



中国儿童 骨龄评分法

METHOD FOR ASSESSING BONE AGE
OF CHINESE CHILDREN

主编 叶义言

■ 本书从骨龄的概念及其他发育指标，
综观骨龄测定的各种方法。

■ 以大量的图片、参数，详细介绍骨龄
评分法、成年身高预测法、初潮年龄预
测法等。



人民卫生出版社

METHOD FOR
ASSESSING BONE AGE
OF CHINESE CHILDREN

中国儿童骨龄评分法

METHOD FOR
ASSESSING BONE AGE
OF CHINESE CHILDREN

METHOD FOR
ASSESSING BONE AGE
OF CHINESE CHILDREN

ASSESSING BONE AGE
OF CHINESE CHILDREN

主 编 叶义言

编 者（以姓氏笔画为序）

王创新 叶 韬

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国儿童骨龄评分法/叶义言主编. —北京:
人民卫生出版社, 2005. 5

ISBN 7-117-06582-6

I. 中... II. 叶... III. 儿童-骨骼测量

IV. R179②Q984

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 006079 号

中国儿童骨龄评分法

主 编: 叶义言

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

邮购电话: 010-67605754

印 刷: 北京铭成印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.75 插页: 2

字 数: 459 千字

版 次: 2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-06582-6/R·6583

定 价: 40.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

引言

伦敦大学荣誉教授 J. M. Tanner

我非常高兴地介绍和推荐 Tanner-Whitehouse 骨发育评定系统的这一中国版，它由我以前的博士后学生叶教授做了细致的描述。

TW 系统是在 1950 年代和 1960 年代产生的，那时 Reg Whitehouse 和我曾是一个大型国际组的成员，在哈普顿（英国）、伦敦、巴黎、布鲁塞尔、斯德哥尔摩和苏黎世协作进行从出生到成年的许多纵向生长研究。在我们考虑他的或她的智力和体格的表现以及最终成年状况的预测时，评价每一名儿童的骨发育的进展则是很重要的。

我们对当时广被应用的 Greulich-Pyle 系统表示批评，不止在于其骨的期的描述上，还在于其系统被使用的方式上，尤其是在临床工作繁忙时。尽管 Greulich 和 Pyle 他们自己宣称分别考虑了手和腕部的每一个骨，给每一个骨一个“骨龄”，然后取所有骨的中位数作为总的骨龄，但很少有人在该临床情况的工作中是这么做的。因为提供的“图谱”显示了儿童分配有的骨龄如 5 岁，6 岁，7 岁等，以致只需将手的 X 线片与一个或另一个模图简单地进行上、下大致的匹配即可，这种诱惑力实在是太强了。

再者，认识到，我们已掌握的单个儿童纵向生长材料的数量远远多于 Greulich 和 Pyle 所有的，Whitehouse 和我及我们的同事们决定建立一种不能以总的、近似的方式被使用的系统；在该系统里，每一骨被单个地分期。对我们的大量个人纵向生长资料的检查使我们设立了一系列的可区分的期（A，B，C 等），这些期在每一骨正常发育过程中都要通过。根据适当的数学原理，得出了每一骨的每一期的分数，在此项发展中我们得到了我们的数学家同事 Michael Healy 和 Harvey Goldstein 的帮助。于是，两个骨系列（桡、尺、短骨；以及腕骨）的每一系列的总分在骨发育评分方面给予了最好的总体评价。制订了不同人群的骨发育分的百分位标准，因此，特定儿童的骨发育能被评价，正像身高一样，如在该人群的第 5，第 30，第 60 百分位等。第 50 百分位，与临床工作者们很喜欢的旧的骨龄概念一致。

TW 系统首先在国际儿童中心纵向研究中应用了 10 年，最终于 1976 年发表。第 2 版，含有些修改，见于 1983 年，而第 3 版见于 2001 年，在该版中，因为考虑经济、社会和健康的变化对世界不同人群的影响，故由基础的和无变化的骨发育分转换为有变化的骨龄，作了第 2 次最新修订。所得出的系统称之为 TW3。

