

Greulich-Pyle 图谱法、CHN 法和中华 05 法评估儿童青少年骨龄的比较

<https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.2995>潘其乐¹, 张洪², 周慧康³, 蔡广¹

2095-4344.2995

投稿日期: 2019-12-23

送审日期: 2019-12-28

采用日期: 2020-02-26

在线日期: 2020-04-16

中图分类号:

R446; R496; R318

文章编号:

2095-4344(2021)05-00662-06

文献标识码: A

文章快速阅读:

文章特点一

△在3种骨龄评估方法中, 中华05法评估结果相对来说较好, 最为符合当前上海市青少年发育状态, 适合为经济水平类似于上海东部发达地区的儿童应用。

受试者:

上海市市区4 152名(男2 185, 女1 967)儿童青少年。

骨龄评估方法:

- (1) Greulich-Pyle 图谱法 (GP 法);
- (2) CHN 计分法 (CHN 法);
- (3) 中华 05 法。

评价:

以骨龄与生活年龄之间的差值评价不同骨龄标准的适用性。

文题释义:

骨龄: 是骨骼年龄的简称, 需要借助于骨骼在X射线摄像中的特定图像来确定。通常要拍摄人左手手腕部的X射线片, 医生通过X射线片观察左手掌指骨、腕骨及桡尺骨下端的骨化中心的发育程度, 来确定骨龄。

骨龄结果与生活年龄差值: 发育成正态分布的群体, 大多数发育应该是同步的, 发育偏晚或者偏早, 只是少数, 因此发育呈正态分布的群体的骨龄与生活年龄应该是同步的, 也就是说该群体骨龄与生活年龄是一致的。因此骨龄评估方法效果需要比较群体骨龄结果与生活年龄差值大小, 差值越趋近于0, 说明该骨龄评估方法越符合当地儿童的生长发育实际情况。

摘要

背景: 目前在国内外医学和体育领域有3种骨龄评估方法较为广泛应用, 分别为Greulich-Pyle图谱法(GP法)、CHN计分法(CHN法)、中华05法, 哪种方法更适合本地区的儿童青少年评估, 需要进行大样本研究实证。

目的: 以上海市健康儿童为样本, 比较GP法、CHN法、中华05法骨龄, 为经济发达东部地区儿童青少年选用合适的骨龄评估方法提供参考。

方法: 受试者为上海市市区4 152名(男2 185, 女1 967)儿童青少年, 分别以GP法、CHN法、中华05法骨龄标准评价所有受试者左手腕部X射线片骨龄, 以骨龄与生活年龄之间的差值评价不同骨龄标准的适用性。项目经上海体育科学研究所伦理委员会通过, 受试学生家长均知情同意。

结果与结论: ①GP法, 6-8岁男女骨龄与生活年龄差值为-0.12至-0.65岁, 其中女子8岁差异无显著性, 其他组均有差异具有显著性, ≥ 9 岁差值为0.18-1.62岁, 除9岁年龄段外, 其他组差异均具有显著性; ②CHN法, 男6-17岁和女6-16岁, 骨龄与生活年龄差值为0.42-1.56岁 ($P < 0.01$); ③中华05法, 男子6-16岁, 骨龄与生活年龄差值在0.20-0.53 ($P < 0.01$), 17岁差值为0.08 ($P > 0.05$), 18岁组为-0.60 ($P < 0.01$); 女6-17岁, 骨龄与生活年龄差值在-0.01-0.56, 大部分年龄组差异无显著性意义; ④在3种评估方法中, 中华05法评估结果相对来说较好, 最为符合当前上海市青少年发育状态, 提示中华05法更适合于经济水平类似于上海东部发达地区。3种评估方法都有一定的局限性, 由于青少年生长长期趋势影响, 也有必要再次修订目前使用的各种骨龄评估标准。

关键词: 骨龄; 发育评估; GP法; CHN法; 中华05法; 青少年; 发育; X射线

Comparison of the Greulich-Pyle method, the CHN method and the China 05 method for assessing bone age in children and adolescents

Pan Qile¹, Zhang Hong², Zhou Huikang³, Cai Guang¹

¹Shanghai Research Institute of Sports Science (Shanghai Anti-Doping Center), Shanghai 200030, China; ²Shanghai Jinshan Amateur Athletic School, Shanghai 201508, China; ³Second Youth Amateur Sports School of Xuhui District, Shanghai 200030, China

Pan Qile, Master, Shanghai Research Institute of Sports Science (Shanghai Anti-Doping Center), Shanghai 200030, China

Corresponding author: Cai Guang, Associate researcher, Master's supervisor, Shanghai Research Institute of Sports Science (Shanghai Anti-Doping Center), Shanghai 200030, China

¹上海体育科学研究所(上海市反兴奋剂中心), 上海市 200030; ²上海市金山区青少年业余体育学校, 上海市 201508; ³上海市徐汇区第二青少年业余体育学校, 上海市 200030

第一作者: 潘其乐, 女, 1990年生, 浙江省温州市人, 汉族, 英国埃克塞特大学运动与健康科学专业毕业, 硕士, 主要从事运动员选材育才研究。

通讯作者: 蔡广, 副研究员, 硕士生导师, 上海体育科学研究所(上海市反兴奋剂中心), 上海市 200030

<https://orcid.org/0000-0001-6842-4027> (潘其乐)

基金资助: 上海市科学技术委员会科研计划项目(18DZ1200600), 项目负责人: 蔡广

引用本文: 潘其乐, 张洪, 周慧康, 蔡广. Greulich-Pyle 图谱法、CHN 法和中华 05 法评估儿童青少年骨龄的比较 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(5):662-667.



