Chapter

06 뼈조직(Bony tissue)

학습목표
Learning Objective

1. 뼈조직의 일반구조과 기능에 대하여 설명한다.
2. 다음 세포들의 구조와 기능에 대하여 설명한다.
   1) 뼈발생세포
   2) 뼈모세포
   3) 뼈세포
   4) 뼈파괴세포
3. 뼈의 성숙도 및 밀도에 따라 뼈구조를 설명한다.
4. 치밀뼈의 층판구조에 대하여 설명한다.
5. 뼈단위를 설명할 수 있다.
6. 뼈조직의 발생을 구분하여 설명한다.
7. 뼈의 성장과 재구성에 대하여 설명한다.

뼈의 일반적 기능

- 동적인 조직: 신체 변화와 요구에 적응해 끊임없이 변화하고 재형성 됨
- 내부장기 보호
- 뼈에 부착하는 근육들의 지렛대 역할, 운동 시 근육운동 배가
- 무기질 저장소: 전해질 균형 조절
- 뼈의 골수 (bone marrow)는 조혈기능을 담당
- 산 염기평형: 칼슘, 인산염의 흡수 및 방출을 통해 체액 pH 조절
- 해독작용: 납, 카드뮴 등 중금속 혈액 유입 시 일시적으로 흡수하여 독성물질 농도 조절에 간접적으로 관여

뼈조직의 현미경적 관찰방법

- 탈회절편: 고정 끝난 조직을 산성용액에서 처리해 칼슘염 제거
- 연마절편: 뼈를 톱으로 얇게 잘라 연마제를 이용해 얇게 갈아 만듦

뼈조직의 일반적인 구조 및 기능

- **모양**

  → 긴뼈(long bone), 짧은 뼈(short bone), 납작뼈(flat bone), 불규칙뼈(irregular bone)

- **밀도**

  → 바깥쪽에 존재하는 고밀도의 치밀뼈 (compact bone)와 골수공간을 덮고 있는 구멍 많은 엉성한 해면뼈(갯솜뼈, spongy bone, cancellous bone)의 두 가지 구조

- **뼈조직**

  → 뼈세포와 세포사이바탕질로 이루어진 단단한 특수결합조직

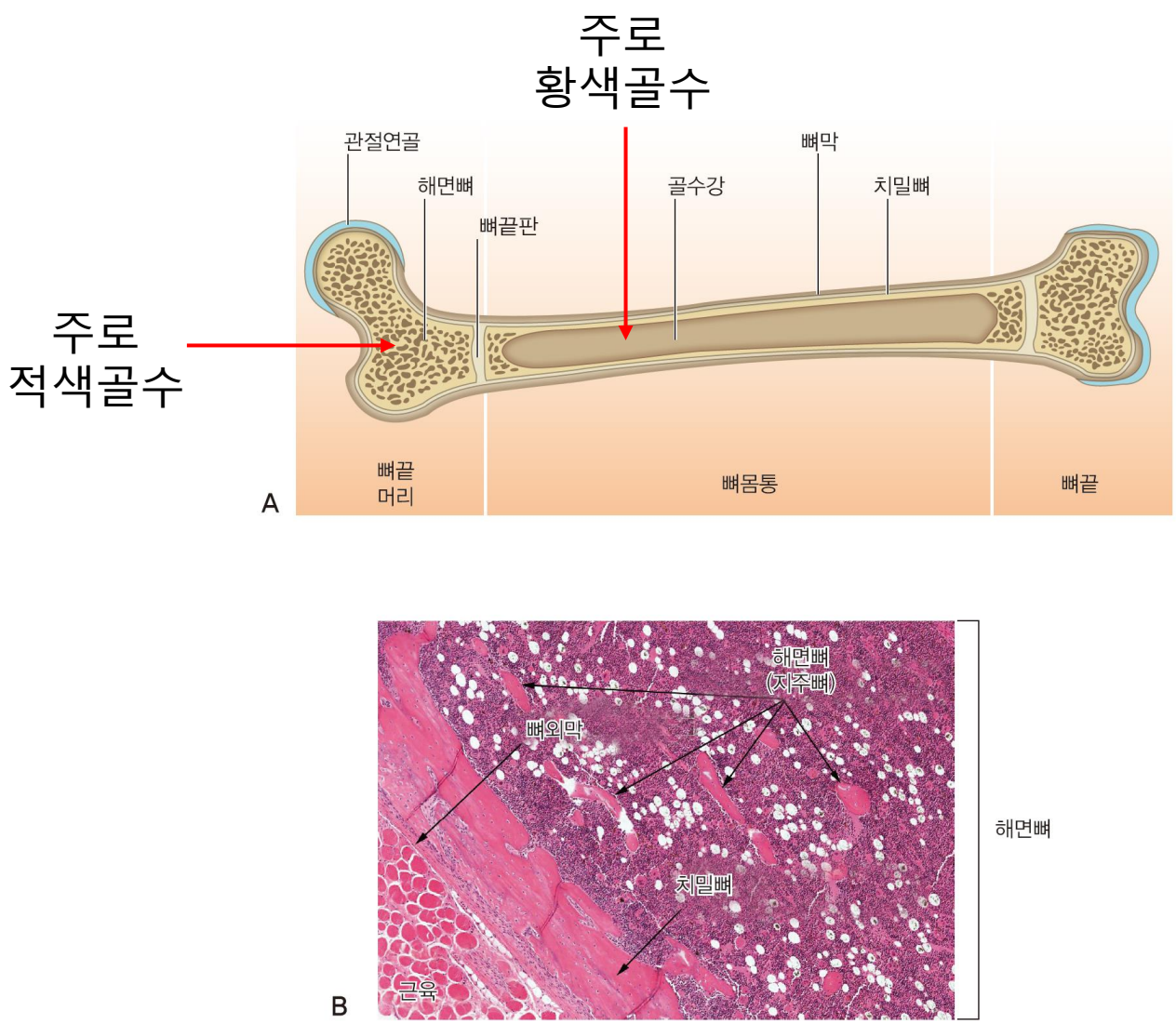
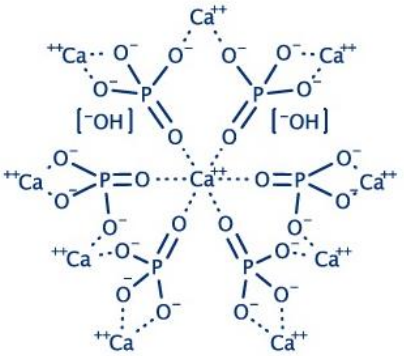


