

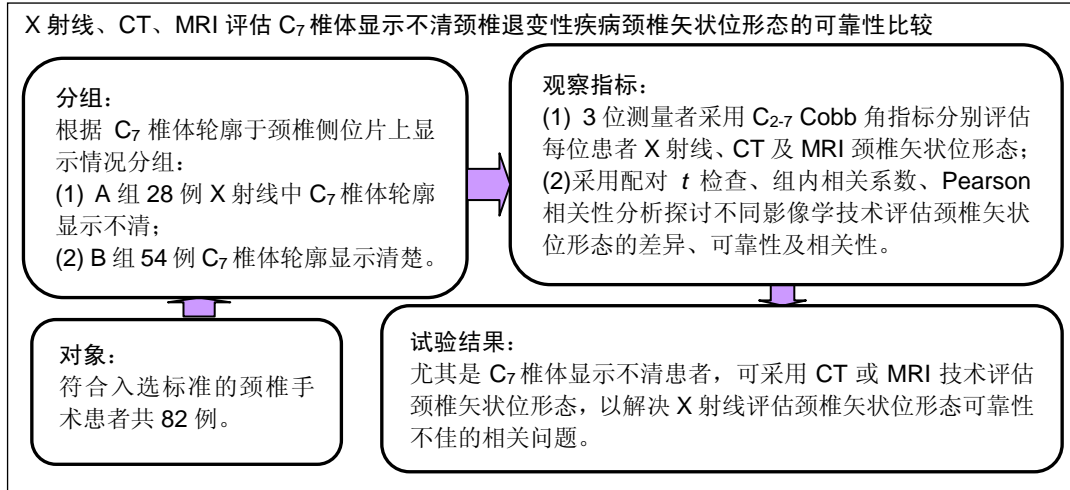
X射线、CT、MRI评估C₇椎体显示不清颈椎退变性疾病C₂₋₇ Cobb角的可靠性

吴涛, 刘军, 王刚(南京医科大学第二附属医院骨科, 江苏省南京市 210011)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.0334

ORCID: 0000-0002-4643-0458(吴涛)

文章快速阅读:



吴涛, 男, 1985年生, 博士, 主治医师。

通讯作者: 刘军, 南京医科大学第二附属医院, 江苏省南京市 210011

中图分类号:R318

文献标识码:B

稿件接受: 2018-05-18



文题释义:

颈椎矢状位形态: 颈椎矢状位生理性前凸是颈椎最为直观的形态学特征, 该形态是保持颈椎正常稳定性与灵活性的重要前提。既往研究显示, 颈椎矢状位形态异常与颈椎退变性疾病的发生发展存在密切关系, 而且通过评估患者颈椎矢状位形态能够初步了解颈椎退变性疾病严重程度, 协助制定相关治疗方案, 甚至能够一定程度上判断患者预后。因此, 颈椎矢状位形态评估在颈椎退变性疾病诊疗过程中发挥重要作用。

C₂₋₇ Cobb角: 临床上C₂₋₇ Cobb角是目前国际上常用于评估颈椎矢状位的指标, 具有操作简单、稳定性高的特点。但临床实践过程中, 部分颈椎退变性疾病患者由于肩背部遮挡等解剖问题导致颈椎侧位片中C₇椎体显示不清从而影响该指标测量的可靠性。而CT矢状位重建与MRI由于均为断层扫描, 可解决这一问题, 但由于CT与MRI均为平卧位拍摄, 颈椎矢状位形态可能受到相应影响。

