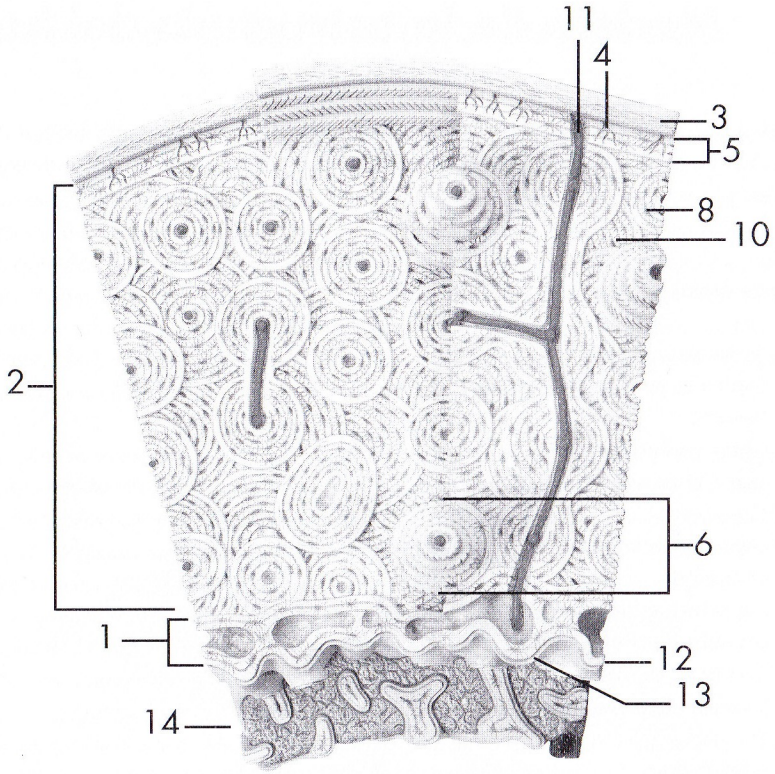
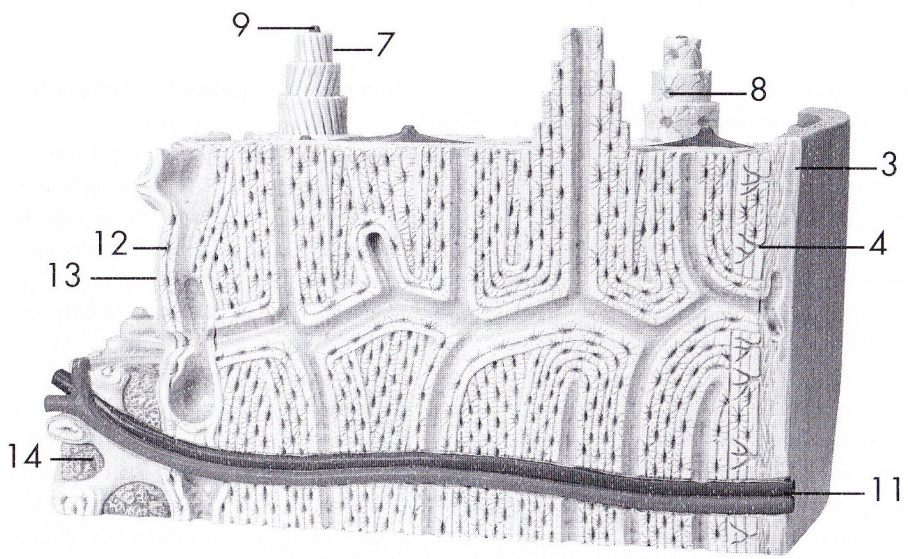
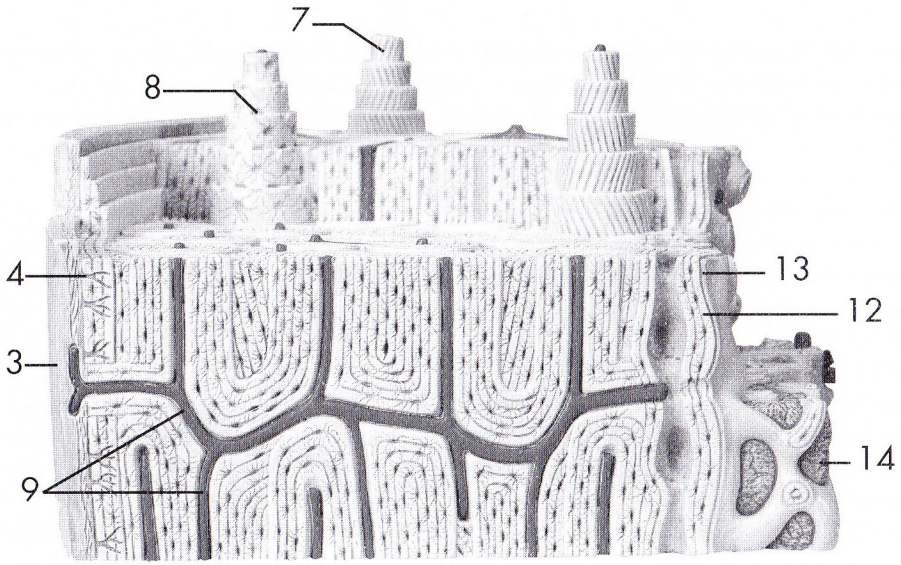
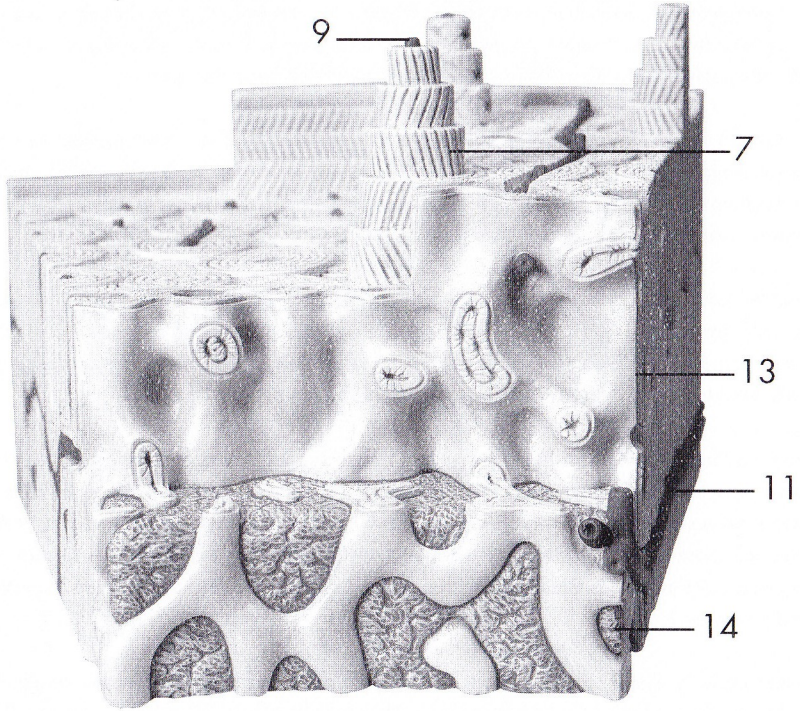

