 kg 牽引時にも、正常椎間板で $2.6 \pm 0.04 \text{ kg/cm}^2$ (牽引前の56.5%)、変性椎間板では $1.1 \pm 0.31 \text{ kg/cm}^2$ (牽引前の33%) の内圧を残しており、重錘漸減後完全除去時には、正常椎間板で牽引前の89%、変性椎間板では85%と、明らかに水平牽引よりも頭蓋の荷重が加わるので椎間板内圧の回復は速い。そこで、垂直牽引では、椎間板の免荷除圧をはかる間歇牽引では、少なくとも椎間板内圧の面から内圧を0にするためには10 kg 以上の重錘を必要とするといえる。

結 語

頸部脊椎軟骨症の基盤として重要な椎間板変性と、椎間板内圧とは密接な関係にあることは推測されているが、頸椎椎間板内圧を実測した報告はほとんどないので、著者は、半導体小型圧力変換器 MPN-3 を用いて、頸部に愁訴を有する51症例83椎間の椎間板内圧を測定し次の結果を得た。

1. 正常の頸椎椎間板内圧は、13症例15椎間板で測定され、背臥位中間位 $3.17 \pm 0.59 \text{ kg/cm}^2$ 、坐位中間位 $4.41 \pm 0.79 \text{ kg/cm}^2$ 、前屈 $5.9 \pm 1.1 \text{ kg/cm}^2$ 、後屈 $9.28 \pm 1.62 \text{ kg/cm}^2$ であった。
2. 椎間板の変性が進行するにつれ、椎間板内圧は次第に低下し、その前・後屈時の変動域も減少する。
3. 変性椎間板では、前・後屈時の椎間板内圧の変動は、正常椎間板の、後屈>前屈>中間位とは異なり、後屈>中間位>前屈か、前屈>中間位>後屈の pattern をとるものが多い。
4. 頸椎椎間板ヘルニア例では、前屈位で内圧の低下をみる傾向にあり、新鮮例ではその圧差も大きい。
5. 13症例20椎間板の頸椎牽引時の椎間板内圧を測定した。
6. 水平牽引では、重錘漸増につれて内圧は低下し、6 kg 牽引時までの低下の割合が大きく、10 kg 牽引時には、正常椎間板で43%の内圧を残し、変性椎間板では“0”を記録するものが多い。重錘漸減すれば内圧は次第に上昇、4 kg 牽引時から上昇幅が大きく、重錘除去時には、正常椎間板では85.7%、変性椎間板では牽引前の73.7%まで回復した。
7. 垂直牽引では、重錘の漸増、漸減においてほぼ水平牽引と同傾向を認め、10 kg 牽引時にも正常椎間板で56.5%、変性椎間板で33%の内圧を残し、重錘漸減にても、重錘除去時には牽引前の正常椎間板で89%、変性椎間板で84.8%まで回復をみた。
8. 臨床的に椎間板内圧の面からみると、水平牽引

時の強さは、間歇牽引では10 kg 以内、持続牽引では4 kg 以内が妥当であり、垂直牽引の間歇牽引では、内圧を0にするためには少なくとも10 kg 以上の重錘を必要とする。

稿を終るにあたり、御指導、御校閲を賜りました恩師服部奨教授に深甚なる感謝の意を表しますと共に、御指導、御鞭撻を頂いた河合伸也助教授、東良輝元講師ならびに教室員各位に深謝致します。また豊田工業 K. K. の御協力に謝意を表します。

