

✧ 骨骼肌肉影像学

Conventional ultrasound for quantitative evaluation on bone age

ZHAO Ying, HONG Kai, FENG Qunqun, ZHANG Chao*

(Department of Medical Ultrasound, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China)

[Abstract] **Objective** To explore the potential value of conventional ultrasound for evaluating bone age (BA) compared with ossification ratio (OR) measured on X-ray films, and to observe the feasibility of simple method ultrasonic evaluation of BA. **Methods** A total of 215 patients (88 males, 127 females) underwent X-ray examination and ultrasonography of left hand and left wrist within 1 week. The distal end of radius and ulna, the 1st, 3rd, 5th metacarpal, 1st, 3rd, 5th proximal phalanx, 3rd, 5th middle phalanx and 1st, 3rd, 5th distal phalanx were assessed with ultrasound. The ratio of diameters of the ossification center and epiphysis was calculated to obtain OR of each target bone. The correlation of OR and BA was analyzed. **Results** OR of target bones were moderately or highly correlated with BA (r_{male} was 0.77–0.94, r_{female} was 0.77–0.93, all $P < 0.001$). The sum of OR of all 13 bones was highly correlated with BA ($r_{\text{male}} = 0.96$, $r_{\text{female}} = 0.96$, both $P < 0.001$), while of the radius and ulna were highly correlated with BA ($r_{\text{male}} = 0.95$, $r_{\text{female}} = 0.95$, both $P < 0.001$). **Conclusion** Conventional ultrasound had potential value in quantitative evaluation of BA. Measuring only radius and ulna might become a simple method for ultrasonic assessment of BA.

[Keywords] age determination by skeleton; epiphyses; ultrasonography

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2021.09.031

常规超声定量评估骨龄

赵莹, 洪恺, 冯群群, 张超*

(华中科技大学同济医学院附属同济医院超声影像科, 湖北 武汉 430030)

[摘要] **目的** 与 X 线评估骨化率(OR)对比, 评价常规超声评估标准骨龄(BA)的价值及其简易方法。 **方法** 对 215 例患者(男 88 例, 女 127 例)于 1 周内先后行左手及腕部 X 线检查和超声检查, 测量桡骨、尺骨, 第 1、3、5 掌骨, 第 1、3、5 近节指骨, 第 3、5 中节指骨及第 1、3、5 远节指骨共 13 块骨骼的骨化中心及骨骺长径, 计算各目标骨骨化中心与骨骺长径之比, 获得其 OR 及 BA, 分析 OR 与 BA 的相关性。 **结果** 男、女性患者各目标骨的 OR 与 BA 呈中-高度相关($r_{\text{男}}$ 为 0.77~0.94, $r_{\text{女}}$ 为 0.77~0.93, P 均 < 0.001), 13 块骨骼的 OR 总和与 BA 呈高度相关($r_{\text{男}} = 0.96$, $r_{\text{女}} = 0.96$, P 均 < 0.001), 桡骨、尺骨 OR 总和与 BA 呈高度相关($r_{\text{男}} = 0.95$, $r_{\text{女}} = 0.95$, P 均 < 0.001)。 **结论** 常规超声具有定量评估 BA 的潜在价值; 仅测量桡骨及尺骨或可作为超声评估 BA 的简易方法。

[关键词] 年龄测定; 骨骼; 骺; 超声检查

[中图分类号] R725; R445.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2021)09-1405-05

骨龄(bone age, BA)是评估儿童生长发育状况的重要指标之一。腕部 X 线检查是评估 BA 的金标准。目前最常用的两种 BA 评估方法是 GP(Greulich-Pyle)图谱法和 TW(Tanner-Whitehouse)评分法。

