

椎間円板損傷の実験的研究 (I)

第1編 損傷椎間円板の修復機転

京都大学医学部整形外科教室 (近藤鋭矢教授 指導)

研究生 林 卓

〔原稿受付 昭和29年7月29日〕

EXPERIMENTAL STUDIES OF INTERVERTEBRAL
DISC LESIONSPART I. REPAIR OF EXPERIMENTAL
INTERVERTEBRAL-DISC INJURIES

by

TAKU HAYASHI

From the Orthopedic Division, Kyoto University Medical School

(Director : Prof. EISHI KONDO)

Thirty four rabbits, whose lumbar discs were damaged by an incision or puncture, were used in an investigation over a period of twenty months' observation. The operation was done by an anterior extraperitoneal approach. The results were as follows :

1). The ventral part of the disc changed as the report described before. The incised wound in the superficial layer of the disc were cured rapidly by active proliferation of fibers and cartilage cells, and the union of the deep layers failed throughout a period of our observation.

2). In the superficial lesion of annulus fibrosus healing tendency was observed without complicating nuclear prolapsus.

3). Even if the marginal lippings were removed, two months after the preceding operation they developed again as before.

4). When marginal lipping is surgically removed and an adjacent disc injured, ossification, or reformation of marginal lipping, occurs at a more rapid rate at the level of the injured disc.

5). Interruption or disarrangement of the fibers of annulus fib. was found also in slight degree on the intervertebral disc of the non-operated animals which were kept standing in an upright position.

6). In spite of anterior approach, the author could occasionally produce posterior protrusion with or without rupture of the annulus, and could find more frequently such posterior protrusion in the cases of the up-standing rabbits than in those of the non-standing rabbits (4 out of 9 cases.)

7). The findings of the posterior protrusion are similar to those of anterior protrusion, with the one exception that the author found that proliferation of the

cartilage cells in the posterior part from the epiphyseal cartilagenous plate was of only a slight degree.

8) The author, however couldn't find any remarkable deformation in the posterior edges of vertebrae even in cases with posterior protrusion of intervertebral discs.

9) Bony fusion in the central part of the disc between the adjacent vertebral bodies was seen only in one case which was complicated by infection.

10) One must be cautious in applying the results obtained in the animal experimentation to the consideration of human intervertebral disc lesions; But the author came to consider that there might exist some limitations in conservative treatment on the grounds of experimental results mentioned above.

緒 言

文献によれば、椎間円板損傷の動物実験は既に1895年 Ribbert 氏により家兎の椎間円板に於て試みられており、本邦に於ても、1904年本学松岡元教授は家兎の尾椎を強制後彎し、凹側に軟骨細胞の増殖性変化の起ることを認めて居られるが、その当時は一般に今日ほど椎間円板に関心を持たれてはいなかつた様である。その後 Schmorl 氏が人類脊椎の系統的検索を行い椎間円板の重要性を説いたが、その頃から変形性脊椎症或は少年期後彎の実験的研究が盛んとなり、1931年来、Filippi, Lob, Schrader, Key 及び Compere, Tammann の諸氏が外傷による変形性脊椎症或は Schmorl の軟骨結節発生を検討する目的で兎犬狼等を使用し夫々実験を行つた。本邦では1932年南氏、翌年金沢氏が各々白鼠を使用、起立を強制し或は損傷を加えて、前者は軟骨結節に関し、又後者は化骨間隙に及ぼす影響を観察した。1939年陣内氏は手術又は衝撃装置により外傷を加えて実験的に限局性変形性脊椎症を惹起せしめた。次で椎間円板ヘルニアが背痛、坐骨神経痛或は脊髄障害等の原因として重要な役割を占める事が認められたので、茲に新たな観点から椎間円板損傷の実験が企てられるに至つた。1942年西氏は生体と略同様の鈍力性受傷により家兎の頸部椎間円板後方に結節を生じ脊髄前面に障害を来す事を立証した。

戦後入手し得た文献に於ては、1948年 Key, Fond 両氏が犬を使用し、始めて後方脊柱管側から椎間円板を損傷している。即ち人類の椎間円板ヘルニアと同様な条件を得ようと企てたのであろう。1951年 Smith 及び Walmsly 両氏は Lob 氏と同様の実験を行い、1952年には Lindblom 氏が鼠の尾を使用し、又 Exner 氏は鼠の

頸椎棘突起及び項筋切除後その影響を観察している。

以上の様な動物実験以外に故意に或は誤つて人類の椎間円板に損傷を加えた結果も報告されている。即ち Pease 氏は小児の腰椎穿刺に際して、文字通りに腰椎又は椎間円板を穿刺し髄核脱出や椎間円板の扁平化を来した例を挙げて注意を促した。然るに最近歐洲では髄核の直接造影法として Nucleographie が考案され相当の追試が現れた。併しながら Nucleographie に際し Erlacher, Lindblom 両氏はいずれも穿刺による椎間円板の脱出は認めていない。

所で近年椎間円板ヘルニアの手術が盛んに行われる様になつたが、一方では尙保存的療法の必要性も強調されている。そこで私はかかる保存的療法の限界及び髄核造影法の適応等を検討する為、又人類の椎間円板ヘルニアの病理学的所見と臨床像との間の相関関係を考究する為、尙又外傷や手術により損傷をうけた椎間円板の修復機転を明らかにすべく、更に従来実験的に検討されなかつた所の椎間円板損傷と椎弓間靱帯との関係等をも併せて追究すべく、茲に次の様な一連の実験を行つたのである。

第1章 実験材料並に実験方法

第1節 実験材料

体重2~2.5 kg の成熟家兎の腰椎を選んだ。成熟家兎腰椎の解剖、組織及びレントゲン所見は既に Lob 或は陣内氏により記述されているので詳細は省略するが、人類と比較すると、腰椎は7個存し、椎体は上下径が大で、椎体前面は竜骨状に隆起し、横突起は腹側頭側へ向つて著しく突出している。又人類の様に椎体が直接軟骨板を介して椎間円板に接する事なく、骨端部が軟骨板と椎間円板の間に介在し、椎体と椎間円板

は隔離されている。しかし頭側の軟骨板は成熟家兎の年長のものでは消失する。組織学的に椎間円板の線維輪と髓核の境界は明瞭であり、髓核は極めて柔軟で全検査例に於て非損傷椎間円板の髓核中に脊索細胞の遺残を認め得た。

第2節 実験方法

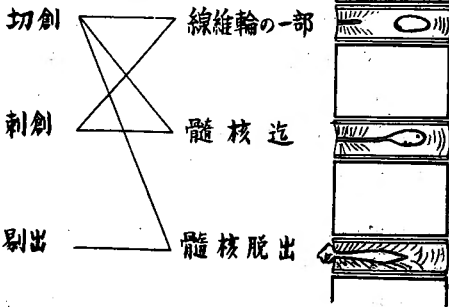
1) 第1群 単純椎間円板損傷実験

椎間円板に対する手術的侵襲は、陣内氏にならない家兎を右下半臥位とし0.05% Nupercain 局麻の下に腰椎左横突起列に沿い皮切を加え、横突起の腹側に沿い腹膜外的に椎間円板腹側に達した。椎間円板と横突起起始部との間に神経叢が見出されるから之を側方に避け、椎間円板の前面稍左、即ち前縦韌帯正中線の稍側方から所要の操作を加えた。

損傷程度は表1の通りである。切創には切鋸刀を細く磨減させて作った幅2mmの尖刃刀を使用し、又刺

表 1

損傷程度



創にはその尖端或は $\frac{1}{16}$ 注射針を使用した。同程度の損傷でも直ちに髓核が脱出するものと脱出しない例とがあつた。

以上第1群には家兎25頭(内2感染)を使用して椎間円板45を損傷し、術後6日より615日に及び経過を観察したが、同時に腰椎の他の非損傷椎間円板も対照として検査した。

2) 第2群 再手術実験

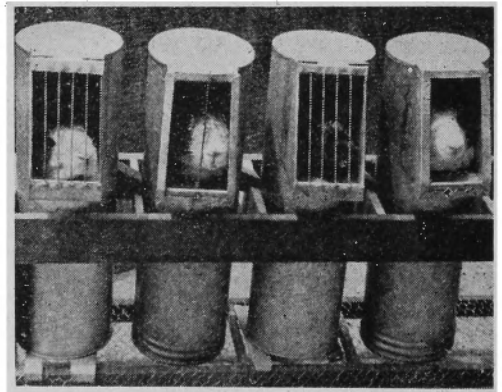
第1群同様に損傷した椎間円板を、ある期間を経て再度開創し、椎間円板の一部を摘出、之と摘出後の椎間円板とを比較しようと試みたが、家兎では長期間を経たものゝ殆んどが変形性脊椎症を惹起したので、摘出は容易でなかつた。従つて人類に於ける椎間円板ヘルニア手術後の状況と類似の状態を実験的に作り出す事は出来なかつた。しかし一旦増殖変形した椎体縁を