摘要

背景: 临床工作中发现部分颈椎退变性疾病患者由于自身解剖原因C₇椎体于颈椎侧位片中显示不清, 严重影响C₂₋₇ Cobb角的测量准确性。

目的: 针对部分C₇椎体显示不清的颈椎退变性疾病患者, 探讨采用CT及MRI取代X射线评估颈椎矢状位形态的可行性。

方法: 符合入选标准的颈椎手术患者共82例, 根据C₇椎体轮廓于颈椎侧位片上显示情况分组, A组28例X射线中C₇椎体轮廓显示不清, B组54例C₇椎体轮廓显示清楚。采用C₂₋₇ Cobb角指标分别评估每位患者X射线、CT及MRI颈椎矢状位形态。采用配对t检查、组内相关系数、Pearson相关性分析探讨不同影像学技术评估颈椎矢状位形态的差异、可靠性及相关性。

结果与结论: ①CT、MRI中测量所得C₂₋₇ Cobb角均明显低于X射线中测量所得C₂₋₇ Cobb角($P < 0.05$)。将上述患者按C₇椎体轮廓显示状况进行分组后, 发现X射线测量A组患者C₂₋₇ Cobb角可靠性较CT、MRI明显降低($ICC=0.768, 0.977, 0.986$), 而于X射线测量B组患者可靠性与CT、MRI相近($ICC=0.953, 0.976, 0.977$); ②相关性分析结果显示CT及MRI下所测C₂₋₇ Cobb角均与X射线下所得测量值存在显著相关性($r=0.569, P < 0.05; r=0.670, P < 0.05$); ③通过建立散点图计算X射线、CT、MRI下所得C₂₋₇ Cobb角测量值间计算公式如下: C₂₋₇ Cobb角(CT)= $0.60 \times C_{2-7}$ Cobb角(X射线)- 6.78° ; C₂₋₇ Cobb角(MRI)= $0.70 \times C_{2-7}$ Cobb角(X射线)- 0.30° ; ④结果显示, 尤其是C₇椎体显示不清患者, 可采用CT或MRI技术评估颈椎矢状位形态, 以解决X射线评估颈椎矢状位形态可靠性不佳的相关问题。

关键词:

颈椎矢状位形态; 可靠性; X射线; CT; MRI; 国家自然科学基金

主题词:

颈椎; 椎间盘退化; 组织工程

基金资助:

国家自然科学基金青年科学基金项目(81301523), 课题名称: 骨桥蛋白对特发性脊柱侧凸软骨内成骨影响的机制研究

Wu Tao, MD, Attending physician, Department of Orthopedics, the Second Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210011, Jiangsu Province, China

Corresponding author: Liu Jun, Department of Orthopedics, the Second Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210011, Jiangsu Province, China

Reliability of evaluating C₂₋₇ Cobb angle for cervical degenerative disease with unclear C₇ vertebrae on X-ray, CT and MRI

Wu Tao, Liu Jun, Wang Gang (Department of Orthopedics, the Second Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210011, Jiangsu Province, China)

Abstract

BACKGROUND: In some patients with cervical degenerative disease, C₇ is unclear on the cervical lateral films due to anatomical position, which severely affects the measurement accuracy of C₂₋₇ Cobb angle.

OBJECTIVE: To explore whether CT and MRI can be used to evaluate sagittal alignment of cervical spine as the substitute of X-ray in patients with unclear C₇ vertebrae.

METHODS: Eighty-two eligible patients undergoing lumbar surgeries were included. Based on the C₇ revealed on the X-ray, there were 28 patients with unclear C₇ vertebrae (group A), and 54 patients with clear C₇ vertebrae (group B). The cervical sagittal morphology on X-ray, CT and MRI was evaluated by C₂₋₇ Cobb angle. Paired-*t* test, intra-class correlation coefficient and Pearson correlation coefficient were used to analyze the difference, reliability and correlation of sagittal alignment on X-ray, CT and MRI.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) C₂₋₇ Cobb angles measured on CT and MRI were significantly lower than those on X-ray ($P < 0.05$). The reliability of measurement on X-ray in the Group A was found to be obviously lower than that on CT and MRI (ICC=0.768, 0.977, 0.986), while the reliability of measurement on X-ray in the Group B was similar to that on CT and MRI (ICC=0.953, 0.976, 0.977). (2) Correlation analysis showed that the C₂₋₇ Cobb angles measured on CT and MRI were highly correlated with those on X-ray ($r=0.569$, $P < 0.05$; $r=0.670$, $P < 0.05$). (3) The formulations were calculated as follow: C₂₋₇ Cobb angle (CT)=0.60×C₂₋₇ Cobb angle (X-ray)-6.78°; C₂₋₇ Cobb angle (MRI)=0.70×C₂₋₇ Cobb angle (X-ray)-0.30°. (4) In summary, CT and MRI can avoid the inference of unclear C₇ vertebrae, and can be used to evaluate the sagittal alignment of cervical spine as the replacement of X-ray.

