

# GAP评分及其对成人脊柱畸形矫形术后力学并发症预测的可信度研究

马鸿儒,朱泽章,史本龙,刘臻,邱勇

(南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市)

**【摘要】**目的:评估 GAP(global alignment and proportion)评分的可信度和可重复性,并探究其在成人脊柱畸形(adult spinal deformity, ASD)矫形术后力学并发症预测中的可靠性。方法:回顾性分析 2014 年 12 月~2016 年 12 月在我院行脊柱后路矫形内固定术且随访超过 2 年的 ASD 患者 98 例,其中男性 31 例,女性 67 例,年龄  $38.8\pm 8.6(20\sim 71)$  岁,随访时间  $34.4\pm 9.3$  个月。其中退变性脊柱侧后凸 29 例、先天性脊柱侧后凸 28 例、特发性脊柱侧凸 19 例、创伤后脊柱后凸 9 例、神经源性脊柱侧凸 9 例、休门氏病后凸畸形 2 例,综合征型脊柱侧凸 2 例(马凡综合征和类马凡综合征各 1 例)。通过患者术后全脊柱侧位 X 线片测量骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、下腰椎前凸角(lower lumbar lordosis, LLL)和躯干整体倾斜(global tilt, GT)等影像学参数,并计算得出 GAP 评分,比较 GAP 评分的观察者间可信度和观察者内可重复性。根据 GAP 评分结果将患者分为 3 组:协调组(GAP 评分 0~2 分);中等不协调组(GAP 评分 3~6 分);严重不协调组(GAP 评分 7~13 分),记录所有患者随访中出现的力学并发症,包括内固定失败、近端交界性后凸/失败(proximal junctional kyphosis/failure, PJK/PJF)、远端交界性后凸/失败(distal junctional kyphosis/failure, DJK/DJF),比较各组间力学并发症的发生率。收集患者术前及末次随访时疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)问卷表和 health survey, SF-36)评估结果,比较三组间生活质量评分。结果:3 名观察者共进行了 588 次( $98\times 3\times 2$ )次评分,纳入协调组共 192(32.7%)次、中等不协调组共 250(42.5%)次、严重不协调组共 146(24.8%)次。观察者间 GAP 评分可信度 Kappa 值为 0.765(基本可信),观察者内可重复性 Kappa 值为 0.822(完全可信)。随访中发现力学并发症 15 例,包括内固定断裂 5 例(8.2%)、PJK 9 例(9.2%)、螺钉松动 1 例(1.0%)。协调组、中等不协调组和严重不协调组并发症发生率分别为 9.1%(3/33)、14.6%(6/41)和 25.0%(6/24),三组之间差异无统计学意义( $\chi^2=2.74, P=0.254$ )。三组患者术前生活质量评分未见明显差异(ODI:  $P=0.167$ ; VAS:  $P=0.668$ ; SF-36 生理功能评分:  $P=0.896$ ; SF-36 心理功能评分:  $P=0.211$ )。末次随访时发现 ODI( $P=0.038$ )和 SF-36 生理功能评分( $P=0.020$ )在三组间存在差异,而 VAS( $P=0.729$ )和 SF-36 心理功能评分( $P=0.277$ )无组间差异。结论:GAP 评分具有良好的观察者内和观察者间一致性,但评分结果与术后力学并发症发生风险无明显相关性。

**【关键词】**成人脊柱畸形;GAP 评分;力学并发症;可靠性

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.06.01

中图分类号:R682.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2020)-06-0481-07

**Reliability of the global alignment and proportion score in predicting mechanical complications after correction surgery of adult spinal deformities/MA Hongru, ZHU Zezhang, SHI Benlong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(6): 481-487**

**【Abstract】** Objectives: To determine the intra- and inter-observer reliabilities of global alignment and proportion(GAP) score in predicting the mechanical complications after correction surgery of adult spinal deformities(ASD). Methods: A total of 98 ASD patients undergone correction surgery between December 2014 and

基金项目:江苏省自然科学基金青年基金资助项目(编号:BK20170126);宿迁市科技支撑计划项目(编号:S201612)

