

CHILD BONE HEALTH

儿童骨健康

主编 马贤才
王加义



人民卫生出版社

儿童骨健康

主 编 马贤才 王加义

副主编 仰曙芬 吴光驰 薛 延

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

儿童骨健康/马贤才等主编. —北京:
人民卫生出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-117-08941-8

I. 儿… II. 马… III. 儿科学: 骨科学
IV. R726. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 102333 号

儿 童 骨 健 康

主 编: 马贤才 王加义

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京市安泰印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20

字 数: 474 千字

版 次: 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-08941-8/R · 8942

定 价: 36.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

编 委

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|----------------|
| 马贤才 | 哈尔滨医科大学附属第二医院 |
| 王加义 | 中国科学院生物物理研究所 |
| 王如文 | 中国儿童中心 |
| 王 玮 | 哈尔滨医科大学附属第二医院 |
| 仰曙芬 | 哈尔滨医科大学附属第二医院 |
| 任立红 | 哈尔滨医科大学附属第二医院 |
| 吴光驰 | 北京市儿科研究所 |
| 吴康敏 | 四川大学华西临床医学院 |
| 孟庆云 | 中国中医研究院基础理论研究所 |
| 姚 笠 | 哈尔滨医科大学附属第二医院 |
| 俞淑敏 | 上海交通大学附属第一人民医院 |
| 钟 燕 | 湖南省儿童医院 |
| 秦 锐 | 南京医科大学第一附属医院 |
| 袁新宇 | 北京市儿科研究所 |
| 郭三巧 | 北京中生金域诊断技术有限公司 |
| 潘建平 | 西安交通大学 |
| 薛 延 | 北京积水潭医院 |

序

骨健康，在当前社会生活中听起来似乎较为生疏。然而认识骨健康的重要意义并将其整理编撰成册与世人分享，在我国则首见于公元三世纪初华佗弟子卫汛所著的《颅凶经》，其后中国历代医药学家均留意于儿童的骨健康，并在进行广泛防治和深入研究后将其分析整理归纳，引申《庄子·达生》中“佝偻”原意，称之为儿童佝偻病。它既包括骨骼生发、代谢乃至全身整体健康，又关联人体与环境的互动、最终人体适应环境从而获得生存发展的条件。在这近两千年，经反复认知实践过程所梳理出来的广义佝偻病，与此前中西方现代医学家乃至社区居民所说的佝偻病在理念上存在着一定的差异，它有着并不完全一样的内涵。所幸这种以哲学思想为基础的理性差别终于逐渐被世人所认识，而于最近在世界范围内被提出来，这就是关于骨健康的概念。无疑，它是 20 世纪后叶卫生工作的一次实质性进步，对儿童、也是对人类自身将有着深远的影响。

在上世纪末，世界卫生组织在策划 21 世纪第一个十年规划时，在表达“人人都应享有健康”的理念中，陈述了“骨健康”的概念并提出将其作为本世纪初公共卫生的工作纲领。为推动这项工作，以儿童骨健康这个综合性学术概念为主题先后召开了三届儿童骨健康国际学术研讨会议，受到与会各国代表的普遍响应与重视。

我国现代医学家，尤其是儿科、儿保学科、社区医学以及相关学科对以上有关儿童骨健康的国际性学术活动尤为注意，随即相继在 2002 年及 2005 年先后在大连和成都召开全国性学术研讨会议，并在成都会议上议定要为推动、促进儿童骨健康这项工作，编写一本结合中国国情的、便于临床科室应用的《儿童骨健康》参考用书。

大家知道，自 20 世纪 50 年代以来，我国先是认识到营养性维生素 D 缺乏引起钙、磷代谢失常是儿童佝偻病的主要病因，因而不论剂型、剂量、给药途径及用药频度、维生素 D 被广泛用于临床治疗；尽管儿童佝偻病总的检出率下降、严重程度减轻，可不少地方出现维生素 D 中毒患儿。在上世纪 70 年代末，佝偻病被卫生部列入重点防治的小儿四病之一，儿童佝偻病被重新认识，而关于维生素 D 的应用则直至 1980 年 9 月在第二次《全国佝偻病防治科研协作组会议》时才有了基本共识，为此作出明确说明并记入会议纪要中；这项工作既有成绩也付出了代价。到上世纪 90 年代，在“全民补钙、终生补钙”口号下，我国在钙剂应用方面被掀起一波又一波的炒作高潮，甚至某种钙剂的人体吸收率超过 90% 等等伪科学谬论也一度喧嚣尘上。它的特点是不仅面向儿童，



