

人的骨骼年龄

主编/席焕久

辽宁民族出版社

主 编	席焕久				
副主编	季成叶	张继宗	尤静生	沈海琴	夏桂兰
	崔秀文	刘贺利	刘宪民	刘海林	
编 委	(按姓氏笔画为序)				
	尤静生	重庆医科大学			
	刘九仁	锦州医学院			
	刘宪民	辽宁省卫生厅			
	刘海林	黑山县人民医院			
	刘贺利	锦州医学院			
	刘景勃	锦州医学院			
	余世才	重庆医科大学			
	李秋实	锦州医学院			
	沈海琴	北京体育大学			
	季成叶	北京医科大学			
	张 曼	海军总医院			
	张绍岩	河北省体育科学研究所			
	张继宗	公安部第二研究所			
	席焕久	锦州医学院			
	徐 刚	北京体育大学			
	夏桂兰	锦州医学院			
	郭淑菊	沈阳市中心医院			
	崔玉江	锦州医学院			
	崔秀文	秦皇岛市人民医院			
	程 鹏	锦州医学院			
	雷培芸	重庆医科大学			
	潘志蓉	重庆医科大学			

编 者

王晓梅	尤静生	任 甫	刘大川	刘九仁	刘宪民
刘海林	刘贺利	刘景勃	吴闽华	余世才	李永新
李秋实	李新志	沈海琴	杜德启	季成叶	罗俊生
张 曼	张绍岩	张继宗	张雅珍	席 静	席焕久
徐 刚	夏桂兰	郭淑菊	崔玉江	崔秀文	程 鹏
舒永康	谢细仁	雷培芸	蒋兰君	穆长征	潘广玉
潘志蓉					

绘 图

王东珍 王锦秀

编 务 工 作

任 甫 汪翠华 王桂艳 郝吉平 庄晓岭

前 言

人的骨骼年龄（简称骨龄）是人生物学年龄的重要标志。它广泛应用于评价儿童少年的生长发育，某些疾病的诊断和治疗，法医学年龄的确定以及体育特种人才的选拔，参赛运动员年龄的确定等等。随着科技的进步和人们生活水平的不断提高，骨龄的研究显得越来越重要。

为了使广大读者对骨龄有一个更加明确的认识，在实际工作中更好地应用骨龄，我们编写了《人的骨骼年龄》一书。该书内容新、实用性强。它不仅是临床医学工作者，儿少卫生人员，法医学和体育工作者的必备读物，同时也是医学研究生、大中专院校学生的参考用书。

《人的骨骼年龄》是我国第一部较为系统地介绍人的骨骼年龄的专著。本书的主要著者大都是留学归国人员。他们有的在美国 FELS 研究所和德国慕尼黑大学做过长时间的研究，有的是国内著名的专家，多年从事这个领域的研究工作并积累了丰富的经验，集国内外研究成果之大成，精编而成。该书坚持理论与实践相结合的原则并侧重在应用方面花费笔墨，力求语言简炼，通俗易懂，便于理解和应用。

本书编写过程中，承蒙中国科学院吴新智教授、天津医科大学吴恩惠教授等国内著名专家的指导和帮助，锦州医学院的刘竞毅教授、姜学林教授、邓崇新教授对稿件提出了宝贵意见，锦州医学院客座教授、骨科专家、中国著名实业家崔秀文先生和金城造纸有限公司何捷智董事长，以及辽宁民族出版社朝鲁副社长为本书的出版给予了特别的支持和帮助，在本书出版之际，谨向这些同志表示诚挚的感谢。

由于作者水平有限，缺点错误在所难免，我们真诚地希望读者批评指正。

编 者

1996.12 于锦州

目 录

前 言

第一章 概述.....	1
第一节 骨龄的概念.....	1
第二节 骨发育的组织学变化.....	3
一、骨的构造.....	3
二、骨的发生.....	8
三、骨的生长和改建.....	12
四、骨的异常发育与畸形.....	14
第三节 骨发育的 X 线表现.....	16
一、胎儿时期骨的 X 线表现.....	17
二、初生儿及儿童时期骨的 X 线表现.....	18
三、成人时期骨发育的 X 线表现.....	19
第四节 骨的代谢.....	20
一、钙磷分布与动态平衡.....	21
二、钙磷的生理功能.....	22
三、钙磷的吸收与排泄.....	22
四、血钙与血磷.....	22
五、钙磷代谢的调节.....	22
六、牙.....	23
第五节 骨发育的影响因素.....	24
一、遗传因素.....	24
二、环境因素.....	27
第六节 四肢骨与关节常见的解剖学变异.....	32
一、副骨与籽骨.....	32
二、骨髓的解剖学变异.....	33
第七节 四肢骨与关节先天性畸形.....	35
一、多指(趾)畸形.....	36
二、骈指畸形.....	36
三、马德隆(Madelung)氏畸形.....	36
四、跟骨距骨桥.....	37
第八节 骨与关节基本病变的 X 线表现.....	37

