

脊柱侧凸椎体旋转半脱位三种测量方法的 可重复性和可信度研究

陈世海¹, 刘万友², 史本龙², 朱泽章², 邱 勇²

(1 甘肃省中医院小儿脊柱外科 730050 兰州市; 2 南京大学医学院附属鼓楼医院骨科 210008 南京市)

【摘要】目的:分析 MB 法(midbody, MB)、EP 法(endplate, EP)和 C 法(centroid, C)在椎体旋转半脱位(rotatory subluxation, RS)测量中的可重复性和可信度,探讨三种测量方法的影响因素。**方法:**回顾性分析 2012 年 3 月~2020 年 6 月于南京大学医学院附属鼓楼医院行手术治疗的 59 例脊柱侧凸畸形患者,其中先天性脊柱侧凸 15 例,特发性脊柱侧凸 9 例,退变性脊柱侧凸 16 例,神经肌源性脊柱侧凸 19 例;男 17 例,女 42 例,平均年龄 34.0 ± 18.8 岁。3 名脊柱外科医师均使用 MB 法、EP 法及 C 法分别间隔两周测量 RS 值,用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)对三种测量方法结果进行一致性分析。**结果:**59 例患者平均主弯 Cobb 角为 $64.2^\circ \pm 23.9^\circ$ 。RS 节段分别为 T4/5 节段 1 例(1.7%)、T5/6 节段 2 例(3.4%)、T6/7 节段 3 例(5.1%)、T7/8 节段 3 例(5.1%)、T9/10 节段 1 例(1.7%)、T10/11 节段 1 例(1.7%)、T12/L1 节段 6 例(10.2%)、L1/2 节段 5 例(8.5%)、L2/3 节段 9 例(15.3%)、L3/4 节段 16 例(27.1%)、L4/5 节段 12 例(20.3%)。MB 法、EP 法、C 法测量的 RS 值分别为 $16.5 \pm 7.1\text{mm}$ 、 $8.5 \pm 4.2\text{mm}$ 、 $14.2 \pm 6.3\text{mm}$ 。三种方法的观察者内一致性分别为 MB 法 0.77~0.91、EP 法 0.78~0.81、C 法 0.82~0.94;观察者间一致性分别为 MB 法 0.87、EP 法 0.90、C 法 0.86。**结论:**MB 法、EP 法和 C 法在 RS 的测量中均有较高的可重复性及可信度,其中 C 法的组内一致性最高、EP 法的组间一致性最高。

【关键词】脊柱侧凸;旋转半脱位;MB 法;EP 法;C 法;一致性

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2022.07.04

中图分类号:R682.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2022)-07-0605-05

Reproducibility and reliability analysis for the three manual radiographic measurements of rotatory subluxation in scoliosis/CHEN Shihai, LIU Wanyou, SHI Benlong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2022, 32(7): 605-609

【Abstract】Objectives: To analyze the reproducibility and reliability of midbody(MB) method, endplate(EP) method and centroid (C) method in the measurements of rotatory subluxation (RS), and to investigate their respective influencing factors. **Methods:** 59 spinal deformity patients with RS treated with surgery in Drum Tower Hospital affiliated to Nanjing University Medical School from March 2012 to June 2020 were retrospectively reviewed. There were 15 cases of congenital scoliosis, 9 cases of idiopathic scoliosis, 16 cases of degenerative scoliosis and 19 cases of neuromyogenic scoliosis. There were 17 males and 42 females, and the average age was 34.0 ± 18.8 years. Three spinal surgeons each performed the measurements using the three methods with a time interval of 2 weeks. Subsequently, the intraclass correlation coefficient(ICC) was applied for reliability analysis. **Results:** The average main curve Cobb angle was $64.2^\circ \pm 23.9^\circ$ for the cohort. The RS levels were T4/5 in 1 patient (1.7%), T5/6 in 2(3.4%), T6/7 in 3(5.1%), T7/8 in 3(5.1%), T9/10 in 1(1.7%), T10/11 in 1(1.7%), T12/L1 in 6(10.2%), L1/2 in 5(8.5%), L2/3 in 9(15.3%), L3/4 in 16 (27.1%), and L4/5 in 12(20.3%). The RS values measured by MB, EP and C methods were respectively $16.5 \pm 7.1\text{mm}$, $8.5 \pm 4.2\text{mm}$, and $14.2 \pm 6.3\text{mm}$. The intra-observer reliabilities were 0.77-0.91 for MB method, 0.78-0.81 for EP method and 0.82-0.94 for C method, while the inter-observer reliabilities were 0.87 for MB method, 0.90 for EP

