

实用临床骨科 常见病诊疗学

PRACTICAL DIAGNOSIS AND THERAPEUTICS
OF COMMON DISEASES
IN CLINICAL ORTHOPAEDICS

总主编 侯军华



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

实用临床骨科常见病诊疗学

总主编 侯军华



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

图书在版编目 (CIP) 数据

实用临床骨科常见病诊疗学 / 侯军华等编著. —西安:
西安交通大学出版社, 2014. 10 (2015年5月重印)

ISBN 978-7-5605-5555-3

I. ①实… II. ①侯… III. ①骨疾病—常见病—诊疗
IV. ①R68

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第238000号

书 名 实用临床骨科常见病诊疗学
总 主 编 侯军华
责任编辑 张沛烨 高 凡

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.xjtupress.com>

电 话 (029) 82668805 82668502 (医学分社)
(029) 82668315 (总编办)

传 真 (029) 82668280

印 刷 北京京华虎彩印刷有限公司

开 本 889mm×1194mm 1/16 **印张** 30.75 **字数** 980千字

版次印次 2014年10月第1版 2015年5月第2次印刷

书 号 ISBN 978-7-5605-5555-3/R•649

定 价 198.00元

读者购书、书店填货、如发现印装质量问题, 请通过以下方式联系、调换。

订购热线: (029) 82668805

读者信箱: medpress@126.com

版权所有 侵权必究

编 委 会

总主编 侯军华

主 编 侯军华 沈烈峰 刘泽智
何振东 李 俊 许大勇

副主编 (按姓氏笔画排序)

王 鹏 王新江 田 鹏 刘清晨
孙长林 吴希林 苟新源 徐 丛
聂文波 贾 潇 鲍运平

编 委 (按姓氏笔画排序)

王 鹏 (郑州大学附属郑州中心医院)
王新江 (河南省洛阳正骨医院)
田 鹏 (河北省保定市解放军252医院)
刘泽智 (山东省诸城市人民医院)
刘清晨 (河北省宽城满族自治县医院)
孙长林 (河北省秦皇岛市青龙满族自治县医院)
许大勇 (河南省中医院)
李 俊 (湖北省襄阳市中心医院)
吴希林 (湖北省阳新县人民医院)
何振东 (甘肃省山丹县人民医院)
沈烈峰 (山东省章丘市人民医院)
苟新源 (兰州中医骨伤科医院)
侯军华 (山东省博兴县人民医院)
徐 丛 (河北省承德医学院附属医院)
聂文波 (湖北省应城市人民医院)
贾 潇 (甘肃省中医院)
鲍运平 (长江大学医学院)



侯军华

男，骨科医师，从医16年。在《中华骨科杂志》发表《改良膝关节穿刺方法》等国家级、省级刊物发表论文8篇；2003年《足背岛状V-Y推进皮瓣修复踝前软组织缺损》获得滨州市科技进步一等奖；2005年《改良膝关节穿刺方法》获得滨州市科技进步一等奖等滨州市科技进步奖5项，滨州市星火奖2项，2005年被评为滨州市星火科技青年；先后获博兴县科技进步奖多项。

沈烈峰



男，1969年12月出生，副主任医师，骨科主任，1993年毕业于青岛医学院临床医学专业。从事骨科临床工作二十余年，擅长脊柱关节疾病、创伤骨折的手术治疗，在腰椎间盘突出微创治疗方面有独到见解，曾在国家级刊物发表《经皮后路椎间盘镜下手术治疗腰椎间盘突出症》等论文十余篇，参编骨科著作一部，曾获济南市青年医师技术比赛一等奖，并获山东省青年岗位能手、济南市技术创新能手等荣誉称号。

刘泽智



男，1977年4月出生，主治医师，2000年毕业于山东中医药大学骨伤专业。毕业后分配至诸城市人民医院，一直从事临床工作。从事骨科临床工作十余年，有丰富的临床实践经验，精通本专业的系统理论知识，在创伤、脊柱、骨折闭合复位方面有丰富造诣。擅长治疗髌、膝、肘等关节周围骨折，老年髌部骨折、脊柱骨折，在骨折闭合复位固定方面有丰富的临床经验，同时对颈椎病、腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症的治疗有一定的临床经验。获得潍坊市科技进步二等奖一项。发表国家级学术论文3篇。

前 言

骨科学是研究运动系统疾病的科学,是一门专业性很强的古老学科。它内容丰富、涉及面广,是多学科结合的一门综合学科。近几十年来,中国骨科以全新的面貌、独特的学术观点及临床实践展现在世界的科技之林,为我国医学学科的建设 and 人类的健康作出了贡献。近年来,骨科学取得了飞速发展,不仅疾病的构成发生了变化,而且有许多新的分支融入这个领域。为此,我们认真总结了自身多年的临床工作经验,并结合目前国内外研究的趋向,特编撰了《实用临床骨科常见病诊疗学》一书。

本书共十七章,前八章重点介绍了骨科学的基础知识与基本技术,包括骨的发生和正常结构、骨与关节的生物力学、创伤后全身反应、创伤后全身并发症、骨科物理检查、常用诊断技术、常用治疗方法及骨科常用微创技术;后九章以骨折、关节脱位、骨骺损伤、周围神经及外周血管损伤、脊柱疾病、肌腱及韧带滑膜病变、骨与关节感染性疾病、骨与关节肿瘤和小儿先天性骨科疾病为纲,详细阐述了骨科临床常见病、多发病的临床诊疗情况。在本书的编写过程中,我们力求做到通俗易懂、深入浅出、突出重点、涉及面广、实用性强,使其适于从事骨科、骨伤科、康复、护理及相关学科的临床和研究人员阅读参考。

