

胸椎经横突 - 椎体螺钉固定入路的放射解剖学研究及意义

崔新刚 孙建民 蒋振松 丁自海



【摘要】 目的 为避免胸椎椎弓根手术的危险因素,在横突解剖研究的基础上设计了经横突 - 椎体螺钉固定术式,对这一术式入路进行放射解剖学研究。方法 通过观测 60 例成人胸椎 CT,对术式路径的长度、宽度、进钉角度进行放射解剖研究,并与经椎弓根固定术式进行统计学比较分析。在此基础上用 5 具尸体的 T₁ ~ T₁₀ 节段模拟穿钉,并做出穿钉准确性评价。结果 经横突 - 椎体螺钉固定术式可有两条入路,其入路长度、角度存在差异,差异有统计学意义 ($P < 0.05$);这一术式与经椎弓根术式相比具有更大的路径长度、宽度及内倾角度,差异有统计学意义 ($P < 0.01$);根据入路解剖参数在 5 具尸体的 T₁ ~ T₁₀ 节段上模拟穿钉发现这一术式两条入路的螺钉位置均满意,未见神经、血管损伤。结论 经横突 - 椎体螺钉固定术式是可行的,此术式比椎弓根术式路径长、宽度大,更加安全可靠,可相对减少椎弓根术式的危险。

【关键词】 胸椎; 内固定; 解剖学; 影像学

Screw fixation from transverse process to vertebral body in thoracic spine: a radio-anatomic study

CUI Xin-gang, SUN Jian-min, JIANG Zhen-song, et al. Department of Orthopaedic, Shandong Provincial Hospital, Shandong University, Jinan 250021, China

Supported by Shandong Provincial Foundation for Young and Middle-aged Scientists (2007BS0305)

【Abstract】 **Objective** To study the design of a new screw fixation from transverse process to vertebrae body which is supposed to avoid the risk of thoracic transpedicular fixation. **Methods** Sixty adult thoracic CT scans were obtained for the study. A radio-anatomic study was conducted to observe the lengths, widths and angles of screw insertion of the approaches for this fixation method. A statistical comparison was conducted between this fixation method and transpedicular fixation method. Based on the study, screws were inserted on 5 fresh cadavers from T1 to T10 segments, and accuracy of screw insertion was assessed. **Results** Significant differences were observed in the length and angle between the 2 approaches for the new fixation method ($P < 0.05$). The 2 new approaches provided significantly larger length, width and sagittal angle than the transpedicular approach ($P < 0.01$). Based on the anatomic parameters, screw insertion on 5 fresh cadavers from T1 to T10 segments was satisfactory, leading to no injury to the nerves or blood vessels. **Conclusion** The screw fixation from transverse process to vertebrae body is clinically feasible and safer and more reliable than the transpedicular method.

【Key words】 Thoracic spine; Internal fixation; Anatomy; Radiology

由于胸椎椎弓根螺钉内固定技术难度高、风险大,许多学者致力于探讨更为安全稳妥的手术方式,椎弓根钩、椎板钩等就是这一类的典型代表。但椎弓根固定是三维固定,具有较好的固定强度,椎弓根钩及椎板钩术式还难以取代椎弓根固定术的固定效果。为了寻找一种既安全稳妥又有较好固定强度的术

式来弥补以上两者的缺憾,我们在研究了横突形态的基础上初步确定了经横突 - 椎体螺钉铆钉方法的可行性^[1],现利用影像学手段对这一方法的入路进行解剖研究。

材料及方法

一、放射解剖方法

16 排 CT 对 60 例正常成人 T₁ ~ T₁₀ 节段进行平扫,扫描层距 1.25 mm。重点扫描:横突 - 椎体横断面

基金项目:山东省中青年科学家科研奖励基金(2007BS0305)

作者单位:250021 济南,山东大学附属山东省立医院脊柱外科(崔新刚、孙建民、蒋振松);南方医科大学解剖教研室(丁自海)

