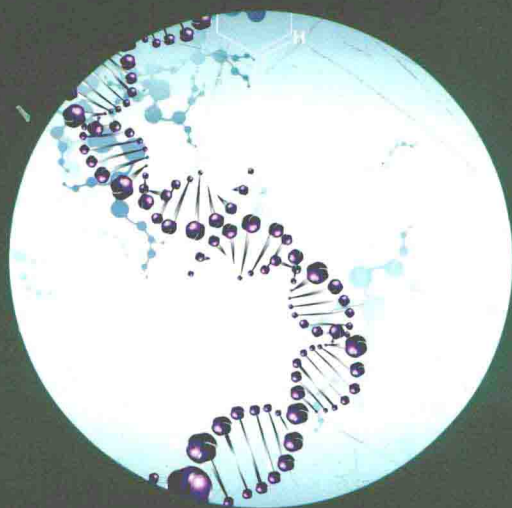


# 现代骨科临床诊疗 与康复实践 (上)

孙以成等◎编著



# 现代骨科 临床诊疗与康复实践

(上)

孙以成等◎编著

## 图书在版编目 ( C I P ) 数据

现代骨科临床诊疗与康复实践 / 孙以成等编著. --  
长春 : 吉林科学技术出版社, 2016.5  
ISBN 978-7-5578-0492-3

I. ①现… II. ①孙… III. ①骨疾病—诊疗②骨疾病—  
康复 IV. ①R68

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第068815号

## 现代骨科临床诊疗与康复实践

XIANDAI GUKE LINCHUANG ZHENLIAO YU KANGFU SHIJIAN

---

|       |                   |
|-------|-------------------|
| 编 著   | 孙以成等              |
| 出 版 人 | 李 梁               |
| 责任编辑  | 隋云平 端金香           |
| 封面设计  | 长春创意广告图文制作有限责任公司  |
| 制 版   | 长春创意广告图文制作有限责任公司  |
| 开 本   | 787mm×1092mm 1/16 |
| 字 数   | 980千字             |
| 印 张   | 42                |
| 版 次   | 2016年5月第1版        |
| 印 次   | 2017年6月第1版第2次印刷   |

---

|          |                                                      |
|----------|------------------------------------------------------|
| 出 版      | 吉林科学技术出版社                                            |
| 发 行      | 吉林科学技术出版社                                            |
| 地 址      | 长春市人民大街4646号                                         |
| 邮 编      | 130021                                               |
| 发行部电话/传真 | 0431-85635177 85651759 85651628<br>85652585 85635176 |
| 储运部电话    | 0431-86059116                                        |
| 编辑部电话    | 0431-86037565                                        |
| 网 址      | www.jlstp.net                                        |
| 印 刷      | 虎彩印艺股份有限公司                                           |

---

书 号 ISBN 978-7-5578-0492-3  
定 价 165.00元

如有印装质量问题 可寄出版社调换

因本书作者较多,联系未果,如作者看到此声明,请尽快来电或来函与编辑部联系,以便商洽相应稿酬支付事宜。

版权所有 翻印必究 举报电话: 0431-8603756

# 编 委 会

## 主 编

孙以成 章丘市中医医院  
付连冲 潍坊市寒亭区人民医院  
徐庆田 滕州市中心人民医院  
宋飞洪 临沂市人民医院  
田桂昌 曲阜市中医院

## 编 委

(按姓氏拼音字母排序)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 付连冲 | 蒋卫东 | 刘 鹰 | 刘铀宁 |
| 宋飞洪 | 孙以成 | 田桂昌 | 王同林 |
| 王 勇 | 吴建华 | 向伟能 | 谢吉安 |
| 徐庆田 | 张天久 | 张玉辉 | 周文魁 |

# 前言

现代科学的全面发展,促进了医学的发展,也促进了骨科学的发展。尤其是近20年来,与骨科学相关的一些边缘学科的发展,特别是影像学和工艺学等学科的日新月异,直接促进了骨科学的诊断和治疗水平进步,使骨科这一专科医学有了质的飞跃。

随着现代人们生活节奏的加快,交通意外、工业和建筑业事故、以及各种自然灾害、战争、运动等所造成的高能量、复杂创伤越来越多,因此扩大骨科医师的知识面,提高救治患者的水平是对每个骨科医师提出的新要求、新挑战。为了适应新型医疗形势的要求,我们特组织一批有经验的临床骨科专家,结合他们多年的临床经验编写了这本《现代骨科临床诊疗与康复实践》。本书内容包括骨的正常结构、骨和骨组织的生物力学、骨科物理检查、骨科影像学检查、围手术期有关问题、常用治疗技术、骨科矫形技术、创伤与急救的基本问题、骨折、脱位、筋伤和脊柱脊髓疾病、骨与关节感染、关节相关的风湿性疾病、慢性关节疾病、代谢性骨疾病、小儿常见骨及肌肉疾病、手外科疾病以及骨盆与髌臼骨折康复技巧、人工关节置换术后康复技巧、常见骨病的康复技巧等。本书内容新颖、翔实、条理清晰,希望能成为骨科方面实用性和综合性兼备的一本临床参考用书。

尽管在本书编撰过程中各位编者都做出了巨大的努力,对稿件进行了多次认真的修改,但由于编写经验不足,书中难免存在遗漏或缺陷之处,同时,由于篇幅所限,一些内容难免存在描述不够清晰的问题。敬请广大读者提出宝贵的批评意见及修改建议,不胜感激!

