

08 骨と関節

08 骨と関節 Menu

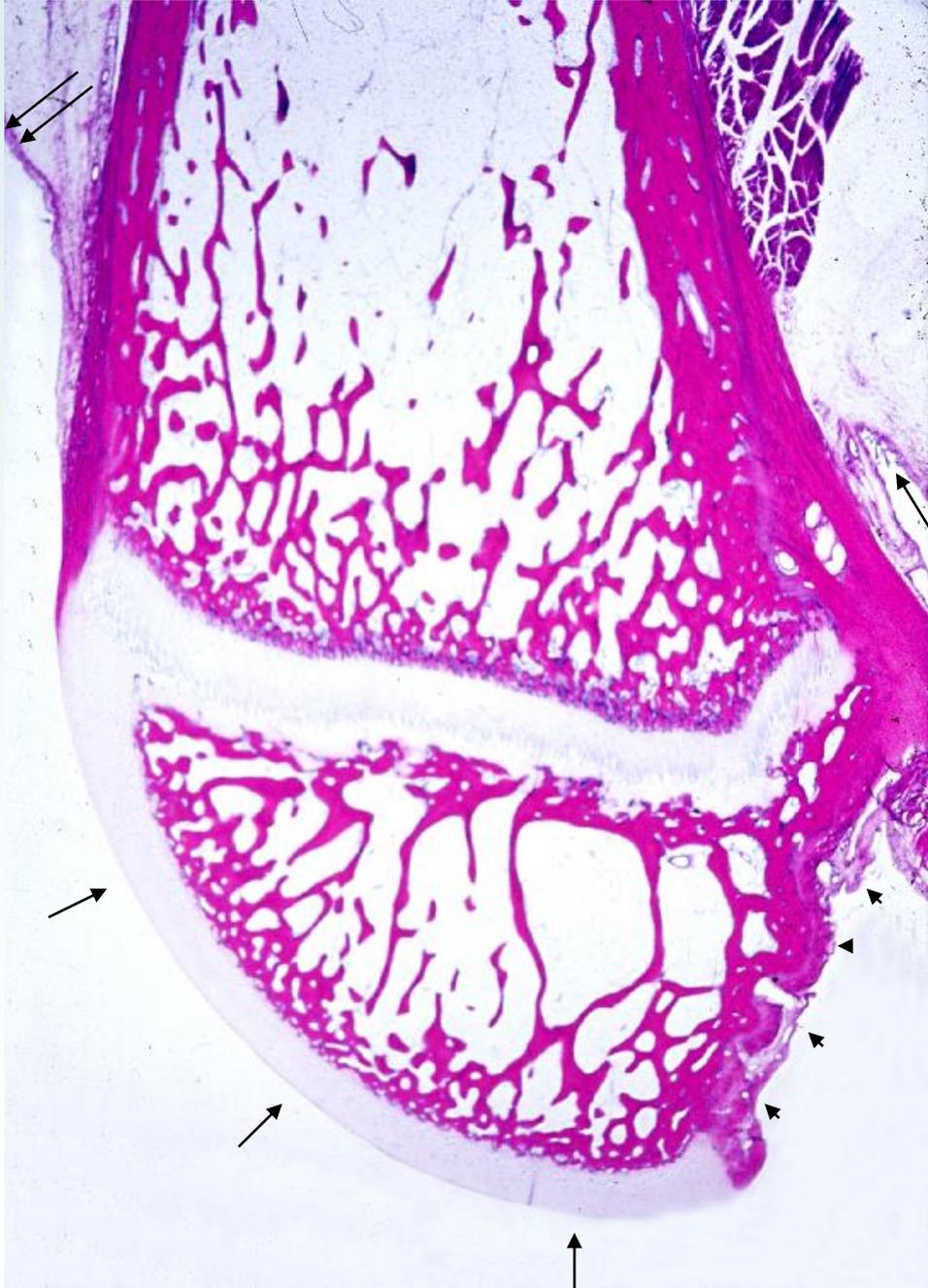
- 08 [骨と関節](#)
- 08-01 [大腿骨 横断. サル. H-E染色. X2.5.](#)
- 08-02 [大腿骨 遠位端 2. サル. H-E染色. X1.3.](#)
- 08-03 [膝関節 膝蓋骨. サル. H-E染色. X1.3.](#)
- 08-04 [腱と軟骨と骨の結合. サル. H-E染色. X10.](#)
- 08-05 [滑膜. サル. H-E染色. X25.](#)
- 08-06 [滑膜絨毛. サル. H-E染色. X25.](#)
- 08-07 [関節半月 1. サル. H-E染色. X66.](#)
- 08-08 [関節半月 2. サル. H-E染色. X160.](#)
- 08-09 [関節軟骨. サル. H-E染色. X10.](#)
- 08-10 [骨膜. サル. H-E染色. X66.](#)
- 08-11 [長管骨の発生 1](#)
- 08-12 [長管骨の発生 2](#)
- 08-13 [骨端板 1. サル. H-E染色. X4.0.](#)
- 08-14 [骨端板 2. サル. H-E染色. X25.](#)
- 08-15 [骨端板 3. サル. H-E染色. X40.](#)
- 08-16 [造骨組織. サル. H-E染色. X64.](#)
- 08-17 [破骨細胞. サル. H-E染色. X400.](#)
- 08-18 [骨髄 1. サル. H-E染色. X25.](#)
- 08-19 [骨髄 2. サル. H-E染色. X64.](#)
- 08-20 [骨髄 3. サル. H-E染色. X250.](#)
- 08-21 [骨髄 4. サル. H-E染色. X250.](#)



これはサルの大腿骨の骨幹部の横断面である。骨幹部は典型的な管状の骨で、その横断面は図のように円として現れる。この図では、円周をなす周囲の濃赤色の厚い部分が骨質で、内部の濃紫色の部分は盛んに造血を行っている赤色骨髄である。その内側は脂肪組織で満たされており、中心部に動脈と静脈が横断されている。

骨質の中には大小の穴が多数見られるが、これらはハーヴァース管である。この標本では骨膜は剥離してあるが、矢印で示した部位には残存している。

08-02 大腿骨 遠位端 2. サル. H-E染色. x 1.3.



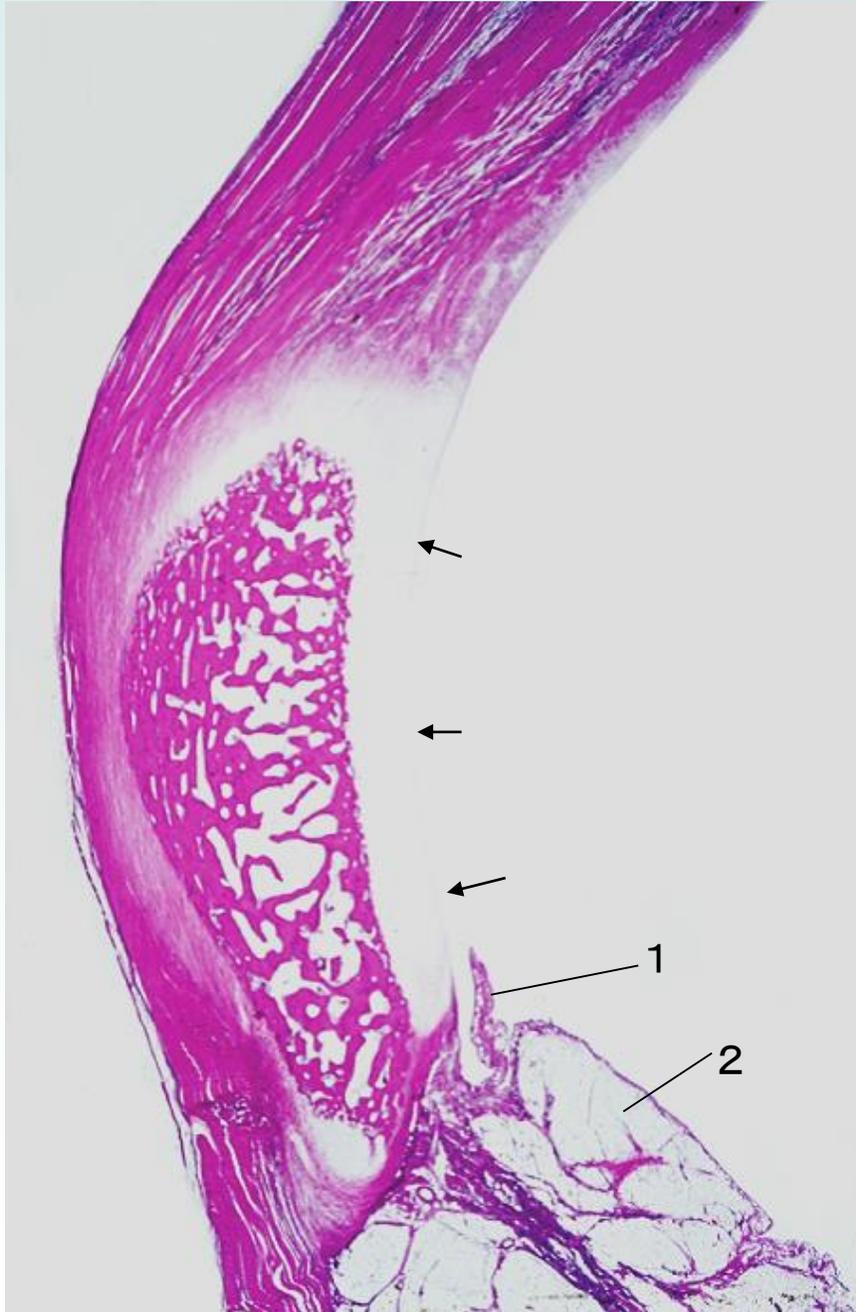
これはサルの大腿骨遠位端部の矢状断(縦断)面である。図の左側が前面、右側が後面である。

大腿骨遠位端部の前面および下面は関節腔に露出し、ここは関節軟骨で被われている(短い矢印)。後面も関節腔に露出しているが、ここには関節軟骨はなくて、骨の表面は緻密な結合組織で被われ、最表層は滑(液)膜で被われている(矢の頭)。

この標本には骨端部と骨幹部の間に著明な骨端軟骨(骨端板)が存在していた。この骨端板よりも遠位の骨端部の内部は比較的細い骨梁が分岐と吻合を繰り返して「蜂の巣」状の構造を形成している。関節軟骨の前上端部で関節軟骨は骨幹部の骨膜外層の緻密結合組織に移行している。反対側の後面では滑膜に被われた骨が骨幹部の骨膜外層の緻密結合組織と結合している。

(続きは解説へ)

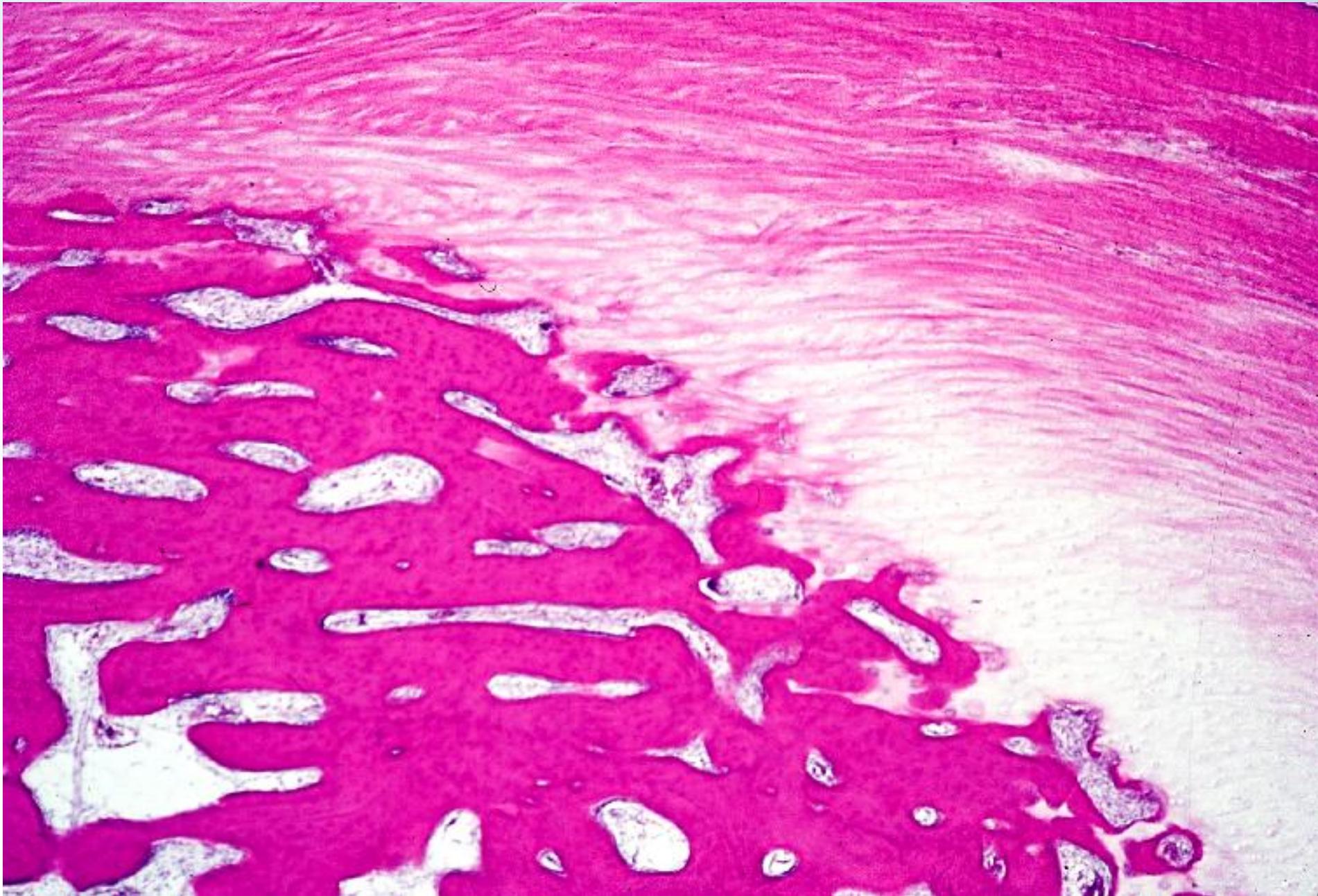
08-03 膝関節 膝蓋骨. サル. H-E染色. x 1.3.



