

超声骨龄仪 0.1 与 0.5 岁机读的精确性研究

沈勋章

摘要：X 线骨龄的双盲读片精度一般在 0.3~0.6 岁之内，作为自动判读的超声骨龄仪，其仪器判读的精度应更高于人眼判读精度，最好能在 0.1~0.3 岁之间，实际仪器数字显示小数后两位。为验证这一假设，也为超声骨龄更好地被使用单位所认可，本文通过 4588 例超声骨龄与 X 光片样本进行对照分析。统计发现，人机判读的差值在判读认可范围，其波动幅度也比 CHN 法小。

关键词：超声骨龄 机读精度 0.1~0.5 岁

The Accuracy Research for Automatic Reading from 0.1 to 0.5 Years on Ultrasonic Device

Shanghai Research Institute of Sports Science Mr. Shen Xun Zhang

Abstract: The readings accuracy of skeletal age of X-ray photography is at the range about 0.3~0.6 year or so. And people always expect that the ultrasonic device by automatic measurement may rise its readings accuracy. The best aim is up to 0.1~0.3 year or so better than assessment by eye. In fact the instrument screen has already shown the figures after two decimal. In order to validate the hypothesis as well as to recognize the device as a new BonAge system, The paper has made a 4588 sample test with X-ray photography and ultrasonic measurement. The statistics results have found that the readings accuracy of the new device is acceptable, And the wavy differences is also much less than of CHU readings.

Key Words: ultrasonic device automatic reading readings accuracy within 0.1~0.5 year

1、问题的提出：X光机与超声骨龄仪能够检测儿童青少年的骨发育程度，X线骨龄图谱以半岁为一年龄组，人工读片的误差一般控制在 $\pm 0.5 \sim \pm 0.6$ 岁之内。骨龄判读精度的含义一般有二，一是同一位医生前后两次的读片差异，二是两位医生之间的读片差异；骨龄自动化判读精度的含义也有二，一是仪器设备的稳定性与重复性，通过多次重复获取的最小误差；二是将测试结果与X线骨龄值进行差异分析。临床放射学证实，两位有经验的医生采取双盲法读片或同一医生两次读片其误差也在 0.6 岁之内[注 1]；超声骨龄仪为自动化判读设备，两次对照判读间的精度应该更高，据以色列 sunlight 医疗有限公司的研究报告[注 2]，在对 280 名健康儿童进行定量超声骨龄仪测量与两个独立的放射学医生X线读片后的精确性，男性 0.23 岁（ ± 0.15 岁），女性 0.24 岁（ ± 0.19 岁），男、女儿童 R^2 值分别为 0.93 和 0.94，准确率分别为 0.65 ± 0.67 岁和 0.54 ± 0.72 岁，与X光片骨龄报告的差异约在 0.35 岁之内[注 3]。

2、研究目的：在评定超声骨龄相关性、稳定性、重复性基础上，假设对精确性进行质疑（见表 1）。以研究样本中超声骨龄值与 X 光片的 CHN 差值进行差异检验，对精确度进行验证。

表 1 传统 X 线骨龄片与超声骨龄的利弊对比

设备	X 光机	超声骨龄仪
判读方式	人眼读片，主观成分多	仪器读片，客观成分大
结果形式	X 线骨龄片	仪器打印结果报告
存在利弊	产生辐射，主观评价偏差大，第二天才能看到报告	无损伤，无辐射，自动判读，即时报告； 桡尺骨远端骺软骨两块骨的代表性
专业性	过程繁多，专业性要求高	操作简单，专业程度较低
科学性	方法可靠	需要进一步验证
重复检查	两次间隔 3~18 月	两次间隔 1 个月
可能误差	0.3~0.6 岁左右	0.3~0.6 岁之内

3、研究对象与方法：采用以色列 Sunlight 医疗有限公司的 BonAge 超声设备，测量与评估 5~18 岁儿童青少年骨发育状况。研究样本为来自上海静安、徐汇两区的幼儿园、小学、中学学生，上海师范大学学生，共 4588 人，其中男 2379 名，女 2209 名。身体健康，没有明显的内分泌疾病，排除近阶段手和手臂骨折史，非专业运动经历。每位受试者拍摄骨龄片的日期为出生年月的前后 15 天内，在同一天内用 X 线和超声两种方法测定骨龄，然后判读出机内 G-P 骨龄值和人读 X 线骨龄值。X 线骨龄片由河北省体育科研所张绍岩老师用 CHN 法读出；超声骨龄仪由培训人员操作完成。