11
4
3
5
8
10
2
6
1
12
13
14


9
7
8
3
12
4
13
14
11


7
8
4
13
12
3
9
14


9
7
13
11
14

日本語

骨の構造モデル

骨の基本構造

1. 海綿質
2. 緻密質
3. 骨膜
4. シャーピー線維（貫通線維）
5. 外基礎層板
6. オステオン（骨単位）
7. 層板（オステオンの層）
8. 骨細胞
9. ハバース管
10. 介在層板
11. フォルクマン管
12. 内基礎層板
13. 内骨膜
14. 骨髄

骨の構造モデル

日本語

このモデルはヒトの大腿骨にみられる長管骨の基本構造である層板骨の断面を約80倍大で示している。他の骨にみられる構造と較べると，長管骨の構造は次の特徴をもつ。(1)：海綿質，(2)：緻密質（厚い緻密の層），(3)：骨膜（骨を囲む膜）である。骨膜は二層からなっていて，その内層（骨形成層）は多くの細胞を含み，特に骨芽細胞と呼ばれる骨細胞の前駆細胞は骨折などの際，骨組織の再生を促す。外層は固い膠原性結合組織からなる（線維層）。膠原性線維の束はシャーピー線維(4)と呼ばれ，直接骨膜から骨の結合組織に侵入する。

次の深層は皮質層で骨内の細胞質が層状に取り囲まれているのが特徴である（よって層板骨と呼ぶ）。その最外層は外基礎層板(5)で，骨膜と平行に走る周状の層である。

層板骨の基本構造はハバース系(6)とも呼ばれるオステオン（骨単位）によりつくられる。層板骨は主にハイドロキシアパタイトの無機物質（全体のおよそ65%を占める）と，有機物質（90%以上コラーゲン=膠原）からなる。オステオンにある個々の層の膠原線維走行はさまざまで，それぞれ違った方向に走っているため(7)，この複合構造は骨の耐久性の向上に役立っている。骨細胞(8)は骨層板間の小腔（lacunae）に見られる。骨細胞はハバース管(9)により栄養を供給され，全ての骨細胞はハバース管とその小管を介して互いに連絡している。