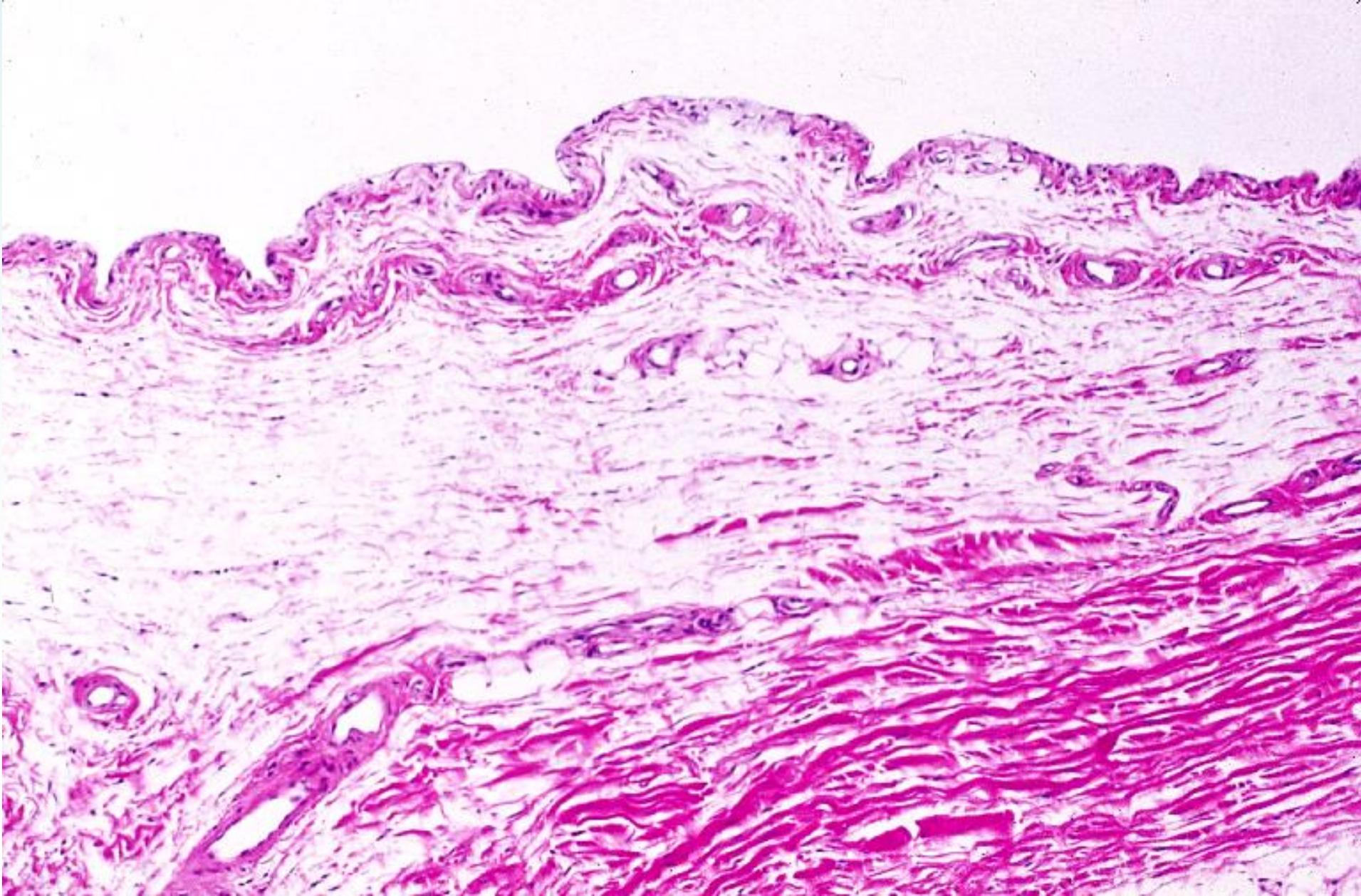
これはサルの膝蓋骨の矢状断(縦断)像である。この写真では左側が前面、右側が後面である。

膝蓋骨の後面は膝関節腔に露出しており、この面は関節軟骨で被われている(矢印)。画面の上部は大腿四頭筋の腱である。これは膝蓋骨およびその後面の関節軟骨の内部に進入し、また膝蓋骨の前面をすっぽり包み、更に下方に伸びて下腿の脛骨の前面に付着する。換言すると、膝蓋骨は大腿四頭筋の腱の中に生じた種子骨である。

図中の1は滑膜絨毛、2は脂肪ヒダである。

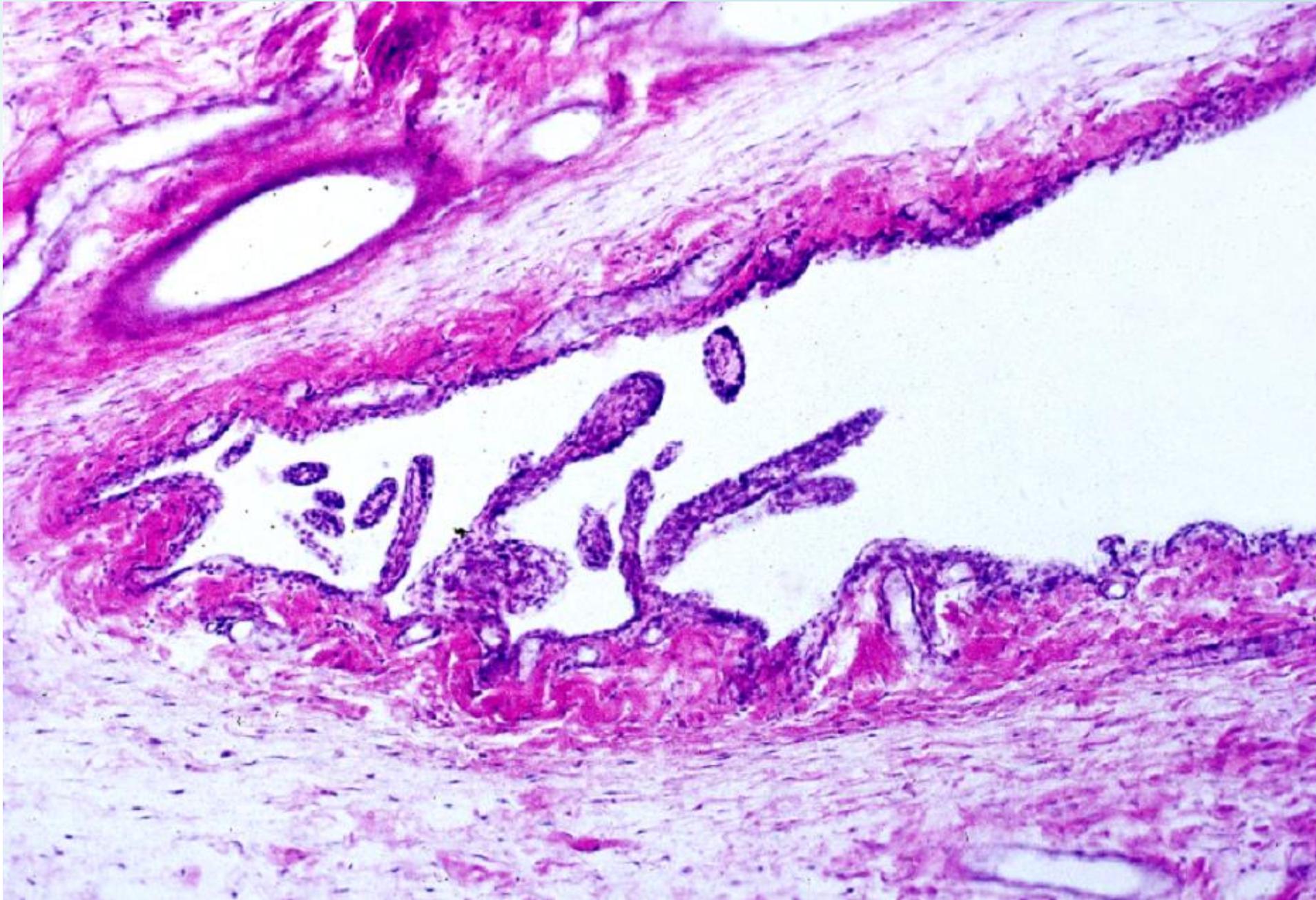


これは図 08-03 の膝蓋骨の前上部の拡大で、腱の膠原繊維が軟骨に侵入し、更に膝蓋骨の骨そのものの中に進入している状態を示すものである。膠原繊維は軟骨の中に進入するとエオジンに染まらなくなり、無色半透明の軟骨質の中で識別できなくなる。

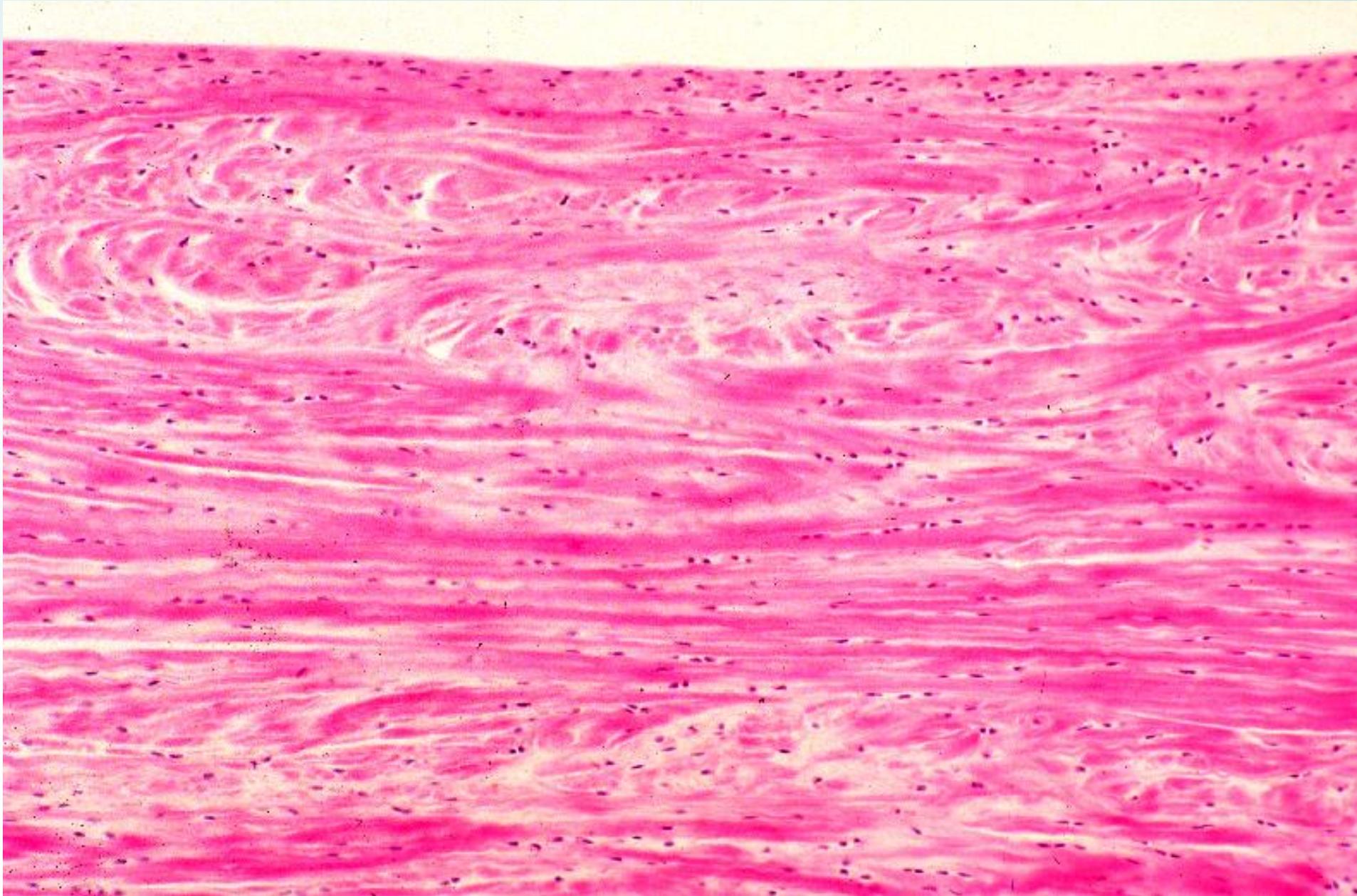


これは滑膜の一部である。最表層には内皮細胞に似た細胞の核が点在し、その下は疎な結合組織で裏打ちされている。これが滑膜であり、この疎な結合組織の中には細い血管が含まれている。

