

# 支具治疗青少年特发性脊柱侧弯的研究进展

姚鸣宇<sup>1</sup>, 朱赫<sup>1</sup>, 董亦直<sup>1</sup>, 宋鑫越<sup>1</sup>, 都亚新<sup>1</sup>, 吴瑞霞<sup>1</sup>, 祝勇<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>内蒙古医科大学第二附属医院, 内蒙古 呼和浩特

<sup>2</sup>北京大学肿瘤医院内蒙古医院骨与软组织肿瘤科, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2024年3月11日; 录用日期: 2024年4月4日; 发布日期: 2024年4月11日

## 摘要

青少年特发性脊柱侧弯(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)是指发病年龄为10~17岁的原因不明的结构性脊柱侧弯(18岁及以上则定义为成人)。AIS是一种三维畸形, 早期不影响生活, 加之不易发现, 人们未能引起重视, 如果不进行治疗, 可能会导致严重的躯干畸形。近年来, 随着研究的深入, 技术的更新以及现代科学的发展, 大家对AIS的诊断与治疗关注度也越来越高。在脊柱侧弯的循证实践中, 脊柱侧弯保守治疗的证据比手术治疗的证据更多。支具治疗的有效性是确定的, 但不同种类支具针对不同侧弯类型、侧弯角度的患者有不同的治疗效果, 为不同类型的患者选择合适的支具是进行支具治疗较为重要的前提。

## 关键词

青少年特发性脊柱侧弯, 支具治疗, 影响因素, 有效性评价

# Research Progress in the Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis with Braces

Mingyu Yao<sup>1</sup>, He Zhu<sup>1</sup>, Yizhi Dong<sup>1</sup>, Xinyue Song<sup>1</sup>, Yaxin Du<sup>1</sup>, Ruixia Wu<sup>1</sup>, Yong Zhu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>The Second Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia

<sup>2</sup>Bone and Soft Tissue Oncology Department, Peking University Cancer Hospital Inner Mongolia Hospital, Hohhot Inner Mongolia

Received: Mar. 11<sup>th</sup>, 2024; accepted: Apr. 4<sup>th</sup>, 2024; published: Apr. 11<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) refers to structural scoliosis of unknown origin that occurs between the ages of 10 and 17 (defined as adults aged 18 and above). AIS is a three-dimensional

\*通讯作者。

文章引用: 姚鸣宇, 朱赫, 董亦直, 宋鑫越, 都亚新, 吴瑞霞, 祝勇. 支具治疗青少年特发性脊柱侧弯的研究进展[J]. 临床医学进展, 2024, 14(4): 654-662. DOI: 10.12677/acm.2024.1441073

deformity that does not affect daily life in the early stages and is difficult to detect, which has not been taken seriously. If left untreated, it may lead to serious trunk deformities. In recent years, with the deepening of research, technological updates, and the development of modern science, people's attention to the diagnosis and treatment of AIS has also been increasing. In evidence-based practice of scoliosis, there is more evidence for conservative treatment of scoliosis than for surgical treatment. The effectiveness of brace therapy is determined, but different types of braces have different therapeutic effects for patients with different types and angles of lateral curvature. Choosing the appropriate brace for different types of patients is an important prerequisite for brace therapy.

## Keywords

Adolescent Idiopathic Scoliosis, Treatment with Braces, Influencing Factors, Effectiveness Evaluation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

根据国际脊柱侧弯研究协会(SRS)对脊柱侧弯的定义是:应用 Cobb 角测量站立正位 X 线平片的脊柱侧方弯曲,角度大于  $10^\circ$  则定义为脊柱侧弯。脊柱侧弯又分为结构性与非结构性,其中结构性脊柱侧弯中的特发性脊柱侧弯又是最常见的,约占总数的 75%~80% [1]。青少年特发性脊柱侧弯(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)是指发病年龄为 11~17 岁的原因不明的结构性脊柱侧弯(18 岁及以上则定义为成人) [2]。AIS 是一种三维畸形,冠状面会出现脊柱的侧弯,脊柱棘突不处于一条直线;横截面会出现椎体的旋转,正位 X 线片上可见不对称于椎体中线的椎弓根投影;矢状面会出现脊柱生理曲度消失,例如平背畸形或腰椎曲度消失甚至后凸。如果不进行治疗,可能会导致严重的躯干畸形,从而限制胸部的能力和功能生物力学、运动能力、总体健康和工作能力,所有这些因素都与生活质量受损有关[3]。正如名称中的特发性,目前国内外尚未找到 AIS 明确的病因,但一些文献报道通过 GWAS (高通量基因测序技术、全基因组关联分析)研究所发现的 LBX1 基因旁多个位点、激素异常(褪黑素、瘦素、生长激素、其他激素等)、骨髓间充质干细胞的异常特性、生物力学学说、神经学说、生活地区硒含量的多少等因素可能与 AIS 的产生有关[4]。