Subject headings: Cervical Vertebrae; Intervertebral Disk Degeneration; Tissue Engineering

Funding: the National Natural Science Foundation of China for the Youth, No. 81301523

0 引言 Introduction

颈椎是人体脊柱最为复杂与精密的节段, 与胸腰椎不同, 其兼具稳定性与灵活性, 不仅能够稳固地承受头部重量、有效缓解来自下方的冲击力, 而且同时具有出色的矢状位屈伸及轴向旋转能力, 以保证头部灵活活动能力。但也正因其特点, 颈椎成为脊柱退变性疾病最常累及的节段。颈椎矢状位生理性前凸是颈椎最为直观的形态学特征, 该形态是保持正常颈椎正常稳定性与灵活性的重要前提。既往研究显示, 颈椎矢状位形态异常与颈椎退变性疾病的发生发展存在密切关系^[1-2], 而且通过评估患者颈椎矢状位形态能够初步了解颈椎退变性疾病严重程度, 协助制定相关治疗方案, 而甚至能够一定程度上判断患者预后^[3-5]。因此, 颈椎矢状位形态评估在颈椎退变性疾病诊疗过程中发挥重要作用。

颈椎矢状位形态主要通过直立位颈椎侧位X射线进行评估, 而Cobb角、Jackson 生理应力曲线以及Harrison后切线法是目前较为常见的颈椎矢状位形态评估方法。而Cobb法测量得出的C₂₋₇ Cobb角具有测量方法简单、测量精度较高的特点, 临床上使用最为广泛^[6]。但临床工作中发现部分颈椎退变性疾病患者由于自身解剖原因C₇椎体于颈椎侧位片中显示不清, 严重影响C₂₋₇ Cobb角的测量准确性。针对这一问题, Jun等^[7]通过颈椎CT平扫矢状位重建后进行C₂₋₇ Cobb角的测量, 结果发现两者间测量绝对值存在明显差异。但作者所在的研究团队认为虽然由于拍摄时体位差异, 不同影像学技术评估颈椎矢状位形态存在绝对值上的显著差异, 但两者间仍存在明显相关性。因此, 此研究拟通过比较颈椎侧位片、CT矢状位重建以及MRI矢状位平扫中颈椎矢状位形态相关指标测量值与可靠性间差异, 验证是否能够使用CT与MRI测量部分C₇椎体显示不清

患者颈椎矢状位形态, 弥补颈椎X射线侧位片不足。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 对比观察试验。

