

# 实用骨科学

李茂华等◎主编



新编《骨科学》教材系列

主编：李茂华等

副主编：王树强、王树强

出版：吉林科学技术出版社

# 实用骨科学

李茂华等◎主编

吉林科学技术出版社

ISBN 7-5384-3414-4

定价：38.00元

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

ISBN 7-5384-3414-4

## 图书在版编目 ( C I P ) 数据

实用骨科学/李茂华等主编. —长春: 吉林  
科学技术出版社, 2016. 10  
ISBN 978-7-5578-1441-0

I. ①实… II. ①李… III. ①骨科学IV. ①R68

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第249037 号

## 实用骨科学

SHIYONG GUKEXUE

---

主 编 李茂华 姜新海 于国平  
出 版 人 李 梁  
责任编辑 许晶刚 陆海艳  
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 700千字  
印 张 26  
版 次 2016年10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  
85652585 85635176  
储运部电话 0431-86059116  
编辑部电话 0431-86037565  
网 址 [www.jlstp.net](http://www.jlstp.net)  
印 刷 虎彩印艺股份有限公司

---

书 号 ISBN 978-7-5578-1441-0  
定 价 98.00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: 0431-86037565

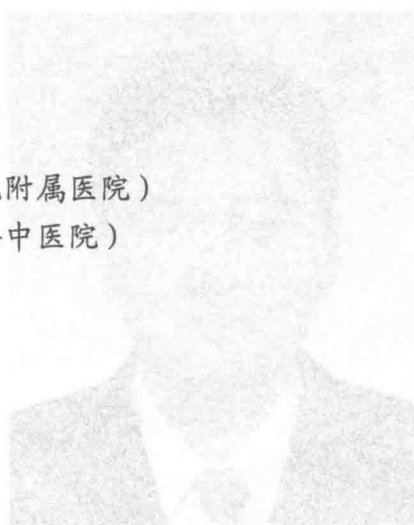
# 编委会

主 编 李茂华 姜新海 于国平 徐 麒  
周 勇 孔庆柱

副主编 卞 博 于 泓 侯青波 郝 鹏  
王元浩 倪博文

编 委 (按姓氏笔画为序)

于国平 (山东铝业公司医院)  
于 泓 (山东省威海市立医院)  
王元浩 (山东省威海市立医院)  
孔庆柱 (河北省承德市承德医学院附属医院)  
卞 博 (山东省淄博市北大医疗鲁中医院)  
李茂华 (山东省德州市立医院)  
周 勇 (湖北省钟祥市中医院)  
侯青波 (山东省威海市立医院)  
郝 鹏 (山东省威海市立医院)  
姜新海 (山东省广饶县中医院)  
徐 麒 (四川省巴中市中医院)  
倪博文 (山东省威海市立医院)





李茂华，男，1976年9月出生，山东省德州市人，主治医师，2001年毕业于山东大学医学院，同年分配到德州市立医院骨科工作，擅长关节、脊柱、创伤等疾病的诊断与治疗，现为科室副主任，中国共产党党员。在医院率先开展了人工膝关节置换术，膝关节相关疾病的关节镜的诊断与治疗，经皮骨水泥强化技术（椎体成形术后凸成形术），颈椎后路“双开门”术，应用MIPO技术开展骨折的微创治疗，均填补了医院骨科技术的多项空白。在全国各类骨科杂志上发表论文6篇，参与论著2部，获得国家发明专利2项，参与科研项目1项，现为德州市医学会骨科专业委员会委员，德州市医学会运动医学专业委员会委员。



姜新海，男，1978年02月出生，在广饶县中医院骨伤科工作，副主任医师，本科学历，2001年07月毕业于山东中医药大学，从事骨科临床工作，擅长创伤及常见骨病治疗，在闭合手法复位治疗骨折方面有相当造诣，发表论文5篇，主编著作2本，参编著作2本，拥有国家级专利3项。



于国平，男，1972年生，学士学位，山东铝业公司医院骨外科主任，副主任医师，滨州医学院、潍坊医学院兼职副教授。1997年毕业于滨州医学院临床医学系，一直从事骨外科工作，分别于解放军第89医院创伤外科、山东大学齐鲁医院骨外科、北京大学第三人民医院运动医学研究所学习。擅长四肢骨折微创内固定、关节置换、脊柱骨折内固定、游离皮瓣移植术、腰椎间盘突出微创及扩大手术，经皮椎体后凸成形术及膝关节镜手术。近年来先后在国家级、省部级医学刊物或杂志上发表论文10余篇。

## 前 言

由于现代骨科学的迅速发展，一些概念不断更新，治疗方法、技术、设备等不断改进与完善，有必要将其中实用性强或有发展前景的部分收入到《实用骨科学》中，以适应骨科医师的需要。同时，骨科领域中一些创伤和疾病的发生规律随着社会的进步也有了显著的变化。

《实用骨科学》的编写突出了实用性，仍然贯彻第1版编写的原则，即以自己经验为主，同时介绍国内外先进经验，各种伤病的分类不断完善，治疗方法不断改进，有的原为手术适应证，现已趋向非手术治疗；有的手术适应证随着设备的改进而有所扩大。骨科医师应深入了解病情，根据可能的技术和设备条件选择对患者长期利益最适当的方法进行治疗，大家要在学习别人的经验、不断总结自己经验的基础上，掌握好各种治疗方法，造福于患者，奉献于骨科专业，为我国骨科事业的发展做出自己的贡献。