一、骨的基本病变	38
二、关节的基本病变	40
第二章 骨龄的评价方法	43
第一节 骨成熟的评价	43
一、评价部位的选择	43
二、评价骨成熟的方法	47
三、骨龄评价的质量控制	53
第二节 RWT 法	54
一、概述	54
二、膝部长骨成熟指征	55
第三节 FELS 方法	77
一、概述	77
二、手腕部骨成熟指征	79
三、骨龄计算	119
四、RWT 法和 FELS 法的统计学基础	119
第四节 其它方法	122
一、骨龄百分计数法	122
二、CHN 计分法	122
三、TW 计分法	123
四、标准骨龄对照法	123
五、简易骨龄测定法	124
第三章 骨龄与儿少卫生	128
第一节 骨龄与儿童少年生长发育	128
一、骨龄是生长发育评价的重要指标	128
二、不同发育类型青少年的骨龄等发育表现	128
三、骨发育成熟度的可变性	139
四、中国儿童少年骨发育的地区性差异	140
五、骨发育的长期趋势	141
第二节 骨龄在发育指标预测中的应用	143
一、利用骨龄预测女孩月经初潮年龄	143
二、利用贝尔—贝雷身高预测表预测成年身高	147
三、利用泰纳—瓦德霍斯身高预测法预测成年身高	152
四、利用 RWT 身高预测法预测成年身高	160
五、利用骨龄和骨发育指征判断青春期突增状况	164
第四章 骨龄与临床医学	167
第一节 骨龄延迟性疾病	168

一、内分泌性疾病.....	168
二、染色体性疾病.....	184
三、遗传性疾病.....	191
四、营养性及代谢性疾病.....	200
五、全身性慢性疾病.....	208
六、其他疾病.....	211
第二节 骨龄加速性疾病.....	213
一、内分泌性疾病.....	213
二、营养代谢性疾病.....	222
三、伴有骨龄加速的综合征 Weaver 综合征及其他	223
四、儿童类风湿性关节炎.....	224
第三节 生理性变异.....	224
一、家族性矮身材.....	224
二、家族性或体质性超高女孩.....	225
第四节 骨龄与外科治疗.....	225
一、损伤.....	226
二、骨骺感染.....	228
第五章 骨龄与法医学.....	229
第一节 骨骼的年龄推断	229
一、概述.....	229
二、颅骨的年龄变化.....	232
三、躯干骨的年龄变化.....	238
四、四肢骨的年龄变化.....	256
五、骨骼年龄判定的其他方法.....	259
第二节 应用活体骨骺判定年龄.....	265
一、肩部.....	266
二、肘部.....	270
三、腕部.....	274
四、髋部.....	277
五、膝部.....	283
六、踝部.....	286
第三节 牙齿的年龄判定.....	289
一、概述.....	289
二、牙齿的年龄判定.....	292
第六章 骨龄与体育科学.....	308
第一节 骨龄与儿童少年体育竞赛	308

一、年龄与儿童少年的生长发育..... 308

二、骨龄与年龄组竞赛时的“公平竞争”..... 308

三、儿童少年体育竞赛时应用骨龄分组势在必行..... 312

第二节 骨龄与运动员科学选材..... 312

一、儿童少年生长发育规律与研究方法..... 312

二、骨龄与儿童少年生长发育规律..... 313

三、骨龄在预测成年身高中的应用..... 314

四、骨龄在儿童少年运动员科学选材综合评价中的作用..... 315

第三节 骨龄与运动员科学训练..... 316

一、骨龄与儿童少年运动员科学训练..... 316

二、骨龄与青春期发育分型对少年运动员成才的影响..... 319

参考文献..... 328

第一章 概 述

年龄 (Age) 是大家都很熟悉的概念。日常生活中人们所说的年龄是指与出生时间有关并且按日历来计算的, 是以年、月、日来作为计算单位的, 表示出生以后所经历的时间长短, 它能准确地反映个体生命存在的时间, 所以有人称这种年龄为“时间年龄”或“时序年龄”或“历法年龄”或“生活年龄”(Chronological age) 等。如 1936 年出生的人到 1996 年就是 60 岁, 60 岁就是人们常说的年龄。

在生物学中, 还有一种年龄, 它与人体生长发育的某些事件的出现时间有关。是根据正常个体生理学和解剖学的发育状态所推算出来的年龄, 表示人体的组织结构和生理功能和实际状态, 这叫生物学年龄 (Biological age), 如身高、体重、月经初潮年龄、肺活量、牙龄、骨龄等。若细分还可以分为解剖学年龄和生理学年龄, 比如通过颅骨缝的闭合判断其年龄, 这是解剖学年龄; 根据第二性征判断年龄, 这是生理学年龄。这些都是人体生长过程中下丘脑及其有关细胞、器官上的生物钟所表明的时间或成熟的年龄。

