

下颈椎对侧椎板切线作为椎弓根置钉角度参考标志的可靠性分析

刘俊城¹ 任东成¹ 谭成双¹ 徐继禧² 李明波¹ 谢炜星² 丁金勇^{2△}

[摘要] 目的:评估下颈椎对侧椎板切线作为椎弓根置钉角度参考标志的可靠性,并测量椎弓根宽度,为选择置入的椎弓根钉直径作参考。方法:测量广州中医药大学第一附属医院105位患者C₃~C₇椎体椎弓根角(椎弓根轴线相对于椎体矢状面的夹角)、椎板角(椎板切线相对于椎体矢状面的夹角)及椎弓根宽度,观察椎弓根角与对侧椎板角的相关性,统计椎弓根宽度。结果:共测量了523个椎体(排除了2个CT图像不佳的女性椎体),其中男性C₃的左侧椎弓根角平均值为47.37°,右侧椎板角平均值为47.35°,右侧椎弓根角平均值为48.20°,左侧椎板角平均值为48.21°。所有C₃~C₅椎体椎弓根角与对侧椎板角的角度差异一般小于1°($R^2 > 0.9$, $P < 0.001$),存在明显相关性(男性 $R^2 = 0.638$,女性 $R^2 = 0.572$),男女之间无明显差异。C₆~C₇椎弓根角与对侧椎板角之间无明显相关性(男性 $R^2 = 0.307$,女性 $R^2 = 0.226$)。男女椎弓根宽度的最小值分别为0.29 cm(男性)和0.27 cm(女性)。结论:C₃~C₅椎弓根轴线与对侧椎板切线呈近似平行关系,对侧椎板可以从矢状面角度为椎弓根螺钉置入角度提供参考。但在C₆和C₇节段,不建议将对侧椎板作为椎弓根置钉的参考。椎弓根螺钉的安全直径分别在0.29 cm(男性)及0.27 cm(女性)以内。

[关键词] 下颈椎;椎板;置钉角度;椎弓根螺钉

[中图分类号] R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2020)08-0040-06

Reliability of the Contralateral Lamina Tangent Line of the Subaxial Cervical Vertebra as the Orientation for Pedicle Screw Insertion

LIU Juncheng¹ REN Dongcheng¹ TAN Chengshuang¹ XU Jixi²
LI Mingbo¹ XIE Weixing² DING Jinyong^{2△}

¹Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China.

²The First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510400, China.

Abstract Objective: To evaluate the reliability of the contralateral lamina tangent line of the subaxial cervical vertebra as the orientation for pedicle screw insertion, and to measure the pedicle width as a reference for the diameter of the pedicle screw. **Methods:** The pedicle Angle, vertebral lamina Angle and pedicle width of the C₃~C₇ vertebral bodies were measured in 105 patients from the first affiliated hospital of Guangzhou university of Chinese medicine in order to observe the correlation between the pedicle angle which was the angle between the axis of the pedicle and the sagittal plane of the vertebral body and the lamina angle which was the angle between the lamina tangent line and the sagittal plane of the vertebral body. The pedicle width was measured. **Results:** A total of 523 vertebral bodies were measured (excluding 2 female vertebral bodies with poor CT images). The mean left pedicle angle of C₃ was 47.37° in males, 47.35° in right-side lamina angle, 48.20° in right-side vertebral pedicle angle, and 48.21° in left-side lamina angle. The angle difference between pedicle angle and contralateral lamina angle in all C₃~C₅ males and females was almost less than 1° ($R^2 > 0.9$, $P < 0.001$), and had a significant correlation (male $R^2 = 0.638$, female $R^2 = 0.572$). There was no significant correlation between C₆~C₇ pedicle angle and contralateral lamina angle (male $R^2 = 0.307$, female $R^2 = 0.226$). The minimum pedicle width was 0.29 cm in male and 0.27 cm in female. **Conclusion:** The axis of the C₃~C₅ pedicle is approximately parallel to the tangent line of the contralateral lamina, and the contralateral lamina can provide reliable reference for the screw placement angle of the pedicle

from the sagittal angle. C₆ and C₇ are excluded. The safety diameters of pedicle screws were within 0.29 cm in male and 0.27 cm in female.

