

以椎弓根螺钉进钉点测量脊椎旋转度：来自实验与临床的双向结果验证**

殷海东¹, 黄明光¹, 赵洪斌¹, 彭 焰², 杜开利², 黄东生²

Measurement of vertebrae rotational degree with the entry point of pedicle screws: Bi-directional verification by experimental and clinical results

Yin Hai-dong¹, Huang Ming-guang¹, Zhao Hong-bin¹, Peng Yan², Du Kai-li², Huang Dong-sheng²

Abstract

BACKGROUND: Vertebrae axial rotation is a basic deformity of scoliosis, the rotational degree of which is hard to measure due to the field limitation of posterior spinal instrumentation. Currently, vertebrae rotational degree is measured according to preoperative X-ray film or CT, while no reports concerning measuring vertebrae rotational degree during operation.

OBJECTIVE: To explore the feasibility of measurement of vertebrae rotational degree with the entry point of pedicle screws.

METHODS: Design of the path of pedicle screws on CT scans before surgery, a line bisection and perpendicular to another connecting bilateral entry point of pedicle screws, and the angle of vertebral rotation (EPPsag) was taken as the angle between this line and the sagittal plane. The difference among vertebrae rotational degrees measured by conimeter, Ho's method and EPPsag was compared by Wilcoxon signed rank test. The intra-observer and inter-observer difference was analyzed with One-Way ANOVA. Conimeter was used to measure vertebrae rotational degree of each vertebra in 9 lumbar specimens, and the results was compared to EPPsag.

RESULTS AND CONCLUSION: There was no significant difference among EPPsag, actual rotational degree and measuring results of Ho's method ($P > 0.05$). The One-Way ANOVA showed that the differences between intra-observer analysis and inter-observer analysis ($P > 0.05$). The results demonstrated that EPPsag can exhibit vertebrae rotational degree accurately and repeatability. This angle can be obtained accurately with the instrument if the vertebrae rotational degree not exceeding 30° .

Yin HD, Huang MG, Zhao HB, Peng Y, Du KL, Huang DS. Measurement of vertebrae rotational degree with the entry point of pedicle screws: Bi-directional verification by experimental and clinical results. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(4):603-608. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景：脊椎的轴向旋转是脊柱侧凸的基本畸形之一，由于受后路矫形术野的限制，如何测量脊柱侧凸后路矫形术中患者的脊椎旋转度一直是困扰脊柱外科的难题。目前对脊柱侧凸患者的脊椎旋转度测量多根据患者矫形术前的 X 射线片或 CT 进行，而有关矫形术中测量脊椎旋转度的报道甚少。

目的：探讨根据椎弓根螺钉的进钉点测量脊椎旋转度的可行性。

方法：在经椎弓根中部的 CT 横切面上测量两侧椎弓根螺钉进钉点连线之垂直平分线与矢状面的夹角 (EPPsag 角)，将 EPPsag 角与脊椎标本的实际旋转度、Ho's 法测量结果进行 Wilcoxon 符号秩检验。利用重复测量单因素方差分析比较 EPPsag 角观察者内部和观察者之间的差异。利用脊椎旋转测量仪测量 9 具腰椎标本在不同位置时的脊椎旋转度，并将上述结果与 EPPsag 角行配对 t 检验。

结果及结论：EPPsag 角与脊椎标本的实际旋转度、Ho's 法测量结果差异无显著性意义 ($P > 0.05$)。重复测量单因素方差分析显示，EPPsag 角的观察者内部和观察者之间差异无显著性意义 ($P > 0.05$)。结果提示，根据 EPPsag 角来表示脊椎旋转度具有准确性高、可重复性好的优点。当脊椎旋转度不超过 30° 时，脊椎旋转测量仪可准确反映旋转脊椎的 EPPsag 角。

关键词：脊柱侧凸；椎体旋转；椎弓根；内固定；螺旋 CT

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.04.008

殷海东, 黄明光, 赵洪斌, 彭焰, 杜开利, 黄东生. 以椎弓根螺钉进钉点测量脊椎旋转度：来自实验与临床的双向结果验证[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(4):603-608. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

¹Department of Orthopaedics, First People's Hospital of Shunde, Foshan 528300, Guangdong Province, China;
²Department of Orthopaedics, Second Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510120, Guangdong Province, China