而且也包罗了各年龄层面的居民群体。经过学界同道的努力这种不良商业行为被揭穿后,市场并没有平静下来,取而代之的是“骨胶原”在新世纪初又被用于商业炒作。所有这些现象都显露出:当将佝偻病防治工作局囿于单项致病因素时,难免陷入见到树木而忽略森林的困难处境。这可能是防治工作成效不大的重要原因。针对维护骨健康有着诸多因素,涉及多种维生素、矿物质及参与反应的人体自身的调节性活性物质;更为重要的是人体不是一个简单的生化反应器,而是在中枢神经-内分泌系统主导下,为维护内环境恒定而随时在体内对各种适当以及不宜因素进行调节、控制、整合的生物体。因而要做好儿童骨健康工作,在面对我国社会居民中存在一个钙摄入不足及钙磷代谢异常流行链的情况下,尽管孕妇及乳母是源头群体,但阻断这个流行链的切入点则是关于骨健康的普及性健康教育,在此基础上进行适宜、适量、适度的户外阳光下的体育锻炼及运动,并得到以平衡膳食为主导的合理的营养支持,这样,才有可能取得事半功倍的效果。

对于骨健康的认识,在经历数十年并不顺畅的实践历程后,在全国佝偻病防治科研协作组的不懈努力下,通过实践、认识、再实践、再认识,逐渐深化得以从局部的认识过渡到对人体整体的认识;而要取得维护骨健康良好的效果,还必须调动人体内环境恒定的自我调节机制以平衡和协调各系统、脏器的功能,才能标本兼顾取得预期效果。为达到这个目的,《儿童骨健康》这本书,作为基础知识既为读者陈述、讲解诸多的与骨健康有关的因素,又立足于骨关节系统的健康实质上是人体整体健康的一部分,尽可能将分散的知识和实用技术有机地结合并组织成一个互有联系而又有序的整体。众所周知,若不能同时改善和增进人体全身健康状况及提高其健康水平,仅依靠添加营养诸如维生素、矿物质、添补钙胶原等等,修修补补是不可能获得真正意义上骨的健康。其实,中国医药学早在两千年前就已经明确地指出,在促进人体骨健康事业中以人为本的重要性,正如《内经:素问·生气通天论》所揭示的:“谨和五味,骨正筋柔,气血以流,腠理以密,长有天命。”箇中推敲,其实也就是这个道理。

正值此书即将出版之时,谨向热心支持、大力推动这一工作的人民卫生出版社、哈尔滨医科大学以及中生金域诊断技术有限公司致以诚挚的谢意。鉴于参与编写人员知识、经验、能力及专业水平的局限,书中不妥和贻误之处,敬请同道和读者不吝赐教,藉此机会先行致谢。

中国儿童中心

王如文

2007年5月

前 言

从出生到青年时期,女性的骨量从 70g 增长到 2400g,男性的骨量从 95g 增长到 3300g,儿童时期的骨骼发育是人的一生骨健康的关键,为此,本世纪初,世界卫生组织(WHO)提出了“骨健康”十年规划。近年来一些国家和地区的专家、学者多次组织召开了儿童骨健康国际学术会议,旨在消除人类骨与关节疾病,增强骨健康的水平,提高人类的生存质量,尤其对儿童骨健康给予了特殊的关注和保护。同时,包括小儿佝偻病在内的骨健康不良一直是影响我国婴幼儿与生长发育期少年健康的一类重要疾病,据统计,我国目前有 20%~30% 的婴幼儿、生长发育期少年患有佝偻病、软骨病、骨关节炎等骨疾病,远高于发达国家,成为我国儿童的一个特色病。骨健康不良的患儿免疫及造血功能低下,易患感冒、肺炎和贫血等小儿常见病。现代医学证明,更年期后患骨质疏松症的概率,主要取决于青少年期骨量积累,骨量不足是骨健康不良的一个基本表现,少儿期的骨健康将影响人的一生的骨健康。因此,研究儿童骨健康,探讨有效的、符合我国国情的婴幼儿、生长发育期少年骨健康的健康教育、健康评价与干预方法,对于提高我国全民族骨健康水平,具有重要意义。

