

· 论著 ·

Halo 重力牵引辅助治疗重度先天性脊柱侧弯的临床研究



全文二维码

梁明倩 曹隽 张学军 白云松 高荣轩 高景淳 郭东 姚子明

国家儿童医学中心首都医科大学附属北京儿童医院骨科, 北京 100045

通信作者: 张学军, Email: zhan-x-j04@163.com

【摘要】 目的 评估术前 Halo 重力牵引(halo gravity traction, HGT)辅助治疗重度先天性脊柱侧弯(congenital scoliosis, CS)的临床效果。 **方法** 回顾性分析 2016 年 10 月至 2021 年 12 月首都医科大学附属北京儿童医院骨科收治的 55 例重度脊柱侧弯患儿临床资料, 其中男 28 例, 女 27 例, 年龄(9.4 ± 3.8)岁。根据病因分为先天性脊柱侧弯组(28 例)和非先天性脊柱侧弯组(27 例)。两组均接受 HGT 治疗。收集两组牵引前、牵引后及术后站立位全脊柱正侧位 X 线片, 测量主弯、代偿弯、胸椎后凸、腰椎前凸、冠状面及矢状面躯干平衡、肩高度、T1-S1 高度, 评估两组患儿畸形矫正情况及治疗效果差异。

结果 先天性脊柱侧弯组和非先天性脊柱侧弯组术前主弯 Cobb 角分别为(88.9 ± 14.1)°和(89.5 ± 17.4)°;代偿弯 Cobb 角分别为(28.8 ± 12.9)°和(33.3 ± 12.9)°;胸椎后凸分别为(74.1 ± 21.0)°和(69.9 ± 20.8)°;腰椎前凸分别为(47.9 ± 13.4)°和(38.9 ± 6.6)°;冠状面躯干平衡分别为(43.2 ± 15.5)mm 和(38.3 ± 10.2)mm;矢状面躯干平衡分别为(34.7 ± 10.5)mm 和(44.4 ± 19.8)mm;肩高度分别为(22.8 ± 11.8)mm 和(13.9 ± 12.1)mm;T1-S1 高度分别为(24.3 ± 5.4)cm 和(27.2 ± 5.2)cm。接受 HGT 治疗后, 先天性脊柱侧弯组和非先天性脊柱侧弯组主弯 Cobb 角分别为(64.2 ± 14.6)°和(53.0 ± 14.9)°;代偿弯 Cobb 角分别为(16.5 ± 10.3)°和(19.2 ± 11.0)°;胸椎后凸分别为(53.7 ± 16.9)°和(48.3 ± 14.4)°;腰椎前凸分别为(37.4 ± 7.0)°和(30.2 ± 8.0)°;冠状面躯干平衡分别为(24.6 ± 12.0)mm 和(20.3 ± 11.6)mm;矢状面躯干平衡分别为(30.7 ± 2.9)mm 和(19.1 ± 11.6)mm;肩高度分别为(12.0 ± 7.1)mm 和(7.0 ± 4.0)mm;T1-S1 高度分别为(28.1 ± 5.0)cm 和(31.5 ± 5.0)cm;较牵引前均明显改善(均 $P < 0.01$)。但两组比较, 非先天性脊柱侧弯组主弯矫正率(41.3 ± 8.7)% 高于先天性脊柱侧弯组(27.4 ± 10.9)%, 差异有统计学意义($P < 0.01$), 其他参数差异无统计学意义($P > 0.05$)。手术后, 先天性脊柱侧弯组和非先天性脊柱侧弯组主弯 Cobb 角分别为(41.7 ± 13.9)°和(37.4 ± 12.8)°;胸椎后凸分别为(40.5 ± 16.3)°和(38.4 ± 8.9)°;腰椎前凸分别为(33.4 ± 6.2)°和(25.9 ± 7.9)°;冠状面躯干平衡分别为(19.4 ± 8.2)mm 和(19.1 ± 6.0)mm;矢状面躯干平衡分别为(18.6 ± 11.2)mm 和(20.3 ± 11.4)mm;肩高度分别为(11.5 ± 7.1)mm 和(9.0 ± 5.6)mm;T1-S1 高度分别为(30.2 ± 5.4)cm 和(32.5 ± 7.1)cm;均较术前均明显改善($P < 0.01$);但两组之间改善程度比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。 **结论** HGT 治疗重度 CS 可以在术前矫正结构侧弯及代偿侧弯, 纠正冠状面及矢状面躯干偏移。虽然 CS 主弯矫正率低于非 CS, 但经过 HGT 再行手术治疗可以达到相同的最终矫正效果。