此外还有心理学年龄 (Psychological age), 这是心理学发育指标, 是心理学“智力测验”中的术语, 是指根据标准化智力测验量表测得的智力水平, 用来表示心理发展的绝对水平, 是年龄量表上度量的智力单位, 把心理学年龄与时间年龄相对比就能看出智力绝对水平的高低。由于社会心理因素所引起的人体的主观感受的年青或衰老程度 (如有人显得年轻, 有人显得苍老) 不属于心理学年龄范畴, 而应称为主观感受年龄, 即社会心理年龄, 它更多地是受社会、心理方面的影响。

生物学年龄与心理学年龄都受人体组织结构和生理功能、心理状态等因素的影响。时间年龄是客观现象, 年复一年的增加, 与人的主观愿望和行动无关。生物学年龄可通过锻炼、营养、培养乐观的性格, 注意心理卫生等改变。心理学年龄通过树立正确的人生观, 增强社会适应性, 充满乐观主义精神加以改变。

本书要讨论的内容既不是时间年龄, 也不是心理年龄, 而是反映生长发育的骨龄 (包括牙龄)。在生长发育过程中, 最容易真实地反应生长时间的是骨骼系统。因此, 我们重点介绍骨龄 (Skeletal age), 它能更确切地反映人的生物学年龄。

第一节 骨龄的概念

人的骨骼年龄简称骨龄, 国内外学者曾对骨龄下过不同的定义。Francis 等 (1962) 曾把骨龄看成是评价和表示儿童骨成熟程度的有价值的信息, 是对生长发育进行评价的重要标志; Roche (1975、1988) 等把骨龄看成是人的生物学年龄的重要内容; 我国著名的放射学专家吴恩惠教授认为, 骨龄是出生后绝大多数正常儿童随年龄增长而出现的有规律的骨骼 X 线解剖变化标志, 但由于个体间营养发育的不同以及地区、种族、性别的不

同表现出与时间年龄的不一致；Tanner 等（1981）把骨龄看作是发育年龄和生理性成熟的标志，正如从 X 线片上所见，骨发育是一个连续的过程，这个过程的不同阶段就是一种尺度，把这个尺度应用在整个生长期中来评价骨成熟就是骨龄。也有些专家认为，骨龄是根据 X 线片说明手腕骨、膝部骨等在生后不同年龄阶段的发育，常根据骨化中心出现和干骺融合情况制定出一套正常的标准，它是表示个体发育成熟程度最准确的尺度，不仅能说明体格的大小，更重要的是它能说明全身发育成熟的程度，它比身高、体重更能准确地反映发育程度。

我们认为，骨龄是人体生物学年龄的重要内容，是用骨骼评价生长发育速度的尺度和成熟衰老水平的标志，它用年（岁）来表示骨成熟水平的值。随着社会的发展和科技的进步，骨龄的概念不断丰富和扩展，由原来的用四肢骨评价骨龄发展到用其它骨评价骨龄。不仅如此，用骨确定人的年龄范围也由儿童青少年扩展到中老年人。骨龄的应用由临床医学、儿童少年卫生学扩展到法医学和体育科学。所以骨龄是根据人体骨的生长、发育、成熟和衰老规律来推断其年龄的，这个年龄就是骨龄。

人们知道，骨的生长发育是一个连续的过程。因而，骨的生长总有个起点和终点标志，骨化中心的出现和骨的干骺完全融合就是起点和终点的最好标志。在这个连续过程中，不同的时期有不同的发育水平，表现出骨的不同形态特征，这种特定的形态特征可以通过 X 线片的拍摄捕捉到，这对于有一定训练的专业人员来说，通过阅片最后确定发育年龄并不困难。

评价人的生长发育，衡量人的成熟水平的方法很多。它们都能反映人的生物学年龄，唯有骨龄更能准确地说明人的生物学年龄。

生活年龄或时间年龄，也就是我们平时所说的年龄，是人们常用的反映人年龄的尺度。但时间年龄不能反映出儿童青少年生长速度的快与慢。在比较两个人发育水平、评价人群发育程度时，时间年龄这个指标就显得无能为力了。而把骨骼做为成熟指征时，骨龄与时间年龄之间的差异就清楚地显现出来了，所以在较广泛的一段时间里，可以获得连续的骨龄数据。由于身高、体重和智力在年青人中差异较大，也不能作为评价成熟的准确方法，其它的一些指标也都有局限性。月经来潮时间只限于女性，身高最大增长速度仅限于接近成熟者，体型的差异也很难表示出成熟的程度，第二性征提供了一些性成熟的有用信息，但只有在 9—16 岁左右时才有意义。把牙齿的成熟做为生物学年龄也是可以的，但与其它指标相比也反映出局限性。其它指标都表现出明显的性差，一般在同一年龄组中，男性成熟程度都晚于女性，但在乳牙发育期间却不能表现出性别差异，而且牙的成熟与骨的成熟呈低度相关。近年来，美国 FELS 研究所的科研人员发现，身体的组成成分可能与成熟速度有关。所以，有人也把身体的组成成分看作人的生物学年龄指标。

