

· 基础研究 ·

上胸椎后路椎板螺钉固定的可行性研究

钟熙强, 何少奇, 董伊隆, 刘良乐, 黄益奖, 戴鸣海, 汤呈宣

(温州医科大学附属第三医院, 浙江 瑞安 325200)

摘要 **目的:**了解国人上胸椎椎板的解剖学参数,探讨对国人进行上胸椎后路椎板螺钉固定的可行性。**方法:**选择 40 具国人成人尸体 T₁~T₄ 标本,用游标卡尺和量角器测量与上胸椎椎板螺钉进钉技术相关的解剖参数,包括椎板上、中、下部分的厚度和椎板高度、椎板钉道长度、椎板轴线与矢状面的夹角。**结果:**20 具成人女性尸体 T₄ 椎板中部分厚度、T₁~T₄ 椎板轴线与矢状面轴线的夹角与男性比较,差异均无统计学意义[(5.94±0.13)mm, (6.00±0.22)mm, $t=1.609$, $P=0.112$; 46.00°±1.10°, 46.50°±1.10°, $t=1.955$, $P=0.054$; 46.30°±0.80°, 46.60°±1.10°, $t=1.383$, $P=0.171$; 45.40°±1.40°, 45.30°±1.40°, $t=0.404$, $P=0.688$; 45.20°±1.40°, 45.30°±1.40°, $t=0.410$, $P=0.683$]。成人女性尸体 T₁~T₃ 椎板中部分厚度小于男性[(5.86±0.10)mm, (5.93±0.18)mm, $t=2.083$, $P=0.040$; (5.88±0.11)mm, (5.97±0.20)mm, $t=2.581$, $P=0.012$; (5.90±0.09)mm, (6.00±0.19)mm, $t=2.885$, $P=0.006$]。T₁~T₄ 椎板上部分厚度、椎板下部分厚度、椎板高度、椎板钉道长度均小于男性[椎板上部分厚度:(5.39±0.12)mm, (5.51±0.13)mm, $t=4.202$, $P=0.000$; (5.43±0.09)mm, (5.52±0.11)mm, $t=4.184$, $P=0.000$; (5.43±0.10)mm, (5.53±0.10)mm, $t=4.279$, $P=0.000$; (5.41±0.08)mm, (5.53±0.07)mm, $t=7.557$, $P=0.000$; 椎板下部分厚度:(5.43±0.12)mm, (5.55±0.12)mm, $t=4.513$, $P=0.000$; (5.43±0.07)mm, (5.57±0.10)mm, $t=7.068$, $P=0.000$; (5.44±0.08)mm, (5.57±0.11)mm, $t=6.182$, $P=0.000$; (5.44±0.07)mm, (5.58±0.09)mm, $t=7.353$, $P=0.000$; 椎板高度:(16.86±0.50)mm, (18.64±0.71)mm, $t=13.028$, $P=0.000$; (16.89±0.62)mm, (19.22±0.76)mm, $t=15.150$, $P=0.000$; (17.22±0.52)mm, (20.09±0.92)mm, $t=17.179$, $P=0.000$; (17.45±0.59)mm, (21.10±0.95)mm, $t=14.976$, $P=0.000$; 椎板钉道长度:(29.23±1.24)mm, (31.43±2.01)mm, $t=5.898$, $P=0.000$; (29.77±1.48)mm, (31.29±2.44)mm, $t=3.358$, $P=0.000$; (29.58±1.50)mm, (30.68±2.25)mm, $t=2.590$, $P=0.000$; (29.94±1.48)mm, (30.69±2.05)mm, $t=1.873$, $P=0.000$]。**结论:**对国人进行上胸椎后路椎板螺钉固定在解剖学上具有可行性,该方法可以作为下颈椎后路固定技术的补充。

关键词 胸椎;椎板;内固定器;解剖学;可行性研究

A feasibility study of upper thoracic vertebral plate screw fixation through posterior approach

ZHONG Xiqiang, HE Shaoqi, DONG Yilong, LIU Liangle, HUANG Yijiang, DAI Minghai, TANG Chengxuan

