

临床研究

DOI: 10.3969/j.issn.0253-3626.2012.12.010

下颈椎前路椎弓根螺钉置入相关的解剖学观察

王远政, 刘 洋, 陈 富, 陈 亮, 晏铮剑, 柯珍勇, 邓忠良

(重庆医科大学附属第二医院骨科, 重庆 400010)

【摘要】目的:观察成人下颈椎前路椎弓根螺钉(Anterior pedicle screw, APS)置入相关的径线和角度,为该技术的临床应用提供相关解剖学参数。方法:成人干燥尸体下颈椎(C₃~C₇)标本 22 具,分别用手工和 CT 测量椎弓根最窄处的高度、宽度及内外侧皮质厚度,椎弓根中轴线全长,轴线夹角,并进行统计学分析。随机在 CT 室资料库中抽取 100 例成人活体颈椎 CT 图像,用 Mimics 软件行三维重建,除以上参数外,还测量进钉点位置的相关数据,计算置钉参数的 95%CI。结果:22 具标本的相关径线及角度,其手工测量值与 CT 测量值间无统计学差异。成人活体下颈椎 CT 图像测量结果通过 95%CI 的计算,可以得出:C₃、C₄ 进钉点位于椎体正中矢状面受术椎弓根对侧 2~3 mm,距椎体上终板平面 6~7 mm,进钉角度为外倾角 46°~48°,头倾角 C₃: -11°~-12°, C₄: -6°~-7°。C₅ 进钉点位于椎体正中矢状面受术椎弓根同侧旁 1~2 mm,距椎体上终板平面 7~8 mm,进钉角度为外倾角 47°~49°,头倾角 1°~2°。C₆、C₇ 进钉点位于受术椎弓根同侧,正中矢状面旁 4~5 mm,距椎体上终板平面 7.5~8.5 mm,进钉角度为外倾角 C₆: 40°~42°, C₇: 36°~38°,头倾角 C₆: 6°~7°, C₇: 11°~13°。置钉长度选择 30、32、34 mm 较为适宜,螺钉直径可选择 3.5 mm 或 4.0 mm。结论:本实验证实了 CT 测量下颈椎 APS 置入技术相关参数的准确性,同时在国内首次利用大样本研究对该技术置钉参数进行了探索。

【关键词】下颈椎;前路;椎弓根;内固定;解剖学**【中国图书分类法分类号】**R816.8**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2012-05-17

Anterior pedicle screw insertion for low cervical spine: anatomical observation

WANG Yuanzheng, LIU Yang, CHEN Fu, CHEN Liang, YAN Zhengjian, KE Zhenyong, DENG Zhongliang

(Department of Orthopaedic Surgery, the Second Affiliated Hospital, Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To observe the pathlines and angles related to lower cervical spine anterior pedicle screw (APS) fixation in adults so as to provide anatomical parameters in clinics. **Methods:** A total of 22 cervical spine (C₃~C₇) specimens of human adult cadavers were individually measured by hand and CT scan to determine the height and width of the narrowest part in pedicle, thickness of inner and outer cortexes, pedicle axis length and included angle of axes followed by statistical methods. One hundred pieces of CT images from CT database were randomly selected, then three-dimensional model reconstruction was performed by Mimics software, relative parameters of screw insertion point were measured and 95% confidence interval of screw insertion parameters was also calculated. **Results:** No significant difference of pathlines and angles measurements of 22 specimens was found between manual work group and CT scan group. Based on the calculation of measurements of adult lower cervical spines in CT images with 95% confidence interval, the insertion points for C₃ and C₄ was 2~3 mm opposite from operated pedicle in centrum median plane and 6~7 mm from upper end-plate of centrum plane, the outside inclined angle of screw insertion was 46°~48°. Cranially inclined angles for C₃ and C₄ were -11°~-12° and -6°~-7° respectively. The insertion point for C₅ was 1~2 mm beside operated pedicle in centrum median plane and 7~8 mm from upper end-plate of centrum plane, the outside and cranially inclined angles of screw insertion were 47°~49° and 1°~2° respectively. The insertion points for C₆ and C₇ were at the same side with operated pedicle, 4~5 mm beside centrum median plane and 7.5~8.5 mm from upper end-plate of centrum plane. The outside inclined angles of screw insertion for C₆ and C₇ were 40°~42° and 36°~38° respectively, cranially inclined angles were 6°~7° and 11°~13°. For insertion screws, the length should be 30 mm, 32 mm or 34 mm and the diameter should be 3.5 mm or 4.0 mm. **Conclusions:** This study confirms the accuracy of CT scan in the measurement of lower cervical spine and APS fixation related parameters and makes an exploration in technical range of parameters for the first time in the country using a large sample.