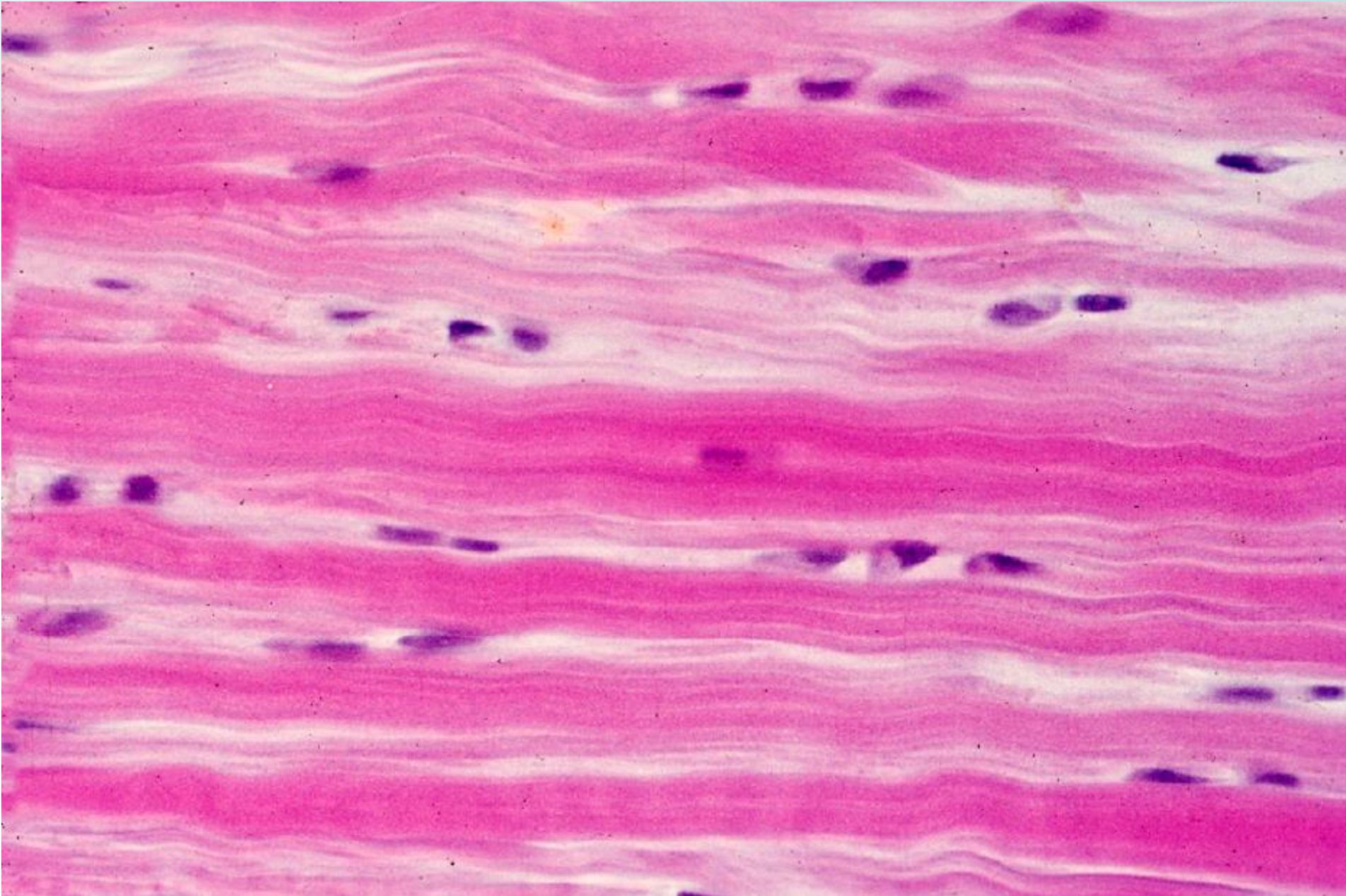
画面の右下方に太い膠原繊維の厚い層があるが、これが関節包を形成する膠原繊維の層である。



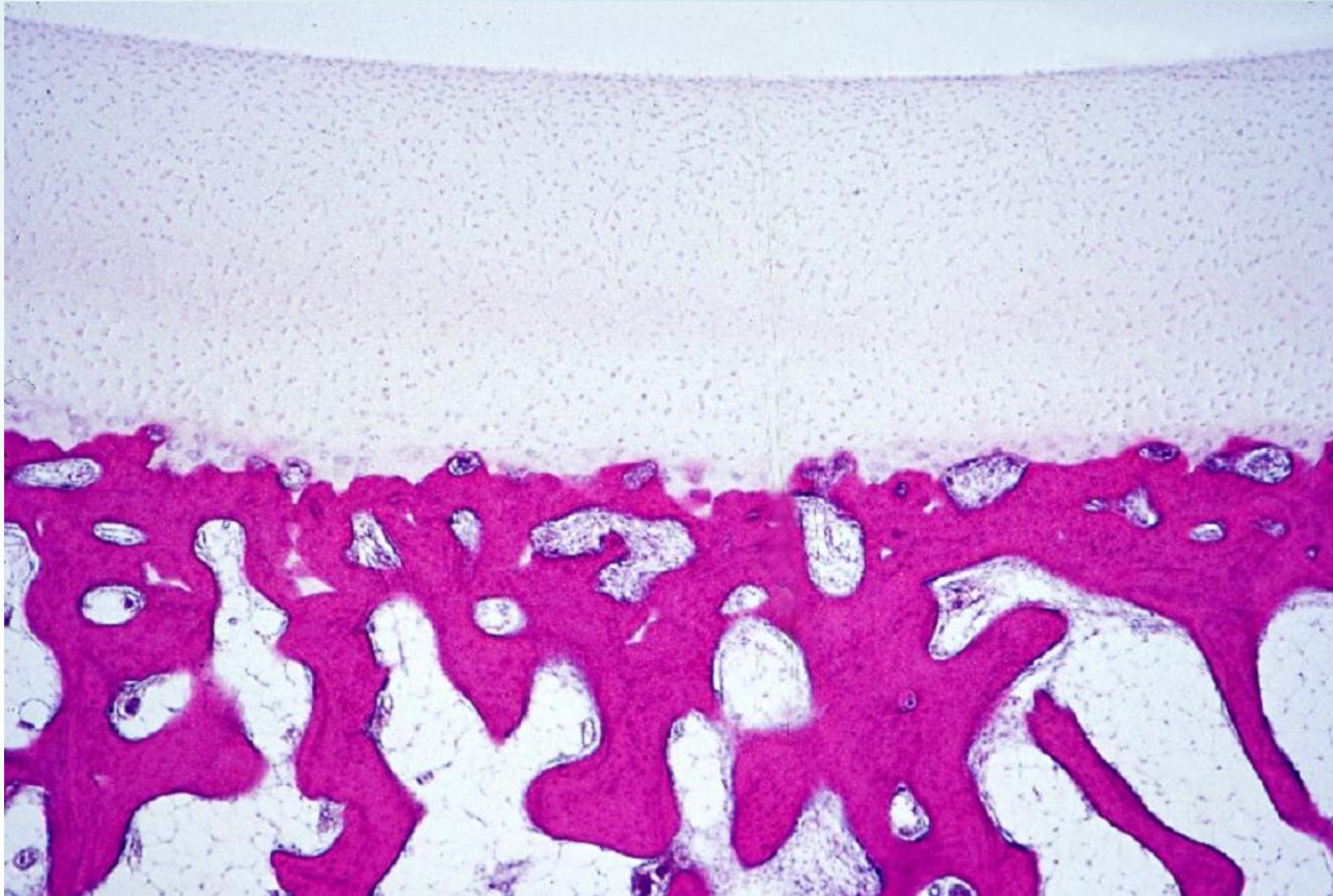
これは図 08-03 の長い矢印で示した滑膜絨毛の拡大である。画面の上方が骨幹側、下方が関節包側である。



これは膝関節における関節半月で、典型的な繊維軟骨である。太い膠原繊維束が縦横に密に配列している間に軟骨細胞が存在している。この一部の拡大を図 08-08 に示す。



これは図 08-07 の一部の拡大で、太くて緻密な膠原繊維束の間に軟骨細胞がはめ込まれている。



これは図 08-03の膝蓋骨の関節軟骨の一部である。関節軟骨は芯をなす骨質と固く結合しているが、ここには骨端軟骨(骨端板)に見られるような活発な骨形成の像は認められない。関節腔に露出する骨の表面は、このように厚い硝子軟骨で被われている。

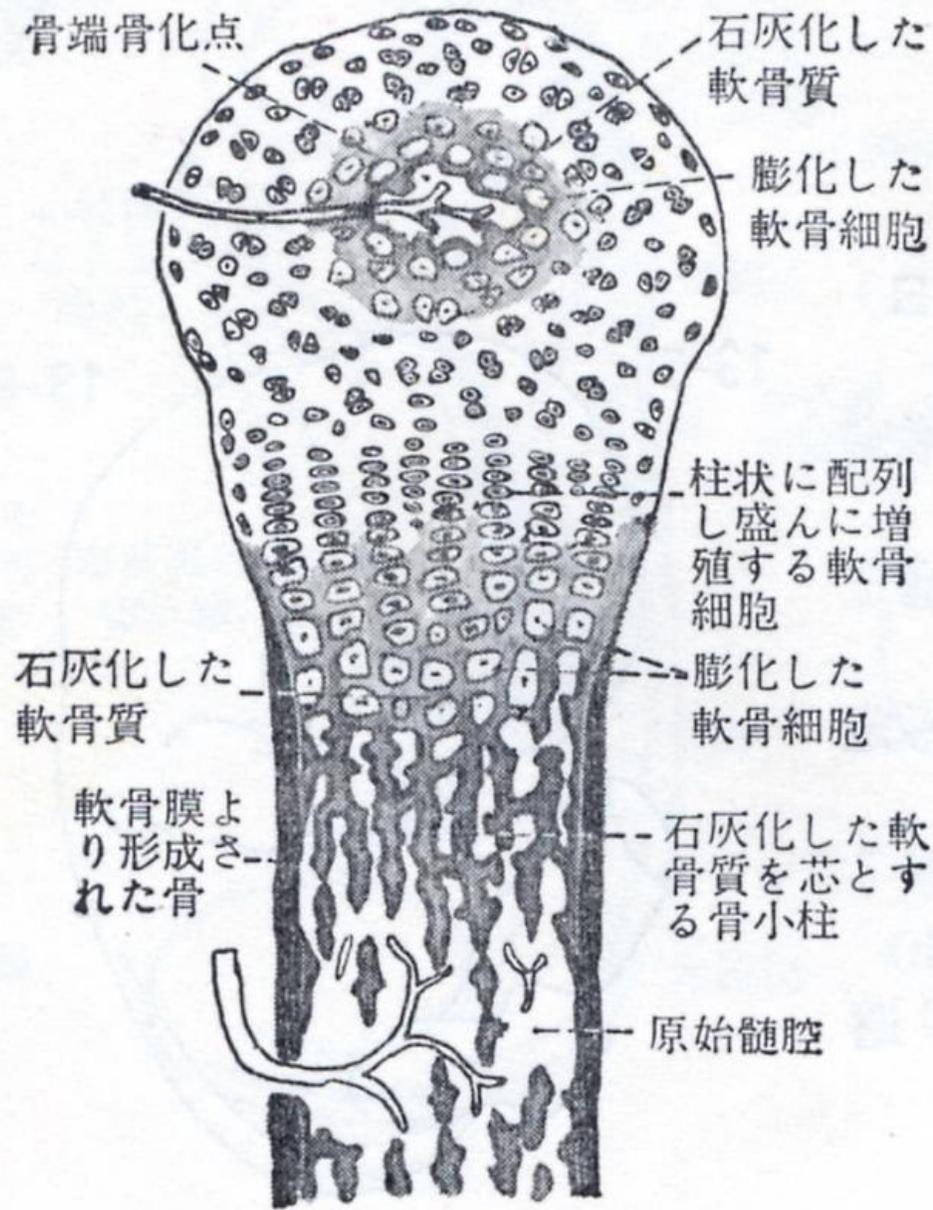


骨の表面は、軟骨によって被われている関節面を除き、骨膜(Periosteum)によって被われている。骨膜は緻密な繊維性結合組織であるが、これは更に、骨に密着して血管および細胞に富む内層(図の2)と、その外を包む緻密結合組織よりなる外層(図の1)とに分けられる。

骨膜内層は血管および神経に富み、また骨の新生に与かる未分化の間葉細胞を多く含んでいる。内層の血管の一部は骨の表面に直角またはそれに近い角度で、外基礎層板を貫いて骨の中に入し、ハーヴァース管内の血管につながる。この血管をいれる管をフォルクマン管という(矢印)。

(続きは解説へ)

08-11 長管骨の発生 1

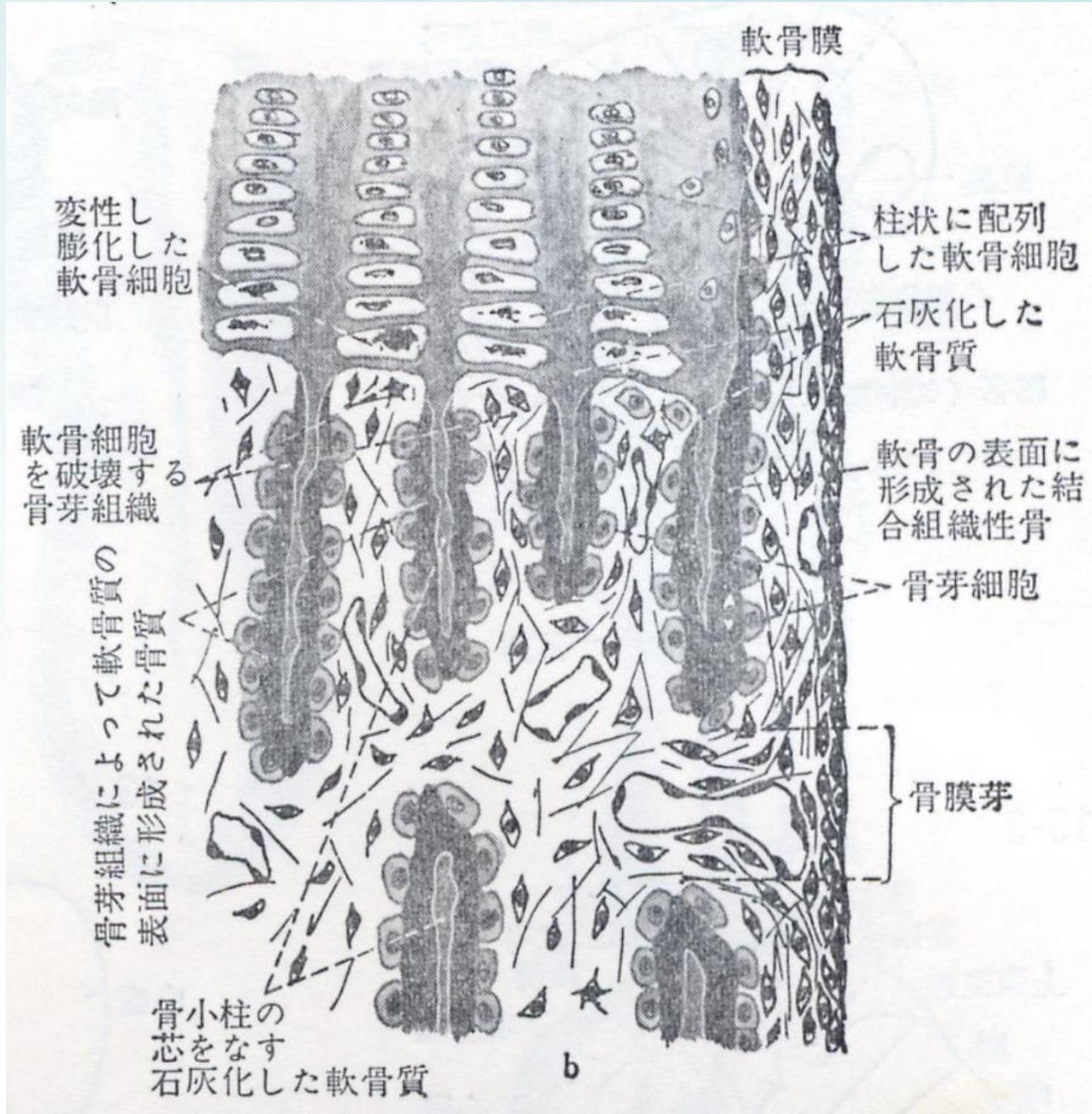


骨端部における骨化は出生後に始まる。これは(軟骨性)骨端の周囲の間葉組織が、血管を伴って骨端の中心部に進入し、ここで軟骨細胞を破壊・吸収して、残った軟骨基質を予備石灰化し、その周囲に骨芽細胞と骨質を付着させて、原始髄腔とその中に細い骨質の梁柱による海綿状の骨質を形成する。