【关键词】 牵引术; 重度脊柱侧弯; 先天性脊柱侧弯; 外科手术; 儿童

基金项目: 北京医院管理局青苗计划(QML20211209); 北京人才基金(2018000021469G275)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202203039-011

Efficacy of halo gravity traction for severe congenital scoliosis

Liang Mingqian, Cao Jun, Zhang Xuejun, Bai Yunsong, Gao Rongxuan, Gao Jingchun, Guo Dong, Yao Ziming

Department of Pediatric Orthopedics, Beijing Children's Hospital, Beijing 100045, China

Corresponding author: Zhang Xuejun, Email: zhan-x-j04@163.com

【Abstract】 Objective To evaluate the efficacy of preoperative halo gravity traction (HGT) assisted surgery for severe congenital scoliosis (CS). **Methods** From October 2016 to December 2021, clinical data were retrospectively reviewed for 55 children with severe scoliosis undergoing HGT. There were 28 boys and 27 girls

with an average age of (9.4 ± 3.8) years. According to etiology, they were divided into two groups of congenital ($n = 28$) and non-congenital ($n = 27$). At pre-operation, post-traction and post-operation, radiographic films of whole spine in standing position was employed for measuring main curve, compensatory curve, thoracic kyphosis and lumbar lordosis, trunk balance in coronal and sagittal planes, shoulder height and T1 – S1 height and evaluate the improvement of deformity. And the differential efficacy was examined between two groups. **Results** Cobb angle of major bend pre-operation in congenital and non-congenital groups was $(88.9 \pm 14.1)^\circ$ and $(89.5 \pm 17.4)^\circ$; Cobb angle of compensatory bending $(28.8 \pm 12.9)^\circ$ and $(33.3 \pm 12.9)^\circ$; thoracic kyphosis $(74.1 \pm 21.0)^\circ$ and $(69.9 \pm 20.8)^\circ$; lumbar lordosis $(47.9 \pm 13.4)^\circ$ and $(38.9 \pm 6.6)^\circ$; trunk balance in coronal plane (43.2 ± 15.5) and (38.3 ± 10.2) mm; sagittal torso balance (34.7 ± 10.5) and (44.4 ± 19.8) mm; shoulder height (22.8 ± 11.8) and (13.9 ± 12.1) mm; height of T1 – S1 (24.3 ± 5.4) and (27.2 ± 5.2) cm. The above findings have demonstrated that after HGT, Cobb angle of major curvature in congenital and non-congenital groups were $(64.2 \pm 14.6)^\circ$ and $(53.0 \pm 14.9)^\circ$; Cobb angle of compensated bending $(16.5 \pm 10.3)^\circ$ and $(19.2 \pm 11.0)^\circ$; hosthoracic kypis $(53.7 \pm 16.9)^\circ$ and $(48.3 \pm 14.4)^\circ$; lumbar lordosis $(37.4 \pm 7.0)^\circ$ and $(30.2 \pm 8.0)^\circ$; trunk balance in coronal plane (24.6 ± 12.0) and (20.3 ± 11.6) mm; sagittal torso balance (30.7 ± 2.9) and (19.1 ± 11.6) mm; shoulder height (12.0 ± 7.1) and (7.0 ± 4.0) mm; T1 – S1 height (28.1 ± 5.0) and (31.5 ± 5.0) cm; there were significant improvements as compared with those pre-traction ($P < 0.01$). The correction rate of major curve in non-congenital group $(41.3 \pm 8.7)\%$ was significantly higher than that in congenital group $(27.4 \pm 10.9)\%$ after HGT ($P < 0.01$) and no differences existed in other parameters between two groups ($P > 0.05$). After operation, Cobb angle of major curvature in congenital and non-congenital groups were $(41.7 \pm 13.9)^\circ$ and $(37.4 \pm 12.8)^\circ$; thoracic kyphosis $(40.5 \pm 16.3)^\circ$ and $(38.4 \pm 8.9)^\circ$; lumbar lordosis $(33.4 \pm 6.2)^\circ$ and $(25.9 \pm 7.9)^\circ$; trunk balance in coronal plane (19.4 ± 8.2) and (19.1 ± 6.0) mm; sagittal torso balance (18.6 ± 11.2) and (20.3 ± 11.4) mm; shoulder height (11.5 ± 7.1) and (9.0 ± 5.6) mm; height of T1 – S1 (30.2 ± 5.4) and (32.5 ± 7.1) cm; there were significant improvements as compared with those pre-operation ($P < 0.01$). However, there was no inter-group difference ($P > 0.05$). **Conclusion** HGT for severe CS can correct structural scoliosis and compensatory scoliosis pre-operation, and correct trunk deviation in coronal and sagittal planes. Although the correction rate of CS is lower than that of non-CS, the final correction efficacy can be the same after HGT surgery.