# 目 录

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 第一章 骨的正常结构 .....      | (1)  |
| 第一节 骨的基本结构 .....      | (1)  |
| 第二节 骨的血液供应 .....      | (14) |
| 第二章 骨与骨组织的生物力学 .....  | (15) |
| 第一节 关节软骨生物力学 .....    | (15) |
| 第二节 关节力学 .....        | (16) |
| 第三节 骨折力学 .....        | (17) |
| 第四节 内固定的生物力学 .....    | (18) |
| 第三章 骨科物理检查 .....      | (19) |
| 第一节 骨科临床检查 .....      | (19) |
| 第二节 骨科各部位检查 .....     | (21) |
| 第四章 骨科影像学检查 .....     | (31) |
| 第一节 骨科的 X 线检查 .....   | (31) |
| 第二节 计算机断层摄影(CT) ..... | (38) |
| 第三节 脊髓造影 .....        | (40) |
| 第四节 磁共振成像(MRI) .....  | (41) |
| 第五节 放射性核素检查 .....     | (50) |
| 第六节 B 超检查 .....       | (53) |
| 第七节 关节镜检查 .....       | (54) |
| 第八节 诱发电位检查 .....      | (59) |
| 第五章 围手术期有关问题 .....    | (62) |
| 第一节 术前检查 .....        | (62) |

|      |                           |       |
|------|---------------------------|-------|
| 第二节  | 术中准备 .....                | (64)  |
| 第三节  | 术后处理 .....                | (65)  |
| 第六章  | 常用治疗技术 .....              | (68)  |
| 第一节  | 骨牵引 .....                 | (68)  |
| 第二节  | 皮牵引 .....                 | (70)  |
| 第三节  | 石膏固定 .....                | (70)  |
| 第四节  | 夹板固定 .....                | (72)  |
| 第五节  | 支具治疗 .....                | (73)  |
| 第六节  | 外固定架技术 .....              | (74)  |
| 第七节  | 内固定技术 .....               | (75)  |
| 第八节  | 关节穿刺及引流 .....             | (76)  |
| 第七章  | 骨科矫形技术 .....              | (78)  |
| 第一节  | 腕关节矫形技术 .....             | (78)  |
| 第二节  | 膝关节矫形技术 .....             | (95)  |
| 第八章  | 创伤与急救的基本问题 .....          | (114) |
| 第九章  | 骨 折 .....                 | (122) |
| 第十章  | 上肢骨折 .....                | (138) |
| 第一节  | 锁骨骨折 .....                | (138) |
| 第二节  | 肱骨外科颈骨折 .....             | (140) |
| 第三节  | 肱骨干骨折 .....               | (141) |
| 第四节  | 肱骨髁上骨折 .....              | (144) |
| 第五节  | 肱骨外髁骨折 .....              | (147) |
| 第六节  | 肱骨内上髁骨折 .....             | (149) |
| 第七节  | 尺骨鹰嘴骨折 .....              | (150) |
| 第八节  | 桡骨小头骨折 .....              | (151) |
| 第九节  | 桡、尺骨干双骨折 .....            | (152) |
| 第十节  | 桡、尺骨干单骨折 .....            | (154) |
| 第十一节 | 尺骨上 1/3 骨折合并桡骨小头脱位 .....  | (155) |
| 第十二节 | 桡骨下 1/3 骨折合并下桡尺关节脱位 ..... | (157) |
| 第十三节 | 桡骨远端骨折 .....              | (159) |
| 第十四节 | 腕舟骨骨折 .....               | (160) |
| 第十五节 | 掌骨骨折 .....                | (161) |

