

DOI: 10.16781/j.0258-879x.2020.11.1208

• 专题报道 •

Chiari 畸形合并脊柱侧凸患者的胸椎后凸与椎体旋转有关

顾琦[△], 舒诗斌[△], 张原诚, 刘臻, 钱邦平, 邱勇, 鲍虹达, 朱泽章*

南京医科大学鼓楼临床医学院脊柱外科, 南京 210008

[摘要] **目的** 探讨 Chiari 畸形合并脊柱侧凸患者胸椎后凸角 (TK) 与椎体旋转的相关性。**方法** 回顾性选择 2017 年 7 月至 2019 年 7 月于南京大学医学院附属鼓楼医院行 EOS 脊柱影像摄片的 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者 30 例和青少年特发性脊柱侧凸 (AIS) 患者 34 例。根据冠状面主胸弯 Cobb 角、顶椎节段等进行配对, AIS 患者中 TK \leq 20° 者入组, Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者中 TK \geq 30° 者入组。选择入组患者的 EOS 脊柱影像并进行三维重建, 利用三维重建图像测量患者的冠状面主胸弯 Cobb 角、顶椎节段、椎体旋转角度及 TK, 计算主胸弯平均椎体旋转角度 (MTR)。采用 Pearson 相关分析研究 AIS 患者及 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者 TK 和主弯区 MTR 的相关性。**结果** 共 24 例 (12 对) 患者入组, AIS 组男 4 例、女 8 例, Chiari 畸形伴脊柱侧凸组男 5 例、女 7 例, 两组间性别构成差异无统计学意义 ($\chi^2=0.00, P>0.05$); 两组患者年龄分别为 12~18 (15.25 \pm 2.00) 岁、11~18 (14.42 \pm 2.43) 岁, 冠状面主胸弯 Cobb 角分别为 (58.13 \pm 11.45)° 和 (55.35 \pm 12.35)°, 差异均无统计学意义 (P 均 >0.05)。AIS 组和 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组患者的 TK 分别为 (13.89 \pm 6.35)°、(37.11 \pm 9.40)°, MTR (绝对值) 分别为 (24.62 \pm 2.78)° 和 (21.53 \pm 1.66)°, 差异均有统计学意义 ($t=-6.38, 3.94, P<0.01, P=0.002$)。Pearson 相关分析显示, AIS 组和 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组患者 TK 均与 MTR 呈负相关 ($r=-0.667, -0.645, P=0.018, 0.024$)。**结论** 在冠状面形态相同的条件下, Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者较大的 TK 可能是由椎体旋转造成, 提示脊柱外科医师在关注 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者冠状面矫形的同时须注意矢状面的旋转。

[关键词] EOS 影像系统; 脊柱侧凸; Chiari 畸形; 脊柱后凸; 椎体旋转**[中图分类号]** R 682.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2020)11-1208-05

Thoracic kyphosis associated with vertebral rotation in patients with Chiari malformation and scoliosis

GU Qi[△], SHU Shi-bin[△], ZHANG Yuan-cheng, LIU Zhen, QIAN Bang-ping, QIU Yong, BAO Hong-da, ZHU Ze-zhang*

Department of Spinal Surgery, Drum Tower Hospital, Clinical College of Nanjing Medical University, Nanjing 210008, Jiangsu, China

