

· 基础研究 ·

基于铅垂线观察脊柱矢状面平衡的可行性

李清萍^{1,2}, 郭安娜¹, 陈少卿¹, 黄莹莹¹, 梁伟³, 严志汉¹, 何家维^{1*}

1. 温州医科大学附属第二医院放射科, 温州 325000

2. 十堰市人民医院(湖北医药学院附属人民医院)放射影像中心, 十堰 442000

3. 温岭市妇幼保健院放射科, 温岭 317500

【摘要】目的 探讨借助C₇铅垂线(C₇PL)来观察站立位脊柱矢状面稳定性的可行性。**方法** 选取59名健康青少年的站立侧位脊柱全长X线片,由2位医师在医学影像存档与传输系统(PACS)工作站上通过Cobb法和C₇PL法独立测量脊柱矢状面参数,前者包括胸椎后凸角(TK)、腰椎前凸角(LL),后者包括T₆椎体与C₇PL距离(T₆PL)、L₄椎体与C₇PL距离(L₄PL)、骶骨上终板后上角与C₇PL距离(矢状面轴向距离,SVA)、股骨头中心与C₇PL距离(FPL),比较2种测量方法的重复性和相关性。**结果** 以Cobb法测量,A医师测量的TK和LL分别为 $24.1^{\circ} \pm 11.5^{\circ}$ 、 $51.0^{\circ} \pm 8.5^{\circ}$,B医师测量的TK和LL分别为 $28.1^{\circ} \pm 8.1^{\circ}$ 、 $49.4^{\circ} \pm 6.0^{\circ}$,2位医师测量的TK差异有统计学意义($P < 0.05$)并呈中度相关($r=0.662$),测量的LL差异无统计学意义($P > 0.05$)且呈高度相关($r=0.873$)。以C₇PL法测量,A医师测量的T₆PL和L₄PL分别为 (27.3 ± 19.0) mm、 $-(43.5 \pm 19.7)$ mm,B医师测量的T₆PL和L₄PL分别为 (24.3 ± 13.2) mm、 $-(45.5 \pm 25.9)$ mm,两位医师测量的T₆PL和L₄PL差异均无统计学意义($P > 0.05$)且呈极高度相关($r=0.905$, $r=0.936$)。对Cobb法和C₇PL法的测量结果进行相关分析,结果显示,TK与T₆PL呈高度相关($r=0.760$),LL与L₄PL呈中度负相关($r=-0.592$)。对C₇PL法的测量指标进行相关分析,结果显示,T₆PL与L₄PL呈中度负相关($r=-0.655$),与SVA呈低度负相关($r=-0.404$),与FPL呈中度负相关($r=-0.646$)。**结论** 基于C₇PL观察脊柱矢状面曲度变化是可行的,且重复性可能更好,是整体观察脊柱-骨盆-下肢矢状面各部位相互平衡性的有效方法,值得试用。

【关键词】 胸椎; 腰椎; 摄影测量法; 骨盆测量**【中图分类号】** R 681.5 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-2957(2020)03-0184-04**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-2957.2020.03.009

Feasibility of measuring spinal sagittal balance based on plumb line

LI Qing-ping^{1,2}, GUO An-na¹, CHEN Shao-qing¹, HUANG Ying-ying¹, LIANG Wei³, YAN Zhi-han¹, HE Jia-wei^{1*}

1. Department of Radiology, Second Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325000, Zhejiang, China

2. Department of Radiological Imaging Center, Shiyan Renmin Hospital, Renmin Hospital Affiliated to Hubei University of Medicine, Shiyan 442000, Hubei, China