4、结果与分析

4.1 超声骨龄仪的重复性

4.1.1 超声原理：超声波通过传感器（750kHz 操作频率）穿过受试者手腕部桡、尺骨远端骺软骨板，将测量点的超声速（sos）值、距离（distance）值、压力（pressure）值、厚度（thickness）次数和波形（wave）等 5 种指标参数的信号和线形解码器获取的信息都被存储到 PC 获取数据模块中，随后利用测量得出的声波速度和处理声波信号，使用专用软件运算法来计算出骨龄。

4.1.2 测量方法：BonAge 测量机体包括一个用来支撑一个超声探头的基板，探头包括两个超声传感器，被分别安置在设备的两端。在传感器之间有个扶手，用来固定受试者的四指和支撑其前臂。每人每次进行超声一次 5 组的检测。对 8 岁组 144 名儿童一个周期 5 次的超声骨龄检测，分析其骨龄与超声速值最大值（SOSmax）的重复性，结果如下表 2。

表 2 8 岁组儿童一周期五次的骨龄与声速值的结果分析 (单位 : m/s)

性别	人数	SOSmax (m/s)		BonAge (岁)	
		Mean	SD	Mean	SD
男	75	1822.3	30.97	7.9	1.26
女	69	1870.7	46.09	8.7	1.34

4.1.3 正确放位：为了进一步验证超声技术方法的稳定性，本研究做了小样本对照试验。操作者对 42 名年龄为 11~13 岁的男性青少年（平均年龄 12.1 ± 0.58 岁）尺骨茎突的同一部位连续进行 2 次重复测量。由手掌面开始，在尺骨茎突的矢状轴取点，超声探头每测量周期抬高 2mm，获得所测得的 5 组数据。对前后 10 次测试数据进行配对 T 检验，以检验前后测试的差异性。所有配对 T 检验 $P > 0.05$ ，这说明同一受试者前后两次 sos 值之间差异在统计学上均无显著性，说明超声骨龄仪所测试 sos 的稳定可靠性[注 3]。通过实践，本文认为正确放置手的位置和规范性操作是保证检测质量的关键。

4.2 超声骨龄仪的稳定性

4.2.1 采用重复操作检验仪器的稳定性 本文按照课题任务书要求挑选受试者，对同一受试者在一天内进行 X 光片拍摄与超声骨龄检测，超声检测由经过专业培训的人员操作，X 光片由专业资质人员按 CHN 法读出。然后将所有数据用 sas 统计软件进行对应分析。主要对超声骨龄仪的操作稳定性进行验证，保证所采集的数据科学性强，准确性高。

仪器测定值自动给出，骨龄值精确到小数后两位，同一操作者进行两次操作的误差；两个不同操作者进行同一受试者检测，测量误差。由 A 与 B 两名操作人员对同一受试者进行一个周期 5 次的超声骨龄检测，分析其骨龄与超声速值的稳定，结果如下表 3, 4。

表 3 两名操作者检测的稳定性结果分析 (单位 : m/s)

指标	受检人数 N	测试者 A		测试者 B		差值绝对值 d		两次相关 R
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
SOSmax(m/s)	30	1915.20	106.24	1925.2	108.15	24.933	38.51	0.912
BonAge(岁)	30	11.2	4.16	11.0	4.41	0.743	0.62	0.970

表 4 同一名操作者检测的稳定性结果分析 (单位 : m/s)

指标	第一次		第二次		差值绝对值 d		两次相关
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	R
SOSmax(m/s)	1915.200	106.244	1919.133	103.012	10.2	8.446	0.993
BonAge(岁)	11.174	4.157	11.344	4.000	0.41	0.399	0.992

4.2.2 采用异常操作检验仪器的稳定性 为了检验超声仪器对采样部位、操作技术的稳定性要求, 实验进行非正常操作程序, 以检验不同测量部位和异常操作对sos值及骨龄值的影响。根据课题 4 种设计, 将实验对象分为a b c d四组方式, a方式: 测量探头向指端方前移至尺骨茎突前缘; b方式: 测量探头向肘关节后方移至尺骨茎突后缘; c方式: 桡侧端离开水平线向上方提起, 与测量探头成 15-30 度角; d方式: 尺侧端离开水平线向上方提起, 与测量探头成 15-30°度角。每组 3 人, 对比试验结果如下:

表 5 SOS 异常对比试验结果 (单位 : m/s)