1.2 时间及地点 于2011年1月至2015年2月在南京医科大学第二附属医院骨科完成。

1.3 对象

纳入标准: ①年龄>18岁; ②术前X射线、CT、MRI影像学资料完备。

排除标准: 入选患者经影像学检查后如发现合并先天性颈椎畸形、颈椎骨折均予以排除。

研究对象均选自2011年1月至2015年2月于南京医科大学第二附属医院接受颈椎手术患者。符合上述标准入选对象共82例, 平均年龄(55.7±24.5)岁; 男56例, 女26例。上述患者拍摄颈椎侧位片时均要求保持正常直立体位, 双上肢自然下垂, 双目保持平视前方。该研究中X射线片、颈椎CT平扫及矢状位重建、颈椎MRI平扫均由资深影像技师采用X射线摄影机(Essenta-DR_Compact, Philips Electronics)、64排CT(Philips Electronics, Cleveland, OH)及1.5T磁共振(Gyrosan Intera; Philips Medical Systems, Best, The Netherland)完成, 拍摄时要求患者自然平躺, 目光平视天花板。颈椎CT平扫及颈椎MRI平扫显示上述患者均伴有不同程度的颈椎间盘突出, 合并后纵韧带骨化23例, 继发性颈椎管狭窄17例。根据C₇椎体轮廓于颈椎侧位片上显示情况进行分组, 上述入选患者中C₇椎体轮廓显示不清28例(图1), 分入A组; C₇椎体轮廓显示清楚54例, 分入B组。

1.4 方法 此研究图片经过PACS系统(FirstTech公司)处理导出后采用Image-pro Plus 6.0图像分析软件(Media

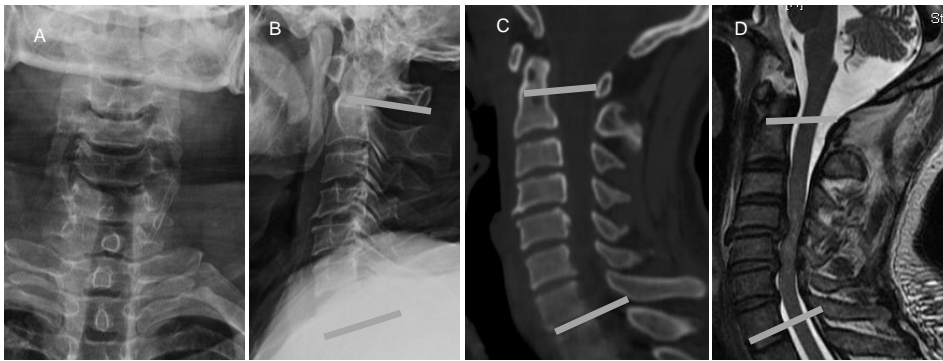


图1 男性52岁脊髓型颈椎病患者影像学图片

Figure 1 Images of a 52-year-old male patient with cervical myelopathy
图注: 颈椎正侧位片(图 A, B)显示患者颈椎生理性前凸消失, C₇椎体显示不清, 颈椎 CT 扫描(图 C)显示患者颈椎椎管内未见明显骨赘形成。颈椎 MRI(图 D)显示患者 C_{4/5}, C_{5/6} 椎间盘突出明显, 压迫脊髓, 致使脊髓信号改变。而 CT 及 MRI 矢状位中 C₇椎体显示清晰。

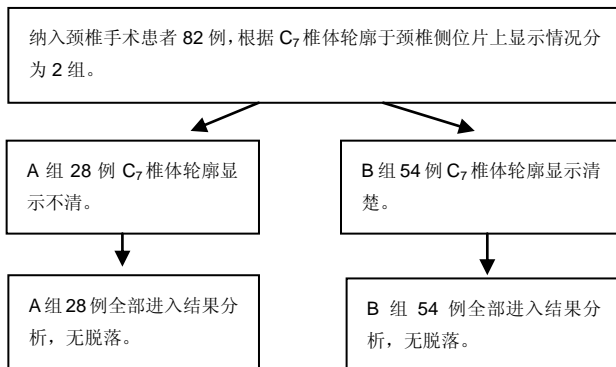


图2 两组患者分组流程图

Figure 2 Flow chart of the patient allocation

表1 两组基本资料比较 (x±s)

Table 1 Comparison of baseline data between two groups

组别	n	身高(cm)	体质量(kg)	体质量指数(kg/m ²)
A 组	28	165.7±7.1	74.6±8.7	27.2±2.9
B 组	54	167.1±7.9	68.6±11.0	24.4±2.4
P 值		> 0.05	< 0.05	< 0.05