及椎弓根 - 椎体横断面。选取最佳显示层面用作解剖测量。

二、放射解剖测量软件及测量参数

16 排 CT, adw4.1 工作站 efilm 软件对以下各入路的长度及角度进行测量。

入路 1: 横突外 1/3 点 - 椎体入路解剖横突水平中线之中外 1/3 交界点至椎体前外 1/3 交界点距离、至椎体前正中点距离、入路与矢状面所成角度即内倾角度、至椎弓根内壁切线与矢状面所成角度即最大限制角度、肋骨 - 椎弓根单元宽度为入路宽度(图 1)。

入路 2: 横突中点 - 椎体入路解剖。横突水平中线之中点至椎体前外 1/3 交界点距离、至椎体前正中点距离、入路与矢状面所成角度即内倾角度、至椎弓根内壁切线与矢状面所成角度即最大限制角度、肋骨 - 椎弓根单元宽度为入路宽度(图 2)。

椎弓根入路解剖: 上关节突外基底 1/3 线交点为进钉点, 此点至椎体前外 1/3 交界点距离、至椎体前正中点距离、入路与矢状面所成角度即内倾角度、椎弓根中部横径为入路宽度。

三、实验室尸体模拟穿钉

据以上入路在 5 具尸体(由山东大学医学院解剖教研室提供)的 T₁ ~ T₁₀ 节段上模拟穿钉, 穿钉后 CT 及肉眼观测评价穿钉准确性(图 3)。

四、统计学分析

使用 SPSS10.0 统计软件对以上测量数据分析处理, 应用独立样本 t 检验、单因素方差分析(dnett-t)检验及配对 t 检验, P < 0.05 认为差异有统计学意义。

结 果

一、解剖测量结果

横突外 1/3 点 - 椎体入路解剖结果见表 1。横突

中点 - 椎体入路解剖结果见表 2。椎弓根入路解剖结果见表 3。各组男、女间比较差异无统计学意义(P > 0.05)。

二、实验室穿钉结果

穿钉参数设置: 螺钉直径 6.5 mm, 螺钉长度 40 ~ 60 mm。入路 1: 横突中外 1/3 交界点为入点, 角度 T₁ ~ T₄ 定为 25° ~ 30°, T₅ ~ T₁₀ 定为 20°; 进钉深度 45 ~ 60 mm。入路 2: 横突中点为入点, 角度 T₁ ~ T₄ 定为 20° ~ 25°, T₅ ~ T₁₀ 定为 15° ~ 20°; 进钉深度 35 ~ 50 mm。实验室 5 具尸体共 100 枚螺钉全部穿钉成功, 一侧用入路 1 则对侧用入路 2。CT 显示螺钉位置良好, 肉眼观测见螺钉经过横突及肋骨 - 椎弓根单元入椎体, 未伤及周围血管神经结构。

讨 论

一、横突固定回顾

由于胸椎椎弓根解剖的特点及脊椎畸形, 胸椎特别是中上胸椎置入螺钉的安全性仍是引起争论和关注的问题^[1-2], 为了避免胸椎椎弓根固定的神经损伤等严重并发症, 学者们不断致力于探索较为安全的胸椎后路固定方式, 较早的有 Harrington-Bradford-Cotrel 的横突钩棒系统, 用来矫正脊柱畸形^[3]; 新近的有横突下钢丝及类似于颈椎侧块固定的上胸椎横突肋骨螺钉方式^[4-5]; 但横突下钢丝或钩都存在占据椎管空间易引起神经并发症、固定欠坚实等缺陷, 横突肋骨螺钉方式生物力学强度远不如椎弓根钉。尽管胸椎椎弓根技术难度高、潜在神经并发症, 但由于其相对优越的生物力学效果^[6], 所以仍被许多学者推崇。