基金项目:江苏省自然科学基金青年基金(BK20170126);南京市医学科技发展资金一般性课题(CZLB1480-202)

第一作者简介:男(1979-),副主任医师,研究方向:脊柱矫形及儿童骨科

电话:(0931)2687332 E-mail:chenshihai2006@126.com

通讯作者:朱泽章 E-mail:zhuzezhang@126.com

method and 0.86 for C method. **Conclusions:** The MB method, EP method and C method had high reproducibility and reliability in the measurement of RS, among which C method showed the best intra-observer reliability and EP method showed the best inter-observer reliability.

【Key words】 Scoliosis; Rotatory subluxation; MB method; EP method; C method; Reliability

【Author's address】 Department of Pediatric Orthopedics, Gansu Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou, 730050, China

1988年, Trammell 等^[1]首次将椎体旋转半脱位(rotatory subluxation, RS)定义为相邻两个椎体在冠状面和矢状面上的滑移及轴面上的反方向旋转。临床中 RS 多见于成人退变性脊柱侧凸、I 型神经纤维瘤病伴脊柱侧凸、先天性脊柱侧凸等多种病因学导致的脊柱畸形患者^[2,3]。需要注意的是, 合并 RS 的脊柱侧凸往往多为重度僵硬性脊柱畸形, 其手术难度及风险明显高于其他脊柱畸形患者。李洋等^[4]报道 RS 是脊柱矫形术中出现神经并发症的重要危险因素, 合并 RS 的脊柱畸形患者术中行三柱截骨术的神经电生理监测不良事件发生率高达 13.5%, 而不合并 RS 的患者发生率仅为 2.7%。因此, 术前对 RS 进行准确测量及仔细评估对于制订手术策略、评估手术风险显得尤为重要。目前, 文献中报道的 RS 测量方法主要包括 MB 法(midpoint, MB)、EP 法(endplate, EP)和 C 法(centroid, C)。Freedman 等^[5]首先基于 29 例成人脊柱侧凸畸形患者对三种测量方法的可靠性进行了初步分析, 结果表明 EP 法简单实用、C 法可靠性最高且受测试者经验影响最小。然而, 该研究存在样本量小、病因学单一等不足。因此, 本研究拟在此基础上扩大了样本量, 并纳入了多种病因学导致的旋转半脱位病例。进一步分析 RS 三种测量方法的可重复性及可信度, 并探讨三种测量方法的优缺点。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2012 年 3 月~2020 年 6 月于南京大学医学院附属鼓楼医院行手术治疗的脊柱侧凸畸形患者, 入选标准为:(1)有我院拍摄的、清晰的术前站立位全脊柱正侧位 X 线片;(2)术前立位全脊柱正位片示合并 $\geq 3\text{mm}$ 的 RS;(3)有完整的人口统计学及诊断等相关资料。排除标准:(1)既往有脊柱外伤史、骨折史者;(2)有脊柱手术史者;(3)有双下肢不等长者。最终, 共 59 例患者纳入本研究, 其中先天性脊柱侧凸 15 例, 特发性脊

柱侧凸 9 例, 退变性脊柱侧凸 16 例, 神经肌源性脊柱侧凸 19 例; 男 17 例, 女 42 例, 平均年龄 34.0 ± 18.8 岁。本研究方案获得本单位医学伦理委员会批准。

1.2 影像学测量

RS 的测量使用 Surgimap (美国, 版本: 2.3.2.1)在电脑上进行, 所有的立位全脊柱正位 X 线片均已进行去个人信息处理。3 名有 3 年以上工作经验的脊柱外科医师经过培训后对三种测量方法均已熟练掌握, 每名医师的两次测量均间隔 2 周, 最后收集结果进行观察者内的可重复性和观察者间的可信度分析。测量参数包括主弯 Cobb 角、RS 位置、RS 值等。

三种 RS 测量方法^[6]如下:(1)MB 法, 于 RS 节段两个椎体边缘中点做两条垂线, 两条垂线之间的距离即为 RS 值(图 1a);(2)EP 法, 于 RS 上端椎体下终板边缘及 RS 下端椎体上终板边缘分别做两条垂线, 两条垂线之间的距离即为 RS 值(图 1b);(3)C 法, 于 RS 椎体分别做椎体对角线, 对角线交点分别做垂线, 两条垂线之间的距离即为 RS 值(图 1c)。

