

实用骨科手术学

王永恒等◎著

 吉林科学技术出版社

实用骨科手术学

王永恒等◎著

图书在版编目 (C I P) 数据

实用骨科手术学/ 王永恒等著. -- 长春: 吉林科学技术出版社, 2016. 9

ISBN 978-7-5578-1356-7

I. ①实… II. ①王… III. ①骨疾病—外科手术
IV. ①R68

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第227647号

实用骨科手术学

SHIYONG GUKE SHOUSHUXUE

著 王永恒等
出版人 李 梁
责任编辑 孟 波 万田继
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 680千字
印 张 23.5
版 次 2016年9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
印 刷 虎彩印艺股份有限公司

书 号 ISBN 978-7-5578-1356-7

定 价 94.00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

目 录

目 录.....	1
第一篇 基础总论篇.....	1
第一章 绪 论.....	1
第一节 当代国内骨科学发展史.....	1
第二节 骨的正常结构.....	2
第二章 骨与骨组织的生物力学.....	8
第一节 骨骼力学的几个基本概念.....	8
第二节 关节软骨生物力学.....	9
第三节 关节力学.....	11
第四节 骨折力学.....	12
第五节 内固定的生物力学.....	12
第六节 细胞的生物力学.....	13
第三章 骨科病室的设置与管理.....	15
第一节 建筑布局.....	15
第二节 设施配备.....	15
第三节 管理制度.....	17
第四章 骨科常用技术.....	19
第一节 石膏绷带固定术.....	19
第二节 牵引术.....	24
第三节 小夹板固定术.....	30
第四节 支具的应用.....	31
第五节 骨科常用康复仪器的使用与管理.....	32
第六节 常用仪器的监测程序.....	34
第五章 骨科的体格检查.....	39
第一节 骨科检查基本方法.....	39
第二节 神经系统检查方法.....	49
第三节 肌力检查方法.....	54
第六章 诊疗技术与配合.....	58
第一节 骨关节 X 线.....	58
第二节 电子计算机体层扫描.....	58
第三节 磁共振成像.....	59
第四节 单光子发射型计算机断层扫描.....	60
第五节 正电子发射断层显像.....	60
第六节 腰椎间盘造影术.....	61

第二篇 常见骨科疾病篇.....	63
第七章 上肢骨折.....	63
第一节 锁骨骨折.....	63
第二节 肱骨外科颈骨折.....	65
第三节 肱骨干骨折.....	67
第四节 肱骨髁上骨折.....	69
第五节 尺骨鹰嘴骨折.....	71
第六节 尺桡骨干双骨折.....	73
第七节 桡骨远端骨折.....	75
第八章 下肢骨折.....	79
第一节 股骨颈骨折.....	79
第二节 股骨转子间骨折.....	81
第三节 股骨干骨折.....	83
第四节 髌骨骨折.....	86
第五节 胫骨平台骨折.....	88
第六节 胫腓骨骨折.....	89
第七节 踝关节骨折.....	92
第八节 跟骨骨折.....	93
第九章 截肢外科.....	96
第十章 骨盆骨折.....	99
第一节 骨盆骨折.....	99
第二节 髌臼骨折.....	102
第十一章 手部外伤.....	106
第十二章 显微骨科.....	108
第一节 概 述.....	108
第二节 断趾(指)再植.....	108
第三节 足趾移植再造手指.....	111
第四节 皮瓣移植技术.....	111
第十三章 周围神经血管损伤.....	116
第一节 周围血管损伤.....	116
第二节 周围神经损伤.....	119
第十四章 脊柱损伤.....	123
第一节 颈椎骨折.....	123
第二节 胸椎骨折.....	126
第三节 腰椎骨折.....	128
第四节 创伤性高位截瘫.....	130
第十五章 脊柱退变性疾病.....	133
第一节 颈椎病.....	133

