

临床论著

色努支具治疗青少年特发性脊柱侧凸的
疗效及弯型变化分析

侯昊, 郭东, 刘昊楠, 罗焱中, 姚子明, 冯磊, 张学军

(国家儿童医学中心 首都医科大学附属北京儿童医院骨科 100045 北京市)

【摘要】目的:分析色努支具治疗青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)的临床疗效,探讨治疗过程中的弯型变化。**方法:**2016年10月~2021年11月采用色努支具治疗 AIS 患者 75 例,其中女性 69 例,男性 6 例,初始年龄 11.9 ± 1.0 岁,初始主弯 Cobb 角 $29.8^\circ\pm 8.5^\circ$,初始 Risser 征 ≤ 2 级。收集患者的临床及影像学资料,包括年龄、性别、初潮时间、每日佩戴时长、初次治疗前和末次随访时的脊柱全长 X 线片。所有患者随访至结束支具治疗后 1 年。使用主弯分型和改良 Lenke 分型(modified Lenke classification system, mLenke)统计患者弯型,分析不同弯型患者的支具疗效和弯型变化情况。**结果:**所有患者经过 25.7 ± 10.8 个月的支具治疗,结束支具治疗时年龄 14.2 ± 1.2 岁,主弯 Cobb 角 $27.6^\circ\pm 12.0^\circ$ 。其中 63 例患者侧凸控制,12 例患者侧凸进展,23 例患者接受手术治疗。主腰弯型患者支具成功率和侧凸控制率高于主胸弯患者 ($P=0.043, P=0.003$)。各 mLenke 分型患者的支具治疗成功率及侧凸控制率存在差异 ($P<0.001, P=0.005$),其中, V 型患者支具成功率和侧凸控制率最高, IV 型患者支具治疗成功率最低, II 型患者侧凸控制率最低。支具治疗前后,各主弯分型患者数量比例存在差异 ($P=0.019$),各 mLenke 分型患者数量比例无统计学差异 ($P=0.071$)。各主弯分型 ($P<0.001$) 和各 mLenke 分型 ($P=0.020$) 的弯型变化率存在差异。两种弯型分类系统中,弯型变化患者和未变化患者的支具治疗成功率和侧凸控制率未见明显差异。**结论:**不同弯型 AIS 患者的色努支具疗效存在差异,以胸弯为主弯的患者相较于以腰弯为主弯的患者支具疗效较差;治疗过程中患者可能发生以主弯上移为趋势的弯型变化;不同弯型患者的弯型变化率和弯型转归不同,弯型变化也可发生于侧凸控制或矫正的患者中。

【关键词】青少年特发性脊柱侧凸;色努支具;弯型;保守治疗

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2023.11.02

中图分类号:R682.3, R608 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2023)-11-0970-08

Analysis of the efficacy of Cheneau brace in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis and evolution of the curve types during brace treatment/HOU Hao, GUO Dong, LIU Haonan, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2023, 33(11): 970-977

【Abstract】 Objectives: To analyze the clinical efficacy of Cheneau brace in adolescent idiopathic scoliosis (AIS) patients and to discuss the changes of curve type during the treatment. **Methods:** 75 patients with AIS treated with Cheneau brace from October 2016 to November 2021 were included. There were 69 females and 6 males, averaged 11.9 ± 1.0 years old when starting to wear the brace, with a mean initial main curve Cobb angle of $29.8^\circ\pm 8.5^\circ$ and an initial Risser's sign ≤ 2 . Clinical and imaging data were collected, including age, gender, menarche age, time of daily wear, and full-length radiographs of the spine before initial treatment and at the final follow-up. All the patients were followed up for 1 year after finishing brace treatment. The curve types of the patients were counted using the main curve type and the modified Lenke classification system(mLenke), and changes in curve types and the efficacy of bracing in patients with different curve types were analyzed. **Results:** After 25.7 ± 10.8 months of brace treatment, the patients averaged 14.2 ± 1.2 years old when finishing brace treatment, and the mean main Cobb angle was $27.6^\circ\pm 12.0^\circ$. Among the patients, scoliosis was controlled in 63 while progressed in 12, and 23 patients were treated surgically. The rates of