骨端部における骨化が骨幹の方に広がっていくと、骨端と骨幹の骨化部は次第に相近つき、両者の間に軟骨領域が介在することになる。この軟骨領域を骨端板または骨端軟骨という。

骨端板においては軟骨細胞が盛んに増殖して、骨端および骨幹の骨化部に向かう多数の軟骨細胞柱を形成する。両方の骨化部の骨芽組織は軟骨細胞柱を破壊・吸収して、軟骨細胞柱の間の予備石灰化した軟骨基質の表面に骨質を付加する。

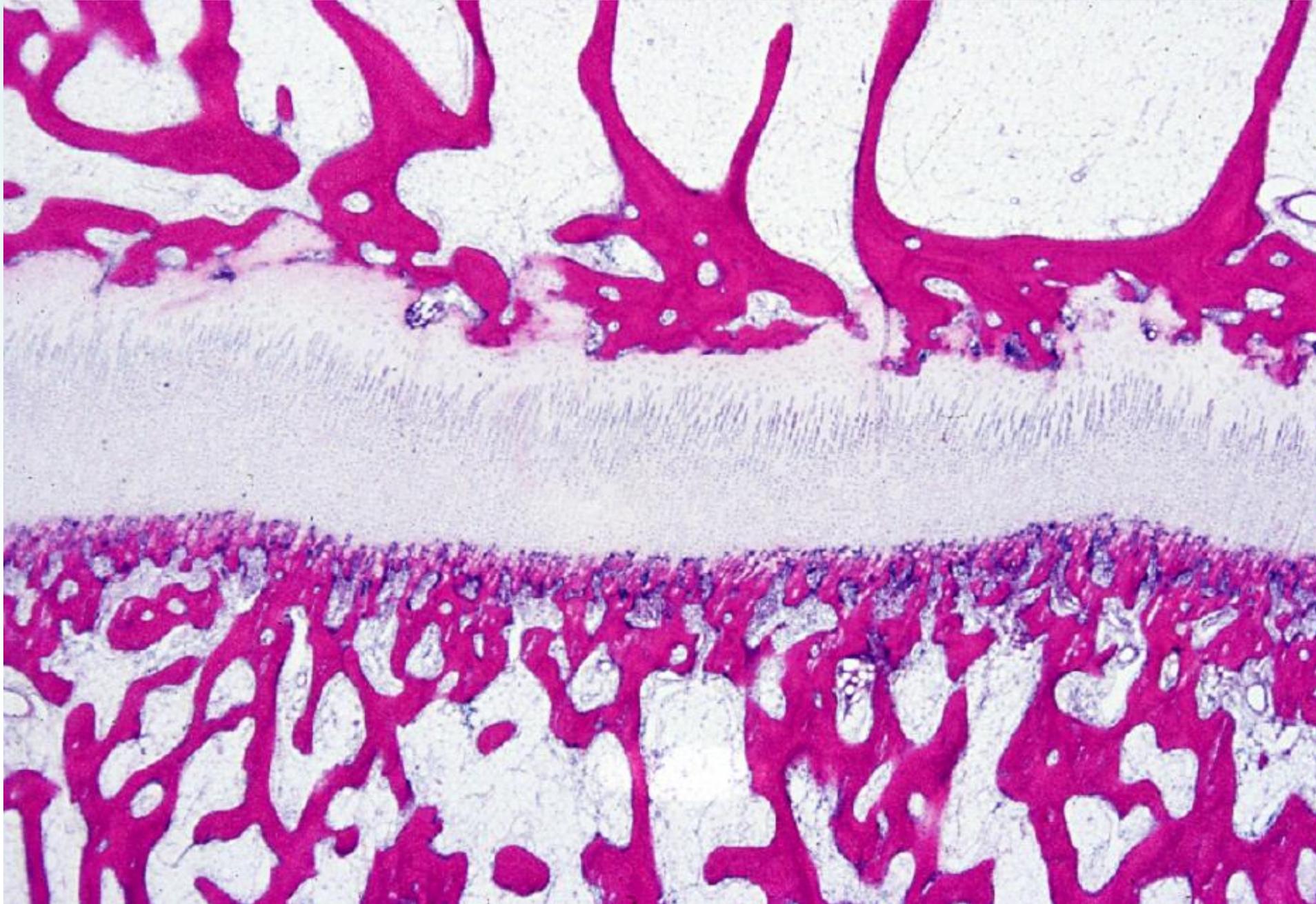
(続きは解説へ)



長管骨の中央部(骨幹)において始まった軟骨性骨化は、次第に骨の両端(骨端)に向かって進行していくが、これと同時に、この骨化部の外周を包む軟骨膜(後の骨膜)からも骨質が形成され、軟骨の表面に骨質と骨芽細胞を同心円状に付加して、円筒状の骨質を形成する。この円筒状の骨質は新しい骨質の付加によって次第の厚くなり、長管骨は全体として直径を増すが、一方骨髓腔に向かうその内面では、骨質の破壊・吸収が起こり、骨髓腔も拡大する。

このようにして、形成された軟骨性骨は軟骨内骨化によって長さを増し、骨膜性骨化によって太くなっていく。しかし出生時には骨化はなお骨幹の部分に限られ、両骨端は軟骨の状態を保っている。

(続きは解説へ)

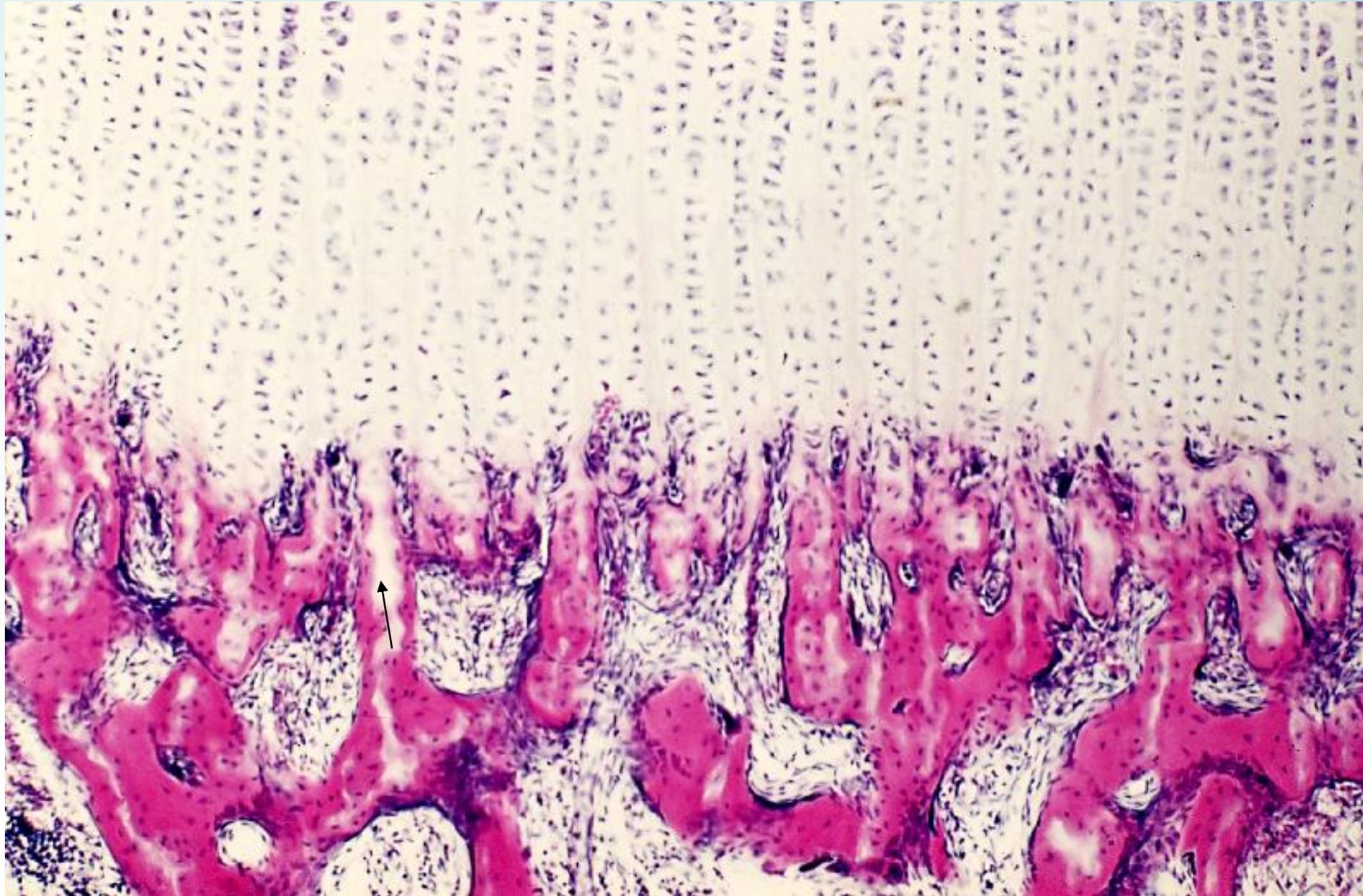


これは図 08-02 の骨端軟骨(骨端板)の一部の拡大である。

骨は非常に硬い組織であるので、その成長や維持は、他の組織には見られぬ特別の様式で行われる。即ち、新生・付加と破壊・吸収が同時に行われるのである。

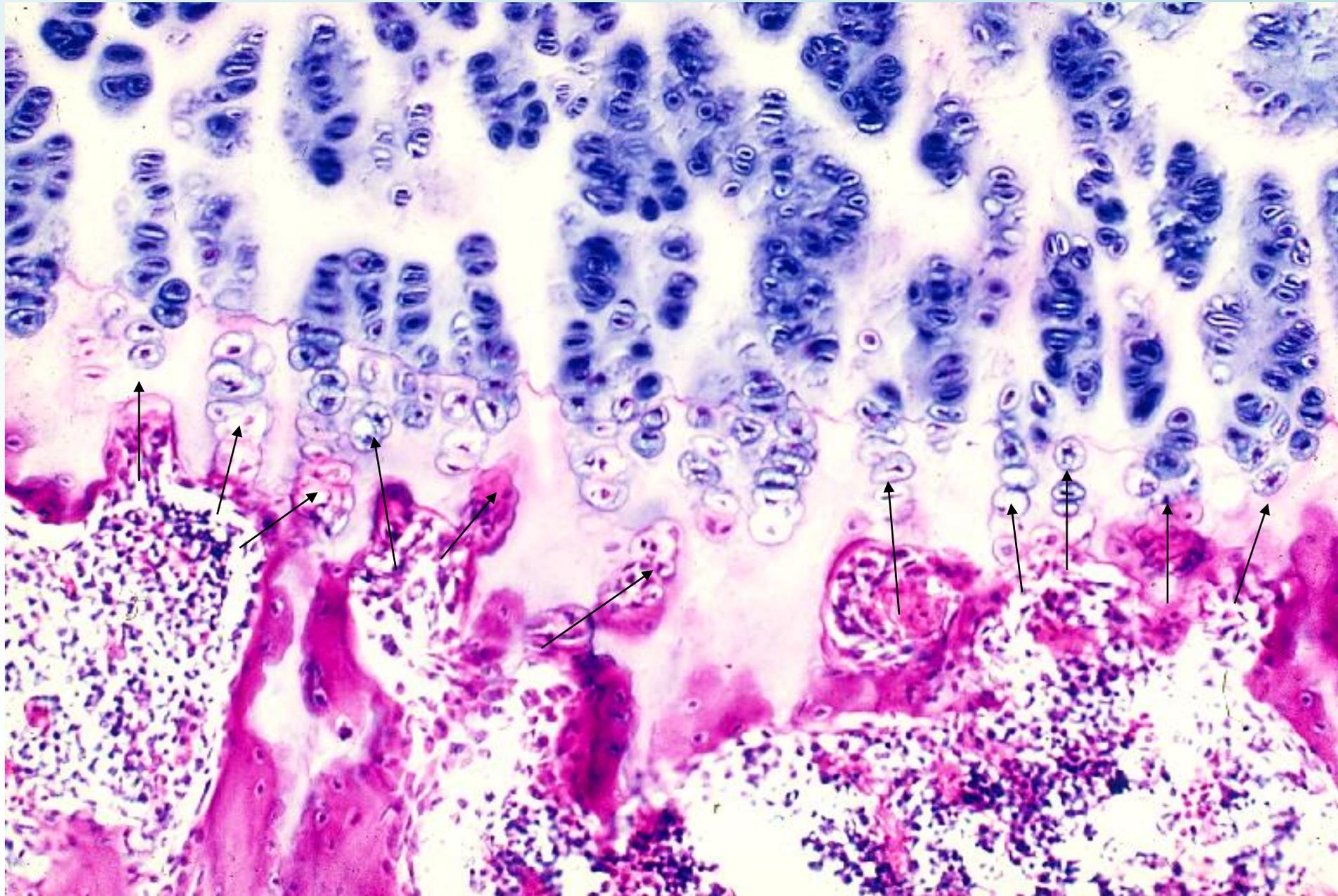
この図では上が骨端側、下が骨幹側である。図の中央に横たわっている白い帯が骨端板で、そこには上下方向に並んでいる、無数とも言える多数の軟骨細胞柱が観察される。この骨端板の骨幹側では、非常に活発な軟骨性骨化が行われており、図 08-12 で示した骨化の過程が見られるが、骨端側では骨化の過程はあまり活発でなく、従って骨端側に向かう軟骨細胞柱の形成はほとんど見られない。

