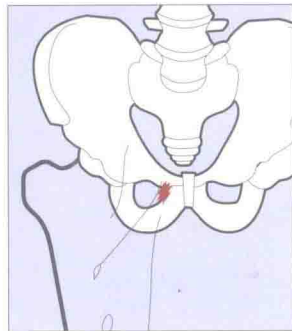
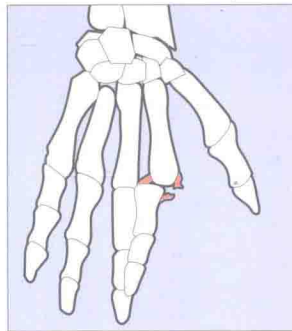
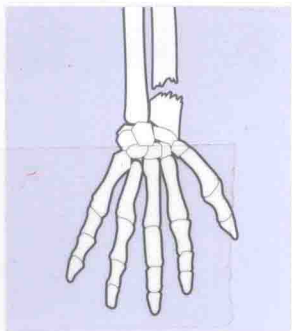
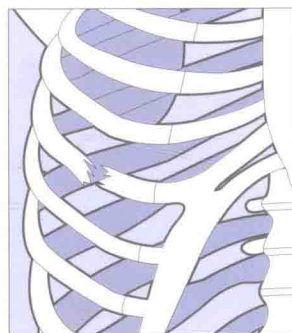
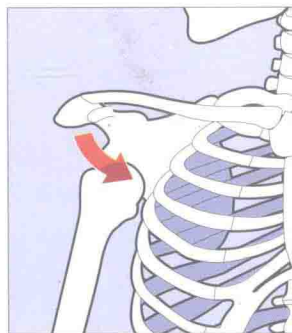
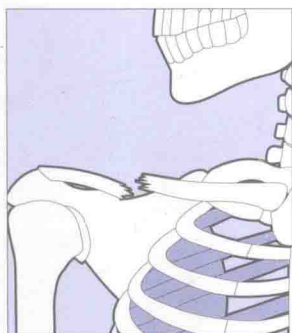
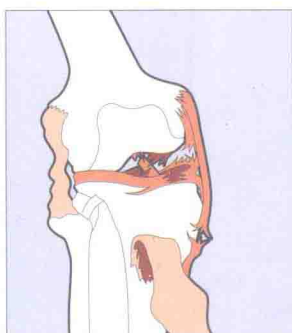
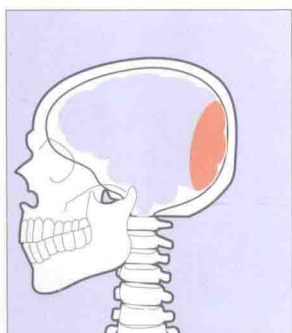


现代骨科疾病 临床诊疗

XIANDAI GUKE JIBING
LINCHUANG ZHENLIAO

主编 汪学松 张先隆
周纳新 陈 群



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

现代骨科疾病临床诊疗

主编 汪学松 张先隆 周纳新 陈 群



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

现代骨科疾病临床诊疗 / 汪学松等主编. —北京: 科学技术文献出版社, 2013.9
ISBN 978-7-5023-8353-4

I. ①现… II. ①汪… III. ①骨疾病—诊疗 IV. ①R68

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第225241号

现代骨科疾病临床诊疗

策划编辑: 薛士滨 责任编辑: 孙江莉 责任校对: 赵文珍 责任出版: 张志平

出 版 者 科学技术文献出版社
地 址 北京市复兴路15号 邮编 100038
编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部 (010) 58882868, 58882874 (传真)
邮 购 部 (010) 58882873
官 方 网 址 <http://www.stdp.com.cn>
发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者 天津午阳印刷有限公司
版 次 2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
字 数 705千
印 张 29.75
书 号 ISBN 978-7-5023-8353-4
定 价 88.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换



汪学松，医学博士，博士后，导师为中华医学会骨科分会主任委员邱贵兴院士，担任国际 SICOT 学会 active 委员、山东省脊柱外科微创学会委员、山东省医师学会委员、中华医学会青岛市骨科分会副主任委员、青岛市骨质疏松学会副主任委员等。医学专利 5 项。发表论文 40 余篇，承担省级课题一项，卫生局课题 1 项，编书 1 部，译著 1 部。擅长脊柱侧凸、颈椎病、脊柱肿瘤及胸腰椎管狭窄等的治疗诊断。在德国学习期间师从德国著名椎间孔镜专家 KRZOK 教授和 HOOGLAND 教授，擅长脊柱疾病的微创治疗。



