

· 临床研究 ·

Coda Motion 运动分析系统测量健康人颈椎侧屈活动度的准确性分析

宋辉, 高中洋, 赵英杰, 高正超, 邱晓文, 李浩鹏, 贺西京
(西安交通大学第二附属医院骨科, 陕西 西安 710004)

【摘要】 目的: 探讨 Coda Motion 运动分析系统测量颈椎侧屈活动度的准确性, 为临床及科研实践探索一种新的测量工具。方法: 选择 43 名健康志愿者作为研究对象, 采用 Coda Motion 运动分析系统和“金标准”X 线两种工具同时测量其颈椎侧屈活动度。运用散点图、皮尔森相关系数 r 评估 Coda Motion 运动分析系统测量颈椎侧屈活动度的准确性。结果: Coda Motion 运动分析系统与 X 线测量出的颈椎侧屈活动度差异无统计学意义 ($P>0.05$)。两种工具在测量右侧屈、左侧屈以及总侧屈活动度呈正相关, 皮尔森相关系数分别为 0.72、0.85 和 0.90。结论: Coda Motion 运动分析系统测量颈椎侧屈活动度的准确性好, 可能作为一种新型测量工具用于临床及科研测量颈椎侧屈活动度的实践中。

【关键词】 颈椎活动度; 侧屈; Coda Motion 运动分析系统

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.08.007

Validity study of Coda Motion Analysis System for measuring cervical lateral flexion in normal adults SONG Hui, GAO Zhong-yang, ZHAO Ying-jie, GAO Zheng-chao, QIU Xiao-wen, LI Hao-peng, and HE Xi-jing. Department of Orthopaedics, the 2nd Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, Shaanxi, China

ABSTRACT Objective: To investigate the validity of Coda Motion Analysis System for measuring cervical lateral flexion in normal adults in order to explore a new measuring tool for clinical and research practice. **Methods:** A total of 43 participants were involved in the study. Cervical range of lateral flexion were measured with Coda Motion Analysis System and “gold standard” X-ray simultaneously. The validity and agreement were assessed using the scatter diagram, the Pearson correlation coefficient and limits of agreement. **Results:** Cervical range of lateral flexion measured by Coda Motion Analysis System had no statistical differences with those measured by X-ray ($P>0.05$). The Coda Motion Analysis System demonstrated a very good linear relation with the X-ray measurements in cervical range of right lateral flexion, left flexion and total lateral flexion, and the Pearson correlation coefficients were 0.72, 0.85 and 0.90 respectively. **Conclusion:** Coda Motion Analysis System showed good validity for measuring cervical lateral flexion in normal adults. Because the reliability of Coda Motion Analysis System was established previously, the results of this study suggest that the system has the potential to be used to measure cervical lateral flexion in clinical and research practice.

KEYWORDS Cervical range of motion; Lateral flexion; Coda Motion Analysis System

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(11): 1017-1021 www.zggssz.com

颈椎活动度 (cervical range of motion, CROM) 是评价颈椎运动功能重要参考指标, 用于诊断和鉴别颈部疾病^[1]、评估疗效^[2-3]等。虽然临床上和研究中有很多测量颈椎侧屈活动度的工具和方法, 但由于颈椎的解剖结构复杂, 且某一平面的运动常伴有其他平面的耦合运动, 因此准确的测量颈椎侧屈活动度有一定的困难。现有的测量方法存在着准确性不高或增加射线暴露等问题, Coda Motion 运动分析系统

是一种新型的运动分析系统, 它具有无辐射、实时、动态、客观性强、测量精度高等优点, 广泛应用于四肢大关节活动度的测量以及步态的分析^[4-6]。笔者通过前期研究证实该系统测量颈椎活动度可靠性高, 测量颈椎前屈及后伸活动度的准确性良好^[7], 但其测量颈椎侧屈活动度的准确性尚无相关报道。本研究旨在评估 Coda Motion 运动分析系统测量颈椎侧屈活动度准确性, 为临床或研究中探索一种测量颈椎活动度的新型工具。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择健康体检的 43 例成年志愿者, 其中男 23 例, 女 20 例; 年龄 20~47 (31.74±8.21) 岁; 身高