第一作者简介:男(1994-),硕士研究生在读,研究方向:脊柱外科

电话:(025)68182022 E-mail:mrmahr@163.com

通讯作者:朱泽章 E-mail:zhuzezhang@126.com

December 2016 with at least 2 years follow-up were retrospectively reviewed, including 31 male and 67 female subjects that aged  $38.8 \pm 8.6(20-71)$  years on average. Patients' age were documented and radiographic parameters including PI, SS, LL, LLL and GT were independently measured twice by 3 spine surgeons on postoperative lateral full-spine X-rays to determine the GAP scores and classifications. Patients were classified into 3 groups: proportion group with GAP scores between 0-2, moderate disproportion group with GAP scores between 3-6, severe disproportion group with GAP scores between 7-13. All mechanical complications including implant-related failures, PJK/PJF and DJK/DJF were documented. The intra- and inter-observer reliabilities were analyzed and the incidence of mechanical complications between the 3 groups was compared with Chi-square tests. The visual analogue scale(VAS), Oswestry disability index(ODI) and the MOS item short form health survey(SF-36) were compared among three groups. **Results:** Of all 588( $98 \times 3 \times 2$ ) measurements of GAP scores obtained, 192(32.7%) measurements were classified into the proportion group, 250(42.5%) into the moderate disproportion group, and 146 (24.8%) into the severe disproportion group. The Kappa coefficients were 0.765 for inter-observer and 0.822 for intra-observer reliabilities. A total of 15 patients were identified to have mechanical complications during follow-up, and the incidences were 9.1%(3/33), 14.6%(6/41) and 25.0%(6/24) for proportion group, moderate disproportion group and severe disproportion group, respectively ( $\chi^2=2.74$ ,  $P=0.254$ ). At pre-operation, the VAS( $P=0.668$ ), ODI( $P=0.167$ ), SF-36 PCS( $P=0.896$ ) and SF-36 MCS ( $P=0.211$ ) were not significantly different between the 3 groups. During the last follow up, the ODI( $P=0.038$ ) and SF-36 PCS( $P=0.020$ ) were significantly different between groups, no statistically significant difference was found in terms of VAS( $P=0.729$ ) and SF-36 MCS( $P=0.277$ ). **Conclusions:** The GAP scores have good to excellent intra- and inter-observer reliabilities in ASD patients undergoing correction surgery. The GAP scores are unable to predict the occurrence of mechanical complications during follow-up.

**[Key words]** Adult spinal deformity; Global alignment and proportion; Mechanical complication; Reliability

**[Author's address]** Department of Spine Surgery, Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing, 210008, China

成人脊柱畸形 (adult spinal deformity, ASD) 的自然史研究表明, 患者的脊柱畸形往往随着年龄增长而进行性加重, 并常伴有冠状面和矢状面的失衡<sup>[1,2]</sup>。目前学术界普遍认为, 保守治疗难以改善 ASD 患者的活动能力和外观畸形, 手术治疗是严重畸形患者唯一有效的治疗策略<sup>[3-5]</sup>。随着脊柱后路矫形内固定手术的广泛应用, 术后力学并发症逐渐引起脊柱外科医师的重视<sup>[6,7]</sup>。Yilgor 等<sup>[8]</sup>基于 ASD 患者年龄及脊柱-骨盆矢状面参数等, 首次提出了 GAP (global alignment and proportion) 评分。GAP 评分通过对健康人群脊柱-骨盆矢状面形态的研究定义了“理想”的矢状面形态, 根据 ASD 患者矫形术后矢状面形态与“理想”脊柱-骨盆矢状面形态的差异计算评分, 并结合患者年龄以评估患者在随访中出现内固定失败、近端交界性后凸/失败 (proximal junctional kyphosis/failure, PJK/PJF)、远端交界性后凸/失败 (distal junctional kyphosis/failure, DJK/DJF) 等力学并发症的可能性。然而, 国内目前尚无关于 GAP 评分的临床研究。本研究拟探讨 GAP 评分在我国 ASD

