

## 肋軟骨の研究

## その1. 肋軟骨の化骨および石灰化のX線写真とその組織所見

西野健二

結核予防会結核研究所 (所長 岩崎龍郎)

受付 昭和44年2月28日

## STUDIES ON THE HUMAN RIB-CARTILAGE\*

Report 1. A Comparative Study of Radiological Findings of  
Calcification and Ossification of the Human Rib-  
Cartilage with Its Histological Findings

Kenji NISHINO

(Received for publication February 28, 1969)

In order to elucidate the mode of calcification and ossification of the human rib-cartilage appeared on the routine X-ray film, the histological investigations of the human rib-cartilage were made.

The rib-cartilage of 40 cadavers covering from the fetus to 76 years of age were examined radiologically, and fixed with 10% formalin. Decalcification was carried out using 10% formic acid-ion exchange resin method. The paraffin section, 5 $\mu$  in thickness, was stained by Hematoxylin-Eosin, Azan, Weigert's Elastica, Silver impregnation and PAS stainings. On some sections, Gomori's staining and von Kóssa's staining were also carried out.

First, the effect of decalcification procedure on the stainability of cartilage tissue was studied. As to Hematoxylin-Eosin, Weigert's Elastica, Azan and Silver-impregnating stainings, no difference in the stainability was observed between the sections before and after the decalcification procedure; while, the stainability of ground-substance became less in PAS staining and stainability was lost in von Kóssa's staining after the decalcification procedure. These findings indicate that the choice of the staining method is important when observing the decalcified section.

Consecutive sections, 7 $\mu$  in thickness, of the cartilage of the 1st rib of a new-born baby were projected on a paper by using microscopy, and cross-sections of the vessels on each section were traced on each paper. Following vessels on each cross section from paper to paper, three-dimensional structure of the vessels were re-constructed.

This reconstruction procedure of the vessels was made as the anatomical structure of the vessels is considered to be an in- and export ways of calcium ion, thus playing an important role in the calcification and ossification of the rib-cartilage.

The rib-cartilage vein, which was called as the sinusoid by the author, was lined by a layer of cuboidal cells, and has a markedly large space as compared with the accompanying arterioles. Complicated branching and joining were observed, which were similar to the sinus of the spleen. The measurement of the sinusoid was carried out by using micrometer.

\* From the Research Institute, Japan Anti-Tuberculosis Association, Kiyose-Machi, Kitatama-gun, Tokyo 180-04 Japan.

Several interesting findings concerning calcification of the groundsubstance of the rib-cartilage were observed. Histological changes of the area surrounding the sinusoid and the stainability of the ground-substance were discussed.

Finally, the mode of ossification and calcification of the rib-cartilage was classified into the following 4 types :

Type I : Ossification which occurs from perichondrium and progresses into the center of the cartilage, centripetally. This type was observed in the 1st rib-cartilage.

Type II : Ossification which arises from the upper or lower edge of the osteochondrous junction of ribs and stretches along both edges of the rib-cartilage, showing thorn-like shadows. This type was observed in the rib-cartilages except the 1st rib-cartilage.

Type III : Calcification of the ground-substance of the rib-cartilage. This type was also found in the rib-cartilages excluding the 1st rib-cartilage, showing massive or spotted shadows.

Type IV : Mixed type of the Types II and III.

## はじめに

成人の胸部X線写真(以下XPと略す)を観察していると、肋軟骨には化骨あるいは石灰化と呼ばれる陰影がさまざまな形態で認められる。骨梁構造の認められる陰影は骨組織であり、その認められないものは石灰沈着であると一応考えられているけれども、実際にXP読影にあたってみると両陰影の区別は必ずしも容易ではなかつた。化骨および石灰化という言葉を正しく使いわけるとためにはXP陰影とそれに対応する組織所見との比較研究が必要と思われた。

