

· 基础研究 ·

支具加拨针治疗脊柱侧凸的生物力学研究

朱晓华¹, 徐荣范², 胡可²

(1. 江阴市青阳医院针灸科, 江苏 江阴 214401; 2. 江阴市中医院, 江苏 江阴 214400)

【摘要】 目的: 探讨拨针干预脊柱侧凸支具治疗的临床生物力学原理。方法: 根据拨针疗法新的设计思路建立实验力学模型, 模拟选择 7 例脊柱侧凸尸体标本, 先采用支具疗法干预测量, 再在支具基础上增加拨针疗法干预测量。结果: 两种方法实验力学模型能够实现拨针疗法对脊柱侧凸载荷的预测, 验证了模型的精确性有效性, 脊柱侧凸原始侧凸程度 7 例均值为 $(59.70 \pm 3.37)^\circ$, 经支具矫正为 $(49.57 \pm 2.79)^\circ$, 采用拨针疗法联合支具治疗, 矫正为 $(39.43 \pm 1.94)^\circ$, 后者具有明显优势 ($P < 0.05$)。从脊柱侧凸胸腰椎凹侧撑开力 V, 凸侧压缩力 T, 支具加拨针比单独使用支具省力 45%~46%, 旋转力矩 M_w 和压缩力矩 M_v 省力达 45%~47%, 对抗肌肉韧带的张力矩 M_T 也省 52%, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。结论: 拨针疗法生物力学实验模型的结果证实, 拨针干预支具治疗脊柱侧凸能显著降低 Cobb 角, 提高支具校正效率, 有利于提高矫正效果, 是一种有效的治疗方式。

【关键词】 脊柱侧凸; 生物力学; 矫正装置

中图分类号: R682.3

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.04.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Biomechanical experimental study on brace with stiletto needle therapy for scoliosis ZHU Xiao-hua*, XU Rong-fan, and HU Ke. *Department of Acupuncture, Jiangyin Qingyang Hospital, Jiangyin 214401, Jiangsu, China

ABSTRACT Objective: To investigate clinical biomechanical principle of brace with stiletto needle therapy for scoliosis.

Methods: Based on design ideas of teasing needle therapy, building an experimental mechanical model was built, seven specimens with scoliosis were chosen, and treated by brace therapy and then added to stiletto needle therapy. **Results:** The two experimental mechanical model methods could predict load of scoliosis by stiletto needle therapy, and was verified accuracy and effectiveness of model. The degree of initial scoliosis of 7 patients was $(59.7 \pm 3.37)^\circ$, improved to $(49.57 \pm 2.79)^\circ$ by correction of brace, and $(39.43 \pm 1.94)^\circ$ by correction of brace with stiletto needle therapy, had significant differences ($P < 0.05$). Lateral distraction force of thoracolumbar fossa from scoliosis as V, compressive force of scoliosis as T, brace with stiletto needle therapy could save effort for 45% to 46% than that of brace, while running torque M_w and compressive torque M_v could save effort about 45% to 47%, save effort of tension torque M_T of muscle and ligament for 52%, and had statistical difference ($P < 0.05$).

Conclusion: Experimental biomechanical model of teasing needle therapy confirmed that the therapy could significantly reduce Cobb angle, improve correction efficiency of brace and beneficial for correction effect. It is an effective treatment for scoliosis.

KEYWORDS Scoliosis; Biomechanics; Orthotic devices

支具治疗脊柱侧凸的历史已近 400 年, 20 世纪 60 至 70 年代, 人们普遍采用支具治疗脊柱侧凸, 但 20 世纪 80 年代以 Dickson 为代表曾有否定的倾向, 直到 90 年代初, 由于脊柱手术风险大, 术后并发症较多, 人们又重新重视支具治疗^[1]。支具治疗(通常持续数月甚至数年)是目前预防脊柱畸形发展的最常用的保守方法之一^[2-3]。基层医疗在临床探索中发