张先隆，1964 年 7 月生，山西省原平市人。于 1985 年毕业于山西大同大学医疗专业，同年分配于山西省忻州市人民医院工作。1985 年至 1992 年在山西省忻州市人民医院放射科工作，1992 年至现在一直从事骨科专业。在忻州市人民医院工作中，分别于 1996 年，2003 年在北京市积水潭医院和北京大学第三人民医院骨科学习。2003 年被聘为骨科副主任医师，2006 年被任命为山西省忻州市人民医院骨二科副主任。在临床工作中积累了丰富的经验，带领科内同志完成骨科领域各种高难度手术，在国内多个杂志上发表多篇论文。



周纳新，1992 年毕业于同济医科大学，副主任医师，从事骨科临床工作近二十年，曾赴上海第六人民医院、北京大学人民医院进修骨科并学习关节镜检查治疗技术，对关节镜外科、创伤骨科、关节外科、脊柱外科有丰富的临床经验。



陈群，男，汉族，江苏南京人，1992 年毕业于南京医学院，硕士学历，先后在韩国、美国和德国研修学习，现任江苏省人民医院骨科创伤病区专业组长。从事临床骨科工作 20 余年，积累了丰富的临床经验，对骨科创伤疑难复杂病例的处理有一定的心得；同时参加南京医科大学临床课程教学工作，主持或参与各级科研课题 3 项，在医学核心期刊发表学术论文 10 多篇，参编著作 3 本，获江苏省卫生厅科技进步二等奖 1 项。

《现代骨科疾病临床诊疗》编委会

主 编

汪学松 张先隆 周纳新 陈 群

副主编

阳运康 焦尚起 贾 健 尚琦松

顾羊林 艾克白尔·米吉提 石斌

编 委 (按姓氏笔画排)

石 斌 山西省长治医学院附属和平医院

艾克白尔·米吉提 新疆喀什地区第二人民医院

阳运康 四川省泸州医学院附属医院

张先隆 山西省忻州市人民医院

汪学松 青岛市中心医院

陈 群 南京医科大学第一附属医院

周纳新 三峡大学第一临床医学院宜昌市中心人民医院

尚琦松 新疆石河子市人民医院

贾 健 山西省临汾市人民医院

顾羊林 南京医科大学附属无锡第二医院

焦尚起 天津市解放军 464 医院

穆廷帧 临夏县第二人民医院

前 言

近年来，骨科学的理论和技术已取得了前所未有的发展，对指导诊断、治疗骨科疾病发挥了重要作用。由于国际间学术交流的频繁和深入，在我国骨科领域内，不仅治疗方法多种多样，而且治疗原则和学术思想也有不同程度的改变，有的科研项目已达国际先进水平。多少年来，我国骨科学工作者一直坚持不懈地努力，始终与新技术的发展保持同步，不断吸收国内外新的技术，并不断创新，取得了许多新的成果。

骨科学是一门实践性很强、直接服务患者的临床学科。对于骨科疾病的临床诊治，通常需要医师结合自身临床经验对患者的临床资料进行综合分析、逻辑推理，从而得出正确的诊断，提出合理的治疗方案。然而，年轻医师因为缺乏必要的临床积累，致使他们在日常工作中时常面临诸多难题。为此，为了更好地为临床工作服务，我们在广泛参考国内外最新文献资料基础上，结合各自的经验和业务专长编写了《现代骨科疾病临床诊疗》，期望它能秉承骨科前辈的有益经验，紧跟骨科学日新月异发展的步伐，突出骨科学注重实践的特点。

本书着重介绍了骨科常见疾病的病因和发病机制、临床表现、诊断和鉴别诊断、系统治疗，努力将骨科学基础理论与临床实践相结合，详细阐述近年来在骨科疾病临床诊疗方面的新方法、新理论和新技术，力求提高年轻医师的临床诊疗技巧和思维能力，希望能对年轻医师的临床实践有所裨益。