3. Department of Radiology, Wenling Women's & Children's Hospital, Wenling 317500, Zhejiang, China

【Abstract】Objective To investigate the feasibility of measuring spinal sagittal balance based on C₇ plumb line(C₇PL) in a standing position. **Methods** The whole-spine lateral radiographs in a standing position were obtained from 59 asymptomatic adolescents, and were analyzed by 2 radiologists to assess the sagittal parameters of the spine in picture archiving and communication system(PACS). The measurement parameters based on Cobb method included thoracic kyphosis(TK) and lumbar lordosis(LL), and the measurement parameters based on C₇PL method included distance between the center of T₆ and C₇PL(T₆PL), the distance between the center of L₄ and C₇PL(L₄PL), the distance between the posterior superior angle of superior sacral endplate and C₇PL(sagittal vertical axis, SVA), and the distance between the center of femoral heads and C₇PL(FVL). Thereby, the repeatability and correlation of the 2 methods were analyzed. **Results** The Cobb method measurements indicate that TK and LL were $24.1^{\circ} \pm 11.5^{\circ}$ and $51.0^{\circ} \pm 8.5^{\circ}$ by radiologist A, TK and LL were $28.1^{\circ} \pm 8.1^{\circ}$ and $49.4^{\circ} \pm 6.0^{\circ}$ by radiologist B. There were statistical differences between the 2 radiologists in TK measurements($P < 0.05$), and they were moderately correlated($r=0.662$). There was no statistical difference in LL measurements($P > 0.05$), and they were highly correlated($r=0.873$). The C₇PL method measurements indicated that T₆PL and L₄PL were (27.3 ± 19.0) mm and $-(43.5 \pm 19.7)$ mm, respectively. The measurements of T₆PL and L₄PL by radiologist A were (24.3 ± 13.2) mm and $-(45.5 \pm 25.9)$ mm, respectively. The measurements of T₆PL and L₄PL by radiologist B were (24.3 ± 13.2) mm and $-(45.5 \pm 25.9)$ mm, respectively. The measurements of T₆PL and L₄PL by the two radiologists were not significantly different($P > 0.05$), and they were highly correlated($r=0.905$, $r=0.936$). The correlation analysis results showed that TK was highly correlated with T₆PL($r=0.760$), LL was moderately negatively correlated with L₄PL($r=-0.592$). The correlation analysis results of C₇PL method showed that T₆PL was moderately negatively correlated with L₄PL($r=-0.655$), SVA was weakly negatively correlated with T₆PL($r=-0.404$), and FVL was moderately negatively correlated with T₆PL($r=-0.646$).

基金项目: 温州市基础性科研项目(Y20190668, Y20190670);

温州市科协服务科技创新项目(2019KXCX-KT)

作者简介: 李清萍(1993—), 硕士, 医师; liqingpingdr@163.com***通信作者:** 何家维 hejw505@163.com

19.7) mm by radiologist A, T₆PL and L₄PL were (24.3 ± 13.2) mm and -(45.5 ± 25.9) mm by radiologist B. There was no statistical difference in T₆PL and L₄PL measurements ($P > 0.05$), and they were excellently correlated ($r = 0.905$ and 0.936). The Cobb method measurements and C₇PL method measurements were highly correlated in thoracic vertebrae (TK vs. T₆PL, $r = 0.760$) and moderately correlated in lumbar vertebrae (LL vs. L₄PL, $r = -0.592$). There was a moderate negative correlation between T₆PL and L₄PL ($r = -0.655$), a poor negative correlation between T₆PL and SVA ($r = -0.404$), and a moderate negative correlation between T₆PL and FPL ($r = -0.646$). **Conclusion** It is feasible to observe the change of the sagittal spinal curvature based on C₇PL method, and this method has good repeatability. It is an effective method to observe the balance of spine-pelvis-lower limbs in the sagittal planes, being worthy to be recommended for clinical use.