1.3 统计学分析

应用 SPSS(美国, 19.0)统计软件对三种测量方法分别进行一致性检验分析, 计算组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)值。ICC 值在 0.41~0.60 之间代表一般可信(中等)、0.61~0.80 之间代表基本可信(良好)、0.81~1.00 之间代表完全可信(极好)。

2 结果

2.1 一般资料

59 例 RS 患者平均主弯 Cobb 角为 $64.2^\circ \pm 23.9^\circ$, 病因学分别为先天性脊柱侧凸 15 例(25.4%)、神经肌源性脊柱侧凸 19 例(32.2%)、退变性脊柱侧凸 16 例(27.1%)、特发性脊柱侧凸 9 例(15.3%)。RS 节段分别为 T4/5 节段 1 例(1.7%)、T5/6 节段 2 例(3.4%)、T6/7 节段 3 例

(5.1%)、T7/8 节段 3 例 (5.1%)、T9/10 节段 1 例 (1.7%)、T10/11 节段 1 例 (1.7%)、T12/L1 节段 6 例 (10.2%)、L1/2 节段 5 例 (8.5%)、L2/3 节段 9 例 (15.3%)、L3/4 节段 16 例 (27.1%)、L4/5 节段 12 例 (20.3%)。

2.2 一致性分析

三位测量者用 MB 法测量的 RS 值分别为 $17.7 \pm 7.3\text{mm}$ 、 $16.1 \pm 6.2\text{mm}$ 、 $17.1 \pm 6.9\text{mm}$ ，用 EP 法测量的 RS 值分别为 $8.5 \pm 4.1\text{mm}$ 、 $8.8 \pm 4.3\text{mm}$ 、 $8.3 \pm 4.3\text{mm}$ ，用 C 法测量的 RS 值分别为 $14.1 \pm 6.8\text{mm}$ 、 $13.8 \pm 6.1\text{mm}$ 、 $14.1 \pm 6.1\text{mm}$ 。MB 法、EP 法和 C 法的组内一致性在测量者 1 内的 ICC 值分别为 0.91、0.81 和 0.94，在测量者 2 内的 ICC 值分别为 0.81、0.80 和 0.90，在测量者 3 内的 ICC 值分别为 0.77、0.78 和 0.82(表 1)。另外，MB 法、EP 法和 C

法三位测量者组间一致性 ICC 值分别为 0.87、0.90 和 0.86(表 2)，均为完全可信。

3 讨论

既往文献报道，不同病因学的脊柱畸形矫形手术中神经并发症发生率约为 1%~18%^[6-9]，其中严重脊柱畸形、术前合并椎管内异常、术中行三柱截骨等是公认的术中出现神经损害的风险因素。近年来，RS 对脊柱矫形手术安全性的影响引起了脊柱外科医师的广泛关注^[2,10-12]。在解剖上，RS 广泛存在于多种原因导致的严重脊柱畸形患者中，合并 RS 的脊柱节段周围脊柱结构发育不良或增生明显，在生物力学上存在明显的不稳定性，其中青少年患者随年龄增长 RS 有进行性加重的趋势。另外，有文献研究^[13,14]表明，合并 RS 的脊柱畸



图 1 RS 值的测量方法 **a** MB 法，于 RS 节段两个椎体边缘中点做两条垂线，两条垂线之间的距离即为 RS 值 **b** EP 法，于 RS 上端椎体下终板边缘及 RS 下端椎体上终板边缘分别做两条垂线，两条垂线之间的距离即为 RS 值 **c** C 法，于 RS 椎体分别做椎体对角线，对角线交点分别做垂线，两条垂线之间的距离即为 RS 值

Figure 1 Measurements of RS values **a** MB method, two vertical lines were made from the midpoints of the two vertebral body edges of RS segment, and the distance between the two vertical lines was RS value **b** EP method, two vertical lines were made from the edge of the lower endplate of the superior vertebral body of RS and the edge of the upper endplate of the inferior vertebral body of RS respectively, and the distance between the two vertical lines was RS value **c** C method, the diagonal lines of the RS vertebrae were made respectively, and perpendiculars were made from the intersection points of the diagonal lines respectively, and the distance between the two perpendiculars was the RS value