第一作者简介:男(1998-),硕士研究生在读,研究方向:小儿骨科

电话:(010)59616412 E-mail:hohao12388@163.com

通讯作者:郭东 E-mail:dr.guodong@vip.163.com

success of brace and control of curve were higher in patients with main lumbar curve than those in patients with main thoracic curve ($P=0.043$, $P=0.003$). There was a difference in the rate of brace success and control of curve in patients with each mLenke classification ($P<0.001$, $P=0.005$). The highest rates of brace success and control of curve were found in patients of mLenke type V, while mLenke type IV patients had the lowest success rate of brace treatment success and mLenke type II patients had the lowest rate of control of curve. Before and after brace treatment, there was a difference in the proportion of patients with each main curve type ($P=0.019$), and the proportion of patients with each mLenke classification had no statistical difference ($P=0.071$). There were differences in the rate of change of curve type in each main curve type and each mLenke classification both ($P<0.001$, $P=0.020$). No significant differences were seen in the rates of success of brace treatment and control of curve between patients with and without change in curve type under the two curve type classifications. **Conclusions:** The efficacy of Cheneau brace varies among AIS patients with different curve types. Patients with a main thoracic curve tend to have a poor response to bracing compared with patients of main lumbar curve; During the treatment with Cheneau brace, the patient's curve types may change, and the overall trend of curve type change is upward shifting of the main curve. The rate and outcome of curve type changes vary among patients with different curve types, and curve type changes may also occur in curve controlled or corrected patients.

【Key words】 Adolescent idiopathic scoliosis; Cheneau brace; Curve type; Conservative treatment

【Author's address】 Department of Orthopedics, Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, National Center for Children's Health, Beijing, 100045, China

青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)是儿童最常见的脊柱畸形,发病率为0.47%~5.20%^[1],如治疗不及时,可严重危害患者的身心健康。支具作为 AIS 主要保守治疗手段,目的是控制畸形进展,尽量避免手术。但即使严格遵守支具治疗方案,仍有 30% 的患者需要接受手术治疗^[2]。研究证实弯型是影响支具治疗效果的因素之一^[3-5],相比于胸弯,胸腰弯和腰弯因柔韧度更高因而支具治疗效果更为满意。但既往研究多根据主弯顶椎位置对弯型进行分类,即主胸弯型(主弯为胸弯)和主腰弯型(主弯为胸腰弯或腰弯),忽略了代偿弯的数量和畸形程度。研究表明在支具治疗过程中,患者的弯型可能发生变化^[6,7],但文献所使用的弯形分类系统为适用于手术治疗的 King 分型和根据国际脊柱侧凸研究学会(Scoliosis Research Society, SRS)所定义的顶椎位置而区分的冠状面分型,对于支具治疗患者缺乏敏感性。因此,本研究根据支具治疗患者畸形程度较轻的特点,结合支具设计原理,参考改良 Lenke 分型系统(modified Lenke classification system, mLenke)的结构性侧凸诊断标准,进一步分析弯型对 AIS 患者色努支具治疗效果的影响及治疗过程中的弯型变化情况,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 病例收集标准

根据 SRS 定义的支具队列标准^[8],纳入 2016 年 10 月~2021 年 11 月于北京儿童医院门诊行支具治疗的 AIS 患者。纳入标准:(1)诊断为 AIS;(2)既往无手术及支具治疗史;(3)Risser 征 ≤ 2 级;(4)Cobb 角介于 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$;(5)未出现月经初潮或距离月经初潮 1 年以内;(6)全程使用色努支具。排除标准:(1)结束支具治疗后随访时间 < 1 年;(2)依从性差(每日佩戴支具时间 < 12 h);(3)影像学资料不齐全。

1.2 支具治疗方案

本研究所使用的支具均为色努支具,是目前我国最普及的一类支具。色努支具通过被动矫正和主动矫正来实现脊柱的三维矫形,其中,被动矫正主要通过凸侧设置加压衬垫来实现,包括①冠状面的三点力系统:在顶椎施加主要矫正力,并在对侧上端、下端施以反作用力以矫正冠状面侧凸畸形;②轴面的配对力系统:由轴面上一对方向相反的矫正力组成,以矫正轴状面的椎体旋转。主动矫正则是通过在凹侧设置释放空间,利用患者的不对称呼吸运动扩张凹侧胸廓及矫正平背畸形,同时主动矫正也是色努支具相较于其他类型支具的显著特点^[9]。

支具治疗方案:初始支具佩戴时间为每天 22h。佩戴支具后每 3 个月随访 1 次,随访复查全

脊柱 X 线片前应摘下支具 24h。随访中根据患者侧凸 Cobb 角度、弯型变化情况以及生长发育情况判断是否需更换支具和调整佩戴时间。支具停止节点:初潮后 2 年;Risser 征达到 4 级和/或手骨龄片示桡骨骨骺基本闭合(Sander 征达到 7 级)。