【Key Words】 Thoracic vertebrae; Lumbar vertebrae; Photogrammetry; Pelvimetry

J Spinal Surg, 2020, 18(3): 184-187

人体脊柱在矢状面上不同节段存在前弯或后弯的曲度变化, 这种曲度在个体间因年龄、性别和生活劳动方式的不同而存在差异和动态变化, 在临床工作中, 尤其是脊柱手术后为保持脊柱矢状面平衡、维持脊柱各节段的稳定性, 常常需要观察这种曲度的情况, 一般通过测量脊柱各节段的后凸角或前凸角来评价稳定性变化(即 Cobb 法)^[1-5]。本课题组发现可借助 C₇ 铅垂线(C₇PL), 通过测量各椎体的偏离距离来评价脊柱各段的稳定性变化。现以一组健康青少年为研究对象, 分析 Cobb 法和 C₇PL 法测量脊柱矢状面参数的差异和相关性, 验证 C₇PL 法评估脊柱矢状面平衡的可行性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

纳入标准: 年龄 14~18 岁, 能主动配合脊柱全长 X 线片拍摄; 近期无脊柱疼痛、外伤及感染等病史; 无脊柱侧凸及躯干倾斜; 拍摄的 X 线片图像清晰, 符合测量要求。根据上述标准, 共纳入 2015 年 3 月—2017 年 9 月因体检等原因拍摄的 59 名志愿者的标准站立位脊柱全长侧位 X 线片影像学资料, 志愿者年龄(16.1 ± 1.4)岁, 其中男 31 名、女 28 名。

1.2 成像设备和方法

主要成像设备及软件包括德国西门子公司 SIEMENS YSIO 全自动数字化 X 线摄影系统及全长片专用摄影架、SIEMENS 图像后处理工作站、放射信息系统(RIS)、医学影像存档与传输系统(PACS)等。全脊柱 X 线摄片包括正侧位, 均采取统一体位, 正位片为前后站立位片, 要求患者背部贴近探测器, 双眼平视前方, 身体自然放松垂直站立于摄片架前, 双手置于身体两侧; 侧位片要求患者右侧上臂轻贴探测器, 双眼平视, 身体放松站直, 上臂弯曲约 45°, 双手微握拳放置在锁骨中心区。摄片时采取 X 线管固定、上下转动角度, 平板探测器上下垂

直同步运动, 经 3~4 次自动曝光, 自动拼接成全脊柱正侧位 X 线片。所得图像经过 PACS 传输到工作站, 进行相关测量^[6]。

1.3 影像学测量

所有影像资料由 2 位影像科主治医师(A 和 B)独立采用 Cobb 法和 C₇PL 法测量, 间隔 2 周后进行第 2 次测量, 测量结果取 2 次测量值的平均值。Cobb 法测量的脊柱矢状面参数包括胸椎后凸角(TK)和腰椎前凸角(LL), TK 为沿 T₅ 上终板和 T₁₂ 下终板切线的交角, LL 为沿 L₁ 上终板和 S₁ 上终板切线的交角(图 1a); C₇PL 法测量的脊柱矢状面参数包括各个椎体与 C₇PL 距离、骶骨上终板后上角与 C₇PL 距离(矢状面轴向距离, SVA)、股骨头中心与 C₇PL 距离(FPL), 椎体与 C₇PL 距离为椎体中心点(矢状面上椎体 4 个顶角对角线的交叉点)^[7]与 C₇PL 之间的水平距离, SVA 为 S₁ 椎体后上角与 C₇PL 的距离, FPL 为股骨头中心点(如果两侧股骨头未重合则取各自中心点连线的中点)与 C₇PL 的距离(图 1b, c)。测量点位于铅垂线前方为负值, 位于后方则为正值。