由于我们的知识水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大同仁及读者不吝斧正。

《实用临床骨科常见病诊疗学》编委会

2014年2月

目 录

第一章 骨的发生和正常结构	(1)
第二章 骨与关节的生物力学	(9)
第三章 创伤后全身反应	(25)
第一节 脏器反应	(25)
第二节 血液循环反应	(26)
第三节 内分泌系统反应	(26)
第四节 神经系统反应	(29)
第五节 免疫系统反应	(29)
第六节 代谢反应	(31)
第七节 创伤性休克	(32)
第四章 创伤后全身并发症	(37)
第一节 脂肪栓塞综合征	(37)
第二节 急性肾衰竭综合征	(39)
第三节 多器官功能衰竭	(43)
第四节 挤压综合征	(45)
第五节 骨筋膜室综合征	(46)
第六节 急性呼吸窘迫综合征	(48)
第五章 骨科物理检查	(52)
第一节 临床基本检查	(52)
第二节 各部位检查	(55)
第三节 神经反射检查	(68)
第六章 骨科常用诊断技术	(72)
第一节 X线检查	(72)
第二节 X线造影检查	(75)
第三节 穿刺检查	(80)
第四节 活体组织检查	(83)
第五节 神经电生理检查	(84)
第六节 CT检查	(87)
第七节 磁共振检查	(94)

第七章 骨科常用治疗方法	(99)
第一节 手法整复	(99)
第二节 小针刀疗法	(102)
第三节 针灸疗法	(105)
第四节 骨折的外固定	(107)
第五节 骨折的内固定	(116)
第六节 牵引技术	(120)
第八章 骨科常用微创技术	(124)
第一节 微创技术在骨科中的应用	(124)
第二节 经皮微创接骨术	(125)
第三节 肩关节镜	(127)
第四节 肘关节镜	(131)
第五节 腕关节镜	(136)
第六节 髋关节镜	(140)
第七节 膝关节镜	(146)
第九章 骨折	(160)
第一节 概 述	(160)
第二节 锁骨骨折	(169)
第三节 肩胛骨骨折	(173)
第四节 肋骨骨折	(177)
第五节 胸骨骨折	(180)
第六节 肱骨近端骨折	(182)
第七节 肱骨干骨折	(183)
第八节 肱骨髁上骨折	(187)
第九节 桡骨头骨折	(194)
第十节 尺骨鹰嘴骨折	(196)
第十一节 桡尺骨干双骨折	(199)
第十二节 腕舟骨骨折	(202)
第十三节 骨盆骨折	(203)
第十四节 髌臼骨折	(208)
第十五节 股骨颈骨折	(215)
第十六节 股骨转子间骨折	(220)
第十七节 股骨干骨折	(225)
第十八节 股骨髁上骨折	(229)
第十九节 髌骨骨折	(232)
第二十节 胫骨平台骨折	(236)

第二十一节 胫腓骨骨干骨折.....	(240)
第二十二节 胫骨远端骨折.....	(243)
第二十三节 距骨骨折.....	(246)
第二十四节 跟骨骨折.....	(247)
第十章 关节脱位.....	(259)
第一节 概 述.....	(259)
第二节 肩关节脱位.....	(261)
第三节 肘关节脱位.....	(264)
第四节 腕关节脱位.....	(270)
第五节 髋关节脱位.....	(274)
第六节 膝关节脱位.....	(280)
第七节 踝关节脱位.....	(283)
第八节 颞颌关节脱位.....	(286)
第九节 肩锁关节脱位.....	(287)
第十节 掌指关节脱位.....	(293)
第十一节 指间关节脱位.....	(293)
第十二节 髌骨脱位.....	(294)
第十一章 骨骺损伤.....	(297)
第十二章 周围神经及外周血管损伤.....	(301)
第一节 桡神经损伤.....	(301)
第二节 臂丛神经损伤.....	(302)
第三节 正中神经损伤.....	(303)
第四节 坐骨神经损伤.....	(304)
第五节 股神经损伤.....	(306)
第六节 锁骨下动脉损伤.....	(307)
第七节 肱动脉损伤.....	(307)
第八节 股动脉损伤.....	(308)
第十三章 脊柱疾病.....	(311)
第一节 颈椎疾患.....	(311)
第二节 胸椎疾患.....	(323)
第三节 腰椎疾患.....	(332)
第四节 脊椎脊髓损伤.....	(346)
第十四章 肌腱及韧带滑膜病变.....	(367)
第一节 肩周炎.....	(367)
第二节 滑囊炎.....	(369)
第三节 肱骨外上髁炎.....	(372)

第四节	腱鞘炎·····	(372)
第五节	膝内侧副韧带损伤·····	(374)
第六节	膝外侧副韧带损伤·····	(375)
第十五章	骨与关节感染性疾病·····	(377)
第一节	化脓性关节炎·····	(377)
第二节	化脓性骨髓炎·····	(380)
第三节	外伤性骨关节感染·····	(388)
第四节	痛风性关节炎·····	(389)
第五节	强直性脊柱炎·····	(392)
第六节	风湿性关节炎·····	(396)
第七节	类风湿关节炎·····	(398)
第八节	骨与关节结核·····	(405)
第十六章	骨与关节肿瘤·····	(425)
第一节	脊索瘤·····	(425)
第二节	骨巨细胞瘤·····	(427)
第三节	成骨源性肿瘤·····	(430)
第四节	成软骨源性肿瘤·····	(441)
第五节	骨盆肿瘤·····	(446)
第六节	脊柱肿瘤·····	(448)
第十七章	小儿先天性骨科疾病·····	(454)
第一节	脊柱脊髓畸形和形成异常·····	(454)
第二节	先天性脊柱裂·····	(455)
第三节	先天性巨指畸形·····	(458)
第四节	先天性拇指狭窄性腱鞘炎·····	(461)
第五节	先天性拇指发育不良·····	(462)
第六节	先天性尺桡骨融合·····	(464)
第七节	先天性踝关节畸形·····	(465)
第八节	先天性足畸形·····	(467)
第九节	先天性跖趾畸形·····	(473)
第十节	先天性髋关节脱位·····	(475)
第十一节	先天性马蹄内翻足·····	(478)
参考文献 ·····		(482)

