

双节段人工颈椎间盘置换术治疗颈椎病 后颈椎矢状位参数的变化研究

赵学千¹ 李晋玉^{1△} 刘楚吟¹ 康晟乾¹ 孙旗¹ 白春晓¹ 张帆¹ 于琴生¹ 贾育松^{1△}

[摘要] 目的:探究双节段人工颈椎间盘置换术治疗颈椎病后颈椎矢状位参数的变化。方法:回顾性分析 2014 年 10 月至 2019 年 7 月行双节段人工颈椎间盘置换术(cTDR)患者 48 例。测量患者术前和末次随访时颈椎侧位 X 线片的矢状位参数,包括手术节段角度(SA)、C₂~C₇ Cobb 角和矢状位轴向距离(SVA)及 T₁ 倾斜角(T₁S)。用配对样本 *t* 检验比较同组内手术前后各参数是否有差异,用 Pearson 相关性分析患者手术前后影像学参数间的相关性。结果:cTDR 术后末次随访时 SA、C₂~C₇ Cobb 角、SVA 值及 T₁S 与术前相比有所增加,差异有统计学意义($P<0.05$)。影像学参数 Pearson 分析结果显示:T₁S 及 C₂~C₇ Cobb 角与 SA 相互呈正相关,差异有统计学意义($P<0.05$)。结论:双节段人工颈椎间盘置换术可恢复颈椎活动范围,改善颈椎矢状位参数。

[关键词] 颈椎病;人工颈椎间盘置换术;矢状位参数

[中图分类号] R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2020)12-0021-05

Study on Sagittal Parameters Change after Double-segment Cervical Total Disc Replacement

ZHAO Xueqian¹ LI Jinyu^{1△} LIU Chuyin¹ KANG Shenggan¹
SUN Qi¹ BAI Chunxiao¹ ZHANG Fan¹ YU Qinsheng¹ JIA Yusong^{1△}

¹Dongzhimen Hospital of Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100700, China.

Abstract Objective: To investigate the changes of sagittal parameters of cervical vertebra after double cervical artificial intervertebral disc replacement for cervical spondylosis. **Methods:** A retrospective study of 48 cases of cervical total disc replacement(cTDR) from October 2014 to July 2019 was carried out. Sagittal parameters of cervical lateral X-ray films were measured before and at the last follow-up, including surgical angle(SA), C₂~C₇ Cobb angle, C₂~C₇ sagittal vertical axial distance(SVA) and T₁ slope(T₁S). Paired sample *t* test was used to compare the difference of parameters before and after operation in the same group. Pearson correlation was used to analyze the correlation between imaging parameters before and after operation. **Results:** At the last follow-up after cTDR, SA, C₂~C₇ Cobb angle, C₂~C₇ SVA and T₁S were significantly increased($P<0.05$). Pearson analysis of imaging parameters showed that T₁S and C₂~C₇ Cobb angle were positively correlated with SA($P<0.05$). **Conclusion:** Double-segment cervical disc replacement can restore the range of motion of the cervical spine and improve the sagittal parameters of the cervical spine.

Keywords: cervical spondylosis; cervical total disc replacement; sagittal parameters

颈椎前路椎间盘切除融合术(ACDF)被认为是治

疗颈椎病的标准手术方法^[1],由于融合后邻近节段的运动和生物力学改变,加速邻近节段的退变,在远期可能需要进一步的手术治疗^[2]。人工颈椎间盘置换术(Cervical Total Disc Replacement, cTDR)相较于椎间盘切除融合术治疗颈椎病同样可以取得较好的临床疗效,其优势在于保持治疗节段的运动,防止相邻椎间盘过早发生邻椎病变^[1]。对于双节段 cTDR,其临床疗效与单节段 cTDR 相似,两者一样安全有效。颈椎矢状位平衡对维持颈椎的生物力学特性及运动功能起着

基金项目:国家自然科学基金项目(81503601)

北京中医药大学东直门医院青苗人才项目
(DZMYS-201802)

北京中医药大学横向课题(HX-DZM-2017001)