Abstract

BACKGROUND: In China, three bone age assessment methods have been widely used in the medical and sports fields, including the Greulich-Pyle atlas method (GP method), CHN scoring method (CHN method), and China 05 method. A large-sample empirical study is required to determine which method is more suitable for assessing bone age of children and adolescents.

OBJECTIVE: To provide a scientific evidence for appropriate bone age evaluation standards for children and adolescents in the eastern developed areas, by comparing the GGP method, CHN method and China 05 method based on samples of healthy children from Shanghai.

METHODS: A total of 4 152 healthy children and adolescents (2 185 boys and 1 967 girls) from the urban area of Shanghai were selected for the study. Their digital X-ray of the left hand and wrist were collected and evaluated by the GGP method, CHN method and China 05 method. The difference between the bone age and the chronological age was used to assess the applicability of different bone age standards. The study was approved by the Ethics Committee of Shanghai Research Institute of Sports Science, and informed consent was given by all parents of the enrolled students.

RESULTS AND CONCLUSION: For the GP method, the difference between bone age and chronological age in both genders at the age of ≥ 8 years was -0.12 to -0.65 year with significant difference, except for 8-year-old girls. The significant age difference at the age of ≥ 9 years was 0.18 to 1.62 year, except for the 9-year-old age group. For the CHN method, the difference between bone age and chronological age among 6–17-year-old boys and 6–16-year-old girls was 0.42 to 1.56 years ($P < 0.01$). For the China 05 method, the difference between bone age and chronological age was 0.20 to 0.53 in 6–16-year-old boys ($P < 0.01$), 0.08 in 17-year-old boys ($P > 0.05$), and -0.60 in 18-year-old boys ($P < 0.01$); the age difference among 6–17-year-old girls was -0.01 to 0.56 year, and the difference was not significant in most age groups. Among the three methods, the result of China 05 method is relatively better, which is the best method that matches the current development of teenagers in Shanghai, suggesting that the China 05 method is more suitable for the eastern developed areas with economic level similar to Shanghai. All the three methods have some limitations. Considering the long-term growth trend of adolescents, it is necessary to revise the current bone age evaluation standards.

Key words: bone age; developmental evaluation; the GP method; the CHN method; the China 05 method; adolescent; growth; X-ray

Funding: Scientific Research Project of Shanghai Municipal Science and Technology Commission, No. 18DZ1200600 (to CG)

How to cite this article: PAN QL, ZHANG H, ZHOU HK, CAI G. Comparison of the Greulich-Pyle method, the CHN method and the China 05 method for assessing bone age in children and adolescents. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2021;25(5):662-667.

0 引言 Introduction

骨龄评估是最经典的生物学年龄鉴定的方法^[1-2], 在儿童保健学、儿童内分泌疾病诊断、青少年运动员选材学、青少年司法犯罪鉴定中得到广泛的应用。骨龄评估方法自 20 世纪初发展至今, 已经有 100 多年的历史, 其评估方法发展经历 3 个阶段: 计数法、图谱法到计分法^[3-4]。目前在国内医学和体育领域有 3 种骨龄评估方法较为广泛应用, 分别为 Greulich-Pyle 图谱法 (GP 法)、CHN 计分法 (CHN 法)、中华 05 法。GP 法是上世纪初以美国上层富人儿童为样本, 纵向追踪方法定的骨龄评价方法^[5], CHN 法和中华 05 方法是以国内青少年儿童为样本量^[6-7], 横断面采样, 制定于不同的时代的两种方法, 当这 3 种方法在某一地区应用时, 由于制定标准时样本差异 (种族差异、时代差异、样本量差异), 3 种方法评估同一个人骨龄时, 结果会产生较大的差异^[8], 因此, 这 3 种骨发育评估方法中, 到底哪种方法更适合该地区的儿童青少年评估, 需要进行大样本实证研究, 为此研究比较 GP 法、CHN 法和中华 05 法这 3 种骨发育方法评价上海市当代健康儿童青少年骨龄的差异, 以确定哪种方法更适用于上海市当代儿童的生长发育评估, 同时也可以为经济发展水平与上海类似的东部地区儿童青少年生长发育评估方法的选择提供参考。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 3 种骨龄评估方法比较, 横断面调查, 盲法评估。

1.2 时间及地点 2016 年 3 月至 2018 年 3 月在上海体育科学研究所完成。

1.3 对象 2016 年 3 月至 2018 年 3 月近 3 年时间, 在上海市区 5 所中小学内以年级分层, 以教学班为单位整群抽样。

1.3.1 纳入标准 ① 6–18 岁的汉族儿童青少年; ② 上海市区内中小学在校健康儿童; ③ 拍摄左手腕正位 X 射线片; ④ 受试者家长对研究完全知情同意。