第一章 骨的发生和正常结构

骨是体内坚硬的器官,由骨组织、骨膜、骨髓及血管神经等构成。成人骨有 206 块,骨与骨之间借关节及韧带連結成骨骼。骨骼形成人体的支架,具有支撑体重和保护作用。当骨骼肌收缩时,可起杠杆作用,从而产生运动。骨还是体内最大的钙库,与钙、磷代谢密切相关,骨内含有骨髓,具有重要的造血功能。

一、骨的形态和结构

(一)骨的形态

由于所在部位和功能的不同,骨有不同的形态。通常按骨的不同形态特点分为以下 4 种。

1. 长骨

长骨分布于四肢,呈长管状,中间为骨干,内为髓腔。骨干的一定部位常有供血管和神经出入的滋养孔。骨的两端为骨骺,与邻骨相连关节处的表面覆有光滑的关节软骨。骨骺与骨干的连接部分称为干骺端。幼年时期,干骺端和骨干之间是一层具有分裂增殖能力的软骨细胞构成的骺板,又名生长板。到成年期,骺板骨化,长骨即不能再增长,此时的骨骺与骨干相互愈合,原骺板处仅遗留一条称骨骺线的线状痕迹。骨外表面覆盖骨膜。

2. 短骨

短骨能承受较大的压力,多成群地分布在承受重量而运动较复杂的部位,如腕部和踝部,一般呈立方形,有多个关节面,与相邻骨构成多个骨连接。

3. 扁骨

扁骨分布于头部、胸部和盆部等处,常围成体腔,支持,保护腔内重要器官。

4. 不规则骨

多分布于身体中轴部,外形不规则。有些不规则骨内具有天然含气的腔,称为含气骨,如上颌骨、筛骨、额骨等。骨内的含气腔主要与发音共鸣有关,同时也起到减轻重量的作用。

此外,尚有发生于某些肌腱内的籽骨,其体积一般甚小,多呈卵圆形,在运动中起减少摩擦和改变施力方向的作用。髌骨是人体最大的籽骨。

(二)骨的结构

成人新鲜骨比重约 1.87~1.97,坚硬而有弹性。每一块骨都是一个活的器官,其形态结构随年龄、营养、健康状态和社会环境的变化而不断发生着改变。一块完整的活骨是由骨质、骨膜和骨髓及其血管和神经所组成。

1. 骨质

骨质是骨的主要成分,有骨密质(又称密质骨)和骨松质(又称松质骨)两种形式,它们的主要差别在于骨板的排列方式和空间结构不同。

(1)骨密质:骨密质是骨表面的坚硬骨质,通常由多层厚约 $5\sim 7\text{ }\mu\text{m}$ 的骨板紧密排列而成,质地致密,抗压、抗扭曲力强。除分布于各骨的表面,骨密质还主要存在于长骨骨干。典型的长骨骨干骨密质以 3 种不同的排列方式形成 3 层结构:①外环骨板:为骨最外面的一层,由数层骨板环绕骨干排列而成,其外面与骨外膜紧密相连。在外环骨板中可见与骨干垂直的伏克曼管,又称穿通管,穿行其间,骨外膜的小血管即经此管进入骨内。②内环骨板:为最里面的一层,由靠近骨髓腔的数层骨板环绕骨干排列而成。由于骨髓腔面凹凸不平,形态不规则,故内环骨板的排列也不太规则。内环骨板的最内面覆有骨内膜,与骨干垂直

的伏克曼管也穿行该层。③哈佛系统:又称骨单位,位于内、外环骨板之间,是构成骨密质的主要成分,也是骨干的主要结构单位。每个骨单位都由位于中心的纵行小管——哈佛管,又称中央管及其周围呈同心圆排列的5~20层骨板组成。骨单位的长轴与骨干的长轴平行,骨单位之间还有横向的分支互相连接。

骨单位和骨单位之间是一些缺少哈佛管且形状不规则的间骨板,它们是骨不断改建而遗留下的陈旧骨单位,在任何年龄的长骨切片中都可观察到。骨间板无血管分布,其骨细胞常坏死而遗留下中空的骨陷窝被沉积的钙盐或细胞碎屑填充。

(2)骨松质:骨松质存在于长骨干骺端和其他类型骨的内部,由许多针状或片状的骨小梁交织排列而成,结构疏松,呈海绵状,其网状孔隙中充满红骨髓。构成骨松质的骨小梁看似杂乱无章,实际上它们都是按其承受力的方向有规律地排列的。和骨密质一样,骨松质也由平行排列的骨板构成,只是其骨板层次少,没有或仅有少数不完整的骨单位。本身无血管分布,骨组织的营养主要依靠骨髓腔的滋养动脉供应。