再手術時に切除して原形に復し、その後の状況を観察した。尙同一動物で2ヶ所を損傷し再手術部位と比較した。

3) 第3群 起立強制実験

緒言で述べた様に、文献上動物に起立を強制した実験が見出されるが、人類に於ては生後約1年より起立歩行を行うので椎間円板には四足獣に於けると全く異つた様態に於て荷重や運動が行われる事が理解される。依て人類の場合を類推する為には家兎の椎間円板にも同様な方向に荷重を加えてみる必要があると考え下記の実験を行つた。

即ち第1群同様に椎間円板損傷後5日乃至1週間後、写真の様に家兎をその体軀に適応する様製作した金属製円筒内に入れ起立位に強制した。此の円筒の底



家兎起立強制実験

には糞を敷き、疾病予防上毎日糞を取替え、尿尿の蓄積による臀部下肢の汚染を可及的少くした。起立時間は1日平均約7時間で、夜間は普通飼育箱に放ち十分食餌を与え休養させた。かくして起立開始後9日から10ヶ月に及び、非損傷椎間円板並に第1群実験成績を対照としながら観察を続けた。尙表3に示す様に術後長期間経過した例では、経過日数と起立時間との間に相当の差が見られるが、之は連続的な起立強制により家兎が衰弱した為、止むを得ず一時的に休養させたからである。

第3節 経過観察法

1. レ線学的検査

術前 左下斜位撮影を主とし、前後面、側面を適宜併用した。

術後 2週間後及び以後毎月撮影

解屍後 術前と略同様に行う。

2. 肉眼的検査 解屍後写真撮影

3. 組織学的検査

- 1) 10%ホルマリン固定
- 2) 電気脱灰後矢状面縦断
- 3) ツエロイジン包埋
- 4) 染色

{	i	ヘマトキシリンエオジン	重染色
	ii	ワンギーソン	染色
	iii	ワイゲルト	弾力線維染色

以上は各群共通である。

第2章 実験成績

第1節 第1群 椎間円板損傷後特別の条件
を付加しないもの

1) レ線学的所見

椎体前縁の稍左に最も強い変化が現れる為、之と切縁をなす方向にレ線軸を向け、左下斜位撮影を主としたが、家兎生存中は軟部組織に妨げられて脊椎を鮮明に撮影する事は容易でなかつた。従つて組織学的検査により始めて変化を見出した例もあり、レ線検査のみでは余り意義を認められないが、実験が長期間に互るものでは変化の発現時期を知るのに参考となつた。

第1群では椎間円板の高さの狭少が現れ、椎体前下縁の輪廓が不鮮明となり、次第に朦朧とした突出を認め、やがて唇状或は嘴状の変形が現れる。長年月を経た例では両椎体間に架橋状陰影が見られる。時には先ず椎間円板の部に雲状の小斑点が現れ、此が耳飾状に椎体縁と連絡する事もある。椎間部の狭少は、椎間円板剥出例及び髓核脱出例では術後早期に現れる。併し椎体縁の変化は約1ヶ月後でないと現れない。又骨端部或は椎体辺縁附近に硬化像を認めた例もあるが、症例によつて異なるので、一般的な原則又は傾向を求めることは出来ない。椎体縁が強い変形を示す時でも骨端部の変化は僅少であつた。此の様な椎体縁前方の変化に比して後方椎体縁では、たとえ髓核の後方脱出があつてもレ線的には特別の変化を認め得なかつた。又損傷部位に隣接する非損傷椎間円板にも変化は認められなかつた。其他、手術創感染例では術後早期に椎体縁に変形を来し、3ヶ月後には架橋状骨形成及び隣接椎体との一部融合をも認めた。

2) 肉眼的所見

肉眼的観察では、後方脱出例を除いて特別の新知見は得られなかつた。又損傷部では周囲組織との癒着を認めたが、之を剥離すると後の組織学的検査に支障を

来すので表面を概観する程度に止めた。矢状方向断面は従来の記述と略同様であるが、椎間円板後方脱出例では、脊柱管内に向つて白色の膨隆又は腫留を認め、硬膜並に脊髓の之に接する部分は強く圧迫され且癒着を来していた。椎間円板自体も前方脱出例と同様高さが狭少となり、全般的に光沢を失ひ髓核の膨隆も僅少であつた。

3) 組織学的所見

全例に互り記述するのは煩雑であるから、各時期の代表的標本並に特異な所見を示したものを選んでみた。

術後6日：髓核に達しない切創を加えた場合、創は少数の軟骨細胞で埋められ、前縦靱帯並に線維輪表層では造結合組織細胞も少数侵入し殆んど癒合している。髓核所見は正常。

9日後(図1)：髓核に達する切創あり、最表層の縦靱帯及び線維輪切断縁より造結合組織細胞又は骨膜様細胞並に線維軟骨細胞が増殖を始め、切断縁は表層のみ辛うじて連絡している。

14日後(図2)：髓核の大部分が脱出し、椎間円板の前方に出た脊索組織は染色性不良の核を有する空泡の多い不定形の断片となつて散在している。元の髓核部には脊索細胞が尙少量残っているが空隙がその大半を占めている。其の隣接部では(図3)：切断縁は軟骨細胞により十分連絡し、之と共に損傷部に近い軟骨板からも旺盛な硝子軟骨の増殖が始まつている。

18日後(図19)：椎間円板剥出により椎体は近接し、骨端骨梁は肥厚する。尾側椎体は稍前方に移動し、椎間円板の一部は脊柱管内へも脱出し壊死に陥り濃染している。

1月後(図4)：椎間円板前方の硝子軟骨細胞増殖部に血管の進入を認め椎体縁より骨増殖が始まつている。舌状に脱出した髓核は本来の位置に残る組織と共に線維軟骨化するが、尖端附近の基質には微細な線維構造を認めず核の軟骨細胞島を藏する。又之を取囲む切断縁には濃染した核をもつた多核形細胞が配列する。別の標本(図5)：では、軟骨細胞増殖部の血管周囲或は脱出髓核の周囲に化骨(OS)を認める。造骨細胞は未だ十分に发育していないが、先の標本と比べると化骨が早期に始まつている。之は再手術時新損傷部である。

2月後：椎体縁は著明に隆起し、之に伴つて軟骨板も延長しているが、骨端核の延長は僅少に止まる。軟

骨増殖部の諸所に化骨嚢を認め、その周囲に造骨細胞が明瞭に配列している。(図6)：も2月後の標本であるが、損傷は2ヶ所で一は線維輪の中間に止まり、他は髓核に達するにも拘らず、前縦靱帯と線維輪表層が結合織及び線維軟骨細胞で一応癒合を営み、髓核は殆んど脱出せず脊索細胞を保持し、切創に関与した部分のみ線維軟骨と化している。椎体縁には変化を認めない。

3月後：椎間円板腹側の髓核脱出部前方に骨髄を有する骨新生を認める。

4月後(図7)：椎体縁より骨が椎間円板前方に架橋状に増殖し、同時に頭側軟骨板もその内側に延長している。他の標本(図20)：では損傷が後方線維輪に及び髓核の一部は脊柱管内に突出している。後縦靱帯と接触する部分では、線維軟骨細胞、造結合織細胞等が増殖し、脱出髓核は線維軟骨又は顆粒状物質に変性し、後方裂隙附近には、前方に於けると同様、濃染した大きな半月形の核を含む多核の軟骨細胞(C)が認められる。椎体後縁には変化が見られない。

5月後：椎間円板前方に巨大な骨増殖を認める。髓核は線維軟骨化し、線維輪との区別が不明瞭である。

6月後(図8)：椎間円板は5ヶ月と略同所見である。

10ヶ月後：切創の場合は前例と同様であるが、椎間円板中央部に髓核に達する尖刃刀刺創を加えた所(図9)：前縦靱帯は癒合したが、線維輪では前端のみ線維軟骨で埋まり、尙蛇行した裂隙が残存している。髓核の前半は顆粒状に変性し一部は裂隙中に侵入する。椎体縁の変化は僅少である。

1年後(図10)：L4下縁から強大な増殖骨が突出し、軟骨板(CP)更に骨端核(EP)も共に延長する。

13ヶ月後：略同所見であるが、髓核脱出部に多核軟骨細胞島が多数出現している。この兎の正常部では軟骨板が消失し、髓核は顆粒状となり、諸所に原形質の濃染した泡状の巨大細胞が単独に現れ或は群集する。明らかに年令的变化で、此等の細胞は脊索が変性した結果出現したものと思われるが、之と多核軟骨細胞島との直接の關係は不明である。