Yin Hai-dong★, Master, Attending physician, Department of Orthopaedics, First People's Hospital of Shunde, Foshan 528300, Guangdong Province, China yhdspine@163.com

Supported by: the Medical Scientific Research Foundation of Guangdong Province, No. B2009241*

Received: 2009-10-21
Accepted: 2009-12-27

¹佛山市顺德第一人民医院骨科, 广东省佛山市 528300; ²中山大学第二附属医院骨科, 广东省广州市 510120

殷海东★, 男, 1976年生, 湖南省吉首市人, 汉族, 2008年中山大学毕业, 硕士, 主治医师, 主要从事脊柱外科临床及相关基础研究。yhdspine@163.com

中图分类号:R318
文献标识码:A
文章编号:1673-8225 (2010)04-00603-06

收稿日期: 2009-10-21
修回日期: 2009-12-27
(20091021001/G·Z)

0 引言

脊柱侧凸是一种在三维空间上发生和发展的畸形, 其中脊椎的轴向旋转是脊柱侧凸的基本畸形之一。由于受后路矫形术野的限制, 如何测量脊柱侧凸患者术中的脊椎旋转度一直是困扰脊柱外科的难题。

本文将探讨根据椎弓根螺钉进钉点测量脊椎旋转度的可行性, 结合作者自行设计和研制的脊椎旋转测量仪, 以期探索出可用于术中准确测量脊椎旋转度的方法。

1 材料、方法和结果

1.1 实验1——根据CT上椎弓根螺钉的进钉点来测量脊椎旋转度

1.1.1 临床资料 自中山大学第二附属医院脊柱侧凸数据库中随机选取15例影像学资料齐全的脊柱侧凸患者, 男5例, 女10例; 年龄12~32岁, 平均15.4岁; 结构性主弯Cobb角 61.6° (26° ~ 120°)。诊断包括: 特发性脊柱侧凸9例、先天性脊柱侧凸5例、马凡综合征1例。

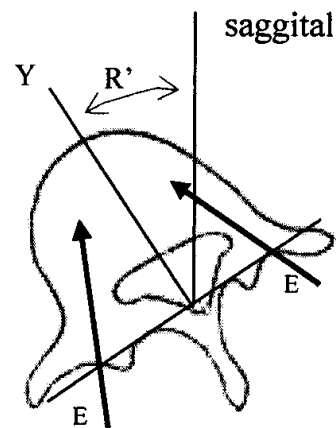
全部病例术前均行下列影像学检查: 全脊柱站立正侧位、仰卧左右Bending位X射线片及脊柱CT, CT采用Siemens公司的SOMATOM Sensation 64排螺旋CT, 选用骨窗进行观察。CT扫描体位为俯卧位, 患者双肩及骨盆保持水平, 头部位于中立位。9例特发性脊柱侧凸和1例马凡综合征的CT扫描范围均为 T_1 ~ S_1 的, 5例先天性脊柱侧凸的CT扫描范围均为上终椎至下终椎, 每个脊椎均取经椎弓根中部的扫描层面, 共计有200幅CT横断面图像。全部病例或其监护人对实验方案均知情同意, 且得到医院伦理道德委员会批准。

1.1.2 实验方法

椎弓根钉道设计标准: 在经椎弓根中部的CT横切面上, 钉道应位于椎弓根轴线或经肋-椎弓根-椎体联合固定。

EPPsag(entry point perpendicular relative to saggital, EPPsag)角的定义: 经椎弓根中部的CT横切面上, 两侧椎弓根螺钉进钉点(E)连线之垂直平分线(Y)与矢状面的夹角即为EPPsag角, 见图1。

EPPsag角与脊椎标本实际旋转度的比较: 在量角器协助下, 分别将单个干燥胸椎标本(T_9)置于左、右各旋转 0° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50° 位, 见图2, 并在CT上分别测量经椎弓根中部及上下各1 mm横断面的EPPsag角, 见图3。将不同旋转方向的EPPsag角分别与标本的实际旋转度进行Wilcoxon符号秩检验以明确EPPsag角与标本的实际旋转度差异有无显著性意义。



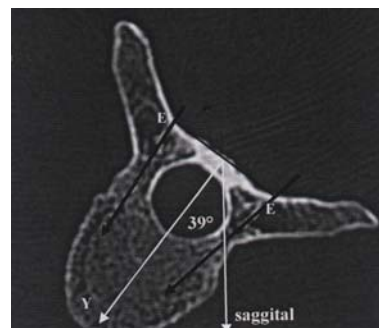
a line (Y) bisection and perpendicular to another connecting bilateral entry point of pedicle screws (E), and the angle of EPPsag is the angle between the line (Y) and the saggital plane