[第一作者] 赵莹(1984—), 女, 河南周口人, 硕士, 主治医师。研究方向: 肌肉骨骼超声诊断。E-mail: 114556664@qq.com

[通信作者] 张超, 华中科技大学同济医学院附属同济医院超声影像科, 430030。E-mail: zhangchao_tj@hust.edu.cn

[收稿日期] 2020-05-11 **[修回日期]** 2021-05-11

GP 法简单易学,但无定量标准,不同评审者间结果差异大;TW 法更准确,但复杂耗时^[1]。曾有研究^[2]利用常规超声评估 BA,但受试者仅限于 7 岁以内儿童。本研究利用超声评估儿童及青少年的 BA,以 X 线所获手部和腕部长骨骨化率(ossification ratio, OR),即骨化中心最大长径与骨骺最大长径之比为对比,观察 BA 与 OR 的关系,评价常规超声评估 BA 的价值及其简易方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2018 年 3 月—2019 年 11 月就诊于华中科技大学同济医学院附属同济医院、于 1 周内接受左手及腕部 X 线和超声检查的 215 例患者,男 88 例,女 127 例,1 月龄~19.1 岁,平均 (8.9 ± 4.6) 岁;其中男性 1 月龄~19.1 岁、平均 (8.2 ± 4.5) 岁,女性 9 月龄~18.7 岁、平均 (9.3 ± 4.0) 岁;女性就诊原因包括乳腺发育($n=92$)、身材矮小($n=67$)、肥胖($n=29$)、月经失调($n=9$)、阴道分泌物($n=11$)、甲状腺功能亢进($n=5$)及生长过速($n=2$);男性包括身材矮小($n=81$)、乳腺发育($n=5$)及小睾丸($n=2$)。纳入标准:年龄 <20 岁,手、腕部无病理改变(如急性创伤、感染、关节炎或发育不良)。

1.2 仪器与方法 由 1 名具有 3 年肌肉骨骼诊断经验的超声医师完成所有超声检查。采用 GE Logiq E9 及 Hitachi Aloka F75 彩色多普勒超声诊断仪,线阵探头,频率 10~12 MHz。参考 TW3-RUS 法^[3],选择桡骨、尺骨远端,以第 1、3、5 掌骨,第 1、3、5 近节指骨,第 3、5 中节指骨及第 1、3、5 远节指骨共 13 块骨骼为目标骨,测量其骨化中心及骨骺。将探头置于桡骨茎突冠状面行桡骨成像,置于尺骨茎突冠状面行尺骨成像;置于掌侧矢状面分别扫描掌骨和指骨,显示清晰每块骨骼的骨骺及骨化中心,测量各目标骨骨骺及骨化中心的最大长径;以骨骺与骨干的连接点到骨骺远端的最大距离为骨骺最大长径(D),骨化中心两端最大距离为骨化中心最大长径(d),进行平行测量(图 1);计算每块目标骨骨化中心与骨骺最大长径之比,即 $OR = d/D$,以及不同 BA 患儿的 OR 平均值及标准差,并与 X 线测量 OR 结果进行比较。

1.3 统计学分析 采用 SPSS

22.0 统计分析软件。以 Pearson 相关分析评价超声与 X 线所测 BA 的相关性, $|r| \geq 0.8$ 呈高度相关, $0.5 \leq |r| < 0.8$ 呈中度相关, $0.3 \leq |r| < 0.5$ 呈低度相关, $0 < |r| < 0.3$ 呈弱相关, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 超声声像图所见 超声清晰显示所有目标骨的骨端,骨骺均呈低回声,骨化中心中则表现为大小不同的强回声,周边为低回声骨骺;达到一定大小的骨化中心后方常伴明显声影。随年龄增长,骨化中心逐渐增大、骨骺逐渐变薄,直至骨骺与骨干全部融合,此时干骺间低回声骺板完全消失,OR 为 100% 而毋须测量,见图 2。

2.2 超声所测 OR 与 X 线评估 BA 的相关性 超声所测 OR 数值见表 1。男、女性患儿各目标骨的 OR 与 BA 呈中~高度相关($r_{男}$ 为 0.77~0.94, $r_{女}$ 为 0.77~0.93, P 均 <0.001),13 块骨骼 OR 总和与 BA 呈高度相关($r_{男}=0.96$, $r_{女}=0.96$, P 均 <0.001),桡骨、尺骨 OR 总和与 BA 呈高度相关($r_{男}=0.95$, $r_{女}=0.95$, P 均 <0.001)。见图 3 和表 2。

3 讨论

BA 是评估儿童生长发育状态的重要指标之一。除传统 X 线方法外,双能 X 线吸收法(dualenergy X-ray absorptiometry, DXA)、MRI 及超声均曾用于评估 BA。DXA 评估 BA 有利于减少电离辐射,但分辨率不足,不能显示 TW 法评估 BA 所需解剖细节^[4]。MRI 分辨率高,成像清晰,但价格昂贵且具有运动伪像,目前尚无成熟的相关评估体系,限制了其应用^[5]。