20.5ヶ月後(図11)：L5側より辺縁膨隆を生じ、殆んど椎間円板の前面を被う。併し線維輪には裂隙を貽し、その切斷縁には少数の多核軟骨細胞が見られるが、その核は淡染或は濃染している。各層の矢羽構造は部分的に不明瞭となり、深層には原形質に富む泡状細胞が現れているが尙お亀裂を貽し治癒傾向を認めない。軟骨板はL6頭側は勿論、L5尾側も殆んど痕跡的となり、一部切片では両方共に消失し椎体と骨端核とは一体となつている。

第2節 第2群 再手術実験成績

1) レ線学的所見

6例に施行したが、表2の様に再手術前、椎体縁には種々な程度の変形を認めたものである。之を再手術により切除又は鑿切した場合、術後約2週で既に雲状陰影を、1月後には椎体縁に再び嚙状突出を認める。而も術後2月以上経過した例では手術前にも増して強度の変形が現れた。先に組織所見を一言述べたが、再手術時、損傷した椎間円板に隣接した非損傷椎間円板に、新たに損傷を加えた場合、1月後椎体辺縁が輪廓

表 2 再手術実験 (レ線所見)

家兎 番号	観 察 期 間		損 傷 部 位	程 度	再手術 程 度	再手術前の変化	再手術後の変化 発現時期及所見	解屍後変化	
	再手術後	再手術前							
21	15日	2月	L3—4	切	辺 縁 隆 起 切 除 及 び 椎 間 円 板 一 部	認めず	15日 椎 体 縁 骨 皮 質 肥 厚	同	左
3	18日	12月	L3—4	切		L3下縁嚙状凸出	18日 椎 間 円 板 狭 少 L3下輪廓膨大	同	左
7	20日	12月	L6—7	切		L6下縁嚙状凸出	20日 L6下輪廓膨大	同	左
22	1月	2月	L5—6	切		L5下縁嚙状凸出	14日 椎 間 円 板 雲 状 陰 影	同	左
26	2月	2月	L5—6	切		L5下縁輪廓膨大	1月 椎 間 円 板 斑 点 陰 影	L5下縁 唇 状 凸 出	
24	2月	2月	L4—5	切		L4下縁輪廓膨大 椎間円板雲状陰影	1月 椎 間 円 板 斑 点 陰 影	L4下縁嚙状凸出 斑点と結合	

不鮮明となり稍膨隆するが、レ線的には再手術を行わなかつた例との間に差を認め難い。

2) 肉眼的所見

再手術を行い、軟部の癒痕を分けて開創した所、椎間部は弾性硬の癒痕組織で被われ丘陵状に隆起している。再手術後短期間のものでは剔出創や切除された粗雑な椎体縁を認め得るが、長期間を経たものは第1群と同様である。

3) 組織学的所見

再手術後15日：骨増殖部は元の椎体縁の高さ迄切除されたが、椎体縁では骨膜性骨肥厚が認められ、椎間円板前方切除部は再び線維軟骨と結合織とを以て修復されている。線維輪深層に裂隙を残し出血部も見られるが、再手術時に血液が単に侵入したに過ぎないものと思われる。髄核は線維軟骨化し、初回損傷時の様に著明に脱出しな。

18日後：剔出により髄核は消失し、線維輪の一部が残存しているが、殆んど軟骨細胞を失ひ或いは核染色不良で一部壊死に陥っている。後方線維輪は第1群同様に膨隆する。

20日後：鑿切部より硝子軟骨細胞が増殖し再度変形を来す兆がある。線維化した元の髄核部には侵入血液による黄褐色の色素沈着を認める。

1月後(図12)：軟骨増殖部に血管侵入し再び化骨

(OS)を認める。元の髄核部には血球集団が存するが血管壁は認めない。

2月後：椎間円板の殆んど全部を被う強大な骨増殖を認め、L4椎体縁変形部と連絡する。4ヶ月の対照部と大差がない程である。

第3節 第3群 起立強制例実験成績

1) レ線学的所見

表3の様に最短31日で椎体縁に変化を認めた。刺創では89日解屍後に初めて椎間円板に雲状の小斑点を認めた。其他の所見は非起立例と比較して大差を認めない。

2) 肉眼的所見：第1群と略同様である。

3) 組織学的所見

術後13日：椎間円板剔出部では第1群同様一部は脊柱管内に脱出し、壊死に陥っている。尖刃刀刺創を加えた隣接部では、髄核は前方に脱出せず、前部線維輪には蛇行する線条を残すだけで創は一応修復されている。髄核の脊索細胞も多数存在するが、後方線維輪の一部は髄核側に屈曲し、後縦靱帯直下に髄核の一部が数塊に分れて散在する(図21)。後方椎体縁には変化を認めない。

25日及び26日後：所見は起立例と大差を認めないが、(図13)：は椎間円板扁平化に依る後方線維輪の膨みを示す好例である。

表 3 起立強制実験(レ線所見)

家兎 番号	体 重	術 後	起立期間	損 傷 部 位	程 度	椎板 間狭 円少	椎 体 縁 変 形			解屍後変化
							発現迄 の日数	発現迄 の起立	所 見	
29	1.9kg	13日	75時10分	L4-5 L5-6	剔 刺	十 十			—	—
34	2.0	25日	20日	L5-6	切	—			—	—
28	1.9	26日	20日	L3-4 L4-5	切 切	十 十			—	—
30	2.2	49日	39日	L3-4 L4-5	切 切	十 十	49日 49日	39日 39日	L3下 輪 廓 L4下 不 鮮 明	同 左
14	2.0	89日	59日	L4-5 L5-6	切 刺	十 十	89日	59日	雲状斑点	同 左
33	2.0	150日	122日	L5-6	切	—			—	—
11	2.2	164日	118日	L4-5 L5-6	切 切	十 十	62日 62日	36日 36日	L4下 膝隆起 L6上 肥 厚	嚙狀凸出 唇狀凸出
12	3.0	185日	150日	L3-4 L4-5 L5-6	刺 切 切	一 十 十	118日 31日	94日 17日	L5上 淡 陰 影 L5下 膝隆起	肥 厚 唇狀凸出
13	2.8	309日	261日	L3-4 L4-5	切 切	十 十	81日 71日	66日 56日	L3下 肥 厚 L4下 肥 厚	架 橋 狀 架 橋 狀

49日後：両椎体縁並に軟骨板から軟骨細胞が増殖し椎間円板の前面を被うている。L3～L4 (図22)：の一部は後方に脱出し、線維輪は硝子様化し細胞は数を減じ多核となつてゐる。突出部尖端並に破裂孔壁では線維軟骨細胞、造結合組織細胞が増殖している。L3軟骨板後方より多少軟骨細胞が増殖する傾向が認められる。

89日後：L5～L6、刺創はすでに癒合し前方線維輪に一部石灰化を認めるが、一方髓核は後方にも脱出変性し (図23)：多数の多核細胞を認める。その周囲を線維軟骨細胞と結合組織細胞が取り囲み、破裂部には紡錘形或は卵円形細胞が増殖する。又軟骨板後部附近に軟骨細胞増殖を認め後椎体縁変形の前兆を思わせる。

150日後 (図14)：髓核に達しない切創を加えたが、前縦靱帯は完全に修復され、線維輪表層も軟骨細胞の僅かな増殖で埋められている。しかし深層では稍屈曲した裂隙を貽している。髓核の変性は軽度で殆んど異常を認めず、椎体縁の変化も認めない。

164日後：L4～L5、L5～L6共に両椎体縁が変形し、髓核も変性するが、5ヶ月の非起立例と差を認め難い。

185日後：L3～L4 (図15)：刺創は狭いので全体を一時に認めるのは困難であるがL3近くに小亀裂を認め、線維輪表層に小範囲の軟骨細胞増殖と化骨を認める。髓核は線維化している。L4～L5 (図16)：に髓核に達する裂創があり、第1群で述べた様に、線維輪深層の髓核との境界部では、泡状の比較的原形質に富む細胞が多数に現れる。

309日後：L3～L4 (図17)：L3椎体縁が突出し、その先に殆んど椎間円板の大半を被う巨大な骨増殖を認める。其他第1群同様である。L4～L5：腹側はL3～L4と同所見であるが、後方へ裂隙が及び髓核は後方に脱出する (図24)。その他49日後のL3～L4と略同様であるが、細胞増殖が一層著明である。L5～L6は非手術部であるが、線維輪の表層と中層の境界附近に線維の乱れを認める。同様にNo. 28 L2～L3 (図18)；No. 30 L5～L6；No. 11 L3～L4はいずれも非手術部であるが、前方線維輪の所々に断続する小亀裂又は屈曲を認めた。但し椎体縁には変化は認められない。