【Key words】lower cervical spine; anterior approach; pedicle; internal fixation; anatomy

作者介绍:王远政(1978-),男,主治医师,博士,

研究方向:脊柱外科。现工作单位:贵州省人民医院骨科。

通信作者:邓忠良,男,教授,Email: Deng7586@gmail.com。

基金项目:重庆市卫生局重点课题资助项目(编号:渝卫科 2011-1-053)。

对于颈椎内固定方法的研究,目前正在逐渐深入中。在颈椎的单种内固定方法中,以后路椎弓根螺钉内固定的生物力学稳定性最高^[1,2]。但对于部分必须经颈前路手术的下颈椎病变,单纯前路钢板螺钉固定的生物力学稳定性则非常有限,且有引起严重并发症的可能。为此临床上往往同时加作后路颈椎内固定术,以期增加其稳定性。从而,则使得手术难度增高、时间延长、出血量及并发症增多和病人术后恢复减慢。是否能有一种既不增加创伤,稳定性又好的内固定方式呢?为此,国外有学者开始对前路椎弓根螺钉(Anterior pedicle screw, APS)内固定技术进行研究。鉴于尚未见国内对此术相关解剖学的基础研究报导,更无术中各参数值的大样本研究结果,本文旨在从前路入手,对下颈椎椎骨的应用解剖学进行研究观测,拟为下颈椎APS置入的相关参数提供解剖学依据。

1 材料和方法

1.1 颈椎标本手工测量

本实验取成人尸体(男女不计)下颈椎干燥标本 22 套,每套 5 节(C₃₋₇),共 110 块椎骨(重庆医科大学解剖教室提供)。经认真检查,各椎骨均无明显畸形、缺损及破坏。利用电子游标卡尺(上海台海工量具有限公司生产,精度 0.01 mm)、

电子量角器(成都成量工具有限公司生产,精度 0.1°),分别逐一按图 1 与表 1 所示的标志和参数,由同一操作人进行测量。

1.2 颈椎标本 CT 图像测量

利用 CT 对上述 22 具标本进行扫描,将 Dicom 格式的原始数据输入 Mimics 软件,进行三维重建并按图 2 所示切取椎体和椎弓根的标准截面,并在截面上精确定位各参数,利用软件自身的测量功能进行测量。

1.3 成人活体颈椎 CT 图像的测量

在排除了颈椎骨性破坏性疾病如感染、肿瘤、骨折、畸形等病例后,随机抽取 100 例成人颈椎 CT 图像(重庆医科大学附属第二医院 CT 室提供)。其中,男 58 份,女 42 份,年龄 24~78 岁,平均 38.4 岁。利用 Mimics 软件,用与颈椎标本 CT 图像测量相同的方法,测量相关参数。同时,利用软件自身功能,模拟绘制出经椎弓根中轴线,并在椎体前壁形成投影点,此点即为进钉点。测量该点与椎体正中矢状面之间的距离(Distance transverse intersection point, DtIP)和与上终板之间的距离(Distance sagittal intersection point, DsIP)。如果投影点在椎体正中矢状面受术椎弓根的同侧, DtIP 为正值;反之,如在对侧, DtIP 则为负值。

1.4 统计学分析

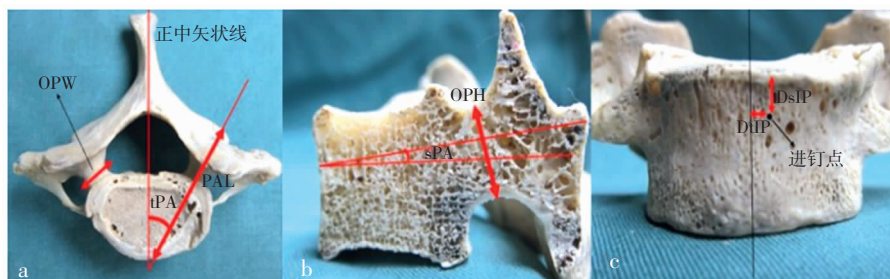
采用 SPSS 13.0 统计软件包进行分析,计算各参数的平均值($\bar{x}$)及标准差(s);相同节段同一测量方法,左右两侧的测量值行配对 t 检验;不同方法测量同一参数的测量值行配对 t 检验;颈椎 CT 图像中,对不同节段间,相同参数的测量值,行单因素方差分析(One-way ANOVA),并作两两比较(SNK 法)。 $P < 0.05$ 为其差异有统计学意义。