Figure 1 Angle of EPPsag
图1 EPPsag 角



The actual rotational degree is the angle between the vertebral axial line and the saggital plane, the actual rotational degree of this thoracic vertebrae being measured by conimeter was rotating to right for 40°

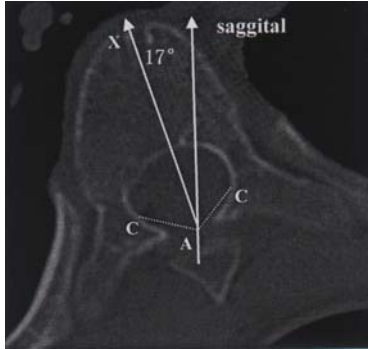
Figure 2 Actual rotational degree of single thoracic vertebrae was measured by conimeter
图2 量角器测量单个胸椎标本的实际旋转度



A line (Y) bisection and perpendicular to another connecting bilateral entry point of pedicle screws (E), and the angle of EPPsag is the angle between the line (Y) and the saggital plane; Angle of EPPsag of the same vertebrae as described in Figure 2 was rotating to right for 39°

Figure 3 The same vertebrae as described in Figure 2 was scanned by CT at the middle of the pedicle
图3 图2中标本经椎弓根中部CT平扫

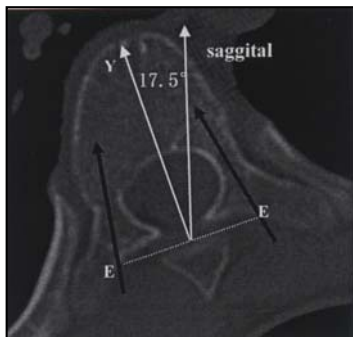
EPPsag角与Ho's法测量结果的比较: 利用Ho's法测量全部病例主弯顶椎旋转度, 见图4, 若顶椎为椎间隙或半椎体则记为2个顶椎并测量椎间隙或半椎体上下相邻脊椎的旋转度。



A: the junction of inner surface of laminae; C: the junction of the inner surfaces of laminae and pedicles; X: the line bisecting the CAC angle, rotational degree measured by Ho's method was the angle between the line (X) and the sagittal plane

Figure 4 The rotational degree of apical vertebrae (T_8) being measured by Ho's method
图4 顶椎 T_8 的Ho's法测量结果

上述Ho's法的测量结果与EPPsag角行Wilcoxon符号秩检验, 见图5。



The angle of EPPsag is the angle between the line (Y) and the sagittal plane. Black arrows represent the ideal path of pedicle screws

Figure 5 The angle of EPPsag of the same vertebrae as described in Figure 4
图5 图4脊椎的EPPsag角

EPPsag角的观察者内部差异的方差分析(Intra-observer analysis): 从200幅CT横断面图像中随机选择20个脊椎的CT图像, 由1名脊柱外科医生分别于3个不同的时间点(间隔 ≥ 3 d)重复测量各脊椎的EPPsag角, 对3个不同时间点的测量结果行重复测量单因素方差分析, $P < 0.05$ 则认为3个不同时间点的测量结果差异有显著性意义。

EPPsag角的观察者之间差异的方差分析(Inter-observer analysis): 将上述20个脊椎的CT图像, 分别交给3名脊柱外科医生测量各脊椎的EPPsag角, 对3名医生的测量结

果行重复测量单因素方差分析, $P < 0.05$ 则认为3名医生的测量结果差异有显著性意义。

全部数据交由独立的统计学专业人员处理, 利用SPSS 11.5软件包分析数据结果, $P < 0.05$ 认为差异具有显著性意义。

1.1.3 结果

EPPsag角与标本实际旋转度的比较: 见表1。

表1 EPPsag角与标本实际旋转度的比较
Table 1 Comparison of actual rotational degree and the angle of EPPsag

CT plain scan (mm)	Left rotation		Right rotation	
	Z	P	Z	P
-1	-1.809	0.276	-1.857	0.063
0	-1.236	0.216	-1.604	0.109
+1	-1.054	0.292	-1.786	0.074

0: the CT scan was taken at the level of middle of the pedicle, and the others were taken at 1 mm proximal (-1mm) and 1 mm distal (1mm) to the middle of the pedicle