그림 6-2 A. 뼈조직의 일반구조, B. 뼈조직의 광학현미경 사진(H&E 염색, 100배). P : 뼈외막(periosteum), C : 치밀뼈(compact bone), T : 해면뼈(spongy bone, cancellous bone)

뼈조직의 구성

- 뼈바탕질 (bone matrix)
- 뼈세포



수산화 인회석 결정의 화학구조

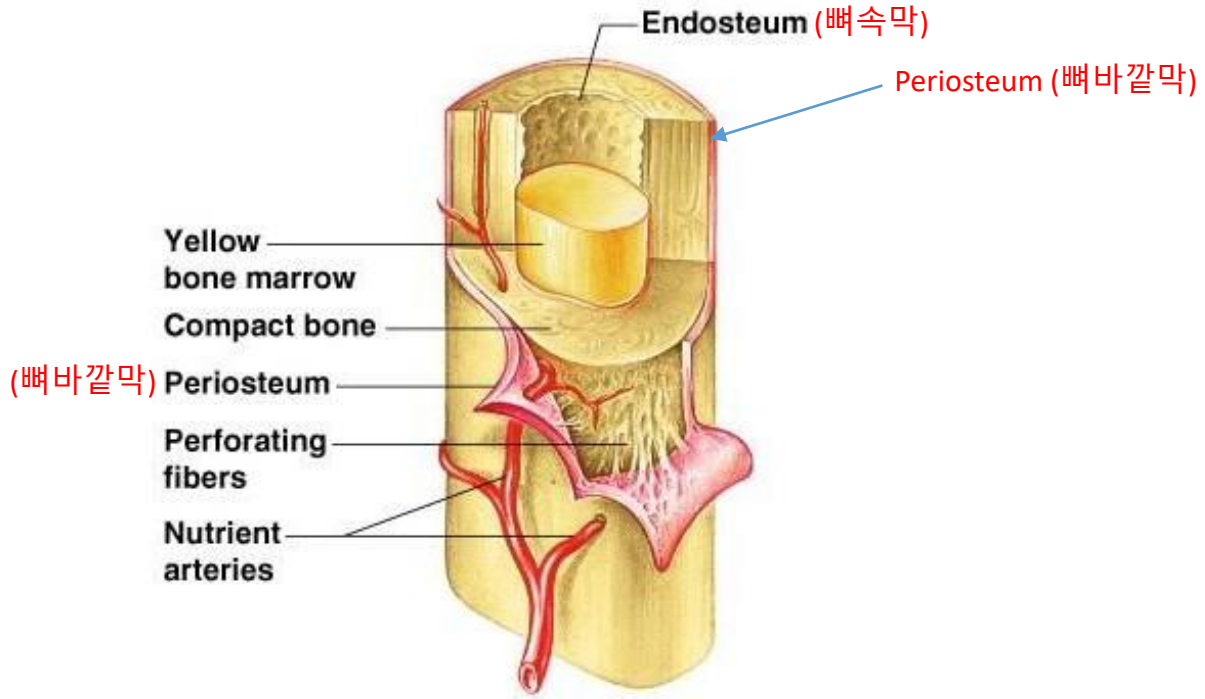
뼈바탕질 (bone matrix)

- 무기질(뼈 건조중량의 65%)과 유기질(뼈 건조중량의 35%)로 구성
- 무기질의 대부분은 칼슘과 인으로 구성(수산화 인회석 결정, hydroxyapatite crystal)
- 그 외 중탄산염, 구연산, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 포함
- 뼈가 견고하고 강한 이유는 수산화 인회석 결정 때문임
- 유기질은 대부분이 제 I 형 아교질 섬유로 이루어짐
- PAS 양성, 글리코사미노글리칸 포함, 당단백질(오스테오칼신, 오스테오폰틴)

뼈막(Periosteum)

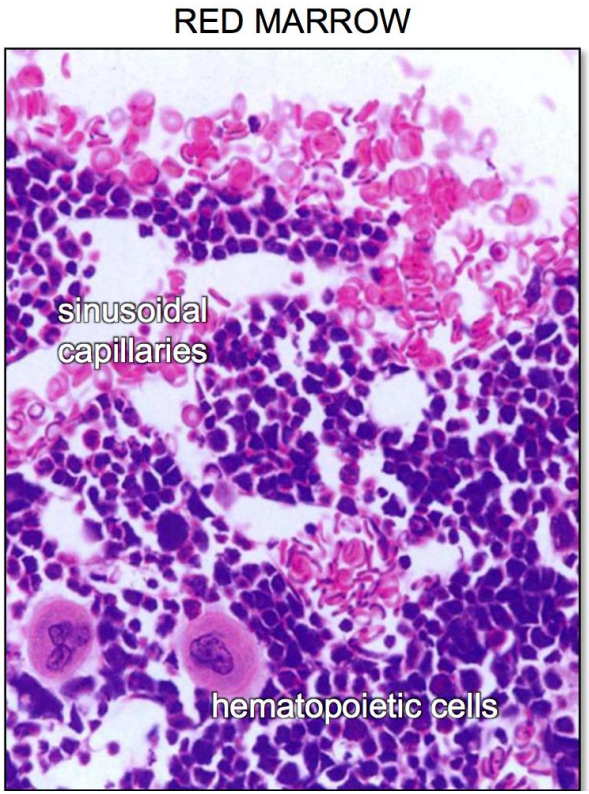
- 뼈바깥막(뼈외막, periosteum): 뼈의 바깥면을 싸고 있는 두꺼운 치밀결합층
  → 속층: 뼈발생층이라 하고, 뼈모세포가 엉성하게 배열, 혈관 풍부
  → 중간층: 미분화성 뼈발생세포가 있다.
  → 바깥층: 섬유층이라 하고, 소수의 섬유모세포와 신경과 혈관이 많다.