(続きは解説へ)



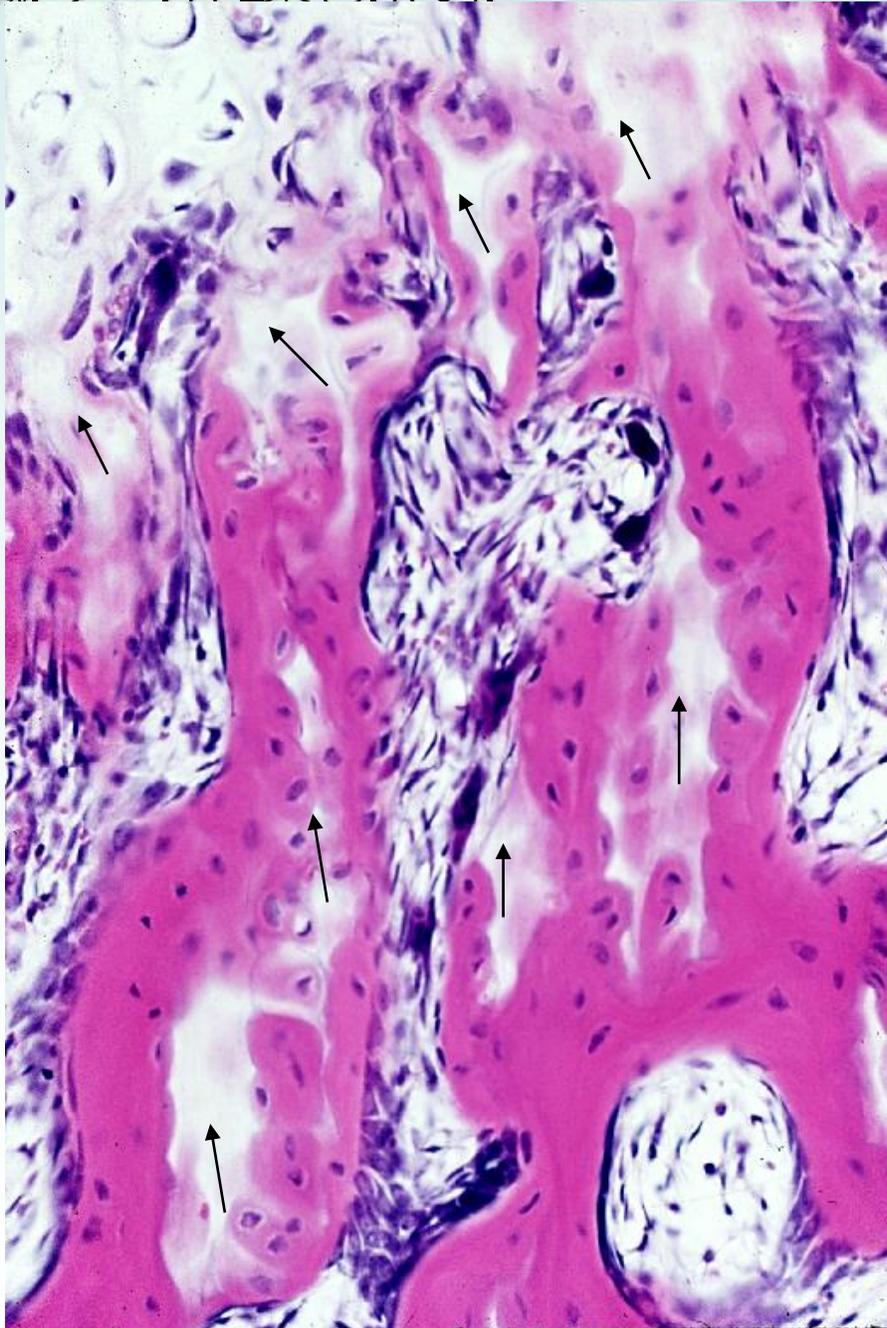
これは図 08-13 の一部の拡大である。図の上半分は骨端板で、その内部には肥大した軟骨細胞の柱が「縄のれん」のように整然と並んでいる。軟骨細胞柱の相互間を隔てているのは、予備石灰化した軟骨基質である。軟骨細胞柱の軟骨細胞が、画面の下方の骨の梁柱の間を満たしている骨芽組織によって破壊・吸収されると、細くなった軟骨基質の表面に骨芽組織から骨芽細胞と骨質が付与されて、細い骨質の梁柱が成立する。矢印はこうしてできたばかりの梁柱である。骨質は強い酸性好性を示し、H-E染色では濃赤色に染まる。こうしてできた多数の梁柱は隣接するものと互いに吻合して、全体としてやや密な網工を形成する。

(続きは解説へ)

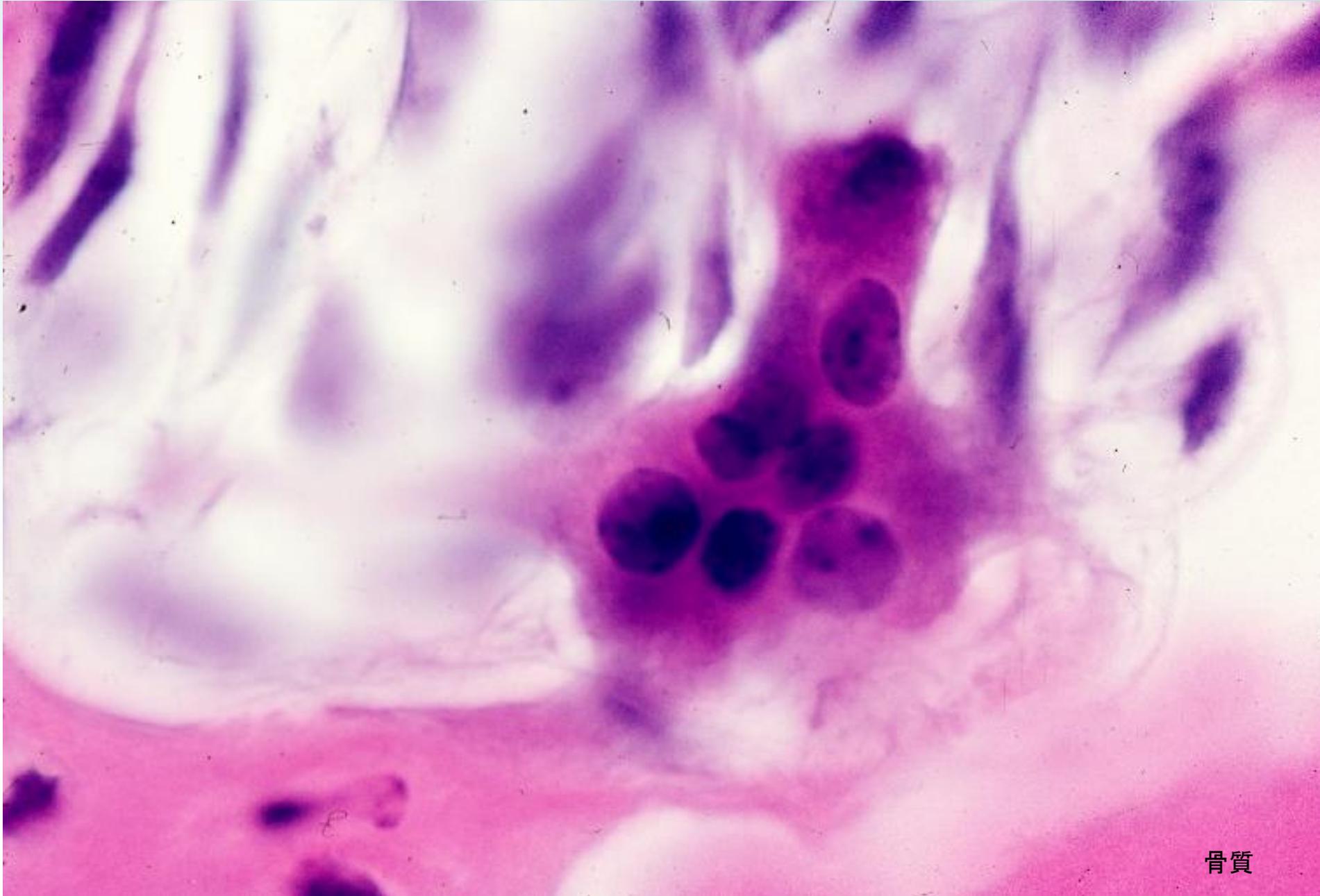


骨端板の骨幹に向かう側では、軟骨細胞が増殖し肥大して、多数の細胞柱を作る。この軟骨細胞柱を包む軟骨基質は強い塩基性好性を示し、H-E 染色で青く染まる。軟骨細胞柱を構成する軟骨細胞の増加と肥大によって狭小となった細胞柱間の軟骨基質には次第に Ca が沈着してくる(予備石灰化)。

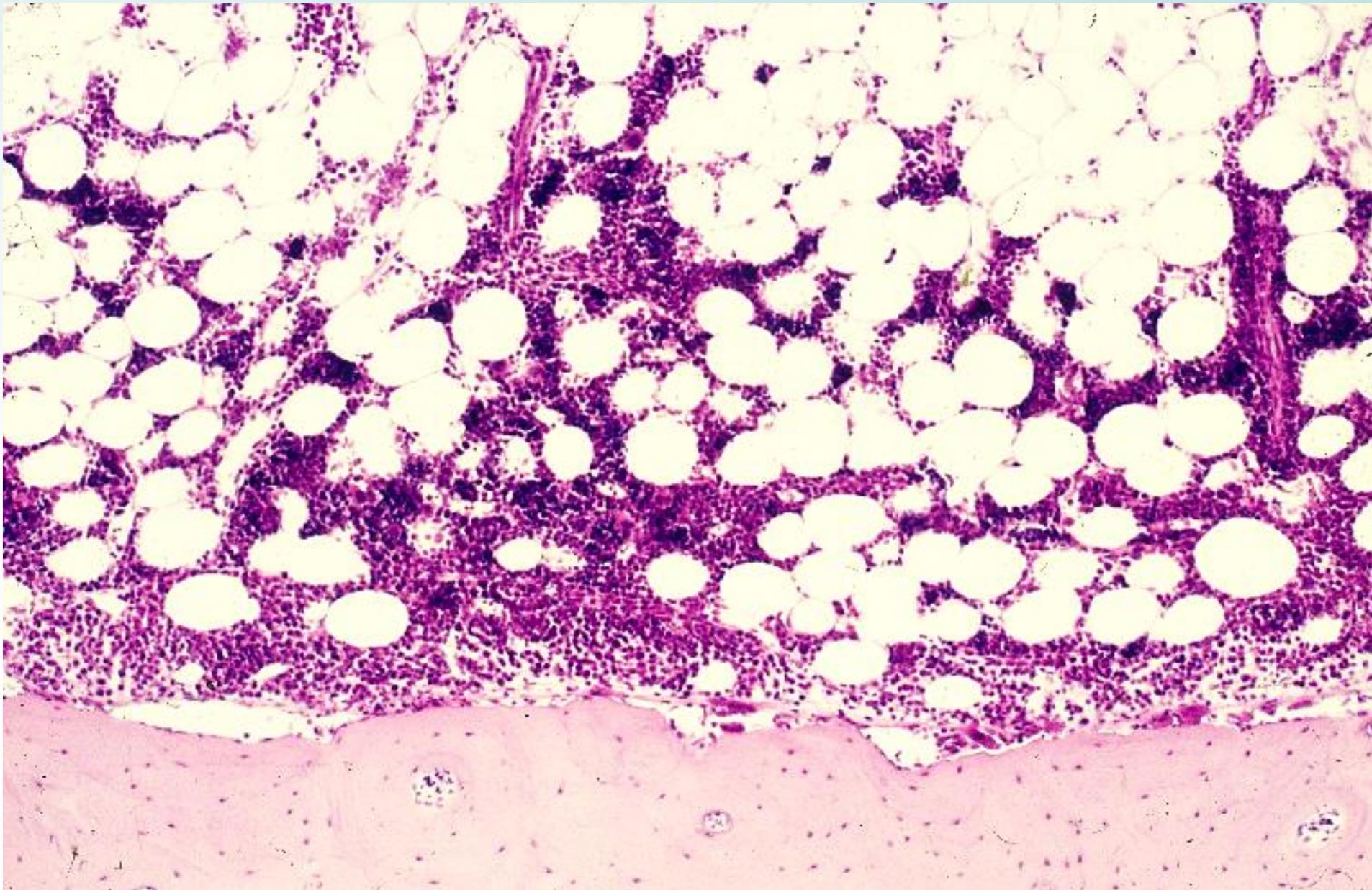
一方、骨幹部から進入してきた骨芽組織は、柱状に並んでいる軟骨細胞を次々に破壊・吸収し(矢印)、軟骨細胞が占めていた場所を埋めていき、同時に細胞柱を隔てていた石灰化した軟骨基質の表面に骨芽細胞を付与し、ここに骨質を沈着させる。こうして形成された骨質は強い酸性好性を示し、H-E 染色では濃赤色に染まる。