Keywords: subaxial cervical vertebra; vertebral lamina; direction of pedicle screw insertion; pedicle screw

¹ 广州中医药大学(广州, 510006)

² 广州中医药大学第一附属医院

△通信作者 E-mail: spinegzding@163.com

下颈椎椎弓根螺钉内固定技术最早报道见于 1980 年代。因为能有效恢复下颈椎序列,提供坚固的内固定和高融合率,该技术得到广泛应用^[1]。然而椎弓根螺钉置入时存在损伤重要神经血管脊髓等组织的风险,且目前该技术仍以徒手置钉为主,准确率在 59.7%~93.3%之间^[2-4]。因此,研究简便准确的徒手置钉方法仍有必要。

本研究在下颈椎轴位 CT 片上,对比了椎弓根轴线与对侧椎板切线的位置关系,判断下颈椎对侧椎板切线作为椎弓根置钉角度参考标志的可靠性。同时也测量了椎弓根的最大宽度,以确定椎弓根螺钉的最大直径。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

随机选取 2012 年 1 月至 2019 年 3 月广州中医药大学第一附属医院骨科住院部 103 例患者颈椎 CT 影像。

1.2 纳入标准

1)年龄 30~80 岁;2)测量范围为 C₃~C₇ 椎体。

1.3 排除标准

1)因骨折、肿瘤、感染或畸形等原因导致形态结构异常的椎体;2)因 CT 扫描时体位不佳而影响测量的椎体。

1.4 测量方法

1)测量椎弓根轴线相对于椎体矢状面的夹角(下文简称椎弓根角);2)测量椎板切线相对于椎体矢状面的夹角(下文简称椎板角);3)测量双侧椎弓根宽度,如图 1 所示。所有测量工作由同一位骨科医师在华海影像系统上完成。

图 1 左/右椎弓根轴线与椎体矢状面的夹角定义为左/右椎弓根角;左/右椎板切线与椎体矢状面夹角

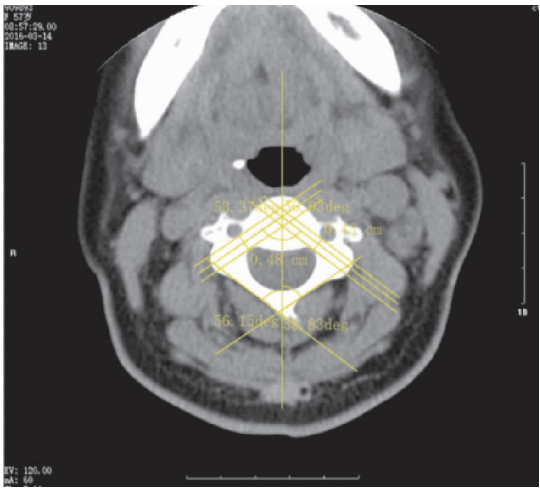


图 1 测量方法

定义为左/右椎板角;椎弓根内侧壁和外侧壁切线之间的距离定义为椎弓根宽度。左侧椎弓根角为 53.37°,右侧椎弓根角为 56.03°,左侧椎板角为 56.15°,右侧椎板角为 53.83°,左侧椎弓根宽度为 0.43 cm,右侧椎弓根宽度为 0.48 cm。

1.5 统计学方法

采用 IBM SPSS Statistics 25 统计软件对所得数据进行统计处理,统计所有节段椎弓根角、椎板角、椎弓根宽度的最大值、最小值、平均值及标准差。椎弓根角与对侧椎板角的角度比较、不同性别之间椎弓根角及椎板角的比较采用独立样本 *t* 检验,椎弓根角与对侧椎板角的相关性比较采用一元线性相关与回归。

2 结果

2.1 一般资料

纳入研究的患者共 105 例,其中男 54 例,女 51 例;年龄 30~80 岁;共测量了 523 个下颈椎(C₃~C₇)椎体,其中男 270 个,女 253 个,测量结果见表 1-3。

表 1 男性患者椎弓根角及椎板角测量结果(°)