- 뼈속막(뼈내막, endosteum): 뼛속 골수공간의 벽과 해면뼈 잔기둥의 표면을 덮고 있는 얇은 세포 결합조직층



골수(뼈속질, bone marrow)

- 뼈속의 골수공간과 해면뼈 잔기둥 사이의 공간에 들어있는 혈관이 풍부한 그물조직
- 혈관구획과 혈구생성구획으로 구분
- 혈관구획(vascular compartment): 동맥, 모세혈관, 정맥
- 혈구생성구획(hematopoietic compartment): 골수버팀질(그물세포와 큰포식세포), 혈구생성 줄기세포, 혈구들, 중간엽줄기세포, 큰포식세포, 지방세포, 비만세포, 뼈모세포, 뼈파괴세포등 실질세포들로 구성



뼈세포의 구조 및 기능

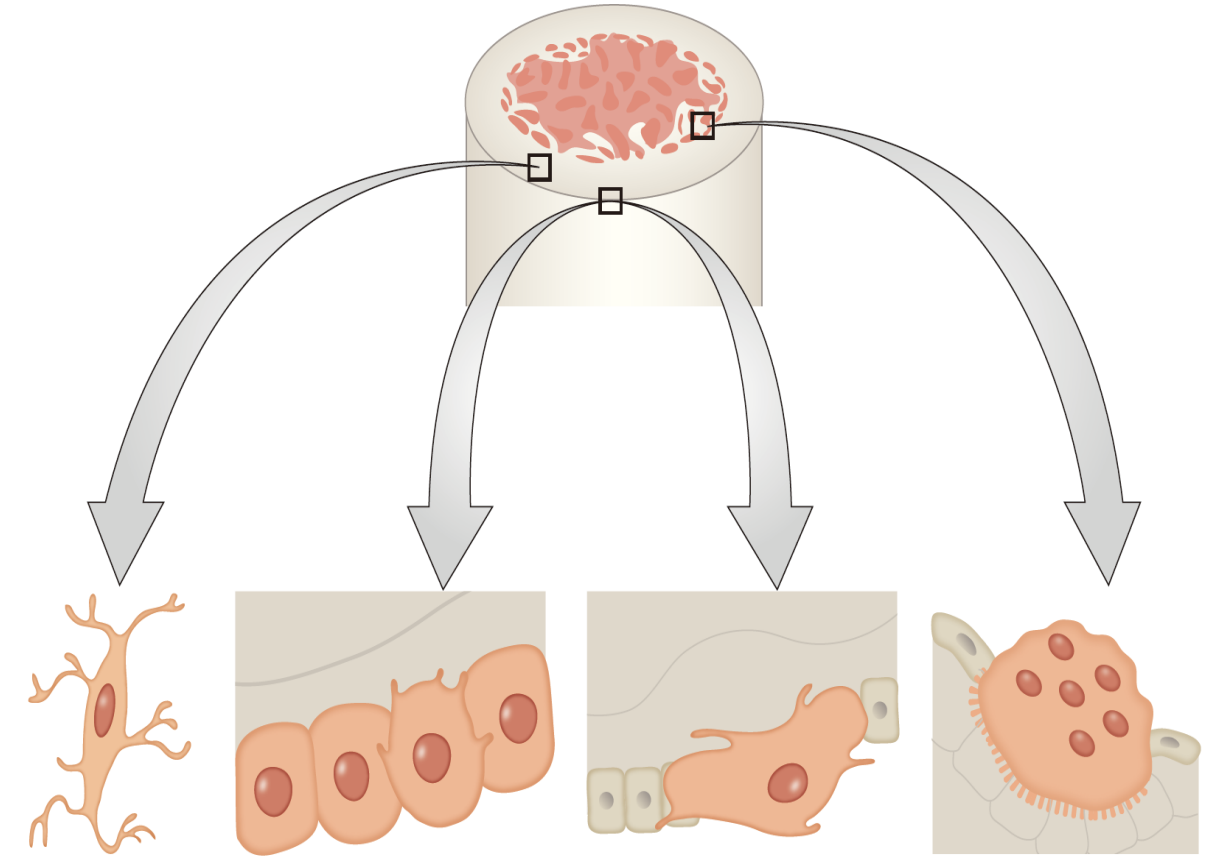
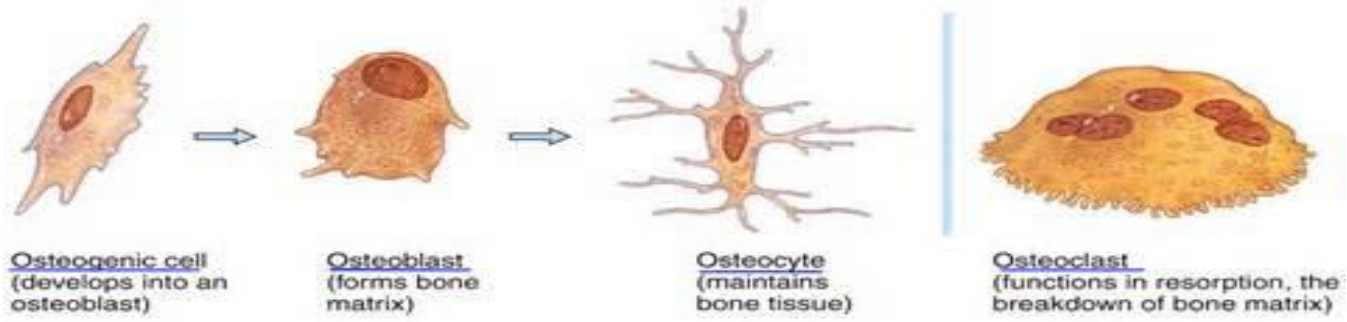