【Key words】 Traction; Severe scoliosis; Congenital scoliosis; Surgical Procedures, Operative; Child

Fund program: Beijing Hospital Authority Youth Program (QML20211204); Beijing Talent Fund (2018000021469G275)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202203039-011

先天性脊柱侧弯 (congenital scoliosis, CS) 是由于椎体先天发育异常导致的脊柱三维空间的畸形, 发病率为 $0.5\% \sim 1\%$ ^[1]。目前临床上将 CS 分为三种类型: 椎体形成异常型、椎体分节异常型和混合型。CS 进展速度受发病时间、侧弯部位、畸形类型等因素影响, 存在较大的个体差异, 大部分患儿有持续进展趋势。其治疗方案包括保守治疗和手术治疗, 保守治疗包括牵引、系列石膏及支具固定, 主要起到延迟手术或辅助手术的作用^[2]。手术是 CS 的主要治疗方法, 但由于手术时往往局部畸形僵硬, 常常需要在顶椎区域进行高级别截骨才能矫正侧弯, 因此手术难度大、风险高。重度脊柱侧弯的定义目前尚不明确, 大部分学者认为侧弯超过 70° 即为重度。重度 CS 的治疗集合了重度侧弯难以矫正和先天性畸形需要复杂截骨两方面原因, 难度更

大, 风险更高。针对重度脊柱侧弯, 很多学者推荐手术前牵引, 以降低手术难度和减少并发症^[3]。儿童常采用 Halo 重力牵引 (halo gravity traction, HGT), 但重度 CS 往往畸形僵硬, 牵引效果不确定。本研究通过对比 HGT 在先天性和非先天性重度 CS 中的疗效差异, 评估 HGT 对于重度 CS 的治疗价值。

资料与方法

一、临床资料

选取 2016 年 10 月至 2021 年 12 月首都医科大学附属北京儿童医院收治的 55 例重度脊柱侧弯患儿作为研究对象, 按病因分为先天性脊柱侧弯组 (28 例) 和非先天性脊柱侧弯组 (27 例)。患儿均于术前进行 HGT, 择期在神经电生理监测下行后路脊

柱畸形矫形内固定术。病例纳入标准:①年龄 < 18 岁;②重度脊柱侧弯,主弯 Cobb 角 > 70°;③愿意接受手术治疗;④术前、牵引后及术后观察指标数据完整。排除标准:①术前出现神经症状、半截瘫或全截瘫;②曾行后路椎板切除减压术或脊髓手术;③颈椎或颅骨存在骨性异常,不能耐受目标牵引重量;④牵引不耐受,提前终止牵引。两组患儿一般资料比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。本研究经首都医科大学附属北京儿童医院伦理委员会审核通过([2022]-E-096-R),患儿家属均知情同意。

二、牵引及手术方法

(一) Halo 头环重力牵引

行头环固定前确认患儿颅骨局部无缺损,头部皮肤无异常。牵引前剃光头发。患儿取坐位,局部麻醉下(若患儿不能配合,则在全身麻醉下行头环固定)分别在双侧眉上 1 cm 及双侧枕部置入 8 枚螺钉,确认患儿眼睛睁闭正常,头环位置固定准确后拧紧螺钉,第 2 天确认患儿无不适后开始牵引。牵引初始重量为 3 kg,根据患儿耐受情况适当增加牵引重量,每天增加 1~2 kg,直至牵引重量达患儿体重的 30%~50%。部分耐受力较好的患儿可适量增大牵引重量(最大不超过患儿体重的 70%)。日间牵引时间需达到 12 h 以上,睡眠期间停止牵引。牵引期间每日清洁消毒钉道,观察患儿一般情况、神经症状、四肢感觉等。若出现神经麻痹、感觉异常则立即减轻牵引重量或停止牵引;若无异常症状,则牵引达到平台期且牵引时间 3 周后可停止牵引(影像学上 Cobb 角较上次复查减少 5°以下为牵引平台期)。本研究中患儿最大牵引重量(11.6 ± 5.0)kg,牵引时间