2. 骨膜

除关节面外,骨的内、外表面均被覆着骨膜。依其所覆盖部位的不同,通常把骨膜分为骨外膜和骨内膜。

(1)骨外膜:骨外膜即被覆在骨外表面的骨膜,分为内、外2层。外层为纤维层,较厚,主要由致密结缔组织构成。纤维粗大而密集,部分胶原纤维可穿入外环骨板,称穿通纤维,起固定骨膜和韧带的作用。在纤维束内有血管和神经穿行,它们沿途分支并经内层深入伏克曼管。外层的细胞成分少且多数为位于外表面的成纤维细胞。内层为成骨层,与骨质紧密相贴,胶原纤维少,排列疏松,富含小血管及神经。与外层最大的不同是,内层细胞成分多,且主要为具有高活性的间充质细胞。可分化为骨原细胞及成骨细胞参与骨的生长。

从胚胎到幼年期,骨的生长迅速,骨膜内层细胞多而活跃;成年后,内层细胞多变为梭形,处于静止状态。当骨受损伤或骨膜被人为剥离时,这些处于静止状态的间充质细胞可重新活跃并向成骨细胞转化。可见,在骨生长及骨的创伤修复过程中,内层的间充质细胞起着重要的作用。通常认为,骨外膜内层的间充质细胞在幼年时期转化为成骨细胞的能力较强,老年时期较弱。但有学者通过实验提出相反的观点,认为老年时期骨外膜内层的间充质细胞向成骨细胞的转化能力与其他各年龄段相比并无明显差异。

早在100多年前,就有学者开始进行骨膜移植,利用其内层间充质细胞的成骨转化特性促进骨形成,加速骨折愈合和骨缺损的修复。但在显微外科技术尚未发展以前,移植的骨膜缺乏血供,往往起不到成骨作用,而是逐步被吸收。1978年,Finley用狗进行了吻合血管的骨膜移植实验,将狗的肋骨骨膜移植到其长5cm的胫骨-骨膜缺损区并重建血供,结果该处长出了功能性新骨,并获得骨性连接。此后,不论是骨(膜)瓣还是单纯的骨膜瓣,其吻合血管的游离移植或转位修复骨缺损开始逐步过渡到临床并得到迅速发展。有学者对长骨骨膜供血区进行研究后指出,切取骨膜后对骨的血供无不良影响,供区的骨面还可再生新的骨膜,而且新生的骨膜同样具有成骨作用。

近年来,许多学者开始致力于从骨外膜分离培养具有成骨功能的细胞又将其应用于骨损伤治疗的研究,取得了一定的进展。Moskalewski(1983年)培养从大鼠颅骨骨外膜分离而来的细胞发现,这些细胞可长成两种集落,一种为成纤维细胞样集落,另一种为上皮细胞样集落,认为前者来源于骨膜外层,后者则来源于内层,但两者均有成骨作用。将培养的细胞植入大鼠胫骨后肌内,数天后出现小的骨岛并最终形成硬骨块。此后,一些学者将培养的骨膜细胞与载体结合应用于骨折和骨缺损的修复也获得了成功。

(2)骨内膜:骨内膜是被覆在骨髓腔面、骨小梁表面、哈佛管和伏克曼管内表面的结缔组织膜,纤维细而少,细胞常排列成一层,形如单层扁平上皮。这些细胞和骨外膜内层细胞一样,也是具有成骨潜能的间充质细胞。终生保持成骨潜能,当骨受到损伤时,骨内膜细胞可以恢复成骨能力,与骨外膜内层的细胞一起参与骨的修复。

3. 骨髓

骨髓存在于骨松质腔隙和长骨髓腔内,由多种类型的细胞和网状结缔组织构成,根据其组织形态和功能不同可分为红骨髓和黄骨髓。

(1)红骨髓:红骨髓是人体的造血器官,主要由丰富的血窦和血窦之间的造血组织构成,含有各系不同发育阶段的血细胞。初生时期,骨内充满的全部都是红骨髓,具有活跃的造血功能。成年后,红骨髓则主要存在于一些扁骨、不规则骨和长骨的骨髓,其中以椎骨、胸骨和髌骨处最为丰富,造血功能也最为活跃。成年人所有的红细胞、粒细胞、血小板和部分淋巴细胞都来自红骨髓。

除造血功能之外,红骨髓还有防御、免疫和创伤修复等多种功能。

红骨髓的防御功能来自其中具有活跃吞噬能力的巨噬细胞。当病原微生物或异物进入体内时,红骨髓中的巨噬细胞可将其吞噬并清除。

红骨髓的免疫功能体现在细胞免疫和体液免疫两方面。细胞免疫由 T 淋巴细胞完成,体液免疫由 B 淋巴细胞完成。虽然正常骨髓组织中原淋巴细胞和幼淋巴细胞极少,但具有免疫功能的 T 淋巴细胞是骨髓的造血干细胞迁入胸腺内分化发育而成;B 淋巴细胞在骨髓中发育约 20 d,成为成熟的 B 淋巴细胞,然后穿过血窦进入血液,随血流分布到脾、淋巴结等周围淋巴器官,受激活时可转化为浆细胞,进而产生大量具有抗原特异性的免疫球蛋白发挥其体液免疫功能。