The Third Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Rui'an 325200, Zhejiang, China

ABSTRACT **Objective:** To study the anatomical parameters of upper thoracic vertebral plate of Chinese adults and explore the feasibility of upper thoracic vertebral plate screw fixation through posterior approach in Chinese adults. **Methods:** The cadaveric T₁–4 specimens of 40 Chinese adults were selected and the anatomical parameters that related to the upper thoracic vertebral plate screw fixation technique were measured by using vernier caliper and conimeter. The anatomical parameters included the thickness of upper, middle and lower part of vertebral plate, the height of vertebral plate, the screw path length and the included angle between vertebral plate axis and sagittal plane. **Results:** There was no statistical difference in the thickness of the middle part of T₄ vertebral plate and the included angle between T₁–4 vertebral plate axis and sagittal plane axis between 20 females and 20 males (5.94±0.13 vs 6.00±0.22 mm, $t=1.609$, $P=0.112$; 46.00±1.10 vs 46.50±1.10 degrees, $t=1.955$, $P=0.054$; 46.30±0.80 vs 46.60±1.10 degrees, $t=1.383$, $P=0.171$; 45.40±1.40 vs 45.30±1.40 degrees, $t=0.404$, $P=0.688$; 45.20±1.40 vs 45.30±1.40 degrees, $t=0.410$, $P=0.683$). The thickness of the middle part of T₁–3 vertebral plate were less in adult female cadavers compared to adult male cadavers (5.86±0.10 vs 5.93±0.18 mm, $t=2.083$, $P=0.040$; 5.88±0.11 vs 5.97±0.20 mm, $t=2.581$, $P=0.012$; 5.90±0.09 vs 6.00±0.19 mm, $t=2.885$, $P=0.006$). Such parameters of T₁–4 were less in adult female cadavers compared to adult female cadavers as thickness of upper part of vertebral plate (5.39±0.12 vs 5.51±0.13 mm, $t=4.202$, $P=0.000$; 5.43±0.09 vs 5.52±0.11 mm, $t=4.184$, $P=0.000$; 5.43±0.10 vs 5.53±0.10 mm, $t=4.279$, $P=0.000$; 5.41±0.08 vs 5.53±0.07 mm, $t=7.557$, $P=$

0.000), thickness of lower part of vertebral plate (5.43 ± 0.12 vs 5.55 ± 0.12 mm, $t = 4.513$, $P = 0.000$; 5.43 ± 0.07 vs 5.57 ± 0.10 mm, $t = 7.068$, $P = 0.000$; 5.44 ± 0.08 vs 5.57 ± 0.11 mm, $t = 6.182$, $P = 0.000$; 5.44 ± 0.07 vs 5.58 ± 0.09 mm, $t = 7.353$, $P = 0.000$), height of vertebral plate (16.86 ± 0.50 vs 18.64 ± 0.71 mm, $t = 13.028$, $P = 0.000$; 16.89 ± 0.62 vs 19.22 ± 0.76 mm, $t = 15.150$, $P = 0.000$; 17.22 ± 0.52 vs 20.09 ± 0.92 mm, $t = 17.179$, $P = 0.000$; 17.45 ± 0.59 vs 21.10 ± 0.95 mm, $t = 14.976$, $P = 0.000$) and screw path length (29.23 ± 1.24 vs 31.43 ± 2.01 mm, $t = 5.898$, $P = 0.000$; 29.77 ± 1.48 vs 31.29 ± 2.44 mm, $t = 3.358$, $P = 0.000$; 29.58 ± 1.50 vs 30.68 ± 2.25 mm, $t = 2.590$, $P = 0.000$; 29.94 ± 1.48 vs 30.69 ± 2.05 mm, $t = 1.873$, $P = 0.000$). **Conclusion:** It is feasible to conduct the upper thoracic vertebral plate screw fixation in Chinese adults through posterior approach in the view of anatomy, so this method can be used as a complement to the lower cervical vertebra fixation technique through posterior approach.