新近的研究发现, 胸椎弓根钉并不像人们所期待的那样具有理想的力学效果, 原因在于椎弓根过细的解剖结构不足以承受直径 5 mm 以上的螺钉, 实际情况

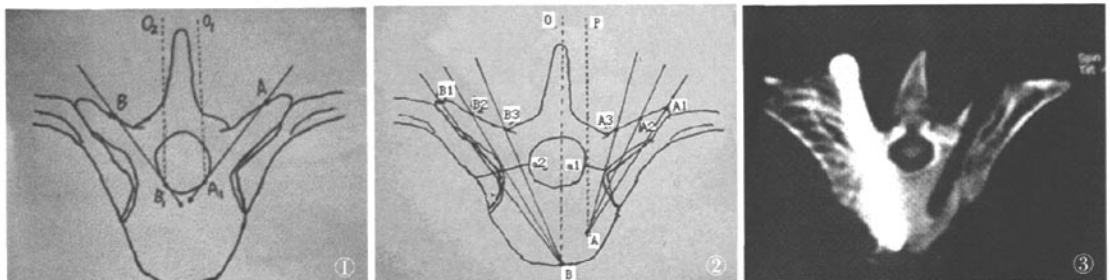


图 1 横突椎体螺钉最大限角。∠AA₁O₁, 横突外 1/3 入点最大限角, ∠BB₁O₂, 横突中点最大限角 图 2 A: 前外 1/3 点, B: 前正中点。A₁A: 横突外 1/3 点至椎体前外 1/3 点距离, A₂A: 横突中点至前外 1/3 点距离, A₃A: 椎弓根入路至前外 1/3 点距离, B₁B: 横突外 1/3 点至前正中点距离, B₂B: 横突中点至前正中点距离, B₃B: 椎弓根入路至前正中点距离。a₁: 椎弓根宽度, a₂: 横突入路宽度。∠A₁P: 横突外 1/3 点至椎体前外 1/3 点内倾角, ∠A₂P: 横突中点至前外 1/3 点内倾角, ∠A₃P: 椎弓根入路至前外 1/3 点内倾角, ∠B₁O: 横突外 1/3 点至前正中点内倾角, ∠B₂O: 横突中点至前正中点内倾角, ∠B₃O: 椎弓根入路至前正中点内倾角 图 3 横突 - 椎体螺钉尸体穿钉示意图, 左钉为横突中点入路, 右钉为横突外 1/3 点入路

表 1 入路 1 横突外 1/3 点入路解剖参数表($\bar{x} \pm s, n=60$)

项目	至椎体外前外 1/3 点			至椎体前正中点			最大限角(°)
	长度(mm)	宽度(mm)	内倾角度(°)	长度(mm)	宽度(mm)	内倾角度(°)	
T ₁	36.88 ± 4.14	13.21 ± 1.42	24.40 ± 3.02	45.25 ± 4.15	13.21 ± 1.42	32.46 ± 3.22	41.82 ± 3.22
T ₂	39.09 ± 3.45	11.90 ± 0.81	23.20 ± 2.51	49.20 ± 3.67	11.90 ± 0.81	30.60 ± 2.77	38.64 ± 2.74
T ₃	40.57 ± 2.58	11.53 ± 0.99	23.00 ± 2.77	50.82 ± 2.74	11.53 ± 0.99	29.73 ± 2.25	36.36 ± 2.78
T ₄	41.36 ± 2.61	11.38 ± 1.07	22.46 ± 2.69	52.63 ± 3.10	11.38 ± 1.07	26.40 ± 1.89	34.28 ± 2.88
T ₅	42.47 ± 3.43	11.54 ± 1.11	20.20 ± 2.21	53.14 ± 3.14	11.54 ± 1.11	24.46 ± 1.83	34.42 ± 2.91
T ₆	42.58 ± 3.11	11.48 ± 0.99	19.53 ± 2.72	54.12 ± 3.67	11.48 ± 0.99	23.62 ± 1.73	33.78 ± 2.66
T ₇	43.59 ± 4.01	11.56 ± 0.98	18.06 ± 2.37	55.33 ± 3.73	11.56 ± 0.98	23.13 ± 1.50	31.72 ± 3.02
T ₈	42.80 ± 3.26	12.43 ± 1.39	17.28 ± 3.02	55.04 ± 3.82	12.43 ± 1.39	21.20 ± 2.51	28.88 ± 2.76
T ₉	42.46 ± 2.68	13.93 ± 1.70	15.86 ± 2.77	54.82 ± 3.38	13.93 ± 1.70	19.80 ± 2.11	27.78 ± 2.58
T ₁₀	42.54 ± 2.10	15.19 ± 1.62	13.53 ± 2.29	54.75 ± 3.53	15.19 ± 1.62	18.73 ± 2.05	26.72 ± 2.64