第二节	颈椎间盘突出症.....	135
第三节	腰椎间盘突出症.....	137
第四节	胸椎管狭窄症.....	139
第五节	腰椎管狭窄症.....	141
第六节	腰椎滑脱症.....	143
第十六章	脊柱炎症性疾病.....	146
第一节	脊柱结核.....	146
第二节	化脓性脊柱炎.....	149
第十七章	脊柱其他病变.....	151
第一节	脊柱侧凸.....	151
第二节	强直性脊柱炎.....	155
第三节	骨质疏松.....	157
第十八章	骨与关节化脓性感染.....	160
第一节	急性化脓性骨髓炎.....	160
第二节	慢性骨髓炎.....	162
第三节	化脓性关节炎.....	164
第十九章	非化脓性关节炎.....	166
第一节	类风湿性关节炎.....	166
第二节	骨性关节炎.....	169
第三节	股骨头缺血性坏死.....	171
第四节	痛风性关节炎.....	175
第二十章	骨与关节结核.....	178
第一节	髋关节结核.....	178
第二节	膝关节结核.....	180
第二十一章	关节韧带和肌腱损伤.....	183
第一节	膝关节侧副韧带损伤.....	183
第二节	膝关节交叉韧带损伤.....	184
第三节	膝关节半月板损伤.....	187
第四节	踝关节损伤.....	190
第五节	跟腱断裂.....	191
第六节	肩袖损伤.....	193
第二十二章	关节脱位.....	197
第一节	肩关节脱位.....	197
第二节	外伤性髋关节脱位.....	200
第三节	复发性髌骨脱位.....	203
第四节	发育性髋关节脱位.....	205
第二十三章	良性肿瘤.....	210
第一节	骨软骨瘤.....	210

第二节	软骨瘤.....	212
第三节	骨样骨瘤.....	213
第四节	骨巨细胞瘤.....	215
第二十四章	原发性恶性骨肿瘤.....	219
第一节	骨肉瘤.....	219
第二节	软骨肉瘤.....	221
第三节	尤文肉瘤.....	223
第四节	脊索瘤.....	224
第二十五章	转移性骨肿瘤.....	227
第一节	脊柱转移性肿瘤.....	227
第二节	骨盆恶性肿瘤.....	231
第二十六章	骨的瘤样病变.....	233
第一节	骨囊肿.....	233
第二节	纤维异样增殖症.....	236
第二十七章	运动系统慢性损伤.....	238
第一节	概 论.....	238
第二节	肩周炎.....	239
第三节	腰肌劳损.....	242
第四节	狭窄性腱鞘炎.....	244
第五节	肱骨外上髁炎.....	246
第六节	髌骨软化症.....	247
第二十八章	运动系统畸形.....	251
第一节	先天性肌性斜颈.....	251
第二节	先天性髋关节脱位.....	253
第三节	先天性马蹄内翻足.....	260
第四节	特发性脊柱侧凸.....	264
第五节	平足症.....	271
第六节	拇外翻.....	272
第七节	先天性手指畸形.....	274
第八节	多趾畸形.....	279
第九节	先天性高肩胛症.....	279
第十节	膝内翻与膝外翻.....	281
第十一节	脊髓灰质炎后遗症.....	283
第十二节	儿童枕颈部畸形.....	284
第三篇	应急篇.....	287
第二十九章	骨折急救.....	287
第一节	现场急救.....	287
第二节	创伤性休克的急救.....	294

第三节	创伤后呼吸窘迫综合征的急救.....	297
第四节	多发伤伴发气胸的急救.....	300
第三十章	骨科相关并发症.....	304
第一节	脂肪栓塞综合征.....	304
第二节	骨筋膜室综合征.....	306
第三节	深静脉血栓形成.....	308
第四节	神经性异位骨化.....	312
第五节	高位截瘫后呼吸困难的急救.....	315
第六节	恶性骨肿瘤化疗.....	317
第七节	急性假性结肠梗阻.....	321
第八节	应激性溃疡.....	324
第四篇	新技术、新进展篇.....	327
第三十一章	开放骨折.....	327
第一节	截骨延长治疗感染性骨不连.....	327
第二节	交腿皮瓣移植修复小腿软组织缺损.....	328
第三十二章	关节镜手术.....	330
第一节	关节镜技术的应用.....	330
第二节	膝关节镜的检查、治疗.....	332
第三节	肩关节镜的治疗.....	334
第三十三章	人工关节置换术.....	337
第一节	人工髋关节置换术.....	337
第二节	全髋关节翻修术.....	341
第三节	人工膝关节置换术.....	343
第四节	人工肩关节置换术.....	346
第五节	踝关节置换术.....	349
第六节	人工颈椎间盘置换术.....	352
第三十四章	经皮椎体成形和后凸成形.....	354
第一节	经皮椎体成形术.....	354
第二节	球囊扩张椎体后凸成形术.....	355
第三十五章	骨肿瘤保肢术.....	357
第一节	肿瘤型全肱骨假体置换术.....	357
第二节	肿瘤型人工全股骨置换术.....	358