尽管骨龄作为人的生物学年龄也有一些不尽人意之处，如需要拍摄 X 线片，被检对象与医生都受到 X 线的侵袭，在评价 X 线片时需要训练有素的专业人员，但它仍不失评价人的生物学年龄更确切指标的光彩。骨龄与体型、身材、某年龄时达到成人身高的比例、体内总的脂肪量、非脂肪量及其与体重的比例、骨的宽度和骨皮质的厚度、身高最大增长速度和身高停止增长的年龄都有关。很多生理性指标如最大氧容量、力和体育活动等方面与骨龄的关系都比与时间年龄的关系密切，特别是青春期更为明显。月经初潮

时骨龄的变异明显小于时间年龄时骨龄的变异。青春期激素水平也明显与骨龄有关,骨龄与性成熟存在明显的负相关关系。

评价人的生物年龄,评价人的生长发育时,每一种指标都有其特定的应用范围和条件,但骨龄是更为准确的客观指标,它不仅可以判断人的营养状态,而且有助于某些疾病的诊断与治疗,对预测成人身高、法医判断年龄有较大的应用价值,但这并不意味着其它指标不重要,这就要根据不同情况采用不同的方法去评价。我们这里集中对牙齿骨龄和牙龄及有关评价人的年龄的方法做一些介绍,目的是对这些方法有一个比较深入地了解。

(席焕文)

第二节 骨发育的组织学变化

骨是一个器官,主要由骨组织构成,有丰富的血管、淋巴管及神经。骨的数目众多,成人有206块骨。按其基本形态,可分为长骨、短骨、扁骨和不规则骨四种形态。按其在体内的部位又可分为颅骨、躯干骨和附肢骨三部分。骨构成全身的支架,具有保护、支持和运动作用。骨还是体内最大的钙库,与钙、磷代谢密切相关,骨内的骨髓执行造血功能。

一、骨的构造

(一) 骨的结构

骨一般是由骨膜、密质骨、松质骨、骨髓以及血管和神经等构成。

1. 骨膜

骨膜为覆盖于骨表面的致密结缔组织膜。被包在骨表面的,称为骨外膜;衬附在骨髓腔、骨小梁及中央管和穿通管表面的,称为骨内膜。骨内膜与骨外膜之间为骨板。

(1) 骨外膜 一般分为两层:①纤维层:即最外一层薄而致密的、排列不规则的结缔组织,其中含有粗大的胶原纤维。有些胶原纤维横向穿入外环骨板中,称为穿通纤维或称夏贝纤维,起固定骨膜作用;②新生层或成骨层:为骨外膜的内层,由少量的胶原纤维和较多的弹力纤维形成一薄层弹力纤维网,并含有骨原细胞、成骨细胞及小血管和神经。因此,骨外膜内层在骨发育和再生过程中起主要作用。

(2) 骨内膜 是一薄层富含细胞的结缔组织。骨内膜中的骨原细胞等具有成骨潜能,因而,骨内膜参与骨的再生。

2. 密质骨

主要分布于扁骨表层和长骨骨干,在骨干,根据骨板排列方式不同,可分为环骨板、骨单位和间骨板三种骨板(图1-1)。

(1) 环骨板 位于骨干的外周和近骨髓腔的内侧面。与骨干周缘平行排列的环形骨板,分别称为外环骨板和内环骨板。内、外环骨板内均有垂直或斜穿骨板的管道,称穿通管,它与纵向排列的中央管相通。

(2) 骨单位(Osteon) 又称哈佛系统(Haversian system),位于内、外环骨板之间,是骨干的主要结构单位。它是一种厚壁的筒状结构,与骨长轴平行并有分支互相连

接的。每个骨单位中央有一纵行小管，称为中央管，又称哈佛管，管内有来自骨内、外膜的血管和神经。中央管外围绕着10~20层同心圆排列的环行骨板，又称哈佛骨板。这些骨板内和骨板间有骨陷窝和骨小管，其中有骨细胞及其突起。最内层骨板内的骨小管与中央管相通，构成骨干内营养代谢的管道系统（图1-1）。