在这一版，叙述了一项进展。还在最初时，似乎有理由假定，骨发育期的评定应该



是计算机能比人工操作做得更好的一种事情，及至上世纪 80 年代后期和 90 年代早期，我们研究了做此事的各种方式。专家系统已被证明太复杂以致不实用，但由于伊利诺斯大学 Robert Gibbons 和 Darrell Bock 的帮助，我们发现分类统计学方法极为适合我们的目的。我们首先数字化 X 线图像，一个骨一个骨地进行，然后拟合为一种二维 64 项傅利叶系列以符合点到点的密度变化，因此骨被表示为一组图像系数。如此同样处理标准或模图的 X 线图像系列，于是每一骨发育期，如 B 期，C 期，D 期等，都有其一组特征性的系数。因此特定骨的系数连续与标准期 B，C，D 等的系数的比较可按计算机算法进行。这种计算机辅助方法胜过人工方法的最大优点是，正如其名称，它使用一种连续的尺度而不是一种断续的尺度。在人工方法，评价者能选择一个相匹配的期，比如说，D 期，而不是 C 期或 E 期，仅此而已。CASAS（计算机辅助骨发育评分）方法能告知，虽然最佳匹配确为 D 期，但较好的匹配为 E 期非 C 期，故真正的分数应为 $D + 0.3$ 之类。我们很快证明了分期的重复性 CASAS 大大优于人工，而且这主要是由于使用了连续的尺度。

当然，CASAS 并非没有它的问题。首先，计算机的正确评定关键取决于手在 X 线图像中的正确位置。其次，X 线片的质量是重要的；较细颗粒片自然比较粗颗粒片适合些。在大多数现代化科室里已完全没有 X 线片了；数字化图像由 X 线摄像器械生成并直接输入到 CASAS 计算机内。最后，当一个骨具有的形态超出或近乎超出由标准所定义的界限时，计算机将指明这一点，并提供备款为人工分期插入，如果这样做满意的话。因此，病态手则不易被 CASAS 处理。提早和延迟发育的儿童当然易被评定，以及家族性矮身材或生长激素不足的儿童也一样。大多数 Turner 氏征患者也能被评定。但是脊椎-骨骺发育不良及其他骨病患者常被拒认。

TW 系统的西班牙版见于 1988 年，意大利版于 1990 年。现在有叶教授的中国版，我相信，在中华人民共和国的医学工作者们将会全心全意地欢迎它。

2003 年 1 月 30 日

（李泽英 翻译）

A FOREWORD

J. M. Tanner, Professor Emeritus,
University of London

It is a great pleasure for me to introduce, and recommend, this Chinese version of the Tanner-Whitehouse Skeletal Maturity Assessment system, meticulously presented by my former postdoctoral student, Professor Ye.

The TW system was developed in the 1950s and 1960s, when Reg Whitehouse and I were members of a large international team co-ordinating a number of birth-to-maturity longitudinal growth studies, located in Harpenden (UK), London, Paris, Brussels, Stockholm and Zurich. Assessing the progress of each child's skeletal maturity was of major importance in our consideration of his or her mental and physical performance and our prediction of final adult state.

We were critical of the then universally used Greulich-Pyle system, not so much for the description of the stages of the bones, but for the way the system was used, particularly in the rush of clinical practice. Though Greulich and Pyle themselves advocated considering each bone of the hand and wrist separately, assigning it a "bone age" and then taking the median value of all the bones as the overall Bone Age, very few persons working in the clinical context have ever done this. Since an "Atlas" was presented showing children with assigned Bone Ages 5, 6, 7 years and so on, the temptation simply to match, more or less roughly, the X-ray in hand with one or other of the plates was just too strong.

Realizing, too, that we had at our disposal a far greater number of longitudinal runs of individual children than had Greulich and Pyle, Whitehouse and I and our colleagues decided to build a system which could not be used in an overall, approximate way; a system in which each bone was rated individually. Inspection of our longitudinal runs of individuals led us to set up a series of distinguishable stages (A, B, C etc.) through which each bone passed in the course of normal development. A Numerical scores for each stage of each bone were derived from proper mathematical principles, a development in which we were aided by our mathematician colleagues Michael Healy and Har-



vey Goldstein. Then the sums of the scores for each of the two sets of bones (Radius, Ulna, Short Bones; and Carpal Bones) gave the best overall estimates of Skeletal Maturity Score. Centile norms of the Scores were produced for various populations, so the Skeletal Maturity of a given child could be assessed, just like Height, as at the 5th, 30th, 60th etc centile for the population. The 50th centile corresponded to the older concept, much liked by clinicians, of a bone ages.