表1可见, 统计学检验证实, 经椎弓根中部及上、下各1 mm CT横断面的EPPsag角与脊椎向左或向右实际旋转 0° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50° 的手工测量结果差异无显著性意义($P > 0.05$)。

EPPsag角与Ho's法的测量结果比较: 全部病例共计24个顶椎, Ho's法测量结果为 $(14.75 \pm 6.50)^\circ$, EPPsag角为 $(16.02 \pm 7.25)^\circ$, 两组结果行Wilcoxon符号秩检验的结果为 $Z = -0.796$, $P = 0.426$, 即EPPsag角与Ho's法的测量结果差异无显著性意义($P > 0.05$)。

EPPsag角的观察者内部差异的方差分析(Intra-observer analysis): 见图6。

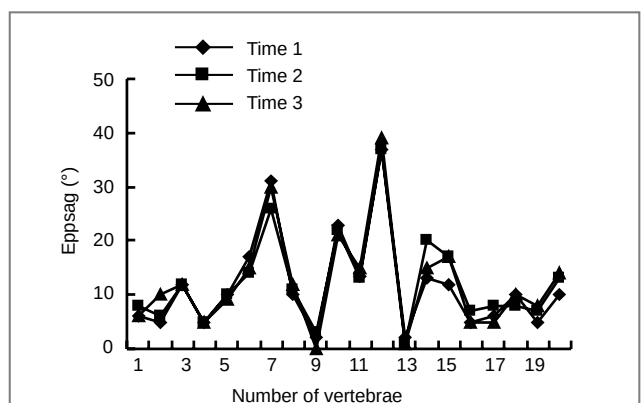


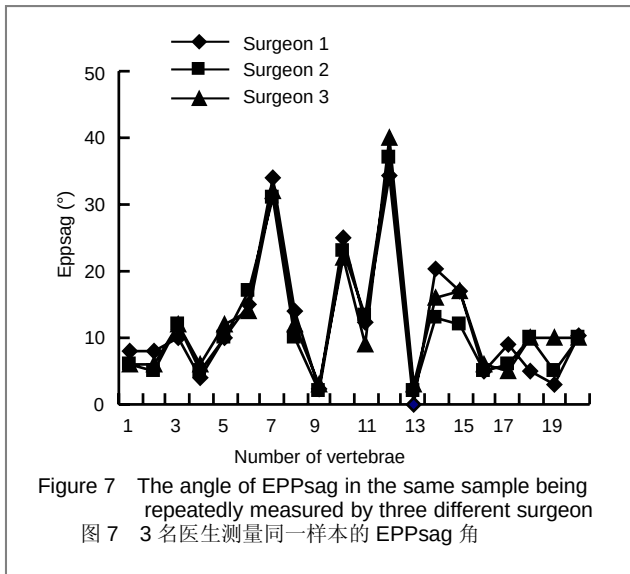
Figure 6 The angle of EPPsag in the same sample being repeatedly measured by the same surgeon at three different points

图6 同一医生分别于3个不同的时间点重复测量同一样本的EPPsag角

从200幅CT横断面图像中随机选择20个旋转脊椎的CT图像, 由1名脊柱外科医生分别于3个不同的时间点(间隔 ≥ 3 d)重复测量各脊椎的EPPsag角。重复测量

的单因素方差分析显示不同时间点的测量结果差异无显著性意义($F=1.137$, $P=0.331$)。

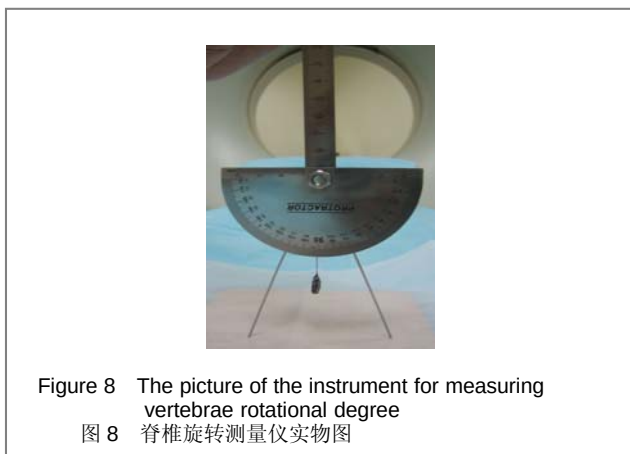
EPPsag角的观察者之间差异的方差分析(Inter-observer analysis): 将上述20个旋转脊椎的CT图像, 分别交给3名脊柱外科医生重复测量各脊椎的EPPsag角。重复测量的单因素方差分析显示3名医生的测量结果差异无显著性意义($F=0.520$, $P=0.599$)。见图7。