第一篇 基础总论篇

第一章 绪 论

第一节 当代国内骨科学发展史

国内骨科起源于医学的两大支,即祖国(传统)医学和西方医学。祖国医学已有三千余年的历史,骨科在祖国传统医学中称为伤科,至近代称为骨伤科。早在周代,即有疡医,分为金疡和折疡,前者指刀伤,后者指骨折。汉代华佗创五禽戏,与现代体疗的原理相近。唐代孙思邈在《千金要方》中详细描述了下颌关节脱位的复位方法。藺道人著《仙授理伤续断秘方》,为我国第一部骨折学著作,详细介绍了骨折复位、固定与穿破骨折的治疗方法。至元代除金疮肿科之外,又设立了正骨科。危亦林著《世医得效方》,对正骨科的麻醉,肘、髌、膝、踝、足关节脱臼的认识与复位方法,脊柱骨折的悬吊复位方法,均有明确的记述,并且远远早于西方。明代有《金疮秘传禁方》,记载了用银线缝合伤口。《证治准绳》对骨折有精辟的描述。清代有《医宏金鉴正骨心法要旨》出版,总结了前人治疗手法,分为“摸、接、端、提、按、摩、推、拿”法,并且有器械与支具的记载。

西医骨科传入中国是在14世纪后叶。明朝(1368—1644)洋人即以通商与传教方式进入中国,罗马天主教传教士以西方医药为其活动内容之一。1840年鸦片战争后中国沦为半殖民地,列强除以军事、政治、经济方式侵略外,还纷纷建立教会学校和医院。1843年已有截肢术的记载。中国西医骨科的兴起,始于20世纪初。19世纪末以后,英、美、法、德等国陆续在我国开办了医院与医学院校。第一代骨科先驱推进了我国西医骨科的发展。他们成为新中国骨科界的带头人,为培养骨科人才、开展骨科业务做出了巨大的贡献。

新中国成立后,中国骨科得到快速发展,各医学院附属医院、省市大医院、解放军总部及各军区总医院,纷纷建立骨科。当时我国提倡西医学习中医、中西医结合,探求祖国医学精华并探索其科学基础。中西医结合在骨科的第一个重要发现是前臂双骨折的治疗。中医治疗前臂双骨折,强调“分骨”法,方先之等在解剖学研究中,观察到前臂在旋转的中立位时,桡、尺骨之间的骨间膜张力与间隙最大。在中立旋转位分骨,骨折四个断端排列成类似单骨骨折的上下两段,很利于整复。这一发现为“分骨”手法提供科学依据。小夹板固定前臂骨折不超过肘及腕关节,因此任何活动均可由上述两关节承重;相反,用长管型石膏固定,透视观察证明活动发生在断端之间,不利于骨折愈合。因而,中西医结合治疗骨折的研究阐明了骨折愈合需要骨折部静止和肢体活动的一对矛盾获得统一,达到“动静结合”。

断肢再植于1963年由上海陈中伟教授等首先报道,以后显微外科在中国大地迅速发展。20世纪70年代,人工关节置换手术得到迅速发展。各种不同的矫形术如股骨髁上截骨、代股

四头肌手术、骨盆截骨、上下肢矫形手术、膝稳定手术、肢体延长等纷纷涌现。

20世纪80至90年代是我国骨科事业迅速发展的阶段。1980年中华骨科学会成立，冯传汉教授为首任主任委员。多次召开学术会议，进行学术交流，并与国外骨科界联系，开展国际间学术交流，促进了我国骨科的现代化。

20世纪80年代后脊柱外科迅速发展。20世纪90年代以后，随着改革开放的进一步深化，我国经济快速稳步发展，骨科新技术的引进和发展也进入快车道。在创伤骨科方面，骨折治疗理念已经从坚强固定模式转移到生物固定模式。在关节外科方面，关节镜技术获得了快速发展，膝关节镜下半月板损伤的治疗、前后交叉韧带的重建已成为常规定型手术。21世纪，骨科手术正在向微创化和智能化方向发展，我国骨科面临新的发展机遇和挑战。随着系统生物医学的诞生，以及干细胞与再生医学、基因工程生物反应器技术、RNA干扰技术、纳米技术、微纳观生物力学技术的发展，骨科疾病的诊疗会从人体、细胞、分子水平走向基因水平，外科医生的双手将从传统开刀手术中解脱出来，进入操纵内镜和微创器械的微创手术时代，进一步发展将走向由外科医生指挥机器人来完成的极微创或无创时代。