(35.7 ± 16.4)d。

(二) 后路脊柱畸形矫正植骨融合内固定术

患儿均采用后路脊柱截骨、器械矫形固定术,全身麻醉,取后正中纵形切口,切开皮下组织,分离胸背肌肉及竖脊肌,显露脊柱椎板、横突及关节突。根据术前制定的手术方案,确定固定范围,扩孔、攻丝、置入椎弓根钉。根据畸形僵硬程度选择后柱截骨或三柱截骨。先天性脊柱侧弯组后柱截骨 14 例,均为 Ponte 截骨;三柱截骨 14 例,其中半锥体切除 7 例;椎弓根减影截骨(pedicle subtraction osteotomy, PSO)3 例;脊柱切除截骨(vertebral column resection, VCR)4 例。非先天性脊柱侧弯组后柱截骨 27 例,均为 Ponte 截骨,无一例行三柱截骨。最后放置适宜长度的预弯棒矫形,予凹侧适量撑开、凸侧加压等操作矫正脊柱畸形。C 型臂 X 线透视见内固定位置良好,锁紧内固定装置,以自体骨加异体骨于关节突处植骨,冲洗止血,逐层缝合切口。手术全过程均在脊髓电生理监护下完成,12 岁以上患儿常规术中唤醒。

三、影像学参数评估及测量方法

由两名医师经图片存档和通信系统(picture archiving and communication system, PACS)对患儿影像学参数进行测量和评估,取两次测量平均值,数值精确至 0.1。记录患儿牵引前、牵引后及术后影像学参数并计算角度矫正率,测量方法如下。

(一) 脊柱冠状面参数

①Cobb 角:沿上端椎的上终板和下端椎的下终板各画一条直线,两线夹角或其垂直线的夹角即为 Cobb 角。②冠状面躯干平衡(coronal balance):即颈 7 铅垂线(C7PL)与骶骨中垂线(CSVL)的垂直距

表 1 两组重度脊柱侧弯患儿牵引前一般资料对比

Table 1 Comparison of preoperative profiles between two groups of children with severe scoliosis

分组	例数	性别(例)		年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	牵引时间 ($\bar{x} \pm s$, d)	体重 ($\bar{x} \pm s$, kg)	最大牵引重量 ($\bar{x} \pm s$, kg)	牵引重量占体重比率 ($\bar{x} \pm s$, %)
		男	女					
先天性脊柱侧弯组	28	15	13	9.7 \pm 4.2	38.8 \pm 20.0	27.7 \pm 15.0	11.9 \pm 5.3	45.7 \pm 9.2
非先天性脊柱侧弯组	27	13	14	9.0 \pm 3.5	32.2 \pm 10.7	26.7 \pm 13.6	11.3 \pm 4.8	44.4 \pm 7.3
t/χ^2 值	—	$\chi^2 = 0.458$		$t = -0.668$	$t = -1.523$	$t = -0.243$	$t = -0.422$	$t = -0.547$
P 值	—	0.498		0.507	0.134	0.809	0.675	0.587

分组	例数	主弯 Cobb 角 ($\bar{x} \pm s$, °)	代偿弯 Cobb 角 ($\bar{x} \pm s$, °)	胸椎后凸 ($\bar{x} \pm s$, °)	腰椎前凸 ($\bar{x} \pm s$, °)	冠状面 躯干平衡 ($\bar{x} \pm s$, mm)	矢状面 躯干平衡 ($\bar{x} \pm s$, mm)	肩高度 ($\bar{x} \pm s$, mm)	T1-S1 高度 ($\bar{x} \pm s$, cm)
先天性脊柱侧弯组	28	88.9 \pm 14.1	28.8 \pm 12.9	74.1 \pm 21.0	47.9 \pm 13.4	43.2 \pm 15.5	34.7 \pm 10.5	22.8 \pm 11.8	24.3 \pm 5.4
非先天性脊柱侧弯组	27	89.5 \pm 17.4	33.3 \pm 12.9	69.9 \pm 20.8	38.9 \pm 6.6	38.3 \pm 10.2	44.4 \pm 19.8	13.9 \pm 12.1	27.2 \pm 5.2
t/χ^2 值	—	$t = 0.135$	$t = 1.113$	$t = -0.700$	$t = -1.822$	$t = -0.912$	$t = 1.817$	$t = -1.781$	$t = 1.917$
P 值	—	0.893	0.272	0.487	0.075	0.372	0.078	0.082	0.059