人群中应用的可信度和可重复性, 并分析 GAP 评分在 ASD 患者术后力学并发症预测中的可靠性。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2014 年 12 月~2016 年 12 月期间于我院就诊的 ASD 患者的临床资料 98 例, 其中男性 31 例, 女性 67 例, 平均年龄  $38.8 \pm 8.6$  岁 (20~71 岁)。包括退变性脊柱侧后凸 29 例 (29.6%)、先天性脊柱侧后凸 28 例 (28.6%)、特发性脊柱侧凸 19 例 (19.4%)、创伤后脊柱后凸 9 例 (9.2%)、神经源性脊柱侧凸 9 例 (9.2%)、休门氏病后凸畸形 2 例 (2.0%)、综合征型脊柱侧凸 2 例 (2.0%)。所有患者中, 行 Smith-Petersen 截骨术 (Smith-Petersen osteotomy, SPO) 31 例 (31.7%), 经椎弓根截骨术 (pedicle subtraction osteotomy, PSO) 9 例 (9.2%), 全脊椎截骨术 (vertebral column resection, VCR) 7 例 (7.1%)。另外, 有 19 例 (19.4%) 患者应用了顶椎区或截骨区卫星棒技术。本研究获本单位伦理委员会批准。

纳入标准:(1)年龄 $\geq 18$ 岁;(2)患者术前满足以下至少一项:①Cobb角 $\geq 20^\circ$ ,②矢状面偏移(sagittal vertical axis,SVA) $\geq 5\text{cm}$ ,③骨盆倾斜角(pelvic tilt,PT) $\geq 25^\circ$ ,④胸椎后凸角(thoracic kyphosis,TK) $\geq 60^\circ$ ;(3)后路融合 $\geq 4$ 个节段;(4)随访 $\geq 2$ 年。排除标准:(1)既往有其他脊柱手术史;(2)随访中临床及影像学资料不全。

## 1.2 数据测量和收集

记录患者术前侧凸类型、主弯侧凸角度,在术后站立位全脊柱侧位X线片上测量:(1)骨盆入射角(pelvic incidence,PI),矢状面上S1上终板的垂线与S1上终板中点与两股骨头中心连线的中点连线间的夹角;(2)骶骨倾斜角(sacral slope,SS),S1上终板与水平线之间的夹角;腰椎前凸(lumbar lordosis,LL),S1上终板与L1上终板在矢状面上的夹角;下腰椎前凸(lower lumbar lordosis,LLL),S1上终板与L4上终板在矢状面上的夹角;躯干整体倾斜(global tilt,GT),矢状面上S1与C7中心的连线和S1上终板中点与两股骨头中心连线的中点连线间的夹角。GAP评分各相对参数的计算方法见图1。

根据 Yilgor 等<sup>[8]</sup>提出的计算方法,GAP评分共包括5个参数,评分标准见表1。

所有患者影像学资料由3名熟练掌握脊柱矢状面影像学参数测量的脊柱外科医师分别在电脑上使用 Surgimap(美国,Version 2.2.15.4)测算2次,2次测算之间间隔约2周。上述3名脊柱外科医师已经分别独自阅读过 Yilgor 等<sup>[8]</sup>关于GAP评分的原著,并在研究开始前分别随机对10例ASD患者术后矢状面立位全脊柱侧位片进行了GAP评分计算方法的核对检查,经互相仔细核对后认为3人均已经掌握了GAP评分的计算。以上用于核对的病例资料不包括在本研究纳入样本中。取3名医师影像学测量结果的平均值计算GAP评分。

5个参数得分之和即为最终GAP评分。根据测量结果将所有患者分成协调组:GAP评分0~2分者;中等不协调组:GAP评分3~6分者;严重不协调组:GAP评分7~13分者。