位置	a 方式		b 方式		c 方式		d 方式	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
正常	1916.23	88.72	1989.57	53.68	1974.33	54.54	1899.07	44.70
异常	1930.93	100.65	1963.93	71.62	1936.53	9.50	1912.13	57.09
差值	-14.70		15.64		37.80		-13.06	
t	2.84		-4.21		-0.40		-2.03	
p	0.0079		0.0002		0.6920		0.0513	

结果表明, a 或 b 方式 (即水平方位的前后移动) 对实验结果的影响较小, 而 c 或 d 方式 (上下左右倾斜的移动) 对实验结果的影响较大, 尤其是 c 组方式 (桡侧的倾斜) 对检测数据影响更大, 差异更显著, 变异系数也大。建议强化操作的规范性要求。

4.3 超声骨龄仪的精确性

4.3.1 两种骨龄方法之间的差异性分析

分析发现, 男少年在 13.5 岁前, 超声骨龄值要比同龄儿童略低, CHN 骨龄值高于超声 G-P 自动判读结果 (图 1, 2); 而进入青春发育期后期, 两个判读值基本相等, 但超声 G-P 自动判读的全距

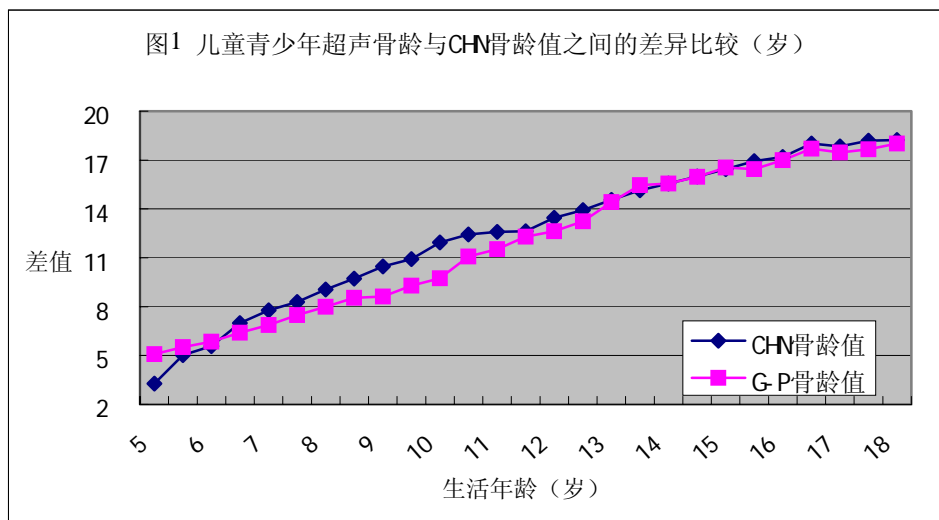
波动要略大与 CHN (见表 6); 女少年情况亦然, 并始终贯穿于整个骨发育期过程, 仅在 13~14 岁略高于 CHN 骨龄 (图 3, 4), 在 12~13 岁以后超声 G-P 自动判读的全距波动要略大于 CHN (见表 7)。

采取超声 G-P 自动判读对应 X 光片 CHN 法判读时, 男子一致对应的年龄组 9 个, 对应率 33%, 女子一致对应的年龄组 10 个, 对应率 37%, 对应结果较低。另外, CHN 法对生活年龄分组的比例要比超声 G-P 自动判读低, 男女均仅有 2 个年龄组, 特别在青春发育期前后, 均数变动更大; 而超声 G-P 自动判读对生活年龄分组男子有 9 个年龄组, 女子有 5 个年龄组。这种对应性低是骨发育年龄提前的原因还是另有影响因素, 值得进一步研究。

