

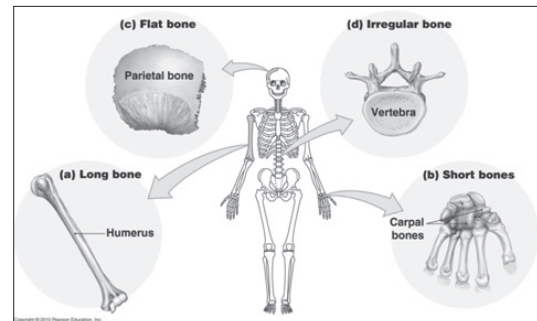
Normal bone anatomy and physiology

울산의대 서울아산병원 정형외과 / 이 동 호

가. 골의 구조 (Structure of Bone)

1. 거시적인 형태에 따른 분류

- A. 원통 골 (tubular bone) : 대퇴골, 상완골 및 수지골, 족지골 등
- B. 편평 골 (flat bone) : 두개골, 견갑골, 골반골, 쇄골의 외측단 등
- C. 단골, 불규칙골



2. 위치에 따른 분류

- A. 골간 (diaphysis) : 원통골의중간부
- B. 골단 (epiphysis) : 양쪽의 끝 부분
- C. 골간단 (metaphysis) : 골간과 골단의 이행 부위

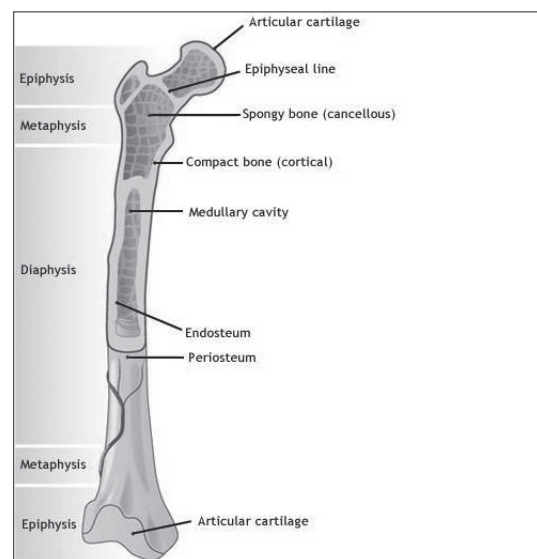
3. 조직학적 구조에 따른 분류

- A. 미숙골 (immature bone, fiber bone, nonlamellar bone, woven bone)

교원질의 섬유가 불규칙하게 짜여있고, 성숙 골에 비하여 세포의 수가 많고 크며 수분의 함량이 많다. 또한 시멘트질 (cement substance) 은 거의 없고 무기질의 함량이 적으며, 층판형성 (lamellation)이 없다. 이러한 미숙 골은 태아기, 골절의 치유 부위 그리고 성장기의 골간단 등에서 발견된다.

- B. 성숙 골 (mature bone)

성숙 골은 층판 골(lamellar bone)이라고도 불리어지며, 단단한 피질 골(cortical bone)과 그물 모양의 망상 골(cancellous bone)로 세분



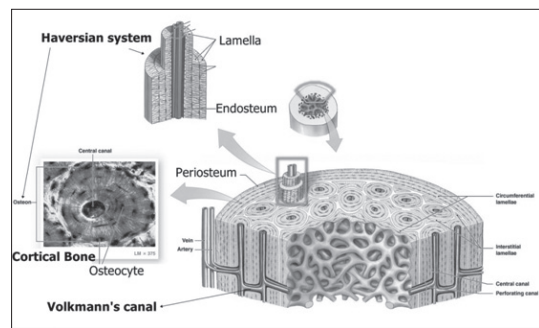
할 수 있다. 망상 골은 해면 골(sponge bone, spongiosa) 또는 소주 골(trabecular bone)이라고도 불려진다. 피질 골은 치밀 골(dense bone, compacta)이라고도 불려지며, 모든 골의 바깥쪽에서 발견되고, 특히 원통 골의 골간의 내부에는 망상골이 거의 없고 피질 골로만 형성되어 있는 것이 보통이다. 피질 골의 강도나 탄성 계수는 같은 면적의 해면 골에 비하여 10배나 강하다.