Key words thoracic vertebrae; vertebral plate; internal fixators; anatomy; feasibility studies

上胸椎后路螺钉内固定术主要包括椎弓根螺钉、椎板螺钉、椎弓根外螺钉及关节突螺钉内固定。椎弓根螺钉内固定具有良好的融合率,但是随着其技术的普及开展,因软组织的广泛剥离、关节囊及关节面的破坏、内置物本身对肌肉骨骼系统的干扰所致的腰痛和相邻节段退变等并发症已引起人们的关注^[1]。经椎板关节突螺钉固定术具有操作简单、安全、手术并发症少、术后康复快等优势而被认为是在腰椎融合术中除椎弓根内固定以外的一种有效固定方法^[2-3];但将这一技术应用于胸椎病变的研究却鲜有报道。目前国内对于椎板螺钉的解剖学研究多集中于颈椎^[4-5],以 C₂ 最为常见^[6-7],但关于上胸椎椎板螺钉固定的应用解剖学研究较少。本文通过对上胸椎椎板的解剖学研究,为临床应用上胸椎椎板螺钉固定术提供相关解剖参数。

1 材料与方法

1.1 标本、测量工具及方法 40 具成人尸体 T₁ ~ T₄ 椎体标本,由温州医科大学解剖教研室提供。男女各 20 具。排除骨质破坏、骨质增生或转移性肿瘤者。剔除 T₁ ~ T₄ 周围软组织和椎管内脊髓及其被膜,暴露 T₁ ~ T₄ 棘突、椎板的背侧与腹侧、关节突和横突孔。线性指标用电子游标卡尺测量,精确度 0.01 mm。角度测量用量角器,精确度为 0.1°。所有数据均由同一名熟悉解剖学和影像学的医生测量。

1.2 测量指标 测量上胸椎椎板上、中、下部分的厚度分别为 P1、P2、P3 [图 1(1)],椎板高度(H) [图 1(1)],椎板钉道长度(L) [图 1(2)]。将椎板高度平均分为 4 区,椎板上、中、下部分厚度分别用游标卡尺在 1/2 区、2/3 区、3/4 区分界线上测量 [图 1(1)],椎板高度在椎板上下缘中点的连线上测量。椎板轴线(I₁)与矢状面轴线(I)的夹角为 α [图 1(2)]。

1.3 置钉方法 进钉点位于椎板在对侧椎板背侧投

影区中部,即棘突与椎板交界处,钉道位于对侧椎板松质骨内。椎板螺钉双侧交叉置钉(图 2),位置偏头侧为上位椎板螺钉,偏尾侧为下位椎板螺钉,上位螺钉进钉点为 1/2 区交界处,下位螺钉进钉点为 3/4 区交界处 [图 1(1)];进钉方向均朝向对侧横突基底中部,穿过棘突至对侧椎板;椎板螺钉钉道长度(L)为椎板轴线(I₁)与椎弓根外侧缘切线(I₂)的交点 b 至对侧椎板投影点 a 之间的距离 [图 1(2)]。所有标本置钉后均行 CT 扫描(图 3)。

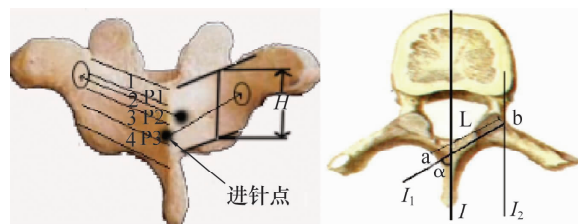


图 1 上胸椎椎板测量指标示意图



图 2 上胸椎椎板螺钉双侧交叉置钉实物图

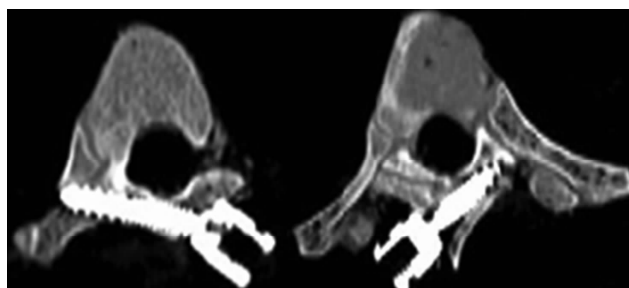


图 3 上胸椎椎板螺钉置入后 CT 片

1.4 统计学处理 采用 SPSS19.0 统计软件对所得数据进行统计学处理,计算出各测量参数的均数和标准差,对左右侧数据进行配对 t 检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