¹ 北京中医药大学东直门医院骨伤一科(北京,100700)

△通信作者 E-mail:leery_5566@163.com(李晋玉);
jiays416@163.com(贾育松)

决定性作用,随着相关研究进一步深入,患者术后颈椎矢状位曲度及形态变化逐渐引起关注。以往研究多关注于 ACDF 对颈椎矢状位影像学参数平衡的影响,对 cTDR 研究较少。本研究回顾性分析北京中医药大学东直门医院行 cTDR 治疗的双间隙颈椎病患者术后矢状位影像学参数的变化,现报告如下。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

2014 年 10 月至 2019 年 7 月在北京中医药大学东直门医院行双节段颈椎前路手术的患者,依据纳入、排除标准,共有 48 例患者纳入研究,且手术均为贾育松主任医师团队完成。

1.2 诊断标准

采用《实用骨科学》^[3] 中神经根型和脊髓型颈椎病的诊断标准。神经根型颈椎病:1)具有典型的根性症状,其范围与受累椎节一致。颈肩部、颈后部酸痛,并沿神经根分布区向下反射至前臂和手指,轻者为持续性酸痛、胀痛,重者可如刀割样、针刺样疼痛;皮肤有时过敏,抚摸有触电感;神经根支配区域有麻木及明显感觉减退。2)脊神经根牵拉试验多为阳性,痛点封闭疗法对上肢放射痛无效。3)X 线正位片显示钩椎关节增生,侧位生理前屈消失或变直,椎间隙变窄,有骨赘形成,屈伸动力片提示颈椎不稳。脊髓型颈椎病:1)自觉颈部无不适,但手动笨拙,精细动作失灵,协调性差,胸腹部可有束带感。2)步态不稳,易跌倒,不能跨越障碍物。3)上下肢腱反射亢进,肌张力升高,霍夫曼征阳性,可出现踝阵挛或髌阵挛,重症时巴彬斯基征可能为阳性。早期感觉障碍较轻,重症时出现不规则痛觉减退,感觉丧失或减退区呈片状或条状。4)X 线显示病变椎间盘狭窄,椎体后缘骨质增生。5)MRI 检查显示脊髓受压呈波浪样压迹,严重者脊髓变细。MRI 还显示椎间盘突出,受压节段脊髓有信号改变。

1.3 纳入标准

1)年龄 40~65 岁;2)明确诊断为双节段神经根型或脊髓型颈椎病患者,并经 3 个月严格保守治疗后症状无明显改善;3)需行前路手术减压;4)颈椎间隙未见明显狭窄;5)完成半年以上有效随访;6)既往无颈椎手术病史。

1.4 排除标准

1)多节段颈椎病;2)合并有其他发育性颈椎疾病、代谢性骨病及脊柱肿瘤等;3)颈椎不稳;4)病例资料不完整。

1.5 方法

1.5.1 治疗方法 麻醉成功后,患者取平卧位,肩后垫起使颈椎自然后伸,C 臂机透视手术椎间隙,取相应椎间隙右侧行颈前横切口入路,常规碘伏乙醇消毒铺

巾。沿切口皮内、皮下浸润注射肾上腺素盐水(1:200),逐层切开皮肤皮下组织和颈阔肌,钝性分离气管食管和颈动脉鞘间筋膜组织,将气管、食管和甲状腺拉向左侧,胸锁乳突肌和颈动脉鞘拉向对侧,显露椎前筋膜,椎间隙置入定位针,X 线透视确认手术节段。Caspar 撑开器撑开手术节段椎间隙,以髓核钳和刮勺将退变的间盘和上下软骨终板完全摘除,两侧到达钩椎关节,后方到达椎体后缘。在后纵韧带钩的辅助下,彻底切除减压节段的后纵韧带。按照术前测定的人工间盘假体型号,各减压椎间隙均置入 1 枚与椎间高度和形状(弧形或楔形)匹配的 MOBI-C 颈椎人工间盘。透视假体位置深度满意,生理盐水反复冲洗伤口、彻底止血,放置负压引流管 1 根,逐层缝合伤口。术后 24~48 h 拔除负压引流管并可在颈托保护下坐起或下地活动,常规行抗生素预防感染 3~5 d,予非甾体类抗炎药 2 周,颈托保护 6~8 周。

