

创伤骨科基础 与临床治疗

CHUANGSHANG GUKE JICHU
YU LINCHUANG ZHILIAO

主编 周军杰 陈 昆 马 平 杨华刚



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

创伤骨科基础与临床治疗

主 编 周军杰 陈 昆 马 平 杨华刚

副主编 贾吉喆 何 明 黎彦龙 梁承伟

胡新佳

编 者 (按姓氏笔画排序)

丁 磊 复旦大学附属金山医院

马 平 甘肃省甘南州迭部县人民医院

邢庆昌 解放军第309医院

何 明 甘肃省临洮县人民医院

杨华刚 云南省第二人民医院

陈 昆 解放军第180医院

周军杰 上海中医药大学附属普陀医院

胡新佳 深圳市人民医院暨南大学第二临床医学院

贾吉喆 甘肃省临夏县第二人民医院

常志强 内蒙古医科大学第二附属医院

梁承伟 复旦大学附属华东医院

黎彦龙 甘肃省临洮县人民医院



西安交通大学出版社

XIAN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

创伤骨科基础与临床治疗 / 周军杰等主编. —西安:
西安交通大学出版社, 2015.8
ISBN 978-7-5605-7758-6

I. ①创... II. ①周... III. ①骨损伤—诊疗 IV. ①R683

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 187421 号

书 名 创伤骨科基础与临床治疗
主 编 周军杰 陈 昆 马 平 杨华刚
责任编辑 问媛媛

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路10号 邮政编码710049)
网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029) 82668357 82667874 (发行中心)
(029) 82668315 (总编办)
传 真 (029) 82668280
印 刷 天津午阳印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 34.25 字数 811千字
版 次 2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-7758-6/R·990
定 价 110.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题, 请与本社发行中心联系、调换。

订购热线: (029) 82665248 (029) 82665249

投稿热线: (029) 82668519

读者信箱: xjtpumpress@163.com

版权所有 侵权必究



周军杰，副主任医师，外科学博士学位，硕士研究生导师。2009.4—2010.5 赴加拿大 Dalhousie University 附属 QEII 医院和医学科学研究中心骨科/关节修复重建外科，作为访问学者（Clinic Fellow）工作一年。主要从事骨关节修复重建相关的临床与基础研究工作。现担任上海中医药大学附属普陀医院骨科副主任；国家教育部重点学科、国家中医药管理局中医全科骨伤专科、上海教育委员会重点学科上海中医药大学骨伤科学主要学术负责人；上海市骨科临床质控中心专家委员。曾任中国残疾人康复协会肢体伤残专业委员会委员、中国康复医学会腰椎病专业委员会委员等。上海中医药大学“杏林学者”。荣获上海市卫生系统 14 届银蛇奖，荣获上海市医学科技三等奖 2 项、上海市科技成果 3 项。拥有国家发明专利等授权 3 项。曾先后承担 10 余项国家教育部、国家中管局、上海市科学技术委员会、教育委员会、上海市卫生局、上海市体育局等国家和省部级科研项目。作为主编、副主编出版专著 3 部；发表论文共约 30 余篇，其中 SCI 收录 5 篇。



陈昆，男，42 岁，临床骨科硕士，副主任医师，骨科主任。1994 年 8 月毕业于广州第一军医大学临床医学系，取得学士学位；2007 年 8 月毕业于福建医科大学骨科临床专业，获硕士学位。现为泉州市解放军第 180 医院骨科 20 病区主任，《中国矫形外科杂志》通讯编委，中国康复协会肢残委员会创伤骨科学组委员。2012 年被评选为军队“212”人才工程学科带头人。从事医学临床工作 20 年，对患者满腔热忱，对工作认真细致，对医术精益求精，在骨科创伤救治、脊柱矫形、关节置换领域积累了丰富的临床经验。擅长于总结临床工作经验，具备较强的科研能力，10 年来以第一作者于骨科专业核心期刊发表论文 30 余篇；获国家实用新型专利 2 项；获军队科技进步三等奖 4 项，市科技进步三等奖 2 项，市青年科技奖 1 项，相关研究成果目前已在全国多家医院临床推广应用。



马平，男，45 岁，汉族，甘肃省甘南藏族自治州迭部县人民医院骨科副主任医师。1991 年毕业于西北民族学院临床医疗专业，2000—2001 年在甘肃省人民医院骨科进修学习，2004 年完成兰州大学临床医学专业本科阶段的学习。2009 年晋升骨科副主任医师。从事普外科、骨科临床、教学工作二十余年，对普外、骨科、急诊创伤及危重症抢救具有丰富的临床经验。于核心期刊发表论文 1 篇，国家级论文 3 篇，省级论文 2 篇。