4. 성숙 골의 구조 (Structure of Mature Bone)

A. 피질 골 (Cortical Bone)

● 하버시안계

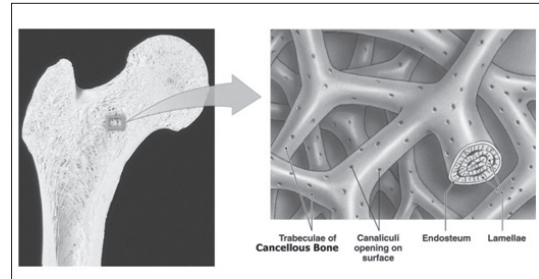
피질골의 기능적 단위는 하버시안계(Haversian system, osteon)라고 알려진 원 기둥 모양의 구조이다. 하버시안계는 성숙골 중 피질골에서만 발견되며, 해면 골에서는 발견되지 않는다. 각 하버시안계는 그 직경이 0.05~0.2mm 정도이며, 피질 골의 세로 방향에 평행하게 달리고 있다. 이 구조의 가장 중앙에는 하버시안 관(Haversian canal)이 있는데, 이 관 속에 혈관과 신경이 지나가고 있다. 하버시안 관의 주위로 석회화된 여러 층의 층판(lamella)들이 있다. 이 층판 내에 소강(lacuna)이라 불리는 공간이 있는데, 이 속에 골세포



(osteocyte)가 있다. 소강은 하버시안 관이나 다른 소강과 소관(canalculus)이라 불리는 작은 관에 의해서 서로 연결되어 있다. 각각의 하버시안계는 결합선(cement line)이라고 하는 얇은 층으로 경계지어 진다. 피질 골에서 하버시안 관과 골막의 혈관을 연결해 주고 하버시안 관을 서로 연결해 주기도 하며, 하버시안 관에서 골수 공간으로 통하기도 하면서 하버시안 관에 대해 90° 방향으로 달리는 관을 통칭하여 볼크만 관(Volkman's canal)이라고 한다.

B. 망상 골 (Cancellous Bone)

해면 골에서는 골 소주(trabecula)가 그 기본적인 구성 단위가 된다. 골 소주는 조혈 조직이나 지방 조직과 더불어 섞여서 피질 골에 비해서는 비교적 느슨하게 배열되어 있기 때문에, 단위 면적당 피질 골에 비하여 힘에 지지하는 능력은 적다.



C. 골의 막 (Periosteum)

골은 그 외부와 내부가 섬유성 막으로 둘러 싸여 있다. 골의 외부를 둘러싸는 막은 골외막(periosteum) 또는 그냥 골막이라고 부르는데 결합 조직으로 구성되어 있으며, 골절의 치료에 있어서 매우 중요한 역할을 한다고 믿어지고 있다. 골외막은 두 층으로 세분되는데, 바깥쪽에 섬유 층(fibrous layer)이 있으며, 안쪽에는 캄비움 층(cambium layer)이 있다.

- ▶ 섬유 층 : 불규칙하게 배열한 교원섬유 및 탄력섬유로 된 두꺼운 섬유 결합 조직 층으로, 관절막과 연결되어 다른 골과 연결되기도 하고 건과 인대에 연결되기도 한다.
- ▶ 캄비움 층 : 골 모세포와 미분화된 세포가 영성하게 배열해 있고 혈관이 풍부한 층이다. 미분화된 세포들은 그 일부가 골조상 세포(osteoprogenitor cell)로 생각되며, 필요하면 골 생성세포계열로 분화해 나가는 것으로 믿어지고 있다. 캄비움 층은 골의 흡수와 형성에 매우 중요한 역할을 한다고 한다. 즉, 부가 성장에 의하여 골을 형성하여 골의 부피 성장에 관여하는 것으로 알려져 있다.

Session I : Basic concepts of osteoporosis

D. 골내막 (endosteum)

골 내부의 공간인 골수 강(marrow cavity)의 벽과 해면 골의 골 소주 표면을 덮고 있는 얇은 세포성 결합 조직 층이다. 이 층에 있는 세포의 대다수는 골 조상 세포로서, 골내막 세포(endosteal cell)라고도 한다. 골내막은 역시 골절 치료 과정에 참여하여 새로운 골을 만드는데 기여한다.

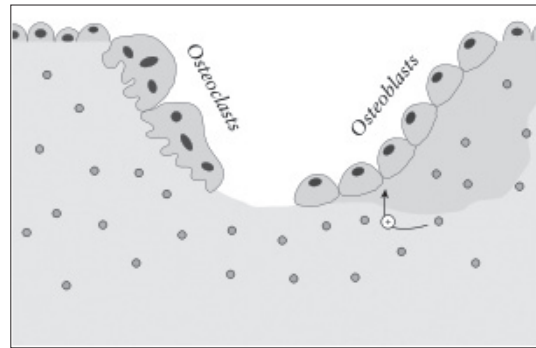
5. 골의 세포

A. 골 조상 세포 (Osteoprogenitor Cell)

골 조상 세포는 골외막의 내층인 부름켜 층과 골내막과 골수 등에 분포하고 있으며, 주위 조직이나 혈류에서도 이동하여 골로 들어올 수도 있다. 유사 분열에 의해 증식되고 골모세포로 분화한다.