表 6 男儿童青少年超声骨龄与 X 线骨龄之间的差值与检验

出生年 龄(岁)	CHN年龄(岁)			超声G-P年龄(岁)			相关性检验	
	Mean ± sd	max	min	Mean ± sd	max	min	r	P
5	4.1±1.12	1.9	6.6	5.1±1.07	2.9	7.2	0.3309	0.0264
5.5	5.0±1.46	2.9	7.6	5.5±0.83	4.2	7.1	0.3048	0.2187
6	5.2±1.85	2.7	11.5	5.9±1.29	3.0	9.0	0.5675	0.0001
6.5	6.3±1.51	1.9	9.1	6.4±1.26	2.7	8.7	0.5665	0.0001
7	7.4±1.88	3.5	11.7	6.8±1.31	4.0	10.0	0.4318	0.0001
7.5	8.1±2.06	4.1	11.9	7.4±1.43	4.5	10.2	0.4986	0.0002
8	9.0±1.91	4.8	12.9	8.0±1.32	4.1	11.6	0.495	0.0001
8.5	9.8±2.12	5.0	14.2	8.6±1.40	5.9	12.4	0.5056	0.0001
9	10.6±1.84	6.1	14.6	8.6±1.34	5.6	13.0	0.4205	0.0001
9.5	11.0±1.57	7.1	13.3	9.3±1.36	6.6	12.4	0.3691	0.0034
10	12.1±1.35	6.6	14.6	9.8±1.73	6.1	14.6	0.3311	0.0051
10.5	12.3±1.63	7.3	14.8	11.1±1.52	7.6	14.2	0.6171	0.0001
11	12.7±1.43	6.3	15.1	11.6±1.45	7.9	14.7	0.5435	0.0001
11.5	12.9±1.28	9.2	15.1	12.3±1.18	9.8	15.0	0.5665	0.0001
12	13.6±0.88	11.6	15.3	12.6±1.00	9.8	15.2	0.5215	0.0001
12.5	14.1±0.82	11.9	16.0	13.3±1.32	10.5	16.5	0.5183	0.0001

13	14.5±0.94	11.0	16.5	14.5±1.41	11.1	18.0	-0.032	0.7898
13.5	15.0±1.02	12.6	17.0	15.5±1.36	12.8	19.3	0.438	0.001
14	15.5±1.00	13.2	17.6	15.6±1.33	12.1	19.8	0.3896	0.0001
14.5	15.9±1.13	13.3	18.0	16.2±1.19	14.2	19.4	0.3904	0.0001
15	16.4±1.16	11.9	18.5	16.6±1.30	12.9	19.1	0.4321	0.0001
15.5	16.9±0.85	14.6	18.4	16.7±1.31	13.3	19.8	0.4119	0.0007
16	17.2±0.81	14.8	18.4	17.0±1.24	13.4	19.6	0.2976	0.0198
16.5	17.8±0.57	16.5	18.5	17.7±1.31	15.0	20.0	0.2443	0.1143
17	17.9±0.65	15.4	18.5	17.6±1.05	15.6	19.9	0.1288	0.314
17.5	18.2±0.25	17.5	18.5	17.7±0.91	16.0	19.6	0.3195	0.0221
18	18.2±0.37	15.9	18.5	18.1±1.08	14.5	20.0	0.1609	0.0333