第二节 骨的正常结构

一、骨的基本结构

骨是一种特殊的结缔组织，由多种细胞和基质组成，前者有骨细胞、成骨细胞和破骨细胞，后者包括胶原纤维、蛋白多糖和羟磷灰石结晶。

(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。

1. 成骨细胞 是骨基质的原始生产者，是由骨内膜和骨外膜深层的骨原细胞分化而成，常位于新生骨的表面，具有制造基质中的胶原和糖蛋白成分的功能，还能引起骨质矿化、调节细胞外液和骨间电解质的流动，常在新骨表面形成一层单层细胞。活跃的骨原细胞呈立方形或柱状，当骨形成缓慢时则变为扁平状或梭形。其胞质丰富，呈嗜碱性；核较大，圆形或卵圆形，有1~3个核仁；染色质少，较透明。成骨细胞膜表面可见多数短的微绒毛突起与邻近的细胞连接。电镜下，胞质基本上由发育良好的粗面内质网占据；核糖体游离或附着于内质网膜上，形成膜状管结构；线粒体较多，小而呈圆形。此外，还可以见到溶酶体、空泡与糖原等。

2. 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。

骨细胞除参与骨的生成外,也参与骨的吸收(骨细胞吸收)。当骨细胞处于溶骨期时,其细胞器与破骨细胞的细胞器极为相似。当处于生骨期时,则具有成骨细胞的特征。

3. 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。电镜下,功能活跃的破骨细胞胞质内含有相当多的粗面内质网和核糖体,线粒体量多,内含电子致密性颗粒。此外,尚可见到溶酶体及大小不等的空泡,其特征性结构为细胞膜在贴近被吸收骨一侧形成许多密集的皱褶,称为皱褶缘,以增加破骨细胞的面积,有利于骨质吸收。

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值降低,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(bone matrix)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(lipid) 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(sialoprotein) 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(bone salt) 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。

1. 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：

① 纤维层：是最外层的一层薄的、致密的、排列不规则的结缔组织，内含较粗大的胶原纤维束，有血管和神经束在其中穿行。有些粗大的胶原纤维束向内穿进外环层骨板，称为贯穿纤维，亦称沙比纤维。

② 新生层(成骨层)：是骨外膜，其内层与骨质紧密相连，粗大的胶原纤维很少，代之以较多的弹性纤维，形成薄的弹性纤维网。在骨的生长期，骨外膜很容易剥离，但成年人的骨膜与骨附着牢固，不易剥离。内层细胞在胚胎或幼年期直接参与骨的形成，至成年后则保持潜在的成骨功能。

(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。

2. 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。

骨松质分布于短骨、扁骨、不规则骨和骨骺的内部。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。

3. 骨髓 骨髓是存在于长骨(如肱骨、股骨)的骨髓腔和扁平骨(如髌骨、肋骨、胸骨、脊椎骨等)的骨松质网眼中的一种海绵状的组织，能产生血细胞的骨髓略呈红色，称为红骨髓。成人的一些骨髓腔中的骨髓含有很多脂肪细胞，呈黄色，且不能产生血细胞，称为黄骨髓。人出生时，全身骨髓腔内充满红骨髓，随着年龄增长，骨髓中脂肪细胞增多，相当部分红骨髓被黄骨髓取代，最后几乎只有扁平骨骨松质中有红骨髓。当机体严重缺血时，部分黄骨髓可转变为红骨髓，重新恢复造血的能力。

人体内的血液成分处于一种不断的新陈代谢中，老的细胞被清除，生成新的细胞，骨髓的重要功能就是生成各种细胞的干细胞，这些干细胞通过分化再生成各种血细胞如红细胞、白细胞、血小板、淋巴细胞等，简单的说骨髓的作用就是造血功能。因此，骨髓对于维持机体的生命和免疫力非常重要。