## 2. AIS 的流行病学

在较早时间, Soucacos 等对 82,901 名 9~14 岁的儿童进行了大规模筛查,在筛选出的 1436 名 AIS 患者中,虽然随着侧弯角度的增加,男女比例将不断变化,但 AIS 的总男女比例约为 1:2.1 [5]。2013 年 Konieczny 等综合世界各地统计资料后报道 AIS 总患病率为 0.47%~5.2%,男女比例从 1:1.5 到 1:3 不等,并随着年龄的增长而大幅增加。其中特别需要注意的事,曲线中高 Cobb 角中女孩的患病率明显高于男孩:Cobb 角在  $10^\circ$ ~ $20^\circ$  之间男女比例为 1:1.4, Cobb 角上升至  $> 40^\circ$  男女比例为 1:7.2 [6],但此统计并不包括来自国内的数据。2017 年邱贵兴院士结合我国各地大样本筛查研究报道 8~14 岁的儿童脊柱侧弯的发生率从 0.6%到 2.0%不等。在所有脊柱侧弯患者中,特发性脊柱侧弯约占 90% [7]。近年来,随着研究的深入,技术的更新以及现代科学的发展,大家对 AIS 的诊断与治疗关注度也越来越高。AIS 进展的干预主要包括运动疗法、支具治疗和手术治疗,手术治疗所带来的直接矫正效果让它成为了大角度脊柱侧弯治

疗的选择,但脊柱矫形手术风险大、术后并发症多、对患者经济负担较重等因素促使人们在支具治疗方面不断的探索。运动疗法的加入丰富了 AIS 的保守治疗手段,本文只针对支具进行综述,暂不进行运动疗法的展开说明。其中值得注意的是,在脊柱侧弯的循证实践中,脊柱侧弯保守治疗的证据比手术治疗的证据更多[8]。

### 3. 支具分类

治疗 AIS 的支具有多种分类方法,根据侧弯的顶椎位置、支具制造材料刚度、支具使用时间段以及支具外形是否对称来进行分类,包括:1) 根据脊柱侧弯顶椎的范围,可以将支具分为颈胸腰骶支具(CTL SO)和胸腰骶支具(TLSO)。CTL SO 有颈托,适用于顶椎在 T8 及以上水平,矫正脊柱侧弯范围可达到颈椎;TLSO 适用于顶椎在 T8 以下类型 AIS,因为高度只达腋下,所以也叫腋下型支具;2) 根据支具结构的整体刚度(这取决于材料类型、厚度以及支具设计和施工),侧弯支具可分为刚性支具和柔性支具;3) 根据支具使用的时间区间可分为全日型支具、整日部分时间佩戴支具与夜用型支具[9];4) 对称性支具与非对称性支具[10]。

#### 3.1. 颈胸腰骶支具(CTL SO)

##### Milwaukee Brace (密尔沃基支具)

Milwaukee 支具是一种常用的高姿态支具,最初由 Blount 等人开发,这是世界上第一个广泛用于脊柱侧弯治疗的支具[11]。最初,它用于治疗脊髓灰质炎患者,后来在脊柱融合患者术后期间使用[11]。该支具由骨盆部分(主要由塑料制成)、前后支杆和颈环组成,颈环前部带有喉模,后部带有枕垫。主要用于曲线顶点在 T8 以上的患者。CTL SO 尝试通过控制颈椎来控制上胸椎的弯曲,而现代腋下支具无法做到这一点。然而,控制上胸椎的曲线是以美貌受损和不适为代价的,对外观的影响尤为突出,因此,支具的顺应性较差,即患者依从性较差,它用于脊柱侧弯的治疗已被 TLSO 所取代。在对接受密尔沃基支具治疗的患者进行的最大规模研究中,作者报告说,1020 名患者的手术进展率为 22%。然而,曲线  $> 30^\circ$ 、Risser 征为 0 到 1 的病人手术治疗的概率似乎更高一些[12]。