骨健康主要取决于矿化程度。骨是一种特殊的组织,它从发生到成熟,形成能完成其生理功能的组织,需要从外界获取营养,并将这些营养成分转化成骨组织,这需要正常的代谢活动。正常代谢的结果是形成正常的骨量,摄入的骨营养素的量和骨代谢状况这两个因素,是决定骨量多少的基本条件。因此,从骨的发育学角度讲,骨健康是骨的发育、形态与功能正常;从骨的生理学角度讲,骨健康是骨的营养、骨的代谢和骨量正常。综合这两个基本概念,我们可以将儿童骨健康的基本含义理解为,从胎儿到青春期的发育形态、营养代谢和骨量正常以及骨能正常发挥生理功能和抵御骨疾病的能力。根据这一基本概念,骨健康的研究,主要是研究骨的营养、骨的代谢与骨量形成的过程及其影响因素以及探究保护、促进、增强儿童骨骼的生长发育、营养与代谢的医学的、社会的、环境的方法。

新中国成立后,在党和政府的领导下、经过老一辈科学工作者的努力,严重的影响儿童骨健康的佝偻病、氟骨病、大骨节病等三大疾病基本得到了控制,对儿童身心健康的危害大大减少。解放初期,佝偻病、氟中毒、大骨节病及碘缺乏等代谢营养及危害儿童少年生存健康疾病相当严重,我国“三北”地区(东北、西北、华北)婴幼儿佝偻病



患病率在70%以上,妇女骨软化症也相当突出。50年代到60年代,根据我国缺医少药,经济、文化水平落后,我国政府和科研工作者提出开展“三浴”锻炼(日光浴、空气浴、水浴)及改善居民营养综合防治儿童佝偻病的方法,取得了一定的成绩。70年代,我国开始有组织、有计划、系统的防治佝偻病,提出了“鱼肝油加钙片”及中西医结合的综合防治观念。1977年我国卫生部妇幼司成立了全国佝偻病防治科研协作组,指导全国开展大面积防治工作。80年代,在联合国儿童基金会支持下,全国佝偻病防治协作组在全国范围内开展了系统的佝偻病防治科研协作工作,在总结全国各地防治经验的基础上,提出了符合中国国情的因地、因时、因人而异的佝偻病综合系统防治方案。90年代,开展了早期综合系统防治工作,推广了符合中国国情的早期综合防治方案,研制成功国内外首创的小儿佝偻病早期诊断技术—骨源性碱性磷酸酶测定试剂盒,为我国基层的小儿佝偻病筛查和儿童骨健康评价提供了一种简便可靠的适宜技术。经过近40年全国大面积防治,使佝偻病患病率在原来患病率基础上下降了50%,目前我国城乡婴幼儿佝偻病患病率下降至10%~20%左右,重度佝偻病基本控制。这些成绩的取得,首先归功于我国几代医学工作者辛勤努力。老一辈专家如刘士豪、胡正祥、王云钊等在佝偻病的生理、生化、病理、X线等方面做出了突出贡献;老一代儿科儿保专家关庆润、薛沁冰、樊培禄、沈时霖、郭淑华、秦晚琛、郑德元等在佝偻病的患病因素、综合防治、早期防治、系统防治做了深入系统的研究和探讨,并取得斐然的成就,为我国儿童骨健康事业作出了突出贡献。

但是,由于我国经济文化落后,各地发展不平衡,生态环境破坏、环境污染,部分地区医疗卫生状况还令人不满意,所以还需政府及相关部门和广大医务工作者不断的关注和努力。此外,骨是一种特殊的组织,它是在适宜于骨生成的条件下,平衡摄入的各种骨营养素吸收入血,运送到组织,在特定的条件和多种激素、细胞因子的作用下,经过有基质合成、矿化等复杂步骤形成的。当一种或几种骨营养素缺乏,一种或几种对骨的生成或重建有影响的营养素、骨有害物质摄入过量,破坏了机体的平衡,使骨形成与骨重建的条件被破坏,都可造成骨健康问题。除营养因素外,地理、气候、环境和饮食文化等自然与社会因素也是骨健康的重要危险因素,因此加强骨健康的卫生宣传教育与公民的自我防护意识,逐步去除对儿童骨健康存在潜在危险因素,实现控制和消灭影响儿童骨健康的骨疾病,仍是一项长期、艰巨的任务。

(马贤才 王加义)