## 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| <b>第一章 骨骼</b> .....          | 1  |
| 第一节 骨的发生.....                | 1  |
| 第二节 骨的正常结构.....              | 5  |
| 第三节 骨的血液供应.....              | 11 |
| 第四节 骨的代谢.....                | 12 |
| 第五节 骨的钙化与矿质化.....            | 15 |
| <b>第二章 关节软骨</b> .....        | 17 |
| 第一节 关节软骨的发育、结构与组成.....       | 17 |
| 第二节 关节软骨的代谢.....             | 20 |
| 第三节 关节软骨的衰老.....             | 23 |
| 第四节 关节软骨的生物力学特点.....         | 24 |
| 第五节 关节软骨的修复.....             | 26 |
| 第六节 骨关节炎.....                | 29 |
| <b>第三章 骨骼的结构</b> .....       | 32 |
| 第一节 应用解剖.....                | 32 |
| 第二节 骨骼的骨化.....               | 33 |
| 第三节 骨龄测定与骨骺异常.....           | 34 |
| <b>第四章 脊柱与椎间盘</b> .....      | 37 |
| 第一节 脊椎与椎间盘的发育.....           | 37 |
| 第二节 脊柱的正常功能及主要改变.....        | 38 |
| 第三节 椎体及椎间盘蜕变.....            | 41 |
| 第四节 脊柱退变的临床联系.....           | 44 |
| <b>第五章 脊髓</b> .....          | 46 |
| 第一节 脊髓的形态与解剖结构.....          | 46 |
| 第二节 脊髓组织.....                | 47 |
| 第三节 脊髓的血供.....               | 48 |
| 第四节 脊髓主要传导束及功能.....          | 49 |
| 第五节 脊髓损伤的病理改变.....           | 50 |
| <b>第六章 四肢关节运动的生物力学</b> ..... | 54 |
| 第一节 肩关节运动的生物力学.....          | 54 |
| 第二节 肘关节运动的生物力学.....          | 56 |
| 第三节 腕和手关节运动的生物力学.....        | 57 |
| 第四节 髋关节运动的生物力学.....          | 60 |
| 第五节 膝关节运动的生物力学.....          | 61 |
| <b>第七章 骨科物理检查</b> .....      | 65 |
| 第一节 临床基本检查.....              | 65 |
| 第二节 骨科各部位检查.....             | 67 |
| 第三节 有关神经系统检查.....            | 74 |
| <b>第八章 骨科影像学检查</b> .....     | 77 |
| 第一节 常规 X 线检查.....            | 77 |
| 第二节 常用造影检查.....              | 79 |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 第三节 放射性核素检查.....                    | 82         |
| 第四节 DSA 检查与血管内介入治疗.....             | 84         |
| <b>第九章 其他辅助检查.....</b>              | <b>88</b>  |
| 第一节 神经电生理检查.....                    | 88         |
| 第二节 步态分析.....                       | 89         |
| 第三节 关节穿刺检查.....                     | 93         |
| <b>第十章 骨科常用治疗技术.....</b>            | <b>95</b>  |
| 第一节 石膏固定技术.....                     | 95         |
| 第二节 小夹板固定技术.....                    | 96         |
| 第三节 牵引技术.....                       | 97         |
| 第四节 骨折手法复位基本方法.....                 | 102        |
| <b>第十一章 四肢与脊柱手术途径.....</b>          | <b>104</b> |
| 第一节 肩部关节显露.....                     | 104        |
| 第二节 臂部显露.....                       | 105        |
| 第三节 肘关节显露.....                      | 106        |
| 第四节 膝关节显露.....                      | 107        |
| <b>第十二章 关节镜.....</b>                | <b>109</b> |
| 第一节 膝关节镜.....                       | 109        |
| 第二节 关节镜手术.....                      | 112        |
| <b>第十三章 围术期处理.....</b>              | <b>117</b> |
| 第一节 术前准备.....                       | 117        |
| 第二节 术中处理.....                       | 119        |
| 第三节 术后处理.....                       | 123        |
| <b>第十四章 常见严重并发症.....</b>            | <b>125</b> |
| 第一节 创伤的全身反应.....                    | 125        |
| 第二节 创伤性休克.....                      | 130        |
| 第三节 脂肪栓塞综合征.....                    | 133        |
| 第四节 深静脉血栓形成与肺栓塞.....                | 136        |
| 第五节 弥散性血管内凝血.....                   | 144        |
| <b>第十五章 骨与关节创伤解剖与常见创伤原因和预防.....</b> | <b>146</b> |
| 第一节 骨与关节的创伤解剖.....                  | 146        |
| 第二节 骨与关节常见创伤原因和预防.....              | 149        |
| <b>第十六章 骨折愈合及其影响因素.....</b>         | <b>155</b> |
| 第一节 骨折愈合.....                       | 155        |
| 第二节 影响骨折愈合的因素.....                  | 160        |
| <b>第十七章 现代接骨术.....</b>              | <b>165</b> |
| 第一节 概述.....                         | 165        |
| 第二节 开放性骨折的处理.....                   | 169        |
| 第三节 内固定对骨愈合的影响.....                 | 171        |
| 第四节 骨折外固定.....                      | 171        |
| <b>第十八章 上肢损伤与脱位.....</b>            | <b>174</b> |
| 第一节 肩部解剖生理.....                     | 174        |
| 第二节 上肢骨折和关节脱位的基本治疗方法.....           | 176        |
| 第三节 锁骨骨折.....                       | 178        |
| 第四节 肩胛骨骨折.....                      | 180        |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第五节 肱骨上端骨折.....                   | 181 |
| <b>第十九章 手外伤</b> .....             | 183 |
| 第一节 手的功能解剖.....                   | 183 |
| 第二节 手部损伤的检查.....                  | 186 |
| 第三节 手部开放性损伤的处理.....               | 187 |