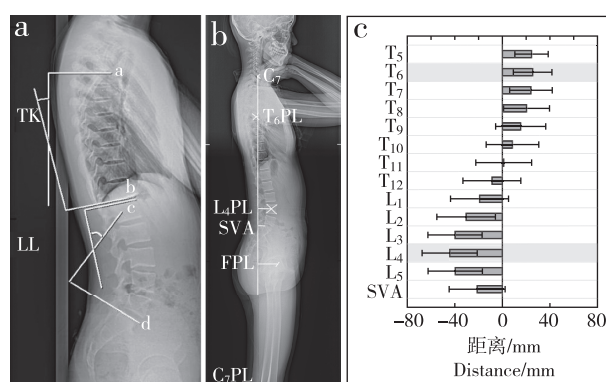


图1 Cobb法和C₇PL法参数测量

Fig. 1 Parameters measured by Cobb method and C₇PL method

a: Cobb法测量示意图 b: C₇PL法测量示意图 c: 胸椎-铅垂线距离、腰椎-铅垂线距离和SVA统计分布图

a: Diagram of Cobb method b: Diagram of C₇PL method c: Distribution of distance between thoracic vertebra and C₇ plumb line, distance between lumbar vertebra and C₇ plumb line and SVA

1.4 统计学处理

采用SPSS 20.0软件对数据进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,应用Kolmogorov-Smirnov法检验数据是否呈正态分布,采用独立样本 t 检验比较2位医师间及2种方法间测量的差异性,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。应用Pearson相关分析探讨各参数之间的相关性,相关系数 $|r|$ 的绝对值 < 0.25 表示两变量极低度相关, ≥ 0.25 且 < 0.50 表示低度相关, ≥ 0.50 且 < 0.70 表示中度相关, ≥ 0.70 且 < 0.90 表示高度相关, ≥ 0.9 表示极高度相关。

2 结 果

本研究以59名健康青少年为研究对象,测量数据结果均符合正态分布。以Cobb法测量,A医师测量的TK和LL分别为 $24.1^\circ \pm 11.5^\circ$ 、 $51.0^\circ \pm 8.5^\circ$,B医师测量的TK和LL分别为 $28.1^\circ \pm 8.1^\circ$ 、 $49.4^\circ \pm 6.0^\circ$ 。2位医师测量的TK差异有统计学意义($P < 0.05$),并呈中度相关($r=0.662$);测量的LL差异无统计学意义($P > 0.05$),且呈高度相关($r=0.873$)。以C₇PL法测量,A医师测量的T₆与C₇PL距离(T₆PL)、L₄与C₇PL距离(L₄PL)分别为(27.3 ± 19.0)mm、 $-(43.5 \pm 19.7)$ mm,B医师测量的T₆PL和L₄PL分别为(24.3 ± 13.2)mm、 $-(45.5 \pm 25.9)$ mm,2位医师的测量差异均无统计学意义($P > 0.05$),且呈极高度相关($r=0.905$, $r=0.936$)。A医师测量的SVA和FPL分别为 $-(21.4 \pm 23.4)$ mm、 $-(48.3 \pm 29.3)$ mm,B医师测量的SVA和FPL分别为 $-(19.1 \pm 25.2)$ mm、 $-(46.1 \pm 27.9)$ mm,2位医师的测量结果差异均无统计学意义($P > 0.05$),且呈高度相关($r=0.856$, $r=0.837$)。对Cobb法和C₇PL法的测量结果进行相关分析,结果显示,TK与T₆PL呈高度相关($r=0.760$),LL与L₄PL呈中度负相关($r=-0.592$)。对C₇PL法的测量指标进行相关分析,结果显示,T₆PL与L₄PL呈中度负相关($r=-0.655$),与SVA呈低度负相关($r=-0.404$),与FPL呈中度负相关($r=-0.646$)。

3 讨 论

脊柱是脊椎通过关节、韧带和肌肉等结构形成的躯体正中的重要结构,它的三维稳定性和活动性不但关系到躯体的形态外观,而且影响脊柱的各种功能。青春期是脊柱骨骼肌肉生长发育成型的关键时期,易受到各种不良因素影响发生病变,电子设备使用量的急剧增长、青少年学习时长时间保持一个坐姿及背负沉重的书包等因素均易引起病理性脊