1.5.2 疗效评定方法 根据术前及术后随访影像学相关资料,通过医院内 PACS 系统测量术前及术后末次随访颈椎侧位片影像学参数(摄侧位 X 线片时要求下颏角与枕骨下角保持在一个水平面上)。测量由 2 名有 3 年以上工作经验的脊柱外科医师共同完成,取两人测量结果平均值。1)手术节段角度(Segment Angle, SA):手术节段头端椎体上终板垂线及尾端椎体下终板垂线之间的夹角。2) $C_2 \sim C_7$ Cobb 角: C_2 下终板垂线与 C_7 下终板垂线之间的夹角。3) $C_2 \sim C_7$ 矢状面轴向距离(SVA):经过 C_2 椎体几何中心作铅垂线,取该线与 C_7 椎体后上角的水平距离。4) T_1 倾斜角(T_1 Slope, T_1S): T_1 椎体上终板与水平线之间的夹角。各影像学参数示意图见图 1。

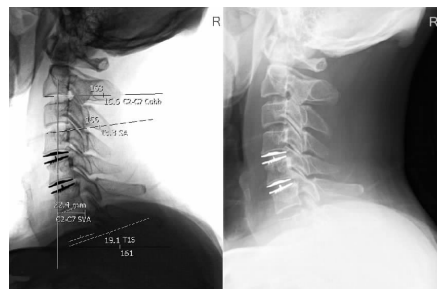


图 1 影像学参数测量图

1.6 统计学方法

采用 SPSS20.0 对所得数据进行分析,计量数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示。使用配对样本 t 检验分析手术前后各影像学矢状位参数的差异,采用 Pearson 相关性分析患者手术前后影像学参数间的相关性。 $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

研究共纳入患者 48 例,其中男 19 例,女 29 例;年

龄(53.45±10.95)岁。全部病例均获得半年以上有效随访,术后随访(11.23±7.25)个月。手术节段 C_{3~4} 和 C_{4~5} 共 4 例,C_{4~5} 和 C_{5~6} 共 30 例,C_{5~6} 和 C_{6~7} 共 14 例。

2.2 cTDR 术前及末次随访时矢状位参数的变化

cTDR 术前及末次随访时矢状位参数的变化见

表 1 cTDR 术前及末次随访时矢状位参数的变化(±s)

参数	例数	术前	术后	t	P
T ₁ S/(°)	48	21.67±7.21	25.21±11.54	2.975	0.006
C ₂ ~C ₇ Cobb 角/(°)	48	13.62±8.92	18.36±9.32	3.543	0.001
C ₂ ~C ₇ SVA/mm	48	18.11±11.25	21.83±9.47	2.771	0.007
SA/(°)	48	7.37±5.21	15.61±8.47	6.987	<0.001

表 2 两种手术方式患者颈椎矢状位参数间相关性

时间	参数	术前				术后		
		T ₁ S	C ₂ ~C ₇ Cobb 角	C ₂ ~C ₇ SVA	SA	T ₁ S	C ₂ ~C ₇ Cobb 角	C ₂ ~C ₇ SVA
cTDR 术前	C ₂ ~C ₇ Cobb 角	0.521*						
	C ₂ ~C ₇ SVA	0.372*	-0.032					
	SA	0.414*	0.672*	-0.054				
	T ₁ S	0.621*	0.120	0.038	0.124			
cTDR 术后	C ₂ ~C ₇ Cobb 角	0.678*	0.543*	0.063	0.310*	0.553*		
	C ₂ ~C ₇ SVA	0.216	0.014	0.575	0.098	0.041	-0.184	
	SA	0.589*	0.449*	0.000	0.517*	0.416*	0.782*	-0.226