二、骨的血液供应

长骨的血供来自三个方面：①干骺端、骨端和骨骺动脉；②滋养动脉；③骨膜的血管。

(一) 髓内营养系统

滋养动脉是长骨的主要动脉，供应长骨全部血量的 50%~70%。滋养动脉一般有 1~2 支，经滋养孔进入骨内，入髓腔后即分为升、降两支到达骨端，沿途发出许多细小的分支，大部分直接进入骨皮质，并与骨外膜动脉、干骺端动脉的分支共同组成髓内营养系统，另有一些分支进入髓内血管窦。髓内营养系统是髓内的重要血供来源，还能供给骨皮质的内 2/3 或更远的一些部位，并且穿过内环骨板与中央管中的血管形成吻合支。

进入骨髓血管窦的一些小动脉则供给骨皮质的骨内膜，髓内营养血管以放射状分布，形成髓内和皮质内毛细血管，大约 30% 的血液流至骨髓的毛细血管床，70% 的血液流至皮质内毛细血管床。骨髓和骨皮质的毛细血管床互不联系，血液回流也是分开的。

(二) 骨膜的血管

骨外膜动脉的分支穿过外环骨板与中央管内的血管吻合，供应骨干骨密质的外 1/3。骨膜外层表面有一血管丛，它既与骨骼肌的血管吻合，又与骨膜的内层血管网相连。这样，骨骼肌血管体系与骨膜血管体系的吻合使骨干具有双重血供。

(三) 骺动脉和干骺端动脉

骺动脉和干骺端动脉发自骨附近的动脉，它们分别从骺板的近侧和远侧进入骨内，幼年时期两者是相互独立的，成年后相互吻合，并有分支到达关节软骨深面的钙化层或形成祥状动脉网。骺板骨化后也和滋养动脉的升、降支形成吻合支。

不规则骨、短骨和扁骨的动脉多来自骨膜动脉或滋养动脉，它在骨膜下呈网状分层排列。

(四) 静脉回流

上述营养动脉都有静脉伴行，长骨具有一个较大的中央静脉窦，来自骨髓毛细血管床(即血管窦)的血液通过横向分布的静脉管道直接流入中央静脉窦或先引流至大的静脉分支，然后再汇入中央静脉，将静脉血引流出血，仅有 5%~10% 的静脉血经营养静脉回流。

三、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：一个为离子化与活性代谢池，含钙数量虽少，但功能却极为重要；另一个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 1kg，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，每天成人食入约 0.6~1.0g 钙，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。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，应事先细致地控制钙食入数日。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

- (1) 钙是血液凝固的必要物质。
- (2) 对保持神经肌肉的应激性和肌肉的收缩作用起重要作用。
- (3) 参与黏蛋白和黏多糖的构成以及许多酶的形成。
- (4) 维持细胞渗透压。
- (5) 调节酸碱平衡和加强骨的机械力量。

(二) 磷在骨代谢中的作用

骨内磷酸盐和血中离子状磷酸盐保持着动态平衡。正常成人每天磷最低需要量是 0.88g，生长期儿童和孕妇稍多。奶、蛋、肉类和谷类食物是磷的主要来源，磷全部在小肠吸收。食物中的磷大部分是有机结合磷，在胃中 pH 值呈酸性时并不释放出来；而在适当的肠磷酸酶活性和 pH 值为 9.0~10.0 时，结合磷于回肠发生分解，小肠即可吸收大部分磷，吸收过程受维生素 D 控制。

血清磷以无机磷酸盐离子形式存在，约 60% 的摄入量经尿排出。正常情况下，每天磷排泄量为 350~1000mg，平均 800mg。

血清钙磷比值保持一种动态平衡，摄入钙过多，会使磷酸盐在小肠内变为不可溶性，磷的摄入减少，导致低磷性佝偻病或骨软化(osteomalacia)。摄入钙量少，血清磷水平增加，会引起代偿性甲状旁腺激素增多，出现骨吸收、尿磷酸盐排泄增加。在甲状腺激素作用下，肾小管磷的重吸收减少，钙的重吸收增加，使血钙水平趋于正常。

(三) 维生素与骨

维生素是一种低分子有机化合物，在物质代谢方面具有极为重要的作用，是机体内不可缺少的物质。维生素的种类很多，其理化性质各不相同，下面介绍几种与骨的代谢有关的维生素。