目 录

第一章 骨的结构与功能	1
第一节 骨的结构	1
一、骨骼系统的组成	1
二、骨骼的类型	1
三、骨的内部结构	1
第二节 骨的功能	4
一、支架、保护和运动功能	4
二、钙库和磷库	4
三、造血和免疫功能	4
第三节 骨的发育	4
一、骨的发生	4
二、骨生长	6
三、骨量的形成	7
第四节 影响骨量形成的因素	8
一、遗传因素	8
二、内分泌激素	8
三、影响骨量形成的营养素	9
四、体重与营养	9
五、其他影响因素——糖皮质激素	10
六、运动与体力活动	10
第二章 骨代谢	12
第一节 骨的成分	12
一、骨细胞	12
二、骨矿物质	13
三、骨基质	26
第二节 骨的形成	31
一、骨构建	31
二、骨再建	32



目 录

三、骨再建单位	32
四、骨再建的影响因素	35
第三节 骨代谢的调节	36
一、维生素 D 及其代谢产物	36
二、甲状旁腺激素	42
三、甲状旁腺素相关蛋白	46
四、降钙素	47
五、雌激素	50
六、细胞因子	54
七、生长激素	63
八、遗传基因	65
第三章 骨的营养素	68
第一节 营养素及其功能	68
一、维生素 D	69
二、维生素 K	72
三、钙	74
四、镁	82
五、磷	84
第二节 骨的基本营养素	87
一、蛋白质	87
二、碳水化合物	100
三、脂类	103
四、维生素 A	109
五、铜	111
六、碘	112
第三节 合理营养、运动锻炼是维护骨健康的两大要素	113
一、合理营养与平衡膳食	113
二、体育锻炼和运动	115
第四章 骨健康的危险因素	118
第一节 骨营养素失衡与生物利用度下降	118
一、骨营养摄入不足	118
二、营养失衡	120
第二节 膳食结构改变	121
一、乳糖不耐受问题	121
二、含咖啡、含氟饮料和碳酸饮料	122
第三节 环境污染	122
一、人体健康与化学元素	123

二、人体对污染物的富集	123
三、环境污染物进入人体的途径	124
四、环境污染对人体骨健康的危害	125
第四节 运动、阳光与骨健康	130
一、运动与骨健康	130
二、阳光与骨健康	132
第五节 内分泌失调	132
一、影响骨骼健康的激素	133
二、骨量丢失的增加随着机体激素的日趋不平衡而增加	133
第六节 其他骨健康危险因素	134
一、不良生活习惯	134
二、感染	135
三、压力	136
第五章 骨健康不良的表现形式	139
第一节 概述	139
一、骨发育不良	139
二、骨代谢异常	139
三、骨量异常	139
第二节 骨健康不良的基本病变	140
一、骨质疏松	140
二、骨软化	141
三、骨质破坏	141
四、骨质增生	142
五、骨内与软骨内钙化	143
六、骨坏死	143
七、矿物质沉积	143
八、骨骼变形	144
九、周围软组织病变	144
第三节 骨健康不良的常见表现形式	144
一、多汗	144
二、手足抽搐	145
三、前囟闭合延迟	146
四、萌牙延迟	147
五、身材矮小	149
六、腰背疼痛	150
七、胸廓畸形	152
八、脊柱弯曲	153
九、下肢疼痛	155



十、下肢弯曲·····	157
十一、关节肿痛·····	158
十二、行走困难·····	160
第六章 骨健康的评价 ·····	162
第一节 骨矿营养素的实验室评价 ·····	162
一、钙的营养评价·····	163
二、磷的营养评价·····	167
三、镁的营养评价·····	169
第二节 维生素及其他骨营养素的实验室评价 ·····	170
一、维生素 D 的营养评价·····	171
二、其他骨营养素的营养评价·····	173
三、骨有害物质(抗骨营养素)的监测·····	174
第三节 骨代谢的评价 ·····	175
一、骨形成的评价·····	175
二、骨吸收的评价·····	180
第四节 骨健康的影像学评价 ·····	183
一、骨健康不良的 X 线平片检查·····	183
二、骨健康不良的光子吸收检查·····	184
三、骨健康不良的 X 线吸收检查·····	184
四、小儿佝偻病的 X 线检查·····	185
五、骨超声评价·····	188
第五节 骨健康的临床评价 ·····	189
一、骨与体格发育·····	189
二、头颅骨与脑发育·····	196
三、脊柱与姿势发育·····	197
四、牙齿与骨发育·····	197
第六节 骨发育评价 ·····	197
一、骨龄标准的特异性·····	198
二、手腕骨 X 片标准投照技术·····	198
三、骨龄评估方法·····	198
四、骨龄的临床应用·····	199
五、骨健康的家庭评价·····	201
第七节 儿童骨健康评价指标的选择 ·····	203
一、影响实验室测定结果可靠性的因素·····	203
二、使用与评价实验室诊断指标的注意事项·····	204
三、骨营养素和骨代谢指标的使用原则·····	205
四、骨影像学指标的使用原则·····	207
五、儿童骨健康评价指标使用建议·····	208