그림 6-3 뼈를 구성하는 세포의 종류. 뼈세포, 뼈모세포, 뼈발생세포, 뼈파괴세포

뼈세포(Osteocyte)

- 분화순서에 따라 : 뼈발생세포 → 뼈모세포 → 뼈세포





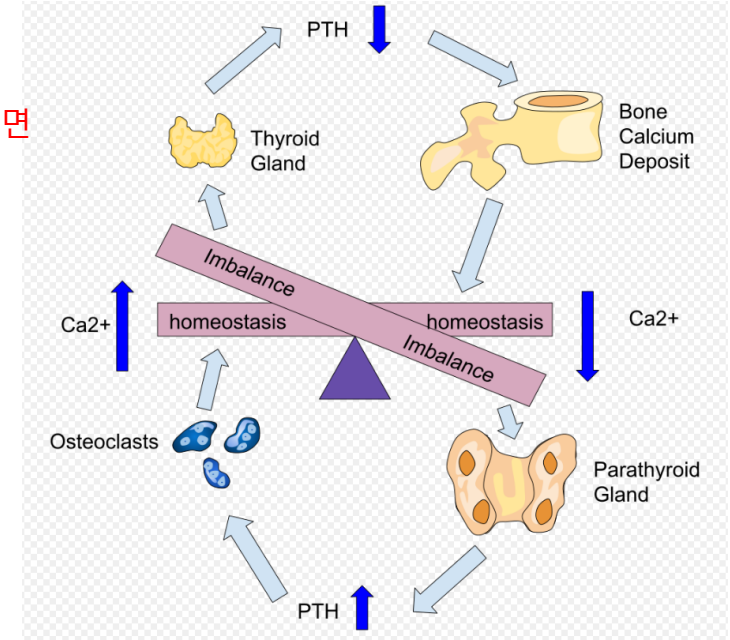
뼈발생세포(Osteoprogenitor cell)

- 배아 중간엽세포 기원
- 뼈바깥막의 속세포층, 중심관의 안쪽면, 뼈속막에 위치
- 방추 모양
- 과립세포질그물망과 골지복합체 존재
- 자유리보솜 풍부
- 활발한 뼈성장시기에 가장 활동적

뼈모세포(Osteoblast)

- 뼈발생세포에서 기원
- 기능: 아교질, 프로테오글리칸, 당단백질등의 뼈바탕질 유기물질을 합성
- 입방형 또는 원주형 모양
- 뼈모세포가 뼈바탕질을 배출해서 뼈모세포를 둘러쌈
- 뼈바탕질에 파묻힌 세포를 뼈세포 (osteocyte), 뼈세포가 존재하는 공간을 뼈방 (lacuna)
- 뼈모세포의 세포막에 인테그린과 부갑상샘호르몬 수용체가 존재
- 부갑상샘 호르몬이 이 수용체에 결합 시 뼈모세포 활성화 되어 뼈파괴세포를 활성화 시키는 뼈파괴세포 자극인자를 분비해 뼈의 재흡수를 촉진시킴
- 뼈 재흡수의 일차적인 목적은 혈장 내 칼슘농도를 조절하기 위함

혈중 칼슘농도가 너무 높아지면 부갑상샘 호르몬 농도 낮아짐



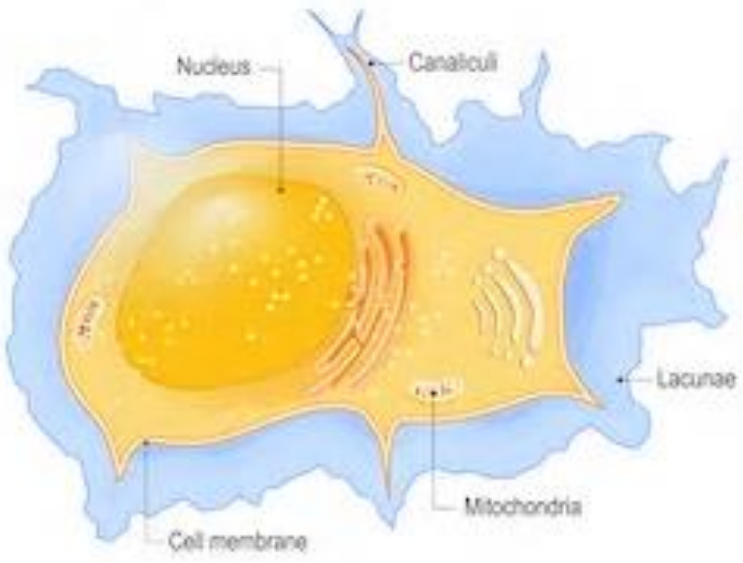
부갑상샘 호르몬 낮아지면 혈중 칼슘이 뼈에 저장됨

뼈모세포 -> 뼈파괴세포를 활성화시켜 뼈조직에 저장되어 있던 칼슘을 혈중으로 내보냄

혈중 칼슘농도 낮아지면 부갑상샘에서 부갑상샘 호르몬 분비 높아짐

뼈세포 (Osteocyte)