介在層板(10)はハバース系の間にあり血管との連絡はない。介在層板の厚さと層板はハバース系のそれに比例するが，ハバース系は成長期の終了後も続く骨の再成とともに介在層板にかぶさっていく。

骨膜より続くフォルクマン管(11)の中を通る血管はハバース管を通る血管同士をつないでいる。フォルクマン管はハバース管とは異なり層板に取り囲まれてはいない。また，ハバース管の規律的な配列は横または斜めに走るフォルクマン管により乱されることはない。

骨髄腔へ向かって，骨質は内基礎層板(12)と内骨膜(13)と呼ばれる内膜で仕切られる。内骨膜は新生骨を作る平らな細胞のつながりである。赤色骨髄(14)は長管骨骨端の海綿質にあり，黄色骨髄（脂肪骨髄）は長管骨の骨体にある。

モデル製作協力
Prof. Richard H. W. Funk, MD, Director of the Institute of Anatomy of the Carl Gustav Carus Medical Faculty, Dresden, Germany

English

Bone Structure Model

Bone structure

1. Spongy substance or substantia spongiosa
2. Compact substance or substantia compacta
3. Periosteum
4. .Perforating fibers, Sharpey fibers
5. Outer circumferential lamella
6. Osteons
7. Lamellae of the osteons
8. Osteocytes
9. Haversian vessels
10. Intermediate lamellae
11. Volkmann canals
12. Inner circumferential lamella
13. Endosteum
14. Bone marrow

Bone Structure Model

English

This model shows a section of a lamellar bone, as found in the human skeleton as a basic structure of a tubular bone (approx. 80 times enlarged).
Compared to other bone types, tubular bones contain few bone trabeculae (spongy substance or substantia spongiosa) (1) and a thick compact layer (compact substance or substantia compacta) (2). The bone is covered by a membrane, the periosteum (3). The inner layer of the periosteum (osteogenic layer) consists of many cells and contains resting precursor cells of the bone cells (osteoblasts) that ensure regeneration in case of bone fractures. The outer layer is made of firm, collagenous connective tissue (fibrous layer). Bundles of collagenous fibers pass directly from the periosteum into the connective tissue of the bone (perforating fibers, Sharpey fibers) (4).

The next layer is the cortical layer (substantia corticalis) with its lamellar stratification of the intercellular substance (thus lamellar bone). Located at the very outside are the circumferential lamellae (5) running parallel to the periosteum. The basic structure of the lamellar bone is formed by the osteons, also referred to as Haversian systems (6). The lamellae are layers of anorganic substance (approx. 65 % of the complete substance), mainly hydroxyapatite, and organic substance (over 90 % collagen). Since the collagen fibers of the individual lamellae of an oesteon run at various, respectively opposite angles of inclination (7), the compound structure of organic and anorganic components is additionally stabilised against pull and push forces. The bone cells (osteocytes) (8) are located between the lam ellae, held in lacunae. The cells are nourished by the Haversian vessels (9), because all osteocytes are linked to one another and with the Haversian canal through canaliculi containing their cell extensions.

The intermediate lamellae are located between the Haversian systems (osteons) without any conn ection to blood vessels (10). Their thickness and stratification corresponds to that of former Haversian systems, however, the Haversian systems have built up over them in the course of the continuous restructuring of the bone that also continues after the growth period.

Running from the periosteum, the Volkmann canals contain vessels connecting the vessels of the Haversian canals (11). The Volkmann canals are bony canals that are not surrounded by circular lamellae, as opposed to the Haversian canals. The systematic order of the Haversian canals is not disrupted by the transverse or oblique perforation through the Volkmann canals.

The cortical layer is followed in a fluid transition by the trabecular layer (spongy substance or substantia spongiosa), a spongy trabecular structure consisting of thin plates and rods (1). In the direction of the medullary cavity, the bony substance is limited by the inner circumferential lamella (12) and the inner membrane called endosteum (13). The endosteum consists of a connection of flat cells that can form new bones. Red bone marrow (14) can be found between the spongy trabeculae of the bone ends, and yellow bone marrow or fatty marrow in the tubular part of the bone.

We thank Prof. Richard H. W. Funk, MD, Director of the Institute of Anatomy of the Carl Gustav Carus Medical Faculty, Dresden, Germany, for his support in the development of this model.