X 线是目前临床评估 BA 的金标准,应用广泛,成

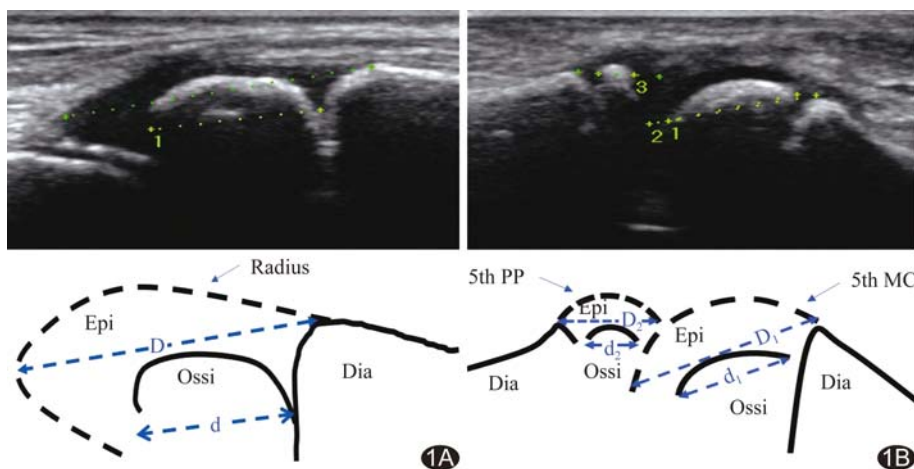


图 1 女性患儿,8 岁,超声测量 BA(下)及示意图(上) A. 桡骨(Radius); B. 第 5 掌骨(5th MC)及第 5 近节指骨(5th PP) 实线勾画处为骨干(Dia)与骨化中心(Ossi),虚线勾画处为骨骺(Epi)