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 第十六节 指骨骨折.....       | (163) |
| 第十一章 下肢骨折 .....      | (165) |
| 第一节 股骨颈骨折.....       | (165) |
| 第二节 股骨转子间骨折.....     | (167) |
| 第三节 股骨干骨折.....       | (168) |
| 第四节 股骨远端骨折.....      | (170) |
| 第五节 髌骨骨折.....        | (175) |
| 第六节 胫腓骨干骨折.....      | (177) |
| 第七节 胫骨平台骨折.....      | (179) |
| 第八节 踝部骨折.....        | (183) |
| 第九节 足部骨折.....        | (185) |
| 第十二章 躯干骨骨折 .....     | (192) |
| 第一节 肋骨骨折.....        | (192) |
| 第二节 脊柱骨折.....        | (194) |
| 第三节 骨盆骨折.....        | (203) |
| 第四节 髋臼骨折.....        | (206) |
| 第五节 髌臼骨折.....        | (212) |
| 第十三章 脱 位 .....       | (230) |
| 第一节 颞颌关节脱位.....      | (230) |
| 第二节 肩关节脱位.....       | (231) |
| 第三节 肘关节脱位.....       | (235) |
| 第四节 小儿桡骨头半脱位.....    | (238) |
| 第五节 月骨脱位.....        | (238) |
| 第六节 掌指关节及指间关节脱位..... | (239) |
| 第七节 髋关节脱位.....       | (241) |
| 第八节 膝关节脱位.....       | (244) |
| 第九节 髌骨脱位.....        | (245) |
| 第十节 跖趾关节及趾间关节脱位..... | (246) |
| 第十四章 筋 伤 .....       | (248) |
| 第一节 颈部筋伤.....        | (248) |
| 第二节 肩部筋伤.....        | (254) |
| 第三节 肘部筋伤.....        | (256) |
| 第四节 腕部筋伤.....        | (259) |



|             |                   |       |
|-------------|-------------------|-------|
| 第五节         | 手指筋伤              | (264) |
| 第六节         | 腕部筋伤              | (266) |
| 第七节         | 膝部筋伤              | (268) |
| 第八节         | 踝部筋伤              | (271) |
| 第九节         | 腰部损伤              | (276) |
| <b>第十五章</b> | <b>脊柱脊髓疾病</b>     | (289) |
| 第一节         | 颈椎病               | (289) |
| 第二节         | 颈椎间盘突出症           | (323) |
| 第三节         | 颈椎管狭窄症            | (357) |
| 第四节         | 颈椎后纵韧带骨化症         | (363) |
| 第五节         | 肩周炎               | (367) |
| 第六节         | 肩袖损伤              | (374) |
| 第七节         | 肩手综合征             | (377) |
| 第八节         | 肘管综合征             | (381) |
| 第九节         | 腕管综合征             | (383) |
| 第十节         | 胸椎间盘突出症           | (388) |
| 第十一节        | 胸椎管狭窄症            | (402) |
| 第十二节        | 腰椎间盘突出症           | (408) |
| 第十三节        | 腰椎管狭窄症            | (438) |
| 第十四节        | 强直性脊柱炎            | (447) |
| 第十五节        | 脊柱退行性变            | (462) |
| 第十六节        | 特发性脊柱侧凸           | (469) |
| <b>第十六章</b> | <b>骨与关节疾病</b>     | (489) |
| 第一节         | 化脓性骨髓炎            | (489) |
| 第二节         | 化脓性关节炎            | (492) |
| 第三节         | 软组织感染             | (493) |
| <b>第十七章</b> | <b>关节相关的风湿性疾病</b> | (499) |
| 第一节         | 风湿性疾病与炎性关节炎       | (499) |
| 第二节         | 类风湿关节炎            | (502) |
| 第三节         | Felty 综合征         | (504) |
| 第四节         | 儿童型类风湿关节炎         | (505) |
| 第五节         | 成人 Still 病        | (507) |
| 第六节         | 反应性关节炎            | (511) |
| 第七节         | 银屑病性关节炎           | (515) |