1.3.2 排除标准 心、肺、肝、肾等脏器疾病以及内分泌疾病患者、身体发育异常者、身体残缺畸形者和重度营养不良儿童。

项目经上海体育科学研究所伦理委员会通过, 采样前, 项目组给每位学生发放《家长知情同意书》, 告知家长项目目的意义、参与后的受益以及采样时 X 射线照射在安全范围内, 并通过国家食品药品监督管理局检验, 最后同意参加测试家长占总体人数的 86.4%, 总计抽取 6–18 岁的汉族儿童青少年 4 152 名, 其中男性 2 185 名, 女性 1 967 名 (表 1)。

1.4 方法 使用斯达福移动数字化 DR 成像系统, 全封闭铅防护, 通过国家食品药品监督管理局检验, 受试者仅手腕部被曝光, 按照骨龄标准摄片要求, 拍摄左手腕正位 X 射线片。由 3 名有丰富经验的评价者分别以 GP 法、CHN 法、中华 05 法骨龄标准, 在仅了解受试者性别和编号情况下, 独自评价所有受试者骨龄。在间隔半年后, 随机选择 130 名儿童青少年 (各年龄段男女儿童的例数均匀分布) 重复读片, 检验 3 名评价者的读片可靠性。以重复读片的骨龄平均数差值, 比较评价者内和评价者间骨龄评价的系统误差; 以重复读片的骨龄差值, 计算一次读片骨龄差值的标准差和 95% 的置信区间^[9], 比较评价者内和评价者之间骨龄评价的随机误差, 检验结果见表 2。

1 号评价者以整片比较的方法使用 GP 法, 结果称为 GP 骨龄, 以年和月表示, 最后统一转换为十进制的骨龄, 男子最大 19.0 岁, 女子最大 18.0 岁^[5]。2 号评价者使用 1995 年出版《中国人骨成熟度评价标准及应用—CHN 计分法和骨龄标准图谱》评价骨龄, 称为 CHN 法骨龄, 男子最大 18.4 岁, 女子最大 17.3 岁^[6]。3 号评价者使用中华 05 法骨龄标准, 中华 05 法是中国体育行业最新颁布的骨龄标准, 称为中华 05 法骨龄, 男子最大 18.0 岁, 女子最大 17.0 岁^[7]。

1.5 主要观察指标 男女不同年龄段 3 种骨龄方法骨龄值与生活年龄差值, 以及差值分布特点。

表 1 | 不同年龄受试者的基本信息

Table 1 | Basic information of subjects at different ages

年龄组	男	身高 (cm)		体质量 (kg)	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s
		6	161	124.2	5.0
7	146	127.6	5.8	27.9	5.7
8	187	135.3	5.5	32.7 ^a	6.9
9	260	140.8	6.2	37.4 ^a	8.9
10	284	146.1	6.4	42.4	10.3
11	228	151.9	8.0	46.6 ^a	11.2
12	152	160.0	8.4	52.5	12.4
13	191	166.4	7.3	59.0	13.6
14	171	171.5	6.8	65.3	14.9
15	126	174.4	6.8	66.7	13.3
16	109	175.3	7.0	70.9	14.7
17	86	176.0	5.4	72.1	14.2
18	84	174.8	7.0	71.4	14.2

年龄组	女	身高 (cm)		体质量 (kg)	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s
		6	188	122.0	4.9
7	117	126.0	5.2	25.3	3.6
8	172	133.8	5.8	30.1 ^a	5.5
9	236	139.2	6.8	34.0 ^a	8.1
10	243	146.1	6.3	37.8 ^a	7.0
11	199	152.7	7.5	43.5	9.7
12	145	157.6	5.9	47.7	9.0
13	206	161.0	5.6	53.1 ^a	10.2
14	144	162.1	5.3	54.7 ^a	9.9
15	150	162.1	5.0	56.3	8.3
16	95	162.5	5.8	56.5	10.0
17	72	162.6	5.4	56.6	12.1
18	-	-	-	-	-

表注: K-S 检验, ^aP < 0.05

表 2 | 三种读片方法读片前后结果的可靠性检验

Table 2 | Reliability of three evaluation standards

评价者	骨龄片数量 (n)	骨龄重复评价的误差 (岁)	
		系统误差	95% 的置信区间
		Zhang(GP)	130
Han(CHN)	130	0.101 5 ^a	±0.508 5
Li(中华 05)	130	-0.020 0	±0.421 6