上胸椎标本椎板上、中、下部分厚度及椎板高度、椎板钉道长度、椎板轴线与矢状面轴线的夹角的手工测量结果见表 1、表 2。各项指标左右两侧比较 P 值

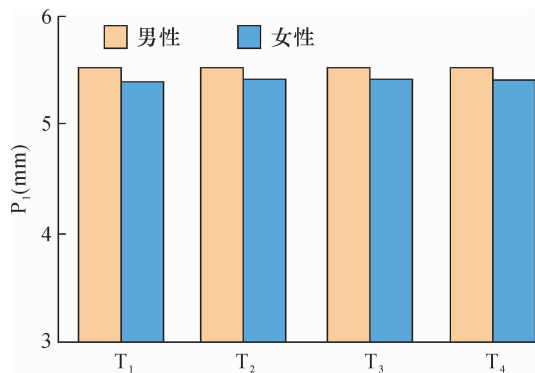
均大于 0.05,差异无统计学意义,故表中数据为左右两侧数据合并后计算的平均值。对男性与女性各项测量数据进行成组 t 检验,结果显示:女性 T_4 椎板中部分厚度、 $T_1 \sim T_4$ 椎板轴线与矢状面轴线的夹角与男性比较,差异均无统计学意义;女性椎板上、下部分厚度、椎板高度、椎板钉道长度均小于男性(图 4 至图 9)。

表 1 20 具男性上胸椎标本的椎板解剖学参数 $\bar{x} \pm s$

胸椎节段	椎板厚度(mm)			椎板高度(mm)	椎板钉道长度(mm)	椎板轴线与矢状面轴线的夹角($^{\circ}$)
	上部	中部	下部			
T_1	5.51 ± 0.13	5.93 ± 0.18	5.55 ± 0.12	18.64 ± 0.71	31.43 ± 2.01	46.50 ± 1.10
T_2	5.52 ± 0.11	5.97 ± 0.20	5.57 ± 0.10	19.22 ± 0.76	31.29 ± 2.44	46.60 ± 1.10
T_3	5.53 ± 0.10	6.00 ± 0.19	5.57 ± 0.11	20.09 ± 0.92	30.68 ± 2.25	45.30 ± 1.40
T_4	5.53 ± 0.07	6.00 ± 0.22	5.58 ± 0.09	21.10 ± 0.95	30.69 ± 2.05	45.30 ± 1.40

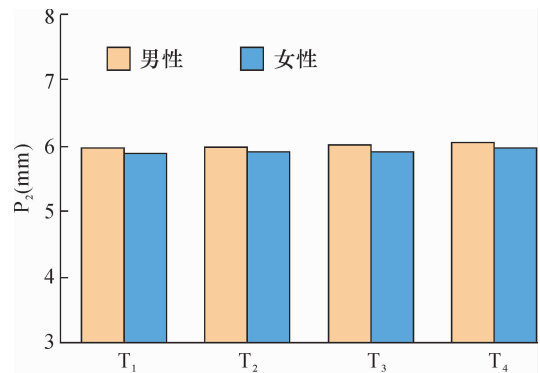
表 2 20 具女性上胸椎标本的椎板解剖学参数 $\bar{x} \pm s$

胸椎节段	椎板厚度(mm)			椎板高度(mm)	椎板钉道长度(mm)	椎板轴线与矢状面轴线的夹角($^{\circ}$)
	上部	中部	下部			
T_1	5.39 ± 0.12	5.86 ± 0.10	5.43 ± 0.12	16.86 ± 0.50	29.23 ± 1.24	46.00 ± 1.10
T_2	5.43 ± 0.09	5.88 ± 0.11	5.43 ± 0.07	16.89 ± 0.62	29.77 ± 1.48	46.30 ± 0.80
T_3	5.43 ± 0.10	5.90 ± 0.09	5.44 ± 0.08	17.22 ± 0.52	29.58 ± 1.50	45.40 ± 1.40
T_4	5.41 ± 0.08	5.94 ± 0.13	5.44 ± 0.07	17.45 ± 0.59	29.94 ± 1.48	45.20 ± 1.40