#### 3.2. 胸腰骶支具(TLSO)

##### 3.2.1. Boston Brace (波士顿支具)

1972 年在波士顿医院的 Hall and Miler 共同设计了波士顿支具。波士顿支具最早使用的臂下支具由金属、皮革和帆布制成,并装有弹簧垫,最早的这种支具构成未将骨盆的控制纳入,施加矫正脊柱曲线所需的压力会产生不足[13]。新版本波士顿支具的制造采用计算机辅助设计(CAD)和/或计算机辅助制造(CAM)、制造材料和患者的测量数据,支具向后打开,在顶点和凸侧曲线下方有定制压力垫,并带有对侧的凸出窗口,现在这种支具以六种适应大量患者的模块进行设计及商业化生产,以减少制造时间和成本[14]。在较大样本量回顾性研究中,Emans 等人发现对 295 例特发性脊柱侧弯患者使用 Boston 支具系统治疗,在随访中,49%的主曲线保持不变,39%的患者最终矫正了  $5^\circ \sim 15^\circ$ ,这种支具主要推荐用于 20 到  $59^\circ$  的 AIS 患者,顶椎水平处于 T8 和 L2 之间[15]。Wiley JW 等在针对大角度侧弯上研究评估了波士顿系统对较大曲线( $35^\circ \sim 45^\circ$ )的治疗效果( $n = 50$ ),当每天使用  $\geq 18$  小时,波士顿支具在停止支具后平均 9.8 年内有效防止大曲线的进展[16]。Timon Rabczuk 等综述结果发现大多数研究的结果支持 Boston 支具控制脊柱侧弯曲线进展的有效性,需要注意, Boston 支具的最佳矫正部位是下胸椎和上腰椎。此综述认为尽管这种支具在控制脊柱侧弯曲线方面更有效,但建议用于 T6 和 L2 之间的曲线,同时保证每天佩戴 18 小时才能有效[17]。

### 3.2.2. Wilmington Brace (威尔明顿支具)

该支具由 G Dean Mac 设计, 与其他支具相比, 该支具体积更小、重量更轻, 可以提高患者的依从性, 该支具的设计与带有前开口的紧身衣相同, 有一些可调节的带子来固定支具, 支具主体结构由对称性硬质材料制成[18]; Bassett 等报道中纳入研究的 79 例患者中 Cobb 角为  $20^{\circ}$ ~ $39^{\circ}$ , risser 征为 0 或 1。虽然最初使用支具时, 曲线的幅度通常降低了约 50%, 但在积极治疗期间和患者在支具治疗停止后, 观察到这种最初的改善逐渐消失。尽管 27 名患者(28%)的曲线在随访中进展超过 5 度, 即支具无效, 但只有 11% 的患者的曲线进展到需手术治疗, 该研究认为威尔明顿支具有利于改变  $20^{\circ}$  至  $39^{\circ}$  特发性曲线的自然历史[19]。

### 3.2.3. Lyon Brace (里昂支具)

Pierre Stagnara 于 1947 年创造的里昂支具具有可调节、活跃、减压、对称、稳定和透明的特点, 因为透明的特性, 外壳对皮肤的直接压力可以直接控制。它是由前后两根铝棒链接着腋板、胸板、腰板与骨盆部分所组成[20]。该支具的使用指征与其他支具相同。但是不建议用于非青春期发育青少年和婴儿脊柱侧弯, 以避免管状胸廓, 也不要用于严重胸廓前凸的患者[21]。

### 3.2.4. Chèneau 支具(色努支具)

1978 年, Jacques Chèneau 在德国 Münster (明斯特)发明了 Chèneau 支具, 并将其命名为“the Chèneau-Toulouse Münster (CTM brace)”。 “CTM”这个名字在法国仍然很流行, 但“Chèneau 型支具”是它在世界的通用名称。它就像一个三维系统, 有三个支具区域, 可以消除肋骨隆起, 而不受呼吸性能的限制。这种支具的主要机制是基于多点压力区对脊柱进行三维矫正、通过横扫式护垫将身体推向其曲线, 并且其推入对侧空间, 这种作用机制不仅是横向力, 而是横向力和牵引力的组合[22]。Mohammad 等发现使用 Chèneau 支具可以实现良好的脊柱侧弯曲线矫正, 并使得脊柱侧弯、旋转和骨盆倾斜得到良好矫正, 而且与自然病史相比, Chèneau 支具在降低手术发生率方面是有效的, 并有可能影响自然史[23]。同时有研究表明, 虽然本支具治疗的目的是控制曲线的进展, 但在某些情况下, Chèneau 支具似乎可以纠正曲度[24]。

### 3.2.5. Chèneau Light Brace (色努轻型支具)

该支具是 Weiss 以色努支具为基础改装而来, 由四个聚乙烯外壳、两个立柱和带附件的带子组装而成。Weiss 等报道在纳入( $n = 81$ )患者中整个组的 Cobb 角平均减少  $16.4^{\circ}$ , 相当于 51% 的矫正效果, 令人满意[25]。但这种支具的优缺点比较分明, Chèneau light 的优点是支具可立即使用, 易于调整, 也易于修改, 这避免了有时超过 6 周的制造期, 这种支具的缺点是, 在患者快速发育期间, 曲线可能会急剧增加。同时在调整支具过程中, 不同壳体的排列可能存在很大差异。虽然有着更容易调整所有可能的曲线模式、生产更快、更轻、体积更小与易于佩戴等优势, 但初始 Cobb 角  $38^{\circ}$  降至  $19^{\circ}$  需要持续佩戴支具 24 个月[26]。同时 Chèneau light 支具因为其组装方式使得使用也有限制, 仅适用于右胸和左腰曲度, 胸腰段曲度无“壳”可供选择。Chèneau light 支具应用的另一个限制是因为支具有限得外壳尺寸, 不允许支具躯干较小的患者以及 10 岁或以下的儿童使用[27]。