红骨髓的创伤修复功能主要缘于其中的幼稚间充质细胞,它们保留着向成纤维细胞、成骨细胞等分化的潜能。骨髓中的这些非造血细胞通常又称为骨髓基质细胞。如血窦周围未分化的网状细胞,它在适当刺激下可分化为骨原细胞,参与骨创伤的修复过程。近年来,已有学者从骨髓基质细胞中成功分离培养出成骨细胞并传代扩增,利用地塞米松诱导骨髓基质细胞向成骨细胞分化,并激活其碱性磷酸酶活性,当在培养基中加入 β -甘油磷酸钠作为碱性磷酸酶的底物促进钙盐沉积时,可使培养的成骨细胞在体外形成钙结节。一些学者利用红骨髓或经体外培养的骨髓基质细胞植入骨折及骨缺损处,证实它们可促进骨组织形成,有利于骨折的愈合和骨缺损的修复。

(2)黄骨髓:黄骨髓含大量的脂肪组织,没有造血功能。大约从 5 岁开始,长骨的骨髓腔内开始出现黄骨髓,到 18 岁以后,全身长骨的骨髓腔内的红骨髓几乎被黄骨髓取代。黄骨髓虽然没有造血功能,但其中仍含有少量幼稚的造血细胞团,保持着造血潜能。在某些病理状态下,如患严重贫血症时,黄骨髓可以重新转化为具有造血功能的红骨髓。

(三)骨的组织结构

从发生学和组织构成上来看,骨属于结缔组织的范畴,是一种坚硬的结缔组织,由大量钙化的细胞间质及多种细胞构成。钙化的细胞间质称为骨质或骨基质,细胞则有骨原细胞、成骨细胞、骨细胞和破骨细胞 4 种。

1. 板层骨和非板层骨

无论是骨密质还是骨松质,所有成熟的骨组织都由板层骨构成,而尚未成熟的骨组织则由非板层骨构成。

(1)非板层骨:又称交织骨。主要特征是骨细胞较幼稚,构成骨胶原的纤维束排列如编织状。交织骨有大而不规则的囊状间隙,被不同厚度的骨小梁分隔。骨小梁内胶原纤维束较粗,排列无一致的方向而呈相互编织状。基质中骨细胞分布杂乱。血管无方向性,从陷窝伸出的骨小管较板层骨少,但互相交织,导入血管。一般可根据所含血管的大小和多少将交织骨分为骨松质和骨密质,前者常见于修复组织如骨痂,后者常见于发育中的长骨骨干。

(2)板层骨:由很多骨板构成,与交织骨最大的不同是构成板层骨的骨细胞已成熟且分布规律,与血管走行方向明显相关;骨基质所含的胶原纤维较细,但排列有序,多互相平行成层状排列。板层骨中,骨板以同心圆排列的方式层层围绕血管形成哈佛系统,其间的间骨板为旧的哈佛系统被改建后的遗迹;骨细胞陷窝呈同心层排列,骨小管互相交通呈放射状。根据所含血管间隙的大小及软组织多少,板层骨也分为骨松质和骨密质。

骨的形成最初是以交织骨的形式出现的,如胚胎骨形成,骨折愈合、异位骨化等都以此为先导,但交织骨不如板层骨组织机化程度高,因而寿命相对短促,其出现也是暂时的,迟早要被吸收而为板层骨所取代。

2. 骨基质

骨基质又称骨质,实际上就是骨的细胞间质,由有机质和无机质 2 种成分构成。骨基质中水分极少,仅占骨湿重的 8%~9%。有机质由骨细胞分泌而来,主要为大量的胶原纤维(约占有机质的 95%)和少量无定形的基质。无机质主要为钙盐,主要成分是羟基磷灰石结晶 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 。胶原纤维的抗压性和弹性均较差,羟基磷灰石结晶则脆而易碎,但两者结合在一起后其性质便发生了根本的变化。使骨组织既具有坚实的强度又具备了足够的弹性,机械性能和生理功能都得到极大的提高,成为人体理想的结构材料。

骨基质中的有机质和无机质的比例随年龄而发生改变。幼儿骨组织中两者大约各占骨干重的一半;成年时,有机质约占骨干重的 1/3,无机质则占 2/3;老年时,在有机质和无机质都逐渐减少的情况下,无机质所占比例进一步增加。与此相对应,幼儿的骨柔韧易变形,遭遇暴力时可能折而不断,发生青枝状骨折;老年人的骨多变硬变脆,弹性模量下降,抗冲击力下降,再加上老年性骨质疏松,较易发生骨折。

(1)骨的有机质:骨的有机质中,主要成分为成骨细胞合成分泌的胶原纤维,即通常所称的骨胶原,其中含大量的 I 型胶原蛋白和极少量的 V 型胶原蛋白。从形态上观察,骨胶原纤维可分为 2 类:一类是粗纤维,主要存在于交织骨;另一类是细纤维,主要存在于板层骨。随着骨代谢不断进行,骨胶原也不断进行裂解、降解和合成的新陈代谢过程。

构成骨胶原的胶原纤维由多种氨基酸组成,其蛋白分子之间存在较多的分子间交联。它与其他胶原的最大不同在于,它在稀酸溶液中不膨胀,可溶解其他胶原的溶剂(如中性盐和稀酸溶液等)不能使它溶解,这些特性为使用稀盐酸等稀酸溶液制备脱钙骨奠定了材料学基础。