杨华刚，男，副主任医师。1995 年毕业于昆明医学院，1998 年进入云南省第二人民医院创伤中心，从事创伤救治工作 16 年。先后到湘雅二院、北京积水潭医院进修学习骨病和先天后天畸形矫治。对急危重症创伤、多发伤、骨关节损伤救治有丰富的临床经验。尤其擅长于对骨折不愈合，特别是骨折畸形愈合、骨感染、骨缺损的治疗。担任的兼职职务有：中国中西医结合学会骨伤科分会外固定专业委员会委员、中国医疗保健国际交流促进会骨科疾病防治专业委员会委员、云南省老年学会营养学分会委员。出版的著作有：《骨折内固定治疗精要》（副主编）、《颈椎外科学》（参编）等；在《中华创伤骨科杂志》等专业杂志发表论文 10 余篇。

前 言

创伤骨科学作为外科学的重要分支，进步之快可谓前所未有。进入 21 世纪后，又分出了许多亚学科，且有分支更加细化的趋势。

创伤和肿瘤、心脑血管病一起构成人类死亡的三大原因。随着机械化和交通事业的飞速发展，创伤的发生率有增高的趋势，轻者伤及肢体，重者危及生命，成为危害人类健康的杀手。在创伤中致死率最高的是颅脑及胸腹部复合伤，而发生率和致残率最高的却是四肢和脊柱损伤，占全部创伤的 75%~90%，使创伤骨科医生面临严峻的考验和挑战。由于创伤疾病属于急诊范畴，需要经治医生当机立断，妥善处理，这就要求医生不断地更新知识，学习、掌握、应用和推广创伤骨科相关的技术，使肢体伤残者在第一时间里得到正确有效的治疗，用最短的时间恢复肢体的功能，减轻患者的痛苦以及家庭和社会的负担。

基于这种现状，我们组织编写了这本《创伤骨科基础与临床治疗》。期望它能秉承创伤骨科前辈的有益经验，紧跟创伤骨科学日新月异发展的步伐，突出创伤骨科学注重实践的特点。本书既介绍了创伤骨科基础理论和常用技术，又较为详细地阐述了创伤骨科常见疾病的病因、发病机制、诊断及治疗等内容。还介绍了近年来一些新观念、新理论、新技术、新经验在临床上的应用，努力将创伤骨科学基础理论与临床实践相结合。全书内容力求条理清晰，并尽可能做到系统、全面、简洁、新颖、实用，希望能对创伤骨科医师的临床实践有所裨益。

在本书编写过程中，我们尽量做到紧跟国内外骨科创伤疾病诊疗的最新进展，并努力做到准确翔实，但创伤骨科涉及的知识面广，同时新科学、新技术不断涌现，加之编写时间仓促，编者水平有限，本书难免存在不足之处，恳请各位专家、同道批评指正。

编 者

2015 年 6 月

目 录

第一章 骨组织结构与生理	1
第一节 骨的发生	1
第二节 骨的基本结构	7
第三节 骨的血液供应	14
第四节 骨的代谢	17
第五节 骨的钙化与矿质化	21
第二章 创伤骨科常用治疗技术	23
第一节 石膏绷带固定技术	23
第二节 小夹板固定技术	28
第三节 骨科牵引术	30
第四节 骨折手法复位	40
第三章 创伤骨科发展现状与展望	44
第四章 创伤的全身反应及创伤救治系统	50
第一节 创伤失血性休克	50
第二节 多器官功能障碍综合征	62
第三节 创伤严重性的评估	68
第四节 创伤救治模式	71
第五节 损伤控制原则	77
第五章 骨折概述	83
第一节 骨折的定义、成因、分类与骨折段的移位	83
第二节 骨折的生物力学	87
第三节 骨折的临床特征	96
第四节 骨折的急救处理	97
第五节 骨折与康复	98
第六章 骨折外固定	102
第一节 骨外固定发展概述	102
第二节 常用骨外固定支架简介	103
第三节 骨外固定支架的临床应用	109
第七章 骨折内固定	116
第一节 内固定目标及原则	116
第二节 骨折内固定机制	117
第三节 内固定材料	120
第八章 骨移植在骨折治疗中的应用	130
第一节 概述	130