注:至椎体外前外 1/3 点与至椎体前正中点长度比较各组均 $P < 0.01$, 差异具有统计学意义;角度比较各组均 $P < 0.01$, 差异具有统计学意义。路径宽度相同

表 2 入路 2 横突中点入路解剖参数表($\bar{x} \pm s, n=60$)

项目	至椎体外前外 1/3 点			至椎体前正中点			最大限角(°)
	长度(mm)	宽度(mm)	内倾角度(°)	长度(mm)	宽度(mm)	内倾角度(°)	
T ₁	33.50 ± 2.51	13.21 ± 1.42	20.24 ± 1.56	41.36 ± 1.42	13.21 ± 1.42	24.16 ± 1.31	34.52 ± 3.10
T ₂	35.86 ± 2.81	11.90 ± 0.81	18.92 ± 1.55	45.60 ± 2.46	11.90 ± 0.81	23.42 ± 1.75	32.64 ± 2.75
T ₃	37.49 ± 2.35	11.53 ± 0.99	18.80 ± 1.41	47.55 ± 2.05	11.53 ± 0.99	23.36 ± 1.80	29.16 ± 2.71
T ₄	37.95 ± 1.81	11.38 ± 1.07	18.32 ± 1.65	48.51 ± 2.25	11.38 ± 1.07	22.52 ± 1.26	26.16 ± 2.56
T ₅	39.20 ± 1.98	11.54 ± 1.11	17.44 ± 1.68	49.34 ± 2.17	11.54 ± 1.11	21.36 ± 1.75	25.44 ± 2.7
T ₆	39.12 ± 1.98	11.48 ± 0.99	16.60 ± 1.29	49.34 ± 1.79	11.48 ± 0.99	19.60 ± 1.68	24.32 ± 2.66
T ₇	40.24 ± 2.08	11.56 ± 0.98	15.34 ± 1.54	51.42 ± 1.99	11.56 ± 0.98	18.52 ± 1.35	23.52 ± 2.76
T ₈	39.30 ± 2.10	12.43 ± 1.39	14.56 ± 1.26	51.32 ± 2.15	12.43 ± 1.39	17.16 ± 1.37	22.96 ± 2.47
T ₉	38.59 ± 2.07	13.93 ± 1.70	12.52 ± 1.0	50.94 ± 2.02	13.93 ± 1.70	16.20 ± 1.52	22.48 ± 2.42
T ₁₀	38.30 ± 2.12	15.19 ± 1.62	9.60 ± 0.86	51.03 ± 1.80	15.19 ± 1.62	14.60 ± 0.86	20.74 ± 2.81

注:至椎体外前外 1/3 点与至椎体前正中点长度比较各组均 $P < 0.01$, 差异具有统计学意义;角度比较各组均 $P < 0.01$, 差异具有统计学意义。路径宽度相同

表 3 椎弓根入路至椎体外前外 1/3 点及至椎体前正中点参数表($\bar{x} \pm s, n=60$)