第3章 総括並に考察

従来、椎間円板の修復経過を継続的且詳細に観察し

た報告は少いから、こゝに総括的に記述してみようと思う。依て、まず各群毎にまとめ、次で各群に共通する事項に就て考察を進める。

(1) 第1群 単純椎間円板損傷

a) 切創の場合、前縦靱帯及び線維輪最表層の損傷部附近から造結合組織細胞或は線維軟骨細胞が増殖を始め、前縦靱帯及び線維輪の表層は術後10日以内に連絡する。之等の細胞増殖は引続き進行するが、次いで損傷部からの硝子軟骨細胞の増殖が主となり、約2週後には椎体の軟骨板からも硝子軟骨細胞が増殖を始め、兩者相伴つて大半は約3週間以内に軟骨細胞による切断縁の修復が完了する。併し此等の軟骨増殖は椎間円板の表層のみに止まり、脱出髓核を囲む損傷縁には特に濃染した核をもつ多核形細胞 (変性過程にある軟骨細胞と思われるが) が石垣状に多数配列し、髓核方向への細胞増殖は進展しない。次いで軟骨増殖部に血管の進入が起る。此の血管は腹側の軟部組織又は前縦靱帯並に線維輪表層の健常部から損傷部へ進入したものと見られる。約1ヶ月後になると、椎体縁の大抵は前下縁に骨増殖が始まる。略同じ頃から進入血管の周囲及び髓核脱出部の近くで、増殖した硝子軟骨基質に石灰化が起り化骨が始まるが、2ヶ月後の標本では化骨部の周囲に造骨細胞の配列を認めた。尙Smith氏等は化骨開始時期は91日と記している。此等の化骨部は骨髓を蔽し更に拡大する。一方椎体縁も発展し、椎体の元の骨皮質は吸収され新生骨梁により新椎体縁を形成し兩者相伴つて最も早いものでは約4ヶ月で両椎体縁は殆んど連絡する。辺縁隆起と同時に軟骨板もその内側で上下連絡するが、反対に骨端核の増殖延長は従来述べられた通り軽度止まる。更に1年を経過した例では両椎体間に骨性架橋を認めた例もある。併し1年以上の長期に及んでも、最早変化は急激に進展しない様である。

上述の様に椎間円板の表層に於ては修復 (寧ろ変形増殖) が継続するが、表層を除く線維輪損傷部では層状且矢羽状の微細構造が不明瞭となり、軟骨細胞数も少く且つ変性して多核性となり、髓核に達する裂隙は20ヶ月後も尙残存し、治癒する傾向は認められない。

又髓核は脱出後その跡に暫時空洞を残すが、液分の脱失により収縮し、椎間円板は扁平となる。脊索細胞は顆粒状に崩壊するか、又は濃染した不定形の核を有し且つ嗜塩基性の原形質に富む泡状細胞に変性する。後方線維輪の一部も髓核側に屈曲して来るが、間もな

く髄核は結合組織細胞と線維軟骨によつて置換され線維輪との境界が不明瞭となる。脊索細胞の変性による生成物はその間に混在するか又は周辺に押しやられ、線維輪深部裂隙附近に不定形の核を有する多数の泡状細胞が現れる。一方腹側に脱出した髄核は空泡の多い脂肪様組織に変性し、腹側軟部組織の修復に伴つて結合組織性の癒着と化し又は増殖軟骨細胞により一様に包埋されてしまう。線維輪裂隙に舌状をなして介在する髄核脱出部は1ヶ月後には脱出した跡の部分と共に線維化するのが認められたが、尖端附近の基質は微細な線維構造が不明瞭で、多核又は群集した軟骨細胞の島が数箇乃至十数箇散在しているのが見られた。

以上の様な髄核の変性像は20ヶ月後も略同じ所見を呈し、只年月の経過と共に線維化が進行し、年令的变化により一部が再び微細顆粒状に崩壊する様である。この様に髄核が変性し最終的に線維化する事は、ある意味では一種の修復と考えられぬ事もない。と言うのは、膠液又は液状であれば脱出は容易であるが、線維軟骨化すればたとえ線維輪に裂隙が残つても脱出し難くなるであろうからである。

b) 刺創又は髄核に達しない切創の場合、前縦靱帯並に線維輪表層の損傷部は、造結合組織細胞と線維軟骨細胞で1週間以内に閉鎖し、線維輪深層でも創の空隙は一般に線維軟骨で埋められ一応修復されるが、切創の場合は長く裂隙を胎すのが普通である。この場合長期間を経たものでは創の附近に小範圍の化骨を認める事もある。いずれにもせよ椎体縁の変化は僅少に止まる。刺創でも髄核に達すると、刺入程度により髄核の一部或は大部分に変性、即ち脊索細胞の顆粒状崩壊或は線維化等が現れるが、切創の場合より軽度である事が多い。

c) 椎間円板を剔出した例では、椎間円板の一部が乾燥、壊死に陥つた。そして両椎体は接近し骨端骨梁も肥厚するに拘らず、観察期間が短かつた為か椎体縁の骨変形は認められず、又上下両椎体縁も融合せずして、下部椎体は前方に移動した。後方移動は脊椎関節の為不能であるが、側方移動の可能性は存する。併し確認は出来なかつた。

(2) 第2群 再手術実験に就て

本実験では椎体辺縁骨増殖部を切除して、再び元の線維輪損傷部を露出しても髄核はもはや初回程著明に脱出しなかつた。髄核の大半が既に脱出したと言う事他に残留膠様組織の線維化も関与するのであろう。

鑿切部から軟骨細胞が増殖し1ヶ月後には再び化骨が認められ、2ヶ月後には再度強大な辺縁隆起が椎間円板を覆い変形を完成した。此の様な成績を見ると、人類の変形性脊椎症の場合、辺縁隆起を手術的に除去しても、再発するから手術の効果は単に一時的に過ぎないだろうと言う様な印象をうけるが、私の実験が腹側である事及び後述する様に動物では、椎体縁の変化が急速に進展する、と言う事実を考慮に入れれば、一概にそう断定出来ないかも知れない。

尙 Lob は隣接非損傷椎間円板にも軟骨板前縁に於ける軟骨細胞の増殖や血管進入が起ると述べているが、かゝる所見は私の第1群では認め得なかつた。しかし再手術部に隣接する椎間円板に新たな損傷を加えた処、化骨が稍早期に現れた例がある。之は一種の遠隔作用とも考えられる。

(3) 第3群 起立強制実験に就て

家兎を起立位に強制した場合、起立による負荷は、損傷部のみならず同時に程度の差こそあれ全椎間円板に及ぶ事が予想される。

南氏も白鼠の実験に際し非損傷椎間円板の線維輪に亀裂や軟骨細胞増殖を、又髄核の軟骨細胞増殖或は退行性変化を認めた。所で私の実験例では、家兎の非損傷椎間円板に断続する小亀裂や線維の乱れを9例中4例に認めた。一方対照の非起立例では、二三の切片に樹枝状の小亀裂を認めたが、一般にこの様な変化(亀裂と標本作製時の人為的裂隙は勿論鑑別を要する)は稀であつた。此等の変化は前方線維輪に存在し、その亀裂間隙も微細で、裂隙及び線維輪の軟骨細胞増殖もさほど著明ではなく、果して修復されるのか、それとも変性の過程にあるのか不明である。斯る所見は最長起立例に於ても認められた。

依て此等の所見から、起立強制が損傷部に於ける修復の進行に何等かの影響を及ぼすであろうと考えたが、椎体前縁の骨増殖や椎間円板の変性程度、或は剔出例の椎体近接や椎体移動等に就ても、非起立例と比較して著明な差異を認め得なかつた。其他 Schmorl の所謂軟骨結節も見当らなかつた。以下その理由を考察する。

まず起立時に腰部椎間円板に加わる負荷を分析すると、第1に身体の重量、第2にその体重と直立位を保つに要する筋その他軟部組織の緊張が関与する。そして体格の増大に比例して単位面積に加わる荷重は大となるだろう。所で兎の四脚の正常状態に於ける筋緊

張、或は脊椎附靱帯その他の軟部組織の牽張等が、起立時の荷重に比し僅少の場合は、勿論起立例との間に差異が現れる可能性もあるが、正常負荷が比較的大きい比率を占める場合又は起立時荷重増加量が小さい時、更に椎間円板自体の抵抗力の如何によつては、必ずしも速やかに著明な変化が出現しなくてもよい訳である。斯様に起立の影響が椎間円板に及ぶにはある程度時間を要するのであるが、一方家兎椎間円板前縁に於ては、修復（変形を伴う）速度があまりに迅速である為起立の影響が大きく現れず、又線維輪中層より髓核部に於ても同様に、たとえ起立後二次の変化が起つたとしても、手術による著明な一次的变化に蔽われてしまうので、結局損傷椎間円板前方部では非起立例と比べて大した差を認め得なかつたのであらうとも考えられる。