椎体节段	例数	参数	左侧椎弓根角	右侧椎弓根角	左侧椎板角	右侧椎板角
C ₃	54	平均值	47.37	48.20	48.21	47.35
		范围	39.01~55.98	40.39~55.61	40.74~55.50	38.44~54.82
		标准差	3.76	3.52	3.52	3.71
C ₄	54	平均值	51.16	50.81	50.79	51.22
		范围	42.54~59.98	41.54~61.33	41.86~61.20	42.80~60.45
		标准差	3.58	4.13	3.87	3.65
C ₅	54	平均值	49.02	48.83	48.83	48.98
		范围	37.17~61.33	37.90~59.36	37.98~59.44	37.56~61.23
		标准差	5.03	5.11	5.13	5.08
C ₆	54	平均值	45.34	44.70	33.26	35.22
		范围	34.73~53.00	36.43~52.65	24.48~46.39	24.65~44.50
		标准差	4.22	3.97	4.29	4.54
C ₇	54	平均值	42.32	43.00	31.95	31.99
		范围	27.58~51.49	29.35~52.03	26.48~39.18	26.22~38.77
		标准差	4.21	4.14	3.06	3.36

表 2 女性患者椎弓根角及椎板角测量结果(°)

椎体节段	例数	参数	左侧椎弓根角	右侧椎弓根角	左侧椎板角	右侧椎板角
C ₃	51	平均值	48.80	48.91	48.89	48.94
		范围	36.47~62.13	39.78~65.3	40.13~65.44	36.36~61.7
		标准差	5.17	5.17	5.24	5.07
C ₄	51	平均值	50.20	50.11	50.15	50.16
		范围	39.15~60.05	40.41~58.69	40.62~58.16	38.62~60.37
		标准差	3.74	3.87	3.87	3.79
C ₅	51	平均值	49.59	48.96	48.91	49.67
		范围	39.42~61.13	38.67~57.14	38.65~57.09	39.59~62.11
		标准差	4.47	4.10	4.11	4.53
C ₆	50	平均值	46.70	45.77	32.18	31.99
		范围	38.46~53.13	35.12~55.23	26.16~38.45	25.79~38.75
		标准差	3.17	3.69	2.89	2.74
C ₇	50	平均值	41.56	42.10	30.17	30.40
		范围	36.02~46.09	35.65~48.17	23.51~37.31	22.24~36.63
		标准差	2.86	3.22	3.56	3.51

表 3 椎弓根宽度(cm)

椎体节段	参数	男性左侧	男性右侧	女性左侧	女性右侧
C ₃	平均值	0.59	0.60	0.49	0.49
	范围	0.39~0.71	0.42~0.77	0.30~0.73	0.33~0.73
	标准差	0.07	0.09	0.09	0.08
C ₄	平均值	0.59	0.60	0.50	0.49
	范围	0.38~0.78	0.29~0.75	0.30~0.65	0.27~0.65
	标准差	0.09	0.09	0.08	0.08
C ₅	平均值	0.62	0.62	0.54	0.54
	范围	0.40~0.76	0.36~0.83	0.40~0.69	0.34~0.73
	标准差	0.07	0.10	0.07	0.09
C ₆	平均值	0.66	0.67	0.57	0.56
	范围	0.47~0.89	0.52~0.86	0.41~0.75	0.37~0.76
	标准差	0.08	0.09	0.09	0.09
C ₇	平均值	0.69	0.70	0.62	0.61
	范围	0.42~1.01	0.44~1.21	0.37~0.89	0.31~0.81
	标准差	0.11	0.13	0.09	0.10