### 3.2.6. Gensingen Brace (GBW 支具)

Gensingen 支具是 Chèneau 支具的另外一个版本, 早期 Chèneau 支具的主要问题在于制造周期超过 6 周。此外, 不可能立即调整和修改支具。因此, 基于 CAD/CAM (Computer Aided Design 计算机辅助设计/Computer Aided Manufacturing 计算机辅助制造) Dr Weiss 先开发了一种新型支具为 Chèneau light brace (色努轻型支具) [28]。2009 年, Dr Weiss 为了克服德国现有 CAD/CAM 系统的缺点, 并为所有可能的曲

线模式和躯干尺寸的患者调整支具,在 Chêneau light brace 的基础之上,利用更新后的 CAD/CAM 模型开发了 GBW 支具(The Gensingen Brace according to Dr. Weiss) [29]。他收集了许多脊柱侧弯受试者的数据,改进并丰富了基于施罗斯扩大分型的脊柱侧弯分型系统库。GBW 支具的矫正原理与 Chêneau 支具一样,包括应用于额叶、冠状面和矢状面的“三点压力系统”、局部“力对力系统”和矢状面平衡。基于无标记三维躯干表面数据统计建模并结合 CAD/CAM 技术的 GBW 支具,在支具内矫正率与穿戴依从性上优势较大。Maksym Borysov 等人在先前公布的研究中,从康复门诊所取得的结果是可重复的。根据 Gensingen<sup>®</sup>标准,经过适当培训后,可以在支具上实现与 CAD-CAM 支具上公布结果相当的支具内校正 [30]。GBW 支具也可用于角度超过 50°,其他支具无法管理的情况[29]。2019 年 Weiss H.R 等发现 GBW 支具比 Boston 支具的效果显著且更好[31]。Weiss H.R 报道了对于超过 SRS 规定的纳入研究标准的最大 Cobb 角 40°的研究[32]。通常,当脊柱侧弯达到 45°~50°时,手术是典型的治疗方式,但缺乏高质量的证据[32] [33],所以 Weiss H.R 及其同事让角度曲率超过 40°的患者自行决定是否接受手术。这种情况的出现要求将保守的治疗视角也扩展到角度超过 40°的患者。2016 年 Weiss H.R 报道了一例长期随访病历:2005 年 11 岁时 Cobb 角 38°到 2014 年,停止使用支具后 5.6 年 Cobb 角为 19°,本例长期随访病例让大家看到了可能出现的支具长期疗效[34]。同年,Weiss H.R 开始了一项对所有符合 SRS 纳入标准且曲线为 40 度及以上的女性患者进行了前瞻性随访(研究报道为 42 例)。结果发现随访后平均 Cobb 角为 43.8°,2 例患者进展,9 例患者改善 6 度或以上,躯干旋转角度 ATR 从 12.8 度降至 9.7 度( $p < 0.01$ ) [32]。研究发现在 91% 以上的病例中,成功治疗 40°及以上 AIS 曲线是可能的,这比使用 40°及以下的 Boston 支具(72%)获得的结果要好。ATR 的显著减少表明畸形的改善也是可能的。本项研究给予患者及临床医师更多选择的理由,毕竟受限于地区手术水平、昂贵的矫形费用、未知的术后并发症,部分患者在大角度情况下仍会选择保守治疗。

### 3.2.7. Pozzolatico Chêneau Brace (P Chêneau) (伯佐拉提科支具)

它是 Chêneau 支具的另一个改进版本。支具直接模制在患者身体上,从前侧打开,并通过腋下支具向上延伸,后方使用固定杆。在一项纳入 67 名患者(56 名女性和 11 名男性)研究中发现,在 AIS 患者中,使用“Chêneau-P”支具进行治疗,无论是在整个样本中还是在完全符合 SRS 标准的患者亚组中,成功率都非常高。Chêneau-P 支具通过稳定曲线进展和限制手术治疗的需要,被证明是 AIS 的一种保守治疗方法[35]。