とも角実験成績を見直すと、同時に椎間円板後方部分に髓核脱出その他の変化を認めた例が多い（9例中4例）。所が非起立例でも椎間円板内に腹側から約3～4mm以上深く刀を刺入しさえすれば髓核を貫通して後方線維輪も損傷をうけ、又後部線維輪は本来解剖学的にも弱点を有するから、髓核は抵抗の大きい前方よりは、むしろ後方へ容易に脱出する場合もあるであらう。依て椎間円板後方脱出は起立とは無関係に出現してもよいが、実験に際して起立例に於てのみ特に刀を深く刺入する様に企図した訳ではなく、又軽度の刺激の場合にも此の様な所見が認められたので、起立強制による異常荷重や動揺、或いは髓核の後方移動等が損傷椎間円板にある程度の影響を与えたかも知れない。何れにせよ相互の關係の有無を充分確認出来なかつた。

(4) 椎間円板後方部分の変化に就て

Key, Ford 両氏は後方から犬の椎間円板を損傷したが、前方同様に髓核脱出が起り周囲組織に癒着し、手術部では、表層は閉鎖するが深層は長く空隙を残し椎体間の骨性強直を形成しなかつたと言う。

椎間円板の腹側を損傷した場合の後方変化に就て Lob は椎間円板障害が強度の場合、前方に於けるよりは僅かであるが、中には小軟骨細胞増殖や椎体辺縁隆起を認めたものもあると述べ、又 Smith, Walmsly 両氏は、非手術椎間円板後方に線維輪断裂と髓核脱出が見られたと報告した。

そこで今回の実験例を観察してみると、非手術椎間円板後方の異常を発見出来なかつたが、損傷椎間円

板では種々な変化が見出された。即ち、髓核前方脱出例では、後方線維輪の一部は髓核側に方向を転じ屈曲した。第2に椎間円板扁平化に伴つて弛緩した後方線維輪外層と後縦靱帯に屈曲と皺贅が見出され、中には線維輪が同心円を描いた儘脊柱管へ向つて膨隆した。但し家兎では正常でも脊柱管の正中線より側方に偏して矢状断面を作ると椎間円板の膨隆や椎体縁突出が見れるので注意を要する。

後方線維輪に単に亀裂が及んだ例では、後縦靱帯や線維輪表層に於て亀裂附近に血管増生と僅かな軟骨細胞増殖を認めた。髓核が脊柱管へ脱出した場合、脱出髓核は漸次線維化し、その周囲に造結合組織細胞或は造軟骨細胞と見られる紡錘形又は卵円形細胞が増殖する。一方線維輪後部は微細な矢羽構造を失ひ細胞数も減少するが、逆に破裂孔壁附近では軟骨細胞が増殖し多核細胞も増加する。この他椎間円板剥出の場合、椎間円板の一部は壊死に陥り嗜塩基性且濃染する塊となつて脊柱管内へも脱出した。軟骨細胞は少く、脱出組織周辺に線維素、造結合組織細胞、小円形細胞が多数浸潤した。又後方椎間円板ヘルニアは硬膜、脊髓を圧迫したが詳細は第2編に譲る。

然し乍ら後方椎体縁では、軟骨板後方から硝子軟骨細胞が僅かに増殖を始め、椎体縁変形の傾向を認めた例もあつたが、明らかに骨増殖を来したものは1例もなかつた。椎間円板圧平による後方膨隆例も同様10ヶ月後に於ても認めない。人類では椎間円板ヘルニアの場合、後方辺縁膨隆が見られる事は屢々記載されているが、兎では何故此の様に後部椎体縁の変化が認められないのであらうか。従来椎体縁骨増殖に関し諸説がある事は陣内氏も記述しているが、要約すると椎体動揺にもとづく前縦靱帯付着部即ち椎体縁の刺激による反応的増殖が一因で、之に脱出髓核、線維輪断裂部等からの軟骨増殖と化骨機転が合同すると言うのである。所で後方でも縦靱帯は存し、又本実験では髓核も脱出したから、後椎体縁変形の可能性も存する訳であるが、実験的には既述の通りであつた。名倉教授の辺縁隆起に関する説も興味深いが、前方と後方とで斯様に格段の相違が生ずる事は理解に苦しむ。又 Schmorl 氏は髓核が一定の内圧を保持する故 Randleisten-annulus が圧迫されると述べ、又 Lob も一定内圧を保持する時に骨増殖が強度となると記しているが、本実験では、前方完全脱出により内圧の著しく減少したと思われる例でも著明な骨増殖を認めたから、同様に後方

脱出の際に辺縁隆起が少い事を説明する理由とはならない。依て未だ十分に説明し難いが、解剖的には後縦靱帯が狭少で、椎間円板に密着する事、Randlistennulusに相当する部分が前方に比し菲薄なる事、又機能的には、隣接する椎骨相互の運動の中心が椎間円板の中心より後方にあるから前部の方が後部より運動量が多い事等の因子が重つて、椎体縁骨膜に於ける牽引刺激も少く、それに軟骨細胞増殖速度も前方より遅いから辺縁隆起が起り難いと言う様な仮説が立てられる。

(5) 表層修復の迅速と之に關聯する二、三の問題

椎間円板の修復は腹側背側を問わず常に表層のみに止まり深層には長期間裂隙を貽す。是は従来、表層のみ血管を有し深部は拡散により栄養をうけている為であるとか、脱出髓核が裂隙に介在する故だとか説明されているが、私は次の事も関与すると思う。即ち椎間円板の線維輪は線維軟骨であるが、その最表層の縦靱帯に接する部分が、軟骨膜に相当する機能をもつのではないかと考えられる。依て椎間円板損傷時、軟骨膜細胞が此部分から増殖し次いで造軟骨細胞を形成し表層の修復を一層促進するものと思う。

実験成績を通覧すると損傷に反応する各椎間円板の態度は決して一様ではないが、之には動物の個体差が關係するものと思う。又同時に2個以上の椎間円板に損傷を加えた場合、椎間円板の変化に關し、隣接損傷相互の協力又は相乗作用と言う様なものは、再手術例の如き特殊の場合を除き、認められなかつた。

次に未だ臨牀的には確認していないが、Dandyの所謂 concealed-disc を思わせる例 (図6) : があつた。その成因を考察してみると、損傷に伴い髓核は極一部脱出したのであろうが、創が狭少の為か髓核の大部分は元の位置に止まり、脱出部は速かに線維化してしまい、其のため爾後の髓核脱出を招くことなくして一応修復を遂げたのではあるまいか。但しその際修復は完全ではなく、そこに抵抗減弱部を貽すから再度強い外力が加われば髓核が膠様である限り脱出する可能性がある事を考慮せねばならない。

(6) 脊椎固定に就て

実験中、架橋状の骨増殖を以て隣接椎体前縁が連絡した例もあつたが、兩椎体間の完全融合、即ち塊椎形成を見たものは一例もなかつた。唯感染して脊椎炎を起したものでは椎間円板は新生骨梁により分断され、隣接椎体は髓核部に於ても融合した、この場合脊柱管

側は極めてなだらかに骨膨隆を來した。しかし椎間円板は変性壊死に陥つても長期間介在し、原位置に於て容易に吸収、排除されるものではない事が判つた。

(7) 人類の椎間円板損傷との比較

吾々が行つた動物実験の結果を以て直ちに人類の椎間円板損傷に適用し得るであろうか？ この解答は極めて慎重でなければならぬ。即ち四足獣と人間との生活状態並に解剖学的組織学的差異は如何とも為し難い。Compere氏は、成人の髓核はpulpyであるが、動物ではより液状に近いから損傷を受けた場合容易に流出する、直立位を装う猿でも人類と比較すれば差異がある、と述べている。Nucleographieに際して損傷裂隙を通つて髓核の脱出を見なかつたのも或は此の様な理由によるのかも知れない。更にLobは変形性脊椎症が動物で著明に見られる理由として、動物の軟骨板の細胞成長力が人類よりも大である事を挙げたが、是は動物と人類との寿命の差にも關係があるものであろう。又実験に於て人工的に損傷を与えた点は、人類に於ける複雑な様式とは自ら異つて言う問題もあるであろう。併し乍ら、斯様な差があるにも拘らず、線維輪の表層では修復が迅速に行われること及び深部では修復が遅延し又は殆んど起らぬこと並に髓核に変性の起ること等の実験知見は、人類椎間円板損傷の療法に就て考究する際有力な参考になるものと思う。即ち例えば外傷による椎間円板損傷の際には、当初の安静と免荷が大切で、之によつて髓核の脱出を防止し乍ら、表層の修復、或は裂傷部嵌入髓核の線維化を計る事が出来る等の意見も生ずることになるであろう。併しなから、斯る保存的療法にも一定の限界がある事を考慮せねばならない。尙動物実験では1950年Lindblom氏が報告した様な脱出椎間円板組織のAbsorptionが起るや否やは不明であつた。又一旦脱出した髓核を非観血的に元の位置へ整復することが可能か否かも不明であるが、たとえ整復出来たとしても、深部線維輪の癒合は望めないから再発の可能性を残すものと考えねばならない。此の様な理由から保存的療法のみに期待をかける事は當を得た処置とはいひ得ない。むしろ吾々は、脱出を確認した場合は進歩した観血的療法を採用するのが得策であると考えらるものである。勿論手術的療法も適応を誤らぬ様充分留意すべきは言う迄もない。