注: * P<0.05。

2.4 典型病例

典型病例见图 2。患者,男,48 岁,脊髓型颈椎病,行颈椎前路人工间盘置换术。图 2(a)为术前颈椎 X 线片:T₁ 倾斜角为 21.6°,C₂~C₇ Cobb 角为 9.9°,C₂~C₇ 矢状位轴向距离为 28.9 mm,节段角度为 -5.6°。图 2(b)为术后颈椎 X 线片:T₁ 倾斜角为 19.1°,C₂~C₇ Cobb 角为 16.6°,C₂~C₇ 矢状位轴向距离为 22.4 mm,节段角度为 13.8°。颈椎矢状位参数恢复明显。

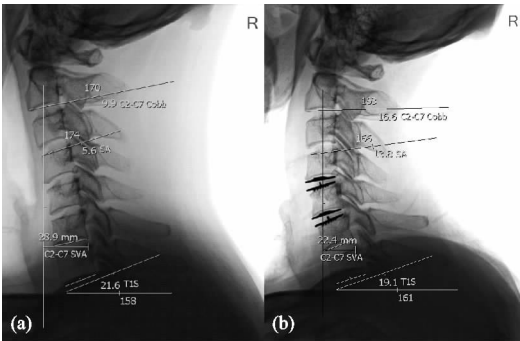


图 2 典型病例

3 讨论

颈椎病是指颈椎间盘退行性改变及继发椎间关节退行性改变所致脊髓、神经、血管损害而表现的相应症状和体征^[4]。颈椎前路手术可以从前方直接切除椎间盘及增生骨赘,解除对脊髓、神经根及椎动脉等重要结构的压迫。而且前路手术通过恢复椎间隙高度,扩大椎间孔解除对神经根的压迫的同时,还可以恢复颈椎正常的曲度^[5]。颈椎的矢状位平衡是颈椎的生物力学稳定

表 1。

2.3 影像学参数 Pearson 分析

cTDR 术后 C₂~C₇ Cobb 角与 T₁S 之间相关性增强,SA 与 C₂~C₇ Cobb 角相关性增强,C₂~C₇ SVA 与 C₂~C₇ Cobb 角及 T₁S 没有相关性,见表 2。

性的外在表现,颈椎矢状位失衡意味着颈椎生物力学发生了改变^[6],因此颈椎后凸畸形被认为是颈椎生物力学为了维持平衡代偿的结果。重建颈椎生理前凸,恢复颈椎生物力学稳定越来越受到骨科医生的重视。MOBI-C 颈椎间盘由钴铬合金终板和超高分子量聚乙烯运动芯组成,设计理念是保持手术节段的活动度,同时维持颈椎的稳定性,达到生物力学平衡,减少邻椎病的发生^[7-8]。颈椎的生物力学特征是通过肌肉调节颈椎,发挥颅负荷传导及保护脊髓的作用。因此,恢复颈椎矢状位参数及生物力学平衡越来越受到重视^[9-10]。

在 X 线影像上,颈胸交界处可能显示不清楚,在测量显示不清患者的颈椎矢状位参数中存在争议^[11]。Sasaki 等^[12]研究了健康的日本成年人,发现肩部阴影阻碍了颈 6 和颈 7 的测量。Park 等^[13]研究表明只有 11% 的患者颈椎侧位片可以准确测量颈椎及胸椎矢状位参数。Yamahata 等^[14]提出为了测量不清晰 C₇ 椎体 X 线片上的 C₂~C₇ 角,可以用 C₇ 上终板代替 C₇ 下终板。虽然 C₆ 和 C₅ 终板的测量数据有统计学差异,但是 C₂L~C₇L 角与 C₂L~C₆U 角、C₂L~C₆L 角或 C₂L~C₅L 角的相关性很强。对于下椎体不清楚的患者,可以使用相邻的终板预测颈椎矢状位参数。Jun 等^[15]研究了计算机断层摄影(CT)用于评估颈椎矢状位参数的价值,报告 X 线片 C₂~C₇ 角明显大于 CT 的 C₂~C₇ 角,但是两者之间有较强的相关性。Liu 等^[9]发现通过磁共振得到的颈椎 C₂~C₇ 角与 X 线片获得的角度具有较强的相关性。虽然 CT 和 MRI 有可能