- 뼈모세포에서 분화된 성숙한 세포
- 석회화된 뼈바탕질의 뼈방 (lacuna) 내부에 존재
- 뼈방에서 방사모양으로 뻗음
- 좁은 터널모양의 공간인 뼈세관 (bone canaliculi)에 뼈세포의 세포질 돌기 존재
- 뼈세관은 뼈세포에 영양 공급하는 대사물질 함유
- 핵은 납작하고 세포질 내에 적은 세포소기관, 감소된 과립세포질그물, 적은 수의 골지복합체
- 뼈 유지에 필수적인 물질을 분비



뼈파괴세포 (Osteoclast)

- 단핵구세포가 융합하여 만들어진 커다란 세포
- 20-150 μm 의 직경을 가진 6-50개 이상의 핵을 가짐
- 뼈 흡수하는 기능
- 뼈세포 주변의 수소이온농도를 낮추어 무기질 성분을 용해시킴
- 방출된 무기질은 뼈파괴세포의 세포질에 흡수된 후 인접한 모세혈관으로 수송
- 가수분해 효소와 아교질분해효소(collagenase)는 탈회된 뼈바탕질의 유기물을 파괴함

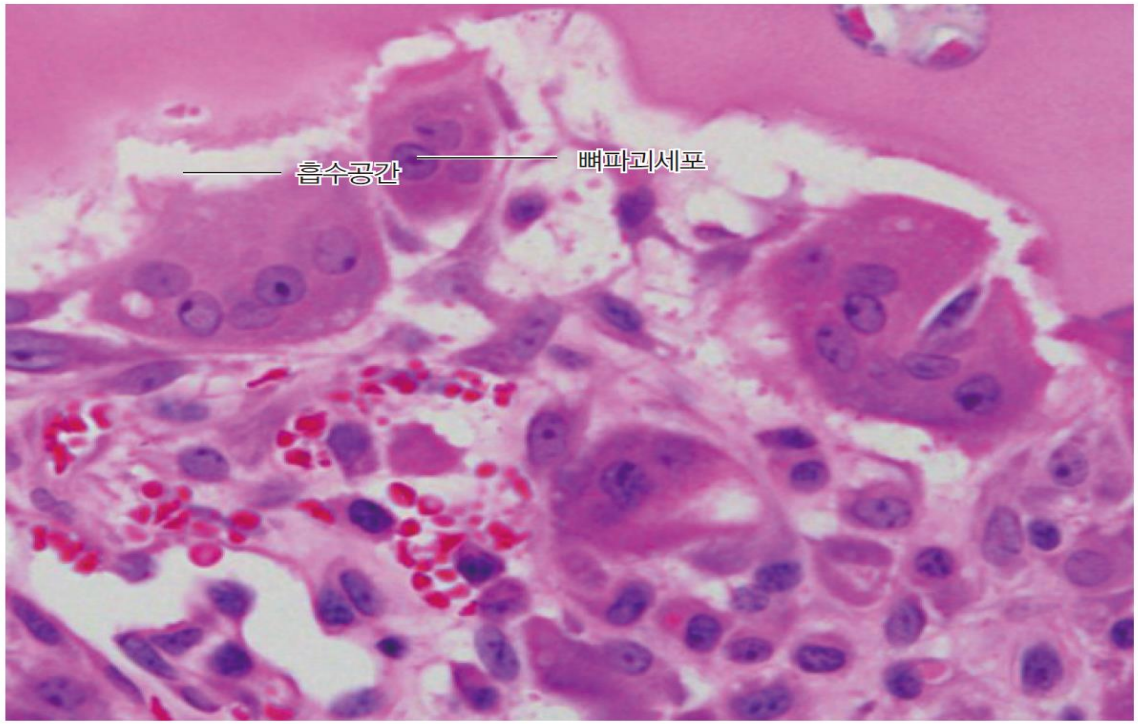


그림 6-5 뼈파괴세포의 광학현미경 사진(H&E 염색, 600배)

뼈의 성숙도 및 밀도에 따른 뼈분류

뼈구조

- 성숙도에 따라
  - -일차뼈 (primary bone) 와 이차뼈 (secondary bone)

- 밀도에 따라
  - - 치밀뼈 (compact bone)와 갯솜뼈(해면뼈, cancellous bone, spongy bone)

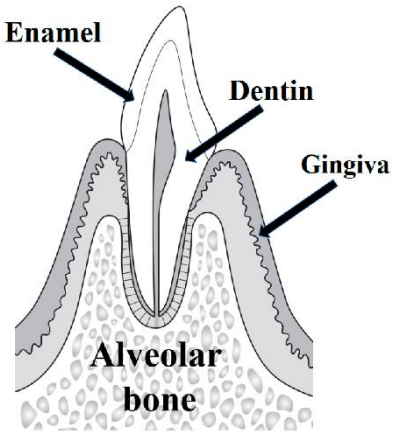
뼈의 성숙도 및 밀도에 따른 뼈분류

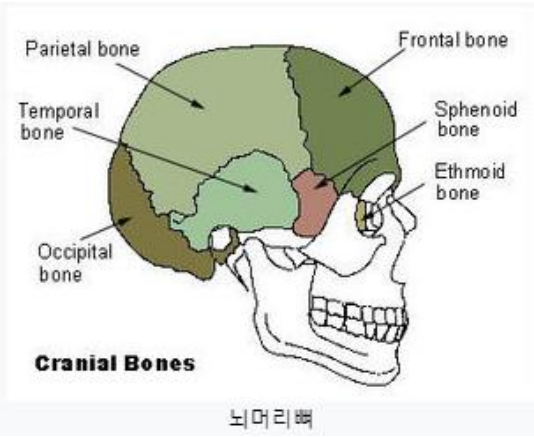
■ 뼈구조

- **성숙도**

→ 일차뼈 (primary bone): 태아 발생동안 뼈수복 중에 처음 만들어지는 뼈(=미성숙뼈, 격자뼈)로 나중에 이차뼈로 대체

ex) 이틀뼈 (alveolar bone), 힘줄이 부착하는 곳의 뼈부위, 머리덮개뼈의 봉합부위





뇌머리뼈

→ 이차뼈(secondary bone)