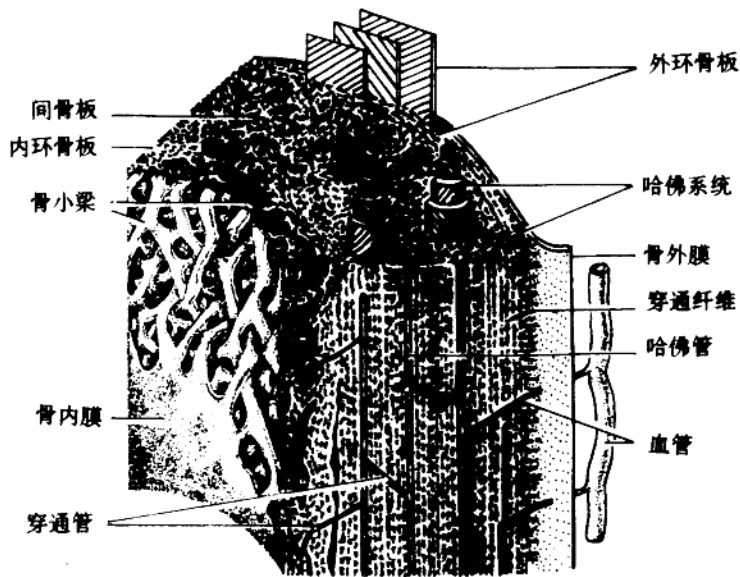


图1-1 长骨骨干密质骨立体模式图

(3) 间骨板 是填充于骨单位之间的一些不规则的平行骨板，它是骨发生过程中，骨改建时骨单位或外环骨板被破坏的残留部分。

3. 松质骨

主要位于骨髓的深部，是由大量针状或片状的骨小梁连接而成的多孔网架，形似海绵状，其中充满红骨髓。骨小梁也是板层骨，它按承受力的方向有规律地排列。

4. 骨髓

骨髓腔及骨髓的网孔中充满了骨髓。胚胎时期，骨髓腔内全部为红骨髓，执行造血功能。成年后，骨髓腔内的红骨髓被脂肪组织代替，成为黄骨髓。因此，长骨中的红骨髓主要存在于骨髓内。黄骨髓一般情况下不能造血，但保持有造血潜能，病理情况下可恢复造血功能。

5. 骨的血管

骨的血液供应主要来源是周围软组织的动脉分支和关节周围的小动脉分支。管状骨的血液供应有四个来源：滋养动脉（营养动脉）、骨髓动脉、干骺动脉和骨膜动脉（图1-2）。

(1) 滋养动脉 管状骨一般有1~2支滋养动脉自骨干的滋养孔进入骨皮质，在皮质滋养动脉管内行走，进入骨髓，然后分升降两支，在不同水平处发出很多细而直的分枝，组成小动脉网，分布于髓腔内并穿入皮质。