## 1.3 术后力学并发症

本研究纳入的术后力学并发症包括:(1)内固定失败,包括断钉、断棒和松动等;(2)PJK:术后

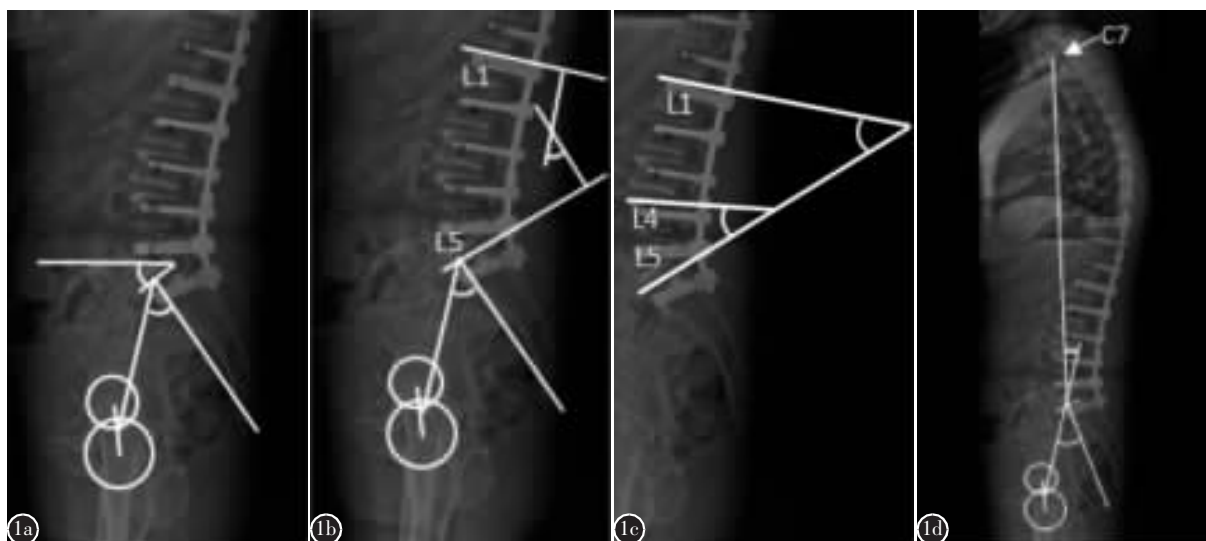


图1 GAP评分的影像学参数 a 相对骨盆倾斜(relative pelvic version,RPV):指实际测量SS与理想SS的差值,其中理想 $SS=0.59 \times PI + 9^\circ$  b 腰椎前凸分布指数(lordosis distribution index,LDI):指LLL占LL的比例。腰椎前凸分布指数的计算公式为 $LDI=LLL/LL \times 100\%$  c 相对腰椎前凸(relative lumbar lordosis,RLL):指实际测量LL与理想LL的差值,其中理想 $LL=0.62 \times PI + 9^\circ$  d 相对脊柱骨盆平衡(relative spinopelvic alignment,RSA),指实际测量GT与理想GT的差值,其中理想 $GT=0.48 \times PI + 9^\circ$

Figure 1 The global alignment and proportion(GAP) score included four radiographic parameters a Relative pelvic version(RPV): measured SS minus ideal SS, ideal  $SS=0.59 \times PI + 9^\circ$  b Lordosis distribution index(LDI): the value of  $LLL/LL \times 100\%$  c Relative lumbar lordosis(RLL): measured LL minus ideal LL, ideal  $LL=0.62 \times PI + 9^\circ$  d Relative spinopelvic alignment(RSA): measured GT minus ideal GT

上端固定椎(upper instrumented vertebra,UIV)下终板和上端固定椎近端第 2 个椎体上终板间夹角在随访中增加超过 10°;(3)PJF:UIV 或其近端第 1 个椎体处骨折、滑脱或内固定钉脱出;(4)DJK/DJF:术后下端固定椎(lower instrumented vertebra,LIV)上终板与其下一个椎体下终板夹角在随访中增加超过 10°,或 LIV 处内固定钉脱出。

1.4 生活质量评分

收集所有患者术前及末次随访时 Oswestry 功能障碍指数问卷表 (Oswestry disability index, ODI)、疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)和健康调查简表(the MOS item short form health survey,SF-36)问卷结果。SF-36 量表评价用于评价患者生理功能、生理职能、躯体疼痛、总体健康、活力、社会功能、情感职能和精神健康等八个维度的结果。前 4 个维度记录为生理职能总分,后 4 个维度记录为心理职能总分,两者总分均为 100 分,得分越高表示患者生活质量越高。

1.5 数据统计与分析

应用 SPSS(美国,Version 1.0.0-3239)软件进行统计分析。数据测量一致性检验分析应用 Kappa 值来表示<sup>[9]</sup>,Kappa 值在 0.41~0.60 表明一致性为一般可信(中等),Kappa 值在 0.61~0.80 表明一致性为基本可信(良好),在 0.81~1.00 表明一致性为完全可信(极好)。协调组、中等不协调组和严重不协调组之间并发症发生率比较采用卡方检验,通过 F 检验比较三组间患者生活质量结果,以 P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