2.2 平均椎弓根角与平均椎板角

从图 2-3 中可以看到,亚洲男性 C₃~C₅ 椎体两

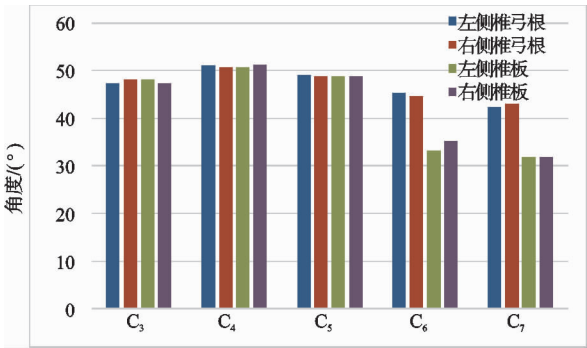


图 2 男性各椎体角度

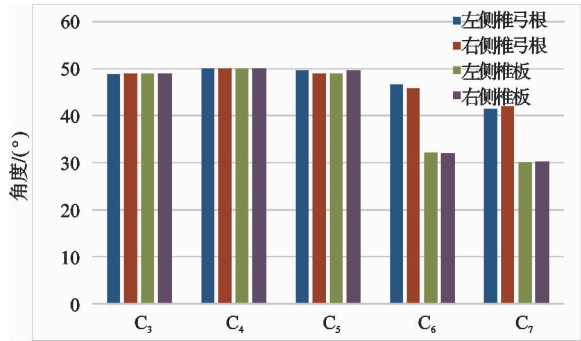


图 3 女性各椎体角度

侧的平均椎弓根角均接近于 50°,而 C₆ 和 C₇ 处相对前者出现较明显的角度减小趋势,且 C₇ 小于 C₆。同时,在亚洲男性与女性的对比中,该趋势无明显差异。椎板平均角度与椎弓根平均角度的变化趋势大致相同,C₃~C₅ 椎体两侧的椎板成角均接近于 50°,并与 C₆~C₇ 椎体角度呈逐渐变小趋势,此趋势在亚洲男女间无明显差异。

2.3 平均椎弓根宽度

如图 4-7 所示,从 C₃ 到 C₇ 平均椎弓根宽度呈线夹角加,所有椎弓根宽度均不小于 0.27 cm,且与女性相比,男性对应的各个椎体的椎弓根宽度相对较大,各