① 바탕질의 아교섬유가 평행하게 중첩된 층판상 배열로서 성숙뼈, 층판뼈라고 함

② 긴뼈를 기준으로 치밀뼈 (compact bone, 겉질뼈)와 갯솜뼈 (spongy bone, 속질뼈)로 구성

갯솜뼈 (cancellous bone, 해면뼈: spongy bone)

- 스펀지와 같이 듬성듬성한 구멍이 뚫린 외형
- 긴뼈의 경우 주로 뼈끝, 짧은뼈와 불규칙뼈, 납작뼈의 경우 뼛속의 골수공간에 형성되어 있음.
- 혈관 없음

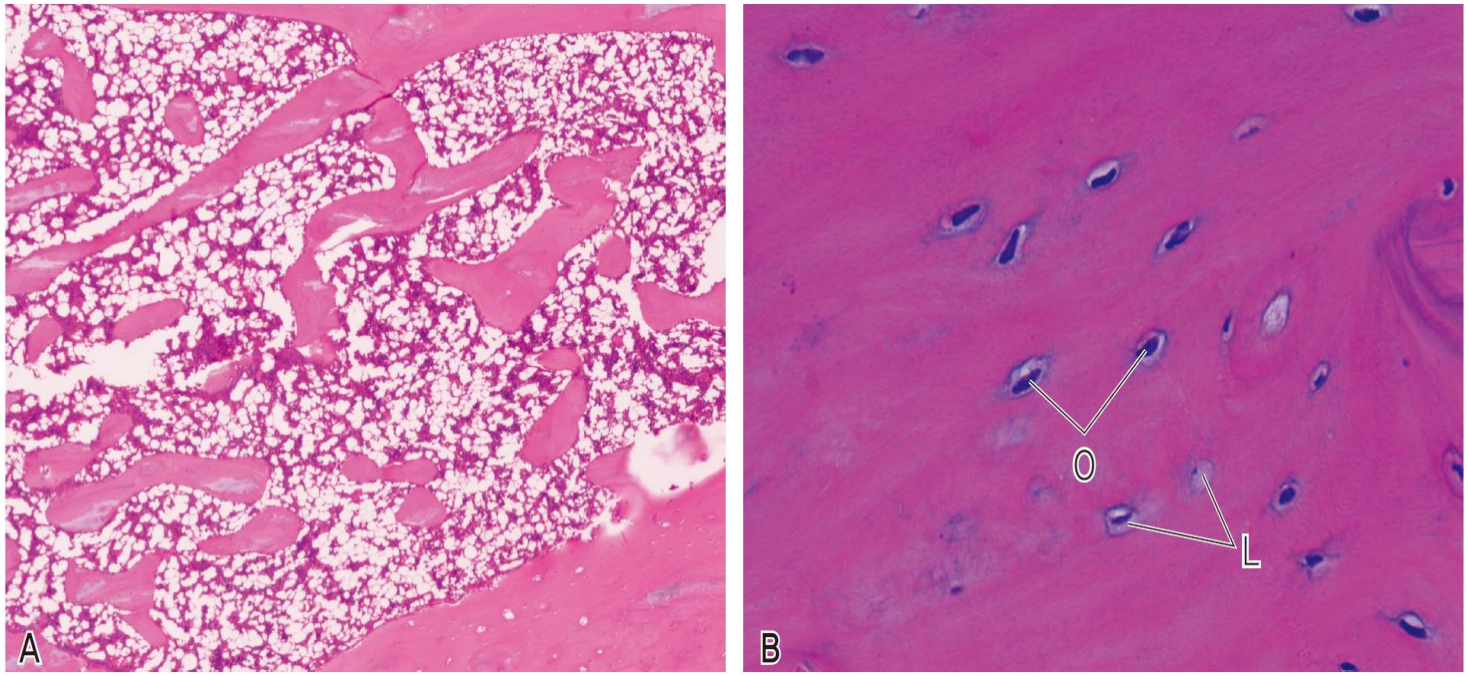
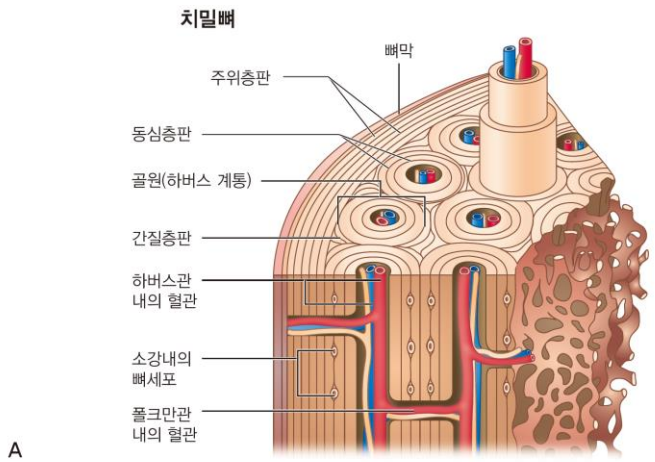