1.3 数据收集方法

收集患者初次治疗前的数据包括年龄、性别、月经初潮状态、Risser 分期。根据患者初次治疗前和末次随访时的脊柱全长片测量 Cobb 角,测量软件为 Surgimap Spine 2.2.15(Nemaris 公司),由 2 名医师测量并取平均值。

1.4 疗效评估及弯型分类方法

本研究以支具治疗成功率及侧凸控制率评价患者的支具疗效,根据国际脊柱侧凸与康复治疗协会(SOSORT)及 SRS 共识^[10],以末次随访时 Cobb 角 $>45^\circ$ 或接受手术治疗定义为支具治疗失败,否则为支具治疗成功。将末次随访时侧凸进展超过 6° 定义为侧凸进展,否则为侧凸控制。

本研究使用主弯分型及 mLenke 分型分别统计患者弯型情况。根据患者主弯位置对主弯分型进行弯型分类:主胸弯型(主弯为胸弯)和主腰弯型(主弯为胸腰弯和腰弯)。本研究使用的 mLenke 分型与传统 Lenke 分型^[11]相似(表 1),不同之处为:①mLenke 分型中结构性侧凸的标准为大于主弯 Cobb 角的 80%或超过 20° ;②mLenke II 型和 IV 型的主弯并不限于胸弯。

1.5 统计学处理

使用 SPSS 20.0 统计学软件进行数据分析。应用 Shapiro-Wilk 法对计量资料进行正态性检验。符合正态分布的计量资料以表示;计数资料用率、构成比表示,应用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异存在统计学意义。

2 结果

2.1 纳入患者一般情况

本研究纳入 2016 年 10 月~2021 年 11 月采用色努支具治疗的 75 例 AIS 患者,其中女性 69 例,男性 6 例,初次接受支具治疗时的平均年龄为 11.9 ± 1.0 岁,初次治疗前 Risser 征 0 级患者 29 例,1 级患者 26 例,2 级患者 20 例。初始平均主弯 Cobb 角 $29.8^\circ\pm 8.5^\circ$ 。平均支具治疗时间为 25.7 ± 10.8 个月。结束支具治疗时患者平均年龄为 14.2 ± 1.2 岁,平均主弯 Cobb 角为 $27.6^\circ\pm 12.0^\circ$ 。其

中 63 例患者侧凸控制,12 例患者侧凸进展,23 例患者接受手术治疗。

2.2 不同弯型患者的支具疗效

在支具成功率方面,主腰弯患者(80.6%)高于主胸弯患者(59.0%),存在统计学差异($\chi^2=4.101, P=0.043$)。不同 mLenke 分型患者的支具成功率存在统计学差异($P<0.001$),其中 V 型患者支具治疗成功率最高(100.0%),IV 型患者支具治疗成功率最低(22.2%)(表 2)。

在侧凸控制率方面,主腰弯型患者(97.2%)高于主胸弯型患者(71.8%),存在统计学差异($\chi^2=9.006, P=0.003$)。不同 mLenke 分型患者的侧凸控制率存在明显差异($P=0.005$)。其中 V 型患者侧凸控制率最高(100.0%),II 型患者侧凸控制率最低(40.0%)(表 2)。

2.3 患者弯型变化情况

如表 3 示,末次随访时主胸弯型患者数量增加,主腰弯型患者数量减少。同时,末次随访时 mLenke III 型、V 型和 VI 型比例降低, I 型、II 型和 IV 型患者比例提高,其中所增加的 7 例 IV 型患者均以胸弯为主弯(图 1)。支具治疗前后,主胸弯型与主腰弯型患者比例存在统计学差异($\chi^2=5.488, P=0.019$),各 mLenke 分型患者比例无统计学差异($\chi^2=10.163, P=0.071$)。

表 1 mLenke 分型分类方法

Table 1 The classification method used by mLenke classification

	上胸弯 (UTC) Upper thoracic curve	胸弯 (TC) Thoracic curve	胸腰弯 /腰弯 (TLC/LC) Thoracolumbar/ Lumbar curve	主弯 Primary curve
I 型 Type I	非结构性 Unstruc- tured	结构性 Struc- tured	非结构性 Unstructured	TC
II 型 Type II	结构性 Structured	结构性 Struc- tured	非结构性 Unstructured	UTC/TC
III 型 Type III	非结构性 Unstruc- tured	结构性 Struc- tured	结构性 Structured	TC
IV 型 Type IV	结构性 Structured	结构性 Struc- tured	结构性 Structured	UTC/TC/ TLC/LC
V 型 Type V	非结构性 Unstruc- tured	非结构性 Unstruc- tured	结构性 Structured	TLC/LC
VI 型 Type VI	非结构性 Unstruc- tured	结构性 Struc- tured	结构性 Structured	TLC/LC