|       |                  |       |
|-------|------------------|-------|
| 第十八章  | 慢性关节疾病 .....     | (516) |
| 第一节   | 骨关节炎 .....       | (516) |
| 第二节   | 痛风 .....         | (517) |
| 第三节   | 假性痛风 .....       | (527) |
| 第四节   | 神经性关节病 .....     | (529) |
| 第五节   | 血友病性关节炎 .....    | (530) |
| 第十九章  | 代谢性骨疾病 .....     | (532) |
| 第一节   | 骨质疏松症 .....      | (532) |
| 第二节   | 佝偻病和骨质软化病 .....  | (535) |
| 第三节   | 甲状旁腺功能亢进症 .....  | (536) |
| 第四节   | 甲状腺功能异常 .....    | (541) |
| 第五节   | 维生素 C 缺乏症 .....  | (543) |
| 第二十章  | 小儿常见骨及肌肉疾病 ..... | (544) |
| 第一节   | 先天性肌性斜颈 .....    | (544) |
| 第二节   | 先天性尺桡骨近端融合 ..... | (545) |
| 第三节   | 发育性髋关节发育不良 ..... | (546) |
| 第四节   | 股骨头缺血性坏死 .....   | (547) |
| 第五节   | 先天性和发育性髋内翻 ..... | (549) |
| 第六节   | 脑瘫 .....         | (550) |
| 第七节   | 先天性马蹄内翻足 .....   | (551) |
| 第八节   | 先天性垂直距骨 .....    | (553) |
| 第二十一章 | 手外科疾病 .....      | (555) |
| 第一节   | 指屈肌腱损伤 .....     | (555) |
| 第二节   | 指伸肌腱损伤 .....     | (558) |
| 第三节   | 肌腱粘连 .....       | (561) |
| 第四节   | 上肢周围神经损伤 .....   | (561) |
| 第五节   | 桡侧纵裂缺如 .....     | (570) |
| 第六节   | 尺侧纵列缺如 .....     | (570) |
| 第七节   | 中央纵列缺如 .....     | (571) |
| 第八节   | 并指 .....         | (571) |
| 第九节   | 多指畸形 .....       | (572) |
| 第十节   | 巨指畸形 .....       | (574) |
| 第十一节  | 拇指缺损功能重建 .....   | (575) |
| 第十二节  | 手指缺损功能重建 .....   | (577) |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 第十三节 手的慢性损伤 .....            | (579) |
| 第十四节 手部开放性损伤 .....           | (589) |
| 第十五节 手部感染性疾患 .....           | (593) |
| <br>第二十二章 骨盆与髌臼骨折康复技巧 .....  | (598) |
| 第一节 骨盆骨折 .....               | (598) |
| 第二节 髌臼骨折 .....               | (610) |
| <br>第二十三章 人工关节置换术后康复技巧 ..... | (614) |
| 第一节 人工全髋关节置换术后 .....         | (614) |
| 第二节 人工股骨头置换术后 .....          | (626) |
| 第三节 人工髋关节表面置换术后 .....        | (626) |
| 第四节 人工全膝关节置换术后 .....         | (626) |
| 第五节 膝关节人工单髁置换术后 .....        | (636) |
| 第六节 人工肩关节置换术后 .....          | (636) |
| 第七节 人工肘关节置换术后 .....          | (638) |
| 第八节 人工踝关节置换术后 .....          | (639) |
| <br>第二十四章 常见骨病的康复技巧 .....    | (641) |
| 第一节 骨质疏松 .....               | (641) |
| 第二节 类风湿关节炎 .....             | (644) |
| 第三节 痛风性关节炎 .....             | (645) |
| 第四节 强直性脊柱炎 .....             | (647) |
| 第五节 骨关节炎 .....               | (649) |
| 第六节 血友病性骨关节炎 .....           | (651) |
| <br>参 考 文 献 .....            | (655) |

## 第一章 骨的正常结构

### 第一节 骨的基本结构

骨是骨骼系统的主要器官,由骨组织、骨髓和骨膜构成。骨骼构成了人体的支架,并赋予人体基本形态,起着保护、支持和运动的作用。在运动中,骨起着杠杆作用,关节是运动的枢纽,骨骼肌则是运动的动力器官。骨骼作为钙、磷、镁等无机矿物质的贮存库和缓冲库,在骨代谢调节激素的作用下,维持矿物质的内环境稳定。骨髓是主要的造血系统和机体免疫系统的组成部分,也是成骨性谱系细胞和破骨性谱系细胞的来源。在活体,骨能不断地进行新陈代谢,并有修复和改建的能力。

#### 一、骨组织细胞的功能

骨组织是一种特殊的结缔组织,是骨的结构主体,由数种细胞和大量钙化的细胞间质组成,钙化的细胞间质称为骨基质。骨组织的特点是细胞间质有大量骨盐沉积,即细胞间质矿化,使骨组织成为人体最坚硬的组织之一。

在活跃生长的骨中,有4种类型细胞:骨祖细胞、成骨细胞、骨细胞和破骨细胞。其中骨细胞最多,位于骨组织内部,其余3种均分布在骨质边缘。

##### (一)骨祖细胞

骨祖细胞或称骨原细胞,是骨组织的干细胞,位于骨膜内。胞体小,呈不规则梭形,突起很细小。核椭圆形或细长形,染色质颗粒细而分散,故核染色浅。胞质少,呈嗜酸性或弱嗜碱性,含细胞器很少,仅有少量核糖体和线粒体。骨祖细胞着色浅淡,不易鉴别。骨祖细胞具有多分化潜能,可分化为成骨细胞、破骨细胞、成软骨细胞或成纤维细胞,分化取向取决于所处部位和所受刺激性质。骨祖细胞存在于骨外膜及骨内膜贴近骨质处,当骨组织生长或重建时,它能分裂分化成为骨细胞。骨祖细胞有两种类型:决定性骨祖细胞(DOPC)和诱导性骨祖细胞(IOPC)。DOPC位于或靠近骨的游离面上,如骨内膜和骨外膜内层、生长骨骺板的钙化软骨小梁上和骨髓基质内。在骨的生长期和骨内部改建或骨折修复以及其他形式损伤修复时,

DOPC 很活跃,细胞分裂并分化为成骨细胞,具有蛋白质分泌细胞特征的细胞逐渐增多。IOPC 存在于骨骼系统以外,几乎普遍存在于结缔组织中。IOPC 不能自发地形成骨组织,但经适宜刺激,如骨形态发生蛋白(BMP)或泌尿道移行上皮细胞诱导物的作用,可形成骨组织。