本书的各位编者从繁重的医教研工作中抽出时间精心撰写，再次感谢所有编写人员的辛勤努力，感谢书中引用文献、书籍的作者。

由于我们的水平有限及编写时间仓促，书中错误或不当之处在所难免，敬请广大读者批评和指正。

《现代骨科疾病临床诊疗》编委会

目 录

第一篇 骨科基础

第一章 骨组织结构与生理	1
第一节 骨的基本结构	1
第二节 骨的血液供应	5
第三节 骨的代谢和骨的钙化	5
第二章 骨科的基本操作技术	9
第一节 石膏绷带与夹板固定技术	9
第二节 牵引技术	11
第三节 关节穿刺技术	15
第四节 骨折手法复位技术	16

第二篇 创伤骨科

第三章 创伤骨科进展概况和康复医学在创伤骨科中的应用	18
第一节 创伤骨科进展概况	18
第二节 康复医学在创伤骨科中的应用	21
第四章 多发性创伤和多发性骨与关节损伤	27
第一节 多发性创伤	27
第二节 多发性骨与关节损伤	40
第五章 骨折概论	48
第一节 骨折的定义、成因、分类及骨折段的移位	53
第二节 骨折的临床表现及影像学检查	54
第三节 骨折愈合	58
第四节 骨折的急救	59
第五节 骨折治疗的原则	67
第六节 老年性骨折的治疗原则	69
第七节 开放性骨折的处理	72
第八节 开放性关节损伤的处理原则	73
第九节 骨折延迟愈合、不愈合和畸形愈合	75
第十节 骨筋膜室综合征	78
第十一节 骨折的并发症	92

第六章 上肢骨折·····	92
第一节 锁骨骨折·····	92
第二节 肱骨近端骨折·····	94
第三节 肱骨干骨折·····	101
第四节 肱骨髁上骨折·····	103
第五节 尺桡骨骨折·····	107
第六节 桡骨远端骨折·····	113
第七节 桡骨头骨折·····	119
第七章 手外伤·····	123
第一节 概述·····	123
第二节 手部皮肤损伤·····	123
第三节 手部肌腱损伤·····	124
第四节 手部血管、神经损伤·····	125
第五节 手部骨与关节损伤·····	127
第六节 手部功能重建·····	128
第八章 下肢骨折及关节损伤·····	131
第一节 股骨颈骨折·····	131
第二节 股骨粗隆间骨折·····	134
第三节 股骨干骨折·····	136
第四节 股骨远端骨折·····	138
第五节 髌骨骨折·····	141
第六节 膝关节韧带损伤·····	143
第七节 半月板损伤·····	145
第八节 胫骨平台骨折·····	150
第九节 胫腓骨骨折·····	152
第十节 踝关节损伤·····	155
第十一节 足部骨折·····	159
第九章 骨盆骨折及髌臼骨折·····	163
第一节 骨盆骨折·····	163
第二节 髌臼骨折·····	171
第十章 关节脱位·····	175
第一节 肩关节脱位·····	175
第二节 肩锁关节脱位·····	178
第三节 肘关节脱位·····	179
第四节 髌关节脱位·····	181
第五节 创伤性膝关节脱位·····	184
第六节 外伤性髌骨脱位·····	187
第十一章 儿童四肢骨折与脱位·····	189

第三篇 脊柱外科

第十二章 脊柱外科临床诊断·····	198
第一节 病史采集·····	198
第二节 体格检查·····	200
第十三章 脊柱脊髓损伤·····	208
第一节 脊柱骨折·····	208
第二节 脊髓损伤·····	214
第十四章 颈腰椎退行性疾病·····	219
第一节 颈椎病·····	219
第二节 颈椎间盘突出症·····	227
第三节 颈椎管狭窄症·····	231
第四节 腰椎间盘突出症·····	237
第五节 腰椎管狭窄症·····	253
第六节 腰椎滑脱症·····	257
第十五章 脊柱炎症性疾病·····	270
第一节 脊柱结核·····	270
第二节 强直性脊柱炎·····	275
第十六章 脊柱肿瘤·····	286
第一节 脊柱肿瘤的分类·····	286
第二节 脊柱肿瘤的分期·····	288
第三节 脊柱肿瘤的诊断·····	289
第四节 脊柱肿瘤的治疗原则·····	291
第五节 脊柱肿瘤各论·····	295
第十七章 脊柱微创技术的应用·····	303
第一节 内镜应用概述·····	303
第二节 器械设备及原理·····	304
第三节 腰椎间盘髓核摘除术·····	306
第四节 电视辅助胸腔镜手术·····	312
第五节 脊柱微创介入技术·····	316