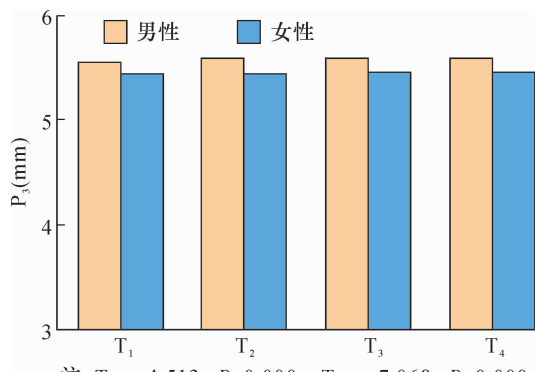
注 T_1 $t=4.202$, $P=0.000$; T_2 $t=4.184$, $P=0.000$;
 T_3 $t=4.279$, $P=0.000$; T_4 $t=7.557$, $P=0.000$;

图 4 上胸椎椎板上部分厚度的两性比较



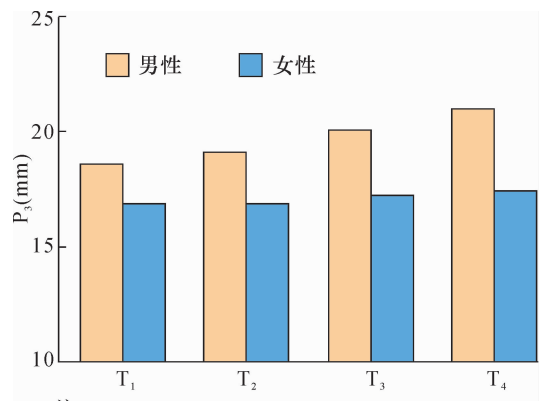
注 T_1 $t=2.083$, $P=0.040$; T_2 $t=2.581$, $P=0.012$;
 T_3 $t=2.885$, $P=0.006$; T_4 $t=1.609$, $P=0.112$;

图 5 上胸椎椎板中部分厚度的两性比较



注 T_1 $t=4.513$, $P=0.000$; T_2 $t=7.068$, $P=0.000$;
 T_3 $t=6.182$, $P=0.000$; T_4 $t=7.353$, $P=0.000$;

图 6 上胸椎椎板下部分厚度的两性比较



注 T_1 $t=13.028$, $P=0.000$; T_2 $t=15.150$, $P=0.000$;
 T_3 $t=17.179$, $P=0.000$; T_4 $t=14.976$, $P=0.000$;