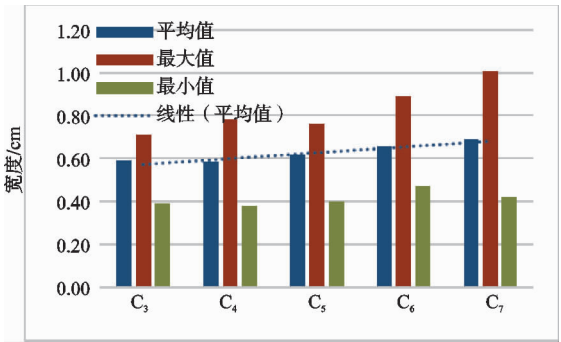


图 4 男性左侧椎弓根宽度

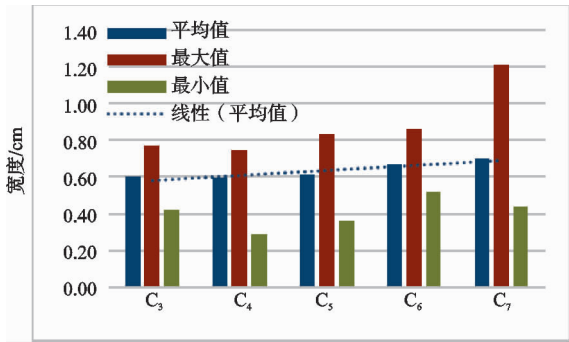


图 5 男性右侧椎弓根宽度

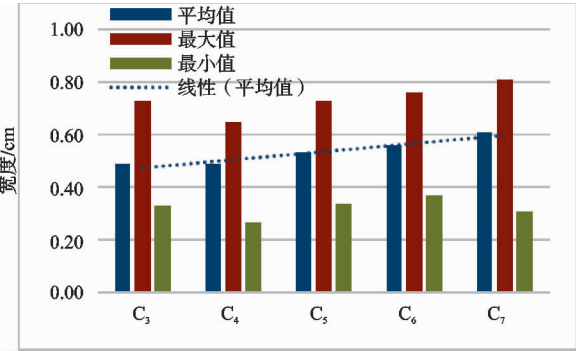


图 6 女性左侧椎弓根宽度

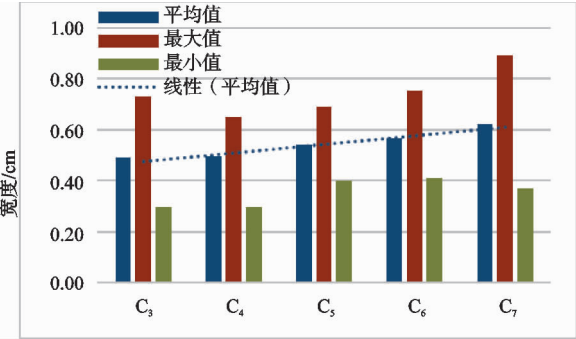


图 7 女性右侧椎弓根宽度

节段的均值不小于 0.59 cm,且左右无明显差别。而女性各节段椎弓根宽度均值不大于 0.62 cm,左右也无明显差别。

2.4 椎弓根轴线与对侧椎板切线的比较分析

在对 C₃~C₅ 椎弓根角与对侧椎板角的比较中,发现两者在数值上具有显著相关性,见图 8-9。

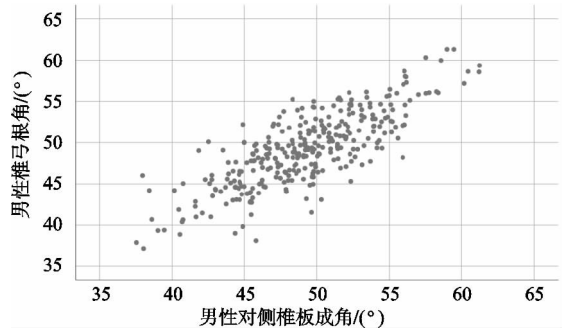


图 8 男性 C₃~C₅ 椎弓根角与对侧椎板角的比较

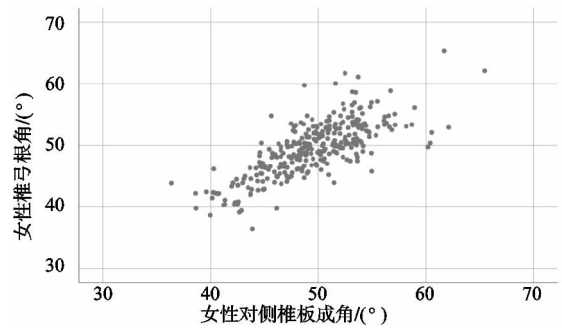


图 9 女性 C₃~C₅ 椎弓根角与对侧椎板角的比较

将平均椎弓根角与平均对侧椎板角近似相等的 C₃~C₅ 一起进行分析,在对比男性 C₃~C₅ 椎弓根角和对侧椎板角后,发现有较高的相关性,两者间的确定系数 $R^2=0.638$,即 C₃~C₅ 中对侧椎板角的角度变化有 63.8%可由椎弓根角的变化来解释($R^2=0.638$, C₃~C₅ 成角的 P 值均小于 0.05)。同样的,女性 C₃~C₅ 椎弓根角和对侧椎板角也具有较高的相关性($R^2=0.572$, C₃~C₅ 成角的 P 值均小于 0.05),且 C₃~C₅ 的所有男性及女性椎弓根角与对侧椎板角的角度差异一般小于 1°($R^2>0.9$, $P<0.001$)。以上数据表明 C₃~C₅ 椎弓根角和对侧椎板角存在显著的近似于相等的关系。根据内错角相等则两直线平行的数学原理,可以判断 C₃~C₅ 的椎弓根轴线与对侧椎板切线呈近似平行关系。