主胸弯型与主腰弯型患者的弯型变化率存在明显差异($\chi^2=14.258, P<0.001$)。末次随访时 39 例主胸弯患者, 仅有 2 例发生主弯分型的变化, 其弯型变化原因为主弯 Cobb 角 $<10^\circ$, 因此未纳入末次弯型统计。36 例主腰弯型患者中, 15 例发生弯型变化, 其中 14 例转为主胸弯型, 1 例患者末次随访时主弯 Cobb 角 $<10^\circ$ 。47 例患者 mLenke 分型发生变化, 各分型患者的弯型变化率存在统计学差异($\chi^2=13.341, P=0.020$)。mLenke III 型变化率最高(88.2%)。mLenke V 型患者变化率最低(36.8%) (表 3)。

mLenke 分型变化 (除外末次随访时主弯 Cobb 角 $<10^\circ$ 的患者) 的原因分为 5 类: ①15 例

(34.1%) 因上段侧凸进展为结构性; ②5 例(11.4%)因下段侧凸进展为结构性; ③2 例(4.5%)因上段侧凸矫正为非结构性; ④11 例(25.0%)因下段侧凸矫正为非结构性; ⑤6 例(13.6%)因上段侧凸进展为结构性同时下段侧凸矫正为非结构性; ⑥5 例(11.4%)因主弯由下段结构性侧凸转移至上段。

2.4 弯型变化与未变化患者支具疗效对比

主弯分型变化和未变化患者支具成功率($\chi^2=0.007, P=0.932$)和侧凸控制率($\chi^2=0.842, P=0.359$)均无统计学差异。mLenke 分型变化和未变化患者支具成功率($\chi^2=0.013, P=0.911$)和侧凸控制率($\chi^2=1.662, P=0.197$)均无统计学差异(表 5)。

表 2 不同弯型患者的支具疗效

Table 2 Comparison of therapeutic effects of brace in patients with different curve types

	支具成功(%) Brace success	支具失败(%) Brace failure	P值 P value	侧凸控制(%) Curve control	侧凸进展(%) Curve progression	P值 P value
主胸弯型 Main thoracic type	23(59.0)	16(41.0)	0.043	28(71.8)	11(28.2)	0.003
主腰弯型 Main lumbar type	29(80.6)	7(19.4)		35(97.2)	1(2.8)	
mLenke I 型 mLenke type I	6(75.0)	2(25.0)	<0.001	6(75.0)	2(25.0)	0.005
mLenke II 型 mLenke type II	2(40.0)	3(60.0)		2(40.0)	3(60.0)	
mLenke III 型 mLenke type III	13(76.5)	4(23.5)		14(82.4)	3(17.6)	
mLenke IV 型 mLenke type IV	2(22.2)	7(77.8)		6(66.7)	3(33.3)	
mLenke V 型 mLenke type V	19(100.0)	0(0.0)		19(100.0)	0(0.0)	
mLenke VI 型 mLenke type VI	10(58.8)	7(41.2)		16(94.1)	1(5.9)	

表 3 不同弯型患者的支具治疗前后例数及弯型变化率

Table 3 The number of cases before and after brace treatment and the rate of change of the curve type in patients with different curve types

	初次治疗前例数(%) Cases before initial treatment	末次随访时例数(%) Cases at the final follow-up	P值 P value	变化(%) Changed	未变化(%) Unchanged	P值 P value
主胸弯型 Main thoracic type	39(52.0)	51(70.8)	0.019	2(5.1)	37(94.9)	<0.001
主腰弯型 Main lumbar type	36(48.0)	21(29.2)	—	15(41.7)	21(58.3)	—
mLenke I 型 mLenke type I	8(10.7)	11(15.3)	0.071	6(75.0)	2(25.0)	0.020
mLenke II 型 mLenke type II	5(6.7)	12(16.7)	—	4(80.0)	1(20.0)	—
mLenke III 型 mLenke type III	17(22.7)	12(16.7)	—	15(88.2)	2(11.8)	—
mLenke IV 型 mLenke type IV	9(12.0)	16(22.2)	—	4(44.4)	5(55.6)	—
mLenke V 型 mLenke type V	19(25.3)	12(16.7)	—	7(36.8)	12(63.2)	—
mLenke VI 型 mLenke type VI	17(22.7)	9(12.5)	—	11(64.7)	6(35.3)	—