## (二)成骨细胞

成骨细胞又称骨母细胞,是指能促进骨形成的细胞,主要来源于骨祖细胞。成骨细胞不但能分泌大量的骨胶原和其他骨基质,还能分泌一些重要的细胞因子和酶类,如基质金属蛋白酶、碱性磷酸酶、骨钙素、护骨素等,从而启动骨的形成过程,同时也通过这些因子将破骨细胞耦联起来,控制破骨细胞的生成、成熟及活化。常见于生长期的骨组织中,大都聚集在新形成的骨质表面。

### 【形态与结构】

骨形成期间,成骨细胞被覆骨组织表面,当成骨细胞生成基质时,被认为是活跃的。活跃的成骨细胞胞体呈圆形、锥形、立方或矮柱状,通常单层排列。细胞侧面和底部出现突起,与相邻的成骨细胞及邻近的骨细胞以突起相连,连接处有缝隙连接。胞质强嗜碱性,与粗面内质网的核糖体有关。在粗面内质网上,镶嵌着圆形或细长形的线粒体,成骨细胞的线粒体具有清除胞质内钙离子的作用,同时也是能量的加工厂。某些线粒体含有一些小的矿化颗粒,沉积并附着在嵴外面,微探针分析表明这些颗粒有较高的钙、磷和镁的踪影。骨的细胞常有大量的线粒体颗粒,可能是激素作用于细胞膜的结果。例如甲状旁腺激素能引起进入细胞的钙增加,并随之有线粒体颗粒数目的增加。成骨细胞核大而圆,位于远离骨表面的细胞一端,核仁清晰。在核仁附近有一浅染区,高尔基复合体位于此区内。成骨细胞胞质呈碱性磷酸酶强阳性,可见许多 PAS 阳性颗粒,一般认为它是骨基质的蛋白多糖前身。当新骨形成停止时,这些颗粒消失,胞质碱性磷酸酶反应减弱,成骨细胞转变为扁平状,被覆于骨组织表面,其超微结构类似成纤维细胞。

### 【功能】

在骨形成非常活跃处,如骨折、骨痂及肿瘤或感染引起的新骨中,成骨细胞可形成复层堆积在骨组织表面。成骨细胞有活跃的分泌功能,能合成和分泌骨基质中的多种有机成分,包括 I 型胶原蛋白、蛋白多糖、骨钙蛋白、骨粘连蛋白、骨桥蛋白、骨唾液酸蛋白等。因此认为其在细胞内合成过程与成纤维细胞或软骨细胞相似。成骨细胞还分泌胰岛素样生长因子 I、胰岛素样生长因子 II、成纤维细胞生长因子、白细胞介素-1 和前列腺素等,它们对骨生长均有重要作用。此外还分泌破骨细胞刺激因子、前胶原酶和胞质素原激活剂,它们有促进骨吸收的作用。

因此,成骨细胞的主要功能概括起来有:①产生胶原纤维和无定形基质,即形成类骨质。②分泌骨钙蛋白、骨粘连蛋白和骨唾液酸蛋白等非胶原蛋白,促进骨组织的矿化。③分泌一些细胞因子,调节骨组织形成和吸收。成骨细胞不断产生新的细胞间质,并经过钙化形成骨质,成骨细胞逐渐被包埋在其中。此时,细胞内的合成活动停止,胞质减少,胞体变形,即成为骨细胞。总之,成骨细胞是参与骨生成、生长、吸收及代谢的关键细胞。

### 1. 成骨细胞分泌的酶类

(1)碱性磷酸酶(ALP):成熟的成骨细胞能产生大量的 ALP。由成骨细胞产生的 ALP 称为骨特异性碱性磷酸酶(BALP),它以焦磷酸盐为底物,催化无机磷酸盐的水解,从而降低焦磷酸盐浓度,有利于骨的矿化。在血清中可以检测到四种不同的 ALP 同分异构体,这些异构体都能作为代谢性骨病的诊断标志,但各种异构体是否与不同类型的骨质疏松症(绝经后骨质疏松症、老年性骨质疏松症以及半乳糖血症、乳糜泻、肾性骨营养不良等引起的继发性骨质疏松症)相关,尚有待于进一步研究。

(2)组织型谷氨酰胺转移酶(tTGs):谷氨酰胺转移酶是在组织和体液中广泛存在的一组多功能酶类,具有钙离子依赖性。虽然其并非由成骨细胞专一产生,但在骨的矿化中有非常重要的作用。成骨细胞主要分泌组织型谷氨酰胺转移酶,处于不同阶段或不同类型的成骨细胞,其胞质内的谷氨酰胺转移酶含量是不一样的。tTG 能促进细胞的粘附、细胞播散、细胞外基质的修饰,同时也在细胞凋亡、损伤修复、骨矿化进程中起着重要作用。成骨细胞分泌的 tTGs,以许多细胞外基质为底物,促进各种基质的交联,其最主要的底物为纤连蛋白和骨桥素。tTGs 的活化依赖钙离子,即在细胞外钙离子浓度升高的情况下,才能催化纤连蛋白与骨桥素的自身交联。由于钙离子和细胞外基质成分是参与骨矿化最主要的物质,在继发性骨质疏松症和乳糜泻患者的血液中,也可检测到以 tTGs 为自身抗原的自身抗体,因而 tTGs 在骨的矿化中肯定发挥着极其重要的作用。