## 3.3. 柔性支具

### 3.3.1. Triac Brace (3C 支具)

Triac 的名字来源于三个 C,包括舒适、控制和美观。该支具的设计要点是由绑带所组成,支具可跟随患者的运动。此支具有一点需要指出,首次曲线的即时矫正率为 22%,二次曲线的即时矫正率为 35%,相对较低的矫正率这似乎与它的柔软性有关[36]。与之前的其他支具不同,这种支具提供了矫正脊柱侧弯的动态矫正力。由于支具铰链部分的位置,该支具只能用于 T11 以下的曲线[37]。

### 3.3.2. SpineCor Brace

这是一种动态支具,该支具的设计基于主动生物反馈机制,是动态柔性支具,是由上衣、纠正绑带、胯部绑带、大腿部绑带、骨盆底座组成。SpineCor 支具的有效性已被推荐用于轻度和中度曲线,但疗效仍需更多研究评估[38]。

## 3.4. 夜间支具

### 3.4.1. Charleston Brace (查尔斯顿支具)

Charleston 支具是一种定制成型的夜间支具,可将患者固定在过度矫正的位置。Lee 等开展的一项研

究包括 95 名患者(87 名女孩, 8 名男孩), 使用支具时年龄在 10 岁及以上, Risser 0~2, 主要曲线幅度为 25 至 40 度, 且之前未接受治疗。与以往的自然史和常规支具研究结果相比, 查尔斯顿夜间弯曲支具治疗 AIS 是有效的。虽然差异无统计学意义, 但对于不成熟患者和具有大曲线、高主曲线尖、双主曲线和单胸曲线的患者, 查尔斯顿支具的成功率相对较低[39]。

### 3.4.2. Providence Brace (普罗维登斯支具)

Providence 支具通过(CAD/CAM)技术制造, 由整体成形的双侧压力区域与腹前固定带组成。这也是一种可以在夜间使用的支具。这种支具通过施加相反的力使脊柱处于过度矫正的位置。在 AIS 控制中, 在大于 35 度的曲线中使用 Providence 支具是值得怀疑的。在较小的曲线(25°~35°)中使用普罗维登斯支具的结果更有利[40]。

## 4. 支具治疗的研究的入组标准与有效性评估

国际脊柱侧凸矫形与康复治疗科学学会(SOSORT)建议了支具治疗研究的入组患者标准, 最佳纳入标准包括: 1) 规定使用支具时年龄为 10 岁或以上; 2) Risser 征 0~2 级; 3) 初诊角度 25°~40°, 之前无相关治疗; 4) 如果是女性, 月经初潮前或月经初潮后不到 1 年。同时也建议了支具有效性的评估, 应该包括以下几个方面: 1) 受支具治疗角度进展  $\leq 5^\circ$  的患者百分比和发育成熟后角度进展  $\geq 6^\circ$  的患者百分比; 2) 成熟期角度超过 45° 的患者百分比和建议/实施手术的患者百分比; 3) 成年后 2 年随访中确定随后接受手术的患者百分比[1]。这是 SOSORT 为了便于各种支具的相关研究可进行对比给予入组建议, 很多学者也在尝试不同 Risser 征、大于或小于推荐角度以及月经后时间更久患者的支具治疗[11] [32] [34]。

## 5. 支具治疗中的影响因素

在脊柱侧弯治疗研究中, 应考虑许多因素, 而不仅仅是研究支具设计。患者样本方面的影响因素包括: 年龄、性别、成熟 Cobb 角、顶椎旋转、曲线形态、ATR (躯干旋转角)以及治疗依从性等。支具是另一个重要因素, 支具类型、规格和质量, 支具内矫正率, 以及适当的方法刺激患者并维持治疗依从性。不同支具有着不同的成功率, 大多数研究使用 SOSORT 标准来定义支具治疗的成功与失败。支具成功的定义为停止支具治疗后或患者骨骼发育成熟时 Cobb 角减少超过 5 度。当 Cobb 角的变化在  $\pm 5^\circ$  之间, 曲线视为稳定。当角度增加  $> 6^\circ$ , 该治疗被视为失败。使用上述标准, 支具治疗失败并进展到手术阈值的患者百分比因支具而异。Gensingen 支具(GBW)的成功率最高, 达到手术阈值的患者比例最低。相反, 使用 Spinecor 支具病情恶化的患者比例在 28% 至 80% 之间, 需要手术的患者比例为 22.9% [41]。