| 第四节 手部骨关节损伤.....                  | 189 |
| 第五节 手部肌腱、神经损伤.....                | 191 |
| 第六节 拇指残缺、截指修复与断指再植.....           | 193 |
| <b>第二十章 脊柱脊髓损伤</b> .....          | 196 |
| 第一节 发生率和损伤原因.....                 | 196 |
| 第二节 预防和急救措施.....                  | 197 |
| 第三节 脊柱骨折分类.....                   | 198 |
| <b>第二十一章 骨盆损伤</b> .....           | 201 |
| 第一节 骨盆骨折.....                     | 201 |
| 第二节 髌臼骨折.....                     | 208 |
| <b>第二十二章 下肢损伤</b> .....           | 210 |
| 第一节 髋关节脱位.....                    | 210 |
| 第二节 股骨颈骨折.....                    | 213 |
| 第三节 股骨粗隆间骨折.....                  | 217 |
| 第四节 股骨粗隆下骨折.....                  | 221 |
| 第五节 股骨下骨折.....                    | 224 |
| 第六节 股骨远端骨折.....                   | 226 |
| 第七节 髌骨骨折.....                     | 227 |
| <b>第二十三章 开放性骨折与关节损伤</b> .....     | 230 |
| 第一节 开放性骨折.....                    | 230 |
| 第二节 开放性关节损伤.....                  | 232 |
| <b>第二十四章 多发性创伤与多发性骨关节损伤</b> ..... | 234 |
| 第一节 多发性创伤.....                    | 234 |
| 第二节 多发性骨与关节损伤.....                | 241 |
| 第三节 地震伤救治.....                    | 244 |
| <b>第二十五章 肌肉、骨骼火器伤</b> .....       | 249 |
| 第一节 概述.....                       | 249 |
| 第二节 上肢火器伤.....                    | 251 |
| 第三节 骨盆下肢火器伤.....                  | 253 |
| <b>第二十六章 骨不连与骨缺损</b> .....        | 258 |
| 第一节 骨不连.....                      | 258 |
| 第二节 骨缺损.....                      | 261 |
| 第三节 骨延长术治多节骨缺损不连.....             | 265 |
| <b>第二十七章 骨折畸形愈合</b> .....         | 267 |
| 第一节 概述.....                       | 267 |
| 第二节 常见骨折畸形愈合的矫正.....              | 271 |
| <b>第二十八章 骨骺损伤</b> .....           | 274 |
| <b>第二十九章 周围神经损伤</b> .....         | 280 |
| 第一节 概述.....                       | 280 |
| 第二节 周围神经损伤非手术治疗和常用手术方法.....       | 281 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 第三节 臂丛损伤.....                | 283        |
| 第四节 上肢神经损伤.....              | 287        |
| 第五节 下肢神经损伤.....              | 289        |
| <b>第三十章 四肢血管伤.....</b>       | <b>300</b> |
| 第一节 概述.....                  | 300        |
| 第二节 四肢血管伤的处理.....            | 302        |
| 第三节 特殊部位和类型的动脉伤.....         | 305        |
| 第四节 四肢血管手术的显露.....           | 309        |
| <b>第三十一章 断肢和断掌再植.....</b>    | <b>310</b> |
| 第一节 断肢再植.....                | 310        |
| 第二节 断掌再植.....                | 319        |
| <b>第三十二章 大面积皮肤撕脱和坏死.....</b> | <b>323</b> |
| 第一节 大面积皮肤撕脱伤.....            | 323        |
| 第二节 大面积皮肤坏死.....             | 325        |
| <b>第三十三章 先天性疾病.....</b>      | <b>327</b> |
| 第一节 先天性斜颈.....               | 327        |
| 第二节 先天性高肩胛症.....             | 329        |
| 第三节 先天性髋关节脱位.....            | 330        |
| 第四节 先天性髋内翻.....              | 332        |
| 第五节 先天性胫骨假关节.....            | 333        |
| 第六节 先天性长骨缺损.....             | 336        |
| 第七节 先天性马蹄内翻足.....            | 337        |
| <b>第三十四章 代谢性骨病.....</b>      | <b>343</b> |
| 第一节 概述.....                  | 343        |
| 第二节 骨质疏松症.....               | 344        |
| 第三节 佝偻病.....                 | 347        |
| 第四节 其他代谢性骨病.....             | 349        |
| <b>第三十五章 骨与关节化脓性感染.....</b>  | <b>353</b> |
| 第一节 化脓性骨髓炎.....              | 353        |
| 第二节 化脓性关节炎.....              | 356        |
| 第三节 慢性骨髓炎病例分析.....           | 358        |
| <b>第三十六章 骨与关节结核.....</b>     | <b>360</b> |
| 第一节 概述.....                  | 360        |
| 第二节 脊柱结核.....                | 363        |
| 第三节 脊柱结核合并脊髓损害及驼背.....       | 368        |
| 第四节 脊柱结核合并肾结核.....           | 371        |
| 第五节 脊柱结核术后病变复发及瘻管.....       | 371        |
| 第六节 髋髂关节结核.....              | 373        |
| <b>第三十七章 骨性关节炎.....</b>      | <b>374</b> |
| 第一节 髋关节骨性关节炎.....            | 374        |
| 第二节 膝关节骨性关节炎.....            | 379        |
| 第三节 手部骨性关节炎.....             | 384        |
| <b>第三十八章 肿瘤样病变与骨病.....</b>   | <b>387</b> |
| 第一节 骨囊肿.....                 | 387        |
| 第二节 动脉瘤性骨囊肿.....             | 388        |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 第三节 近关节骨囊肿.....         | 390        |
| <b>第三十九章 骨坏死.....</b>   | <b>392</b> |
| 第一节 股骨头缺血性坏死.....       | 392        |
| 第二节 膝骨坏死.....           | 395        |
| 第三节 其他骨坏死.....          | 396        |
| <b>第四十章 腱鞘滑囊疾病.....</b> | <b>398</b> |
| 第一节 腱鞘炎.....            | 398        |
| 第二节 腱鞘囊肿.....           | 399        |
| 第三节 滑囊炎.....            | 400        |
| <b>参考文献.....</b>        | <b>404</b> |