(2) 骨髓动脉 主要来自关节外软组织动脉分支，亦可来自关节软组织的动脉分支。

它们在骨髓内吻合成网。

(3) 干骺端动脉 骨干周围组织细小动脉支在干骺端穿入骨内，与滋养动脉升、降支的终末支吻合。

(4) 骨膜动脉 主干沿骨长轴行走，于不同水平发出很多分支，组成骨膜动脉网供应骨膜并穿入皮质内。

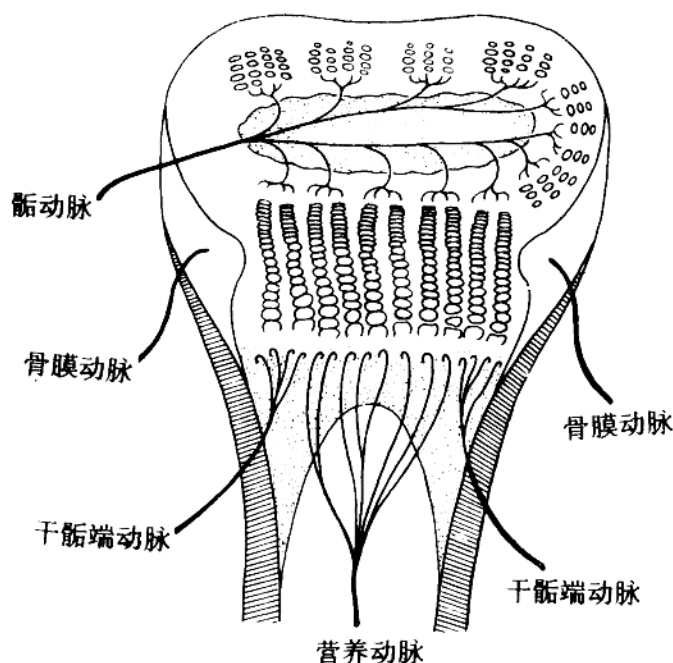


图 1-2 骨的血液供应示意图

四肢不规则骨的动脉一般来自周围软组织的动脉分支，自骨的滋养孔进入骨内。

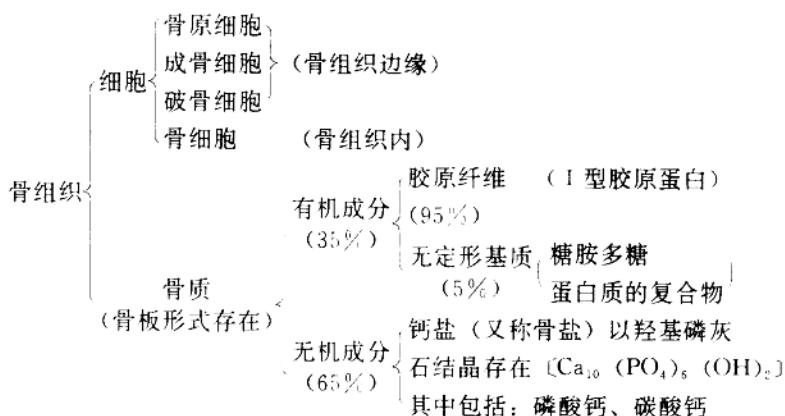
骨内动脉分支细而直，相互吻合成小动脉网，经毛细血管进入静脉窦内。骨内静脉始于静脉窦，多数静脉呈轮辐状排列，合成一个小中心静脉，再汇合成较大静脉。骨干静脉是由髓腔中心静脉引流至骨干。骨髓和干骺部位则分别由骨髓静脉和干骺静脉分流，骨膜静脉与同名动脉伴行。

(二) 骨的组织结构

骨组织由多种细胞成分和大量钙化的细胞间质组成，骨组织的组成见表 1-1。

(表 1-1)

骨组织的组成



1. 骨组织的细胞成分

(1) 骨原细胞 (Osteogenic) 骨组织中的干细胞。它呈梭形，胞体小，卵圆形核，胞质少，弱嗜碱性。骨原细胞存在于骨外膜、骨内膜的内层以及中央管内，靠近骨质面在骨的生长发育及修复或改建过程中，它可以分裂增殖并分化为成骨细胞。

(2) 成骨细胞 (Osteoblast) 它的来源有不少学说，一般认为，是由骨原细胞分化而来的。该细胞呈柱状或立方形，带有小突起。胞体较大，直径约为 $20\sim 30\mu\text{m}$ 。核大而圆，核仁清楚。胞质嗜碱性，含有丰富的碱性磷酸酶。电镜下，胞质内有丰富的粗面内质网和游离核糖体，发达的高尔基复合体，线粒体也较多。成骨细胞功能活跃，随着功能状态的不同，其大小和形态有明显的变化。当骨生长和再生时，成骨细胞整齐地排列在骨组织表面并向周围分泌基质和纤维，将自身埋于其中，形成类骨质。成骨细胞以胞浆分泌的方式向基质内释放有膜包裹的基质小泡，小泡破裂后，将所含大量的碱性磷酸酶、磷脂及钙盐结晶释放于局部，使得类骨质迅速钙化为骨质。于是，成骨细胞也成熟为骨细胞。

(3) 骨细胞 (Osteocyte) 细胞呈扁椭圆形，多突起。核扁圆，染色深。胞质弱嗜碱性。电镜下，胞质内有少量溶酶体，线粒体、粗面内质网和不发达的高尔基复合体。骨细胞分散排列在骨板内或骨板间，胞体所占据的小腔称为骨陷窝，周围包以钙化的骨质。骨陷窝呈辐射状向四周发出许多细长的小管，称骨小管。相邻的骨陷窝借骨小管彼此相连。骨细胞的突起伸入骨小管并与另一个骨细胞的突起以缝隙连接相连。骨细胞从骨陷窝和骨小管内的组织液中得到营养并排出代谢产物 (图 1—3)。

(4) 破骨细胞 (Osteoclast) 它是一种巨大多核的细胞，直径为 $10\sim 100\mu\text{m}$ ，可有 $6\sim 50$ 个核。胞质呈强嗜酸性。数量远比成骨细胞少，多位于骨质吸收所形成的凹陷处。电镜下，破骨细胞胞质内有大量的线粒体，溶酶体和高尔基复合体 (图 1—4)。在靠近骨组织的一面有许多高而密集的微绒毛，形成皱褶缘。在皱褶缘周围有一环行的胞质区，此处细胞平整，紧贴于骨组织表面。该区胞质内有大量微丝和非结晶物，其它细胞器很少，称为亮区。微丝收缩，可使亮区与骨组织紧密相贴，像一道围墙在皱褶缘的周围，使皱褶缘处形成一个微环境。破骨细胞通过向其中释放多种溶酶体和乳酸等，溶解骨组织。在皱褶缘微绒毛之间的膜陷入胞浆内形成小泡，小泡通过狭颈与吸收区相通。在皱褶缘间和小泡内可见某些磷灰石结晶和胶原纤维碎片。皱褶缘基部常见到一些溶酶体，可能具