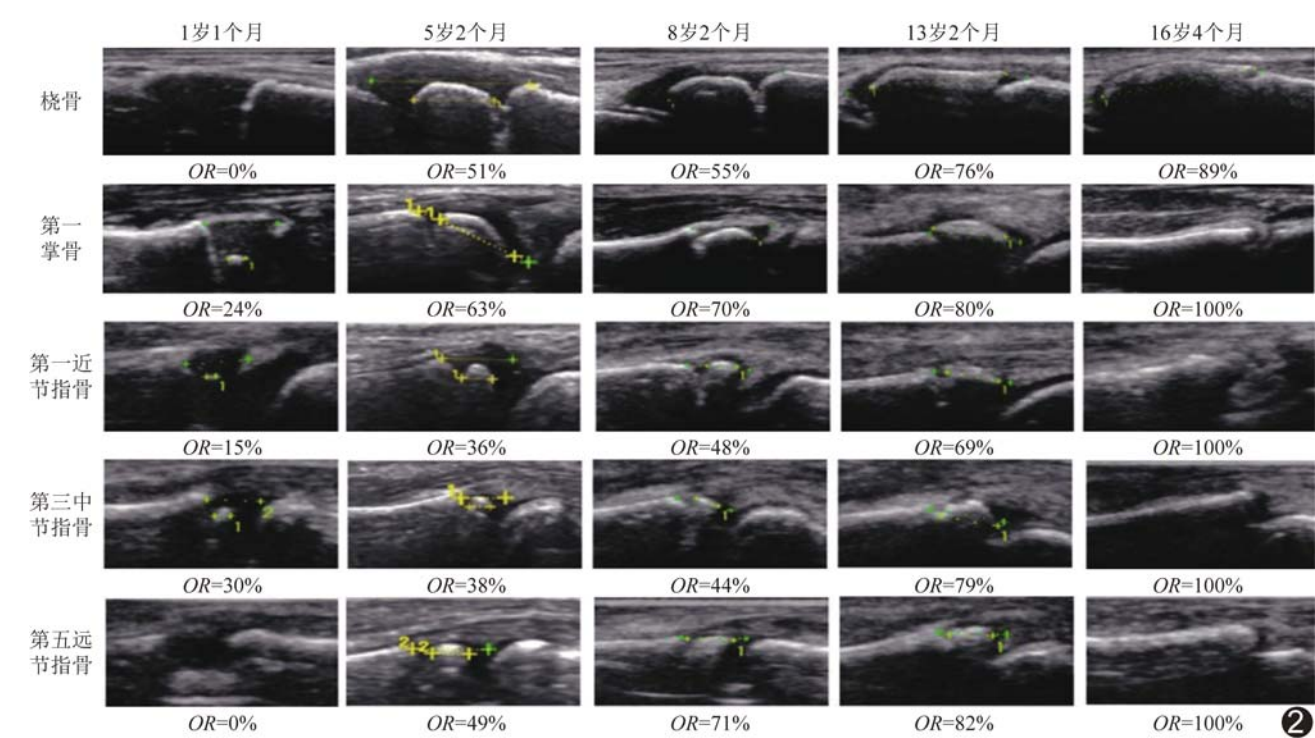


图 2 各年龄段女性患儿桡骨、掌骨及指骨超声声像图 未出现骨化中心时 OR 为 0,干骺完全融合时 OR 为 100%

表 1 超声所测不同 BA 患儿 13 块目标骨总 OR(%)

BA(岁)	男(n=88)		女(n=127)	
	例数	OR	例数	OR
0.5	2	15.51±21.91	0	—
1.0	2	43.51±18.31	1	265.03±0.00
1.5	1	159.24±0.00	2	374.62±60.84
2.0	4	259.22±43.92	3	457.50±9.12
2.5	2	403.01±19.72	3	502.62±23.82
3.0	3	450.81±54.54	3	548.34±17.01
3.5	4	505.52±78.24	5	579.91±32.11
4.0	3	522.13±10.84	3	606.53±6.90
4.5	2	547.23±15.72	6	639.61±48.93
5.0	6	609.33±46.01	4	662.64±16.82
6.0	3	657.34±21.11	11	689.53±43.01
7.0	12	675.62±28.30	3	741.62±14.60
8.0	2	726.51±49.43	7	749.22±36.42
9.0	4	728.42±65.11	6	765.61±17.43
9.5	2	753.03±19.33	8	788.52±30.62
10.0	4	788.71±14.83	5	797.20±23.74
10.5	2	789.31±16.34	9	843.61±36.23
11.0	3	803.64±12.32	8	885.61±18.74
11.5	3	790.44±17.41	7	969.13±38.90
12.0	3	816.32±4.11	4	1034.72±31.11
12.5	2	890.11±10.10	2	1086.23±4.21
13.0	2	922.32±21.52	3	1187.63±21.22
13.5	3	935.63±68.63	4	1204.22±19.02
14.0	2	1045.20±43.11	4	1246.21±32.72
15.0	2	1237.03±29.62	3	1259.20±11.24
16.0	3	1257.30±31.82	5	1280.30±13.62
17.0	3	1284.61±13.41	3	1290.22±15.24
18.0	2	1287.52±2.12	3	1295.53±9.83
19.0	2	1300.00±0.00	2	1300.00±0.00

本合理,单次辐射量低;但作为动态观察 BA 的手段时有累积电离辐射的风险。常规超声无辐射,操作便捷,设备普及度高^[6],更易为患者接受。相比 X 线检查,超声不仅可显示强回声的骨化中心,还可显示 X 线无法显示的低回声骨骺,使超声评估 BA 成为可能。超声评估 BA 可行^[7-8],但既往研究对象年龄范围小,且均采用 X 线 GP 图谱进行对照评估,缺少独立的超声评分系统,无法实现量化评价。UTCZAS 等^[9]采用 BonAge 超声测量仪计算桡骨远端骨骺超声声速以评估 BA,但仅针对桡骨远端关节,精确度低,至今未用于临床。RACHMIEL 等^[10]以 SonicBone 定量超声仪定量检测左手掌及腕区的声速及距离衰减因子,由此评估 BA,尚处于早期阶段,对操作者的经验要求较高,且对特殊病例如骨发育不良仍需以 X 线观察其骨结构。TORENEK 等^[11]采