注 T1-S1:第 1 胸椎至第 1 骶椎高度

离。C7PL 为经 C7 椎体中点垂直向下的直线;CSVL 为经过 S1 上缘中点垂直于水平地面方向向上的直线。C7PL 与 CSVL 距离超过 2 cm 即为冠状面躯干偏移。③肩高度(shoulder height, SH):分别经两侧肩锁关节作一垂线,与肩部交于一点,再经该点作水平线,较高一侧定义为上水平参考线,较低一侧定义为下水平参考线,这两条线的垂直距离即肩高度。④T1-S1 高度(T1-S1 height):经 T1 椎体中点垂直向下作一条垂线交于 S1 椎体,这条垂线的长度即 T1-S1 高度。⑤牵引矫正率=[(术前 Cobb 角-牵引后手术前 Cobb 角)/术前 Cobb 角]×100%。

(二) 脊柱矢状面参数

①胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK):为过 T5 椎体上终板与 T12 椎体下终板的直线夹角或其垂线夹角。②腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL):为过 L1 椎体上终板与 L5 椎体下终板的直线夹角或其垂线夹角。③矢状面躯干平衡(sagittal balance axis, SVA):为 C7PL 与 S1 后上角的垂直距离。SVA 大于 4 cm 即为矢状面躯干偏移。④手术矫正率=[(术前 Cobb 角-术后 Cobb 角)/术前 Cobb 角]×100%。

四、统计学处理

采用 SPSS 26.0 进行统计学分析。计量资料使用 Shapiro-Wilk 法进行正态性检验,Levene 法进行

方差齐性检验。对符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本 t 检验对各参数进行组间比较;计数资料采用 χ^2 检验进行组间比较; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、基本情况

牵引过程中两组患儿均无一例出现神经系统症状、钉道感染,无牵引装置松动等异常情况发生。

二、牵引治疗效果

牵引后评估结果表明,先天性脊柱侧弯组和非先天性脊柱侧弯组主弯 Cobb 角矫正率、代偿弯 Cobb 角矫正率、胸椎后凸矫正率、腰椎前凸矫正率与牵引前相比,差异均有统计学意义($P < 0.01$)。两组牵引后主弯 Cobb 角矫正率比较,差异有统计学意义($P < 0.01$),代偿弯 Cobb 角、胸椎后凸、腰椎前凸、冠状面及矢状面躯干平衡、肩高度、T1-S1 高度比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

三、手术治疗结果

两组手术后主弯 Cobb 角矫正率、胸椎后凸矫正率、腰椎前凸矫正率与牵引前相比,差异均有统计学意义($P < 0.01$);而两组之间上述指标改善程度比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 3。

表 2 两组重度脊柱侧弯患儿 Halo 重力牵引效果比较($\bar{x} \pm s$)

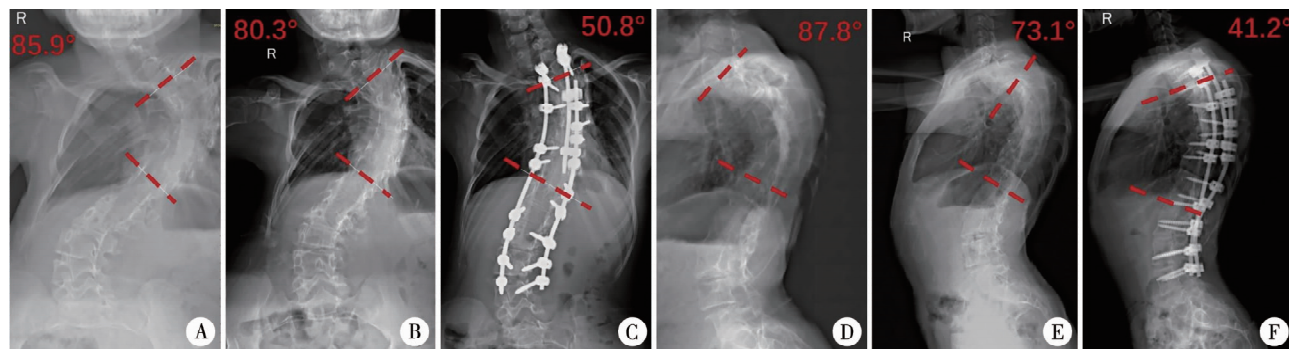
Table 2 Comparison of HGT treatment efficacy between two groups of children with severe scoliosis($\bar{x} \pm s$)