表 1 三种测量方法的组内一致性分析结果

Table 1 Intra-observer reliability analysis of the three measurement methods

	测量者 1 Observer 1		测量者 2 Observer 2		测量者 3 Observer 3	
	ICC	95%CI	ICC	95%CI	ICC	95%CI
MB 法 Method of MB	0.91	0.86–0.95	0.81	0.71–0.89	0.77	0.63–0.86
EP 法 Method of EP	0.81	0.70–0.88	0.80	0.67–0.88	0.78	0.65–0.86
C 法 Method of C	0.94	0.90–0.96	0.90	0.84–0.94	0.82	0.72–0.89

表 2 三种测量方法的组间一致性分析结果
Table 2 Inter-observer reliability analysis of the three measurement methods

	ICC	95%CI
MB法 Method of MB	0.87	0.80–0.92
EP法 Method of EP	0.90	0.85–0.94
C法 Method of C	0.86	0.79–0.91

形在随访过程中有明显的畸形进展风险。因此,对于术前合并 RS 的脊柱畸形患者,术前应仔细评估 RS 所在脊柱节段、与主弯的相对位置关系、旋转半脱位的严重程度等参数。Freedman 等^[9]报道,RS 最常见于 L3/4 节段(35%),其次是 L2/3 节段(30%)、L4/5 节段(22%)、L1/2 节段(13%)。本研究入选的 59 例患者平均主弯 Cobb 角为 $64.2 \pm 23.9^\circ$,RS 的分布节段为 L3/4 (27.1%)、L4/5 (20.3%)和 L2/3 (15.3%),与既往文献报道类似。另外,本研究发现胸椎 RS 发生率约为 18.6%,而该部分患者存在较大的医源性神经损害风险,需要引起脊柱外科医师的充分重视。

目前,文献中报道的脊柱站立位 X 线片上 RS 的测量方法主要包括 MB 法、EP 法和 C 法。Freedman 等^[9]基于同一批患者测量的 RS 值分别为 MB 法 $19.8 \pm 1.4\text{mm}$ 、EP 法 $10.2 \pm 0.8\text{mm}$ 、C 法 $15.2 \pm 1.1\text{mm}$,三种方法之间有显著统计学差异。本研究的 59 例患者测得的 RS 值分别为 MB 法 $16.5 \pm 7.1\text{mm}$ 、EP 法 $8.5 \pm 4.2\text{mm}$ 、C 法 $14.2 \pm 6.3\text{mm}$,三种方法之间同样具有显著性差异。因此,我们强烈建议在科学研究及临床工作中涉及 RS 值时应注明所使用的测量方法,避免测量方法不同引起的信息差。另外,Freedman 等^[9]报道 MB 法、EP 法和 C 法的组内一致性分别为 0.89、0.80 和 0.91。本研究中三位测量者 MB 法、EP 法和 C 法的组内一致性分别介于 0.77–0.91、0.78–0.81 和 0.82–0.94 之间。两组研究结果均表明三种测量方法均可获得良好的组内一致性,其中又以 C 法的组内一致性最优。

需要注意的是,Freedman 等^[9]报道 MB 法、EP 法和 C 法的组间一致性分别为 0.73、0.79 和 0.90,因此作者认为相比于 MB 法和 EP 法,C 法的可靠性最高。与之不同的是,本研究结果表明 MB 法、EP 法和 C 法三位测量者组间一致性 ICC

值分别为 0.87、0.90 和 0.86,其中 EP 法的组间一致性最高。笔者认为,虽然 C 法具有最高的组内一致性结果,但 C 法在测量时需要选择四个顶点以画对角线,而选择的点过多显然会增加不同个体之间测量的误差。另外,三种测量方法均需要画垂线,因此畸形严重程度及 RS 在侧凸内的相对位置关系对测量结果的影响也较大。相对而言,畸形越严重、RS 越靠近顶椎区,三种方法所测得的绝对值均越大。

虽然本研究入选样本量与既往文献相比有明显增加,但局限于 RS 的实际发生率,本研究的 59 例样本量仍可能对统计结果造成一定的影响。另外,本研究患者在年龄、病因学、畸形严重程度、旋转半脱位节段等方面均不一致,这亦可对数据的测量造成影响。更重要的是,患者术前合并的双下肢不等长、骨盆倾斜、躯干倾斜等均可导致所画的垂线并非实际上的重力铅垂线,这都会对三种方法的测量造成明显误差。

综上所述,MB 法、EP 法和 C 法在脊柱畸形椎体旋转半脱位的测量中均有较高的组内及组间一致性,其中以 C 法的组内一致性最高、EP 法的组间一致性最高。不同方法之间的测量值具有显著差异,因此在涉及 RS 值时应注明所使用的测量方法以避免测量方法不同引起的误差。