3 名观察者共进行了 588 次 (98×3×2) 次评

分。纳入协调组共 192(32.7%)次、中等不协调组共 250(42.5%)次、严重不协调组共 146(24.8%)次。观察者间平均可重复性 Kappa 值为 0.765 (0.720~0.811)属于“基本可信”(表 2),观察者内平均可重复性 Kappa 值为 0.822(0.812~0.828)属于“完全可信”(表 3)。

所有患者平均随访时间为 34.4±9.3 个月,其中共 15 例(15.3%)患者发生力学并发症,包括内固定断裂 5 例(8.2%)、PJK 9 例(9.2%)、螺钉松动 1 例(1.0%),协调组、中等不协调组和严重不协调组分别纳入 33(33.7%)、41(41.8%)和 24(24.5%)例患者,并发症发生率分别为 9.1%(3/33)、14.6%(6/41)和 25.0%(6/24)。卡方检验结果显示 3 组之间并发症发生率无显著差别 ( $\chi^2=2.74, P=0.254$ )。三组患者术前生活质量评分未见明显差异 (ODI: P=0.167;VAS:P=0.668;SF-36 生理功能评分:P=0.896;SF-36 心理功能评分:P=0.211)。末次随访时发现 ODI 和 SF-36 生理功能评分在三组间存在差异 (P<0.05),而 VAS 和 SF-36 心理功能评分无组间差异 (P>0.05,表 4)。

3 讨论

目前,脊柱外科学界已普遍认为,矢状面畸形的良好矫正是 ASD 患者术后获得满意的生活质量改善及较低的术后力学并发症发生率的重要因素<sup>[2,10,11]</sup>。Schwab 等<sup>[12]</sup>提出 ASD 患者术后理想的矢状面形态应该为 SVA≤4cm,PT≤20°和 PI-LL≤9°。有研究表明,Schwab 分型的矢状面指标可以较好地反映患者的生活质量,并对治疗方案的制定有一定指导作用<sup>[13]</sup>。随后,Lafage 等<sup>[14,15]</sup>指出不同年龄段患者理想的脊柱骨盆关系也存在差异,

表 1 GAP 评分的组成和计算方法

Table 1 The component and calculation of the global alignment and proportion GAP score

相对骨盆倾斜 RPV	得分 Score	腰椎前凸分布指数 LDI	得分 Score	相对腰椎前凸 RLL	得分 Score	相对脊柱骨盆平衡/RSA	得分 Score	年龄(岁) Age(years)	得分 Score
<-15°	3	<40%	2	<-25°	3	>18°	3	<60	0
-15°~-7.1°	2	40%~49%	1	-25°~-14.1°	2	10.1°~18°	1		
-7°~5°	0	50%~80%	0	-14°~11°	0	-7°~10°	0	≥60	1
>5°	1	>80%	3	>11°	3	<-7°	1		

注:5 项指标之和即为最终 GAP 得分。其中 0~2 分定义为协调,3~7 分定义为中等不协调,8~13 分为严重不协调

Note: Patients are given a score, which are summarized as the total GAP score. The GAP score from 0 to 2 was defined as proportioned, from 3 to 7 as moderately disproportioned and from 8 to 13 as severely disproportioned



而采用个性化的矫形策略有助于减少术后 PJK 等力学并发症的发生。另一方面,既往文献报道脊柱-骨盆矢状面形态在正常人群中亦存在较大的变异<sup>[16,17]</sup>,Chong 等<sup>[18]</sup>提出对于 PI 为 30°~35°、40°~50°和 55°~60°的患者,其理想的最大腰椎前凸分别适用 PI+10°、PI+5°和 PI+0°的预测值。故即使对于同一年龄段的患者,Schwab 分型对脊柱外科手术的指导也存在一定局限性。Soroceano 等<sup>[19]</sup>的一项多中心研究中指出,即使采用 Schwab 分型所建议的矫形目标,术后内固定并发症发生率仍可能高达 31.7%。2017 年 Yilgor 等<sup>[8]</sup>指出,既往研究对矢状面平衡的重建仅仅提出了描述性而非分析性的建议,而理想的脊柱矢状面参数之间应当呈相互协调的关系,因此 Yilgor 等基于该理念提出了 GAP 评分,并认为 GAP 评分可以更个性化地评估和指导脊柱矢状面形态的重建。