次に髓核造影法に就ては、人類では髓核脱出は無かつたと報告されてはいるが、併し穿刺と造影剤注入は、後に種々な障害を惹起する根源となる所の髓核変性を

促進するであろう。従つて是が解決を見る迄は、他の方法では椎間円板障害を確認出来ない場合とか、実施後手術が予定される場合、或いは脱出髓核の非観血的還納の確認等の場合に限り其の応用が許されるべきで、単に診断の目的で無批判的に毎常之を適用することは妥当ではないと考える。

結 語

- 1) 腹膜外的に家兎椎間円板を腹側から損傷し、術後6日から615日に亘り、損傷後の経過を観察した。
- 2) 椎間円板の手術的損傷後の修復機転は、前縦靱帯及び線維輪最表層に於ては、造結合組織細胞或いは軟骨細胞の増殖によつて早期に癒合閉鎖するが、線維輪深層では、20ヶ月以上にわたるも裂隙を貽し癒合の証跡を認めない。又髓核は結合組織と線維軟骨により漸次置換され、その間家兎では椎体前縁の著明な骨増殖を来す。但し損傷が軽度の場合は髓核脱出を来さずして修復される可能性も存在する。
- 3) 損傷程度が大なる時は椎間円板の変化も亦強度である事が多いが、中には例外もある。是には個体差が影響すると考える。
- 4) 再手術群では辺縁隆起を切除し線維輪を露出し

ても、著明な髓核脱出を来さず、切除部から硝子軟骨が増殖し、2ヶ月後には再手術前と同様の辺縁隆起を再現する。

5) 再手術時に新たに損傷した隣接椎間円板では、骨増殖機転が早期に現れる。即ち Lob の所謂 Fernwirkungen の存在を思わせる。

6) 起立強制実験に於ては、非手術椎間円板に小亀裂の形成、線維走行の乱れを認めた。

7) 腹側を損傷したにも拘らず、一部は後方脊柱管側に椎間円板ヘルニアを形成し、硬膜、脊髓を圧迫し且之と癒着を来したものがある。脱出部の所見は略前方と同様であるが、後方椎体縁に変化を認めず、軟骨板後方に僅かな硝子軟骨細胞増殖を認めたにすぎない。

8) 感染例に於ては、隣接椎体間の骨性融合を生じ易いが、変性した椎間円板は長期間原位位置に残留する。

9) 動物実験の所見を直ちに人類の椎間円板損傷に適用する事には慎重でなければならないが、実験結果より類推すれば、所謂保存的療法には一定の限界があるものと考えられ、明かに髓核脱出を来したものでは、進歩した術式による手術的摘出法の適応が存するものと考えられる。

附 図 説 明

附図第1頁

- | | | |
|----------------------------|-----|-----|
| 1) 切創後9日、表層の連絡 | ×80 | ×24 |
| 2) 2週後、脱出髓核の変性 | ×24 | |
| 3) 2週後、軟骨板より硝子軟骨細胞増殖 | ×50 | |
| 4) 1月後、軟骨増殖部へ血管進入 | ×24 | |
| 5) 1月後、再手術時新損傷部、軟骨増殖部の化骨開始 | ×50 | |
| 6) 2月後、髓核の一部のみ脱出した例 | ×24 | |

附図第2頁

- | | |
|--|-----|
| 7) 4月後、椎体縁と共に軟骨板も延長、隣接椎体縁は連絡す | ×15 |
| 8) 6月後、著明な辺縁隆起 | ×15 |
| 9) 10月後、刺創裂隙残存と髓核変性 | ×24 |
| 10) 1年後、骨端核も延長し架橋形成す | ×15 |
| 11) 20.5月後、著明な辺縁隆起、軟骨板の消失、線維輪裂隙残存、髓核の線維化 | ×15 |
| 12) 再手術後1月、再び化骨を認む | ×15 |

附図第3頁 起立強制実験組織所見

- | | |
|-----------------------|-----|
| 13) 椎間円板圧平による後方線維輪の膨隆 | ×50 |
|-----------------------|-----|

- | | |
|--------------------------|-----|
| 14) 髓核に達せぬ切創後150日、裂傷のみ残存 | ×24 |
| 15) 刺傷後185日、線維輪表層の小範囲の化骨 | ×50 |
| 16) 線維輪深部の泡状軟骨細胞群 | ×50 |
| 17) 309日後、椎間円板前方の巨大骨増殖 | ×15 |
| 18) 非手術椎間円板の変化 | ×50 |

附図第4頁 椎間円板後部の変化

図の左が脊柱管側、右は腹側

- | | |
|--|-----|
| 19) 椎間円板剔出後18日、椎間円板の一部は壊死に陥り脊柱管内へ脱出 | ×6 |
| 20) 後方裂隙附近の変性 | ×24 |
| 以下は起立例の後部変化を示す | ×50 |
| 21) 13日後、後縦靱帯下の髓核脱出 | |
| 22) 49日後、脱出髓核の変性 | |
| 23) 89日後、脱出髓核部及び軟骨板後部の軟骨細胞増殖、硬膜、脊髓の圧迫と癒着 | |
| 24) 309日後、破裂孔の結合組織性細胞並に線維軟骨細胞の著明な増殖 | |