第四篇 关节疾病与关节技术

第十八章 膝关节镜技术·····	319
第一节 概述·····	319
第二节 镜下半月板损伤的处理·····	323

第三节	胫骨髁间棘撕脱骨折	326
第四节	经关节镜治疗胫骨平台骨折	328
第五节	膝关节骨性关节炎的镜下治疗	331
第六节	髌骨软骨软化症	333
第七节	膝关节滑膜皱襞综合征	337
第八节	膝关节内游离体及异物	339
第九节	等离子汽化和钬激光技术在关节镜中的应用	340
第十九章	肩关节镜技术	345
第一节	概述	345
第二节	肩关节镜的应用解剖	346
第三节	肩关节镜的临床应用	350
第二十章	髋关节镜技术	357
第一节	概论	357
第二节	髋关节镜技术的临床应用	359
第二十一章	其他关节的关节镜技术	362
第一节	踝关节镜	362
第二节	肘关节镜	364
第二十二章	人工关节置换术	368
第一节	人工关节的发展	368
第二节	人工髋关节置换术	374
第三节	人工膝关节置换术	386
第四节	人工肩关节置换术	395
第五节	人工肘关节置换术	397

第五篇 其他骨病

第二十三章	骨与关节感染	401
第一节	化脓性骨髓炎	401
第二节	化脓性关节炎	406
第三节	髋关节结核	409
第四节	膝关节结核	414
第二十四章	非感染性关节炎	417
第一节	骨关节炎	417
第二节	类风湿关节炎	419
第三节	大骨节病	425
第四节	痛风性关节炎	427
第二十五章	骨肿瘤	429
第一节	概述	429

第二节 骨良性肿瘤.....432

第三节 骨恶性肿瘤.....434

第四节 转移性骨肿瘤.....442

第二十六章 肌肉、肌腱、韧带及关节内外损伤.....444

第一节 肩关节周围炎.....444

第二节 弹响肩.....446

第三节 骨化性肌炎.....448

第四节 肘关节滑囊炎.....448

第五节 手部腱鞘炎及腱鞘囊肿.....449

第六节 弹响髌.....451

第七节 交叉韧带损伤.....453

第八节 梨状肌综合征.....459

第九节 跟腱断裂.....460

参考文献.....462

第一篇 骨科基础

第一章 骨组织结构与生理

第一节 骨的基本结构

骨生理学是研究骨的生长、发育和代谢等各种功能及其调节机制的科学。纵观骨生理学的发展过程，可以看出骨生理学是在骨科临床需要和趋势下发展起来的，同时骨生理学的每一个突破和每一个进步，都为骨科临床打开了新领域的大门，从而推动着骨生理科学和骨科临床的不断发展。

一、骨细胞

根据形态和功能，骨组织内的细胞可分为三种类型：成骨细胞、骨细胞和破骨细胞。

（一）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。

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。

（二）骨细胞

它是骨组织中的主要细胞，位于骨陷窝内。成熟的骨细胞体积较小，呈枣核状或为

卵圆形；其胞质少，嗜碱性；核呈梭形，染色质多而深染。新生成的骨细胞则具有与成骨细胞相似的特征，即丰富的粗面内质网、大的高尔基体和数量众多的线粒体。骨细胞表面具有多数纤细而长的突起，与相邻细胞相互连接，以利于组织液的交换。突起一般位于穿破骨基质后所形成的隧道（称为骨小管）中，突起周围也有一条约 $1\mu\text{m}$ 宽的狭窄的间隙，不含胶原纤维。此间隙内可能有间质液与代谢物的循环。骨细胞在基质内均匀分布，排列规则，其纵轴与所在板状系统的纵轴一致。

骨细胞的功能：

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_3 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 Ca^{2+} 和 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 Ca^{2+} 和 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。

（三）破骨细胞

来自造血组织中的单核/巨噬细胞，是一种多核巨细胞，含有丰富的酸性磷酸酶和胶原酶，具有吸收骨和钙化软骨的功能。其体积大小相差悬殊。核数亦不相同，有 2~20 个不等，但在切片标本上仅见其中数个。破骨细胞呈圆形或卵圆形，胞质丰富，呈嗜碱性，有时嗜酸性，与其功能状态有关。胞质内含颗粒与空泡，核圆形，透明。电镜特征：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。①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 20nm ，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。