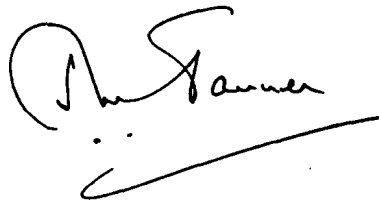
The TW system was piloted for 10 years in the International Childrens' Centre Longitudinal Studies, and was finally published in 1976. A second edition, containing revisions, appeared in 1983, and a third in 2001, in which the conversions from the underlying and unchanging Skeletal Maturity Scores to changing Bone Ages, was updated for the second time, to take account of the effects of economic, social and health changes in the various world populations. The resulting system was called TW3.

In this edition, a further development was described. From the beginning it seemed reasonable to suppose that bone stage assessments were something that a computer should be able to do better than a human operator, and in the late 80s and early 90s we investigated various ways of doing this. Expert systems proved too complicated to be practical, but with the help of Robert Gibbons and Darrell Bock, of the University of Illinois, we found that the methods of classification statistics suited our purpose admirably. We first digitized the radiograph, bone by bone, and then fitted a two-dimensional 64-term Fourier series to the changes in density from point to point, so that the bone was represented by a set of image coefficients. The Standard, or template, series of radiographs was similarly treated, so each stage, B, C, D etc. had its characteristic set of coefficients. The coefficients of the given bone were then compared, by computer algorithm, to the coefficients of successive stages B, C, D etc. of the standards. The great advantage of this Computed-Assisted method, as it is called, over the Manual method is that it uses a continuous scale rather than a discrete-integer one. In the Manual method, the rater can opt for a match with Stage D, say, rather than C or E, and that is all. The CASAS (Computer-Assisted Skeletal Assessment Score) method can tell that though the best match is indeed D, E is a better match than C, so that the true score is something like $D+0.3$. We soon showed that the repeatability of ratings was considerably better in CASAS than in Manual, and that this was mostly due to the use of the continuous scale.

CASAS, of course, is not without its problems. To start with, correct computer assessment depends critically on correct positioning of the hand in the radiograph. Secondly, the quality of the X-ray is important; finer-grained films are, naturally, more suitable than coarser-grained. In the most up-to-date departments there is no X-ray film

at all; a digitized image is generated by the radiographic equipment and passed to the CASAS computer directly. Lastly, when a bone has an appearance which is outside or nearly outside the limits defined by the standards, the computer will indicate this, and provide provision for a Manual rating to be inserted, if that is desired. Pathological hands, therefore, are not readily dealt with by CASAS. Early and late-developing children, of course, are easily rated, and children with familial short stature or Growth Hormone insufficiency. Most cases of Turner syndrome can also be rated. But the spondylo-epiphyseal dysplasias and other bone disorders are usually rejected.

A Spanish version of the TW system appeared in 1988, and an Italian one in 1990. Now comes Professor Ye's Chinese version, which I am sure medical practitioners in the PRC will welcome wholeheartedly.



Professor Emeritus, University of London

30/01/2003

前 言

中国儿童骨龄评分法是作者利用 TW 骨龄法的原理,通过对我国儿童骨发育的研究而制订的适用于我国儿童的骨龄评定方法,它还包括与之配套的含骨发育因素的我国儿童成年身高预测方法、女孩初潮年龄预测方法。本方法在研究时曾获湖南省科委、国家自然科学基金资助,自 1991 年发表以来,得到了国内、外同行们的普遍认可,于 1992 年获卫生部医药卫生科学技术进步奖,1994 年专著“儿童青少年骨龄的评分法图谱及应用”出版,1995 年该专著获第七届全国优秀科技图书奖,1996 年列为中国“八五”科技成果之一,1998 年选入卫生部“十年百项计划”适宜技术向全国各级医院临床推广,1999 年该技术软件包研制成功并实际应用,有效地克服了手工操作繁琐费时的缺点,2005 年进而实现该技术互联网 (www.mdcgd.com) 远程骨龄评定等功能,能统一操作和管理,使单机操作存在的误差因人而异、资料贮存容量因越来越大以致管理维护越来越繁杂、自动化评定骨龄尚待完善且设备昂贵等问题得到解决,则更为简便易行了。迄今,我国不少医院在用该技术并称之为“叶氏骨龄评分法”,各地一致反映本方法“适合国情,科学性强,技术成熟,精确度高,具有广泛使用价值,是对我国骨龄评定方法的重要更新与贡献,亦为今后开展有关工作和研究提供了新的方法、依据与途径”,并能与国际通用方法接轨。