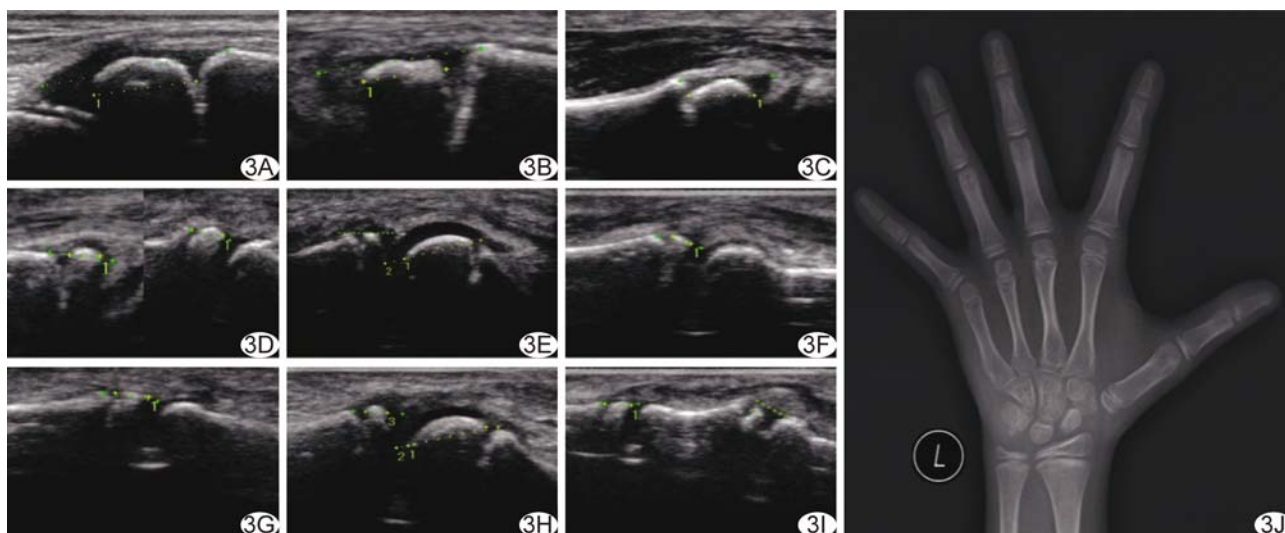


图3 女性患儿,9岁6个月,因乳腺硬结就诊 13 块骨 OR 总和为 766%,超声判断 BA 为 8 岁,与 X 线结果相符 A. 桡骨 OR 为 55%; B. 尺骨 OR 为 51%; C. 第 1 掌骨 OR 为 70%; D. 第 1 近节指骨 OR 为 48%,第 1 远节指骨 OR 为 79%; E. 第 3 掌骨 OR 为 70%,第 3 近节指骨 OR 为 46%; F. 第 3 中节指骨 OR 为 44%; G. 第 3 远节指骨 OR 为 61%; H. 第 5 掌骨 OR 为 78%,第 5 近节指骨 OR 为 44%; I. 第 5 中节指骨 OR 为 49%,第 5 远节指骨 OR 为 71%; J. 左手及腕部 X 线片

表 2 左手及腕部 13 块目标骨超声所测 OR 与 BA 的相关系数

性别	Radius	Ulna	MC1	PP1	DP1	MC3	PP3	MP3	DP3	MC5	PP5	MP5	DP5	SUM	RA+UL
男	0.93	0.92	0.89	0.90	0.89	0.87	0.83	0.79	0.77	0.82	0.80	0.82	0.88	0.96	0.95
女	0.91	0.93	0.85	0.78	0.79	0.82	0.79	0.77	0.80	0.88	0.84	0.78	0.86	0.96	0.95

注:MC1:第 1 掌骨;PP1:第 1 近节指骨;DP1:第 1 远节指骨;MC3:第 3 掌骨;PP3:第 3 近节指骨;MP3:第 3 中节指骨;DP3:第 3 远节指骨;MC5:第 5 掌骨;PP5:第 5 近节指骨;MP5:第 5 中节指骨;DP5:第 5 远节指骨;SUM:13 块骨总和

用超声观察籽骨、桡骨、指骨骨骺与骨干的关系,并制定了评分标准,提出超声与 GP 图谱相结合可作为评测 BA 的金标准;但该研究缺乏定量标准,主观性较高,易出现观察者间差异。