图 7 上胸椎椎板高度的两性比较

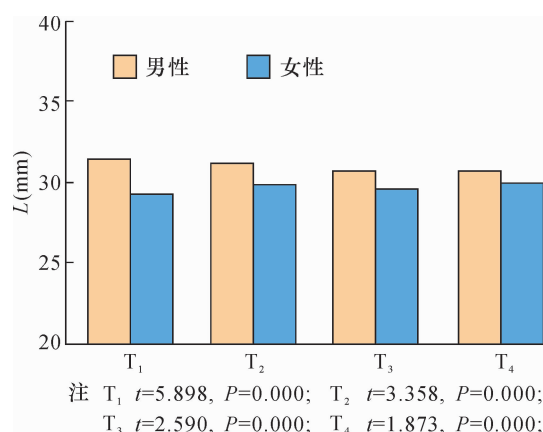


图8 上胸椎椎板钉道长度的两性比较

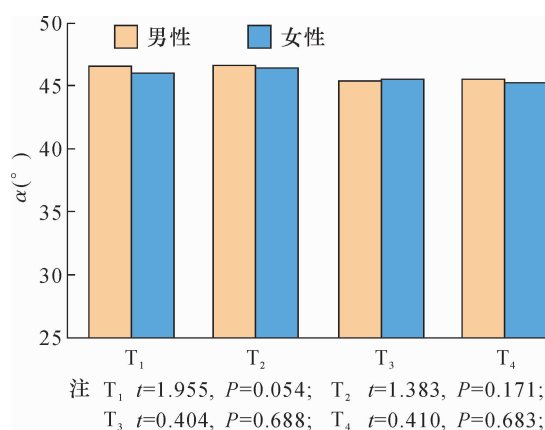


图9 上胸椎椎板轴线与矢状面轴线夹角的两性比较

3 讨论

3.1 上胸椎椎板螺钉内固定技术的提出 Melain 等^[8]报道,老年患者 T₁ 有 25%、T₂ 有 17%、T₃ 有 42% 的椎弓根内外径小于 5.5 mm, T₃ ~ T₆ 平均有 22% 的椎弓根不能容纳直径 4.5 mm 的螺钉;因此,对于这些患者就不能采用椎弓根螺钉固定而应采用其他内固定方法替代。Chung 等^[9]提出了于上关节突基底部的外侧 1/3 与内侧 2/3 的交界处置入螺钉的内固定方式,因其极低的椎弓根皮质爆破率而受到广大骨科医师的推崇,但其爆破率仍达 6.6%。同时由于上胸椎椎弓根解剖形态变化较大,特别是 T₁、T₂ 椎弓根的上下缘和神经根的距离较近,使椎弓根置钉的安全性受到挑战^[8,10]。Belmont 等^[11]报道, T₁ ~ T₄ 的椎弓根皮质破裂率达 69%。为解决上述治疗难题,我们提出了上胸椎椎板螺钉内固定技术,该技术也许可以作为上胸椎后路固定技术的一种补充。Gardner 等^[12]采用后路椎板螺钉内固定治疗了 1 例神经纤维瘤病所致的颈胸段后凸畸形,术后椎体融合效果好且能提供坚强的内固定。椎板螺钉内固定术操作方便、创伤较小、固定强度牢靠^[13-14],可作为椎弓根螺钉操作失败的补救方法^[15-16];该技术已在腰椎和上颈椎广泛应用^[15,17],但此技术应用上胸椎却具有较大的挑战性。上胸椎椎板螺钉技术的优势为:除椎板的内侧壁外,椎板外侧壁、上壁及下壁均能在直视下观察,可以减少术中的透视和导航;螺钉平行对侧椎板的斜坡操作技术,钉道的走行与脊髓呈正切关系,且与胸髓神经根的走行方向平行,这些均可以减少神经根、硬膜、脊髓损伤的风险。另外,对于一些严重的骨质疏松患者,椎弓根螺钉联合经椎板螺钉的辅助性固定方式,可增加椎弓根螺钉固定器的固定强度和稳定性,促进后方植骨融合,减少术后矫正丢失^[18]。

3.2 上胸椎椎板螺钉内固定的可行性 有文献^[2,19]