## 第一章 骨骼

### 第一节 骨的发生

胚胎在宫内最初几周, 经过囊胚期 (blastulastage) 和原肠胚期 (gastrula stage)。逐渐产生雏形,

发生头、躯干和形成肢芽 (limb bud) 的外隆凸。在外胚层和内胚层之间, 有一层弥散疏松的细胞组织, 称为间充质或间叶 (mesenchyme), 间充质逐渐分化为骨、软骨、筋膜和肌肉等各种结缔组织结构。间叶细胞密集的部位将是最早形成肌肉与骨骼结构的部位。每个密集的间叶雏形将直接或间接地转化为骨。

在胚胎早期, 有些肌肉与骨骼单位的发生相当活跃, 这个阶段胚胎发育易受外毒察的影响, 例如某些先天性畸形, 可能与在这个时期受麻疹病毒的感染等有关。

发生和生长是同时进行的, 可以通过下列几种方式完成: ①结缔组织细胞分化或调节形成骨骼生成雏形 (有多种作用的间叶和骨先质细胞); ②已分化的软骨生成和骨生成成分的有丝分裂 (即软骨母细胞和骨母细胞); ③增加细胞外结构蛋白的合成 (如骨样和软骨样组织); ④增加细胞内水的摄取, 伴随着细胞内和细胞外之间水的流动; ⑤在软骨膜和骨样期, 增加细胞外基质形成量; ⑥细胞坏死的机制尚未完全明了, 但是有充分的证据表明, 某些细胞的确发生死亡, 而后被其饱类型的细胞所替代, 骨骺与干骺端交界处原发性骨松质的形成就是如此。

#### 一、软骨的形成

早在第 5 胚胎周, 间叶细胞逐渐增大, 变得更为密集, 并分化为一层细胞, 称为前软骨 (precartilage)。然后, 基质沉积在细胞之间。这种基质含有原纤维的是特有的一种类型, 具有软骨特有的功能。在透明软骨内, 因为基质显现清晰, 而结构相似, 原纤维不能用普通的染色方法显示出来。在弹性软骨内, 可见黄色弹性纤维。在纤维软骨内, 可见较粗的白色纤维, 并沉积在基质中。通过内、外生长, 可使软骨的厚度增加。内生长是通过软骨细胞的增殖, 产生新的基质; 外生长 (周围生长) 是通过软骨膜内层细胞转化为软骨细胞。

#### 一、骨的形成

自第 7 胚胎周以后, 骨就开始形成, 且持续进行至青春期骨发育成熟为止。膜内化骨一般是直接由密集的间叶雏形转化而成 (如颅骨和面骨等)。多数颅骨是由间叶雏形先转变为软骨雏形, 然后再通过下列几种方式形成骨化结构: ①先有原发性骨环 (primary osseous collar) 形成, 其后血管侵入, 形成初级骨化中心 (primary ossification centre), 初级骨化中心将成为骨干和干骺端; ②以后, 骺部血臂组织间接地骨化, 形成次级骨化中心 (secondary ossification centre)。骺与骨干交界处称为生长板 (growth plates), 在初级和次级骨化中心之间生长, 具有较快的横向和纵向生长能力。最先形成的软骨雏形逐渐被骨化组织代替, 称为软骨内成骨或骨化 (endochondral ossification)。软骨内成骨和膜内成骨 (intramembranous ossification) 是骨形成的两种类型, 软骨内成骨含有和骨膜平行生长的膜内成骨。同样, 膜内成骨也可能经历其后软骨内成骨的演变过程进行生长。

##### (一) 膜内成骨

原发性膜内成骨认为是最主要的成骨形式, 成骨限制在颅骨、面骨、部分锁骨和下颌骨。间叶和结缔组织膜先形成颅骨和面骨的原始雏形, 然后, 膜内成骨在一个或数个骨化中心开始。这些骨化中心总是邻近血管区, 其特征是出现骨母细胞, 骨母细胞沉积在骨小梁网中, 呈放射状向各处扩散 (图 1-1-1)。外周间叶组织分化成为纤维鞘 (即骨膜), 纤维鞘内壁分化骨母细胞, 骨母细胞沉积形成平行的密质骨板 (即板层骨), 这种膜内成骨构成了颅骨的内板和外板。骨小梁主要沿最大的应力线 (stress line) 排列。

某些中轴骨和四肢骨的成分也与膜内成骨有关, 骨干和干骺端骨皮质来自内衬软骨雏形的特

殊间叶组织（即骨膜）。这个过程很能说明小儿骨髓炎，其原始骨干变为死骨，被掀起的骨膜形成由新骨生成的完整性包壳，这完全是原始的膜内成骨过程。

## （二）软骨成骨

先是软骨雏形结构被软骨破坏，然后被周围骨替代。这一过程涉及两个步骤：①软骨内成骨，即从软骨中心开始成骨。②软骨膜下和骨膜下成骨，即从软骨膜下或骨膜下自外周开始成骨。

1. 软骨内成骨 在软骨先质（cartilaginous precursor）中心，细胞逐渐增大，呈放射状排列。

钙盐沉积在基质内，这种钙化的软骨被分解，被以软骨膜侵入的血管组织所破坏。与此同时，侵入的芽状组织块产生骨母细胞，骨母细胞在许多地方，甚至在钙化的软骨内沉积，形成新骨。这种骨松质形成后，继续向两端发展，替代软骨。