1.2 实验2——根据腰椎标本的椎弓根螺钉进钉点来测量脊椎旋转度

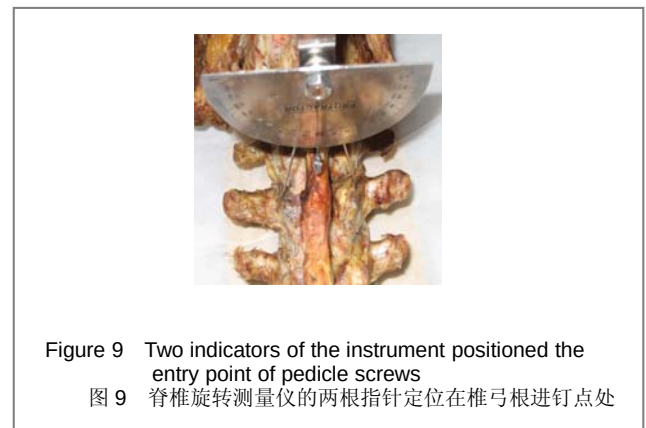
1.2.1 标本制备 实验所用的9具腰椎标本年龄25~37岁, 平均31岁。各标本外观均无明显畸形, 关节突关节无明显肥大增生, 剔除标本表面软组织后用直径2 mm的不锈钢针将其固定在CT检查台上。实验方法符合医学伦理学要求。

1.2.2 脊椎旋转测量仪的构造 根据几何学中等腰三角形的顶角平分线即为三角形底边的垂直平分线的原理, 脊椎旋转测量仪的组件包括不锈钢量角器(刻度盘)、手柄、两等长指针及铅垂, 上述组件均通过固定于手柄远端的螺栓串连成同心圆结构, 并通过螺母、垫圈予以固定及加压, 见图8。

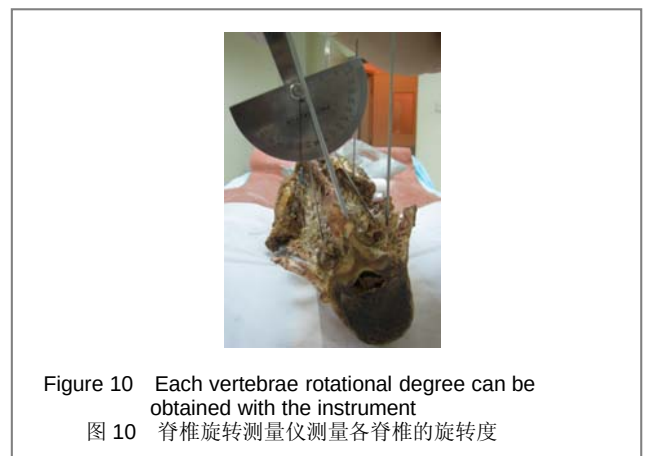


1.2.3 实验方法 以L₁为标准, 在量角器协助下分别将9具腰椎标本固定在横断面旋转0°, 10°, 30°, 50°位。利用脊椎旋转测量仪测量标本在不同位置时的各脊椎旋转度, 同时对该位置的标本即刻行CT扫描, 在经椎弓根中部的CT横切面上测量各脊椎的EPPsag角并与脊椎旋转测量仪的实际测量结果行配对t检验。

1.2.4 椎旋转测量仪的使用方法 以横突中线与上关节突外侧缘的交点做为椎弓根进钉点, 将刻度盘后方的两根等长指针定位于各脊椎的椎弓根进钉点处, 见图9。



调整刻度盘中线(90°)与两等长指针的夹角平分线重合, 调整测量仪前后倾角度使刻度盘前方的铅垂线与刻度盘面保持平行, 此时铅垂线与刻度盘中线的夹角即为测量仪所测得的脊椎旋转度, 见图10。