第二节	自体骨移植	132
第三节	同种异体骨移植	135
第四节	异种骨移植	137
第五节	人工骨与骨组织工程	139
第九章	骨折愈合	146
第一节	正常骨折愈合	146
第二节	骨折延迟愈合	149
第三节	骨折畸形愈合	150
第十章	骨不连与骨缺损	153
第一节	骨不连	153
第二节	骨缺损	169
第十一章	上肢损伤	173
第一节	肩胛骨骨折	173
第二节	锁骨骨折	175
第三节	肩关节软组织损伤	181
第四节	肱骨近端骨折	184
第五节	肱骨干骨折	190
第六节	肱骨髁上骨折	193
第七节	尺骨鹰嘴骨折	197
第八节	尺桡骨干双骨折	200
第九节	孟氏骨折	208
第十节	盖氏骨折	210
第十一节	桡骨远端骨折	211
第十二章	手外伤	220
第一节	概述	220
第二节	手部开放性损伤的处理	224
第三节	手部骨与关节损伤	227
第四节	手部肌腱、神经损伤	232
第五节	手部功能康复	234
第十三章	下肢损伤	236
第一节	股骨颈骨折	236
第二节	股骨转子间骨折	245
第三节	股骨干骨折	251
第四节	股骨远端骨折	256
第五节	髌骨骨折	261
第六节	膝关节韧带损伤	267
第七节	半月板损伤	275
第八节	胫骨平台骨折	279
第九节	胫骨远端 Pilon 骨折	286

第十节 胫腓骨骨折	289
第十一节 踝关节损伤	291
第十四章 足部损伤	297
第一节 概述	297
第二节 距骨骨折脱位	298
第三节 跟骨骨折	301
第四节 跖跗关节损伤	304
第五节 其他足部损伤	306
第十五章 骨盆损伤	310
第一节 骨盆骨折	310
第二节 髌臼骨折	321
第十六章 关节脱位	330
第一节 概述	330
第二节 胸锁关节脱位	331
第三节 肩锁关节脱位	333
第四节 肩关节脱位	335
第五节 肘关节脱位	341
第六节 桡骨头半脱位	345
第七节 髋关节脱位	346
第十七章 周围神经损伤	352
第一节 概述	352
第二节 臂丛神经损伤	357
第三节 上肢神经损伤	359
第四节 下肢神经损伤	363
第五节 医源性周围神经损伤	366
第十八章 开放性骨折与关节损伤	372
第一节 开放性骨折	372
第二节 开放性关节损伤	383
第十九章 多发性骨与关节损伤	385
第二十章 断肢和断指再植	393
第一节 断肢再植	393
第二节 断指再植	402
第二十一章 拇指缺损功能重建	412
第一节 概述	412
第二节 拇指再造手术方法	414
第二十二章 脊髓损伤	422
第二十三章 上颈椎损伤	432
第一节 寰枕关节脱位	432
第二节 寰椎骨折	434

第三节	齿突骨折	437
第四节	枢椎椎体骨折	438
第五节	Hangman 骨折	440
第六节	寰椎横韧带损伤	443
第七节	寰枢关节脱位	446
第二十四章	下颈椎损伤	448
第一节	单纯椎体楔形压缩骨折	448
第二节	椎体爆裂性骨折	449
第三节	单侧小关节脱位	450
第四节	双侧小关节脱位	451
第五节	颈椎前半脱位	453
第六节	颈椎过伸性损伤	454
第七节	颈椎附件骨折	455
第八节	下颈椎损伤常用手术治疗	458
第九节	无脊髓损伤的颈椎骨折脱位	465
第二十五章	胸腰椎骨折脱位	467
第二十六章	骶骨骨折	482
第二十七章	人工髋关节置换	487
第一节	人工全髋关节置换术	487
第二节	微创全髋关节置换术	496
第二十八章	人工膝关节置换	500
第一节	人工全膝关节置换术	500
第二节	微创人工全膝关节置换术	505
第二十九章	微创技术在创伤骨科中的应用	510
第一节	微创技术在创伤骨科领域中的应用概述	510
第二节	微创技术在创伤骨科领域中的发展前景与临床意义	513
第三十章	关节镜下微创治疗关节内骨折	517
第一节	关节镜下复位固定治疗肱骨大结节骨折	517
第二节	股骨髁骨折关节镜微创手术	520
第三节	髌骨骨折经皮空心螺钉固定	521
第四节	胫骨平台骨折关节镜微创手术	523
第五节	胫骨髁间嵴骨折关节镜微创手术	525
第六节	踝关节骨折关节镜微创手术	528
参考文献		532