软骨内成骨是中轴和四肢骨成分发生的主要过程，整个过程持续不间断地进行。最好的例子是胚胎肢芽发生过程。

间叶细胞增殖并密集，形成以后骨的轮廓。这些细胞很快分化为软骨母细胞，软骨母细胞继而转变为软骨细胞，软骨细胞分泌细胞间软骨物质，这种物质被周围组织包绕，产生骨的软骨雏形，发生软骨雏形周围的间叶组织很快围成一层膜，即软骨膜。

软骨雏形随着间质生长逐渐增加长度，这与软骨细胞的增殖、成熟、增大等因素有关。同时受到生长激素、甲状腺素、肾上腺皮质激素以及局部生长因子的共同调控。

软骨雏形由于骨干内间质的不断生长，和软骨膜的成软骨细胞形成一层软骨，沉积在其表面，因而，也产生横向发展。

从雏形中心至雏形两端，由于间质主动性生长，使细胞分开，同时，在雏形中心最早形成的软骨细胞成熟、增大，并分泌碱性磷酸酶进入细胞间组织中，发生软骨细胞钙化。由于营养物质受到钙化基质的阻碍，软骨细胞发生死亡，故雏形中心的钙化基质分解而形成空腔。血管侵入软骨膜内，似乎能改变多功能细胞的变化，这些细胞开始分化为骨母细胞，在软骨雏形周围产生一薄层骨组织。包围雏形的膜称为骨膜（periosteum）。

随着雏形中段钙化软骨的分解，骨膜芽和含有来自骨膜成骨细胞和骨母细胞的血管组织增生，侵入破碎的软骨雏形中间。骨母细胞被包围，在残存钙化软骨上面产生新骨，这种新骨为骨松质。

长骨中间成骨进一步扩散，由于成骨细胞的作用，雏形继续生长，产生强有力的密质壁。中心部分的骨松质多半被吸收，遗留一个腔，即髓腔，被髓样组织填充。髓腔不会伸入雏形的软骨端。但是由纵行生长的骨小梁可将每一软骨端分开。

2. 软骨膜下成骨 与软骨内成骨同时，海绵状中心骨发生，软骨膜内层（称骨膜更确切），产生一层与骨膜相平行的骨密质（compact bone）。

靠近骺部有一层软骨组织，软骨内成骨延续在整个生长期，产生骨结构纵向生长，骨膜下成骨使骨结构增加了厚度。

## 三、中轴骨骼的形成

最早的神经、肌肉和中轴骨成分的形态发生，与脊索（notochord）和节状排列（metamerism）有密切关系。脊索是原始的中枢支架，间叶组织形成的生骨节（sclerotome）逐渐向脊索移动，在脊索旁产生成对的节段团块。每个生骨节的间叶细胞团块，被前方和后方的节段间动脉分开，呈头部和尾部两半，头部一半密度较高，尾部一半密度较低，然后，头部较致密的一半与尾部较松散的一半相连接而形成椎体的前身。致密区与松散区围绕脊索生长形成椎体，头部致密的一半向背侧延伸，环绕神经管形成椎弓，向前针侧突出形成相对应的肋突，即为肋骨的前身。椎间隙的间叶组织构成椎间盘，盘内的髓核由脊索残留物构成。两部分生骨节的连接，将节段间动脉包裹在椎体中心。

经过细胞分化、密集、转移、再密集等过程，在第3~6胚胎周，逐渐形成中轴骨。在第6周，间叶原基（anlagen）开始出现软骨成骨中心（center of chondrification），先在脊索两侧各出

现一个成骨中心，然后融合在一起，形成一个完整的成骨中心。另外两个成骨中心在椎弓，最终向背侧伸延融合在一起而形成结实的椎弓，并逐渐形成棘突。四个成骨中心先是融合为两个，最后两个成骨中心又融合在一起，并向侧面伸延形成横突，完成一个完整的软骨性脊椎。脊椎的成骨从第 10 周开始，直到出生后数年才能完全融合。

完整的软骨性脊椎形成后，逐渐进入初级骨化（primary ossification）阶段，除寰椎和枢椎外，每一椎骨出现 3 个初级骨化中心，先从下胸椎与上腰椎开始，然后向头尾两端伸延。随着初级骨化中心增大，在椎体上下缘形成骺板（epiphyseal growthplate）和骨骺（epiphyses）。这些结构经过软骨内成骨使椎体向两端持续生长，与长骨纵向生长相似，大约在 20 岁前后，骺板被骨小梁取代，在干骺端和骺板间留下的线状痕迹称骺线，其出现代表长骨纵向生长的完成。早期骨骺通过生长和改建，最终形成内部为骨松质，外围为骨密质的骨骺，构成关节表面终身保留的软骨层，对关节运动和缓冲方面发挥重要作用。在椎体上下两面，有一突起的软骨环，是脊椎前纵韧带和后纵韧带的纤维附着处，它不参与生长过程。

骨化的时间很长，自胚胎期直至 25 岁。1 岁时，椎弓的两半相融合，椎弓与椎体形成关节，即神经中央关节，以便脊髓扩大。3~6 岁，该关节发生融合，至青春期后，脊椎出现 5 个次级骨化中心（secondary ossification center），即棘突尖、两个横突、两块环状骨骺。骨化中心在椎体上下面出现，并与其相平行，形成一板状物。到 17 岁骨化中心与椎体发生融合，但在腰椎区，要到 25 岁左右才能形成完全融合。来自软骨膜和韧带的血管可经软骨的小管系统进入生长板，但血供不及长骨的骨骺部丰富。血管不侵入纤维环组织，因而，在发育过程中是无血供的，一直保持到成年期。直到 6 岁时，仍能看到中央动脉，但以后渐消失。某些情况下中央动脉仍不消失，如脊椎发育不良症（Scheuermann 病）。在峡部不连（spondylolysis）或脊椎滑脱症