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 81571209)

Fund program: National Natural Science Foundation of China (No. 81571209)

通讯作者: 贺西京 E-mail: xijing_h@vip.tom.com

Corresponding author: HE Xi-jing E-mail: xijing_h@vip.tom.com

155~187 (171.25±9.21) cm; 体重 49~78 (56.76±8.26) kg。纳入标准:年龄 18~60 岁, 体型发育正常, 智力良好; 既往无颈部外伤史; 近 3 个月无颈椎疾病病史、全身神经肌肉系统疾病病史; 近 3 个月无颈部疼痛、酸困等不适症状; 女性须排除妊娠; 能理解试验要求及注意事项。研究方案经我院伦理委员会审核批准, 所有志愿者在接受测量前被告知试验要求及注意事项并签署知情同意书。

1.2 测量工具

1.2.1 Coda Motion 运动分析系统

采用英国 Charnwood Dynamics 公司研发制造的 Coda Motion 运动分析系统对研究对象的颈椎侧屈活动度进行测量。系统主要由发射红外线的 Marker 装置、Coda 传感器模块和配套数据记录软件 Coda Motion ODIN 及分析软件组成。测量颈椎侧屈活动度时共使用 3 个 Marker 驱动盒、7 个 Marker。Marker 的体表贴附位置为: 驱动盒 A 的 Marker 0 贴在眉心, Marker 1 贴在下颌骨颏突; 驱动盒 B 的 Marker 0 贴附在颅骨的枕外隆突, Marker 1 贴在 C₇ 棘突, Marker 2 贴在 C₈ 棘突; 驱动盒 C 的 Marker 0 贴在颈静脉切迹, Marker 1 贴在胸骨剑突。

1.2.2 “金标准”X 线

一般认为, 测量装置准确性的评价是与公认的、为大家广泛接受的“金标准”的测量方法或工具相比较。对于颈椎侧屈活动度的测量而言, X 线是多数研究者认为的“金标准”^[8-10]。

1.2.3 测量者与数据处理者

实验中 Coda Motion 运动分析系统测量颈椎侧屈活动度由 1 名测量者 E 独立完成, 该测量者在试验开始前已通过系统培训, 熟练掌握 Coda Motion 运动分析系统测量颈椎侧屈活动度的测量步骤, 包括其工作软件的使用、颈椎侧屈活动度测量时 Marker 的贴放位置、测量时注意事项以及数据的存储等方面的基本知识。颈椎正侧位 X 线片由影像科医师 D 负责拍摄。Coda Motion 运动分析系统测量出的颈椎侧屈活动度数据由数据处理者 C1 负责完成, X 线测量出的数据由数据处理者 C2 负责完成, 两者之间的数据互不告知。数据处理者 C2 经过培训, 已掌握通过 X 线片测量颈椎侧屈活动度的基本方法。

1.3 测量方法

颈椎侧屈活动度的测量是在影像科 X 线摄片室内进行。本试验采用 X 线及 Coda Motion 同时测量颈椎左右侧屈的主动活动度。测量时志愿者尽量保持双侧肩部及胸部不动, 且不能讲话, 以减少贴附在下颌骨颏突的标记点的运动, 降低试验误差; 测量时志愿者在保证颈部无明显不适的前提下活动到最大程度后保持不动, 等待影像科医师拍摄完颈椎 X 线

片并告知志愿者后, 志愿者方可开始活动; 正式测量开始前, 志愿者在测量者 E 指导下自主前屈、后伸、右侧屈、左侧屈、右侧旋转、左侧旋转、环转颈部 3 次, 以放松颈部的肌肉、韧带以及椎间关节。

测量时脱去外衣, 端坐于没有靠背坐椅上, 保持腰背部挺直, 双眼平视前方, 下颌微收, 双膝关节自然屈曲 90°, 双手自然平放于大腿上。此后由测量者 E 将 Marker 贴附在的体表相应位置。提醒志愿者注意, 开始测量。首先保持颈椎中立位, 由影像科医生 D 拍摄颈椎中立位正位 X 线片(P1)后, 嘱志愿者缓慢向右侧屈, 侧屈时保持双侧肩部不动, 待右侧屈到最大程度时停止侧屈并保持不动, 等待影像科医生 D 调整感光板位置后, 拍摄另外一张颈椎正位 X 线片(P2), 然后缓慢向左侧屈, 等待左侧屈到最大程度时停止并保持, 待影像科医生 D 拍摄最后一张颈椎正位 X 线片(P3), 最后缓慢恢复到开始活动时的颈椎中立位。测量者 E 停止测量, 并将数据存储为文本格式。