报道,上胸椎的椎板较高且较厚,为经椎板螺钉固定提供了可能。下文中主要以女性尸体标本的测量数据来分析上胸椎椎板螺钉内固定的解剖学可行性。在女性尸体标本中, T₁ ~ T₄ 椎板上部分厚度较小,为 $(5.39 \pm 0.12) \text{ mm} \sim (5.43 \pm 0.10) \text{ mm}$;下部分厚度为 $(5.43 \pm 0.07) \text{ mm} \sim (5.44 \pm 0.08) \text{ mm}$;中部分厚度最大,为 $(5.86 \pm 0.10) \text{ mm} \sim (5.94 \pm 0.13) \text{ mm}$;椎板高度为 $(16.86 \pm 0.50) \text{ mm} \sim (17.45 \pm 0.59) \text{ mm}$,这提示置入直径 3.5 ~ 4.0 mm 的螺钉是可行的。本研究结果显示,女性尸体标本的 T₁ ~ T₄ 椎板上、下部分厚度、椎板高度均小于男性,所以在男性尸体标本中,同样可允许置入 3.5 ~ 4.0 mm 的螺钉。综合考虑本实验所测 T₁ ~ T₄ 椎板高度及椎板厚度,笔者建议在女性患者中可置入直径 3.5 ~ 4.0 mm 的螺钉,在男性患者中可置入直径 3.5 ~ 4.5 mm 的螺钉。男性 T₁ ~ T₄ 椎板轴线与矢状面的夹角为 $45.3^\circ \pm 1.4^\circ \sim 46.6^\circ \pm 1.1^\circ$,女性 T₁ ~ T₄ 椎板轴线与矢状面的夹角为 $45.2^\circ \pm 1.4^\circ \sim 46.3^\circ \pm 0.8^\circ$;男性椎板轴线与矢状面的夹角与女性比较,差异无统计学意义。螺钉置入的方向应与椎板的方向一致,但是为了避免螺钉尖部进入椎管,笔者认为可以参考椎板棘的走向,轻度向背侧,略加大螺钉尾部的尾侧倾斜角度,尽量对准横突基底部中线。因此,本研究将上位螺钉的进钉点定位于椎板平分线上方棘突与椎板交界处(2 区),下位螺钉定位于椎板平分线下方棘突与椎板交界处(3 区),并各自从其对侧椎板内行向椎弓根方向,理论上螺钉可以从横突基底中部的前外侧穿出,但为了更高的安全性,螺钉无需超过关节突横突复合体的前外侧皮质,即进钉长度为 L。女性 T₁ ~ T₄ 椎板钉道长度为 $(29.23 \pm 1.24) \text{ mm} \sim (29.94 \pm 1.48) \text{ mm}$,男性 T₁ ~ T₄ 椎板钉道长度为 $(30.69 \pm 2.05) \text{ mm} \sim (31.43 \pm 2.01) \text{ mm}$,这提示在女性标本中可以置入 26 ~ 28 mm 长的螺钉,在男性标本中可以置入 28 ~ 30 mm 长的螺

钉。若螺钉过长,稍微穿出关节突横突复合体的前外侧皮质,钉头在肋横复合体内也是比较安全的,后方还有肋骨保护,所以解剖意义上还是安全的。本实验将椎板螺钉置于解剖结构相对宽大的 2、3 区,可有效地避免螺钉突破椎板内壁的骨皮质进入椎管而损伤脊髓。按照实验设计的置钉方法,我们在 $T_1 \sim T_4$ 椎体内成功置入了 $3.5\text{ mm} \times 26\text{ mm} \sim 5.5\text{ mm} \times 32\text{ mm}$ 的椎板螺钉。直视及 CT 扫描均未发现螺钉穿破椎板内外侧板。从解剖角度可以认为,上胸椎椎板螺钉固定技术在国人大部分成人中可广泛适用。但是,在临床工作中,术前 CT 扫描评估是非常有必要的。

3.3 上胸椎椎板螺钉内固定技术的操作要点 ①上位螺钉进钉点应为椎板平分线上方棘突与椎板交界处(2 区),下位螺钉进钉点应为椎板平分线下方棘突与椎板交界处(3 区),因这 2 个进钉区域较大,靠近椎板中部,可提供进钉点较多的空间;②螺钉行走于对侧椎板内,均应朝向对侧横突基底中部;③最大钉道长度应为进钉点至椎弓根外侧缘与横突的交点,即 L;④推荐钉道与矢状面夹角应尽量大,因为在这种状态下,置钉偏差时穿破骨皮质最多只会发生在背侧面而不会破入椎管。