[Abstract] **Objective** To investigate the correlation between thoracic kyphosis (TK) and vertebral rotation in patients with Chiari malformation and scoliosis. **Methods** Thirty patients with Chiari malformation and scoliosis and 34 patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS) who underwent EOS imaging from Jul. 2017 to Jul. 2019 in Nanjing Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School were retrospectively selected. According to the Cobb angle and apical vertebral segment of the coronal main thoracic curve, patients with TK \leq 20° in the AIS group and TK \geq 30° in the Chiari group were enrolled. The EOS imaging of the patients was selected and three-dimensional reconstruction was performed. The Cobb angle, apical vertebral segment, vertebral rotation angle and TK of the coronal main thoracic curve were measured by the three-dimensional reconstruction image, and the mean vertebral rotation (MTR) of the main thoracic curve was calculated. Pearson correlation analysis was used to study the correlation between TK and MTR in the main curvature region in the two groups. **Results** A total of 24 patients (12 pairs) were enrolled, including four males and eight females in the AIS group, and five males and seven females in the Chiari group. There was no differences in the gender composition between the two groups ($\chi^2=0.00, P>0.05$). The mean age of the two groups were 12-18 (15.25 \pm 2.00) years and 11-18 (14.42 \pm 2.43) years ($P>0.05$). The mean Cobb angle of the coronal main thoracic curve of the two groups were (58.13 \pm 11.45)° and (55.35 \pm 12.35)° ($P>0.05$). The mean TK and MTR (absolute value) of the AIS group and the Chiari group were (13.89 \pm 6.35)° vs (37.11 \pm 9.40)°

[收稿日期] 2019-12-18 **[接受日期]** 2020-02-13**[基金项目]** 江苏省自然科学基金 (KB20180122). Supported by Natural Science Foundation of Jiangsu Province (KB20180122).**[作者简介]** 顾琦, 硕士生. E-mail: guqi_1109@163.com; 舒诗斌, 硕士生. E-mail: shushibin_spine@163.com[△]共同第一作者 (Co-first authors).

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 025-83105121, E-mail: zhuzezhang@126.com

($t = -6.38, P < 0.01$) and $(24.62 \pm 2.78)^\circ$ vs $(21.53 \pm 1.66)^\circ$ ($t = 3.94, P = 0.002$), both with significant differences. Pearson correlation analysis showed that TK was associated with MTR in the both groups ($r = -0.667$ and $-0.645, P = 0.018$ and 0.024). **Conclusion** Under the same coronal plane, the larger TK in patients with Chiari malformation and scoliosis may be caused by vertebral rotation, which suggests that spine surgeons should pay attention to sagittal rotation as well as coronal correction in Chiari malformation patients with scoliosis.

[Key words] EOS imaging system; scoliosis; Chiari malformation; kyphosis; vertebral rotation

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2020, 41(11): 1208-1212]

青少年特发性脊柱侧凸 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 是一种三维畸形^[1-3], 特别是水平面椎体位置和旋转异常。目前已提出多种椎体水平面旋转的评价方法, 其中 Nash-Moe 法和 Perdriolle 法最常用。近年一项新的骨骼成像技术——EOS 全身骨骼成像系统投入临床使用^[4]。对于 AIS 患者, 该成像系统的优势是通过对 EOS 系统摄片得到的正侧位图像进行三维重建, 准确地获得脊柱侧凸畸形的三维影像学参数, 如冠状面三维 Cobb 角、矢状面三维胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK) 和水平面的椎体旋转角度。鲍虹达等^[5]指出, 在控制冠状面畸形的条件下, 矢状面 TK 较小的 AIS 患者主胸弯水平面椎体旋转角度显著大于 TK 正常的 AIS 患者。Chiari 畸形患者通常伴有脊柱畸形, 该类患者中矢状面 TK 与主胸弯水平面椎体旋转角度的关系目前仍不清楚。本研究选择冠状面形态匹配 (主胸弯弯型相似且 Cobb 角大小相似) 而矢状面 TK 存在较大差异的 AIS 患者和 Chiari 畸形合并脊柱侧凸患者作为研究对象, 探讨 Chiari 畸形合并脊柱侧凸患者 TK 与椎体旋转的相关性。