第一章 骨组织结构与生理

第一节 骨的发生

一、概述

胚胎在宫内最初几周,经过囊胚期和原肠胚期,逐渐产生雏形,发生头、躯干和形成肢芽的外隆凸。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,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素的影响,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,而后被其他类型的细胞所替代,骨髓与干骺端交界处原发性骨松质的形成就是如此。

二、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。然后,基质沉积在细胞之间。这种基质含有原纤维,原纤维是特有的一种类型,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。

三、骨的形成

自第1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先有原发性骨环形成,其后血管侵入,形成初级骨化中心,初级骨化中心将成为骨干和干骺端;②以后,骺部血管组织间接地骨化,形成次级骨化中心。骺与骨干交界处称为生长板,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。软骨内成骨和膜内成骨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。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。

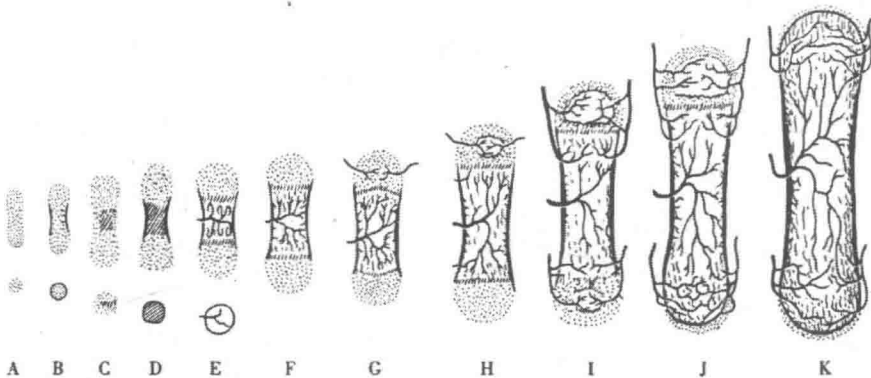
（二）软骨成骨

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（图 1-1）。



注：A. 软骨雏形；B. 骨膜环出现；C. 软骨骨化中心；D. 软骨骨化继续进行；E. 血管间叶组织长入，骨化软骨逐渐吸收，软骨雏形两端新骨沉积；F. 软骨内骨化继续进行，逐渐增加了骨的长度；G. 血管和间叶组织长入骺软骨上端；H. 骺软骨骨化中心发生；I. 下端骺软骨骨化中心发生；J、K. 下端骺软骨先消失，然后上端消失，骨的纵向生长停止，骨髓腔形成，骨干、干骺端和骨髓血管互相交通

图 1-1 典型长骨发生

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。

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。

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。

四、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, 与脊索和节状排列有密切关系。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, 向前外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, 间叶原基开始出现软骨成骨中心, 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和骨骺。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，即棘突尖、两个横突、两块环状骨骺（图 1-2）。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）。在峡部不连或脊椎滑脱症患者，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。

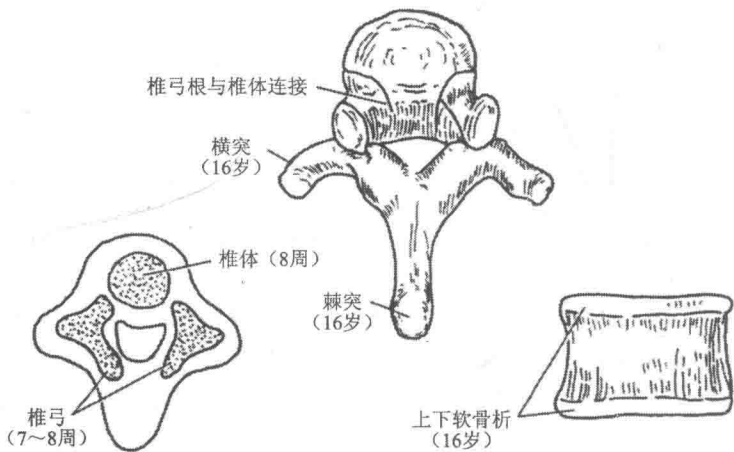


图 1-2 椎体的发生

五、肋骨的发生

肋骨起源于肋骨突。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，然而远端接近胸部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，肋骨突参与翼的形成。