Landauer 及其合作者认为, 有两个因素影响支具治疗的结果, 这两个因素同样重要, 一是支具内矫正, 二是佩戴支具时长[42]。TLSO、CTLSSO 支具需全时佩戴(每日至少 20 h), 佩戴时间越长, 支具效果越好[43], 当支具未按规定佩戴时, 支具矫正不会改变患者的预后。支具内矫正与最终结果明显相关, 支具内校正越好, 最终结果越好。Shu Yan 等发现支具内矫正  $< 10\%$  与支具治疗失败率增加相关, 而支具内矫正  $> 40\% \sim 50\%$  与支具治疗成功率增加相关(即曲线稳定或改善)。因此, 在 AIS 的治疗中, 应建议患者使用高度矫正的支具[44]。李卫平等对中度脊柱侧弯患儿 59 例中 34 例患儿进行支具治疗, 其中部分患儿规律佩戴支具进行治疗, 每天 20~22 h; 另有部分患儿无法坚持而间断佩戴, 每天 8~10 h。另 25 例因各种原因未遵医嘱佩戴支具而行体操疗法。研究结果为: 规律佩戴支具组有效率 90.9%, 间断佩戴支具组有效率 50.0%, 未佩戴支具组有效率 48.0%。经比较支具规律组优于支具间断组和无支具组( $p < 0.05$ ) [45]。2013 年, 一项多中心随机对照实验结果表明, 支具可降低曲线进展的风险并可显著降低高危曲线的进展至手术阈值。这种好处随着支具穿戴时间的延长而增加[46]。所以支具佩戴的时间在治疗中显的尤为重要, 而佩戴时间则是在有效的前提下由支具是否美观、轻便、易穿脱、易隐藏等相关因素所决定的。

## 6. 总结与展望

脊柱侧弯患者保守治疗中, 使用各种支具是较为有效的方法, 不仅有助于减少脊柱侧弯的进展, 而且可能会影响 AIS 自然史, 年龄、性别、成熟 Cobb 角、治疗依从性、支具内校正等相关影响支具治疗效果。从不同类型患者的整体病程中来看, 支具治疗是有效的, 每种类型支具针对不用侧弯类型、侧弯角度有不同的治疗效果, 为不同类型的患者选择合适的支具是较为重要的。此外, 开发体积更小、更舒适、更不明显的支具, 来提高患者的接受度, 从而提高患者的依从性与佩戴时间仍是努力的方向。

## 基金项目

内蒙古自治区科技计划项目(2021GG0137)。

## 参考文献

- [1] Negrini, S., Donzelli, S., *et al.* (2018) 2016 SOSORT Guidelines: Orthopaedic and Rehabilitation Treatment of Idiopathic Scoliosis during Growth. *Scoliosis and Spinal Disorders*, **13**, Article No. 3.
- [2] Negrini, S., Aulisa, A.G., Aulisa, L., *et al.* (2012) 2011 SOSORT Guidelines: Orthopaedic and Rehabilitation Treatment of Idiopathic Scoliosis during Growth. *Scoliosis*, **7**, Article No. 3. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-7-3>
- [3] Farrell, J., Garrido, E., Vavruch, L., *et al.* (2021) Thoracic Morphology and Bronchial Narrowing Are Related to Pulmonary Function in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, **103**, 2014-2023. <https://doi.org/10.2106/JBJS.20.01714>
- [4] 庄乾宇. 青少年特发性脊柱侧凸的病因学研究现状和进展[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2021, 14(5): 337-343.
- [5] Soucacos, P.N., Soucacos, P.K., Zacharis, K.C., *et al.* (1997) School-Screening for Scoliosis. A Prospective Epidemiological Study in Northwestern and Central Greece. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **79**, 1498-1503. <https://doi.org/10.2106/00004623-199710000-00006>
- [6] Konieczny, M.R., Senyurt, H. and Krauspe, R. (2013) Epidemiology of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Journal of Children's Orthopaedics*, **7**, 3-9. <https://doi.org/10.1007/s11832-012-0457-4>
- [7] Qiu, G.X. (2017) Scoliosis in China: History and Present Status. *Chinese Medical Journal*, **130**, 2521-2523. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.217081>
- [8] Weiss, H.R. (2011) Scoliosis and Evidence-Based Practice. *Physiotherapy Theory and Practice*, **27**, 2-6. <https://doi.org/10.3109/09593985.2010.533341>
- [9] Grivas, T.B. and Kaspiris, A. (2010) European Braces Widely Used for Conservative Scoliosis Treatment. *Studies in Health Technology and Informatics*, **158**, 157-166.
- [10] Sy, N., Borysov, M., Moramarco, M., *et al.* (2016) Bracing Scoliosis—State of the Art (Mini-Review). *Current Pediatric Reviews*, **12**, 36-42. <https://doi.org/10.2174/1573396312666151117120905>
- [11] Gomez, J.A. and Ge, D. (2021) 50 Years Ago in *The Journal of Pediatrics*: How the Milwaukee Brace Shaped the Treatment of Scoliosis. *The Journal of Pediatrics*, **232**, 191. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2021.01.034>
- [12] Gomez, J.A., Hresko, M.T. and Glotzbecker, M.P. (2016) Nonsurgical Management of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **24**, 555-564. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-14-00416>
- [13] Steen, H., Pripp, A.H., Lange, J.E., *et al.* (2021) Predictors for Long-Term Curve Progression after Boston Brace Treatment of Idiopathic Scoliosis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, **57**, 101-109. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.20.06190-0>
- [14] Maruyama, T. (2008) Bracing Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review of the Literature of Effective Conservative Treatment Looking for End Results 5 Years after Weaning. *Disability and Rehabilitation*, **30**, 786-791. <https://doi.org/10.1080/09638280801889782>
- [15] Emans, J.B., Kaelin, A., Bancel, P., *et al.* (1986) The Boston Bracing System for Idiopathic Scoliosis. Follow-Up Results in 295 Patients. *Spine*, **11**, 792-801. <https://doi.org/10.1097/00007632-198610000-00009>
- [16] Shi, B., Guo, J., Mao, S., *et al.* (2016) Curve Progression in Adolescent Idiopathic Scoliosis with a Minimum of 2 Years' Follow-Up after Completed Brace Weaning with Reference to the SRS Standardized Criteria. *Spine Deformity*, **4**, 200-205. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2015.12.002>
- [17] Wiley, J.W., Thomson, J.D., Mitchell, T.M., *et al.* (2000) Effectiveness of the Boston Brace in Treatment of Large Curves in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine*, **25**, 2326-2332. <https://doi.org/10.1097/00007632-200009150-00010>