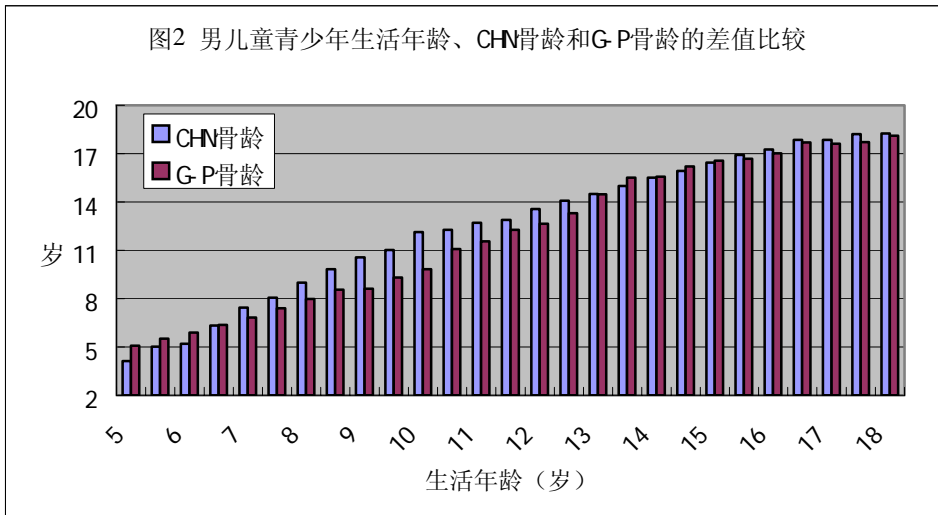
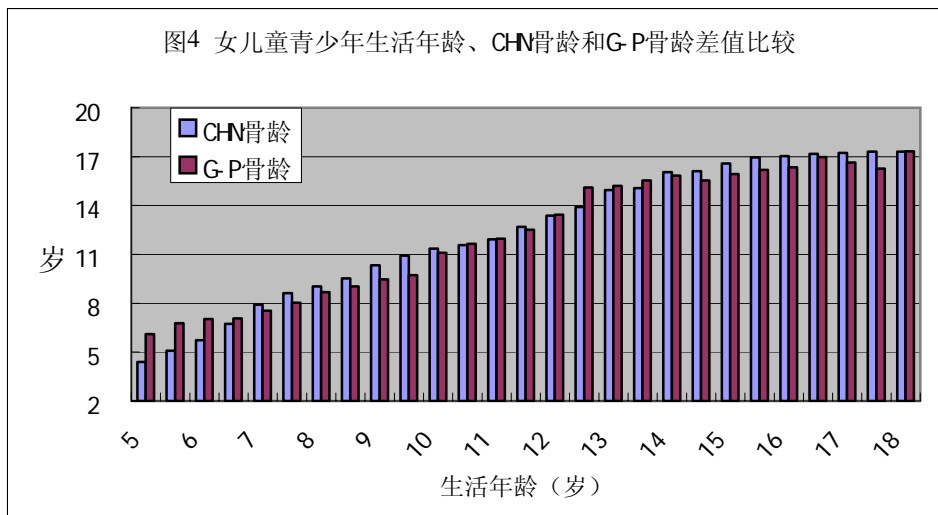
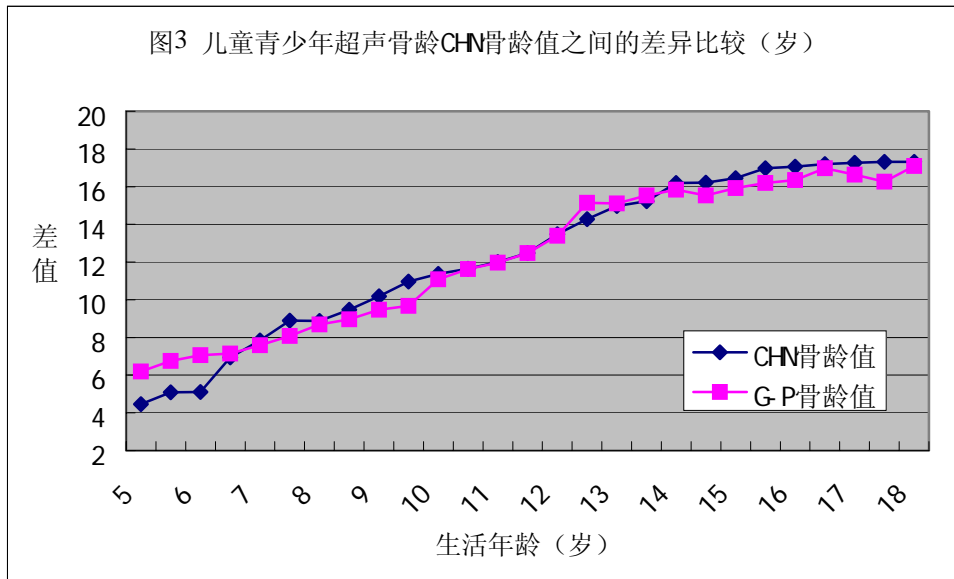


表 7 女儿童青少年超声骨龄与 X 线骨龄之间的差值与检验

出生年龄 (岁)	CHN年龄 (岁)			超声G-P年龄 (岁)			相关性检验	
	Mean ± sd	max	min	Mean ± sd	max	min	r	P
5	4.4±1.47	2.1	9.4	6.1±0.79	3.8	7.9	0.3058	0.0488
5.5	5.1±2.13	1.1	9.4	6.8±0.65	5.7	8.0	0.7869	0.0008
6	5.7±1.39	3.2	9.6	7.0±1.30	5.1	15.0	0.6784	0.0001
6.5	6.7±1.82	3.4	9.9	7.1±0.87	5.5	9.1	0.4769	0.0011
7	7.9±1.97	2.8	11.9	7.5±1.03	5.3	10.3	0.4967	0.0001
7.5	8.6±2.18	4.3	12.1	8.0±1.06	5.7	10.5	0.4569	0.0166
8	9.0±1.74	4.9	12.1	8.7±1.25	6.3	12.2	0.6665	0.0001
8.5	9.5±1.28	4.6	12.1	9.0±1.21	6.4	11.7	0.7099	0.0001
9	10.3±1.01	6.9	12.1	9.5±1.04	6.9	12.3	0.4737	0.0001
9.5	10.9±1.07	7.5	13.7	9.7±1.28	5.1	12.9	0.3524	0.003
10	11.4±0.91	9.2	13.3	11.1±1.19	7.8	14.3	0.4554	0.0001
10.5	11.6±1.04	7.9	14.1	11.7±0.82	9.8	13.9	0.2558	0.0429