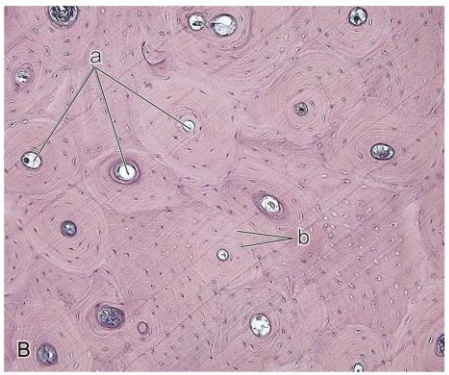
그림 6-8 갯솜뼈(A, H&E 염색, 100배)와 치밀뼈(B, H&E 염색, 400배)의 광학현미경 사진

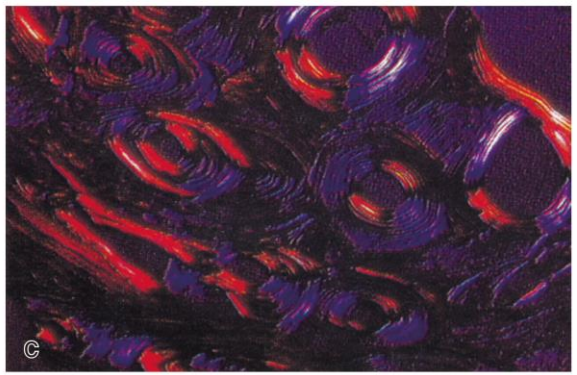
치밀뼈 (compact bone)

- 얇은 뼈들의 층들인 층판 (lamella)으로 구성
- 층판구조는 바깥주위층판, 속주위층판, 뼈단위, 사이질층판의 4개 층판구조로 구성
- 뼈단위구조는 중심관 (haversian canal)으로 알려진 혈관공간 주위를 동심원상으로 배열된 층판들로 구성



- 하버스관: 혈관, 신경, 성긴결합조직 포함부위
- 하버스 계통: 하버스관을 동심원성으로 둘러싸고 있는 뼈층판
- 속주위층판은 뼈의 안쪽에서 골수공간을 감싸며, 골수강을 감싸는 형태로 존재





뼈의 구조. A. 치밀뼈 모형도. B. H&E 염색. C. 편광현미경 사진. 많은 하버스관을 포함한 정상 치밀뼈 (cortical bone)의 가로단면. 동심원상 층판 (concentric lamellae)이 명확히 관찰되며(a), 몇 개의 간질층판 (interstitial lamellae)(b)도 보인다. 편광현미경 사진.