3.4 上胸椎椎板螺钉内固定技术存在的问题 此项技术拥有置入简单的优点,但存在以下几个问题:首先,与椎弓根螺钉不同,椎板螺钉要求椎板完整;其次,钉棒连接有一定难度,需要对钉棒进行塑形;再次,椎板螺钉作为椎弓根螺钉固定的补充技术,牢固程度不如椎弓根螺钉的三柱固定。Yusof 等^[19] 研究结果显示,椎板关节突螺钉固定的拔出强度明显大于椎板螺钉。本研究只是对上胸椎椎板螺钉的解剖可行性进行初步探索,其固定强度有待生物力学研究进一步评价。

4 参考文献

[1] Zhuang Z, Chen Y, Han H, et al. Thoracic pedicle morphometry in different body height population; a three - dimensional study using reformatted computed tomography[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(24): E1547 - E1554.

[2] Patel AJ, Cherian J, Fulkerson DH, et al. Computed tomography morphometric analysis for translaminar screw fixation in the upper thoracic spine of the pediatric population[J]. J Neurosurg Pediatr, 2011, 7(4): 383 - 388.

[3] Ma XY, Yin QS, Wu ZH, et al. C2 anatomy and dimensions relative to translaminar screw placement in an Asian population[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(6): 704 - 708.

[4] 曹进,徐荣明,仲肇平,等. C7 后路椎板螺钉固定解剖学可行性研究[J]. 中国骨伤, 2010, 23(4): 282 - 285.

[5] 林华杰,李启运,徐荣明,等. 下颈椎椎板螺钉固定的可行性研究[J]. 中医正骨, 2012, 24(12): 11 - 14.

[6] Wang MY. C2 crossing laminar screws; cadaveric morphometric analysis[J]. Neurosurgery, 2006, 59(1 Suppl 1): 84 - 88.

[7] Wright NM. Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws; case series and technical note[J]. J Spinal Disord Tech, 2004, 17(2): 158 - 162.

[8] Mclain RF, Ferrara L, Kabins M. Pedicle morphometry in the upper thoracic spine; limits to safe screw placement in older patients[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(22): 2467 - 2471.

[9] Chung KJ, Suh SW, Desai S, et al. Ideal entry point for the thoracic pedicle screw during the free hand technique[J]. Int Orthop, 2008, 32(5): 657 - 662.

[10] Ebraheim NA, Xu R, Ahmad M, et al. Projection of the thoracic pedicle and its morphometric analysis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1997, 22(3): 233 - 238.

[11] Belmont PJ, Klemme WR, Dhawan A, et al. In vivo accuracy of thoracic pedicle screws[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(21): 2340 - 2346.

[12] Gardner A, Millner P, Liddington M, et al. Translaminar screw fixation of a kyphosis of the cervical and thoracic spine in neurofibromatosis[J]. J Bone Joint Surg Br, 2009, 91(9): 1252 - 1255.

[13] Kretzer RM, Sciubba DM, Bagley CA, et al. Translaminar screw fixation in the upper thoracic spine[J]. J Neurosurg Spine, 2006, 5(6): 527 - 533.

[14] Wright NM. Translaminar rigid screw fixation of the axis. Technical note[J]. J Neurosurg Spine, 2005, 3(5): 409 - 414.

[15] Grob D, Humke T. Translaminar screw fixation in the lumbar spine: technique, indications, results[J]. Eur Spine J, 1998, 7(3): 178 - 186.

[16] Lehman RA, Dmitriev AE, Helgeson MD, et al. Salvage of C2 pedicle and pars screws using the intralaminar technique; a biomechanical analysis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(9): 960 - 965.

[17] Aepli M, Mannion AF, Grob D. Translaminar screw fixation of the lumbar spine; long - term outcome[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(14): 1492 - 1498.

[18] Magerl FP. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation[J]. Clin Orthop Relat Res, 1984(189): 125 - 141.

[19] Yusof MI, Shamsi SS. Translaminar screw fixation of the cervical spine in Asian population; feasibility and safety consideration based on computerized tomographic measurements[J]. Surg Radiol Anat, 2012, 34(3): 203 - 207.

(2015-11-04 收稿 2015-11-29 修回)