3 讨论

目前认为 AIS 患者在骨骼发育成熟前脊柱畸形会逐渐加重：骨骼发育成熟后，30° 以内的侧凸可长期维持稳定，若畸形超过 50°，患者成年后畸形仍可能进展^[12]。Weinstein 等^[2]通过多中心随机对照研究发现支具治疗患者的成功率(最终 Cobb 角 < 50°) 为 72%，观察随访的患者成功率为 48%，证实支具能够改变 AIS 的自然病程。文献报道多种因素可影响支具治疗疗效，如骨骼成熟度^[13]、每日佩戴时间^[14]、初始即刻支具矫正率^[15]、和初始 Cobb 角^[16]等，此外弯型会影响支具疗效也已成为共识^[3-5]。既往研究发现支具治疗过程中患者的弯型可能发生变化。van Rhijn 等^[6]对 50 例 AIS 患者研究后发现，Boston 支具治疗结束并随访 1 年后，7 例患者的 King 分型发生改变。Zheng 等^[7]纳入

141 例 AIS 患者，其中 39 例患者在治疗结束时发生弯型改变，其中 22 例患者因主弯位置改变发生冠状面分型改变。本研究沿用既往常用的主弯分型，同时修改了 mLenke 分型的结构性弯定义标准，对 75 例结束支具治疗并随访超过 1 年的患者进行回顾性研究，以更具体和实用的弯型分类方法，分析弯型对支具疗效的影响以及支具治疗过程中的弯型变化情况，从而指导临床工作。

3.1 mLenke 分型系统

探讨弯型对支具疗效的影响及支具治疗过程中弯型的变化均需适用的弯型分型系统。Sanders 等^[16]首次描述了基于 Lenke 分型的 mLenke 分型，但未定义结构性侧凸的标准。Thompson 等^[17]首次定义代偿弯 Cobb 角大于主弯的 80% 时为结构性侧凸。随后 Strube 等^[18]将结构性侧凸的标准定义

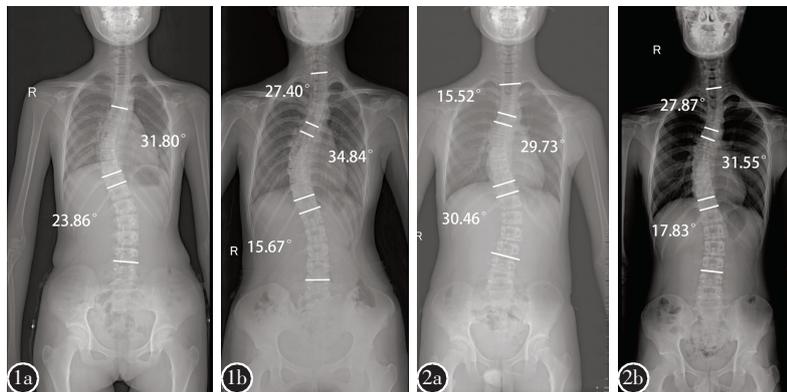


图 1 病例 1 a 女孩，初始治疗时年龄 11 岁零 3 个月，Risser 征 0 级，未经历月经初潮 b 经过 50 个月的色努支具治疗后，因上胸弯进展和腰弯矫正，mLenke 分型由 III 型转为 II 型。图 2 病例 2 a 男孩，初始治疗时年龄 12 岁零 1 个月，Risser 征 2 级 b 经过 41 个月的色努支具治疗后，因上胸弯进展和腰弯矫正，mLenke 分型由 VI 型转为 II 型。

Figure 1 Case 1 a A girl, aged 11 years and 3 months, with Risser's sign grade 0, did not experience first menstruation at the time of initial treatment b After 50 months of treatment with Cheneau brace, the mLenke type was changed from type III to type II due to progression of upper thoracic curve and correction of lumbar curve.

Figure 2 Case 2 a A boy, age 12 years and 1 month, with Risser's sign grade 2 at initial treatment b After 41 months of treatment with Cheneau brace, the mLenke type was changed from type VI to type II due to progression of upper thoracic curve and correction of lumbar curve.