本书是在原专著的基础上,结合近十多年来本方法在我国各地推广应用的情况,以及近年新版 TW3 骨龄法的有关进展而进行编写,增补了新的内容,修正和增加了参数,重新筛选了 X 线图片,并利用当前图像数字化处理技术提高了图片质量,在编排和写作上也作了重大改进,更突出了“实用”的宗旨。TW 系列骨龄法创始人英国伦敦大学 Tanner 教授在看到本书设想的英文详细梗概时,给予了高度评价,并特意为本书写了引言。

全书共分六章。入笔开门见山,直接从骨龄的概念开始,旁及其他发育指标,略加介绍(第一章);继而综观骨龄的测定,通过对各种方法的简介和比较,阐明中国儿童骨龄评分法所处地位及先进性(第二章);接着进入主题,以大量的图片、参数,详细介绍骨龄评分法、成年身高预测法、初潮年龄预测法等,可称得上图文并茂,这几章(第三、四、五章)是重点,尤其是第三章;然后概述临床应用,意在启发如何用好上述技术(第六章)。每一章后列有主要参考文献,全书后有主题索引。以上编排,使本方法便于读者学得会、用得上、查得到,对儿科、儿童保健科、放射科、儿童内分泌遗传代谢专业、儿童生长发育专业等各级医务人员和科研人员则尤为适合。



本书在筹划、编写时，得到了英国伦敦大学 Tanner 教授、国际人类生物学研究协会、香港大学玛丽医院儿科学系、长沙明德儿童青少年生长发育开发有限公司刘向涛先生、我国许多学者和友人们的鼓励和支持，对他（她）们，以及在本方法研究和推广过程中曾给以帮助的所有单位和个人，特别是作者所在的中南大学湘雅医院的领导和同事们，在此一并致以衷心的感谢！

中国儿童骨龄评分法在儿科临床、儿童保健、儿童生长发育和内分泌遗传代谢性疾病、文艺体育专业儿童选材、儿童教学、儿童法律年龄鉴定、环境对人类生长影响的研究等领域具有广泛用途，对于促进儿童生长药物的合理应用更是必不可少的监护手段，能为儿童健康成长和有关医疗保健质量提高提供新的技术，因此，作者 10 余年来执着此事，而今奉献此书，以飨读者。书中不妥之处，欢迎指正。

愿科学呵护儿童成长！

叶义言

2005 年 4 月 8 日

于湖南长沙

目 录

第一章 骨龄	1
第一节 骨龄是基本发育指标	1
一、骨骼的发育变化	1
二、骨龄与人体发育程度的关系	7
第二节 骨龄与年龄的比较	8
一、年龄的计算	8
二、年龄的用途	9
三、骨龄与年龄的比较	9
第三节 骨龄与性征发育年龄的比较	11
一、性征的发育变化	11
二、性征发育的分期	16
三、性征发育年龄的评定方法	21
四、骨龄与性征发育年龄的比较	25
第四节 骨龄与牙龄的比较	25
一、牙齿的萌换	26
二、牙龄的评定方法	27
三、骨龄与牙龄的比较	30
第五节 骨龄与身高年龄的比较	30
一、身高的增长	30
二、身高年龄的评定方法	34
三、身高年龄与骨龄的比较	38
第六节 骨龄与神经、心理发育年龄的比较	38
一、神经系统功能和神经心理的发育过程	39
二、神经发育年龄的评定方法	42
三、神经心理发育年龄的评定方法	42
四、骨龄与智龄的比较	44
第七节 骨龄与其他发育年龄的综合运用	44
一、生理生化年龄	44
二、骨龄与其他发育年龄的综合应用	45
第二章 骨龄的测定方法	51