既往研究<sup>[20]</sup>报道 Schwab 分型的观察者间可信心度 Kappa 值为 0.73,观察者内可重复性 Kappa

值为 0.83,分别提示为“基本可信”和“完全可信”。本研究中对 GAP 评分的测算同样表现出了“基本可信”的观察者间可信心度(Kappa 值=0.765)和“完全可信”的观察者内可重复性(Kappa 值=0.822)。笔者经验表明,ASD 患者术中行腰椎截骨对 GAP 评分具有较大影响,尤其是对于行 L1 及 L4 椎体截骨的患者,在行 LDI 和 RLL 测量时,因截骨影响终板的判断,可能会引起较大的测量误差。另外,由于 GAP 评分的计算较为复杂,在临床实践中 Schwab 分型仍是更加简便而直观的评估方法,而 GAP 评分则更适用于术前计划和科学研究。

目前,关于 GAP 评分对于 ASD 患者术后力学并发症的预测方面,既往研究所报道结论不尽相同。Jacobs 等<sup>[21]</sup>回顾性分析了 39 例 ASD 患者,根据随访结果将其分为正常、待翻修和翻修三组,评估各组手术前后的 GAP 评分结果。作者发现在术前 GAP 评分相似的情况下,正常组术后 GAP 评分明显较待翻修组( $P<0.01$ )和翻修组( $P=0.05$ )

表 2 GAP 评分观察者间分组一致例数 (n)

Table 2 Inter-observer reproducibility of the GAP

categories	categories		
	观察者 1-2 Observer 1-2	观察者 2-3 Observer 2-3	观察者 1-3 Observer 1-3
协调组 Proportion group	24	28	27
中等不协调组 Moderate disproportiongroup	35	36	39
严重不协调组 Severe disproportion group	21	19	20
合计 Total	80	83	86
Kappa	0.720	0.764	0.811

表 3 GAP 评分观察组内两次分组一致例数 (n)

Table 3 Intra-observer reproducibility of the GAP

categories	categories		
	观察者 1 Observer 1	观察者 2 Observer 2	观察者 3 Observer 3
协调组 Proportion group	24	29	30
中等不协调组 Moderate disproportion group	38	36	38
严重不协调组 Severe disproportion group	24	22	19
Kappa	0.812	0.828	0.826

表 4 术前患者生活质量评分结果

Table 4 Health-related quality of life of patients in scores before operation

	ODI		VAS		SF-36 生理功能总分 SF-36 PCS		SF-36 心理功能总分 SF-36 MCS	
	术前 Preoperative	末次随访 Final follow up	术前 Preoperative	末次随访 Final follow up	术前 Preoperative	末次随访 Final follow up	术前 Preoperative	末次随访 Final follow up
	协调组 Proportion group	38.6±12.8	16.1±10.9	4.3±2.1	1.6±1.1	35.9±13.9	54.7±17.9	37.1±14.6
中等不协调组 Moderate disproportion group	39.5±10.7	19.2±10.1	4.9±1.8	1.6±1.0	37.5±16.2	49.2±18.8	40.4±18.5	49.2±18.8
严重不协调组 Severe disproportion group	42.9±14.0	24.2±13.9	4.7±2.2	1.8±1.1	36.8±13.9	40.5±21.1	42.1±19.0	40.5±21.1
P值 P value	0.167	0.038	0.668	0.729	0.896	0.020	0.211	0.277

注:ODI,Oswestry 功能障碍指数;VAS,疼痛视觉模拟评分;SF-36,健康调查简表

Note: ODI, Oswestry disability index; VAS, visual analogue scale; SF-36, the MOS item short form health survey