11	11.9±1.08	9.8	16.0	12.0±0.92	10.1	14.5	0.0377	0.0016
11.5	12.7±1.17	10.8	16.0	12.5±0.94	9.7	15.2	0.4257	0.0002
12	13.4±1.34	11.1	17.0	13.4±1.47	10.1	18.2	0.4828	0.0001
12.5	13.9±1.45	10.7	17.5	15.1±1.20	11.9	17.7	0.6017	0.0001
13	14.9±1.33	11.9	17.0	15.2±1.12	13.0	17.7	0.1554	0.2399
13.5	15.1±1.35	12.1	17.3	15.5±1.40	11.6	18.7	0.3838	0.0013
14	16.0±1.12	11.9	17.6	15.8±1.30	13.0	18.7	0.2848	0.0029
14.5	16.1±1.00	13.5	17.5	15.5±1.35	10.7	18.9	0.1654	0.0886
15	16.6±0.97	9.1	17.5	15.9±1.35	11.7	19.1	0.2421	0.012
15.5	17.0±0.36	16.3	17.5	16.2±1.33	13.7	19.0	-0.207	0.3562
16	17.0±0.46	16.0	18.4	16.4±1.22	12.4	19.3	0.1034	0.329
16.5	17.2±0.20	17.0	17.5	17.0±1.50	13.9	19.6	-0.345	0.2433
17	17.2±0.29	15.5	18.4	16.6±1.35	13.6	19.8	-0.03	0.8528
17.5	17.3±0.17	17.0	17.5	16.3±1.21	14.3	18.2	-0.142	0.5703
18	17.3±0.28	16.0	18.4	17.3±1.09	14.6	19.8	-0.034	0.6306



4.3.2 两种骨龄方法之间的差异性检验

研究发现,超声骨龄有着类同于 X 线骨龄片的判读精度,即能从每次打印结果中看到精确到 0.00 岁以内的精确位数。但受试者希望能够保留任何测试结果,有习惯将 X 光片留存的方式,以备下一次检测进行对照。考虑到超声检测前后则完全依赖于自动判读过程而没有传统的 X 光片存取,人们往往会对判读结果有一定的疑虑,国内也没有人对 G-P 图谱与 CHN 法,CHN 法与 SOS 之间做过系统的相关性或替代性的转换研究。本课题对 G-P 图谱与 CHN 法两种骨龄判读结果进行了配对 T 检验(表 8,表 9),结果发现,超声骨龄仪的骨龄值与 X 线片 CHN 两次对比判读存在着相关性高,主要表现在整体的相关性上,但仍然存在着个别年龄组的差值检验不显著,年龄组差值配对性检验不连续等问题。可以说,两种骨龄方法的判读,存在着一定的误差现象。特别是男少年 11 岁,13~15 岁,女少年 10~13.5 岁,主要发生在青春期间,两次骨龄差值呈现非线性的配对检验结果。另外,在儿童期与 16 岁以后男女组别都表现出两次骨龄判读之间相关系数不高的结果。

表 8 男儿童青少年 X 线骨龄与超声骨龄之间配对检验结果

出生 年月	CHN和G-P配对T检验基本统计量				配对显著性检验	
	Mean	StdDev	Minimum	Maximum	T	Prob> T
5	1.29	1.48	-0.65	4.3	2.75	0.0224
5.5	0.51	1.45	-2.31	3.22	1.49	0.1552
6	0.46	1.44	-1.81	2.61	0.97	0.3612
6.5	-0.13	1.48	-3.11	2.87	-0.48	0.6342
7	-0.85	1.77	-5.24	2.91	-3.95	0.0002
7.5	-1.07	2.01	-5.24	2.88	-3.06	0.0044
8	-1.09	1.63	-5.02	1.57	-5.02	0.0001
8.5	-1.26	1.80	-4.21	4.17	-4.55	0.0001
9	-1.83	1.52	-4.95	2.27	-9.79	0.0001
9.5	-1.70	1.76	-7.37	2.75	-6.25	0.0001
10	-2.22	1.82	-5.97	2.15	-8.70	0.0001
10.5	-1.51	1.30	-4.3	1.03	-7.32	0.0001
11	-1.19	1.49	-4.31	2.91	-5.55	0.0001
11.5	-0.27	0.91	-2.13	1.88	-1.90	0.0651
12	-0.89	1.00	-3.17	1.54	-6.16	0.0001
12.5	-1.47	1.07	-3.42	0.34	-6.54	0.0001
13	-0.10	2.11	-3.39	4.98	-0.24	0.8099
13.5	0.10	0.90	-1.84	1.77	0.58	0.5635
14	-0.12	1.07	-2.87	2.03	-0.87	0.3857
14.5	-0.19	1.32	-3.5	3.54	-1.07	0.2872
15	0.03	1.33	-3.78	3.18	0.22	0.8249
15.5	-0.44	1.07	-2.44	2.11	-2.40	0.022
16	-0.33	1.20	-3.47	2.18	-1.82	0.0761
16.5	-0.39	1.25	-3.49	1.53	-1.71	0.0979
17	-0.34	1.18	-2.53	2.27	-1.71	0.096
17.5	-0.34	0.88	-2.37	1.22	-1.81	0.085
18	-0.28	1.23	-2.61	2.1	-1.52	0.1353