第一节 手、腕部骨及其 X 线摄片	51
一、手、腕部骨	51
二、手、腕部骨的 X 线片	53
第二节 骨龄计数法	55
一、历史	56
二、方法	56
三、评议	57
第三节 骨龄图谱法	57
一、历史	57
二、方法	58
三、评议	59
第四节 骨龄评分法	60
一、历史	60
二、方法	62
三、评议	68
第五节 计算机辅助评定骨龄	69
一、历史	69
二、方法	70
三、评议	74
第六节 我国的骨龄评定方法	75
一、历史	75
二、方法	76
三、评议	78
 第三章 中国儿童骨龄评分法	 83
第一节 概述	83
一、骨发育分期系统	83
二、骨龄标准系统	84
第二节 手、腕部骨发育的 X 线分期	84
一、桡骨	85
二、尺骨	89
三、第 1 掌骨	93
四、第 3、5 掌骨	97
五、第 1 近指骨	101
六、第 3、5 近指骨	105
七、第 3、5 中指骨	110
八、第 1 远指骨	114
九、第 3、5 远指骨	118
十、头状骨	123

十一、钩骨	127
十二、三角骨	131
十三、月骨	135
十四、舟骨	139
十五、大多角骨	143
十六、小多角骨	147
第三节 手、腕部骨发育的评分系统	151
一、赋分的原理	151
二、各骨各期的分值	154
第四节 手、腕部骨龄标准系统	157
一、骨发育的百分位标准	160
二、骨龄的骨龄分标准	173
三、骨发育分的增长速度	176
第五节 中国儿童骨龄评分法的人工操作	179
一、不同骨系列的适用范围	179
二、骨发育评定的目的	180
三、骨发育评定的步骤	181
第六节 中国儿童骨龄评分法的训练	182
一、训练材料	182
二、训练程序	183
三、技术要求	183
第四章 中国儿童成年身高预测法	186
第一节 概述	186
一、历史	186
二、原理	187
三、方法	188
四、预测准确度	188
第二节 中国儿童成年身高预测法	189
一、基于骨龄的预测法	190
二、基于骨发育分的预测法	197
三、特殊儿童的成年身高预测	201
第三节 中国儿童成年身高预测法的人工操作	203
一、成年身高预测公式的选用	203
二、身高预测的人工操作步骤	204
三、成年身高预测值的可靠性分析	205
第四节 其他成年身高预测方法	207
一、BP 成年身高预测法	207
二、RWT 成年身高预测法	209



三、儿童足长预测成年身高法.....	213
第五章 女孩月经初潮年龄预测.....	220
第一节 概述.....	220
第二节 初潮平均年龄.....	220
第三节 初潮年龄预测.....	228
一、一般方法.....	228
二、基于骨发育 X 线特征	229
三、基于骨龄的方法.....	230
四、青春期发育时间的预测.....	232
第六章 骨龄的临床应用.....	233
第一节 儿童生长监护.....	233
一、生长监护的内容.....	233
二、生长监护的方式.....	235
三、生长监护的分析.....	239
第二节 疾病的诊断和监护.....	244
一、矮身材.....	245
二、高身材.....	248
三、肥胖.....	249
四、青春发育过早.....	250
五、青春发育过迟.....	253
六、内分泌疾病.....	256
第三节 儿童生长的研究.....	258
一、儿童生长特征与健康.....	258
二、遗传对生长特征的影响.....	260
三、体外环境对生长特征的影响.....	270
四、体内环境对生长特征的影响.....	274
附录 农历-公历对照表 (1980~2019)	286
主题词索引.....	294



第一章 骨 龄

儿童时期 (childhood), 即从出生到体格发育完成 (from the time of birth to the completion of bodily development) 的时期, 是人体形态和机能逐渐成熟 (maturation) 即发育 (development) 的时期。儿童的发育可看作作为一种运动, 其速度 (velocity) 和进度 (distance), 可从自身变化、外界现象、反应能力等方面加以标记或测知, 但都需选用一些标志 (milestones) 作为指标 (indicators), 例如, 自身变化常用骨的发育 (skeletal maturity)、性征 (sex characteristics) 的发育、牙齿的萌换、身高的增长等为指标; 外界现象常用历法年龄 (chronological age) 即年龄 (age) 为指标; 反应能力常用动作、语言、智能等为指标。历史上, 判断骨的发育变化最初是以年龄为尺度 (age scale) 的, 故叫做骨龄 (bone age, skeletal age), 其实那是一种估算年龄 (predicted age) 或最可能年龄 (the most likely age), 但名称被沿用了下来, 而且这种取名方式以后也用于其他发育测定, 如性征发育年龄 (sexual age), 牙龄 (dental age), 身高年龄 (height age), 神经发育年龄 (neural age), 智能年龄 (mental age), 等^[1]。