（spondylolisthesis）患者，腰椎椎弓未发生成骨造成峡部缺损，是先天性化骨中心未融合。

#### 四、肋骨的发生

肋骨起源于肋骨突（costal process），肋骨突来自椎弓生骨节的尾部。大约在第 9 周接近将来肋骨角处发生第一化骨中心。软骨性肋骨向近远两端发生进行性化骨，然而远端接近胸骨部的肋骨保留为软骨。在青春期发生两个第二化骨中心，一个在肋骨结节，一个在肋骨头。在颈部，肋骨以结节形式存在，并与横突融合，构成椎动脉弓的前半部分，当肋骨突在颈部发育过长时，形成颈肋，压迫神经血管，称胸腔出口综合征。在腰椎，肋骨突形成横突的一部分。在骺骨，肋骨突参与翼（alae）的形成。

#### 五、胸骨的发生

胸骨最初起自成对的间叶组织密集处，间叶组织来自环绕胸腔的中胚层外板，与肋骨的形式无关。初级骨化中心在胚胎 5 个月开始，直到儿童初期才完全形成。原始的一对间叶胸骨带分离很宽，先在靠头侧形成的胸骨带连接，至第 9 胚胎周完成尾部胸骨带连接。自上而下地逐渐形成融合，形成胸骨柄、体和剑突，并与 6 对肋软骨相连。如果这一过程不完全，可能发生胸骨、剑突呈分叉状。

#### 六、四肢骨骼的形态形成

随着原节（somite）形成，神经管闭合，肢形成区或称肢形态形成区经中胚层外侧板的局部分化而产生。细胞增殖，形成原节层增厚。间叶细胞密集团块可能产生肢芽。在 6 周时，肢芽内间叶细胞形成的原始骨，经软骨化而形成透明软骨模式，在此基础上，形成以后的肢体骨骼。四肢骨骼包括头端和尾端在内支柱和与之相接的游离附件。四肢骨骼宜接来自无节段的原节间叶组织。

##### （一）锁骨

锁骨是骨骼中第一根开始化骨的骨结构，在化骨以前，这块特殊组织既像膜组织，又像软骨组织，所以，很难确定其起源。它出现两个化骨中心。

##### （二）肩胛骨

肩胛骨是一块骨板，有两个化骨中心和几个小的骨骺。初级骨化中心于早期形成肩胛体和肩胛冈；另一骨化中心于出生后形成喙突。

### (三) 长骨和短小管骨

在长骨，软骨的雏形分为中段的软骨干和两端的骺软骨，随胚胎发育而增大体积；软骨干中心化骨，称为初级骨化中心，均在胚胎期开始。两端的骨骺化骨大多在出生后发生，也开始于骺软骨中心，称为次级骨化中心。次级骨化中心出现后，骺软骨内便开始了一个向心性的连续不断的软骨细胞繁殖与肥大，逐渐被细胞间组织分开，基质钙化，并逐渐被分解，形成腔道，血管组织侵入，在残部钙化软骨周围有骨形成，因而骨骺不断增大。另一方面，邻近干骺侧的软骨也进行着与前者方向相反的软骨细胞繁殖与肥大、基质钙化等过程，使骨干不断沿纵轴方向增长。因此，骨骺骨化中心与干骺端之间的软骨下，同时存在着两组形式相同、方向相反的软骨增殖与成骨活动。当骨骺发育到一定程度，骨骺区软骨增殖和成骨活动停止，软骨未能全部形成化骨。部分成为关节软骨（articular cartilage）。这是一层永久不化骨的软骨组织。一部分在骺与骨干之间形成一横行软骨层，称骺板或骺盘（epiphyseal plate or disk）。骺板内的软骨细胞继续生长，软骨基质不断形成，骺板增厚，形成骨的纵向生长。实际上，骺板没有增厚，因为骺板增厚的同时，又经历成熟、间质钙化，软骨细胞坏死、分解和钙化软骨的溶解（dissolution）。逐渐变为骺板侧骨干骨替代的过程，骺板的厚度又下降，因此骨的沉积（apposition）形成持续性的骨干纵向生长。当骺板发育到成熟阶段，其软骨的增殖与成骨活性中止，骺板逐渐完全被骨化，骨骺与干骺端融合，长骨的纵向生长则停止。

在短小管状骨，如指、趾、掌、跖骨，最初自两个盘状骨骺，但是以后仅有一端的骨骺才有骨生长作用，而另一端透明软骨被逐渐替代，小起骨生长作用。

从骨骺向骨干长板的骨骺端伸延，可分辨出以下4个区。

1. 静止软骨区（zone of resting cartilage）此区紧靠骨骺，等大小的软骨细胞，分散在整个软骨

骨的细胞间组织中。在某些部位，含有营养血管的腔隙使骨骺软骨分隔开来。在这个平断，骺板牢牢地被附着于骨骺。此区细胞不活跃，处于相对静止状态，是骺板幼稚软骨组织细胞的源泉，故称细胞生发层（zone of germinal cells）。

2. 幼稚软骨细胞增殖区（zone of young proliferating chondrocytes）为堆积矮柱状的游离形或楔形的细胞。细胞柱的排列与骨的纵轴相平行。每一细胞柱约有数个至数十个细胞。细胞生长活跃，数目多，有丰富的软骨基质与胶原纤维，因而在骺板中相对较坚韧。