破骨细胞贴附在骨的表面，在吸收陷窝（豪希普陷窝）内进行破骨性吸收。其机制可能是通过使局部 pH 降低，溶解矿物质成分，并通过分泌溶酶体酶消化其有机物成分，两者是同时进行的。此外，还可通过吞噬作用将骨矿物摄入至细胞内，并溶解之。

多种因素可加强破骨细胞的作用。全身因素（如甲状旁腺激素）可促使破骨细胞形成且使其功能增强，同时还可改变细胞膜对钙磷离子的渗透性作用。局部因素包括外伤、机械性压力，在骨折的塑形阶段都可见到破骨细胞。

二、骨基质

骨基质由无机物和有机物组成。有机物包括胶原、蛋白多糖、脂质，特别是磷脂类。无机物通常称为骨盐，主要为羟磷灰石结晶和无定形磷酸钙。

1. 胶原 约占有机成分的 90%，是一种结晶纤维蛋白原，包埋在基质中，具有典型的 X 线衍射像和电镜图像，并有 64nm 轴性周期，其主要成分为氨基乙酸、脯氨酸、羟脯氨酸和羟赖氨酸，后两者为胶原所特有。

胶原具有很强的弹性和韧性，有良好的抗机械应力功能，其主要作用就是使各种组织和器官具有强度结构稳定性。

2. 蛋白多糖 占有有机物的 4%~5%，是糖类与蛋白质的络合物，由成纤维细胞、成软骨细胞和成骨细胞产生，由透明质酸、蛋白核心与蛋白链以及多糖侧链构成。骨最主要的多糖是硫酸软骨素 A。

3. 脂质 在骨有机物中少于 0.1%，具有重要功能的是磷脂类，它能间接地增加某些组织的矿化，并在骨的生长代谢过程中起一定作用。

4. 涎蛋白 涎蛋白对钙离子有很强的亲和力，也能结合磷酸钙结晶，其作用与钙化有关。

5. 骨盐 占骨重量的 65%~75%，大多沉积在胶原纤维中。在全部矿物质中，约 45% 是无定形磷酸钙，其余的大部分是羟磷灰石结晶。

骨质中次要的矿物质是镁、钠、钾和一些微量元素（如锌、锰、钼等）。

三、骨组织结构

胚胎时期首先出现的原始骨系非板状骨（或称编织骨），此后非板状骨被破坏，被基质呈分层状的骨所代替，称为继发性骨或板状骨。骨的基本组织结构包括骨膜、骨质

和骨髓。

（一）骨膜

被覆于骨表面的、由致密结缔组织所组成的纤维膜称骨外膜，附着于髓腔内面的则称骨内膜。

1.骨外膜 成人长骨的骨外膜一般可分为内、外两层，但两者并无截然分界。

纤维层是最外的一层薄的、致密的、排列不规则的结缔组织，其中含有一些成纤维细胞。结缔组织中含有粗大的胶原纤维束，彼此交织成网状，有血管和神经在纤维束中穿行，沿途有些分支经深层穿入穿通管。有些粗大的胶原纤维束向内穿进骨质的外环层骨板，亦称穿通纤维，起固定骨膜和韧带的作用。骨外膜内层直接与骨相贴，为薄层疏松结缔组织，其纤维成分少，排列疏松，血管及细胞丰富，细胞贴骨分布，排列成层，一般认为它们是骨祖细胞。

骨外膜内层组织成分随年龄和功能活动而变化，在胚胎期和出生后的生长期，骨骼迅速生成，内层的细胞数量较多，骨祖细胞层较厚，其中许多已转变为成骨细胞。成年后骨处于改建缓慢的相对静止阶段，骨祖细胞相对较少，不再排列成层，而是分散附着于骨的表面，变为梭形，与结缔组织中的成纤维细胞很难区别。当骨受损后，这些细胞又恢复造骨的能力，变为典型的成骨细胞，参与新的骨质形成。由于骨外膜内层有成骨能力，故又称生发层或成骨层。

2.骨内膜 除附着于骨髓腔内面外，也附着在中央管（哈弗斯管）内以及包在骨松质的骨小梁表面。骨内膜的细胞也具有成骨和造血功能，成年后呈不活跃状态，一旦骨有损伤，则恢复成骨功能。