第七章 儿童骨健康的促进	209
第一节 干预的一般原则	209
一、干预的三大要素与两项基本原则	209
二、维生素 D 合理使用	214
三、钙的合理使用	217
四、营养素之间的相互作用	219
第二节 不同生长发育期骨健康指导	221
一、与儿童骨健康相关营养元素的实验研究	221
二、与骨健康相关的矿物元素和维生素的摄入量推荐标准	228
三、运动与锻炼对骨健康的影响	229
四、不同年龄段儿童的骨健康指导	230
第三节 儿童骨意外伤害的处理	247
一、上肢骨折	247
二、下肢骨折	249
三、头颅骨折	250
第四节 骨骼损伤后的健康促进	251
一、儿童骨损伤的发生特点	251
二、儿童骨损伤的修复	252
三、儿童骨损伤后的营养调理和功能训练	253
第八章 儿童骨的亚健康	255
第一节 重视儿童骨亚健康	255
第二节 干扰骨骼健康的因素	257
一、维生素 D 的生物功能	257
二、药物的影响	257
三、遗传的影响	257
第三节 如何判断儿童骨的亚健康	258
一、血液学检查	258
二、骨密度	259
三、峰值骨量的检测部位和仪器因素	259
四、骨超声评价	259
五、儿童骨亚健康的判断指标	259
第四节 儿童骨骼亚健康 and 亚临床型佝偻病的防治问题	260
一、亲近自然,沐浴阳光	261
二、平衡营养,母婴并重	263
三、增强体质远离疾病	264
四、要辨证地添加维生素 D 和钙等营养素	264
五、纠正不良嗜好	266
六、避免环境的污染	266



七、总结.....	267
第九章 常见小儿骨疾病的干预.....	269
第一节 维生素 D 缺乏性佝偻病	269
第二节 大骨节病.....	280
第三节 地方性氟中毒.....	282
第四节 成骨不全.....	288
第五节 矮身材的诊断与治疗.....	290
第十章 祖国医学对儿童骨健康的认识及实践.....	298
第一节 中医对儿童骨骼发育的认识.....	298
第二节 小儿骨健康障碍及辨证论治.....	299
一、脾虚肝旺证.....	299
二、肾虚骨弱证.....	300
三、脾肾两虚型.....	300
第三节 小儿骨病专病专方.....	301
一、囟不闭合证治.....	301
二、龟胸证治.....	301
三、龟背证治.....	301
四、行迟证治.....	301
第四节 儿童骨养生.....	302

第一章 骨的结构与功能

第一节 骨的结构

骨骼是人体的支架，根据骨的外形不同可分为长骨、短骨、扁骨、不规则骨和含气骨。根据骨的结构不同，骨质分为密质骨或称皮质骨和松质骨或称小梁骨两种。从骨的组成上看，则是由骨质、骨膜、神经和血管组成。虽然它们在形态、结构和功能上不同，但是它们却相互依赖，共同维持骨的形态与功能。

一、骨骼系统的组成

人体全身共有 206 块骨，成人骨骼约占体重的 1/5，新生儿约占 1/7。按其所在的部位不同，分为躯干骨（51 块）、四肢骨（上肢 64 块、下肢 62 块）和颅骨（23 块）。胸椎、胸骨和肋骨连接成胸廓，容纳着许多重要器官。左右髋骨和骶骨围成骨盆。

二、骨骼的类型

1. 长骨 分布于四肢，成对存在，呈长管状。中部一般较细，其主要成分为密质骨，称为骨干。两端是膨大的骨骺，主要为松质骨，骨骺的端面被覆一层光滑的软骨，称关节面。相邻两个骨的关节面由关节囊和肌腱相连形成关节。骨骺和骨干相连的部分称为干骺端，幼年时干骺端和骨干之间有一层软骨，称骺板软骨，成年后此骨板骨化，遗留一条线状痕迹，称为骨骺线。