3. 软骨细胞成熟区（zone of maturing chondrocytes）含有软骨细胞，仍以柱状排列。软骨细胞逐渐成熟增大，糖原和碱性磷酸酶聚集，细胞间质进一步钙化。由于细胞体积增大，各细胞柱相对靠近，软骨基质明显减少，因而此层韧性也减弱。胞质内含有较多的线粒体和发达的高尔基体。在一般的切片上，胞质中糖原等成分被溶解，呈现许多空泡，软骨基质中开始出现钙盐颗粒沉积，嗜碱性强。

4. 软骨钙化区（zone of calcified cartilage）此区很薄，仅由一层或几层细胞构成，直接附着于骨干的骨骺。细胞坏死、基质钙化、溶解，形成一些小窝。在每一细胞柱之间的水平部分和邻近细胞柱之间的垂直部分被溶解。有小块垂直部分存留下来，作为骨沉积的部位（bone of deposition）。软骨基质被侵入的毛细血管穿成很多的隧道，伴随血管进入间充质细胞分化为成骨细胞，或者由一蝗软骨细胞小退化而转变为成骨细胞。在未被侵蚀的钙化基质表面，成排的成骨细胞进行造骨活动，开始形成新的骨质，进一步形成纵行的骨小梁。新形成的骨小梁牢固地和软骨板融合在一起。此区的坚韧度较肥大细胞层又有所增强，是骨骺与骨干连接的过渡区，软骨逐渐被骨所替代，即所谓骺端（metaphysis）。

在成骨区出现的同时，骨髓的原始骨髓腔也不断地向两端扩展，原来一些小的腔隙逐渐扩大。其中的细胞分裂繁殖，进一步成为骨细胞，继续造骨。也出现被破骨细胞侵蚀的旧骨质。另有一些间充质细胞增殖，分化为骨髓的造血细胞。

在肱骨、尺桡骨以及股骨、胫腓骨等长骨，都是从骨干内的初级骨化中心，和骨端的骨骺内的次级骨化中心，使骨逐渐发育成熟。每一腕骨、跗骨、跖骨、掌骨、指（趾）骨，均各有初级骨化中心。肱骨下端还有另外一些骨骺。

#### （四）骨盆

骨盆带的软骨板在开始时与脊柱互成直角，以后逐渐旋转，与脊柱平行。髌骨、坐骨和耻骨各有一个骨化中心。这三骨的连接处呈杯状，即髌臼，与股骨头望髌关节。耻骨和坐骨的骨化中心在中线相遇，中间嵌有纤维软骨组织，称为耻骨联合。

#### （五）关节

骨与骨之间借纤维结缔组织、软骨或骨相连接，称为关节。由于骨间的连接组织及其运动情况不同，又可分为不动关节（*synarthrosis*）和可动关节（*diarthrosis*）两种。

1. 不动关节 此类关节运动范围极小或完全不活动，是由间叶组织分化而形成。根据骨间的连接组织不同，又分为韧带联合（*syndesmosis*）、软骨联合（*synchondrosis*）和骨性联合（*synostosis*）三种。

2. 可动关节 其特点有一关节腔，关节腔由间叶组织的分枝而形成，关节囊由致密的结缔组织构成，和骨膜的外层组织相连接。衬附在纤维层内面的一层疏松结缔组织称为滑膜

（*synovial membrane*），通过关节腔的韧带和肌腱，被滑膜包裹，然后在其上反折。因此，有的韧带和肌腱虽然通过关节腔，实际在关节腔之外。关节盘是一种纤维软骨板，由间叶组织分化构成。

## 第二节 骨的正常结构

骨的正常结构与其他结缔组织基本相似，也由细胞、纤维和基质三种成分组成。但骨的最大特点是细胞间质具有大量的钙盐沉积，在代谢上维持体液中钙内环境稳定，起到钙库的作用。成为很坚硬的组织，构成身体的骨骼系统，保持机体形态，支撑体重。

从小の中轴负重骨到四肢长骨，骨的形状和大小很不同。这种钙化的细胞结构的骨组织，正常情况下被包裹在纤维鞘（即骨膜）内，具有丰富的神经和血液供给。骨骼肌通过肌腱胶原纤维和骨膜附着在骨上。骨经过塑形与改建，完成其正常结构，使能承受正常情况下不断产生的力，而且能在持续存在地心吸力的情况下维持人的正常功能姿势。因此，骨不是一种静止的钙化基质的沉积，而是一种动力结构（*dynamic structure*）。这种结构的成分和整个结构的设计，要经过骨细胞持续不断的改建。一般认为，每个骨的轮廓从遗传学上是可以预测的，但是，其内部结构却有很大的不同。例如：皮质层厚度的变化，骨膜和骨髓腔

商径的变化，以及骨小梁的质、量和方向等，都要随着所承受的力和环境之不同而发生。根据骨的动力结构特性，Wolff 提出的定律是，骨的形成和改造取决于它所承受的力。在肉眼观察上，骨骺和干骺端骨松质的构造和密度、骨皮质厚度、髓腔大小和形态以及骨的外形都能反映出骨的力学作用。