全部数据交由独立的统计学专业人员处理, 利用SPSS 11.5软件包分析数据结果, $P < 0.05$ 认为差异具有显著性意义。

1.2.5 结果 当腰椎标本位于横断面旋转0°, 10°, 30°位, 各脊椎的EPPsag角与脊椎旋转测量仪的测量结果差异无显著性意义($P > 0.05$)。当腰椎标本位于横断面旋转50°位, L₁, L₅的两种测量结果差异无显著性意义($P > 0.05$), 而L₂, L₃, L₄的两种测量结果差异有显著性意义($P=0.004$, 0.001 , 0.013), 见表2。

表2 腰椎标本位于横断面旋转50°时EPPsag角与脊椎旋转测量仪的测量结果比较
Table 2 Comparison of EPPsag and measuring results when lumbar specimen being placed at the position of

Vertebrae	Measuring result (°)	EPPsag (°)	t	P
L ₁	48.16±0.40	49.20±0.91	2.483	0.056
L ₂	47.50±0.83	50.06±0.64	5.021	0.004
L ₃	46.66±0.81	49.97±0.77	7.029	0.001
L ₄	47.50±0.83	46.08±0.63	-3.775	0.013
L ₅	47.16±1.72	45.15±0.45	-2.520	0.053

2 讨论

2.1 根据CT上椎弓根螺钉的进钉点来测量脊椎旋转度 1980年Aaro等^[1]首次提出可根据CT上经椎管前后壁中点的椎体中轴线与矢状面的夹角(RAsag角)来表示脊椎的旋转度。1990年Cundy等^[2]提出可根据经椎管前后壁中点的椎体中轴线与体表中线(椎管后壁中点与胸骨中点的连线)的夹角来表示脊椎的旋转度。1993年Ho等^[3]研究后认为当椎体形态存在变异致椎体中轴线定位困难时,根据椎体中轴线来测量脊椎旋转度的误差将会增加,该作者提出可根据CT上两侧椎板内壁的交点与两侧椎板、椎弓根内壁交点连线的角平分线与矢状面的夹角来表示脊椎的旋转度,见图4。由于Ho's法减少了因椎体中轴线定位困难而致观察者内部和观察者之间的差异,其临床实用性、准确性及可重复性均较其他测量方法要好^[4-8],故本文对全部病例共计24个顶椎的EPPsag角同Ho's法的测量结果进行了比较。

在第一部分的实验中,作者预先对椎弓根钉道做了严格的设计,要求在经椎弓根中部的CT横切面上,钉道应位于椎弓根轴线或经肋-椎弓根-椎体联合固定,这也是目前临床上理想的椎弓根钉道位置。在CT上明确理想的椎弓根钉道后即可定位出两侧的椎弓根螺钉进钉点,进而将EPPsag角定义为两侧椎弓根螺钉进钉点连线之垂直平分线与矢状面的夹角,见图1, 3。通过第一部分的实验证实:①当CT扫描层面在椎弓根中部及上下各1 mm的范围内时,EPPsag角与手工测量结果差异无显著性意义。②全部病例共计24个顶椎的EPPsag角与Ho's法的测量结果差异无显著性意义。③EPPsag角的测量结果不会因测量主体或测量时间的不同而出现明显差异。

需要指出的是,本实验以椎弓根螺钉的进钉点做为测量脊椎旋转的标志是考虑到现有的测量方法多要求定位出椎管内的骨性标记点,例如RAsag角要求定位椎管前后壁中点、Ho's法要求定位两侧椎板内壁的交点等,而上述标记点在脊柱侧凸后路矫形时多难以显露。此外,术中因麻醉肌松、体位改变等因素影响,术中的脊椎旋转度会较术前发生改变^[9-17],故存在术前CT上的

脊椎旋转度不能用于指导术中。关于如何利用椎弓表面的骨性标记点来精确地测量脊柱侧凸患者术前、术中的脊椎旋转度则成为临床急需解决的难题。通过第一部分的实验证实,根据CT上两侧椎弓根螺钉进钉点连线之垂直平分线与矢状面的夹角(EPPsag角)来表示脊椎的旋转度具有准确性高、可重复性好的优点。