なお、この要旨は、第51回、52回日本整形外科学会、ならびに第48回、50回、51回中部日本整形外科災害外科学会において発表致しました。

参 考 文 献

- 1) 有馬亨：椎間板の水分に関する研究。日整会誌 **44** : 571-587, 1970.
- 2) 有田親史, 庄 智夫, 他：腰椎々間板内圧に関する実験的及び臨床的研究 (第一報)。中部整災誌 **14** : 558-561, 1971.
- 3) Armstrong JS: Lumbar disc lesion. Edinburgh, Livingstone. 1952.
- 4) 東 良輝：人頸椎椎間板組織の電子顕微鏡学的研究。日整会誌 **52** : 241-259, 1978.
- 5) Bailey RW: The cervical spine, 29-46, Lea & Febiger, Philadelphia, 1974.
- 6) Brain WR, Northfield D, et al: The neurological manifestations of cervical spondylosis. Brain, LXXV: 187-225.
- 7) Caillet, R. (荻島秀男訳)：腰痛症。第1版, 医歯薬出版, 東京, 1979.
- 8) Cloward RB: Cervical diskography, a contribution to the etiology and mechanism of neck, shoulder and arm pain. Ann Surg **150**, 1052-1064, 1959.
- 9) Fielding JW: Cinceroentgenography of the normal cervical spine. J Bone and Joint Surg **39-A**: 1280-1288, 1957.
- 10) Fielding JW: Normal and selected abnormal motion of the cervical spine from the second cervical vertebra to the seventh cervical vertebra based on cineroentgenography. J Bone & Joint Surg **46-A**: 1779-1782, 1964.
- 11) Ghosh P, Bushell GR, et al: Collagens, elastin and noncollagenous protein of the intervertebral disk, Clin Orthop **129**: 124-132, 1977.
- 12) 後藤 亨：椎間板内圧に関する研究腰椎用装具、軟性コルセット装着時の椎間板内圧の変動。中部整災誌 **16** : 971-981, 1973.
- 13) Hall DA, Liloyd PF, et al: Mucopolysaccharides of human nuclei pulposi. Nature **179**, 1078-1079, 1957.