表注: A 组为 C₇ 椎体轮廓显示不清患者; B 组为 C₇ 椎体轮廓显示清楚患者。

表3 于 X 射线、CT、MRI 图像上测量 C₂₋₇ Cobb 角所得结果的相关性分析 (r 值)

Table 3 Correlation analysis of C₂₋₇ Cobb angle measurement on X-ray, CT and MRI

项目	CT	MRI
X 射线	0.569 ^a	0.670 ^a
CT	-	0.723 ^a

表注: ^a提示 P < 0.05。

表2 于 X 射线、CT、MRI 图像上测量 C₂₋₇ Cobb 角所得结果的可靠性分析(ICC 检验)

Table 2 Reliability analysis of C₂₋₇ Cobb angle measurement on X-ray, CT and MRI

测量者		X 射线		CT		MRI	
		ICC	95%可信区间	ICC	95%可信区间	ICC	95%可信区间
测量者 1	总体	0.872	0.822-0.911	0.979	0.970-0.986	0.979	0.969-0.986
	A 组	0.697	0.519-0.832	0.980	0.963-0.990	0.987	0.976-0.994
	B 组	0.955	0.931-0.972	0.978	0.966-0.987	0.972	0.956-0.983
测量者 2	总体	0.900	0.859-0.931	0.975	0.964-0.983	0.982	0.974-0.988
	A 组	0.808	0.677-0.898	0.978	0.959-0.989	0.984	0.971-0.992
	B 组	0.950	0.924-0.969	0.974	0.959-0.984	0.980	0.968-0.987
测量者 3	总体	0.904	0.866-0.934	0.978	0.968-0.985	0.983	0.976-0.989
	A 组	0.805	0.673-0.896	0.978	0.960-0.989	0.987	0.977-0.994
	B 组	0.956	0.932-0.973	0.977	0.965-0.986	0.980	0.968-0.987
	总体	0.891	0.868-0.911	0.977	0.972-0.982	0.981	0.977-0.985
总计	A 组	0.768	0.687-0.834	0.978	0.969-0.985	0.986	0.980-0.990
	B 组	0.953	0.940-0.964	0.976	0.969-0.982	0.977	0.970-0.982

表注: A 组为 C₇ 椎体轮廓显示不清患者; B 组为 C₇ 椎体轮廓显示清楚患者。

Cybernetics Inc)测量C₂₋₇ Cobb角以评估入选患者颈椎矢状位形态。测量时选取C₂下终板及C₇下终板分别做延长线, 2条延长线间夹角即为C₂₋₇ Cobb角, 其中定义前凸为正值, 后凸为负值。于CT及MRI测量C₂₋₇ Cobb角时首先需要确定测量图像为正中矢状位, 然后再行测量相应指标。测量时, 首先将入选影像学资料按X射线、CT、MRI分类

后分别收集成组, 3组图像由3名资深脊柱外科医师分别于不同时间重复测量3次, 每次测量至少间隔1 d。

1.5 主要观察指标 记录每位测量者于X射线、CT、及MRI测量出的C₂₋₇ Cobb角, 并计算上述指标均值及标准差。

1.6 统计学分析 首先通过配对t 检验比较3种不同影像学技术下测量C₂₋₇ Cobb角的差异, 采用组内相关系数

(Intraclass Correlation Coefficient, ICC)单向分类随机效应模型评估每位测量者及测量者分别于X射线、CT、MRI中测量C₂₋₇ Cobb角的总体可靠性, 将按A、B组分组后分别评估2组患者的测量可靠性。然后采用Pearson相关性分析3种影像学技术下所得C₂₋₇ Cobb测量值间的相关性, 并通过散点图分析计算出3种影像学技术下所得C₂₋₇ Cobb测量值间的转化公式。上述统计学过程均通过统计学分析软件(SPSS 13.0软件包)完成, 设定 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理, 纳入符合标准的颈椎手术患者82例, 根据C₇椎体轮廓于颈椎侧位片上显示情况进行分组, A组28例C₇椎体轮廓显示不清, B组54例C₇椎体轮廓显示清楚。全部进入结果分析, 无脱落。试验流程图见图2。