现, 拨针干预侧凸支具治疗, 可提高支具治疗效果^[4]。本文模拟 7 例脊柱侧凸尸体标本进行生物力学模拟实验研究, 以期探索拨针干预脊柱侧凸支具治疗的临床生物力学原理, 计算其 Cobb 角的变化及矫正力等力学参数, 评价其疗效, 为临床应用提供基础理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

金属拨针: 长(L)为 22.50 cm, 直径(φ)1.20 mm, 规格为 GDC55200 型普菲克牌超然拨针。7 具尸体脊柱新鲜标本, 男 2 例, 女 5 例; 平均年龄 16 岁; 复旦大学人类学研究所提供, 经伦理学准许。

1.2 实验装置

实验设备 Zwick/Roell Amsler HFP100 动态万能

基金项目: 国家中医药管理局澄江针灸学派传承工作室建设项目(编号: LP0110023); 江苏省中医药管理局科技项目(编号: YB2017053); 江阴市卫计委面上科研项目(编号: M201611)

Fund program: State Administration of Traditional Chinese Medicine - Chengjiang Acupuncture School Heritage Studio Project (No. LP0110023)

通讯作者: 朱晓华 E-mail: m13961652158@163.com

Corresponding author: ZHU Xiao-hua E-mail: m13961652158@163.com

材料试验机(德产),脊柱力学参数测量仪,数字 YJ-16 动静态应变仪(上海华东电子仪器厂),JG-101 高精度光栅传感器(上海科技大学机电工厂),CAD 数据自动记录仪。

1.3 实验方法

利用 HFP 100 德产试验机专用标本夹住系统,模拟脊柱侧凸(图 1),7 具标本先进行支具方法干预,再在支具基础上增加拨针方法干预。采用 WDI-2 型测力仪(上海华东电子仪器厂),配合 BHR-10 型压力传感器及 BLR-2 型拉力传感器(莆田传感器厂)测量。

(1)支具疗法:校正脊柱侧凸采用哈氏棒(上海手术医疗器械厂)矫正术,先用撑开棒,待畸形大部分矫正后,再装压缩棒,分别进行校正力测量,Cobb 角测量等。(2)支具加拨针疗法:在支具基础上,利用拨针解结松筋膜,沿针眼进到皮下从浅筋膜到深筋膜,在棘突 5 mm 处进行松解,发散到棘突旁挑松筋膜 10 min,再用相同方法进行生物力学测量。



图 1 脊柱侧凸生物力学试验
Fig.1 Biomechanical experiment of scoliosis

1.4 试验力学模型

生物力学常将由椎体、椎间盘、肌肉韧带构成的脊柱常常简化为连续的弹性基础梁。脊柱侧凸矫正时,每一节两个椎体和中间椎间盘构成的单元结构是骨性稳定的三点。它是利用脊柱运动的静力学和动力学作用;以及利用哈氏棒(Harrington)矫正力使椎体发生定点转动所建立的试验力学模型^[5]。见图 2。

在体重力 W 作用下,椎骨模型发生转动和倾斜(θ),要进行脊柱侧凸校正就要在椎体上施加垂直力 V 和支撑力 H,以对抗肌肉韧带的张力矩 $M_T=T \cdot \delta$,和椎体旋转力矩 $M_W=W \cdot g$ 和 $M_V=V \cdot g$ 。从图 2 中看到,脊柱侧凸越大,即倾角 θ 越大,椎骨回复所需要