1.4 观察项目与方法

1.4.1 Coda Motion 运动分析系统测量的颈椎侧屈活动度

Coda Motion 测量的颈椎侧屈活动度是采用批处理软件计算出来的。将 Coda Motion ODIN 软件记录的坐标信息导出成文本格式, 然后由自行设计的数据批处理软件批量读取 txt 格式的坐标信息, 并进行计算, 将计算结果输出到 Excel 表格, 将颈椎在各个方向上的活动的曲线图形输出到 Word 文档中。

1.4.2 X 线测量的颈椎侧屈活动度

在 X 线片上测量颈椎侧屈活动度分为 3 步: 第 1 步, 在 X 线片上画出合适的参考线; 第 2 步, 测量参考线之间的角度; 第 3 步, 选择适合的公式测量出颈椎侧屈活动度。颈椎侧屈活动度的测量方法参考 Tousignant 等^[11]验证 CROM 仪测量颈部疼痛人群颈椎侧屈活动度准确性时的测量方法, 见图 1。在颈椎正位 X 线片上画出 3 条直线: 首先画出两乳突尖连线 A, 然后做出直线 A 的垂线 B, 最后做出颈椎 X 线片下缘的垂线 C, 测量直线 B 与直线 C 的夹角。若直线 B 位于直线 C 的左侧(解剖右侧), 则夹角记为正值; 若直线 B 位于直线 C 的右侧(解剖左侧), 则夹角记为负值。颈椎侧屈活动度即为颈椎侧屈正位 X 线片上直线 Vt 与 Vm 的夹角减去颈椎中立位正位 X 线片上测得的直线 Vt 与 Vm 的夹角。

1.5 统计学处理

所有数据采用 GraphPad Prism 5 进行统计学处理, 颈椎侧屈活动度采用均数±标准差 ($\bar{x}\pm s$) 的形式表示。采用散点图、回归分析以及皮尔森相关系数 (Pearson correlation coefficient) *r* 评估 Coda Motion 运

动分析系统测量颈椎侧屈活动度的准确性。皮尔森相关系数 $r \geq 0.7$, 认为相关性良好; $0.4 \leq r < 0.7$, 认为相关性中等; $r < 0.4$, 认为相关性弱^[12]。进一步采用 Bland-Altman 分析验证其测量的准确性。

2 结果

2.1 颈椎侧屈活动度

Coda Motion 运动分析及 X 线测量的颈椎侧屈活动度见表 1。Coda Motion 测量出的颈椎右侧屈、左侧屈及总侧屈活动度差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.2 Coda Motion 测量颈椎侧屈活动度的准确性分析

将两种方法测量得到的颈椎侧屈活动度的数值作出散点图(图 2), 由此可以看出, 在右侧屈、左侧屈以及总侧屈活动度测量方面, 两种测量工具测量结果具有相关性。进一步计算, 得到两种工具测量出的右侧屈、左侧屈以及总侧屈活动度的皮尔森相关系数分别为 0.72 ($P < 0.000 1$)、0.85 ($P < 0.000 1$) 和 0.90 ($P < 0.000 1$), 相关性良好。通过线性回归分析得到了右侧屈、左侧屈及总侧屈活动度的回归方程分别为 $Y=0.58X+13.87$, $Y=0.63X+3.39$, $Y=0.66X+8.47$ 。