表 4 mLenke 分型变化患者弯型转归

Table 4 Curve type outcomes in patients with changes in mLenke classification

分型变化 患者例数 Cases changed in mLenke type	mLenke 分型转归[n(%)] Outcomes of mLenke type changes						
	主弯 Cobb < 10° Primary curve Cobb < 10°	I 型 Type I	II 型 Type II	III 型 Type III	IV 型 Type IV	V 型 Type V	VI 型 Type VI
I 型 Type I	6	2(33.3)	—	1(16.7)	3(50.0)	—	—
II 型 Type II	4	—	2(50.0)	—	2(50.0)	—	—
III 型 Type III	15	—	6(40.0)	5(33.3)	—	4(26.7)	—
IV 型 Type IV	4	—	—	4(100.0)	—	—	—
V 型 Type V	7	1(14.3)	1(14.3)	—	2(28.6)	—	3(42.9)
VI 型 Type VI	11	—	1(9.0)	—	5(45.5)	5(45.5)	—

为 Bending 像下代偿弯角度 $>10^{\circ}$ 。相比于 Cobb 角较大的主弯,主弯角度较小时代偿弯更易达到主弯 Cobb 角的 80%。仅以达到主弯角度的 80% 定义,可能使患者间结构性侧凸的 Cobb 角差异较大。初次佩戴支具即刻部分患者的侧凸可能实现过度矫正,Bending 像下 $>10^{\circ}$ 的标准较高。本研究认为,弯型分类系统需考虑支具设计原理。对于达到支具治疗阈值(Cobb 角 $>20^{\circ}$)的代偿弯,即使未达到上述研究标准,仍会在代偿弯顶椎位置设置三点力系统。因此超过 20° 的代偿弯应视为结构性。本研究基于以上研究基础,将结构弯的标准定义为达到主弯角度的 80% 或超过 20° ,更敏感地将双弯和三弯型患者与单弯型患者进行鉴别。

3.2 弯型对于支具疗效的影响

目前认为弯型是影响支具疗效的因素之一。Steen 等^[9]发现支具治疗的 AIS 患者中,主胸弯型患者较主腰弯型患者有更高的侧凸进展风险。Cheung 等^[14]发现在 Bending 像下主胸弯型患者柔韧性更低因而难以矫正。与既往研究一致,本研究发现主胸弯型患者支具成功率及侧凸控制率均较差。但主胸弯型中 mLenke I、II、III、IV 型患者的支具成功率及侧凸控制率差异较大,其中存在结构性上胸弯的 II、IV 型患者的支具疗效较差,而 I、III 型患者疗效较好。原因可能包括:①色努支具作为腋下型支具对上胸弯的作用力有限;②结构性上胸弯可能代偿性限制主胸弯的矫正效果;③存在结构性上胸弯的患者,其主胸弯 Cobb 角往往较大从而难以矫正。虽然本研究结构性侧凸定义标准与既往研究有所差异,但结果均提示 V 型患者的支具成功率较高^[17,18]。值得注意的是,既往研究均无 IV 型患者,原因可能与结构性侧凸定

义标准较高因而无法敏感鉴别结构性上胸弯。本研究中,IV 型患者因初始 Cobb 角较大及存在 3 个结构性侧凸,其支具成功率最低,有必要与其他分型相鉴别。

3.3 弯型变化情况

研究表明,支具治疗过程中患者的弯型可能发生变化^[6,7]。Zheng 等^[7]发现 AIS 患者在支具治疗后顶椎移位、侧凸跨度改变及冠状面分型改变,其中骨骼成熟度低和使用 Boston 支具的患者易发生弯型变化,但作者并未描述患者弯型变化的趋势。在本组患者经支具治疗后弯型呈现主弯上移的趋势:①主腰弯型患者转为主胸弯型;② mLenke V 型转为 I、III;③ VI 型患者转为 I、III 和以胸弯为主弯的 IV 型。无患者发生主弯下移。原因可能为:胸腰弯/腰弯相较于上胸弯/胸弯易于矫正;腋下型支具切迹较低和胸廓的限制,相较于胸腰弯/腰弯,上胸弯/胸弯的支具矫正力有限。

各弯型的变化比例也存在差异。主弯分型中主胸弯型患者仅有 2 例(5.1%)发生弯型变化(末次随访时主弯矫正至 10° 以下),但主腰弯型患者中,15 例(41.7%)发生弯型变化(14 例转为主胸弯型,1 例主弯矫正至 10° 以下)。mLenke IV 型、V 型变化率(44.4%、36.8%)明显较其他分型低。本研究认为,较低的弯型变化率可能与其支具预后相关:①主腰弯型患者支具疗效较好,但腰段主弯的矫正可导致主弯上移;② mLenke IV 型患者因存在 3 个结构性侧凸,支具难以矫正且仅能因侧凸矫正使结构性侧凸数量减少而发生弯型改变,本研究中 4 例 IV 型患者均因腰弯的矫正而转为 II 型;③ V 型患者的结构性胸腰弯/腰弯较易矫正,且相比于存在结构性胸弯的 VI 型患者,不易因