1 资料和方法

1.1 研究对象 回顾性选择 2017 年 7 月至 2019 年 7 月于南京大学医学院附属鼓楼医院进行 EOS 脊柱影像摄片的 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者 30 例和 AIS 患者 34 例。纳入标准: (1) MRI 检查确诊 Chiari 畸形或 AIS; (2) 冠状面主胸弯脊柱侧凸 Cobb 角为 $20^\circ \sim 90^\circ$ 。排除标准: (1) 伴先天性椎体分节不良、双下肢不等长或髋关节疾病, 或既往有脊柱骨折病史等患者; (2) TK $> 20^\circ$ 的 AIS 患者, TK $< 30^\circ$ 的 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者; (3) 影像学资料不完整的患者。本研究通过南京

大学医学院附属鼓楼医院伦理委员会审批。

1.2 影像学测量 获取入组患者的 EOS 影像摄片图像, 由 1 名接受过 EOS 技术培训的脊柱外科住院医师对图像进行三维重建。三维重建方法: 勾勒并调整脊柱弯曲曲线, 按顺序调整各椎体在侧位 X 线片上的位置、高度及在正位 X 线片上的位置和椎体旋转方向, 然后调整 T₁~L₅ 椎体的上下终板、前后缘及椎弓根位置, 最后由软件自动生成脊柱三维图像 (图 1)。

完成三维重建后用 sterEOS 软件自动测量患者的冠状面主胸弯 Cobb 角、次胸弯 Cobb 角、顶椎节段、椎体旋转角 (左旋为正) 等冠状面参数和 T₁~T₁₂ TK、T₄~T₁₂ TK 等矢状面参数, 然后计算主胸弯平均椎体旋转角度 (mean vertebral rotation, MTR), MTR 计算方法为主弯胸区各椎体旋转角度之和除以椎体个数。

1.3 研究分组 将入组患者分为 AIS 组和 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组, 根据冠状面形态相同或相似即主胸弯弯型和 Cobb 角大小相同或相似而矢状面 TK 不同将两组患者进行配对, 以冠状面主胸弯 Cobb 角及顶椎节段为主要配对指标, 配对原则为患者 Cobb 角相差 $\leq 5^\circ$ 、顶椎节段相差 ≤ 1 个椎体。匹配的每对患者仅 TK 差异显著, AIS 组患者 TK $\leq 20^\circ$, Chiari 畸形伴脊柱侧凸组患者 TK $\geq 30^\circ$ (图 2~4)。

1.4 统计学处理 应用 SPSS 20.0 软件进行数据分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用配对 t 检验; 计数资料以例数表示, 组间比较采用 χ^2 检验。采用 Pearson 相关分析研究 AIS 及 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者 TK 和主弯区 MTR 的相关性。检验水准 (α) 为 0.05。



图1 1例 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者的 EOS 全脊柱正侧位 X 线片 (A) 及 EOS 三维重建图像 (B)
 Fig 1 Anteroposterior and lateral radiographs of the full spine (A) and EOS three-dimensional reconstruction images (B) of a patient with Chiari malformation and scoliosis