表 1 参数名称及其含意

Tab.1 Measurement parameters and their meanings

名 称	含 义
椎弓根宽度	椎弓根最狭窄处截面外侧皮质骨宽度
椎弓根高度	椎弓根最狭窄处截面外侧皮质骨高度
椎弓根中轴线全长	椎弓根中轴线从侧块后表面的起点至椎体前缘的距离
椎弓根外倾角	椎弓根中轴线在横断面上与椎体正中矢线之间的夹角
椎弓根头倾角	椎弓根轴线在矢状面上与椎体冠状面垂线的夹角(进钉方向偏向头端, sPA 为正值,偏向足端为负值)
内侧皮质厚度	椎弓根最狭窄处截面内侧皮质厚度
外侧皮质厚度	椎弓根最狭窄处截面外侧皮质厚度

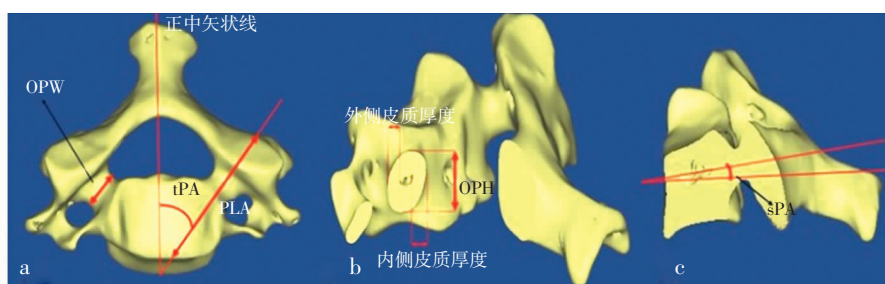
注:椎弓根宽度(Out pedicle width, OPW);椎弓根高度(Out pedicle width, OPH);椎弓根中轴线全长(Pedicle axis length, PAL);椎弓根外倾角(Transverse pedicle angle, tPA);椎弓根头倾角(Sagittal pedicle angle, sPA)



a. 下颈椎椎体标本径线;b. 椎弓根矢状面角度;c. 椎体前壁进钉点

图 1 尸体颈椎标本中相关径线测量示意图

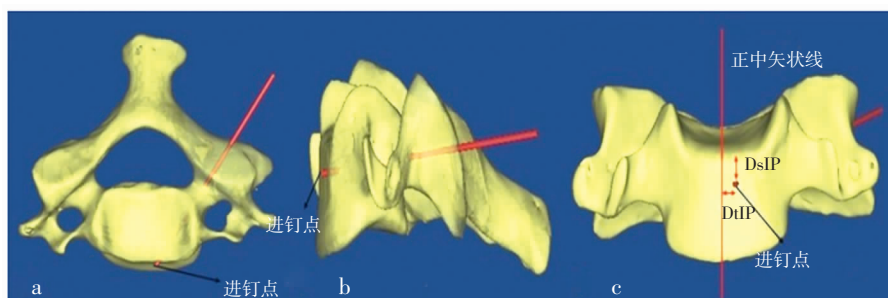
Fig.1 Schematic of diameter measurements of cadaveric cervical specimens



a. PLA、OPW、tPA; b. 椎弓根最窄处断面内、外侧皮质厚度及 OPH; c. sPA

图 2 三维重建颈椎模型中相关径线测量示意图

Fig.2 Schematic of diameter measurements of three-dimensional reconstruction cervical model



a~c. 椎弓根投影的最佳进钉通道

图 3 标本经三维重建后模型透视图

Fig.3 Perspective drawing of specimens after three-dimensional reconstruction

表 2 标本椎弓根最窄处 OPH、OPW 和 PAL ($n=22, \bar{x} \pm s, \text{mm}$)Tab.2 OPH, OPW and PAL of the narrowest part of the sample pedicle ($n=22, \bar{x} \pm s, \text{mm}$)

节段	OPH		OPW		PAL	
	手工测量	CT测量	手工测量	CT测量	手工测量	CT测量
C ₃	6.98 ± 1.12	7.12 ± 0.92	4.87 ± 1.14	4.97 ± 0.87	32.27 ± 1.27	31.99 ± 1.34
C ₄	7.34 ± 0.9	7.41 ± 1.21	4.96 ± 1.05	5.07 ± 1.02	33.69 ± 1.83	33.51 ± 1.73
C ₅	97.23 ± 1.18	7.18 ± 0.93	5.68 ± 1.16	5.83 ± 0.91	32.96 ± 2.01	33.01 ± 1.95
C ₆	7.48 ± 1.15	7.54 ± 1.03	5.42 ± 0.96	5.81 ± 1.14	34.67 ± 1.45	34.46 ± 1.673
C ₇	7.84 ± 0.85	8.07 ± 0.96	6.93 ± 1.24	7.11 ± 1.08	33.88 ± 2.12	3.91 ± 2.03