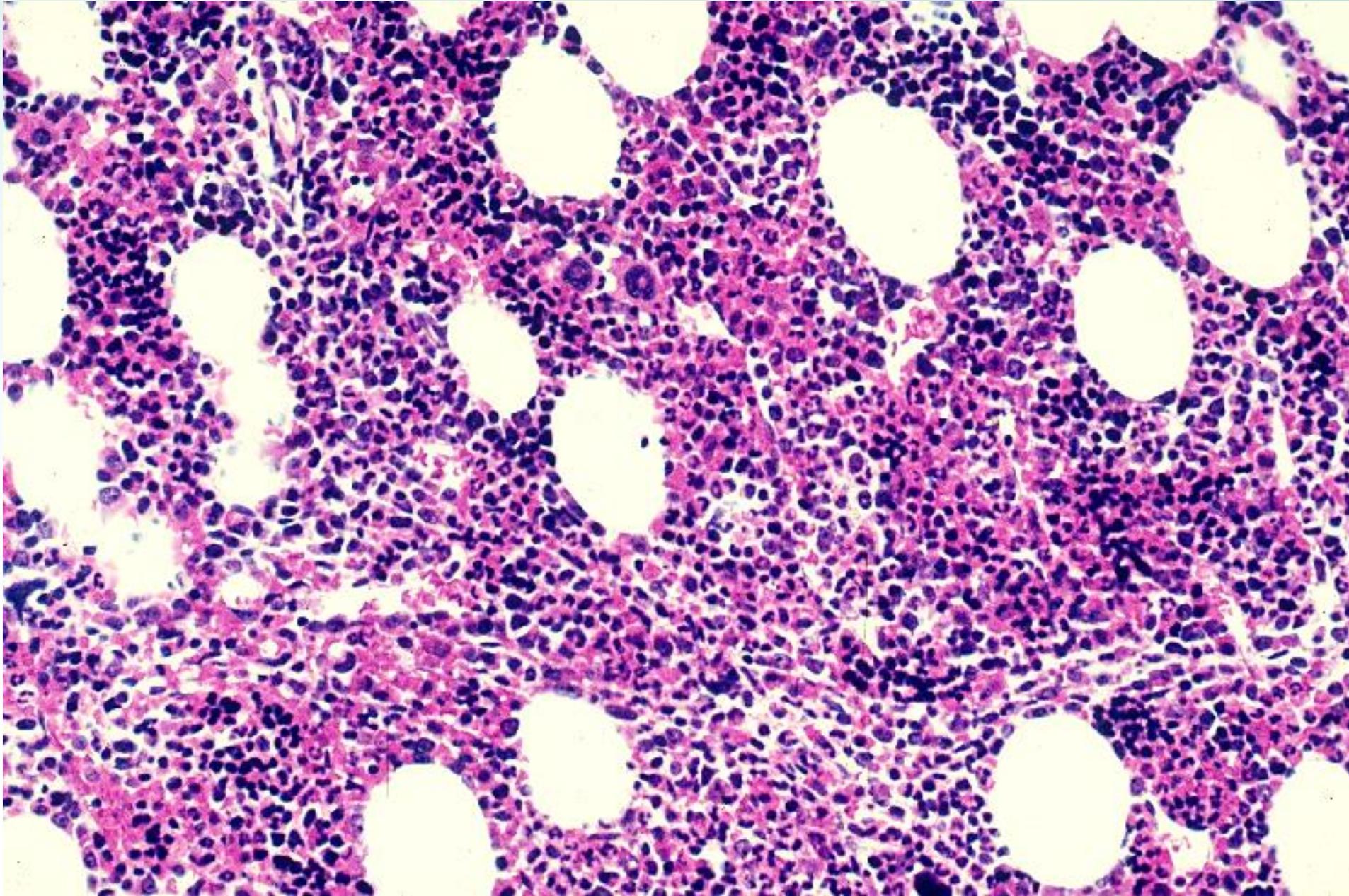
これは骨端板の骨幹側の縁に形成された骨質の梁柱の一部である。この梁柱の中軸部の白い部分(矢印)は予備石灰化した軟骨基質である。濃赤色に染まった骨質の中に散在する青紫色の核は骨質の中に閉じ込められた骨芽細胞で、今や骨細胞の状態になっている。梁柱の表面に付着している扁平な核が骨芽細胞の核である。画面中央の右側の梁柱の左側に付着している赤紫色に濃染した大型の細胞は破骨細胞である。梁柱と梁柱の間の空間を満たしているのは、骨芽組織である。画面の左上の白い部分は骨端板の軟骨である。



結合組織性骨化にせよ軟骨性骨化にせよ、骨化が進行するにつれ、一度形成された骨質の一部に破壊・吸収が起こる。骨が形成される場合には、骨組織の新生と破壊とが同時に進行していき、その結果として最終的な骨が完成するのである。この骨質の破壊・吸収が行われている場所には、常に破骨細胞(osteoclasts)と呼ばれる大型の細胞が見られる。破骨細胞は強い酸性好性を示す胞体の中に数個ないし十数個の核を含んでおり、多数の突起を出している大型の細胞である。この細胞は通常新生骨組織の表面の凹みの中や、新生骨梁柱の先端部を取り巻いて存在する。しかし、この細胞の本態については、今日なお不明の点が少ない。(続きは解説へ)

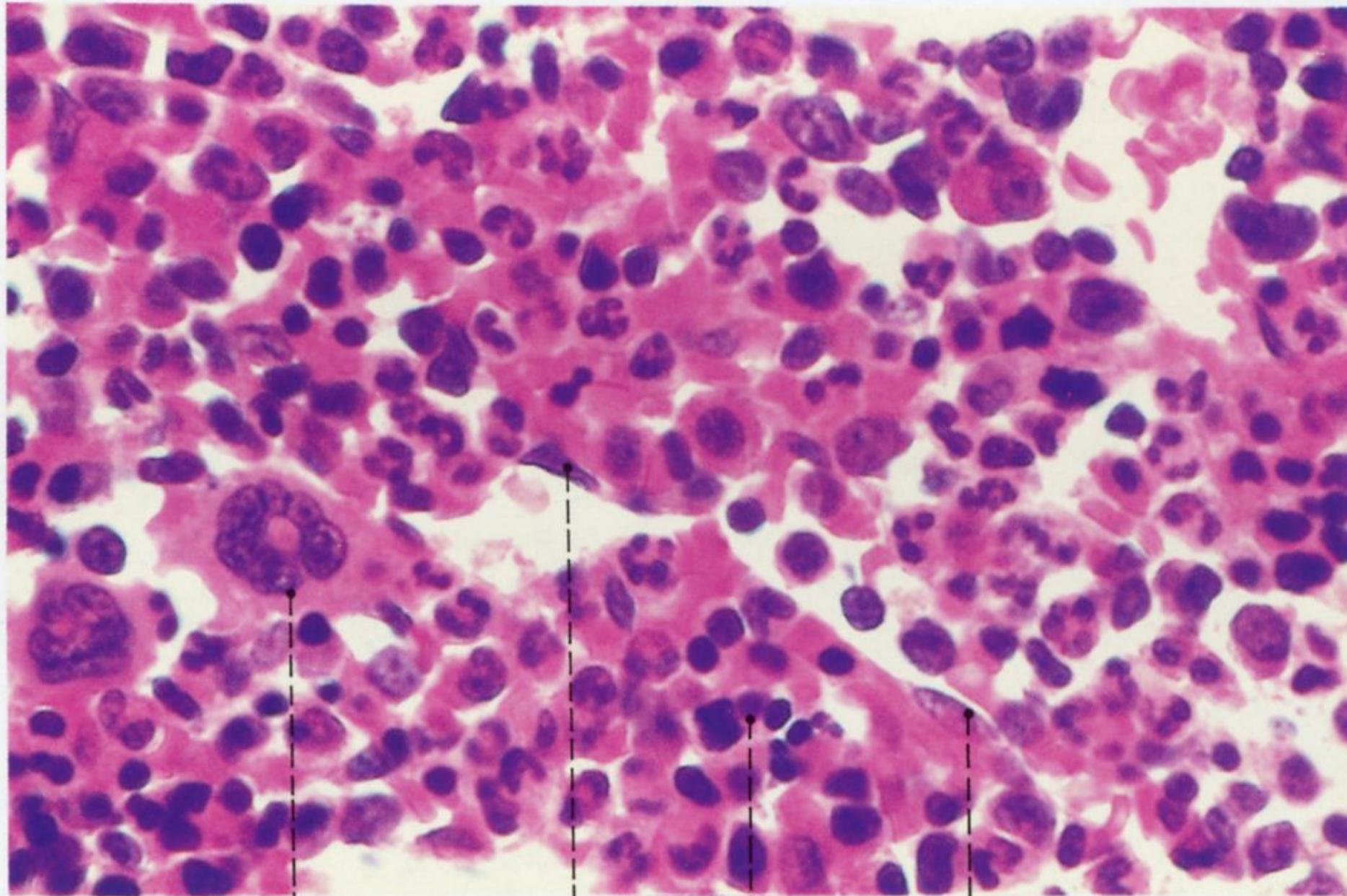


これは図 08-01の大腿骨横断標本に見られた赤色骨髄の一部であり、ここでは盛んに白血球および赤血球の生産がおこなわれている。図の上縁付近では造血細胞が少なくて、脂肪細胞が主成分になっている。これより上(中心に近いところ)は黄色骨髄となる。



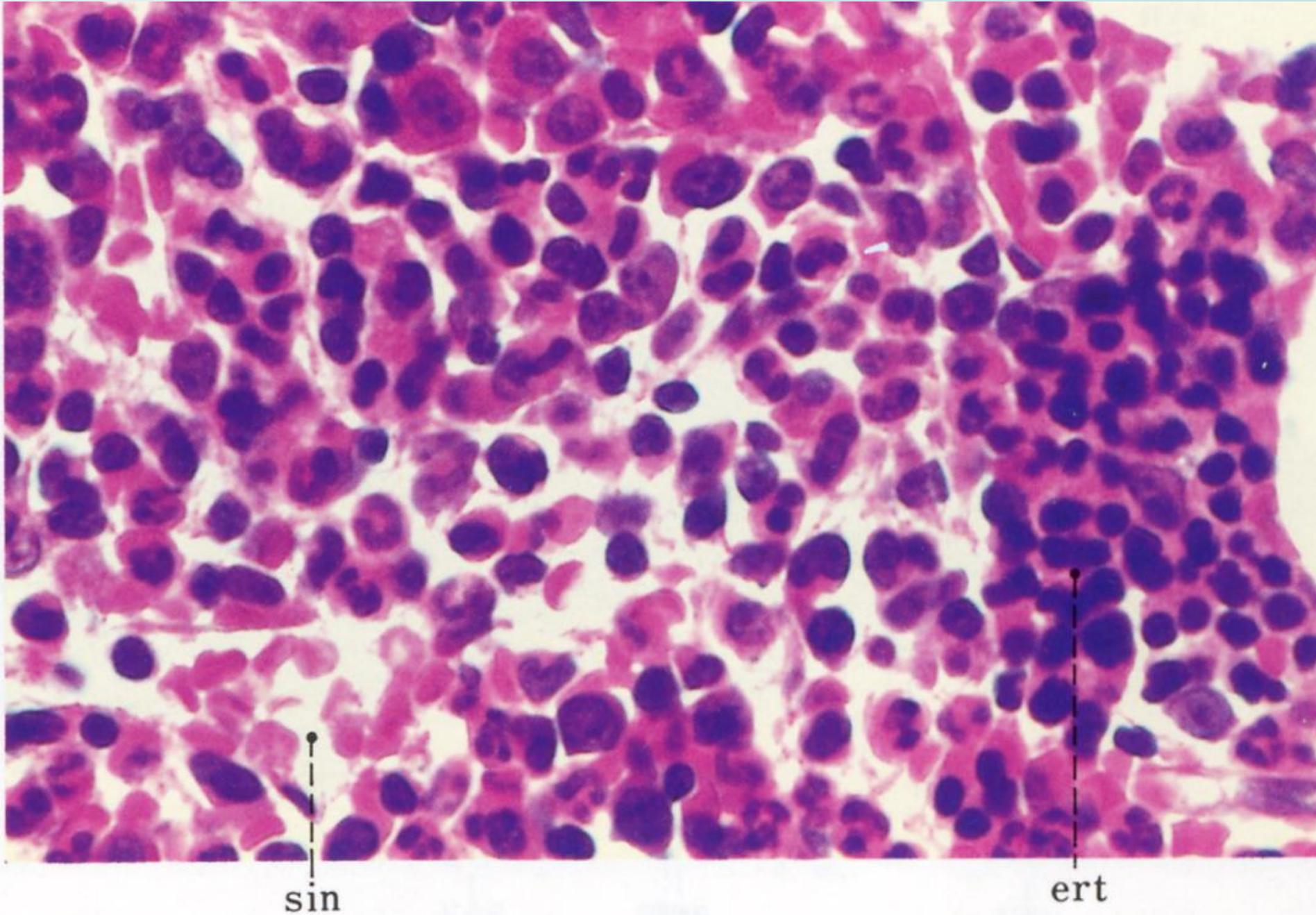
これは図 08-18 の一部の拡大で、白血球および赤血球が盛んに生産されている部分である。画面中央やや上部に 2 個の巨核細胞が見られる。

血球産生の過程は非常に複雑で、その詳細は専門書にゆずるが、未分化の基幹細胞から出発して、赤血球形成系、巨核球-血小板形成系、リンパ球形成系、顆粒白血球形成系、および単球形成に分化し、それぞれの系において分裂・増殖と完成形への分化が行われるものと考えられている。完成した血球は類洞の内皮細胞の間の隙間を通して類洞の中に入り、ここから全身循環に出ていく。