2. 短骨 位于结合紧密、运动复杂而且灵活性较大的部位，如腕骨、跗骨等。常存在多个关节面，与相邻骨构成多个关节，且多成对分布。

3. 扁骨 主要分布于头、胸等处，如颅骨、胸骨、肋骨等。外形呈板状，常围绕体腔，以保护内部的脏器，如颅骨保护脑，胸骨和肋骨共同保护心、肺等器官。

4. 不规则骨：主要见于椎骨、颞骨等，其形成的关节往往活动较小或固定不动。

5. 含气骨 主要功能与人的发声共鸣有关，在骨内部具有一些空的气腔。位于上颌骨、额骨、筛骨等处。

三、骨的内部结构

1. 骨质 成人的密质骨和松质骨都由板层骨构成，但它们的分布却因骨的种类而不相同。长管骨的密质骨大部分集中在骨干部位，形成厚的骨壁，不仅质地致密而且坚



硬，其中管腔为骨髓腔。长管状骨的两端膨大部分为骨骺。在长管状骨骨骺和短骨外面也有一层密质骨，其内部则为松质骨；扁平骨呈板状，内外两层是密质骨，夹在中间的是松质骨；颅骨的两层密质骨为内板和外板，中间的松质骨为板障。

编制样骨和层状骨为骨的两种基本形态。编制样骨是一种不成熟骨或称作初级骨，它主要存在于胚胎发育期，并且在骨折愈合期的骨痂等新形成骨中，在一些骨疾病中也有发现，如特定的骨肿瘤中、骨发育不良等。层状骨为更成熟的骨组织，可以由编制样骨或骨样组织发育而来。编制样骨在组成上没有均一而有序的胶原排列，其中的细胞密度高于层状骨，但是这些细胞以及矿化成分的排列也呈无序状，这种无序状的组织结构特性使得其机械性能在各个方向上呈均等状态。人体在出生时所有的骨均为编制样骨。大约在一个月左右时，层状骨开始形成，在4岁时，绝大多数骨组织由层状骨所替代。而此时的层状骨中胶原按照人体的应力方向排列，并且矿化高度有序。随施加于层状骨上的应力的方向的不同，层状骨的排列也呈现出不同的排列结构。当层状骨沿着长骨的长轴平行排列时，其抵抗负重的机械性能是最大的。

编制样骨及层状骨组成了皮质骨和松质骨，即位于外层的皮质骨（也称做密质骨）和位于内层的松质骨（图1-1）。皮质骨的单位骨量是松质骨的四倍，而松质骨的骨转换率却显著高于皮质骨。皮质骨组成骨的外侧壁，由于其坚强的管状结构，而起到最大限度的承重作用。松质骨是由骨小梁组成网状结构，骨小梁的排列方式与骨的压力与应力线相吻合，这样加强了骨的强度。

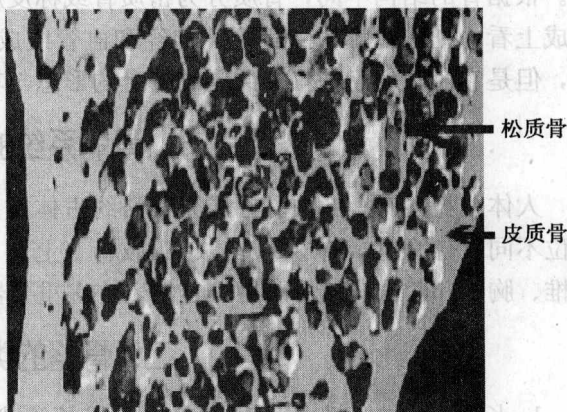


图1-1 松质骨与皮质骨

摘自 Gray's Anatomy 35th edit Longman Edinburgh 1973

松质骨是由许多厚薄不一、间距不等的骨小梁按照生理上的压力和张应力曲线方向相互交织连接而成，呈多空腔的网状结构，空隙内充满红骨髓。其骨板层次较少，没有或有少数不完整的骨单位，且本身无血管分布，骨细胞靠骨髓内的血管供应营养。按其排列方式可分为三种。