项目	至椎体外前外 1/3 点			至椎体前正中点		
	长度(mm)	宽度(mm)	内倾角度(°)	长度(mm)	宽度(mm)	内倾角度(°)
T ₁	31.20 ± 1.10	5.98 ± 0.88	13.80 ± 2.30	35.97 ± 2.76	5.98 ± 0.88	22.26 ± 2.98
T ₂	32.46 ± 1.16	5.12 ± 0.61	13.06 ± 2.05	37.39 ± 2.29	5.12 ± 0.61	20.00 ± 2.75
T ₃	33.72 ± 1.30	4.66 ± 0.51	12.80 ± 2.65	40.42 ± 2.23	4.66 ± 0.51	18.86 ± 1.72
T ₄	35.21 ± 1.07	4.88 ± 0.88	11.20 ± 1.65	41.32 ± 2.43	4.88 ± 0.88	17.93 ± 1.43
T ₅	36.01 ± 1.54	4.75 ± 0.59	10.80 ± 1.47	42.25 ± 2.08	4.75 ± 0.59	17.06 ± 1.86
T ₆	36.76 ± 1.48	5.34 ± 1.06	11.60 ± 1.59	43.61 ± 2.24	5.34 ± 1.06	17.73 ± 1.53
T ₇	37.99 ± 1.50	5.34 ± 0.88	10.73 ± 1.44	44.37 ± 2.16	5.34 ± 0.88	16.40 ± 1.55
T ₈	38.78 ± 1.58	6.17 ± 1.10	10.26 ± 1.53	45.10 ± 2.12	6.17 ± 1.10	16.40 ± 1.72
T ₉	39.88 ± 2.12	7.15 ± 1.09	9.66 ± 2.44	46.16 ± 2.18	7.15 ± 1.09	15.73 ± 1.66
T ₁₀	40.54 ± 2.10	8.13 ± 0.72	8.80 ± 2.01	46.51 ± 2.18	8.13 ± 0.72	16.13 ± 2.06

注:入路 1 与入路 2 长度比较各组 $P < 0.05$, 差异有统计学意义;入路 1 与入路 2 角度比较各组 $P < 0.01$, 差异具有统计学意义。横突入路 1、入路 2 与椎弓根入路比较长度、宽度、角度差别均 $P < 0.01$, 差异有统计学意义

却是为了保证足够的力学强度,在临床中实际使用的螺钉直径都在 5 mm 以上,这样就使椎弓根爆裂或膨胀的几率大增,结果是导致椎弓根钉理论上应有的把持力大为降低,甚至此时椎弓根钉的固定强度还不如钩棒系统^[7,8]。因此综合看来无论椎弓根钉还是以上几种横突固定方式都有许多不尽如人意之处。

二、此术式解剖及意义

通过对横突形态解剖发现横突长、宽、厚度足以容纳直径 6.5 mm 的螺钉,较大后仰角的存在使横突形成了相对椎体的倾斜状态而不是腰椎横突的平直状态,从而造就了这一斜入椎体的螺钉入路。横突中线对应椎体上 1/3 下部或中 1/3,这样在合适内倾角度下,沿横突中线螺钉矢状位上不用向头侧或尾侧倾斜而保持水平位进钉不会进入椎间隙,而是进入椎体上 1/3 下部或中 1/3 这一理想区域^[1]。同时由于减少了角度变化,使术者操作简便。

各组入路长度从 T₁~T₇ 呈渐大趋势,从 T₇~T₁₀ 又呈渐小趋势,最大值均在 T₇;各角度从 T₁~T₁₀ 呈渐小趋势;宽度都是采用同一宽度。要起到较理想的固定效果并同时保证最基本的安全,螺钉至少应进入椎体前外 1/3 点,再靠外则易穿出椎体而伤及周围其他结构,同时也会减弱螺钉的把持力。而到椎体前正中点则应比前外 1/3 点有更好的生物力学效果,但必须加大进钉内倾角度。入路 1 与入路 2 相比至同一点点的长度要长,理论上生物力学效果会好些,但角度需相应增大,这要求术中需向两侧更多剥离椎旁肌等组织,势必增大创伤;入路 2 相比之下要求角度小,向两侧剥离组织少,创伤较小,但有时会因横突较大后仰角的存在而使横突外端妨碍进钉深度。可见两条入路各有优劣。