有溶解粘多糖蛋白和胶原纤维的作用。溶酶体含有酸性水解蛋白酶，可能与骨破坏有关。而线粒体则为细胞物质代谢和功能活动提供能量。

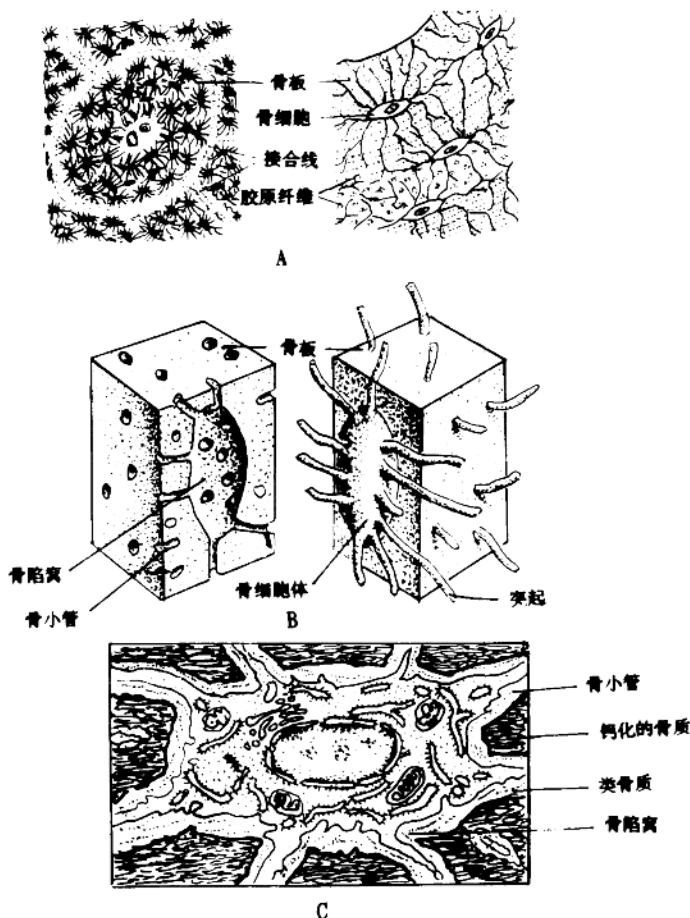


图 1-3 骨细胞的形态与分布

A. 骨组织 B. 骨细胞 C. 骨细胞超微结构

2. 骨质

钙化的骨间质又称骨质，由有机物和无机物构成。

(1) 有机物 包括胶原纤维和无定形基质，约占骨干重的 35%，是由骨细胞分泌形成的。这些有机成分使骨具有韧性。

①胶原纤维（骨胶原纤维） 又称为胶原，占总有机质的 95% 左右，是一种结晶纤维蛋白原纤维，由 I 型胶原蛋白构成，有典型的 X 线衍射现象和电子显微镜图像并有 64nm 周期带。胶原的长度、直径和密度因年龄而异，老年骨的胶原直径可高达 0.1 μ m。

②无定形基质 占总有机质的 5%，呈凝胶状，化学成分包括糖胺多糖，蛋白质复合物以及脂类，特别是磷脂类。糖胺多糖包括硫酸软骨素、硫酸角质素和透明质酸等，蛋白质复合物为非胶原性蛋白质，占有有机物的 0.5%，其中含有唾液蛋白质和骨形态生成蛋白（都属于糖蛋白）。

(2) 无机物 骨基质中的无机物主要为钙盐，又称骨盐。在电镜下，骨盐呈细针状结晶，约长10—20nm，大都沉积在胶原纤维中，紧密而有规律地沿胶原纤维的长轴排列。骨盐与有机质结合后，骨质变得十分坚硬，有很强的支持功能。

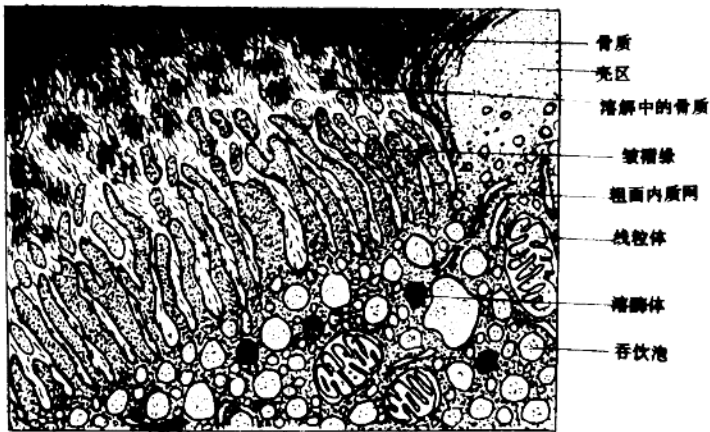


图1-4 破骨细胞超微结构模式图

骨盐占骨干重的65%，其中95%是固体钙和磷。化学成分有磷酸钙、碳酸钙及柠檬酸钙等。这些成分以羟基磷灰石结晶的形式存在。骨含有全身钙的99%和全身磷的90%，它在人体化学物质的储存以及保持物质平衡等方面起重要作用。