注:各参数手工测量值与 CT 测量值无统计学差异

2 结 果

2.1 颈椎标本测量

成人尸体下颈椎标本,采用两种方法所测得的各种参数值,见表 2~4。

表 3 标本椎弓根最窄处内、外侧皮质厚度 ($n=22, \bar{x} \pm s, \text{mm}$)Tab.3 Interior and exterior cortical thickness of the narrowest part of the sample pedicle ($n=22, \bar{x} \pm s, \text{mm}$)

节段	椎弓根最窄处内侧皮质厚度		椎弓根最窄处外侧皮质厚度	
	手工测量	CT测量	手工测量	CT测量
C ₃	1.70 ± 0.21	1.68 ± 0.43	0.76 ± 0.08	0.75 ± 0.12
C ₄	1.64 ± 0.38	1.67 ± 0.32	0.82 ± 0.11	0.78 ± 0.15
C ₅	1.76 ± 0.18	1.72 ± 0.09	0.85 ± 0.15	0.83 ± 0.09
C ₆	1.81 ± 0.19	1.78 ± 0.26	0.87 ± 0.18	0.91 ± 0.14
C ₇	1.84 ± 0.23	1.85 ± 0.15	0.79 ± 0.15	0.81 ± 0.12

注:各参数手工测量值与 CT 测量值无统计学差异

表 4 标本椎弓根轴线相关角度 ($n=22, \bar{x} \pm s, ^\circ$)

Tab.4 Angles related to axis of the sample pedicle

($n=22, \bar{x} \pm s, ^\circ$)

节段	tPA		sPA	
	手工测量	CT测量	手工测量	CT测量
C ₃	44.85 ± 3.67	45.21 ± 4.05	-13.11 ± 3.37	-12.86 ± 4.18
C ₄	46.37 ± 4.16	47.53 ± 3.89	-7.28 ± 3.42	-6.83 ± 4.06
C ₅	48.04 ± 2.55	48.79 ± 3.04	1.85 ± 2.02	2.37 ± 2.89
C ₆	41.21 ± 4.82	40.65 ± 3.94	6.09 ± 1.76	6.84 ± 2.03
C ₇	37.58 ± 4.14	37.43 ± 5.03	11.48 ± 3.54	10.95 ± 3.83

注:各参数手工测量值与 CT 测量值无统计学差异

2.2 成人活体颈椎 CT 图像的测量

100 例成人活体颈椎 CT 图像的测量结果见表 5~7。

实验提示下列参数选择可行: C₃、C₄ 进钉点位于椎体正中矢状面受术椎弓根对侧 2~3 mm, 距椎体上终板平面 6~7 mm, 进钉角度为外倾角 46°~48°, 头倾角 C₃: -11°~-12°, C₄:

-6°~-7°。C₅ 进钉点位于椎体正中矢状面受术椎弓根同侧旁 1~2 mm,距椎体上终板平面 7~8 mm,进钉角度为外倾角 47°~49°,头倾角 1°~2°。C₆、C₇ 进钉点位于受术椎弓根同侧,正中矢状面旁 4~5 mm,距椎体上终板平面 7.5~8.5 mm,进钉角度为外倾角 C₆:40°~42°,C₇:36°~38°,头倾角 C₆:6°~7°,C₇:11°~13°。对于置钉长度选择 30、32、34 mm 较为适宜,螺钉直径可选择 3.5 mm 或 4.0 mm。

实验提示下列参数选择可行:C₃、C₄ 进钉点位于椎体正中矢状面受术椎弓根对侧 2~3 mm,距椎体上终板平面 6~7 mm,

进钉角度为外倾角 46°~48°,头倾角 C₃: -11°~-12°,C₄ -6°~-7°。C₅ 进钉点位于椎体正中矢状面受术椎弓根同侧旁 1~2 mm,距椎体上终板平面 7~8 mm,进钉角度为外倾角 47°~49°,头倾角 1°~2°。C₆、C₇ 进钉点位于受术椎弓根同侧,正中矢状面旁 4~5 mm,距椎体上终板平面 7.5~8.5 mm,进钉角度为外倾角 C₆:40°~42°,C₇:36°~38°,头倾角 C₆:6°~7°,C₇:11°~13°。对于置钉长度选择 30、32、34 mm 较为适宜,螺钉直径可选择 3.5 mm 或 4.0 mm。