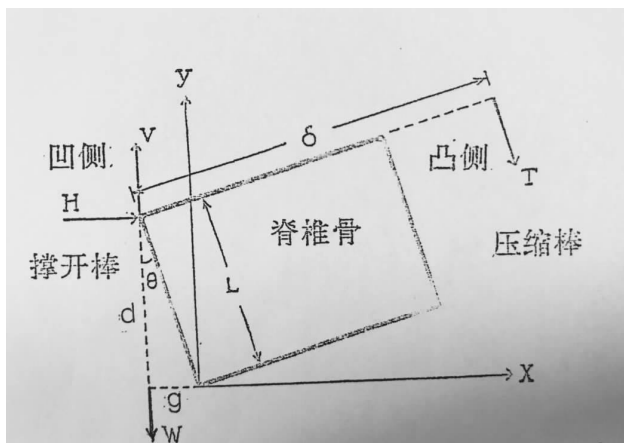


图 2 脊柱侧凸校正试验力学模型 在体重力 W 作用下,椎骨模型发生转动和倾斜(θ),要进行脊柱侧凸校正就要在椎体上施加垂直力 V 和水平力 H,以对抗肌肉韧带的张力矩 $M_T=T \cdot \delta$,和椎体旋转力矩 $M_W=W \cdot g$ 和 $M_V=V \cdot g$

Fig.2 Experimental mechanical model of scoliosis Under the effect of body weight W, vertebral body model was rotated and tilted (θ), correcting scoliosis should put pressure on vertebral body with vertical force V and supporting force H to resist tension moment $M_T=T \cdot \delta$, muscular ligaments and rotation moment $M_W=W \cdot g$ and $M_V=V \cdot g$

的 H 和 T 力就越大。无论用哪种方法,对脊柱侧凸校正,就要测定这些力学量。此外,Cobb 角的变化也需要测定。

1.5 测量指标与方法

测量脊柱侧凸校正力学指标,即矫正前后 Cobb 角的变化,脊柱侧凸校正时施加垂直力 V 和水平力 H,以及椎体的旋转力矩 M_W 和 M_V ,克服对抗肌力的张力矩 M_T 和椎体侧凸制高点上的位移变化数值。

1.6 统计学处理

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析,对测量实验数据值的偶然误差进行处理后,得到一个满意的估值和置信区间,以线性回归,Student t 检验,经最小二乘法处理绘图;力学实验测量数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用配对 t 检验比较两种方法测量结果。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 脊柱畸形校正结果比较

根据拨针干预脊柱侧凸的试验力学模型,哈氏棒试验结果显示:(1)两种方法脊柱侧凸度 θ 越大,椎骨恢复所需 H 和 T 也越大。如 $\theta > 45^\circ$ 时, $H < V$,即畸形较轻时,使用水平力(H)比垂直力(V)有利。T 值凸侧张力随 θ 值增大而增大,故张力只有在倾斜度小时才有效。(2)拨针疗法在支具治疗基础上进行,由于韧带肌肉在脊骨附近,更贴近脊柱中心,松解肌肉韧带更有利于校正。手术时哈氏棒支具置于凹侧对脊柱施加垂直撑开力 V,凸侧施加压缩棒力

表 1 两种方法干预脊柱侧凸模型力学指标试验结果 ($\bar{x}\pm s$)
Tab.1 Experiment mechanics indexes for scoliosis by two methods intervention ($\bar{x}\pm s$)

方法	标本数	Cobb 角(°)	V(N)	T(N)	M _w (N.m)	M _v (N.m)	M _r (N.m)
支具	7	49.57±2.79	118.57±7.14	101.14±7.15	4.95±0.29	3.72±0.27	8.48±0.67
支具加拨针	7	39.43±1.94	65.57±3.95	54.14±3.16	2.73±0.16	1.99±0.12	4.05±0.37
t 值		2.163	2.465	3.283	3.120	3.266	3.178
P 值		0.020	0.019	0.015	0.017	0.016	0.018

T,从而使脊柱侧凸更易得到校正。(3)7 例脊柱侧凸尸体标本,根据两种方法力学试验得到的 Cobb 角变化和校正力和力矩结果如表 1 所示。结果表明:(1)脊柱侧凸原始侧凸程度 7 例均值为(59.70±3.37)°,经支具矫正为(49.57±2.79)°,采用拨针疗法联合支具治疗,矫正为(39.43±1.94)°,后者具有明显优势($P<0.05$)。(2)从脊柱侧凸胸腰椎凹侧撑开力 V,凸侧压缩力 T,支具加拨针比单独使用支具省力 45%~46%,旋转力矩 M_w 和压缩力矩 M_v 省力达 45%~47%,对抗肌肉韧带的张力矩 M_r 也省 52%,达一半以上,进一步显示了采用拨针干预治疗脊柱侧凸的优越性,差异均有统计学意义($P<0.05$)。