六、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、剑突呈分权状。

七、四肢骨骼的形态形成

随着原节形成,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。四肢骨骼直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干,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。一部分成为关节软骨,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,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,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,骨干与干骺端融合,长骨的纵向生长则停止。

在小短管状骨,如指、趾、掌、跖骨,最初有两个盘状骨骺,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,不起骨生长作用。

从骨骺向生长板的骨干端伸延,可分辨出以下 4 个区(图 1-3):

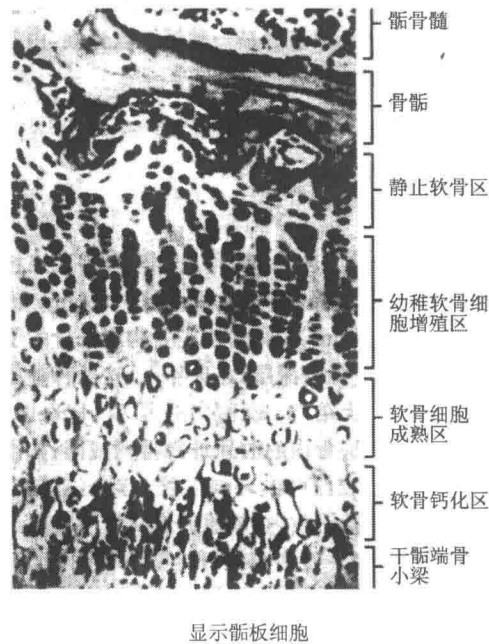


图 1-3 豚鼠胫骨上端纵切面

1. 静止软骨区

此区紧靠骨骺，中等大小的软骨细胞，分散在整个软骨的细胞间组织中。在某些部位，含有营养血管的腔隙使骨与软骨分隔开来。在这个平面，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。

2. 幼稚软骨细胞增殖区

幼稚软骨细胞增殖区为堆积呈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

软骨细胞成熟区含有软骨细胞，仍以柱状排列。软骨细胞逐渐成熟与增大，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

此区很薄，仅由一层或几层细胞构成，直接附着于骨干的骨面。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。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，或者由一些软骨细胞不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,即所谓干骺端。

在成骨区出现的同时,骨干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,与股骨头呈髌关节。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,又可分为不动关节和可动关节两种。

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、软骨联合和骨性联合三种。

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,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。

(周军杰)

第二节 骨的基本结构

骨的基本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。

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、成骨细胞又称骨母细胞和破骨细胞。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,它们主要为间叶细胞,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

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,是由骨内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。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上由粗面内质网占据,形成一些被核糖体附着的膜状管,游离核糖体较易观察。膜性内质网迷路包围胱蛋白。胱蛋白是由核糖体直接合成的。粗面内质网膜能从血浆膜附着点中找出,并能查到核膜。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,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。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。用微探针分析这些密集的颗粒,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是氧化加磷氧基作用的部位,其后产生ATP。第二个重要的功能现在才认识到,即线粒体具有从细胞质中清除钙离子的功能。线粒体的钙通过和磷的共同沉淀,形成线粒体颗粒。这种重要的功能,使细胞质内的钙水平调节在 $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{mol/L}$ 的正常范围内。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(PTH),能引起进入细胞的钙增加,并随之有线粒体颗粒的数目的增加。邻近正矿质化基质的骨母细胞,有线粒体颗粒的增加,而邻近完全矿质化的基质区则较少。被严重破坏的细胞,显示出线粒体颗粒的聚集而引起细胞的钙化。接受X线照射的靶细胞可以钙化,可能是因细胞膜破裂后线粒体过多所致。在某些细胞,钙沉积是沿着嵴表面,而不是在分散的颗粒内。通过电子显微镜图像表明,骨母细胞具有产生细胞间质中纤维和黏多糖蛋白的作用,认为在细胞内合成过程与成纤维细胞或软骨细胞相似。新的细胞间质不断产生,并经过钙化而形成骨质,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。标记研究显示,成骨细胞转变为骨细胞的过程需3~5天。

(二) 骨细胞

骨细胞是骨组织中的主要细胞,被认为是在成骨细胞谱系中最为成熟和终极分化细胞。资料表明:骨细胞不但参与骨形成与骨吸收,而且在传导信号和启动骨更新修复过程中起重要作用。对骨内微细骨折具有修复作用,从而可防止疲劳性骨折的发生,维持骨结构的完整性。它包埋在坚硬的细胞间质腔隙中,此腔隙称作骨陷窝。骨细胞的胞体