2.2 根据腰椎标本上椎弓根螺钉的进钉点来测量脊椎旋转度 目前对脊柱侧凸患者的脊椎旋转度测量多根据患者术前的X射线片或CT进行,而有关术中测量脊椎旋转度的报道甚少。1999年Delorme等^[9]利用三维磁场数字转换器(Three-dimensional magnetic digitizer)来测量术中的脊椎旋转度,其方法主要是根据脊椎附件上的电磁接收器的空间位置来判断旋转,该法测量旋转操作复杂,临床可信度有待考证。2007年Lee等^[12]提出利用C型臂X射线机来测量术中旋转,方法是术中将C型臂旋转至荧幕显示为目标椎的正位像且双侧的椎弓根影对称(Nash-Moe 0级),此时的C型臂旋转度数即代表目标椎的旋转程度。作者认为,虽然C型臂旋转定位法较三维磁场数字转换器在操作上更简便、可行性好,但根据X射线测量旋转仍具有较大的误差。有文献报道,Nash-Moe法为0°的脊椎在CT上可显示出-4°~11°的旋转,故C型臂旋转定位法仍不能精确反映脊椎的旋转程度^[3-4, 15-17]。

与已有文献不同的是,本实验中的脊椎旋转测量仪是根据实际的椎弓根螺钉进钉点来测量脊椎旋转度。根据几何学中等腰三角形的顶角平分线即为三角形底边的垂直平分线的原理,可将术前CT横切面所提供的椎弓根进钉点连线的垂直平分线与矢状面的夹角做为术前的EPPsag角,术中则根据两根定位在进钉点的等长指针夹角的角平分线与矢状面(即铅垂线)的夹角做为术中的EPPsag角。由于CT上的两进钉点连线的垂直平分线接近定位于两进钉点的等长指针夹角平分线,CT上的矢状面接近刻度盘前面的铅垂线,故理论上脊椎旋转测量仪的结果应接近CT上的EPPsag角,从而为手术中难以行脊椎CT判断旋转提供了新的解决办法。通过第二部分的实验亦证实,当腰椎标本位于不同位置时,脊椎旋转测量仪的测量结果与CT上同一脊椎的EPPsag角差异无显著性意义,仅在旋转50°位时发现L₂, L₃, L₄的两种测量结果差异有显著性意义(P值分别为0.004, 0.001, 0.013),作者认为此与旋转过大致铅垂线圆心偏离刻度盘中心有关,这也是本实验的不足之处。需要指出的是,第二部分实验以腰椎标本作为观察对象主要是考虑到目前关于腰椎椎弓根螺钉进钉点的选择争议较少,从而可减少因实际进钉点选择的偏差而增加脊椎旋转测量仪的测量误差。

综上所述,在脊柱侧凸后路矫形手术中,因椎弓根螺钉误置所引发的内固定并发症须引起临床医生的重

视^[18-20]。因术中影像学检查手段的有限, 本实验主要探讨根据椎弓表面的骨性标记点来测量脊椎旋转度的可行性, 以期为解决如何精确测量手术中的脊椎旋转度提供一种新的思路和方法。