表 5 100 例成人下颈椎 CT 图像测量相关径线结果 ($n=100, \bar{x} \pm s, \text{mm}$)Tab.5 Diameters of lower cervical spine in CT scan ($n=100, \bar{x} \pm s, \text{mm}$)

节段	OPH		OPW		PAL		最窄处内侧皮质厚度		最窄处内侧皮质厚度	
	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧
	(95%CI)		(95%CI)		(95%CI)		(95%CI)		(95%CI)	
C ₃	7.37 ± 0.69 (7.11~7.39)	7.25 ± 1.02	4.94 ± 1.18 (4.83~5.12)	5.01 ± 0.87	31.98 ± 2.15 (30.64~32.83)	32.31 ± 1.67	1.75 ± 0.30 (1.69~1.76)	1.71 ± 0.24	0.78 ± 0.11 (0.71~0.86)	0.81 ± 0.09
C ₄	7.31 ± 0.84 (7.21~7.46)	7.19 ± 0.95	5.17 ± 1.09 (4.93~5.09)	5.09 ± 1.14	32.58 ± 1.93 (31.28~33.51)	32.08 ± 2.01	1.69 ± 0.22 (1.67~1.75)	1.72 ± 0.28	0.81 ± 0.12 (0.73~0.82)	0.76 ± 0.07
C ₅	7.29 ± 1.17 (7.24~7.45)	7.38 ± 1.13	5.83 ± 1.42 (5.71~5.93)	5.69 ± 1.31	33.64 ± 1.92 (32.45~33.18)	32.42 ± 1.72	1.67 ± 0.31 (1.66~1.74)	1.72 ± 0.19	0.86 ± 0.14 (0.79~0.91)	0.88 ± 0.15
C ₆	7.32 ± 1.04 (7.19~7.41)	7.27 ± 1.09	6.01 ± 0.94 (5.98~6.41)	6.38 ± 1.05	33.25 ± 1.83 (32.91~34.72)	34.08 ± 1.78	1.79 ± 0.25 (1.75~1.81)	1.76 ± 0.29	0.90 ± 0.08 (0.81~0.92)	0.83 ± 0.17
C ₇	7.24 ± 1.16 (7.29~7.48)	7.42 ± 0.99	7.03 ± 1.15 (6.97~7.19)	7.11 ± 0.92	34.01 ± 1.46 (33.12~34.87)	33.81 ± 1.31	1.83 ± 0.33 (1.78~1.83)	1.82 ± 0.27	0.84 ± 0.11 (0.82~0.90)	0.89 ± 0.09

注:同节段左右两侧各测得值间无统计学差异 ($P>0.05$);同节段中 OPH>OPW ($P<0.05$);各节段间 OPH 比较 ($P>0.05$);OPW、C₃、C₄<C₅、C₆<C₇ ($P<0.05$),平均值在 4.94~7.11 mm 之间;PAL 各节段间比较 ($P>0.05$),平均值为 31.98~34.08 mm;椎弓根最窄处内侧皮质厚度及外侧皮质厚度,各节段间比较 ($P>0.05$);同一节段,内侧皮质厚度明显厚于外侧皮质 ($P<0.05$)

表 6 100 例成人下颈椎 CT 图像测量椎弓根角度结果 ($n=100, \bar{x} \pm s, ^\circ$)Tab.6 Axis related angles of lower cervical spine in CT scan ($n=100, \bar{x} \pm s, ^\circ$)

角度	C ₃		C ₄		C ₅		C ₆		C ₇	
	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧
	(95%CI)		(95%CI)		(95%CI)		(95%CI)		(95%CI)	
tPA	46.1 ± 4.3 (46.6~48.2)	46.7 ± 3.6	47.3 ± 3.9 (46.1~48.5)	46.9 ± 4.1	48.6 ± 5.7 (47.1~49.2)	48.9 ± 4.3	40.2 ± 5.1 (39.2~42.2)	39.7 ± 3.5	37.7 ± 4.8 (35.8~38.1)	36.4 ± 4.2
sPA	-11.8 ± 3.2 (-12.4~-10.8)	-10.7 ± 2.8	-6.7 ± 2.5 (-7.4~-5.9)	-6.9 ± 2.1	2.1 ± 1.9 (0.9~2.3)	1.8 ± 1.6	7.1 ± 2.9 (6.2~7.4)	6.4 ± 2.6	10.5 ± 3.5 (11.4~13.1)	11.1 ± 3.3