(3)基质金属蛋白酶(MMP):MMP 是一类锌离子依赖性的蛋白水解酶类,主要功能是降解细胞外基质,同时也参与成骨细胞功能与分化的信号转导。

### 2. 成骨细胞分泌的细胞外基质

成熟的成骨细胞分泌大量的细胞外基质,也称为类骨质,包括各种胶原和非胶原蛋白。

(1)骨胶原:成骨细胞分泌的细胞外基质中大部分为胶原,其中主要为 I 型胶原,占 ECM 的 90%以上。约 10%为少量Ⅲ型、V 型和 X 型胶原蛋白及多种非胶原蛋白。I 型胶原蛋白主要构成矿物质沉积和结晶的支架,羟磷灰石在支架的网状结构中沉积。Ⅲ型胶原和 V 型胶原能调控胶原纤维丝的直径,使胶原纤维丝不致过分粗大,而 X 型胶原纤维主要是作为 I 型胶原的结构模型。

(2)非胶原蛋白:成骨细胞分泌的各种非胶原成分如骨桥素、骨涎蛋白、纤连蛋白和骨钙素等在骨的矿化、骨细胞的分化中起重要的作用。

### 3. 成骨细胞的凋亡

成骨细胞经历增殖、分化、成熟、矿化等各个阶段后,被矿化骨基质包围或附着于骨基质表面,逐步趋向凋亡或变为骨细胞、骨衬细胞。成骨细胞的这一凋亡过程是维持骨的生理平衡所必需的。和其他细胞凋亡途径一样,成骨细胞的凋亡途径也包括线粒体激活的凋亡途径和死亡受体激活的凋亡途径,最终导致成骨细胞核的碎裂、DNA 的有控降解、细胞皱缩、膜的气泡样变等。由于成骨细胞上存在肿瘤坏死因子受体,且在成骨细胞的功能发挥中起着重要作用,因此推测成骨细胞主要可能通过死亡受体激活的凋亡途径而凋亡。细胞因子、细胞外基质和各种激素都能诱导或组织成骨细胞的凋亡。骨形态生成蛋白(BMP)被确定为四肢骨指间细胞凋亡的关键作用分子。此外,甲状旁腺激素、糖皮质激素、性激素等对成骨细胞的凋亡均有

调节作用。

### (三)骨细胞

骨细胞是骨组织中的主要细胞,埋于骨基质内,细胞体位于的腔隙称骨陷窝,每个骨陷窝内仅有一个骨细胞胞体。骨细胞的胞体呈扁卵圆形,有许多细长的突起,这些细长的突起伸进骨陷窝周围的小管内,此小管即骨小管。

#### 【形态】

骨细胞的结构和功能与其成熟度有关。刚转变的骨细胞位于类骨质中,它们的形态结构与成骨细胞非常近似。胞体为扁椭圆形,位于比胞体大许多的圆形骨陷窝内。突起多而细,通常各自位于一个骨小管中,有的突起还有少许分支。核呈卵圆形,位于胞体的一端,核内有一个核仁,染色质贴附核膜分布。HE染色时胞质嗜碱性,近核处有一浅染区。胞质呈碱性磷酸酶阳性,还有PAS阳性颗粒,一般认为这些颗粒是有机基质的前身物。较成熟的骨细胞位于矿化的骨质浅部,其胞体也呈双凸扁椭圆形,但体积小于年幼的骨细胞。核较大,呈椭圆形,居胞体中央,在HE染色时着色较深,仍可见有核仁。胞质相对较少,HE染色呈弱嗜碱性,甲苯胺蓝着色甚浅。