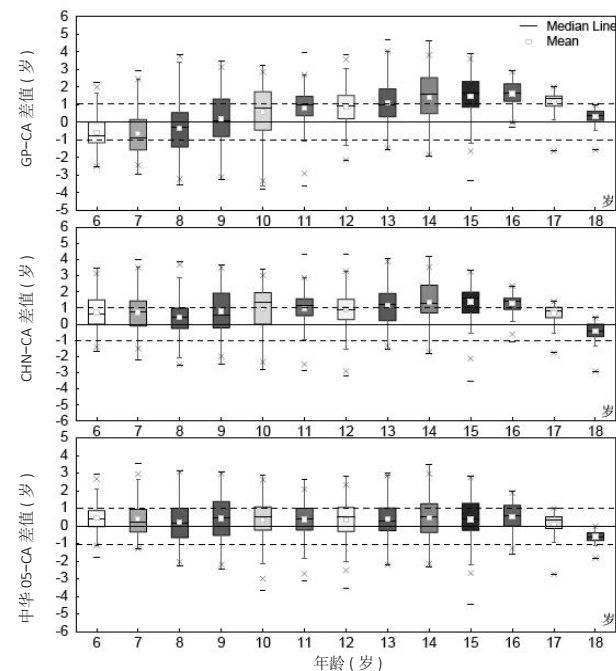
表注: 配对 t 检验 (Paired-sample t test), ^aP < 0.01

1.6 统计学分析 所有的数据用 SPSS 18.0 统计软件进行处理, 以 $\bar{x} \pm s$ 表示身高、体质量、骨龄与生活年龄差值; 以非参数正态 K-S 检验受试者身高体质量是否呈正态分布; 使用单样本 t 检验 (0 检验值), 检验骨龄与生活年龄差值的显著性, P < 0.05 为差异有显著性水平。

2 结果 Results

2.1 男子不同年龄段 3 种骨龄方法骨龄值与生活年龄差值, 以及差值分布特点 见表 3, 图 1。

(1)GP 法骨龄结果: 在 6-8 岁组小生活年龄, 差异都在 0.65 岁之内; 9-18 岁组都大于生活年龄, 其中, 9-12 岁、18 岁组差异都在 1 岁内, 13-16 岁组都在 1 岁以上; 除 9 岁组以外, 其他年龄段差异具有显著性。



图注: 结果可见, 同年龄组中华 05 法与生活年龄差值平均数和中位数更靠近 0 值水平线, 箱体大部分都在 1 至 -1 之间, 说明中华 05 法与生活年龄差值集中度较高, 离散程度小

图 1 | 男子各年龄段 3 种骨龄方法结果与生活年龄 (CA) 差值分布箱线图
Figure 1 | Box plot of the difference between bone age and chronological age in boys of different ages using three evaluation standards

(2)CHN 法骨龄结果: 在 6-17 岁组均大于生活年龄, 其中 6-12 岁、17 岁组差异均在 1 岁之内, 13-16 岁组差异都在 1 岁以上; 18 岁组小于生活年龄 0.42 岁; 所有年龄组差异均具有显著性。

(3)中华 05 法骨龄结果: 在 6-17 岁组也是大于生活年龄, 但是都在 0.53 岁之内, 18 岁组小于生活年龄 0.6 岁; 除 17 岁组外, 其他所有年龄段差异均具有显著性。从图 1 中可见: 3 种骨龄方法中, 同年龄组中华 05 法与生活年龄差值平均数和中位数更靠近 0 值水平线, 大部分年龄段中华 05 法箱体相对较小, 且箱体大部分都在 1 至 -1 之间, 说明中华 05 法与生活年龄差值集中度较高, 离散程度小。

2.2 女子不同年龄段 3 种骨龄方法骨龄值与生活年龄差值, 以及差值分布特点 见表 3, 图 2。

(1)GP 法骨龄结果: 在 6-8 岁组小于生活年龄, 差异在 0.52 岁之内; 9-17 岁组年龄段大于生活年龄, 除 13 岁组大于 1 岁外, 其他组别差异均在 1 岁内; 8, 9 岁组差异无显著性, 其他年龄组差异均具有显著性。

(2)CHN 法骨龄结果: 在 6-16 岁组均大于生活年龄, 其中 6-11 岁、15, 16 岁组在 1 岁之内, 12-14 岁组在 1 岁以上; 17 岁组年龄段小于生活年龄 0.19 岁; 所有年龄段差异均具有显著性。

(3)中华 05 法骨龄结果: 13, 17 岁差异分别为 0.56 岁, -0.55 岁, 其他年龄段差异均在 0.33 岁之内, 其中 8, 10, 13, 14, 17 岁组差异具有显著性。与男子一样, 3 种方法中同年龄段中华 05 法与生活年龄差值平均数和中位数更

表 3 | 各年龄组 GP 法、CHN 法、中华 05 法骨龄值与生活年龄 (CA) 差值 (岁)

Table 3 | Differences between bone age and chronological age of the GP method, the CHN method, and the China 05 method in each age group