注:同一节段 tPA、sPA,左右两侧间无统计学差异 ($P>0.05$);tPA、C₃₋₅>C₆>C₇ ($P<0.05$);sPA、C₃>C₄>C₅,C₅<C₆>C₇ ($P<0.05$)

表 7 100 例成人下颈椎 CT 图像测量进钉点位置 ($n=100, \bar{x} \pm s, \text{mm}$)Tab.7 Sagittal and transverse intersection points of lower cervical spine in CT scan ($n=100, \bar{x} \pm s, \text{mm}$)

进钉点	C ₃		C ₄		C ₅		C ₆		C ₇	
	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧	左 侧	右 侧
	(95%CI)		(95%CI)		(95%CI)		(95%CI)		(95%CI)	
DtIP	-2.81 ± 1.36 (-3.11~-2.13)	-2.58 ± 1.53	-1.96 ± 1.14 (-2.54~-1.83)	-2.16 ± 1.08	1.43 ± 1.02 (1.36~2.18)	1.74 ± 1.41	3.98 ± 1.32 (3.87~4.81)	4.55 ± 1.24	4.25 ± 1.66 (4.02~4.93)	4.75 ± 1.58
DsIP	6.57 ± 2.17 (6.18~6.93)	6.83 ± 2.37	6.65 ± 2.06 (6.17~7.02)	6.91 ± 1.98	7.74 ± 1.68 (7.04~7.95)	7.39 ± 1.87	7.72 ± 1.95 (7.61~8.66)	8.45 ± 2.03	7.94 ± 2.21 (7.47~8.54)	8.33 ± 1.53

注:同一节段 DtIP、DsIP,左右两侧间无统计学差异 ($P>0.05$);不同节段间 DtIP 比较,C₃、C₄ 为负值,说明进钉点在椎体正中矢状面受术椎弓根对侧,C₅~C₇ 为正值,C₇、C₆>C₅ ($P<0.05$)。DsIP:C₃、C₄<C₅<C₆、C₇ ($P<0.05$)

3 讨 论

3.1 APS 置入技术的实用性

生物力学研究表明,椎弓根是椎骨中最强硬的部分,其皮质骨呈筒状,中间有少量松质骨,这一结构对螺钉有很好的把持力,椎弓根螺钉固定所提供的稳定性明显优于前路带锁钢板螺钉、后路棘突钢丝和关节突钢板螺钉等方法^[3]。Kotani 等^[1]还对颈椎的 7 种内固定方式的生物力学稳定性进行了对比,证实椎弓根固定所提供的三柱稳定性最优良,尤其在过伸及扭转时,尤其是当前柱或后柱有严重损伤时,椎弓根固定所提供的稳定性甚至超过前后路联合固定的稳定性。1994 年 Abumi 等^[4,5]首次报道后路椎弓根螺钉用于重建各种原因引起的下颈椎不稳并取得满意的效果。随着研究的不断深入,发现该术在一些情况下尚有不足。例如颈椎椎体破坏严重并脊髓受压的病例,仅从后路手术是不行的;又如颈前路多节段的减压、融合,常规钢板椎体螺钉无法提供坚强内固定者等。这些病例往往都是前、后联合入路,这样无疑会大大增加患者的手术风险及并发症的发生率。为此,2008 年 Koller 首先提出^[6] APS 置入内固定技术,它是从颈前经椎体将螺钉置入椎弓根内。这种术式既能处理前方病灶,又能提供即刻的颈椎三柱的稳定性,免除了经后路手术的一系列操作,故其具有明显的优越性^[7-10]。但由于此术式的操作准确性要求很高,目前尚还处于研究、探索阶段,这也正是本文的立题宗旨。

3.2 CT 测量颈椎的准确性

对于与椎弓根螺钉置入相关的椎骨解剖学特征参数的测量,虽然有一些报道^[11-15],但无论是手工测量还是利用 CT 测量,绝大多数作者皆系从后路手术的视角着手,而从前路着手者,国内尚属罕见。本文以 APS 置入术式为出发点,对术中所需相关参数的测量进行了研究。手工测量在进行人体标本的解剖学和形态学研究中是一种最原始、最常用的方法,是其基本的金标准。然而,在活体中却受到很大的限制。随着电子辅助测量仪器的发展,其精确性也被一再提高。本实验结果显示 CT 测量各参数的测得值,与手工测量数据无显著性差异。从而证实其 CT 测量准确性。