组低,作者据此认为 GAP 评分可以预测 ASD 患者术后力学并发症的发生。Bari 等<sup>[22]</sup>在一项包括 149 例 ASD 患者的回顾性分析中,发现 GAP 评分结果为“协调”、“中等不协调”及“严重不协调”的患者发生力学并发症的比例分别为 45.0%(18/40),50.0%(32/64)和 51.1%(23/45),且患者术后早期 GAP 评分结果与术后力学并发症的发生之间没有明显相关性( $P=0.39$ )。对于这一结果,该作者认为术后早期矢状面的形态并非力学并发症发生的唯一危险因素,并进一步指出人群差异、肥胖、骨质疏松等均与力学并发症的发生相关<sup>[22-24]</sup>。本研究中协调组、中等不协调组和严重不协调组 ASD 患者力学并发症的发生率分别为 9.1%、14.6%和 25.0%,较 Bari 等<sup>[22]</sup>及 Yilgor 等<sup>[8]</sup>所报道的发生率相对较低,且三组间力学并发症的发生率并无统计学差异。笔者认为,除 Bari 等<sup>[22]</sup>论述的危险因素外,患者手术及内固定方式也是影响患者力学并发症发生率的重要因素。既往研究表明三柱截骨是 ASD 患者术后发生力学并发症的主要危险因素之一<sup>[25,26]</sup>,而在本研究中,共 16 例(16.3%)患者行三柱截骨术(PSO 及 VCR),且 19 例(19.4%)患者应用了顶椎区或截骨区卫星棒技术,相对较少的三柱截骨病例及广泛应用的卫星棒技术是本研究中 ASD 患者力学并发症发生率相对较低的可能原因之一<sup>[27-29]</sup>。另外,已有研究表明中国成年人的脊柱-骨盆矢状面参数与高加索人群、非洲裔人群等存在显著差异<sup>[5,30]</sup>,这可能是导致其在本研究中对力学并发症预测效果不佳的原因之一,因此基于欧美人群提出的 GAP 评分需要针对中国人群进行修正。

本研究评估了 GAP 评分在 ASD 患者术后力学并发症预测中的准确性和可靠性,结果表明 GAP 评分的结果与 ASD 患者术后力学并发症的发生率无明显相关性。但本研究仍有不足之处:(1)本研究纳入的病例数相对较少,尚不足以详细评估 GAP 评分各个子参数的预测能力,以及 GAP 评分与不同类型并发症之间的相关性;(2)GAP 评分与患者生活质量的关系尚不明确,因此仍需后续研究进一步证实;(3)对于不同病因学及采用不同手术方式治疗的 ASD 患者,GAP 评分预测的准确性是否存在差异仍有待进一步扩大样本研究。

#### 4 结论

综上所述,GAP 评分具有良好的观察者间和观察者内的可信度和可重复性,但 ASD 患者术后力学并发症的发生率与 GAP 评分的结果无显著关联。因此,临床上需要对 GAP 评分进行修正和进一步验证后才能应用于我国成人脊柱畸形人群矫形术后力学并发症的预测。

#### 5 参考文献

- Glassman SD, Berven S, Bridwell K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis [J]. *Spine*, 2005, 30(6): 682-688.
- Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, et al. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity [J]. *Spine*, 2005, 30(18): 2024-2029.
- Bridwell KH, Glassman S, Horton W, et al. Does treatment (nonoperative and operative) improve the two-year quality of life in patients with adult symptomatic lumbar scoliosis: a prospective multicenter evidence-based medicine study [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(20): 2171-2178.
- Smith JS, Shaffrey CI, Glassman SD. Risk-benefit assessment of surgery for adult scoliosis: an analysis based on patient age[J]. *Spine*, 2011, 36(10): 817-824.
- Zhu Z, Xu L, Zhu F, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis in asymptomatic adults[J]. *Spine*, 2014, 39(1): E1-E6.
- Schwab FJ, Hawkinson N, Lafage V, et al. Risk factors for major peri-operative complications in adult spinal deformity surgery: a multi-center review of 953 consecutive patients[J]. *Euro Spine J*, 2012, 21(12): 2603-2610.
- Bianco K, Schwab FJ, Norton RP, et al. Complications and intercenter variability of three-column osteotomies for spinal deformity surgery: a retrospective review of 423 patients [J]. *Neurosurg Focus*, 2014, 36(5): E18.
- Yilgor C, Sogunmez N, Boissiere L, et al. Global alignment and proportion(GAP) score: development and validation of a new method of analyzing spinopelvic alignment to predict mechanical complications after adult spinal deformity surgery [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2017, 99(19): 1661-1672.
- Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data[J]. *Biometrics*, 1977, 33(1): 159-174.
- Schwab F, Farcy JP, Bridwell K, et al. A clinical impact classification of scoliosis in the adult[J]. *Spine*, 2006, 31(18): 2109-2114.
- Yagi M, Akilah KB, Yagi M, et al. Incidence, risk factors and classification of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis[J]. *Spine*, 2011, 36(1): E60-68.
- Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis research society-schwab adult spinal deformity classification: a valida-