1. 维生素 A 有促进成骨细胞成骨的作用，缺乏维生素 A 时引起佝偻病。若维生素 A 过量可引起中毒现象，慢性中毒时出现食欲不振、烦躁、四肢肿痛及运动障碍等。

2. 维生素 C 可增加小肠对钙的吸收，并能促进骨骼钙化。维生素 C 缺乏时可见到特殊的骨变化，如骨骺和骨干分离、肋骨呈念珠状、骨皮质变薄等。长期缺乏维生素 C，开始出现关

节强直，其后在长骨骨干处出现相当数量的骨膜下海绵状骨，并有典型的骨质疏松。

3. 维生素 D 是与骨代谢关系密切的维生素。维生素 D₂ (钙化醇) 和维生素 D₃ (胆钙化醇) 是体内两种主要的维生素 D，都具有较强的抗佝偻病的能力。维生素 D 存在于牛奶、谷物、人造黄油中。

维生素 D 以其生物学活性形式协助小肠吸收钙，缺乏时会使软骨钙化过程和骨样组织矿质化过程受阻，导致佝偻病和骨软化症。此外，维生素 D 对破骨细胞的吸收和钙质在骨内的代谢也很重要。

四、骨的钙化

骨的钙化是极为复杂而微妙的过程，主要是指在有机质内有秩序地沉积无机盐的过程，它涉及细胞内、外生物化学和生物物理学过程，即产生凝结现象，使钙磷结合形成羟磷灰石，最初构成非晶体状磷酸钙盐，然后逐渐形成晶体形式。羟磷灰石结晶呈针状或板状。钙和磷酸盐离子在非晶体和晶体的磷酸钙盐中是平衡的，这种平衡要受局部 pH 值、降钙素、成骨细胞等因素的调节与控制。

骨的钙化，主要围绕着骨基质内发生钙化，而与骨基质极为相似的结缔组织中却不发生钙化。影响骨钙化的因素有：

(一) 胶原

骨胶原含有丝氨酸和甘氨酸，大量的丝氨酸以磷酸丝氨酸盐的形式存在，在胶原基质的纤维上、纤维内与钙离子结合或与磷离子结合，形成羟磷灰石结晶。

(二) 粘多糖类

粘多糖是大分子的蛋白多糖类物质，这种蛋白多糖复合体和钙化作用有关。软骨开始钙化时，蛋白多糖的浓度有所增加，当钙化进行时，则浓度明显下降。酸性蛋白多糖的游离阴离子可选择性结合钙离子，减少羟磷灰石结晶的形成，从而抑制钙化作用。当蛋白多糖被酶分解后，就解除了这种抑制作用。

(三) 基质小泡

基质小泡内有高脂质并含有一些酶，如碱性磷酸酶、焦磷酸酶等。参与钙化作用的主要脂质成分是磷脂、丝氨酸和肌苷磷酸，基质小泡出现时，可增加磷酸钙的沉淀。磷酸丝氨酸在有磷存在时对钙具有强大的亲和力，使钙在小泡或膜上蓄积。基质小泡中所含的各种酶可通过下列途径促进软骨钙化：

1. 水解焦磷酸盐，减低其浓度：焦磷酸盐有抑制钙化的作用，被水解后就为钙盐结晶沉积创造了有利条件。

2. 增加局部正磷酸盐的浓度，从而促进钙化。

3. 参与输送钙与磷酸盐。

4. 水解腺苷三磷酸，为钙及磷酸盐的摄入提供能量。

(赵庆 王永恒)

第二章 骨与骨组织的生物力学

第一节 骨骼力学的几个基本概念

生物力学(biomechanics)是一门以力学理论和方法探讨人体及其他生命体有关力学问题的学科,涉及工程学、医学、仿生学、体育等多种学科,在骨科领域中,应用生物力学的概念和原理解释人体正常和异常的解剖与生理现象,有助于骨科医生更好地理解和治疗肌肉骨骼系统的疾病。因此,骨骼力学已成为现代骨科医生必须具备的科学基础。

一、基本概念

人体运动器官的功能包括支撑与运动两个方面。人体骨骼是身体的坚强支柱,分为躯干骨、四肢骨和颅骨三大部分。成人的骨共有 206 块,就像一台机器共有 206 个构件,每个构件在人的日常生活、劳动和运动中都承受着足够的承载能力,它由三方面来衡量。

1. 要求骨骼有足够的强度 强度是指物体抵抗破坏的能力。保证骨骼的正常功能,首先要求有足够的强度,即在较大载荷作用下骨骼或骨折内固定后不发生断裂或较大的塑性变形。