- 14) 服部 奨: 脊柱損傷の研究 (I). 日外宝 **22**: 91-104, 1953.
- 15) 服部 奨: 脊柱損傷の研究 (II). 日外宝 **22**: 335-345, 1953.
- 16) 服部 奨: 脊柱損傷の研究 (III). 日外宝 **22**: 472-479, 1953.
- 17) 服部 奨: 頸腕神経痛. 臨床整形外科全書 4 巻 80-150, 金原出版, 1964.
- 18) 服部 奨, 他: 頸部脊椎症性ミエロパチーの病態と病型. 臨床整形外科 **10**: 990-998, 1975.
- 19) 服部 奨: 頸肩腕症候群, 新整形外科学 (上), 361-430, 医学書院, 東京, 1979.
- 20) Hendry NGC: hydration of the nucleus pulposus and its relation to intervertebral Disc Derangement. *J Bone and Joint Surg* **40-B**: 132-146, 1958.
- 21) 平林 洵, 河野通隆: 頸椎椎間板症の Discogram, 日整会誌 **40**: 853-869, 1966.
- 22) 平田晴夫, 服部 奨, 他: 椎間板組織の胎生期および生後の加齢的变化-光顕的, 電顕的所見. 日整会誌 **46**: 867-868, 1972.
- 23) Horton WG: Further observations of the elastic mechanism of the intervertebral Disc. *J Bone and Joint Surg* **40-B**: 552-557, 1958.
- 24) 井上駿一: 腰部椎間ヘルニアの研究, 特にその生化学的検討. 日整会誌 **36**: 369-398, 1962.
- 25) 岩原寅猪: 後部椎間軟骨結節の臨床的知見. 日整会誌 **12**: 151-152, 1937.
- 26) Judovich BD: Herniated cervical disc: A New form of traction therapy. *Amer J Surg* **84**: 646-656, 1952.
- 27) Kaeser HU, Brochin C: Zur Klinik der Rückenmarkskompression durch cervicale Discushernien. *Schweiz med Wschr* **85**: 1186-1190, 1955.
- 28) 兼松 弘: 椎間板内圧に関する実験的研究. 日整会誌 **44**: 589-599, 1970.
- 29) 笠井 勉, 寺島洋治, 他: 頸椎部ミエロパチーに対する頭蓋直達牽引の効果. 中部整災誌 **1328-1329**, 1979.
- 30) Keys DC, Compere EL: The normal and pathological physiology of the nucleus pulposus of the intervertebral disc. *J Bone and Joint Surg* **14**: 897 1932.
- 31) 河内山正: Cineradiographyによる頸部脊椎首軟骨症の頸椎の動作学的研究. 中部整災誌 **21**: 549-568, 1978.
- 32) 近藤鋭矢: 坐骨神経痛. 日外会誌 **47**: 107-118, 1941.
- 33) 近藤鋭矢, 安藤啓三, 服部 奨: 頸部脊椎骨軟骨症. 日整会誌 **35**: 755-764, 1961.
- 34) 近藤敏夫: 頸肩腕症候群に関する臨床的研究. 第2編頸肩腕症候群を呈する患者の治療成績(特に頸部脊椎骨軟骨症を中心として). 中部整災誌 **6**: 871-889, 1963.
- 35) 小谷 勉, 島津 晃, 他: 頸腕症候群の病態と頸椎の髓核造影. 中部整災誌 **11**: 776-778, 1968.
- 36) Love JG & Walsch MN: Protruded intervertebral discs; Report of 100 cases in which operation was performed. *JAMA* **111**: 369-400, 1938.
- 37) 前田和三郎, 岩原寅猪: 脊髄外科. 日外会誌 **37**: 139-264, 1936.
- 38) Malmgren H & Sylven B: Biophysical and physiological investigation on cartilage and other mesenchyma tissues. *Biochem. Biophys Acta* **9**: 706-707, 1952.
- 39) Meyer K: Mucopolysaccharides and mucoids of ocular tissues and their enzymatic hydrolysis. In *Modern Trends in Ophthalmology*. Edited by Sorby, A. 71-78, London, Butterworth and Co., 1948.
- 40) Mixer WJ & Barr JS: Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal. *New EJ Med* **211**: 210, 1934.
- 41) 水野祥太郎, 河村禎視, 他: 椎間板内圧に関する実験的研究. 中部整災誌. **8**: 618-620, 1965.
- 42) Morris JM, Lucas, DB, et al: Role of the trunk in stability of the spine. *J Bone and Joint Surg* **43-A**: 327-351, 1961.
- 43) Nachemson A: Lumbar interdiscal pressure experimental studies on post-mortem material. *Acta Orthop scand* **43**: 7-104, 1960.
- 44) Nachemson A, Morris, JM: In Vivo measurements of intradiscal pressure. *J Bone and Joint Surg* **46-A**: 1077-1092, 1964.
- 45) Nachemson A: The load on lumbar disks in different positions of the body. *Clin Orthop* **345**: 107-122, 1966.
- 46) Nachemson A: The lumbar spine, an orthopaedic challenge *Spine* **1**: 59-71, 1976.
- 47) 永井 隆, 三浦幸雄, 他: いわゆる頸腕神経痛に対する坐位頸部牽引療法について. 整形外科 **11**: 931-938, 1960.
- 48) Naylor A: Fluid content of the nucleus pulposus as a factor in disc syndrom. *Bruit Med J* **14**: 81-83, 1956.
- 49) O'Connell JEA: Protrusion of the lumbar intervertebral discs. *J Bone and Joint Surg* **33-B**: 8-30, 1951.
- 50) 小田裕胤, 服部 奨, 他: 頸椎の運動による椎間板内圧の変動について. 中部整災誌 **21**: 443-445, 1978.
- 51) 小田裕胤, 服部 奨, 他: 頸椎の運動による頸椎椎間板内圧の変動について. 日整会誌 **52**: 1309-1310, 1978.
- 52) 小田裕胤, 服部 奨, 他: 頸椎椎間板内圧について. 第5回整形外科バイオメカニクス研究会誌 **5**: 71-76, 1978.