分组	例数	主弯 Cobb 角 (°)	代偿弯 Cobb 角 (°)	胸椎后凸 (°)	腰椎前凸 (°)	冠状面 躯干平衡 (mm)	矢状面 躯干平衡 (mm)	肩高度 (mm)	T1-S1 高度 (cm)
先天性脊柱侧弯组	28	64.2 ± 14.6	16.5 ± 10.3	53.7 ± 16.9	37.4 ± 7.0	24.6 ± 12.0	30.7 ± 2.9	12.0 ± 7.1	28.1 ± 5.0
非先天性脊柱侧弯组	27	53.0 ± 14.9	19.2 ± 11.0	48.3 ± 14.4	30.2 ± 8.0	20.3 ± 11.6	19.1 ± 11.6	7.0 ± 4.0	31.5 ± 5.0
t 值		4.674	0.742	0.326	-0.729	-0.137	2.751	-1.452	0.631
P 值		<0.001	0.463	0.746	0.470	0.892	<0.05	0.152	0.531

表 3 两组重度脊柱侧弯患儿手术治疗效果对比($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of surgical efficacies between two groups of children with severe scoliosis($\bar{x} \pm s$)

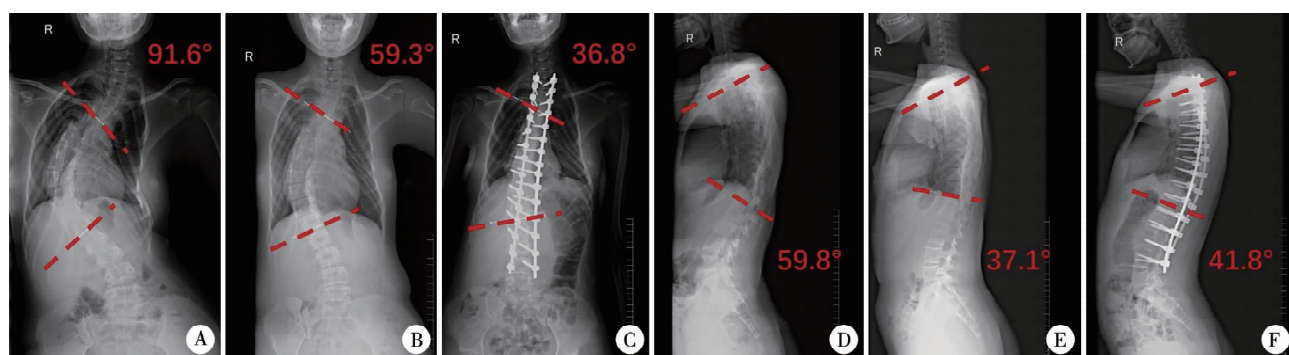
分组	例数	主弯 Cobb 角 (°)	胸椎后凸 (°)	腰椎前凸 (°)	冠状面躯干平衡 (mm)	矢状面躯干平衡 (mm)	肩高度 (mm)	T1-S1 高度 (cm)
先天性脊柱侧弯组	28	41.7 ± 13.9	40.5 ± 16.3	33.4 ± 6.2	19.4 ± 8.2	18.6 ± 11.2	11.5 ± 7.1	30.2 ± 5.4
非先天性脊柱侧弯组	27	37.4 ± 12.8	38.4 ± 8.9	25.9 ± 7.9	19.1 ± 6.0	20.3 ± 11.4	9.0 ± 5.6	32.5 ± 7.1
t 值		1.415	-0.499	-0.487	-0.737	1.327	1.831	-0.423
P 值		0.163	0.620	0.629	0.469	0.194	0.057	0.674



注 T5/T6 节段患儿行三柱截骨并后路畸形固定术 A:术前正位主弯 Cobb 角 85.9°; B:牵引后正位主弯 Cobb 角 80.3°, 矫正率 6.5%; C:术后正位主弯 Cobb 角 50.8°, 矫正率 40.9%; D:术前侧位胸椎后凸 87.8°; E:牵引后侧位胸椎后凸 73.1°, 矫正率 16.7%; F:术后侧位胸椎后凸 41.2°, 矫正率 53.1%

图 1 1 例重度先天性脊柱侧弯患儿牵引前、牵引后以及手术后全脊柱正侧位 X 线片

Fig.1 Spinal radiology films of a child with severe congenital scoliosis



注 患儿行顶椎多节段 Ponte 截骨并后路畸形固定术 A:术前正位主弯 Cobb 角 91.6°; B:牵引后正位主弯 Cobb 角 59.3°, 矫正率 35.3%; C:术后正位主弯 Cobb 角 36.8°, 矫正率 59.8%; D:术前侧位胸椎后凸 59.8°; E:牵引后侧位胸椎后凸 37.1°, 矫正率 38.3%; F:术后侧位胸椎后凸 36.9°, 矫正率 30.1%