- [18] Schiller, J.R., Thakur, N.A. and Ebersson, C.P. (2010) Brace Management in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **468**, 670-678. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-0884-9>
- [19] Bassett, G.S., Bunnell, W.P. and Macewen, G.D. (1986) Treatment of Idiopathic Scoliosis with the Wilmington Brace. Results in Patients with a Twenty to Thirty-Nine-Degree Curve. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **68**, 602-605. <https://doi.org/10.2106/00004623-198668040-00019>
- [20] De Mauroy, J.C., Lecante, C. and Barral, F. (2011) “Brace Technology” Thematic Series—The Lyon Approach to the Conservative Treatment of Scoliosis. *Scoliosis*, **6**, Article No. 4. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-6-4>
- [21] Deceuninck, J. and Bernard, J.C. (2012) Quality of Life and Brace-Treated Idiopathic Scoliosis: A Cross-Sectional Study Performed at the Centre Des Massues on a Population of 120 Children and Adolescents. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, **55**, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2011.12.003>
- [22] Fang, M.Q., Huang, X.L., Wang, W., et al. (2022) The Efficacy of Schroth Exercises Combined with the Chêneau Brace for the Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Retrospective Controlled Study. *Disability and Rehabilitation*, **44**, 5060-5068. <https://doi.org/10.1080/09638288.2021.1922521>
- [23] Taghi Karimi, M., Rabczuk, T. and Kavyani, M. (2018) Evaluation of the Efficiency of the Chêneau Brace on Scoliosis Deformity: A Systematic Review of the Literature. *Der Orthopäde*, **47**, 198-204. <https://doi.org/10.1007/s00132-018-3529-4>
- [24] Karimi, M.T. and Rabczuk, T. (2018) Scoliosis Conservative Treatment: A Review of Literature. *Journal of Crani-overtebral Junction and Spine*, **9**, 3-8. [https://doi.org/10.4103/jcvjs.JCVJS\\_39\\_17](https://doi.org/10.4103/jcvjs.JCVJS_39_17)
- [25] Weiss, H.R. and Werkmann, M. (2010) “Brace Technology” Thematic Series—The ScoliOlogiC® Chêneau Light™ Brace in the Treatment of Scoliosis. *Scoliosis*, **5**, Article No. 19. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-5-19>
- [26] Weiss, H.R., Werkmann, M. and Stephan, C. (2007) Correction Effects of the ScoliOlogiC “Chêneau Light” Brace in Patients with Scoliosis. *Scoliosis*, **2**, Article No. 2. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-2-2>
- [27] Weiss, H.R. and Rigo, M. (2001) Befundgerechte Physiotherapie Bei Skoliose Pflaum. <https://www.abebooks.com/book-search/title/befundgerechte-physiotherapie-skoliose>
- [28] Weiss, H. (2014) Standardising the Treatment with Chêneau Braces via CAD: Prospects and Risks. *OA Musculoskeletal Medicine*, **2**, Article 10.
- [29] Weiss, H.R. (2010) “Brace Technology” Thematic Series—The Gensingen Brace™ in the Treatment of Scoliosis. *Scoliosis*, **5**, Article No. 22. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-5-22>
- [30] Borysov, M. and Mogilantseva, T. (2016) Rehabilitation of Adolescents with Scoliosis during Growth—Preliminary Results Using a Novel Standardized Approach in Russia. (Methodology). *Current Pediatric Reviews*, **12**, 31-35. <https://doi.org/10.2174/157339631266615117120746>
- [31] Weiss, H.R., Turnbull, D., Seibel, S., et al. (2019) First End-Result of a Prospective Cohort with AIS Treated with a CAD Chêneau Style Brace. *Journal of Physical Therapy Science*, **31**, 983-991. <https://doi.org/10.1589/jpts.31.983>
- [32] Weiss, H., Tournavitis, N. and Seibel, S. (2016) A Prospective AIS Cohort of 40 and More Treated with the Gensingen Brace (GBW): Preliminary Results. *The Open Orthopaedics Journal*, **11**, 155-1567. <https://doi.org/10.2174/1874325001711011558>
- [33] Weiss, H.R. and Moramarco, M. (2013) Indication for Surgical Treatment in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis—A Critical Appraisal. *Patient Safety in Surgery*, **7**, Article No. 17. <https://doi.org/10.1186/1754-9493-7-17>
- [34] Weiss, H.R., Tournavitis, N., Seibel, S., et al. (2017) A Prospective Cohort Study of AIS Patients with 40° and More Treated with a Gensingen Brace (GBW): Preliminary Results. *The Open Orthopaedics Journal*, **11**, 1558-1567. <https://doi.org/10.2174/1874325001711011558>
- [35] Pasquini, G., Cecchi, F., Bini, C., et al. (2016) The Outcome of a Modified Version of the Cheneau Brace in Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) Based on SRS and SOSORT Criteria: A Retrospective Study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, **52**, 618-629.
- [36] Bulthuis, G.J., Veldhuizen, A.G. and Nijenbanning, G. (2008) Clinical Effect of Continuous Corrective Force Delivery in the Non-Operative Treatment of Idiopathic Scoliosis: A Prospective Cohort Study of the TriaC-Brace. *European Spine Journal*, **17**, 231-239. <https://doi.org/10.1007/s00586-007-0513-9>
- [37] Zeh, A., Planert, M., Klima, S., et al. (2008) The Flexible TriaC-Brace for Conservative Treatment of Idiopathic Scoliosis: An Alternative Treatment Option? *Acta Orthopaedica Belgica*, **74**, 512-521.
- [38] Guo, J., Lam, T.P., Wong, M.S., et al. (2014) A Prospective Randomized Controlled Study on the Treatment Outcome of SpineCor Brace versus Rigid Brace for Adolescent Idiopathic Scoliosis with Follow-Up According to the SRS Standardized Criteria. *European Spine Journal*, **23**, 2650-2657. <https://doi.org/10.1007/s00586-013-3146-1>
- [39] Clin, J., Aubin, C.E., Parent, S., et al. (2010) A Biomechanical Study of the Charleston Brace for the Treatment of Scoliosis. *Spine*, **35**, E940-E947. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181c5b5fa>