柱侧凸和后凸改变,从而造成脊柱矢状面稳定性的异常^[8-10]。因此,青少年椎体矢状面稳定性变化及各平衡参数越来越受到重视。

躯体矢状面的稳定性主要由脊柱、骨盆和下肢三大组成部分的相互平衡来维持,从而使人体在最小能耗的前提下保持相对稳定的姿势。既往对矢状面稳定性的评价指标主要包括胸腰椎前后凸的Cobb角和骨盆各参数^[1-5]。其中Cobb角作为量化脊柱曲度的标准方法被大多数学者采用,但也有学者对其评价的准确性和可重复性提出质疑。Langensiepen等^[11]在对特发性脊柱侧凸患者Cobb角测量的系统性回顾研究中发现,数字化测量方法优于人工测量方法,但11种数字化测量方法所得结果却各不相同。He等^[12]同样指出,Cobb法测量受诸多因素影响,不同医师的测量结果存在显著差异。本研究由相同年资的2位主治医师独立对59名青少年的站立位脊柱全长侧位X线片进行测量,2位医师测量的TK值差异有统计学意义且仅呈中度相关,而测量的LL差异无统计学意义且呈高度相关。笔者认为这可能是由于Cobb法测量时划线存在误差,尤其是T₄和T₅处肩胛骨遮挡、S₁上缘髂骨遮挡等原因,造成划线存在更大差异,而腰段划线比胸段重复性更好,所以腰椎测量的误差更小。同时本研究也发现,采用Cobb角测量法仅能对胸段或腰段进行整体评价,而不能评价每个椎体的位置情况,而椎体的位置对外科矫形手术非常重要。采用C₇PL法测量可以计算每个椎体与C₇PL的距离,其评价脊柱的曲度变化效果可能更好。当然,不管是采用Cobb法测量角度评价,还是基于C₇PL评价,均须使用影像学资料,均会受到摄片时体位(前倾或后仰)的影响。本课题组在日常工作中虽然均要求采用统一规定体位拍摄,但具体到每例患者、每个操作技术员在摄片时可能还存在一定偏差。

基于C₇PL评价脊柱矢状面前/后倾斜在既往文献中曾有报道^[13-15],但用于评价脊柱稳定性或每个椎体的偏移情况的研究甚少。笔者认为,在侧位X线片上作椎体对角连线,其交叉点即为椎体的中心点,测量此中心点到C₇PL的距离,即可评价椎体偏移情况,继而评价整个脊柱的稳定性情况。本研究测量了T₅~L₅共13个椎体中心点到C₇PL的水平距离,得出正常青少年主胸弯位于T₅₋₇,主腰弯位于L₃₋₅,其中T₆和L₄为主胸弯和主腰弯的顶椎。故此,本研究选择T₆PL和L₄PL进行重复测量比较,发现2位医师的测量结果差异无统计学意义且相关性极

高。由此可见, 基于C₇PL的矢状位参数可以提高测量结果的重复性和准确性, 也可以明确每个椎体偏离C₇PL的距离, 说明基于C₇PL观察脊柱矢状面曲度变化是可行的。本研究还分析Cobb法与C₇PL法对胸腰段曲度测量结果的相关性, 发现在胸椎(TK与T₆PL)高度相关, 而腰椎仅低度负相关, 这可能因为Cobb法测量以S₁上缘划线, 而骶骨倾斜角个体差异大, 且青少年正处于发育阶段, 还没有因为骶骨倾斜角不同而造成腰椎曲度的明显差异, 故而在腰段2种方法评价相关性偏低。

此外, 本研究还发现C₇PL法用于评价骨盆及下肢的平衡性也是可行的。有研究报道, 可利用骶骨后上角是位于C₇PL前方还是后方来评价脊柱的倾斜类型, 通过SVA评价躯干整体平衡情况, 进一步评价其与健康状况(如脊柱侧凸研究会问卷疼痛评分、Oswestry功能障碍指数)的相关性^[14]。本研究通过测量SVA和FPL发现, 正常青少年骶骨后上角和股骨头均位于C₇PL前部, 与T₆PL低度和中度负相关, 亦可认为胸椎的后凸影响到腰椎和骨盆的前凸, 说明C₇PL法可方便而整体地评价脊柱矢状面的稳定情况^[15]。