## 研究材料と研究方法

東京都監察医務院および結核予防会結核研究所における剖検例40例(内訳:胎児3例,0歳8例,1~10歳7例,11~20歳3例,21~40歳6例,41~76歳13例)の肋軟骨(第I,第IIおよび第V肋軟骨であるが,第III,第IVおよび第VI肋軟骨に検討を加えた例もある)についてまずXPを撮り,続いてホルマリン液に固定した。固定期間は短いものは1週間,長いものは6カ月であつた。

脱灰は10% 蟻酸・イオン交換樹脂法によつた。脱灰に要した時間は早いものは数日,遅いものは十数日であつた。3,4歳頃までの肋軟骨は軟らかいので無脱灰でもマイクロームで切れたが,5,6歳以後になると脱灰しなければ切れなかつた。

脱灰後,型のようにパラフィン包埋ののち厚さ5μの切片を作り,全切片にヘマトキシリン・エオジン(以下HEと略す),アザン,ワイゲルトのエラスチカ,鍍銀法およびパスの諸染色を施し,一部にはゴモリおよびコッサの方法をもあわせ施して検鏡し,特に化骨および石灰化のXP陰影に対応する組織所見を詳細に観察した。

## 研究成績

### I. 脱灰および無脱灰兩種切片の染色性の比較

生後44日,3カ月および6カ月の3例の肋軟骨につき,それぞれ脱灰と無脱灰の2種類の切片を作り,同一染色を施して両者の染色性を比較した。その成績は次の通りであつた。

1. HE, エラスチカ, 鍍銀法およびアザンでは兩種切片の間にほとんど差異はみられなかつた。

2. パスでは軟骨細胞のパス陽性物質は脱灰による影響を受けなかつたが,軟骨基質は脱灰により染色性が弱くなつた。

3. コッサでは脱灰によりコッサ陰性となつた。

### II. 肋軟骨内血管の立体モデル

本研究を進めてゆくうちに軟骨細胞および軟骨基質の組織所見,特に軟骨内血管の形態や構造を知る必要があつた。そこで生後14日の新生児の第I肋軟骨(厚さ3mm)を無脱灰で240枚の連続切片(厚さ7μ)に切り,HE, エラスチカおよび鍍銀法で染色して検鏡した。

この染色標本を観察していると,太い血管と細い血管が結合織に包まれている所見が数カ所に認められた(図11)。太い血管壁は1層の内皮細胞でまばらに被われており,その内腔に赤血球の充満しているものも少数みられたが,大多数の標本では赤血球は全く認められなかつた。細い血管壁を強拡大でみると,エラスチカ染色ではワイゲルトの色素をとる弾性線維が認められ,HE染色では平滑筋層をはさんで内外2層に配列する核が認められた。この細い方の血管は細動脈と考えられた。