性别	年龄组 (岁)	GP-CA 差值		CHN-CA 差值		中华 05-CA 差值		
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	
男	6	-0.57 ^b	0.93	0.72 ^b	1.06	0.44 ^b	0.80	
	7	-0.65 ^b	1.19	0.71 ^b	1.07	0.37 ^b	0.99	
	8	-0.33 ^b	1.49	0.44 ^b	1.21	0.20 ^a	1.17	
	9	0.18	1.54	0.80 ^b	1.38	0.43 ^b	1.15	
	10	0.59 ^b	1.40	0.97 ^b	1.32	0.35 ^b	1.14	
	11	0.82 ^b	1.13	0.98 ^b	1.10	0.36 ^b	0.99	
	12	0.91 ^b	1.09	0.92 ^b	1.15	0.35 ^b	1.04	
	13	1.12 ^b	1.24	1.16 ^b	1.16	0.38 ^b	0.98	
	14	1.42 ^b	1.32	1.34 ^b	1.21	0.46 ^b	1.09	
	15	1.49 ^b	1.18	1.38 ^b	1.08	0.37 ^b	1.20	
	16	1.62 ^b	0.72	1.27 ^b	0.60	0.53 ^b	0.79	
	17	1.14 ^b	0.63	0.67 ^b	0.57	0.08	0.72	
	女	18	0.34 ^a	0.39	-0.42 ^b	0.51	-0.60 ^b	0.32
		6	-0.12 ^a	0.82	0.59 ^b	1.07	0.05	1.00
		7	-0.52 ^b	0.83	0.42 ^b	1.11	-0.01	1.11
		8	-0.15	1.22	0.67 ^b	1.04	0.16 ^a	1.06
		9	0.17	1.36	0.69 ^b	0.98	0.14	1.07
		10	0.40 ^b	0.96	0.65 ^b	0.72	0.19 ^b	0.78
11		0.65 ^b	1.18	0.61 ^b	1.16	0.04	0.90	
12		0.97 ^b	1.12	1.08 ^b	1.38	0.09	1.07	
13		1.28 ^b	0.99	1.56 ^b	1.17	0.56 ^b	1.13	
14		0.90 ^b	0.96	1.33 ^b	0.92	0.33 ^b	1.14	
15		0.70 ^b	0.92	0.91 ^b	0.83	0.05	1.03	
16	0.87 ^b	0.67	0.50 ^b	0.53	-0.01	0.62		
17	0.38 ^b	0.52	-0.19 ^b	0.45	-0.55 ^b	0.41		

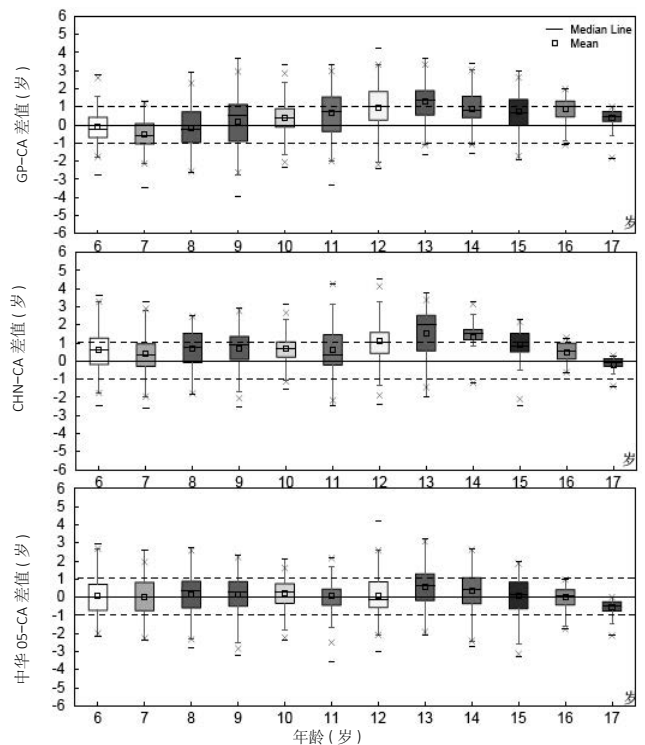
表注: 单样本 t 检验 (0 检验值), ^aP < 0.05, ^bP < 0.01

靠近 0 值水平线, 大部分年龄段, 中华 05 法箱体相对较小, 且箱体基本都在 -1 至 1 之间 (图 2)。

3 讨论 Discussion

许多有关骨发育方法比较研究的文献显示, 研究对象选择需要考虑到经济水平和群体发育状况^[7, 10-12]。此次研究对象为上海市中心城区 6-18 岁儿童青少年, 家庭经济均为中上水平, 儿童身高、体质量均在百分位数 P10-P90 之间, 身高是与生长发育密切相关且能反应生长发育成熟度的指标^[13-15], 此次研究对象身高经 K-S 检验显示分布成正态 (P > 0.05), 说明研究对象生长发育分布呈正态 (表 1)。

骨龄读片是一项专业化技术工作, 为了保证课题研究结果客观性和可靠性, 此次研究选择了 3 位长期从事骨龄评估的专业技术人员进行读片工作, 并且按照读片检验可靠性要求, 进行读片的一致性检验。根据以往文献对各种骨发育评估方法的检验结果, 骨龄读数的 95% 置信区间在 ±0.6 岁以下^[16-18], BULL 等^[19]报道英国剑桥大学 Addenbrooke 医院 1992 至 1996 年间使用 TW2 和 GP 法评价 362 名 2-18 岁儿童骨龄读片数据的前后一致性, TW2 骨龄差值 95% 置信区间为 -1.14 至 2.18 岁, GP 法的 95% 置信区间为 -2.64 至 1.43 岁。在此次研究中, 虽然 Han 前后读片结果差异统计学上有显著性, 但是其差值为 0.10 岁, 远低于骨龄读片误差允许范围内的 0.6 岁。3 位读片员 95% 置信区间都在 0.6 岁之内 (表 2), 说明读片员结果一致性高, 因此研究中 3 位读片员结果是可