同结构的骨质。表面一层十分致密而坚硬，称为骨密质（*compact bone*），骨密质见于长骨的骨干和扁平骨的表层，又称骨皮质（*cortical bone*）。内层和两端是许多不规则的片状或线状骨质结构，称骨小梁（*trabeculae*）。骨小梁在干骺端丰富，虽与骨干在皮质内层是相连续的，但在骨干相对要少。骨小梁普遍顺最大应力和张应力线排列，相互连接呈疏松的海绵状，称为骨松质（*spongy* 或 *cancellous bone*）。骨松质主要构成长骨的干骺端和扁平骨的深层。在成年人，这两种骨都具有板层状结构，故称为板层骨（*lamellar bone*），板层骨内的胶原纤维排列规则，如在骨密质内，胶原纤维环绕血管间隙而呈同心圆排列；在骨松质内，胶原纤维与骨小梁的纵轴平行排列。许多胶原纤维穿过板间区（*interlamellar zone*）。这种排列无疑会增加骨对机械应力的抵抗。在胚胎或幼儿，以及在成人的某些病理状态，可出现编织骨（*woven bone*）的结构。编织骨是由不规则未机化的胶原类型和陷窝状结构的骨组织构成，其胶原纤维粗短，呈纵横交错的不规

则排列。不同于板层骨，板层骨内的胶原和矿物质结合较为紧密，编织骨内的骨细胞较圆而大，细胞数目也较板层骨多，因而，编织骨比板层骨更处于活跃状态。在生长时期长骨的干骺端由编织骨构成，通常经过再吸收，最终被板层骨替代。如果在骨骼发育成熟后，编织骨的持续存在或在成年期出现形成的编织骨，都不是正常现象。例如：骨折后新形成的骨痂内和邻近炎性反应区，肿瘤产生的新生骨中，

骨膜最初形成的骨组织中，特别在骨膜遭受异常应力的情况下，均有编织骨的形成。骨松质的腔隙彼此通连，其中充满小血管和造血组织，称为骨髓（bone marrow）。随着儿童

时期的发育，某峰部位的骨髓造血组织被脂肪组织取代而呈黄色，即称黄骨髓（yellow bone marrow）。长骨两端的骨骺主要由骨松质构成，长骨的中段称为骨干（diaphyses），呈管状，由骨密质构成管壁，中间的管腔称为骨髓腔（medullary cavity）。在生长阶段的挺骨，骨骺与骨干之间被一层透明软骨分隔，称骺软骨板（epiphyses plate）。骨骺与骨干的过渡区，有时称为干骺端（metaphyses）。在颅部的扁骨表面，仅有薄层骨密质，中间大部分是骨松质。

## 一、骨细胞

骨组织内的细胞形态，一般可分为三种类型，即骨细胞（osteocyte）、成骨细胞又称骨母细胞（osteoblast）和破骨细胞（ostoclast）。用氘嘧啶标记进行研究，可看到最早的细胞活动是成骨性细胞的增生和成熟，这些细胞又称骨先质细胞（osteoprogenitor），它们主要为间叶细胞

（mesenchymal cell）。在生理功能和周围环境影响下，分化成不同形态的骨母细胞、破骨细胞和软骨母细胞。骨母细胞又可转化为骨细胞和破骨细胞。在一定条件下也能彼此转化。在骨的形态结构不断破坏和改建过程中，这三种细胞共同完成吸收旧骨与生成新骨的作用。这种作用持续整个生命过程。在骨的生长期和成骨期可同时出现这三种细胞，但分别存在于不同的部位。

### （一）骨母细胞（osteoblast）

骨母细胞即成骨细胞，起源于生骨节，常见于生长期的骨组织中，大都聚集在新形成的骨质表面，是由骨肉膜和骨外膜深层的成骨性细胞分化而成。所有骨基质的有机成分均有骨母细胞合成和分泌。除合成骨基质外，还有一种引起骨质矿质化和调节细胞外液与骨液（bone fluid）间电解质的流动作用。

骨母细胞形成一单层细胞，通过未矿质化的骨样组织使其与矿质化的骨基质分开。当骨母细胞生成基质时，被认为是“活跃”的。活跃的骨母细胞通常是圆形、锥形和立方形，胞质嗜碱性。嗜碱性与粗面内质网的核糖体有关。内质网占据了绝大部分蛋白合成细胞的胞质的位置。

显示骨小梁（T）面的骨母细胞（B）和破骨细胞（C）（ $\times 230$ ）骨母细胞伸出细短的突起，与相邻的细胞连接。胞核在细胞的一端，有明显的核仁。在核仁附近有一浅色区，高尔基复合体即在此区内，胞质内有散在的线粒体。当与成骨性细胞的功能旺盛时，用组织化学方法可在细胞质中显示碱性磷酸酶活性，可出现过高碘酸希夫（PAS）反应，表明有糖原存在。

在电镜下，活跃的骨母细胞质基本下由粗面内质网（rough endoplasmic reticulum）占据，形成一些被核糖体（ribosomes）附荷的膜状管（membranous tubes），游离核糖体较易观察。

膜性内质网迷路（labyrinth）包围胱蛋白（cysternal protein）。胱蛋白是由核糖体直接合成的。粗面内质网膜能从血浆膜（plasma membrane）附着点中找出，并能查到核膜（nuclear membrane）。粗面内质网正常情况下包绕高尔基复合体。嵌在粗面内质网之间的物质是线粒体（mitochondria），虽然有时为管形，但通常情况下是圆形。线粒体形成一双层膜，内膜皱褶并向外突出，形成具有特征的嵴（cristae）。某些线粒体含有一些小的矿质化颗粒，沉积并附着在嵴外面。用微探针（microprobe）分析这些聚集的颗粒，表明有较高浓度的钙、磷和镁的踪影，还存在其他一些有机成分。线粒体在细胞内的能量环（energy cycle）是氧化加磷氧基作用

（oxidative phosphorylation）的部位，其后产生 ATP。第二个重要的功能现在才认识到：线粒体具有从细胞骨母细胞的基底面电子显微摄影显示众多的突起伸入基质（ $\times 12\,800$ ）质中清除钙离子的功能。线粒体的钙通过和磷的共同沉淀（coprecipitation）形成线粒体颗粒。这种重要的功