上述の連続切片を逐次プロゼクターにかけ,切片ごとに血管の投影図をトレースしてゆき,最後に全部のトレースを集積して血管の立体的モデル(図1)とその縦断

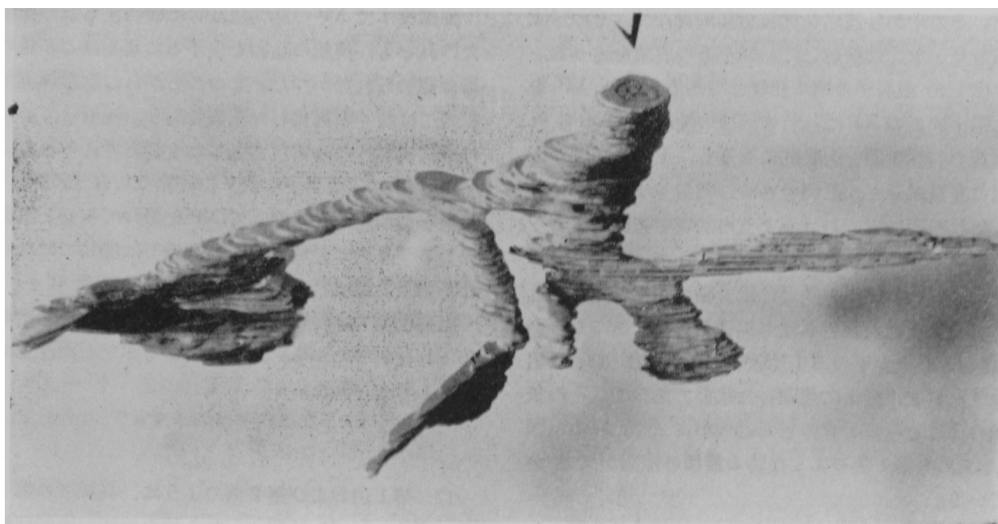


Fig. 1. Three-dimensional model of sinusoid D of new born baby (14 days after birth).

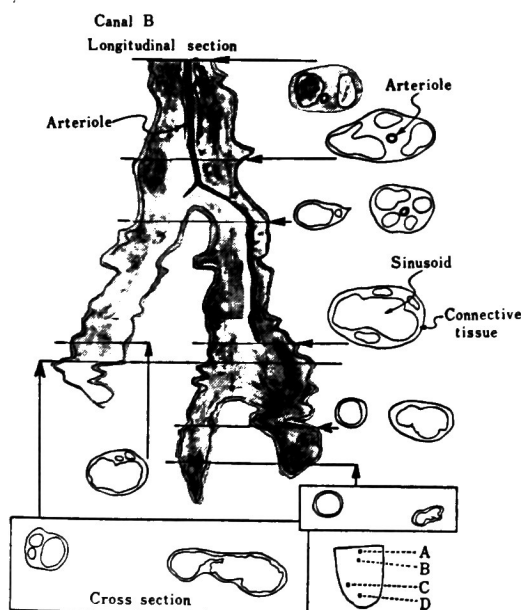


Fig. 2. Schema of longitudinal section of canal B, reconstructed by overlapping traces one after another.

面図(図2)を作成した。著者は太い方の血管を Sinusoid と呼び、Sinusoid および細動脈を含む結合織の管を Canal<sup>1)</sup>と呼ぶことにした(図11)。

図2に示したように、切片の中央部にはA, B, C およびDと符号をつけた4コのCanalの横断面が認められ、周辺部には数カ所に血管の縦断面が認められた。

Canal A の実測値は次の通りであった。管の長さは約460 $\mu$ であったから、切片が軟骨膜表面より約500 $\mu$ 下

層より切り始められたことを考慮すると実際の長さは約960 $\mu$ になる。Canalの横断面にはマイクロメーターで測って100 $\mu$ ×70 $\mu$ (長径×短径、以下同様)および100 $\mu$ ×60 $\mu$ のほぼ楕円形のSinusoidが2コと細動脈(20 $\mu$ ×10 $\mu$ )1コが認められた。Canalは内層に進むにつれて3本に分岐するが、その分岐方向は肋軟骨の長軸に平行であった。

Canal Bは軟骨膜表面から測れば長さは約880 $\mu$ であり、その横断面をみると結合織に包まれた3コのSinusoid(100 $\mu$ ×30 $\mu$ , 30 $\mu$ ×25 $\mu$ および25 $\mu$ ×20 $\mu$ )と1コの細動脈(10 $\mu$ ×10 $\mu$ )が認められ、細動脈はSinusoidにかこまれてCanalのほぼ中心を通っていた。30枚目の切片でみると、Sinusoidは7コの小さい楕円に分岐しており、43枚目の切片になると1コの広い楕円(200 $\mu$ ×100 $\mu$ )になっていた。