图注: 结果可见, 同年龄段中华 05 法与生活年龄差值平均数和中位数更靠近 0 值水平线, 箱体基本都在 -1 至 1 之间

图 2 | 女子各年龄段 3 种骨龄方法结果与生活年龄 (CA) 差值分布箱线图
Figure 2 | Box plot of the difference between bone age and chronological age in girls of different ages using three evaluation standards

靠和有效。

发育成正态分布的群体, 大多数发育应该是同步的, 发育偏晚或者偏早, 只是少数, 因此发育呈正态分布的群体的骨龄与生活年龄应该是同步的, 也就是说该群体骨龄与生活年龄是一致的。因此骨龄评估方法效果需要比较群体骨龄结果与生活年龄差值大小, 差值越趋近于 0, 说明该骨龄评估方法越符合当地儿童的生长发育实际情况。表 3 是各年龄组 3 种骨龄方法骨龄值与生活年龄比较。对于男子来说, 3 种骨龄评估方法结果与生活年龄差值几乎在所有年龄段均具有显著性, 但是中华法 05 与生活年龄差值最小, 且基本都在 0.5 岁之内 (18 岁除外), 女子也是中华 05 法与生活年龄差值最小, 除了 13 岁、17 岁差值为 0.6 岁、0.5 岁外, 其他年龄段差异都在 0.3 岁内, 且大部分年龄段差异无显著性, 而 GP 法、CHN 法与生活年龄差值绝对值 10 岁以后有很多年龄段都在 1 岁以上, 这些研究结果与国内诸多报道一致^[20-24]。图 1, 2 是男女 3 种骨龄方法结果与生活年龄差值分布, 其结果与表 3 是一致的。发育评估规则一般认为, 骨龄减生活年龄差值 ≥ 1 岁属于“发育偏大”, 差值在 1 岁之内属于“发育同步”, 差值 ≤ 1 岁属于“发育偏小”^[9]。从以上分析结果中可以看出: 男子在 6-18 岁年龄段, 女子在 6-17 岁年龄段, 中华 05 法骨龄评估方法评估大多数儿童发育基本同步, 因此其评估效果最好。

选择一种合适某一地区骨发育评估方法需要考虑到制定方法时的内在和外在两个因素。内在因素包含: 骨发育方法评估采用解剖学部位, 制定标准时所应用的原理和统计学方

法,以及采样方法。外在的因素有经济发展水平、生长发育长期趋势、采样的代表性、采样对象的种族。从内部因素来看:此次研究中 GP 法、CHN 法、中华 05 法采用解剖学部位都是一致的,也就是桡尺骨远端至末节指骨;3 种方法评估标准制定的原理也是一致的,都是通过大样本的收集和分析,确定某一年龄段中出现次数最多的骨性发育特征或者 P50 骨龄分为该年龄的骨龄标准^[22]。在制定标准时,3 种骨龄方法所采用统计学方法有所差异,由于计算机技术和统计学方法的发展,在中华 05 法制定过程采用了 WHO 常用的儿童生长发育曲线制定方法 (Box-Cox power exponential distribution, BCPE) 模型,使曲线更加平滑,也更加符合生长发育规律^[25],而另外两种方法均采用手工绘制生长发育曲线,因此,绘制的曲线在某些年龄段可能产生较大的误差。采样方法:GP 法是纵向追踪研究,而 CHN 法和中华 05 法采用的是横断面大样本采样方法。从外部影响因素来看:GP 法采样对象为上世纪 20 至 30 年代美国俄亥俄州克利夫兰地区中上社会阶层白人儿童;CHN 法采样对象为 20 世纪 80 年代末中国南方和北方 6 城市儿童;中华 05 法采样对象为 2000 年后中国沿海发达城市。从采样代表性来看,3 种方法采样对象所处的地区都是当时经济发展较好的城市。采样种族方面,GP 法是美国白人,CHN 法和中华 05 法是中国汉族,属于黄种人。