これは図 08-19 の一部で、2 個の巨核細胞(meg)と、その右側の領域である。赤色骨髓は内皮細胞のみで縁取られた管腔の広い洞様血管(類洞、sinusoids)が作る網状構造と、その間を満たす疎な細網組織からなり、細網組織の網目はあらゆる発育段階の血球産生細胞によって密に埋められている。この画面では 2 個の内皮細胞の核(end)が認められ、その縁取りを追うことによって類洞の範囲が想像されるが、類洞の中にも、外の細網組織の中にも、様々の発育段階の血球産生細胞が密に存在しているので、実際には類洞の内外を識別することは困難である。この画面は、全体としては白血球を生産している白血球造血巣である。grnで指した細胞の周囲がその典型である。

(続きは解説へ)



これも図 08-19 の一部で、画面の左下から右上の方向に広がり、更に右下方に伸びる類洞(sin)が認められる。図の右端に近いところに青紫色に濃染したやや小型の円形の核が密集しているが、この領域が赤血球造血巣(ert)である。

この写真は『図説組織学』(溝口史郎著、金原出版、1990)より転載した。

解説 - 08-000-1 骨と関節

- ・ 骨は一定の形を具えた非常に硬い器官で、互いに相連なって体の支柱(骨格)を作り、筋や腱を付着させて運動器官を構成し、また頭蓋骨のように内部の器官を保護する役目を持つものもある。
- ・ 骨はその表面を骨膜(Periosteum)と呼ばれる強靱な繊維性結合組織で包まれている。骨膜は内外の2層からなる。骨に密着する内層は、比較的繊細な膠原繊維からなり、細胞成分および血管を多く含み、骨の形成・維持に直接関与する。外層は太い膠原繊維束からなる緻密結合組織で、筋や腱に対して付着部を提供する。外層の膠原繊維の一部は内層を貫いて骨に達し、骨質の中に進入して外基礎層板および介在層板を貫いている。
- ・ 骨と骨とが一定の間隔を隔てて相対し、可動的に連結しているとき、この連結を関節(Articulatio, joint)という。相対する双方の骨の末端部は、関節包(joint capsule)と呼ばれる丈夫な緻密結合組織性の「ふくろ」で共通に包まれており、関節包の中の腔(関節腔)は少量の液体(滑液、synovia)で潤されている。関節包の内面は滑膜(synovial membrane)と呼ばれる特別の結合組織で縁取られている。滑膜の表面には内皮細胞に似た細胞が見られる。以前はこれを間葉性上皮と呼んでいたが、最近の研究によって、間葉細胞の不規則な集積であることが判明した。
- ・ 双方の骨の末端部で関節腔に露出する部分は、硝子軟骨で包まれている。この軟骨を関節軟骨という。関節軟骨が骨幹の骨に移行する部分では、軟骨は骨膜外層の緻密結合組織に移行する。関節軟骨の表面には滑膜は存在しないが、軟骨が骨膜外層に移行すると、骨膜外層は直ちに滑膜に被われる。骨幹の方向に進むにつれて滑膜と骨膜外層の間が開き、ここを疎な結合組織が埋める。また滑膜の下に関節包を形成する緻密な膠原繊維の層が現れ、やがて滑膜は関節包とともに反転して対向する骨の相当部に達する。(続く)

解説 - 08-000-2 骨と関節

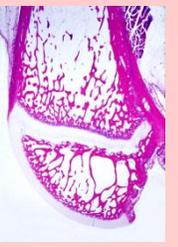
- ・ 関節腔の中には対向する骨を結ぶ靭帯や、関節を補完する関節円板ないし関節半月が存在することがある。これらの表面は、繊維軟骨である関節円板や関節半月の表面を除き、全て滑膜で被われている。
- ・ 滑膜は所々で、大小さまざまな隆起を関節腔内に突出させる。これらを関節ヒダといい、そのうち細長いものを滑膜絨毛といい、太くて脂肪細胞に富むものを脂肪ヒダという。(終り)

解説 - 08-01 大腿骨 横断. サル. H-E染色. X2.5.



- ・ これはサルの大腿骨の骨幹部の横断面である。骨幹部は典型的な管状の骨で、その横断面は図のように円として現れる。この図では、円周をなす周囲の濃赤色の厚い部分が骨質で、内部の濃い紫色の部分は盛んに造血を行っている赤色骨髄である。その内側は脂肪組織で満たされており、中心部に動脈と静脈が横断されている。
- ・ 骨質の中には大小の穴が多数見られる。これらはハーヴァース管である。この標本では骨膜は剥離してあるが、矢印で示した部位には残存している。

解説 - 08-02-1 大腿骨 遠位端 2 . サル . H-E染色 . X1.3.



- ・ これはサルの大腿骨遠位端部の矢状断(縦断)面である。図の左側が前面、右側が後面である。
- ・ 大腿骨遠位端部の前面および下面は関節腔に露出し、ここは関節軟骨で被われている(短い矢印)。後面も関節腔に露出しているが、ここには関節軟骨はなく、骨の表面は緻密な結合組織で被われ、最表層は滑(液)膜で被われている(矢の頭)。
- ・ この標本には骨端部と骨幹部の間に著明な骨端軟骨(骨端板)が存在していた。この骨端板よりも遠位の骨端部の内部は比較的細い骨梁が分岐と吻合を繰り返して「蜂の巣」状の構造を形成している。関節軟骨の前上端部で関節軟骨は骨幹部の骨膜外層の緻密結合組織に移行している。反対側の後面では、滑膜に被われた骨が骨幹部の骨膜外層の緻密結合組織と結合している。
- ・ 骨端板より上は大腿骨の骨幹そのもので、管状の骨である。骨幹の遠位端で骨端板に接する部位では、盛んに骨質の形成が行われており、これによって骨幹の長さの成長が実現する。この部位でも比較的細い骨梁が多数形成され、互いに分岐と吻合を繰り返して「蜂の巣」状の構造を作りあげ、骨にかかる力に対抗している。
- ・ 骨端板における骨形成については後述する。
- ・ 骨幹の表面は骨膜によって包まれている。骨質に接して紫色の線が認められるが、これが骨膜内層である。この骨膜内層の外に接する濃赤色に染まった厚い層が骨膜外層である。
- ・ 骨端部を包んでいる滑膜は、内皮細胞によく似た細胞とそれを裏打ちする少量の結合組織とからなる。滑膜は骨端部から骨幹の一定の範囲を包んだ後、反転して関節包として関節の対向側に至り、対向する骨の末端部を包んで関節腔を閉ざす。関節腔には少量の液体(滑液)が存在して、相対向する骨端軟骨の滑動を滑らかにしている。
- ・ 滑膜が反転する部位には、しばしば滑膜の組織が細い突起となって内腔に突出している。これを滑膜絨毛という(長い矢印)。図の左上部の二重矢印は、関節の前面を被って反転する直前の関節包である。(続く)

解説 - 08-02-2 大腿骨 遠位端 2 . サル . H-E染色 . X1.3.



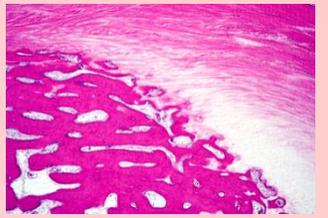
- ・ 図の右上の濃い紫色に染まったものは骨格筋である。
- ・ 図の左上部において、骨膜外層の左(前)面を被っているのは滑膜で、上に行くにつれて骨膜から離れ、その表面では結合組織がやや密になっている。これが関節包(長い二重の矢印)である。これはやがて反転して関節の遠位側に達して、全体として関節包を形成する。(終)

解説 - 08-03 膝関節 膝蓋骨. サル. H-E染色. X1.3.



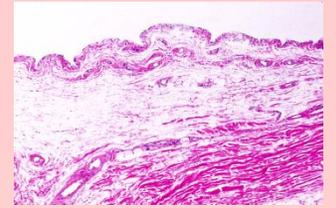
- ・ これはサルの膝蓋骨の矢状断(縦断)像である。この写真では左側が前面、右側が後面である。
- ・ 膝蓋骨の後面は膝関節腔に露出しており、この面は関節軟骨で被われている(矢印)。画面の上部は大腿四頭筋の腱である。これは膝蓋骨およびその後面の関節軟骨の内部に進入し、また膝蓋骨の前面をすっぽり包み、更に下方に伸びて下腿の脛骨の前面に付着する。換言すると、膝蓋骨は大腿四頭筋の腱の中に生じた種子骨である。
- ・ 図中の 1 は滑膜絨毛、2 は脂肪ヒダである。

解説 - 08-04 腱と軟骨と骨の結合. サル. H-E染色. X10.



- ・ これは図 08-03 の膝蓋骨の前上部の拡大で、腱の膠原繊維が軟骨に侵入し、更に膝蓋骨の骨そのものの中に進入している状態を示すものである。膠原繊維は軟骨の中に進入するとエオジンに染まらなくなり、無色半透明の軟骨質の中で識別できなくなる。

解説 - 08-05 滑膜. サル. H-E染色. X25.



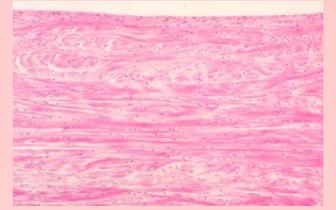
- ・ これは滑膜の一部である。最表層には内皮細胞に似た細胞の核が点在し、その下は疎な結合組織で裏打ちされている。これが滑膜であり、この疎な結合組織の中には細い血管が含まれている。
- ・ 画面の右下方に太い膠原繊維の厚い層があるが、これが関節包を形成する膠原繊維の層である。

解説 - 08-06 滑膜絨毛. サル. H-E染色. X25.



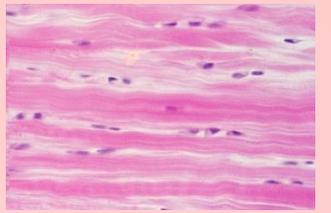
- ・ これは図 08-02 において 1 本の長い矢印で示した滑膜絨毛の拡大である。画面の上方が骨幹側、下方が関節包側である。

解説 - 08-07 関節半月 1. サル. H-E染色. X66.



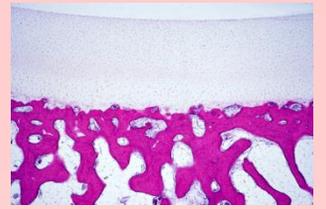
- ・ これは膝関節における関節半月で、典型的な繊維軟骨である。太い膠原繊維束が縦横に密に配列している間に軟骨細胞が存在している。この一部の拡大を図 08-08 に示す。

解説 - 08-08 関節半月 2. サル. H-E染色. X160.



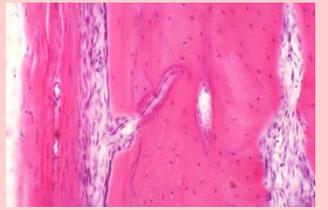
- ・ これは図 08-07 の一部の拡大で、太くて緻密な膠原繊維束の間に軟骨細胞がはめ込まれている。

解説 - 08-09 関節軟骨. サル. H-E染色. X10.



- ・ これは図 08-03 の膝蓋骨の関節軟骨の一部である。関節軟骨は芯をなす骨質と固く結合しているが、ここには骨端軟骨(骨端板)に見られるような活発な骨形成の像は認められない。関節腔に露出する骨の表面は、このように厚い硝子軟骨で被われている。

解説 - 08-10 骨膜 . サル . H-E染色 . X66.



- ・ 骨の表面は、軟骨によって被われている関節面を除き、骨膜 (Periosteum) によって被われている。骨膜は緻密な繊維性結合組織であるが、これは更に、骨に密着して血管および細胞に富む内層 (図の2) と、その外を包む緻密結合組織よりなる外層 (図の1) とに分けられる。
- ・ 骨膜内層は血管および神経に富み、また骨の新生に与かる未分化の間葉細胞を多く含んでいる。内層の血管の一部は骨の表面に直角またはそれに近い角度で、外基礎層板を貫いて骨の中に進入し、ハーヴァース管内の血管につながる。この血管をいれる管をフォルクマン管という (矢印)。骨膜内層の細胞の一部は骨芽細胞として骨の表面に密着し、骨質の形成に与かる。
- ・ 外層は緻密な膠原繊維性の丈夫な膜で、骨格筋に対して起始または付着を提供する。
- ・ 3は骨質、4は骨髄の一部である。

解説 - 08-12-1 長管骨の発生 1



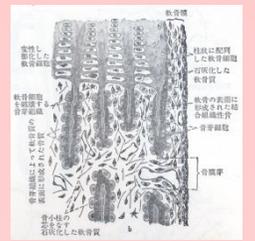
- ・ 頭骨の大部分を除く全身の骨は、軟骨性骨化という様式で形成される。この骨化では、一度形成された硝子軟骨が破壊・吸収されて、そのあとに骨質が形成されるのである。この様式で形成された骨を置換骨または軟骨性骨という。この骨化の過程が最も典型的に見られるのは長管骨においてである。
- ・ 軟骨性骨化においては、先ず間葉細胞の濃縮によって将来の骨の形を暗示する骨のモデルが作られ、これが硝子軟骨化して軟骨性骨原基が成立する。そしてこの軟骨性骨原基が骨に置換されることによって最終的な骨が形成されるのである。
- ・ 間葉細胞の濃縮によって軟骨性骨原基ができると、まず、将来骨幹になるべき部分において、軟骨膜の間葉細胞の一部が骨芽細胞となって軟骨の表面に並び、ここに骨層板を付加して、骨幹を包む薄い骨の鞘を作る。その内部の軟骨では、軟骨細胞が大きくなって変性に陥り、狭くなった細胞間の基質には Ca が沈着する(予備石灰化)。ついで、骨の鞘を包んでいる骨膜から、血管を伴った間葉組織(骨芽組織)が骨の鞘を貫いて軟骨内に進入し(これを骨膜芽という)、軟骨細胞も軟骨基質も破壊・吸収して、空洞(原始髄腔)を作る。原始髄腔は骨端に向かって拡大していく。すると、これに接する骨端側の軟骨において、一定の部位で軟骨細胞が盛んに分裂して、新しい軟骨細胞を骨幹側に送り出す。これらの軟骨細胞は、「縄のれん」のように骨の長軸に平行に並び、非常に多数の軟骨細胞柱を作る。原始髄腔を満たす骨芽組織は柱状に並んでいる軟骨細胞を次々に破壊・吸収して、軟骨細胞が占めていた軟骨小腔を埋めながら骨端の方に進んでいく。この際、間葉細胞の一部は骨芽細胞となって原始髄腔の内面や、軟骨細胞柱を隔てていた予備石灰化した軟骨基質の表面を被う。この骨芽細胞は予備石灰化した軟骨基質の表面に骨質と骨細胞を次々に付加していく。こうして予備石灰化した軟骨基質を芯とした骨質の梁柱が形成される。やがてこれらの梁柱のうち将来の骨の中軸部に位置するものは、大部分破壊・吸収されて、ここに広い腔が生じる。これが骨髄腔で、内部は血管を多く含む間葉組織(一次骨髄)で満たされているが、未だ造血細胞を含んでいない。(続く)