Canal Dは28枚目の切片から顕微鏡の視野に現われ、199枚目の切片で見えなくなり、その長さは実測1,500 $\mu$ であった。その最初の切片にはSinusoid1コ(100 $\mu$ ×50 $\mu$ )と細動脈1コ(20 $\mu$ ×15 $\mu$ )が認められ、基質内層に進むにつれてSinusoidは5本に分岐してゆくが、その分岐の方向はCanal Aと同様に肋軟骨長軸にはほぼ平行であった。立体モデルに示すように、Sinusoid Dはその中間部は細くくびれており末端部では囊状に膨大している(図1)。

以上観察したいずれのCanalにおいてもSinusoidは末端まで追跡できたが細動脈は途中から認められなくなった。したがって細動脈とSinusoidの移行部は観察できなかつた。

Ⅲ. 肋軟骨のXPとそれに対応する組織所見との比較  
被検例は胎児(5カ月)から76歳までの合計40例で

あつた。その中から適当な材料を数例選んで、その XP と組織所見とを比較検討した。以下その成績を述べる。

第1例：40歳男子の第I肋軟骨である。その XP を図4に示す。この XP には竹の節様の隙間が認められる。材料の前額断面を肉眼的にみると、上記の隙間の部分は他の基質部分とは色調を異にした白っぽいすじに見えた。矢状断面でみるとコハク色の基質を包囲するように褐色の層が認められた。

組織像では竹の節様の隙間は結合織であつた(図10)。軟骨基質を取り囲む褐色層は海綿骨と骨髄であつた。

第2例：76歳女子の第I肋軟骨である(図5)。骨組織が軟骨基質を不完全に包囲した状態であつて、その矢状断面の XP をみると骨の包囲過程がよく分かる(図3)。本例にも第1例のような竹の節様の隙間ができかけている。

組織所見は第1例とほぼ同様であつて、軟骨基質を包囲するように軟骨膜より化骨が進んでいる。

第3例：29歳男子の第I肋軟骨である(図6)。この XP では肋軟骨の肋骨側下端から指骨様突起がのびており、胸骨側上端から半島状突起が伸びている。

組織所見では両方の突起はいずれも海綿骨であつた。

第4例：42歳男子の第V肋軟骨である(図7)。肋軟骨の上下両縁を棘状の突起がカニの爪状に伸びている。

組織所見では棘状突起は海綿骨であつた。

第5例：76歳男子の第V肋軟骨である(図8)。この XP には輪廓の明瞭な島嶼状陰影が認められるが、この陰影の実体が軟骨膜に存するのか、それとも軟骨基質の内部に存するのか写真からは分からない。本材料を前額断で前、中および後の3枚のスライスに分割して XP を撮つたところ、陰影は中央のスライスに認められた。

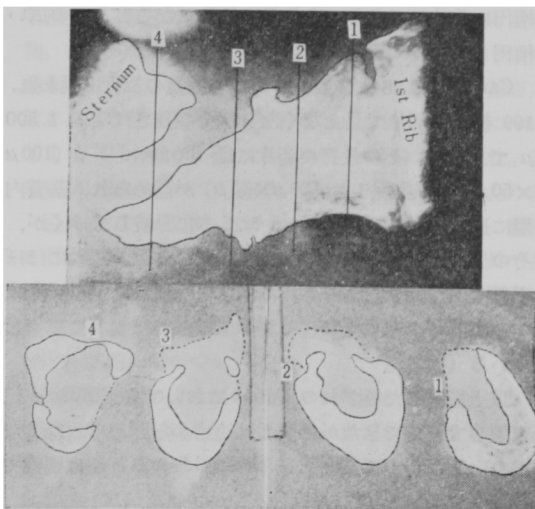


Fig. 3. (Case 2) Cross-section of imperfectly enveloping ossification of 1st rib-cartilage.