替代 X 射线^[16],但是患者 CT 与 MRI 采用仰卧位与 X 线采用直立位有很大的差异。因为暗色视野比亮色视野更能分清楚图像的细节,所以采用反相 X 线及调整图像的窗位和窗宽,可以更加清晰地显示 C₇ 及 T₁ 椎体(见图 1-2),相较于其他方法更有意义。

颈椎矢状位平衡对手术疗效的影响逐渐成为关注的焦点,颈椎矢状位失衡在颈椎病引起疼痛和功能障碍中扮演重要角色^[17-19]。T₁ 倾斜角、C₂~C₇ Cobb 角和 C₂~C₇ SVA 是评价颈椎矢状面平衡的有效参数,且各参数之间存在一定的相关性^[20]。本研究发现 T₁S 及 C₂~C₇ Cobb 角与节段角度相互呈正相关, C₂~C₇ SVA 与其他参数无明显相关性,与 Lu 等^[21]的研究结果较一致。T₁ 椎体的前倾可导致颈椎重心前移,加上颈后肌群的稳定作用,使得颈椎前凸增大,头颅后移,从而平衡向前的重心,因此较大的 T₁S 需要较大的颈椎曲度来保证颈椎矢状位的平衡^[22]。Knott 等^[23]认为 T₁S 可以在缺乏全脊柱影像资料时反映脊柱的矢状面平衡状态,当 T₁S 介于 13°~25°时,脊柱平衡较好,在此范围外均存在不同程度的矢状面失衡。Xing 等^[24]发现退变人群的 T₁S 均值为 22.9°±7.0°,显著小于正常人群(25.8°±5.1°)。Lee 等^[25]通过研究 77 名年龄 21~50 岁的正常人群,提出 T₁S 正常值为 25.7°±6.4°。本研究显示 cTDR 患者术前 T₁S 为 21.67°±7.21°,与以往研究颈椎病的数值相近;术后 T₁S 恢复至 25.21°±11.54°,与以往研究的健康人相近,cTDR 组可恢复患者颈椎 T₁S 正常参数。颈椎矢状位轴向距离与健康相关生存质量关系密切^[26],当重心偏移时肌肉的能量消耗将增大,故其一定程度上体现颈椎矢状位平衡状况。有研究统计无症状成年国人的 C₂~C₇ SVA 为(20.67±7.96)mm^[20]。本研究术前 C₂~C₇ SVA 明显低于无症状成年国人的水平,术后则恢复正常。笔者发现本研究的病例术前与无症状国人的 C₂~C₇ SVA 参数相当,cTDR 术后稍有增加,从而维持颈椎矢状位平衡。颈椎置换节段角度及 C₂~C₇ Cobb 角直接反映患者颈椎曲度的变化, C₂~C₇ Cobb 角随颈椎置换节段角度的变化而变化,本研究表明 cTDR 可明显改善颈椎曲度的异常。由于颈椎人工间盘植入后置换节段角度多由患者颈椎自身平衡来调节,相比较融合术后的固定置换节段角度来说更符合颈椎生物力学特性,对于严重颈椎后凸畸形的患者更加适合采用人工间盘置换。

综上所述,双节段人工颈椎间盘置换术可恢复颈椎活动范围,改善颈椎矢状位参数,因而双节段人工间盘置换术在恢复颈椎病患者置换节段角度及矢状位参数方面具有优势,并且 cTDR 调节颈椎矢状位参数的作用机制在于通过调节置换节段角度改变 C₂~C₇