电镜下其粗面内质网较少,高尔基复合体较小,少量线粒体分散存在,游离核糖体也较少。

成熟的骨细胞位于骨质深部,胞体比原来的成骨细胞缩小约70%,核质比例增大,胞质易被甲苯胺蓝染色。电镜下可见一定量的粗面内质网和高尔基复合体,线粒体较多,此外尚可见溶酶体。线粒体中常有电子致密颗粒,与破骨细胞的线粒体颗粒相似,现已证实,这些颗粒是细胞内的无机物,主要是磷酸钙。成熟骨细胞最大的变化是形成较长突起,其直径85~100nm,为骨小管直径的 $1/2 \sim 1/4$ 。相邻骨细胞的突起端对端地相互连接,或以其末端侧对侧地相互贴附,其间有缝隙连接。成熟的骨细胞位于骨陷窝和骨小管的网状通道内。骨细胞最大的特征是细胞突起在骨小管内伸展,与相邻的骨细胞连接,深部的骨细胞由此与邻近骨表面的骨细胞突起和骨小管相互连接和通连,构成庞大的网样结构。骨陷窝-骨小管-骨陷窝组成细胞外物质运输通道,是骨组织通向外界的唯一途径,深埋于骨基质内的骨细胞正是通过该通道运输营养物质和代谢产物。而骨细胞-缝隙连接-骨细胞形成细胞间信息传递系统,是骨细胞间直接通讯的结构基础。据测算,成熟骨细胞的胞体及其突起的总表面积占成熟骨基质总表面积的90%以上,这对骨组织液与血液之间经细胞介导的无机物交换起着重要作用。骨细胞的平均寿命为25年。

#### 【功能】

##### 1.骨细胞性溶骨和骨细胞性成骨

大量研究表明,骨细胞可能主动参加溶骨过程,并受甲状旁腺激素、降钙素和维生素D<sub>3</sub>的调节以及机械性应力的影响。Belanger发现骨细胞具有释放枸橼酸、乳酸、胶原酶和溶解酶的作用。溶解酶会引起骨细胞周围的骨吸收,他把这种现象称之为骨细胞性骨溶解。骨细胞性溶骨表现为骨陷窝扩大,陷窝壁粗糙不平。骨细胞性溶骨也可类似破骨细胞性骨吸收,使骨溶解持续地发生在骨陷窝的某一端,从而使多个骨陷窝融合。当骨细胞性溶骨活动结束后,成熟骨细胞又可在较高水平的降钙素作用下进行继发性骨形成,使骨陷窝壁增添新的骨基质。

生理情况下,骨细胞性溶骨和骨细胞性成骨是反复交替的,即平时维持骨基质的成骨作用,在机体需提高血钙量时,又可通过骨细胞性溶骨活动从骨基质中释放钙离子。

## 2. 参与调节钙、磷平衡

现已证实,骨细胞除了通过溶骨作用参与维持血钙、磷平衡外,骨细胞还具有转运矿物质的能力。成骨细胞膜上有钙泵存在,骨细胞可能通过摄入和释放  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{P}^{3+}$ ,并可通过骨细胞相互间的网样连接结构进行离子交换,参与调节  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{P}^{3+}$  的平衡。

## 3. 感受力学信号

骨细胞遍布骨基质内并构成庞大的网样结构,成为感受和传递应力信号的结构基础。

## 4. 合成细胞外基质

成骨细胞被基质包围后,逐渐转变为骨细胞,其合成细胞外基质的细胞器逐渐减少,合成能力也逐渐减弱。但是,骨细胞还能合成极少部分行使功能和生存所必需的基质,骨桥蛋白、骨连蛋白以及 I 型胶原在骨的粘附过程中起着重要作用。

# 破骨细胞

## 【形态】

### 1. 光镜特征

破骨细胞是多核巨细胞,细胞直径可达  $50\mu\text{m}$  以上,胞核的大小和数目有很大的差异,15~20个不等,直径为  $10\sim 100\mu\text{m}$ 。核的形态与成骨细胞、骨细胞的核类似,呈卵圆形,染色质颗粒细小,着色较浅,有1~2个核仁。在常规组织切片中,胞质通常为嗜酸性;但在一定 pH 下,用碱性染料染色,胞质呈弱嗜碱性,即破骨细胞具嗜双色性。胞质内有许多小空泡。破骨细胞的数量较少,约为成骨细胞的1%,细胞无分裂能力。破骨细胞具有特殊的吸收功能,从事骨的吸收活动。破骨细胞常位于骨组织吸收处的表面,在吸收骨基质的有机物和矿物质的过程中,造成基质表面不规则,形成近似细胞形状的凹陷称吸收陷窝。

### 2. 电镜特征

(1)功能活跃的破骨细胞具有明显的极性,电镜下分为4个区域,紧贴骨组织侧的细胞膜和胞质分化成皱褶缘区和亮区。皱褶缘区:此区位于吸收腔深处,是破骨细胞表面高度起伏不平的部分,光镜下似纹状缘,电镜观察是由内陷很深的质膜内褶组成,呈现大量的叶状突起或指状突起,粗细不均,远侧端可膨大,并常分支互相吻合,故名皱褶缘。ATP酶和酸性磷酸酶沿皱褶缘细胞膜分布;皱褶缘细胞膜的胞质面有非常细小的鬃毛状附属物,长  $15\sim 20\text{nm}$ ,间隔约  $20\text{nm}$ ,致使该处细胞膜比其余部位细胞膜厚。突起之间有狭窄的细胞外裂隙,其内含有组织液及溶解中的羟基磷灰石、胶原蛋白和蛋白多糖分解形成的颗粒。