从以上 3 种方法内因和外因进行了对比分析可见,GP 法应用于上海市儿童青少年最大不足是存在种族差异,国外也有同样的报道:用 GP 法评估儿童的骨龄时,如考虑受试者的种族因素可提高准确性^[26-27]。在此次研究中男子在 13 岁后评估基本都偏大 1 岁以上(表 3、图 1),女子在 12 岁以后也偏大近 1 岁(表 3、图 2),但是,在临床诊断中,GP 法由于其评估方便,应用较为广泛,临床诊断通常以骨龄与年龄差值 ± 2 岁为正常范围,而此次研究显示,GP 法评估结果与年龄差值基本在 2 岁以内,因此,GP 法评估结果对疾病诊断结果影响不大,但是当以 GP 法结果来进行成年身高预测时,可能会产生较大的差异^[8]。CHN 法应用于上海市儿童青少年不足是:一是儿童青少年生长发育的长期趋势,国内已有大量的研究结果显示,从 20 世纪 80 年代末至本世纪初由于经济水平的发展,中国儿童青少年生长发育表现出长期加速趋势^[13-14, 28];二是当时计算机水平及统计学方法原因,制定骨龄评分标准曲线采用手工绘制,很多年龄段曲线不平滑,从而对骨龄评分的连续性产生影响,最终对骨龄结果产生影响,如当骨发育等级相差一个等级时,而骨龄值可能会差很大。在此次研究中,CHN 法男子在 10-17 岁大部分年龄段几乎都偏大近 1 岁或者 1 岁以上(表 3、图 1),女子在 12-14 岁也都偏大 1 岁以上(表 3、图 2)。与 GP 法和 CHN 法相比,中华 05 法正好弥补了以上两种方法的不足,中华 05 法在制定标准时,同期上海采样男女共 4 000 多例,且采用了最新 WHO 生长发育曲线制定方法,从研究中结果看,中华 05 法与生活年龄差值均值或中位数更靠近 0 值,在中华 05 法骨

龄评价范围内所有年龄段差值都在 0.5 岁左右。因此,可以认为,3 种骨龄评估方法中,中华 05 法是最适用于 6-18 岁年龄段上海市儿童青少年生长发育评估,而 GP 法和 CHN 法只是在部分年龄段适用。这与韩国学者 Jeong Rye Kim 结果类似,该研究也进行了 GP 法与该国人群制定骨龄标准对比,结果显示以该国样本制定骨龄标准评估结果与该国青少年生活年龄差异更小^[29]。

儿童的生长发育和经济水平和遗传都有密切关系,而中国幅员辽阔,当前东西部经济发展极不平衡,民族众多,因此,很难制定一种骨龄评估方法适合于全国儿童青少年生长发育评估,经济或民族基本一致的地区可以建立本地区的评估标准。此次研究显示在 GP 法、CHN 法、中华 05 法 3 种方法中,中华 05 法是最适合上海健康儿童青少年发育评估,由于上海是经济较为发达的城市,因此该结论对经济较为发达的东部城市有参考意义,这在国内的一些研究中已有证实^[21],而对于一些经济欠发达的地区,目前的经济水平可能会达到 20 世纪制定 CHN 法时采样的水平,因此 CHN 法也有可能适用,而中华 05 法不一定适用,当然这也需要进行实证研究。标准制订采样范围对于中国青少年发育评估非常关键,无论是 GP、CHN、中华 05 法其采样代表性都有局限性,这些标准制订时间比较久,最近的中华 05 法至今也有 15 年,由于西部经济发展加速,生活水平提高,全国青少年整体平均身高增加,会导致以前的标准存在“系统误差”,因此也有必要重新再修订目前使用的各种骨龄评估标准。

小结:①对于上海 6-18 健康儿童青少年,3 种骨龄评估结果与年龄差值绝对值在大部分年龄段:CHN 法大于 GP 法,GP 法大于中华 05 法,说明中华 05 法发育评估结果与生活年龄同步性较好,在 3 种评估方法中中华 05 法评估效果相对来较好,最为符合当前上海市青少年发育状态,提示中华 05 法更适用于经济水平类似于上海东部发达地区;②标准制订采样范围对于中国青少年发育评估非常关键,无论是 GP 法、CHN 法、中华 05 法其采样代表性都有局限性,且这些标准制订时间比较久,最近的中华 05 法至今也有 15 年,由于西部经济发展加速,生活水平提高,全国青少年整体平均身高增加,会导致以前的标准存在“系统误差”,因此也有必要重新再修订目前使用的各种骨龄评估标准。

作者贡献: 研究设计为第一作者和通讯作者,全体作者参与研究,第一作者和通讯作者共同完成文章,通讯作者审核。

经费支持: 该文章接受了“上海市科学技术委员会科研计划项目(18DZ1200600)”的资助。所有作者声明,经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突: 文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

机构伦理问题: 项目经上海体育科学研究所伦理委员会通过,采样前,每位学生家长对该研究均知情同意。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