Cobb 角,从而调节颈椎矢状位参数之间的平衡。

参考文献

- [1] MARTINO A D, PAPALIA R, ALBO E, et al. Denaro cervical spine alignment in disc arthroplasty: should we change our perspective[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24 (Suppl 7): S810-S825.
- [2] GANDHI A A, KODE S, DEVRIES N A, et al. Fredericks biomechanical analysis of cervical disc replacement and fusion using single level, two level, and hybrid constructs [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40: 1578-1585.
- [3] 胥少汀, 葛宝丰, 徐印坎. 实用骨科学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2012: 1981-1982.
- [4] 田伟. 积水潭实用骨科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 528.
- [5] 黎庆初, 张忠民, 尹刚辉, 等. 自锁式颈椎融合器在多节段脊髓型颈椎病中的应用[J]. *中华外科杂志*, 2012, 50(9): 818-822.
- [6] WANG Z L, XIAO J L, MOU J H, et al. Analysis of cervical sagittal balance parameters in MRIs of patients with disc-degenerative disease [J]. *Med Sci Monit*, 2015, 21 (10): 3083-3088.
- [7] TIAN W, YAN K, HAN X, et al. Comparison of the clinical and radiographic results between cervical artificial disk replacement and anterior cervical fusion: a 6-year prospective nonrandomized comparative study [J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(5): 578-586.
- [8] TIAN W, WANG H, YAN K, et al. Analysis of the factors that could predict segmental range of motion after cervical artificial disc replacement: a 7 years follow up study [J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(5): 603-608.
- [9] LIU W, FAN J, BAI J, et al. Magnetic resonance imaging: a possible alternative to a standing lateral radiograph for evaluating cervical sagittal alignment in patients with cervical disc herniation [J]. *Medicine*, 2017, 96(39): e8194.
- [10] 缪健荣, 周志平, 田守进, 等. 传统钛板加 Cage 与 ROI-C 治疗颈椎病术后矢状位参数的变化 [J]. *南京医科大学学报: 自然科学版*, 2018, 38(11): 1572-1575.
- [11] 李国闯, 丁昌懋, 宋瑞鹏, 等. 颈椎矢状位序列在站立位与平卧位测定中的差异及临床意义 [J]. *医药论坛杂志*, 2019, 40(4): 18-21.
- [12] SASAKI T, KADOYA S, IIZUKA H. Roentgenological study of the sagittal diameter of the cervical spinal canal in normal adult Japanese [J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 1998, 38(2): 83-89.
- [13] PARK J H, CHO C B, SONG J H, et al. T₁ slope and cervical sagittal alignment on cervical CT radiographs of asymptomatic persons [J]. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, 2013, 53(6): 356-359.
- [14] YAMAHATA H, SUGATA J, MORI M, et al. Measurement of cervical sagittal alignment parameters on X-ray films of adults without severe spinal deformity whose shoulder hides the lower cervical column [J]. *World Neu-*

- rosurg,2019,121(1):E147-E153.
- [15] JUN H S,CHANG I B,SONG J H,et al. Is it possible to evaluate the parameters of cervical sagittal alignment on cervicacomputed tomographic scans[J]. Spine (Phila Pa 1976),2014,39(10):E630-E636.
 - [16] 吴涛,刘军,王刚. 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[J]. 中国组织工程研究,2018,22(31):4993-4997.
 - [17] 彭兵,程招军,李巍,等. 颈椎后路单开门椎管成形术后颈椎矢状位的影像学变化[J]. 中国中医骨伤科杂志,2018,26(1):39-42.
 - [18] JANG J S,LEE S H,MIN J H,et al. Surgical treatment of failed back surgery syndrome due to sagittal imbalance [J]. Spine(Phila Pa 1976),2007,32(26):3081-3087.
 - [19] YEH K T,YU T C,CHEN I H,et al. Expansive open-door laminoplasty secured with titanium miniplates is a good surgical method for multiple-level cervical stenosis [J]. J Orthop Surg Res,2014,9:49.
 - [20] 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.
 - [21] LU J,SUN C,BAI J,et al. Is correction of segmental kyphosis necessary in single-level anterior cervical fusion surgery? An observational study[J]. Ther Clin Risk Manag,2018,19(9):39-44.
 - [22] 福嘉欣,江毅,江汉,等. T₁ 斜坡角度与颈后路单开门椎管扩大成形术后颈椎曲度变化关系的探讨[J]. 中国矫形外科杂志,2015,23(15):1360-1364.
 - [23] KNOTT P T,MARDJETKO S M,TECHY F. The use of the T₁ sagittal angle in predicting overall sagittal balance of the spine[J]. Spine J,2010,10(11):994-998.
 - [24] XING R,LIU W,LI X,et al. Characteristics of cervical sagittal parameters in healthy cervical spine adults and patients with cervical disc degeneration[J]. BMC Musculoskelet Disord,2018,19(1):37.
 - [25] LEE S H,KIM K T,SEO E M,et al. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults [J]. J Spinal Disord Tech,2012,25(2):E41-E47.
 - [26] LEE J S,YOUN M S,SHIN J K,et al. Relationship between cervical sagittal alignment and quality of life in ankylosing spondylitis[J]. Eur Spine J,2015,24(6):1199-1203.