2.2 基本资料 上述患者平均身高(166.6±7.6) cm, 体质量(70.7±10.6) kg, 体质量指数为(25.4±2.7) kg/m²。经 t 检验分析发现, A组患者体质量及体质量指数明显高于B组($P < 0.05$), 而2组患者身高差异未见显著性意义($P > 0.05$), 见表1。

2.3 可靠性分析 该组患者于X射线、CT及MRI中平均C₂₋₇ Cobb角分别为(21.5±11.7)°, (6.1±12.3)°, (14.8±12.3)°, 经配对 t 检验结果显示CT、MRI中测量所得C₂₋₇ Cobb角均明显低于X射线中测量所得C₂₋₇ Cobb角。

ICC检验结果显示, 每位测量者X射线测量C₂₋₇ Cobb角可靠性稍低于CT、MRI(ICC=0.891, 0.977, 0.981), 见表2。而当将上述患者按C₇椎体轮廓显示状况进行分组后, 发现X射线测量A组患者C₂₋₇ Cobb角可靠性较CT、MRI明显降低(ICC=0.768, 0.977, 0.986), 而于X射线测量B组患者可靠性与CT、MRI相近(ICC=0.953, 0.976, 0.977)。

2.4 相关性分析 结果显示, CT及MRI下所测C₂₋₇ Cobb角均与X射线下所得测量值存在中度相关性($r=0.569$, $P < 0.05$; $r=0.670$, $P < 0.05$), 见表3。

通过建立散点图计算X射线、CT、MRI下所得C₂₋₇ Cobb角测量值间计算公式如下:

$$C_{2-7} \text{ Cobb角(CT)} = 0.60 \times C_{2-7} \text{ Cobb角(X射线)} - 6.78^\circ;$$

$$C_{2-7} \text{ Cobb角(MRI)} = 0.70 \times C_{2-7} \text{ Cobb角(X射线)} - 0.30^\circ.$$

3 讨论 Discussion

既往研究发现颈椎矢状位形态异常与颈椎退变性疾病的发生发展紧密相关^[1, 8-9]。张明才等^[8]开展了一项颈椎退行性疾病相关影像学研究发现颈椎退行性疾病患者中存在颈椎矢状位形态异常患者比例高达95.5%, 明显高于正常对照组, 推断颈椎矢状位异常与颈椎退变性疾病发病存在高度相关性, 提示颈椎矢状位异常可能是颈椎退变性疾病发生的重要条件。而白晓东等^[9]的另一项影像学研究结果

则从另一方面诠释了颈椎矢状位形态与颈椎退变性疾病间的关系, 他们发现颈椎退变性疾病患者颈椎矢状位形态常表现为颈椎前凸减少, 其形成主要与颈椎退变性疾病进展过程中颈椎前方椎间盘高度减低及后方小关节长期炎症后骨化增生有关, 提出颈椎矢状位形态改变是颈椎退变性疾病发生发展必然结果。而另一项生物力学研究则发现颈椎矢状位形态改变会造成颈椎相应节段力学稳定性的破坏, 进而加速颈椎椎间盘及后方小关节的退变, 从而形成一种恶性循环, 使疾病不断加速进展^[1]。目前一般认为颈椎形态学改变既是颈椎退变性疾病发生的重要条件, 也是颈椎退变性疾病进展所产生的后果。根据上述研究成功, 颈椎退变性疾病的治疗则要求在治疗局部病变部位的同时, 也恢复颈椎正常的矢状位形态, 从而阻断颈椎退变性疾病的发展, 避免原有疾病加重或邻近节段退变^[10-12]。在这一背景下, 对于颈椎退变性疾病患者颈椎矢状位形态的评估显得尤为重要。