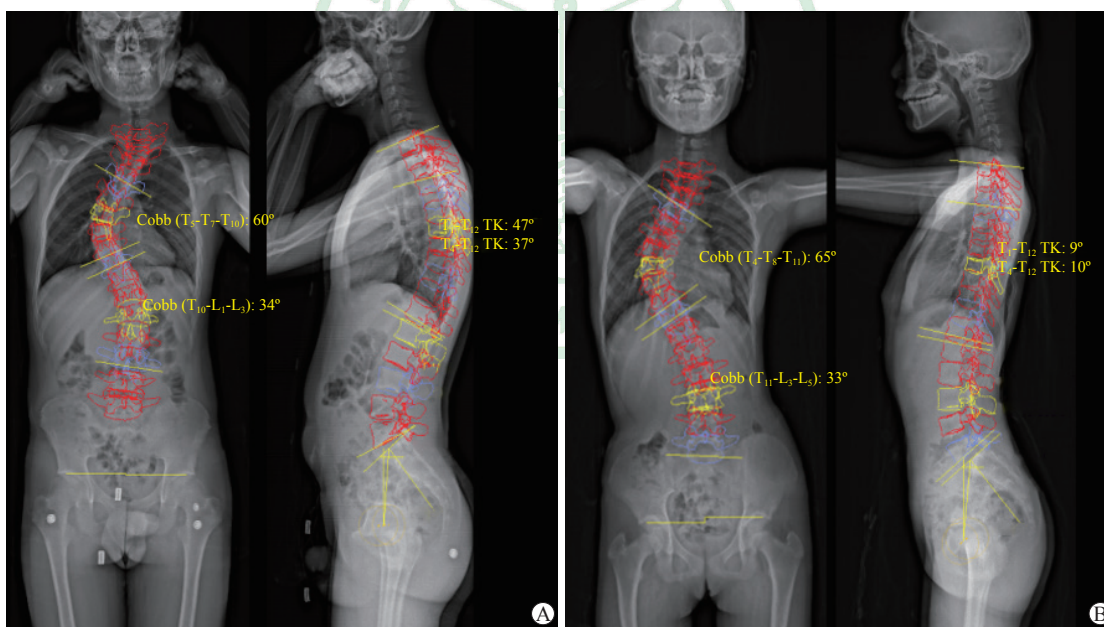


图2 1组配对的 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者和 AIS 患者的 Cobb 角和 TK

Fig 2 Cobb angle and TK in a matching group of a patient with Chiari malformation and scoliosis and a patient with AIS
 A: Male, 14 years old, Chiari malformation with scoliosis, coronal Cobb angle of 60° and TK (T₄-T₁₂) of 37° on the main curvature;
 B: Female, 12 years old, AIS, coronal Cobb angle of 65° and TK (T₄-T₁₂) of 10°. AIS: Adolescent idiopathic scoliosis; TK: Thoracic kyphosis

2 结果

共 24 例 (12 对) 患者入组, AIS 组男 4 例、女 8 例, Chiari 畸形伴脊柱侧凸组男 5 例、女 7 例, 两组间性别构成差异无统计学意义 ($\chi^2=0.00$,

$P>0.05$)。AIS 组和 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组患者年龄分别为 12~18 (15.25±2.00) 岁、11~18 (14.42±2.43) 岁, 两组患者年龄差异无统计学意义 ($t=0.96$, $P=0.36$)。AIS 组和 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组患者的冠状面主胸弯 Cobb 角分别为

(58.13 ± 11.45)° 和 (55.35 ± 12.35)°, 两组差异无统计学意义 ($t=2.20, P>0.05$)。AIS 组 TK 为 (13.89 ± 6.35)°, 小于 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组 [(37.11 ± 9.40) °], 两组差异有统计学意义 ($t=-6.38, P<0.01$)。利用三维重建图像测得 AIS 组和 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组患者的 MTR (绝对值) 分别为 (24.62 ± 2.78)° 和 (21.53 ± 1.66)°, 差异有统计学意义 ($t=3.94, P=0.002$)。Pearson 相关分析显示, AIS 组和 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组患者 TK 均与 MTR 呈负相关 ($r=-0.667, -0.645, P=0.018, 0.024$)。

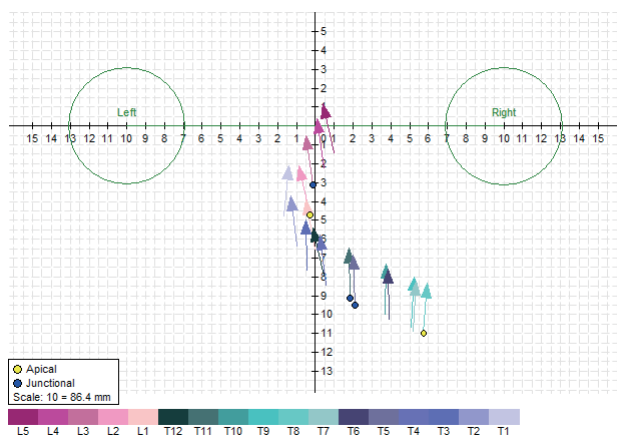


图 3 sterEOS 软件给出的 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者椎体旋转向量图

Fig 3 Vertebral body rotation vector diagram of a patient with Chiari malformation and scoliosis given by sterEOS software