- 53) 小田裕胤, 服部 奨, 他: 頸椎の運動による頸椎椎間板内圧の変動について (第2報). 中部整災誌 **22**: 405-407, 1979.
- 54) 小田裕胤, 服部 奨, 他: 頸椎椎間板内圧について—頸椎牽引時の変動—. 日整会誌 **53**: 1496-1497, 1979.
- 55) 小田裕胤, 服部 奨, 他: 頸椎椎間板内圧について (第3報). 中部整災誌 **22**: 1326-1327, 1979.
- 56) 小田清彦, 服部 奨, 他: 椎間板組織の電子顕微鏡学的研究. 日整会誌 **41**: 526-527, 1967.
- 57) 小田泰治: 本邦人の椎間板コンドロイチン硫酸の含有量. 日整会誌 **33**: 1068-1069, 1959.
- 58) 大室耕一: 椎間板後方突出に関する病理解剖学的研究. 中部整災誌 **4**: 517-535, 1961.
- 59) 岡崎清二, 秋田定男, 他: 頸椎牽引の臨床的意義について. 中部整災誌 **11**: 778-780, 1968.
- 60) 岡野 正: 椎間板の物理化学的性状に関する実験的並びに臨床的研究, 特に親水性に就て. 千葉医誌 **36**: 1270-301, 1960.
- 61) 奥島平八郎: 腰部椎間板内圧に関する研究. 日外宝 **39**: 45-57, 1970.
- 62) Püshel J: Der Wassergehalt normaler und degenerierter Zwischenwirbelscheiben. Beitr z path Anat uz allg Path **84**: 123, 1930.
- 63) 斉藤 俊: 注射針型半導体圧力変換器による頸椎椎間板内圧の測定. 中部整災誌 **19**: 82-84, 1976.
- 64) 桜井良文, 白江公輔: 変換検出器. 東京, コロナ社. 1973.
- 65) 佐々木晃, 赤星義彦, 他: いわゆる健康人頸椎のレ線学的研究. 中部整災誌 **13**: 230-233, 1970.
- 66) Saunders JBCM, Inman VT: Pathology of the intervertebral disk. Arch Surg **40**: 389-416, 1940.
- 67) Schmorl G: Ueber chordarest in den Wirbelkopern Zbl. Chirurgie **55**: 2305-2390, 1928.
- 68) 関 寛之, 黒川高秀, 他: Cervical Myelopathyの保存療法. 臨床整形外科 **10**: 1144-1148, 1975.
- 69) 杉浦 皓: 超小型半導体圧力変換器による腰椎椎間板内圧の測定. 中部整災誌 **14**: 137-147, 1971.
- 70) Sylvén B: On the biology of nucleus pulposus. Acta Orthopaedica **20**: 275-279, 1951.
- 71) Sylvén B, et al: Biophysical and physiological investigations on cartilage and other mesenchymal Tissues. The ultrastructure of bovine and human nuclei pulposi. J Bone and Joint Surg **33-A**, 333-340, 1961.
- 72) 田辺 硯: 頸部椎間板の加令的变化に関する研究. 日整会誌. **42**: 965-978, 1968.
- 73) 田中清介: 椎間板の変性と組織化学的研究. 日外宝 **29**: 1276-1294, 1960.
- 74) 戸田昭士: 髓核の電子顕微鏡的研究. 中部整災誌 **2**: 556-572, 1959.
- 75) 得津雄司: 頸肩腕症候群に対する持続的斜面牽引の経験. 中部整災誌 **9**: 182-185, 1966.
- 76) 辻 陽雄: 腰椎椎間板障害. 東京. 医学書院. 1974.
- 77) 鶴海寛治, 小野村敏信, 他: 頸部脊椎骨軟骨症に対する頭部牽引療法の効果と限界. 中部整災誌 **6**: 343-347, 1963.
- 78) 渡辺庄司: 人椎間板の加令的变化—組織化学及び電顕像の比較研究. 信州医誌 **9**: 16-32, 1960.
- 79) 吉田三夫: 腰部脊柱における椎間板, 前後縦靭帯および血管系の年令的变化の病理組織学的ならびに組織化学的研究. 日医大誌 **36**: 61-82, 1969.
- 80) 吉村正蔵: 生体計測総論. ME 入門講座. 第1版. 金原出版. 東京, 1972.