表 5 弯型变化与未变化患者支具疗效对比

	支具成功(%) Brace success	支具失败(%) Brace failure	P 值 P value	侧凸控制(%) Curve control	侧凸进展(%) Curve progression	P 值 P value
主弯分型 Main curve type			0.932			0.359
弯型变化 Curve type changed	14(82.4)	3(17.6)		16(94.1)	1(5.9)	
弯型未变化 Curve type unchanged	45(77.6)	13(22.4)		47(81.0)	11(19.0)	
mLenke 分型 mLenke type			0.911			0.197
弯型变化 Curve type changed	33(70.2)	14(29.8)		37(78.7)	10(21.3)	
弯型未变化 Curve type unchanged	20(71.4)	8(28.6)		26(92.9)	2(7.1)	

上胸弯代偿性进展造成弯型改变。Ⅲ型患者的弯型变化率最高(88.2%),本研究分析其原因:①主弯为结构性胸弯,Cobb角较大且支具矫正力有限,上胸弯易代偿性进展为结构性侧凸;②结构性腰弯小于主胸弯,易于矫正为非结构性。因此Ⅲ型患者的结构性侧凸的数量及位置易发生变化,从而有较高的弯型变化率。

3.4 弯型变化与支具疗效的关系

AIS 自然病史的相关研究发现胸弯进展速率高于其他节段^[19-21],并且双弯型患者的胸弯进展速率高于胸腰弯及腰弯^[22]。患者可能因侧凸进展过程中胸弯 Cobb角超过原有主弯而发生弯型变化,这也与本组患者主弯上移的弯型变化趋势相似。但本研究中主弯分型及 mLenke 分型发生变化的患者分别有 94.1%、78.7%侧凸得到控制,且弯型变化与未变化患者的支具疗效无统计学差异,因此侧凸进展并不能完全解释支具治疗过程中的弯型变化。此外,自然病史无法解释本研究中 3 类因上段侧凸进展而下段侧凸矫正而造成的 mLenke 分型变化:①10 例患者(1 例 I 型、2 例Ⅲ型、2 例 V 型、3 例 V 型、2 例 VI 型)因上段侧凸进展为结构性而转为 II 型、IV 型、Ⅲ型、VI 型、IV 型,但其下段侧凸 Cobb 角度较前降低;②5 例Ⅲ型、1 例 V 型因上胸弯/胸弯进展为结构性同时胸腰弯/腰弯矫正为非结构性转为 II、I 型;③5 例 VI 型患者因主弯由结构性腰弯上移至胸弯而转为Ⅲ型,其中 4 例腰弯 Cobb 角度较前降低。本研究认为弯型变化的原因除侧凸进展之外,主要原因可能为支具对上胸弯/胸弯控制力有限(尤其是顶椎位于 T5 以上的上胸弯),使上段侧凸进展速率较下段高,或矫正速率较下段低而造成的结构性侧凸数量及节段改变或主弯上移。因此本研究认为支具可造成患者的弯型变化。

本研究通过使用 mLenke 分型,分析了具体弯型对于色努支具疗效的影响,发现以胸弯为主弯的患者相较于以腰弯为主弯的患者色努支具疗效较差。对于此类患者,在接受支具治疗前应给予充分的告知,并且应增加随访频率。患者在支具治疗过程中可能发生以主弯上移为趋势的弯型变化,此类弯型变化多发生于以胸腰弯/腰弯为主弯的患者中,并且其与支具疗效无关。对于以胸腰弯/腰弯为主弯的患者,临床中应密切关注弯型变化情况,必要时即使更换支具以达到良好的支具

疗效。对于侧凸畸形程度接近手术阈值的患者,主弯上移的弯型变化可能有助于改善腰椎修正型,从而尽可能实现选择性胸椎融合,保留脊柱的活动度,但此结论有待进一步研究验证。本研究认为不同节段侧凸间的疗效差异及治疗过程中的变化均与色努支具的设计有关,可能有助于色努支具的设计优化。本研究也存在其他不足之处:①所有患者均来自我院一家医疗机构;②本研究样本量较少而弯型分类较多;③本研究纳入患者仅使用了色努支具,结论可能不适用于其他支具类型患者。