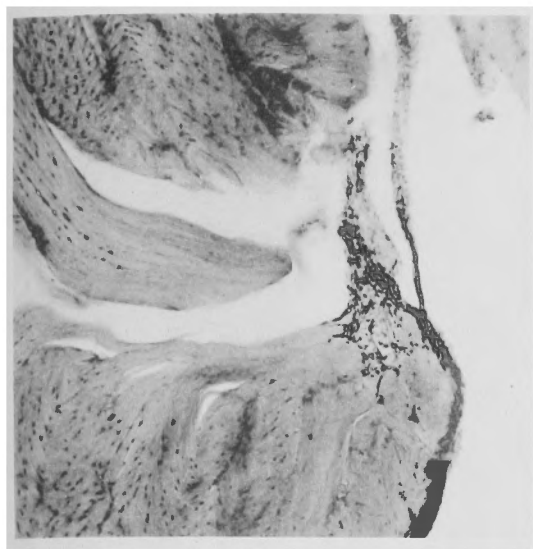


图 1

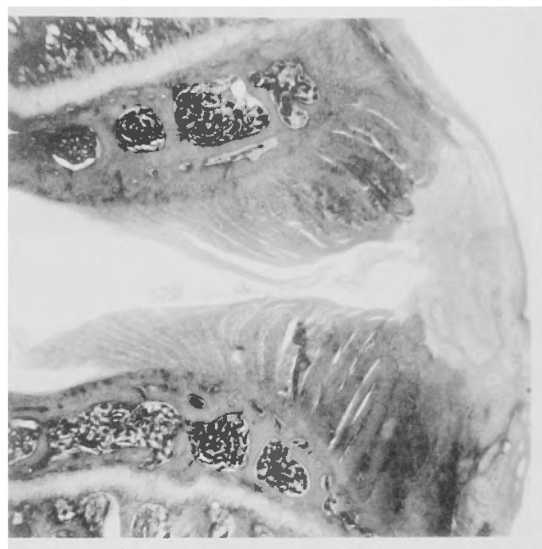


图 2

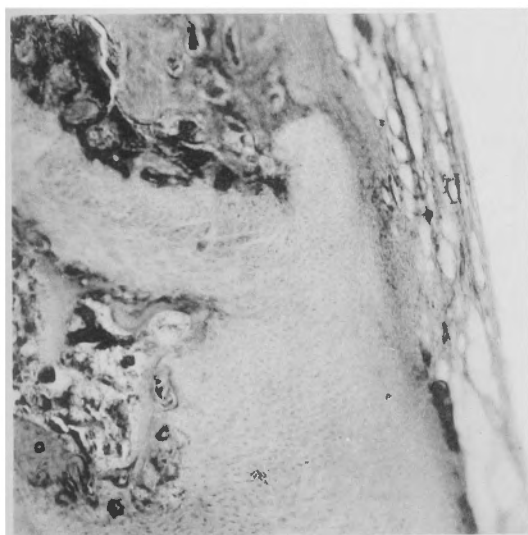


图 3

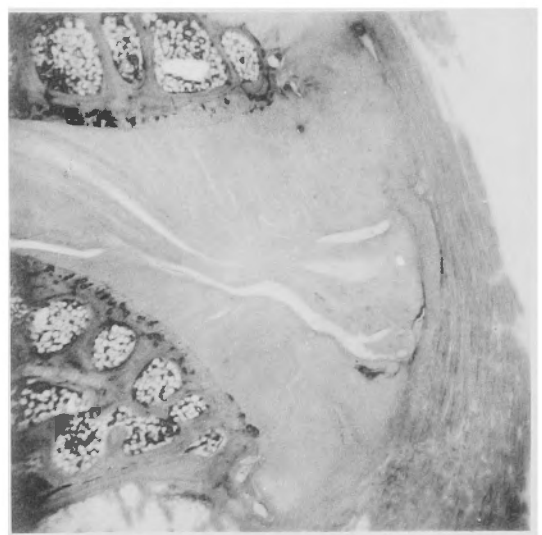


图 4

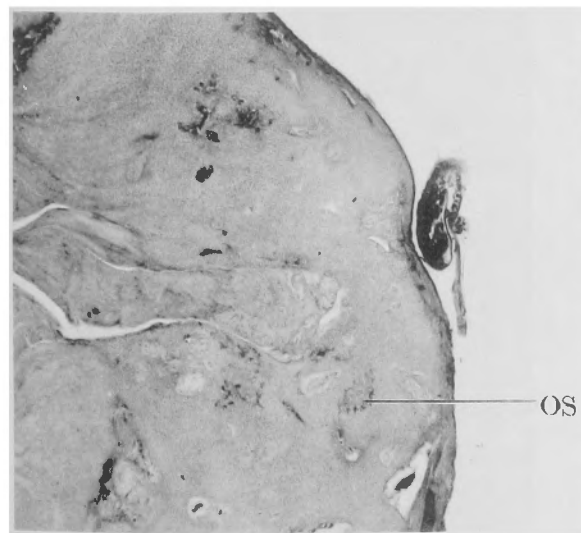


图 5

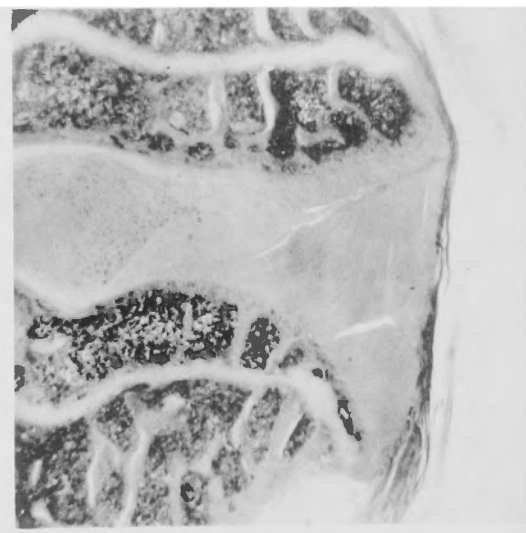


图 6

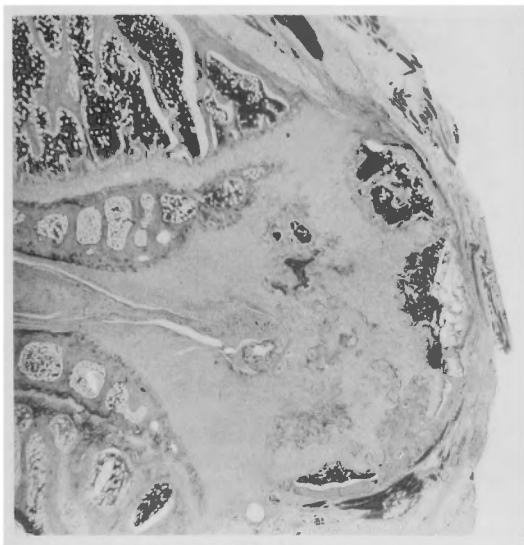


圖 7

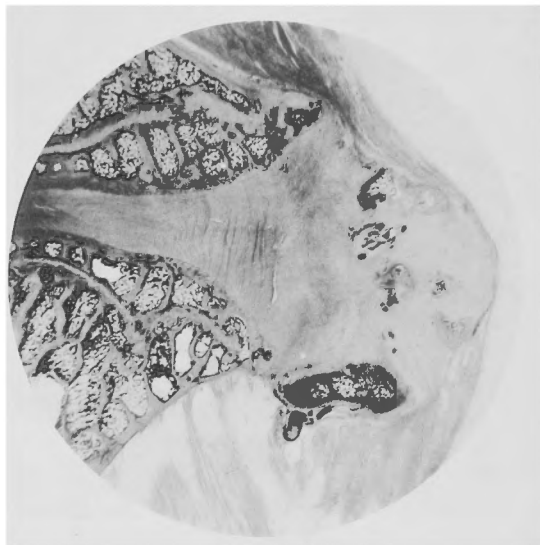


圖 8

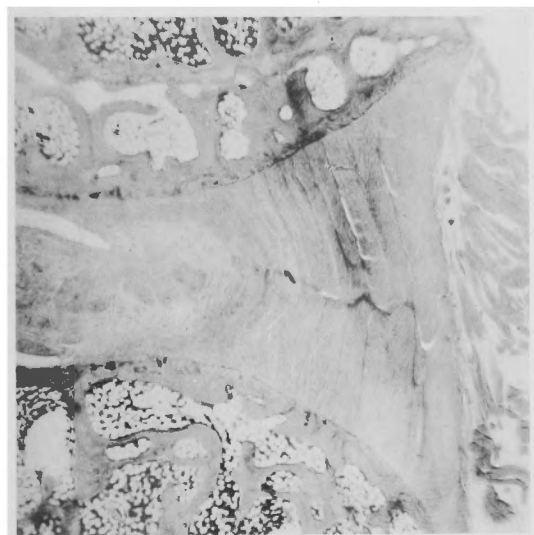


圖 9

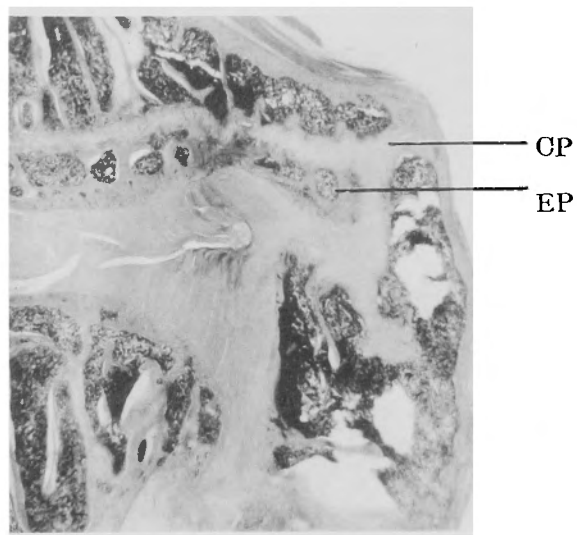


圖 10

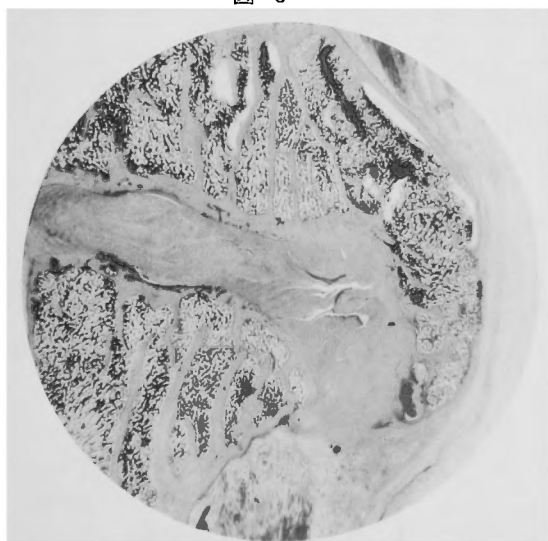