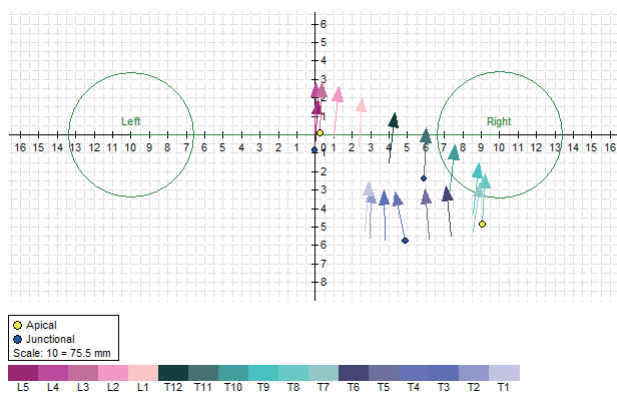


图 4 sterEOS 软件给出的 AIS 患者椎体旋转向量图

Fig 4 Vertebral body rotation vector diagram of a patient with AIS given by sterEOS software

AIS: Adolescent idiopathic scoliosis

3 讨论

脊柱侧凸作为一种三维畸形已得到广泛认同。

秦乐等^[6]认为脊柱侧凸顶椎水平面旋转角度与冠状面 Cobb 角之间存在良好的正相关性。南京大学医学院附属鼓楼医院的一项研究发现, 对于 AIS 患者, 其 TK 减小与主弯区椎体的水平面旋转相关^[5], 这一观点可指导相应的手术策略。关于 AIS 患者 TK 减小的原因目前尚存在争议。根据 Hueter-Volkman 定律, 由于椎体受力不对称, 椎体前柱应力减小而后柱应力增大, 可导致前柱过度生长从而出现 TK 减小^[7]。Newton 等^[8]发现这一矢状面异常应力状态可能由椎体旋转引起。这也解释了本研究中 AIS 组椎体旋转较大而 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组椎体旋转较小的现象。

Abelin-Genevois 等^[9]研究认为 AIS 患者二维侧视图像是由三维畸形的投影产生, 因此传统的二维矢状面评估缺乏准确性^[10], 尤其椎体间旋转较大时。Newton 等^[8]借助 EOS 成像系统对 AIS 患者的脊椎进行三维重建, 并通过软件模拟去旋转, 结果显示排除旋转影响后的真实 TK (三维 TK) 比二维矢状面测量的 TK 更小。而 Burkus 等^[11]通过对中欧人群的对照研究发现, AIS 患者 TK 明显减小, TK 减小幅度与 Cobb 角直接相关。盆腔入射角的变化很小, 但也与胸椎的变化相关, Sullivan 等^[12]发现去旋转后的三维胸椎后凸与冠状面主胸弯 Cobb 角相关。这一结果提示在冠状面畸形存在的情况下, TK 和主弯区椎体旋转互相影响, 这解释了本研究中在相同冠状面形态下 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组主弯区旋转较 AIS 组小的现象。

由于 EOS 成像系统在我国应用时间较短, 加上其本身存在的费用昂贵、人员培训要求高等局限性^[13], 致使本研究样本量小。此外, 本研究中 Chiari 畸形伴脊柱侧凸组与 AIS 组之间因发病机制、伴随并发症及就诊年龄等原因也使本研究入组的样本较少。本研究主要探讨了主胸弯区椎体旋转与 TK 之间的关系, Schlösser 等^[14]研究表明, 即使在早期阶段, 胸椎 AIS 与腰椎脊柱侧凸的矢状位轮廓也有差异, 因此关于次弯区等其他区域椎体旋转与后凸角的关系仍有待研究。对于椎体间旋转与矢状面 TK 之间的关系在实际临床中的应用及随访也有待研究。