（二）骨质

骨质分为骨密质和骨松质，长骨的骨密质由外到内依次为外环骨板层、骨单位（哈弗斯系统）和内环骨板层。

1.外环骨板层 外环骨板由表面数层骨板环绕骨干排列而成，与骨外膜紧密相连，其中有与骨干垂直的孔道横行穿过骨板层，称为穿通管，营养血管由此进入骨内。

2.内环骨板层 由近髓腔面的数层骨板环绕骨干排列而成，最内层为骨内膜附着面，亦可见垂直穿行的穿通管。

3.骨单位 又称哈弗斯系统，是骨密质的基本结构单位，为内、外环骨板层之间及骨干骨密质的主体，在由继发性板状骨代替原始编织骨的同时发育形成。骨单位为厚壁圆筒状结构，与骨干的长轴平行排列，中央有一条细管，称为中央管。骨细胞位于骨陷窝内，骨小管系统把中央管和骨陷窝连接起来，供骨细胞摄取营养物质，排出代谢废物。中央管内有小血管和细的神经纤维，仅有单条的小血管，大多为毛细血管。如同时有两条血管，其一为厚壁，另一条为薄壁，为小动脉或小静脉。中央管与穿通管互相呈垂直走向，并彼此相通，血管亦相交通。

骨松质的骨小梁也由骨板构成，但结构简单，层次较薄，一般不见骨单位。有时仅可见到小而不完整的骨单位，血管较细或缺如，骨板层间也无血管。骨细胞的营养由骨小梁表面的骨髓腔血管提供。

（汪学松）

第二节 骨的血液供应

骨的血液供应十分丰富。供应骨的动脉有滋养动脉以及骨膜深层和关节周围的动脉网。

滋养动脉是营养骨最主要的动脉，它起自各骨邻近的动脉干，并常在骨的一定部位穿经滋养孔和滋养管，进入松质或髓腔。滋养管是滋养动脉所经过的骨质管道。在长骨，滋养动脉多在骨干中部斜行穿过滋养管，进入髓腔，在髓腔内分成升支和降支，向两端分布于骨髓、干骺端和密质内层。

所有长骨，均有 1~2 条滋养动脉经滋养孔进入骨内，在滋养孔内无分支，同时伴随有几条血管壁较薄的小静脉和有髓神经。在肱骨，常为 1 条动脉，少数情况下也可有 2 条。滋养动脉从肱骨的前内侧进入骨内。常为中下 1/3 交界处，但是，进入点常有变异。股骨有 2 条来自股深动脉穿支的滋养动脉，从股骨粗线进入骨内。桡骨和尺骨的滋养孔位于近侧端。胫骨的滋养动脉起源于胫后动脉，正好在胫骨斜线下（即比目鱼肌起始部位），从后外侧穿入皮质骨。在髓内的滋养动脉，不论是上行支还是下行支，均是髓内重要的血供来源，至少能供给皮质骨的内 2/3 或更远一些部位。髓内滋养血管以放射分布，形成髓内和皮质内毛细血管，大约 30% 的血液流至骨髓毛细血管床，70% 至皮质毛细血管床。骨髓和皮质骨的毛细血管床互不联系，血液回流也是分开的。进入骨髓血管窦的动脉，起源于滋养动脉的外侧支，同时还有另外一些小动脉供给皮质骨的骨内膜。有些学者认为，骨干皮质骨的血运，完全由横向的髓内滋养动脉分支供给。另一些学者认为血运是分段供给，即滋养动脉的分支供给皮质骨的内侧一半或 2/3，剩余部分由骨膜血管供血。

骨膜深层的动脉网发出无数细小的动脉，经穿通管进入密质，并和滋养动脉的分支相吻合，主要分布于密质外层。

从关节动脉网发出的小动脉分布于骺及干骺端等处。

不同来源的、分布于干骺端的动脉，在骺软骨消失前，彼此并不吻合，与骺的动脉也不相交通，至骺软骨消失后，各动脉始相互吻合。

骨的静脉多与动脉伴行，但靠近长骨的两端，常有较大的静脉单独穿出。

（张先隆）

第三节 骨的代谢和骨的钙化

一、骨的代谢

人体内钙、磷代谢是既具有相互作用，又能保持相互平衡的两个系统。钙有两种存储方式，一为离子化与活性代谢池，含钙数量虽少，但功能却极为重要；另一为非活性离子钙的储存器，即骨。磷完全以离子状态无机磷酸盐的方式存在于血液中，在骨内和钙结合成羟磷灰石。