2.5 C₆ 和 C₇ 的椎弓根轴线与对侧椎板切线不存在近似平行关系

对平均椎弓根角逐渐减小的 C₆ 和 C₇,也同样进行上述相关性分析,见图 10-11。

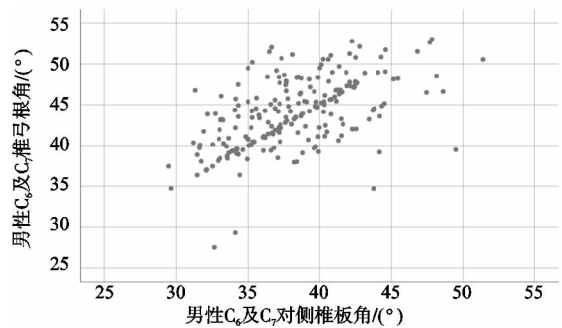


图 10 男性 C₆ 和 C₇ 椎弓根角与对侧椎板角的比较

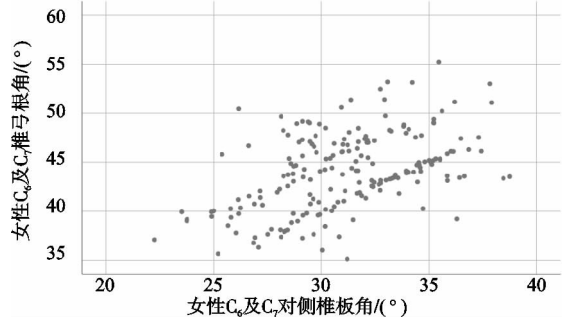


图 11 女性 C₆ 和 C₇ 椎弓根角与对侧椎板角的比较

分析结果提示:男性 C_6 和 C_7 节段的椎弓根角和对侧椎板成角之间的相关系数 $r=0.554$, 双侧 Pearson 检验 $P<0.001$, 两者间存在相关性。但确定系数 $R^2=0.307$, 即对侧椎板成角的角度仅有 30.7% 可由椎弓根角的变化来解释, 两者的变化存在一定意义的相关性, 但 R^2 值偏低, 两者间的相关性价值较低。同样的, 可以得出女性 C_6 及 C_7 节段的椎弓根角和对侧椎板成角的相关系数 $r=0.475$, 双侧 Pearson 检验 $P<0.001$, $R^2=0.226$, 相关性同样较低。且相比于 $C_3\sim C_5$ 椎弓根角与对侧椎板角之间的近似平行关系, C_6 及 C_7 椎弓根角的平均角度与对侧椎板角差异明显, 其中男性 C_6 及 C_7 椎弓根角与其对侧椎板角的角度差异可在 $0.03^\circ\sim 20.43^\circ$ 之间, 女性则在 $0.00^\circ\sim 24.27^\circ$ 之间, 无可靠的平行关系。

3 讨论

由于下颈椎椎弓根毗邻椎动脉、颈髓及神经根, 误置容易损伤重要组织。因此, 对于解剖结构进行客观探讨, 以提高下颈椎椎弓根螺钉置钉准确率的研究从未间断^[5-6]。既往大量研究都认为不同个体间的颈椎椎弓根存在解剖形态上的差异。为了确定患者独特的解剖结构, 应当对所有准备接受后路椎弓根螺钉内固定的患者都进行术前 CT 扫描^[7-8]。本研究是针对 CT 扫描下探讨术前患者解剖结构差异与规律的研究, 同时也是首例 CT 平面下将国内男性与女性颈椎椎弓根角度与对侧椎板进行对比的研究。

从 C_3 至 C_5 , 对国内男性及女性左侧及右侧进行对比, 本研究发现椎弓根角与其对侧椎板角差值始终在 1° 以内 ($R^2>0.9$, $P<0.001$), 可以说椎板角与对侧椎弓根角度近似相等, 即 $C_3\sim C_5$ 椎弓根轴线与对侧椎板切线呈近似平行关系。因此, 笔者认为临床脊柱科医生可以将对侧椎板切线作为准确放置 $C_3\sim C_5$ 椎弓根螺钉的可靠参考。

研究结果同时也证实了椎弓根解剖结构中, 不同性别和个体之间存在差异, 强调了术前成像的重要性 (测量上的差异可能来自民族差异和使用视觉选取最佳测量角度时的不一致)。同时, 本研究依据中国人群进行测量, 并重视区分男女椎弓根置钉角度与椎弓根宽度的差异, 对临床工作更有指导意义。

3.1 以对侧椎板角作为置钉参考物的优势

在使用率较高的传统 Abumi 法^[1,9]中, 在确定置钉点后, 直接依循影像学提供的参考角度进钉, 对于医生的能力要求较高。因此, 有很多研究者在椎弓根螺钉置钉技术方面做了大量的研究以提高精准度、降低置钉难度。传统的研究包括尝试通过影像学测量在术前确定和术中调整下颈椎椎弓根螺钉的进钉点和置钉角度、深度以及螺钉最大直径等。例如 Abumi 等^[9]提

出使用高速毛刺切除椎弓根腔入口的外侧关节块为漏斗状后, 螺钉起点接近椎弓根腔入口, 术者能获得更大的螺钉插入角度自由。近年来的热点研究则包括 3D 打印导航技术等, 如姜廷华等^[10]指出, 与传统 X 线透视置钉方式相比, CT 导航显著提高了下颈椎椎弓根置钉准确性, 有利于提高术后疗效。