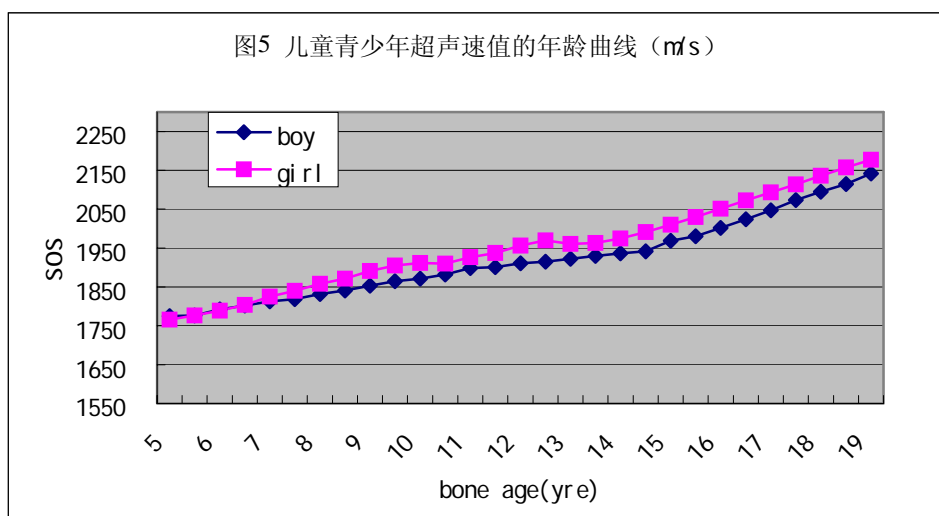
表 9 女儿童青少年 X 线骨龄与超声骨龄之间配对检验结果 (上海读片)

出生 年月	CHN 和 G-P 配对 T 检验基本统计量				配对显著性检验	
	Mean	StdDev	Minimu m	Maximum	T	Prob> T
5	2.00	0.84	0.63	3.2	5.83	0.0021
5.5	1.67	1.65	-1.36	4.59	3.80	0.0022
6	1.48	1.02	0.18	2.79	4.09	0.0046
6.5	0.26	1.91	-5.83	3.05	0.79	0.4353
7	-0.29	1.68	-3.58	3.33	-1.29	0.2021
7.5	-0.84	1.75	-4.92	3.36	-2.35	0.0275
8	-0.30	1.50	-2.81	3.95	-1.45	0.153
8.5	-0.54	1.10	-2.35	1.83	-2.57	0.0159
9	-0.92	1.18	-3.68	1.42	-4.74	0.0001
9.5	-1.54	1.57	-5.79	1.50	-6.10	0.0001
10	-0.35	1.34	-4.56	2.41	-1.89	0.0642
10.5	0.10	1.22	-1.9	3.3	0.48	0.634
11	-0.14	1.13	-3.55	1.91	-0.80	0.429
11.5	-0.15	1.10	-3.07	2.04	-0.78	0.441
12	-0.46	1.50	-3.67	2.36	-1.67	0.1066
12.5	0.61	1.16	-1.75	2.44	2.43	0.0245
13	-0.09	1.48	-2.89	2.92	-0.34	0.7376
13.5	0.34	1.49	-3.17	3.19	1.33	0.191
14	-0.46	1.37	-3.41	2.48	-2.96	0.0041
14.5	-0.72	1.67	-4.83	3.62	-3.51	0.0008
15	-0.60	2.15	-3.78	11.36	-2.30	0.0247
15.5	-0.73	1.46	-3.32	2.28	-2.29	0.033
16	-0.73	1.30	-4.91	2.83	-5.03	0.0001
16.5	-0.16	1.71	-3.65	2.64	-0.32	0.7567
17	-0.76	1.32	-3.75	2.20	-4.37	0.0001
17.5	-1.04	1.25	-3.16	0.89	-3.44	0.0034
18	-0.29	1.19	-2.69	2.49	-2.03	0.0458