(3) 骨板 (Bone lamella) 胶原纤维平行排列成层，借基质粘合在一起，并有骨盐沉积，形成板状结构，称为骨板。成熟骨组织的骨质常以骨板的形式存在。同一层骨板内，胶原纤维平行排列，而相邻两层骨板内纤维的方向垂直，如同多层木质胶合板一样，这种结构能承受多个方向的压力，增加了骨的支持力。由骨板逐层排列而成的骨组织称为板层骨。成人骨组织几乎都是板层骨。按照骨板的排列和空间结构的不同可分为松质骨和密质骨。松质骨构成扁骨的板障和长骨骨髓的大部分；密质骨构成扁骨的皮质、长骨骨干的大部分和骨髓的表层。

二、骨的发生

骨发生于中胚层的间充质，约从胚胎第8周开始，间充质分布成膜状，间充质细胞凝聚形成胚胎性的结缔组织膜。此后，有的在此膜的基础上直接长成骨，称为膜性骨，有的则必须经过软骨阶段，以后再骨化为骨，称为软骨化骨，因此，骨的发生有两种方式：①膜性骨发生或称膜性骨化；②软骨性骨发生或称软骨性骨化。

(一) 膜性骨发生

体内少数骨如顶骨、额骨及锁骨等是以这种方式发生的。

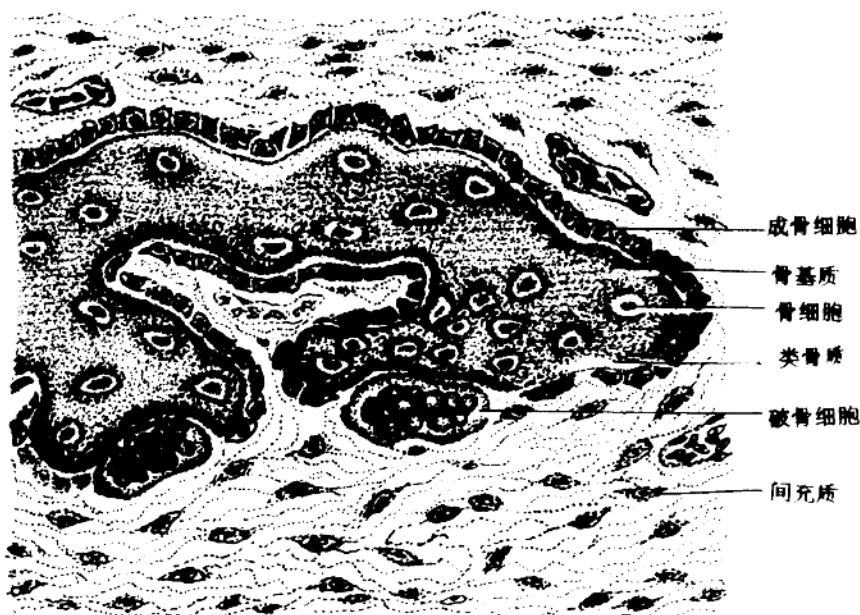


图 1-5 膜性骨发生模式图

胚胎发生的早期，在将要形成骨的部位，间充质细胞增殖密集，形成富含血管的胚胎性结缔组织膜，膜内的某些间充质细胞分化为骨原细胞，其中部分骨原细胞分化为成骨细胞。成骨细胞产生纤维和基质，将自身包埋其中形成类骨质，再钙化成为骨组织。最初开始产生骨的部位，称为骨化中心（Ossification center）或骨化点（Ossification point）。由刚形成的针状或片状骨组织构成的原始骨小梁，围绕着骨化中心呈放射状排列并连接成网，网孔内充满红骨髓，即原始松质骨。骨化由此中心不断向周围扩展，松质骨不断增厚，骨化中心周围的间充质分化为骨膜。骨膜下的成骨细胞不断产生骨质，使骨不断加厚，形成密质骨，即内板和外板，两板之间的松质骨为板障。骨化中心边缘也不断产生新骨，使骨加宽。与此同时，破骨细胞将已形成的骨质破坏吸收，成骨细胞再进行改建，如此不断地改变着骨的外形和内部结构，以达到成体时骨的形态（图 1-5）。

（二）软骨性骨发生

首先由间充质形成软骨雏形，而后软骨不断生长逐渐被骨组织所替换。人体的大多数骨，如长骨、短骨和大部分不规则骨等，都是以这种方式发生的。