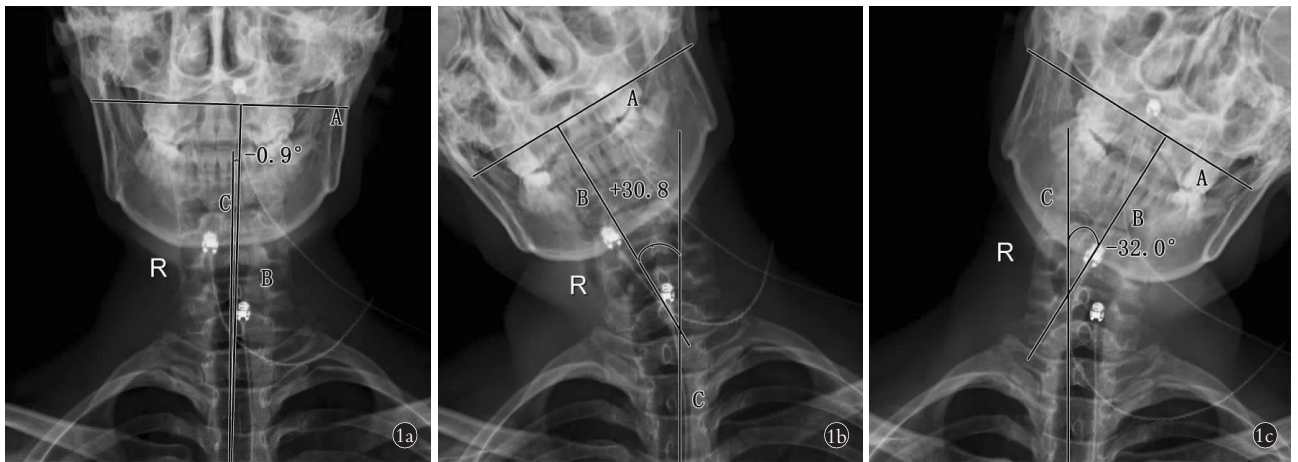


图 1 颈椎侧屈活动度的 X 线测量:A 为两乳突尖连线,B 为 A 的垂线,C 为颈椎下缘的垂线 1a. 颈椎中立位 X 线片 1b. 颈椎右侧屈位 X 线片 1c. 颈椎左侧屈位 X 线片

Fig.1 Measurement of cervical lateral flexion by X-ray, A is a line connecting two mastoids, B is perpendicular line of A, C is perpendicular line of cervical inferior border 1a. Neutral position X-ray 1b. Right lateral flexion X-ray 1c. Left lateral flexion X-ray

表 1 Coda Motion 和 X 线测得的 43 例成年志愿者颈椎侧屈活动度及准确性分析

Tab.1 Cervical range of lateral flexion by Coda Motion and X-ray and accuracy analysis in 43 participants

运动方向	颈椎侧屈活动度($x \pm s, ^\circ$)		皮尔森相关系数 r (95%可信区间)	回归方程
	Coda Motion	X 线		
右侧屈	30.01±1.16	31.77±0.93	0.72(0.54, 0.84)	$Y=0.58X+13.87$
左侧屈	31.91±1.20	33.53±1.12	0.85(0.73, 0.91)	$Y=0.63X+3.39$
总侧屈	62.92±2.09	65.30±1.81	0.90(0.82, 0.94)	$Y=0.66X+8.47$

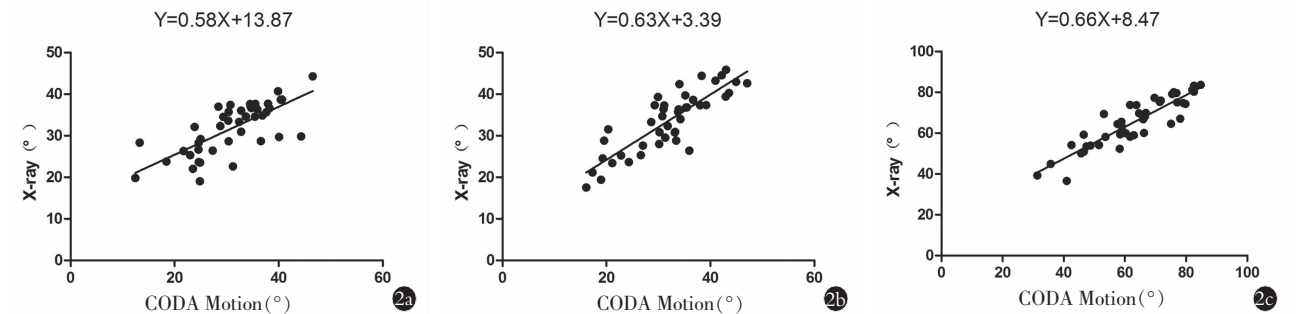


图 2 Coda Motion 与 X 线测得的颈椎侧屈活动度的散点图 2a. 颈椎右侧屈活动度散点图 2b. 颈椎左侧屈活动度散点图 2c. 总侧屈活动度散点图