本研究以超声测量新生儿至青少年患者骨骺及骨化中心长径,计算 OR,并与 X 线所测 BA 进行比较,结果显示超声所测 OR 与 X 线 BA 具有较高相关性,提示可采用常规超声量化评估不同年龄段未成年人的 BA,并具有临床可行性。因腕骨形状不规则,超声成像很难获得标准切面,本研究未针对腕骨进行超声测量。

分析手及腕部 X 线片时, TW 评分法及 GP 图谱法均将骨发育连续生长过程主观地划分为多个不连续的阶段。本研究结果提示,骨的成熟是 OR 从 0 到 100% 的连续过程,手掌和腕部的 OR 与 BA 高度相关,常规超声有可能成为量化评估 BA 的新方法。另外,本组桡骨、尺骨 OR 总和与 BA 的相关度,男性、女性患儿的 r 值均为 0.95,仅略低于 13 块骨的 OR 值的总和与 BA 的 r 值(0.96),提示仅测量桡骨、尺骨 OR 总和或将成为评估 BA 的更便捷的方法。

本研究的主要局限性在于未取得不同年龄段 OR 正常值,也未对常规超声评估 BA 的准确性进行分析,有待后续扩大样本量加以完善。

综上所述,针对 20 岁以下受试者,常规超声测量 OR 与传统 X 线所测 BA 高度相关;超声测量桡骨、尺骨 OR 总和有望成为定量检测 BA 的新的更便捷的方法。

[参考文献]

- [1] 刘宗才,吴锦华,王荣品,等. 深度学习骨龄评测系统对贵州省儿童及青少年骨龄测评的准确性[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(12):1799-1803.
- [2] HAJALIOGHLI P, TARZAMNI M K, ARAMI S, et al. The utility of ultrasonographic bone age determination in detecting growth disturbances: A comparative study with the conventional radiographic technique [J]. Skeletal Radiol, 2015, 44(9): 1351-1356.
- [3] ZHANG S Y, LIU L J, WU Z L, et al. Standards of TW3 skeletal maturity for Chinese children[J], Ann Hum Biol, 2008, 35(3):349-354.
- [4] HOYER-KUHN H, KNOOP K, SEMLER O, et al. Comparison

- of DXA scans and conventional X-rays for spine morphometry and bone age determination in children[J]. J Clin Densitom, 2016, 19(2):208-215.
- [5] HOJREH A, GAMPER J, SCHMOOK M T, et al. Hand MRI and the Greulich-Pyle atlas in skeletal age estimation in adolescents[J]. Skeletal Radiol, 2018, 47(7):963-971.
- [6] NICHOLAS J L, DOUGLAS K E, WATERS W, et al. US evaluation of bone age in rural ecuadorian children: Association with anthropometry and nutrition[J]. Radiology, 2020, 296(1): 161-169.
- [7] DANEFF M, CASALIS C, BRUNO C H, et al. Bone age assessment with conventional ultrasonography in healthy infants from 1 to 24 months of age[J]. Pediatr Radiol, 2015, 45(7): 1007-1015.
- [8] LARON Z. Bone age estimation for whom by whom? By which method[J]? Pediatr Endocrinol Rev, 2015, 13(1):444-447.
- [9] UTCZAS K, MUZSNAI A, CAMERON N, et al. A comparison of skeletal maturity assessed by radiological and ultrasonic methods[J]. Am J Hum Biol, 2017, 29(4). doi: 10.1002/ajhb.22966.
- [10] RACHMIEL M, NAUGOLNI L, MAZOR-ARONOVITCH K, et al. Bone age assessments by quantitative ultrasound (Sonicbone) and hand X-ray based methods are comparable[J]. Isr Med Assoc J, 2017, 19(9): 533-538.
- [11] TORENEK A K, BILGE O M, MILOGLU Ö. Ultrasonography in determining pubertal growth and bone age [J]. Dentomaxillofac Radiol, 2018, 47(7):20170398.

中国学术期刊影响因子年报(2020 版) ——《中国医学影像技术》

“中国学术期刊影响因子年报(2020 版)”于 2020 年 12 月 29 日由中国科学文献计量评价研究中心发布。
《中国医学影像技术》杂志在期刊综合类的相关数据为:

- 1 影响力指数(CI 值):**433.079**;
- 2 总被引:**4216**;
- 3 影响因子:**1.152**;
- 4 他引影响因子:**0.978**;
- 5 5 年影响因子:**0.859**;
- 6 即年指标:**0.122**。