（一）钙在骨代谢中的作用

钙是人体内必不可少的元素，体内的钙含量随年龄增长而逐渐增加。成人体内钙含量约为 1000g，其中细胞外液与肌肉中的钙量不超过 10g，其余均以磷酸盐、碳酸盐和氢氧化物的形式存在于骨组织中。

1. 钙的吸收 钙吸收部位在小肠上段。奶和奶制品中含有丰富的钙，每天成人食入 0.6~1.0g，但仅 200~500mg 被吸收，其余经粪便排出。钙在肠道内经特殊机制摄取，其吸收依赖于维生素 D、甲状旁腺激素和降钙素。由于内源性分泌的钙大部分被重吸收，因而吸收机制就更为复杂。由肠分泌作用从粪便中排出的为内源性钙丢失。净吸收与实际吸收的区别在于净吸收是指摄入量和粪便中排出量之间的差值。实际吸收是将内源性分泌的钙吸收也包括在内，所以净吸收低于实际吸收。

2. 钙的排泄 钙的排泄主要通过肾，小部分通过肠道。排泄量个体差异很大，受每个人的饮食和其他多种因素影响。成人 24 小时经肾排泄量为 50~250mg，儿童一般情况下为 4~6mg/kg，高于或低于这个范围均属异常。测定正常值时，应事先细致地控制数日食入钙。钙离子由肾小球滤过，约 99% 在肾小管被重吸收，重吸收率取决于维生素 D 和甲状旁腺激素的水平。

3. 钙的功能 钙在生命活动过程中具有极其重要的作用，有多种生理功能，除作为组成骨骼、牙齿的主要原料外，还能降低毛细血管及细胞膜的通透性，参与肌肉收缩、纤毛运动、阿米巴运动、白细胞吞噬、细胞分裂、受精、电兴奋、激素分泌和代谢等过程，所以说钙与体内各种功能都有关系并不为过。多年来人们发现 Ca^{2+} 对神经体液调节具有特别重要的意义，即在兴奋-收缩耦联、神经传导的兴奋-传递耦联、兴奋-激活代谢耦联及兴奋-分泌耦联诸过程中均有重要作用。同时，细胞本身的代谢调节，也取决于 Ca^{2+} 的存在。

（1）第二信使学说：在支气管和小肠平滑肌中，乙酰胆碱可作为第一信使与细胞膜结合，引起钙从膜上释放或从细胞外摄取，钙与肌钙蛋白结合引起肌动蛋白和肌凝蛋白的相互作用；肾上腺素作为第一信使与膜受体相互作用使钙被膜受体再摄取，或从细胞外内流，引起肌细胞的舒张，可见钙作为第二信使参与了细胞活动的调节。

钙离子作为第二信使调控细胞内许多重要的生物和病理过程，例如，受精时钙离子激发生命，并控制细胞的生长分化；钙离子信号调控细胞的运动，并能触发细胞损伤和死亡等病理过程。

细胞内自由 Ca^{2+} 的分布与转移是形成 Ca^{2+} 信号的基础。一般认为，细胞对许多外界环境和激素等刺激作出的反应是通过胞质中自由 Ca^{2+} 浓度变化来传递的。当受到刺激时，胞外 Ca^{2+} 通过 Ca^{2+} 通道的开启进入胞内或胞内钙库（如内质网、液泡等）向胞质释放出 Ca^{2+} ，使细胞溶质 Ca^{2+} 浓度增加，继而与 Ca^{2+} 能够高度亲和的蛋白质或酶（靶分子）结合，使其激活，引起细胞反应，从而起到传递细胞外信号的作用。

（2）对细胞兴奋性的影响：动作电位对于可兴奋细胞，包括神经元和一些内分泌细胞，是一种非常重要的生理信号。现在被普遍接受的观点是当可兴奋细胞受到动作电位的刺激后，细胞的电压依赖性钙离子通道被打开；在动作电位的下降相引起细胞外钙离子的内流，从而升高细胞内的游离钙离子浓度，触发许多细胞内的过程，譬如神经递质分泌、信号转导和基因表达等。其中含有递质的囊泡与细胞膜的融合是受动作电位严