临床上C₂₋₇ Cobb角是目前国际上常用于评估颈椎矢状位的指标, 具有操作简单、稳定性高的特点^[13]。但临床实践过程中, 部分颈椎退变性疾病患者由于肩背部遮挡等解剖问题导致颈椎侧位片中C₇椎体显示不清从而影响该指标测量的可靠性。而CT矢状位重建与MRI由于均为断层扫描, 可解决这一问题, 但由于CT与MRI均为平卧位拍摄, 颈椎矢状位形态可能受到相应影响^[14-16]。Jun等^[7]一项影像学比较了CT与X射线评估颈椎矢状位形态间差异, 发现两者间测量值差异较大, 推测这种差异可能是由于拍摄时体位差异造成。但上述研究只关注了X射线、CT测量值间的绝对值差异, 而未能全面分析两者间可靠性差异及相关性。因此, 此次研究不仅比较了X射线、CT测量C₂₋₇ Cobb角的绝对测量值差异、测量可靠性以及相关性, 而且在上述基础上增加比较了MRI相关内容, 全面分析采用CT、MRI替代X射线评估颈椎矢状位形态的可能性。

此次研究中X射线、CT及MRI中C₂₋₇ Cobb角的平均值分别为(21.5±11.7)°, (6.1±12.3)°, (14.8±12.3)°, 配对 t 检验结果显示X射线测量值明显高于CT及MRI的测量值($P < 0.05$)。这一结果与既往文献结果一致。上述差异主要产生原因是X射线、CT及MRI拍摄时体位不同造成的, 尤其在拍摄颈椎X射线时, 由于直立体态下颈椎受到重力影响, 前凸更加明显, 使得C₂₋₇ Cobb角角度变大^[7]。而ICC结果可以反映出C₇椎体显示不清患者, 颈椎X射线侧位片测量所得出的C₂₋₇ Cobb角数值可靠性较差, 而采用CT及MRI技术进行拍摄及测量则可以有效解决上述问题, 因此, 作者建议, 尤其是C₇椎体显示不清患者, 可考虑采用CT或MRI评估颈椎矢状位形态, 提高颈椎矢状位评估的可靠性。此外, 虽然上述3种不同影像学技术测量出C₂₋₇ Cobb角角度绝对值间差异有显著性意义, 但是相关性分析结果显示CT与MRI中C₂₋₇ Cobb角测量值均与X射线测量值间存下高度相关性($R=0.569$, $P < 0.05$; $R=0.670$, $P < 0.05$), 提示使

用CT与MRI测得C₂₋₇ Cobb角能够替代X射线所测得角度,在此基础上该研究提出了3种不同影像学技术测量C₂₋₇ Cobb角的相互转换公式,为临床实践工作提供一定便利。但另一方面,开展C₂₋₇ Cobb角(CT或MRI)相关临床研究,为该类指标提供使用理论依据也是解决这一问题的理想途径

虽然此次研究得出上述结论,但仍存在以下缺陷:①研究对象均为接受颈椎手术患者,该文中所得出结论是否适用于正常人群有待进一步验证;②研究样本量有限,所得出结果可能存在一定误差,影响相关结果的准确性;③文中所得到的统计学公式仅仅来源于小样本人群,只能作为一种参考。

结论: 此次研究结果显示,尤其是C₇椎体显示不清患者,可采用CT或MRI技术评估颈椎矢状位形态,来替代X射线准确评估颈椎矢状位形态。

作者贡献: 吴涛负责文章撰写、指标测量,刘军负责文章审核、指标测量,王刚负责指标测量。

经费支持: 该文章接受了“国家自然科学基金青年科学基金项目(81301523)”的基金资助。所有作者声明,经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突: 文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程,不存在利益冲突。