4.3.3 两种骨龄方法之间的波动性分析

文献指出, 女少年 10 岁, 男少年 11 岁骨龄与第二性征出现年龄的相关程度较低, 女少年为 0.49~0.58, 男少年为 0.25~0.29。但随着生活发育, 骨龄与第二性征出现年龄、身高速度高峰年龄 (PHV)、月经初潮年龄以及 95%成年身高年龄之间的相关系数逐渐增大, 且越来越高。研究表明, 11 岁未发育的男少年的骨龄与相应的 PHV 年龄之间的相关系数为 0.26, 而 14 岁时已发育男少年的骨龄与相应的 PHV 年龄之间的相关系数达到了 0.81[注 5]。通过对骨龄标准差、最大值、最小值、全距、差值数及变异系数的观察分析, 男儿童青少年不存在明显的各年龄组骨龄值波动。特别是对男子 13 岁, 女子 11 岁刚步入青春发育期, 以及男子 15~16 岁, 女子 12~13 岁达到青春发育期高

潮关口也没有出现较大幅度的波动。



5、结论

超声骨龄 (G-P 法) 有着类同于 X 线骨龄 (CHN 法) 的判读精度, 即能从打印结果中看到精确到小数以后两位数的精确度。考虑到前后的结果则完全依赖于自动判读过程而没有传统的 X 光片留存, 人们往往对判读结果尚有一定的疑虑。研究认为, 正确位置的安放以及规范性的操作是提高测量精确度前提条件。

超声骨龄采取机内 G-P 评定, 综合了声速值、距离、压力、厚度和波形 5 大技术参数对应骨龄值的方法, 其中 SOS、distance 与机内 G-P 高度相关 (r 分别为 0.94, 0.86) $p < 0.001$, 验证了方法的稳定可靠。可是, 国内目前推行 CHN 法作为行业标准, G-P 图谱与 CHN 法, CHN 法与 SOS 之间还没有人做过系统的相关性或替代性的转换研究。因此, 超声骨龄仪的骨龄值与 X 线片 CHN 两次对比判读存在着相关性高 (表 3, 4), 年龄组差值配对性检验不连续等问题 (表 5, 6), 两种判读结果造成年龄组对应性低, 可以说, 两种骨龄方法之间的判读, 存在着一定的精确度误差。

特别是, 男少年 11 岁, 13~15 岁, 女少年 10~13.5 岁, 主要发生在青春期间, 两次骨龄差值呈现非线性的配对检验结果。另外, 在儿童期与 16 岁以后男女都表现出两次骨龄判读相关系数不高的结果。结果表明, 人机判读的差值在判读认可范围, 其精度也比 CHN 法小。

考虑到 sunlight 定量超声骨龄仪正在我国体育界的推广使用, 以及自动化骨龄判读的发展前景, 建议进一步深入研究, 加强与厂商的合作, 尤其是考虑超声骨龄机内“中华 05”骨龄行业标准的设置研究, 超声骨龄外置定位的研究, 更符合实践应用的需求。

6、主要参考文献

[注 1]李果珍. 中国人骨发育的研究 I —— 上肢骨发育的初步研究[J]. 中华放射学杂志, 1964 年第 9 期: p138-141

[注 2]以色列阳光医疗有限公司“使用不同于 X 线的新技术定量超声来评估骨龄——针对中国人群的相关性研究 protocol No.SUN-Ba004 Version1.0, 2000

Sunlight BonAge 基于超声的骨龄设备使用手册”

[注 3]以色列阳光医疗有限公司“为 Sunlight BonAge™ 设备建立参考数据库”临床研究协议, 2003

[注 4]沈勋章等. 超声速值与桡骨、尺骨远端骺软骨板发育的相关性. 待发表 2005

[注 5]王金灿主编《运动选材原理与方法》人民体育出版社 p93-95, 2005

作者介绍:

第一作者简介: 沈勋章 (1956~), 男, 副研究员, 主要研究方向: 运动员选材

作者 1 单位：上海体育科学研究所，200030

作者 2 单位：上海市体育局科教处

论文来源：国家体育总局《中国人骨发育标准修订》所属分课题《中国人骨发育评价方法与超声方法相关性的研究》（项目编号：KB-04-04）

通讯地址：上海体育科学研究所，吴兴路 87 号，邮政编码：200030。电话：021-64430794, shxz@citiz.net