2. 要求骨骼有刚度 刚度是衡量物体抵抗变形能力的指标,刚度要求骨骼在载荷作用下发生的弹性变形不超过一定范围。

3. 要求骨骼有足够的稳定性 保持平衡的能力,如长骨在压力作用下有被压弯的可能性,但在日常生活中始终保持原有直线平衡形状不变。

二、外力与内力

所谓力就是一个物体对另一个物体的作用,它可分为外力和内力。人体在日常生活与运动中都会对机体的每块骨产生复杂的力,如人体在长跑时受到的外力为体重、迎面风力及地面反作用力等。当外力使物体发生变形时,物体内部分子之间伴随着一种抵抗力即为内力,例如,我们用手拉弹簧,就一定感到弹簧也在拉我们的手,拉力愈大,抵抗拉力也愈大。因此,外力越大,内力也越大。

三、应力与应变

任何物体只要在外力作用下,就一定要发生变形,同时又在物体内部引起内力,内力是随着外力的加大而增大,它总是与外力维持平衡,从而才能使物体不发生破坏。

任何物体在受力时都会引起物体的变形,变形点称为应变,内力强度点称为应力。应力即为单位面积上的内力。写成公式为:

$$\text{应力} = \frac{\text{内力}}{\text{截面面积}} \quad \text{或} \quad \text{应力} = \frac{\text{外力}}{\text{截面面积}}$$

即

$$\delta = \frac{\sigma}{f} \text{【单位常用 mPa (mN / m}^2\text{)】}$$

应力是指局部力的强度，是单位面积上的力。应变是局部的变形，是形变量与原尺度之比。如果某骨承受了很重的力，超出了其耐受应力与应变的极限，即可造成骨骼损伤甚至发生骨折。

四、五种基本变形

骨骼在受到外力作用时都有不同程度的变形，一般骨骼受力时的变形形式分为拉伸、压缩、剪切、弯曲和扭转等五种基本变形(图 2-1)。例如：运动员在进行吊环运动时上肢骨就受到拉伸作用；举重运动员挺举时四肢均受到压缩作用；弯腰时脊柱受到弯曲作用；体操运动员做转身动作时下肢骨受到扭转作用；车床剪切断肢体即为剪切作用等。但人体在受伤骨折时，往往是几种作用力的复合。例如，跌倒后桡骨远端骨折，既有剪切力又有压缩力等。

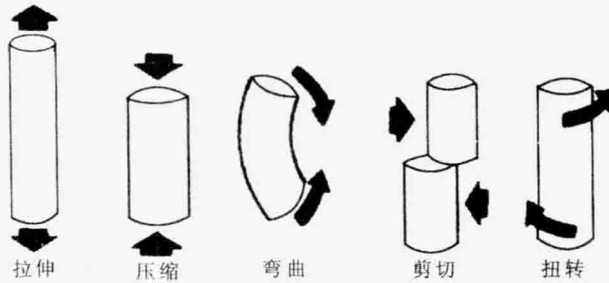


图 2-1 骨骼受力不同的变形形式

五、骨组织的力学特性

1. 各向异性 由于骨的结构为中间多孔介质的夹层结构材料，因而这种材料是各向异性体(不同方向的力学性质不同)。

2. 弹性和坚固性 骨组织大约有 25%~30%是水，其余 70%~75%是无机物和有机物，其中无机物(磷酸钙与碳酸钙)占 60%~70%，有机物(骨胶原)占 20%~40%。骨的有机成分组成网状结构，使骨具有弹性，骨的无机物填充在有机物的网状结构中，使骨具有坚固性，能承受各种形式的应力。研究表明，无机物使骨具有抗压能力，而有机物使骨具有抗张能力。

3. 抗压力强，抗张力差 骨对纵向压缩的抵抗最强，即在压力情况下不易损坏，在张力情况下易损坏，这和骨小梁的排列有关。

4. 耐冲击力和持续力差 载荷作用时，在骨中所引起的张力分布虽然一样，但效果不一样。两者相等时，冲击力在骨中所引起的变化较大，即骨对冲击力的抵抗比较小。另外，同其他材料相比，其持续性能、耐疲劳性能较差。

第二节 关节软骨生物力学

关节是人体中骨与骨可动连接的环节，是人体各部位活动杠杆的支点。关节的作用有：