骨的有机质中还有一贯无固定形态的,呈胶体状的复杂物质,主要包括蛋白多糖类、骨钙素、骨结合素、细胞连接蛋白等非胶原蛋白。近年来的研究发现,骨内还存在许多可能具有调节骨细胞活性的生长因子,如转化生长因子 $\beta 1$ (TGF- $\beta 1$)、转化生长因子 $\beta 2$ (TGF- $\beta 2$)、血小板衍生生长因子(PDGF)、内皮细胞生长因子、胰岛素样生长因子 I 和 II(IGF-1, IGF-II)以及骨形态发生蛋白(BMP)。BMP 在骨组织中含量极微,每克骨组织仅含 1~2 ng。从氨基酸序列看,BMP 是转化生长因子- β 家庭的成员,约有 30% 的氨基酸与转化生长因子 β 同源。1965 年,Urist 就通过骨基质肌内种植引发异位成骨的实验发现了 BMP 的存在,但对 BMP 的蛋白质纯化和基因的克隆直到 20 世纪 80 年代才完成。经过多年的基础研究和临床实验,现已证实,BMP 具有诱导多种未分化或未成熟细胞如骨原细胞、骨髓基质细胞、多能成纤维细胞和成肌细胞等分化为成骨细胞的能力,能极大地促进骨折和骨缺损部的骨形成,近年来在骨科、口腔科和整形外科中得到日益广泛的应用。

(2)骨的无机质:骨的无机质又称无机盐,约占骨密质干重的 75%,其成分主要是由钙、磷酸根和羟基结合而成的羟基磷灰石结晶 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$,其内部构造可用晶胞单位表示。在整个结晶中,晶胞单位重复同样的排列和比例,故其分子式被书写为 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$,而非 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ 。电镜下,羟基磷灰石结晶呈针状、柱状或板状,厚度 2.5~7.5 nm,宽度 3~7.5 nm,长度 10~20 nm,但后者变化较大,可达 200 nm。晶体运动或压力改变可在骨内产生压电。实验发现,造成骨变形可引出电流,电负荷可改变骨的结构,而直流电则对骨形成有促进作用,这也正是临床上在骨折局部施以直流电刺激,促进骨折愈合的理论基础。

3. 骨的细胞

生长活跃的骨组织中,大致可分辨出 4 种骨细胞,即骨原细胞、成骨细胞、骨细胞和破骨细胞。长期以来,上述 4 种细胞被认为是同一类细胞的不同功能状态,相互间可以转变,但近年来,越来越多的证据表明,破骨细胞是来源于血液中的单核细胞,而非原以为的成骨细胞。

二、骨的血液供应

充足的血液供应,是骨组织得以进行正常的生长发育和创伤修复的基础。骨的血供因其种类不同,其血供的来源和分布亦有所不同。

(一)长骨的血供

长骨的血供规律性较强,其来源主要可归为4个既相对独立又相互联系的动脉系统,即滋养动脉、骨端动脉(骺动脉和干骺动脉)、骨膜动脉和肌、肌腱及筋膜动脉系统。

1. 滋养动脉

滋养动脉由邻近的动脉干发出,多为1~2条,通常斜穿骨干的滋养孔(管)进入骨内。滋养动脉在滋养管内分五支,进入骨髓腔后分为升支和降支,沿骨内膜分别走向两端骺部。沿途滋养动脉还发出第2或第3级分支至骨髓腔,形成骨内膜血管网,再由该血管网向骨皮质发出皮质动脉营养骨皮质的内层。少数皮质动脉可穿行整个皮质并与骨外膜血管网吻合,使骨内、外血管沟通。骨内血管的分布有年龄特点,骨化前期和骨化期内,升支和降支的末端多为终动脉;骨化后期,升支和降支的终末支则分别与骺动脉、下骺动脉的分支互相吻合。滋养动脉是长骨的主要营养血管,其供血量占5%~70%。

2. 骨端动脉

骨端动脉包括骺动脉和干骺动脉,通常发自邻近的动脉干或关节动脉网。在胚胎发生学上,它们有着共同的起源,几乎都是与长骨原始骨化中心同时出现。

胚胎发育中后期,深入软骨内的血管已很多,随着骨化中心的不断扩大,软骨逐渐骨化成骨,软骨内的血管随之发生转化,一部分继续保留在软骨端内成为骺血管;另一部分则经骺板伸向干骺端形成干骺血管。进入骨内的骺动脉和干骺动脉穿行于骨小梁间并直达关节软骨下,然后发出分支互相吻合形成弓动脉,弓动脉发出攀状终动脉。分别从骺板的远端和近端进入骨内的这2支动脉,在胎儿时期并不发生或极少发生吻合,而是终止于骺软骨的上、下两面形成毛细血管网。出生后随着肢体的活动,吻合开始出现。随着年龄增长,血管吻合不断增加,至骺板完全骨化以后,骺板处的血管达到充分吻合。骺动脉和干骺动脉对长骨的供血量占20%~40%。

3. 骨膜动脉

骨膜动脉主要来自邻近动脉的骨膜支、干骺动脉骨膜支和肌肉、肌腱、筋膜以及韧带附着部的细小动脉分支。骨膜动脉在骨膜内发出许多分支互相吻合形成骨膜动脉网营养骨膜。骨膜动脉网由短支、环行支和纵行支组成。短支走行无主要方向,环行支环绕管状骨表面,纵行支与骨的长轴平行。骨膜动脉网还向骨质发出许多细小的分支,分布于骨密质的浅层,部分交通支则经伏克曼管进入骨质的深层与骨内的动脉沟通。骨膜动脉系统对长骨的供血量占10%~20%。

4. 肌、肌腱、筋膜动脉

为附着于骨面的肌肉、肌腱和筋膜而来的动脉,可分别称之为肌骨膜动脉、腱骨膜动脉和筋膜骨膜动脉。这些来源的动脉均较细小,与骨膜动脉网之间存在广泛的交通吻合,故有学者将其并入骨膜动脉系统。但这一系统来源的动脉,乃是设计形成肌蒂骨瓣、筋膜蒂骨瓣(或骨膜骨瓣)的形态学基础,故不少学者还是主张将其单独划分出来,以利于临床应用。