第一节 骨龄是基本发育指标

骨龄, 正式名称叫做骨骼测定年龄 (age determination by skeleton)^[2]。它是通过测定骨骼的大小、形态、结构、相互关系的变化反映体格发育程度, 并通过统计处理, 以年龄的形式、以岁为单位进行表达的生物学年龄。简言之, 以骨骼的发育变化测定的体格发育年龄, 叫做骨龄。骨龄是儿童体格发育的基本指标。

一、骨骼的发育变化

在人体发育过程中, 凡具有一定起始状态、演变过程、成熟状态而又能被辨别或测知的生理结构或机能, 都可作为生物学量尺 (a biological scale), 以便于生物学年龄的测定。骨骼的发育变化则是最好的生物学量尺。

(一) 骨骼发育的重要性

骨骼系统是人体体格组成的最重要部分。骨骼发育达到成年时, 骨骼的重量占体重 (body weight) 的 14%, 高度占身高 (body height) 的 97%~98%。因此, 骨骼发育是人体最重要的体格发育。

(二) 骨骼发育的过程



在人类，骨骼的发育过程，即骨骼从起始到成熟的形态变化，是相同的。例如，长骨和短骨的发育过程在不同人种之间是相同的。

1. 长骨的发育过程 在将要形成长骨的部位，首先形成软骨模子，其形状与未来发育成的长骨相似。以后软骨模子逐渐骨化，包括软骨模子中段的骨化和软骨模子两端的骨化，见图 1-1。

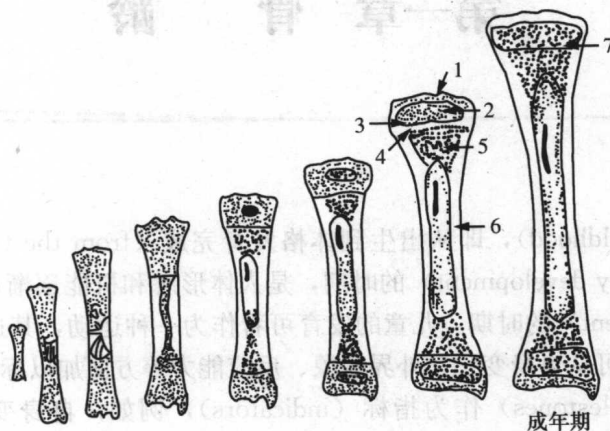


图 1-1 长骨的发育过程

1. 骨骺 2. 骨化中心 3. 骨骺软骨 4. 钙化预备带
5. 新形成的骨组织 6. 骨干 7. 遗留的骺线

(1) 软骨模子中段的骨化：中段周边骨化，生成领圈状的骨组织，叫做骨领 (periosteal bone collar)；中段中央骨化，生成原始骨松质 (primary spongy bone)，叫做原发性骨化中心或初级骨化中心 (primary ossification center)。骨领不断向内、外成骨，形成骨干 (bone stem) 且不断加粗；原发性骨化中心不断向两端成骨，使骨干不断加长；原始骨松质新形成和重吸收相继进行而不断改建，形成骨髓腔 (bone marrow cavity) 且不断变长变宽。如此不断进行，直到骨干和骨髓腔的发育完成。

(2) 软骨模子两端的骨化：见图 1-2。两端的中央骨化，生成原始骨松质，因在上述原发性骨化中心之后出现，故叫做继发性骨化中心或次级骨化中心 (secondary ossification center)。继发性骨化中心不断向四周成骨，生成原始骨松质块，叫做骨骺 (epiphysis)，骨的两端因而叫做骺端。骨骺不断增大，其原始骨松质新形成和重吸收亦相继进行而不断改建，生成骨骺的骨髓腔。在骨骺与骨干的骺端 (干骺端) 之间的软骨，叫做骺板 (epiphyseal plate) 或生长板 (growth plate)。骺板自骨骺侧向干骺端侧不断成骨，骺板内软骨细胞呈连续而有层次的变化，依次为软骨细胞储备区 (reserve zone)、增殖区 (proliferative zone)、成熟区 (maturation zone)、退化区 (degeneration zone) 以及成骨区 (bone deposition zone)，其中软骨细胞退化区因有钙化管整齐排列，故在 X 线片上表现为一白带，叫做钙化预备带 (preparatory calcification zone)。骺板不断成骨，使长骨及其髓腔不断增长，直到骨骺与干骺端接合，叫做骨骺融合 (closure of the epiphysis)，则骨干的骨髓腔与骨骺的骨髓腔相通，长骨不再增长，长骨的发育完成。长骨两端具有的生长活性并不一致，其中生长活性较大的一端叫做生长端 (growth end)。生长端所在端及其生长活性大小因长骨而异，例如，生长端在肱骨的近端、桡骨和尺骨的远端、股骨的远端、胫骨的近端，相对活性 (对本长骨的增长效力) 在股骨生长端比在胫骨生长端约大 2 倍^[3]。