組織標本で XP の島嶼状陰影に該当する部分を検鏡したけれども、塊状の陰影を生ずるに足るほど多量の骨組織は認められなかつた。このことから、陰影の実体は骨組織ではなく石灰化した基質であり、沈着していた石灰は脱灰操作のため溶解消失したものと考えられる。

第6例：53歳男子の第V肋軟骨である(図9)。この材料を前額断で3分割して XP を撮つてみると陰影は中央のスライスに認められた。本例では塊状ではなく輪廓の不明瞭な斑紋状の陰影を示した。

組織所見では陰影に該当するような広汎な骨組織は認められなかつたから、斑紋状陰影もまた石灰沈着によるものと考えられた。

## 考 案

1) 第1例および第2例のように、高齢者の第I肋軟骨の XP にしばしば認められる竹の節様の隙間は組織学的には結合織であつた(図10)。若年者例にはこのような結合織は認められなかつた。なぜこのような結合織が形成されるのか、その由来はよく分からない。胸部のルーチン XP の第I肋軟骨を観察していると、竹の節状ではなく不規則な亀裂状の隙間の認められる例もあつた。このような基質内に存する結合織性組織の成因については今後の研究に待ちたい。

2) 第5例の XP にみられた塊状陰影は石灰影であつた。組織学的にも石灰沈着を証拠づける所見が2, 3認められたので以下に述べる。

まず Canal を中心にして変化していつたと思われる組織像である。すなわち細動脈や Sinusoid の存在する普通の形の Canal (図11) と並んで、Osteoid (図12)、骨組織、骨髄(図13)あるいは線維化組織(図14)等々多様な組織変化が同一切片上に同時に認められたのである。ここに認められた少量の骨組織は軟骨膜や肋骨から連続的に進展してゆく軟骨内化骨<sup>2)</sup>と化骨の機序においては変りはないけれども軟骨膜とは非連続であり、基質の内層に孤立している化骨という点が違つており、一種の異所性化骨と思われる。

次に軟骨基質の染色性である。HE染色でみると Canal や骨髄に接した基質部分は塩基性に染まつていて酸性色素をとる部分とはかなり明瞭に境されていた。この境界部を強拡大でみると、内側は密にならび外側に向かつて粗にちらばる小顆粒が認められ、この小顆粒は塩基性に染まつていた。この塩基性色素をとる基質部分は鍍銀法でみると強く銀をとり、アザン染色ではアヅカルミンで赤く染まつた。

以上の所見から幾つかの事実を教えられた。すなわち肋軟骨基質内に骨髄が入ってくる場合骨髄は必ずしも骨組織で囲まれる必要はないように思われた。また軟骨基質に先ず石灰沈着が起こるのであるが、その次には

Canal から石灰がだんだん吸収される結果 Canal の内腔が不規則な形に広がってゆき、そこへ先ず脂肪髓が入る場合と初めから造血髓の入る場合との2つの場合があるらしいのである。また軟骨基質に石灰が沈着する際、血流中より拡散してきた Ca イオンは軟骨腔に密接しないので多少の距離をおいた基質部分に沈着すると思われ、この部分はアザン染色ではアゾカルミンをとつて赤染していた (図 15)。しかしながら軟骨基質に石灰が沈着する機序の詳細についてはまだ明らかではない。

3) 肋軟骨基質に石灰の沈着する機序を考える場合、Canal の構造はひとつの示唆を与えてくれるように思われる。Sinusoid の形は脾臓の Sinus に似ていて、その内腔容積は輸入管である細動脈の容積に比べると不釣合に広い (図 1 および図 2)。したがって Sinusoid 内の血流は極めて緩徐であろうと思われる。

4) 全肋軟骨中、第 I 肋軟骨は最も強い化骨傾向を示し、第 II 肋軟骨は化骨も石灰化も最も軽度であつた。これらの理由はよく分からない。

5) 正常人肋軟骨の組織像と軟骨細胞の糖原発現状態についてはすでに吉村ら<sup>3)-5)</sup>の報告がある。著者は XP に認められた肋軟骨の化骨影および石灰影をそれぞれの組織所見と比較して XP 陰影の実体に近づこうと試みたのである。