机构伦理问题: 该临床研究方案的实施符合《赫尔辛基宣言》和南京医科大学第二附属医院医院对研究的相关伦理要求。实施手术的医生均能熟练开展手术,南京医科大学第二附属医院具有开展颈椎手术的资质。

知情同意问题: 参与试验的患病个体及其家属为自愿参加,均对试验过程完全知情同意,在充分了解本治疗方案的前提下签署了“知情同意书”。

写作指南: 该研究遵守《非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND声明)。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

生物统计学声明: 本文统计学方法已经南京医科大学第二附属医院生物统计学专家审核。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] Miyazaki M, Hymanson HJ, Morishita Y, et al. Kinematic analysis of the relationship between sagittal alignment and disc degeneration in the cervical spine. Spine (Phila Pa 1976). 2008;33(23):E870-876.
- [2] 赵文奎,于淼,韦峰,等.无症状成人颈椎矢状位曲度分析及其与全脊柱矢状位参数的关系[J].中国脊柱脊髓杂志,2015,25(3):231-238.
- [3] 王磊,王伟,张永兴,等.保留颈后方韧带复合体单开门椎管扩大成形术后其颈椎生理曲度及活动范围的中远期随访[J].中国脊柱脊髓杂志,2014,24(3):222-226.
- [4] 林圣荣,周非非,孙宇,等.颈后路单开门椎管扩大椎板成形术后颈椎矢状面平衡的变化[J].中华医学杂志,2014,94(35):2726-2730.
- [5] 鲍达,马远征,袁文,等.前路融合内固定方式对颈椎曲度的影响[J].中华骨科杂志,2004,24(12):705-708.
- [6] 邓元,倪斌.颈椎矢状序列测量方法的研究进展[J].中国脊柱脊髓杂志,2014,24(7):655-659.
- [7] Jun HS, Chang IB, Song JH, et al. Is it possible to evaluate the parameters of cervical sagittal alignment on cervical computed tomographic scans? Spine (Phila Pa 1976). 2014;39(10):E630-636.
- [8] 张明才,石印玉,王翔,等.颈椎生理曲度异常对颈椎病发病作用的病例对照研究[J].中国骨伤,2010,23(10):746-749.
- [9] 白晓东,张韶峰,杨传铎,等.颈椎曲度异常的测量及其病因[J].中国临床康复,2005,9(30):10-12.
- [10] Villavicencio AT, Babuska JM, Ashton A, et al. Prospective, randomized, double-blind clinical study evaluating the correlation of clinical outcomes and cervical sagittal alignment. Neurosurgery. 2011;68(5):1309-1316.
- [11] Park MS, Kelly MP, Lee DH, et al. Sagittal alignment as a predictor of clinical adjacent segment pathology requiring surgery after anterior cervical arthrodesis. Spine J. 2014;14(7):1228-1234.
- [12] Tang JA, Scheer JK, Smith JS, et al. The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion surgery. Neurosurgery. 2012;71(3):662-669.
- [13] Silber JS, Lipetz JS, Hayes VM, et al. Measurement variability in the assessment of sagittal alignment of the cervical spine: a comparison of the gore and cobb methods. J Spinal Disord Tech. 2004;17(4):301-305.
- [14] 蒋维利,申才良,董福龙,等.颈椎间盘突出程度与颈椎X线片相关指标测量值的相关性研究[J].中华解剖与临床杂志,2015,20(2):112-117.
- [15] 王连雷,刘新宇,原所茂,等.青少年特发性脊柱侧凸患者颈椎矢状位曲度变化及影响因素分析[J].中国临床解剖学杂志,2015,33(6):712-716,720.
- [16] 张浩,周文超,陈元元,等.颈椎后纵韧带骨化症单开门椎管扩大成形术后颈椎矢状位参数变化与疗效的关系[J].中国脊柱脊髓杂志,2016,26(3):206-210.