综上所述, 准确评价人体矢状面整体稳定性对于临床解释相关症状、治疗相关疾病、恢复脊柱稳定性有重要意义, 采用C₇PL法通过测量每个椎体的偏移距离能准确评价脊柱矢状面曲度变化, 是Cobb法通过测量脊柱节段性前凸或后凸角度来评价脊柱平衡的有效补充, 也可整体化评价脊柱-骨盆-下肢的稳定性, 值得试用。但C₇PL法测量参数可能会受摄片体位、患者年龄和性别等因素的影响, 还有待今后大样本研究逐步完善。

参考文献

- [1] Hasegawa K, Okamoto M, Hatsushikano S, *et al.* Standing sagittal alignment of the whole axial skeleton with reference to the gravity line in humans[J]. J Anat, 2017, 230(5): 619-630.
- [2] Gutman G, Labelle H, Barchi S, *et al.* Normal sagittal parameters of global spinal balance in children and adolescents: a prospective study of 646 asymptomatic subjects[J]. Eur Spine J, 2016, 25(11): 3650-3657.
- [3] 周子玉, 侯彩云, 司建炜. 退行性腰椎滑脱与退行性腰椎椎管狭窄症患者脊柱-骨盆矢状面参数的差异[J]. 脊柱外科杂志, 2019, 17(3): 207-210.
- [4] 邢润麟, 张顺聪, 江晓兵, 等. 脊柱矢状面失衡对骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体成形术疗效的影响[J]. 脊柱外科杂志, 2017, 15(2): 106-110.
- [5] Ghandhari H, Hesarikia H, Ameri E, *et al.* Assessment of normal sagittal alignment of the spine and pelvis in children and adolescents[J]. Biomed Res Int, 2013, 2013: 842624.
- [6] 尹刚辉, 金大地, 陈方尧, 等. 新的脊柱-骨盆矢状面测量参数: 骶骨骨盆角的提出及意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(8): 704-709.
- [7] 谢江平, 谢江其, 王小宜, 等. 全脊柱拼接X线平片对脊柱侧弯的应用价值[J]. 中国现代医学杂志, 2014, 24(13): 59-61.
- [8] Guan X, Fan G, Wu X, *et al.* Photographic measurement of head and cervical posture when viewing mobile phone: a pilot study[J]. Eur Spine J, 2015, 24(12): 2892-2898.
- [9] Brink Y, Louw Q, Grimmer K, *et al.* The spinal posture of computing adolescents in a real-life setting[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2014, 15: 212.
- [10] Rodríguez-Soto AE, Jaworski R, Jensen A, *et al.* Effect of load carriage on lumbar spine kinematics[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2013, 38(13): E783-E791.
- [11] Langensiepen S, Semler O, Sobottke R, *et al.* Measuring procedures to determine the Cobb angle in idiopathic scoliosis: a systematic review[J]. Eur Spine J, 2013, 22(11): 2360-2371.
- [12] He JW, Bai GH, Ye XJ, *et al.* A comparative study of axis-line-distance technique and Cobb method on assessing the curative effect on scoliosis[J]. Eur Spine J, 2012, 21(6): 1075-1081.
- [13] Roussouly P, Nnadi C. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management[J]. Eur Spine J, 2010, 19(11): 1824-1836.
- [14] 郑召民. 应重视脊柱-骨盆矢状面平衡是脊柱畸形手术治疗中的作用[J]. 中华医学杂志, 2013, 93(7): 481-482.
- [15] Roussouly P, Gollogly S, Nosedá O, *et al.* The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C₇ plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(11): E320-E325.

(收稿日期: 2019-09-05)

(本文编辑: 于倩)