組織学的に裏づけの出来なかつた XP 陰影については、今後適当な材料に検討を加えてその組織所見を追加してゆきたい。

## む す び

肋軟骨 XP に認められた化骨および石灰化の陰影を組織所見と比較して次の 4 型に分類した。

### I 型：包囲型の化骨

第 I 肋軟骨にみられた型である。肋軟骨の肋骨側下縁の棘状化骨と胸骨側上縁の半島状ないし飛び石状の化骨に始まり、軟骨基質を包囲するように軟骨膜から化骨が進む。

### II 型：棘状突起型の化骨

第 II 肋軟骨以下にみられた型である。肋軟骨上下縁は化骨が細長く伸びてゆく。

### III 型：塊状および斑紋状の石灰化

第 II 肋軟骨以下の基質内層に認められた型である。少量の骨組織も認められたが大部分は石灰沈着による陰影であつた。

### IV 型：II 型および III 型の混合型

II 型と III 型の混在するものであつて、第 II 肋軟骨以下に認められた。

稿を終るに臨み、終始ご懇切なご指導とご校閲を賜わつた岡治道先生、ご助言を賜わつた東京都監察医務院長吉村三郎博士および結核研究所岩井和郎博士に心からお礼を申し上げます。組織標本については石崎政明氏、写真については清水学氏にお世話になつたことを記して感謝いたします。

## 文 献

- 1) Bloom, W. and Fawcett, D. W.: A Textbook of Histology. 8th Ed., 167, 1962.
- 2) Patten, B. M.: Foundations of Embryology. International Student Ed., 320, 1958.
- 3) 吉村三郎 他：日本病理学会会誌, 39: 81, 昭 25.
- 4) 吉村三郎 他：日本病理学会会誌, 40: 95, 昭 26.
- 5) 吉村三郎 他：日本病理学会会誌, 41: 164, 昭 27.

## Kenji NISHINO (I)

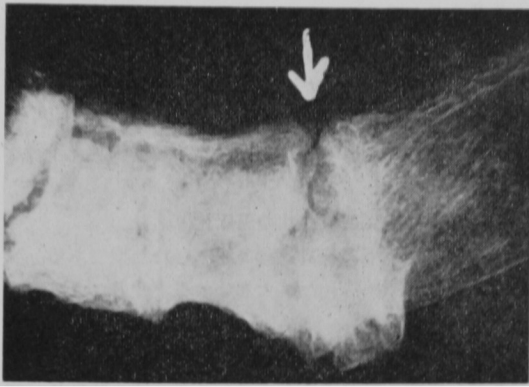


Fig. 4. (Case 1. 40 year-old male.) Enveloping ossification of 1st rib-cartilage. Joint-like gap carrow). (Later stage of type I\*) \* q. v. conclusion.

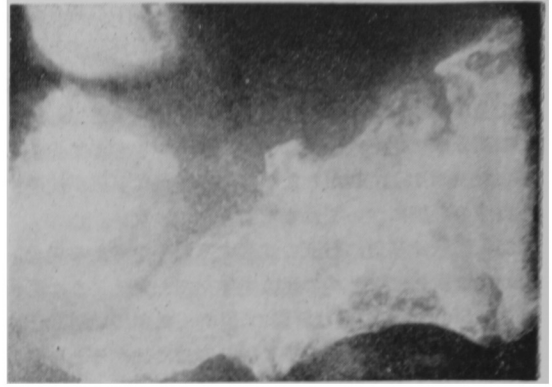


Fig. 5. (Case 2. 76 year-old female.) Imperfectly enveloping ossification of 1st rib-cartilage. (Middle stage of type I .