综上所述,不同弯型的 AIS 患者的支具疗效不同,除主弯位置之外,代偿弯的数量及侧凸程度可能影响支具疗效。患者在支具治疗过程中可能发生弯型的变化,患者整体呈现主弯上移的弯型变化趋势,此类弯型变化有别于自然病史。支具疗效较好的患者也可出现弯型变化,不同弯型患者的弯型变化率及弯型转归不同。弯型变化原因可能为色努支具对于上段侧凸控制力有限(尤其是对于上胸弯),从而造成的上下段侧凸进展或矫正速率不一致。

4 参考文献

1. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis[J]. J Child Orthop, 2013, 7(1): 3-9.
2. Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG. Effects of bracing in adolescents with idiopathic scoliosis[J]. N Engl J Med, 2013, 369(16): 1512-1521.
3. Cheung JPY, Cheung PWH, Yeng WC. Does curve regression occur during underarm bracing in patients with adolescent idiopathic scoliosis[J]. Clin Orthop Relat Res, 2020, 478(2): 334-345.
4. Cheung JPY, Cheung PWH. Supine flexibility predicts curve progression for patients with adolescent idiopathic scoliosis undergoing underarm bracing[J]. Bone Joint J, 2020, 102-b(2): 254-260.
5. Steen H, Pripp AH, Lange JE. Predictors for long-term curve progression after Boston brace treatment of idiopathic scoliosis [J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2021, 57(1): 101-109.
6. van Rhijn LW, Plasmans CM, Veraart BE. Changes in curve pattern after brace treatment for idiopathic scoliosis [J]. Acta Orthop Scand, 2002, 73(3): 277-281.
7. Zheng X, Sun X, Qian B. Evolution of the curve patterns during brace treatment for adolescent idiopathic scoliosis [J]. Eur Spine J, 2012, 21(6): 1157-1164.
8. Richards BS, Bernstein RM, D'Amato CR. Standardization of

- criteria for adolescent idiopathic scoliosis brace studies: SRS Committee on Bracing and Nonoperative Management[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(18): 2068–2077.
9. Rigo M, Jelacic M. Brace technology thematic series: the 3D Rigo Chêneau-type brace [J]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2017, 12: 10.
10. Negrini S, Hresko TM, O'Brien JP. Recommendations for research studies on treatment of idiopathic scoliosis: consensus 2014 between SOSORT and SRS non-operative management committee[J]. *Scoliosis*, 2015, 10: 8.
11. Lenke LG, Betz RR, Harms J. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2001, 83(8): 1169–1181.
12. Weinstein SL. The natural history of adolescent idiopathic scoliosis[J]. *J Pediatr Orthop*, 2019, 39(Suppl 1): S44–S46.
13. Johnson MA, Flynn JM, Anari JB. Risk of scoliosis progression in nonoperatively treated adolescent idiopathic scoliosis based on skeletal maturity[J]. *J Pediatr Orthop*, 2021, 41(9): 543–548.
14. Konieczny MR, Hieronymus P, Krauspe R. Time in brace: where are the limits and how can we improve compliance and reduce negative psychosocial impact in patients with scoliosis: a retrospective analysis[J]. *Spine J*, 2017, 17(11): 1658–1664.
15. Aulisa AG, Galli M, Giordano M. Initial in-brace correction: can the evaluation of Cobb angle be the only parameter predictive of the outcome of brace treatment in patients with adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Children(Basel)*, 2022, 9(3): 338.
16. Sanders JO, Browne RH, McConnell SJ. Maturity assessment and curve progression in girls with idiopathic scoliosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2007, 89(1): 64–73.
17. Thompson RM, Hubbard EW, Jo CH. Brace success is related to curve type in patients with adolescent idiopathic scoliosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2017, 99(11): 923–928.
18. Strube P, Gunold M, Müller T. Influence of curve morphology and location on the efficacy of rigid conservative treatment in patients with adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Bone Joint J*, 2021, 103-b(2): 373–381.
19. Ascani E, Bartolozzi P, Logroscino CA. Natural history of untreated idiopathic scoliosis after skeletal maturity[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1986, 11(8): 784–789.
20. Weinstein SL, Ponseti IV. Curve progression in idiopathic scoliosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1983, 65(4): 447–455.
21. Ylikoski M. Growth and progression of adolescent idiopathic scoliosis in girls[J]. *J Pediatr Orthop B*, 2005, 14(5): 320–324.
22. Weinstein SL, Dolan LA, Spratt KF. Health and function of patients with untreated idiopathic scoliosis: a 50-year natural history study[J]. *JAMA*, 2003, 289(5): 559–567.

(收稿日期:2023-04-13 末次修回日期:2023-09-20)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 彭向峰)