各入路限制的最大角度可防止螺钉进入椎管伤及脊髓。与椎弓根入路相比,横突入路的宽度远大于椎弓根宽度,差异有统计学意义,足够的进钉宽度一方面可允许远比椎弓根通道直径更粗的螺钉通过;另外更具重要意义的是足够宽的进钉路径可大为提高置钉的安全性,避免胸椎弓根置钉的高风险,减少神经损伤等并发症的发生。由于比椎弓根路径具有更长的进钉深度及宽度,且螺钉可穿过 3~4 层皮质(横突前、后皮质及椎体前/后皮质),因此生物力学效果不比椎弓根入路差^[9]。总之本研究显示:胸椎经横突-椎体螺钉铆钉途径是一较为安全可靠的胸椎后路固定途径。

三、注意事项

注意内倾角度:只要角度不小于至前 1/3 点所要求角度、不大于最大限制角度,即是安全角度范围。在此角度范围内可根据不同情况灵活掌握进钉角度,进钉时不一定非要求进入椎体前 1/3 点或前正中点,当然能进入前正中点最好。进钉深度:应根据进钉点的不同及内倾角度的不同而选择进钉深度,外 1/3 点进钉可长些,中点进钉应适当短些,角度大可长些,角度小可短些。矢状位角度:矢状位零度进钉进入椎体上 1/3 下部或中 1/3,这是就离体单个椎体而言,因术中体位会有变化且脊椎存在曲度,不是指躯干矢状位,而是横突的矢状面零度。进钉时选好进钉点后用尖嘴钳咬除少许横突皮质,严格按椎弓根进钉步骤操作,以防止引起横突骨折可能。因存在个体差异,为提高穿钉准确性、避免意外损伤,术前行 CT 扫描掌握进钉参数很有必要。

参 考 文 献

- [1] 崔新刚,张佐伦,丁自海. 胸腰椎横突形态学对比研究及其临床意义. 中国临床解剖学杂志, 2005, 23: 474-476.
- [2] Suk S, Kim WJ, Lee SM, et al. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe? Spine, 2001, 26: 2049-2057.
- [3] 邱贵兴. 我国脊柱侧凸治疗现状和存在问题. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13: 263-265.
- [4] Xu R, Ebraheim NA, Ou Y, et al. Anatomic considerations of costovertebral screw placement in the thoracic spine. Surg Neurol, 2000, 53: 349-354.
- [5] Erel N, Sebik A, Karapinar L, et al. Transverse process wiring for thoracic scoliosis: a new technique. Acta Orthop Scand, 2003, 74: 312-321.
- [6] Heller JG, Shuster JK, Hutton WC. Pedicle and transverse process screws of the upper thoracic spine. Spine, 1999, 24: 654-658.
- [7] Yue JJ, Sossan A, Selgrath C, et al. The treatment of unstable thoracic spine fractures with transpedicular screw instrumentation: a 3-year consecutive series. Spine, 2002, 27: 2782-2787.
- [8] Gayet LE, Pries P, Hamcha H, et al. Biomechanical study and digital modeling of traction resistance in posterior thoracic implants. Spine, 2002, 27: 707-714.
- [9] Gayet LE, Hamcha H, Charbonneau A, et al. Biomechanical study and digital modeling of traction resistance in posterior thoracic implants. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2001, 87: 459-468.
- [10] Dvorak M, MacDonald FS, Gurr KR, et al. An anatomic, radiographic, and biomechanical assessment of extrapedicular screw fixation in the thoracic spine. Spine, 1993, 18: 1689-1694.

(收稿日期: 2008-01-14)

(本文编辑: 邢益佼)