3 参考文献

- [1] Aaro S, Dahlborn M. Estimation of vertebral rotation and the spinal and rib cage deformity in scoliosis by computer tomography. *Spine*. 1981;6(5):460-467.
- [2] Cundy PJ, Paterson DC, Hillier TM, et al. Cotrel-Dubousset instrumentation and vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg (Br)*.1990;72B: 670-674.
- [3] Ho EK, Upadhyay SS, Chan FL, et al. New methods of measuring vertebral rotation from computed tomographic scans: An intraobserver and interobserver study on girls with scoliosis. *Spine*. 1993;18(9):1173-1177.
- [4] Sedat G, Hasan H, Emin A. A new method to measure vertebral rotation from CT scans. *Eur Spine J*. 1999;8:261-265.
- [5] Yin HD, Huang MG, Peng Y, et al. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2008;12(28):5549-5553.
殷海东, 黄明光, 彭焰, 等. 不同时机后路胸廓成形对King II型脊柱侧凸胸弯顶椎及邻近节段去旋转效果的影响[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(28):5549-5553.
- [6] Yin HD, Ding Y, Huang DS, et al. Lingnan Xiandai Linchuang Waik. 2007;7(6):461-463.
殷海东, 丁悦, 黄东生. 脊柱侧凸中脊椎旋转的测量方法及临床意义[J]. 岭南现代临床外科, 2007, 7(6):461-463.
- [7] Chi CW, Cheng CW, Yeh WC, et al. Vertebral axial rotation measurement method. *Comput Methods Programs Biomed*. 2006; 81(1):8-17.
- [8] Upasani VV, Chambers RC, Dalal AH, et al. Grading apical vertebral rotation without a computed tomography scan: a clinically relevant system based on the radiographic appearance of bilateral pedicle screws. *Spine*. 2009;34(17):1855-1862.
- [9] Delorme S, Labelle H, Aubin CE, et al. Intraoperative comparison of two instrumentation techniques for the correction of adolescent idiopathic scoliosis :rod rotation and translation. *Spine*.1999; 24(19):2011-2018.
- [10] Yin HD, Huang MG, Huang DS, et al. Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi. 2009;19(3):193-197.
殷海东, 黄明光, 黄东生, 等. 个体化选择脊柱侧凸患者胸椎椎弓根螺钉进钉点的研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2009, 19(3):193-197.
- [11] Lee CS, Kim MJ, Ahn YJ, et al. Thoracic pedicle screw insertion in scoliosis using posteroanterior C-arm rotation method. *J Spinal Disord Tech*. 2007;20(1):66-71.
- [12] Kim YJ, Lenke LG, Cheh G, et al. Evaluation of pedicle screw placement in the deformed spine using intraoperative plain radiographs: A comparison with computerized tomography. *Spine*. 2005;30(18):2084-2088.
- [13] Adam CJ, Askin GN. Automatic measurement of vertebral rotation in idiopathic scoliosis. *Spine*. 2006;31(3): 80-83.
- [14] Hooker MS, Yandow SM, Fillman RR, et al. Pedicle rotation in scoliosis: a marker for occult intrathecal abnormalities. *Spine*. 2006;31(5):144-148.
- [15] Sugimoto Y, Tanaka M, Nakanishi K, et al. Predicting intraoperative vertebral rotation in patients with scoliosis using posterior elements as anatomical landmarks. *Spine*.2007;32(25):761-763.
- [16] Fu G, Kawakami N, Goto M, et al. Comparison of vertebral rotation corrected by different techniques and anchors in surgical treatment of adolescent thoracic idiopathic scoliosis. *J Spinal Disord Tech*.2009; 22(3):182-189.
- [17] Asghar J, Samdani AF, Pahys JM, et al. Computed tomography evaluation of rotation correction in adolescent idiopathic scoliosis: a comparison of an all pedicle screw construct versus a hook-rod system. *Spine*.2009;34(8):804-807.
- [18] Hu Y, Xie H, Xu RM, et al. Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi. 2006;16(11): 820-824.
胡勇, 谢辉, 徐荣明, 等. 青少年脊柱侧凸患者胸椎椎弓根螺钉置入的准确性和安全性评价[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16(11):820-824.
- [19] Shi YM, Chai W, Hou SX, et al. Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi. 2002; 12(3):191-193.
史亚民, 柴伟, 侯树勋, 等. 胸椎椎弓根形态测量研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2002, 12(3):191-193.
- [20] Hai T, Zou DW, Ma HS, et al. Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi. 2003;13(5): 279-282.
海涌, 邹德威, 马华松, 等. 特发性脊柱侧凸患者胸椎椎弓根的CT测量及其临床意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(5):279-282.

来自本文课题的更多信息——

基金资助: 课题为广东省医学科研基金资助项目 (B2009241), 课题名: 多功能脊椎旋转测量仪的研制及个体化置钉技术研究。

课题的创新点: 文章针对脊柱侧凸后路矫形术中难以精确测量脊椎旋转度的难题, 探讨利用椎弓根螺钉进钉点测量脊椎旋转度的可行性。结合作者自行研制的脊椎旋转测量仪, 探讨术中精确测量脊椎旋转度的可行性, 减少因椎体旋转所导致的内固定并发症发生。

课题评估的“金标准”: 文章将 EPPSag 角分别与脊椎标本的实际旋转度、CT 测量脊椎旋转度的金标准(Ho's 法)进行了比较, 并证实 EPPSag 角与脊椎标本的实际旋转度、Ho's 法测量结果差异均无显著性意义。

设计或课题的偏倚与不足: 实验着重于基础方面, 样本量有限且尚未在临床广泛推广, 后期尚需对胸椎标本的旋转度测量进行进一步研究。

提供临床借鉴的价值: 文章分别从 CT 图像、单个脊椎标本、腰椎标本三个方面论证了根据椎弓根螺钉进钉点测量脊椎旋转度的可行性, 以期解决脊柱侧凸后路矫形术中如何精确测量脊椎旋转度的难题, 具有广泛的临床应用前景。