但截至目前, 由于操作繁琐、耗时较长、术中出血量较大等原因, 3D 打印导航技术尚未得到广泛应用^[11]。椎弓根置钉仍以徒手置钉为主, 置钉的准确率随医师的经验以及不同设备的使用而不一^[12]。熟练的骨科医师可以达到较高的准确率, 但即便是经验丰富的医师, 也不能保证完全避免对椎弓根侧壁产生过度侵犯, 其中严重者甚至出现穿壁现象, 以及出现神经、椎动脉、血管、脊髓等组织损伤并发症^[13-14]。所以继续研究简便准确的徒手置钉方法仍然很有必要, 尤其应重视螺钉在冠状位中置入的角度判断技巧。

而作为一门有着陡峭的学习曲线的技术, 颈部椎弓根螺钉置钉技术的学习时间较长。本研究中提供的可靠置钉参照物, 不仅有助于青年医师更快地把握进针角度, 还便于经验医师验证自身判断。当然, 类似的对于置钉参考物的研究并不少见, 如 Edward Bayley 等^[15]提出轴位片下椎板与同侧椎弓根轴所成夹角接近 90° , 其中男性平均轴向椎板-椎弓根角度范围从 $96.6^\circ(C_3)$ 到 $87.2^\circ(C_7)$, 女性为 $95.6^\circ(C_3)$ 到 $87.5^\circ(C_7)$, 可以通过参考同侧椎板与椎弓根的夹角来预测进针角度。但笔者认为, 直视条件下参考对侧椎板切线与椎弓根轴线的平行关系进行置钉, 较之更加直观可行。

另外值得注意的是, 参照物的选择应当可靠明确而便于识别, 并且民族差异的存在和术前 CT 检查的必要性应当得到重视, 本研究中所有样本均来自国内。而作为参照物的对侧椎板切线, 与椎弓根螺钉轴线呈平行关系, 具有便于观察判断的优点。

3.2 以对侧椎板角作为置钉参考物的局限性

1) 本研究数据仅来自于 $C_3\sim C_7$ 椎体的 CT 轴位图, 只能用于评估进针方向与矢状面所成角度的合适与否, 因此必须在术中配合 C 臂机, 以确认椎弓根螺钉在矢状位和冠状位的正确位置。2) 此发现无法应用于椎板切除术后的患者, 因为椎板翻修融合或肿瘤破坏后会引起椎体解剖异常。但这项技术在椎板及椎弓根的解剖基本保持完整的患者中, 在直视下判断椎弓根螺钉进针角度时, 有较好的适用性。3) 手术条件下, 依据对侧椎板切线判断置钉角度存在一定主观性, 但相对完全依靠影像学结果置钉, 参考物的存在具有一定价值。4) 需要强调的是, 这项认识无法取代术前 CT 评估, 强烈建议每个颈椎都应该在术前进行评估,

以确保在使用这一参照物或任何其他参考方法时,能降低导致椎弓根螺钉错位的风险。同时对手术细节的把握还应当体现在,螺钉进针点位置及矢状位进针方向的把握,准确采用 C 臂机引导术中操作等。5)目前,本研究仅对对侧椎板角作为置钉参考物做出了初步理论探索。由于样本测量的所在医院使用颈椎弓根钉的病人数量较少,暂未收集到应用该研究成果的实际应用图片。虽然以对侧椎板角作为置钉参考物尚未得到广泛应用,但既往临床研究中已经进行过相关的测量,而且本研究中的样本量大,数据信息真实可信。同时,将在后续研究中开展基于本研究结果的临床应用及测量,得出更加可靠的临床数据。

3.3 椎弓根宽度的性别差异

本研究发现在椎弓根平均宽度上,由性别引起的差异是存在的。相同节段的椎弓根宽度,国内男性的均值始终高于女性。Masaaki Chazono 等也认为,在大多数节段上男性的椎弓根平均宽度大于女性^[16]。此次研究的数据则证实这一现象在国内人群中同样普遍存在。

同时还可以清楚地看到 C₃~C₇ 节段中,椎弓根平均宽度存在随着节段数增加而增加的趋势。将这种趋势放在男性与女性中进行对比,可以发现两者宽度的增加具有同步性,即相同节段的椎弓根平均宽度,男性与女性的差值始终维持在 0.08~0.11 cm 之间。因此,相同节段的椎弓根螺钉选择上,女性适用型号应当小于男性,且对进针方向的选择有更高要求,把握这种由不同性别引起的椎弓根解剖差异特点,有利于术中对螺钉型号以及进针方向的谨慎选择。