2.2 载荷一位移变化

胸腰段脊柱侧凸模型同样采用两种方法进行校正,测量施加于脊柱载荷 P 和侧凸段制高点顶椎上的位移 Δ。根据载荷传感器和光栅位移传感器测量,两者关系由图 3 曲线表示。图 3 结果显示,在相同脊柱侧凸校正移位时,联合拨针干预治疗能使施加于脊柱上的载荷平均下降达 50%以上,差异有统计学意义($t=3.342, P<0.05$)。

3 讨论

拨针是中医药微创适宜技术,属于九针之圆针、长针范畴,其突出作用是松解软组织的功能。拨针类似骨膜剥离器,但针头圆钝,松解软组织不易损伤血管神经,属于闭合式微创手术,创伤小,几乎零感染率,不需要缝合。自 2014 年 10 月至 2016 年 12 月,本文对 14 例青少年特发性脊柱侧凸患者预试验显示,使用拨针早期介入,对腰背部浅筋膜和深部筋膜的结筋病灶进行解结、摩骨刺激,遵循中医“筋骨并治”原则^[6],松解剥离侧凸凹侧挛缩的软组织,利于椎旁两侧的肌力恢复平衡,从而使侧凸的脊柱得到矫正的可行性,也是直接对“弓弦效应”的治疗,在此基础上再进行支具治疗^[4],初诊支具矫正率 69.98%,1 年支具矫正率也有明显好转。

拨针干预脊柱侧凸支具治疗的生物力学实验研究表明,拨针能有效缓解和矫正脊柱侧凸畸形和肌力失衡两大力学因素,根据脊柱侧凸程度,利用脊柱模拟试验能够预测拨针干预支具治疗脊柱侧凸时

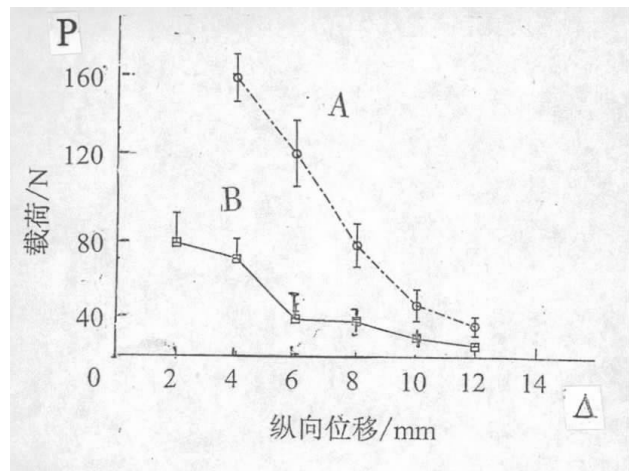


图 3 脊柱侧凸校正载荷一位移曲线 A 支具, B 支具加拨针
Fig.3 Load-displacement curve of scoliosis A stands for brace and B stands for brace with stiletto needle

Cobb 角的变化以及脊柱凹侧凸侧施加支撑力的大小和脊柱旋转恢复力矩的大小,能够定量评价脊柱侧凸矫正的效果^[7-10]。支具治疗成功支撑的定义为当停止支具治疗或患者的骨成熟时,Cobb 角减少超过 5°^[11-12],本次拨针干预实验证明 Cobb 角矫正了(20.27±1.43)°,校正达 34%左右,使用载荷下降达 50%以上,可见采用拨针干预支具治疗脊柱侧凸能显著降低 Cobb 角,提高支具校正效率,有利于提高矫正效果,是一种有效的治疗方式。

本次支具治疗采用模拟实验,对离体新鲜的人尸体胸腰椎节段标本进行脊柱侧凸生物力学试验,故用骨科矫正脊柱侧凸常用的经典哈氏棒手术方法,以方便进行生物力学实验器械安装(应变片、传感器等)和测量。若用穿戴式量身制模、石膏、牵引等支具撑开技术在活体上力学测量几乎不可能实现,但是它们的生物力学原理是相同的,离体和在体测量均有力学规律所循的,是一次有价值的探索,脊柱侧凸总结规律、改进离体实验,采用在体测量,以臻完美是今后努力的方向。

参考文献

[1] 程永红. 青少年特发性脊柱侧凸治疗研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20(9): 819-822.