Fig.2 Scatter plots of cervical lateral flexion determined by the Coda Motion Analysis System and X-ray 2a. Right lateral flexion 2b. Left lateral flexion 2c. Total lateral flexion

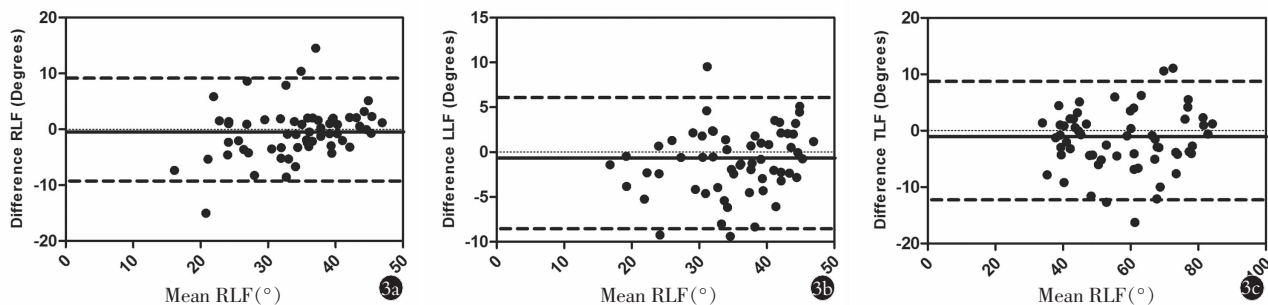


图 3 Coda Motion 与 X 线测量结果的 Bland-Altman 分析 3a. 颈椎右侧屈活动度 3b. 颈椎左侧屈活动度 3c. 总侧屈活动度
注: Difference 均值及其 95% 参考值范围分别以实线、虚线表示。Difference 均值分别为 -0.51、-1.01、-1.67, 一致性限度为 (-9.62, 8.60)、(-8.21, 6.19)、(-12.21, 8.87)

Fig.3 Bland-Altman analysis of Coda Motion and X-ray measurement results 3a. Right lateral flexion 3b. Left lateral flexion 3c. Total lateral flexion

Note: The Difference mean and its 95% reference range are shown as solid lines and dashed lines, respectively. Difference mean values were -0.51, -1.01, -1.67, respectively. The limits of agreement were (-9.62, 8.60), (-8.21, 6.19), (-12.21, 8.87)

以 Coda Motion 与 X 线测量的颈椎侧屈活动度的结果差值 Difference 与对应均值 Average 绘制 Bland-Altman 散点图, Bland-Altman 回归均显示 $P > 0.05$, Difference 与 Average 独立, 可计算一致性限度, 即 Difference 的 95% 参考范围评价结果的一致性, 见图 3。图 3 显示绝大多数点位于一致性界内, Difference 均值在 0 附近, 为负值。

3 讨论

3.1 颈椎活动度测量工具比较

颈椎活动度是指颈椎在矢状面、冠状面和水平面 3 个平面的运动, 它是反应颈椎运动功能的重要指标。目前有很多准确性和可靠性各不相同的颈椎活动度测量工具和方法, 包括简单目测法^[13]、皮尺测量法、量角器测量法、颈椎活动度测量仪 (CROM 仪)^[14]、电磁式动作分析仪、X 线测量法、CT 三维重建测量法等。但是上述方法或工具或多或少存在一定的缺点, 并且有关其测量颈椎活动度准确性的文献也不多。Coda Motion 运动分析系统是一个新型的测量关节活动度的仪器, 它具有快速、通用、无辐射等优点, 目前多用于步态及四肢关节活动度测量^[15]。通过试验证实其测量颈椎活动度的可靠性高, 测量颈椎前屈及后伸活动度准确性好^[7], 但其测量颈椎侧屈活动度的准确性尚没有相关研究。