外环骨板：位于密质骨的外层，大约由十几层环状的板层骨围绕而成，其最外层被骨膜包被，其内的小血管经外环骨板内的伏克曼管进入骨内。

内环骨板：位于密质骨的内层，骨髓腔侧。

哈佛系统：即位于内环骨板和外环骨板之间的骨单位，是密质骨的主要组成部分。每个骨单位都是由哈佛管和骨板共同构成的（图1-2）。这些骨单位成向心层状排列，其中心为一直径约20微米的管腔，这一管腔被称为哈佛式管。骨单位的层状排列是由排列有序的胶原矿化而成。骨单位的排列平行于骨干的长轴，同时略成螺旋状，这样的排列是一种进化的表现。骨单位在排列上由纵轴向外的倾斜度是十分稳定的，大约在5度~15度之间。这种排列使得骨在不同负重方式上都呈现出最大的应力效果。松质骨占人体骨量的20%，但是构成了80%的骨表面。松质骨密度低于皮质骨，但富有弹性。

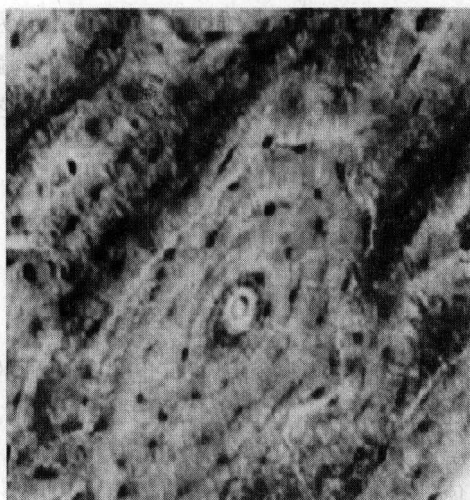


图 1-2 皮质骨哈佛式系统与哈佛式结构

中央为哈佛式管，骨细胞位于骨陷凹内，由骨陷凹发出放射状的骨小管

松质骨组成了复杂的网状结构。松质骨脚手架状的结构有助于维持骨形态，抵抗压力。松质骨构成了绝大部分中轴骨：颅骨、肋骨及脊柱。

2. 骨膜和骨髓 骨的内、外表面覆盖有一层结缔组织为骨膜，其分两层，内层即形成层，含有胶质纤维和弹力纤维，较疏松；外层为纤维层，为一层致密的结缔组织，含有丰富的血管和神经。骨髓可分为红骨髓和黄骨髓，胎儿和幼儿的骨髓腔内都是红骨髓。红骨髓是造血器官，随年龄的增长（7岁~14岁），骨髓腔内的红骨髓逐渐变为黄骨髓，主要由脂肪组织组成。

3. 骨的淋巴、血管和神经在生理状况下，骨的血供占心输出量的5%~10%，而骨端的血供相对高于骨干部分。血液通过骨内的血管床维持了骨的活性。

骨组织中有丰富的血管供应骨质、骨膜和骨髓腔中的细胞营养，每一个骨细胞距血管不超过300 μ m。由于骨的种类不同，其血管的分布也不同。骨的血液供应主要包括4部分：滋养动脉系统、骨膜动脉系统、干骺端血液供应以及骨髓的血液供应。供应骨干的血管主要来自滋养动脉。滋养动脉斜形进入骨干，其进入骨干的部位和角度十分稳定。滋养动脉进入骨的部位一般均远离骨的生长末端。滋养动脉由滋养孔进入骨髓腔，而后分为升支和降支，末端动脉仅由血管内皮细胞及一层平滑肌组成，其直径约为5 μ m。骨髓内的毛细血管呈窦管状，它由不完整的内皮细胞组成，而缺少基底膜。在末端动脉与髓腔窦相交处。在儿童骨发育期，滋养动脉对软骨下骨的骨化起重要作用。滋养动脉在骨的末端与干骺端的动脉系统相吻合。没有瓣膜的静脉在骨外伴随滋养动脉，在髓腔内滋养静脉与中央纵形的静脉窦相延续。而这些静脉窦与放射状的静脉窦相连，并引流到这些静脉窦中。在干骺端接近关节囊附着处及滑膜反折处有丰富的血管丛，从这里血管进入骨，并供应骨骺及干骺端。干骺端的血液供应在骨发育期对软骨下骨的骨化过程也起重要的作用。骨膜动脉多于筋膜壳附着于骨的部位穿入骨内，它的分布比较广泛，覆盖在整个骨的表面。它的功能主要是为外1/3的皮质骨供应血液，在儿童骨发育期，它为骨的增粗提供血运。骨的内、外表面覆盖有一层结缔组织为骨膜，其分两