(二)扁骨的血供

扁骨的血供呈多源性,由扁骨周围数支较大的血管干发支营养,主要有以下3种来源。

1. 滋养动脉

由扁骨周围的动脉干发出后直接进入骨内,滋养动脉的分支在骨内互相吻合,营养骨质,主要存在骨质较厚的部位。

2. 骨膜动脉

来源广泛,由扁骨周围的数支动脉发出后即从四周不同的部位向骨的中央分布,在骨表面广泛吻合形成动脉网,再由动脉网均匀地发出细小的骨膜动脉营养骨组织,主要营养骨膜和骨质的浅层。

3. 肌骨膜动脉

为肌动脉的小支,在肌的肌外膜与骨膜结合处与骨膜动脉互相吻合,营养肌附着部的骨质和邻近骨膜。对于肌肉附着丰富的扁骨,如肩胛骨、肋骨等,这3种血供具有同样重要的营养作用。对于颅盖的扁骨,血供则主要来自骨膜动脉。

(三)不规则骨的血供

较大的不规则骨(如髌骨等),其血供来源与扁骨相似。小的不规则骨其血供来源也至少有骨膜动脉和滋养动脉2种来源。骨膜动脉来自邻近动脉的骨膜支和经肌腱、韧带附着处到达的骨膜支,它们互相吻合形成骨膜血管网,分布于骨膜和骨质的浅层。滋养动脉进入骨内后反复分支,互相交通,并与骨膜动脉间形成广泛的吻合。

(四)骨的血供分布

在生理状态下,骨的血供是一个统一的整体,不同来源的血管互相吻合,互相补充,具有很强的代偿能力。当某一来源的血管受损时,通过有效的代偿一般不会对骨的血供造成影响。

通常,外环骨板的骨小管由骨外膜的毛细血管供应,内环骨板的骨小管由骨髓中的毛细血管供应,骨单位则由穿行哈佛管中的血管供应。哈佛管内通常有一条毛细血管,有时可见2条,其中1条是小动脉,称毛细血管前小动脉,另1条是伴行的小静脉,它们和与其垂直的伏克曼管中的血管相互交通,保证了骨组织的血液供应。而间骨板则无血管分布,其骨小管又不与骨单位的骨小管相通,故骨细胞常坏死,遗留中空的骨陷窝则被沉积的钙盐或细胞碎屑填充。

来自干骺动脉骨膜支、滋养动脉骨膜支、肌骨膜支、筋膜骨膜支和邻近动脉骨膜支的骨外膜血管在骨外膜表面吻合广泛,形成骨膜血管网,因此,骨外膜的血管十分丰富,它不仅能保证骨外膜得到充足的血供,还通过伏克曼管向骨内导入小分支,对骨的营养和骨内外血供的交通、代偿起重要作用。由于骨膜血供具有很强的代偿作用,而骨的新陈代谢又相对不旺盛,故只要能保存骨膜的血供来源,骨组织通常都能成活,这为带血供的骨膜瓣或带部分骨质的骨膜-骨瓣移植修复骨缺损提供了解剖学基础。以往认为骨瓣移植必须保留骨的滋养动脉才能保证骨瓣存活,但大量的实践证明,骨的营养血管之间吻合丰富,侧支循环良好,代偿能力强,只要保留其中任何一类供血来源,骨瓣就能成活。各类骨瓣的供血来源都通过其蒂部这一总渠道来实现,故拟订骨瓣有关的设计方案时,都应有供血的蒂部。

(五)骨的静脉和淋巴

长骨的静脉起自骨内静脉窦和骨髓静脉。骨内静脉窦较宽,血流缓慢,汇聚为骺静脉和干骺静脉。骨髓静脉窦则汇集形成沿骨干纵行的髓内中央静脉。上述静脉均沿其动脉入骨的路径穿行出骨,注入邻近的静脉干。骨浅层及骨膜的小静脉汇合为骨膜静脉,注入邻近的静脉。扁骨的静脉亦起自静脉窦,在骨内汇集成1至数条大的静脉,伴随小动脉出骨后汇入静脉干。其骨浅层的小静脉则汇成数条骨膜静脉,与同名动脉伴行而汇入上一级静脉。

骨膜分布着丰富的淋巴管,但骨质和骨髓内是否存在淋巴管,目前仍未有定论。

三、骨的神分布

骨和骨膜均有丰富的神经分布,其来源主要有以下3种方式:①来自邻近神经干的分支。②来自附着于骨的肌肉、肌腱的神经支。③来自邻近血管神经丛的分支。骨的神经纤维有髓神经纤维和无髓神经纤维2种。神经纤维伴随血管进入骨和骨膜后,分布到骨膜或哈佛管的血管周围间隙内。通常,有髓神经纤维分布到骨小梁之间、关节软骨下面和骨内膜,无髓神经纤维分布于骨外膜、骨髓和骨的血管壁。骨膜的神经分布最为丰富,受伤害性刺激时引起的疼痛觉常剧烈难忍,骨膜对张力和撕扯的刺激尤为敏感。

四、骨的发育和生长

骨组织来源于胚胎时期中胚层的间充质细胞。大约在胚胎发育到第16天时,中胚层间充质细胞即开始具备向成纤维细胞、成软骨细胞和成骨细胞分化的潜能。大多数骨的发生都由成纤维细胞无形成透明软骨雏形,继而软骨不断生长并逐渐骨化成骨,但也有部分骨是由间充质直接骨化而成,这就是骨发生的2种方式:软骨内成骨和膜内成骨。