(2)亮区或封闭区:环绕于皱褶缘区周围,微微隆起,平整的细胞膜紧贴骨组织,好像一堵环形围堤,包围皱褶缘区,使皱褶缘区密封与细胞外间隙隔绝,造成一个特殊的微环境。因此将这种环形特化的细胞膜和细胞质称为封闭区。切面上可见两块封闭区位于皱褶缘区两侧。封闭区有丰富的肌动蛋白微丝,但缺乏其他细胞器。电镜下观察封闭区电子密度低故又称亮区。破骨细胞若离开骨组织表面,皱褶缘区和亮区均消失。

(3)小泡区:此区位于皱褶缘的深面,内含许多大小不一、电子密度不等的膜被小泡和大泡。小泡数量多,为致密球形,小泡是初级溶酶体或内吞泡或次级溶酶体,直径  $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ 。



大泡数目少,直径  $0.5\sim 3\mu\text{m}$ ,其中有些大泡对酸性磷酸酶呈阳性反应。小泡区还有许多大小不一的线粒体。

(4)基底区:位于亮区和小泡区的深面,是破骨细胞远离骨组织侧的部分。细胞核聚集在该处,胞核之间有一些粗面内质网、发达的高尔基复合体和线粒体,还有与核数目相对应的中心粒,很多双中心粒聚集在一个大的中心粒区。破骨细胞膜表面有丰富的降钙素受体和亲玻璃粘连蛋白或称细胞外粘连蛋白受体等,参与调节破骨细胞的活动。破骨细胞表型的标志是皱褶缘区和亮区以及溶酶体内的抗酒石酸酸性磷酸酶(TRAP),细胞膜上的 ATP 酶和降钙素受体,以及降钙素反应性腺苷酸环化酶活性。近年研究发现,破骨细胞含有固有型一氧化氮合酶(cNOS)和诱导型一氧化氮合酶(iNOS),用 NADPH-黄递酶组化染色,破骨细胞呈强阳性,这种酶是 NOS 活性的表现。

### 【功能】

破骨细胞在吸收骨质时具有将基质中的钙离子持续转移至细胞外液的特殊功能。骨吸收的最初阶段是羟磷灰石的溶解,破骨细胞移动活跃,细胞能分泌有机酸,使骨矿物质溶解和羟基磷灰石分解。在骨的矿物质被溶解吸收后,接下来就是骨的有机物质的吸收和降解。破骨细胞可分泌多种蛋白分解酶,主要包括半胱氨酸蛋白酶(CP)和基质金属蛋白酶(MMP)两类。有机质经蛋白水解酶水解后,在骨的表面形成 Howships 陷窝。在整个有机质和无机矿物质的降解过程中,破骨细胞与骨的表面是始终紧密结合的。此外,破骨细胞能产生一氧化氮(NO),NO 对骨吸收具有抑制作用,与此同时破骨细胞数量也减少。

## 二、骨的基质

骨的基质简称骨质,即钙化的骨组织的细胞外基质。骨基质含水较少,仅占湿骨重量的  $8\%\sim 9\%$ 。骨基质由有机质和无机质两种成分构成。

### 【无机质】

无机质即骨矿物质,又称骨盐,占干骨重量的  $65\%\sim 75\%$ ,其中  $95\%$  是固体钙和磷,无定形的钙-磷固体在嫩的、新形成的骨组织中较多( $40\%\sim 50\%$ ),在老的、成熟的骨组织中少( $25\%\sim 30\%$ )。骨矿物质大部分以无定形的磷酸钙和结晶的羟基磷灰石的形式分布于有机质中。无定形磷酸钙是最初沉积的无机盐,以非晶体形式存在,占成人骨无机质总量的  $20\%\sim 30\%$ 。无定形磷酸钙继而组成结晶的羟基磷灰石。电镜下观察,羟基磷灰石结晶呈柱状或针状,长  $20\sim 40\text{nm}$ ,宽  $2\sim 3\text{nm}$ 。经 X 线衍射法研究表明,羟基磷灰石结晶体大小很不相同,体积约为  $(2.5\sim 5)\text{nm}\times 40\text{nm}\times (20\sim 35)\text{nm}$ 。结晶体体积虽小,但密度极大,每克骨盐含  $10^{16}$  个结晶体,故其表面积甚大,可达  $100\text{m}^2$ 。它们位于胶原纤维表面和胶原原纤维之间,沿纤维长轴以  $60\sim 70\text{nm}$  的间隔规律地排列。在液体中的结晶体被一层水包围形成一层水化壳,离子只有通过这层物质才能达到结晶体表面,有利于细胞外液与结晶体进行离子交换。羟基磷灰石主要由钙、磷酸根和羟基结合而成。结晶体还吸附许多其他矿物质,如镁、钠、钾和一些微量元素,包括锌、铜、锰、氟、铅、镉、铁、铝、镭等。因此,骨是钙、磷和其他离子的储存库。骨是钙、磷和镁的储存库。这些离子可能位于羟基磷灰石结晶的表面,或能置换晶体中的主要离