3.3 CT 测量活体颈椎手术各参数的临床意义

多数学者^[11,12,16,17]认为成功的椎弓根螺钉置入

由 3 个要素决定,即进钉点的定位,在横断面及矢状面上合适的置入角度以及适当的螺钉直径与长度。而精确测得与这些要素相关的参数,必就成为确保手术成功的关键。

DtIP 和 DsIP 决定着进钉点的定位,是确保手术成功的基础。因为一旦定点错误,所余下的操作再精确仔细也是徒劳,并会导致无法弥补的严重后果。本文所得的两值结果显示: C_3 、 C_4 的 DtIP 为负值,进钉点位于椎体正中矢状面受术椎弓根的对侧 2~3 mm,提示如做双侧置钉,则会发生螺钉交叉碰撞,因此只能一侧置钉; C_{5-7} 的 DtIP 为正值,进钉点与受术椎弓根同侧,距椎体正中矢状面在 C_5 约 1~2 mm, C_6 、 C_7 : 4~5 mm,该节段不会出现交叉碰撞,故两侧均置入螺钉。DSIP 在 C_3 、 C_4 : 6~7 mm, C_5 : 7~8 mm, C_6 、 C_7 : 7.5~8.5 mm。这些与 Koller^[6]的研究结果一致。

tPA 与椎弓根头倾角 sPA 决定螺钉置入方向。APS 内固定技术的 tPA 与后路椎弓根置钉参数中的内倾角在含义上是相反的,但其结果一致。本实验显示,椎弓根的 tPA 在 C_3 ~ C_5 较大,约 46° ~ 48° , C_6 ~ C_7 则有明显减小趋势,这与解京明教授的测量结果^[28]接近。sPA 则 C_5 趋于水平, C_3 、 C_4 在 -12° ~ -6° 范围内, C_6 、 C_7 约 6° ~ 13° ,与 Koller^[6]的测量结果差异较大,平均要小 5° ~ 8° ,原因是否与人的种族差异有关,还尚待研究。

螺钉直径的选择主要由 OPW 决定,一般螺钉直径应小于相应节段的 OPW,而大于相对较小的松质骨核心,这样螺纹可切入皮质骨,就能最大限度地增加抗拔出与抗折弯强度。本研究测量的 1 000 个椎弓根,椎弓根宽度大于 3.5 mm 者为 961 个 (96.1%),因此可以 3.5 mm 作为基础安全值,来选择椎弓根螺钉的直径,然后再据情适当调整。

PAL 实为螺钉置入的钉道长度,它为钉道中椎弓根部分与椎体部分的总和,故其决定着所选螺钉的长度。本实验从颈椎前方向后方置入椎弓根,与后路椎弓根螺钉不同。后路椎弓根螺钉通过侧块,穿过椎弓根,进入椎体的前 1/3 为最佳,长度约 20~25 mm,而前路椎弓根螺钉需要穿过椎体、椎弓根,进入侧块内,也就是几乎通过 PAL 全长,从测量结果来看, C_3 ~ C_7 PAL 长度无统计学差异,平均值 31.98~34.08 mm,因此螺钉选用长度应略短一些,以 30、32、34 mm 较为适宜,这一结果与 Yukawa^[9]一致。

Panjabi 等^[18]将 25 个 C_3 颈椎的椎弓根沿轴线切成 0.7 mm 的薄片,发现各节段椎弓根内外侧壁皮质

骨厚度差异明显,内侧皮质骨厚度明显大于外侧,最薄的皮质骨总位于外侧壁,与本实验观测的结果相一致,故置钉时外倾角不能过大,否则螺钉容易穿破外侧壁而损伤椎动脉。

此外,本实验显示椎弓根左右两侧各相关参数测定值并无统计学差异,因此手术中毋须考虑。

实验中作者还发现,不同个体不同节段的颈椎椎弓根个体差异较大,仅管本文提出了相关参数的参考范围,但术时切不可仅凭经验或某一参数范围施术,因而手术一定要严格按照该受术者个体的测得值来进行。

综上所述,本实验证实利用 CT 测量下颈椎 APS 置入技术相关参数,其方法准确,从解剖学角度在印证了该术的可行性。同时,利用大样本研究,在国内首次探索了各置钉参数,为该技术的临床运用提供了重要的参考依据。鉴于本术式精确度要求高,存在着一定风险性,仅管目前国外少数学者已用于临床,但尚缺乏长期随访结果,故还不能列为一种下颈椎颈前路常规术式。作者相信,随着术前个体化置钉模板的开发、术中数字化导航技术的发展、相关内固定器械的改进以及临床经验的积累,APS 内固定技术一定会得到进一步的推广和应用。