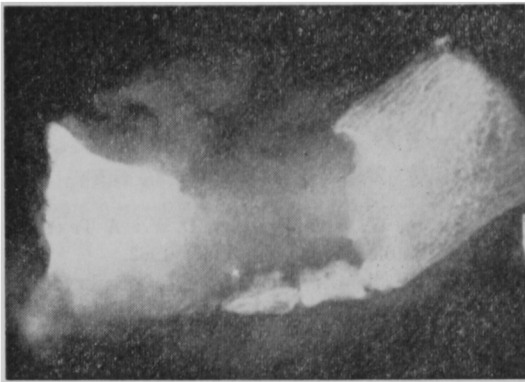


Fig. 6. (Case 3. 29 year-old male.) Phalanx-like ossification of 1st rib-cartilage. (Early stage of type I).

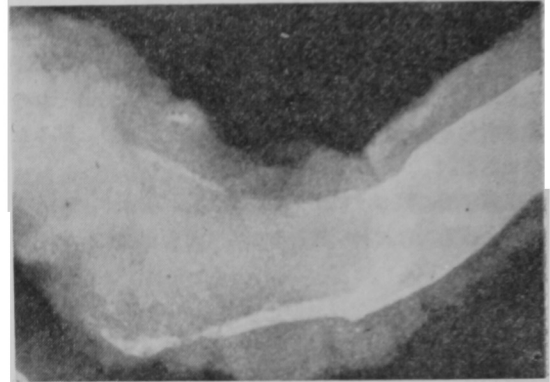


Fig. 7. (Case 4. 42 year-old male.) Thorn-like ossification of 5th rib-cartilage. (Type II).

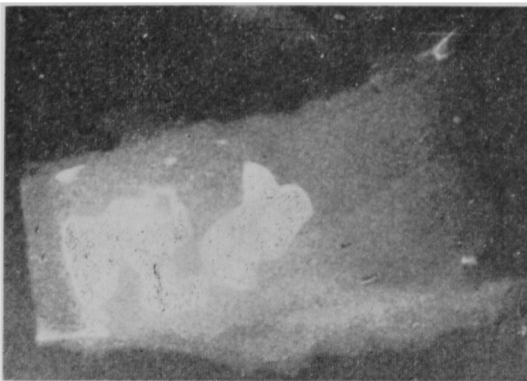


Fig. 8. (Case 5. 76 year-old male.) Calcification. Massive shadows of 5th rib-cartilage. (Type III).



Fig. 9. (Case 6. 53 year-old male.) Calcification. Spotted shadows of 5th rib-cartilage. (Type III).

Kenji NISHINO (II)

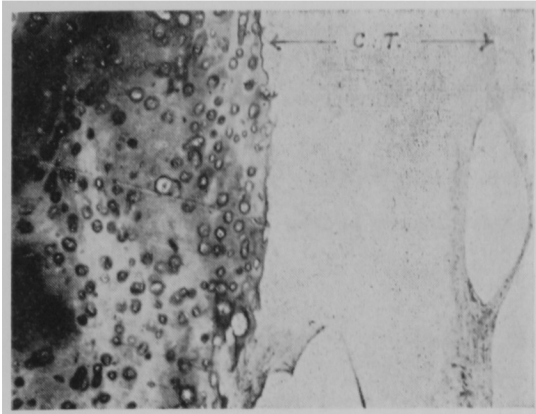


Fig. 10. (Case 1. 40 year-old male.) Connective tissue adjacent to cartilage-matrix. Azan staining. 50 $\times$ .

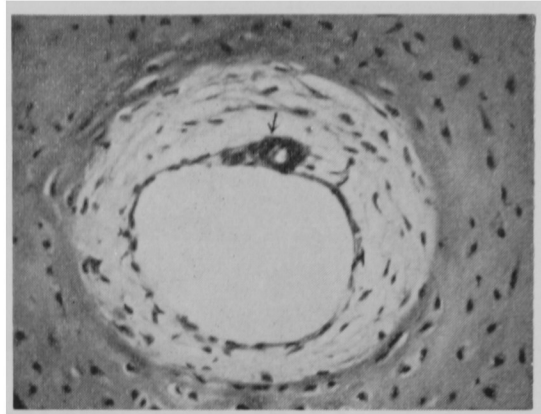


Fig. 11. (44 days after birth.) Cross-section of canal. Arteriole (arrow) and sinusoid. Hematoxylin and eosin staining. 400 $\times$ .