4 参考文献

1. Trammell TR, Schroeder RD, Reed DB. Rotatoryolisthesis in idiopathic scoliosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1988, 13(12): 1378–1382.
2. Zeller RD, Dubousset J. Progressive rotational dislocation in kyphoscoliotic deformities: presentation and treatment[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2000, 25(9): 1092–1097.
3. Shi B, Xu L, Li Y, et al. Pre-operative halo-gravity traction in severe neurofibromatosis type 1 and congenital scoliosis with thoracic rotatory subluxation [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2019, 187: 105548.
4. 李洋, 刘盾, 史本龙, 等. 椎体旋转半脱位: 脊柱畸形矫形手术中神经损害的危险因素[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(11): 700–706.
5. Freedman BA, Horton WC, Rhee JM, et al. Reliability analysis for manual radiographic measures of rotatory subluxation or lateral listhesis in adult scoliosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(6): 603–608.
6. Hamilton DK, Smith JS, Sansur CA, et al. Rates of new neurological deficit associated with spine surgery based on 108,419 procedures: a report of the scoliosis research society

- morbidity and mortality committee[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2011, 36(15): 1218-1228.
7. Cramer DE, Maher PC, Pettigrew DB, et al. Major neurologic deficit immediately after adult spinal surgery: incidence and etiology over 10 years at a single training institution [J]. J Spinal Disord Tech, 2009, 22(8): 565-570.
8. Ghobrial GM, Williams KA Jr, Arnold P, et al. Iatrogenic neurologic deficit after lumbar spine surgery: a review[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2015, 139: 76-80.
9. Kim HJ, Iyer S, Zebala LP, et al. Perioperative neurologic complications in adult spinal deformity surgery: incidence and risk factors in 564 patients[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2017, 42(6): 420-427.
10. Ferrero E, Lafage R, Challier V, et al. Clinical and stereoradiographic analysis of adult spinal deformity with and without rotatory subluxation [J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2015, 101(5): 613-618.
11. Ploumis A, Liu H, Mehdor AA, et al. A correlation of radiographic and functional measurements in adult degenerative scoliosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(15): 1581-1584.
12. 钱邦平. 合并旋转半脱位的非特发性脊柱畸形患者如何降低术中神经并发症[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(6): 486-488.
13. Marty-Poumarat C, Scattin L, Marpeau M, et al. Natural history of progressive adult scoliosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2007, 32(11): 1227-1235.
14. Korovessis P, Piperos G, Sidiropoulos P, et al. Adult idiopathic lumbar scoliosis: a formula for prediction of progression and review of the literature [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1994, 19(17): 1926-1932.
- (收稿日期:2021-11-28 末次修回日期:2022-03-27)
(英文编审 谭 啸)
(本文编辑 彭向峰)

消息

欢迎订阅 2023 年《中国脊柱脊髓杂志》

《中国脊柱脊髓杂志》是由中国科学技术协会主管,中国康复医学会与中日友好医院主办,目前国内唯一以脊柱脊髓为内容的国家级医学核心期刊。及时反映国内外脊柱脊髓领域的科研动态、发展方向、技术水平,为临床医疗、康复及基础研究工作提供学术交流场所。读者对象为从事脊柱外科、骨科、神经科、康复科、肿瘤科、泌尿科、放射科、基础研究及生物医学工程等及相关学科的专业人员。

本刊为中国科技信息中心“中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)”,中科院中国科学计量评价研究中心“中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊”,“中国精品科技期刊”,入选北京大学“中文核心期刊要目总览”,已分别入编 Chinainfo(中国信息)网络资源系统(万方数据)及以中国学术期刊光盘版为基础的中国期刊网(中国知网),影响因子名列前茅。

2023 年本刊仍为月刊,大 16 开,正文 96 页,每月 25 日出版。全册铜版纸彩色印刷。每册定价 30 元,全年 360 元。全国各地邮局均可订阅,邮发代号 82-457;网上订阅:中国邮政网上营业厅,网址: <http://bk.11185.cn/index.do>,扫右侧二维码即可上网订阅。国外读者订阅请与中国国际图书贸易集团有限公司中文报刊科联系(100044,北京市车公庄西路 35 号),代号:BM6688。

本刊经理部可随时为国内读者代办邮购(免邮寄费)。

地址:北京市朝阳区樱花园东街中日友好医院内,邮编:100029。

电话:(010)64284923;E-mail:cspine@263.net.cn。