前瞻性临床研究数据开放获取声明: 文章作者同意: ①可以在一定范围内开放研究参与者去标识的个体数据; ②可以在一定范围内开放共享文章报告结果部分的去标识个体基础数据, 包括正文、表、图及附件; ③可以在一些情况下开放研究方案和知情同意书等相关文档; ④全文开放获取数据的时间是从文章出版后即刻, 并无终止日期。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] 王亚辉, 朱广友, 乔可, 等. X线骨龄评估方法研究进展与展望 [J]. 法医学杂志, 2007,23(5):365-369.
- [2] 张绍岩, 王姿欢, 蒋竞雄. 骨龄评价方法的发展及应用 [J]. 中国妇幼卫生杂志, 2012,3(6):345-348.
- [3] 叶义言. 中国儿童骨龄评分法 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004: 51-62.
- [4] TANNER JM, WHITEHOUSE RH, CAMERON N, et al. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method). 2nd ed. London: Academic Press. 1983:22-37.
- [5] GREULICH WW, PYLE SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. California: Stanford University Press. 1959:1-205.
- [6] 张绍岩, 邵伟东, 杨世增, 等. 中国人骨成熟度评价标准及应用-CHN 计分法和骨龄标准图谱 [M]. 北京: 人民体育出版社, 1995:24-53.
- [7] 张绍岩, 马振国, 沈勋章, 等. 中国人手腕骨发育标准——中华 05.IV. 中国儿童手腕骨发育特征 [J]. 中国运动医学杂志, 2007,26(4): 452-455.
- [8] 张鹏飞, 李辉. 三种骨龄评价方法在 3~17 岁儿童临床应用中的一致性比较研究 [J]. 中国循证儿科杂志, 2017,12(4):263-267.
- [9] 张绍岩. 中国人手腕骨部骨龄标准——中华 05 及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2015:94-95.
- [10] DUREN DL, NAHHAS RW, SHERWOOD RJ. Do Secular Trends in Skeletal Maturity Occur Equally in Both Sexes?. Clin Orthop Relat Res. 2015; 473(8):2559-2567.
- [11] SURI S, PRASAD C, TOMPSON B, et al. Longitudinal comparison of skeletal age determined by the Greulich and Pyle method and chronologic age in normally growing children, and clinical interpretations for orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2013;143(1):50-60.
- [12] REZWANA BM, DOLA SR, ALAMPUR SG, et al. Is Greulich and Pyle standards of skeletal maturation applicable for age estimation in South Indian Andhra children?. J Pharm Bioallied Sci. 2015;7(3):218-255.
- [13] 张绍岩, 花纪青, 刘丽娟, 等. 中国人手腕骨发育标准——中华 05.III. 中国儿童骨发育的长期趋势 [J]. 中国运动医学杂志, 2007, 26(2):149-153.
- [14] 季成叶, 胡佩瑾, 何忠虎. 中国儿童青少年生长长期趋势及其公共卫生意义 [J]. 北京大学学报 (医学版), 2007,39(2):126-131.
- [15] ZONG XN, LI H. Construction of a New Growth References for China Based on Urban Chinese Children: Comparison with the WHO Growth Standards. PLoS ONE. 2013;8(3):e59569.
- [16] 张绍岩, 吴真列, 沈勋章, 等. 中国人手腕骨发育标准——中华 05 II .RUS-CHN 和 TW_3-C 腕骨方法的读片可靠性 [J]. 中国运动医学杂志, 2006,25(6):641-646.
- [17] PAXTON ML, LAMONT AC, STILLWELL AP. The reliability of the Greulich-Pyle method in bone age determination among Australian children. J Med Imaging Radiat Oncol. 2013;57(1):21-24.
- [18] ACHESON RM, VICINUS JH, FOWLER GB. Studies in the reliability of assessing skeletal maturity from x-rays. 3. Greulich-Pyle Atlas and Tanner-Whitehouse method contrasted. Human biology. 1966;38(3): 204.
- [19] BULL RK, EDWARDS PD, KEMP PM, et al. Bone age assessment: a large scale comparison of the Greulich and Pyle, and Tanner and Whitehouse (TW2) methods. Arch Dis Child. 1999;81(2):172-173.
- [20] 张绍岩, 刘丽娟, 吴真列, 等. 中国人手腕骨发育标准——中华 05 I.TW3-CRUS、TW3-C 腕骨和 RUS-CHN 方法 [J]. 中国运动医学杂志, 2006,29(5):6-13.
- [21] 姚乐辉. 儿童青少年骨龄测评方法比较研究 [D]. 北京: 北京体育大学, 2015.
- [22] 高雪峰, 徐勇灵. CHN 与 CHN05 两种骨龄评价标准在法医学骨龄推测中的对比研究 [J]. 甘肃医药, 2011,30(8): 456-458.
- [23] 张绍岩, 刘丽娟, 花纪青, 等. 青少年手腕骨骨龄与生活年龄的差异观察 [J]. 中国法医学杂志, 2009,24(1):18-20.
- [24] 熊丰, 谢吉, 陈凤生, 等. 三种常用骨龄评价方法的比较 [J]. 临床儿科杂志, 2000,18(5):273-274.
- [25] 张绍岩, 刘丽娟, 刘刚, 等. 中国人手腕骨发育标准——中华 05V. 骨成熟度百分位数曲线的修订 [J]. 中国运动医学杂志, 2009,28(1): 20-24.
- [26] ZHANG A, SAYRE JW, VACHON L, et al. Racial Differences in Growth Patterns of Children Assessed on the Basis of Bone Age. Radiology. 2009;250(1):228-235.
- [27] HOCHBERG Z. Diagnosis of endocrine Disease: On the need for national-, racial-, or ethnic-specific standards for the assessment of bone maturation. Eur J Endocrinol. 2016;174(2):R65-70.
- [28] 中国学生体质与健康研究组. 2010 年中国学生体质与健康调研报告 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010:75-77.
- [29] KIM JR, LEE YS, YU J. Assessment of bone age in prepubertal healthy Korean children: comparison among the Korean standard bone age chart, Greulich-Pyle method, and Tanner-Whitehouse method. Korean J Radiol. 2015;16(1):201-205.