圖 11

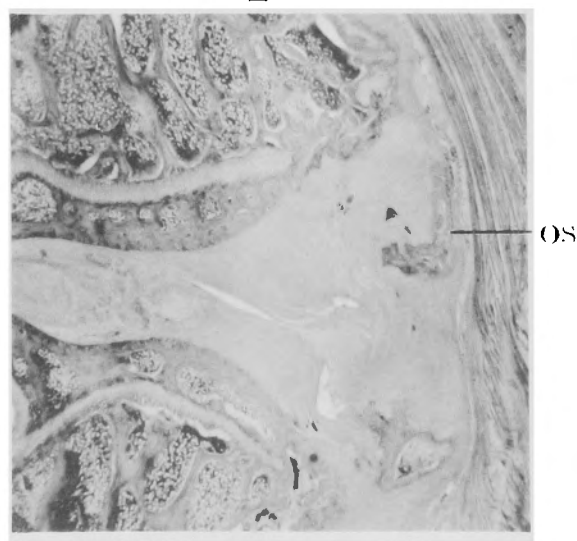


圖 12

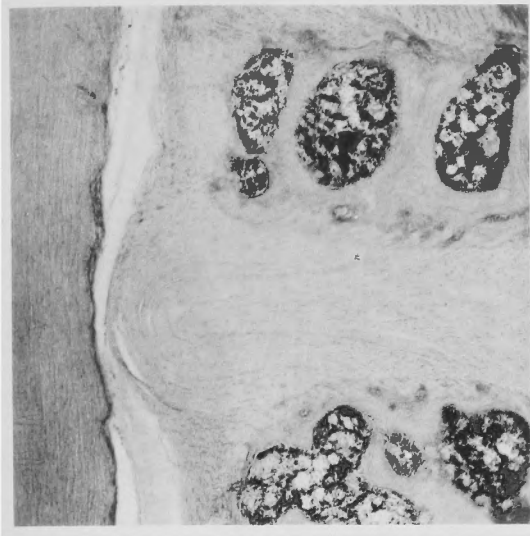


圖 13

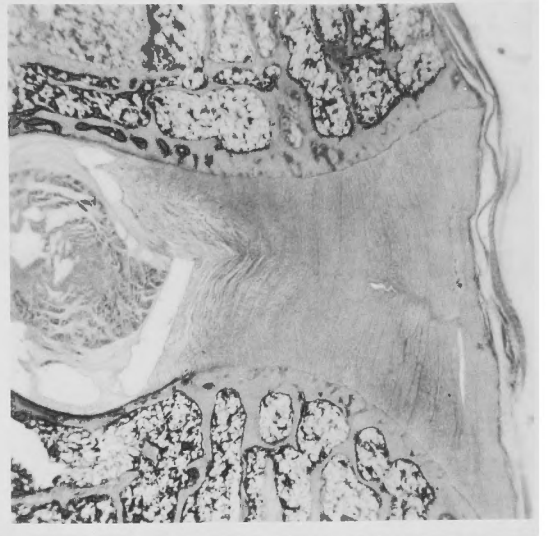


圖 14



圖 15

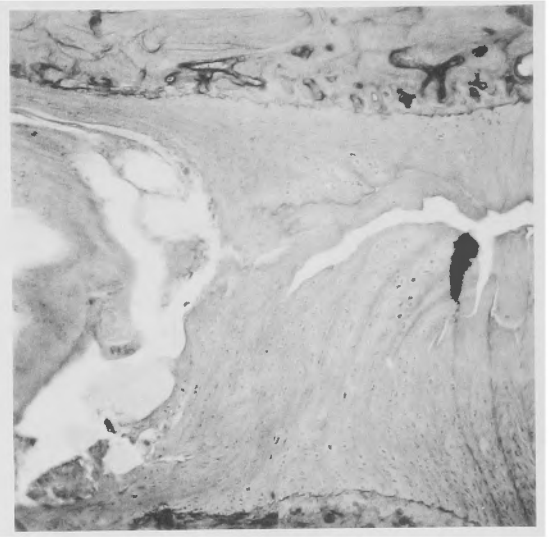


圖 16

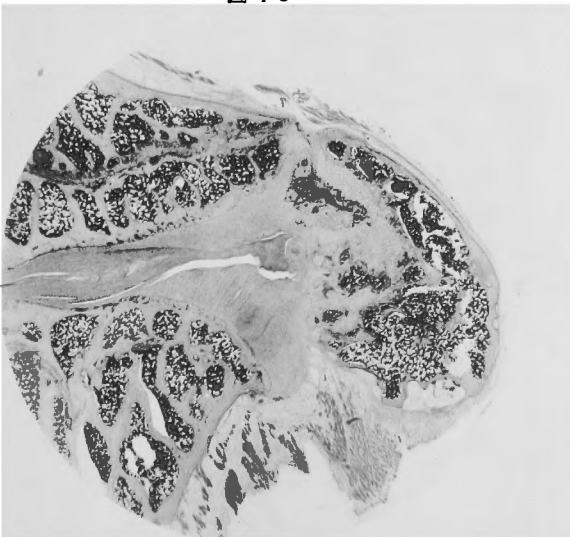


圖 17

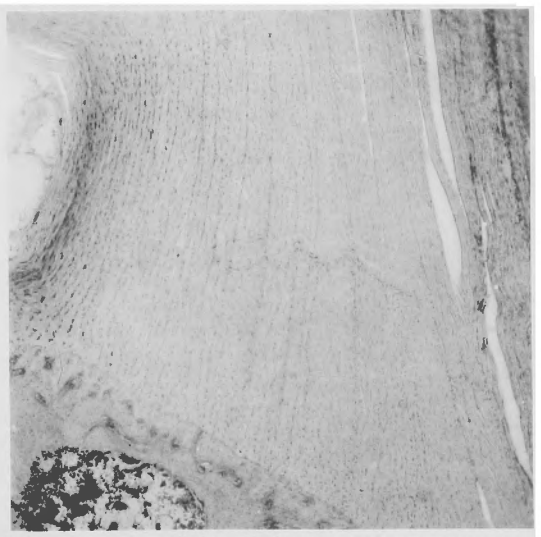


圖 18

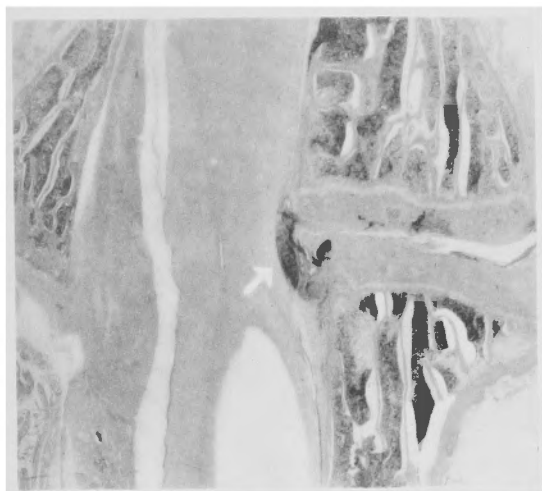
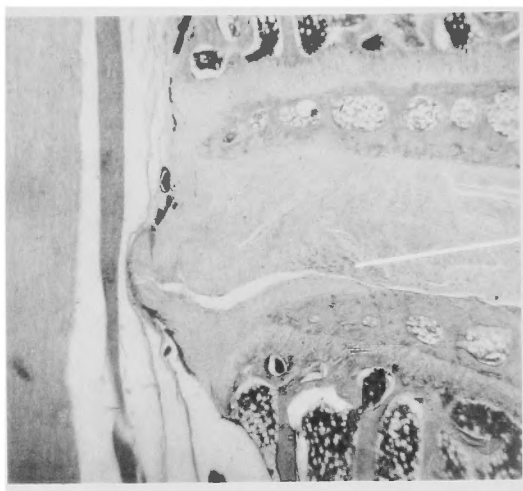


图 19



C

图 20

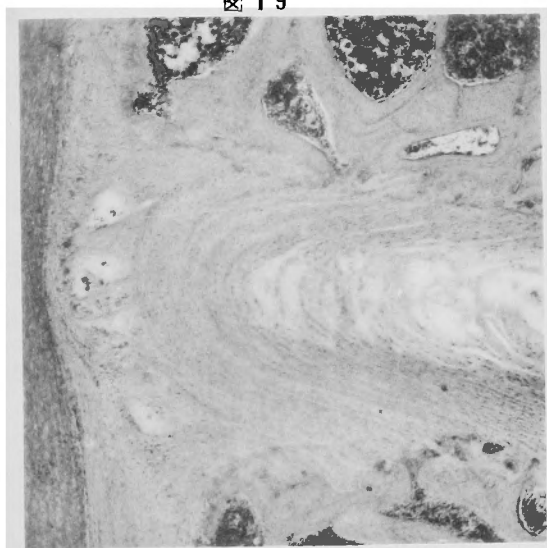


图 21

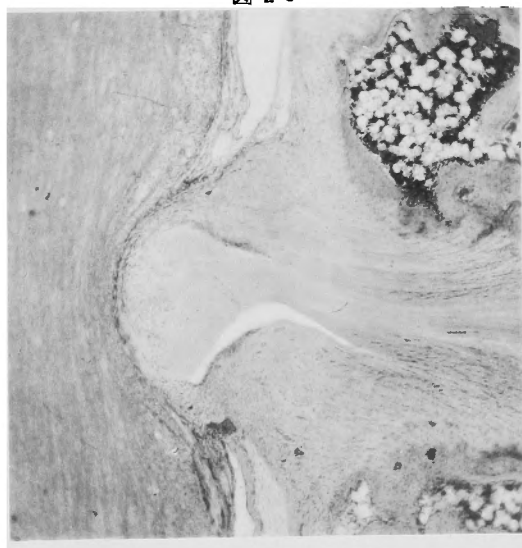


图 22



图 23



图 24