(收稿日期:2020-05-02)

(上接第 20 页)

- [2] 马振,张增山,张恒维,等. 腰椎后路手术椎间融合器位置与腰椎前凸变化的相关性分析[J]. 潍坊医学院学报,2018,40(6):417-420.
- [3] LANDHAM P R,DON A S,ROBERTSON P A. Do position and size matter? An analysis of cage and placement variables for optimum lordosis in PLIF reconstruction[J]. Eur Spine J,2017,26(11):2843-2850.
- [4] 陈仲强,刘忠军,党耕町. 脊柱外科学[M]. 北京:人民卫生出版社,2013.
- [5] TERAGUCHI M,YOSHIMURA N,HASHIZUME H,et al. Progression, incidence, and risk factors for intervertebral disc degeneration in a longitudinal population-based cohort:the Wakayama spine study[J]. Osteoarthritis Cartilage,2017,25(7):1122-1131.
- [6] VAZIFEHDAN F,KARANTZOULIS V G,IGOUMENOU V G. Sagittal alignment assessment after short-segment lumbar fusion for degenerative disc disease[J]. Int Orthop,2019,43(4):891-898.
- [7] BERVEN S,WADHWA R. Sagittal Alignment of the Lumbar Spine[J]. Neurosurg Clin N Am,2018,29(3):331-339.
- [8] DOHERTY J H. Complication of fusion in lumbar scoliosis[J]. J Bone Joint Surg Am,1973,55-A:438.
- [9] DIEBO B G,SHAH N V,BOACHIE-ADJEI O,et al. Adult spinal deformity[J]. Lancet,2019,394(10193):160-172.
- [10] TEMPEL Z J,GANDHOKE G S,BOLINGER B D,et al. The influence of pelvic incidence and lumbar lordosis mismatch on development of symptomatic adjacent level disease following single-level transforaminal lumbar interbody fusion[J]. Neurosurgery,2017,80(6):880-886.
- [11] VAISHNAV A S,SAVILLE P,MCANANY S,et al. Retrospective review of immediate restoration of lordosis in single-level minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion;a comparison of static and expandable interbody cages[J]. Oper Neurosurg(Hagerstown),2020,18(5):518-523.
- [12] LOWE T G,TAHERNIA A D. Unilateral transforaminal posterior lumbar interbody fusion[J]. Clin Orthop Relat Res,2002,394:64-72.
- [13] HU Y H,NIU C C,HSIEH M K,et al. Cage positioning as a risk factor for posterior cage migration following transforaminal lumbar interbody fusion:an analysis of 953 cases[J]. BMC Musculoskelet Disord,2019,20(1):260.
- [14] FAUNDEZ A A,MEHBOD A A,WU C,et al. Position of interbody spacer in transforaminal lumbar interbody fusion:effect on 3-dimensional stability and sagittal lumbar contour[J]. J Spinal Disord Tech,2008,21(3):175-180.
- [15] KEPLER C K,RIHN J A,RADCLIFF K E,et al. Restoration of lordosis and disk height after single-level transforaminal lumbar interbody fusion[J]. Orthop Surg,2012,4(1):15-20.

(收稿日期:2020-05-18)