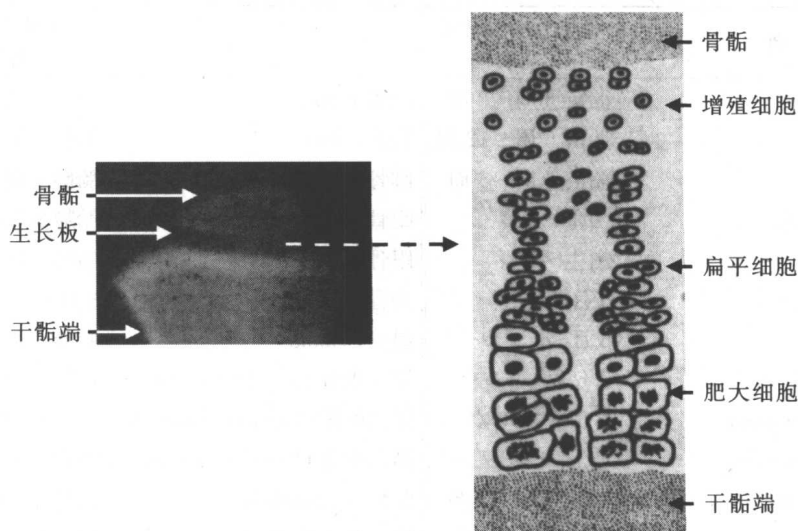


图 1-2 长骨干骺端的 X 线图像 (左) 和生长板细胞层次 (右)

2. 短骨的发育过程 短骨的骨化也是在软骨模子上进行的。在将要形成短骨的部位，首先形成软骨模子，其形状与未来发育成的短骨相似。以后软骨模子逐渐骨化，开始在中央骨化，称之为原发性或初级骨化中心，它逐渐增大形成骨核 (core of bone)。骨核不断增大，同时软骨模子也不断增大，当前者速度超过后者速度时，则骨组织的比例愈来愈大，直到最后，发育成为短骨，它全为骨组织，仅在关节的表面留下一层薄薄的软骨，叫做骨膜 (periosteum)。

无论是长骨还是短骨，每一骨的发育变化都是连续不断的，但可根据形态特征人为地划分阶段。各阶段的形态特征，能在 X 线片上表现为一定的征象，称之为成熟标志 (maturity determinations 或 maturity indicators)。利用成熟标志，既便于识别骨发育的阶段，又便于了解骨发育的进度。

(三) 骨骼发育的速度

人类虽然具有共同的骨骼发育过程，但不同人种却具有不同的骨骼发育速度。骨化中心的出现时间、骨发育的进展、骨骺融合的时间，都能反映骨骼发育的速度。

1. 骨化中心的出现时间 以四肢骨为例，根据国内、外资料综合如下^[4-6]。

(1) 原发性骨化中心的出现时间：见表 1-1。在儿童出生时，原发性骨化中心或其形成的骨核已出现的有全部四肢长骨、四肢带 (limb girdles)、全部掌、指、跖、趾骨、跗骨中的跟、距、骰骨；尚未出现的有全部腕骨、跗骨中的舟、楔骨^[7-10]。

(2) 继发性骨化中心的出现时间：见表 1-2。四肢骨的继发性骨化中心一般都在儿童出生后出现，时间先后不一、比较分散，唯股骨远端的继发性骨化中心或骨骺 (the distal epiphysis of femur) 应在儿童初生时出现 (present at birth)，胫骨近端的继发性骨化中心或骨骺 (the proximal epiphysis of tibia) 大多也在初生时出现 (约占足月新生儿的 2/3)^[11-13]。