图 2 1 例重度非先天性脊柱侧弯患儿牵引前、牵引后、手术后全脊柱正侧位 X 线片

Fig.2 Spinal radiology films of a child with severe non-congenital scoliosis

讨论

CS 在病情进展上存在较大的个体差异,治疗上应个性化处理。对于临床最常见的单一节段半椎体畸形,可以在早期手术切除半椎体的同时,短节段融合固定脊柱,通常效果良好。但如果存在多发椎体畸形,尤其是同时合并形成不良和分节不良畸形的患儿,则很难获得短节段的完全矫正^[4]。当多处畸形成为侧弯进展的驱动因素时,可致侧弯迅速进展,不仅影响外观,还会压迫心肺,影响患儿生活质量和远期预后^[5]。重度 CS 手术矫正难度更大,通常需要进行三柱截骨,这将使神经系统并发症的发生率随之增加。因此,针对以上类型的脊柱侧弯,我们采取术前先牵引、之后再手术的策略,以避免短时间内大范围畸形造成脊髓缺血。

牵引治疗分为无创牵引和有创牵引。无创牵引大多为经皮牵引,牵引力量小;有创牵引为骨牵引,包括 Halo 股骨髁上牵引、Halo 骨盆牵引、Halo 重力牵引。此类牵引强度大、时间长,牵引效果显

著,适合重度脊柱侧弯的治疗。HGT 具有并发症少、躯干平衡恢复好、相对活动范围大的优点,适合儿童使用^[6]。Watanabe 等^[7]研究显示,15 例 Cobb 角 $>100^\circ$ 的患儿接受了 HGT 治疗,术前牵引后主弯 Cobb 角矫正率约 27.5%, T1-S1 长度增加 51.5 mm,肺部可用空间增加约 14.9%。在 Chen 等^[8]的研究中,30 例严重僵硬性脊柱侧弯患儿接受了 HGT 治疗,平均冠状面主弯 Cobb 角从 140.67° 矫正至 120.17° ,矫正率约 15.33%;平均矢状面主弯 Cobb 角从 134.28° 矫正至 113.03° ,矫正率约 16.5%。

本研究中,55 例不同类型重度脊柱侧弯患儿接受了 HGT 治疗,其中非先天性脊柱侧弯组牵引后主弯 Cobb 角矫正率约 41.3%,代偿弯 Cobb 角矫正率约 43.8%,胸椎后凸矫正率约 28.9%;先天性脊柱侧弯组牵引后主弯 Cobb 角矫正率约 27.4%,代偿弯 Cobb 角矫正率约 43.3%,胸椎后凸矫正率约 26.8%。HGT 可明显改善重度非先天性脊柱侧弯的畸形程度,与既往研究结果相符;而先天性脊柱侧弯由于局部畸形僵硬,HGT 对主弯的矫正率低于

非先天性脊柱侧弯组。但 HGT 对柔韧的代偿弯矫正效果良好,同时能够有效矫正躯干偏移,可作为存在长节段代偿弯 CS 患儿的选择。

目前牵引重量和牵引时间尚无统一标准,主要取决于患儿体重及有效牵引时间。我们采取的牵引重量至少达患儿体重的 30%,如果患儿耐受程度较高,可逐渐增加至 50%,牵引时间至少 3 周。在牵引方式上,HGT 更符合儿童特点,允许更多活动,这对于牵引过程中改善呼吸功能和营养状况至关重要,因为肺活量下降与营养不良是重度脊柱侧弯的常见伴随症状^[9]。

重度 CS 的手术治疗是临床难点。HGT 可以减小术中矫正幅度,降低术中脊髓缺血损伤的风险和术后内固定并发症的发生风险。Yang 等^[10]研究显示,术前 HGT 可以减少截骨节段或降低截骨级别,有效降低术中大量失血和神经损伤的风险。Sacramento-Domínguez 等^[11]研究发现,虽然通过 VCR 大范围截骨可以达到良好的矫正效果,但面临很大风险;而术前 HGT 缓慢矫正畸形后可以采用更低级别的截骨方式,且明显减少神经系统并发症,达到与 VCR 截骨相同的矫正效果。另有研究表明,术前 HGT 对侧弯的部分矫正可以降低术中和术后出现并发症的风险^[12]。本研究仅先天性脊柱侧弯组 14 例采用了三柱截骨,非先天性脊柱侧弯组均采用 Ponte 截骨,患儿均未出现神经系统并发症。