(一)软骨内成骨

大多数骨,如颅底骨、躯干骨和四肢骨等,主要是由软骨内成骨形成。软骨内成骨的过程就是在将要形成骨的部位先形成透明软骨雏形,继而这种软骨雏形在从胎儿时期直到成年的约20年间逐步被骨化成骨的过程。其中以四肢长骨的演化过程最为典型,大致包括以下几个阶段:①软骨雏形形成。②骨领形成

和初级骨化中心出现。③血管长入和骨髓腔形成。④次级骨化中心出现和骨骺板形成。

1. 软骨雏形形成

大约在胚胎第6周,肢芽中的间充质细胞在将形成骨处聚集成团,分化出骨原细胞,部分骨原细胞分化为软骨细胞并分泌软骨基质,逐步形成了初具未来长骨外形的透明软骨雏形,其外表面则覆以软骨膜。

2. 骨领形成和初级骨化中心出现

软骨雏形的中段(即未来的骨干部)是最早出现成骨的部位。此处的血管侵入早,营养和氧气供应充分,使软骨膜内层的骨原细胞分裂并分化为成骨细胞,在软骨的表面产生类骨质,继而逐渐钙化成一圈包绕软骨中段的薄层初级骨松质。这种在软骨膜深部形成的骨质包绕软骨的结构,称为骨领。骨领出现后,此处的软骨膜即成为骨膜,其内层的骨原细胞不断向骨领表面形成新的成骨细胞和添加类骨质,使骨小梁逐渐增厚。同时骨领增厚,并向两端延伸,最终成为骨干的骨密质。

在骨领形成的同时,被骨领包围的软骨也发生一系列的变化。首先,该处的软骨细胞增生、肥大,挤占软骨基质并开始分泌碱性磷酸酶,使软骨基质中出现钙盐沉积,嗜碱性增强;接着肥大的成熟软骨细胞因缺乏营养而发生退变、死亡,软骨基质继而溶解和崩溃,形成许多大小不等的囊腔。此时,骨外膜的血管以及骨原细胞和破骨细胞等共同构成骨膜芽,或称成骨芽,穿过骨领和钙化的软骨基质进入这些囊腔。在血供充足的条件下,骨原细胞不断分化为成骨细胞,并贴附于残留的钙化软骨基质表面分泌骨基质,形成原始的骨小梁。于是软骨内出现了初级骨化中心。初级骨化中心由骨的中段继续向两端扩展,同时骨领也不断增长与增粗,形成骨干。

3. 血管长入和骨髓腔形成

骨外膜的血管随骨外膜芽进入软骨细胞退变死亡留下的囊腔后,立即分为上、下2支,分别向软骨雏形的两端延伸,而且沿途发出许多小分支形成毛细血管网分布于这些囊腔。此时,随血管带入的破骨细胞即可分解吸收钙化的软骨。形成许多不规则的隧道,此即为原始骨髓腔。腔内含有的骨原细胞、成骨细胞、破骨细胞及各种幼稚血细胞即构成了初骨髓。随着骨化由中心向两端推进,破骨细胞也不断吸收骨干中央的骨小梁,使许多小的原始骨髓腔融合为一个大的骨髓腔。

4. 次级骨化中心出现和骨骺板形成

出生时,骨干大部已骨化,只在骨的两端仍然保留着软骨。出生后不久,骨的两端即开始出现骨化中心,称为骺骨化中心。因其发生比骨干的初级骨化中心晚,通常又称为次级骨化中心。次级骨化中心一般在1个骨骺部只发生1个,少数可有2个。而各骨的次级骨化中心出现的时间也有所不同,从出生前至出生后数年不等。次级骨化中心的发生过程与初级骨化中心相似,它形成后骨化就由骨骺部以辐射状向各个方向推进,最后只在关节面和干、骺间的骺板保留下软骨结构。保留于关节面的软骨终身不骨化,是一薄层透明软骨,即关节软骨;而位于干、骺之间的骺板则只是暂时保留的软骨,其中的幼稚软骨细胞不断增殖、生长,分泌软骨基质并钙化,使骨的长度随骺板软骨的生长不断增加。当骺部完全骨化后,骨质的增加就只发生在骺板的骨干侧。通常,骺板软骨的增生速度与软骨破坏及成骨速度保持相对平衡,故骺板始终维持着一个较恒定的厚度。至成年,骺板将钙化为骨松质,在原处遗留下一条被称为骨骺线的线状痕迹,此时长骨即停止增长。

综上所述,无论是形成初级骨化中心还是次级骨化中心,软骨内成骨的基本过程都大致经历以下4个步骤:①软骨细胞增生并分泌软骨基质。②软骨细胞成熟肥大,分泌碱性磷酸酶促使钙盐沉积,软骨基质开始钙化。③钙化的软骨基质阻碍了软骨中营养物质的弥散,造成软骨细胞发生退变和坏死,其基质崩解并形成许多小的囊腔。④间充质细胞随血管进入这些囊腔并在该处分化为骨原细胞,进而分化为成骨细胞,贴附于钙化的软骨基质残基上逐渐形成骨组织。

(二)膜内成骨

只有额骨、顶骨和锁骨等少数骨以这种方式发生,其过程较软骨内成骨简单,是由间充质细胞不经软骨形成阶段而直接转化成骨。膜内成骨开始于胚胎期的第8周,以颅顶骨的成骨过程最为典型。在将要形成骨的部位,间充质细胞分裂、增殖,并与增生的血管网密集成原始的结缔组织膜,膜中的间充质细胞可