综上所述, 在特定冠状面形态的条件下, TK 较大的 Chirai 畸形伴脊柱侧凸患者椎体水平面旋转较小, 即较小的椎体水平面旋转可引起二维平面较

大的后凸,提示脊柱外科医师在制定手术策略时在关注冠状面形态的同时也须关注矢状面的形态及椎体间的旋转。

[参 考 文 献]

- [1] LENKE L G, BETZ R R, HARMS J, BRIDWELL K H, CLEMENTS D H, LOWE T G, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 200, 83: 1169-1181.
- [2] QIU G, ZHANG J, WANG Y, XU H, ZHANG J, WENG X, et al. A new operative classification of idiopathic scoliosis: a Peking Union Medical College method[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30: 1419-1426.
- [3] 邱勇,朱丽华,宋知非,骆东山. 脊柱侧凸的临床病因学分类研究[J]. *中华骨科杂志*, 2000, 20: 265-268.
- [4] HUMBERT L, DE GUISE J A, AUBERT B, GODBOUT B, SKALLI W. 3D reconstruction of the spine from biplanar X-rays using parametric models based on transversal and longitudinal inferences[J]. *Med Eng Phys*, 2009, 31: 681-687.
- [5] 鲍虹达,舒诗斌,施健,刘树楠,孙明辉,胡安宁,等. 青少年特发性脊柱侧凸患者中同样的冠状面弯型不代表同样的三维畸形:基于EOS三维影像系统的配对研究[J]. *中华医学杂志*, 2018, 98: 1691-1696.
- [6] 秦乐,严福华,杜联军,师小凤. 基于EOS™的青少年特发性脊柱侧凸椎体轴面旋转分析[J]. *中国骨与关节杂志*, 2016, 5: 572-576.
- [7] STOKES I A. Analysis and simulation of progressive adolescent scoliosis by biomechanical growth modulation[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16: 1621-1628.
- [8] NEWTON P O, FUJIMORI T, DOAN J, REIGHARD F G, BASTROM T P, MISAGHI A. Defining the “three-dimensional sagittal plane” in thoracic adolescent idiopathic scoliosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2015, 97: 1694-1701.
- [9] ABELIN-GENEVOIS K, SASSI D, VERDUN S, ROUSSOULY P. Sagittal classification in adolescent idiopathic scoliosis: original description and therapeutic implications[J]. *Eur Spine J*, 2018, 27: 2192-2202.
- [10] DEACON P, DICKSON R A. Vertebral shape in the median sagittal plane in idiopathic thoracic scoliosis. A study of true lateral radiographs in 150 patients[J]. *Orthopedics*, 1987, 10: 893-895.
- [11] BURKUS M, SCHLÉGL Á T, O’SULLIVAN I, MÁRKUS I, VERMES C, TUNYOGI-CSAPÓ M. Sagittal plane assessment of spino-pelvic complex in a Central European population with adolescent idiopathic scoliosis: a case control study[J/OL]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2018, 13: 10. doi: 10.1186/s13013-018-0156-0.
- [12] SULLIVAN T B, REIGHARD F G, OSBORN E J, PARVARESH K C, NEWTON P O. Thoracic idiopathic scoliosis severity is highly correlated with 3D measures of thoracic kyphosis[J/OL]. *J Bone Joint Surg Am*, 2017, 99: e54. doi: 10.2106/JBJS.16.01324.
- [13] 师小凤,严福华. EOS™在青少年脊柱侧凸中的应用[J]. *国际医学放射学杂志*, 2017, 40: 313-316.
- [14] SCHLÖSSER T P, SHAH S A, REICHARD S J, ROGERS K, VINCKEN K L, CASTELEIN R M. Differences in early sagittal plane alignment between thoracic and lumbar adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine J*, 2014, 14: 282-290.

[本文编辑] 杨亚红