笔者也同意 Nishinome 等的看法,C₃ 和 C₄ 节段椎弓根宽度较小(尤以亚洲人明显),若术中显露不充分,加上两侧肌肉及切口的阻挡,将加大 C₃ 和 C₄ 节段置钉难度,使螺钉穿破椎弓根骨皮质的风险增加^[17]。因此,寻求合适的椎弓根螺钉以及恰当的进针角度,对于 C₃ 和 C₄ 具有更加重要的意义。

Sakamoto 等认为对螺钉的进针点及进针方向的把握,是决定安全置钉的前提^[18]。既往许多研究者也在理想进针点及方向上进行了探讨,但多数没有对男性与女性之间的差异进行研究。部分研究者认为可以将 50°作为 C₃~C₅ 的理想冠状位进针角度,而本研究结果表明:根据 C₃~C₅ 的平均椎弓根角度进行推测,椎弓根螺钉在男性 C₃~C₅ 的理想冠状位进针角度应在 47°~51°,而女性的理想角度在 49°~50°。这样,似乎把 50°视为 C₃~C₅ 的理想冠状位进针角度是可行的。但实际上,排除对均值的过度重视,囊括本次研究的所有患者在内,男性患者的理想冠状位进针角度应在 31.17°~

61.33°,女性应为 36.36°~65.44°。即便将实际椎弓根角度在 45°~55°的椎弓根都视为可以以 50°作为进针角度的椎弓根,本研究数据依然显示,无论男性还是女性,仍有相当一部分入组椎弓根不能以 50°作为理想进针角(男性,C₃ 25%,C₄ 22.2%,C₅ 31.5%;女性,C₃ 31.4%,C₄ 17.6%,C₅ 20.2%)。因此,不建议将 50°完全视为理想椎弓根螺钉进针角度。

4 结论

综上所述,笔者认为 C₃~C₅ 椎弓根轴线与对侧椎板切线呈近似平行关系,两者具有显著的相关性。作为术中指导,在置入 C₃~C₅ 椎弓根螺钉时,对侧椎板切线可以作为一个安全、简单、可靠的参考物。而 C₆~C₇ 椎弓根轴线与对侧椎板切线不存在平行关系,所以在评估 C₆ 和 C₇ 椎弓根螺钉置钉角度时,不应参考对侧椎板切线。

参考文献

- [1] TUKKAPURAM V R, KUNIYOSHI A, ITO M. A review of the historical evolution, biomechanical advantage, clinical applications, and safe insertion techniques of cervical pedicle screw fixation[J]. Spine Surg Relat Res, 2019, 3(2): 126-135.
- [2] 马军, 朱裕成, 李涛. 颈椎椎弓根螺钉误置的临床特征分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(10): 887-893.
- [3] 郝申申, 刘志斌, 王飞. 下颈椎椎弓根螺钉固定的研究热点与进展[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(35): 5715-5720.
- [4] 张立. 下颈椎椎弓根螺钉徒手置钉技术及临床应用[J]. 中华临床医师杂志: 电子版, 2013, 7(19): 8545-8550.
- [5] 朱裕成, 马军, 李涛, 等. 下颈椎椎板和侧块作为椎弓根置钉角度参考标志的可靠性[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(1): 41-47.
- [6] 张金明, 豆贲, 刘晓岚, 等. 以枢椎椎弓峡部内上壁为解剖标志行枢椎椎弓根置钉的 CT 测量及临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(6): 521-525.
- [7] LIU Y, ZHANG B, DAI M, et al. Anatomic study of individualized and improved pedicle screw implantation in the lower cervical spine[J]. Int Surg, 2015, 100(2): 328-333.
- [8] 贾卫斗, 贾薇薇, 杨飞, 等. PACS 在颈椎后方结构测量及其临床意义[J]. 中国临床解剖学杂志, 2010, 28(3): 294-298.
- [9] ABUMI K, ITO M, SUDO H. Reconstruction of the subaxial cervical spine using pedicle screw instrumentation[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2012, 37(5): E349-E356.
- [10] 姜廷华, 李继斌, 王自鸿, 等. CT 导航置钉与传统 X 线透视徒手置钉法在下颈椎椎弓根置钉的临床对比[J]. 颈腰痛杂志, 2018, 39(4): 397-400.