综上所述,HGT 辅助治疗重度 CS 能够在术前部分矫正脊柱畸形,改善代偿弯,矫正躯干偏移,增加 T1-S1 高度,降低手术难度和风险,减少了术中和术后并发症,可以作为重度先天性脊柱侧弯患儿术前准备的重要措施之一。但本研究仍存在一些不足,如病例数偏少、随访时间偏短、没有探讨不同牵引方式对于治疗效果的影响差异。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 梁明倩负责文献检索;梁明倩、曹隽、张学军负责论文调查设计;梁明倩、高景淳负责数据收集与分析;梁明倩、曹隽负责论文结果撰写;梁明倩、曹隽、张学军、白云松、高荣轩、郭东、姚子明负责论文讨论分析

参 考 文 献

- [1] Cho W, Shepard N, Arlet V. The etiology of congenital scoliosis: genetic vs. environmental-a report of three monozygotic twin cases [J]. *Eur Spine J*, 2018, 27 (Suppl 3): 533-537. DOI: 10. 1007/ s00586-018-5604-2.
- [2] Pahys JM, Guille JT. What's new in congenital scoliosis? [J]. *J Pediatr Orthop*, 2018, 38 (3): e172-e179. DOI: 10. 1097/BPO. 0000000000000922.
- [3] Sun K, Hu HM, Gao L, et al. Perioperative halo-gravity traction in the treatment of scoliosis with intraspinal anomalies [J]. *World Neurosurg*, 2020, 140: e219-e224. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2020. 04. 242.
- [4] 曹隽, 张学军. 先天性脊柱侧弯诊疗中的热点与共识 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2018, 17 (9): 641-644. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2018. 09. 001.
Cao J, Zhang XJ. Hotspots and consensus in the diagnosis and treatment of congenital scoliosis [J]. *J Clin Ped Sur*, 2018, 17 (9): 641-644. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6353. 2018. 09. 001.
- [5] Koller H, Zenner J, Gajic V, et al. The impact of halo-gravity traction on curve rigidity and pulmonary function in the treatment of severe and rigid scoliosis and kyphoscoliosis: a clinical study and narrative review of the literature [J]. *Eur Spine J*, 2012, 21 (3): 514-529. DOI: 10. 1007/s00586-011-2046-5.
- [6] Li Y, Shi BL, Zhu ZZ, et al. Preoperative halo-gravity traction for patients with severe focal kyphosis in the upper thoracic spine: a safe and effective alternative for three-column osteotomy [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2021, 46 (5): 307-312. DOI: 10. 1097/ BRS. 0000000000003782.
- [7] Watanabe K, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Efficacy of perioperative halo-gravity traction for treatment of severe scoliosis ($\geq 100^\circ$) [J]. *J Orthop Sci*, 2010, 15 (6): 720-730. DOI: 10. 1007/ s00776-010-1523-8.
- [8] Chen J, Sui WY, Yang JF, et al. The radiographic, pulmonary, and clinical outcomes of patients with severe rigid spinal deformities treated via halo-pelvic traction [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22 (1): 106. DOI: 10. 1186/s12891-021-03953-y.
- [9] Koller H, Zenner J, Gajic V, et al. The impact of halo-gravity traction on curve rigidity and pulmonary function in the treatment of severe and rigid scoliosis and kyphoscoliosis: a clinical study and narrative review of the literature [J]. *Eur Spine J*, 2012, 21 (3): 514-529. DOI: 10. 1007/s00586-011-2046-5.
- [10] Yang CS, Zheng ZM, Liu H, et al. Posterior vertebral column resection in spinal deformity: a systematic review [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25 (8): 2368-2375. DOI: 10. 1007/s00586-015-3767-7.
- [11] Sacramento-Domínguez C, Cynthia N, Yankey KP, et al. One-stage multiple posterior column osteotomies and fusion and pre-op halo-gravity traction may result in a comparative and safer correction of complex spine deformity than vertebral column resection [J]. *Spine Deform*, 2021, 9 (4): 977-985. DOI: 10. 1007/s43390-021-00289-4.
- [12] Zhang ZX, Hui H, Liu TJ, et al. Two-staged correction of severe congenital scoliosis associated with intraspinal abnormalities [J]. *Clin Spine Surg*, 2016, 29 (8): E401-E405. DOI: 10. 1097/BSD. 0000000000000175.

(收稿日期: 2022-03-11)

本文引用格式: 梁明倩, 曹隽, 张学军, 等. Halo 重力牵引辅助治疗重度先天性脊柱侧弯的临床研究 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2023, 22 (1): 56-61. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202203039-011.

Citing this article as: Liang MQ, Cao J, Zhang XJ, et al. Efficacy of halo gravity traction for severe congenital scoliosis [J]. *J Clin Ped Sur*, 2023, 22 (1): 56-61. DOI: 10. 3760/cma. j. cn101785-202203039-011.