解説 - 08-12-2 長管骨の発生 2



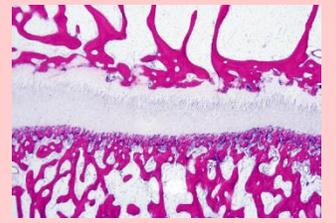
- 骨端部における骨化は出生後に始まる。これは(軟骨性)骨端の周囲の間葉組織が、血管を伴って骨端の中心部に進入し、ここで軟骨細胞を破壊・吸収して、残った軟骨基質を予備石灰化し、その周囲に骨芽細胞と骨質を付着させて、原始髄腔とその中に細い骨質の梁柱による海綿状の骨質を形成する。
- 骨端部における骨化が骨幹の方に広がっていくと、骨端および骨幹における骨化部は次第に近づき、両者の間に軟骨領域が介在することになる。この軟骨領域を骨端板または骨端軟骨という。
- 骨端板においては軟骨細胞が盛んに増殖して、骨端および骨幹の骨化部に向かう多数の軟骨細胞柱を形成する。両方の骨化部の骨芽組織は軟骨細胞柱を破壊・吸収して、軟骨細胞柱の間の予備石灰化した軟骨基質の表面に骨質を付加する。この過程は骨幹の側で特に旺盛である。従って長管骨全体としては骨幹が長くなる。
- 骨端においては軟骨外骨化は起こらず、骨端の表面は終生軟骨によって被われている。
- 軟骨細胞柱に骨芽組織が近づくと、軟骨細胞は膨大し、軟骨細胞柱の間の軟骨基質は細くなり、そこに Ca が沈着してくる(予備石灰化)。ついで骨芽組織は膨大し変性に陥った軟骨細胞を吸収し、軟骨細胞が占めていた空間を満たす。こうなると骨端板の軟骨細胞は分裂して新しい軟骨細胞を骨幹の方に送り出す。これらの軟骨細胞も骨芽組織に触れることによって次々に破壊・吸収される。骨芽組織は予備石灰化した細い梁柱状の軟骨基質の周りに骨芽細胞と骨質を付加する。こうして形成された細い骨質の梁柱は互いに吻合して骨化部にかかる外力に対抗しているが、その部の外周に円筒状の骨質の鞘が十分な厚さに形成されると、内部の骨質の梁柱は骨芽組織によって破壊・吸収されて、そこに広い骨髄腔が成立する。骨の外周に形成された骨質の鞘も、外から骨質が付加されると同時に、内面から破壊・吸収され、その時点において骨にかかる外力に対抗する必要かつ十分な状態に維持される。
- この図は生後間もない頃の長管骨の骨幹と骨端の接合部における骨化の過程を示す模式図で、形成され始めたばかりの骨端板を示している。(終り)
- この図は『発生学提要』(溝口史郎著 金原出版)より転載した。

解説 - 08-11 長管骨の発生 2



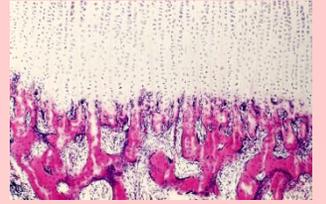
- ・ 長管骨の中央部(骨幹)において始まった軟骨性骨化は、次第に骨の両端(骨端)に向かって進行していくが、これと同時に、この骨化部の外周を包む軟骨膜(後の骨膜)からも骨質が形成され、軟骨の表面に骨質と骨芽細胞を同心円状に付加して、円筒状の骨質を形成する。この円筒状の骨質は新しい骨質の付加によって次第の厚くなり、長管骨は全体として直径を増すが、一方骨髓腔に向かうその内面では、骨質の破壊・吸収が起こり、骨髓腔も拡大する。
- ・ このようにして、形成された軟骨性骨は軟骨内骨化によって長さを増し、骨膜性骨化によって太くなっていく。しかし出生時には骨化はなお骨幹の部分に限られ、両骨端は軟骨の状態を保っている。
- ・ この図は軟骨性骨化の過程を示す模式図である。
- ・ この図も『発生学提要』(溝口史郎著 金原出版)より転載した。

解説 - 08-13 骨端板 1. サル. H-E染色. X4.0.



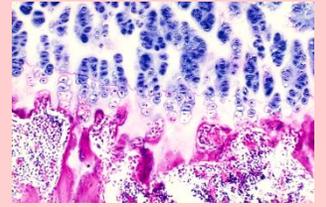
- ・ これは図 08-02 の骨端軟骨(骨端板)の一部の拡大である。
- ・ 骨は非常に硬い組織であるので、その成長や維持は、他の組織には見られぬ特別の様式で行われる。即ち、新生・付加と破壊・吸収が同時に行われるのである。
- ・ この図では上が骨端側、下が骨幹側である。図の中央に横たわっている白い帯が骨端板で、上下方向に並んでいる、無数とも言える多数の軟骨細胞柱が観察される。この骨端板の骨幹側では、非常に活発な軟骨性骨化が行われており、図 08-12 で示した骨化の過程が見られるが、骨端側では骨化の過程はあまり活発でなく、従って骨端側に向かう軟骨細胞柱の形成はほとんど見られない。
- ・ 骨幹側における骨化の詳細を図 08-14～08-16 で観察する。

解説 - 08-14 骨端板 2. サル. H-E染色. X25.



- ・ これは図 08-13 の一部の拡大である。図の上半分は骨端板で、その内部には肥大した軟骨細胞の柱が「縄のれん」のように整然と並んでいる。軟骨細胞柱の相互間を隔てているのは、予備石灰化した軟骨基質である。軟骨細胞柱の軟骨細胞が、画面の下方の骨の梁柱の間を満たしている骨芽組織によって破壊・吸収されると、細くなった軟骨基質の表面に骨芽組織から骨芽細胞と骨質が付与されて、細い骨質の梁柱が成立する。矢印はこうしてできたばかりの梁柱である。骨質は強い酸性好性を示し、H-E 染色では濃赤色に染まる。こうしてできた多数の梁柱は隣接するものと互いに吻合して、全体としてやや密な網工を形成する。図の下半分はこのようにして成立した骨質の梁柱による網工と、その網目を満たしている骨芽組織である。
- ・ このように、骨幹側から骨芽組織が骨端板の中に進入していくと、骨端板の骨幹側では軟骨細胞の盛んな増殖によって軟骨細胞柱を骨幹側に向かって送り出す。この軟骨細胞柱はできるはしから骨芽組織によって破壊・吸収され、全体としては骨端板は骨端側に押しやられ、骨幹の長さが増すことになる。
- ・ この画面に見えている骨質の梁柱は、芯に予備石灰化した軟骨基質を含んでいて、完全な骨ではなく、やがて骨芽組織の中に存在する破骨細胞によって破壊・吸収されていく。

解説 - 08-15 骨端板 3. サル. H-E染色. X40.



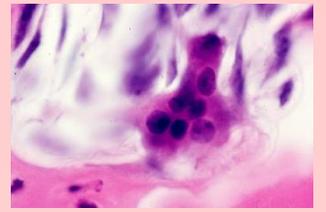
- ・ 骨端板の骨幹に向かう側では、軟骨細胞が増殖し肥大して、多数の細胞柱を作る。この軟骨細胞柱を包む軟骨基質は強い塩基性好性を示し、H-E染色で青く染まる。軟骨細胞柱を構成する軟骨細胞の増加と肥大によって狭小となった細胞柱間の軟骨基質には次第に Ca が沈着してくる(予備石灰化)。
- ・ 一方、骨幹部から進入してきた骨芽組織は、柱状に並んでいる軟骨細胞を次々に破壊・吸収し(矢印)、軟骨細胞が占めていた場所を埋めていき、同時に細胞柱を隔てていた石灰化した軟骨基質の表面に骨芽細胞を付与し、ここに骨質を沈着させる。こうして形成された骨質は強い酸性好性を示し、H-E 染色では濃赤色に染まる。

解説 - 08-16 造骨組織. サル. H-E染色. X64.



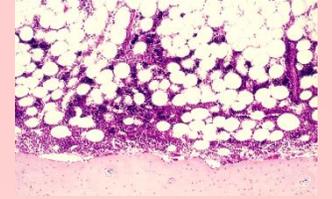
- これは骨端板の骨幹側の縁に形成された骨質の梁柱の一部である。この梁柱の中軸部の白い部分は予備石灰化した軟骨基質である(矢印)。濃赤色に染まった骨質の中に散在する青紫色の核は骨質の中に閉じ込められた骨芽細胞で、今や骨細胞の状態になっている。梁柱の表面に付着している扁平な核が骨芽細胞の核である。画面中央の右側の梁柱の左側に付着している赤紫色に濃染した大型の細胞は破骨細胞である。梁柱と梁柱の間の空間を満たしているのは、骨芽組織である。画面の左上の白い部分は骨端板の軟骨である。

解説 - 08-17 破骨細胞. サル. H-E染色. X400.



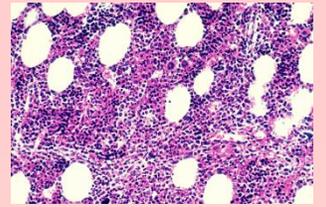
- ・ 結合組織性骨化にせよ軟骨性骨化にせよ、骨化が進行するにつれ、一度形成された骨質の一部に破壊・吸収が起こる。骨が形成される場合には、骨組織の新生と破壊とが同時に進行していき、その結果として最終的な骨が完成するのである。この骨質の破壊・吸収が行われている場所には、常に**破骨細胞**(osteoclasts)と呼ばれる大型の細胞が見られる。破骨細胞は強い酸性好性を示す胞体の中に数個ないし十数個の核を含んでおり、多数の突起を出している大型の細胞である。この細胞は通常新生骨組織の表面の凹みの中や、新生骨梁柱の先端部を取り巻いて存在する。しかし、この細胞の本態については、今日なお不明の点が少なくない。
- ・ この図は1個の破骨細胞で、骨の表面の凹みの中に多数の突起を伸ばしてはまっている。1本の長い突起が画面の左端付近にまで伸びている。この細胞の上および左上の空間に散在する紡錘形の細胞は骨芽組織である。画面下縁の濃い桃色の部分は骨質である。

解説 - 08-18 骨髄 1 . サル . H-E染色 . X25.



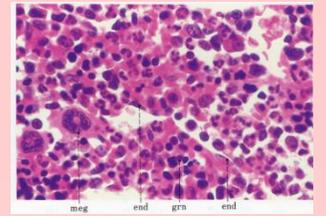
- ・ これは図 08-01 の大腿骨横断標本に見られた赤色骨髄の一部であり、ここでは盛んに白血球および赤血球の生産が行われている。図の上縁付近では造血細胞が少なくて、脂肪細胞が主成分になっている。これより上(中心に近いところ)は黄色骨髄となる。

解説 - 08-19 骨髓 2.サル. H-E染色. X64.



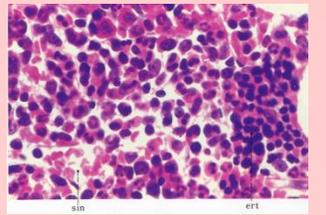
- ・ これは図 08-18 の一部の拡大で、白血球および赤血球が盛んに生産されている部分である。画面中央やや上部に 2 個の巨核細胞が見られる。
- ・ 血球産生の過程は非常に複雑で、その詳細は専門書にゆずるが、未分化の基幹細胞から出発して、赤血球形成系、巨核球-血小板形成系、リンパ球形成系、顆粒白血球形成系、および単球形成系に分化し、それぞれの系において分裂・増殖と完成形への分化が行われるものと考えられている。完成した血球は類洞の内皮細胞の間の隙間を通過して類洞の中に入り、ここから全身循環に出ていく。

解説 - 08-20 骨髓 3. サル. H-E染色. X250.



- ・ これは図 08-19 の一部で、2 個の巨核細胞 (meg) と、その右側の領域である。赤色骨髓は内皮細胞のみで縁取られた管腔の広い洞様血管 (類洞、sinusoids) が作る網状構造と、その間を満たす疎な細網組織からなり、細網組織の網目はあらゆる発育段階の血球産生細胞によって密に埋められている。この画面では 2 個の内皮細胞の核 (end) が認められ、その縁取りを追うことによって類洞の範囲が想像されるが、類洞の中にも、外の細網組織の中にも、様々の発育段階の血球産生細胞が密に存在しているので、実際には類洞の内外を識別することは困難である。この画面は、全体としては白血球を生産している白血球造血巣である。grn で指した細胞の周囲がその典型である。
- ・ この写真は『図説組織学』(溝口史郎著、金原出版、1990)より転載した。

解説 - 08-21 骨髓 4 . サル . H-E染色 . X250.



- ・ これも図 08-19 の一部で、画面の左下から右上の方向に広がり、更に右下方に伸びる類洞(sin)が認められる。図の右端に近いところに青紫色に濃染したやや小型の円形の核が密集しているが、この領域が赤血球造血巣(ert)である。
- ・ この写真は『図説組織学』(溝口史郎著、金原出版、1990)より転載した。