3.2 颈椎侧屈活动度准确性分析

本试验通过比较 Coda Motion 运动分析系统和 X 线测量颈椎侧屈活动度的结果, 进而探索 Coda Motion 测量颈椎侧屈活动度的准确性。X 线测量是目前普遍认为的颈椎侧屈活动度测量的“金标准”。试验共纳入 43 名健康志愿者, 采用上述两种工具对志愿者颈椎侧屈活动度进行测量, 对比两种方法测量出的颈椎侧屈活动度可以发现, Coda Motion 测量

出的活动度要比 X 线小 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 。进一步分析后发现两种方法工具测量出的颈椎右侧屈、左侧屈及总侧屈活动度具有很好的相关性 (右侧屈, $r=0.72$; 左侧屈, $r=0.85$; 总侧屈, $r=0.90$)。且大部分数据点在 Bland-Altman 散点图 95% 参考范围内。通过查阅文献, 笔者将 Coda Motion 运动分析系统在测量颈椎侧屈活动度的准确性参数与文献报道的测量工具得到的准确性参数进行对比后发现, 该测量系统优于大多数测量工具^[8,16], 并与 CROM 仪的准确性相似。而 CORM 仪是目前除 X 线以外多数研究者认为准确性好的研究工具^[14,17-18]。因此, 笔者认为 Coda Motion 运动分析系统测量颈椎侧屈活动度的准确性好。

从结果可以看出, 两种工具左侧屈活动度的相关性比右侧屈高, 总侧屈活动度相关性最高。经过分析, 笔者认为这一结果主要是与两种工具定义的颈椎“中立位”不同有关。Coda Motion 系统定义的颈椎中立位为头部坐标系中下颌骨颏突和眉心连线与胸廓坐标系中 C₇ 棘突、胸骨颈静脉切迹连线的中点与 T₈ 棘突、胸骨剑突尖连线中点连线重合时。而颈椎在侧屈方向上拍摄 X 线片所选择的“中立位”, 并没有严格的界定, 多依据影像科医生的经验, 所以拍摄时的“中立位”可能已经有轻度的右侧屈或左侧屈, 因而在计算活动度时会引起相应方向上的活动度减少, 但是对颈椎总侧屈活动度影响小, 试验数据很好地说明了这一点, 试验中两种测量工具在右侧屈和左侧屈方向上相关性没有总侧屈活动度的相关性高。

另外, Coda Motion 测量出的活动度要比 X 线稍小, 分析其原因可能是志愿者的颈部肌肉疲劳所致。研究中影像科医生拍摄颈椎 X 线片后 Coda Motion 分析系统才停止测量, 两次测量之间有 3 s 左右的时间差, 可能因颈部肌肉的疲劳导致测值逐渐减小。此

外,还有一些其他原因可能会引起测量的随机误差。研究中采取了不少措施尽量减少随机误差,如研究开始前对参与试验的测量者和数据记录者均进行培训,培训后进行考核;X线数据都是同一名数据记录者完成,从而确保了同一测量标准等等。

3.3 研究的不足

本试验采用 Coda motion 和 X 线两种工具测量颈椎侧屈活动度,通过对测得数据进行统计学分析,验证了 Coda Motion 测量颈椎侧屈活动度的准确性良好。但是本试验还存在一些不足:首先,试验中后伸方向上活动度测量因颈椎“中立位”原因出现一些偏差,因此在活动度测量中尽可能地使颈部及头部处于“中立位”;第二,本试验选择的是健康志愿者,但是测量装置最终的目的是应用于临床或是科研,所以需要进一步研究 Coda Motion 测量颈部疾病患者颈椎活动度的准确性,进而探索其临床应用价值。

3.4 结论

综上所述,通过与颈椎活动度测量的“金标准”X线对比,Coda Motion 运动分析系统测量颈椎侧屈活动度的准确性良好,可能作为一种新型测量工具用于临床及科研测量颈椎侧屈活动度实践中。