- CHENG YH. Advances in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis[J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2012, 20(9):819-822. Chinese.
- [2] Zaina F, De Mauroy JC, Grivas T, et al. Bracing for scoliosis in 2014: state of the art[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2014, 50(1):93-110.
- [3] 范宁, 藏磊, 海涌, 等. 脊柱侧凸有限元建模方法的应用进展[J]. 中国骨伤, 2018, 31(4):391-394.
FAN N, ZANG L, HAI Y, et al. Progression on finite element modeling method in scoliosis[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(4):391-394. Chinese with abstract in English.
- [4] 朱晓华, 朱力立, 徐荣范. 拔针疗法配合支具治疗青少年特发性脊柱侧凸疗效观察[J]. 上海针灸杂志, 2017, 36(3):331-333.
ZHU XH, ZHU LL, XU RF. Observations on the efficacy of teasing needle therapy plus a brace for adolescent idiopathic scoliosis[J]. Shang Hai Zhen Jiu Za Zhi, 2017, 36(3):331-333. Chinese.
- [5] 戴冠戎, 俞昌泰, 张先茂, 等. 脊柱侧凸的病理力学和对哈氏棒矫正术的改进[J]. 中华外科杂志, 1983, 21(1):27-30.
DAI KR, YU CT, ZHANG XF, et al. Pathological mechanics of scoliosis and improvement of Harrington's epithesis[J]. Zhonghua Wai Ke Za Zhi, 1983, 21(1):27-30. Chinese.
- [6] 杜红根, 徐金元, 蒋忠, 等. 脊柱平衡疗法对青少年特发性脊柱侧凸患者肺功能及表面平均肌电比值的影响[J]. 中国骨伤, 2016, 29(4):316-319.
DU HG, XU JY, JIANG Z, et al. Influences of spine balanced therapies of traditional Chinese medicine in adolescent idiopathic scoliosis in pulmonary function and average ratio of the surface electromyogram[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(4):316-319. Chinese with abstract in English.
- [7] Gardner-Morse M, Stokes IA. Three-dimensional simulations of the scoliosis derotation maneuver with Cotrel-Dubousset instrumentation[J]. J Biomech, 1994, 27(2):177-181.
- [8] Liu CL, Kao HC, Wang ST, et al. Biomechanical evaluation of a central rod system in the treatment of scoliosis[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1998, 13(7):548-559.
- [9] 翁习生, 王胜利, 徐宏光, 等. 矫形支具对青春期特发性脊柱侧凸的治疗价值[J]. 中华骨科杂志, 2003, 23(3):49-52.
WENG XS, WANG SL, XU HG, et al. Therapeutic value of orthotic braces for adolescent idiopathic scoliosis[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2003, 23(3):49-52. Chinese.
- [10] 张宇鹏, 史亚民, 王华东, 等. 脊柱侧凸数字导航模板的准确性与安全性的病例对照研究[J]. 中国骨伤, 2015, 28(10):945-950.
ZHANG YP, SHI YM, WANG HD, et al. Case-control study on accuracy and safety of patient-specific drill-guide templates used in scoliosis cases[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2015, 28(10):945-950. Chinese with abstract in English.
- [11] Chan A, Lou E, Hill D. Review of current technologies and methods supplementing brace treatment in adolescent idiopathic scoliosis[J]. J Child Orthop, 2013, 7(4):309-316.
- [12] Maruyama T, Kobayashi Y, Miura M, et al. Effectiveness of brace treatment for adolescent idiopathic scoliosis[J]. Scoliosis, 2015, 10(Suppl 2):S12.

(收稿日期:2018-11-20 本文编辑:王玉蔓)