参 考 文 献

- [1] Kotani Y, Cunnillgham B W, Abumi K, et al. Biomechanical analysis of cervical stabilization systems: an assessment of transpedicular screw fixation in the cervical spine[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1994, 19(22): 2529-2539.
- [2] Jones E L, Heller J G, Sileo D H, et al. Cervical pedicle screws versus lateral mass screws: anatomic feasibility and biomechanical comparison[J]. Spine, 1997, 22(9): 977-982.
- [3] 罗 飞, 许建中, 王序全, 等. 三种颈椎前路内固定装置对术后脊柱稳定性的作用[J]. 中国临床康复, 2003, 7(20): 2830-2831.
- [4] Luo F, Xu J Z, Wang X Q, et al. The role of three anterior cervical fixation device on the postoperative spinal stability[J]. Chinese Journal of Clinical Rehabilitation, 2003, 7(20): 2830-2831.
- [5] Abumi K, Itoh H, Taneichi H, et al. Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: description of the techniques and preliminary report[J]. J Spinal Disord, 1994, 7(1): 19-28.
- [6] Abumi K, Shono Y, Kotani Y, et al. Indirect posterior reduction and fusion of the traumatic herniated disc by using a cervical pedicle screw system[J]. J Neurosurg, 2000, 92(s1): 30-37.
- [7] Koller H, Hempfing A, Acosta F, et al. Cervical anterior transpedicular screw fixation. Part I: study on morphological feasibility, indication, and technical prerequisites[J]. Eur Spine J, 2008, 17(4): 523-538.
- [8] Koller H, Acosta F, Tauber M, et al. Cervical anterior transpedicular screw fixation (ATPS)-Part II. Accuracy of manual insertion and pull-out strength of ATPS[J]. Eur Spine J, 2008, 17(4): 539-555.
- [9] Koller H, Hitzl W, Acosta F, et al. In vitro study of accuracy of cervical pedicle screw insertion using an electronic conductivity device (ATPS part III)[J]. Eur Spine J, 2009, 18(9): 1300-1313.
- [10] Yukawa Y, Kato F, Ito K, et al. Anterior cervical pedicle screw and plate fixation using fluoroscope-assisted pedicle axis view imaging: a preliminary report of a new cervical reconstruction technique[J]. Eur spine J, 2009, 18(6): 911-916.
- [11] Koller H, Schmidt R, Mayer M, et al. The stabilizing potential of anterior, posterior and combined techniques for the reconstruction of a 2-level cervical corpectomy model: biomechanical study and first results of ATPS prototyping[J]. Eur Spine J, 2010, 19(12): 2137-2148.
- [12] Ebraheim N A, Xu R, Knight T, et al. Morphometric evaluation of lower cervical pedicle and its projection[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1997, 22(1): 1-6.
- [13] Panjabi M M, Duranceau J, Goel V, et al. Cervical human vertebrae: quantitative three-dimensional anatomy of the middle and lower regions[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1991, 16(8): 861-869.
- [14] Ludwig S C, Kramer D L, Balderston R A, et al. Placement of pedicle screws in the human cadaveric cervical spine: comparative accuracy of three techniques[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(13): 1655-1667.
- [15] Karaikovic E E, Daubs M D, Madsea R W, et al. Morphologic characteristics of human cervical pedicles[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1997, 22(5): 493-500.
- [16] 刘景堂, 刘兴炎, 唐天驷, 等. 下颈椎椎弓根螺钉内固定相关参数的解剖学和影像学测量[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2009, 19(7): 535-539.
- [17] Liu J T, Liu X Y, Tang T S, et al. Pedicle screw fixation parameters of the lower cervical spine anatomy and imaging measurements[J]. Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2009, 19(7): 535-539.
- [18] Shin E K, Panjabi M M, Chen N C, et al. The anatomic variability of human cervical pedicles: considerations for transpedicular screw fixation in the middle and lower cervical spine[J]. Eur Spine J, 2000, 9(1): 61-66.
- [19] Ugur H C, Attar A, Uz A, et al. Surgical anatomic evaluation of the cervical pedicle and adjacent neural structures[J]. Neurosurgery, 2000, 47(5): 1162-1169.
- [20] Panjabi M M, Shin E K, Chen N C, et al. Internal morphology of human cervical pedicles[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(10): 1197-1205.

(责任编辑: 关蕴良)