- tion study[J]. *Spine*, 2012, 37(12): 1077-1082.
13. Terran J, Schwab F, Shaffrey CI, et al. The SRS-Schwab adult spinal deformity classification: assessment and clinical correlations based on a prospective operative and nonoperative cohort[J]. *Neurosurgery*, 2013, 73(4): 559-568.
  14. Lafage R, Schwab F, Challier V, et al. Defining spino-pelvic alignment thresholds: should operative goals in adult spinal deformity surgery account for age[J]. *Spine*, 2016, 41(1): 62-68.
  15. Lafage R, Schwab F, Glassman S, et al. Age-adjusted alignment goals have the potential to reduce PJK[J]. *Spine*, 2017, 42(17): 1275-1282.
  16. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, et al. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87(2): 260-267.
  17. Le Huec JC, Hasegawa K. Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(11): 3630-3637.
  18. Lee CS, Chung SS, Park SJ, et al. Simple prediction method of lumbar lordosis for planning of lumbar corrective surgery: radiological analysis in a Korean population[J]. *Eur Spine J*, 2013, 23(1): 192-197.
  19. Soroceanu A, Diebo BG, Burton D, et al. Radiographical and implant-related complications in adult spinal deformity surgery: incidence, patient risk factors, and impact on health-related quality of life[J]. *Spine*, 2015, 40(18): 1414-1421.
  20. Liu Y, Liu Z, Zhu F, et al. Validation and reliability analysis of the new SRS-Schwab classification for adult spinal deformity[J]. *Spine*, 2013, 38(11): 902-908.
  21. Abbasi M, Zahabi SS, Naderi M. Prediction of mechanical complications in adult spinal deformity surgery: methodological issues[J]. *Spine J*, 2019, 19(5): 959.
  22. Bari TJ, Ohrt-Nissen S, Hansen LV, et al. Ability of the global alignment and proportion score to predict mechanical failure following adult spinal deformity surgery-validation in 149 patients with two-year follow-up [J]. *Spine Deform*, 2019, 7(2): 331-337.
  23. Wang H, Ding W, Ma L, et al. Prevention of proximal junctional kyphosis: are polyaxial pedicle screws superior to monoaxial pedicle screws at the upper instrumented vertebrae[J]. *World Neurosurg*, 2017, 101: 405-415.
  24. Kim DK, Kim JY, Kim DY, et al. Risk factors of proximal junctional kyphosis after multilevel fusion surgery: more than 2 years follow-up data[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2017, 60(2): 174-180.
  25. 汪飞, 邱勇, 钱邦平, 等. 后路全脊椎截骨治疗严重脊柱畸形内固定棒断裂危险因素分析[J]. *中华骨科杂志*, 2012, 32(10): 946-950.
  26. 吕国华, 王孝宾, 王冰, 等. 一期后路全脊椎切除术治疗重度僵硬性胸腰椎畸形的并发症分析[J]. *中华外科杂志*, 2010, 48(22): 1709-1713.
  27. Sun X, Zhu ZZ, Chen X, et al. Posterior double vertebral column resections combined with satellite rod technique to correct severe congenital angular kyphosis [J]. *Orthop Surg*, 2016, 8(3): 411-414.
  28. Zhu ZZ, Chen X, Qiu Y, et al. Adding satellite rods to standard two-rod construct with the use of duet screws: an effective technique to improve surgical outcomes and preventing proximal junctional kyphosis in posterior-only correction of scheuermann kyphosis[J]. *Spine*, 2018, 43(13): E758-E765.
  29. 史本龙, 刘臻, 朱泽章, 等. 卫星棒技术在脊柱三柱截骨矫形术后断棒翻修中的应用[J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36(22): 1410-1416.
  30. Hideyuki A, Dimar JR, Glassman SD, et al. Differences in lumbar and pelvic parameters among African American, Caucasian and Asian populations[J]. *Eur Spine J*, 2018, 27(12): 2990-2998.

(收稿日期:2020-03-18 修回日期:2020-05-28)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 姜雅浩)