- 
- [40] Ohrt-Nissen, S., Hallager, D.W., Gehrchen, M., *et al.* (2016) Flexibility Predicts Curve Progression in Providence Nighttime Bracing of Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine*, **41**, 1724-1730. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001634>
- [41] Weiss, H.R. and Weiss, G.M. (2005) Brace Treatment during Pubertal Growth Spurt in Girls with Idiopathic Scoliosis (IS): A Prospective Trial Comparing Two Different Concepts. *Pediatric Rehabilitation*, **8**, 199-206. <https://doi.org/10.1080/13638490400022212>
- [42] Karimi, M.T. and Rabczuk, T. (2020) Evaluation of the Efficiency of Boston Brace on Scoliotic Curve Control: A Review of Literature. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, **43**, 824-831. <https://doi.org/10.1080/10790268.2019.1578104>
- [43] 张臻, 张迦琅, 冯铭哲, 等. 支具治疗青少年特发性脊柱侧凸的研究进展[J]. 骨科, 2023, 14(1): 87-91.
- [44] Ng, S.Y., Nan, X.F., Lee, S.G., *et al.* (2017) The Role of Correction in the Conservative Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *The Open Orthopaedics Journal*, **11**, 1548-1557. <https://doi.org/10.2174/1874325001711011548>
- [45] 李卫平, 王志勇, 宋斌, 等. 支具治疗中度特发性脊柱侧凸患儿 59 例 8 年随访[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(30): 5853-5856.
- [46] Weinstein, S.L., Dolan, L.A., Wright, J.G., *et al.* (2013) Effects of Bracing in Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *The New England Journal of Medicine*, **369**, 1512-1521. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1307337>