B. 골 모세포 (Osteoblast)

골 모세포는 골 조상 세포로부터 분화된 세포로 직육면체형 또는 낮은 원주형 세포이다. 골 모세포는 더 이상 분열하지 않으며 교원 섬유, 단백다당(proteoglycan), 당단백질과 같은 유기질을 합성 분비한다. 골 모세포는 자신이 합성하여 주위로 방출한 유골(osteoid)속에 묻히게 되고, 이 유골에 석회화가 일어나 뼈가 형성되면, 그 속에 묻혀 골 세포가 된다. 이 때 골세포가 묻힌 공간을 골 소강(bone lacuna)이라 한다. 일반적으로 골화(ossification)란 유골 형성과 석회화 과정을 통칭하는 말이다.



C. 골 세포 (Osteocyte)

골세포는 완전히 발육된 골의 주된 세포로서, 골 모세포가 골 기질을 주변에 분비하여 골화되면서 골 기질 속에 파묻혀 있는 것을 말한다. 골세포는 분열 능력이 없는 세포로서, 석회화된 기질 속에서 세포와 비슷한 모습의 공간인 골 소강 속에 들어있으며, 하나의 골 소강 속에는 단지 한 개의 골세포만이 들어있다.

D. 파골 세포 (Osteoclast)

파골 세포는 골 흡수를 담당하는 다핵 거대 세포(multinucleated giant cell)로서, 골 표면을 오목하게 침식시켜 만든 공간인 하우스립 소와(Howship's lacuna)에 들어있다. 이 세포가 석회화 기질과 접하고 있는 면에는 많은 세포질돌기가 미세 용모를 이루고 있는 주름 테(ruffled border)로 되어있는데, 바로 이 주름테에서 골 흡수가 일어난다. 또한 파골 세포는 산성 가수 분해 효소(acid hydrolase)와 교원질 분해 효소(collagenase) 및 수소 이온(H+)을 방출하는 분비 세포이며, 이들을 통해 주름 테에서 골 기질의 무기질과 유기질 성분을 분해하고 제거하여 골 흡수를 촉진한다고 알려져 있다.

E. 골 표면 세포 (Bone-lining Cell, Surface Osteocyte)

골 표면 세포는 골 표면에 위치하는 길고 납작한 세포로, 그 기능에 대해서는 아직 확실하게 밝혀져 있지 않다. 이 세포는 파골 세포에 의하여 골이 흡수되고 난 다음 골 소강으로부터 유리된 골세포가 골 표면으로 밀려나서 휴식기에 들어간 골세포라고 생각되며, 적절한 자극이 가해지면 다시 골 모세포로 되어 활발히 분비 활동을 하는 것으로 추정되고 있다.

6. 골 기질 (Bone Matrix)

- A. 유기질 성분 : 이종의 90~95%가 제1형 교원 섬유(collagen fiber)이다. 나머지는 황산 콘드로이틴, 황산 케라탄, 하이알루론산 등이 비교적 풍부하게 존재한다.
- B. 무기질 성분 : 칼슘(Ca)과 인(P)이 특히 많으며, 몸 전체에 있는 칼슘의 99%, 인의 약 90%가 골에 있다. 이들은 주로

$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 와 같은 구조식을 갖는 수산화 인회석(hydroxyapatite) 결정을 이루고 있다. 그 외 골에는 Mg, Na, 수산화 탄소, 불소 등의 무기질 성분들이 미량 함유되어 있다.

나. 골다공증 (Osteoporosis)

뼈는 성장이 끝난 후에도 흡수와 형성이 계속되는데 이런 재형성 과정은 파골 세포에 의해 손상되거나 오래된 뼈는 흡수, 제거되고 골 모세포에 의해 연속적으로 새로운 뼈가 생성된다. 이러한 골 흡수와 형성의 과정에서 골 흡수가 증가하면서 혈중 칼슘이 증가되어, 부갑상선 호르몬의 분비가 감소되고, 장내의 칼슘 흡수가 감소하는 결과로 발생하는 주로 해면골에 변화가 오는 제1형 골다공증 (폐경 후 골다공증), 연령 증가에 따라 신장에서 1α -hydroxylase의 감소로 인해 활성형인 $1,25(\text{OH})_2$ vitamin D3의 생성이 낮아지고, 이에 따라 장내 칼슘 흡수가 적어지는 기전과 골형성에 관여하는 골 모세포의 감소가 동반되어 발생하며, 급격한 골소실은 없으나 해면골과 피질골 모두에서 발생하는 제2형 골다공증 (노인성 골다공증)으로 나뉘는 일차성 골다공증과 원인질환이 선행되어서 발생하는 이차성 골다공증이 있다.