参考文献

- [1] Osterbauer PJ, Long K, Ribaud TA, et al. Three-dimensional head kinematics and cervical range of motion in the diagnosis of patients with neck trauma[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 1996, 19(4): 231-237.
- [2] Gornet MF, Lanman TH, Burkus JK, et al. Cervical disc arthroplasty with the Prestige LP disc versus anterior cervical discectomy and fusion, at 2 levels: results of a prospective, multicenter randomized controlled clinical trial at 24 months[J]. *J Neurosurg Spine*, 2017, 26(6): 653-667.
- [3] 周洋, 滕红林, 王靖, 等. 单开门椎管扩大椎板成形术联合侧块螺钉治疗脊髓型颈椎病伴颈椎不稳[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(10): 943-946.
ZHOU Y, TENG HL, WANG J, et al. Cervical single open-door laminoplasty with lateral mass screw fixation for the treatment of cervical spondylotic myelopathy with cervical instability[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2016, 29(10): 943-946. Chinese with abstract in English.
- [4] O'Sullivan R, Kiernan D, Malone A. Run kinematics with and without a jogging stroller[J]. *Gait Posture*, 2016, 43: 220-224.
- [5] Delahunt E, Cusack K, Wilson L, et al. Joint mobilization acutely improves landing kinematics in chronic ankle instability[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2013, 45(3): 514-519.
- [6] Levanon Y, Gefen A, Lerman Y, et al. Validity and reliability of upper extremity three-dimensional kinematics during a typing task[J]. *Gait Posture*, 2010, 32(4): 469-474.
- [7] Song H, Zhai X, Gao Z, et al. Reliability and validity of a Coda Motion 3-D Analysis system for measuring cervical range of motion in healthy subjects[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2017, 38: 56-66.
- [8] Williams MA, McCarthy CJ, Chorti A, et al. A systematic review of reliability and validity studies of methods for measuring active and passive cervical range of motion[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2010, 33(2): 138-155.
- [9] Whitcroft KL, Massouh L, Amirfeyz R, et al. Comparison of methods of measuring active cervical range of motion[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(19): E976-980.
- [10] Wu TK, Wang BY, Deng MD, et al. A comparison of anterior cervical discectomy and fusion combined with cervical disc arthroplasty and cervical disc arthroplasty for the treatment of skip-level cervical degenerative disc disease: a retrospective study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(41): e8112.
- [11] Tousignant M, de Bellefeuille L, O'Donoghue S, et al. Criterion validity of the cervical range of motion (CROM) goniometer for cervical flexion and extension[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(3): 324-330.
- [12] Youdas JW, Garrett TR, Suman VJ, et al. Normal range of motion of the cervical spine: an initial goniometric study[J]. *Phys Ther*, 1992, 72(11): 770-780.
- [13] Schiefer C, Kraus T, Ellegast RP, et al. A technical support tool for joint range of motion determination in functional diagnostics - an inter-rater study[J]. *J Occup Med Toxicol*, 2015, 10: 16.
- [14] Inokuchi H, Tojima M, Mano H, et al. Neck range of motion measurements using a new three-dimensional motion analysis system: validity and repeatability[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(12): 2807-2815.
- [15] 高中洋, 宋辉, 李宇欢, 等. 单节段前路椎体次全切钛网植骨融合术后颈椎三维活动度的临床观察[J]. *中国骨伤*, 2018, 31(1): 12-17.
GAO ZY, SONG H, LI YH, et al. Change of 3D cervical range of motion after single-level anterior cervical corpectomy and fusion[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2018, 31(1): 12-17. Chinese with abstract in English.
- [16] Quek J, Brauer SG, Treleaven J, et al. Validity and intra-rater reliability of an android phone application to measure cervical range-of-motion[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2014, 11(1): 65.
- [17] Williams MA, Williamson E, Gates S, et al. Reproducibility of the cervical range of motion (CROM) device for individuals with sub-acute whiplash associated disorders[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(5): 872-878.
- [18] Audette I, Dumas JP, Côté JN, et al. Validity and between-day reliability of the cervical range of motion (CROM) device[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2010, 40(5): 318-323.

(收稿日期: 2018-03-12 本文编辑: 王宏)