脊椎靱帯骨化の電顕的観察

山口大学整形外科

丘 茂 樹・河 合 伸 也
齋 木 勝 彦・土 井 一 輝
坂 本 正

Scanning Electron Microscopic Observation of the Ossification of the Spinal Ligament

by

Shigeki Oka, Shinya Kawai, Katsuhiko Saiki,
Kazuteru Doi and Tadashi Sakamoto

Department of Orthopaedic Surg, Yamaguchi University School of Medicine,
Ube City. (Director: Prof. Shinya Kawai)

According to SEM observation of the ligamentum flavum with no other ossifications in roentgenograms, elastic fibers formed a dense and regular pattern with interconnecting micro-fibrils. On the observation of the attachments with age changes, an unusual observation was of osteocyte lacunae, probably corresponding to chondrocytes or osteoblasts. The level reached by the mineralization plane of them was oblique to the surface, being perpendicular to the long axis of the elastic fibers. And this suggests that functional pull on the fibers affects the mineralization process in some way.

Observation of the ossification of the thoracic ligamentum flavum showed degenerative changes of fibers, followed by the appearance of numerous osteocyte lacunae with granular substance. And finally there appeared osteocytes, resulting in the enchondral ossification.

脊椎周囲の靱帯骨化の発生機序については不明な点が多い。骨化の進展過程を解明する一手段として、手術時採取した黄色靱帯を光学顕微鏡（以下光顕と略す）及び、走査電子顕微鏡（以下、SEMと略す）を用いて比較検討したので報告する。

今回観察対象としては、胸椎黄色靱帯骨化症10例であり、対照として靱帯骨化を有しない脊柱管狭窄症や脊髄腫瘍12例を用いた。

摘出標本をグルタルアルデヒド及びオスミウム酸で二重固定し、次に材料の一部をH-E染色とVon kossa染色、Elastica Van Gieson染色を施し光顕観察した。SEM観察用に未脱灰・脱灰とに別け、1×1 cm角と10 mm棒状切片またはアルコール切断を行ないアルコール脱水後、臨界点乾燥法により乾燥後、金パラジウム蒸着し日本電子JSM-25S III走査電子顕微鏡で観察した。

結 果

対照の胸椎黄色靱帯の観察では、椎弓間部においては骨コラーゲンは骨表面に平行に走り、比較的走行の一定した弾力線維は斜めに骨に付着する。弾力線維は規則正しく縦走り、その太さは1.0~6.0 μ であり通常3 μ 前後である。大部分は縦状に直走するが、波状を呈するものもある。一部では樹枝状に枝分れし、隣接線維と連絡しているものもある。間質は比較的密であり、この間質に弾力線維より細かい線維が枝分れしているのが認められる (Fig. 1)

椎弓付着部近傍では太さ3.5 μ ~8.0 μ 通常5 μ の太い線維が密に縦走している。線維の表面は平滑となり、細線維の枝分れは減少傾向にある。骨付着部の線維を観察するに、各線維が直接コラーゲン束に入り込むものと、線維間の境界が不明瞭となり太さ20~30 μ

Fig. 1 弾力線維
(Field width: 367 μ)

の線維束を形成し、骨コラーゲン内に入り込むものが認められる。付着部に沿って毛細血管が見られる。

椎弓部を観察すると、太さ 1μ 前後のコラーゲン線維からなる密な層状構造が認められる。最上部の層の線維の走行は、靱帯付着部つまり骨表面に平行であり、その直下の層は靱帯が骨に付着する角度と平行となっており、これらの層が幾重にも織り重なり合っていることが判る。これらの層状構造は脱灰標本でより明瞭となる。

年令を追って付着部を観察してゆくと、骨表面より弾力線維内へ Osteocyte lacuna を中心とする骨隆起部が認められ、強拡大の観察では Osteocyte lacuna の左上の部分では成熟した micro-fibril が放射線状に走っており、骨表面に平行に走る線維を lacuna 周辺に認める。右下の部分では、線維は均一無構造な物質の中に埋もれ周辺の線維の配列・層状構造の乱れを認め石灰化の途中をあると考えられる。この石灰化の面は弾力線維と垂直であり、機能的な索引力が石灰化に何らかの影響をおよぼしているのではないかと推測できる (Fig. 2)。

胸椎黄色靱帯骨化症において、摘出標本をソフテックスを用いて軟線 X 線撮影を行なうと、椎弓付着部より骨化巣が脊柱管内へ突出しているのが認められる。

SEM による観察では、骨化周辺の弾力線維は大きな波状を呈し、太さ 8μ 前後となり 2 枝・3 枝に分裂・蛇行する。間質は疎となり 0.5μ 前後の膠原線維が縦走し、断裂・蛇行・網目状を呈し種々の変性所見が観察される。さらには、 1μ 前後の線維が束となって縦走し、間質には $1,200\text{Å}$ の楕円形の小顆粒とそれ

Fig. 2 骨付着部の隆起
(Field width: 110 μ)

にまつわる 2 本の紐状の鎖状物質が散在するとともに弾力線維はほとんど見られなくなる。

骨化近傍に至ると、約 $0.4\sim 2.5\mu$ 径の大小さまざまな円形・卵円形をした Osteocyte lacuna が見られ、その中のいくつかはお互いに結合・癒合し大きな複合 lacuna を形成する。基質はムコ多糖体と思われる物質で平滑である。骨化部では毛細血管を中心とする骨新生が行なわれているのが認められる (Fig. 3)。

Fig. 3 大小さまざまな Osteocyte lacuna
(Field width: 15.2 μ)

結 語

1. 対照群とした X 線上骨化を有しない胸椎黄色靱帯の観察によると、一部に弾力線維の枝分かれ・波状の走行を認めるも、ほぼ走行は一定しており各線維と明瞭に区別される。骨付着部では、骨表面より靱帯内に Osteocyte lacuna を中心とする骨隆起より、

石灰化は弾力組織に垂直な面で行なわれており、機能的な索引力が石灰化に何らかの影響をおよぼしているのではないかと推測する。

2. 胸椎黄色靱帯骨化症での観察によると、骨化近傍になるにつれ、弾力線維の規則正しい走行は乱れ変性・減少し、micro-fibril あるいは膠原線維の増加を認め、軟骨組織の石灰化に伴う骨芽細胞による骨新生が認められたことにより内軟骨性骨化であると推測される。

参 考 文 献

- 1) 服部 奨：胸椎部ミクロパナーについて，臨整外，12：315-407，1977.
- 2) Oka, S.: Scanning electron microscopic observation of ossification and calcification of the ligamentum flavum. Arch Jap

Chir 51: 671-694, 1982.

- 3) 酒匂 崇・他：黄色靱帯骨化の病態．臨整外，12：368-376，1977.
- 4) 富田忠良：脊椎外科の立場よりなせる黄靱帯の研究Ⅱ．組織学的研究．日整会誌，18：821-823，1943.

質 問

鳥取大学 山本 吉蔵

SEM 像で石灰化，骨化を論ずる場合には元素分析が必要だと思いますが。

解 答

山口大学 丘 茂樹

御指摘の通り走査電顕は形態学上の問題であり，石灰化の過程についてはX線分析にて線分析，面分析等の Ca, P の走査が必要と考えます。