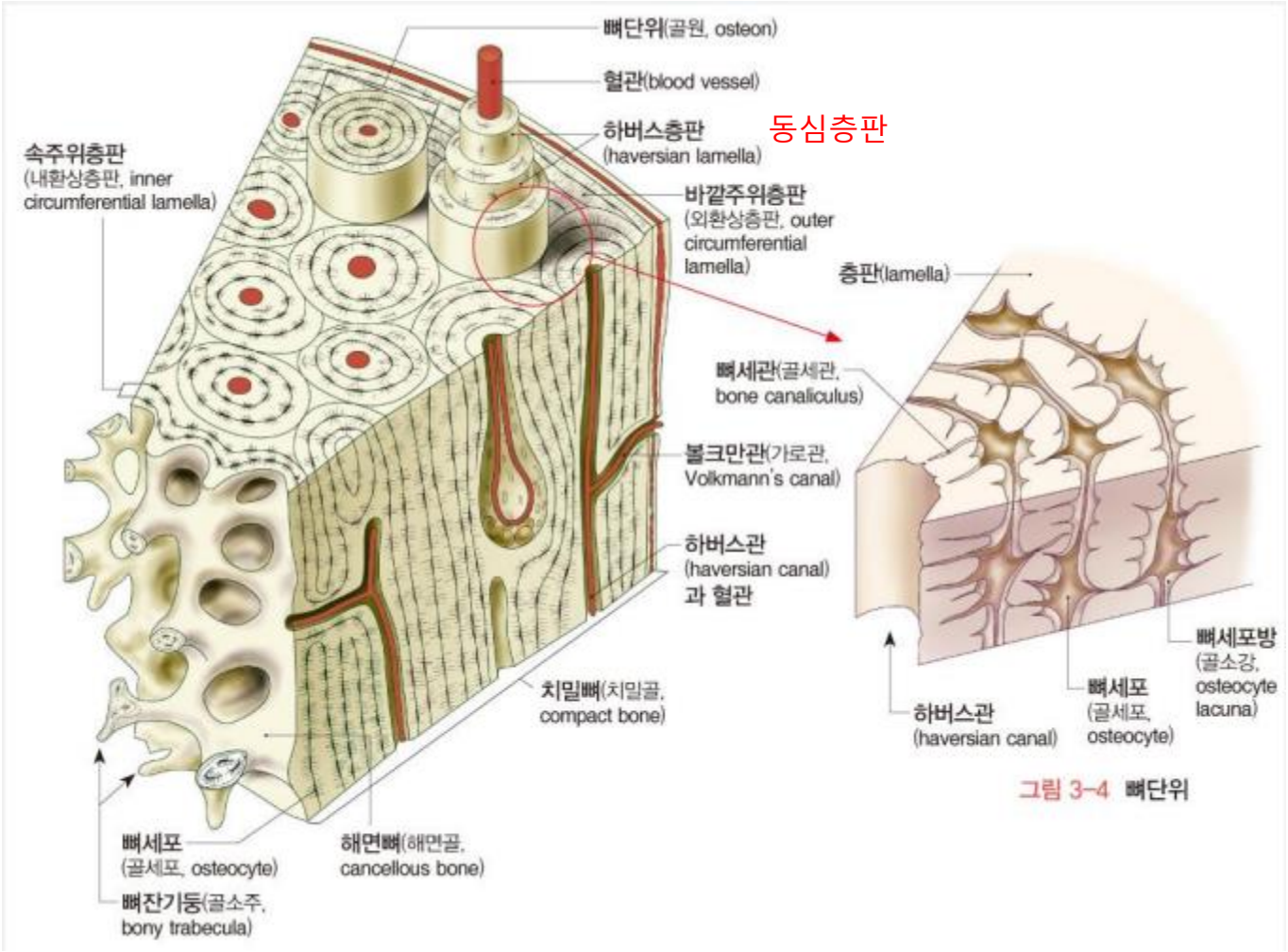

뼈단위(골원, osteon)
혈관(blood vessel)
하버스층판
(haversian lamella)
동심층판
속주위층판
(내환상층판, inner
circumferential lamella)
바깥주위층판
(외환상층판, outer
circumferential
lamella)
층판(lamella)
뼈세관(골세관,
bone canaliculus)
볼크만관(가로관,
Volkmann's canal)
하버스관
(haversian canal)
과 혈관
치밀뼈(치밀골,
compact bone)
뼈세포방
(골소강,
osteocyte
lacuna)
뼈세포
(골세포,
osteocyte)
하버스관
(haversian canal)
뼈세포
(골세포, osteocyte)
뼈잔기둥(골소주,
bony trabecula)
해면뼈(해면골,
cancellous bone)

그림 3-4 뼈단위

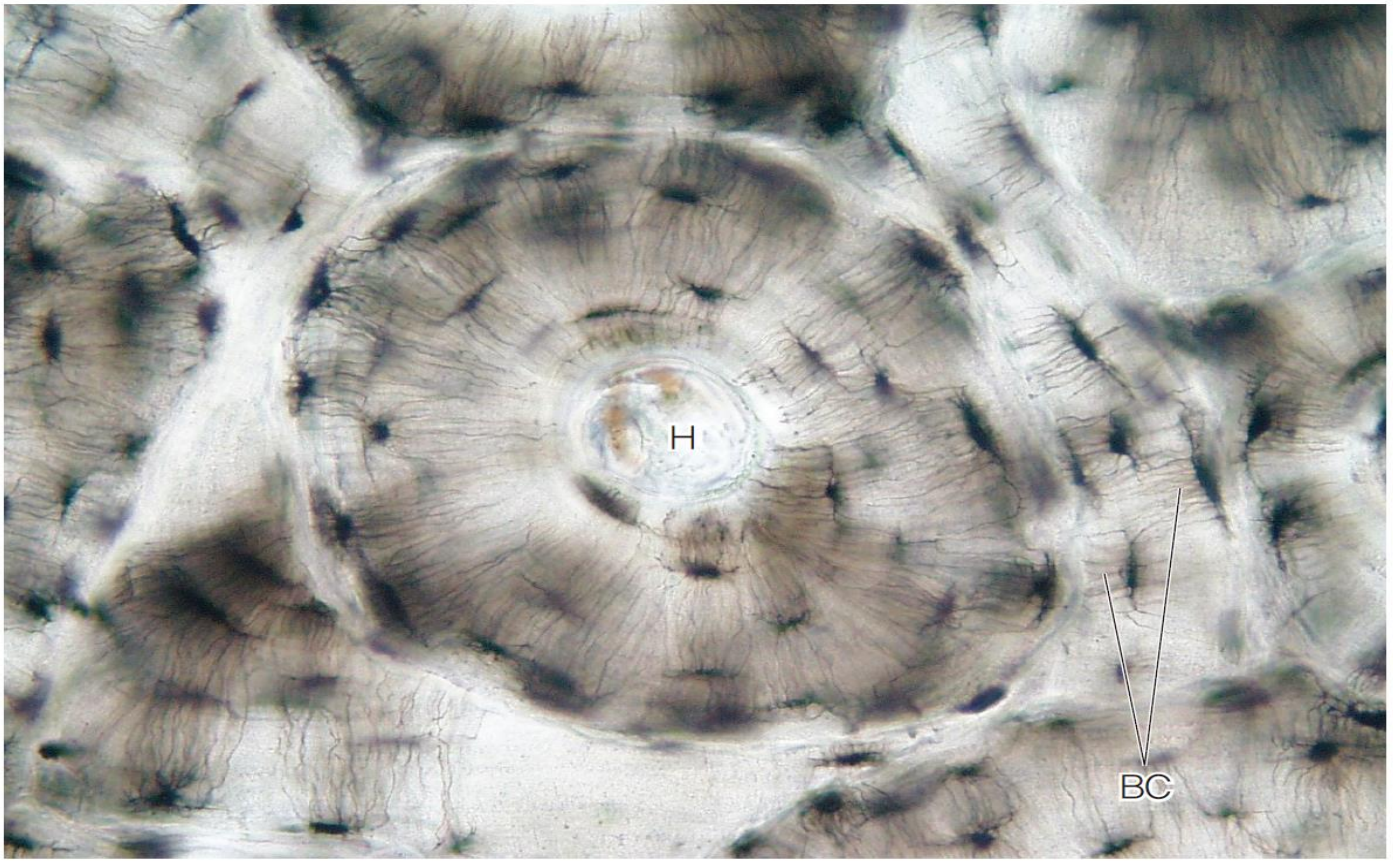


그림 6-10　하버스층판계의 광학현미경 사진(400배).
가로절단(transverse section), 연마절편(ground section).
H : 중심관(Haversian canal),　BC : 뼈세관(bone canaliculi)