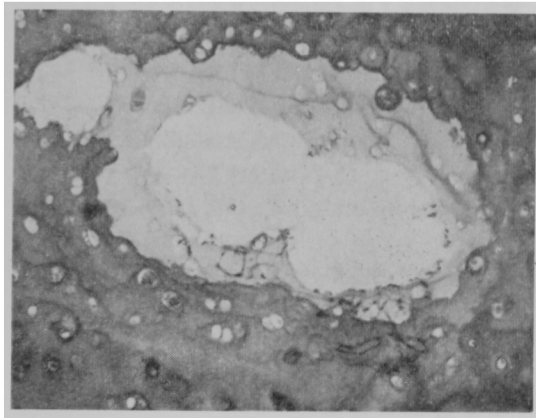


Fig. 12. (Case 5. 76 year-old male.) Osteoid observed in canal space. Hematoxylin and eosin staining. 200 $\times$ .

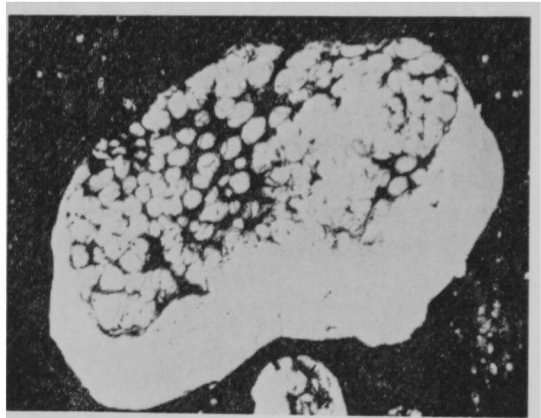


Fig. 13. (Case 5) Bone marrow appeared in cartilage-matrix. Silver impregnation. 50 $\times$ .

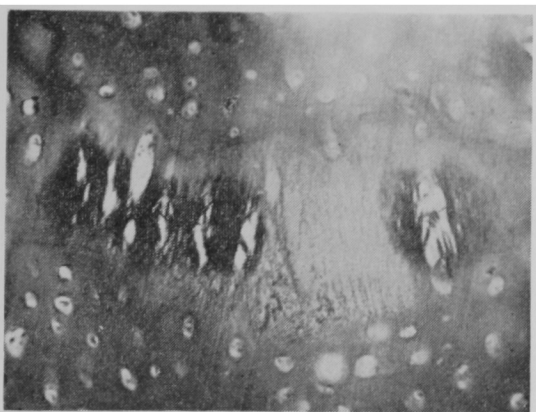


Fig. 14. (Case 5) Fibrous zone observed in cartilage-matrix. Azan staining. 100 $\times$ .

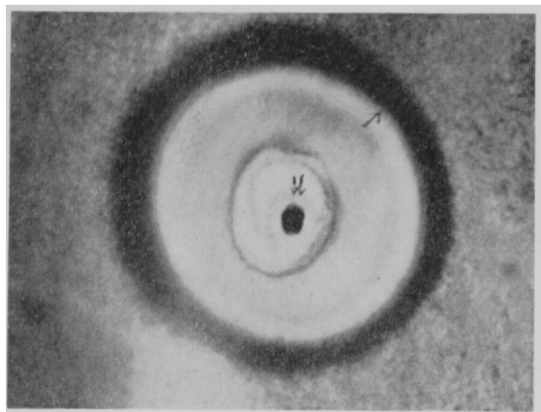


Fig. 15. (Case 5) Atrophied cartilage-cell (double-arrow) surrounded by red ring (arrow). Azan staining. 800 $\times$ .